

3D grafika és animáció-készítés tanítása és tanulása a Gábor Dénes Főiskolán

Teaching and Learning of 3D Graphics and Animations at Dennis Gábor College

Berecz Antónia

Gábor Dénes Főiskola/Alap- és Műszaki Tudományok Intézet, Magyarország, Budapest
berez@gdf.hu

Összefoglalás – A számítógépes grafika, azon belül a 3D grafika és animáció korunkban széles körben használt. A BSc mérnök informatikus hallgatóknál alapkövetelmény, hogy megfelelő szintű elméleti és gyakorlati tudásuk legyen ezen a tudományterületen. A Gábor Dénes Főiskolán alaptantervük szerint több tantárgy során is foglalkoznak a 3D grafikával. Emellett TDK-kutatási témákban, diákműhelyekben, szakdolgozatokban merülnek el benne egyre többen.

Az előadás szubjektív képet ad arról, hogy a Főiskolán milyen tantárgyakban, milyen módszerekkel tanítják/tanulják a hallgatók a 3D grafikát, hogyan támogatja a hallgatók kutatását a tantárgyak követelményein túlmenően a Gábor Dénes Tehetségpont – amelynek koordinátora a szerző, illetve a hallgatók milyen eredményeket tudnak felmutatni.

Bemutatásra kerül néhány bevált gyakorlat a Főiskolán alkalmazott blended learning tanítási formából, amely folyamatosan fejlődik a dolgozatban hangsúlyos Számítógépes grafika és Virtuális valóság tantárgyak, valamint a 3D grafikával/virtuális valósággal foglalkozó Gábor Dénes Tehetségpont diákműhelyekben.

Abstract – 3D computer-graphics and -animations are widespread used in nowadays. Theoretical and practical knowledge is basic requirement for BSc in Computer Engineering students at this discipline. More of core curriculums of Dennis Gábor College contents 3D graphic applications. Besides more and more students deal with 3D graphics on student workshops, in Student Scientific Associations or theses.

Author provides a subjective image about teaching/learning of 3D graphics at the college and about student's results in the managed by herself in the Dennis Gábor Talent Point, where the students research in addition to the requirements of the subjects.

Some of best practices are presented applied at DGC blended-learning method. It is developed continuously in curriculums Computer Graphics and Virtual Reality or at the students workshops of Dennis Gábor Talent Point.

Kulcsszavak: 3D grafika, diákműhely, számítógépes grafika, tehetséggondozás, virtuális valóság.

Keywords: 3D graphics, students workshop, computer graphics, talent development, virtual reality.

I. A 3D SZÁMÍTÓGÉPES GRAFIKA HELYE A GDF BSC MÉRNÖK INFORMATIKUS KÉPZÉSÉBEN

A számítógépes grafika felhasználása átszövi az utóbbi évtizedekben életünk szinte minden területét. A BSc mérnök informatikus képzésben is több tantárgyban hangsúlyosan foglalkozunk vele a Gábor Dénes Főiskolán (GDF). Ezek a **tantárgyak** jelenleg: Digitális képfeldolgozás, Hang- és képtechnika, Multimédia, Műszaki ábrázolás, Számítógépes grafika, Testmodellezés, Távérzékelés, Térinformatikai rendszerek, Virtuális valóság modellezése. A 3D grafika a tárgya a Számítógépes grafika, Testmodellezés és a Virtuális valóság modellezése tantárgyaknak.

A számítógépes grafika felhasználásával ezeken kívül lépten-nyomon találkozunk a GDF-en. Először is a **Főiskola honlapján**, sőt a honlapon a felső menü legutolsó pontjába navigálva 3D virtuális sétát is tehetünk a Főiskola campusán¹ [5].

A GDF ILIAS e-learning keretrendszerben a **tantárgyi mappák** számos multimédiás tananyagot, például 3D-s animációkat, szimulációkat tartalmaznak. A GDF blended learningjének (b-learning) egyik fő eleme a multimédiás elemeket is tartalmazó e-tananyagok. A tantárgyak kötelező elemei, illetve azok helyei a tantárgyi mappákban meg vannak határozva/le vannak szabályozva. Az alábbi ábra felső részén az Adatbázis-kezelés tantárgyi kezdőlapot látjuk. Ezen kötelező elem a tantárgyi útmutató és leírás, az előadásvázlat, a tananyag, a (minta) vizsgafeladatok. Ez a tantárgy kifejezetten sok multimédiás tananyagelemet tartalmaz, például oktatóvideókat.

A GDF b-learningjének másik alapeleme a személyes találkozásokon/órákon, gyakorlatokon, konzultációkon zajló tanítás-tanulás fizikailag a Főiskola campusán – erre utal az alábbi képen a jobb alsó sarokban levő kép az egymással monitorok/tábla körül beszélgetőkkel.

A harmadik b-learning elem az e-konzultáció, amelynek egyik lehetséges helyszíne maga a minden tanítási-tanulási tevékenységet összefogó ILIAS, például a fórum chatszerű/online használatával, de lehetne erre használni az ILIAS chatfunkcióját vagy harmadik fél konferenciák megvalósításához készített szoftverét. Az e-

¹ <http://www.gdf.hu> / Rólunk / Virtuális séta, <http://virtualisseta.gdf.hu/>

konzultációk a GDF-en megvalósulnak Skype-on, ooVoo², Facebookon és természetesen e-mailen keresztül is – mikor melyik a megfelelőbb a tanárnak és a konzultáló hallgatónak.



1. ábra: A GDF b-learningjének alapkonceptiója

A Főiskolán 2008. óta működik tehetségpont, amelyben **diákműhelyek**be szerveződve is folyik a munka. Ezek közül folyamatosan a legtevékenyebbek a számítógépes grafikát alkalmazók: digitális festészet, fotósuli, 3D grafika és animáció; valamint ebben a szemeszterben indult el a 3D technologies for web. Utóbbi kettő kifejezetten a 3D grafika területén alkot, illetve kutat.

A tudományos diákköri (TDK) kutatások/dolgozatok és **szakdolgozati** témák körében is gyakran választják a 3D grafikát diákműhelyesek és azon kívüli hallgatók.

Tanáraink igyekeznek bevonni kutatásaikba a hallgatókat, illetve diákműhelytagokat. A jelentős kutatási vagy innovációs eredményeket felmutató hallgatóknak folyamatosan nyújtunk/javaslunk a Főiskolán belül és azon kívül **publikálási** lehetőségeket.

A dolgozat hátra lévő részében a fentebb említett területeket tekintem át, és mutatok be példákat főként az én tevékenységemhez – tantárgyaimhoz, vezetett diákműhelyemhez, tehetségpontomhoz – kapcsolódva.

II. A SZÁMÍTÓGÉPES GRAFIKA ÉS A VIRTUÁLIS VALÓSÁG TANTÁRGYAK BEMUTATÁSA

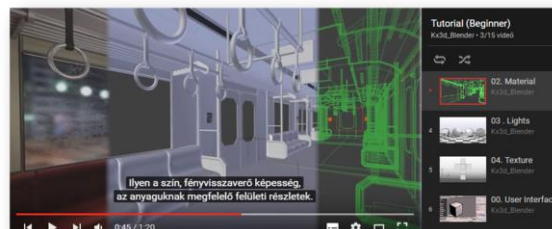
A. Számítógépes grafika tantárgy

A Számítógépes grafika kötelező tantárgy BSc mérnök informatikus szakon. Fő célja, hogy a hallgatók megismerjék a számítógépes grafika legfontosabb fogalmait, eljárásait, szabványait és eszközeit. A hallgatók olyan ismeretanyagot, fogalomrendszert és szemléletmódot sajátítanak el, amely e gyorsan fejlődő szakterületen hosszabb távon is hasznosítható. A tantárgy felkészíti a hallgatókat a számítógépes grafika speciális területeinek (CAD, reklámgrafika stb.) megismerésére, és a Blender általános célú, nyílt forráskódú, animáció-készítő szoftver gyakorlati alkalmazására.

A tantárgy 4 kredit értékű, vagyis 4*30=120 óra tanulást igényel. Elméleti és gyakorlati tananyagot, illetve azokhoz kapcsolódó számonkérést tartalmaz. Az elmélet a GDF ILIAS natív online tananyag objektumtípusában került megvalósításra. Alapja az [1] tankönyv; folyamatosan bővül új eljárásokkal. Sok multimédiás elemet tartalmaz, folyamatosan bővül 3D-s tartalommal, mert többek között a tanult eljárásokat bemutató

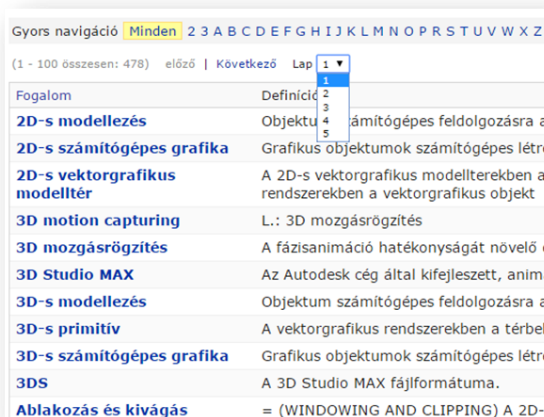
videótutoriók készülnek szakdolgozatok keretében (erre példa [2], amely egyik videótutoriójának képe látható a következő ábrán), valamint a tanultak Blenderben megvalósítására gyakorlati példák kerülnek bele. Az elméleti tananyagból a hallgatók írásbeli vizsgán, esszékérdésekre válaszolva adnak számot.

A tantárgy gyakorlatain a Blender alapjait sajátítják el a hallgatók. Ehhez lépésenkénti video- és PDF-tutoriók használhatók, amelyek nagy része a 3D grafika és animáció diákműhelytagok munkája. A gyakorlati vizsgarészhez rövid animációs filmet kell otthon elkészíteni, és azt a vizsgán prezentáció keretében bemutatniuk/megvédeniük.



2. ábra: Képernyőkép a Számítógépes grafika egy videótutoriójából [2]

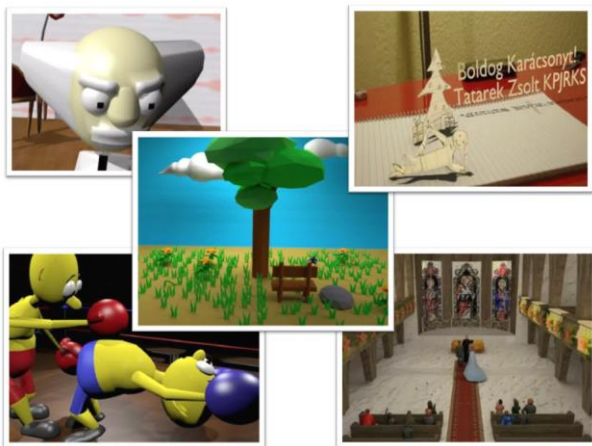
A további anyagok a tanuláshoz a Főiskolán a tantárgyi kezdőlapra meghatározottak, valamint egy közel 500 szakkifejezést tartalmazó online ILIAS fogalomtár (lásd a következő ábrát), ezen kívül az elméleti tananyag fejezetenként önértékelő tesztek. Az elméleti tananyag ellenőrző kérdései megtalálhatók az online tananyag fejezetei végén, linkekkel a megfelelő tananyaglapokra, és külön is, PDF fájlban. Kötelező elem a tantárgyukhoz még a tantárgyi fórum, valamint hallgatói kérdőív a kurzusértékeléshez.



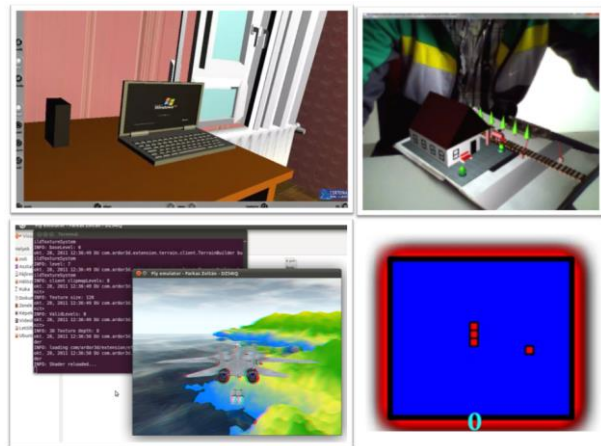
3. ábra: Képernyőkép a Számítógépes grafika fogalomtáráról [3]

Változatos típusú és nagyszámú kiegészítő anyag van az elméleti és a gyakorlati tananyagrészhöz. Többek között a Főiskolán a tantárgy tananyagfejlesztése során korábban készült olvasmányok, magas színvonalú 3D grafika témájú szakdolgozatok. A gyakorlati munkát linkgyűjtemények támogatják, valamint a kiemelkedően jól sikerült vizsga-animációkból egy folyamatosan, szemeszterről-szemeszterre bővülő válogatás (ezekből láthatunk ízelítőt a következő ábrán).

² ooVoo: A Skype-hoz hasonló, szöveges és videocsevegésre, fájl- és képernyőmegosztásra alkalmas ingyenes szoftver.



4. ábra: Ízelítő a kiemelkedően jól sikerült Számítógépes grafika vizsga-animációkból [3]



5. ábra: Ötletes, színvonalas Virtuális valóság tantárgyi vizsgamunkák képernyőképei [4]

B. Virtuális valóság modellezése tantárgy

A Virtuális valóság modellezése fakultatív tantárgy BSc mérnök informatikus, műszaki menedzser és BA gazdálkodási és menedzsment szakokon. Fő célja, hogy a hallgatók a 3D grafikus szimuláció és a kiterjesztett valóság legfontosabb technológiai lehetőségeit, felhasználási területeit megismerjék, az egyes virtuális világok leírásához, bejárásához szükséges ismeretanyagot elsajátítsák.

A tantárgy 3 kredit értékű, vagyis $3 \cdot 30 = 90$ óra tanulást igényel. Elméleti és gyakorlati tananyagot, valamint azokhoz kapcsolódó számonkérést tartalmaz. Az elmélet a GDF ILIAS HTML online tananyag objektumtípusában került megvalósításra „szöveggyűjteményként” – a szakterületet áttekintő olvasmányok, PPT-diasorok találhatók benne –. Az elméleti/áttekintő tananyag számonkérése írásban, esszékérdésekkel történik.

A számítógéptermi és otthoni, önállóan elvégzendő gyakorlati feladatok a következő technológiákat foglalják magukba: játékkészítés Blenderben, VRML 2.0, WebGL, kiterjesztett valóság, játékkészítés jMonkey-val, OpenGL, Java 2D és 3D, modellezés Google SketchUppal. Ezekhez több típusú segédletet nyújtunk. Van, amelyhez rendelkezésre áll tananyag, van olyan téma, amelyhez lépésenkénti tutoriál használható, de van, amelyhez csak diasor készült az elvégzendő lépések felvázolásával. A gyakorlati rész önállóan, otthon elkészített, gyakorlati alkalmazást megcélzó feladatmegoldással teljesíthető, amelynek technológiáját a hallgató maga választja.

Ebből a tantárgyból is számos kiegészítő anyag található a tantárgyi mappában, például jól sikerült szakdolgozatok, amelyek további olvasmányokat jelentenek az órai technológiákhoz, valamint ötletadó, kiemelkedően jó színvonalon megvalósított vizsgamunkák (utóbbiak képernyőképeiből egy válogatás látható a következő ábrán).

C. Válogatás a két tantárgyhoz kapcsolódó, olvasmányként ajánlott szakdolgozatok közül

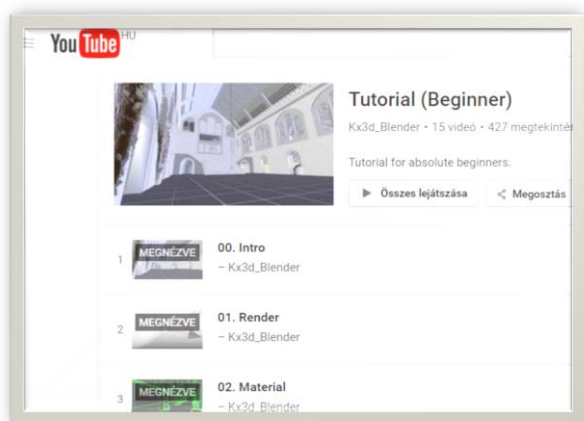
Az ebben a fejezetben példaként bemutatott dolgozatokat az előző két tantárgy inspirálta, azok alapján fejlődtek ki a szakdolgozatok. A konzulens én voltam az utolsó kivételével, amelynek bírálója voltam. Az első és az utolsó dolgozat készítője 3D grafika és animáció műhelytag is. Ezek a dolgozatok a tantárgyi mappákban mintaként szolgálnak a későbbi szemeszterben kurzusokat felvett hallgatóknak, illetve kiegészítő olvasmányok.

A dolgozatok készítői – mint a hallgatók többsége – igyekeznek ingyenes, nyílt forráskódú programokkal és fejlesztőeszközökkel dolgozni. Megfelelő hangsúlyt helyeznek a tervezésre, illetve módszertan, fejlesztési eljárás használatára.

Benei Kristóf András: Vektorgrafikus megjelenítési eljárások – Oktatóvideók kezdő modellezők számára Blenderben, 2015-ös szakdolgozatának [2] célja az volt, hogy olyan videosorozatot készítsen, amely támogatja a Számítógépes grafika tantárgy online tananyagában a Vektorgrafikus megjelenítés című fejezet elsajátítását, egyben hatékonyan szolgálja a Blender használatának alapjait megtanulni. A videókat magyar és angol nyelven feliratozta. Nem csak a GDF ILIAS-os tananyagban, a GDT nyilvános területén, hanem a Youtube-on is publikálta.

A videók készítéséhez csupa ingyenes programot használt. A szoftverek és azok használt főbb funkciói a következők voltak:

- Blender: modellek, illetve jelenetek létrehozásához, vágáshoz, hangszerkesztéshez.
- Open Broadcaster Software, KeyCastOW: a gyakorlati videók felvételéhez.
- GIMP: képszerkesztéshez (például képek igazításához, textúrák létrehozásához).
- Subtitle Workshop: videofeliratok készítéséhez.



6. ábra: Blender videótutorialok újoncoknak videotutorial-sorozat képernyőképe a Youtube-ról [2]

Benei Kristóf elvégzett munkáját, illetve az annak során bevált fogásait több rendezvényen, konferencián ismertette.

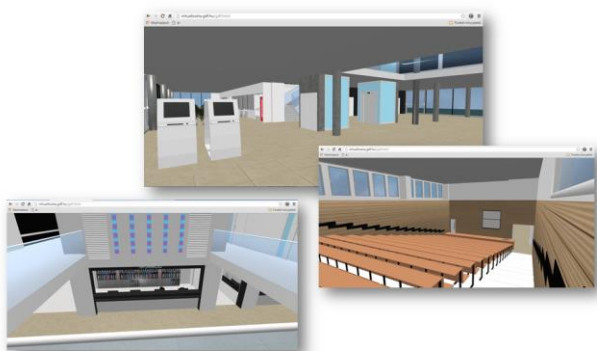
Orbán Alexandra: A SketchUp 3D modelltervező szoftver bemutatása a Gábor Dénes Főiskola épületének megalkotásán keresztül, 2015. szakdolgozatának [5] célja az volt, hogy támogassa a Főiskola épületének megismerését internetes böngészőben, további program/plugin telepítése nélkül. Azok is örömmel használhatják a virtuális sétát, akik ebben az épületben végezték tanulmányaikat, mert segítségével feleleveníthetik az itt töltött éveket.

A feladat egyik összetettségét maga a modell és berendezése adta magas vertexszámával, a másikat az, hogy a modell elkészítése és a publikálás több program és plugin segítségét igényelte, amelyek szinkronba hozása, a felmerülő problémák megoldása is nagy feladat volt.

Az igénybe vett szoftverek és azok használt főbb funkciói a következők voltak:

- SketchUp: 3D-s tervezőszoftver az épület elkészítéséhez.
- Blender: a virtualizációhoz.
- Babylon.js keretrendszer: a böngészőben történő futtatás megvalósításához.

A virtuális séta a GDF honlapján Orbán Alexandra államvizsgálója óta elérhető (képernyőképek az alkalmazásból a következő ábrán láthatók).

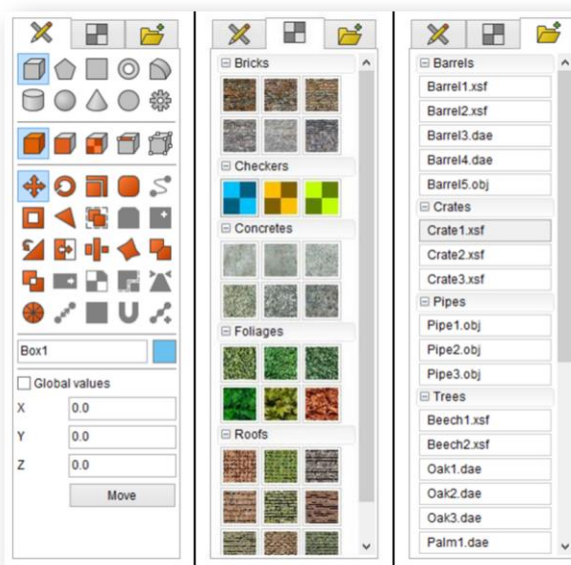


7. ábra: Képernyőképek a GDF virtuális sétájából a Főiskola honlapján [5]

Gyöngyik Péter: SceneForge pályaszerkesztő program fejlesztése Delphiben, 2014. diplomamunkájának [6] célja olyan könnyen kezelhető és egyben jól testre szabható háromdimenziós számítógépes játékok pályáinak szerkesztésére alkalmas alkalmazás elkészítése volt, amely lehetőséget ad bármilyen tetszőleges 3D játék pályáinak az elkészítésére (egy menüjét lásd a következő ábrán). Programjának forráskódja elérhető a GitHubon, a GNU General Public License 3 feltételeinek megfelelően szabadon terjeszthető, illetve módosítható.

A használt fejlesztőeszköz és szabványok a következők voltak:

- Delphi fejlesztői környezet: a programozáshoz.
- OpenGL: a SceneForge grafikai elemeinek megrajzolásához.
- COLLADA: a SceneForge-ben elkészített pályák exportálásához.
- Inkscape: az ikonok rajzolásához.

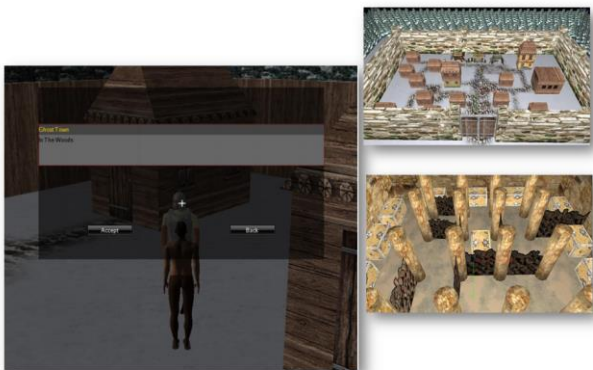


8. ábra: A SceneForge pályaszerkesztő program egy menüje [6]

Hergát Rudolf: „The Provinces Of Dintena” játék fejlesztése jMonkeyEngine-nel, 2014. szakdolgozatának [7] célja akció-szerepjáték stílusú számítógépes játékszoftver fejlesztése volt. Ez a játék nyílt világú (open world), vagyis a játékos benne szabad akarata szerint cselekszik (lásd az alábbi ábrát). A játék világa és szabályrendszere is a készítő sajátja.

A munka során használt szoftverek és a főbb funkciók:

- Blender: modellek elkészítésére.
- MakeHuman: emberkarakterek generálásához.
- GIMP: textúrák készítéséhez.
- jMonkeyEngine 3: játékmotor.

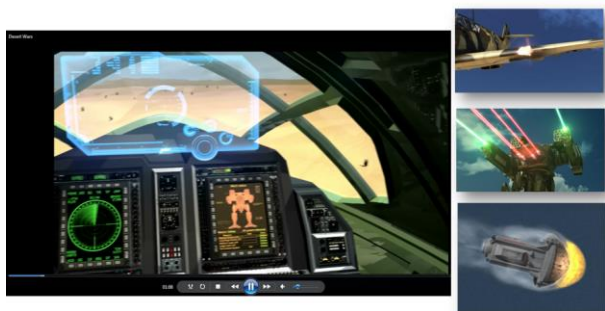


9. ábra: Képernyőképek a „The Provinces Of Dintena” játékból [7]

Hoffer Ottó: 3D animáció készítése speciális effektek alkalmazásával, 2014. szakdolgozatának [8] célja egy sok éve dédelgetett ötletének animációs filmre vitele volt. Ennek eredménye a kb. 20 perces, Desert Wars című film. Ezen kívül a műfajjal most ismerkedőknek kívánt segítséget nyújtani dolgozatával.

A filmje elkészítéséhez használt főbb programok és funkcióik az alábbiak voltak:

- 3D Studio Max: modellezéshez.
- Fusion: kompozitáláshoz.
- Adobe After Effects: kompozitáláshoz és hangkeveréshez.
- FL Studio 11: zene-/hangszerkesztéshez.
- Sony Vegas, Adobe Premiere: videoszerkesztéshez.



10. ábra: Képek a Desert Wars filmből [8]

Katona Horváth Ádám: 3D karakter készítése játékszoftverekhez, 2014. szakdolgozatának [9] célja az volt, hogy a témában kezdők számára bemutassa egy játékszoftverben felhasználható karakter elkészítésének lépéseit és számos buktatóját. A lehetőségek ismertetésével párhuzamosan készítette el (modellezte, textúrázta) az általa tervezett Reduar alacsony poligonszámú, textúrázott játékkaraktert (lásd a következő ábrát).

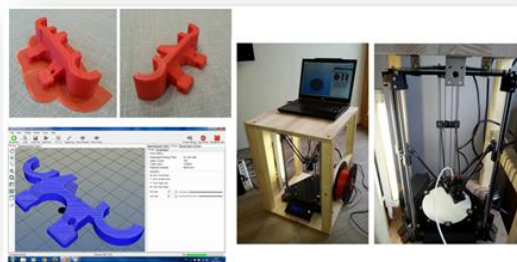
A szakdolgozatban bemutatott, illetve használt szoftverek a következők voltak:

- Adobe Photoshop, Paint.NET, Gimp Shop, Mudbox, xNormal: tervek és koncepciórajzok, illetve textúrák készítéséhez.
- 3D Studio Max, Maya, Blender: modellezéshez és textúrákészítéshez.
- ZBrush: modellek szobrászattal készítéséhez.



11. ábra: 3D karakter játékszoftverekhez [9]

Krupa Gábor: A 3D nyomtatás otthoni lehetőségeinek vizsgálata Solidworks-ben megtervezett mintadarab szabadon fejleszthető eszközzel történő kinyomtatásán és tesztelésén keresztül, 2015. szakdolgozatának [10] célja az volt, hogy egy konkrét 3D nyomtató példáján keresztül bemutassa, hogy kifejezetten otthoni felhasználásra is elérhető nyomtatóval mekkora pontosság és szerkezeti hasonlóság érhető el, használható lesz-e a kinyomtatott modell az eredeti tárgy funkcióját betölteni. A választott nyomtató RepRap (REPLICating RAPid Prototyper, önmagát részben reprodukálni képes), nyílt rendszerű nyomtató volt, mert ez a technológia alkalmas leginkább a továbbfejlesztésre/átalakításra, és önmaga egy részének újragyártására. A dolgozat végigvezeti a szoftver- és hardverproblémák megoldásai iránt érdeklődőket a nyomtatótípus beszerzésétől a kinyomtatott és tökéletesített modell elkészültéig, valamint több felmerülő problémát elemez és megold. Természetesen a dolgozat kitér a 3D nyomtatás jövőbeni otthoni lehetőségeire is.



12. ábra: Képek a 3D nyomtatás otthoni lehetőségeinek vizsgálatával foglalkozó szakdolgozatból [10]

Krupa Gábor 3D grafika és animáció diákműhelytag több rendezvényen szerepelt már, és mutatta be az érdeklődőknek a gyakorlatban a technológiát.

III. TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZATOK

Mint minden felsőoktatási iskolában, a GDF-en is hangsúlyos a hallgatók kutatásba bevonása, a tudományos diákköri munka, illetve dolgozatok készítése, majd azok bemutatása a házi és az országos TDK konferenciákon.

A közelmúlt legsikeresebb 3D számítógépes grafikái, illetve virtuális valóság kutatásai Főiskolánkon Dr.

Kopácsi Sándor vezetésével, az MTA SZTAKI-val együttműködve valósultak meg.

A GDF-en megrendezett XXXI. OTDK Informatika Tudományi Szekció 2013-ban azért is volt sikeres számunkra, mert II. díjat és különdíjat nyert Neumann Gyöngyi és Zsiga Bernadett: Háromdimenziós weblapfejlesztés munkájával a Szoftverfejlesztés II. – Vizualizáció tagozaton. Kettőjük munkája a 3D web és az MTA SZTAKI 3D-s weblapja, amelyekről a következő két kép készült.



13. ábra: A 3D web honlap kezdőoldala³



14. ábra: Az MTA SZTAKI 3D weboldala⁴

A 2015-ös OTDK-ra jutott tovább Tövisy Judit Zsuzsanna: Automatikus háromdimenziós képkonverzió weblapokon dolgozatában dokumentált kutatásaival a Számítógépes Jelfeldolgozás tagozatba. Egy másik munkája az anaglif TEI of Crete – Daidalika honlap [25], amely az eredeti [26] tartalmát szolgáltatja (lásd a következő ábrát).

Tövisy Judit Zsuzsanna több szemeszteren keresztül volt aktív tagja a 3D grafika és animáció diákműhelynek.



15. ábra: A Daidalika 3D-s weblapja [25]

IV. 3D GRAFIKÁVAL FOGLALKOZÓ DIÁKMŰHELYEK A GDT-BEN

A. A tehetségpont rövid bemutatása

A Gábor Dénes Tehetségpontban (GDT) 2008-as megalakulása óta vannak diákműhelyek. A GDT mellett, hogy a Főiskola intézeteinek oktatási és tudományos profiljához kapcsolódóan, a közép- és felsőoktatásban tanulók körében egyaránt koncentrál a tehetségek felkarolására, a Tehetségpont keretein belül olyan speciális alkotó diákműhelyeket működtet, amelyekre a hallgatónak igényük van. Ezek bizonyos értelemben hiánypótlóak vagy újszerűek.

Tehetségpontunk jogosult nyilvános dokumentumain a Nemzeti Tehetségsegítő Tanács Akkreditált Kiváló Tehetségpontja cím használatára a 2011-es és a 2014-es évi akkreditáció eredményeként. 2016 elején bekerültünk az Európai Tehetségpont hálózatba⁵ is.



16. ábra: A GDT Facebook oldala [17]

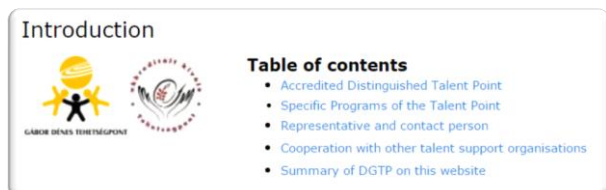
³ <http://3dweb.hu/>

⁴ <http://www.sztaki.hu/?type=3>

⁵ <http://www.echa.info/high-ability-in-europe>

A GDT-ben zajló életről az interneten több helyen informáljuk az érdeklődőket, és ezek a helyek minden internetes lapunkról elérhetők:

- Magyarul: a Főiskola honlapján⁶, a GDF ILIAS-ban, a Facebookon (lásd az előző ábrát) és a Twitteren.
- Angolul: a Főiskola honlapján (Our introduction on the College website, lásd a következő ábrát) és a GDF ILIAS-ban (DG Talent Point on the website of DGC ILIAS).



17. ábra: A GDT angol nyelvű bemutatkozó oldalának tartalomjegyzéke a Főiskola honlapján [18]

Az elmúlt tanévekben másféltucat különböző témájú diákműhely működött legalább egy szemeszter erejéig. A legnagyobb múltúak a 3D grafika és animáció, a digitális festészet és a fotósuli – mindhárom a számítógépes grafika egy-egy területét célozza. A következőkben röviden bemutatom a két 3D grafikával foglalkozó diákműhelyt: a 3D grafika és animációt, valamint a 3D Technologies for Webet.

B. 3D grafika és animáció diákműhely

A 3D grafika és animáció diákműhelybe főként mérnök informatikus szakos hallgatók járnak, de minden tanévben csatlakozik hozzánk általános és/vagy középiskolás diák, már végzett hallgató vagy oktató (ebben a tanévben a legidősebb tagunk 80 éves volt). Nagy múltja és széles körű, gazdag tevékenysége nyomán nem csak aktív tagjai vannak ennek a diákműhelynek, hanem levelező tagjai – akik régebben aktívak voltak, de munkájuk és már más irányú tevékenységeik miatt nem tudnak járni, viszont követni szeretnék a műhely életét –, tiszteletbeli tagjai – akik kiemelkedően sokat tettek a műhelyért –, valamint örökös tagjai, akik elévülhetetlen értékeket alkottak a műhely számára.

A szemeszteri/éves tematika fő jellemzője, hogy az őszi szemeszterben az alapok, illetve azok elmélyítése a cél. Ennek termékei képek és írásos/videótutorialok. A tavaszi félévben az animáció-készítésen van a hangsúly, ekkor születnek az ún. műhelyfilmek is.

A sok hagyomány és bevált módszer egyike, hogy a tanévkezdő foglalkozáson, amely egyben a Tehetségpont nyílt napja is, egy frissen végzett GDF-es hallgató kutatásai/szakdolgozata nyomán tart rendhagyó előadást a 3D grafika és animáció területéről.

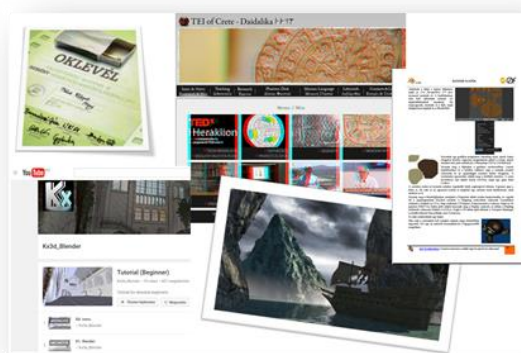
A foglalkozásokat szinte mindig a tagok tartják egymásnak. Ezek előzetes felkészülés után gyakorlati tutorialok, kiselőadás a Blender új verziójáról vagy open projektjéről⁷, egy-egy művészeti korszak vagy stílus bemutatása stb. Nagy sikere van azoknak a gyakorlati foglalkozásoknak is, amelyek nem a Blendert használják,

hanem valamely másik grafikus szoftvert, például 3D Max-ot, Maya-t, SkethUpot, Photoshopot.

A diákműhely tagjainak bevonásával folyamatosan készülnek lépésről-lépésre vezető írásos és videótutorialok, amelyeket a mérnök informatikus szakos hallgatók is használnak tanuláshoz a Számítógépes grafika tantárgyban.

Ilyen széles körű tagságot, munkájukat kényelmesen internetes, illetve e-learninges eszközökkel lehet menedzselni. A GDF ILIAS-t használjuk körlevelezésre, egymás elérhetőségének tárolására, a tagok munkájának gyűjtésére/bemutatására/megőrzésére, projektmunkák támogatására, munkánk publikálására. A Facebook, Skype, ooVoo is jó szolgálatot tesz a tagok közötti kapcsolattartásban.

Az alábbi képen a műhely életéből látunk néhány jellemző alkotást/eredményt.



18. ábra: Képek a 3D grafika és animáció diákműhely életéből [21]

C. 3D Technologies for Web Student Workshop

A 3D Technologies for Web Student Workshop ebben, a 2015/16. II. szemeszterben indult, angol nyelven. Vezetője Erasmus+ program keretében tartózkodott Főiskolánkon PhD. hallgatóként.

A tagok több 3D-s technológiával ismerkedtek meg, ezen kívül foglalkoztak a webergonómiával és a webes akadálymentességgel (lásd a következő ábrát). A hangsúly a félév elejétől a WebGL-en volt, mert illeszkedik a tagok érdeklődéséhez, előképzettségéhez. Szerencsésen egymásra találtak a Pávaszem Webáruház és annak bútoröltöztető alkalmazására érkező kisvállalkozói igényrel. Ebben a projektben ingyenes webáruház keretrendszer, a bútoröltöztetéshez berendezett szobák készítéséhez a Blendert, az interaktív webalkalmazás elkészítéséhez a Unity játékmotort, illetve WebGL-t használnak.

A műhelytagok itt is aktívan alakítják közös életüket, részt vállalnak a Tehetségpont rendezvényeiből. Gazdag félévet tudnak maguk mögött, amelyet nyilvános területükön [19] dokumentálnak.

⁶ <http://www.gdf.hu/szervezet/gdf-tehetssegpont/aktualitasok>

⁷ Blender open projekt: A Blender Institute által szervezett filmkészítő projekt, amely a Blender aktuális fejlesztését is támogatva egy-egy rövidfilmet vagy számítógépes játékot készít ingyenes szoftverek használatával, köztük legfőképp a Blenderrel. Minden, a projekt során születő terméket, valamint interjúkat CD-n publikálnak.



19. ábra: Fényképek és a kapcsolódó logó, piktogram a 3D Technologies for Web Student Workshop életéből [19]

V. ÉLET A GDT-BEN

A. Jellemző munkaforma a csoportban és önállóan végzett projektmunka

A diákműhelyek számítógéptermekekben heti, kétheti rendszerességgel tartanak foglalkozásokat/összejöveteleket, ahol az egész csoport irányítottan dolgozik. A foglalkozásokat jellemzően a tagok tartják egymásnak előzetes felkészülés alapján, önkéntesen, mindenki abban a témában, amelyben a legjáratosabb, ami a leginkább érdekli éppen. A diákműhelyek befogadják az érdeklődőket, akik közül gyakran emelkednek ki tehetségek – nem is mindig a választott műhely szakterületén. Lényeges, hogy változatos, gazdag programot és sok lehetőséget biztosítsunk a személyiség és a szakismeretek fejlődésére. Lényeges a jó csoportlégtör, barátságok kialakulása, mert magában az érdeklődés/szakmai motiváció még nem elegendő, hogy rendszeresen különböző szakmai és közösségi feladatokat végezzenek tanulmányaik mellett a tagok.

Egyéni projektmunkák a tutoriálra/előadásra felkészülések, valamint például a képzések – egy 3D-s kép elkészítésére általában nem elegendő egy-egy háromórás foglalkozás. Csoportos projektmunkák a film- és alkalmazáskészítések. Ezeknél a nagyobb gond/feladat nem is a szakmai fogások megtanulása, hanem a jó csoportkommunikáció kifejlesztése. Minden projektmunka azt szolgálja, hogy a tagok saját önálló ütemükben fejlődjenek, segítsék/támogassák egymást.

A múlt szemeszterben négy tehetségpontbeli tag, köztük egy 3D grafika és animáció műhelytag nyerte el a Nemzet Fiatal Tehetségeiért ösztöndíjat (lásd az alábbi ábra jobb felső emléklapját). Ehhez pályázatot (kódja: NTP-EFÖ-P-15) kellett készíteniük, abban egyéni fejlesztésükhöz programot/projektet megfogalmazniuk.

Az alábbi ábrán jellemző képek láthatók a projektmunkák kapcsán. A bal felsőn egy 3D műhelytag a műhelytől függetlenül végzett TDK kutatásának gyakorlati munkáját mutatja be a többieknek.



20. ábra: Képek a 3D grafika és animáció diákműhely életéből [20]

B. Konferenciákon részvétel, kiadványokban publikálás

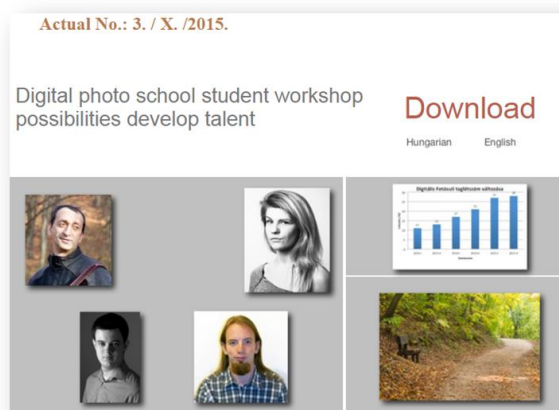
A Tehetségpont tagjai folyamatosan vesznek részt főiskolai és azon kívüli rendezvényeken, konferenciákon, és tartanak prezentációkat, publikálnak kiadványokban. A jelen tanévi, 2015/16-os megjelenéseikből emelek ki az alábbiakban néhányat.

A GDF-en első alkalommal megrendezett Kutatók Éjszakáján (poszterét lásd a következő ábrán) több diákműhelytag és -vezetőtanár szerepelt előadással, köztük a 3D grafika és animáció diákműhelyesek is.



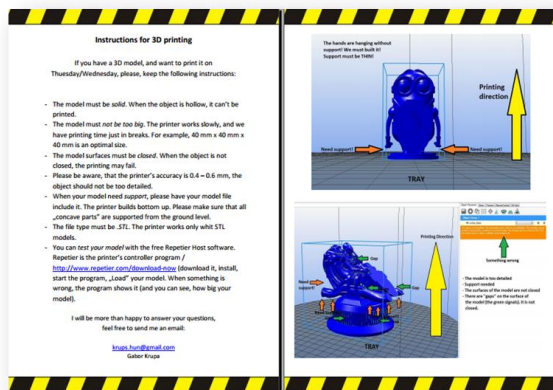
21. ábra: A Kutatók Éjszakája a GDF-en kiadványfüzet fejléce [11]

Diákműhelytagjaink már több NJSZT Multimédia az Oktatásban szakosztályi konferencián bemutatták munkájukat/eredményeiket, írtak dolgozatot a konferencia kiadványába. 2015-ben a szakosztály online folyóiratában jelent meg egy újabb diákműhely cikke, a Digitális fotósulié (lásd az alábbi ábrán). Az idei, 2016-os konferenciára három előadással is neveztek tagok a 3D-vel foglalkozó műhelyekből.



22. ábra: A Jampaper 3./X./2015 számát hirdető kép [12]

Ebben a tanévben már másodszor került megrendezésre Főiskolánkon a külföldi Erasmus hallgatókat is bevonó 3D Graphics Professional Days. Mindkét 3D-vel foglalkozó műhelyünket képviselték tagok, több előadással is [13]. A következő ábrán a 3D nyomtatás előadáshoz/gyakorlati bemutatóhoz készített jó tanácsokat összefoglaló szóróanyag látható.

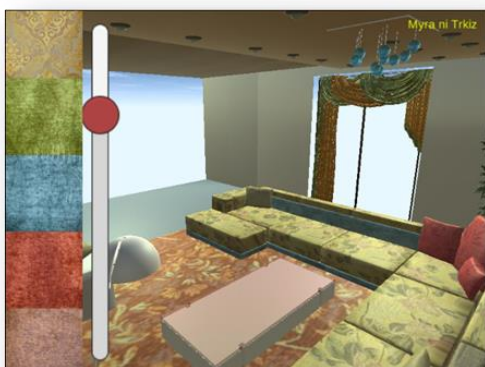


23. ábra: Instructions for 3D printing [13]

A 3D Technologies for Web Student Workshop tagok a bútoröltöztető alkalmazás készítésének előrehaladásáról számoltak be (lásd az alábbi ábrákat).



24. ábra: Képernyőkép a Pávaszem Webáruház bútoröltöztető projektjéről Unityben [15]



25. ábra: Képernyőkép a Pávaszem Webáruház bútoröltöztető alkalmazásának demójából [16]

Ezután a Báthory-Brassai Konferencián szereplésünket emelem ki. Az Informatikai szekcióban mind a két 3D-vel foglalkozó műhelyünkből tartottak előadást. Az alábbi képpel is illusztrált Phaistos-korongot bemutató animáció esettanulmányát a 3D grafika és animáció diákműhely tagja a Művészetek, könyvkiadás szekcióban mutatta be.



26. ábra: A Phaistos-korongot bemutató animáció a Youtube-on [14]

C. Kirándulásokon, rendezvényeken részvétel, azok szervezése

Az utolsó szemeszter egyik kiemelkedő rendezvénye volt Tehetségpontunk számára az általunk már másodszor megrendezett Alkotni jó! tehetségnap [27], amelyen számos partner tehetségpontunk képviselőjével találkoztunk, és mutattuk be egymásnak életünket/eredményeinket. A szervezésből/ vendéglátásból/előadásokból/bemutatókból minden műhely, így a 3D-sek is kivették részüket.

Az Egressy Gábor Két Tanítási Nyelvű Szakközépiskolában működő tehetségponttal évek óta szoros az együttműködésünk. Tavasszal ismét részt vettünk a Fülemlé Informatikai verseny pályázati anyagainak zsűrizésében, valamint rövid előadással mutattuk be Tehetségpontunkat tehetségnapokon. Az utóbbi két tanévben diákműhelytagok képviseltek itt bennünket, és hívták meg tagnak a jelenlévő általános és középiskolásokat.

Több olyan rendezvény, program is van minden tanévben, ahol az együttes élményszerzésen, művelődésen van a hangsúly. Az alábbi ábra bal oldali képe a 2015 decemberi Gábor Dénes-díjátadón készült a Parlamentben a tagokról – ezen az eseményen a műhelyek megalakulásától résztveszünk. A jobb oldali kép Visegrádon, a 3D Graphics Days keretében tett kiránduláson készült a két 3D-s műhely vezető tanárról.



27. ábra: Képek a GDT életéből [20]

A tehetségpont egy másik, hagyományos rendezvénye a tanév végi gála. Az ezen való jó szereplésre készülés motiváló egész tanévben a tagok számára. A családi légkörű rendezvényünkre meghívjuk a családtagokat, barátokat, a Főiskola tanárait, dolgozóit.

A gálán a műhelyek beszámolnak a tanévben végzett munkájukról, kiállítást rendeznek képeikből, bemutatják friss animációs filmjeiket. A közönség számára legjobbak titkos szavazással kerülnek kiválasztásra. A nyertes alkotók ismertségre és elismertségre tesznek szert az egész Főiskolán is.



28. ábra: Képek a GDT tanév végi házigáláiról [21]

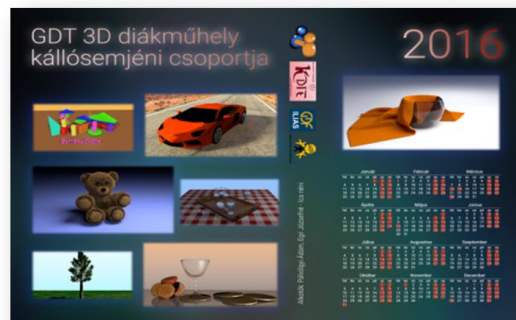
D. Kiadványaink, rendszeres kiállításaink

A Tehetségpont legrégebbi kiadványa hírlevele, amely félévente jelenik meg. Elsőként ezen tanév tavaszi szemeszterének elején került többoldalas kiadásra. Összefoglalásra kerültek benne a nyári és az őszi szemeszter tevékenységei/eredményei/hírei, és meghirdetjük a tavaszi szemeszterben induló műhelyeket.



29. ábra: A GDT 2015/16. tanévének 2. hírlevele [22]

Az idei évre már második alkalommal adtuk ki naptárt a diákműhelytagok által készített képekkel. Az alábbi ábrán a 3D grafika és animáció Skype-csoportját képező kállósejnéni diákok 2016. évi falinaptára látható.

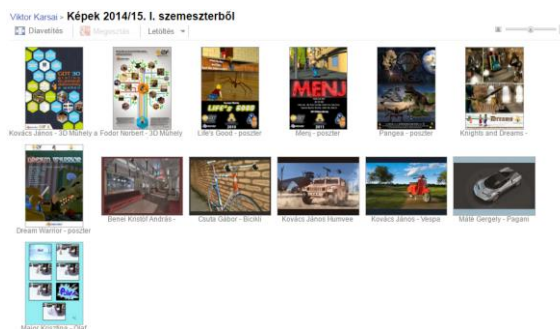


30. ábra: A 3D grafika és animáció Skype-csoportját képező kállósejnéni diákok 2016. évi falinaptára [20]

Folyamatosan vannak kiállításaink a Főiskola aulájában. Ezeket virtuális kiállítás formájában is publikáljuk a készítő műhely nyilvános GDF ILIAS-os területén, a Picasa-n, illetve a GDT Facebook oldalán. A következő két ábrán a 3D grafika és animáció diákműhely egy aulában, illetve a Picasan megrendezett kiállításának áttekintése látható.



31. ábra: A 3D grafika és animáció diákműhely 2014/15. I. szemeszter végi kiállítása a Főiskola aulájában [23]



32. ábra: Virtuális kiállítás a 3D grafika és animáció diákműhely 2014/15. I. szemeszteri GDF aulában kiállított képeiből a Picasa-n⁸

E. Általános és középiskolások bevonása a diákműhelyekbe

1) „Rendes tagok”, vagyis egész szemeszterben műhelybe járó gyerekek

A Tehetségpont diákműhelyei igyekeznek minél több általános és középiskolások gyereket bevonni munkájukba. A 3D grafika és animáció diákműhelybe minden tanévben van közülük tag, aki egész szemeszterben-tanévben részt vesz a foglalkozásokon. Ezek a tagjaink is vállalnak közösségi munkát, tartanak egy-egy gyakorlati tutoriált a többieknek.

A „rendes tagok” közül a Kállósejmi Diákokért és Ifjakért Egyesület tagjai nem fizikailag, hanem Skype-on „jártak” foglalkozásra a 2015/16-os tanév I. szemeszterében. A II. szemeszterben már a közülük legtehetségesebb vezette/tutorálta Kállósejmben a modellezés iránt érdeklődő gyerekeket. Tapasztalatairól és eredményeiről a GDT által rendezett második Alkotni jó! tehetségnapon számolt be [27].

2) Blender alapok tanfolyam

Kifejezetten középiskolások gyerekeknek rendeztük a 3D grafika és animáció diákműhelyben a 60 órás Blender alaptanfolyamot a 2010/11-es tanévben, amelyhez az anyagi támogatást az NTP-OKA-XII-006. pályázat biztosította. A tanév végi gálán 11 filmet, rengeteg 3D-s és foglalkozásokon készült pillanatképet mutattak be a számos budapesti és vidéki középiskolából érkező diákok (lásd az alábbi ábrát).



33. ábra: Fényképek a 3D grafika és animáció diákműhely középiskolásoknak tartott 60 órás Blender alaptanfolyamáról [24]

3) 2016-os nyári gyerektáborok

2016. július harmadik hetére kifejezetten általános és középiskolások gyerekeknek hirdettünk egész napos/napközi rendszerű, készségfejlesztő táborokat. Ezekben vannak csoportok a 3D grafika terén is. Célunk az is, hogy a résztvevő gyerekek kóstoljanak bele a főiskolai életbe (nagyelőadások, laborgyakorlatok, zh-k, kooperatív csoportmunka, beszámolók, prezentációk kapcsán).

Az egyik tábor a Műszaki alkalmazások az önálló háztartásban – Ingyenes Nyári Diákműhelyek a Gábor Dénes Tehetségpontban⁹, amelyhez a kapcsolódó pályázat az értékelés folyamatában van. Az induló diákműhelyek és rövid tematikájuk:

- 3D nyomtatás: 3D nyomtató összeállítása, modellek szerkesztése, nyomtatható fájl készítése és nyomtatása.
- Raspberry PI mikroszámítógép: megismerése, konfigurálása, időjárás-alkalmazás készítése.

A másik tábor a GDF Gyerekfőiskola¹⁰, amely a Főiskola szoftverfejlesztési sávjához kapcsolódik. Az induló csoportok és rövid tematikájuk:

- 3D animáció készítő: A Blender általános modellező szoftverrel, kész komponensek használatával, saját forgatókönyv, majd rövidfilm készítése.
- Weboldalkészítő: CMS-ek, HTML és CSS leírónyelvek megismerése, majd saját blog készítése WordPress-szel.

A nyári táborok plakátjának grafikáját, illetve logóját (lásd a következő ábrán), mint más kiadványainkét is, GDT-tag készítette.



34. ábra: A GDT 2016 nyári gyerektáborainak plakátjai [22]

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki előadásom létrejöttében

- azoknak a GDF-es hallgatónak, akik a Számítógépes grafika és a Virtuális valóság tantárgyak számonkérésén bemutatott vizsgamunkájuk egy-egy képével szerepelnek itt;
- konzultált szakdolgozatróimnak a tantárgyi mappákban olvasmányként ajánlott szakdolgozataikért, amelyekkel segítenek elmélyülni az utánuk jövő évfolyamoknak a 3D területén;
- a 3D grafika és animáció diákműhely, a 3D Technologies for Web Student Workshop tagjainak a dolgozat által átfogott szemeszter(ek)beni munkájukért;
- a GDT jelenlegi tagjainak, valamint az időben és példában előttük járóknak.

A Főiskola oktatóinak, vezetőinek támogatása is rendkívül sokat jelent e dolgozat és vele együtt minden tehetségpontbeli tag és műhelyvezető számára.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Budai Attila, Vári Kakas István: Számítógépes grafika, INOK Kft., 2007. p 318, ISBN: 9789639625327.
- [2] Benei Kristóf András: Vektorgrafikus megjelenítési eljárások – Oktatóvideók kezdő modellezők számára Blenderben, Gábor Dénes Főiskola, szakdolgozat, 2015., témavezető: Berecz Antónia http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=cat_57261&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [3] Számítógépes grafika tantárgyi mappa, GDF ILIAS, 2014-2015., http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=cat_46075&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.

⁹ <http://www.tinyurl.com/gdt-nyari-diakmuhelyek>

¹⁰ <http://www.tinyurl.com/GDF-Gyerekfiskola>

- [4] Virtuális valóság modellezése tantárgyi mappa, GDF ILIAS, http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=cat_46099&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [5] Orbán Alexandra: A SketchUp 3D modelltervező szoftver bemutatása a Gábor Dénes Főiskola épületének megalkotásán keresztül, Gábor Dénes Főiskola szakdolgozat, 2015., témavezető: Berecz Antónia, http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=cat_58466&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [6] Péter Gyöngyik: SceneForge pályaszerkesztő program fejlesztése Delphiben, Gábor Dénes Főiskola szakdolgozat, témavezető: Berecz Antónia, 2014., http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=file_52174&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [7] Hergát Rudolf: "The Provinces Of Dintena" játék fejlesztése jMonkeyEngine-nel, Gábor Dénes Főiskola szakdolgozat, 2014., témavezető: Berecz Antónia, http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=file_52175&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [8] Ottó Hoffer: 3D animáció készítése speciális effektek alkalmazásával, Gábor Dénes Főiskola szakdolgozat, 2014., témavezető: Berecz Antónia, http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=file_52169&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [9] Katona Horváth Ádám: 3D karakter készítése játékszoftverekhez, Gábor Dénes Főiskola szakdolgozat, 2014., témavezető: Berecz Antónia, http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=file_52170_download&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [10] Krupa Gábor: A 3D nyomtatás otthoni lehetőségeinek vizsgálata Solidworks-ben megtervezett mintadarab szabadon fejleszthető eszközzel történő kinyomtatásán és tesztelésén keresztül, Gábor Dénes Főiskola szakdolgozat, 2015., témavezető: Littvay László, http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=cat_61228&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [11] Kutatók Éjszakája a GDF-en 2015 programfüzet, Gábor Dénes Főiskola, http://gdf.hu/sites/default/files/kutato_k_ejszakaja_a_gdf-en_2015_programfuzet_web.pdf, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [12] Berke József, Szabó Rita, Bérczy István, Enyedi Attila: Digital photo school student workshop possibilities develop talent, in Jampaper 3. / X. /2015, Neumann János Számítógéptudományi Társaság Multimédia az Oktatásban szakosztály http://www.jampaper.eu/Jampaper_ENG/Issue.html, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [13] Krupa Gábor: Instructions for 3D printing, 3D Graphics Professional Days 2016.04.19-20., Gábor Dénes Főiskola http://www.gdf.hu/sites/default/files/09_krupa-instructions-3dgpdp.pdf, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [14] Nagy Tamás Lajos: Phaistos Disc animáció, 2016. <https://www.youtube.com/playlist?list=PL2QDp7b5mqHBbKGCMEPe1ZjtOCU0HpSrD>, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [15] Félegyházi Tamás: Pávaszem webshop and furniture clothing project, 3D Graphics Professional Days 2016.04.19-20., Gábor Dénes Főiskola, http://gdf.hu/sites/default/files/13_felegyhazi-presentation-3dgpdp.pptx, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [16] Bakos Zoltán, Félegyházi Tamás, Morgován Dániel: Pávaszem Webáruház, <http://pavaszem.hu/>, Minarat 2000 Kft., utolsó látogatás 2016.06.23.
- [17] Gábor Dénes Tehetségpont Facebook oldala, <https://www.facebook.com/gdtalentpoint>, utolsó látogatás 2016.04.08.
- [18] Gábor Dénes Tehetségpont angol nyelvű oldala a Gábor Dénes Főiskola honlapján, <http://www.gdf.hu/szervezet/gd-tehetségpont/introduction>, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [19] 3D Technologies for Web Student Workshop nyilvános területe a GDF ILIAS-ban, http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=pg_43044_58631&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [20] 3D Grafika és Animáció Diákműhely » Műhelyesemények - 2015/16. II., http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=pg_43023_58538&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [21] 3D Grafika és Animáció Diákműhely nyilvános területe a GDF ILIAS-ban, http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=cat_26905&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [22] Gábor Dénes Tehetségpont nyilvános területe a GDF ILIAS-ban, http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=cat_26326&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [23] 3D Grafika és Animáció Diákműhely: Műhelyesemények - 2014/15. I., http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=pg_42044_50958&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [24] 3D Grafika és Animáció Diákműhely: 60 órás Blender alaptanfolyam középiskolásoknak (fényképek, tematika), http://ilias.gdf.hu/goto.php?target=pg_35888_33016&client_id=ilias-ha, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [25] Tövisy Judit Zsuzsanna: TEI of Crete - Daidalika anaglif honlapja, <http://disk.3dweb.hu/TEI%20of%20Crete%20-%20Daidalika.html>, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [26] TEI of Crete - Daidalika, Technological Educational Institute of Crete, http://www.teicrete.gr/daidalika/pages/page.php?page=phaistos_disk, utolsó látogatás 2016.06.23.
- [27] GDT második Alkotni jó! tehetségnap webterülete, <http://tinyurl.com/gd2tehetségnap>, utolsó látogatás 2016.06.23.