DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Ujbányi Tibor

Ember-számítógép interfészek alkalmazása egyes kognitív képességek elemzésére Eye-tracking módszerrel

Témavezetők:

Prof. Dr. Baranyi Péter, egyetemi tanár
Széchenyi István Egyetem

Prof. Dr. Kővári Attila, egyetemi tanár
Dunaújvárosi Egyetem

Széchenyi István Egyetem
Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola

Győr, 2021.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés 8

1.1. A kutatás célkitűzései 11

1.2. A kutatás módszere 12

1.3. Az értekezés felépítése 13

2. Tudományos szakirodalmi háttér áttekintése 15

2.1. Ember-számítógép interakció jelentősége 15

2.2. Szemmozgás szerepe a kognitív folyamatok megfigyelésében 17

2.2.1 Szemmozgás mérése, a szem mozgásának követése 18

2.2.2 A képi vizuális információ érzékelése és a látórendszer motoros működése 18

2.2.3 A szemmozgáskövetés módszerei 21

2.2.4 Szemmozgás paraméterek 24

2.2.5 A szemmozgáskövetés kutatások korábbi eredményei 25

2.3. A kognitív folyamatok megfigyelése a szem mozgásának követésével 29

2.3.1 Szemmozgáskövetés a tanulási folyamatok megfigyelésében 30

2.4. Szem-kéz koordináció 33

2.4.1 Motoros képességek 35

2.4.2 Koordinációs készség 35

2.4.3 Vizuális észlelés 36

2.4.4 Szem-kéz koordináció kutatások korábbi eredményei 37

2.5. Az információfeldolgozás új paradigmái az oktatástechnológiában 40

2.5.1 Az emberi agy működése, fontosabb lebenyek 42

2.5.2 Tájékozódás 2D és 3D környezetekben 43

2.5.3 Virtuális környezetek, 3D-s terek 45

3. Vizsgálati módszerek és eljárások 48

3.1. Szemmozgáskövetést és gesztusvezérlést megvalósító tesztkörnyezet hardver és szoftver eszközei 48

3.1.1 A vizsgálat folyamata 49

3.1.2 Mérőeszköz és eljárás 50

3.1.3 Eye Tribe tracker 50

3.1.4 Gazepoint GP3 51

3.1.5 Leap Motion Controller 52

3.1.6 OGAMA (Open Gaze and Mouse Analyzer) 53

3.1.7 MaxWhere 53

3.1.8 Moodle 53

3.1.9 Szem- és egérkurzor mozgás analízis teszt végrehajtásának lépései 54

3.1.10 Szem- és egérkurzor mozgás eredményeinek további feldolgozása 55

3.2. Vizsgálati személyek 56

3.2.1 Szem- és kézmozgással összefüggő vizsgálatok esetén 56

3.2.2 Problémamegoldással összefüggő keresési feladat esetén 56

3.2.3 IKT eszközök alkalmazásával összefüggő használati tapasztalatok elemzése esetén 56

4. Elvégzett vizsgálatok és új tudományos eredmények 57

4.1. Szemmozgás paraméterek elemzése egy IT hálózati feladat megoldása kapcsán 57

4.1.1 A vizsgálat körülményei 58

4.1.2 Előzetes tudás szint felmérés 59

4.1.3 A vizsgálati módszerek 59

4.1.4 Kiugró értékek elemzése 60

4.1.5 Normalitás vizsgálat a fixáció számok eredményeinek adatsorán . 63

4.1.6 Variancia analízis 66

4.1.7 Független mintás T-teszt a fixáció számok adatsorán..... 67

4.1.8 Korreláció analízis az előzetes teszt és a fixáció számok eredményeinek adatsora között..... 69

4.1.9 Kiugró értékek az előzetes tudás és a fixáció számok adatsorán... 69

4.1.10 Normalitás vizsgálat az előzetes tudás és a fixáció számok adatsorán 72

4.1.11 Pearson-féle korreláció analízis..... 74

4.1.12 Új tudományos eredmények 74

4.2. Szem-kéz koordináció elemzése.....75

4.2.1 A vizsgálat körülményei..... 75

4.2.2 Vizsgálati módszerek..... 77

4.2.3 Kiugró értékek a tekintet és a kurzor átlagos távolsága között hagyományos és gesztus alapú vezérlés esetén..... 78

4.2.4 Normalitás vizsgálat a tekintet és a kurzor átlagos távolsága között hagyományos és gesztus alapú vezérlés esetén..... 78

4.2.5 Páros t-próba a tekintet és a kurzor átlagos távolsága között hagyományos és gesztus alapú vezérlés esetén..... 79

4.2.6 Új tudományos eredmények 80

4.3. Szemmozgás paraméterek és a keresési idő elemzése 3D virtuális térben 80

4.3.1 A vizsgálat körülményei..... 80

4.3.2 Vizsgálati módszerek..... 81

4.3.3 Fixáció szám és a végrehajtási idő adatsorának kvantitatív elemzése..... 82

4.3.4 Fixáció szám kvalitatív adatelemzése 2D-s és 3D-s terek esetében 83

4.3.5 Új tudományos eredmények 84

4.4. Korszerű IKT eszközök alkalmazásával összefüggő használati tapasztalatok elemzése 85

4.4.1 A vizsgálat körülményei 85

4.4.2 Vizsgálati módszerek 86

4.4.3 A kérdőív felépítése 87

4.4.4 A résztvevők képzettsége és informatikai előképzettsége 88

4.4.5 Eszközinfrastruktúra megfelelősége és az oktatott tantárgyak százalékos megoszlása 89

4.4.6 IKT eszközök hasznosságának értékelése az oktatási folyamat aspektusából 91

4.5. Téziscsoportok 96

5. Rendszermérnöki munkát támogató 3D-s tér kialakítása 99

5.1. A rendszermérnöki munkafolyamatok áttekinthetőségének jelentősége 99

5.2. Az IT hálózati hibaelhárítás folyamatának rövid áttekintése 100

5.2.1 Az OSI referenciamodell szerepe a hibaelhárítás folyamatában .. 100

5.2.2 Hálózati strukturált hibaelhárítási módszerek 101

5.2.3 Hibaelhárítás eszközei 102

5.3. 3D-s IT hálózati monitoring rendszer kialakítása MaxWhere térben 104

5.3.1 A 3D-s környezet felépítése 104

5.3.2 A megjelenített tartalom logikai elrendezése 105

5.3.3 A hibadiagnosztika során megfigyelhető kritikus paraméterek ... 110

6. Összefoglalás 113

6.1. Új tudományos eredmények összegzése 113

6.2. A kutatás nehézségei és korlátai 116

6.3. Kutatási eredmények felhasználási és alkalmazási lehetőségei 117

7. Irodalomjegyzék 121

8. Ábrajegyzék **136**

9. Táblázatjegyzék **138**

10. Mellékletek **139**

11. A tézisekhez kapcsolódó publikációk **149**

Köszönetnyilvánítás **155**

1. Bevezetés

A technológia fejlődése a számos fejlesztést és új eszközöket hoz magával, amelyek a mindennapi életünkre jelentős hatással vannak. Jelen korunk szükségszerűvé teszi az IKT eszközök készség szintű használatának elsajátítását, minden eddiginél jobban jelen van a hétköznapi életvitelben, alapvetően meghatározza a társadalmi interakciókat. A technológia fejlődése számos más terület mellett a kognitív tényezők megfigyelésében is új lehetőségeket nyit.

Az ember-számítógép, mint két rendszer közötti kapcsolatban fontos szerepet játszik az emberi viselkedés, interakció, amelyet többféle módon is vizsgálhatunk, akár az agyi tevékenység, akár a gesztusok vagy akár a szem mozgása által. Maga az ember-számítógép interakció egy olyan tudományterülettel foglalkozik, mely az ember számára készített interaktív számítógépek tervezését, megvalósítását érinti, valamint az ezzel összefüggő főbb jelenségeket tanulmányozza. (Hewett & Strong, 1992) A manapság használt beviteli eszközök többsége mechanikus elven működik, azonban az ember-számítógép interfészek fejlődésének köszönhetően a számítógépek is képesek az emberi testbeszéd, a gesztusok megértésére, alkalmazására a tanulás folyamatának támogatásában.

A kognitív folyamatok megfigyelésére sokáig egy olyan interjútípust alkalmaztak, amely az ún. „think-aloud" technikán alapult, ahol a tesztalanyoknak verbalizálni kell a gondolataikat az egyes felhasználói felületeken történő mozgás közben. Ez a módszer azonban számos esetben validációs problémákat vetett fel (Lecomplete & Preissle, 1993) (Mintzes, 1999). Ezért a kutatók új technikákat keresnek a különböző tudományos területeken alkalmazható kutatásokra annak a reményében, hogy különböző szemszögből mutathassák be a tanulási folyamatot (Anderson, 2007). A technikák között megjelent a szemmozgás követés, amelyet a pszichológiai kutatásokban eredményesen használtak az alapvető kognitív folyamatok tanulmányozására olvasás és egyéb jellegű információfeldolgozási módok során (Rayner K. , 1998).

A szemmozgás követés az utóbbi években a tanulási folyamatok vizsgálatával foglalkozó kutatások egyik eszközeként is megjelent, hiszen alkalmas a kognitív tevékenységek online, valós idejű megfigyelésére, ezáltal jól használható a tanulással összefüggő kognitív folyamatok megfigyelésére is. Az elmúlt években a szemmozgás követés technológia oktatással kapcsolatos kutatásokban történő felhasználása egyre népszerűbb, alkalmazásával választ kaphatunk a tanítási-tanulási folyamat során tapasztalható egyes nehézségek okaira azáltal, hogy a szemmozgás paramétereinek megfigyelésével elemezzük ki az egyes kognitív tevékenységeket.

A szemmozgás követési technológia mellett több ember-számítógép interakciót megvalósító eszköz alkalmas arra, hogy kiszélesítse a tanítási-tanulási folyamatokkal összefüggő kutatások spektrumát annak hatékonyabb elemzésével, több paraméter megfigyelése által. Ilyen eszközök például a kézi gesztusvezérlésen alapuló megoldások, amelyek segítségével a szem-kéz koordináció is elemezhető, ezáltal újabb összefüggések tárhatók fel a szemmozgással és egyes kognitív folyamatokkal kapcsolatban. A legkorszerűbb ember-számítógép interfészek nyújtotta lehetőségek, a modern kor oktatástechnológiája számos lehetőséget kínál az oktatási módszertanok megújításához.

Napjaink népszerű oktatási formái szinte kivétel nélkül digitális tartalmakat használnak, amely lehetőséget ad a jobb szemléltethetőségre és interaktivitásra, ezáltal a tanóra színesíthető. A felsőoktatásban előszeretettel használnak LMS (Learning Management System) rendszereket (pl. Moodle) azok interoperabilitása okán. Manapság egyre több kutatás foglalkozik az ún. 3D-s virtuális terek oktatásban történő használatával. Tanulmányok igazolják, hogy a 3D-s tér oktatási környezetben történő alkalmazása indokolt lehet, segítségével a tanítási-tanulási folyamatok is hatékonyabbá válhatnak.

Az értekezésben bemutatott komplex kutatás motivációját a tanulással összefüggő kognitív folyamatok korszerű IKT eszközökkel történő megfigyelésében rejlő lehetőségek adták.

Jelen kutatás az oktatási folyamat hatékonyságának ellenőrzésével összefüggő tesztfeladatok megoldásának szemmozgáson és kézi gesztusvezérlésen alapuló megfigyelését helyezi előtérbe, valamint a tanítási-tanulási folyamat hatékonyságának növelése céljából vizsgálja a 3D-s terek oktatásba történő bevonásának lehetőségét és a modern IKT eszközök befogadóképességére irányuló hajlandóságot az oktatók körében. A kutatás során alkalmazott eszközrendszerek a jövő oktatási infrastruktúrájának szerves részét képezhetik.

Az alábbiakban a kutatás célkitűzései, módszertana, feltételei és az értekezés felépítése kerül ismertetésre.

Az értekezésben megfogalmazott új tudományos eredmények a saját tudományos eredményeim, a társszerzők elsősorban a tesztek elvégzésében, adatok felvételében és a publikációk megírásában működtek közre.

1.1. A kutatás célkitűzései

Az értekezés célkitűzési az alábbi fő pontokba sorolhatók:

1. Egy olyan tesztkörnyezet összeállítása, amely alkalmas a szemmozgás és a kézi gesztusvezérlés alapú kézmozgás párhuzamos megfigyelésére, valamint elemzésére egy számítógép monitorán megjelenő informatikai feladat megoldása során.

2. A tesztkörnyezet felhasználásával vizsgálatok megvalósítása:

   a.) Olyan adatelemzési eljárás megvalósítása, amely segítségével vizsgálható, hogy az eltérő előzetes tudással rendelkezők szemmozgás paramétereiben kimutathatók-e különbségek, egy a számítógép monitorán megjelenő, informatikai feladat megoldása kapcsán.

   b.) Olyan adatelemzési eljárás megvalósítása, amely segítségével vizsgálható, hogy kimutathatók-e különbségek az egérkurzor mozgás paramétereiben, abban az esetben, ha az hagyományos egér, vagy gesztusvezérlés segítségével történik, egy számítógép monitorán megjelenő, informatikai feladat megoldása során.

3. Tesztkörnyezet és adatfeldolgozási eljárás megvalósítása, amely alkalmas 3D-s virtuális terek hatékonyságának vizsgálatára matematikai problémamegoldó feladatok esetében.

4. Vizsgálati módszer és eljárás megvalósítása a korszerű IKT eszközök alkalmazásával összefüggő használati tapasztalatok elemzésére oktatók körében.

1.2. A kutatás módszere

A kutatás első lépéseként a témával kapcsolatban alkalmazott módszerek, nemzetközi és hazai szakirodalom felhasználásával áttekintett, a témához kapcsolódó eredmények kerültek elemzésre. A kutatás második fázisában a vizsgálatok elvégzéséhez szükséges tesztkörnyezet kidolgozása és megvalósítása történt, amely segítségével a szemmozgás és gesztusvezérlés megfigyelése, analízise és egyes jellemző paramétereinek meghatározása, majd kiértékelése volt megvalósítható informatikai feladatok megoldása kapcsán. A kutatás harmadik fázisában egy matematikai keresési feladat végrehajtása során a szemmozgás és a keresési idő megfigyelése, analízise, egyes jellemző paraméterek meghatározása, majd kiértékelése történt 3D-s virtuális tér és hagyományos oktatási környezetben, amelyet kvalitatív és kvantitatív elemzések elvégzése követett. A kutatáshoz felhasznált eszközök csoportját célhardverek és célszoftverek alkották. A The Eye Tribe tracker, mely az informatikai feladat megoldása során történő szemmozgás követés célhardvereként került alkalmazásra, valamint a Leap Motion controller, mely a kézi gesztusvezérlést valósította meg. A matematikai keresési feladat 3D-s térben történő vizsgálatához, a szemmozgás paramétereinek megfigyeléséhez a Gazepoint GP3 eszköz került felhasználásra. A szemmozgáskövetésen alapuló tekintet és a kézi gesztusvezérlés segítségével megvalósított egér mozgás felvétele, paramétereinek rögzítése és kiértékelése az OGAMA szoftver segítségével, az adatok statisztikai kiértékelése az SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 23 és Microsoft Excel programcsomagok, a 3D-s virtuális térben végzett vizsgálatok pedig a MaxWhere program segítségével valósultak meg. Az előzőekben bemutatott kutatásokkal kapcsolatban a korszerű IKT eszközök alkalmazásával összefüggő használati tapasztalatok kerültek elemzésre, amelyek ezen jövőbe mutató technológiák hatékony alkalmazására adhatnak támpontot.

1.3. Az értekezés felépítése

Az értekezés 5 fő részből áll, amelyek a következők:

1. Az értekezés 2. fejezetében a témához kapcsolódó nemzetközi és hazai szakirodalmak kerülnek áttekintése, ahol fókuszpontba kerül a szemmozgás szerepe a kognitív folyamatok megfigyelésében, valamint a szem-kéz koordináció, a szemmozgáskövetésen és gesztusvezérlésen alapuló vizsgálatok, 3D-s terek és más IKT technológiák szerepe az oktatási folyamatokban. A korábbi vizsgálatok során alkalmazott módszertani eljárások az értekezésben bemutatott kutatási eredmények kiértékelésének alapjául szolgálnak.

2. Az értekezés 3. fejezetében a vizsgálati módszerek és eljárások kerülnek ismertetésre.

3. Az értekezés 4. fejezetében a témához kapcsolódó kutatások és kutatási eredmények kerülnek ismertetésre:

   a.) Az eltérő előzetes tudással rendelkezők szemmozgás paramétereinek elemzése, egy a számítógép monitorán megjelenő informatikai feladat megoldása kapcsán, a vizsgálat eredményei, valamint a vizsgálatok alapján levont következtetések és a megfogalmazott tézisek kerülnek ismertetésre.

   b.) Kézi gesztusvezérlő rendszer segítségével végrehajtott és szemmozgáskövető rendszer segítségével megfigyelt informatikai feladatmegoldás szem-kéz koordinációjának elemzése, valamint a vizsgálatok alapján levont következtetések és a megfogalmazott tézisek kerülnek ismertetésre.

   c.) 3D-s térben végrehajtott matematikai keresési feladat végrehajtása során a szemmozgás paraméterek megfigyelése, valamint a vizsgálatok alapján levont következtetések és a megfogalmazott tézisek kerülnek ismertetésre.

d.) Korszerű IKT eszközök alkalmazásával összefüggő használati tapasztalatok elemzése, valamint a kiértékelés alapján levont következtetések kerülnek ismertetésre.

4. Az értekezés 5. fejezetében a kapott eredményekkel összefüggésben a rendszermérnöki tevékenység hatékonyabbá tételét, komplex rendszerelméleti és gyakorlati ismeretek átadását támogató környezet kerül megvalósításra, valamint ezen környezet alkalmazási előnyei kerülnek bemutatásra.

5. Az értekezés utolsó, záró fejezetében a tézisek összefoglalása, az elért új tudományos eredmények, gyakorlati alkalmazhatóságuk kerül ismertetésre. A fejezet ugyanakkor feltárja a kutatás korlátait és nehézségeit is.

Az értekezésben a hivatkozások megadása az APA szabvány szerint történt.

2. Tudományos szakirodalmi háttér áttekintése

A fejezetben a nemzetközi és hazai szakirodalom alapján áttekintésre kerülnek a tématerületekhez kapcsolódó kutatások, alkalmazott vizsgálati módszerek és módszertani eljárások, amelyek eredményei az értekezésben bemutatott kutatás alapjául szolgálnak. A fejezet a szem-kéz koordinációhoz közvetlenül kapcsolódó fogalmakat tárgyalja, a szélesebb körű fiziológiai, valamint az emberi testhez és mozgáskultúrához kapcsolható sporttudományi, pszichológiai és más vonatkozások csak a tématerület tárgyalásához szükséges mértékben kerülnek említésre.

2.1. Ember-számítógép interakció jelentősége

Az ember-számítógép interakcióval egy olyan tudományterület foglalkozik, amely az ember számára készített interaktív számítógép rendszerek tervezését és megvalósítását foglalja magában, illetve az ezzel összefüggésbe hozható főbb jelenségeket tanulmányozza. Az ember-számítógép interakcióhoz köthető tudományterület például a kognitív infokommunikáció (CogInfoCom), amely az információ közlés, az informatika és kognitív tudományok közötti kapcsolatokat, illetve az ezen területek kapcsolódásaiból létrejött tudományterületeket vizsgálja, így az informatika, média, kommunikáció és a kognitív tudományok konvergenciájaként is felfogható. (Baranyi & Csapó, 2012.) (Baranyi, Csapo, & Sallai, 2015.) A tudományterülethez kapcsolhatók olyan fogalmak is (Hercegfi, 2018.), mint a felhasználói élmény (User Experience - UX) vagy az ergonómia (Human Factors and Ergonomics - HFE), amely tudományág az ember-gép munkakörnyezet kapcsolatát vizsgálja.

Az ember-számítógép interakciókban jelentős szerepet töltenek be azok az eszközök, amelyeket a számítógépes rendszerek vezérlésére használnak. A számítógépes rendszerek vezérlése olyan (hagyományosnak tekinthető) bemeneti perifériák segítségével valósul meg, mint a billentyűzet vagy az egér.

A technika fejlődésének köszönhetően az irányítási funkciók (egy-egy vezérlőparancs vagy kattintás) megvalósíthatók alternatív megoldásokkal, mint például a szemmozgás- vagy gesztus alapú vezérléssel, amely teljesen új távlatokat nyit az ember-számítógép kommunikációban. Az ember tekintetéből számos paraméter leszűrhető és egyben sokkal informatívabb is, mint pusztán az egér mozgatása (és egy kattintás) vagy egy vezérlő billentyű megnyomása a billentyűzeten.

A folyamatos fejlesztések révén a különböző technikai eszközök kezelése jelentősen leegyszerűsödött, ami azt eredményezte, hogy az eszközök sokkal szélesebb (felhasználói) körben használhatók, tehát gyakorlatilag mindenki számára kezelhetővé váltak. Az információs és kommunikációs technológiai (IKT) eszközök az élet minden területén jelen vannak, legyen szó akár az ipar, az oktatás vagy a tudomány egyéb területeiről.

Bárhonnan is közelítünk, az IKT ma már az életünk részévé vált. IKT eszközöket használunk az életünk könnyebbé és kényelmesebbé telteléhez, különböző ipari, oktatási és más tudományos munkafolyamatok hatékonyabbá tételéhez.

Az ember-számítógép kapcsolatban fontos szerepet tölt be az emberi viselkedés, a két fél közötti interakció. Az ember és a számítógép közötti kölcsönhatás számos formában vizsgálható, legyen szó akár agyi tevékenységről, gesztusokról vagy szemmozgásról.

Ahogy a bevezetőben is utalás történt rá, az ember-számítógép, mint két rendszer közötti kapcsolatban fontos szerepet játszik az emberi viselkedés, interakció, amelyet többféle módon is vizsgálhatunk, akár az agyi tevékenység (Katona, 2014), (Katona, 2015), akár a gesztusok (Sziládi & Kővári, 2016) vagy akár a szem mozgása által (Hari & Jaswinder, 2012). Maga az ember-számítógép interakció egy olyan tudományterülettel foglalkozik, amely az ember számára készített interaktív számítógépek tervezését, megvalósítását érinti, valamint az ezzel összefüggő főbb jelenségeket tanulmányozza (Hewett & Strong, 1992).

Az emberi szem mozgásának mérésével meghatározható a vizuális figyelem, ezáltal pedig bizonyos rejtett kognitív folyamatok is feltárhatók, vizsgálhatók. Az Eye tracking kutatások alapját a szemmozgáskövetésen alapuló megfigyelések adják. A szem mozgásának vizsgálatával meghatározható az ember vizuális fókuszpontjának geometriai helye egy-egy tárgy megfigyelése során. A szem mozgásának mérésével továbbá megállapítható a tekintet útvonala, és hogy milyen részleteken időzik el hosszasabban. Ezen paraméterek alapján vizsgálhatók a vizuális ingerek milyen módon függenek össze konkrét feladat végrehajtásával, melyek más módszerekkel kevésbé elemezhetők, továbbá pontosabb képet kaphatunk a szemmozgás és kézmozgás kognitív folyamatokkal való összefüggéséről és feltárhatjuk a köztük lévő kapcsolatokat.

Az előzőekben ismertetett kognitív folyamatokat a szem által érzékelt vizuális információk befolyásolják, ezek közötti kapcsolatok jelentőséggel bírnak.

A kognitív folyamatok fontos eleme az emberi tanulás folyamata, mely során a legfontosabb információforrás a vizuálisan érzékelt és megfigyelt információk.

Ezért a tanulás folyamatának megfigyelésében a szemmozgáskövetésen alapuló rendszerek olyan új lehetőségeket tárnak elénk, amelyek a jelenlegi és jövőbeli kutatások számára az eddigiekhez képest szélesebb spektrumú vizsgálatokat tesz lehetővé.

2.2. Szemmozgás szerepe a kognitív folyamatok megfigyelésében

A szemmozgás vizsgálatának a jelentőségét az adja, hogy a számítógép felhasználók az információk jelentős részét vizuális ingerek, mint információs csatornán keresztül kapják (Bárdos, és mtsai., 2012). Az emberi szemmozgás vizsgálata abból a szempontból is hasznos, hogy a szem mozgásának mérésével, a vizuális figyelem meghatározásával a kevésbé vizsgálható, rejtett kognitív folyamatokra is közvetetten következtetni lehet.

2.2.1 Szemmozgás mérése, a szem mozgásának követése

A szem mozgásának mérésével megállapítható, hogy a tekintet milyen mintázatot, útvonalat jár be és milyen kép részleteken időzik el hosszabban és ezt milyen frekvenciával teszi. Ezek az adatok részletes információt adhatnak arról, hogy a felhasználók egy feladatot, tevékenységet a vizuális ingerek felhasználásával milyen módon hajtanak végre, mint például keresés, olvasás, képek megtekintése, vagy akár a séta, autóvezetés, melyek más módszerekkel kevésbé vizsgálhatók.

A szem mozgásának követése a felhasználó vizuális fókuszpontjának geometriai helyének meghatározására szolgál, vagyis azt mutatja, hogy mit és mennyi ideig nézünk, figyelünk meg.

Ahogy a fényképészetben sok esetben megfigyelhető, egyes fotósok azonos fényképező gépekkel és felszereléssel sokkal jobb képeket készítenek, mint mások. A technológia ugyanaz, a képek minősége azonban eltérő. Akkor mégis hol keressük a különbözőség okát? A kérdést körül járva alaposabban meg kell vizsgálni a képkészítés folyamatát. Mielőtt a fotós képet készít, körülnéz, hogy a látómező melyik régiójáról készítse a képet. Ha megtörtént ennek a zónának a behatárolása, maga elé tartja a fényképezőgépet és a kiválasztott területre irányítva a fókuszt, elkészíti a fényképet. Tehát a megoldás kulcsa jelen esetben az emberi tényező, vagyis a fotós. A különbség okának keresésénél azt kell megvizsgálnunk, hogy a fotós figyelme mely pontokra irányul, amikor a fényképet készíti. A jelenség vizsgálatával az ún. Eye Tracking foglalkozik, ami nem más, mint a szemmozgás követése.

2.2.2 A képi vizuális információ érzékelése és a látórendszer motoros működése

A szemmozgást csak úgy vizsgálhatjuk hatékonyan, ha ismerjük az emberi szem érzékelést segítő alkotóelemeit. (1. ábra)

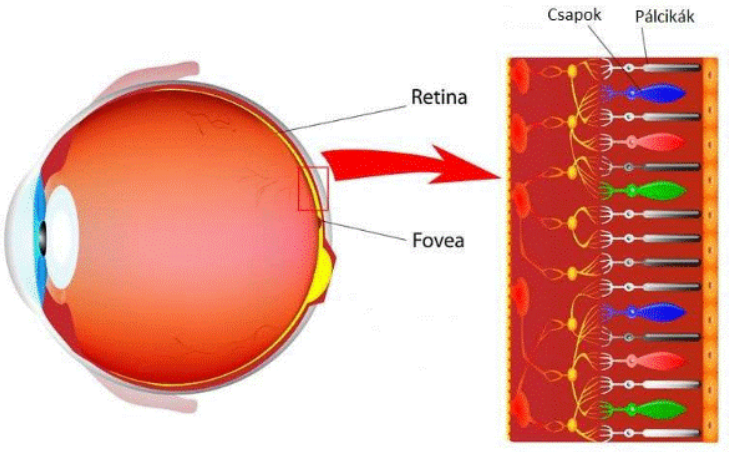
Szerencsére az evolúció egy igen pontos látóegységgel ruházta fel az embert. Ez a látóegység pedig nem más, mint a szemünk, amellyel a vizuális információkat dolgozzuk fel. Az Eye Tracking szempontjából kiemelkedően fontos a fény érzékelését lehetővé tévő rendszer ismerete (az áttekintésben a jelfeldolgozással és jeltovábbítással most nem foglalkozunk). A szem hátsó részében található egy fényérzékeny réteg, a retina, amely két speciális érzékelőből (fotoreceptorból) épül fel: csapokból és pálcikákból. Ezek a fotoreceptorok fontos szerepet töltenek be a fényenergia idegi jelekké történő átalakításában. A két érzékelő a vizuális funkcióikat tekintve viselkedik máshogy. Közepes erősségű fénynél mindkét fotoreceptor aktív, azonban a fénysűrűség csökkenése esetén a pálcikák érzékenysége nő. Erősebb fényinger esetén pedig a csapok lépnek működésbe.

Vagyis a pálcikák az alacsony intenzitású fényre érzékenyek, a csapok pedig a magasabb fénysűrűséget igénylő éleslátásért és színlátásért felelősek. Figyelembe véve, hogy a retinában lévő fotoreceptorok közül a pálcikák száma jóval meghaladja csapokét, így nem meglepő, hogy mérsékeltebb fényviszonyok mellett az ember éleslátása is gyengébb. A pálcikák a sötét és világos fényeket különböztetik meg, segítségükkel alacsony fényviszonyok mellett is látjuk a különböző tárgyak kontúrjait, azonban a színek megkülönböztetését nem teszik lehetővé és az alkotott kép sem túl részletgazdag. Ellenben a csapok magasabb fényintenzitás mellett működnek jól, ahol alapvetően sokkal több vizuális információt dolgoznak fel, köztük a színeket is. A csapok között is vannak különbségek. Alapvetően három típust különböztethetünk meg, amelyek a vörös, zöld és kék alapszíneket láttatják. A kék színre érzékeny csapok száma a legkisebb. Összességében alapvetően a csapok biztosítják a színlátást. A színlátás helye a retinán az ún. sárgafolt (fovea centralis), amelyben megtalálható a látógödör. A látógödör közepében helyezkedik el a foveola, ahol a legnagyobb a fényérzékeny receptorok koncentrációja a teljes retinára nézve. A foveola csak csapokból tevődik össze, a látógödör más részein viszont kis számban ugyan, de találunk pálcikákat is. A sárgafoltban a pálcikák száma dominál, a sárgafolt segítségével valósul meg például az olvasás.

A csapok és a pálcikák működési mechanizmusának függvényében háromféle látási mechanizmust különböztetünk meg:

- látógödöri látás
- sárgafolti látás
- perifériкus látás

A látógödöri látás felelős az aprólékos éleslátásért, nagy felbontás és szűk látószög jellemzi. Ennek a mechanizmusnak köszönhető például az is, hogy be tudunk fűzni egy cérnát egy tűbe. A sárgafolti látás is éles, de nem olyan mértékben, mint a látógödöri és ez a mechanizmus csak bizonyos határértékig (függőlegesen 3°, vízszintesen 12°-15°) működik. A perifériкus látás már sokkal nagyobb látószöget ad - és mivel a pálcikák felelnek érte - alapvetően az ember perifériкus látása nem túl részletgazdag, tehát kis felbontás jellemzi (Magucsa).



1. ábra Az emberi szem felépítése

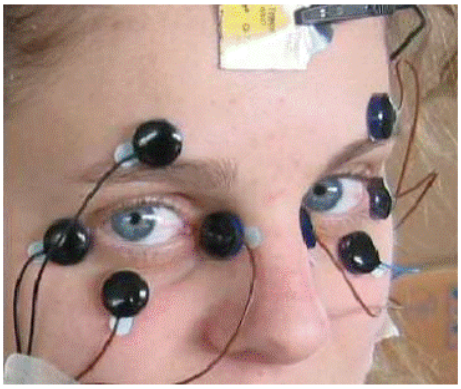
(Forrás: http://gomerblog.com/2015/04/retina-specialist/ - átszerkesztett ábra)

A látórendszer motoros működésében, a tekintet irányának, fókuszának pozícionálása a szemizmok segítségével történik úgy, hogy a látott kép a szem éleslátás helyére, a fovea centralisra vetüljön. A szemgolyók mozgatása történhet akaratlagosan az érdekesnek ítélt, kiválasztott területre irányítva, majd a látómezőben tartás már elsősorban a spontán szemmozgások segítségével történik. Amennyiben a látótérben fixálunk egy mozdulatlan tárgyat, akkor a szem spontán szemmozgásokat végez.

Ez a mozgás lehet 30-80 Hz frekvenciájú úgynevezett tremor, lassú sodródó mozgás, mely során a fixált tárgy képe lassan elhalad a fovea előtt, valamint gyors reflexes szemmozgás, melyet követően a vizsgált tárgy képe ismét a foveára vetül. Amikor tekintet gyorsan mozgó tárgyat követ, olvasás, kép részleteinek egymás utáni megfigyelése során a szem újra meg újra fixálja a képét. A fixálási pontok között a szem gyors spontán szemmozgásokat úgynevezett szakkádokat végez (Yarbus, 1967).

2.2.3 A szemmozgáskövetés módszerei

A szem mozgásának, a vizuális fókuszpont helyének meghatározására számos módszert kidolgoztak. A szemmozgások egyik vizsgálati módszere az elekrookulográfia (EOG) (2. ábra). A vizsgálat alapja, hogy a szemgolyó elektromos dipólusként viselkedik: pozitív pólusa a szaruhártya (cornea) felszínén, negatív pólusa a retina mögött helyezkedik el (Yarbus, 1967) (Metrovision, 2016). A fenti két pont közötti feszültség különbség 0,4-1,0 mV között változik, melyet részben az intraokuláris folyadék és a vér között fellépő Donnan-egyensúly, részben az érzéksejtekre gyakorolt fényhatás okoz (Yarbus, 1967). Ez a potenciálkülönbség a szemgolyó körül elektromos teret hoz létre, mely a szemmozgásokkal együtt változik és a szemgolyó mellett elhelyezett elektródákkal mérhető. A temporálisan elhelyezett elektródákkal a horizontális, a szem alá és fölé helyezett elektródákkal a vertikális szemmozgások rögzíthetők (Yarbus, 1967). A nulla feszültségszintet jelentő elektródákat általában a homlok közepén vagy a fülcimpán helyezik el (Yarbus, 1967). A módszerrel a szemmozgások ± 70°-ig vizsgálhatók (0° a frontális, míg ± 90°a teljesen laterális vagy vertikális irány) (Yarbus, 1967).

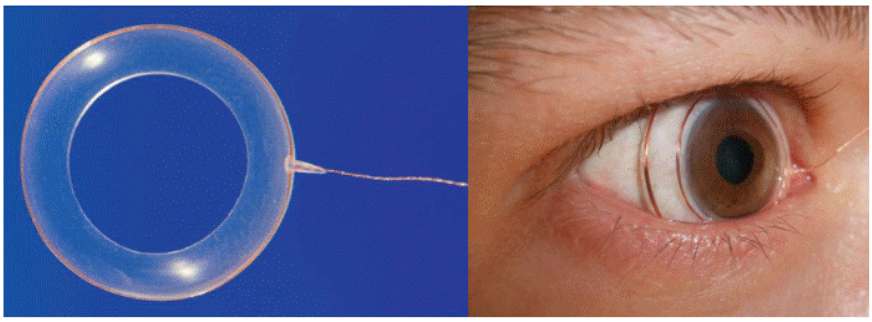


2. ábra Elekrookulográfia

(Forrás: http://www.metrovision.fr/mv-eo-notice-us.html)

A másik vizsgálati módszer esetén kontaktlencsét alkalmaznak a szem helyzetének meghatározásához.

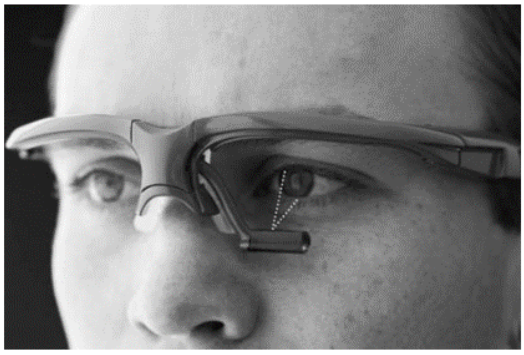
Az egyik megoldás esetén a szaruhártyán elhelyezkedő lencse egy tekercset tartalmaz, melyben a mágneses térben történő mozgás esetén feszültség indukálódik (Chronos Vison, 2016) (3. ábra), vagy a lencse lehet egy tükröző felület, amelyhez hasonlót Yarbus is alkalmazott.



3. ábra Kis tekercseket tartalmazó kontaktlencse

(Forrás: http://www.chronos-vision.de/downloads/CV_Product_SSC.pdf)

Infravörös fénysugár alkalmazásával is vizsgálható a szem helyzete. Az infravörös fény abból a szempontból előnyös, hogy a szem által nem látható, ezért nem zavaró. A szemről visszavert fényt detektálva lehet következtetni a szem helyzetére (Murray, Andrew, Robert, Kate, & Natalie, 2007) (4. ábra).

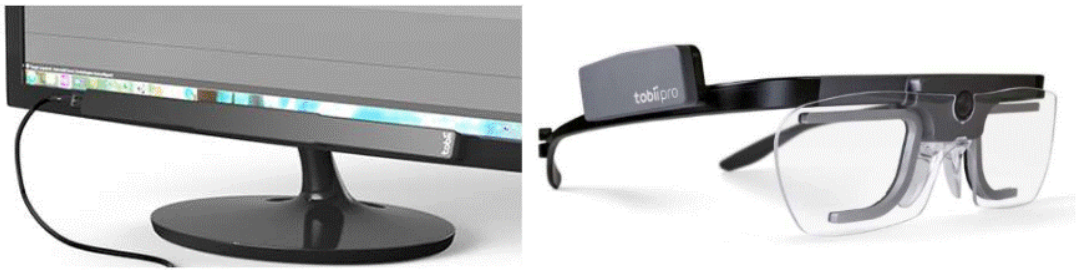


4. ábra Szemüvegkerethez rögzített infravörös fény visszaverődés alapú okulográfia

(Forrás: Murray W. Johns, Andrew Tucker, Robert Chapman és Kate Crowley, Natalie Michael, „Monitoring eye and eyelid movements by infrared reflectance oculography to measure drowsiness in drivers," in Somnologie, No 11, pp. 234–242, 2007.)

Manapság egyre nagyobb mértékben elterjedőben van a képfeldolgozás alapú szemmozgáskövetés.

Szemmozgás követésre alkalmas, képfeldolgozáson alapuló célhardvert, több gyártó kínálatából is választhatunk, ahol olyan eszközök lelhetők fel, mint például a Tobii, a The Eye Tribe, a Mirametrics, a GazePoint vagy a Smart Eye. A kamerás rendszerek alapja a pupilla pozíciójának meghatározása képfeldolgozási algoritmusok által. A kamera elhelyezkedhet a szemtől távolabb, mondjuk egy számítógép monitorához rögzítve, vagy a szemhez közel egy szemüvegen (Tobii, 2016) (5. ábra).

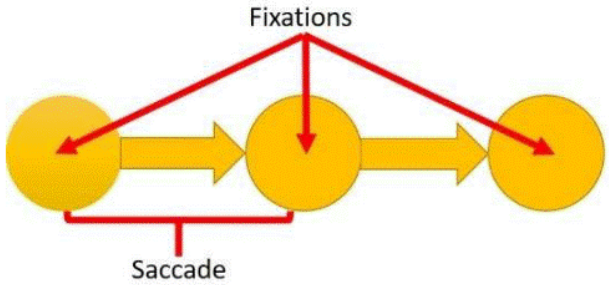


5. ábra Tobii EyeX számítógép monitorára rögzíthető ás Tobii Pro szemüveg kialakítású szemmozgáskövető rendszer

Forrás: http://www.tobii.com/

2.2.4 Szemmozgás paraméterek

Az emberi szem a környezetünktől kapott információk feldolgozását működtető mechanizmusok egyik alap eleme. Ahogy fentebb is utaltam rá, a szemünk segítségével lehetővé válik a különböző vizuális ingerek befogadása, majd az agy segítségével azok feldolgozása. A szemmozgás irányításában összetett idegrendszeri háttér közreműködése szükséges. A látórendszer motoros működése a szemizmok segítségével valósul meg. A szemgolyó mozgatása történhet akaratlagosan, az érdekesnek ítélt területekre való irányítással, a látómezőben tartás pedig már spontán mozgások sorozatával. Alapvetően kétféle típusú mozgást különböztethetünk meg; fixációkat és szakkadikus mozgást. (6. ábra)



6. ábra Fixációk és szakkádok

(Forrás: saját szerkesztés)

Fixáció: Egy adott pontra történő fókuszálást jelöl, ahol a tekintet hosszabban időzik. Az átlagos fixáció hossz 100-1000 ms közé tehető, a legtöbb esetben ez az időtartam 200-500 ms. Az időtartam nagyban függ a feldolgozandó információ mennyiségétől, illetve a pillanatnyi kognitív terheléstől. A fixációk a szem azon állapotát jelölik, amikor a szemgolyó mozdulatlan és éppen az információ felvétele vagy „dekódolása" történik. A fixációkból különféle mutatószámok származtathatók, mint: (Hari & Jaswinder, 2012)

- A fixáció hossz: adott ponton történő időzés
- A fixációk száma: fixációs pontok száma
- Az első fixáció helye: adott területen elhelyezkedő első fixációs pont
- Az első fixációig eltelt idő: az első fixációs pont megtalálásáig eltelt idő

- Az összes fixáció időtartama: az összes fixációs pont együttes ideje
- A fixációk alatti vizuális információfelvétel: az az információmennyiség, amelyet a megfigyelt területre nézve megszerzünk.

Szakkád: Más néven regresszió, a rövid, gyors és ugrásszerű mozgást jelöli két fixáció között. A vizuális keresés ("pásztázás") egyik meghatározó tényezője. Egy szakkád átlagos időtartama 20-35 ms közé tehető. A szem számára a következő tekintési pozíciót határozza meg. Amennyiben 30°-nál nagyobb mozgás történik, a fej is a szemmel együtt mozog.

A vizuális információfeldolgozás során a szem automatikusan elrejt minden olyan szakkádot, ami a megfigyelt terület elmosódását okozná. A szakkádokból is származtathatók mutatószámok:

- Tekintet időtartama: Más néven fixációs klaszter vagy fixációs ciklus, "dwell". A tekintet időtartama alatt az összes fixáció és szakkád időtartamát értjük az előre definált, megfigyelt területre vonatkozóan. A tekintet elemzésével mérhető a figyelem megoszlása az egyes célterületek között. Használható egyfajta "előrejelzésként" is: amikor egy adott ponton sokat időzik a tekintet, valószínűsíthető egy hozzá kapcsolódó, általa kiváltott esemény bekövetkezése (pl. Ha az alany tekintete egy weblap megtekintésekor sokat időzik egy cikk részleten vagy szalagcímen, valószínűleg rá fog kattintani).

2.2.5 A szemmozgáskövetés kutatások korábbi eredményei

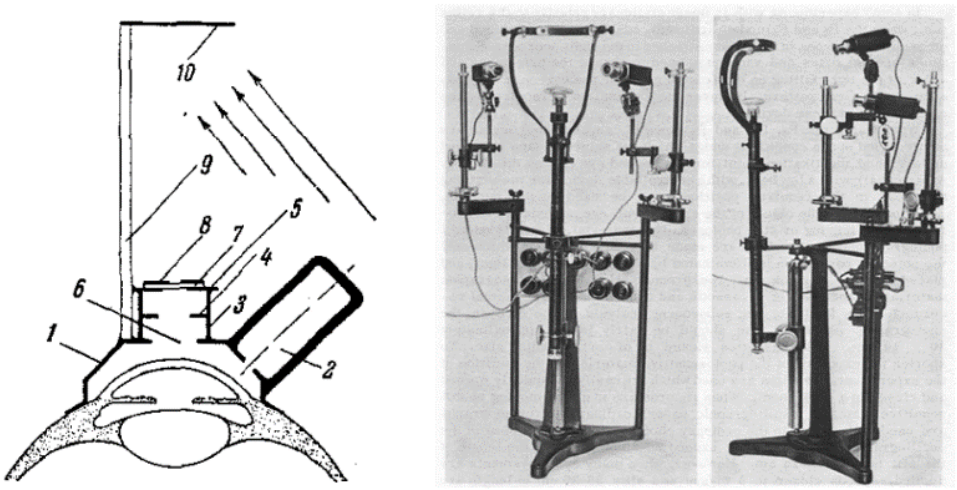
A szemmozgást már az 1900-as évek elején kezdték tanulmányozni, mely elsősorban a szaruhártyáról visszaverődő fényen alapult. A szemmozgáskövetésre irányuló kutatások közül talán Guy T. Buswell How People Look at PIKTures, A Study of The Psychology of Perception in Art című könyvét tekinthetjük az első jelentős publikációnak a témában (Guy Buswell, 1935).

Vizsgálatai során a korábbiaktól eltérő módszerrel tanulmányozta a szemmozgást, ahol figyelembe vette a szem függőleges és vízszintes irányú mozgását is, ezzel sokkal pontosabb információkat szolgáltatva arról, hogy mi történik az emberi figyelemmel különböző mintatárgyak megtekintésekor. Természetesen nem Buswell írása volt az egyetlen ezen a területen, több kutatás is zajlott. A Visual Perception Laboratory munkatársai például még abban az évben elkészítettek egy olyan szemmozgáskövető szerkezetet, amelyet valós környezetben is lehetett használni megfigyelésekre. Az ilyen és ehhez hasonló eszközök addig ismeretlen távlatokat nyitottak az Eye Tracking kutatásokban, segítségükkel minden addiginál hatékonyabban és mélyrehatóbban lehetett vizsgálni a kérdéskört.

Az 1930-as években már megfigyelték, hogy egyes képek megtekintése során a kép általános áttekintése volt jellemző bizonyos megfigyelhető szekvenciák szerint, ahol a kép egyes főbb részletei egymást követő rövid szünetekkel kerültek megfigyelésre (Guy Buswell, 1935). Más képek esetén a megfigyelő a kép egyes kisebb részletein hosszabban elidőzött, nézett, fixált. Általánosságban megállapítható volt, hogy az emberek először a képet globálisan és gyorsan próbálták áttekinteni, majd egyes részletek áttekintése során a megfigyelési idő nőtt. A megfigyelők egy bizonyos kép adott részeit gyakrabban figyelik meg hosszabb időn keresztül, de ezt nem szükségszerűen ugyanabban a sorrendben teszik. Az előzőekben ismertetett tapasztalatok azt mutatták, hogy a szemmozgás nem volt véletlenszerű, egy megfigyelt kép jellegzetességei a szemmozgást befolyásolják. Másképp megközelítve egy kép főbb jellegzetességei nagymértékben befolyásolják a megfigyelő képről alkotott benyomását, megfigyelt részleteit.

Az 1940-es években már hirdetések esetén is vizsgálták a megfigyelő szemmozgásának mintázatát (Herman F., 2008). A vizsgálatok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy voltak egyéni különbségek az egyes megfigyelők szemmozgásában, de ezen szemmozgás mintázataiban nagy általánosságban voltak hasonlóságok.

Az 1950-es években Alfred Lukyanovich Yarbus orosz származású pszichológus fejlesztette ki az első modernebb szemmozgáskövető rendszert (7. ábra), mely a szemgolyóhoz kis vákuummal rögzített tükörrendszerről (0,15-0,2 g súlyú, többféle kialakításban) fényérzékeny papírra visszavert fénysugár segítségével volt képes néhány percen keresztül a szemmozgás rögzítésére (Yarbus, 1967).



7. ábra Alfred Lukyanovich Yarbus által kifejlesztett szemmozgáskövető rendszer

(Forrás: G. Bárdos, L. Détári, T. Hajnik, J. Kiss, K. Schlett, K. Tárnok, A. Tóth és I. Világi, „Élettani gyakorlatok," in ELTE, 2012.)

Az 1960-as években végzett kutatásokban arra a megállapításra jutottak, hogy nem csupán egy kép megfigyelhető jellegzetességei alakítják a szem mozgását, hanem az is nagyban befolyásolhatja, hogy milyen lényeges információkat kell a látott kép alapján megfigyelni (Yarbus, 1967).

Yarbus az elsők között figyelte meg a szem szakkádikus mozgását, azokat a gyors szemmozgásokat, amelyek egy fixálási pontról a másikra történnek. Amennyiben a megfigyelőt szabadon hagyjuk, hogy figyeljen meg egy képet, akkor szemével a kép különböző részeit áttekinti. Azonban a megfigyelő számára különböző utasításokat adva, mint például figyelje meg a képen látható emberek ruháit, alapvetően megváltoztatja a kép megfigyelt részeit, és számottevően megváltozik szemmozgásának mintázata.

Ebben az esetben egy utasítás szempontjából fontosabb információkat tartalmazó régiók nagyobb figyelmet, az információk rögzítése szempontjából nagyobb súlyt kapnak (Mackworth & Morandi, 1967).

Egy további kutatás kimutatta, hogy a jelentésben gazdagabb, informatív kép részletek megfigyelése részletesebb, mint a kevésbé informatív területeké. A vizsgálatok során egyes képrészletek későbbi könnyű felismerhetőségét, másrészt különböző megfigyelt régiók rögzítésének frekvenciáját és azok információtartalmának korrelációját nézték. A vizsgálatok eredményeként az alacsony információ tartalmú régiók megfigyelése bizonyult alacsonynak és fordítva is igaz (Henderson & Hollingworth, 1998).

Egy másik kutatásban, a 80-as években, két csoportra osztott tesztalanyoknak nyolc festményt kellett megnézniük úgy, hogy az egyik csoport azt a feladatot kapta, hogy részletesen nézzék meg a képeket, mert később megkérdezik őket, hogy mit láttak (Molnar F. , 1981). A másik csoportnak a képeket esztétikai szempontból kellett megnézniük. Annak ellenére, hogy a két csoport szemmozgásának a mintázata, a képek megtekintése során, hasonló volt, de a képeket esztétikai szempontból megtekintők esetén a képek egyes részleteinek megfigyelése, fixációja hosszabb időbe telt. Ebből arra lehet következtetni, hogy a képek esztétikai szempontból történő megfigyelése lassabb vizuális áttekintéssel párosul.

Az 1980-as években végzett vizsgálatok már arra irányultak, hogy az emberek milyen módon olvassák és figyelik meg a magazinokat és az abban elhelyezett reklámokat. Ez alapján megállapítható, hogy a magazin mely oldalait nézték meg, melyeket olvastak el, és mely oldalakon, az oldalak egyes részein mennyi időt töltöttek. Ettől a ponttól a szemmozgáskövetés alkalmazása egyre általánosabbá vált a marketing kutatásokban. Az 1990-es években a kutatások célja főként már a World Wide Web-re terelődött, mely nem csak a reklámokra, hanem a weboldalak kialakítására is irányult. A világ egyik legnagyobb reklám és marketing ügynöksége, az EURO RSCG, is elkezdte használni a módszert. A kutatások kimutatták, hogy a legfontosabb információkat a bal felső sarokba helyezve az emberek nagyobb részének figyelmét keltik fel.

A kutatások a szemmozgáskövetés számos alkalmazási területén folyik, ezek között említve az oktatásban, tanulásban betöltött szerepét is (Moore, 2016) (Leggett, 2015).

A jelenlegi kutatások a szemmozgáskövetés alkalmazásának széles körét lefedik, például vizsgálják a szemmozgáskövetés pontosságát különböző környezetekben (Köles & Hercegfi, 2015), tanulmány született az autóvezetők vizuális fókuszának, figyelmének vizsgálatáról valós és szimulált környezetben (Moniri, Merkel, Feld, & Müller, 2016), vagy épp a kerámia csempék felületi hibáinak vizuális ellenőrzésével összefüggő szemmozgás követésen alapuló vizsgálatokról (Ozkan & Ulutas, 2016).

2.3. A kognitív folyamatok megfigyelése a szem mozgásának követésével

Az informatikai problémák megoldása során, akár a rendszer és hálózatmérnöki, akár a szoftverfejlesztői területre gondolunk, igen összetett feladatokat kell tudni megoldani. Ezen feladatok szinte mindegyikében a magas szintű előismeretek, az összetett rendszerek tervezését, leírását, átlátását lehetővé tevő gondolkodás és a problémák logikus, egymásra épülő lépéseinek sorozatával történő megoldása elengedhetetlen. Az ilyen jellegű feladatok megoldására fel kell készíteni a hallgatókat, mely az elméleti ismeretek elsajátítása mellett leghatékonyabban gyakorlati feladatok kidolgozásán keresztül valósítható meg. Az informatikai területet jellemző problémák megoldásának tanítását eltérő szakterületeken elemezték (Kori, Pedaste, Altin, Tõnisson, & Palts, 2016) (Hadi, et al., 2013), a szakirodalomban számos szoftverfejlesztéssel (Silva-Maceda & Arjona-Villicaña, 2016) (Perkins, Hancock, Hobbs, Martin, & Simmons, 1986) (Putnam, 1986) (Cadenas, Sherratt, Howlett, Guy, & Lundqvist, 2015) (Guo, Zhang, Ritter, & Man, 2013) (Mok, 2011) (Jorge, Nadya, & Camilo, 2009) (Chrysafiadi & Virvou, 2013), valamint számítógép hálózatok témakörével összefüggő (Ma, 2010) (Lu & Lin, 2012) (Dobrilovic, Jevtic, Stojanov, & Odadzic, 2012) (Nunes, Stieler, Voss, &

Medina, 2013) (Skoric, 2013) (Qun & Jun, 2008) (Yan, 2011) (Papadopoulos, Lagkas, & Demetriadis, 2012) (Bodnárová, Olševičová, K., & Soběslav, 2011) kompetenciák tekintetében is.

A szem mozgásának elemzése segít megérteni a kognitív folyamatok működését. Egy szemmozgáskövető rendszer segítségével a szem mozgás adatok monitorozásával vizsgálható az emberi figyelem (Duchowski, 2007) (Rayner K. , 1998). A szemmozgás a kognitív folyamatok egyik meghatározó eleme, hiszen a szemünk segítségével vizuális ingereket fogadhatunk be, amit aztán az agyunk dolgoz fel.

Tehát lényegében a vizuális figyelem indítja be („aktiválja") a kognitív folyamatokat, amely nélkülözhetetlen egy feladat megoldása során. (Just & Carpenter, 1980) A szemmozgás követésen alapuló rendszerek különböző területeken történő alkalmazása hozzájárulhat a kutatások ütemének felgyorsításához és hatékonyabbá tételéhez.

2.3.1 Szemmozgáskövetés a tanulási folyamatok megfigyelésében

A multimédiás tananyagok és az online oktatási formák térhódításának köszönhetően a kognitív tevékenységek kiemelt játszanak a tanulás folyamatában. A hagyományos interjú alapú mérések többnyire arra használhatók, hogy következtetéseket vonjunk le a tananyag feldolgozottság mértékéről (Rodrigues & Rosa, 2017.). Ezek a vizsgálatok azonban nem képesek kimutatni a kognitív folyamatok időbeli ingadozásait. Olyan mérésekre van szükség, amelyekkel a kognitív feldolgozás működése direkt módon, folyamatosan megfigyelhető (Mayer, 2017.). Szemmozgáskövető technológiák alkalmazásával a korábbi korlátok leküzdhetők és a kognitív tevékenységek megfigyelhetők a multimédiás elemekkel támogatott tanulás során. A szemmozgás paramétereiből mérhető az emberi aktivitás, a vizuális figyelem, amelyből akár az ember érzelmi állapotára is lehet következtetni. Információkat kapunk arról, hogy az ember éppen hova néz a tananyag tartalom képi vagy szöveges elemeinek adaptálása során.

Ezért egy szemmozgás követésen alapuló rendszer jól használható a tanulási folyamatok hatékonyságának vizsgálatához is. A közelmúltban több tanulmány elemezte az alanyok viselkedését, érzelmi állapotváltozásait a tekintet egyes paramétereinek megfigyelésével a tanulási folyamat során.

Calvi és társai az e5learning projekt keretein belül vizsgálták a felhasználók viselkedését különböző e-learning tartalmak feldolgozásakor (Calvi, Porta, & Sacchi, 2008). A szemmozgáskövetést a tanulással összefüggő vizsgálatokban is számos területen alkalmazzák. Porta egy - a tanulási tapasztalat vizsgálatát célzó kísérletben értékelte a tanulók szemmozgás adatait, ahol a tanulási tapasztalat vizsgálata adaptív rendszer segítségével történt (Porta M. , 2008). Pivec az ADELE projektben kifejlesztett egy monitorozó keretrendszert, amelynek célja a tanulók tekintetének követése e-learning tartalmak dinamikus feldolgozásakor (Maja, Trummer, & Pripfl, 2006). Hyskykari iDIKT projektje a tanulók igényeit mérte fel a tekintet megfigyelésével (Hyrskykari, Majaranta, Aaltonen, & Räihä, 2000). Hasonló fejlesztést mutatott be Wei és csapata is a virtuális tanulási környezetekhez. (Wei, Moldovan, & Muntean, 2009) Wang egy olyan szoftver ágenst fejlesztett, amely az érzelmi reakciókat kihasználva tartotta fenn a tanulók figyelmét (Wang, Chignell, & lshizuka, 2006). Porta szintén kidolgozott egy rendszert, amellyel a tanulók érzelmi állapotváltozását figyelte meg a szemmozgás paraméterei alapján (Porta, Ricotti, & Perez, 2012). Drewes tanulmányában egy olyan rendszert mutat be, amellyel nyomon követhető, hogy a felhasználók milyen sorrendben és milyen kiterjedtséggel olvassák a szöveges elemeket a web böngészőben. A virtuális tanulási környezet HTML kódjába ágyazott JavaScript kód segítségével valós idejű százalékos értékek váltak kimutathatóvá a szövegolvasás intenzitása kapcsán. A tanulmány célja egy vizuális indikátor meghatározása arra vonatkozóan, hogy az olvasási folyamat mennyire segítette a tanulókat a tanulás során. A tanulmány kimutatta, hogy a szemmozgás adatokat fel lehet használni a tanulás hatékonyságának növeléséhez, ugyanakkor a szerzők arra is felhívják a figyelmet, hogy a jelenleg alkalmazott adaptív rendszerek funkcióikban még korlátozottak, ugyanis a tanulási állapotok kis része vizsgálható velük (Drewes, Atterer, & Schmidt, 2007).

Schmidt-Weigand egy kutatásban a szöveges és a képi elemek kapcsolatát vizsgálta egy multimédiás tananyagban. Kilenc tanuló szemmozgás adatait alapul véve kimutatta, hogy a tanulási környezet vizuális eloszlása elsősorban szöveg vezérelt volt.

Ezzel szemben a képi elemek határozták meg a tanulók vizuális figyelmét akkor, amikor az írott szöveget hang váltotta fel (Florian, Alfred, & Ulrich, 2010). Al-Wabil tanulmánya kimutatta, hogy a különböző tanulási stílusú (vizuális/verbális) tanulók eltérő vizuális viselkedést tanúsítanak tanulás közben. A tanulmányból kiderült, hogy a verbális tanulók főként a szöveges tartalomra koncentrálnak, addig a vizuális típusúak csak a szöveg bizonyos részeit figyelik meg (röviden időzve a kiválasztott részeken) és inkább a multimédiás tartalmakra fókuszálnak jobban (Al-Wabil, El-Gibreen, George, & Al, 2010). Hasonló kutatást végzett Tsianos is, aki hypermedia-alapú tanulási környezetben vetette össze az eltérő tanulási stílusú tanulók szemmozgás adatait (Tsianos, Germanakos, Lekkas, Mourlas, & Samaras, 2009).

Korábbi kutatások rávilágítottak arra, hogy egy összetettebb probléma megoldása (mint például egy komplex keresési feladat) során a fixációk száma a feladat összetettségétől függ (Jacob & Karn, 2003) (Goldberg & Helfman, 2010) (Goldberg & Kotval, 1999). Valamint, hogy a fixációk száma és a kognitív tevékenység aktivitásának mértéke között összefüggés tapasztalható. (Geise, 2011) (Holmqvist, Nystrom, & Andersson, 2015) Más kutatásokban a fixációk száma a nagyobb mértékű figyelmet leíró mérőszámként, indikátorként jelent meg. (Bente, 2004) (Rötting, 2001) A fixációk számának alakulása egy objektum figyelemfelkeltő jellegével hozható összefüggésbe (Ehmke & Wilson, 2007).

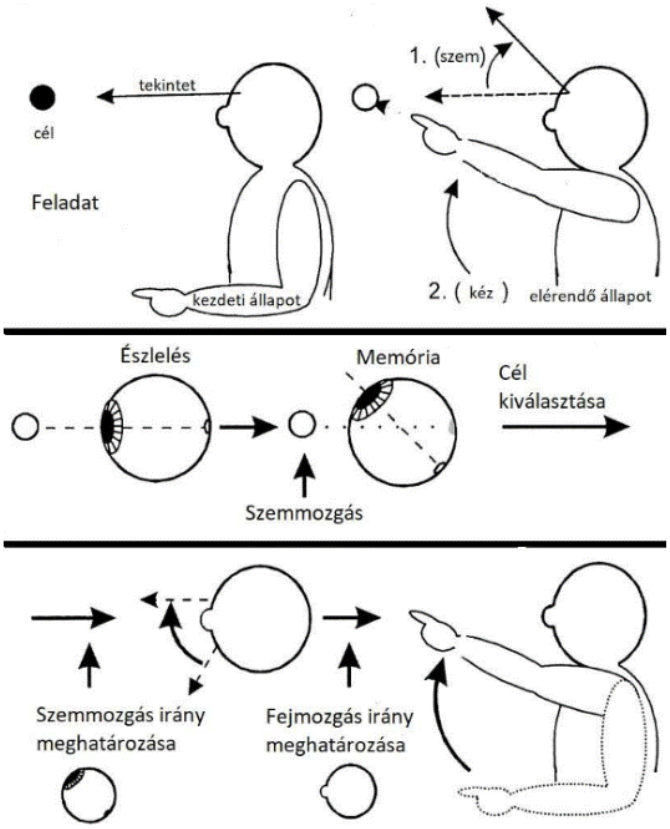
Az értekezésben bemutatott kutatás célkitűzései között a szemmozgás paraméterek és az előzetes tudás kapcsolatának elemzése azon a felvetésen alapul, hogy fixációk száma egy problémamegoldást igénylő feladat során kapcsolatban van a problémamegoldáshoz szükséges előzetes tudással.

2.4. Szem-kéz koordináció

A szem-kéz koordinációnak azt a képességet vagy tevékenységet nevezzük, amelyhez a kezünk és a szemünk egyidejű használata szükséges oly módon, hogy a szemünk által érzékelt információt (vizuális-térbeli észlelést) használjuk fel a kezünk irányításához.

A szem-kéz koordináció számos mindennapi tevékenységünk alapfeltétele, beleértve az írást és az olvasást (Kauffman, Hallahan, & Pullen, 2017.). A szem a vizuális információ továbbítására, a kéz pedig egy adott feladat elvégzésére szolgál, a szemtől kapott vizuális információ alapján. A szem-kéz koordináció egy összetett folyamat, a reflexek leépülése és a tudatos cselekvések gyakorlatából áll (Gowen & Miall, 2006.). Ezt a készségünket folyamatosan használjuk, nélkülözhetetlen a mindennapi életben. Például az írás közben a szem-kéz koordinációt használjuk. A vonalak írásakor a szemünk vizuális információkat küld az agynak a kéz helyzetéről. Ennek az információnk a birtokában az agy utasításokat küld a kéz mozgatásával kapcsolatban, hogy az megfelelő alakzatokat hozzon létre, amelyek aztán betűket eredményeznek. Hasonló „műveleti" sorrend van a billentyűzeten történő gépeléskor is. A mozgás típusa különbözik, de ugyanúgy vizuális információkat használunk fel az agy tájékoztatására annak céljából, hogy hogyan kell kezünket irányítani, vagy éppen hibát javítani, ha szükséges (Leo, 2016.). Ezen túlmenően a szem-kéz koordinációt használjuk olyan aktív tevékenységek (pl. sport) végzésekor is, amelyek motorikus koordinációt igényelnek. A szem-kéz koordinációt, mint képességet használjuk akkor is, ha például egy anyagot formálunk. A szemünkkel követjük a munkadarab alakját, kezünkkel pedig folyamatosan követve a változásokat alakítjuk azt. A kulcs behelyezése az ajtózárba és a helyes irányba forgatás szintén a szem és a kéz koordinációját igényli. A hétköznapi tevékenységek közül talán az egyik legjobb példa a vezetés, ahol szemmel kanyarról-kanyarra az utat követjük, a kezünkkel pedig a megfelelő szögben és időben forgatjuk a kormánykereket (Hand-Eye Coordination, n.d.).

A szem-kéz koordinációban tehát az agy látás általi, térbeli információk alapján történő tájékoztatása valósul meg a kézmozgás szabályozására vonatkozóan (8. ábra).



8. ábra A szem-kéz koordináció egyszerűsített vázlata
(Forrás: https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.00117.2004 - átszerkesztett ábra)

A szem-kéz koordináció kinematikájában mielőtt a kezek mozgásba lendülnek, a szemek először fixálják a céltárgyat, így biztosítva a szükséges térbeli információkat az agynak.

A folyamat közben a megfigyelt területre vonatkozó fixációk időtartama és pozíciója is változhat a végrehajtandó feladat függvényében. Egyes esetekben a tekintet az adott tárgyra fókuszál ameddig a kéz meg nem fogja vagy mozgatja a tárgyat, addig máskor a szem végig követi a tárgyat, mielőtt a kezünk cselekedne.

A szem-kéz koordináció szoros kapcsolatban áll a motoros képességekkel (Mcglashan, 2017.).

2.4.1 Motoros képességek

Motoros képességen olyan mozgástevékenységek sorozatát értjük, amelyek visszavezethetők genetikailag meghatározott (velünk született) és tanulás útján elsajátított komponensekre (Sopa & Pomohaci, 2016.).

Alapvetően három típusát különböztethetjük meg:

- kondicionáló készségek
- koordinációs készségek
- ízületi mozgékonyság*

**Az ízületi mozgékonyságról megoszlanak a vélemények, számos forrás külön csoportban említi, addig mások a kondicionális képességek közé sorolják.*

Ezek a képességek biztosítják a különböző jellegű mozgások sikeres végrehajtását. Az eredmények eléréséhez azonban nem csak a motoros képességek szükségesek, egy adott mozgási tevékenység sikeres végrehajtását a kognitív képességek is befolyásolják (Polgár & Szatmári, 2011.).

A szem-kéz koordináció működésének megértéséhez a koordinációs készségekhez köthető fogalmak kerülnek áttekintésre.

2.4.2 Koordinációs készség

A koordinációs képességek alatt olyan sajátos feltételrendszert értünk, melynek segítségével megvalósul a mozgástevékenység idegrendszeri szabályozása.

„A koordinációs képességek teszik lehetővé, hogy egy adott feladathelyzetben a feladatnak adekvát módon mobilizáljuk a kondicionális képességeinket." (Gyetvai, Szatmári, & Kecskemétiné Petri, 2008.)

A mozgáskoordináció rendezi és összehangolja a mozgási folyamat különböző fázisaiban történő részmozdulatokat. Háromféle alapvető mozgáskoordinációs készség létezik (Barnett, 2016.):

- mozgásszabályozó képesség
- mozgásalkalmazkodó és mozgásátállító képesség
- mozgástanulási képesség

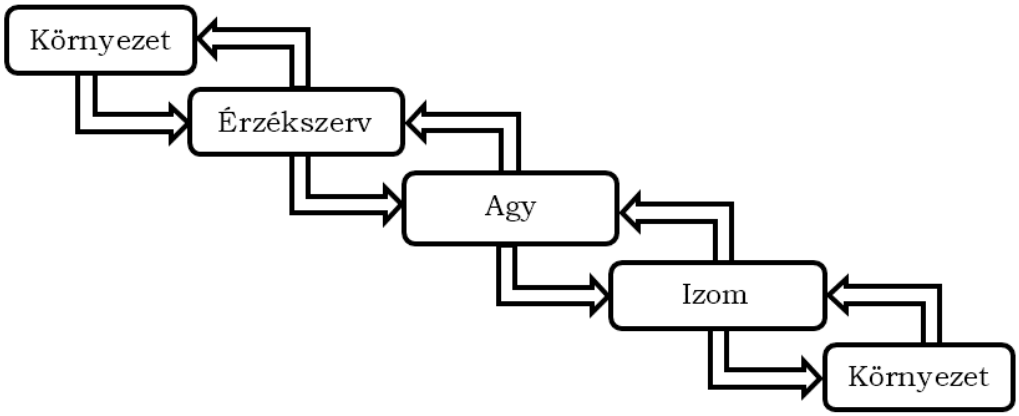
A három alapvető készség felosztható olyan mozgáskoordinációt elősegítő képességekre, amelyek információ alapú mozgási sorrendet eredményeznek, mintegy megkönnyítve a mozgáskoordinációt.

A mozgáskoordináció létrehozásában szervezetünk számos információforrásból gyűjt jelzéseket, ezért fontos tisztában lennünk azzal, hogy milyen receptoroknak, érzékszerveknek és szervrendszereknek, analizátoroknak van szerepe a folyamatban (Müller & Rácz, 2011), (Hamar, 2008).

2.4.3 Vizuális észlelés

A szem-kéz koordináció működését a vizuális észlelés és az így kapott információk feldolgozása határozza meg. Az észlelés (percepció) olyan érzékszervi adatokra épülő kognitív tevékenység és pszichológiai folyamtok összessége, amelyek útján felismerjük, szervezzük, és jelentéssel ruházzuk fel a környezeti ingerekből érkező észleleteket. (9. ábra) Az észlelés során szelektáljuk, rendezzük és értelmezzük az érzékszervi ingereket.

Az észlelést előzetes ismereteink, tapasztalataink, pillanatnyi hangulatunk, érdeklődésünk, kulturális hatások is befolyásolják (Estefánné Varga, Dávid, Hatvani, Héjja-Nagy, & Taskó, 2020).



9. ábra Az észlelés folyamata
(Forrás: https://slideplayer.hu/slide/2069914/ - átszerkesztett ábra)

A percepció – habár észlelésként jelentkezik, az érzékelés és az észlelés egyidőben jelentkező folyamatainak együttese.

„Az érzékelés alatt az érzékszerveinkben található receptorok segítségével történő ingerek felvételét, és annak ingerületté, azaz elektromos impulzussá alakítását értjük. Az észlelés azonban magasabb idegrendszeri folyamatokat feltételez, ugyanis e megismerési folyamat alatt az ingerület tudatosítását és annak integrálását értjük." (Estefánné Varga, Dávid, Hatvani, Héjja-Nagy, & Taskó, 2020)

A folyamatban a látás kulcs szerepet tölt be. A vizuális percepció tulajdonképpen nem más, mint információgyűjtés a külvilágból a látásunk révén.

A vizuális percepció hatékony működése nélkül számos hétköznapi tevékenység mellett a tanulás folyamata sem valósulhatna meg eredményesen.

2.4.4 Szem-kéz koordináció kutatások korábbi eredményei

Szem-kéz koordinációra irányuló vizsgálatokkal eddig főként neurológiai és pszichológiai kutatásokban találkozhattunk. Ezen készségünk fejlődése gyakorlatilag már csecsemő korban elindul, szorosan összefügg a kézügyesség, a finommozgások és a kognitív képességek fejlődésével.

A kéz finommozgása alapjaiban véve nem velünk született, hanem a tanult készségek csoportjába sorolható és mint ahogy korábban is utaltam rá, a szem jelentős szerepet tölt be a finom mozgások szabályozásában.

Az elmúlt évtizedekben több olyan kutatás látott napvilágot, amelyek közvetett vagy közvetlen összefüggések feltárására irányultak a szemmozgás és a szem-kéz koordináció vonatkozásában. A kapcsolódó kutatások több aspektusból vizsgálták a szem-kéz koordináció összefüggéseit.

Amikor szakkadikus szemmozgást vagy célirányos karmozgást hajtunk végre, a szem- vagy kézmozgás által leírt pályák száma végtelen nagyságú lehet, ameddig szemünkkel vagy a kezünkkel elérjük a kívánt céltárgyat vagy végrehajtjuk az adott célmozgást (Wolpert, 1997.).

1954-ben Fitts felfedezte, hogy a mozgás ideje a mozgás bonyolultságának függvényében változik, figyelembe véve az elérendő cél távolságát és szélességét. Általánosságban véve elmondható, hogy a mozgási idő növekszik a cél távolságának növekedésével és a céltárgy méretének csökkenésével (Fitts, 1954.). A „Fitts-törvényt" később számos kutatásban igazolták, Harris és Wolpert minimum variancia elmélete segítségével a szem és kézmozgás által leírt pályák pontosan kiszámolhatók és megjósolhatók (Harris, 1998.).

Neurológiai kutatások kimutatták, hogy tekintetünk használata a feladatok végrehajtása során nagyban függ az adott feladat jellegétől, vagyis a tekintet használata a feladat specifikációjának függvényében változik. Vidoni és társai az okulomotoros és a kézi effektorrendszer teljesítmény változásának összefüggéseit vizsgálták egy követési feladat végrehajtása során. A vizsgálatban résztvevők számítógépes egér segítségével ismétlődő feladatot hajtottak végre, miközben szemmozgásuk megfigyelésre került. Retenciós tesztben a résztvevők mindkét effektorrendszerrel kimutatták a szekvencia-specifikus tanulást, de az effektorok közötti különbségek kimutathatók voltak. Az eredmények azt mutatták, hogy az okulomotoros és a kézi rendszer egyidejűleg tanul, de a két rendszer teljesítményének javulása eltérő (Vidoni, McCarley, Edwards, & Boyd, 2009.).

Johansson és társai az ujjak mozgását és a tekintet útjának alakulását vizsgálták egy tárgymanipulációs feladat végrehajtása közben. A tesztben az alanyoknak egy rúd segítségével egy kapcsolót kellett megnyomniuk, miközben a szem- és kézmozgás paraméterek rögzítésre kerültek.

A kutatás eredményei alapján megállapítható volt, hogy a tekintet segíti a kézmozgást azáltal, hogy a koordinációs folyamat során kulcspozíciókat jelöl meg, ezután az ujjakat vagy a megfogott tárgyat ezekre a pontokra irányítja.

További felvetés, hogy a szemmozgás hozzájárul olyan érzékelőmotoros korreláció-mátrixok fejlesztéséhez és karbantartásához, amelyek támogatják a prediktív motorvezérlést a tárgymanipuláció során (Johansson, Westling, Bäckström, & Flanagan, 2001.).

Desmurget és társai cikkükben leírták azokat a mechanizmusunkat, amelyek a vizuális bemenetet motoros paranccsá alakítják. A kutatás során áttekintették a mozgástervezésben résztvevő idegi mechanizmusokat, figyelembe véve azokat a főbb problémákat, amelyeket az idegrendszernek meg kell oldania a mozgás előállítása során, vagyis a cél helyének meghatározását, a motoros rendszer kezdeti állapotának meghatározását és a kéz mozgási pályájának kialakítását. A központi idegrendszer képes különböző stratégiákat alkalmazni mind a cél testhez viszonyított helyének értelmezéséhez, mind pedig a kéz mozgásának megtervezéséhez (Desmurget, 1998.).

Bowman és társai megvizsgálták a tekintet elmozdulásának időzítését a kézmozgásokhoz viszonyítva egy olyan feladatban, amelyben a résztvevők egy fogantyúval egymás után öt vízszintes síkban lévő virtuális objektumot érintettek. A kutatás során megállapítást nyert, hogy a tekintet elmozdulása prediktív módon szabályozott, de időzített is, amikor az érintkezések ideje alatt a kézmozgások a látómező középpontjában történnek (Bowman, Johannson, & Flanagan, 2009.).

Fischer és munkatársai megállapították, hogy a kezek akkor lendülnek mozgásba, amikor mind a szem, mind a kézmozgás mentális felkészülése befejeződik (Fischer, 1986.).

Dean és munkatársai megerősítették azt a tézist, miszerint fennáll a kapcsolat a látási és az elérési reakcióidő között (Dean, 2011.).

Twardon és munkatársai a szem-kéz koordinációt vizsgálták egy intuitív manipulációs rendszer használata során, amely lehetővé teszi a nem szakértő felhasználók számára is, hogy előzetes tapasztalat nélkül biztonságosan működtessenek egy robotot (Twardon, 2013.).

Carrasco és munkatársai cikkükben egy vizuális érzékelő használatát javasolják, amely lehetővé teszi a kéz- és a szemmozgások egyidejű elemzését annak érdekében, hogy felismerjék a fogás pillanatáig tartó mozgást, amiből aztán a fogómozdulat kikövetkeztethető (Carrasco, 2010.).

Chiang és munkatársai tanulmányukban a szomato-szenzoros videojátékok egészségügyi előnyeit tárják fel a szem-kéz koordináció vizsgálatával idősebb, kerekes székkel rendelkező felnőttek esetében (Chiang, Tsai, & Chen, 2012.). Renata és társai kimutatták a szemmozgás és a reakcióidő közötti összefüggést mentális fáradtság esetén (Renata, Lee, & Chen, 2018.).

Johns és munkatársai megvizsgálták a kéz reakció idejét vizuális jel megjelenítése esetén (Johns, 2009.). Martin és munkatársai a fej, a szem és a kéz mozgásának tulajdonságait vizsgálták vezetés közben (Martin, 2016.).

A tématerületet érintő korábbi kutatások jól mutatják a szemmozgás és a finom motoros mozgás közötti összefüggéseket, az ember-számítógép interfészek fejlesztésében a szem-kéz koordináció fontos szerepet játszik, az értekezésben bemutatott kutatás ennek egy részterületére irányul.

2.5. Az információfeldolgozás új paradigmái az oktatástechnológiában

A technológia fejlődése számos más terület mellett az oktatástechnológiában is új lehetőségeket nyit.

Mobileszközökkel a kezükben a diákok szinte bárhol és bármikor nagymennyiségű információhoz juthatnak, nem feltétlenül az oktató az elsődleges információforrás számukra. A 21. századra a hagyományos frontális oktatási módszerek elavultak, az oktatók feladata új, modernebb, a diákok figyelmét jobban megragadó oktatási módszertanok kidolgozása.

Olyan módszertanokra van szükség, amelyek minél több IKT eszközt bevonnak a tanítás-tanulás folyamatába, amelyekkel a tanulás egyszerűbben, hatékonyabban és gyorsabban megvalósulhat.

A használt eszközök által a tananyag színesebbé és érdekfeszítőbbé válik, figyelemfelkeltő hatása fokozódik és nem utolsó sorban megkönnyíti az esetenként túl soknak vélt információmennyiség feldolgozását. A műszaki oktatásban egyre nagyobb hangsúlyt kap az információfeldolgozás mikéntje.

Egyre növekvő információ halmazból kell a hallgatóknak kiválasztani, szűrni és hasznosítani a számukra megfelelőt, majd ebből újabb információ halmazt előállítani, tovább gondolkodni és folyamatosan építeni a megoldás felé vezető úton. Úgy is mondhatnánk, hogy az oktatónak „halat fogni" kell megtanítania a hallgatót, nem pedig „hallal tömni" a kosarát. Középpontba kerül az algoritmikus gondolkodás képessége, az analitikus gondolkodásmód fejlesztése, a rendszerben történő gondolkodás elősegítése. Az információ kiválasztása, szintetizálása, hasznosítása, az információkkal való kollaboráció, a kreativitás, a problémamegoldó gondolkodás fejlesztése a digitális oktatás feladata (Horváth, A digitális oktatás legújabb eszközei és módszerei, 2017.). A modern kor oktatástechnológiája számos lehetőséget kínál az oktatási módszertanok megújításához. A tananyag tartalmak digitalizálásával egészen új perspektívák nyílnak meg előttünk, amelyeket aztán különböző, interaktivitást támogató felületeken (internetes weboldalak videókkal, animációkkal) jeleníthetünk meg. Napjaink egyik legnépszerűbb oktatási formája, az eLearning is erősen a digitális tartalmakra épít.

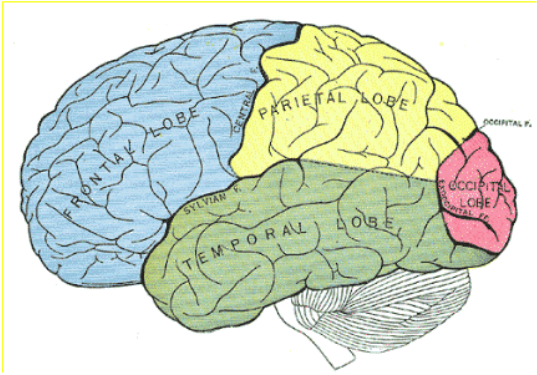
Mivel ez a forma nélkülözi az oktatói jelenlétet, olyan tartalmat kell, hogy adjon, amely segíti a megértést (pl. animált szemléltető ábrák, oktató videók) és támogatja a hallgató előre menetelét különböző interaktív feladatokkal, tesztekkel.

A felsőoktatásban előszeretettel használnak LMS (Learning Management System) rendszereket (pl. Moodle) azok interoperabilitása okán, ezzel megadva minden szükséges támogatást az eLearning hatékonyabbá tételéhez. Manapság egyre több kutatás foglalkozik az ún. 3D-s virtuális terek oktatásban történő használatával, amelyek hosszútávon eredményesen hozzájárulhatnak az újkori igényeknek megfelelő oktatási módszertanok hatékonyságának növeléséhez.

2.5.1 Az emberi agy működése, fontosabb lebenyek

Ahhoz, hogy az információfeldolgozás módját hatékonyabbá tegyük, meg kell értenünk az emberi agy működését, beleértve azokat a részeket, amelyek az információ befogadásában és feldolgozásában kiemelt szerepet töltenek be. Fontos megjegyezni, hogy a legújabb kutatások szerint (Pessoa, 2014) a látásban, tervezésben és motoros viselkedésekben számos agyterület részt vesz, ugyanakkor a korábbi kutatások szerint az emberi agy egyes területei (10. ábra) fontos szerepet játszanak egyes funkciókban (Ganong, 1990).

- Frontális vagy homlok lebeny, ahol az elsődleges motoros-, a premotoros és a prefrontális kéreg helyezkedik el. A mozgások megvalósításáért felelősek.
- Okcipitális vagy nyakszirti lebeny rész, amely kitüntetetten látásért felelős réteg.
- Temporáris vagy halántéklebeny, amelyet három fő rész tesz ki és kettő is megtalálható belőle. A felső rész a hallás ingerek, a középső- és alsó részek pedig részben a kapcsolódó látás ingerek feldolgozásáért felelős területek. A hosszútávú memória, valamint a halló és beszédérző központ köthető ide.
- Parietális vagy fali lebeny, ahol a szenzomotoros kéreg található. A szenzomotoros kéreghez köthetők olyan humánspecifikus funkciók, mint az érzőrendszer.



10. ábra Az emberi agy felépítése
(Forrás: https://enacademic.com/dic.nsf/enwiki/2424695)

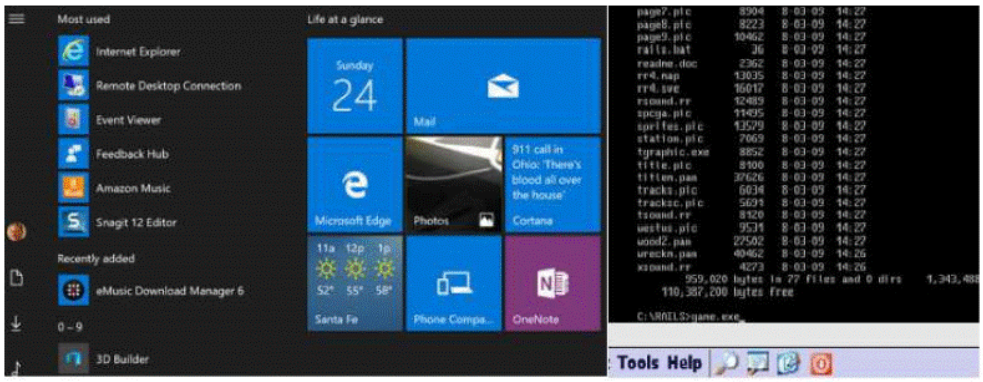
Amikor kétdimenziós felületen tájékozódunk, az agy vizuális központja aktiválja magát, a háromdimenziós tér esetében viszont a parietális lebeny is aktivizálódik. A szemből a látóideg közvetlenül ehhez a részhez kapcsolódik be és egyben a vizuális központhoz, az agyunk ezen része „tértudatossági központként" működik, mindemellett gyorsabb és nagyobb memóriával rendelkezik. A parietális lebeny közreműködésével javul az áttekintő képesség, így az összetettebb, komplex feladatok átláthatóbbá válnak, ezáltal több információt leszünk képesek előhívni.

A térbeli elrendezés lehetővé teszi, hogy a mindenkori tartalom hatékonyabban elérhető, kezelhető és áttekinthető legyen, amely tényezők egy munkafolyamat sikerességének lényeges elemei (Baranyainé Kóczy & Komlósi, 2018.).

2.5.2 Tájékozódás 2D és 3D környezetekben

A 2D és 3D környezetekben történő tájékozódás lényegi különbségeinek megértéséhez vegyük példának a Microsoft operációs rendszerek evolúcióját azok technikatörténeti áttekintésén keresztül. Kezdetben a személyi számítógépeken parancs vezérelt operációs rendszer futott. A DOS esetében az utasítások szöveges formában, egy ún. CLI-ben (Command Line Interface), parancsszavakkal kerültek kiadásra, így volt ez például a fájlok és mappák tallózásánál, megnyitásánál is.

A Windows első verziójában debütált a GUI (Graphical User Interface, vagyis grafikus felhasználói felület), amely a korábbi szöveg vezérelt módot felváltva, grafikus elemekkel támogatta a műveletek elvégzését, jelentősen gyorsítva ezzel a műveletek végrehajtásának sebességén. Ameddig a DOS esetében időigényes írási és olvasási procedúrával értünk el mindent, addig a Windows esetében a grafikus elemeknek köszönhetően, az agyunk a vizuális központot használta, amelynek köszönhetően több nyitott ablak áttekintése sem okozott gondot.



A. Windows with interface

B. DOS with Command Line interface

11. ábra A DOS és a Windows felhasználói felülete
(Forrás: https://t4tutorials.com/differencecomparison-of-dos-and-windows)

Habár a DOS-ról Windows-ra váltás minden velejáróját is figyelembe véve egyáltalán nem volt zökkenőmentes, a hagyományos bevitelt támogató billentyűzet mellett megjelentek a mutatóeszközök (mint például az egér, a trackball és később a touchpad), amelyek segítségével a grafikus elemekkel operáló kétdimenziós felületen a navigáció egyszerűbbé vált. Eggyel több dimenzió esetén a felhasználói élmény a 3D-s környezetben történő látással és navigálással tovább javul, mivel egy háromdimenziós tér sokkal közelebb áll a vasósághoz, mint egy kétdimenziós felület. 3D-s környezetben a valósághoz hasonlóan végezhetjük el a feladatokat, mozoghatunk, nézhetünk körül vagy helyezhetünk el különböző objektumokat a rendelkezésünkre álló virtuális térben.

A három dimenzióban történő interakciók esetén, az emberi agy működéséből adódóan, más területek bevonásával valósul meg az információfeldolgozás, javítva ezzel az áttekinthetőséget, ami a folyamatok eredményességének egyik fő befolyásoló tényezője.

Baranyi professzor 3D-s terekkel kapcsolatos kutatásaiban a tájékozódó képesség alakulását vizsgálta, rávilágítva a 3D-s tér előnyeire a 2D-s környezetekhez képest. Az elmúlt években több tanulmány is napvilágot látott, amelyek a 3D-s terek hatékonyságát vizsgálták, különböző területeken történő alkalmazás mellett. Lampert és munkatársai a munkafolyamatok átláthatóságát célzó kutatásukban megerősítették, hogy a térbeli tartalom jobb elrendezési lehetőségeinek révén a munkafolyamatok átláthatósága 50%-ot javult, a kollaboratív munkafolyamatok végrehajtási ideje pedig 30%-kal rövidült a 3D-s térben. A szerzők szerint az eredmény annak a ténynek tudható be, hogy a 3D-s környezetben lényegesen kevesebb elemi kezeléstechnikai funkció (mint például az ablakok méretezése, kattintás, megnyitás, bezárás) használatára van szükség (Lampert B., 2018.). Sudár és Horváth a hagyományos szövegalapú 2D tartalomkezelő rendszerek munkafolyamatait hasonlította össze a 3D VR környezetben megvalósított munkafolyamatokkal. A kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy a sikeres munkafolyamatokhoz szükséges információk megosztása a VR platformon gyorsabb és hatékonyabb (Sudár & Horváth, 2018.). Bőczén-Rumbach kutatása alátámasztotta a fentieket (Bőczén-Rumbach, 2018.). Berki tanulmányában reklámok tartalmára történő emlékezést vizsgálta 2D-s és 3D-s környezetek esetében, ahol a tesztalanyok a 3D-s környezetben elhelyezett reklámok tartalmára 50%-kal jobban emlékeztek vissza, mint a weboldalakban beágyazottakra kétdimenziós környezetben (Berki, 2018.).

2.5.3 Virtuális környezetek, 3D-s terek

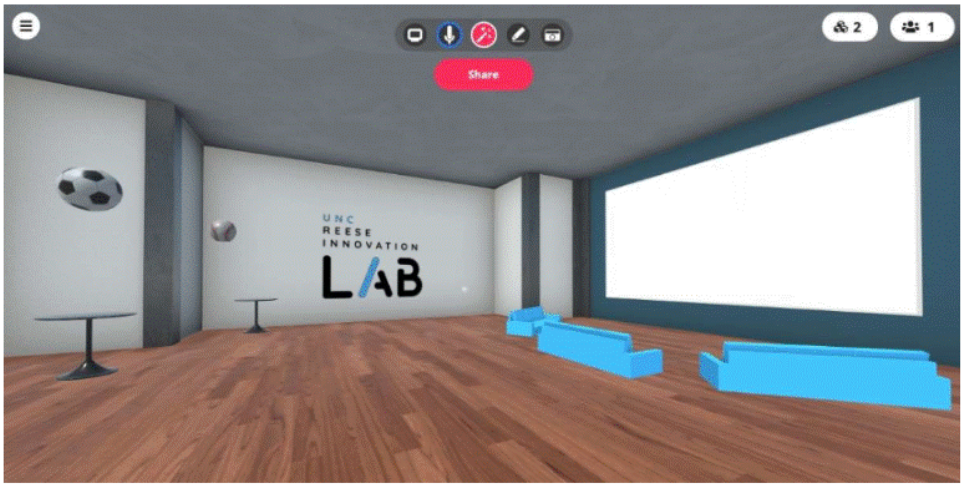
A virtuális környezet fogalmának meghatározásával a közelmúltban többen is foglalkoztak.

A definíciók közül Andreas Scmeil leírása az egyik legpontosabb, aki a virtuális világot technikai eszközökkel összekapcsolható 3D-s kollaboratív környezetként jellemzi, ahol a környezet testreszabható, az emberek pedig avatarként léphetnek interakcióba egymással (Schmeil, 2012.).

A modern programozástechnika segítségével manapság a virtuális 3D-s terek leginkább számítógépes játékokban jelennek meg, ahol fontos, hogy a valósághoz minél közelebbi, részletgazdag látványvilág, aprólékos kidolgozottság és irányítás fogadja a játékost annak érdekében, hogy a játékélmény minél tökéletesebb legyen. A 3D technológiát azonban nem csak a játékoknál, hanem számítógépes tervezésnél is alkalmazzák.

A számítógéppel készült 3D-s modellek mára alapvető részét képezik a mérnöki tervezőmunkának olyan esetekben, ahol például objektumok, épületek, különböző tereptárgyak és eszközök modellezése a feladat. A modellek pontossága a tervezési fázisban egy projekt megvalósítása során kulcsfontosságú lehet. A téma aktualitását és jelentőségét jól mutatja, hogy már tanulmányok foglalkoznak a 3D-s virtuális környezetek felhasználói élményt fokozó elemeinek vizsgálatával. A 3D terek hatékony környezetet biztosíthatnak kollaboratív problémamegoldáshoz (Geszten, és mtsai., 2015.).

Az oktatásban a 3D technológia a szemléltetés egyik hatékony eszköze, a háromdimenziós elemeket figyelemfelkeltő hatásuk révén egyre gyakrabban alkalmazzák a tanítási-tanulási folyamatok során.



12. ábra Virtuális osztályterem
(Forrás: https://medium.com/reese-innovate/space-matters-the-value-of-3d-virtual-reality-classrooms-c0a236be4762)

Új törekvések egyike a háromdimenziós terek oktatásban történő alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata. Tanulmányok igazolják, hogy a háromdimenziós tér oktatási környezetben történő alkalmazása indokolt lehet, segítségével a tanítási-tanulási folyamatok is hatékonyabbá válhatnak. A kutatás célkitűzései között egy olyan vizsgálat elvégzése került megfogalmazásra, amely motivációjának alapját a fentebb említett kutatások eredményei adták. A kitűzött vizsgálat a 2D vs. 3D környezet hatékonyságát elemezte egy probléma megoldó feladat végrehajtása kapcsán.

A magyar fejlesztésű MaxWhere nevű 3D-s kollaborációs tér (bővebben lásd 3.1.7 fejezet) segítségével a hagyományos Moodle kurzusok könnyen implementálhatók 3D-s virtuális környezetbe, oktatásban történő alkalmazása új távlatokat nyit az ismeretanyag elsajátításának hatékonyabbá tételéhez.

3. Vizsgálati módszerek és eljárások

Az alábbiakban ismertetésre kerülnek a kutatás során alkalmazott mérőeszközök és eljárások a szemmozgáskövetéssel és a gesztusvezérléssel segített kutatások esetén. A vizsgálatok elvégzése célhardverek és célszoftverek, valamint a céleszközökből összeállított eszközrendszer segítségével történt. A vizsgálatok a hardveres és szoftveres eszközök megfelelő kalibrációját és konfigurációját követően kerültek megvalósításra. A fejezet ismerteti a vizsgálatok módszerét és a vizsgálatok során alkalmazott eljárást.

3.1. Szemmozgáskövetést és gesztusvezérlést megvalósító tesztkörnyezet hardver és szoftver eszközei

A szemmozgáskövetéssel és gesztusvezérléssel támogatott vizsgálatok megvalósításához egy célspecifikus tesztkörnyezet megvalósítására volt szükség. A szemmozgás adatok rögzítése az Eye Tribe tracker (lásd 3.1.3 fejezet) segítségével valósult meg, amely USB 3.0 csatlakozón kapcsolódott egy hordozható számítógéphez. Gesztusvezérlés megvalósításához, a kézfej és az ujjak helyzetének meghatározásához a Leap Motion (lásd 3.1.5 fejezet) kézi gesztusvezérlésre alkalmas eszköz került alkalmazásra, amely USB 2.0 csatlakozón kapcsolódott a számítógéphez.

Az adatgyűjtéshez és feldolgozáshoz használt számítógép Intel Core i5 processzorral, 4 GB fizikai memóriával, és 1 TB háttértárral rendelkezett, mely elegendő erőforrást biztosított a szemmozgáskövetés nagyobb számítási teljesítményt igénylő képfeldolgozási eljárásának futtatásához (*13.* ábra). A számítógép Windows 10 operációs rendszert futtatott, valamint a szemmozgáskövető rendszer használatához szükséges Eye Tribe Server és Leap Motion Controller szolgáltatásokat, továbbá a szemmozgás és az egérmutató mozgásának kiértékelését végző OGAMA (lásd 3.1.6 fejezet) szoftvert.

A 3D környezetben végzett vizsgálatok a MaxWhere szoftver által biztosított terekben valósult meg. LMS rendszerként a Moodle került alkalmazásra.

13. ábra: Szemmozgáskövetést és gesztusvezérlést megvalósító tesztkörnyezet
Forrás: Saját készítésű ábra

3.1.1 A vizsgálat folyamata

A szem- és kézmozgáshoz kapcsolódó valamennyi vizsgálat megkezdése előtt a tesztalanyok helyet foglaltak a számítógép előtt, majd az OGAMA szoftverben egy kalibrációs eljárás indult. A kalibrálás sikeressége esetén a vizsgálati teszt futtatása következett. A tesztfeladat egy előre elkészített slide-on, az OGAMA szoftver Recording modulja segítségével jelent meg a számítógép képernyőjén. A feladat megoldása során az egérmutató mozgatásával volt lehetőség kiválasztani a helyesnek ítélt választ. A feladat végrehajtása közben a szem- és kézmozgás paraméterek letárolásra kerültek, az adatok feldolgozása a tesztek elvégzése után történt.

3.1.2 Mérőeszköz és eljárás

A szemmozgás alapján a tekintet, valamint a hagyományos egér és kézmozgás alapján irányított egérmutató mozgásának rögzítése, feldolgozása és elemzése a szemmozgáskövetést és gesztusvezérlést megvalósító tesztkörnyezet segítségével történt, mely az Eye Tribe, a Gazepoint GP3 szemmozgáskövető és Leap Motion gesztusvezérlő eszközökön alapult. A tesztkörnyezetben rögzített adatok feldolgozása, kiértékelése, elemzése az OGAMA, Microsoft Excel és SPSS programcsomagok segítségével valósult meg.

3.1.3 Eye Tribe tracker

Az Eye Tribe tracker (14. ábra) egy hordozható szemmozgáskövető eszköz, amely segítségével a tekintet iránya figyelhető meg, valamint mérések végezhetők a szemmozgás paramétereivel kapcsolatban. Az eszköz infravörös (NIR) érzékeléssel dolgozik. A tracker-t két fő összetevő alkotja: egy kamerából és egy nagyfelbontású infravörös LED-ből áll. A kamera képes követni a szemmozgást, beleértve a legapróbb mozgásokat is a pupillán. Kifinomult számítógépes algoritmusok segítségével a koordináták leolvashatók, amelyek segédprogram segítségével, szoftveres úton jeleníthetők meg. Az eszköz kamera szenzorai eltérő fényviszonyok között is működnek, így fokozva tovább a felhasználói élményt. Az eszköz 30 Hz és 60 Hz-es mintavételi rátás üzemmódban, 0.5°-os átlagpontossággal és 0.1° (RMS) térbeli pontossággal dolgozik. Működési tartománya 45 cm – 75 cm-es intervallumba esik. Az Eye Tribe tracker költséghatékonysága mellett kifejezetten jól használható pszichológiai kutatásokban. (Dalmaijer, 2014)

14. ábra The Eye Tribe tracker
(Forrás: http://www.ippinka.com/blog/eyeproof-affordable-eye-tracking/)

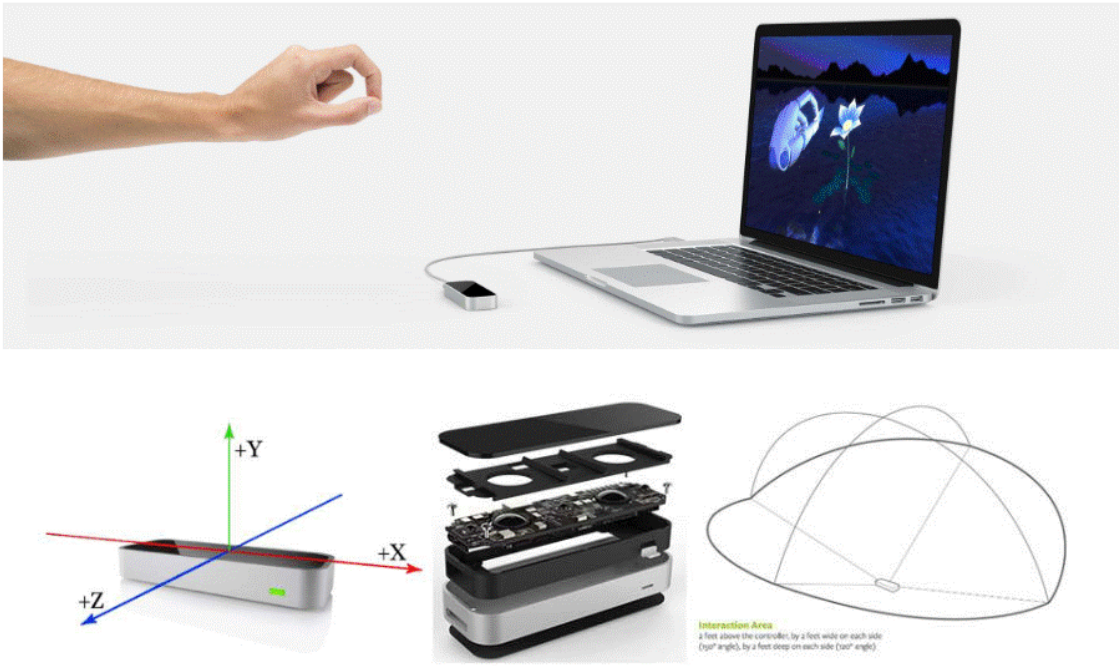
3.1.4 Gazepoint GP3

A Gazepoint GP3 (15. ábra) egy Eye Tribe-hoz hasonló, videó-alapú szemmozgáskövető eszköz, amely infravörös fénnyel dolgozik a felhasználó tekintetének követése közben. Az Eye Tribe trackerhez hasonlóan ez az eszköz is használható a tekintet irányának megfigyelésére, valamint mérések végzésére a szemmozgás paramétereivel kapcsolatban. Az eszköz speciális kamera használatával biztosítja a legjobb adatminőség elérését, amely 5-9 pontos kalibrációt és 60Hz mintavételi rátát támogató üzemmódban, eltérő fényviszonyok mellett is működik, valamint 0,5 - 1 fokos látószög pontossággal rendelkezik (gazept.com, 2019.).

15. ábra Gazepoint GP3
(Forrás: https://www.gazept.com/product/gazepoint-gp3-eye-tracker)

3.1.5 Leap Motion Controller

A Leap Motion (16. ábra) egy gesztus alapú vezérlő eszköz, amely szenzorjaival figyeli a kéz mozgását. A kézfej mellett külön regisztrálja az ujj mozgásokat, ezáltal a számítógép finom motoros mozgás segítségével is irányíthatóvá válik. Ennek megvalósításában az egység szélén elhelyezett monokróm infravörös kamera és három infravörös LED közreműködik. Az érzékelők helyzetének és a kialakításnak köszönhetően az eszköz hozzávetőlegesen egy méter átmérőjű, félgömb alakú terület lefedésére alkalmas. A két kamera folyamatos infravörös fényt bocsájt ki, miközben a három infravörös LED által megvilágított területről 300 FPS (Frame Per Second) sebességgel készít képeket. Amennyiben a megvilágított területen belül az egység kéz- és/vagy ujjmozdulatokat érzékel, a rendszer felismeri, majd végrehajtja az egyes gesztusokhoz rendelt parancsot. A számítógépre továbbított képeket a Leap Motion szoftveres úton, matematikai algoritmusok segítségével dolgozza fel, a kétdimenziós forrásértékekből számítja ki a kézpozícióra vonatkozó háromdimenziós értékeket, a vezérlés pedig ezen értékek alapján történik.



16. ábra: Leap Motion használat közben
(Forrás: https://www.leapmotion.com/)

3.1.6 OGAMA (Open Gaze and Mouse Analyzer)

A program segítségével lehetőségünk van a szemmozgás és az egérmozgás adatok rögzítésére, feldolgozására és elemzésére. A nyílt forráskódú, freeware szoftver a legtöbb Eye tracker-rel együttműködik, valamint több webkamerával is kompatibilis. A program fontosabb funkció közé tartozik a szem- és egérmozgás adatok adatbázis vezérelt előfeldolgozása, szűrése és exportálása (szöveges- és a használt modul függvényében mozgókép formátumban is). A program 10 modulja segítségével a mért adatok többféle formátumban is kiértékelhetők és megjeleníthetők.

3.1.7 MaxWhere

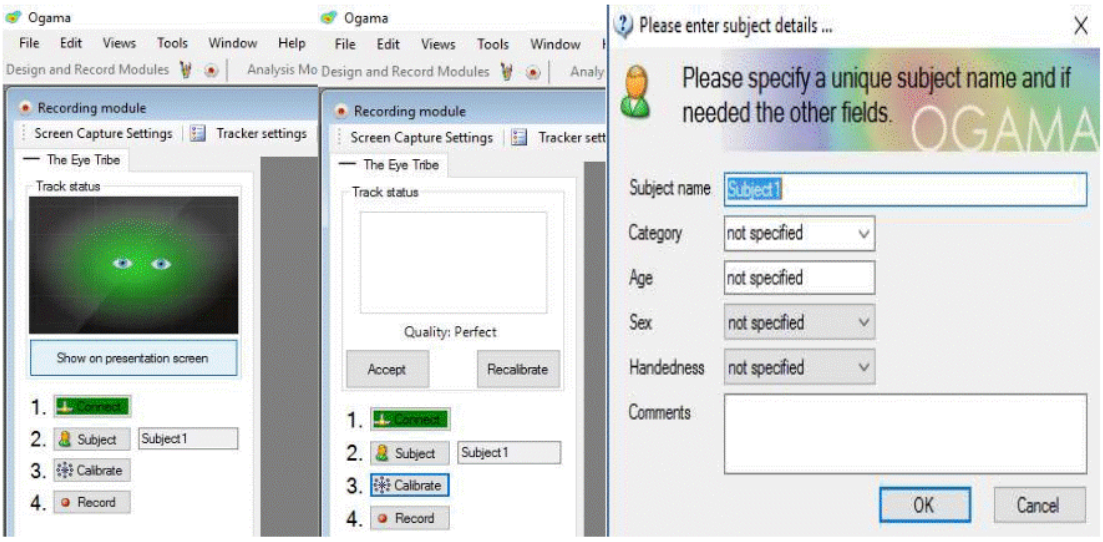
Magyar fejlesztésű háromdimenziós alkalmazás, amely támogatja a színes, igények szerinti terek létrehozását. A tereken belül számos 2D és 3D alapú objektum elhelyezésére van lehetőség, legyen az akár szöveg, kép, audio vagy videótartalom. Lehetőségünk van dokumentum-, kép-, hang- és mozgókép formátumok importálására, valamint weboldalak beágyazására és külső programokkal történő kooperációra is. A kutatáshoz a „DUE Matematika" tér került felhasználásra.

3.1.8 Moodle

PHP alapú, nyílt forráskódú, ingyenes eLearning keretrendszer, amely a Learning Management System (LMS) csoportba sorolható. A Moodle-ben kurzusok hozhatók létre, lehetőség van a létrehozott kurzusok menedzselésére, különböző tartalmakkal való feltöltésére. Használhatunk vitafórumot, online naptárat és azonnali üzenetküldési (IM – Instant Message) funkciót is. A rendszer támogat valamennyi népszerű eLearning szabványt, mint például a SCORM, az IMS Common Cardridge vagy a LAMS. A kutatáshoz a Dunaújvárosi Egyetem korábban kutatási célból létrehozott „Matematika" Moodle kurzusa került felhasználásra.

3.1.9 Szem- és egérkurzor mozgás analízis teszt végrehajtásának lépései

A vizsgálat megkezdése előtt a program Recording modulja segítségével minden esetben egy kalibrálási eljárás történt, amellyel ellenőrizni lehetett a szemmozgáskövető rendszer megfelelő detektáló képességét. (17. ábra)



17. ábra: Az OGAMA Recording modulja

(Forrás: saját szerkesztés)

A kalibrációs eljárás négy lépésből áll: először az eszközt kell csatlakoztatni a „Connect" gombra történő kattintással.

A csatlakozáshoz az Eye Tribe Server alkalmazásnak is futnia kell a háttérben, ami a 6555-ös TCP porton figyeli az eszköz aktivitását, illetve a számítógéppel való kapcsolatot. A programhoz történő sikeres csatlakoztatást követően a tesztalany adatainak megadása következik. Az itt begépelt adatoknak (név, kategória, nem, életkor) egy esetleges későbbi statisztika kimutatásánál van jelentősége. Ezután elérhető a „Calibrate" funkció, amivel indíthatjuk a 9 pontos kalibrációs folyamatot. A kalibrációs eljárás pontosságáról a track status előnézeti képernyőn kaphatunk információkat.

A pontosság függvényében a kalibráció minősége a „Perfect Quality", „Good Quality" „Moderate" és „Poor Quality" állapotok között változhat.

Az előnézeti képen látjuk azt is, hogy a kalibráció során a képernyő egészét nézve melyik részen volt pontatlan az eljárás, a kalibrációs pontok (körök) kitöltésének teljessége és színe a minőség függvényében változik: a körök lehetnek félig vagy teljesen kitöltöttek, a kitöltés színe pedig piros, sárga és zöld. A kalibráció elvégzése után a „Record" gombra történő kattintással indítható a szemmozgás adatok rögzítése. A Recording modul segítségével megjelenített feladat vagy képernyő tartalom megjelenésének pillanatától indul a szem- és egérkurzor mozgás adatok rögzítése annak leállításáig. A rögzített szem- és egérkurzor mozgás paraméterek elemzése a tesztek elvégzése után történt.

3.1.10 Szem- és egérkurzor mozgás eredményeinek további feldolgozása

Az adatfeldolgozáshoz és az adatok táblázatos és grafikus formában történő megjelenítéséhez az OGAMA program beépített moduljai használhatók. A program lehetőséget biztosít az elvégzett szem- és egérkurzor mozgás vizsgálatok kvalitatív és kvantitatív eredményeinek elemzésére, valamint az adatok exportálásával további statisztikai kiértékelésre.

Az adatok statisztikai kiértékelése az SPSS 23 szoftvercsomag segítségével történt. A normalitás vizsgálat Shapiro-Wilk (S-W) normalitás teszttel, a vizsgálati személyek alapján képzett csoportok közötti szem- és egérkurzor mozgást leíró fixáció paraméter elemzése T-teszttel történt. Az előzetes tudás és a fixációk száma közötti korreláció vizsgálata normál eloszlású adatsoron Pearson-korrelációs teszt segítségével történt, míg a nem Gauss eloszlású mintákban Spearman-korrelációs együtthatók kerültek meghatározásra. Az alkalmazott statisztikai tesztek esetén szignifikáns a $p \leq 0{,}05$ érték.

3.2. Vizsgálati személyek

3.2.1 Szem- és kézmozgással összefüggő vizsgálatok esetén

A kísérletben résztvevő vizsgálati személyek csoportját önkéntes alapon, szakmai ismeretségi körből, jelenlegi és korábbi Dunaújvárosi Egyetemen végzett hallgatók, illetve informatikai OKJ továbbképzésben részt vevő diákok alkották, akik magukat egészségesnek vallották. A vizsgálat résztvevői elsősorban a fiatalabb korosztály képviselői voltak és volt közöttük egy külföldi hallgató. A tesztalanyok nemek közötti eloszlása: 28 férfi és 4 nő. Életkorukat tekintve valamennyien 20 és 30 év közöttiek.

3.2.2 Problémamegoldással összefüggő keresési feladat esetén

A feladat végrehajtásának elemzése a Dunaújvárosi Egyetem aktív státuszú, matematika kurzusokon résztvevő hallgatóinak bevonásával történt. A vizsgálatban 24 fő vett részt, valamennyien 20-25 év közöttiek. A nemek eloszlásának aránya 20 férfi és 4 nő.

3.2.3 IKT eszközök alkalmazásával összefüggő használati tapasztalatok elemzése esetén

A megkérdezett 63 fő oktató nemek szerinti megoszlásának alakulása 73% férfi, 27% pedig nőnemű. A válaszadók döntő többsége (55%) a 31-40 éves korosztályba tartozik, addig 24% a 41-50, 9% a 25-30, 6-6% pedig 51-60, illetve az idősebb korosztályba sorolta magát.

4. Elvégzett vizsgálatok és új tudományos eredmények

Jelen fejezetben ismertetésre kerülnek a szem- és kézmozgás analízisre épülő vizsgálatok, valamint a(z első három vizsgálat esetében) megfogalmazott tézis csoportok és altézisek. A kutatómunka több részre osztható:

- Az első vizsgálat az eltérő előzetes tudásszinttel rendelkezők esetében tárja fel az összefüggéseket az előzetes tudás szint és a szemmozgást leíró paraméterek alakulásában.
- A második vizsgálat hagyományos és kézi gesztusvezérlő segítségével végrehajtott teszt esetében figyeli meg a szemmozgás paramétereit és tárja fel az összefüggéseket a szem-kéz koordináció alakulásában.
- A harmadik vizsgálat egy 2D és 3D környezetben végrehajtott teszttel vizsgálja a keresési időt és a szemmozgás paraméterek közötti összefüggéseket.
- A negyedik vizsgálatban a korszerű IKT eszközök alkalmazásával összefüggő használati tapasztalatok elemzésére kerül sor.

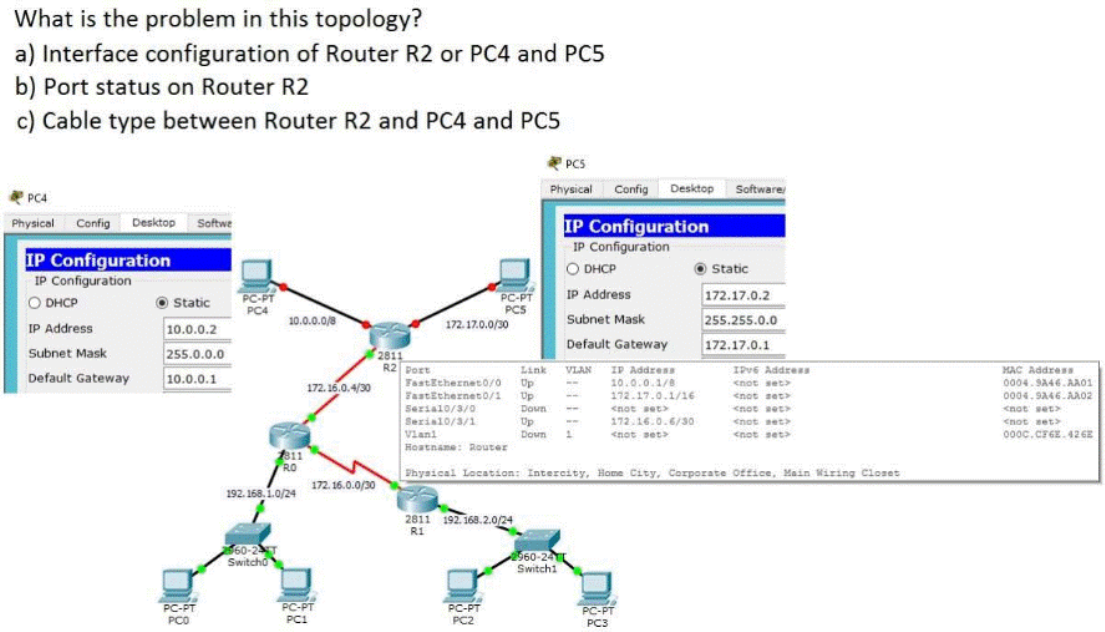
4.1. Szemmozgás paraméterek elemzése egy IT hálózati feladat megoldása kapcsán

A kutatás során egy olyan tesztkörnyezet és vizsgálati eljárás került kidolgozásra, amely alkalmas szemmozgás paraméterek elemzésére egy IT hálózati feladat megoldása kapcsán előzetes tudással rendelkező alanyok esetében. [T5][T9-T10][T13][T15-T18]

4.1.1 A vizsgálat körülményei

A kutatás arra irányult, hogy egy IT hálózati feladat megoldása kapcsán, eltérő előzetes tudással rendelkező csoportok esetén mutathatók-e ki a szemmozgást leíró paraméterekben különbségek.

A szemmozgás paraméterek alapján kiértékelésre kerültek a megfigyelt területekre irányuló szem mozgását leíró főbb jellemzők, majd ezek összevetése történt meg az eltérő előzetes tudással rendelkező tesztalanyok esetében. A vizsgálatban 32 végzett vagy leendő informatikus vett részt, akiknek egy számítógép hálózatok témakörével kapcsolatos feladatot kellett megoldaniuk (18. ábra). A kiértékeléskor ezzel több, mint 600 000 nyers adat került feldolgozásra. Az alábbiakban a kutatás körülményei és kapott eredmények kerülnek bemutatásra.



18. ábra IT hálózatokkal összefüggő tesztfeladat (A)
(Forrás: saját szerkesztés)

4.1.2 Előzetes tudás szint felmérés

A vizsgálati tesztek megkezdése előtt a tesztalanyoknak egy számítógép hálózatok témakörével kapcsolatos feladatsort kellett megoldaniuk, amely azután kiértékelésre került. A tudásfelmérő tesztre kapott eredmény adta a tesztalanyok előzetes tudásának mértékét. A tesztalanyok a tesztsorra adott válaszok alapján (max. 10 pont), előzetes tudásuk szerint, három csoportba kerültek besorolásra:

- átlag alatti (0-3 pont, LTA - Lower Than Average),
- átlagos (4-6 pont, A - Average),
- átlagosnál jobb (7-10 pont, BTA - Better Than Average)

tudással rendelkezők. A tudásszint mérő teszt eredménye alapján az átlagos tudással rendelkezők csoportjába 13 fő került, az átlagosnál alacsonyabb tudásszinttel rendelkezők 11, az átlagosnál magasabb tudásszinttel rendelkezők csoportjába pedig 8 fő volt besorolható.

4.1.3 A vizsgálati módszerek

A vizsgált csoportok esetében a fixációs átlagértékek eltérésének elemzésére a T-teszt a legáltalánosabban alkalmazott eljárás. Az eltérő előzetes tudásszinttel rendelkező csoportok esetében független mintás T-teszttel összehasonlításra kerültek a csoportok közötti fixációs átlagértékek, valamint korreláció analízis került elvégzésre a tudás szint felmérő teszt eredményei, valamint a fixáció számok között. A fixáció szám folytonos skálán mért változó. A független változók csoportja két különböző csoportot alkot: az első esetben az LTA és A, a második esetben az A és BTA csoportokat. A csoportok egymástól függetlenek, nincs olyan résztvevő, aki több csoportnak is tagja. A T-teszt elvégzéséhez előzetesen meg kell vizsgálni a kiugró értékeket, a vizsgált változók normális eloszlását, valamint varianciáját.

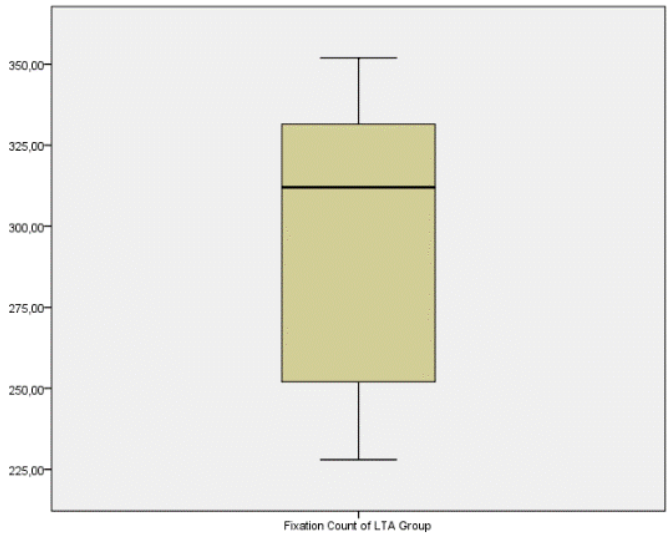
4.1.4 Kiugró értékek elemzése

A kiugró értékek azok az adatok, amelyek távol vannak a többi megfigyelt értéktől és nem felelnek meg az adatok átlagos tendenciájának Boxplot analízissel kerültek elemzésre. Az extrém értékek detektálására az 1,5 × interkvartilis tartomány (IQR) került alkalmazásra. Az eredményeket az LTA, A és BTA csoportok esetében a 1. táblázat , 2. táblázat , 3. táblázattáblázatok és a 19. ábra, 20. ábraés 21. ábraábrák mutatják.

1. táblázat A fixáció szám statisztikai elemzése az LTA csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)

			Statistic	Std. Error
Fixation Count of LTA Group	Mean		295,7273	14,06032
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	264,3989	
		Upper Bound	327,0556	
	5% Trimmed Mean		296,3636	
	Median		312,0000	
	Variance		2174,618	
	Std. Deviation		46,63280	
	Minimum		228,00	
	Maximum		352,00	
	Range		124,00	
	Interquartile Range		101,00	
	Skewness		-,359	,661
	Kurtosis		-1,517	1,279

Ahogy a fenti táblázatban látható, az LTA csoport esetén a fixációk közötti átlagszórás 295.7, az interkvartilis tartomány (IQR) 101, a maximum és minimum értékek pedig 252 és 228.



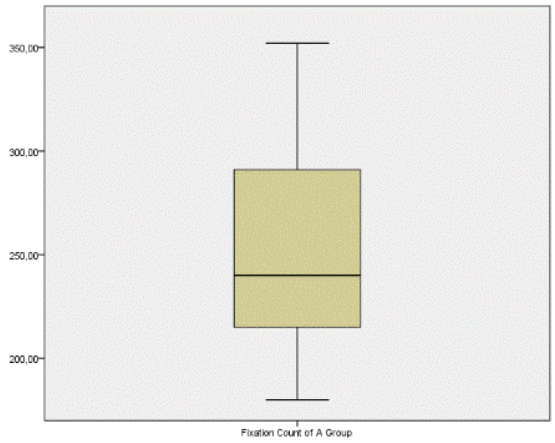
19. ábra A fixáció szám Boxplot analízise az LTA csoport esetén
(Forrás: saját szerkesztés)

A Boxplot diagram nem mutat kiugró értékeket az LTA csoport kapcsán.

2. táblázat A fixációszám statisztikai elemzése az A csoport esetén
(Forrás: saját szerkesztés)

			Statistic	Std. Error
Fixation Count of A Group	Mean		252,3077	14,93635
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	219,7642	
		Upper Bound	284,8512	
	5% Trimmed Mean		250,7863	
	Median		240,0000	
	Variance		2900,231	
	Std. Deviation		53,85379	
	Minimum		180,00	
	Maximum		352,00	
	Range		172,00	
	Interquartile Range		87,00	
	Skewness		,572	,616
	Kurtosis		-,814	1,191

Ahogy a 20. ábra mutatja, az A csoport esetén a fixációk közötti átlagszórás 252.3, az interkvartilis tartomány (IQR) 87, a maximum és minimum értékek pedig 352 és 180.



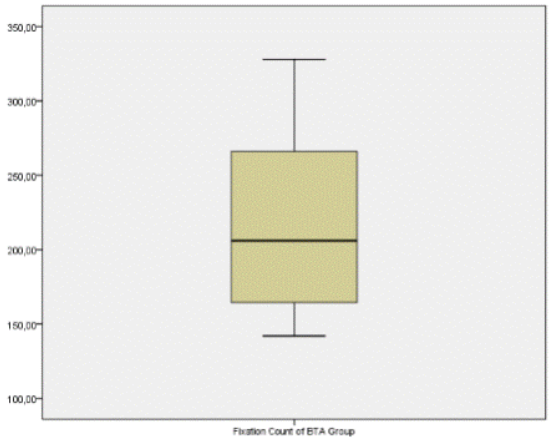
20. ábra A fixáció szám statisztikai elemzése és Boxplot analízise az A csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)

A Boxplot diagram nem mutat kiugró értékeket az A csoport kapcsán sem.

3. táblázat A fixáció szám statisztikai elemtése a BTA csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)

			Statistic	Std. Error
Fixation Count of BTA Group	Mean		217,875	23,57620
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	162,126	
		Upper Bound	273,623	
	5% Trimmed Mean		215,972	
	Median		206,000	
	Variance		4446,69	
	Std. Deviation		66,6835	
	Minimum		142,00	
	Maximum		328,00	
	Range		186,00	
	Interquartile Range		118,25	
	Skewness		,699	,752
	Kurtosis		-,764	1,481

A BTA csoport vonatkozásában a fixációk közötti átlagszórás 217.9, az interkvartilis tartomány (IQR) 118, a maximum és minimum értékek pedig 328 és 142.



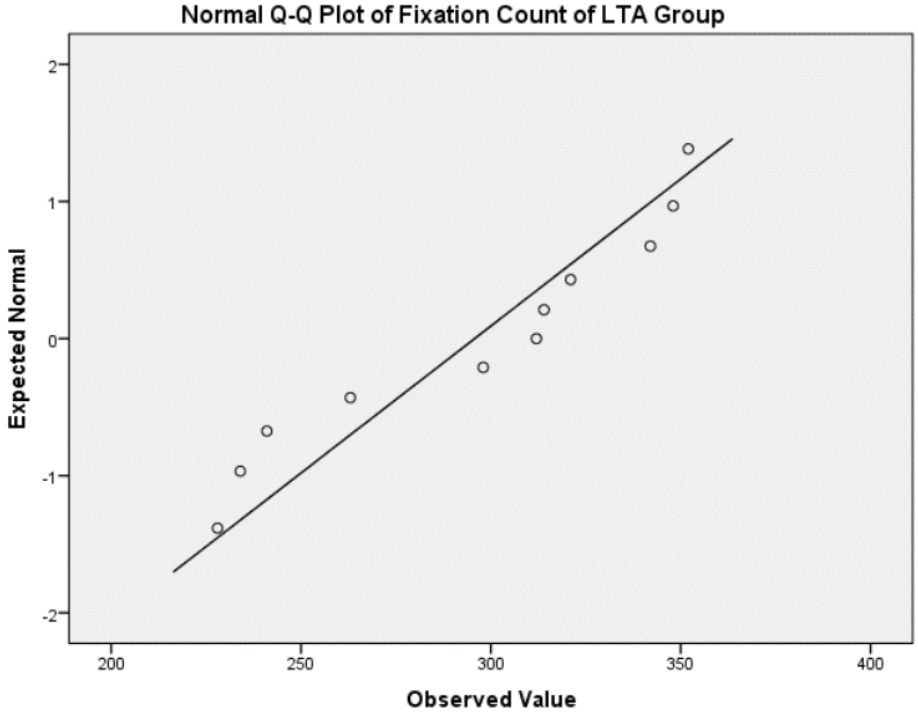
21. ábra A fixáció szám statisztikai elemzése és Boxplot analízise a BTA csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)

A Boxplot diagram nem mutat kiugró értékeket az BTA csoport esetében sem.

4.1.5 Normalitás vizsgálat a fixáció számok eredményeinek adatsorán

A vizsgált fixáció szám változóknak normális eloszlásúnak kell lenniük az LTA, A, BTA csoportok esetében. A független mintás T-próba csak normális eloszlású adatsoron végezhető el. A normalitás a grafikus Q-Q Plot diagram és a numerikus Shapiro-Wilk tesztek segítségével került elemzésre, mivel ez a teszt megfelelőbb kis méretű minták esetén (kevesebb, mint 50 minta). A vizsgálat eredményét az LTA csoport esetében a 22. ábra mutatja.

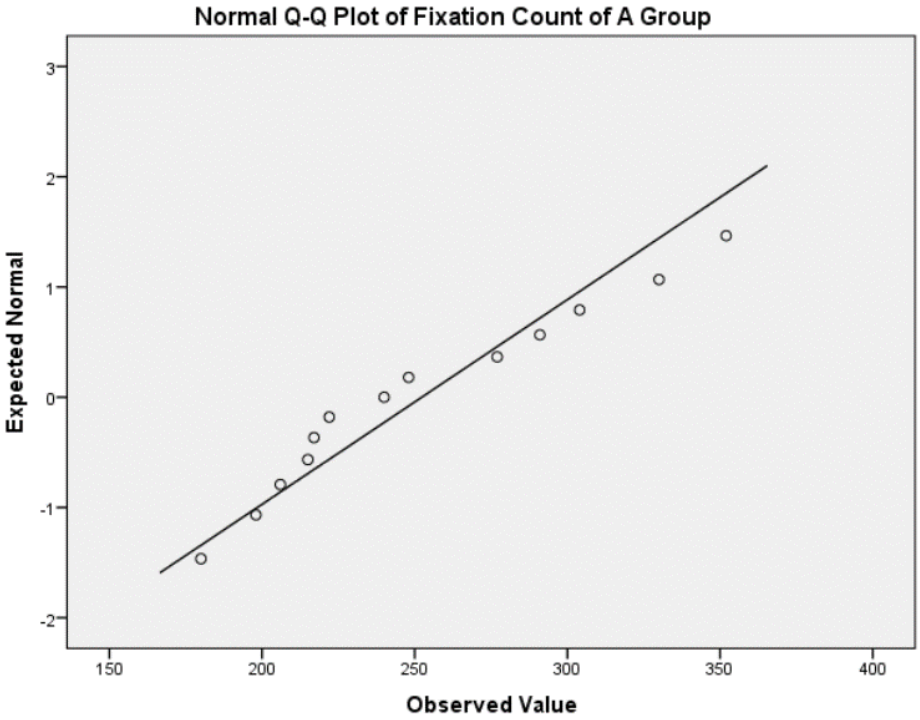
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	**df**	**Sig.**
Fixation Count of LTA Group	,895	11	,159



22. ábra Shapiro-Wilk normalitás teszt eredménye és Q-Q Plot diagram az LTA csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)

A Shapiro-Wilk teszt eredményét és a Q-Q Plot diagramot az A csoport esetében a 23. ábra szemlélteti.

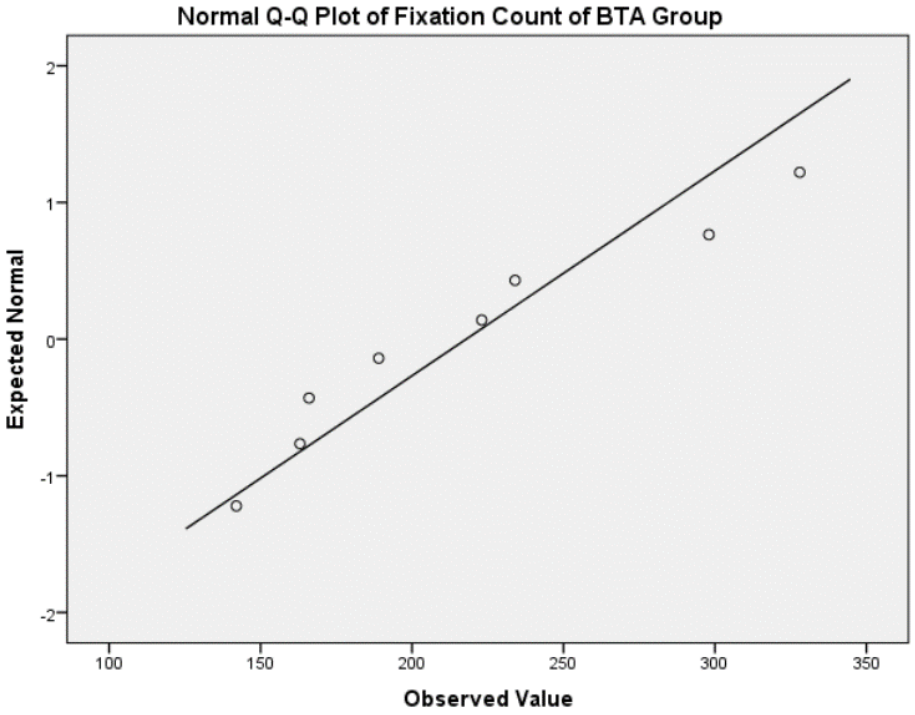
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	**df**	**Sig.**
Fixation Count of A Group	,938	13	,430



23. ábra Shapiro-Wilk és Q-Q Plot normalitás teszt eredménye az A csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)

A Shapiro-Wilk teszt eredményét és a Q-Q Plot diagramot a BTA csoport esetében a 24. ábra prezentálja.

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Fixation Count of BTA Group	,918	8	,416



24. ábra Shapiro-Wilk normalitás teszt eredménye és Q-Q Plot diagram a BTA csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)

Ahogy a Shapiro-Wilk tesztek eredményeiből is látszik, a szignifikancia érték (0.159, 0.43, 0.416) minden esetben nagyobb, mint 0.05, tehát az adatok közel normál eloszlásúnak tekinthetők. A Q-Q plot diagramok alapján is az a következtetés vonható le, hogy a normál eloszlás feltételezett, mivel az eredmények nagy része jól illeszkedik a regressziós egyenesre.

4.1.6 Variancia analízis

Ahhoz, hogy a T-teszt alkalmazható legyen meg kell vizsgálni, hogy a csoportok megegyeznek-e a szórásaik tekintetében is. A szóráshomogenitás ellenőrzésére a Levene-teszt került alkalmazásra.

A Levene-teszt alapvetően egy ANOVA teszt (variancia analízis - Analysis of Variance), amely számos egyező szórású, normális eloszlású csoport átlagának összehasonlítására alkalmas. A Levene-teszt eredményeit az 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat A Levene-teszt eredménye az LTA-A és A-BTA csoportok esetében (Forrás: saját szerkesztés)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,308	1	22	,584	,339	1	19	,567

A Levene-teszt eredményei azt mutatják, hogy az LTA-A csoportok fixációszámainak varianciái egyenlőek $F(1,22) = 0.308$, $p = 0.584$, ahogy az A-BTA csoportok esetében is $F(1,19) = 0.339$, $p = 0.567$, mert a szignifikancia mindkét esetben (0.584, 0.567) nagyobb, mint 0.05. Tehát az eredmények alapján a szóráshomogenitás teljesül.

4.1.7 Független mintás T-teszt a fixáció számok adatsorán

Az előző tesztek eredményei alapján megállapítható, hogy a fixáció számok esetében nincsenek kiugró értékek, az adatok normális eloszlásúak valamennyi csoportra vonatkozóan és a varianciák homogenitása egyenlő az LTA-A és az A-BTA csoportok esetében. Tehát a független mintás T-teszt előfeltételei (normális eloszlás, szóráshomogenitás, $n>30$) teljesülnek és alkalmazható a vizsgált adatsoron. A független mintás T-teszt eredményeket a 5. táblázat mutatja.

5. táblázat T-teszt eredményei az LTA-A és A-BTA csoportokra vonatkozóan
(Forrás: saját szerkesztés)

Group Statistics

	A_BTA	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Fixation Count (A-BTA)	2,00	13	252,3077	53,85379	14,93635
	3,00	8	217,8750	66,68355	23,57620
Fixation Count (LTA-A)	1,00	11	295,7273	46,63280	14,06032
	2,00	13	252,3077	53,85379	14,93635

Independent Samples Test

		Levene's Test for		t-test for Equality	
		F	Sig.	t	df
Fixation Count (A-BTA)	Equal variances assumed	,339	,567	1,301	19
	Equal variances not assumed			1,234	12,566
Fixation Count (LTA-A)	Equal variances assumed	,308	,584	2,090	22
	Equal variances not assumed			2,117	21,979

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Fixation Count (A-BTA)	Equal variances assumed	,209	34,43269	26,47016
	Equal variances not assumed	,240	34,43269	27,90935
Fixation Count (LTA-A)	Equal variances assumed	,048	43,41958	20,77010
	Equal variances not assumed	,046	43,41958	20,51310

		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Fixation Count (A-BTA)	Equal variances assumed	-20,96999	89,83537
	Equal variances not assumed	-26,07418	94,93957
Fixation Count (LTA-A)	Equal variances assumed	,34503	86,49413
	Equal variances not assumed	,87570	85,96346

A csoport statisztikák mutatják az átlagot és a szórást. Látható, hogy az LTA és A csoportok átlaga statisztikailag szignifikánsan különbözik egymástól, mivel a szignifikancia értéke (kétoldali) kisebb, mint 0,05. A csoport statisztika táblázatot megnézve látható, hogy az alacsonyabb előzetes tudással rendelkezőknek nagyobb a fixáció számuk.

Hasonló eset figyelhető meg az A és a BTA csoportok átlagánál is, de az A és BTA csoportok átlaga statisztikailag szignifikánsan nem különbözik egymástól, mivel a szignifikancia értéke (kétoldali) nagyobb, mint 0,05.

4.1.8 Korreláció analízis az előzetes teszt és a fixáció számok eredményeinek adatsora között

A korrelációs analízis célja, hogy meghatározza az előzetes tudás és a fixáció számok közötti kapcsolat szorosságát és irányát. A korreláció kiszámításához az előzetes tudás és a fixáció számok változói kerültek felhasználásra. Normál eloszlású skálaadatok (intervallum vagy arány) és egyszerű, közel lineáris sztochasztikus kapcsolat esetén a Pearson korreláció használható.

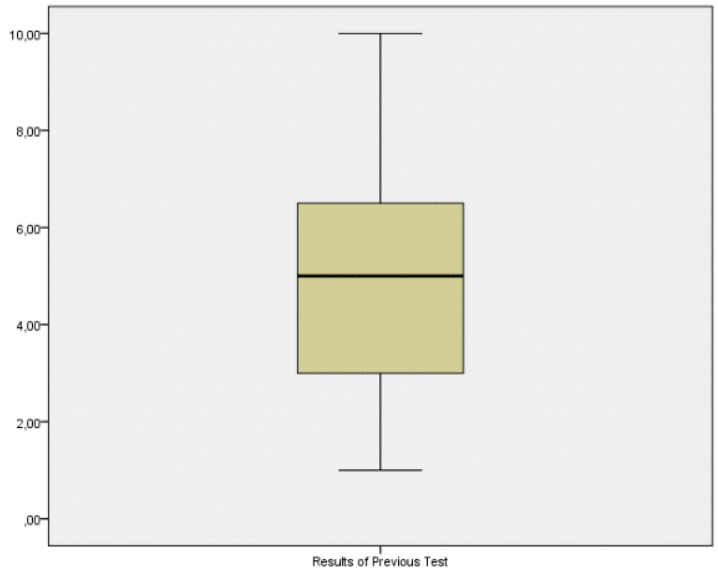
4.1.9 Kiugró értékek az előzetes tudás és a fixáció számok adatsorán

Pearson-féle korrelációs vizsgálat alkalmazása feltételezi, hogy az adatsor szignifikáns kiugró értéket nem tartalmaz. A kiugró értékek Boxplot diagram segítségével kerültek elemzésre, amely segítségével az előző vizsgálathoz hasonlóan a kiugró értékeket azonosíthatók. Az eredményeket a 6. táblázatés 7. táblázat, valamint a 25. ábra és a 26. ábra mutatja.

6. táblázat Statisztikai elemzés az előzetes tudás adatsorára vonatkozóan (Forrás: saját szerkesztés)

			Statistic	Std. Error
Results of Previous Test	Mean		4,9688	,44785
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	4,0553	
		Upper Bound	5,8822	
	5% Trimmed Mean		4,9306	
	Median		5,0000	
	Variance		6,418	
	Std. Deviation		2,53345	
	Minimum		1,00	
	Maximum		10,00	
	Range		9,00	
	Interquartile Range		3,75	
	Skewness		,241	,414
	Kurtosis		-,854	,809

Ahogy azt a fenti ábrán is látható, az átlag = 4,97, az interkvartilis tartomány (IQR) = 3,75, a maximum és minimum értékek pedig 10 és 1.



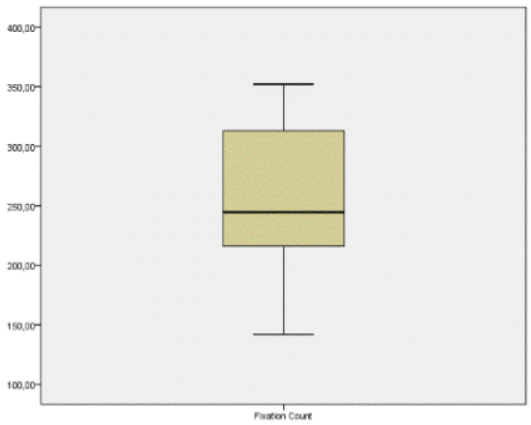
25. ábra Statisztikai elemzés és Boxplot diagram az előzetes tudás adatsorára vonatkozóan (Forrás: saját szerkesztés)

A Boxplot diagram nem mutat kiugró értéket az előzetes tudás adatsorára vonatkozóan.

7. táblázat Statisztikai elemzés a fixáció számok adatsorán
(Forrás: saját szerkesztés)

			Statistic	Std. Error
Results of Fixation Count	Mean		258,6250	10,84260
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	236,5114	
		Upper Bound	280,7386	
	5% TrimmedMean		259,4792	
	Median		244,5000	
	Variance		3761,984	
	Std. Deviation		61,33501	
	Minimum		142,00	
	Maximum		352,00	
	Range		210,00	
	Interquartile Range		98,00	
	Skewness		-,049	,414
	Kurtosis		-1,119	,809

A fixáció számok esetében az átlag = 258.62, az interkvartilis tartomány (IQR) = 98, a maximum és minimum értékek pedig 352 és 142.



26. ábra Statisztikai elemzés és Boxplot diagram a fixáció számok adatsorára vonatkozóan
(Forrás: saját szerkesztés)

A Boxplot diagram nem mutat kiugró értéket a fixáció számok adatsorára vonatkozóan.

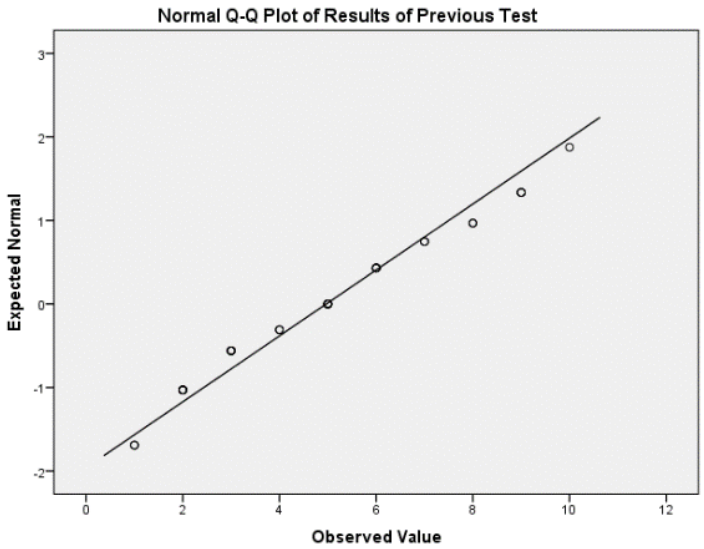
4.1.10 Normalitás vizsgálat az előzetes tudás és a fixáció számok adatsorán

A normalitás a numerikus Shapiro-Wilk teszt és a grafikus Q-Q Plot diagram segítségével került elemzésre.

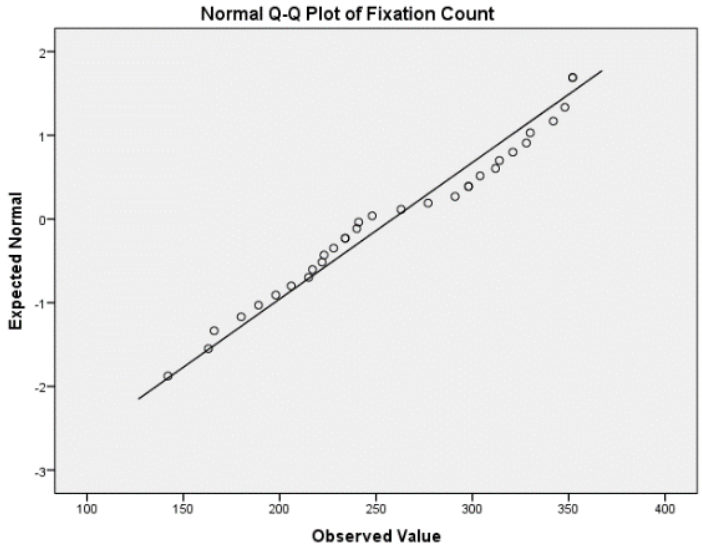
8. táblázat A Shapiro-Wilk teszt eredménye a fixáció számok és az előzetes tudás adatsorán (Forrás: saját szerkesztés)

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	**df**	**Sig.**
Previous Test	,951	32	,156
Fixation Count	,953	32	,174

Ahogy a 8. táblázat eredményeiből látható, a szignifikancia értékek (0.156, 0.174) nagyobbak, mint 0.05, tehát az adatok normál eloszlásúnak tekinthetők.



27. ábra Q-Q Plot diagram az előzetes tudás adatsoráról (Forrás: saját szerkesztés)



28. ábra Q-Q Plot diagram a fixáció számok adatsoráról
(Forrás: saját szerkesztés)

Ahogy a 27. ábra Q-Q Plot diagram az előzetes tudás adatsoráról (Forrás: saját szerkesztés) és 28. ábra Q-Q Plot diagram a fixáció számok adatsoráról
(Forrás: saját szerkesztés)ábrákon látszik, az adatpontok nem térnek el túlságosan az átlóegyenestől, tehát az adatok közel a normál eloszlást követik.

4.1.11 Pearson-féle korreláció analízis

A normális eloszlású adatsoron az előzetes tudás és fixáció szám között elvégzett Pearson korrelációs vizsgálat eredményeit a 9. táblázat mutatja.

9. táblázat Pearson korreláció analízis az előzetes tudás és a fixáció számok adatsora között (Forrás: saját szerkesztés)

		Previous Test	Fixation Count
Previous Test	Pearson Correlation	1	-,660**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	32	32
Fixation Count	Pearson Correlation	-,660**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	32	32

Ahogy a táblázatban is látható, a Pearson-féle korrelációs együttható r = -0.66 statisztikailag szignifikáns (p = 0.000), tehát a két adatsor között mérsékelten markáns, negatív irányú kapcsolat mutatható ki.

4.1.12 Új tudományos eredmények

A vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy az LTA csoport fixáció számai (295,72 ± 46,63) statisztikailag szignifikánsan nagyobbnak bizonyultak, mint az A csoport esetében (252,3 ± 53,85), t (22) = 2,09, p = 0,048. Az A csoport fixáció számai ellenben statisztikailag szignifikánsan nem nagyobbak a BTA csoporthoz (217.87 ± 66.68), t(19) = 1.301, p = 0.209. képest.

Az előzetes tudás szint és a fixáció szám adatsora közötti kapcsolat meghatározásához Pearson-féle korrelációs analízis került alkalmazásra. A két adatsor között mérsékelten markáns, negatív irányú kapcsolat áll fenn, amely statisztikailag szignifikáns (r = -0.66, n = 32, p = .000).

A fixációk számának alakulása az előzetes tudás szint függvényében változik: az alacsonyabb előzetes tudással rendelkezők esetében a fixációk száma szignifikánsan nagyobb, addig a magasabb előzetes tudással rendelkezők esetében szignifikánsan kisebb.

Az eredmény vélhetően azzal magyarázható, hogy az alacsonyabb előzetes tudás szinttel rendelkező alanyok esetében a tekintetük többször visszatér a megfigyelt területekre, hogy jobban megértsék a feladatot a megoldás keresése közben.

A szemmozgással összefüggésben kapott eredmények a jövőben lehetőséget adhatnak arra, hogy megállapítható legyen, hogy egy feladat megoldásának sikertelensége vagy sikeressége milyen összefüggésben lehet a feladatot megoldó témával összefüggő előzetes tudással. Az eredmények hasznos információval szolgálhatnak a tanulás folyamatának ellenőrzésében, vizsgálatában (Gőgh, Kovács, & Sziládi, 2017), így ezen eszközök és módszerek a jövő oktatási infrastruktúrájának szerves részét képezhetik.

4.2. Szem-kéz koordináció elemzése

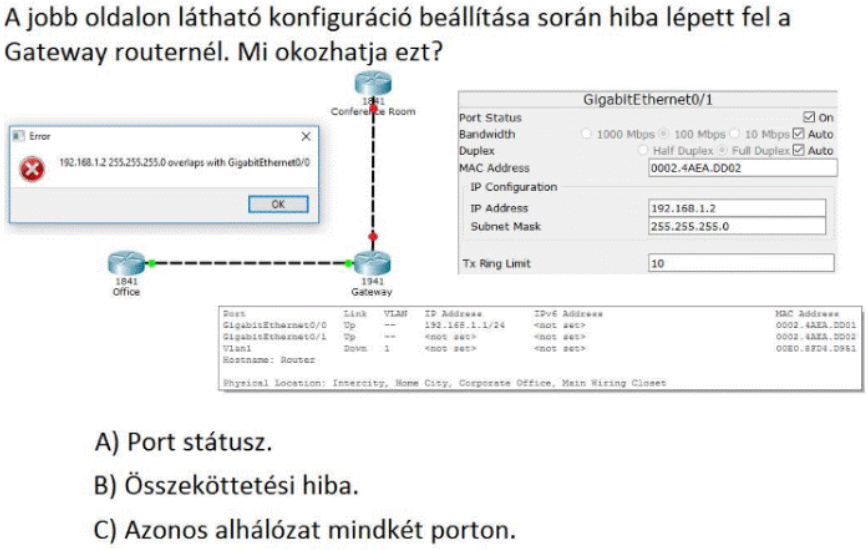
A kutatás során egy olyan tesztkörnyezet és vizsgálati eljárás került kidolgozásra, amely a szemmozgás paraméterek egyidejű megfigyelése mellett alkalmas az egérkurzor mozgás paramétereinek elemzésére, abban az esetben, ha a kurzor mozgatása hagyományos egér, vagy gesztusvezérlés segítségével történik. [T1][T3][T11-T12][T14][T19]

4.2.1 A vizsgálat körülményei

A kutatás arra irányult, hogy az előző vizsgálathoz hasonlóan, ugyancsak IT hálózatok témakörébe tartozó feladat megoldása kapcsán milyen összefüggések tárhatók fel a szemmozgás és az egérkurzor mozgatás között, a szem-kéz koordináció alakulásában.

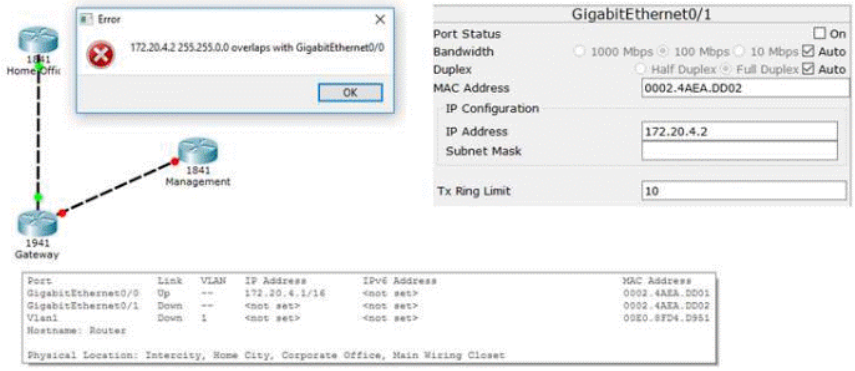
A vizsgálatban a kutatás szempontjából releváns, tekintet és kurzor átlagos távolsága paraméterek kerültek elemzésre hagyományos egérrel történő, illetve gesztus alapú kurzormozgatás esetén, majd ezen paraméterek összevetése történt meg statisztikai elemzéssel.

A résztvevők körét a 4.1-es fejezetben bemutatott vizsgálatban közreműködő személyek alkották, akiknek két, egymáshoz hasonló IT hálózati feladatot (29. ábra és 30. ábra) kellett megoldaniuk előbb hagyományos egér-, majd gesztus alapú vezérlés használatával. 32 tesztalany esetén a kiértékeléskor több, mint 1 000 000 nyers adat került feldolgozásra.



29. ábra IT hálózatokkal összefüggő tesztfeladat (B)
(Forrás: saját szerkesztés)

A jobb oldalon látható konfiguráció beállítása során hiba lépett fel a Gateway routernél. Mi okozhatja ezt?



A) Port státusz.

B) Összeköttetési hiba.

C) Azonos alhálózat mindkét porton.

30. ábra IT hálózatokkal összefüggő tesztfeladat (C)
(Forrás: saját szerkesztés)

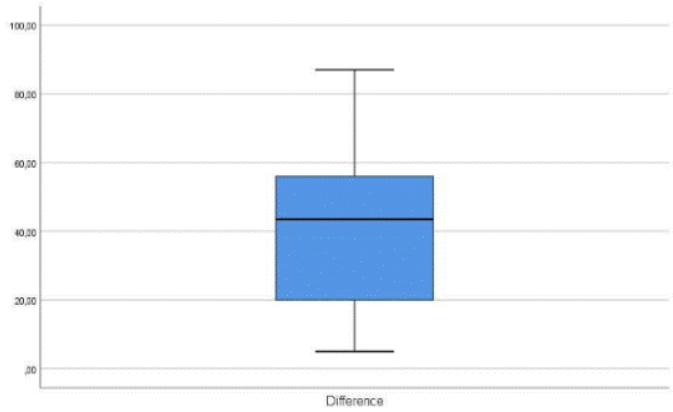
4.2.2 Vizsgálati módszerek

Az egér átlagos távolságának statisztikai kiértékelése kétmintás T-próba segítségével valósult meg, ahol a p <= 0,05 volt szignifikáns.

A páros T-próba elemzéssel ugyanazon változó két mérése közötti átlagok kerültek összehasonlításra. A függő változó, a tekintet és a kurzor átlagos távolsága intervallum mérési szinten lett mérve. A független változó két "illesztett párból" áll, az egérmutató mozgásvezérlése alapján (hagyományos egér és kézi gesztusvezérlés).

4.2.3 Kiugró értékek a tekintet és a kurzor átlagos távolsága között hagyományos és gesztus alapú vezérlés esetén

A kiugró értékek a 4.1-es fejezetben bemutatott vizsgálathoz hasonlóan Boxplot diagrammal szemléltethetők, ahol az extrém értékek detektálására az 1,5 × interkvartilis tartomány (IQR) került alkalmazásra. A Boxplot diagram a 31. ábra ábrán látható.



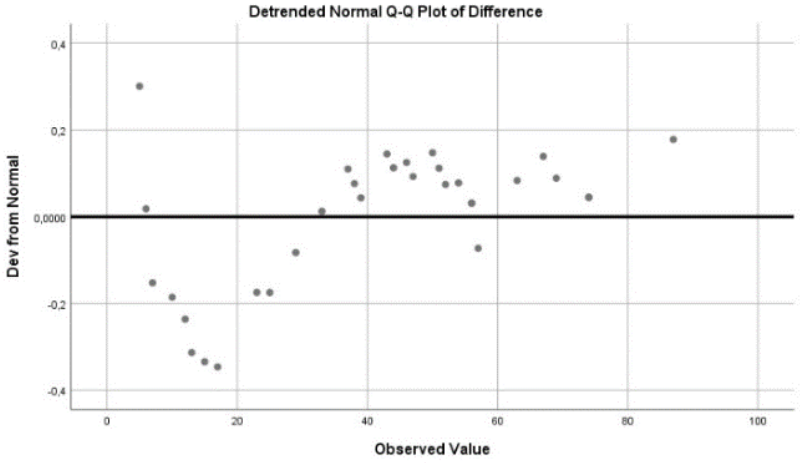
31. ábra Boxplot diagram a tekintet és a kurzor átlagos távolsága közötti különbségekről (Forrás: saját szerkesztés)

A különbségek alapján az átlag szórás=40.59, az IQR=37.5, a maximum és minimum értékek pedig 87 és 5. A Boxplot diagram nem mutat kiugró értékeket.

4.2.4 Normalitás vizsgálat a tekintet és a kurzor átlagos távolsága között hagyományos és gesztus alapú vezérlés esetén

Az egér átlagos távolsága közötti különbségek normális eloszlásának a vizsgálata a grafikus Q-Q Plot és a numerikus Shapiro-Wilk teszt segítségével került elemzésre, mivel az előzőekben tárgyalt elemzéshez hasonlóan ez a teszt megfelelőbb kis méretű minták esetén (kevesebb, mint 50 minta). A Q-Q diagramot a 32. ábra mutatja.

A Shapiro-Wilk teszt nem mutatta szignifikánsan a normalitás megsértését, W (32) = 0,963, p = 0,324.



32. ábra Q-Q diagram a tekintet és az egérkurzor átlagos távolságáról (Forrás: saját szerkesztés)

Shapiro-Wilk teszt alapján a szignifikancia érték nagyobb (0,324), mint 0,05, tehát az adatok normális eloszlásúnak tekinthetők. Ugyancsak ez látható a Q-Q diagramon, az adatpontok nem térnek el túlságosan az átlóegyenestől, tehát az adatok közel a normál eloszlást követik.

4.2.5 Páros t-próba a tekintet és a kurzor átlagos távolsága között hagyományos és gesztus alapú vezérlés esetén

A korábbi tesztek eredményei alapján megállapítható, hogy az adatok normál eloszlásúak, kiugró értékek nincsenek, így a páros t-próba elvégezhető.

A páros t-próba azt mutatta, hogy hagyományos egér alapú vezérlésnél a tekintet és a kurzor átlagos távolsága jelentősen nagyobb (M = 407,875, SD = 23,46411), mint a gesztusvezérlés esetén (M = 367,2813, SD = 14,12898), t (31). = 10,166, p <0,001. A hagyományos egérrel és kézi vezérléssel megvalósított kurzorvezérlés esetén a tekintet és a kurzor átlagos távolságának átlaga szignifikánsan eltérő, mivel a (kétoldalú) szignifikanciaszint kevesebb, mint 0,05.

4.2.6 Új tudományos eredmények

Az eredmények alapján megállapítható, hogy hagyományos egérrel történő kurzorvezérlés esetén szignifikánsan nagyobb átlagos egér út távolsága (407,9 ± 23,46), mint a Leap Motion kézi vezérlés használata esetén (367,3 ± 14,12), $t(22) = 10,166$, $p < 0,005$.

Az eredmények vélhetően annak a ténynek tudhatók be, hogy a számítógépes egér mozgatása már inkább rutin gyakorlat, tehát kevesebb figyelmet igényel, mint a gesztus alapú vezérlés, ahol a szemnek jobban kell követni a kurzor útját, hogy a kívánt mozgás megvalósuljon. A kapott eredmények további információkat szolgáltathatnak egyes koordinációs problémák azonosításához, például egyes kézmozgások elemzésekor. Megfelelő monitorozás mellett az egyedi koordinációs nehézségek azonosíthatók és javíthatók.

4.3. Szemmozgás paraméterek és a keresési idő elemzése 3D virtuális térben

A kutatás során egy olyan tesztkörnyezet és adatfeldolgozási eljárás került kidolgozásra, amely alkalmas 3D-s virtuális terek oktatásban történő alkalmazhatóságának vizsgálatára matematikai problémamegoldó feladatok esetében. [T2][T4][T6-T8]

4.3.1 A vizsgálat körülményei

A kutatás a 3D-s tér hatékonyságát vizsgálta egy matematikai probléma megoldó feladat végrehajtása közben a hagyományos 2D-s böngésző ellenében, miközben a kutatás szempontjából releváns szemmozgás paraméter (fixáció szám) és a feladat végrehajtásának ideje elemzésre került. A vizsgálatban 24 fő vett részt, valamennyien 20-25 év közöttiek. A 24 fő esetén több, mint 200 000 nyers adat került feldolgozásra. A nemek eloszlásának aránya 20 férfi és 4 nő.

A tesztalanyoknak két egymástól eltérő, matematikai tanulmányokhoz kapcsolódó kérdésre kellett megkeresniük az általuk helyesnek gondolt megoldást a MaxWhere 3D-s térben lévő táblákon (33. ábra), valamint a Moodle-ben található linkek segítségével. A feladatok megoldásai előzetesen feltöltésre kerültek a MaxWhere 3D-s térbe és a Moodle rendszerbe. A teszt során a tesztalanyok egy-egy feladatlapot kaptak kézhez, feladatlaponként két-két kérdéssel. Ezután kereshették a feladatok megoldásait előbb az első feladatlap alapján a MaxWhere térben, majd a másik feladatlap alapján a Moodle rendszerben. A teszt helyesnek vélt megoldás kiválasztásával és az „m" billentyű lenyomásával ért véget. A MaxWhere 3D-s térben való mozgást és navigálást a teszt megkezdése előtt hallgatók több percen keresztül gyakorolhatták, a feladatok értelmezésére szintén kaptak időt.

33. ábra DUE Matematika tér a MaxWhere virtuális térben
(Forrás: saját szerkesztés)

4.3.2 Vizsgálati módszerek

A következő alfejezetekben ismertetésre kerülnek a vizsgálati módszerek és a vizsgálatok eredményei. Az OGAMA szoftver statisztika modulja segítségével a fixáció szám, a másodpercenkénti fixáció szám és a feladat végrehajtási ideje került feldolgozásra. A feldolgozott paraméterek számított átlagértékei alapján arányszám és százalékérték került meghatározásra. A fixáció szám kvalitatív adatelemzésére is sor került 2D-s és 3D-s környezetben.

4.3.3 Fixáció szám és a végrehajtási idő adatsorának kvantitatív elemzése

A MaxWhere szoftver és a Moodle esetében is számított átlagértékek kerültek feltüntetésre. Az átlagértékekből viszonyszám és százalékérték határozható meg. Az eredmények a 4. táblázatban láthatók:

10. táblázat Vizsgált szemmozgás paraméterek és a feladat végrehajtási ideje MaxWhere és Moodle rendszerek esetében
(Forrás: saját szerkesztés)

	fixáció/s	**fixáció (db)**	**időtartam (ms)**
MaxWhere	1,01	40,42	38262
Moodle	1,33	54,69	41297

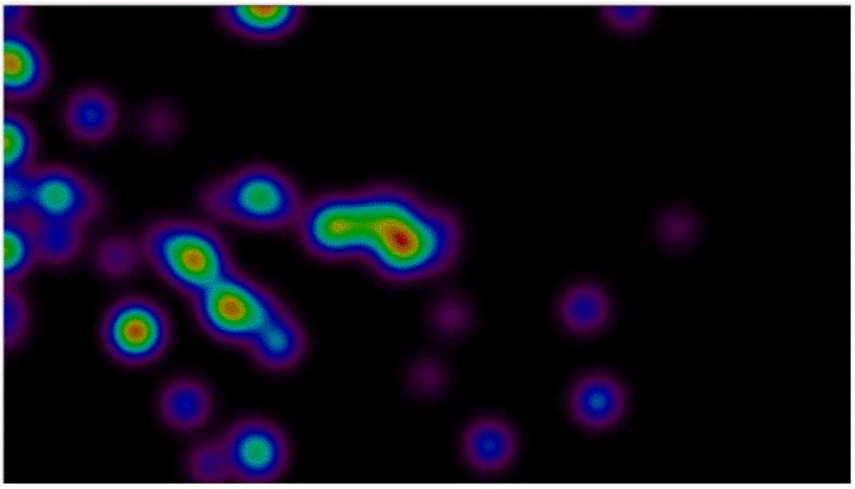
Az eredmények alapján megfigyelhető a MaxWhere 3D-s virtuális tér és a Moodle rendszer használata közben megfigyelt szemmozgás paraméterek, valamint a teljes feladat végrehajtási idő alakulása. Valamennyi megfigyelt paraméter esetében a kisebb érték jelenti a jobb értéket. A MaxWhere 3D-s vitruális térben a fixációk frekvenciája (fixáció/s) 1,01, addig az érték a Moodle rendszerben 1,33, ami 24,07% eltérést mutat a 3D-s környezet javára. A fixációk darabszámának alakulásában hasonló tendencia fedezhető fel: 40,42 (MaxWhere) és 54,69 (Moodle), ami 26,1%-os különbséget jelent, ezúttal is a 3D-s környezet javára.

A fixációk darabszáma közötti eltérés azt mutatja, hogy a tesztalanyok tekintete kevesebbet időzött a képernyőn a válasz keresésekor. Ez egyrészről a keresési idő mutatószámának alakulására pozitív hatással van, másrészről a teljes keresési idő közötti differenciát tekintve, arányaiban az előző két esethez viszonyítva kisebb különbség tapasztalható: 38,3 mp (MaxWhere) és 41,3 mp (Moodle), ami 7,35%-os különbség, még mindig a 3D-s virtuális környezet javára.

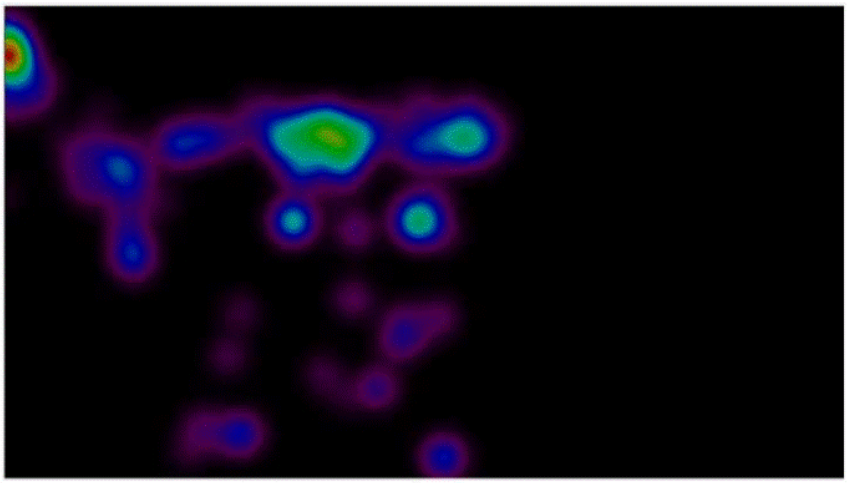
A fixáció frekvencia (fixáció/s) és a fixációk darabszáma közötti, arányaiban kisebb különbség vélhetően a vizsgálatok elvégzésekor tapasztalt kezeléstechnikai nehézségekkel, valamint a MaxWhere és az OGAMA szoftver együttes használata során tapasztalt lassabb puffereléssel magyarázható.

4.3.4 Fixáció szám kvalitatív adatelemzése 2D-s és 3D-s terek esetében

Az OGAMA szoftver Fixations modulja lehetőséget ad egy ún. figyelem térkép készítésére a vizsgált alanyok esetében. A térkép segítségével láthatók a hangsúlyosabban megfigyelt területek és képernyő részletek, így megállapítható, hogy a tesztalanyok tekintete a feladat megoldása közben mikor melyik (rész)területen időzött hosszabb ideig.



34. ábra Egy tesztalany figyelemtérképe a MaxWhere 3D-s rendszer esetében (Forrás: saját szerkesztés)



35. ábra Egy tesztalany figyelemtérképe a Moodle 2D-s rendszer esetében (Forrás: saját szerkesztés)

A 34. és 35. ábrákat összevetve látható, hogy a MaxWhere 3D-s tér esetén nagyobb, kiterjedtebb a megfigyelt terület, kevesebb fixáció szám mellett is. A tesztalany tekintete rövidebb idő alatt nagyobb utat járt be, ami alátámasztja a 3D-s környezet jobb átláthatóságát.

4.3.5 Új tudományos eredmények

A vizsgálat eredménye kimutatta, hogy a 3D-s térben hatékonyabb az információkeresés. A MaxWhere 3D-s térben a fixációk frekvenciájának (fixáció/s) átlaga 24%-kal, a teljes keresési időre vonatkozó fixációk darabszámának átlaga pedig 26%-kal kevesebb, mint a Moodle rendszer esetében, ami 7.35%-kal eredményez rövidebb keresési időt. Az arányaiban kisebb különbséget a szemmozgás paraméterekhez képest a 3D-s virtuális környezet használatában szerzett kevesebb rutin és a 3D-s tesztkörnyezet hosszabb kilépési ideje okozta.

A kapott eredmények biztatóak, az eredményesebb használat további vizsgálatokat von maga után. A MaxWhere 3D-s tér a jövő oktatási infrastruktúrájának szerves részét képezheti, program megítélése alapvetően már most pozitív, amelyen a rendszeres használat és szélesebb körben való elterjedése sokat javíthat.

4.4. Korszerű IKT eszközök alkalmazásával összefüggő használati tapasztalatok elemzése

Az előzőekben ismertetésre került, különböző modern IKT eszközök bevonásával megvalósult kutatások eredményei akkor használhatók fel és alkalmazhatók a gyakorlatban, ha az oktatók részéről is tapasztalható a modern IKT eszközök befogadóképességére irányuló hajlandóság. Az alábbiakban kérdőíves vizsgálat segítségével a korszerű IKT eszközök alkalmazásával összefüggő használati tapasztalatok elemzése, valamint a kiértékelés alapján levont következtetések kerülnek ismertetésre (Ujbányi, Sziládi, Katona & Kővári, 2017), (Ujbányi, Sziládi, Katona & Kővári, 2017), Ujbányi & Sziládi, 2015), (Ujbányi, Katona & Kővári, 2014), (Ujbányi, Katona, Kővári, Király & Kadocsa 2014).

4.4.1 A vizsgálat körülményei

A következőkben bemutatásra kerülő vizsgálat célja annak felmérése, hogy az információs és kommunikációs technológiai eszközök alkalmazása terén milyen nehézségek merülnek fel. A vizsgálat 63 fő oktató bevonásával történt, kérdőíves felmérés segítségével. A kutatás része a különböző IKT eszközök hasznosságának értékelése, amely adott oktatási infrastruktúrára irányuló, célirányos kérdések alkalmazásával feltárja, hogy az oktatók megítélése szerint melyek a hatékony, illetve kevésbé hatékony eszközök az oktatási folyamatban.

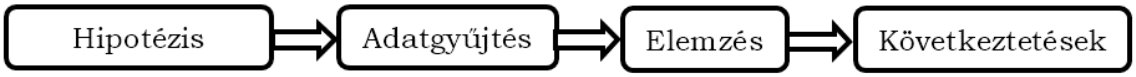
A hatékonyság az oktatási infrastruktúra használhatóságára irányul, mivel az adott IKT eszközinfrastruktúra jelentősen befolyásolhatja az oktatási folyamat sikerességét. Az oktatástechnológiai eszközök és azok használata napjainkban egyre nagyobb szerepet kap, hiszen a modern számítógéppel segített oktatással, a digitális pedagógiával szemben támasztott legfontosabb alapkövetelmény a korszerű IKT eszközök rendelkezésre állása és azok készségszintű alkalmazása, a megfelelő kompetenciák megléte mellett.

A kutatás tervezésekor olyan kérdéscsoportok és válogatott kérdések kerültek meghatározásra, amelyek segítségével meglátásom szerint a legcélirányosabban lehet rámutatni arra, hogy milyen összefüggések, nehézségek merülnek fel mindezek vonatkozásában.

4.4.2 Vizsgálati módszerek

A felmérés gerincét képező empirikus kutatás az egyik leggyakoribb primer feltárási technika alkalmazásával, kérdőív segítségével valósult meg. A vizsgálat során induktív, leíró kutatási stratégia került alkalmazásra. A kérdésekre adott válaszok Microsoft Excel program Analysis Toolpak bővítménye segítségével, kvantitatív adatelemzéssel kerültek kiértékelésre, Likert skála és gyakoriság elemzés alkalmazása mellett.

A vizsgálat végrehajtása előtt a folyamat tervezést igényelt, a kutatási folyamat az alábbi séma szerint épült fel (36. ábra):



36. ábra IKT eszközhasználat kutatásának folyamata
(Forrás: saját szerkesztés)

A vizsgálat a kutatói kérdés megfogalmazásával indult. Azt a hipotézist kívántam igazolni, miszerint az oktatók többségének gondot okoz a rendelkezésre álló IKT eszközállomány használata és alkalmazása az oktatásban.

Ahhoz, hogy megbizonyosodjam feltételezésem helytállóságáról, információkra volt szükségem az oktató kollégáktól.

Az adatgyűjtés egy – a tárgykörre irányuló – kérdőív segítségével történt, amelynek feldolgozása után ki tudtam nyerni a szükséges információkat annak megállapításához, hogy a felvetésem igaznak bizonyult-e.

4.4.3 A kérdőív felépítése

A kérdőív összeállításánál nagy gondot fordítottam a kérdések közérthetőségére, vagyis a megfogalmazás során törekedtem arra, hogy a kérdések mindenki számára egyértelműek legyenek, a válaszadóknak ne legyenek értelmezésből fakadó nehézségeik.

Úgy gondolom, hogy precíz és lényegre törő kérdések megfogalmazásával valós és kellően reprezentatív képet kaphatok a vizsgálat tárgyköréről. Fontosnak tartottam, hogy a lehető legtöbb releváns információ beszerzése mellett a kérdőív kitöltése se vegyen sok időt igénybe. A kitöltés anonim és hozzávetőlegesen 10 percet vett igénybe a válaszadó kollégáktól.

A kérdőív három különböző kérdéscsoportból épült fel, amelyek együttesen elsősorban a tudományterület, a számítógép felhasználói kompetencia és az IKT eszközhasználati szokás feltárására fókuszáltak. A kérdéscsoportok az alábbiak:

- Személyes adatok;
- Egyéni számítógép felhasználói kompetenciák;
- IKT eszközök használata az oktatásban.

A kérdőív összeállítása után a kérdőívet szakértők is véleményezték, hogy az minél megbízhatóbb, és valid legyen. Mivel a kérdőív egy relatív egyszerű, célirányos kérdéseket tartalmazó, egy kutatási célt szolgáló felmérést valósított meg, így redundáns kérdések kizárhatók.

Ennek megfelelően a kérdőív kiértékelésére és elemzésére a statisztikai gyakoriság elemzés megfelelő alapot ad.

4.4.4 A résztvevők képzettsége és informatikai előképzettsége

A válaszadó oktatók 42%-a több, mint 10 éve az intézmény oktatói állományának tagja, addig 21% 6-10, 24% 3-5 és 12% 1-2 éve tanít az intézményben. Végzettséget tekintve 42% egyetemi-, 18% főiskolai diplomát szerzett, 39% pedig doktori fokozattal rendelkezik. A tudományterületek százalékos megoszlása: 12% bölcsész, 48% informatika, 18% műszaki, 9% társadalomtudomány, 12% természettudomány. A kérdőívet kitöltő oktatók közel fele arányban szereztek valamilyen informatikai végzettséget. Az informatikai végzettséggel rendelkezők közül 56% egyetemi-, 31% főiskolai diplomát, valamint 13% phd fokozatot szerzett.

A kérdőívet kitöltő oktatók közül 82% rendelkezik informatikai előképzettséggel, számítógépfelhasználói bizonyítvánnyal. Az érintettek az előképzettséget tekintve két nagyobb csoportba sorolhatók. A főiskolai vagy egyetemi informatikai végzettséggel rendelkezők közül 38% szerzett korábban CISCO vagy ECDL bizonyítványt, addig a főiskolai vagy egyetemi informatikai végzettséggel nem rendelkezők körében ez az érték 15%-ra redukálódik.

A válaszadók közül valamennyi oktató az aktív Internethasználók táborát erősíti, az esetek többségében a napi ügyek (pl. elektronikus levelezés, munkával kapcsolatos tevékenység, banki átutalások) intézése, illetve információgyűjtés és keresés céljából indítanak web böngészőt. Az oktatók 73%-a saját maga végzi el az esetenként szükséges technikai jellegű beavatkozásokat és csak 27% fordul segítségért hozzáértő, informatikai szakemberhez.

A jó arány és az informatikai előélet között szoros összefüggés feltételezhető, hiszen a válaszadók közel fele arányban (48%) rendelkeznek informatikai végzettséggel és 82%-ban számítógépes előképzettségre is szert tettek.

A szoftverismerettel kapcsolatos kérdés azt mérte fel, hogy vannak-e olyan számítógépes szoftverek, amelyek használatában az oktató rutinos.

A kérdésre nagy arányban (88%) érkeztek olyan válaszok, miszerint az érintettek jól ismernek és nagy jártassággal rendelkeznek bizonyos programok használatában.

A válaszadó oktatók nagy arányban jelöltek meg tudományos alkalmazásokat, mint például az SPSS, az SAP vagy a MATLAB, illetve szoftverfejlesztéshez használt programokat (PellesC, Visual Studio) is találunk a válaszlistán. A Microsoft Office programcsomagot - mint ismert szoftvert - a válaszában valamennyi oktató megjelölte, ami feltehetően azzal van összefüggésben, hogy az elektronikus dokumentumkészítés legelterjedtebb eszközeként ez az egyik legtöbbet használt szoftveregyüttes.

4.4.5 Eszközinfrastruktúra megfelelősége és az oktatott tantárgyak százalékos megoszlása

A felmérés eredménye azt mutatta, hogy az oktatók 93%-a megfelelőnek tartja az intézmény oktatáshoz használt informatikai eszközkészletét. Valamennyi oktató rendelkezik asztali számítógéppel az irodai munkavégzéshez, 39%-ban pedig a mobilitás okán, otthoni munkavégzés céljából notebookot is használnak.

Az oktatott tantárgyak kérdéskörében viszonylag nagy szórásról beszélhetünk, hiszen egy oktató nem csak egy tantárgycsoportot tanít. A 11. táblázatból látható az oktatott tantárgyak százalékos megoszlása. Az oktatott tárgyakkal kapcsolatos felmérés azért volt szükséges, mert a tanított tárgy jellegéből adódóan más-más eszközhasználati szokást igényel az oktatótól.

Egy elméleti szakmai törzsanyag oktatásához elegendő, ha a számítógép prezentációs eszközként funkcionál, addig a gyakorlati labor kurzus során a feladatok esetleges összetettsége és a különféle komplex számítások levezetése miatt a jobb szemléltethetőség kiemelt jelentőségű.

Ennek érdekében az oktatási folyamatba más eszközök (pl. interaktív tábla) bevonása válik szükségessé.

11. táblázat Az oktatott tantárgycsoportok százalékos eloszlása
(Forrás: saját szerkesztés)

Tantárgycsoport	
szakirányhoz tartozó tárgy	18 %
szakmai alapozó	9 %
szakmai alapozó, szakirányhoz tartozó	9 %
szakmai alapozó, szakmai törzs	12 %
szakmai alapozó, szakmai törzs, szakirányhoz tartozó	15 %
szakmai törzs, szakirányhoz tartozó	12 %
társadalomtudományi alapozó, szakirányhoz tartozó	3 %
társadalomtudományi alapozó, szakmai alapozó, szakirányhoz tartozó	6 %
társadalomtudományi alapozó, szakmai alapozó, szakmai törzs, szakirányhoz tartozó	3 %
természettudományi alapozó	6 %
természettudományi alapozó, szakmai alapozó, szakmai törzs	3 %
természettudományi alapozó, szakmai alapozó, szakmai törzs, szakirányhoz tartozó	3 %

Az oktatók 91%-ban élnek az Internet elérés lehetőségével a tanóra során, azonban a felhasználási arányok között időben már mutatkozik eltérés.

A többség (55%) az órák ¼ részében veszi igénybe az Internet által kínált lehetőségeket. A további arányokat tekintve 18% csak a tanóra felén, 12% az órák több, mint felén és csupán 6% használja a világhálót a tanóra egészében.

Az intézményben valamennyi oktató használ Moodle oktatási keretrendszert a kurzusok alkalmával, ezért érdemes vizsgálni azt a kérdéskört is, hogy az oktató kollégák mennyire használják ki a Moodle rendszer teljes funkcionalitását.

A leggyakrabban használt funkció a tananyag feltöltés (97%), de a házi feladatok kiírása (27%), az órai felmérések készítése (27%), valamint a tevékenységek és jelenlét naplózás (18%) is az igénybe vett modulok között szerepel. Mindezeken felül az oktatók 12%-a gondolja úgy, hogy a Moodle rendszer közösség építő szolgáltatásait (pl. chat, fórum) is érdemes igénybe venni.

4.4.6 IKT eszközök hasznosságának értékelése az oktatási folyamat aspektusából

A kérdőívben az oktatók az oktatási folyamat aspektusából a számítógép, az Internet, a Moodle keretrendszer, a projektor és a korszerű IKT eszközök (interaktív tábla és egyéb – a felsoroltakon kívüli – általánosan használt digitális tantermi eszközök) hasznosságát is értékelték. Ugyan a kérdőívben a hatékony használatot gátoló, probléma feltárásra vonatkozó kérdésekre adott válaszok a felsoroltakon kívül egyéni válaszok is lehettek, fontosnak tartom megemlíteni, hogy az IKT eszközhasználati problémák feltárására irányuló kérdések összeállításánál kizártam azokat a tényezőket, amelyek igazoltan nem gátolhatták a használhatóságot. Ezek a tényezők rendszerint az alábbiak:

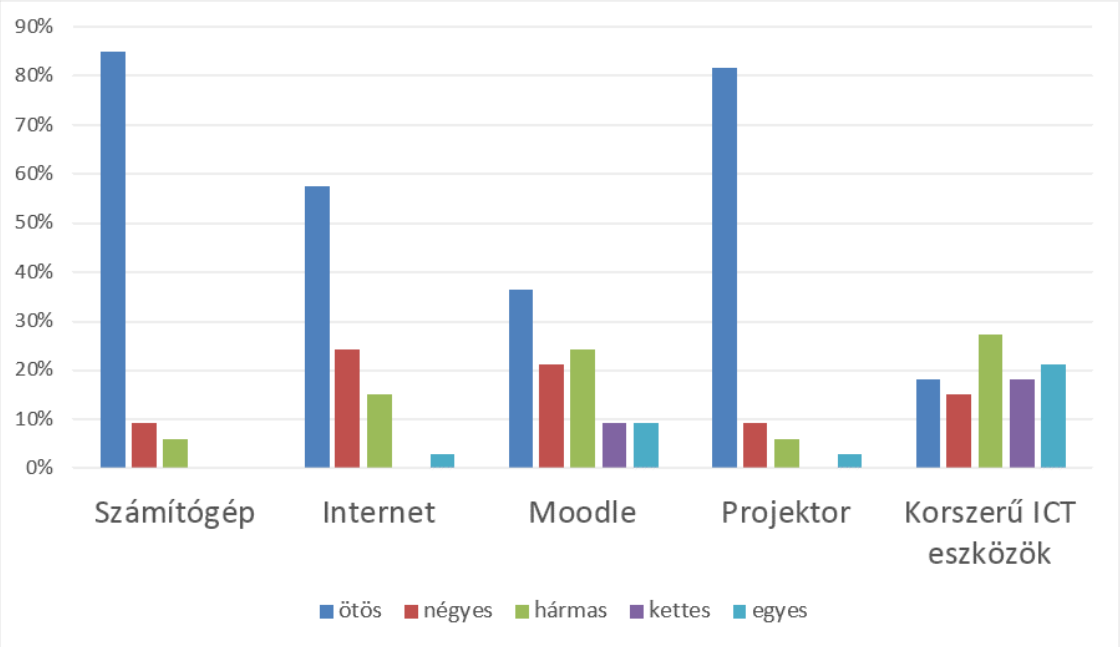
- Az infrastrukturális feltételek adottak: A tantermi felszereltség megfelelő (az oktatáshoz minden tanteremben rendelkezésre áll számítógép és projektor, valamint az oktatáshoz használt szoftverek egységesen telepítve vannak minden számítógépre az előadó és labor tantermekben is).
- Az optimális beállítások megléte: A felhasznált IKT eszközök esetében az oktatásban használt eszközök beállítása, kalibrációja a telepítéskor a rendszerüzemeltetők által megtörtént.

- Egyszerűsített felhasználói felület: A felesleges rendszerprogramok nincsenek kitűzve, így nem vonják el a figyelmet indításnál és keresésnél. Ezáltal átlátható felhasználói felületet biztosítva letisztult, "ikon-mentes" Windows asztallal és a programok szisztematikus csoportosításával a Start menüben.

Esetlegesen felmerülő problémák lehetnek:

- Az adott alkalmazás nem minden funkciója és lehetősége ismert, ezáltal az alkalmazás használata problémákba ütközhet vagy nem elég hatékony;
- az otthon használttól eltérő (de a tantermekben egységes) web böngészők (eltérő/újabb verziók okán más elrendezés és megváltozott GUI);
- használati útmutató hiánya (interaktív tábla, projektor, internet).

A felmérés eredményét a 37. ábra mutatja.



37. ábra IKT eszközök hasznosságának alakulása
(Forrás: saját szerkesztés)

Az Internet és Moodle használatához olyan számítógépre van szükség, amely megfelelően konfigurált hálózati kapcsolattal rendelkezik.

Mivel számítógépet mindenki használ, így az eredmény nem okoz meglepetést: az eszköz 85%-ban kapott ötös értékelést az oktató kollégáktól, ami alátámasztja azt a tényt, hogy a számítógép a 21. században jelentős szerepet játszik a modern kori pedagógiai módszerek alakításában.

Ahogy egy korábbi részeredmény tükrözi, az Internet hasonlóan népszerű, nem csak az otthon történő használatra vonatkozóan, hanem a tanórai alkalmazást illetően is. A kapott válaszok kimenetéből az Internet népszerűsége újfent megerősítést nyert, hiszen a válaszadók 82%-ban adtak négyes vagy ötös értékelést.

A Moodle oktatási keretrendszer megítélése ezzel szemben megosztó, több oktató nem használja ki a rendszer teljes funkcionalitását. A projektor hasznosságáról alkotott vélemény a számítógép esetében kapottakhoz hasonló. 82% ötösre, 9% négyesre, 6% pedig hármasra értékelte.

A korszerű IKT eszközök tekintetében az eredmények alapján (15% ötös, 18% négyes, 27% hármas értékelés) vegyes megítélés olvasható le. A kapott eredmények százalékos megoszlásából kitűnik, hogy az oktatók nagy része semleges álláspontot képvisel. Azonban mindenképp bíztató, hogy összességében 33% adott négyes vagy ötös értékelést, amiből az a következtetés vonható le, hogy a kérdőívet kitöltő oktatók egy harmada már aktívan használhatja az eszközöket és be is építették azokat az óráik szerkezetébe.

Az eddigiek alapján elmondható, hogy a kérdőívet kitöltő oktatók közül mindenki az IKT eszközhasználók táborát erősíti, viszont az eszközök használatának módja változó. A kurzusok alkalmával valamennyien igénybe veszik a számítógép segítségét, de elsősorban csak prezentációs eszközként támaszkodnak rá. 70% arányban a számítógép hallgatói egyéni munkára történő alkalmazására is sor kerül, 67%-ban projektor- és 24%-ban korszerű IKT eszközök használatával. Megfigyelhető, hogy ameddig a számítógéphasználat kivétel nélküli, addig a korszerű IKT eszközök esetében ez már nem mondható el, az érintett eszközök alkalmazása jóval visszafogottabb.

Az eszközhasználatot jelentősen befolyásolja az oktatott tantárgyhoz tartozó tananyag, illetve az sem elhanyagolható tényező, hogy a tananyag milyen formában áll rendelkezésre.

Ugyan a fenti eredményekből kitűnik, de fontosnak tartottam azt is felmérni, hogy az oktatók mely IKT eszközrendszert alkalmazzák a leggyakrabban. A számítógépet valamennyien projektorral használják, addig 15% a korszerű IKT eszközöket is bevonja az oktatási folyamatba. Az oktatók 58%-a gondolja úgy, hogy a korszerű IKT eszközök nem elég hatékonyak ahhoz, hogy változtatásra sarkallja őket az eddigi tanítási módszereik kapcsán. 39% vélekedett úgy, hogy egy-egy eszköz használata a gyakorlatban körülményesebb és bonyolultabb, mint az oktatást segítő hagyományos eszközöké, ezért alkalmazásuk nem lenne olyan hatékony. Saját bevallásuk szerint csupán 3% azon oktatók aránya, akiknek nincs birtokukban a megfelelő tudásanyag a korszerű IKT eszközök használatához.

A kérdőívet kitöltők véleménye szerint (a fentieken kívül) a korszerű IKT eszközök használatát és az oktatási folyamatba történő bevonásukat az eszközökhöz készült digitális tananyagok hiánya nehezíti. Ameddig a digitális tananyag nem elérhető, addig a korszerű IKT eszközök nem fognak a rendszeresen használt berendezések közé tartozni. Az új módszertanoknak megfelelően, a jelenleg használt tananyagok átdolgozására van szükség. Azonban az átdolgozás, az új eszközökhöz illesztés időigényes feladat, amely a procedúrát lassúvá teszi, így az csak fokozatosan, lépésekben valósulhat meg. Az átdolgozási folyamatot tovább nehezíti, hogy az oktatóknak a jelenlegi óraterheltségük mellett kevés szabadidejük marad a tananyag tartalom korszerűsítésére.

A felmérés eredménye alapján az alábbi következtetések fogalmazhatóak meg:

- Valamennyi IKT eszköz rendelkezésre állása nem azonos az aktív eszközhasználattal, az oktatási folyamat során csak egy részük kerül kihasználásra.

- Jellemzően a korszerű IKT eszközök használatával kapcsolatban oszlanak meg a vélemények az oktatók között, a legtöbben nem foglaltak egyértelműen állást ellene vagy mellette.
- Egyes IKT eszközök használata a kezeléstechnikai ismeretek hiánya miatt nehézkes, a problémát az oktatóknak valamilyen módon orvosolniuk kell.
- A problémák kezelésére hatékony megoldás lehet gyakorlati bemutató órák és/vagy módszertani előadások szervezése.
- Összességében a kollégák 36%-a jelölte meg az eszköz kezelésére, illetve az eszköz használatának módszertanára irányuló válaszlehetőségeket, amiből leszűrhető, hogy a kérdőívet kitöltők több, mint 1/3-ának inkább az eszközhasználathoz szükséges ismeretek hiánya jelent gondot.

Az előzőekben bemutatott empirikus vizsgálattal kimutattam, hogy a hagyományos oktatási eszközkészlethez képest a korszerű, interaktív IKT eszközök hasznosságának megítélésében az oktatók álláspontja megoszló. Gyakoriság elemzés alkalmazásával megállapítottam, hogy az oktatók véleménye alapján a korszerű, interaktív IKT eszközök hasznosságának megoszló megítélésében a hatékonyság hiánya és a bonyolult használat a legtöbbet megjelölt tényező.

Az eredmény vélhetően annak tudható be, hogy a korszerű, interaktív eszközök kezelésében és használatában szerzett rutin az esetek többségében hiányzik, az érintett eszközök készség szintű használatát az oktatók kezeléstechnikai nehézségek okán még nem sajátították el.

4.5. Tézisek

Ebben az alfejezetben az értekezéshez kapcsolódó komplex kutatás alapján megfogalmazott téziscsoportjai és altézisei kerülnek ismertetésre. A kutatással összefüggésben három téziscsoport és a téziscsoportokhoz tartozó altézisek kerültek megfogalmazásra.

1. Összeállítottam egy a szemmozgáskövetésen alapuló, a tekintet jellemző paramétereit meghatározó rendszert és egy olyan adatelemzési eljárást, amely alkalmas az előzetes tudás és a szemmozgást leíró paraméterek közötti összefüggések vizsgálatához és feltárásához. A továbbiakban az előzetes tudás szint alapján az LTA az átlag alatti, az A az átlagos és a BTA az átlag feletti tudás szintű csoportot jelöli.

1.1. A tesztkörnyezetben elvégzett vizsgálattal kimutattam, hogy az LTA csoport fixáció számai (295,72 ± 46,63) statisztikailag szignifikánsan nagyobbnak bizonyultak, mint az A csoport esetében (252,3 ± 53,85), $t(22) = 2{,}09$, $p = 0{,}048$. Az LTA és A csoportok átlaga statisztikailag szignifikánsan különbözik egymástól, mivel a szignifikancia értéke (kétoldali) kisebb, mint 0,05. Az alacsonyabb előzetes tudással rendelkezőknek nagyobb a fixáció számuk.

1.2. A tesztkörnyezetben elvégzett vizsgálattal kimutattam, hogy az A csoport fixáció számai ellenben statisztikailag szignifikánsan nem nagyobbak a BTA csoporthoz (217.87 ± 66.68), $t(19) = 1.301$, $p = 0.209$. képest. Az A és BTA csoportok átlaga statisztikailag szignifikánsan nem különbözik egymástól, mivel a szignifikancia értéke (kétoldali) nagyobb, mint 0,05.

1.3 A tesztkörnyezetben elvégzett vizsgálattal kimutattam, hogy az előzetes tudás szint és a fixáció szám adatsora közötti kapcsolat Pearson-féle korrelációs együtthatóval leírható. A két adatsor között mérsékelten markáns, negatív irányú kapcsolat áll fenn, amely statisztikailag szignifikáns ($r = -0.66$, $n = 32$, $p = .000$).

1.4 Az elvégzett vizsgálattal igazoltam, hogy az alkalmazott eljárás alkalmas a szemmozgást leíró paraméterek közötti összefüggések vizsgálatához és feltárásához.

2. Összeállítottam egy szemmozgáskövetésen és gesztusvezérlésen alapuló rendszert és egy olyan adatelemzési eljárást, amely alkalmas a szem- és kézmozgás paraméterek közötti összefüggések vizsgálatára és feltárására, abban az esetben, ha kurzor mozgatása hagyományos egér, vagy gesztusvezérlés segítségével történik.

2.1 A tesztkörnyezetben elvégzett vizsgálattal kimutattam, hogy egy összetett vizuális kiválasztási feladat megoldása során a tekintet és egérkurzor pozíciójának távolsága hagyományos egér és gesztusvezérlés alapú kurzormozgatás esetén páros t-próba alapján szignifikánsan eltérő. A páros t-próba azt mutatta, hogy hagyományos egér alapú vezérlésnél a tekintet és a kurzor átlagos távolsága jelentősen nagyobb (M = 407,875, SD = 23,46411), mint a gesztusvezérlés esetén (M = 367,2813, SD = 14,12898), t (31). = 10,166, p <0,001.

2.2 A hagyományos egérrel és kézi vezérléssel megvalósított kurzorvezérlés esetén a tekintet és a kurzor átlagos távolságának átlaga szignifikánsan eltérő, mivel a (kétoldalú) szignifikanciaszint kevesebb, mint 0,05.

2.3 Az elvégzett vizsgálattal igazoltam, hogy az alkalmazott eljárás alkalmas a szem- és kézmozgás paraméterek közötti összefüggések vizsgálatára és feltárására.

3. Összeállítottam egy szemmozgáskövetésen alapuló tesztkörnyezetet és egy adatelemzési eljárást, amely alkalmas 3D-s virtuális terek hatékonyságának vizsgálatára problémamegoldó keresési feladatok esetében.

3.1 A tesztkörnyezetben az átlagok különbségén alapuló elemzéssel kimutattam, hogy a MaxWhere 3D-s térben a másodpercenkénti fixációk száma 24%-kal, a teljes keresési időre vetített fixációszám pedig 26%-kal kevesebb, mint a Moodle rendszer esetében.

3.2 Valamint a tesztkörnyezetben elvégzett vizsgálattal megállapítottam, hogy a MaxWhere 3D-s térben 7.35%-kal csökkent a keresési idő.

3.3 Az elvégzett vizsgálattal igazoltam, hogy az alkalmazott eljárás alkalmas 3D-s virtuális terek hatékonyságának vizsgálatára problémamegoldó keresési feladatok esetében.

5. Rendszermérnöki munkát támogató 3D-s tér kialakítása

Jelen fejezetben a kutatási eredmények alapján bemutatásra kerül egy 3D virtuális térben kialakított IT hálózati monitoring rendszer, amely nagyvállalati környezetben alkalmas az IT hálózati infrastruktúra működése szempontjából kritikus elemek paramétereinek megfigyelésére, lehetővé téve a hibák gyorsabb detektálását, a hálózati forgalom elemzését, ezáltal a produktivitás növelését.

5.1. A rendszermérnöki munkafolyamatok áttekinthetőségének jelentősége

Komplex IT szerver infrastruktúra és hálózati környezetek üzemeltetőjeként fontosnak tartom a rendszermérnöki munkafolyamatok gördülékenyebbé tételét, legyen szó akár scriptek segítségével történő automatizálásról, akár a folyamatok áttekinthetőbbé tételéről. Az informatika mára olyan komplex területté vált, hogy egy-egy rendszer hatékony üzemeltetéséhez és a fejlesztések ütemszerű, rendszeres kivitelezéséhez szakterület specialistákra van szükség, hiszen az IT infrastruktúra többek között tartalmaz szerver oldali, hálózati, adatbázis és egyéb, sokszor egyedi fejlesztésű szoftverkomponenseket, amelyek mély ismerete nélkül az üzemeltetés-fejlesztés hatékonyan nem megvalósítható. A versenyszférában nem ritka, hogy egy olyan vállalat esetén, ahol nem az IT üzemeltetés és támogatás a vállalati főprofil, hanem különböző ipari termékek előállítása, az IT „csak" a termelés egyik kiszolgáló egységeként van jelen, sokszor jóval kevesebb humán erőforrással üzemeltetik, mint ahogy az az IT rendszerek működtetése szempontjából optimális lenne. Amikor egy IT részleg kevés fővel operál és a napi szintű Level 1 felhasználói támogatástól kezdve az IT infrastruktúra üzemeltetésére is kiemelt figyelmet kell fordítani, elengedhetetlen az IT infrastruktúra üzemeltetése szempontjából kritikus elemek megfelelő monitorozása, fellépő hibák esetén pedig azok gyors detektálása és a probléma forrásának mielőbbi megszűntetése.

A hibaelhárítás folyamata azonban a legtöbb esetben bonyolult művelet, amely csak akkor hatékony, ha a rendelkezésre álló (minél több) információ alapján fel tudunk építeni egy lehetséges ok-okozati láncot, amely segítségével azonosíthatjuk, majd megfelelő szakmai közreműködéssel megszűntetjük a probléma forrását. Ugyan a hibaelhárítás folyamatában a szakmai tudás és a tapasztalat is kulcsszerepet játszik, még a legtapasztaltabb szakemberek is szemben találják magukat a rendelkezésre álló adatok sokaságának áttekinthetetlenségével. Egy jól felépített monitoring rendszer azonban segíthet átláthatóbbá tenni a rendelkezésre álló adatokat, ezáltal támogatva a gyorsabb áttekintést, adott esetben pedig az effektív hibaelhárítást.

5.2. Az IT hálózati hibaelhárítás folyamatának rövid áttekintése

A rendszermérnöki tevékenység elsődleges feladatai közé tartozik a hibák megelőzése. Legyen szó bármilyen rendszermérnöki tevékenységről, a probléma megoldási képesség a legfontosabb kompetenciák közé sorolható. Az alfejezet döntő részben a Cisco Networking Academy Resource Center CCNA Discovery tananyagában leírtakra támaszkodik.

5.2.1 Az OSI referenciamodell szerepe a hibaelhárítás folyamatában

Az OSI modell egy hét rétegű modell, amely a számítógépek hálózati kommunikációjához használt referenciamodell. A hálózati technikusok és fejlesztőmérnökök közös nyelveként is ismert. A hálózati hibaelhárítás folyamatában a hibák lehetséges oka az OSI referenciamodell vagy a TCP/IP hálózati modell segítségével határolható be.

Az 5-7. rétegek speciális alkalmazási funkciókat látnak el, többnyire szoftveres megvalósítás mellett. A hibák elhárításakor a probléma forrása többnyire a kliens vagy szerver oldali végfelhasználói szoftverkonfigurációkban található meg.

Az 1-4 rétegek elsősorban adattovábbítási kérdésekért felelnek, A 3. és 4. (hálózati és szállítási) rétegek az esetek többségében teljesen szoftveresen kerülnek megvalósításra.

Ezekben a rétegekben a problémák forrását az esetek túlnyomó többségében a végrendszerek szoftveres- illetve a routerek és a tűzfalak konfigurációs hibái jelentik. A fizikai és adatkapcsolati réteg komponenseit tekintve hardveres és szoftveres elemekből épül fel, a fizikai réteg felel az adatok átviteli közegre történő továbbításáért. Az első két (fizika és adatkapcsolati) rétegben esetlegesen tapasztalt hibák zöme hardveres vagy szoftveres kompatibilitási problémákra vezethető vissza. A harmadik (hálózati) réteg felel a forgalomirányításért és a hálózati címzésért, az ide visszavezethető hibák IP címzéssel és forgalomirányítással kapcsolatosak (Cisco Networking Academy Resource Center).

5.2.2 Hálózati strukturált hibaelhárítási módszerek

Amikor hálózati modellekkel dolgozunk, a hibaelhárítás során három megközelítést alkalmazhatunk, amelyek alapját a hálózati működés rétegekre bontása képezi. Az alábbiakban a hibaelhárítási módszerek működése és alkalmazási feltételeinek rövid áttekintése olvasható.

Fentről lefelé elv: A módszer használatával az alkalmazási rétegtől indulva addig haladunk lefelé, ameddig nem azonosítjuk a hibaforrást tartalmazó réteget. Alkalmazása akkor javasolt, amennyiben feltételezhető a probléma egyszerűbb jellege, valamint a hibaforrás valószínűsíthetően az alkalmazási, ill. felhasználói rétegekben található. Hátránya, hogy ha a hibaforrás az alsóbb rétegekben található, sok időt veszítünk a felsőbb rétegekben történő hibakereséssel.

Jellemző kérdések:

- Csak egy vagy valamennyi alkalmazás nem működik megfelelően?
- A felhasználó eléri a webtartalmakat az interneten, de például az elektronikus levelezést nem?
- Hasonló problémák a többi állomáson is tapasztalhatók?

Alulról felfelé elv: Használatával a fizikai rétegtől indulunk és haladunk a probléma forrását tartalmazó rétegig. Alkalmazása akkor javasolt, ha feltételezhető a probléma komplex jellege, a módszer elsősorban a kábelezésre és a fizikai összetevőkre fókuszál. Alapjaiban véve biztos módszer, viszont lassú lehet, amennyiben a hiba a felsőbb rétegekben tapasztalható. Jellemző kérdések:

- Nem lazult meg egyik kábel sem?
- Amennyiben találhatók kijelző fények az érintett eszközön, azok világítanak-e vagy sem?

Oszd meg és uralkodj elv: Alkalmazása elsősorban tapasztalt szakemberek számára javasolt, ugyanis a hibafeltárás a probléma jellegének figyelembevételével és a tünetek felismerésével történik, amelyhez a szakmai tapasztalat és megfelelő rálátás szükséges. A hibakeresés bármelyik rétegtől indulhat és az adott rétegtől folytatódhat felfelé vagy lefelé. Megfelelő szakmai ismeretek birtokában a leggyorsabb hibaelhárítási módszer, mivel a hibaforrást tartalmazó réteget célozza. Szakmai tapasztalat nélkül használata azonban lassú és körülményes (Cisco Networking Academy Resource Center).

5.2.3 Hibaelhárítás eszközei

A hálózati hibaelhárítás leghatékonyabb eszközei a topológiai térképek, amelyek hiányában az effektív és gyors hibaelhárítás nem valósulhat meg. Az alábbiakban a hibaelhárítás lehetséges eszközei kerülnek áttekintésre.

Fizikai topológia: A hálózatba kötött eszközök tényleges, fizikai kapcsolódásait mutatja. Tartalmazza:

- Az eszköz fajtáját, típusát és gyártóját
- Helyszíneket
- Az operációs rendszer verzióját
- Kábeltípusokat és azonosítókat, kábelezési végpontokat

Logikai topológia: Az adatáramlást és a konfigurációs, technológiai információkat tartalmazó térkép. Feltüntet:

- Eszköz azonosítót
- IP-címet és alhálózati maszkot
- Interfész azonosítót
- Irányító protokollokat
- Statikus és alapértelmezett útvonalakat
- Adatkapcsolati rétegbeli protokollokat
- Az alkalmazott WAN-technológiákat

A topológiai térképek mellett számos más eszköz is segítheti a hibafeltárást:

- IT hálózati dokumentációs és alapszint-ellenőrző szoftverek (pl. CiscoWorks)
- IT hálózatfelügyeleti rendszereszközök (pl. NMS – Network Management System Tools)
- Protokollelemzők (pl. Wireshark)
- Gyártói tudásbázis (pl. Cisco, HPE, Aruba online adatbázis és fórum)
- Kábelteszter, digitális multiméter és hálózatanalizátor

(Cisco Networking Academy Resource Center)

5.3. 3D-s IT hálózati monitoring rendszer kialakítása MaxWhere térben

Az alábbiakban a kutatási eredményekkel összefüggésben bemutatásra kerül egy MaxWhere térben kialakított 3D-s virtuális környezet, amely alkalmas egy IT hálózaton jelentkező hálózati forgalom monitorozására és a hálózati topológia fontosabb eszközeinek, paramétereinek megfigyelésére. Az adat- és hálózatbiztonsági szempontból érzékeny adatok a térben nem kerülnek feltüntetésre, az egyes vonatkozó információk módosítva jelennek meg.

5.3.1 A 3D-s környezet felépítése

A 3D-s virtuális IT hálózati monitoring rendszer megvalósításához a Space Control (38. ábra) nevű tér került felhasználásra. Felépítése és a tér elrendezése alkalmassá teszi monitorozási célokra történő használatát. A virtuális tér összesen 17 smartboard-ot tartalmaz, amelyekből 12 külön-külön, egymástól fallal elválasztva, 5 pedig egymás mellett szorosan elhelyezve használható.

38. ábra MaxWhere Space Control 3D-s virtuális tér

Kialakítását tekintve kör alakú terem, ahol a 12 információs tábla körkörösen egymás mellett, a maradék 5 tábla pedig a 12 tábla által alkotott körgyűrű közepén helyezkedik el. A virtuális környezet ergonómiai szempontból (látótér, mozgás) jól illeszkedik az emberhez, színösszeállítása megfelelő, megfigyelési munkák elvégzéséhez optimális.

5.3.2 A megjelenített tartalom logikai elrendezése

A térben elhelyezett tartalmak struktúrájának meghatározásakor szem előtt tartottam, hogy a hálózat működése szempontjából kritikus és releváns információk a gyors áttekinthetőség érdekében lehetőleg egymás mellett, illetve egymáshoz közel helyezkedjenek el. A térben az IT hálózati infrastruktúra eszközei által szolgáltatott eszközinformációk, naplófájlok, terheltségi grafikonok kerültek feltüntetésre, amelyek segítségével az informatikai hálózat működése monitorozható, probléma esetén az egyes rendellenességek, hibák és működési anomáliák könnyen láthatók és kiszűrhetők.

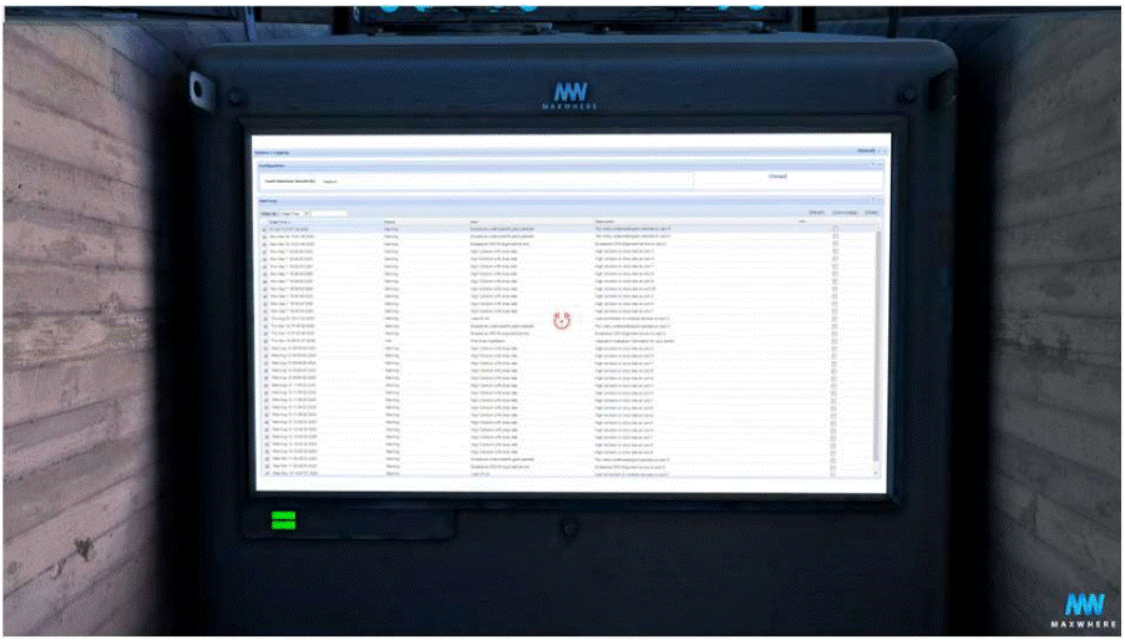
Az IT hálózati infrastruktúra kritikus fizikai elemeit jelen esetben a főbb kapcsolódási pontokat biztosító Layer 2-es switch-ek és egy HA (High Availability) Cluster-ben működő tűzfalpár jelenti. Nagyobb IT hálózatok esetén elengedhetetlen a hálózat szegmensekre bontása. A leggyakoribb megoldás az ún. VLAN-ok (Virtual Local Area Network) létrehozása, amelyekkel az egymással leggyakrabban kommunikáló végponti eszközök logikailag csoportosíthatók a jobb forgalomkezelés érdekében. A VLAN-ok a kapcsolódó hálózati eszközökön történő felkonfigurálásával a vezetékes- vagy vezeték nélküli hálózaton kommunikáló kliensek, nyomtatók vagy IP telefon eszközök külön logikai szegmensbe helyezhetők. Egy jól működő monitoring rendszerrel képesek lehetünk az egyes hálózati szegmensek forgalmának megfigyelésére és működésének ellenőrzésére. A virtuális térben a hálózati eszközök által szolgáltatott információk láthatók.

39. ábra L2 Switch Stack Dashboard MaxWhere 3D virtuális térben
(Forrás: saját szerkesztés)

A 39. ábra a hálózat switch stack-jének dashboard-ját mutatja, ahol az eszközinformációk (Serial Number, Boot ROM, Hardware, Software) mellett látható az eszköz up-time, processzor, memória és flash ROM használat.

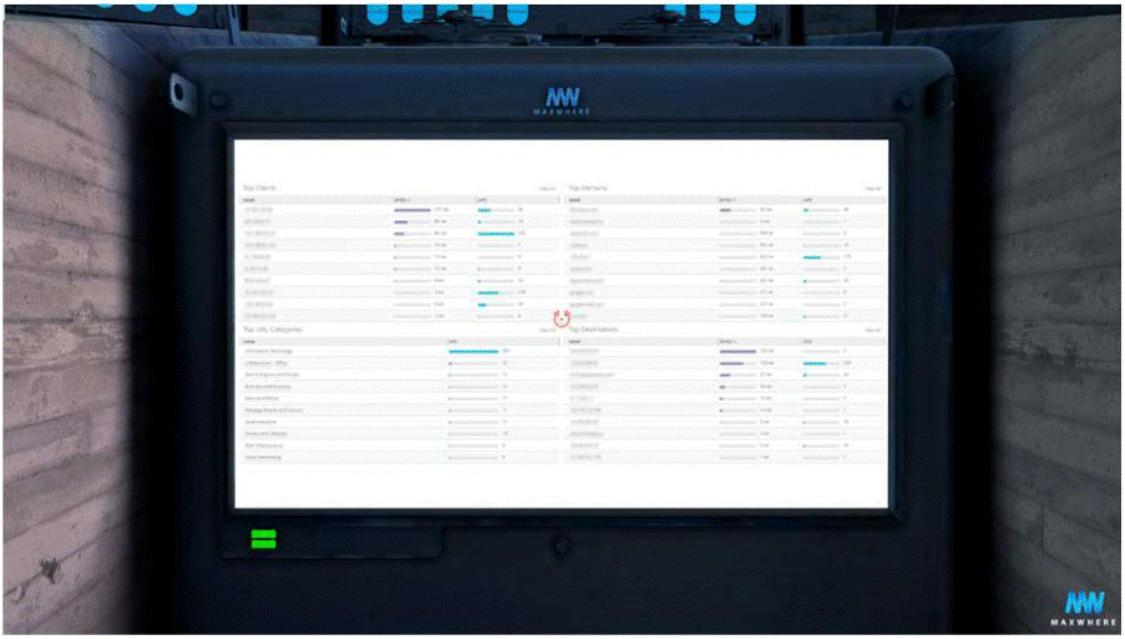
40. ábra L2 Switch System Log MaxWhere 3D virtuális térben
(Forrás: saját szerkesztés)

A 40. ábra ugyanezen switch stack system log-ját mutatja, ahol a stack rendszer eseményei megtekinthetők.



41. ábra L2 Switch Alert Log MaxWhere 3D virtuális térben
(Forrás: saját szerkesztés)

A 41. ábra a hálózat egy másik kritikus eszközének alert log-ját mutatja, ahol az eseményriasztások láthatók.

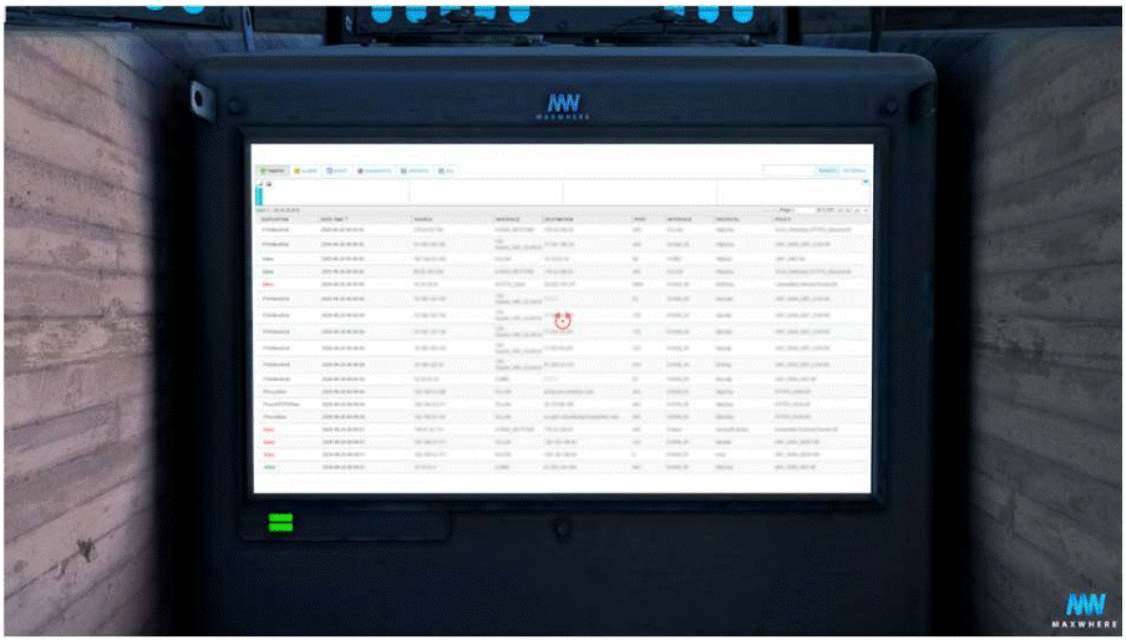


42. ábra Tűzfal Executive Dashboard MaxWhere 3D virtuális térben
(Forrás: saját szerkesztés)

A 42. ábra a tűzfal Executive Dashboard-ja látható, amely legtöbb adatforgalmat generáló kliensekről, legtöbbet látogatott weboldal kategóriákról, top domain-ekről és a legtöbbször elért szerverek kapcsán szolgáltat információkat, grafikonokkal kiegészítve.

43. ábra Tűzfal Security Dashboard MaxWhere 3D virtuális térben
(Forrás: saját szerkesztés)

A 43. ábra a legtöbbször blokkolt kliensek, weboldal kategóriákról, célszerverekről és protokollokról kapunk információkat.



44. ábra Tűzfal Traffic Log MaxWhere 3D virtuális térben
(Forrás: saját szerkesztés)

A 44. ábra a tűzfalon keresztül haladó hálózati forgalmat követhetjük nyomon. Egy sor egy szabály végrehajtását mutatja, ahol látható a végrehajtás ideje, a forrás IP címe és VLAN interfésze, valamint a célállomás IP címe, portja, VLAN interfésze és a kommunikációhoz használt protokoll.

45. ábra Hálózati szegmensek pillanatnyi terhelés grafikonja MaxWhere 3D virtuális térben (Forrás: saját szerkesztés)

A 45. ábra a hálózat két jelentős szegmensének pillanatnyi hálózati terheltségét mutatja.

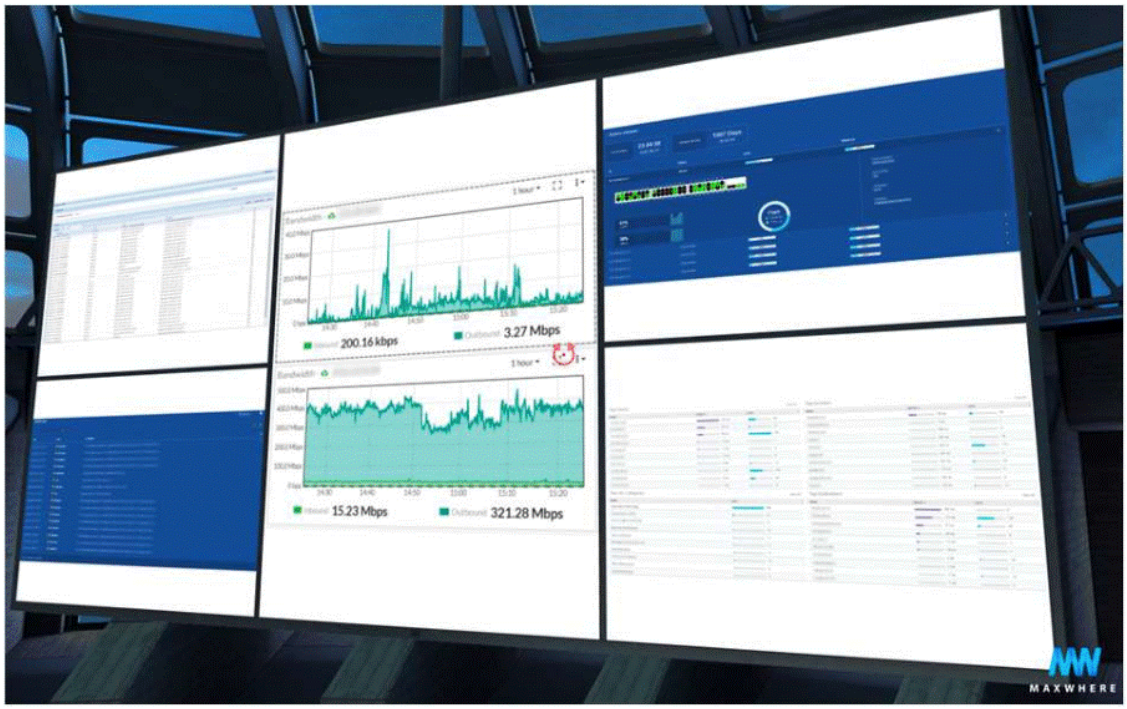
5.3.3 A hibadiagnosztika során megfigyelhető kritikus paraméterek

A hibadiagnosztika mindig összetett feladat, bonyolultságát az adott probléma mélysége és természete határozza meg. A diagnosztika során nagyon fontos, hogy építeni tudjunk a hálózati infrastruktúra dokumentáltságára, tisztában legyünk az összekötésekkel, kapcsolódási pontokkal és természetesen az eszközkonfigurációkkal.

Amennyiben ismerjük a hálózati topológiát, a kritikus eszközöket, beleértve a fontosabb kapcsolódási pontokat, a hibák feltárása kellő alapossággal, minden részlet figyelembevételével történhet. A sikeres hibafeltárás alapfeltétele:

- A szükséges eszközinformációk (vendor, hardver, szoftver verziók) megléte
- Az IT hálózat működése szempontjából kritikus eszközök és hálózati szegmensek naplóinak folyamatos nyomon követése
- Hálózati eszköz konfigurációk és erőforrás terhelések folyamatos ellenőrzése

A MaxWhere 3D virtuális környezetben kialakított IT hálózati monitoring rendszerben a fentebb felsorolt kritériumok teljesülnek, a virtuális térbe implementált hálózati információk alapján a hibafeltárás folyamata hatékonyabb, a hibák azonosítása és javítása gyorsabban megvalósulhat.



46. ábra IT hálózati információk egy lehetséges elrendezése MaxWhere 3D virtuális térben (Forrás: saját szerkesztés)

Azonban a MaxWhere 3D térben kialakított IT hálózati monitoring rendszer produktív használatához elengedhetetlen a nagy (42”+) kijelző, a megjelenített információk jó olvashatósága miatt.

6. Összefoglalás

Az alábbiakban ismertetésre kerülnek a disszertáció új tudományos eredményei, kifejtésre kerülnek a kutatás nehézségei és korlátai. A fejezet áttekintést ad a kutatómunka új tudományos eredményeiről és kitér a vizsgálatokat nehezítő tényezőkre is. Ezen felül a disszertációban elvégzett kutatási eredmények lehetséges felhasználási- és alkalmazási területei kerülnek bemutatásra.

6.1. Új tudományos eredmények összegzése

Az értekezésben bemutatásra került egy tesztrendszer és vizsgálatspecifikus adatelemzési eljárások, amely alkalmas a szem- és kézmozgás paramétereinek valós idejű rögzítésére és a kapott adatok utólagos kiértékelésére 2D-s és 3D-s környezetben egyaránt. A disszertációban több részkutatás is elvégzésre került a szemmozgás paraméterek és az előzetes tudás kapcsolatának vizsgálatára, a szem-kéz koordináció alakulásárára, valamint a 3D-s terek hatékonyságvizsgálatára vizsgálatspecifikus IT hálózatok és problémamegoldó keresési feladatok esetén, az egyes vizsgálati paraméterek közötti összefüggések feltárása és kimutatása céljából.

a.) A szemmozgás és az előzetes tudás összefüggéseit feltáró vizsgálat eredményével kimutattam, hogy az eltérő előzetes tudással rendelkező tanulói csoportok között - egy IT hálózati problémával összefüggő feladat megoldása során – különbségek tapasztalhatók a szemmozgást leíró paraméterek alakulásában.

b.) A szem-kéz koordináció elemzésére irányuló vizsgálat eredményével kimutattam, hogy a hagyományos egér és a gesztus alapú kurzusvezérlés között is feltárhatók voltak különbségek az egérmutató mozgásának paramétereiben, a szemmozgással összefüggésben két IT hálózati típusfeladat megoldása során.

c.) A 3D-s terek hatékonyság vizsgálatát célzó kutatás eredményével kimutattam, hogy a keresési idő a 3D-s virtuális térben rövidebb, a keresés hatékonyabb, valamint a kutatás céljából releváns fixáció számok arányosan kisebbek, mint a 2D-s környezet esetében.

A disszertációban bemutatott komplex kutatás során végzett vizsgálatok eredményei alapján megfogalmazható főbb eredmények összefoglalva az alábbiak. Kimutattam, hogy:

- Az LTA csoport fixáció számai (295,72 ± 46,63) statisztikailag szignifikánsan nagyobbnak bizonyultak, mint az A csoport esetében (252,3 ± 53,85), t (22) = 2,09, p = 0,048. Az A csoport fixáció számai ellenben statisztikailag szignifikánsan nem nagyobbak a BTA csoporthoz (217.87 ± 66.68), t(19) = 1.301, p = 0.209. képest.

- Az A csoport fixáció számai ellenben statisztikailag szignifikánsan nem nagyobbak a BTA csoporthoz (217.87 ± 66.68), t(19) = 1.301, p = 0.209. képest. Az A és BTA csoportok átlaga statisztikailag szignifikánsan nem különbözik egymástól, mivel a szignifikancia értéke (kétoldali) nagyobb, mint 0,05.

- Az előzetes tudás szint és a fixáció szám adatsora közötti kapcsolat meghatározásához használt Pearson-féle korrelációs analízis alapján a két adatsor között mérsékelten markáns, negatív irányú kapcsolat áll fenn, amely statisztikailag szignifikáns (r = -0.66, n = 32, p = .000).

- Hagyományos egérrel történő kurzorvezérlés esetén szignifikánsan nagyobb átlagos egér út távolsága (407,9 ± 23,46), mint a Leap Motion kézi vezérlés használata esetén (367,3 ± 14,12), t (22) = 10,166, p <0,005.

- A hagyományos egér alapú vezérlésnél a tekintet és a kurzor átlagos távolsága jelentősen nagyobb (M = 407,875, SD = 23,46411), mint a gesztusvezérlés esetén (M = 367,2813, SD = 14,12898), t (31). = 10,166, p <0,001. A hagyományos egérrel és kézi vezérléssel megvalósított kurzorvezérlés esetén a tekintet és a kurzor átlagos távolságának átlaga szignifikánsan eltérő, mivel a (kétoldalú) szignifikanciaszint kevesebb, mint 0,05.

- A MaxWhere 3D-s térben a másodpercenkénti fixációk száma 24%-kal, a teljes keresési időre vetített fixációszám pedig 26%-kal kevesebb, mint a Moodle rendszer esetében.

- A tesztkörnyezetben elvégzett vizsgálat eredménye alapján megállapítottam, hogy a MaxWhere 3D-s térben 7.35%-kal csökkent a keresési idő.

Valamint a tesztkörnyezetben elvégzett vizsgálatokkal igazoltam, hogy:

- A szemmozgás és az előzetes tudás összefüggéseit feltáró vizsgálat kapcsán alkalmazott eljárás alkalmas a szemmozgást leíró paraméterek közötti összefüggések vizsgálatához és feltárásához.
- A szem-kéz koordináció elemzésére irányuló vizsgálat kapcsán alkalmazott eljárás alkalmas a szem- és kézmozgás paraméterek közötti összefüggések vizsgálatára és feltárására.
- A 3D-s terek hatékonyság vizsgálatát célzó kutatás kapcsán alkalmazott eljárás alkalmas 3D-s virtuális terek hatékonyságának vizsgálatára problémamegoldó keresési feladatok esetében.

6.2. A kutatás nehézségei és korlátai

A vizsgálatok lebonyolítását nehezíti, hogy az informatika ezen területéhez nem minden informatikus ért hasonló szinten, ezért a jövőben érdemes más jellegű feladatokkal is elvégeztetni a teszteket.

A kalibrációs eljárást minden tesztalany szemmozgásának vizsgálata előtt el kellett végezni és törekedni a kalibráció lefolytatásához optimális környezetet biztosítására, ennek ellenére a kalibráció minősége nem minden esetben azonos. A kalibráció minőségét számos tényező befolyásolhatja, mint például a fényviszonyok, az alany szemmozgás koordinációja, testtartása vagy ülőpozíciója. A szem- és kézmozgás követésen alapuló kutatások profitabilitása tovább növelhető más korcsoportok és több alany bevonásával. Jelen kutatás vizsgálati körét a 20 és 30 év közötti korosztály alkotta. A jövőben a korcsoport spektrum kiszélesítésével és nagyobb mintaszámmal még több, a későbbiek folyamán kiértékelhető, reprezentatívabb adatokhoz juthatunk.

További vizsgálatok végezhetők arra vonatkozóan, hogy a gyakorlati jellegű feladatok (programozási, szimulációs, villamos mérési) megoldása esetén a több és a kevesebb előismerettel rendelkezőknél a szem- vagy kézmozgás paraméterek milyen arányban térnek el. Illetve, hogy a különböző típusú gyakorlati feladatok elvégzése során (elsősorban azonos időegység alatt elvégezhető gyakorlati jellegű feladatok) az megfigyelt paraméterek milyen mértékben eltérők. Mivel a MaxWhere 3D-s tér viszonylag új a hallgatók számára, használata mindenképpen gyakorlást és testre szabást igényel, ezért felvetődhetnek kezeléstechnikai nehézségek, amin a program szélesebb körben való elterjedése sokat javíthat. A korszerű IKT eszközök alkalmazásával összefüggő felmérést a jövőben célszerű kiterjeszteni és az ok-okozati összefüggéseket is értékelni.

6.3. Kutatási eredmények felhasználási és alkalmazási lehetőségei

A szemmozgással összefüggésben kapott eredmények a jövőben lehetőséget adhatnak arra, hogy megállapítható legyen, hogy egy feladat megoldásának sikertelensége vagy sikeressége milyen összefüggésben lehet a feladatot megoldó témával összefüggő előzetes tudással.

Az eredmények hasznos információval szolgálhatnak a tanulás folyamatának ellenőrzésében, vizsgálatában, így ezen eszközök és módszerek a jövő oktatási infrastruktúrájának szerves részét képezhetik.

A kézi gesztusvezérléssel összefüggésben kapott eredmények arra utalnak, hogy a kézmozgás érzékeléssel történő interakció összességével pontatlanabb, nagyobb odafigyelést igénylő, mint hagyományos egér esetén. Ezért a kézmozgás érzékelés további finomítása szükséges.

A felhasználói vélemények alapján azonban a gesztusvezérlés alkalmazása lehetőségeket rejt a virtuális valóság és ennek oktatási célú alkalmazásában, például a virtuális laboratóriumok megvalósításában. A felhasználói vélemények alapján a kézmozgás érzékelés pontosságán még javítani érdemes, de a technológia jelenlegi szintjén is alkalmas a jövő oktatási infrastruktúrájának, a virtuális laboratóriumok funkciói által megkövetelt interakciók megvalósítására. A kapott eredmények további információkat szolgáltathatnak egyes koordinációs problémák azonosításához, például egyes kézmozgások elemzésekor.

Megfelelő monitorozás mellett az egyedi koordinációs nehézségek azonosíthatók és javíthatók.

Amennyiben a tanulási környezet fejlődését az emberi viselkedés változásaival elemezzük, akkor látható, hogy új generáció fejlődik, amelynek tagjai az online oktatás hívei. (Molnar G. B., 2013.) (Heldal, 2018.) (Pinter, 2018.)

A fentebb leírt modern, nap mint nap változó világ hatására a felsőoktatás megpróbált alkalmazkodni a hallgatók szokásaihoz, tanulási stílusához és átállt az elektronikus oktatási rendszerekre. (Molnár, 2016.) (Bognár, 2018.) A cikkben bemutatott eredmények felhasználhatók a CogInfoCom kutatásokban, amelyek a mérnöki alapelveken alapuló új emberi IKT kompetenciákhoz szükséges megközelítések és módszertanok fejlesztésére összpontosítanak. (Baranyi, Csapo, & Sallai, 2015.) (Baranyi & Csapó, 2012.) A kapott eredmények elősegíthetik az oktatásban és a hallgatók körében is egyre népszerűbb 3D virtuális terek fejlesztését. (Horváth, 2018.)

Az eredmények elősegíthetik a VR terek, 3D alkalmazások fejlesztését, amely lehetővé teszi a hatékonyabb tanulást, az információk gyorsabb megosztását és megértését a hagyományos 2D interfészek ellenében. (Guzsvinecz, Kovacs, Reich, Szucs, & Sik-Lanyi, 2018.) (Bíró, 2017.) (Horváth & Sudár, 2018.) (Horváth, 2019.) A 3D virtuális térben azonban bizonyos funkciók kezelése, elérése és végrehajtása nehézkes lehet és magasabb szintű felhasználói rutint igényelhet. A kapott eredmények segíthetnek az optimális bemeneti eszköz (gesztus alapú-, hagyományos vezérlés) eszköz kiválasztásában, vagy lehetővé teszik a kettő kombinációjának használatát azok előnyeivel a hatékonyság fokozása céljából.

A disszertációban elvégzésre került vizsgálatok az ember-számítógép interakciót támogató rendszerek alkalmazásával összefüggő kutatásokban felhasználhatók, a kapott eredmények alapján az ember-számítógép interakció hatékonyabbá és reszponzívabbá tehető, amely megfelelő hardver-szoftver környezettel támogatva növeli a produktivitást, akár egy tanítási-tanulási környezetről beszélünk az oktatási szférában, akár egy ipari környezetről a versenyszférában.

Az eredményekkel összefüggésben a rendszermérnöki tevékenység hatékonyabbá tételét, valamint komplex rendszerelméleti és gyakorlati ismeretek átadását támogató környezetek megvalósíthatók 3D virtuális térben:

- A kialakított nagyvállalati IT hálózati monitoring rendszer alkalmas a hálózati infrastruktúra működése szempontjából kritikus elemek paramétereinek megfigyelésére, támogatja a hibák gyorsabb detektálását és azonosítását, hálózati forgalom elemzését, ezáltal a produktivitás növelését.

- A kialakított rendszer alkalmas számítógép hálózatokkal kapcsolatos laborgyakorlatok segítésére, a hallgatói munka hatékonyabbá tételére.

A jövőben egy lehetséges cél lehet egy olyan eszközrendszer megvalósítása, amely magában foglal több – a kognitív folyamatok megfigyelésére alkalmas – mérőeszközt, például agyhullám, Eye-tracking és gesztus alapú vezérlő interfészt. Ezáltal létrehozható egy összetett ember-számítógép interfész, amely alkalmazható az oktatási szférában oly módon, hogy a tanulók kognitív folyamatainak megfigyelése által következtethetünk a tanulók ismeretbefogadási, tanulási hajlandóságára. Az oktatók ezen jellemzőket fel tudják használni a tananyag tartalmi és formai elemeinek kiválasztásánál a tananyag összeállításánál, valamint az ismeretátadás módszereinek alkalmazása során. Az oktatók a tanítás folyamata közben, valós időben történő visszacsatolás alapján információkat kaphatnak a tanulók figyelmének nagyságáról, irányultságáról és akár arról is, hogy az éppen oktatott anyag mennyire követhető számukra.

További lehetőséget ad arra vonatkozólag, hogy az eredmények a szemmozgás megfigyelése által közvetett módon, a számonkérés formájának és módjának meghatározásánál is új lehetőségeket tárnak elénk. Az eszközrendszer felhasználható a produktivitás fokozásához és az ipari munkafolyamatok hatékonyabbá tételéhez a versenyszférában oly módon, hogy az akár 2D-s, akár 3D-s környezetben megjelenített információkat úgy helyezzük el az erre a célra kialakított felületeken, hogy a kritikus adatok könnyen és gyorsan feldolgozhatók, leolvashatók legyenek.

Ezáltal egy-egy kritikus adat gyorsabban megtalálható, hibák esetén a probléma forrása gyorsabban azonosítható, ezáltal egy-egy probléma elhárításának ideje jelentősen rövidülhet, ami alapvetően meghatározhatja a hibaelhárító folyamat sikerességét.

A jövőben egyre nagyobb számban elterjedhetnek olyan eszközök és komplex vezérlőrendszerek, amelyekkel szemmozgáskövetés- és/vagy gesztus alapú vezérlést valósítanak meg. Az ilyen technológiákat felsorakoztató vezérlő rendszerek a hétköznapi feladatok ellátása mellett meghatározó szerepet tölthetnek be a például a fogyatékosok életminőségének javításában is.

7. Irodalomjegyzék

[1] Al-Wabil, A., El-Gibreen, H., George, R. P., & Al, B. (2010). Exploring the validity of learning styles as personalization parameters in eLearning environments: An eyetracking study. 2nd International Conference on Computer Technology and Development (pp. 174-178). Cairo: IEEE.

[2] Anderson, C. W. (2007). Perspectives on science learning. Handbook of research on science education (pp. 3–30). NY:Routledge.

[3] Baranyainé Kóczy, J., & Komlósi, I. L. (2018.). A tanulás mint interaktív cselekvés: Paradigmaváltás a VR-technológia segítségével. JEL-KÉP: KOMMUNIKÁCIÓ KÖZVÉLEMÉNY MÉDIA, 4., 108-117.

[4] Baranyi, P., & Csapó, Á. (2012.). Definition and synergies of cognitive infocommunications. Acta Polytechnica Hungarica, Vol 9., no 1., pp. 67-83.

[5] Baranyi, P., Csapo, A., & Sallai, G. (2015.). Cognitive Infocommunications (CogInfoCom). Springer.

[6] Bárdos, G., Détári, L., Hajnik, T., Kiss, J., Schlett, K., Tárnok, K., . . . Világi, I. (2012). Élettani gyakorlatok. Budapest: ELTE.

[7] Barnett, L. M. (2016.). Fundamental movement skills: An important focus. Journal of Teaching in Physical Education, 35.(3.), 219-225.

[8] Bente, G. (2004). Erfassung und Analyse des Blickverhaltens, Lehrbuch der Medienpsychologie. Hogrefe, (pp. 297-324). Goettingen.

[9] Berki, B. (2018.). 2D Advertising in 3D Virtual Spaces. Joint Special Issue on TP Model Transformation and Cognitive Infocommunications. Acta Polytechnica Hungarica, 15/3., 175-190.

[10] Bíró, K. (2017.). The effects of virtual and augmented learning environments on the learning process in secondary school. 8th IEEE

International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), Debrecen, Hungary, 371-376. DOI: 10.1109/coginfocom.2017.8268273.

[11] Bőczén-Rumbach, P. (2018.). Industry-Oriented Enhancement of Information Management Systems at AUDI Hungaria using MaxWhere's 3D Digital Environments. 2018 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom). Budapest, 417-422.

[12] Bodnárová, A., Olševičová, K., & Soběslav, V. (2011). Collaborative resource sharing for computer networks education using learning objects. (pp. 25-28). IEEE.

[13] Bognár, L. F. (2018.). Improved learning environment for calculus courses. Journal of Applied Technical and Educational Sciences, Vol. 8, No. 4, pp. 35-43.

[14] Bowman, M. C., Johannson, R. S., & Flanagan, J. R. (2009.). Eye–hand coordination in a sequential target contact task. Experimental Brain Research, 195.(2.), 273–283.

[15] Cadenas, J. O., Sherratt, R. S., Howlett, D., Guy, C. G., & Lundqvist, K. O. (2015). Virtualization for Cost-Effective Teaching of Assembly Language Programming. IEEE Transactions on Education, 58(4), 282-288.

[16] Calvi, C., Porta, M., & Sacchi, D. (2008). e5learning, an e-learning environment based on eye tracking. International Conference on Advanced Learning Technologies (pp. 1-5). Spain: IEEE.

[17] Carl Christian, L., Curtis, P., Jacob, C., Daniel, W., Kenneth, B., Sergei, J., . . . Jeffrey, S. (2006). Spacecraft Hazard Avoidance Utilizing Structured Light. Aerospace Conference (pp. 1-3). IEEE.

[18] Carrasco, M. C. (2010.). Prediction of user's grasping intentions based on eye-hand coordination. The 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, DOI: 10.1109/IROS.2010.5650024.

[19] Chiang, I.-T., Tsai, J.-C., & Chen, S.-T. (2012.). Using Xbox 360 Kinect Games on Enhancing Visual Performance Skills on Institutionalized Older Adults with Wheelchairs. 2012 Fourth IEEE International Conference On Digital Game And Intelligent Toy Enhanced Learning, DOI: 10.1109/digitel.2012.69.

[20] Chronos Vison. (2016). Scleral Search Coils 2D/3D. (pp. 1-4). Berlin: CHRONOS VISION GmbH.

[21] Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2013). Dynamically Personalized E-Training in Computer Programming and the Language C. IEEE Transactions on Education, 56(4), 385-392.

[22] Cisco Networking Academy Resource Center. (dátum nélk.). CCNA Discovery. Cisco Press Academy.

[23] Dalmaijer, E. S. (2014). Is the low-cost EyeTribe eye tracker any good for research? PeerJ PrePrints 2:e585v1, (old.: 1-35).

[24] Dean, H. L. (2011.). Reaction time correlations during eye-hand coordination: behavior and modeling. The Journal Of Neuroscience: The Official Journal Of The Society For Neuroscience, Vol. 31., No. 7., pp. 2399-2412, DOI: 10.1523/jneurosci.4591-10.2011.

[25] Desmurget, M. D. (1998.). From Eye to Hand: Planning Goal-directed Movements. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 22.(6.), 761-788.

[26] Dobrilovic, D., Jevtic, V., Stojanov, Z., & Odadzic, B. (2012). Usability of virtual network laboratory in engineering education and computer network course. (pp. 1-6). Villach: IEEE.

[27] Drewes, H., Atterer, R., & Schmidt, A. (2007). Detailed monitoring of user's gaze and interac-tion to improve future e-learning. Universal Access in Human-Computer Interaction, Ambient Interaction, 4555, 802-811.

[28] Duchowski, A. (2007). Eye tracking methodology: Theory and practice. Springer-Verlag New York Inc (old.: 334). London: Springer-Verlag London.

[29] Ehmke, C., & Wilson, S. (2007). Identifying web usability problems from eye-tracking data. In Proceedings of the 21 st British HCI Group Annual Conference on People and Computers: HC1...but not as we know it - Volume 1, BCS-HCI '07 (pp. 119-128). Swinton, UK: British Computer Society.

[30] Estefánné Varga, M., Dávid, M., Hatvani, A., Héjja-Nagy, K., & Taskó, T. (2020). Pszichológia elméleti alapok. Eger: Esterházy Károly Egyetem.

[31] Fischer, B. R. (1986.). Eye-hand-coordination in man: A reaction time study. Biological Cybernetics, Vol. 55, No. 4., p. 253., DOI: 10.1007/bf00355600.

[32] Fitts, P. M. (1954.). The information capacity of the human motor system. Journal of Experimental, 47., 381–391.

[33] Florian, S.-W., Alfred, K., & Ulrich, G. (2010). A closer look at split Visual attention in system-and self-paced instruction in multimedia learning. Learning and Instruction, 2(20), 100-110.

[34] Ganong, F. W. (1990). Az orvosi élettan alapjai. Medicina Könyvkiadó, Budapest.

[35] gazept.com. (2019.). GP3 Eye Tracking Device - Affordable, Research-Grade Equipment. Forrás: https://www.gazept.com/product/gazepoint-gp3-eye-tracker/

[36] Geise, S. (2011). Eyetracking in Communication and Media Science: Theory, Method and Critical Evaluation. SCM - Studies in Communication and Media, (pp. 149-263).

[37] Geszten, D., Hámorik, P. B., Komlodi, A., Hercegfi, K., Szabó, B., & Young, A. (2015.). Qualitative analysis of user experience in a 3D virtual environment. Proceedings of the Association for Information Science and Technology, (old.: 1-4. Volume 52, Issue 1).

[38] Gőgh, E., Kovács, A., & Sziládi, G. (2017). Application of E-diary to analyze the effectiveness of learning. IEEE Computer Society (old.: 419-423). USA: IEEE.

[39] Goldberg, J. H., & Kotval, P. X. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. International Journal of Industrial Ergonomics, 24(6), 631-645.

[40] Goldberg, J., & Helfman, J. (2010). Visual scanpath representation. In Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications (pp. 203-210). Oracle USA: ACM.

[41] Gowen, E., & Miall, R. C. (2006.). Eye–hand interactions in tracing and drawing tasks. Human movement science, 25.(4-5.), 568-585.

[42] Guo, Y., Zhang, S., Ritter, A., & Man, H. (2013). A Case Study on a Capsule Robot in the Gastrointestinal Tract to Teach Robot Programming and Navigation. IEEE Transactions on Education, 57(2), 112-121.

[43] Guy Buswell, T. (1935). How People Look at Pictures. Chicago, Illions: The University of Chicago Press.

[44] Guzsvinecz, T., Kovacs, C., Reich, D., Szucs, V., & Sik-Lanyi, C. (2018.). Developing a virtual reality application for the improvement of depth perception. 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, pp. 17-22. DOI: 10.1109/coginfocom.2018.8639935.

[45] Gyetvai, G., Szatmári, Z., & Kecskemétiné Petri, A. (2008.). Testkultúra-elméleti és kutatás-módszertani alapismeretek. Szeged: Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó.

[46] Hadi, A., Ping, J. S., Hantao, X., Emmanuel, H. E., Bart, K. J., Guy, A. E., & Dominique, M. M.-P. (2013). Implementation of a Project-Based Telecommunications Engineering Design Course. IEEE Transactions on Education, 57(1), 25-33.

[47] Hamar, P. (2008). Testnevelés-elmélet Sportismeretek I. Csanádi Árpád Általános Iskola és Pedagógiai Intézet.

[48] Hand-Eye Coordination. (dátum nélk.). (CogniFit.com) Letöltés dátuma: 2019., forrás: https://www.cognifit.com/science/cognitive-skills/eye-hand-coordination

[49] Hari, S., & Jaswinder, S. (2012). Human Eye Tracking and Related Issues: A Review. International Journal of Scientific and Research Publications, 2(9), 1-9.

[50] Harris, C. M. (1998.). Signal-dependent noise determines motor planning. Nature, 394., 780-784.

[51] Heldal, I. H. (2018.). The Digital HealthLab: Supporting Interdisciplinary Projects in Engineering and in Health Education. Journal of Applied Technical and Educational Sciences, Vol. 8, No. 4, pp. 4-21.

[52] Henderson, M. J., & Hollingworth, A. (1998). Eye Movements during Scene Viewing: An Overview. Eye guidance in reading and scene perception, 11, 269-293.

[53] Hercegfi, K. (2018.). Connected Disciplines of Cognitive Infocommunications, Human-Computer Interaction, and User Experience. 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom). Budapest.

[54] Herman F., B. (2008). The Psychology of Seeing. United States: Kessinger Publishing, LLC.

[55] Hewett, B. C., & Strong, V. (1992). ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction. New York, NY, USA: ACM.

[56] Holmqvist, K., Nystrom, M., & Andersson, R. (2015). Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures. Oxford University Press, (p. 560). United Kingdom.

[57] Horváth, I. (2017.). A digitális oktatás legújabb eszközei és módszerei. HTE Medianet Konferencia.

[58] Horváth, I. (2018.). Evolution of teaching roles and tasks in VR / AR-based education. 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, Budapest.

[59] Hyrskykari, A., Majaranta, P., Aaltonen, A., & Räihä, K.-J. (2000). Design issues Of iDICT: a gaze-assisted translation aid. Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications (pp. 9-14). New York, NY, USA: ACM.

[60] Jacob, R. K., & Karn, K. (2003). Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability. In H. J., R. R., & D. H., The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research (pp. 573-605). Amsterdam: Elsevier Science.

[61] Johansson, R. S., Westling, G., Bäckström, A., & Flanagan, J. R. (2001.). Eye–hand co-ordination in object manipulation. Journal of Neuroscience, 21.(17.), 6917–6932.

[62] Johns, M. C. (2009.). The effect of blinks and saccadic eye movements on visual reaction times. Attention, Perception and Psychophysics, Vol. 71, No. 4., pp. 783-788., DOI: 10.3758/app.71.4.783.

[63] Jorge, A., Nadya, A., & Camilo, H. (2009). Developing programming skills by using interactive learning objects. In Proceedings of the 14th annual ACM SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education (pp. 151-155). New York, USA: ACM.

[64] Just, A. M., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: from eye fixations to comprehension. Psychological Review, 87(4), 329-354.

[65] Katona, J. (2014). Examination and comparison of the EEG based Attention Test with CPT and T.O.V.A. Proceedings of 15th IEEE International

Symposium on Computational Intelligence and Informatics (pp. 117-120). Budapest, Hungary: IEEE.

[66] Katona, J. (2015). The examination of the application possibilities of brain wave-based control. DUF Press, (pp. 167-176). Dunaujvaros.

[67] Kauffman, J. M., Hallahan, D. P., & Pullen, P. C. (2017.). Handbook of special education. New York: Routledge.

[68] Köles, M., & Hercegfi, K. (2015). Eye tracking precision in a virtual CAVE environment. CogInfoCom 2015. (old.: 319-322). Győr: 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom).

[69] Kori, K., Pedaste, M., Altin, H., Tõnisson, E., & Palts, T. (2016). Factors That Influence Students' Motivation to Start and to Continue Studying Information Technology in Estonia. IEEE Transactions on Education, 59(4), 255-262.

[70] Lampert B., P. A. (2018.). MaxWhere VR-Learning Improves Effectiveness over Clasiccal Tools of e-learning. Joint Special Issue on TP Model Transformation and Cognitive Infocommunications. Acta Polytechnica Hungarica, 15/3., 125-147.

[71] Leap Motion, I. (2015). Leap Motion Controller. Retrieved from https://www.leapmotion.com/

[72] Lecomplete, M. D., & Preissle, J. (1993). Ethnography and qualitative design in educational research. San Diego, Florida: Academic Press.

[73] Leggett, D. (2015). A Brief History of Eye-Tracking. Retrieved from http://www.uxbooth.com/articles/a-brief-history-of-eye-tracking/

[74] Leo, A. e. (2016.). A synergy-based hand control is encoded in human motor cortical areas. Elife, DOI: 10.7554/elife.13420.021.

[75] Lu, H.-k., & Lin, P.-c. (2012). Effects of interactivity on students' intention to use simulation-based learning tool in computer networking

education. IEEE, (pp. 573-576). 14th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT).

[76] Ma, X.-M. (2010). Probe of bilingual education in computer network course for undergraduates. 2nd International Conference on Education Technology and Computer (ICETC) (pp. 22-24). IEEE.

[77] Mackworth, N. H., & Morandi, A. J. (1967). The gaze selects information details within pictures, Perception and Psychophysics. Psychophysics, 2(11), 547-551.

[78] Magucsa, J. (dátum nélk.). Fénytan, színdinamika előadásvázlat. Miskolci Egyetem.

[79] Maja, P., Trummer, C., & Pripfl, J. (2006). Eye-tracking adaptable e-learning and content authoring support. Informatica, 83-86.

[80] Martin, S. R.-B. (2016.). The Rhythms of Head, Eyes and Hands at Intersections. 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) Gothenburg, Sweden, June 19-22, 2016., 10.1109/ivs.2016.7535575.

[81] Mayer, R. E. (2017.). Using multimedia for e-learning. Journal of Computer Assisted Learning, 1-21.

[82] Mcglashan, H. L. (2017.). Improvement in children's fine motor skills following a computerized typing intervention. Human movement science, 56., 29-36.

[83] Metrovision. (2016). Electro-oculography by Metrovision. Retrieved from Electro-oculography by Metrovision: http://www.metrovision.fr/mv-eo-notice-us.html

[84] Microsoft. (2016). Microsoft: Kinect for Xbox One. Retrieved from http://www.xbox.com/hu-HU/xbox-one/accessories/kinect-for-xbox-one

[85] Mintzes, J. J. (1999). Assessing science understanding. San Diego: Academic Press.

[86] Mok, H. N. (2011). Student Usage Patterns and Perceptions for Differentiated Lab Exercises in an Undergraduate Programming Course. IEEE Transactions on Education, 55(2), 213-217.

[87] Molnar, F. (1981). About the role of visual exploration in aesthetics, Advances in Intrinsic Motivation and Aethetics. H. I. Day. (old.: 385-413). New York: Plenum Press.

[88] Molnár, G. (2014). Az újmédia digitális, időszerű, tartalmi kérdései. Oktatás-Informatika, Vol 6.(No 2.), pp. 29-39.

[89] Molnár, G. (2016). The Impact of Modern ICT-based Teaching and Learning Methods in Social Media and Networked Environment. Proceedings of the 11th International Scientific Conference on Distance Learning in Applied Informatics, (pp. pp. 341-350). Štúrovo, Szlovákia, pp. 341-350.

[90] Molnár, G. (2016.). The Impact of Modern ICT-based Teaching and Learning Methods in Social Media and Networked Environment. 11th International Scientific Conference on Distance Learning in Applied Informatics, Nitra, Slovakia, Wolters Kluwer, 341-350.

[91] Molnar, G. B. (2013.). ICT Related Tasks and Challenges In The New Model of Technical Teacher Training. InfoWare 2013, ICCGI 2013, The Eighth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, Nice, France, 40-44.

[92] Molnár, G., & Szűts, Z. (2014). Advanced mobile communication and media devices and applications in the base of higher education. Proceedings of the IEEE 12th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, (old.: pp. 169-174.). Subotica, Szerbia, pp. 169-174.

[93] Moniri, M. M., Merkel, D., Feld, M., & Müller, C. (2016). Incorporating the Driver's Focus of Attention into Automotive Applications in Real Traffic and in Simulator Setups. In 12th International Conference on Intelligent Environments (pp. 198-201). London, United Kingdom.

[94] Moore, P. (2016). Eye Tracking: Where it's Been and Where it's Going. Retrieved from https://www.usertesting.com/blog/2015/06/04/eye-tracking/

[95] Müller, A., & Rácz, I. (2011). Aerobik és fitnesz irányzatok. Pécsi Tudományegyetem, Szegedi Tudományegyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Eszterházy Károly Főiskola: Dialóg Campus Kiadó-Nordex Kft.

[96] Murray, W. J., Andrew, T., Robert, C., Kate, C., & Natalie, M. (2007). Monitoring eye and eyelid movements by infrared reflectance oculography to measure drowsiness in drivers. Somnologie, 11, 234–242.

[97] Nintendo. (2016). Nintendo WiiRemote. Retrieved from https://store.nintendo.com/ng3/

[98] Nunes, F. B., Stieler, S., Voss, G. B., & Medina, R. D. (2013). Virtual Worlds and Education: A Case of Study in the Teaching of Computer Networks Using the Sloodle. In 2013 XV Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR) (pp. 248-251). IEEE.

[99] Ozkan, F., & Ulutas, B. (2016). Use of an eye-tracker to assess workers in ceramic tile surface defect detection. (pp. 88-91). Saint Julian's, Malta: IEEE.

[100] Papadopoulos, P. M., Lagkas, T. D., & Demetriadis, S. N. (2012). How to Implement a Technology Supported Free-Selection Peer Review Protocol: Design Implications from Two Studies on Computer Network Education. In 2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) (pp. 364-366). IEEE.

[101] Perkins, D. N., Hancock, C., Hobbs, R., Martin, F., & Simmons, R. (1986). Conditions of Learning in Novice Programmers. Journal of Educational Computing Research, 2(1), 37-55.

[102] Pessoa, L. Understanding brain networks and brain organization. Phys Life Rev. 2014 Sep; 11(3): 400–435.

[103] Pinter, R. C. (2018.). Measuring Team Member Performance in Project Based Learning. Journal of Applied Technical and Educational Sciences, Vol. 8, No. 4, pp. 22-34.

[104] Polgár, T., & Szatmári, Z. (2011.). A motoros képességek. Pécs: Pécsi Tudományegyetem.

[105] Porta, M. (2008). Implementing eye-based user-aware e-learning. CHI'08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 3087-3092). ACM.

[106] Porta, M., Ricotti, S., & Perez, C. (2012). Emotional e-learning through eye tracking. Global Engineering Educalion Conference (EDUCON) (pp. 1-6). IEEE.

[107] Putnam, R. T. (1986). A Summary of Misconceptions of High School Basic Programmers. Journal of Educational Computing Research, 2(4), 459-472.

[108] Qun, Z. A., & Jun, W. (2008). Application of NS2 in Education of Computer Networks. ICACTE '08. International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (pp. 368-372). IEEE.

[109] Rayner, K. (1998). Eye movement in reading and information processing: 20 years of research. Psychological Bulletins, 124(3), 372–422.

[110] Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. Psychological Bulletin, 124(3), 372-422.

[111] Reactable Systems SL. (2016). The Reactable. Retrieved from http://reactable.com

[112] Renata, V. L., Lee, C.-H., & Chen, C.-H. (2018.). Investigation on the Correlation between Eye Movement and Reaction Time under Mental Fatigue Influence. International Conference on Cyberworlds, Singapore, 2018., DOI: 10.1109/cw.2018.00046.

[113] Rodrigues, P., & Rosa, P. (2017.). Eye-tracking as a research methodology in educational context. Eye tracking technology applications in educational research, 1-26.

[114] Rötting, M. (2001). Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen flir arbeitswissenschafiliche Untersuchungen. Germany, Germany.

[115] Schmeil, A. (2012.). Designing Collaboration Experiences for 3D Virtual Worlds. Switzerland: Lugano: Faculty of Communication Sciences Università della Svizzera Italiana.

[116] Silva-Maceda, G., & Arjona-Villicaña, P. D. (2016). More Time or Better Tools? A Large-Scale Retrospective Comparison of Pedagogical Approaches to Teach Programming. IEEE Transactions on Education, Issue 99, 1-8.

[117] Skoric, M. M. (2013). Amateur radio communications, software and computer networks in education. In 2013 IEEE International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC) (pp. 1-8). IEEE.

[118] Sopa, I. S., & Pomohaci, M. (2016.). Study regarding the development of agility skills of students aged between 10 and 12 years old. Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal, 9.(16.), 7-16.

[119] Sudár, A., & Horváth, I. (2018.). Factors Contributing to the Enhanced Performance of the MaxWhere 3D VR Platform in the Distribution of Digital Information. Joint Special Issue on TP Model Transformation and Cognitive Infocommunications. Acta Polytechnica Hungarica, 15/3., 149-173.

[120] Sziládi, G., & Kővári, A. (2016). Gesztusvezérlésen alapuló ember-számítógép interfészek. Dunakavics, 4, 63-73.

[121] Thomas, G. Z., Jaron, L., Chuck, B., Steve, B., & Young, H. (1987). A hand gesture interface device. VPL Research Inc. USA.

[122] Tobii, A. (2016). Tobii Website. Retrieved from http://www.tobii.com/

[123] Tsianos, N., Germanakos, P., Lekkas, Z., Mourlas, C., & Samaras, G. (2009). Eye-Tracking Users' Behavior in Relation to Cognitive Style within an E-learning Environment. Proceedings Of Ihe Ninth IEEE International Advanced Learning Technologies (pp. 329-333). IEEE.

[124] Twardon, L. F. (2013.). Exploiting eye-hand coordination: a novel approach to remote manipulation. International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), DOI: 10.1109/IROS.2013.6697147.

[125] Ujbányi, T., Sziládi, G., Katona, J., Kővári, A. (2017.). Ict Based Interactive and Smart Technologies in Education - Teaching Difficulties In: IRAJ, Research Forum Proceedings of the 229th International Conference on Education and E-learning (ICEEL) Barcelona, Spain : Institute of Research and Journals, pp. 39-44., 6 p.

[126] Ujbányi, T., Sziládi, G., Katona, J., Kővári, A. (2017.), ICT Based Interactive and Smart Technologies in Education - Teaching Difficulties International Journal Of Management and Applied Science 3. : 10. pp. 72-77., 6 p.

[127] Ujbányi, T., Sziládi, G. (2015.). Korszerű oktatásinformatikai eszközök használatának egyes problémái: Specific problems of modern educational ICT tools Edu Szakképzés és Környezetpedagógia Elektronikus Szakfolyóirat 5.: 4. pp. 29-54., 26 p.

[128] Ujbányi, T., Katona, J., Kővári, A. (2014.). IKT-eszközök bevezetésének és használatának problémái az oktatásban, PÉK 2014 : XII. Pedagógiai Értékelési Konferencia, Magyarország: SZTE BTK Neveléstudományi Doktori Iskola, pp. 79-79., 1 p.

[129] Ujbányi, T., Katona, J., Kővári, A., Király, Z., Kadocsa, L. (2014.). IKT-eszközök bevezetésének és használatának problémái az oktatásban, Tudományos terek Dunaújváros, Magyarország: DUF Press, pp. 21-34., 14 p.

[130] Vidoni, E. D., McCarley, J. S., Edwards, J. D., & Boyd, L. A. (2009.). Manual and oculomotor performance develop contemporaneously but

independently during continuous tracking. Experimental Brain Research, 195.(4.), 611–620.

[131] Wang, H., Chignell, M., & lshizuka, M. (2006). Empathic tutoring software agents using real time eye tracking. Proceedings of the 2006 symposium on Eye tracking research & applicatlons (pp. 73-78). ACM.

[132] Wei, H., Moldovan, A., & Muntean, C. (2009). Sensing learner interest through eye tracking. 9th IT & T Conference (pp. 1-8). Dublin Institute of Technology.

[133] Wolpert, D. M. (1997.). Computational approaches to motor control. Trends in cognitive sciences, 1.(6.), 209-16.

[134] Yan, C. (2011). Bulid a laboratory cloud for computer network education. 2011 6th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE) (pp. 1013-1018). IEEE.

[135] Yarbus, A. L. (1967). Eye Movements and Vision. New York: Academy of Sciences of the USSR.

8. Ábrajegyzék

1. ábra Az emberi szem felépítése 20
2. ábra Elekrookulográfia 22
3. ábra Kis tekercseket tartalmazó kontaktlencse 22
4. ábra Szemüvegkerethez rögzített infravörös fényvisszaverődés alapú okulográfia 23
5. ábra Tobii EyeX számítógép monitorára rögzíthető ás Tobii Pro szemüveg kialakítású szemmozgáskövető rendszer 23
6. ábra Fixációk és szakkádok 24
7. ábra Alfred Lukyanovich Yarbus által kifejlesztett szemmozgáskövető rendszer 27
8. ábra A szem-kéz koordináció egyszerűsített vázlata 34
9. ábra Az észlelés folyamata 37
10. ábra Az emberi agy felépítése 43
11. ábra A DOS és a Windows felhasználói felülete 44
12. ábra Virtuális osztályterem 47
13. ábra: Szemmozgáskövetést és gesztusvezérlést megvalósító tesztkörnyezet 49
14. ábra The Eye Tribe tracker 51
15. ábra Gazepoint GP3) 51
16. ábra: Leap Motion használat közben 52
17. ábra: Az OGAMA Recording modulja 54
18. ábra IT hálózatokkal összefüggő tesztfeladat (A) 58
19. ábra A fixáció szám Boxplot analízise az LTA csoport esetén 61
20. ábra A fixáció szám statisztikai elemzése és Boxplot analízise az A csoport esetén 62
21. ábra A fixáció szám statisztikai elemzése és Boxplot analízise a BTA csoport esetén 63
22. ábra Shapiro-Wilk normalitás teszt eredménye és Q-Q Plot diagram az LTA csoport esetén 64

23. ábra Shapiro-Wilk és Q-Q Plot normalitás teszt eredménye az A csoport esetén 65
24. ábra Shapiro-Wilk normalitás teszt eredménye és Q-Q Plot diagram a BTA csoport esetén 66
25. ábra Statisztikai elemzés és Boxplot diagram az előzetes tudás adatsorára vonatkozóan 70
26. ábra Statisztikai elemzés és Boxplot diagram a fixáció számok adatsorára vonatkozóan 71
27. ábra Q-Q Plot diagram az előzetes tudás adatsoráról 72
28. ábra Q-Q Plot diagram a fixáció számok adatsoráról 73
29. ábra IT hálózatokkal összefüggő tesztfeladat (B) 76
30. ábra IT hálózatokkal összefüggő tesztfeladat (C) 77
31. ábra Boxplot diagram a tekintet és a kurzor átlagos távolsága közötti különbségekről 78
32. ábra Q-Q diagram a tekintet és az egérkurzor átlagos távolságáról 79
33. ábra DUE Matematika tér a MaxWhere virtuális térben 81
34. ábra Egy tesztalany figyelemtérképe a MaxWhere 3D-s rendszer esetében 83
35. ábra Egy tesztalany figyelemtérképe a Moodle 2D-s rendszer esetében .. 84
36. ábra IKT eszközhasználat kutatásának folyamata 86
37. ábra IKT eszközök hasznosságának alakulása 92
38. ábra MaxWhere Space Control 3D-s virtuális tér 104
39. ábra L2 Switch Stack Dashboard MaxWhere 3D virtuális térben 106
40. ábra L2 Switch System Log MaxWhere 3D virtuális térben 107
41. ábra L2 Switch Alert Log MaxWhere 3D virtuális térben 107
42. ábra Tűzfal Executive Dashboard MaxWhere 3D virtuális térben 108
43. ábra Tűzfal Security Dashboard MaxWhere 3D virtuális térben 109
44. ábra Tűzfal Traffic Log MaxWhere 3D virtuális térben 109
45. ábra Hálózati szegmensek pillanatnyi terhelés grafikonja MaxWhere 3D virtuális térben 110
46. ábra IT hálózati információk egy lehetséges elrendezése MaxWhere 3D virtuális térben 111

9. Táblázatjegyzék

1. táblázat A fixáció szám statisztikai elemzése az LTA csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)..... 60
2. táblázat A fixációszám statisztikai elemzése az A csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)..... 61
3. táblázat A fixáció szám statisztikai elemtése a BTA csoport esetén (Forrás: saját szerkesztés)..... 62
4. táblázat A Levene-teszt eredménye az LTA-A és A-BTA csoportok esetében (Forrás: saját szerkesztés)..... 67
5. táblázat T-teszt eredményei az LTA-A és A-BTA csoportokra vonatkozóan (Forrás: saját szerkesztés)..... 68
6. táblázat Statisztikai elemzés az előzetes tudás adatsorára vonatkozóan (Forrás: saját szerkesztés)..... 70
7. táblázat Statisztikai elemzés a fixáció számok adatsorán (Forrás: saját szerkesztés)..... 71
8. táblázat A Shapiro-Wilk teszt eredménye a fixáció számok és az előzetes tudás adatsorán (Forrás: saját szerkesztés)..... 72
9. táblázat Pearson korreláció analízis az előzetes tudás és a fixáció számok adatsora között (Forrás: saját szerkesztés)..... 74
10. táblázat Vizsgált szemmozgás paraméterek és a feladat végrehajtási ideje Maxwhere és Moodle rendszerek esetében (Forrás: saját szerkesztés)..... 82
11. táblázat Az oktatott tantárgycsoportok százalékos eloszlása (Forrás: saját szerkesztés)..... 90

10. Mellékletek

1.sz. melléklet: Korszerű IKT eszközök alkalmazásával összefüggő kérdőív

Online megtekinthető az alábbi linken keresztül:

https://tinyurl.com/UjbanyiTdisszIKTkerd

IKT eszközök alkalmazása a Dunaújvárosi Főiskolán

A felmérés az IKT (Információs és Kommunikációs Technológiai) eszközök használatára irányul. Célja kideríteni az IKT eszközök alkalmazásával kapcsolatos nehézségeket. A kérdőív kitöltése maximum 10-15 percet vesz igénybe.

*Kötelező

1. 1. Ön milyen korcsoportba tartozik? *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- 25-30 éves
- 31-40 éves
- 41-50 éves
- 51-60 éves
- idősebb

2. 2. Az Ön neme? *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- férfi
- nő

3. 3. Mennyi ideje tanít a Dunaújvárosi Főiskolán? *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- 1 - 2 éve
- 3 - 5 éve
- 6 - 10 éve
- több, mint 10 éve

4. 4. Legmagasabb iskolai végzettsége: *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- főiskolai diploma
- egyetemi diploma
- doktori fokozat, phd

5. 5. Milyen tudományterületen végzett? *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- bölcsész
- társadalomtudományi
- informatikai
- műszaki
- természettudományi

6. 6. Van-e valamilyen számítógépes előképzettsége? *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- van
- nincs

7. 7. Ha van, akkor milyen típusú?
(Több választ is megjelölhet.)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- [ ] ECDL vizsga
- [ ] OKJ-s bizonyítvány (pl.: programozó, szoftverüzemeltető stb.)
- [ ] CISCO (pl.: CCNA, ITE)
- [ ] Microsoft tanúsítvány (pl.: MCP stb.)
- [ ] Informatikai főiskolai/egyetemi végzettség

Egyéb: [ ] _____

8. 8. Milyen rendszerességgel használja az Internetet?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- naponta egy alkalommal
- naponta több alkalommal
- hetente egy alkalommal
- hetente több alkalommal
- ritkábban
- nem használom

9. 9. Mire használja leggyakrabban?
(Több választ is megjelölhet.)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- [ ] hírportálok látogatása
- [ ] közösségi oldalak látogatása
- [ ] tudományos oldalak látogatása
- [ ] ügyintézés (pl.: banki átutalások)
- [ ] kapcsolattartás az ismerősökkel

Egyéb: [ ] _____

10. 10. Ha valamilyen módosítást vagy beavatkozást (pl.: szoftver- vagy eszköztelepítés) kell végezni a számítógépen, akkor: *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ( ) szakember segítségét kérem
- ( ) magam végzem el a műveleteket

11. 11. Van-e olyan szoftver (számítógépes program), amelynek használatában Ön jártassággal rendelkezik? *
Kérem, gépelje be válaszát! Amennyiben van olyan szoftver, amely használatában Ön jártassággal rendelkezik, a szoftver nevét is írja oda!

_____

12. 12. Az Ön megítélése szerint a Dunaújvárosi Főiskola biztosít-e a tantermekben megfelelő számú és minőségű számítástechnikai eszközt az oktatáshoz? *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ( ) igen
- ( ) nem

13. 13. Az Ön megítélése szerint a Dunaújvárosi Főiskola biztosít-e az oktató számára számítástechnikai eszközöket? *

(Több választ is megjelölhet.)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- [ ] irodában (pl.: asztali számítógépet)
- [ ] otthonra, saját használatra (pl.: hordozható számítógépet)

14. 14. Milyen jellegű tárgyat tanít? *

(Több választ is megjelölhet.)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- [ ] természettudományi alapozó
- [ ] társadalomtudományi alapozó
- [ ] szakmai alapozó
- [ ] szakmai törzs
- [ ] szakirányhoz tartozó

15. 15. Használja-e az oktatás során az Internetet? *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ( ) igen
- ( ) nem

16. 16. Ha igen, az órák hány százalékában használja?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ( ) 0 - 25
- ( ) 25 - 50
- ( ) több, mint az órák felén
- ( ) egész órán

17. 17. Melyek azok a Moodle keretrendszer által biztosított funkciók, amelyeket használ az oktatási folyamat során? *

(Több választ is megjelölhet.)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- [ ] tananyag feltöltése
- [ ] tevékenységek és/vagy jelenlét naplózása
- [ ] csevegés (chat szoba)
- [ ] fórum
- [ ] feladatok kiírása, értékelése
- [ ] felmérések, tesztek készítése és értékelése
- [ ] kérdőív készítése (pl.: kurzus vagy oktatói elégedettségi felmérés)

18. 18. Használ-e digitális tananyagot? *

(pl.: PowerPoint bemutató vagy más elektronikus tananyag)

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ( ) igen
- ( ) nem

19. 19. Amennyiben igen, akkor ez a tananyag:

(Több választ is megjelölhet.)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- [ ] saját szerkesztésű
- [ ] kollégák által szerkesztett
- [ ] mások által szerkesztett (pl.: Internetről letöltött)
- [ ] vásárolt

20. 20. Megosztja-e kollégáival (használhatják-e) az Ön által készített digitális tananyagot? *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- igen
- nem

21. 21. Az oktatás során használ-e IKT eszközöket? *
(Több választ is megjelölhet.)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- [ ] igen, számítógépet prezentációs eszközként
- [ ] igen, számítógépet hallgatói egyéni munkára
- [ ] igen, projektort
- [ ] igen, írásvetítőt
- [ ] igen, interaktív táblát
- [ ] nem

22. 22. Amennyiben használ IKT eszközöket, melyik az az IKT eszközrendszer, amelyet a leggyakrabban alkalmaz?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- számítógép használata projektorral
- számítógép és írásvetítő használata
- számítógép használata projektorral és interaktív táblával
- Egyéb: _____

23. 23. Használja-e az IKT eszközöknek (pl.: interaktív táblának) a hagyományos eszközökhöz (pl.: filces tábla) képest biztosított többletfunkcióit, illetve szolgáltatásait? *

(pl.: az interaktivitás, a vázlatok mentése stb.)

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- igen
- nem

24. 24. Mennyire tartja hasznosnak a rendelkezésre álló IKT eszközöket az oktatás során? *

(1: legkevésbé, 5: leginkább)

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

	1	2	3	4	5
számítógép					
Internet					
Moodle keretrendszer					
projektor					
írásvetítő					
korszerű IKT eszközök					

25. 25. Amely eszközt kevésbé tartok hasznosnak, annak oka:

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- nem elég hatékony
- bonyolultabb és körülményesebb használni, mint a hagyományos eszközöket (pl.: filces tábla)
- nem rendelkezem a használatukhoz szükséges ismeretekkel

26. 26. Mi az, ami leginkább gátolja Önt az IKT eszközök használatában?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- az eszköz kezelése
- az eszköz használatának módszertana
- az információhozdozók hiánya
- Egyéb: _____

27. 27. Véleménye szerint milyen módon lehetne elősegíteni az IKT eszközök használatát? *

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- [ ] IKT eszköz használati tanfolyam (gyakorlati bemutatók)
- [ ] módszertani előadás
- [ ] egyszerűsített használati útmutató készítése
- [ ] online tananyag

Egyéb: [ ] _____

28. 28. Részt venne-e IKT eszközökkel kapcsolatos továbbképzésen? *

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- igen
- nem

Ezt a tartalmat nem a Google hozta létre, és nem is hagyta azt jóvá.

Google Űrlapok

11. A tézisekhez kapcsolódó publikációk

T1. Ujbányi, Tibor Szem-kéz koordináció vizsgálata az egér mozgatásával összefüggésben egy informatikai feladat megoldása közben In: Borsos, É; Horák, R; Kovács, C; Námesztovszky, Zs (szerk.) Mobilitás : A Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar tudományos konferenciáinak tanulmánygyűjteménye Szabadka, Szerbia : Újvidéki Egyetem Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar, Szabadka, (2020)

T2. Ujbányi, Tibor ; Nagy, Bálint ; Stankov, Gordana Oktatási környezet bemutatása MaxWhere 3D-s virtuális térben In: Borsos, É; Horák, R; Kovács, C; Námesztovszky, Zs (szerk.) Mobilitás : A Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar tudományos konferenciáinak tanulmánygyűjteménye Szabadka, Szerbia : Újvidéki Egyetem Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar, Szabadka, (2020)

T3. Ujbányi, Tibor ; Kővári, Attila ; Sziládi, Gergely ; Katona, József Examination of the eye-hand coordination related to computer mouse movement INFOCOMMUNICATIONS JOURNAL 12 : 1 pp. 26-31. , 6 p. (2020) DOI REAL Scopus Egyéb URL Közlemény:31326783 Nyilvános Forrás Idéző Folyóiratcikk (Szakcikk)

Folyóirat szakterülete: Scopus - Computer Science (miscellaneous) Helyzete: Q4

DOI: 10.36244/ICJ.2020.1.4

T4. Nagy, Bálint ; Stankov, Gordana ; Ujbányi, Tibor Virtuális tér alkalmazhatóságának vizsgálata egy keresési feladatban In: Kővári, Attila; Katona, József (szerk.) MAFIOK 2019 Matematikát, fizikát és informatikát oktatók 43. országos konferenciája : programfüzet és absztraktkötet Dunaújváros, Magyarország : DUE Press, (2019) pp. 41-41. , 1 p. Kiadónál ResearchGate publ. Közlemény:30775116 Egyeztetett Forrás Könyvrészlet (Absztrakt / Kivonat)

T5. Tibor, Ujbanyi ; Gergely, Sziladi ; Jozsef, Katona ; Attila, Kovari Pilot Application of Eye-Tracking to Analyze a Computer Exam Test In: Klempous, Ryszard; Nikodem, Jan; Zoltán Baranyi, Péter (szerk.) Cognitive Infocommunications, Theory and Applications Cham, Svájc : Springer International Publishing, (2019) pp. 329-347. , 19 p. DOI Kiadónál SpringerLink Google scholar Közlemény:3406588 Egyeztetett Forrás Idéző Könyvrészlet (Könyvfejezet)

DOI: 10.1007/978-3-319-95996-2_15

T6. Ujbányi, Tibor ; Nagy, Bálint ; Stankov, Gordana 3D-s virtuális tér alkalmazhatóságának vizsgálata keresési feladat esetén In: Borsos, É; Horák, R; Kovács, C; Námesztovszky, Zs (szerk.) Mobilitás : A Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar tudományos konferenciáinak tanulmánygyűjteménye Szabadka, Szerbia : Újvidéki Egyetem Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar, Szabadka, (2019) pp. 661-667. , 7 p. Kiadónál Közlemény:30868755 Egyeztetett Forrás Könyvrészlet (Szaktanulmány)

T7. Ujbányi, Tibor ; Stankov, Gordana ; Nagy, Bálint A transparent working environment in MaxWhere virtual space In: Baranyi, Péter (szerk.) Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications : CogInfoCom 2019 Piscataway (NJ), Amerikai Egyesült Államok : IEEE, (2019) pp. 475-478. , 3 p. DOI Scopus Közlemény:30863205 Egyeztetett Forrás Idéző Könyvrészlet (Konferenciaközlemény)

DOI: 10.1109/CogInfoCom47531.2019.9089967

T8. Ujbányi, Tibor ; Stankov, Gordana ; Nagy, Bálint Eye tracking based usability evaluation of the MaxWhere virtual space in a search task In: Baranyi, Péter (szerk.) Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications : CogInfoCom 2019 Piscataway (NJ), Amerikai Egyesült Államok : IEEE, (2019) pp. 469-474. , 6 p. DOI Scopus Közlemény:30863197 Egyeztetett Forrás Idéző Könyvrészlet (Konferenciaközlemény)

DOI: 10.1109/CogInfoCom47531.2019.9089922

T9. Ujbányi, Tibor ; Katona, József ; Kővári, Attila Analysis of fixations while solving a test question related to computer networks TEACHING MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE 16 : 1 pp. 111-129. , 19 p. (2018) DOI Teljes dokumentum Matarka Közlemény:3408103 Egyeztetett Forrás Idéző Folyóiratcikk (Szakcikk)

DOI: 10.5485/TMCS.2018.0449

T10. Ujbányi, Tibor Az előzetes tudás és a szemmozgás paraméterek kapcsolata egy feladatmegoldás kapcsán In: Borsos, Éva; Horák, Rita; Námesztovszki, Zsolt (szerk.) A Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar tudományos konferenciáinak tanulmánygyűjteménye (2018) Szabadka, Szerbia : Újvidéki Egyetem Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar,

Szabadka, (2018) pp. 435-440. , 6 p. Teljes dokumentum Közlemény:30366654 Admin láttamozott Forrás Idéző Könyvrészlet (Szaktanulmány)

T11. Ujbányi, Tibor Examination of eye-hand coordination using computer mouse and hand tracking cursor control In: IEEE, (szerk.) 2018. 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications Piscataway (NJ), Amerikai Egyesült Államok : IEEE Computational Intelligence Society, (2018) pp. 353-354. , 2 p. DOI IEEE Xplore WoS Scopus Közlemény:30346914 Egyeztetett Forrás Idéző Könyvrészlet (Konferenciaközlemény)

DOI: 10.1109/CogInfoCom.2018.8639882

T12. Ujbányi, Tibor Szem- és kézmozgás paramétereinek elemzése hagyományos és kézmozgás alapú kurzorvezérlés esetén In: Borsos, Éva; Horák, Rita; Námesztovszki, Zsolt (szerk.) A Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar tudományos konferenciáinak tanulmánygyűjteménye (2018) Szabadka, Szerbia : Újvidéki Egyetem Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar, Szabadka, (2018) pp. 441-446. , 6 p. ISBN: 9788687095816 Teljes dokumentum Közlemény:30375664 Érvényesített Forrás Idéző Könyvrészlet (Szaktanulmány)

T13. Ujbányi, Tibor Egy informatikai feladat megoldás elemzése eye tracking alkalmazásával In: Éva, Borsos; Zsolt, Námesztovszki; Ferenc, Németh (szerk.) A Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar 2017-es tudományos konferenciáinak tanulmánygyűjteménye [Zbornik Radova Nachnih Konferencija Uchitel'skov Fakulteta na Magarskom Nastavnom Jeziku 2017]: Tanulmánygyűjtemény [Zbornik radova] [Book of selected papers] : XI. nemzetközi tudományos konferencia, VI. módszertani konferencia, IV. IKT az oktatásban konferencia Szabadka, Szerbia : Újvidéki Egyetem Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar, (2017) pp. 1090-1098. , 9 p.

Teljes dokumentum Közlemény:3283646 Admin láttamozott Forrás Idéző Könyvrészlet (Szaktanulmány)

T14. Ujbanyi, Tibor ; Sziladi, Gergely ; Katona, Jozsef Eye-tracking alkalmazása egy gesztusvezérléssel végrehajtott informatikai vizsgafeladat megoldásának elemzésére p. 69 (2017) XXXIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia: Tanulás- és Tanításmódszertani - Tudástechnológiai Szekció - I. helyezés,, Témavezető: Dr. Kővári Attila főiskolai docens, (Győr, 2017. március 23-25.), Megjelenés: Magyarország, Közlemény:3210821 Admin láttamozott Forrás Egyéb (Diplomamunka, szakdolgozat, TDK dolgozat)

T15. Ujbányi, Tibor ; Sziládi, Gergely ; Kővári, Attila Szemmozgáskövetés alkalmazása egy feladatmegoldás elemzésére In: Bíró, Károly-Ágoston; Sebestyén-Pál, György (szerk.) ENELKO 2017 : XVIII. Energetika-Elektrotechnika Konferencia : SzámOkt 2017 : XVII. Nemzetközi Számítástechnika és Oktatás Konferencia Kolozsvár, Románia : Erdélyi Magyar Tudományos Társaság, (2017) pp. 236-240. , 5 p. Közlemény:3279539 Egyeztetett Forrás Könyvrészlet (Konferenciaközlemény)

T16. Ujbányi, Tibor ; Sziládi, Gergely A szemmozgás paramétereinek vizsgálata egy informatikai feladat megoldása során: Examination of eye-tracking parameters while solving IT tasks In: Biró, K Á; Sebestyén, P Gy (szerk.) ENELKO 2016 - XVII. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia, SzámOkt 2016 - XXVI. Nemzetközi Számítástechnika és Oktatás Konferencia Kolozsvár, Románia : Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), (2016) pp. 306-311. , 6 p. Közlemény:3128455 Admin láttamozott Forrás Egyéb konferenciaközlemény (Konferenciaközlemény)

T17. Tibor, Ujbányi ; József, Katona ; Gergely, Sziládi ; Attila, Kővári Eye-Tracking Analysis of Computer Networks Exam Question Besides Different Skilled Groups In: Baranyi, Péter (szerk.) 2016 Proceedings of 7th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications (COGINFOCOM) Budapest, Magyarország : IEEE Hungary Section, (2016) pp. 277-281. , 5 p. DOI IEEE Xplore WoS Scopus Google scholar Közlemény:3131397 Egyeztetett Forrás Idéző Könyvrészlet (Konferenciaközlemény)

DOI: 10.1109/CogInfoCom.2016.7804561

T18. Ujbányi, Tibor ; Kővári, Attila A szemmozgáskövetés háttere és módszerei DUNAKAVICS 4 : 5 pp. 5-14. , 10 p. (2016) Kiadónál Közlemény:3074496 Hitelesített Forrás Idéző Folyóiratcikk (Szakcikk)

T19. Ujbányi, Tibor ; Sziladi, Gergely ; Katona, Jozsef Eye-tracking alkalmazása egy gesztusvezérléssel végrehajtott informatikai vizsgafeladat megoldásának elemzésére In: Németh, István Péter (szerk.) TDK Nap a Dunaújvárosi Egyetemen Dunaújváros, Magyarország : DUE Press, (2016) pp. 10-11. , 2 p. Közlemény:3213303 Hitelesített Forrás Könyvrészlet (Absztrakt / Kivonat)

Köszönetnyilvánítás

A disszertáció nem jöhetett volna létre konzulenseim, Prof. Dr. Kővári Attila és Prof. Dr. Baranyi Péter szakmai közreműködése nélkül, akik szakértelmükkel, útmutatásukkal, ötleteikkel és észrevételeikkel idejüket nem sajnálva támogatták munkámat.

Köszönöm a szakmai támogatást a CogInfoCom Based Learn Ability kutatócsoportnak, illetve külön köszönöm páromnak és a családomnak, akik sok türelemmel és megértéssel járultak hozzá az értekezés elkészültéhez.