

Bírálat

Szűcs Veronika doktorjelölt „**Virtuális környezetek ergonómiai és műszaki vizsgálata**”

című PhD disszertációjának és tézisének

a nyilvános védéshez

Jelen bírálati anyagot a Pannon Egyetem Szenátusa által 2017. február 23-án 16/2017. (II.23.) határozat számmal elfogadott Doktori Szabályzat figyelembe vételével végeztem el. Fontosnak tartom hangsúlyozni, hogy a tanszéki vitán elhangzott szerkezeti és tartalmi észrevételeim többnyire beépítésre kerültek a dolgozatba és a tézisémbetbe, ami hatással van jelölt jelenlegi dokumentumainak tudományos színvonalára.

1. Általános megállapításaim

Úgy a kutatási téma választása, mint a disszertáció címe korszerű és megfelel a grafikus szenzor rendszerek, valamint az ezekre épülő terápiás megoldások kidolgozásánál alkalmazott jelenlegi tudományos műszaki trendeknek.

Jelölt kutatásainak első részében a virtuális környezetek ergonómiai és műszaki problémáit vizsgálta, amelynél a láthatósággal kapcsolatos színhelyes megjelenítési, illetve szenzor alapú célrendszer alkalmazhatósági területein végzett elemzéseket. A kutatás második részének alap gondolata, hogy a virtuális környezetek nyilvánvaló előnyük ellenére az egészségügyben sok esetben azért nem kerülhetnek bevezetésre, mert ergonómiai és műszaki szempontból nem megfelelőek. A digitális képi tartalom színhelyesség problematikájának tudományos elemzése alapján ajánlásokat tett a virtuális környezet terápiás gyakorlati alkalmazására vonatkozóan. Használhatósági vizsgálatok feldolgozása eredményeként a páciensek mozgásrehabilitációs motivációjának hatékonyság növelésére tett ergonómiai módszer javaslatot.

Jelölt a tudományos tevékenységének jelentős részét az EFOP-3.6.1-16.2016.00015 azonosítójú projekt keretében végezte, ami egyben a csoportos kutatási munkában való jártasságát igazolja. Ugyanakkor hazai és nemzetközi szakmai közösségekben való tagsága, illetve vezetői funkciója a kutatott témakör szakmai és tudományos elismertségét is bizonyítja.

2. Disszertációval kapcsolatos véleményem

Az értekezés első hat fejezetében tárgyalja a kutatási munkát, további két fejezetben a kutatási eredmények gyakorlati alkalmazhatóságát és téziseit, majd további öt fejezetben egyéb hivatkozásokat sorol fel, amely a dolgozat szerkezetének egyensúlyát jól biztosítja. A bevezetésben ismertetett tematika tömören foglalja össze a kapcsolódó tudományos terület problematikáját. A motiváció és célkitűzés fejezetben kellő részletességgel és körültekintéssel ismerteti a gyakorlatban létező láthatóság és színhelyes megjelenítés feladatát és annak megoldási szükségességét.

Az irodalmi áttekintés fejezetek a két fő kutatási témakör szakirodalomban létező bemutatását nyújtja: egyik a virtuális környezetek láthatósági szempontjai, a másik a virtuális környezetek felhasználói interakciójának megvalósítására irányul. A fókuszban álló két területtel kapcsolatos

személyes kutatásait az ötödik, illetve hatodik fejezetben tárgyalja. Ezekben ismerteti a saját tudományos eredményeit, valamint ezek nemzetközi szakirodalomba való beágyazódását. A tudományos munka során tett megállapításokat tézisek formájában ismerteti a nyolcadik fejezetben. A tézislista szerkezete két téziscsoportból áll, amely kettő, illetve öt tézisállítást tartalmaz.

Szerencsés lett volna a tördelésnél a 4. fejezet címét a 19. oldal alja helyett a következő oldal tetejére pozícionálni, illetve a több oldalt átívelő táblázatok (54. oldal: 5. Táblázat, 56. oldal: 6. Táblázat, 93. oldal: 4. számú melléklet, 97. oldal: 5. számú melléklet) fejrészét minden oldalon megjeleníteni.

Az 5. fejezet további alfejezetei a vatikáni freskók mintavételezett képeinek színhűségével kapcsolatos elemzéseket mutatják be. Jól bizonyítja a jelölt műszaki tájékozottságát a témában, hogy külön részben, kiemelten ismerteti a mérési bizonytalanság értékelésének módját és mértékét. Ebből a célból ismételten elvégzett méréseket, majd a javasolt statisztikai módszer eredményét összeveti a CEILAB értékeivel, mintegy validálva saját eljárásának helyességét.

A számítógép monitor homogenitásának elemzésével a grafikus megjelenítő eszköz különböző fizikai régióinak tesztelését végezte el. Mindhárom közismert böngésző (Google Chrome, Mozilla Firefox és Microsoft Internet Explorer) esetén mérte és kiértékelte a JPEG formátumú képrégiók színtulajdonságait. A Chrome, illetve Firefox böngészők közötti színezetbeli eltérést a különböző elemzett képterületekre vonatkozóan mérte meg és táblázatos formában foglalta össze. Ezzel igazolta, hogy a két szoftver színezetbeli reprodukciós módszere CIELAB színtérben átlagosan 10,7 színinger értékkel tér el egymástól. Ennek értelmezéséhez a CIELAB (L^* , a^* , b^*) három síkján tovább vizsgálta az eltéréseket és megállapította, hogy a böngészők által megvalósított reprodukció magasabb L^* értékkel rendelkezik, mint az eredeti festmény. Az a^* és b^* színességi tartományokban tapasztalt eltérések a relatív luminanciára és a színezetre is elfogadható tartományon belüli megállapításra vezettek. Mivel a különböző böngészők saját implementációjú JPEG kódoló algoritmust használnak, a reprodukció eredménye is különbözik egymástól. Jelölt erre alapozza ajánlását, mi szerint a könyvtárak által tárolt JPEG képekhez indokolt tárolni a minőséget jellemző metaadatokat is. Mindezen elemzések igazolják, hogy a kutató a mérnöki feladatot tudományos megközelítéssel képes kezelni.

Kérdések a színhűség témakörhöz:

Mint ismeretes, egyre több kommunikációs kódoló/dekódoló technika jelenik meg és terjed el a gyakorlatban, amely az applikáció időkorlátja miatt ugyanazon képi tartalom különböző felbontás, színmélység, illetve színhűség változatát juttatja el Interneten a fogyasztóhoz.

- 1) Hogyan látja a jelölt e képi jellemzőknek a kommunikáció, valamint megjelenítési folyamat során fellépő minőségromlási hatását a felhasználók különböző célkategóriáira (férfi/nő, fiatal/idős, egészséges/terápiás alany) vonatkozóan?*
- 2) Létezik-e vagy indokolt-e technológiai korlátajánlás a megengedett, illetve elfogadható minőségromlásra vonatkozóan a hálózati kommunikáció és a reprodukciós folyamat során?*

Kérdések az elemzett négy freskón végzett vizsgálati módszerhez:

A 7. ábrán bemutatott jelölések szerint nyolc különböző, többnyire homogén színű, kör alakú területen történt elemzés.

- 3) Milyen megfontolás alapján választotta jelölt a négy vatikáni freskó képterületein a színhez rendelt valószínűségi változókat normális eloszlásúnak?*

- 4) *Milyen várható megállapításokat lehetne tenni, ha az alkalmazott vizsgálati módszert ugyanakkora méretű elemzési területek mellett ismételten elvégezné az adott freskó teljes felületén?*

A 6. fejezet elején jelölt a rehabilitáció során alkalmazható virtuális rendszerek előnyeit, ugyanakkor a gyakorlatban létező szenzor alapú rendszerek nem megfelelő gesztusfelismerési képességeinek hátrányait ismerteti, mintegy felvezetve a megoldásra váró mérnöki tudományos feladatot. Kellő részletességgel tér ki a leggyakoribb betegség, a stroke rehabilitációjában alkalmazott virtuális valóság alapú szoftver eszközök képességeit tudományos szinten tárgyaló szakirodalom eredményeire is. A páciens mozgását leíró deskriptorok kinyerését szoftver segítségével végzi a bemeneti interfészként alkalmazott mozgásszenzorokon keresztül.

A kutatás során a Microsoft Kinect rendszer mozgásleíróit elemezte és ezek feljavítását valósította meg. A probléma egyik fő nehézségeként a mérési hiba, illetve a terápiás páciens mozgási bizonytalanságának minél pontosabb megkülönböztetését fogalmazta meg. Ennek érdekében több hibajavító algoritmust alkalmazott, amelyek a mérési adathalmazt magas rendű Lagrange interpolációkkal tesztelték.

A páciens mozgásmintáinak és gesztusainak felismerését két kifejlesztett módszer segítségével elemezte. Egyik a távolságvektor differencia elvére (TAG) épül, a másik pedig az ízületek fixpontos távolság alapú korrelációját (RTAS/RTAAS) alkalmazza. A terapeuta által a rendszernek megtanított mozgásgyakorlat referencia mozdulatait a páciensnek kell utánoznia, lehető legkisebb eltéréssel. Figyelembe véve a rehabilitáció folyamatát, sikeres gesztus mozdulatsor esetén a rendszer pozitív visszajelzése motiválja a pácienszt. A sikeres gesztus eldöntéséhez elfogadási tartomány alapú adaptív (ETAMO) osztályozási módszert dolgozott ki és alkalmazott. A 60-70 mérésből álló mozgást a referencia mozgáshoz képest $\pm d$, félszélesség paraméterrel növelt elfogadási tartománnyal veti össze és az 50 %-os találati küszöböt tekinti a gesztusmozgás sikerességi osztályba sorolásának feltételeként.

Jól átgondolt mérnöki megoldást dolgozott ki a jelölt: a terapeuta egyetlen paraméterrel, a (d) tartomány félszélesség paraméterével képes szabályozni a módszer precizitását, lehetőséget biztosítva ergonomiai szempontok figyelembe vételére is. A historikus adatok a terapeuta számára utólagos megjelenítést, kiértékelést és a sikeres rehabilitációs program hatékonyságának növelését is lehetővé teszik. Az így kifejlesztett megoldás tudományos módszernek számít, ugyanakkor szakmai és mérnöki szempontból is igazolja a jelölt problémamegoldó készségét, kutatói munkára alkalmas rátermettségét.

Kérdések a Kinect v2 adatok mérésével kapcsolatosan:

A mérési hibák és a páciens mozgásának bizonytalansága közötti különbségtétel fontos elvárás a szenzorrendszer terápiában való alkalmazása esetén.

- 5) *Milyen statisztikai mérőszámot, esetleg módszert lehet alkalmazni a mért és a becsült adatok közötti hiba számszerűsítéséhez?*
- 6) *Lehetne-e kimagasló hibaesemények időbeni statisztikai tulajdonságait használni a szűrő algoritmus hatékonyságának növeléséhez?*
- 7) *Milyen számszerű hatás létezik az elfogadási tartomány félszélesség paraméter (d) és a páciens mozgásgesztusainak osztályozása között?*

A 7. fejezet a kutatási eredmények gyakorlati alkalmazhatóságát ismerteti. Kiemeli, hogy a jelöltnek a böngészők színhelyes megjelenítésre vonatkozó hatására vonatkozó publikációs tevékenysége után a böngészők újabb verzióiban a színhelyes megjelenítés is a javítások között jelent meg. Az adaptív

mozgásmintázatra épülő terápiás tevékenység továbbfejlesztése nem csak a hatékonyság szempontjából jelent gyakorlati eredményt, hanem a páciens által otthon végzett és a terapeuta által távolról felügyelt gyógyászat költségcsökkentését is jelenti.

A 8. fejezet a téziseket tartalmazza, amely teljes mértékben megegyezik a téziszüzet tartamával, így ennek értékelésére jelen bíráló alábbi, külön fejezetében térek ki.

A 9. fejezetben jelölt felsorolja az értekezéssel kapcsolatos saját publikációs listáját. Ez a Pannon Egyetem PhD szabályzata által előírt mennyiséget jóval meghaladja.

A 10-11-12 fejezetek a disszertációban alkalmazott ábrákat, táblázatokat, illetve mellékleteket tartalmazzák. Ezek kidolgozottsága és külalakja többnyire megfelelő. A táblázat cellákban a számjegyek több sorba való írása nem a legyszerencsebb.

A 13. fejezetben felsorolt, kapcsolódó szakmai tudományos irodalom igazolja, hogy jelölt jelentős volumenű, mások által elvégzett kutatási tevékenység részleteinek ismerete birtokában végezte saját munkáját.

3. Téziszüzetrel kapcsolatos véleményem

A két téziscsoport elemeinek eltérő száma az egyes kutatási tématerületek újdonságtartalmának különbözőségéből származik, amely tudományos szinten nem implikál fontossági sorrendet. A magyar és az angol nyelvű téziszüzet tartalma megegyezik, utóbbi szakmai nyelvezete megfelelő.

Az I. téziscsoport a virtuális környezetekhez kapcsolódó színhelyes megjelenítés vizsgálatára vonatkozik.

I.1. tézis állítása a valós világ eredeti objektumainak színei és azok reprodukcióinak színbeli megjelenése között $\Delta E^* = 3,2$ színíngert különbség létezik. Ezen állítását jelölt a téziszüzetben nem magyarázza, de a disszertáció 5.2 alfejezete és a feltüntetett saját publikációs lista alapján saját, tudományos eredménynek fogadom el.

I.2. tézis az I.1 tézis okait állapítja meg. Ezt a különböző böngészők egymástól eltérő megjelenítési technikájával igazolja számszerű formában. Ezeket saját mérések alapján határozta meg és publikálta tucatnyi tudományos dolgozatban. Az állítást tudományos eredménynek fogadom el.

A II. téziscsoport a mozgásleíró adatok elemzésével, a mozgásmintázat felismerésével, rekonstrukciójával és vizualizációjával kapcsolatos területen fogalmaz meg tudományos állításokat.

II.1. tézis a modern mozgásrehabilitációs alkalmazások bemeneti eszközeire vonatkozóan állítja, hogy csak megfelelő interaktivitás esetén képesek kiszolgálni a napi gyakorlatban alkalmazható terápiás igényeket. Jelenlegi piaci elvárások mellett csak ezen interaktív eszközökre létezik igény. Nemzetközi, valamint hazai orvosi rehabilitációs intézettől származó felmérések eredményei, illetve tizennégy saját dolgozatában publikált elemzések alapján az állítást tudományos eredménynek fogadom el.

II.2. tézis a Kinect szenzortól származó mozgásleíró adatok alkalmazhatóságára utal. A kidolgozott gesztusfelismerő és osztályozó saját algoritmus nem igényli a mintavételezett adatok előzetes hibajavítását, mivel 97 %-os pontossággal képes beazonosítani a gesztusokat. A megvalósított algoritmus és annak publikáltsága alapján az állítást tudományos eredménynek fogadom el.

II.3. tézis a Kinect szenzortól származó mozgásleíró adatok feldolgozási módszerével kapcsolatos. Az adatok feldolgozási módszere befolyásolja a gesztusfelismerés hatékonyságát és ezáltal közvetve a

terápiás páciens sikerélményének megtartását. A disszertáció 6.3.5 alfejezetében bemutatott, kidolgozott Távolságvektor Alapú Gesztusfelismerés (DVGR), illetve Referencia Távolság Alapú Szinkron/Aszinkron (RDSMR/RDAMR) módszerek publikáltsága alapján az állítást tudományos eredménynek fogadom el.

II.4. tézis a Kinect szenzorral mért mozgásmintázatok osztályozásával kapcsolatos. A mozgásmintázat osztályozását valós időben, a terápiás felhasználó egyedi igényeihez alkalmazkodó eljárással lehetséges megvalósítani. Az Elfogadás Tartomány alapú Valós Idejű Adaptív Mozgásmintázat Osztályozás (RAMPC) publikáltsága alapján az állítást tudományos eredménynek fogadom el.

II.5. tézis a Kinect szenzorral mért mozgásmintázatok utólagos rekonstrukciójára vonatkozik. Telemedicina ápolási környezetben végzett terápiás mozgásfeladatok rekonstrukciója a páciens fejlődésének utólagos elemzését is lehetővé teszi, ami a gyógyítási folyamat ellenőrizhetőségét és off-line elemezhetőségét javítja. A tizenhárom publikációban megjelentetett eredmények alapján az állítást tudományos eredménynek fogadom el.

A jelölt a témával kapcsolatos további kutatási elképzeléseit külön fejezetben foglalja össze, ahol egyrészt a DVGR / RDSMR/DRAMR / RAMPC algoritmusok továbbfejlesztését, másrészt a mobileszközök (humanoid robotok), valamint a felhő alapú számítási és kommunikációs szolgáltatások alkalmazhatósága a tét.

4. Összefoglaló megállapításaim

A jelölt több mint ötven publikációval rendelkezik, amiből kétharmada angol nyelven tudományos folyóiratban, illetve konferencia kiadványban jelent meg. Hét publikáció esetén jelölt első szerzőként szerepel. Ezek alapján jelöltet tudományos munka végzésére alkalmas személynek ítélem meg. A tizennégy független hivatkozás a szerző kutatási tevékenységének PhD szintet meghaladó mértékét igazolja. Úgy a disszertáció, mint a téziszfüzetekben ismertetett kutatási tevékenysége, minősége és publikáltsága megfelel a PhD fokozat megszerzéséhez. Ezek alapján támogatom Szűcs Veronika számára a PhD fokozat odaítélését.

Debrecen, 2019. május 5.

Dr. habil. Gál Zoltán

egyetemi docens

Debreceni Egyetem Informatikai Kar

Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tanszék