

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Virtuális valóság alkalmazás fejlesztése és
általános módszertani megfontolások a lehetséges
folytatást szolgáló kódkereséshez**

Szabó Beatrix Katalin

Témavezető: Dr. Gilányi Attila



DEBRECENI EGYETEM

Informatikai Tudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2025

1. Bevezetés, előzmények és célkitűzések

A virtuális valóság (virtual reality, VR) fontossága egyre nagyobb, nemcsak a szórakoztatásban és a játékok között, hanem az oktatásban, képzésben, és a kutatásban is. Egy alkalmazási területe atomerőművek működésének szimulációja. Az atomerőmű virtuális modelljével való kísérletezés nem hordoz kockázatot: olyan helyzetek, amelyeket a valóságban rizikós lenne kipróbálni (mint a nukleáris biztonságot veszélyeztető súlyos meghibásodások) valódi kockázat nélkül kipróbálhatók. A fizikai utánpótlás típusú szimulátorokat (melyekben számítógép szimulálja az atomfizikai folyamatokat, de a vezénylőterem fizikai másolata része a szimulátornak) évtizedek óta használják, de létrehozásuk és karbantartásuk költséges, főleg, ha a leutánpótlás erőműben sok a fizikai kezelőszerv. Ezek virtuális valóságbeli szimulációja költséghatékony és flexibilis megoldást jelent, amennyiben a szimulátor megfelelően valósághű élményt nyújt a felhasználók számára. A virtuális valóság terén bekövetkező technikai fejlődés az ilyen élményt egyre inkább megvalósíthatóvá teszi.

Jelen disszertáció első része egy konkrét szoftverfejlesztési projektet ismertet, mely egy virtuális valóság (virtual reality, VR) alkalmazás fejlesztésére irányult, egy atomerőmű vezénylőtermének szimulációjára a nyílt forráskódú Blender Game Engine-ben (BGE) [2, 3]. Egy már megvalósított [1], (kollégák által létrehozott) fejlesztést folytattam: virtuálisvalóság-szemüveget illesztettem hozzá, és komplex, valósághű kézmodellt integráltam bele az interakció számára. A projektben felmerült fő interakciós feladatokat megoldottam, de a BGE fejlesztésével felhagytak, miközben a projektünk folyt.

Nagy, animált virtuálisvalóság-modell fejlesztése adott játékmotor (game engine) alá általában időigényes, jelentős erőfeszítéseket követel. Ami a valóság-hűséget illeti, a közelmúltban jelentős előrelépés történt a VR területén. Az alacsony, vagy akár közepes felbontású grafikus modellek már nem versenyképesek. Azonban szervezetünknel nem született még döntés új rendszer alkalmazására, ami, ha korszerűek szeretnénk maradni, valószínűleg legalábbis jelentős hardverberuházást igényelne, és sok további fejlesztési erőfeszítést is, megfelelően olyan igényeknek, mint a nagyfelbontású grafika alkalmazása és gyors és realisztikus interakció megvalósítása.

A VR alkalmazás számára készülő interakció tervezési munkálatai során módszertani kérdés merült fel: az immerzió fogalma, ami fontos összetevője a virtuálisvalóság-alkalmazásoknak. Két irodalomkutatást végeztem az immerzió fogalmáról a VR tárgykörében: egy nem szisztematikus irodalomkutatást arról, hogy az egyes irodalmi források hogyan definiálják az immerziót [16], és egy elmélyültebb kutatást, létező irodalomkutatások áttekintését, szisztematikus módszerekkel. Az első irodalomkutatás során világossá vált, hogy az irodalomban két eltérő nézet létezik az immerzióról. A tisztázás érdekében új terminológiát javasoltam az immerzió két értelmezésének megkülönböztetése érdekében [16]. A második kutatás alapján az is valószínűsíthető, hogy nem lesz mindenki által elfogadott immerzió-definíció, ahhoz a fogalom túlságosan sokrétű.

Minthogy nem történt még döntés a vezénylő modelljének új szoftver és hardver alapokra adaptálására, elkezdtem tanulmányozni a szoftverköd-keresés módszertanát, annak érdekében, hogy megkönnyítsem a VR-feladat jövőbeni új megoldását, ha esetleg majd arról születik döntés, hogy a fejlesztést nyílt forráskódú szoftver felhasználásával valósítsuk

meg (a BGE az volt). Így a partikuláristól az általános irányába mozdultam el.

Eme döntés mögött az a megfontolás állt, hogy kódot ritkán fejlesztenek nulláról indulva, más fejlesztők által kidolgozott megoldások felhasználása jelentősen felgyorsíthat projekteket, egy fejlesztő számára más fejlesztők megoldásainak adaptálása igen előnyös lehet. Mindenekelőtt azonban a létező megoldást meg kell tudni találni. A disszertációm további részei ezért összefoglalják a kódkeresés tanulmányozásának szentelt kutatásaimat, annak reményében, hogy ez módszertani segítséget jelent majd mind a partikuláris szoftverfejlesztési projekthez, mind általánosságban a kódkereséshez.

Közelebb akartam kerülni annak a problematikájához, hogy hogyan lehet általában kódot keresni a neten, hogyan teszik ezt a fejlesztők, és mi a tapasztalt fejlesztők gyakorlata e tekintetben. Disszertációm tárgyal módszertani vonatkozásokat, egy nem-szisztematikus irodalomkutatás eredményeit, gyakorlati megfontolásokkal és tippekkel a fejlesztői munka elősegítése érdekében. Ezt kiegészíti egy elméletibb jellegű, nagylélegzetű szisztematikus irodalomkutatás, ami az online forráskód-keresést tárgyalja. A forráskód-keresésre való leszűkítés a munka terjedelme miatt vált szükségessé, hiszen egy jól lefolytatott szisztematikus irodalomkutatás tipikusan több publikációt talál (jelen esetben 100-nál többet), mint egy nem szisztematikus.

Jelen disszertáció döntően egyes szám első személyben íródott, de témavezetőm, Dr. Gilányi Attila közreműködött egyes cikkek megírásában. Mérföldetlenül hálás vagyok neki a doktori munkám során nyújtott segítségért, ismeretekért, bátorításért és inspirációért, nem beszélve arról, hogy az egyik cikket ő nyújtotta be a kiadónak, amikor megbetegedtem és munkaképtelenné váltam.

2. Tézisek

1. Tézis

Virtuális kézmodellt fejlesztettem ki (1a Tézis), interakciót dolgoztam ki rá természetes felhasználói interfésszel (1b Tézis), áttekintettem a természetes felhasználói interfészek létező definícióit és javaslatot tettem egy új definícióra (1c Tézis).

1a Tézis

A komplex, valóság-hű kézmodell animálása érdekében olyan megoldást fejlesztettem ki, amelyet a Blender Game Engine-hez más fejlesztő tudomásom szerint nem valósított meg: egy létező, részletgazdag, behuzalozott (rigged) kézmodellt adaptáltam és képessé tettem a BGE keretein belüli animációra. Az így létrehozott kézmodell és animációja olyan megoldásokat alkalmaz, amelyek nélkül a kézmodell nem működne a BGE-ben.

Vonatkozó publikáció: [13]

A BGE-ben és a hozzá hasonló játékmotorokban az összetett kézmodelleket általában armatúrákkal valósítják meg, ezek virtuális „csontozatoknak” tekinthetők, melyek virtuális csontokból állnak. Ezek hasonlíthatnak igazi kéz igazi csontjaira. Az animáció során ezek a csontok nem jelennek meg. Ehelyett komplex „hálók” alkotják a „húst” és a „bőrt”, ezek a „hálók” rá vannak erősítve a csontokra, a ráerősítés egy hozzárendelési folyamat során történik meg, ezt *rigging*-nek nevezik (a folyamat sokszor automatizálva van, mint a mi esetünkben is). A hozzárendelés után a (láthatatlan) armatúra mozgatása a kezét alkotó (látható) háló mozgását eredményezi, így a huzalozott kéz animálva lesz.

Ahhoz, hogy az általam felhasznált kézmodell működjön is, hozzá kellett fejlesztenem. Az eredeti kézmodell, éppúgy, mint a Leap Motion kézreprezentációja, egymással össze nem függő csontcsoportokból áll. Hozzátettem olyan „fiktív csontokat” az armatúrához, amelyek technikai szempontból csontok, de nem reprezentálnak valódi csontokat. Az animációban van szerepük. Biztosítják a csontok összefüggő topológiáját (hogy ne legyenek izolált csontok vagy csontcsoportok): a karcsontról (azaz a legelső csonttól) eltekintve minden csontnak van egy „szülője”, amihez kapcsolódik. A „fiktív csontok” feltétlenül szükségesek, a különálló (elszigetelt) csontok használata nem eredményezett korrekt animációt. Tudomásom szerint ezen fiktív csontok használata a huzalozott kézmodellben az én újításom. Alkalmazásuk kulcsfontosságú volt a működő animáció megteremtésében.

A Youtube-on közzétettem egy, a kézmodell működését demonstráló videót:

<https://www.youtube.com/channel/UCHZnYZx-ntBtVaUjVYUWYuQ>

1b Tézis

Megvalósítottam a virtuális vezénylőteremmel történő interakció első verzióját. Integráltam egy virtuálisvalóság-szemüveget a projektbe, és autofókusz funkciót terveztem és valósítottam meg hozzá.

Vonatkozó publikációk: [14][15]

Ebben az applikációban a felhasználó VR szemüveget visel és nem látja valódi környezetét. Az interakció szokásos módozatai (egér, billentyűzet) nem használhatók kényelmesen ilyen helyzetben. Ezért implementáltam egy úgynevezett természetes felhasználói interfészt

(natural user interface, NUI). Ez érintésmentes. Két input eszközt használ: a Leap Motion kézmozgás-érzékelőt és a VR szemüveg mozgásérzékelőjét.

Három interakciófajtát valósítottam meg, melyeket a Leap Motion kézmozgás-érzékelő által érzékelt kézmozgással lehet működtetni:

- translációs üzemmód
- rotációs üzemmód
- objektum manipulációs üzemmód

Ezen felül a fej elfordítása (melyet a VR szemüveg érzékel) forgatja a vezénylőnek a felhasználó számára biztosított nézetét.

1c Tézis

Az 1b Tézisben említett megoldás úgynevezett természetes felhasználói interfészt valósít meg. Készítettem egy áttekintést a természetes felhasználói interfész létező definícióiról, és, ezek, valamint saját fejlesztői tapasztalataim és mérlegelésem alapján javasoltam a következő, némileg köznapi stílusú definíciót:

„A természetes felhasználói interfész olyan ember-számítógép interfész, amely szorosabban illeszkedik az emberi természethez és szorosabban alapul azon, mint a jelenleg széles körben elterjedt hagyományos interfészek.”

Vonatkozó publikáció: [15]

A természetes felhasználói interfészt harmadik generációs ember-számítógép interfésznek tekintik, az első két generáció a parancssoros interfész (CLI, command line interface) és a grafikus felhasználói interfész (GUI, graphical user interface). (Parancssoros interfész esetén

az interakció a felhasználó által begépelte szöveges parancsokon alapul – és általában a számítógép is szöveggel válaszol –, míg a GUI-k leginkább az asztallap metaforán és a WIMP – windows, icons, menus, pointers, azaz ablakok, ikonok, menük, pointerok, azaz mutatók – stílusú interakción alapulnak).

A „természetes felhasználói interfész” fent említett definíciójában az „emberi természet” közös emberi tulajdonságokat és velünk született vagy bennünk korán vagy később kifejlődő készségeket jelent. (Meg kell jegyeznünk, hogy kulturális különbségek előfordulnak.) Ez a definíció természetesen elavulhat egy idő után, amennyiben és amikor a NUI-k dominánssá válnak. Az asztallap metaforán alapuló GUI-k azonban velünk fognak maradni még egy darabig.

2. Tézis

Nem-szisztematikus irodalomkutatást végeztem arra nézve, hogy a fejlesztők hogyan keresnek kódot a világhálón. Ennek eredményeit összegeztem egy cikkben, melynek fókuszában a gyakorlat áll, és példaként a saját online kereséseimet hozza fel, melyek a virtuális kézmodellel voltak kapcsolatosak. A cikk felsorolja fejlesztők netes kereséseinek jellegzetességeit és ad néhány gyakorlati tippet arra nézve, hogyan tehetjük hatékonyabbá ezeket a kereséseket. A tippek nagyrészt az irodalomból származnak, kisebb mértékben a saját több évtizedes fejlesztői tapasztalataimból.

Egy másik példa, mely az online kódkeresés fontosságát illusztrálja, a [10]-ben leírt projekt, amelyben, bár volt gyártói támogatás a projektben használt grafikus programozási környezetre, online kódkeresést is végeztem, hogy programozási megoldásokat találjak.

Vonatkozó publikációk: [9] [10]

Néhány a fent említett kódkeresési tippek közül (melyek komplex, felfedező jellegű keresésekre irányulnak):

- Fórumok és blogok, melyek tárgya az a téma, amelyen dolgozunk, számos használható információt és ötletet tartalmazhatnak.
- Néha megéri olyan szerzők többi posztjára keresni fórumokon, akiknek posztjait hasznosnak találjuk.
- Ha úgy ítéljük, hogy szükséges, nézzünk meg több találatot (akár több százat) a találati listában. Ha több ígéretes találat van, nyissuk meg őket egyenként új böngészőfülekben, majd egyenként értékeljük ki őket.

- A találati lista kiértékelésének felgyorsítása érdekében állítsuk maximumra az egy oldalon megjelenítendő találatok számát.
- Ha a kereséseink elhúzódó jellegűek, dokumentáljuk őket keresési naplóban.
- Ne feledjük, hogy a felhasználónak a keresőgép általi profilírozása ugyan hasznos lehet, de kontraproduktív is lehet felfedező jellegű keresésekben (ahol a fejlesztő kezdetben nem teljesen biztos abban, pontosan mit is keres), minthogy a keresőgép betehet egy „buborékba”, ahol a frekvenciátalibb találatok értékesebbeknek számítanak, és az az információ, ami megoldaná a problémánkat, esetleg e buborékon kívül található. Egy lehetséges, időigényes stratégia eme hatás ellensúlyozására, ha nagyszámú találatot nézünk át. Ellentarthatunk ennek a hatásnak úgy is, ha személytelenítjük, „buboréktalanítjuk” a keresést, megfelelő beállításokkal.
- Ha hatékonyan akarjuk használni a keresőgépeket, ismernünk kell a haladóknak való keresési beállításokat és jellegzetességeket.
- Megérheti nemcsak Google-t, hanem más keresőgépeket is használni, más találatokat kaphatunk esetleg így.
- Hasznos információforrás lehet az akadémiai jellegű irodalom, mind azon az alkalmazási területen, amelyen a szoftvert fejlesztjük, mind a szoftverfejlesztés szakterületén. Sok akadémiai információforrás elérhető az általános keresőgépeken keresztül, de nagyon hasznosak lehetnek az akadémiai irodalomra specializálódott keresőgépek is. Utóbbiak közül a Google Scholar ajánlható az első helyen, minthogy ez fedi le a legátfogóbban az információforrásokat. Ezen kívül léteznek tematikus keresők is különböző alkalmazási területekre, valamint a tudományos folyóiratok és könyvek kiadóinak

webhelyei is értékes információkkal szolgálhatnak. A publikációk általában hivatkozásokat is tartalmaznak, ezek közül egyeseket érdemes lehet megnézni. Egy-egy érdekes publikációt idézhetnek más források, melyek szintén értékesek lehetnek számunkra. Az ilyen idézetalapú keresést támogatja pl. a Google Scholar.

- A közösségi média, mint például a Q&A, azaz „kérdések és válaszok” típusú honlapok (elsősorban a Stack Overflow), fórumok, blogok, mikroblogok (X, korábban Twitter), kollaboratív kód repozitóriumok (SourceForge, GitHub stb.) szintén jó információforrások lehetnek. A kódkeresésünk során ezek segíthetnek a potenciálisan hasznos kódok közti választásban is, minthogy gyakran közösségi értékelést is közölnek a kódokról.

3. Tézis

Szisztematikus irodalomkutatást végeztem arról, hogy a fejlesztők hogyan keresnek forráskódot a világhálón. Csoportosítottam a vonatkozó kutatások típusait, a kutatási és adatgyűjtési módszereket; azonosítottam, milyen keresőeszközöket használnak forráskód keresésére, milyen típusú és doménnevű honlapokat találnak és használnak a keresés során, illetve utána, milyen körülmények és figyelemfelhívó utalások befolyásolják a keresési eredmények közüli választást, a kiválasztott keresési eredmények milyen sorrendben szerepelnek a találati listában, milyen keresési stratégiák és fejlesztői tulajdonságok függenek össze a sikerrel, és milyen különbségek vannak a különböző fejlesztői csoportok keresési folyamatai közt.

A következő kutatástípusokat azonosítottam: felmérés, terepi kutatás, laboratóriumi és virtuális laboratóriumi kutatás, fókuszcsoportos kutatás, automatikusan naplózott keresések tanulmányozása, keresési és fejlesztési napló tanulmányozása. A fenti listában a „virtuális laboratóriumi kutatás” és a „keresési és fejlesztési napló tanulmányozása” kategóriákat én alkottam, korábbi tanulmányokban nem szerepelnek.

A virtuális laboratóriumi kutatás (melyben a résztvevők fizikailag nem találkoznak) a pandémia idején vált népszerűvé. A keresési és fejlesztési napló tanulmányozása a fejlesztőknek a fejlesztési folyamat során rögzített saját feljegyzéseit elemzi. Úgy tűnik, én használtam elsőnek ilyen naplót a fejlesztők forráskód-keresésének elemzésére.

Vonatkozó publikáció: [11] (tanulmány, folyóirathoz beküldve)

Ez a kutatás elméletibb jellegű volt, mint a 2. Tézisben ismertetett vizsgálat. Más benne a keresési folyamat megközelítése, mint a korábbi szisztematikus irodalomkutatásokban (melyekről áttekintést nyújtok a disszertáció függelékében): azok mind a problémakör technikai aspektusaira koncentráltak és nem az emberi vonatkozásokra.

Az újonnan azonosított kutatástípusban, a virtuális laboratóriumi kutatásban (ellentétben a hagyományos laboratóriumi kutatással) a résztvevők térbeli (földrajzi) elhelyezkedése nem korlátozódik ugyanarra a helyre (a laboratóriumra), lehetnek távoli és földrajzilag eltérő helyeken is. Ez a fajta kutatás a pandémia idején vált népszerűvé. Ennél a kutatásnál nemcsak a résztvevők fizikai biztonsága lényeges, hanem az is, hogy szélesebb, sokrétűbb felhasználói populációt vonhat be.

A másik új kategória a keresési és fejlesztési napló elemzése. Fejlesztők vezetnek ilyen naplókat saját célra, a napló lefedheti az egész szoftverfejlesztési folyamatot. Az ilyen napló elemzése kiegészíthető a napló szerzőjének, azaz a fejlesztőnek a meginterjúvolásával.

Ehhez a vizsgálathoz olyan cikkeket gyűjtöttem össze, amelyek fejlesztők forráskód-keresési gyakorlatát vizsgáló olyan kutatásokat írnak le, ahol a fejlesztők mindenki számára elérhető, széles körben használt online keresőeszközöket használtak. Nem kívántam belevenni olyan eseteket, ahol kísérleti keresőeszközöket használtak (még akkor sem, ha ezen eszközök mindenki számára hozzáférhetőek voltak a neten). Emberközpontú megközelítést alkalmaztam: a figyelem a felhasználóra irányult, vagyis a szoftverfejlesztőre, aki kódot keres, és nem a kódkereső eszköz létrehozására. Céлом volt, hogy minél több releváns publikációt begyűjtsek (ésszerű keretek között), vállalva, hogy nagyszámú irreleváns keresési eredménytételt kell elvetnem,

vagyis a minél több releváns találatot helyeztem előtérbe a pontosság rovására. Ennek elérése érdekében nagyszámú keresőeszközt alkalmaztam, köztük egy általános célú keresőt, abban a reményben, hogy így a nem-akadémiai irodalomból is lesznek találatok.

Válaszok egyes kutatási kérdésekre:

Itt csak a főbb pontokat összegzem, egyes kutatási kérdésekre. A részletes listát, grafikonokkal együtt, a [11] publikáció tartalmazza, csakúgy, mint a nagyszámú referenciát.

Milyen nem-kísérleti keresőeszközöket és hogyan alkalmaztak netes forráskód keresésére?

Azon publikációk száma, melyek egy (vagy egyfajta típusú) keresőeszközt említenek a forráskód-keresés kontextusában: A Google-t 3 publikáció említi, mint az egyedül használt keresőeszközt. További 14 publikáció nevezi meg főleg használt keresőeszközként. 18 további publikáció állítja, hogy főleg általános célú keresőgépeket (Google, Yahoo, Bing) alkalmaztak. 3 publikáció a Stack Overflow saját keresőjét jelöli meg, mint főként használt keresőt.

A Google dominanciája vitán felül áll a használt keresőgépek tekintetében.

Kevés publikáció említi konkrétan a keresők szűrőinek használatát és a haladóknak való keresési opciókat és beállításokat. Újabb kutatási eredmények szerint a fejlesztők általános célú keresőket (főleg Google-t) használnak arra, hogy egy konkrét honlap tartalmában keressenek (a „site” opciót használva, vagy egyszerűen a honlap nevét megadva), inkább, mintsem, hogy felkeressék az adott weblapot, még akkor is, ha

annak van saját keresője. Ennek oka kettős lehet: ezek a felhasználók jól ismerik a Google-t és nem akarnak másik keresőhöz alkalmazkodni, és lehet az a véleményük, hogy a Google képességei jobbak, mint a többi keresőé.

A Google-lal való keresés helyettesítheti a hivatalos dokumentációban való keresést is, mivel a Google sok dokumentációt indexel. A Google hatékonyságának egyik oka, hogy nem-professzionális terminológiával is jól használható.

A forráskód-kereső eszközöket (amelyek kifejezetten forráskód keresésére specializálódtak) nem használják túl gyakran. Egyes fejlesztők még csak nem is hallottak róluk.

Mely keresési viselkedések és jellegzetességek függenek össze a sikerrel?

Ebben a kontextusban a keresőgépek kiválasztását és a keresőkérdéseket tekintjük keresési viselkedésnek.

A megállapítás, ami kitűnik a publikációk sokrétű eredményei közül, azt mondja, hogy a fogalmi ismeretek előnyösen befolyásolhatják a keresés kimenetelét.

Az is említésre méltó, hogy az egyik publikáció szerint egy laborkísérletben a 'How to' ('Hogyan kell') keresőkérdések több mint 80%-a sikeresen ellátta a résztvevőket a kért információval. A keresőgép a Google volt, amit optimalizálnak a természetes nyelven megfogalmazott kérdésekre. Tehát, ha általános célú keresőt alkalmazunk, jobban járhatunk a természetes nyelvű keresésekkel, míg a kódot tartalmazó keresések valószínűleg jobban illenek a kódkereső eszközökhöz. Egy másik, rokon megállapítás, hogy ha általunk nem

ismert programozási nyelv esetében a más, általunk ismert programozási nyelvből kölcsönzünk kifejezéseket a keresésünkben, ez nagyobb sikert eredményez, mint általában egy tipikus keresőkérdés.

Az, hogy melyik az optimális választás a keresőgépek közül, függhet attól, milyen típusú kódot keresünk: alrendszert (könyvtárat, csomagot) vagy kóddarabkát (blokkot). Kódra specializált keresőgépek jobban teljesítenek alrendszer keresése esetén, de a Google jobb a kóddarabka-keresésben.

Van arra bizonyíték, hogy a különböző fejlesztői csoportok keresései különböznek?

Erre a kutatási kérdésre a válasz igen, felbukkant némi bizonyíték a különböző tulajdonságok szerint csoportosítható fejlesztők kereséseinek különbözőségére nézve.

Egy meglehetősen triviális következtetés adódott: a hozzáértés és a tapasztalat sokat számít, és ez a keresésekben is megmutatkozik.

Van némi különbség a különböző típusú honlapok használatában a szakértőknél (diákok esetében: a haladóbb diákoknál) és az újoncoknál. A jó eredményeket elérő diákok és a szakértők inkább használják a Stack Overflow-t, mint a gyenge és az alapképzéses diákok. A profik többet használják a GitHubot, mint az alapképzésesek. Az újoncok inkább hajlanak arra, hogy végrehajtsanak egy keresést, megnézzék az első találatot, majd finomítsák a keresőkérdést, mintsem, hogy még egy keresési eredményt megnézzenek. Az újoncok rákattintanak az első keresési eredményre, míg a szakértőknél valószínűbb, hogy nem az első találatra kattintanak. A szakértők inkább hajlamosak több keresési eredményre kattintani, mint az újoncok. Ugyanakkor nem egyértelmű,

hogy a szakértők vagy az újoncok írják-e be hosszabb keresőkérdéseket.

A keresési eredmények listájában milyen pozíciójú tételeket vizsgálnak meg / kattintanak rájuk?

A fő következtetés az, hogy a legtöbb fejlesztő nem néz az első, vagy első néhány eredményen túl, vagy legalábbis a találati lista első oldalán túl. Jelentős azok aránya, elsősorban a kezdők között, akik nem néznek az első eredményen túl. Így kulcsfontosságú, hogy a keresőgép által adott keresési eredmények milyen sorrendben jelennek meg. Van azonban némi bizonyíték arra nézve, hogy a szakértők hajlamosabbak további keresési eredményeket megvizsgálni.

A fejlesztők hogyan tartják észben / mentik el a találataikat a keresési folyamat alatt és után?

A két leggyakrabban előforduló séma a következő.

- A világháló külső memóriaként való használata: Ahelyett, hogy megjegyeznék az olyan, gyakran használt keresési eredményeket, mint egyes kóddarabkák vagy a kód-szintaxis, a fejlesztők azt jegyzik meg, hogyan lehet megtalálni az információt honlapokon, és megint rákeresnek, ha szükséges. A releváns honlap megtalálásának útját-módját jegyzik meg, és azt használják a következő keresésekben.
- A potenciálisan fontos keresési eredmények weboldalait nyitva hagyják böngészőfülekben, vagy néha külön böngészőablakokban. Egy vizsgálat szerint a fejlesztők ódzkodnak attól, hogy bezárják ezeket a böngészőfüleket, mert félnek, hogy esetleg megint szükségesek lesznek ezek a

weboldalak. Előfordul ezen böngészőfülek átrendezése vagy könyvjelzővé alakítása. Az utóbbi tevékenység megőrzi őket akkor is, ha a böngészőt bezárják.

Kevésbé gyakran előforduló stratégiák: Hosszú keresési folyamatoknál előfordul a webcímek naplózása; valamint a megtalált kódok könyvtárakba rendezése.

4. Tézis

A szisztematikus irodalomkutatáshoz végeztem, a 3. Tézisben leírt keresések során jó néhány, különböző fajta keresőeszközt használtam, beleértve tudományos és általános célú keresőeszközöket is. Kutatásomból az a meglepő módszertani jellegű eredmény született, hogy három olyan keresőeszköz (Google, Google Scholar és Dimensions) kombinált használata, amely nem (vagy legalábbis nem mindegyik) számít szigorúan tudományos jellegű keresőeszköznek, a teljes találati teret lefedte. A számos többi keresőeszköz nem hozott további találatokat. Ez pillanatnyilag egy egyszeri eredmény, azonban megjelenése megérné további kutatásokat.

Vonatkozó publikáció: [11] (tanulmány, folyóiratnak beküldve)

Két különböző lekérdezési stratégiát alkalmaztam: az egyik a Google és a Google Scholar, valamint a Google-n keresztül a *site* operátor segítségével kérdezett adatbázisok esetében nagyszámú keresőkérdés alkalmazása, a másik az általam Alap Keresőkérdésnek nevezett, egyetlen, de komplex keresőkérdés.

A következő keresőeszközök szerepeltek a vizsgálatban:

Google, Google Scholar;

ACM, CORE, Dimensions, IEEE Explore, Lens, ProQuest, Scopus, Springer, Web of Science, Wiley, WorldCat.

A *site* opcióval Google-n keresztül lekérdezett adatbázisok: ACM, ArXiv, CiteSeerX, Frontiers, IEEE Explore, MDPI, Semantic Scholar.

A snowballing, azaz a már megtalált releváns cikkekben felsorolt idézett cikkek, valamint a releváns cikkeket idéző cikkek vizsgálata nélküli találatszám 84 volt. További 21 cikket talált a snowballing. Így az összes megtalált cikk száma 105.

A legtöbb releváns cikket a Google találta (a “*site*” keresésekkel együtt 64-et a 105-ből, míg a Google Scholar és a Dimensions egyenként 48-at. Meg kell jegyezni, hogy a Google és a Google Scholar egyenként több mint 100 keresőkérdéssel lett kérdezve, míg a Dimensions egyetlen komplex kérdéssel, és mégis, a két különböző jellegű lekérdezés dacára a releváns eredmények száma hasonló.

A fent említett három keresőeszköz együttes használata megtalálta mind a 105 tételt, további keresőeszközök ehhez nem tettek hozzá. Azonban igen sok találatot kellett kiértékelni mindhárom keresőgép esetében, tehát a pontosságuk alacsony volt. A legnagyobb, 10% fölötti pontosságot a Scopus, a Web of Science, és az IEEE Explore érte el, de csak kevés releváns cikket találtak.

A 105 releváns publikációból 48-at találtak meg a keresőkérdéseink a Google Scholarban (bár a 105-ből 102 releváns publikáció megtalálható az adatbázisában). A többit a Google és a Dimensions találta meg, valamint a snowballing. 13 publikációt csak a Google talált meg, 7-et csak a Google Scholar, és egyet csak a Dimensions.

5. Tézis

Egy másodlagos és egy harmadlagos irodalomkutatást folytattam le az immerzió definíciójáról a virtuálisvalóság-irodalomban. Az első kutatásban új terminológiát is javasoltam.

5a Tézis

Tanulmányoztam az immerzió fogalmát a virtuálisvalóság-irodalomban és azt találtam, hogy két teljesen különböző immerzió-fogalom létezik az irodalomban. Új terminológiát („immersedness”, belemerítettség) és „immersingness”, belemerítőképesség) javasoltam annak érdekében, hogy a kettőt megkülönböztethessük.

Vonatkozó publikáció: [16]

Minthogy az immerzió fontos vonatkozása a virtuálisvalóság-applikációknak, [16]-ban áttekintést adtam arról, hogy a virtuálisvalóság-irodalom és a kapcsolódó források hogyan írják le az immerzió fogalmát, altípusait és a hasonló fogalmakat. Világos lett, hogy két külön iskola ad definíciót az immerzióra, és definícióik különbözőek és összeegyeztethetetlenek. Az egyik iskola az immerziót a felhasználó pszichológiai állapotának tekinti. A másik iskola az immerziót a VR rendszer objektív tulajdonságának tekinti. Mindkét iskolának számos követője van, de mostanában a második, úgy tűnik, kisebbségbe szorult.

Azt találtam, hogy egyes szerzők az első típusú immerziót „pszichológiai immerzióknak” [8] vagy „mentális immerzióknak” [6] nevezik, a második típust „technológiai immerzióknak” [5], [6], vagy „perceptuális” (érzékelési) immerzióknak [7], vagy „szenzoros” (érzékszervi) immerzióknak [8]. Felvettem az alternatív kifejezések

használatának lehetőségét: az „immersedness” (belemerítettség) kifejezést használva az első iskola immerzió-konceptiójára, míg a második iskolára az „immersingness” (belemerítőképesség, utalva a rendszer aktív képességére), valamint „immersing” (belemerítés), amikor a felhasználó belemerítésére mint tevékenységre utalunk. Az „immersedness” kifejezés egyértelmű, míg a „psychological immersion” (pszichológiai immerzió) nem, mivel utalhat a rendszer tulajdonságára is, amikor a rendszert úgy készítik, hogy megpróbálhatja a felhasználót pszichológiai eszközökkel manipulálni.

5b Tézis

Harmadlagos irodalomkutatást (tertiary review, azaz létező irodalomkutatások áttekintése) folytattam le, szisztematikus módszerekkel, az immerzió fogalmáról a virtuálisvalóság-irodalomban. Tudomásom szerint erről a témáról korábban nem készült harmadlagos irodalomkutatás.

A releváns cikkek szerzőinek egy része megelégedett a talált immerzió-definíciókkal, más részük megpróbált új immerzió-definíciót is alkotni a kapott találatok felhasználásával. Mind a megtalált, mind az újonnan alkotott definíciók meglehetősen heterogének, ami valószínűtlenné teszi, hogy az immerzióról általánosan elfogadható definíció fog valaha is születni.

Az irodalomkutatás által megtalált cikkek tipikusan nemcsak az immerzió általános definícióit tárgyalják, hanem bevezetnek immerzió-altípusokat is (mint a „játékos immerzió”). Az ilyen altípusok széles választékával találkozhatunk a cikkekben.

Vonatkozó publikáció: [12] (tanulmány, folyóirathoz beküldve)

Akkor deklaráltam egy irodalmat relevánsnak, ha legalább egy adott számú (ez a szám függ a cikk megjelenési időpontjától) hivatkozó cikk idézi, és legalább 8 immerzió-definíció szerepel benne. 10 releváns cikket találtam, ezekből 2 kapcsolódik egy-egy másik cikkhez, 8 függetlennek mondható és nem alkotnak csoportokat.

Tipikusan egy vagy két közlemény tartozik egy-egy kategóriához. 3 cikk használja a perceptuális (érzékelési) immerzió – pszichológiai immerzió felosztást. Az a csoportosítás, amely a legtöbb – 5 a 8-ból – cikkben fordul elő, az érzékszervi, avagy perceptuális, a kihívás-alapú avagy rendszerszerű, valamint a képzeleti avagy fikciós immerzió, de ehhez a csoportosításhoz össze kellett vonni a közeli rokonságban levő fogalmakat.

Úgy tűnik, más harmadlagos irodalomkutatás nem létezik erről a témáról.

3. Hivatkozások

- [1] Házi Gábor és Páles József. 2013. Virtuális vezénylő a paksi teljesléptékű szimulátorhoz. Nukleon VI (Dec. 2013). http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/6_4_146
- [2] M. Blain. 2018. The complete guide to Blender graphics: computer modeling & animation (fourth edition ed.). Taylor & Francis, a CRC title, part of the Taylor & Francis imprint, a member of the Taylor & Francis Group, the academic division of T&F Informa, plc, Boca Raton.
- [3] Roland Hess. 2008. The essential Blender: guide to 3D creation with the open source suite Blender. No Starch Press, San Francisco. ISBN: 1593271662
- [4] William R. Sherman and Alan B. Craig. 2019. Understanding Virtual Reality. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-18583-2>
- [5] Anna Carolina Muller Queiroz, Alexandre Moreira Nascimento, Thomas Brashear Alejandro, Romero Tori, Vinicius Veloso de Melo, Fernando de Souza Meirelles, and Maria Isabel da Silva Leme. 2018. Virtual Reality in Marketing: Technological and Psychological Immersion. In Proceedings of the 24th Americas Conference on Information Systems. https://www.researchgate.net/publication/326957110_Virtual_Reality_in_Marketing_Technological_and_Psychological_immersion
- [6] Tim Dwyer, Kim Marriott, Tobias Isenberg, Karsten Klein, Nathalie Riche, Falk Schreiber, Wolfgang Stuerzlinger, and Bruce H. Thomas. 2018. Immersive Analytics: An Introduction. In Immersive Analytics, Kim Marriott, Falk Schreiber, Tim Dwyer, Karsten Klein, Nathalie Henry Riche, Takayuki Itoh, Wolfgang Stuerzlinger, and Bruce H. Thomas (Eds.). Vol. 11190. Springer International Publishing, Cham, 1–23. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_1
- [7] Matthew Lombard and Theresa Ditton. 2006. At the Heart of It All: The Concept of Presence. Journal of Computer-Mediated Communication 3, 2 (June 2006), 0–0. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x>
- [8] Sarvesh Agreval, Adèle Simon, Bech Søren, Klaus B. Bærentsen, and Søren Forchammer. 2019. Defining Immersion: Literature Review and Implications for Research on Immersive Audiovisual Experiences. In 147th Audio Engineering Society Convention. Audio Engineering Society. <https://doi.org/10.17743/aesconv.2019.978-1-942220-31-2>

4. A szerző disszertáció szempontjából releváns publikációi

- [9] **B. Katalin Szabó**. 2022. Web search of software developers—Characteristics and tips. *Frontiers in Education* 7 (Aug. 2022), 908712. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.908712>
IF: 2.3 SJR: Q2
- [10] Felicián Gergely, János Osán, **B. Katalin Szabó**, Szabina Török. 2016. Analytical performance of a versatile laboratory microscopic X-ray fluorescence system for metal uptake studies on argillaceous rocks. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* Volume 116 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2015.12.007>
IF:3.241 SJR: D1. Idézettség: Scopus szerint: 10 Web of Science szerint: 10
- [11] **B. Katalin Szabó** and Attila Gilányi. 2025. How developers search for source code on the web -- a systematic mapping study. (Kézirat, folyóirathoz benyújtva)
- [12] **B. Katalin Szabó** and Attila Gilányi. 2025. Definitions of immersion in virtual reality literature: a tertiary review. (Kézirat, folyóirathoz benyújtva)
- [13] **Beatrix Katalin Szabó**. 2019. Rigged hand model for the Blender Game Engine. *Recent Innovations in Mechatronics (RIIM)* Vol. 6, No. 1 (2019).<https://doi.org/10.17667/riim.2019.1/5>.
- [14] **B. Katalin Szabó**. 2022. Using a virtual reality headset in the simulation of the control room of a nuclear power plant. In *2022 IEEE 2nd Conference on Information Technology and Data Science (CITDS)*. IEEE, Debrecen, Hungary, 249–252. <https://doi.org/10.1109/CITDS54976.2022.9914190>
- [15] **B. Katalin Szabo**. 2019. Interaction in an immersive virtual reality application. In *2019 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*. IEEE, Naples, Italy, 35–40. <https://doi.org/10.1109/CogInfoCom47531.2019.9089957>
Idézettség: Scopus szerint: 9 Web of Science szerint: 5
- [16] **B. Katalin Szabó** and Attila Gilányi. 2020. The notion of immersion in virtual reality literature and related sources. In *2020 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*. IEEE, Mariehamn, Finland, 371–378. <https://doi.org/10.1109/CogInfoCom50765.2020.9237875>
Idézettség: Scopus szerint: 18 Web of Science szerint: 12

5. A szerző egyéb publikációi

- [17] Házi Gábor, Jánosy J. S., Seregi L. **Szabó B. K.** 1997. A GRASS szimulációs környezet és alkalmazása a Paksi Atomerőműben, Elektron. technol., microtech. (1-2) 38-43. 1997. ISSN 0236-8676
- [18] A. Jávor and **B. K. Szabó.** 1985. Switch Level Extension of a Logic Simulator. In Simulation in Research and Development, Proceedings of the IMACS European Simulation Meeting on Simulation in Research and Development, Eger, Hungary, 27–30 August, 1984. Elsevier Science Publishers, , ISBN 0-444-87747-9
- [19] **B. K. Szabó.** 1988. Part-Task Simulator for a WWER-440 Nuclear Power Plant Subsystem, KFKI-1988-34/G,M Preprint Online: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:20019725
- [20] F. Adorján, L. Bürger, V.V. Ivanov, I. Lux, L. Meskó, A.A. Mozhaev, **K. Szabó,** J. Végh, V.V. Yakovlev. 1990. EMERIS, an advanced information system for a materials testing reactor, KFKI-1990-24/G Preprint, Online: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:22016833 HU ISSN 0368 5330
- [21] F. Adorján, L. Bürger, V. V. Ivanov, I. Lux, L. Meskó, A. A. Mozhaev, **K. Szabó,** J. Végh, V. V. Yakovlev, 1990. EMERIS, an advanced information system for a materials testing reactor, Proceedings of the IAEA/OECD International Symposium on Balancing Automation and Human Action in Nuclear Power Plants, IAEA-SM-315, pp. 223–234, Munich, FRG (9–13 July, 1990) Online: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/22/063/22063655.pdf?r=1&r=1
- [22] J. S. Janosy, Zs. Kiss, **K. Szabo.** 1991. Neutron Flux Controller Model for Compact Simulators, International Atomic Agency Working Group on Nuclear Power Plant Control and Instrumentation, Specialists' Meeting, Balatonfüred, Hungary, September 24–27, 1991. pp. 329-338
- [23] F. Adorján, L. Bürger, V. V. Ivanov, I. Lux, L. Meskó, A. A. Mozhaev, **K. Szabó,** J. Végh, V. V. Yakovlev: Advanced operator support system (EMERIS), including automatic disturbance analysis for a materials testing reactor, Proceedings of the NEACRP Specialists' Mtg. on In-Core Instrumentation and Reactor Core Assessment, Pittsburg, USA (1-4 October, 1991). pp. 285-295 <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/nea1832-ic91.pdf>
- [24] **B. K. Szabó:** Human Factors/Ergonomics in Software Development. 1994. Proceedings of the ERŐFI II Autumn School on Reactor Physics, 7–10 November, 1994, Lillafüred, KFKI-1995-11/G, pp. 245–258. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/27/002/27002197.pdf
- [25] J. S. Jánosy, T. Bogdán, G. Házi, **B. K. Szabó:** Generalizing and Upgrading a Set of Simulation Tools to a Full-Graphic Environment, Proceedings of the 1995 Simulation Multi Conference, April 9–13, Phoenix, Arizona, 1995. SCS Publication, ISBN 1-56555-049-8
- [26] J. S. Jánosy, G. Házi, L. Seregi, **B. K. Szabó:** GRASS - the Graphic Simulation System. 1997. Proceedings of the 2nd CSNI Meeting on Simulators and Plant Analyzers Hanasaari, Espoo, Finland., pp. 103–112 Online: <https://www.oecd-nea.org/nsd/docs/1997/csni-r1997-37.pdf>
- [27] E. Végh, G. Házi, J. S. Jánosy, G. Mayer, L. Seregi, **B. K. Szabó.** 2001. Graphical Simulator of the ETTR-1 Research Reactor, Modelling And Simulation 2001, 15th European Simulation Multiconference, Prague, June 2001. In: Kerckhoffs, E.J.H; Snorek, M (ed.) Modelling and simulation 2001: 15th European Simulation Multiconference, ESM 2001, Delft, The Netherlands. Society for Computer Simulation. pp. 373-380.



Nyilvántartási szám: DEENK/500/2025.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Szabó Beatrix Katalin
Doktori Iskola: Informatikai Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10064333

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

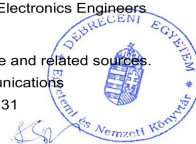
1. **Szabó, B. K.:** Rigged hand model for the Blender Game Engine.
Recent Innov. Mechatron. 6 (1), 1-7, 2019. EISSN: 2064-9622.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17667/riim.2019.1/5>.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

2. **Szabó, B. K.:** Web search of software developers-Characteristics and tips.
Front. Educ. 7, 01-06, 2022. EISSN: 2504-284X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/educ.2022.908712>
IF: 2.3
3. Gergely, F., Osán, J., **Szabó, B. K.**, Török, S.: Analytical performance of a versatile laboratory microscopic X-ray fluorescence system for metal uptake studies on argillaceous rocks.
Spectroc. Acta Pt. B-Atom. Spectr. 116, 75-84, 2016. ISSN: 0584-8547.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sab.2015.12.007>
IF: 3.241

Idegen nyelvű konferencia közlemények (3)

4. **Szabó, B. K.:** Using a virtual reality headset in the simulation of the control room of a nuclear power plant.
In: Proceedings of the 2022 IEEE 2nd Conference on Information Technology and Data Science (CITDS) / István Fazekas (editor), Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Piscataway, 249-252, 2022. ISBN: 9781665496537
5. **Szabó, B. K.**, Gilányi, A.: The notion of immersion in virtual reality literature and related sources.
In: 2020 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), IEEE, New York, 371-377, 2020. ISBN: 9781728182131
6. **Szabó, B. K.:** Interaction in an immersive virtual reality application.
In: Proceedings of the 2019 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom) / Péter Baranyi (editor), Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Piscataway (NJ), 35-40, 2019. ISBN: 9781728147925





Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

7. **Szabó, B. K.:** Using the Leap Motion Hand Detector for 3D Interaction in VR.

In: 7th Winter School of PhD Students in Informatics and Mathematics : Section of Mathematical and Information Sciences, Association of Hungarian PhD and DLA Students.

Ed.: Péter Hudoba, Flóra Hajdu, Section of Mathematical and Information Sciences, Association of Hungarian PhD and DLA Students, Veszprém, 33, 2020. ISBN:

9786155586545

További közlemények

Idegen nyelvű, hazai könyvek (2)

8. Adorján, F., Bürger, L., Ivanov, V. V., Lux, I., Meskó, L., Mozhaev, A. A., **Szabó, B. K.**, Végh, J.,

Yakovlev, V. V.: EMERIS, an advanced information system for a materials testing reactor.

KFKI-1990-24/G, Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest, 15 p., 1990.

9. **Szabó, B. K.:** Part-Task Simulator for a WWER-440 Nuclear Power Plant Subsystem. KFKI-1988-

34/G,M, Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest, 24 p., 1988.

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

10. Házi, G., Jánosy, J. S., Seregi, L., **Szabó, B. K.:** A GRASS szimulációs környezet és alkalmazása a Paks Atomerőműben.

Elektron. technol., mikrotech. 37 (1-2), 38-43, 1997. ISSN: 0236-8676.

Idegen nyelvű konferencia közlemények (8)

11. Végh, E., Házi, G., Jánosy, J. S., Mayer, G., Seregi, L., **Szabó, B. K.**, Shaat, M. K., Sultan, M. A.:

Graphical Simulator of the ETTR-1 Research Reactor.

In: Modelling and simulation 2001: 15th European Simulation Multiconference / E.J.H

Kerckhoffs, M. Snorek (eds), Society for Computer Simulation, Prague, Czech Rep, 373-377, 2001. ISBN: 156552253

12. Jánosy, J. S., Házi, G., Seregi, L., **Szabó, B. K.:** GRASS: the Graphic Simulation System.

In: Proceedings of the 2nd CSNI Meeting on Simulators and Plant Analyzers / O. Tiihonen

(ed.), Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Hanasaari, Espoo, Finland, 103-112, 1999.

ISBN: 9513852695

13. Jánosy, J. S., Bogdán, T., Házi, G., **Szabó, B. K.:** Generalizing and upgrading a set of simulation tools to a full-graphic environment.

In: Proceedings of the 1995 Simulation Multi Conference / Maurice Ades, Ariel Sharon (eds.), Society For Computer Simulation, San Diego, CA, 298-303, 1995. ISBN: 156550498





14. **Szabó, B. K.:** Human factors/ergonomics in software development.
In: Proceedings of the ERŐFI II Autumn School on Reactor Physics / Rácz Attila (ed.), KFKI Atomic Energy Research Institute, Budapest, 245-258, 1994, (KFKI Reports ; KFKI-1995/11/G)
15. Adorján, F., Bürger, L., Ivanov, V. V., Lux, I., Meskó, L., Mozhaev, A. A., **Szabó, B. K.**, Végh, J., Yakovlev, V. V.: Advanced operator support system (EMERIS), including automatic disturbance analysis for a materials testing reactor.
In: Proceedings of the NEACRP Specialists' Mtg. on In-Core Instrumentation and Reactor Core Assessment, Pittsburg, USA (1-4 October, 1991). Ed.: Georg Grondey, OECD Nuclear Energy Agency, Paris, 285-295, 1992.
16. Jánosy, J. S., Kiss, Z., **Szabó, B. K.:** Neutron Flux Controller Model for Compact Simulators.
In: International Atomic Agency Working Group on Nuclear Power Plant Control and Instrumentation, Specialists' Meeting, Balatonfüred, Hungary, September 24-27, 1991. Ed.: Andrei Kossilov, International Atomic Agency, Balatonfüred, 329-338, 1991.
17. Adorján, F., Bürger, L., Ivanov, V. V., Lux, I., Meskó, L., Mozhaev, A. A., **Szabó, B. K.**, Végh, J., Yakovlev, V. V.: EMERIS: an advanced information system for a materials testing reactor.
In: Proceedings of the IAEA/OECD International Symposium on Balancing Automation and Human Action in Nuclear Power Plants / Editorial staff of the IAEA, IAEA, Vienna, 223-234, 1991, (Proceedings Series, ISSN 0074-1884) ISBN: 92000915
18. Jávor, A., **Szabó, B. K.:** Switch Level Extension of a Logic Simulator.
In: Proceedings of the IMACS European Simulation Meeting on Simulation in Research and Development. Ed.: Jávor András, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 139-149, 1985. ISBN: 0444877479

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 5,541

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 5,541

A DEENK a Jelölt által a Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománytermi ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2025.08.29.



Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

**Development of a virtual reality application and
general methodological considerations for
seeking code for a possible continuation**

by Beatrix Katalin Szabó

Supervisor: Dr. Attila Gilányi



UNIVERSITY OF DEBRECEN

Doctoral School of Informatics

Debrecen, 2025

1. Introduction, background and goals

Virtual reality (VR) is gaining increasing importance, not only in entertainment and games, but also in education, training and research. One such field of application is the simulation of the operation of nuclear power plants. Experimenting on a virtual model of a nuclear power plant is risk-free: a situation that would be dangerous to try out in real life (such as serious malfunctions jeopardizing nuclear safety) can be tried out without real risk. Physical replica simulators (where a computer simulates the nuclear processes, but the control room is physically replicated) have been in use for decades, but they are costly to make and maintain, especially if the plant to model consists of a multitude of physical control organs. Simulating these in virtual reality is a cost-effective and flexible solution, if the simulator provides a sufficiently realistic experience for its users. The progress in virtual reality techniques makes that experience increasingly possible.

In the first part of this dissertation a particular software development project is discussed, a virtual reality model of a nuclear power plant control room, realized in the open-source Blender Game Engine (BGE) [2, 3]. I continued the development of an already existing application [1] (made by colleagues): I applied a VR headset to it and integrated into it a complex, realistic-looking hand model for the interaction. The main interaction tasks for the project were resolved, but the BGE was discontinued while our project was still in progress.

Developing a large, animated virtual reality model in a particular game engine is usually time-intensive, demanding considerable effort. As far as realism is concerned, substantial progress has been made recently in the field of VR. Low- or even medium-resolution graphic models are no

longer competitive. However, due to organizational reasons, no decision has been taken yet at our institution on using another solution, which, if we want to stay up-to-date, would probably require considerable investment at least in hardware, as well as a lot of additional development work fulfilling such requirements as the use of high-definition images and fast and realistic interaction.

In the course of designing the interaction for this VR model, a methodological issue has come up: the notion of immersion, which is an important element in a virtual reality application. I have performed two literature reviews on the notion of immersion in VR: a secondary, non-systematic review aimed at how the various literary sources define immersion [16], and a deeper, tertiary review (a review of reviews) with systematic methods. During the course of the first literature review it became clear that there exist two incompatible views on immersion in literature. To clear up this issue, I proposed new terminology to differentiate between the two interpretations of immersion [16]. On the basis of the second investigation, it does not seem likely that a universally accepted definition of immersion will ever be created, the notion is too multifaceted.

As there was no decision yet to adapt the control room model to a new software and hardware base, I studied the methodologies for source code seeking in general, to ease the development of a future new solution for our VR task, if a decision is taken to continue the development work in the realm of open-source software (such as the BGE). Thus, I advanced from the particular towards the general.

The rationale behind this decision was that source code is rarely developed from scratch, using solutions worked out by other developers can considerably speed up a project, therefore it can be highly

advantageous for a developer to adapt solutions created by other developers. However, first of all, he/she should be able to find the solution. Thus, the rest of my thesis sums up the results of my investigations into code search, in the hope that it would provide methodology for the particular software development project as well as for code search in general.

I wanted to get nearer to the problem of how to find code online in general, how developers perform such code searches on the web, and what the practices of experienced developers are. Methodological aspects, results of a non-systematic literature review with practical considerations and tips for developers' web search for aiding their development work is presented in the dissertation. This is augmented by a more theoretically oriented, large systematic mapping study on developers' online source code search. Restricting the study to source code search became necessary because of the volume of the work, since a well-conducted systematic mapping study typically finds more publications (in our case, more than 100) than a non-systematic one.

This thesis mostly uses first person singular ("I"), but my supervisor Dr. Attila Gilányi has contributed to some papers that I have written. I am immensely grateful to him for providing help, knowledge, encouragement and inspiration all throughout my PhD work, not to speak of submitting one of the completed papers himself when I fell ill and was incapacitated.

2. Theses

Thesis 1

I have developed a virtual hand model (Thesis 1a), implemented interaction for it with a natural user interface (Thesis 1b), made an overview of existing definitions of the natural user interface and proposed a new definition (Thesis 1c).

Thesis 1a

In order to animate a complex, realistic virtual hand model, I have developed a solution which, to my knowledge, no other developer had realized for the Blender Game Engine: I have adapted an existing, complex rigged hand model and made it usable for animation under the BGE. The resulting hand model and its animation have particular solutions without which the hand model would not work in the BGE.

Pertinent publication: [13]

In game engines such as the BGE, complex hand models are usually constructed from armatures, which can be regarded as virtual “skeletons” consisting of virtual bones. They may resemble real bones of a real hand. During animation, these bones are not displayed. Instead, “flesh” and “skin” are realized by complex meshes attached to the bones by an assignment process called rigging (which is often automated, as in our case). After the rigging, moving the (invisible) armature will result in the movement of the (visible) hand mesh, thus the rigged hand is animated.

To be able to utilize the existing hand model I adopted, I had to do additional development work. The original hand model, as well as Leap Motion's representation of the hand, consists of distinct bone clusters. I introduced "fictitious bones" in the armature: they are technically bones, but they do not model actual bones. They play a role in the animation. They ensure the continuous topology of the bones (so that there are no isolated bones or bone clusters): apart from the armbone (the very first bone), each bone has a parent to which it is connected. Using the fictitious bones was a necessary step, attempts using distinct (isolated) bone clusters did not yield correct animation. As far as I know, the application of these fictitious bones for the rigged hand in the BGE is my invention. Their use is a crucial step in making the animation work.

I have published a YouTube video demonstrating how the hand model works:

<https://www.youtube.com/channel/UCHZnYZx-ntBtVaUjVYUWYyQ>

Thesis 1b

I have implemented a first version of ways of interaction with the virtual control room. I have integrated a virtual reality headset in the project and I have constructed and implemented an autofocus feature for it.

Pertinent publications: [14][15]

In this application the user wears the headset and does not see his/her real environment. The conventional ways of interaction (mouse, keyboard) are not comfortably usable in such a mode of operation. I have implemented a so-called natural user interface (NUI). The implementation is touchless. Two input devices are used: the Leap

Motion hand movement detector and the rotation detector of the headset.

The implementation contains three modes of interaction controlled by hand movements which are detected by the Leap Motion hand movement detector:

- translational mode
- rotational mode
- object manipulation mode

Additionally, head rotation (based on rotation input from the headset) rotates the user's view of the control room.

Thesis 1c

The solution mentioned in Thesis 1b implements a so called natural user interface. I have made an overview of existing definitions of the natural user interface, and, based on them and my own developer's experience and reasoning, I have proposed the following, somewhat colloquial definition:

“A natural user interface is a human-computer interface which serves and is based on human nature more closely than the currently widespread traditional interfaces.”

Pertinent publication: [15]

Natural user interfaces are regarded as the third generation of human-computer interfaces, after command line interfaces (CLI) and graphical user interfaces (GUI). (CLIs are based on text input typed by the user – and usually text output is provided by the computer –, while GUIs are

mostly based on the desktop metaphor and the WIMP – windows, icons, menus, pointers – style of interaction.)

In my above mentioned definition for natural user interface, “human nature” means common human characteristics and skills we are born with or develop in our early or more advanced years. (It must be noted that cultural differences also apply.) Obviously, this definition may become outdated after a while if and when NUIs start dominating the field. However, GUIs based on the desktop metaphor will surely stay with us for a while.

Thesis 2

I have performed a non-systematic literature review on how developers search for code on the web. I have summed it up in an article which is aimed at practice and cites as an example my web searches associated with the virtual hand model. The article lists features of developers' web searches, and gives a few practical tips for making such searches more efficient. The tips have been derived from the literature and, to some extent, my own experiences of several decades as a developer.

Another example illustrating the importance of web search for code is the project described in [10] where, despite the availability of vendor support for the graphical programming environment used in the project, web searches for code were also performed to find programming solutions.

Pertinent publications: [9] [10]

Some of the above mentioned code search tips (aimed at difficult, exploratory searches) are:

- Forums and blogs about the topic we work on may contain lots of useful information and ideas.
- It sometimes pays off searching for other posts of authors whose posts we find informative.
- When thought necessary, scan multiple hits (up to several hundred) in the search hit list. When there are several promising hits, open them in new tabs one-by-one, then evaluate them one-by-one.

- To speed up the evaluation of the hit list, set the number of hits to be displayed on one page by the search engine to the maximum.
- If the searches are lengthy, document them, record them in a search diary.
- We should keep in mind that the profiling of the user by the search engine may be helpful, but it can also be counterproductive in exploratory searches (where the developer is not entirely sure at the beginning what exactly he/she is searching for), as it may put you in a “bubble”, with the more visited hits ranked higher, and what would solve your problem could be situated outside this bubble. One, time-consuming, strategy to counteract this effect is examining a high number of search hits. We can also try countermeasures to depersonalize, to “debubble” the search by using appropriate search settings.
- If you want to use search engines efficiently, you should know their advanced search options and characteristics.
- It can pay off to use search engines other than Google, you may get different results.
- A potentially useful type of information source is scholarly literature, both in the application domain for which you develop your software, and in the software engineering field. Many scholarly sources can be found through general purpose search engines, but search engines specializing in scholarly literature can also be of great help. Of these scholarly search engines, Google Scholar can be recommended in the first place, because it has the widest coverage of sources. There are also topical search sites for various domains, and the sites of publishers of scholarly journals and books are also valuable resources. Publications usually contain references, some of these may be

worth to inspect. A publication of interest may be cited in other sources which could in turn contain further useful information for us. Such citation searching is supported e.g. by Google Scholar.

- Social media, such as Q&A sites (notably, Stack Overflow), forums, blogs, microblogs (X, formerly Twitter) collaborative code repositories (SourceForge, GitHub etc.) can also be great sources of information. In code search, these can also help with the evaluation of code candidates, as they often show the community's opinion of the code.

Thesis 3

I have performed a large-scale systematic mapping study on how developers search for source code on the web. I categorized the pertinent study types, methods of investigation and data collection; identified the search tools used for source code search, the types and domain names of websites which are most often found and used, the factors and cues influencing selection of search hits, the ranks of search results selected, the search strategies and developer characteristics which correlate with success, and the differences in the search processes of various developer groups.

I have identified the following study types: survey, field study, lab study and virtual lab study, focus group study, log study, search and development diary study. The categories “virtual lab study” and “search and development diary study” are my own creation, they are not listed in previous reviews.

The virtual lab study (when the participants do not meet physically) has strongly come forward with the pandemic. The search and development diary study analyzes developers’ own notes taken during the development process. It seems that I am the first to use such a diary for the analysis of developers’ source code seeking.

Pertinent publication: [11] (manuscript, submitted to a journal)

This study is more theoretically oriented than the one outlined in Thesis 2. Its approach to the search process differs from that of earlier systematic reviews (about which I give an overview in the appendix to the dissertation): those reviews all concentrated on the technical and not the human aspects.

In the newly identified study type, the virtual lab study (as opposed to a conventional lab study) the location of the participants is not restricted to the same place (the laboratory), they can be located at remote and geographically distributed places. In addition to physical safety considerations for the participants, it also allows for the involvement of a wider, more heterogeneous participant base.

The other new category is the analysis of the search and development diary. Such a diary may be created by the developer for his/her own purposes and may cover the whole development process. The analysis of such a diary can be augmented with interviewing its author, i.e. the developer.

For this study, I collected articles describing investigations into source code search practices of developers who utilize publicly available, widely used search tools on the web. I did not wish to take into account the use of experimental tools (even if they are available to the general public). I adopted a human-centered approach: my focus was on the user, i.e. the software developer searching for code, and not on the creation of code search tools. My goal was to find as many relevant publications as (reasonably) possible, while undertaking the burden of having to eliminate a high number of irrelevant search results, i.e. I preferred recall to precision. To reach this goal, I used numerous search tools (including a general purpose search engine, in the hope of finding not only scholarly articles but also gray literature).

3. Answers to some of the research questions

Here the main points of the answers to some of the research questions are summed up. The full list with charts, as well as the numerous references can be found in the publication.

What non-experimental search tools are used for web search for source code, and how?

Number of publications in which one (or one type of) search tool is mentioned as mostly or exclusively used in the context of source code search: Google is mentioned in 3 publications as the sole search tool used. A further 14 publications mention it as the mostly used search tool. 18 other publications state that mostly general purpose search engines (Google, Yahoo, Bing) were used. 3 publications point out Stack Overflow's own search engine as the predominantly used search tool.

The dominance of Google is undoubtable among the search tools used.

Few publications mention explicitly the use of search filters, advanced search options and settings. According to recent evidence, developers sometimes use general purpose search engines (especially Google) to find content from a specific website (via the "*site*" operator or simply specifying the site name), rather than visiting the site directly, even if the site has its own search function. The reason behind this behavior may be dual: these users know Google well and they do not want to adapt to another search engine, and they may also have the opinion that Google's capabilities are better than those of other search engines.

Searching with Google can double as a search of the official documentation as well because Google indexes many documentation

sources. One of the reasons why Google is effective is because it works well even with the use of non-expert terminology.

Source code search engines (tools that specialize in source code search) are not used too often. Some developers are not even aware of their existence.

Which search behaviors and characteristics correlate with success?

In this context we regard the choice of search engines and formulation of queries as search behavior.

One thing that emerges from the heterogeneous results is that having conceptual knowledge may positively affect search success.

Another interesting, related finding worthy of noting is that one publication states that participants of a lab experiment received the needed information from over 80% of the time using ‘How to’ queries. The search engine used was Google which is optimized for natural language queries. So, if we use a general purpose search engine, we may be better off with natural language queries, while code queries probably fit code search engines more. Another related finding is that, in the context of working with an unfamiliar programming language, using borrowed terms from familiar programming languages were more successful on average than the typical query.

The optimal choice of the type of search engine may depend on the code type we want to find: subsystem (library, package) or snippet (block). Code-specific search engines work better in searches for subsystems, but Google works better on searches for snippets.

Is there evidence on differences in the searches of various developer groups?

The answer to this research question is yes, some evidence has emerged concerning differences in the searches of developers who can be grouped along various characteristics.

One rather trivial conclusion is that expertise and experience matter a lot, and that shows in the searches, too.

There is some difference in the usage of website types between experts (in case of students: more advanced students) and novices. Experts select tutorial sites somewhat less, and forum sites more than novices. High-scoring students and professionals use Stack Overflow more than low-scoring students and undergraduates do. Also, professionals use GitHub more than undergraduate students do. Novices are more likely than experts to make a search query, look at the first result, and then refine the search query rather than looking at another result. Novices click on the first link displayed in the search result list, while experts are more likely to click on a link other than the first result. Experts tend to click more search results than novices. However, there is a divergence as to whether experts or novices issue longer queries.

What are the ranks of inspected/chosen search results in the result list?

The main conclusion is that most developers do not look beyond the first (or first few) result(s) or at least the first page of results. A substantial proportion, especially novices, do not even look beyond the first result. Thus, the ranking of results by the search engine is crucial. There is some evidence that experts are more inclined to inspect further results, though.

How do developers keep track of / save their findings during and after the code search process?

The two most frequently occurring patterns are:

- Using the web as external memory: Instead of memorizing often-used findings such as snippets and syntax, developers keep in mind how to find the info on websites and look for it again when necessary. Thus, they memorize the way, the know-how to find the pertinent website, and use this know-how in subsequent searches.
- Keeping potentially significant search result pages open in multiple browser tabs or sometimes in separate browser windows. One study also says that developers are reluctant to close such tabs, for fear of having to look for these sites again. There is some occurrence of rearranging the tabs or transferring them to bookmarks. The latter behavior preserves them even after the browser is closed.

Less frequently occurring strategies: For long search processes, saving the URLs into a diary; making libraries from the retrieved code for later use also occur.

Thesis 4

In the searches performed for the systematic mapping study described in Thesis 3, I used multiple search tools of a great variety, including academic and general purpose search engines. I have checked the relevant results per search engine and the surprising methodological result has emerged that three search tools combined (Google, Google Scholar and Dimensions), which are not (or at least not all of them) considered strictly scientific literature search tools, covered all the result space. The other, numerous search tools did not bring any further results. This is a one-time result at present but its occurrence would merit further investigation.

Pertinent publication: [11] (manuscript, submitted to a journal)

Two different query strategies were applied: one was a set of a high number of queries (to Google, Google Scholar, and to the databases which were queried via Google, with the “*site*” operator), the other strategy was what I call the Basic Query, a complex but single query.

The following search tools were used:

Google, Google Scholar;

ACM, CORE, Dimensions, IEEE Explore, Lens, ProQuest, Scopus, Springer, Web of Science, Wiley, WorldCat.

Databases queried with the *site* option via Google: ACM, ArXiv, CiteSeerX, Frontiers, IEEE Explore, MDPI, Semantic Scholar.

The number of relevant publications, without the results of the snowballing (which is the checking of articles referenced by the relevant articles, plus checking the articles referencing the relevant

articles), was 84. An additional 21 articles were found by snowballing. Thus, the total number of all relevant articles is 105.

Google has found the highest number of relevant results (with “*site*” queries included, 64 out of 105), while Google Scholar and Dimensions found 48 results each. It must be noted that Google and Google Scholar were queried with more than 100 queries each, while Dimensions were queried with a single complex query, yet the number of relevant results is similar, despite the queries being of two different styles.

The combined use of the above mentioned three search tools found all 105 items in the corpus, the other search tools added nothing more. However, in the case of all three search engines, a very high number of results had to be evaluated, so their precision was low. The search tools with a precision over 10% were: Scopus, Web of Science, and IEEE Explore, but they all found relatively few relevant results. All were queried with the Basic Query.

We found 48 of the 105 relevant publications with our Google Scholar queries (even though 102 of the relevant publications are represented in the database of Google Scholar). The rest was found by Google and/or Dimensions, plus snowballing. 13 publications were found only by Google, 7 only by Google Scholar, and one publication was found only by Dimensions.

Thesis 5

I have performed a secondary and a tertiary literature review on the definition of immersion in virtual reality literature. In the first study I also proposed new terminology.

Thesis 5a

I have studied the notion of immersion in virtual reality literature and found that there exist two distinct notions of immersion in the literature. I performed a literature review and I have proposed new terminology („immersedness”, and „immersingness”) to differentiate between the two types of immersion.

Pertinent publication: [16]

As immersion is an important aspect of virtual reality applications, in [16] I gave an overview of how virtual reality (VR) literature and related sources describe the notion of immersion, its sub-types and similar terms. It has become clear that there are two main schools giving definitions for immersion in VR, and their definitions are quite different and incompatible. For one school, immersion is a psychological state of the user. For the other school, immersion is an objective characteristic of a VR system. Both schools have numerous followers, but nowadays the second school's view seems to be in the minority.

I have found that some authors call the first type of immersion “psychological immersion” [8] or “mental immersion” [6] and the second type “technological immersion” [5], [6] or “perceptual immersion” [7] or “sensory immersion” [8]. I have brought up the possibility of using alternative terms: “immersedness” for the

immersion concept of the first school, and, for that of the second school, “immersingness” (denoting the actively immersing quality of the system) and “immersing” when referring to the act of immersing the user. The term “immersedness” is unambiguous, contrary to the term “psychological immersion” which could also mean a system characteristic when the system is created with the ability to try to manipulate the user with psychological means.

Thesis 5b

I performed a tertiary literature study (i.e. a review of literature reviews), with systematic methods, on the definition of immersion in VR literature. As far as I know, no such tertiary review was performed earlier.

I have found that the authors of some of the relevant studies were content with the retrieved definitions for immersion, others also tried to synthesize a new definition, using the found results. The retrieved and also the constructed definitions for immersion are quite diverse, which makes it unlikely that a universally acceptable definition for immersion will ever be constructed.

The retrieved articles typically discuss not only the general definitions of immersion, they also introduce sub-types of immersion (such as “ludic immersion”). A very wide variety of such sub-types have been listed in these studies.

Pertinent publication: [12] (manuscript, submitted to a journal).

The filtering criteria for declaring a study relevant were at least a minimum number of referring articles quoting the study (the number depends on when the article was issued), and at least 8 definitions of

immersion in the text. I have found 10 pertinent studies, 2 of which are related to another study each, 8 are independent and do not seem to form any clusters.

Typically, only 1 or 2 studies belong to each categorization. 3 studies appear in the categories “Perceptual immersion” – “Psychological immersion”. The categorization which appears in most studies, 5 out of 8, is “sensory immersion” or “perceptual immersion” – “challenge-based immersion” or “systemic immersion” – “imaginative immersion” or “fictional immersion”, but closely related terms had to be grouped even for this categorization.

It seems that no other tertiary study has been performed on this topic yet.

4. References

- [1] Gábor Házi and József Páles. 2013. Virtuális vezénylő a paksi teljesléptékű szimulátorhoz (Virtual control room for the full-scope simulator of the Paks nuclear power plant). *Nukleon VI* (Dec. 2013). http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/6_4_146
- [2] M. Blain. 2018. *The complete guide to Blender graphics: computer modeling & animation* (fourth edition ed.). Taylor & Francis, a CRC title, part of the Taylor & Francis imprint, a member of the Taylor & Francis Group, the academic division of T&F Informa, plc, Boca Raton.
- [3] Roland Hess. 2008. *The essential Blender: guide to 3D creation with the open source suite Blender*. No Starch Press, San Francisco. ISBN: 1593271662
- [4] William R. Sherman and Alan B. Craig. 2019. *Understanding Virtual Reality*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-18583-2>
- [5] Anna Carolina Muller Queiroz, Alexandre Moreira Nascimento, Thomas Brashear Alejandro, Romero Tori, Vinicius Veloso de Melo, Fernando de Souza Meirelles, and Maria Isabel da Silva Leme. 2018. Virtual Reality in Marketing: Technological and Psychological Immersion. In *Proceedings of the 24th Americas Conference on Information Systems*. https://www.researchgate.net/publication/326957110_Virtual_Reality_in_Marketing_Technological_and_Psychological_immersion
- [6] Tim Dwyer, Kim Marriott, Tobias Isenberg, Karsten Klein, Nathalie Riche, Falk Schreiber, Wolfgang Stuerzlinger, and Bruce H. Thomas. 2018. Immersive Analytics: An Introduction. In *Immersive Analytics*, Kim Marriott, Falk Schreiber, Tim Dwyer, Karsten Klein, Nathalie Henry Riche, Takayuki Itoh, Wolfgang Stuerzlinger, and Bruce H. Thomas (Eds.). Vol. 11190. Springer International Publishing, Cham, 1–23. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_1
- [7] Matthew Lombard and Theresa Ditton. 2006. At the Heart of It All: The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication* 3, 2 (June 2006), 0–0. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x>
- [8] Sarvesh Agreval, Adèle Simon, Bech Søren, Klaus B. Bærentsen, and Søren Forchhammer. 2019. Defining Immersion: Literature Review and Implications for Research on Immersive Audiovisual Experiences. In *147th Audio Engineering Society Convention*. Audio Engineering Society. <https://doi.org/10.17743/aesconv.2019.978-1-942220-31-2>

5. Publications of the author, relevant to the dissertation

- [9] **B. Katalin Szabó**. 2022. Web search of software developers—Characteristics and tips. *Frontiers in Education* 7 (Aug. 2022), 908712. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.908712>. IF: 2.3 SJR: Q2
- [10] Felicián Gergely, János Osán, **B. Katalin Szabó**, Szabina Török. 2016. Analytical performance of a versatile laboratory microscopic X-ray fluorescence system for metal uptake studies on argillaceous rocks. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* Volume 116 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2015.12.007>
IF:3.241. SJR: D1. Quotations: according to Scopus: 10 Web of Science: 10
- [11] **B. Katalin Szabó** and Attila Gilányi. 2025. How developers search for source code on the web -- a systematic mapping study. (manuscript, submitted to a journal)
- [12] **B. Katalin Szabó** and Attila Gilányi. 2025. Definitions of immersion in virtual reality literature: a tertiary review. (manuscript, submitted to a journal)
- [13] **Beatrix Katalin Szabó**. 2019. Rigged hand model for the Blender Game Engine. *Recent Innovations in Mechatronics (RIIM)* Vol. 6, No. 1 (2019).<https://doi.org/10.17667/riim.2019.1/5>.
- [14] **B. Katalin Szabó**. 2022. Using a virtual reality headset in the simulation of the control room of a nuclear power plant. In *2022 IEEE 2nd Conference on Information Technology and Data Science (CITDS)*. IEEE, Debrecen, Hungary, 249–252. <https://doi.org/10.1109/CITDS54976.2022.9914190>
- [15] **B. Katalin Szabo**. 2019. Interaction in an immersive virtual reality application. In *2019 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*. IEEE, Naples, Italy, 35–40. <https://doi.org/10.1109/CogInfoCom47531.2019.9089957>
Quotations: according to Scopus: 9 Web of Science: 5
- [16] **B. Katalin Szabó** and Attila Gilányi. 2020. The notion of immersion in virtual reality literature and related sources. In *2020 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*. IEEE, Mariehamn, Finland, 371–378. <https://doi.org/10.1109/CogInfoCom50765.2020.9237875>
Quotations: according to Scopus: 19 Web of Science: 12

6. Other publications of the author

- [17] Házi Gábor, Jánosy János Sebestyén, Seregi László **Szabó B. Katalin**. 1997. A GRASS szimulációs környezet és alkalmazása a Paksi Atomerőműben (The GRASS simulation environment and its application in the Paks Nuclear Power Plant), Elektron. technol., microtech. (1-2) 38-43. 1997. ISSN 0236-8676
- [18] A. Jávör and **B. K. Szabó**. 1985. Switch Level Extension of a Logic Simulator. In Simulation in Research and Development, Proceedings of the IMACS European Simulation Meeting on Simulation in Research and Development, Eger, Hungary, 27–30 August, 1984. Elsevier Science Publishers, , ISBN 0-444-87747-9
- [19] **B. K. Szabó**. 1988. Part-Task Simulator for a WWER-440 Nuclear Power Plant Subsystem, KFKI-1988-34/G,M Preprint
Online: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:20019725
- [20] F. Adorján, L. Bürger, V.V. Ivanov, I. Lux, L. Meskó, A.A. Mozhaev, **K. Szabó**, J. Végh, V.V. Yakovlev. 1990. EMERIS, an advanced information system for a materials testing reactor, KFKI-1990-24/G Preprint, Online: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:22016833 HU ISSN 0368 5330
- [21] F. Adorján, L. Bürger, V. V. Ivanov, I. Lux, L. Meskó, A. A. Mozhaev, **K. Szabó**, J. Végh, V. V. Yakovlev, 1990. EMERIS, an advanced information system for a materials testing reactor, Proceedings of the IAEA/OECD International Symposium on Balancing Automation and Human Action in Nuclear Power Plants, IAEA-SM-315, pp. 223–234, Munich, FRG (9–13 July, 1990) Online: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/22/063/22063655.pdf?r=1&r=1
- [22] J. S. Janosy, Zs. Kiss, **K. Szabo**. 1991. Neutron Flux Controller Model for Compact Simulators, International Atomic Agency Working Group on Nuclear Power Plant Control and Instrumentation, Specialists' Meeting, Balatonfüred, Hungary, September 24–27, 1991. pp. 329-338
- [23] F. Adorján, L. Bürger, V. V. Ivanov, I. Lux, L. Meskó, A. A. Mozhaev, **K. Szabó**, J. Végh, V. V. Yakovlev: Advanced operator support system (EMERIS), including automatic disturbance analysis for a materials testing reactor, Proceedings of the NEACRP Specialists' Mtg. on In-Core Instrumentation and Reactor Core Assessment, Pittsburg, USA (1-4 October, 1991). pp. 285-295 <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/nea1832-ic91.pdf>
- [24] **B. K. Szabó**: Human Factors/Ergonomics in Software Development. 1994. Proceedings of the ERŐFI II Autumn School on Reactor Physics, 7–10 November, 1994, Lillafüred, KFKI-1995-11/G, pp. 245–258. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/27/002/27002197.pdf
- [25] J. S. Jánosy, T. Bogdán, G. Házi, **B. K. Szabó**: Generalizing and Upgrading a Set of Simulation Tools to a Full-Graphic Environment, Proceedings of the 1995 Simulation Multi Conference, April 9–13, Phoenix, Arizona, 1995. SCS Publication, ISBN 1-56555-049-8
- [26] J. S. Jánosy, G. Házi, L. Seregi, **B. K. Szabó**: GRASS - the Graphic Simulation System. 1997. Proceedings of the 2nd CSNI Meeting on Simulators and Plant Analyzers Hanasaari, Espoo, Finland., pp. 103–112 Online: <https://www.oecd-nea.org/nsd/docs/1997/csni-r1997-37.pdf>
- [27] E. Végh, G. Házi, J. S. Jánosy, G. Mayer, L. Seregi, **B. K. Szabó**. 2001. Graphical Simulator of the ETTR-1 Research Reactor, Modelling And Simulation 2001, 15th European Simulation Multiconference, Prague, June 2001. In: Kerckhoffs, E.J.H; Snorek, M (ed.) Modelling and simulation 2001: 15th European Simulation Multiconference, ESM 2001, Delft, The Netherlands. Society for Computer Simulation. pp. 373-380.



Registry number: DEENK/500/2025.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Beatrix Katalin Szabó
Doctoral School: Doctoral School of Informatics
MTMT ID: 10064333

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in Hungarian journals (1)

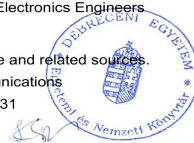
1. **Szabó, B. K.:** Rigged hand model for the Blender Game Engine.
Recent Innov. Mechatron. 6 (1), 1-7, 2019. EISSN: 2064-9622.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17667/riim.2019.1/5>.

Foreign language scientific articles in international journals (2)

2. **Szabó, B. K.:** Web search of software developers-Characteristics and tips.
Front. Educ. 7, 01-06, 2022. EISSN: 2504-284X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/educ.2022.908712>
IF: 2.3
3. Gergely, F., Osán, J., **Szabó, B. K.**, Török, S.: Analytical performance of a versatile laboratory microscopic X-ray fluorescence system for metal uptake studies on argillaceous rocks.
Spectroc. Acta Pt. B-Atom. Spectr. 116, 75-84, 2016. ISSN: 0584-8547.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sab.2015.12.007>
IF: 3.241

Foreign language conference proceedings (3)

4. **Szabó, B. K.:** Using a virtual reality headset in the simulation of the control room of a nuclear power plant.
In: Proceedings of the 2022 IEEE 2nd Conference on Information Technology and Data Science (CITDS) / István Fazekas (editor), Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Piscataway, 249-252, 2022. ISBN: 9781665496537
5. **Szabó, B. K.**, Gilányi, A.: The notion of immersion in virtual reality literature and related sources.
In: 2020 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), IEEE, New York, 371-377, 2020. ISBN: 9781728182131
6. **Szabó, B. K.:** Interaction in an immersive virtual reality application.
In: Proceedings of the 2019 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom) / Péter Baranyi (editor), Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Piscataway (NJ), 35-40, 2019. ISBN: 9781728147925





Foreign language abstracts (1)

7. **Szabó, B. K.:** Using the Leap Motion Hand Detector for 3D Interaction in VR.
In: 7th Winter School of PhD Students in Informatics and Mathematics : Section of
Mathematical and Information Sciences, Association of Hungarian PhD and DLA Students.
Ed.: Péter Hudoba, Flóra Hajdu, Section of Mathematical and Information Sciences,
Association of Hungarian PhD and DLA Students, Veszprém, 33, 2020. ISBN:
9786155586545

List of other publications

Foreign language Hungarian books (2)

8. Adorján, F., Bürger, L., Ivanov, V. V., Lux, I., Meskó, L., Mozhaev, A. A., **Szabó, B. K.**, Végh, J.,
Yakovlev, V. V.: EMERIS, an advanced information system for a materials testing reactor.
KFKI-1990-24/G, Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest, 15 p., 1990.
9. **Szabó, B. K.:** Part-Task Simulator for a WWER-440 Nuclear Power Plant Subsystem. KFKI-1988-
34/G,M, Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest, 24 p., 1988.

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (1)

10. Házi, G., Jánosy, J. S., Seregi, L., **Szabó, B. K.:** A GRASS szimulációs környezet és
alkalmazása a Paksi Atomerőműben.
Elektron. technol., mikrotech. 37 (1-2), 38-43, 1997. ISSN: 0236-8676.

Foreign language conference proceedings (8)

11. Végh, E., Házi, G., Jánosy, J. S., Mayer, G., Seregi, L., **Szabó, B. K.**, Shaat, M. K., Sultan, M. A.:
Graphical Simulator of the ETTR-1 Research Reactor.
In: Modelling and simulation 2001: 15th European Simulation Multiconference / E.J.H
Kerckhoffs, M. Snorek (eds), Society for Computer Simulation, Prague, Czech Rep, 373-377,
2001. ISBN: 1565552253
12. Jánosy, J. S., Házi, G., Seregi, L., **Szabó, B. K.:** GRASS: the Graphic Simulation System.
In: Proceedings of the 2nd CSNI Meeting on Simulators and Plant Analyzers / O. Tiihonen
(ed.), Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Hanasaari, Espoo, Finland, 103-112, 1999.
ISBN: 9513852695
13. Jánosy, J. S., Bogdán, T., Házi, G., **Szabó, B. K.:** Generalizing and upgrading a set of simulation
tools to a full-graphic environment.
In: Proceedings of the 1995 Simulation Multi Conference / Maurice Ades, Ariel Sharon (eds.),
Society For Computer Simulation, San Diego, CA, 298-303, 1995. ISBN: 1565550498



14. **Szabó, B. K.:** Human factors/ergonomics in software development.
In: Proceedings of the ERŐFI II Autumn School on Reactor Physics / Rácz Attila (ed.), KFKI Atomic Energy Research Institute, Budapest, 245-258, 1994, (KFKI Reports ; KFKI-1995/11/G)
15. Adorján, F., Bürger, L., Ivanov, V. V., Lux, I., Meskó, L., Mozhaev, A. A., **Szabó, B. K.**, Végh, J., Yakovlev, V. V.: Advanced operator support system (EMERIS), including automatic disturbance analysis for a materials testing reactor.
In: Proceedings of the NEACRP Specialists' Mtg. on In-Core Instrumentation and Reactor Core Assessment, Pittsburg, USA (1-4 October, 1991). Ed.: Georg Grondey, OECD Nuclear Energy Agency, Paris, 285-295, 1992.
16. Jánosy, J. S., Kiss, Z., **Szabó, B. K.:** Neutron Flux Controller Model for Compact Simulators.
In: International Atomic Agency Working Group on Nuclear Power Plant Control and Instrumentation, Specialists' Meeting, Balatonfüred, Hungary, September 24-27, 1991. Ed.: Andrei Kossilov, International Atomic Agency, Balatonfüred, 329-338, 1991.
17. Adorján, F., Bürger, L., Ivanov, V. V., Lux, I., Meskó, L., Mozhaev, A. A., **Szabó, B. K.**, Végh, J., Yakovlev, V. V.: EMERIS: an advanced information system for a materials testing reactor.
In: Proceedings of the IAEA/OECD International Symposium on Balancing Automation and Human Action in Nuclear Power Plants / Editorial staff of the IAEA, IAEA, Vienna, 223-234, 1991, (Proceedings Series, ISSN 0074-1884) ISBN: 92000915
18. Jávör, A., **Szabó, B. K.:** Switch Level Extension of a Logic Simulator.
In: Proceedings of the IMACS European Simulation Meeting on Simulation in Research and Development. Ed.: Jávör András, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 139-149, 1985. ISBN: 0444877479

Total IF of journals (all publications): 5,541

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 5,541

The Candidate's publication data submitted to the Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

29 August, 2025

