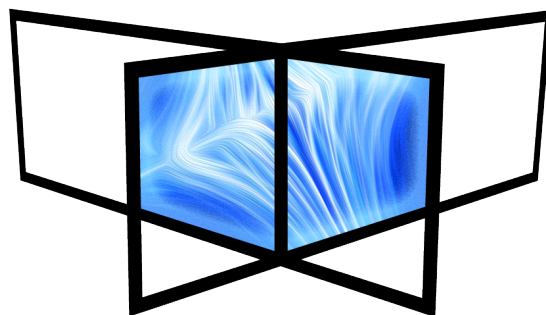


# A TESSERACT VÁSZN

**SZAKDOLGOZAT**  
JUHÁSZ ÁDÁM - 2023 - MÉDIA DESIGN



Konzulens: Kiss Gábor Zoltán  
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
Rippl- Rónai Művészeti Intézet  
Kaposvári Campus

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>1) A diplomamunka rövid ismertetése.....</b>	<b>1</b>
<b>2) Egy virtuális világ felépítése.....</b>	<b>3</b>
(a) 3D modellezés alapjai, textúrázás.....	3
(b) A fény működése a virtuális térben.....	7
<b>3) A tér érzékelése.....</b>	<b>10</b>
(a) 3D grafikák megjelenítése 2D monitorokon.....	10
(b) Az emberi szem térérzékelése.....	12
<b>4) A Diplomamunka.....</b>	<b>14</b>
(a) A diplomamunka bevezetése és célja.....	14
(b) Megrendelő, célközönség, felhasznált eszközök.....	15
(c) Dokumentációforrások/referenciák.....	16
(d) Diplomamunka dokumentációja.....	18
<b>5) Összefoglalás.....</b>	<b>20</b>
<b>6) Hivatkozások (végjegyzékek).....</b>	<b>21</b>
<b>7) Képjegyzék.....</b>	<b>23</b>

# 1) A diplomamunka rövid ismertetése

Szakedolgozatom első sorban a modern technológiai eszközöknek köszönhetően már bárki számára elérhető és létrehozható virtuális terek témájával foglalkozik. Virtuális világokként hivatkozok ezekre a terekre, ugyanis a határvonal, ami elválasztja a mi világunkat a virtuális világtól egyre jobban elmosódik. Gondoljunk csak Mark Zuckerberg, a Facebook alapítójának Metaverzum projektjére, amiben teljesen új határok közé emeli az emberek közötti szociális interakciókat. Egy olyan világ ez, amit nem korlátoznak a valóságunk fizikai szabályai, amiben bárhol és bármilyen körülmények között tudunk kapcsolatot teremteni embertársainkkal, ahol szabadon alkothatunk és az általunk formált élmény minőségének, csak a saját kreativitásunk szab határt. Egy ilyen világ megalkotásának kivitelezése önmagában elképesztőnek és egyben hihetetlennek hat, azonban a legelképesztőbb az, hogy a technológia jelenlegi fejlődési ütemének figyelembevételével, ennek a világnak a létrejötte garantáltan a közeljövőben fog megtörténni.<sup>1</sup>

Véleményem szerint fontos lépés a két világ közti határ elmosásában az, ha képesek vagyunk a már valóságban létező entitásokat, legyenek azok egyszerű hétköznapi tárgyak, vagy, akár élő emberek virtuális világban való lemásolására. Ennek egy tovább fokozása az, ha felhasználjuk ezt a világot arra, hogy a mi valóságunkat, vagy a már benne meglévő entitásokat kiegészítsük, feljavítsuk, és ezáltal új megvilágításba helyezzük.

Diplomamunkám például első sorban a kiegészítésre alapul, amit a művészetet használva, egy híres festmény segítségével érek el. Ennek megvan az az előnye, hogy egy, az emberek számára már ismert alkotásból a virtuális világot használva átvezetjük a nézőt egy számára teljesen új, eddig a mi világunk által megszabott fizikai korlátok miatt elérhetetlen részébe a festménynek. Az egész műalkotás új megvilágításba helyeződik a néző számára, avagy a virtuális világot felhasználva sikeresen megváltoztattuk egy személy valódi világban lévő entitásról alkotott nézetét, ezzel elmosva a határt a két világ között, hiszen mindkét világ képes hatással lenni egymásra.<sup>2</sup>

Szakedolgozatomban a diplomamunkám működése mögött álló tudományos, technológiai és biológiai mechanikákat is meg fogom megvizsgálni, hogy az olvasó teljes mértékben megérthesse, melyek azok a folyamatok, amik az általa látott diplomamunkát lehetővé teszik.

A dolgozat először a 3D modellezés alapjait ismerteti, mely segítségével az olvasó megérti a területen használatos megoldások mögött álló tudományt, egy 3D modell felépítését, részeit, valamint a valóságban megtalálható anyagok létrehozásának módszereit a virtuális világban való alkalmazásra. A következő részfejezet a fény, illetve megvilágítás számítógép által történő kiszámításáról fog szólni, ahol össze is hasonlítjuk a valóságban való fényérzékelést a 3D programokban használatos fényszámításokkal.

---

1 Paulina Lopez, The Metaverse, 2022

2 Vittorio Bufacchi, Virtual or Virtuelless reality, 2021

---

---

A harmadik fejezetben a hangsúly a térérzékelésen lesz. Az első alfejezetben elmélyülünk a komplex megoldásokban, amelyek segítségével képes egy számítógép, a benne lévő videokártya segítségével térhatású képet megjeleníteni egy síkképernyős kijelzőn, majd összehasonlításképp megvizsgáljuk, milyen módon képes az emberi szem a körülötte lévő világ térben való érzékelésére.

A negyedik fejezet valamivel direktebb módon fog kapcsolódni a diplomamunkámhoz, mivel ez a fejezet a diplomamunkámmal kapcsolatos fontos kérdéseket fogja meg válaszolni.

Szakedolgozatomat az összegzéssel, valamint az esetleges konklúziók és következtetések levonásával zárom.

## 2) Egy virtuális világ felépítése

### (a) 3D modellezés alapjai, textúrázás

A 3D modellezés tárgyak, vagy jelenetek háromdimenziós digitális reprezentációinak/létrehozásának folyamata. Ez a folyamat olyan speciális szoftver használatát igényli, amely lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy egy virtuális környezetben objektumokat hozzon létre, kezeljen és módosítson. Az egyik fő alapelv az egymáshoz képest derékszögű koordináták használata a háromdimenziós tér ábrázolására. Ezeket a koordinátákat három tengely határozza meg: X, Y és Z. Egy objektum e tengelyekhez viszonyított helyzetének megadásával a felhasználó létrehozhatja az objektum digitális ábrázolását a 3D térben.

Szintén fontos alapelv a geometriai primitívek használata összetett alakzatok létrehozására. Ezek a primitívek közé tartoznak az alapvető formák, például gömbök, kockák és hengerek, valamint összetettebb formák, például görbék és „spline”-ok. Ezeket a primitíveket különböző módon kombinálva a felhasználó komplexebb és részletesebb alakzatokat hozhat létre.



1. kép: Wireframe

A 3D modellezés folyamata jellemzően több szakaszból áll. Az első szakasz a koncepciótervezés, ahol a felhasználó felvázolja az ötleteket a modellhez, és meghatározza annak formáját és funkcióját. Ezt követi a referenciagyűjtés, ahol a felhasználó képeket, méréseket és egyéb adatokat gyűjt, amelyeket a modell elkészítéséhez használ fel. A következő lépés a modellezés, ahol a felhasználó speciális szoftvert használ a 3D objektum létrehozásához. Számos szoftver áll rendelkezésre a 3D modellezéshez, mindegyiknek megvan a maga erőssége és gyengesége. Néhány népszerű program az „Autodesk Maya”, a „3ds Max”, a „Blender”, a „SketchUp”, a „Cinema 4D” és a „ZBrush”. Minden programnak megvannak a saját egyedi, és/vagy általános funkciói és eszközei, és a szoftver kiválasztása gyakran a projekt konkrét igényeitől függ.

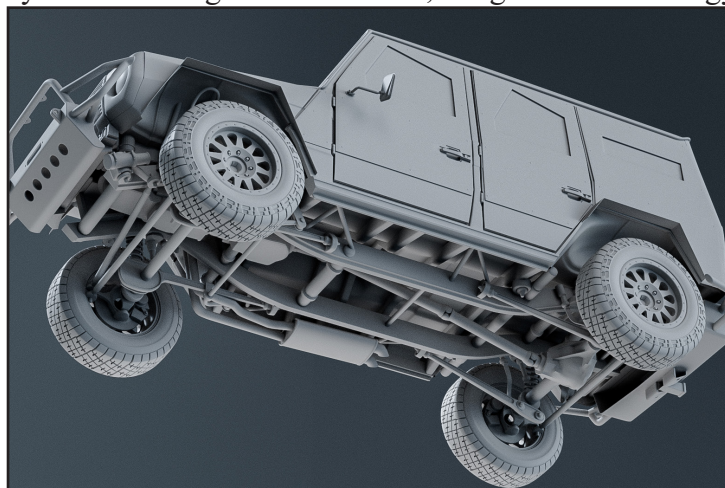
Különböző technikák használhatók ezeknek a modelleknek a létrehozására, mint például a sokszögű (polygon modeling) modellezés, ahol a modell egymáshoz kapcsolódó háromszögekből vagy sokszögekből áll össze, vagy a NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline, magyarul nem egységes racionális bázisspline), ahol a modell sima görbéket és felületeket meghatározó matematikai egyenleteken alapul.<sup>1</sup>

1 Thomas Denham, Polygonal and NURBS Modeling, 2020

Alapvetően két 3D modellezési módot különböztetünk meg, amelyre a 3D iparágban a legtöbben specializálódnak.

Az egyik ezek közül a „hard-surface” modellezés. A „hard-surface” (keményfelület-modellezés) a 3D-s modellezési technika egyik fajtája, amely éles szélű és sík felületű tárgyak, például gépek, járművek, épületek és fegyverek 3D-s modelljeinek létrehozását foglalja magában. Ez egy sokoldalú technika, amelyet általában a szórakoztatóiparban használnak digitális eszközök létrehozására filmekhez, videojátékokhoz és egyéb vizuális effektusokhoz.

A „hard-surface” modellezés folyamata egy 3D rácsháló létrehozását foglalja magában, sokszögek (polygons), élek (edges) és csúcspontok (vertices) használatával. Az alkotó azzal kezdi, hogy „kiblokkolja”, avagy alapvető geometriai formákkal létrehozza a tárgy alapformáját, amelyet aztán további részletekkel folyamatosan kiegészít és módosít, amíg el nem éri a tárgy a végleges formáját.



2. kép: Hard-surface

Ennek a modellezési formának az egyik legfontosabb előnye, hogy lehetővé teszi nagymértékű részletgazdagság elérését a 3D modelleknél, ami elengedhetetlen összetett objektumok, például járművek és gépek létrehozásakor. Az éles élek és a lapos felületek használata is elősegíti a modell tiszta és precíz megjelenését. Megjegyzendő, hogy ez a technika magában foglalhatja a fizika alapelveit is, különösen olyan objektumok létrehozásakor, mint például járművek vagy gépek, amelyeknél az alkotónak olyan tényezőket kell figyelembe vennie, mint a súly, az egyensúly és a mozgás a tárgy tervezése során, hogy az valóságként viselkedjen a virtuális környezetben.<sup>1</sup>

---

1 Emma Garofalo, Hard Surface 3D Modeling, 2022

A másik gyakran használt 3D modellezési forma az organikus modellezés. Az organikus modellezés a 3D modellezési technika egy olyan fajtája, amely szabálytalan alakú és ívelt felületű objektumok, például növények, állatok és emberi karakterek 3D modelljeinek létrehozását foglalja magában. Ez egy összetett folyamat, amely megköveteli az anatómia, a forma és általánosságban minden organikus lény/tárgy összetételének mély megértését.

Az organikus modellezés folyamata magában foglalja egy 3D rácsháló létrehozását, hasonlóan a „hard-surface” modellezéshez, azonban ebben az esetben az alkotó nem „kiblokkolja” a modellt alapvető alakzatokkal, hanem a 3D tervező programot használva tulajdonképpen digitális szobrászkodást hajt végre. Az adott rácshálót szabadon lehet módosítani, hozzáadni, elvenni belőle, nyújtani, összenyomni, hasonlóképpen, mint a gyurmát.

Az organikus modellezés egyik kulcsfontosságú kihívása a modell valósághű megjelenítése. Ehhez az alkotónak olyan tényezőket kell figyelembe vennie, mint az izomszerkezet, a csontszerkezet és a bőr textúrája a tárgy megtervezésekor, hogy biztosítsa a valósághű megjelenést és viselkedést egy virtuális környezetben.<sup>1</sup>



3. kép: Organikus modellezés

---

1 Sushmita Roy, 3D Hard Surface Modeling Vs Organic Modeling, 2023

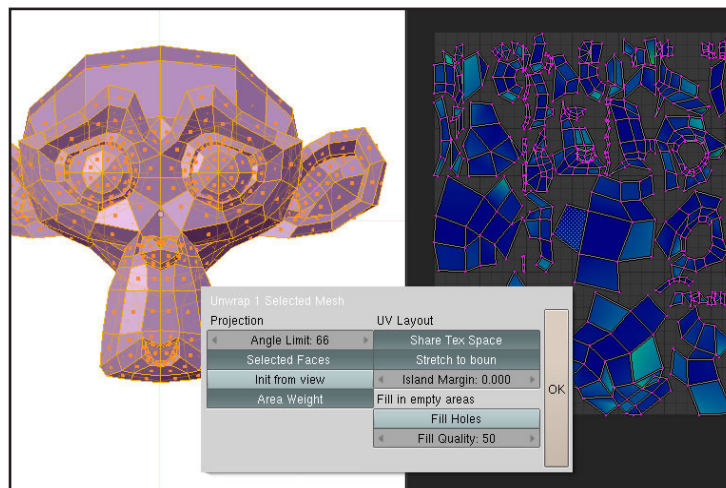
---

A textúrázás a 3D modellezési munkafolyamat lényeges összetevője. Ez az a folyamat, amellyel a 3D modelleket felületi részletekkel egészítik ki, hogy valóságosabbá és általánosabbban véve szebbé tegyék őket. A textúrázás során 2D képeket, úgynevezett textúrákat helyezünk a 3D modell felületére, hogy különböző anyagokat és felületeket szimuláljunk.

A textúrázás folyamata a 3D modellezési munkafolyamatban több lépésből áll. Az első lépés egy UV-térkép létrehozása, amely a 3D-s modell felületének 2D-s ábrázolása. Tulajdonképpen a 3D modellt a program segítségével az élek mentén kihajtogatjuk egy síklapra. Az UV térkép segítségével meghatározható az, hogy a textúra hogyan kerül alkalmazásra a 3D modell felületén. Az alkotónak gondoskodnia kell arról is, hogy az UV-térkép optimalizálva legyen, hogy elkerülje a textúra nyújtását vagy torzulását.

A következő lépés maga a textúra létrehozása. A textúrák különféle módszerekkel hozhatók létre, mint például digitális festéssel, fényképezéssel stb. Fontos azonban, hogy a textúra nagy felbontású és a tervezett felhasználásnak megfelelő részletgazdagságú legyen.

A textúra létrehozása után beállíthatjuk a textúra elhelyezését, méretarányát és elforgatását, hogy ezzel biztosítsuk a 3D-s modell felületéhez való igazodást. A kívánt megjelenés elérése érdekében módosíthatják a textúra tulajdonságait is, például színét, átlátszóságát és fényvisszaverő képességét. Fontos, hogy a 3D modell alkotója tisztában legyen a színtudomány és a vizuális érzékelés elveivel is, valamint gondoskodnia kell arról, hogy a textúra színe és kontrasztja a tervezett felhasználáshoz optimalizálva legyen, és a textúra valóságosnak tűnjön különböző fényviszonyok között is.



4. kép: Textúrázás

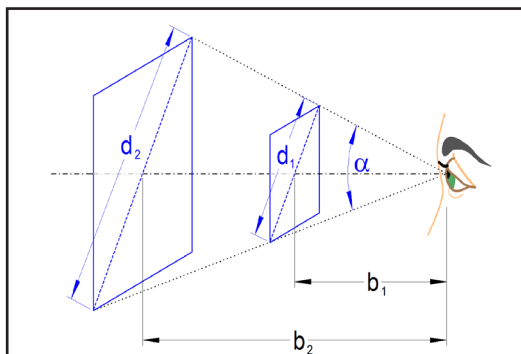


## 2) Egy virtuális világ felépítése

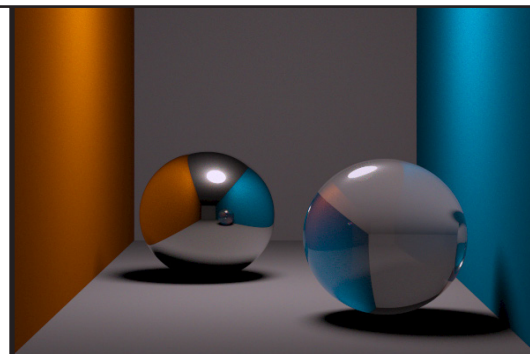
### (b) A fény működése a virtuális térben

A világítás a 3D alkalmazások alapvető eleme, amely kulcsszerepet játszik a valósághűség, a mélység és a hangulat érzetének megteremtésében a virtuális környezetben. A fény különböző felületekkel, textúrákkal és anyagokkal való kölcsönhatásának szimulálásával a 3D grafikusok meggyőző és magával ragadó virtuális világokat hozhatnak létre, amelyek a valós világ megvilágításának lényegét ragadják meg. A világítás továbbá arra is használható, hogy a felhasználó figyelmét és fókuszát a jeleneten belül irányítsa, kiemelve a fontos tárgyakat, területeket vagy elemeket, míg más tárgyak jelentőségét csökkentse.<sup>1</sup>

A 3D-s grafika egyik legfontosabb kihívása a meggyőző és valósághű világítás létrehozása, amely megfelel a valós világ megjelenésének és érzetének. A valós világban a világítás összetett és dinamikus jelenség, amely számos tényezőtől függ, például a nap állásától, az időjárási viszonyoktól, a felületek tulajdonságaitól és a környezettől. Mindezen részletek megragadása egy virtuális világban nem könnyű feladat, és olyan kifinomult algoritmusokat és technikákat igényel, amelyek képesek a fény viselkedését fizikailag pontosan szimulálni.<sup>2</sup>



5. kép: Raszterizálás



6. kép: Ray-tracing

A 3D-s grafikák renderelésére (megjelenítésére, kiszámolására) különböző technikák léteznek, amelyek mindegyike saját előnyökkel, hátrányokkal és korlátokkal rendelkezik a világítással kapcsolatban. A raszterizálás például gyors és hatékony módszer a 3D-s jelenetek renderelésére, de korlátozott pontossággal és realizmussal rendelkezik, amikor olyan világítási effektusokról van szó, mint az árnyékok, tükröződések és fénytörések. A sugárkövetés (ray-tracing) ezzel szemben egy fejlettebb és fizikailag pontosabb módszer, amely a világítási effektusok széles skáláját képes szimulálni, de számításigényes, és speciális hardver- vagy szoftvertámogatást igényelhet. A globális megvilágítás egy hibrid technika, amely a két módszer előnyeit egyesíti azáltal, hogy a jeleneten belüli közvetett megvilágítást és a fény visszaverődését szimulálja. A globális megvilágításnak, azonban vannak korlátai is, például a hosszabb renderelési idő és a gondos hangolás és optimalizálás szükségessége.<sup>3</sup>

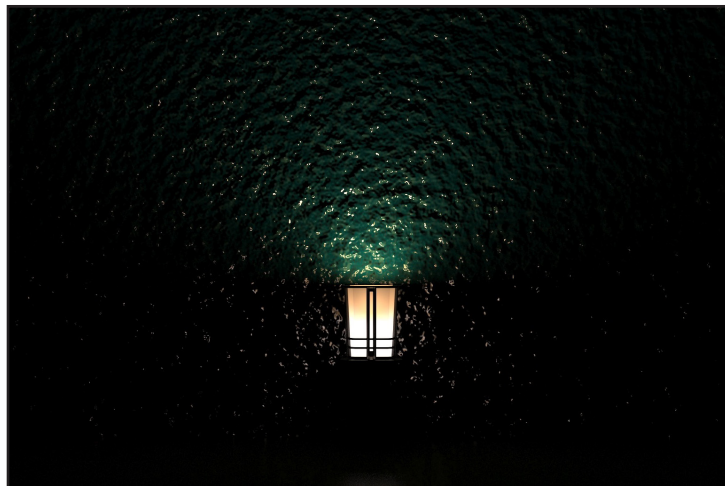
1 Djorde Ilic, Realistic 3D lighting, 2017

2 Akenine-Möller, Real-Time Rendering, 2018, pp. 293-331

3 Akenine-Möller, Real-Time Rendering, 2018, pp. 993-1040

A megvilágítási technika és algoritmus kiválasztása különböző tényezőktől függ, például a jelenet összetettségétől, a kívánt realizmus szintjétől, valamint a rendelkezésre álló hardver- és szoftverforrásoktól. Általánosságban elmondható, hogy minél valóságosabb és pontosabb a világítás, annál több számítási és memóriaerőforrásra van szükség. Ezért a világítás teljesítményének és minőségének optimalizálása és kiegyensúlyozása fontos szempont a virtuális térben.

A világítás használata a 3D alkalmazásokban nemcsak technikai, hanem tervezési és művészeti kérdés is. A megfelelő világítási paraméterek megválasztásával a művészek különböző hangulatokat, tónusokat és atmoszférákat teremthetnek virtuális világaikban, a világos és vidámtól a sötét és baljós-  
latúig. Ezen túlmenően a világítás arra is használható, hogy a felhasználó figyelmét és fókuszát egy jeleneten belül irányítsa, kiemelve a kulcsfontosságú elemeket vagy területeket, míg másokat eltakarva vagy jelentőségüket csökkentve.<sup>1</sup>



7. kép: Atmosphere

A különböző világítási technikák, mint például az irányított, a pont- vagy a területi világítás, a jelenet igényeitől és a kívánt művészi stílustól függően különböző hatások és árnyékok létrehozására is használhatók.<sup>2</sup>

Például egy horrorjátékban a halvány megvilágítás és a villódzó fények használata feszültséget és félelmet kelthet, míg egy versenyjátékban a világos és élénk megvilágítás a sebesség és az izgalom érzetét keltheti. Hasonlóképpen, egy építészeti vizualizációban a természetes megvilágítás és a pontos árnyékok használata bemutathatja az épület tervezési és térbeli tulajdonságait, míg egy animációs filmben a stilizált világítás és színsémák használata közvetítheti a történet hangulatát és érzelmeit.

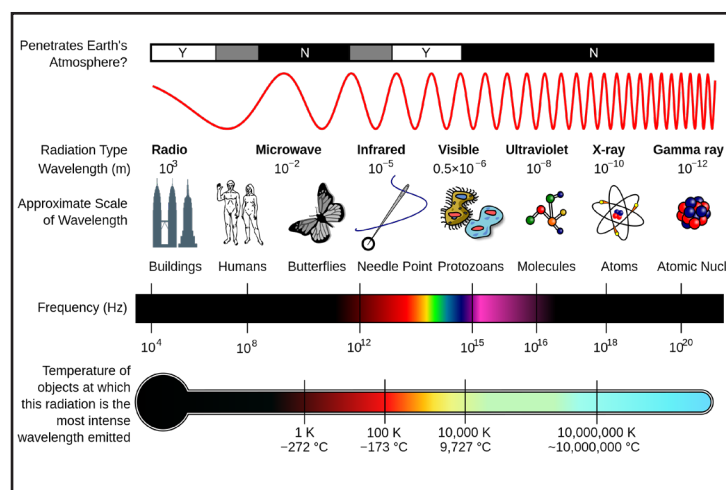
1 Akenine-Möller, Real-Time Rendering, 2018, pp. 375-433

2 Akenine-Möller, Real-Time Rendering, 2018, pp. 375-391

A világítás tervezése és megvalósítása 3D-s alkalmazásokban multidiszciplináris terület, amely a számítógépes grafika, a matematika, a fizika és a művészet területén igényel bizonyos ismereteket és készségeket. Az elmúlt években jelentős előrelépés történt a valós idejű világítás területén, amely lehetővé teszi a dinamikus és interaktív világítás létrehozását a játékokban és a virtuális valóság alkalmazásokban. A valós idejű világítás olyan fejlett algoritmusok és hardvertechnikák használatát foglalja magában, amelyek képesek komplex világítási effektusok valós idejű szimulálására, miközben magas képkocka-sebességet és alacsony késleltetési időt biztosítanak.<sup>1</sup>

A valós idejű világítás különösen fontos a játékokban és az interaktív alkalmazásokban, ahol a felhasználói élmény nagyban függ a világítás reakciókészségétől és interaktivitásától. Például egy „first person” lövöldözős játékban a dinamikus megvilágítás és árnyékok használata segítheti a játékost a környezetben való navigálásban és az ellenség felismerésében, míg egy logikai játékban a finom fényjelzések használata irányíthatja a játékos figyelmét és fókuszát.<sup>2</sup>

A világítás tanulmányozása a fény tulajdonságainak és viselkedésének megértését is magában foglalja. A fény az elektromágneses sugárzás egy formája, amely egyenes vonalban terjed, és a környezet anyagai által visszaverődhet, megtörhet, elnyelődhet vagy áteresztődhet. A fény különböző felületekkel és anyagokkal való kölcsönhatását olyan fizikai törvények szabályozzák, mint a fényvisszaverődés és a fénytörés törvényei, amelyek meghatározzák a visszavert vagy megtört fény szögét és intenzitását. A számítógépes grafikában ezeket a fizikai törvényeket különböző algoritmusok és modellek segítségével szimulálják, amelyek pontosan meg tudják jósolni a fény viselkedését a virtuális környezetben.<sup>3</sup>



8. kép: Lightwave

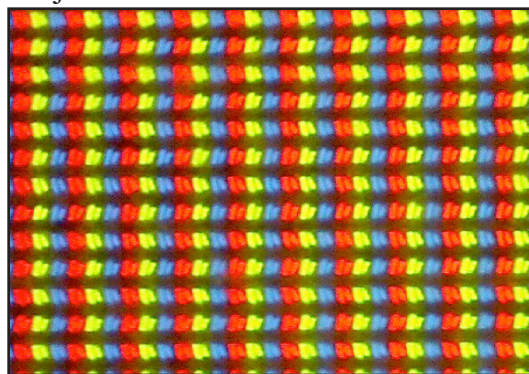
- 1 Akenine-Möller, Real-Time Rendering, 2018, pp. 437-509
- 2 Djorde Ilic, Realistic 3D lighting, 2017
- 3 (Pharr & Humphreys, Physically Based Rendering, 2016 pp. 806-875).

### 3) A tér érzékelése

#### (a) 3D grafikák megjelenítése 2D monitorokon

A háromdimenziós (3D) grafikát geometriai modellek három dimenzióban, matematikai algoritmusok segítségével történő manipulálásával hozzák létre. Ezek a modellek csúcsokból, éllekből és felületekből állnak, amelyek meghatározzák az objektum alakját és szerkezetét. A 3D-s grafika megjelenítési folyamata során ezeket a modelleket 2D-s képekké alakítják át, amelyek 2D-s képernyőn jeleníthetők meg. A 3D grafika renderelésének két fő megközelítése van: a raszterizálás és a sugárkövetés.<sup>1</sup>

A raszterizálás során a 3D jelenetet diszkrét pixelekre osztjuk, és a jelenetben lévő 3D objektumok tulajdonságai alapján meghatározzuk az egyes pixelek színét. A raszterizálást széles körben használják valós idejű renderelési alkalmazásokban, például számítógépes játékokban, ahol a sebesség alapvető fontosságú, és a jelenet összetettsége viszonylag alacsony. A sugárkövetés ezzel szemben egy számításigényesebb folyamat, amely a kamerából érkező fénysugarak útját követi a jeleneten keresztül, szimulálva a fény és a jelenetben lévő objektumok kölcsönhatását, hogy valóság-hű képet kapjunk. A sugárkövetést a csúcskategóriás renderelési alkalmazásokban, például filmgyártásban és építészeti vizualizációban használják.<sup>2,3</sup>



9. kép: Pixel

A 3D grafika 2D képernyőn történő megjelenítésének elsődleges korlátja a mélységérzékelés hiánya. A valós életben a mélységet binokuláris látás révén érzékeljük, ahol mindkét szem a jelenet kissé eltérő képét rögzíti, és az agy ezt a két képet kombinálja a 3D érzékeléshez. A 2D képernyők azonban csak egyetlen sík képet képesek megjeleníteni, ami megnehezíti a mélység illúziójának megteremtését. Ezt a korlátozást részben a perspektivikus vetítéssel lehet kiküszöbölni, ahol a nézőtől távolabb lévő tárgyak kisebbnek tűnnek, mint a közelebbiek, ami a mélység illúzióját kelti. A 2D képernyők másik korlátja a korlátozott színtartomány és felbontás. A legtöbb 2D képernyő vörös-zöld-kék (RGB = Red, Green, Blue) színmodellt használ, amely legfeljebb 16,7 millió szín megjelenítésére képes. Ez a színtartomány azonban még mindig korlátozott a valós életben érzékelhető színtartományhoz képest. Ezenkívül a 2D képernyő felbontása határozza meg a megjeleníthető képpontok számát, ami korlátozhatja a megjelenített képek részletességét és élességét.<sup>4,5</sup>

1 Nick Evanson, Rasterization and Ray Tracing, 2019

2 Nick Evanson, Rasterization and Ray Tracing, 2019

3 Akenine-Möller, Real-Time Rendering, 2018, pp. 21-24

4 John F. Huges, Computer Graphics principle and practice, 2013, pp. 113-115

5 Niklas Elmqvist, 3D Visualization for Nonspatial Data, 2017

A 3D-s grafika 2D-s képernyőn történő megjelenítésére többféle technikát is alkalmaznak. Ezen technikák célja, hogy legyőzzék a 2D képernyők korlátait, és a néző számára magával ragadóbb és valóságosabb élményt nyújtsanak. Néhány ilyen technika:

A perspektivikus vetítés (amelyről korábban már volt szó) egy olyan technika, amelyet a mélység illúziójának megteremtésére használnak azáltal, hogy azt szimulálják, hogy a tárgyak kisebbnek tűnnek, ahogy távolodnak a nézőtől. A perspektivikus vetítés során a 3D-s jelenetet egy matematikai algoritmus segítségével vetítik egy 2D-s síkra, amely kiszámítja a jelenet egyes tárgyainak helyzetét és méretét a néző helyzetéhez képest.

A textúrázás egy olyan technika, amellyel 2D-s képeket, úgynevezett textúrákat alkalmaznak 3D-s modellekre. A textúrákat a 3D-modell felületére képezik le, ezáltal valóságosabb megjelenést kölcsönözve neki. A textúrázást széles körben használják a számítógépes játékokban és szimulációkban, ahol a jelenetben lévő objektumokhoz olyan részleteket lehet hozzáadni, mint a dudorok, karcolások és minták. Ezek a tárgyaknak plusz részletet adó textúrák az úgynevezett „bump/normal map”-ek

A világítás a valóságos 3D-s jelenetek létrehozásának kritikus eleme. A fény és a jelenet tárgyai közötti kölcsönhatás szimulálásával a néző mélységet, árnyékokat és tükröződéset érezhet, ami a jelenetet még magával ragadóbbá teszi. A 3D-s grafikában a világítás szimulálására különböző technikákat használnak, többek között a környezeti, diffúz, tükröződő és emissziós világítást.

Az „anti-aliasing” egy olyan technika, amelyet a renderelt képeken a szaggatott élek kisimítására használnak. Úgy működik, hogy a szomszédos pixelek színeit összemossa, hogy természetesebb átmenetet hozzon létre közöttük, csökkentve ezzel a pixelek közötti színkülönbségeket és a szaggatottság érzetét a nem vízszintes és függőleges éleknél. Az „anti-aliasing” különösen fontos lehet olyan alkalmazásokban, ahol a nézőnek alaposan meg kell vizsgálnia a jelenetet, például orvosi vagy mérnöki szimulációkban.<sup>1</sup>

A sztereoszkópikus megjelenítés egy olyan technika, amelyet a mélység illúziójának megteremtésére használnak azáltal, hogy mindkét szem számára kissé eltérő képeket jelenítenek meg. A sztereoszkópikus megjelenítés különböző módszerekkel érhető el, beleértve a polarizált szemüvegeket, az aktív shutteres szemüvegeket és az autosztereoszkópikus megjelenítéseket, amelyekhez nincs szükség szemüvegre. A sztereoszkópikus kijelzők jelentősen javíthatják a 3D-nézés élményét, mivel magával ragadóbb és valóságosabb jelenetet teremtenek.<sup>2</sup>

---

1 Akenine-Möller, Antialiasing for Automultiscopic 3D Displays, 2006

2 John F. Hughes, Computer Graphics principle and practice, 2013, pp. 106-115

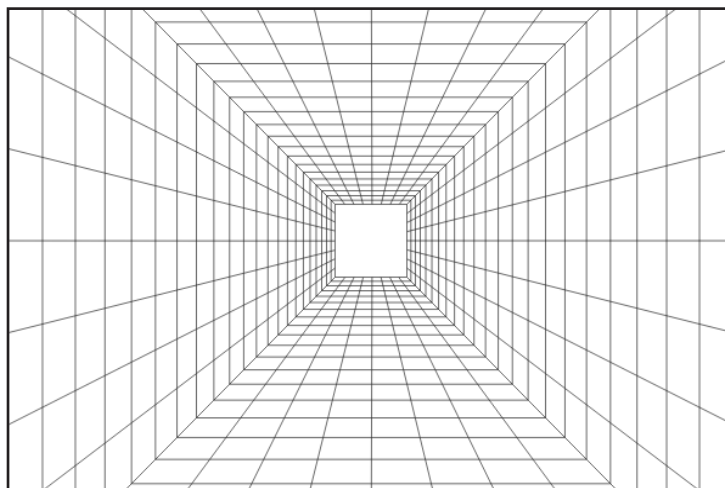
## 3) A tér érzékelése

### (b) Az emberi szem térérzékelése

Az emberi látórendszer egy összetett és bonyolult mechanizmus, amely lehetővé teszi számunkra, hogy a körülöttünk lévő világot a maga gazdagságában és összetettségében érzékeljük. A látórendszer egyik legjelentősebb képessége a mélységérzékelés, amely lehetővé teszi számunkra, hogy a tárgyakat háromdimenziós tulajdonságokkal, például alakkal, mérettel és térbeli pozícióval rendelkezőnek lássuk. A mélységérzékelés alapvető fontosságú mindennapi tevékenységeinkhez, például a vezetéshez, a járáshoz és a környezetünkben lévő tárgyakkal való interakcióhoz.

A mélységérzékelés számos olyan jelzésen keresztül valósul meg, amelyeket a vizuális rendszer arra használ, hogy információt nyerjen a világ háromdimenziós szerkezetéről. Ezek a jelzések nagyjából két kategóriába sorolhatók: monokuláris és binokuláris jelzések. A monokuláris jelzések azok, amelyek csak az egyik szemmel érzékelhetők, míg a binokuláris jelzések mindkét szem használatát igénylik.

A mélységérzékelés egyik legalapvetőbb monokuláris jele a retinális kép mérete. A megfigyelőhöz közelebbi tárgyak nagyobbak tűnnek a retinán, míg a távolabbi tárgyak kisebbnek. Ez a méretkülönbség erőteljes támpontot ad a világban lévő tárgyak relatív mélységére. A retinakép mérete önmagában azonban nem képes meghatározni egy tárgy pontos távolságát a megfigyelőtől. A mélységérzékelés másik fontos monokuláris jelzője a perspektíva. A távolabbi tárgyak úgy tűnik, hogy a horizont egyetlen pontja felé konvergálnak, míg a közelebbi tárgyak ugyanattól a ponttól távolodnak. Ez a konvergencia és divergencia erőteljes támpontot ad a jelenetben lévő tárgyak relatív mélységével kapcsolatban.<sup>1</sup>

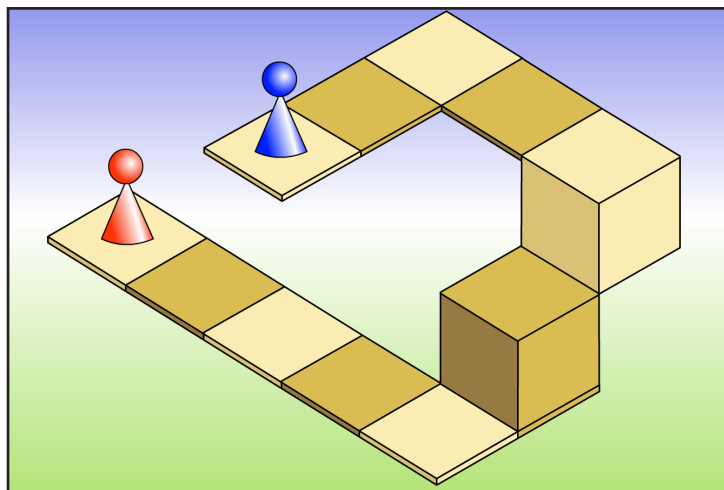


10. kép: Perspektíva

<sup>1</sup> Ian P. Howard, *Perceiving in Depth*, 2012, pp. 2-8

A virtuális világban a textúrák gradiense a mélységérzékelés egy másik monokuláris jelzése. A megfigyelőhöz közelebbi textúraelemek részletesebbnek és sűrűbbnek tűnnek, mint a távolabbiak. Ez a jelzés különösen fontos az összetett textúrájú természetes jelenetek, például lombok vagy sziklák esetében, ahol más jelzések kevésbé informatívak.

A mélységérzékelés egyéb fontos monokuláris jelzései közé tartozik az árnyékolás, az okklúzió (elfedés) és a mozgásparallaxis. Az árnyékolás a virtuális jelenet megvilágítása és árnyékai alapján információt nyújt a tárgyak relatív mélységéről. Az okklúzió akkor következik be, amikor az egyik tárgy részben eltakar egy másikat, és ezzel jelzi a két tárgy relatív mélységét. A mozgásparallaxis akkor jelentkezik, amikor a megfigyelőhöz közelebbi objektumok gyorsabban mozognak, mint a távolabbiak, ami erőteljes támpontot ad a jelenetben lévő objektumok relatív mélységére vonatkozólag.<sup>1</sup>



11. kép: Mélység

A mélységérzékelés binokuláris jelzései a két szem által kapott képek különbségein alapulnak. A mélységérzékelés legfontosabb binokuláris jele a sztereopszis, amely a mélységérzékelés képessége a két szem által kapott képek közötti csekély különbségek alapján. Ezek a különbségek, az úgynevezett binokuláris diszparitások erős támpontot adnak a világban lévő tárgyak relatív mélységére nézve. A sztereopszis különösen fontos a finom mélységi különbségek érzékelésében és az olyan feladatokban, mint a tárgyak megfogása és manipulálása. A sztereopszis azonban csak olyan tárgyak esetében hatékony, amelyek a megfigyelőhöz képest egy bizonyos távolságtartományon, az úgynevezett „fúziós tartományon” belül vannak. Az ezen a tartományon kívüli tárgyak megduplázottnak, vagy akár láthatatlannak is tűnhetnek.<sup>2</sup>

1 Richard R Rosinski, Texture gradient effectiveness, 1976, pp. 261-271

2 Ian P. Howard, Perceiving in Depth, 2012, pp. 385-433

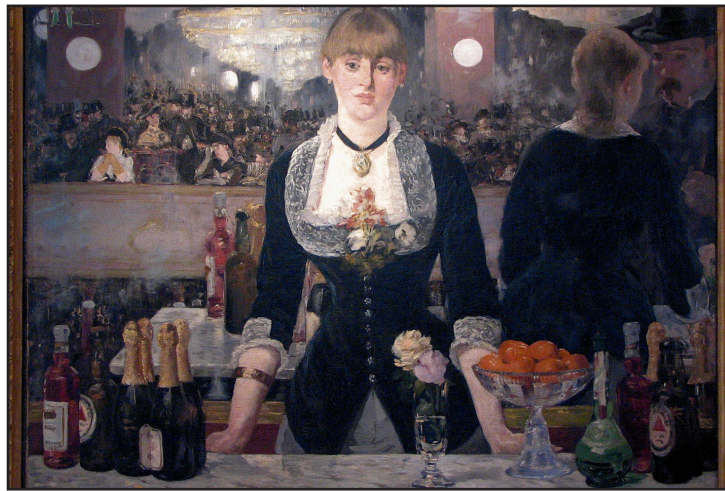
## 4) Diplomamunka bevezetés

### (a) A diplomamunka bevezetése és célja

A diplomamunkám első gondolata érdekes módon a 'Doctor Who' című sorozat nézése közben fogalmazódott meg bennem. Anélkül, hogy a sorozat részleteibe elmerülnék, inkább a diploma kapcsán releváns részletet magyaráznám el.

Adott egy festmény egy égő városról, amit egy idegen faj, az Időlordok készítettek. Képesek a teret és az időt manipulálni, és ez a művészetükben is megjelenik, ugyanis a festményeik (úgy, mint a legtöbb tárgyuk) belül nagyobbak, mint kívül. Magyarul: a néző úgy látja, hogy a festménynek mélysége van, és attól függően, hogy milyen szögben nézi újabb részleteket képes felfedezni.

Ebből jött az az ötletem, hogy a 3D modellezésben és látványtervezésben szerzett tudásomat felhasználva ezt én is képes volnék létrehozni a parallax hatás segítségével. Ugyan az általam választott festmény nem lesz ténylegesen belül nagyobb, de az illúziót képes vagyok elérni.



12. kép: Bár

Kiválasztottam Eduard Manet A Folies-Bergère bárja című festményét, és 3D-ben újraalkottam, valamint ki is egészítettem. A kiegészítést a mű látványvilágához igazítottam, mégpedig úgy, hogy csak a már eleve a festményen lévő tárgyakat használtam fel textúraként a mű újraalkotásakor. A festményt három változatban alkottam újra.

Az első változat az úgynevezett 'Alap' változat, amelyben a művet „ad hoc” módon újraalkottam bármiféle kiegészítés nélkül (a 3D térbe való áthelyezésén kívül). Ez a változat fogadja a nézőt, amikor megtekinti az installációt.

A második változat a „Kiegészített” változat, amelyben különböző tárgyakkal (távcső, okulár, maszk, újság, óvszer) egészítem ki a festményt, melyek a korra jellemző társadalmi, politikai és művészeti háttérrel rendelkeznek, egyben más megvilágításba helyezik a művet a néző számára.

A harmadik változat a „Tesseract” változat, melyben a festmény egyik legnagyobb rejtélyét/érdekességét szeretném kiaknázni. Ez a nő mögött lévő tükör. Egész pontosan a kérdés megválaszolása, miszerint egy tükör van-e a nő mögött, vagy sem. Az én megoldásomban a 3D térbeliségnek köszönhetően a néző látni fogja, hogy valójában a nő mögött nem egy tükör van, hanem egy másik helyiségre néző ablak, ahol egy másik felszolgálót látunk hasonló ruhában, mint a nő az előtérben, amint egy kalapos urat szolgál ki éppen.



## 4) Diplomamunka bevezetés

### (b) Megrendelő, célközönség, felhasznált eszközök

Ezen módosításoknak köszönhetően a festmény teljesen új megvilágításba helyeződik a néző számára mindhárom változatnál. Az első változat „wow” faktora azonnal bevonzza a nézőt az installációba, a második változat a festmény értelmezését, míg a harmadik változat magának a festménynek a helyszínét, illetve a térben betöltött helyét helyezi teljesen új megvilágításba.

Egyrészt azt szerettem volna bemutatni, hogy mint ahogy sokkal több rejlik egy festmény, vagy akármilyen műalkotás mögött, mint amit a felszínen látunk, úgy sokkal több rejlik az azt behatároló képkereten túl is. Az installáció képes lehet a művészet iránti érdeklődést felkelteni, és a nézők számára egy teljesen új dimenzióba helyezni a művészetet és annak fogalmát. Figyelemfelkeltő szerepet is képes betölteni a diplomamunkám, mivel képes lehet egy múzeumi tárlaton például egy látogató figyelmét azonnal felkelteni és egyfajta „wow” effektust előidézni, amelynek hatására a nézőt sokkal könnyebb bevonni a művészet világába.

Elsősorban múzeumok és más művészeti kiállítások vezetőit tudom elképzelni, mint megrendelőket, de ugyanúgy helyet kaphatna bármilyen vizuális és technológiai kiállítás keretei között is a diplomamunkám. A szórakoztató- és játékiparban jelentős szerepet tölthetne be, ugyanis, például a bolti hirdetések is sokkal interaktívabbá és érdekesebbé lehetne tenni a potenciális vásárlók számára, ezért úgy vélem, hogy ezek az iparágak is érdeklődést mutathatnak az installáció iránt. Figyelemfelkeltésre és a néző bevonására tökéletesen alkalmas az interaktivitása miatt.

Mindenképpen remek befektetési lehetőség ez a fajta interaktivitás, mind a múzeumok, mind a szórakoztató- és játékipar számára, ugyanis az installáció által létrehozható 3D terek száma gyakorlatilag végtelen.

Korosztály szempontból elsősorban a fiatalokat céloznám meg, ugyanis véleményem szerint ők sokkal nyitottabbak és fogékonyabbak ezekre az új technológiai megoldásokra, különösképpen, ha interaktívak. Azonban ez nem zárja ki annak lehetőségét, hogy a középkorú, illetve az idősebb korosztály számára is érdekes legyen az installáció.

A megvalósításhoz feltétlenül szükséges és egyben elengedhetetlen technikai eszköz a 'Kinect' (vagy más mélységérzékelővel ellátott) kamerás szenzor, amelyet eredetileg 'Xbox' játékkonzolokhoz adott ki a Microsoft. Ennek segítségével képes a számítógép a néző arcának pozícióját térben meghatározni, a monitorhoz (festményhez) viszonyítva. A gamedesign és a 3D tervezés is rendkívül fontos szerepet tölt be a projekt megvalósításában, mivel ezek segítségével vagyok képes a virtuális világot megalkotni a festmények köré.

## 4) Diplomamunka bevezetés

### (c) Dokumentációforrások/referenciák

Diplomamunkám installációjához ‚Eduard Manet: A Folies-Bergère bárja’ című festményét vettem alapul, amit a Cinema 4D 3D modellező program segítségével alkottam újra. Választásom azért esett erre a festményre, mert a Manet által festett térbeliség és térbeli illúzió remek módon összeegyeztethető a diplomamunka-installációm tematikájával. A „Tesseract Vásznon” névvel is szerettem volna a munkám térbeli, multidimenziós mivoltára utalni, ugyanis a tesseract egy úgynevezett „hiperkocka”, avagy egy olyan geometriai test, amely négy dimenzióban létezik (belül nagyobb, mint kívül). Diplomamunkám, pedig pontosan ezt a hatást, vagyis ennek a hatásnak az érzetét kelti a nézőben.

A Folies-Bergère bárja egy rendkívüli festmény. Az 1882-ben elkészült művet széles körben az impresszionizmus korszakának egyik legfontosabb alkotásaként tartják számon. A festmény egyedülálló kompozíciója, a perspektíva használata és a női téma ellentmondásos ábrázolása miatt több, mint egy évszázadon át diskurzusok és viták tárgya volt.

A festmény egy nyüzsgő bárjelenetet ábrázol a Folies-Bergère-ben, amely akkoriban Párizs egyik népszerű szórakozóhelye volt. A kép közepén egy fiatal nő áll egy márványpult mögött, és kissé távolságtartó arckifejezéssel néz a nézőre. A nő mélyen kivágott ruhát és egy ibolyafüzért visel, amely a prostitúció gyakori jelképe volt Párizsban abban az időben. Mögötte egy tükörfal tükrözi a bár zsúfolt belső terét, a vendégekkel, üvegekkel és dekorációkkal együtt.

A festmény egyik legszembetűnőbb eleme a perspektíva használata. Manet a tükör segítségével olyan mélység- és dimenzióérzetet kelt, mintha a néző magában a bárban állna. A tükörkép a fő jelenettől kissé eltérő szögben tükröződik, ami növeli a realizmus és a komplexitás érzetét. A perspektívának ez a használata úttörő volt a korban, és sok későbbi művészre is hatással volt, akik arra törekedtek, hogy megragadják a jelenetben való elmerülés érzését.

A tükör azonban vitát és zavart is keltett a nézők körében. Egyes kritikusok azzal vádolták Manet-t, hogy lehetetlen jelenetet ábrázol, mivel a nő tükörképe nem felel meg a képen elfoglalt helyének. Mások azt állították, hogy az eltérés szándékos volt, és hogy Manet a nők tárgyiasításának és árucikké válásának módját kommentálta a szórakoztatóiparban. Megint mások úgy vélték, hogy a festmény a burzsoázia és a munkásosztálybeli nők kizsákmányolásának finom kritikája.

A tükör körüli viták mellett a festmény női alanyának ábrázolása is vita tárgyát képezte. Egyesek a nőt a férfi vágy passzív tárgyának tekintik, míg mások szerint a nő egy összetett és árnyalt, cselekvőképes és érzelmekkel teli karakter. A nő távolságtartó arckifejezését és enyhén lehajtott fejét sokféle-képpen értelmezték, a lemondástól a dacon át a melankóliáig.<sup>1,2</sup>

---

1 Margherita Cole, Exploring the Meaning Behind Édouard Manet’s Painting, 2021

2 Jenna Dimler, Parisian Social Hierarchy, 2017

Manet témaválasztását és kompozícióját a 19. század végi párizsi társadalom változó társadalmi erkölcsének kommentárjaként is értelmezik. A Folies-Bergère ismert volt a korban a dekadenciájáról, beleértve a női énekeseket, táncosokat és az akrobaták előadásait. Ebben az összefüggésben Manet festménye a női test férfiak örömeire történő áruba bocsátásának ábrázolásaként is felfogható. Manet festményét emellett úgy is értelmezték, mint a párizsi városi élet változó természetének tükrözését. A város akkoriban gyorsan modernizálódott, az új technológiák és innovációk megváltoztatták az emberek élet- és munkakörülményeit. Az, hogy Manet egy modern szórakozóhelyet választott témájául, a városi élet dinamikus és folyamatosan változó természetének megragadására tett kísérletként is értelmezhető.<sup>1</sup>

A festményt övező viták ellenére a Folies-Bergère bárja az impresszionizmus egyik legnagyobb hatású és legfontosabb műalkotása. A perspektíva használata, az összetett kompozíció és a női téma árnyalt ábrázolása továbbra is lenyűgözi és inspirálja a nézőket és a művészeket világszerte.

---

1 Şenel Fidangenç, Mirror mirror on the wall, 2020

## 4) Diplomamunka bevezetés

### (c) Diplomamunka dokumentációja

A diplomamunka installációjához szükséges technikai eszközök a következők:

Egy laptop vagy más számítógép, amelyen fut az általam készített program, benne a festmény 3D-ben újraalkotott változata. Egy monitor a megjelenítéshez (nagyméretű, amennyiben lehetséges). Egy „Xbox One Kinect” szenzor a néző pozíciójának a monitorhoz képesti meghatározásához, végül pedig, opcionális tartozékként, egy földön található nyomógomb a képek közötti váltáshoz.



A képen látható a monitor, illetve az előtte lévő „Kinect” szenzor, amely képes a néző térbeli pozícióját meghatározni relatív a monitorhoz képest. A néző számára a kép „belül nagyobbak” tűnik.





A képek között a néző egy egyszerű kézzel való intéssel tud lépkedni, amelynek köszönhetően az élmény reményeim szerint professzionálisnak és felhasználó barátnak hat.

A földön látható vezeték az opcionális nyomógomb vezetéke. Ez az opcionális kiegészítő arra az esetre lett az installáció része, ha az adott teremben a fényviszonyok következtében a szenzor nem lenne képes megfelelő pontossággal és állandósággal érzékelni a néző kézzel való intését, a festményverziók között váltás céljából. A taposógombra egyszerűen rá kell taposni és a program máris vált a következő festményverzióra.

## 5) Összefoglalás

Reményeim szerint, a dolgozatomban vizsgált témák hasznosak lehetnek mindazok számára, akik a 3D grafika iránt érdeklődnek. A 3D modellezés és textúrázás, a világítás a 3D alkalmazásokban, a 3D grafika 2D monitorokon való megjelenítése, valamint az emberi szem mélységérzékelése olyan alapfogalmak, amelyek a vizuálisan lenyűgöző és pontos 3D grafika létrehozásának alapját képezik.

A 3D művészek és tervezők az e területeken alkalmazott elvek és technikák megértésével olyan látványt hozhatnak létre, amely leköti és magával ragadja a közönséget. A 3D-s modellek és textúrák létrehozása például lehetővé teszi a művészek számára, hogy a tárgyak széles skáláját ábrázolják, az épületektől és tájaktól kezdve a karakterekig és lényekig. A világítás használata segíthet a hangulat megteremtésében, az érzelmek közvetítésében és a realizmus érzetének megteremtésében a 3D-s jelenetben. A 3D-s grafikák 2D-s monitorokon történő megjelenítéséhez használt technikák, például a perspektivikus vetítés lehetővé teszik a nézők számára, hogy mélységet, közvetve pedig a realizmust érzékeljék a képen. Annak megértése, hogy az emberi szem hogyan érzékeli a mélységet, szintén kulcsfontosságú, mivel betekintést nyújt abba, hogyan lehet olyan 3D-s grafikákat létrehozni, amelyek meggyőzőek és természetes érzetet keltenek a megtekintés során.

A 3D-s grafikában elért fejlődés ellenére még mindig sok tanulnivaló és felfedeznivaló van. Ahogy a technológia tovább fejlődik, úgy fognak tovább fejlődni a lenyűgöző és magával ragadó 3D grafikák létrehozásának lehetőségei is. A jövőbeni kutatások ezen a területen olyan témákat vizsgálhatnak, mint a valós idejű renderelési technikák, a volumetrikus renderelés vagy a mesterséges intelligencia és a gépi tanulás alkalmazása a 3D grafika létrehozásában.

Az ezeken a területeken elért fejlődés mellett az e témák tanulmányozása során szerzett ismeretek és készségek más területeken is alkalmazhatók. A 3D modellezés és textúrázás elveinek megértése például hasznos lehet a terméktervezés, az építészet és az orvosi vizualizáció területén. A világítás működésének megértése olyan területeken lehet hasznos, mint a fotózás, a filmkészítés és a videójátéktervezés.

Diplomamunkám továbbá alkalmazható lehet múzeumi kiállítások kiegészítéseként, illetve egy teljesen különálló tárlatként is, amennyiben kellő mennyiségű festményt alkotunk újra 3D-ben. Ezekkel az újraalkotott festményekkel sok új lehetőség nyílik meg abban a tekintetben, hogy milyen módon lehet ezeket a műalkotásokat a nézők számára még érdekesebbé tenni.

Mivel a festményeken lévő személyek 3D karakterekként vannak újraalkotva, mozgásanimációkkal való „életre keltésük” a következő logikus lépés. A mesterséges intelligenciának köszönhetően pedig akár beszélgethetünk is majd a műveken lévő személyekkel (gondoljunk akár a „Harry Potter” filmekben lévő festményekre).

## 6) Hivatkozások (végjegyzetek)

- Paulina Lopez (2022): „The Metaverse: What is it really?” Topic Insights;  
URL: <https://topicinsights.com/impact/what-is-the-metaverse-metas-future-plans/> ;  
megtekintve: 2022.09.17
  
- Vittorio Bufacchi (2021): „Facebook: Virtual or Virtueless Reality?” Cora UCC Open Access Repository;  
URL: <https://cora.ucc.ie/handle/10468/12142/>  
letöltve: 2022.10.23
  
- Thomas Denham (2020): „Polygonal and NURBS Modeling: What’s The Difference?” Concept Art Empire;  
URL: <https://conceptartempire.com/polygonal-vs-nurbs/>  
megtekintve: 2022.11.11
  
- Emma Garofalo (2022): „An Introduction to Hard Surface 3D Modeling” Make Use Of;  
URL: <https://www.makeuseof.com/what-is-hard-surface-modeling/>  
megtekintve: 2022.12.02
  
- Sushmita Roy (2023): „3D Hard Surface Modeling Vs Organic Modeling” ThePro3DStudio;  
URL: <https://professional3dservices.com/blog/hard-surface-vs-organic-modeling.html>  
megtekintve: 2023.04.22
  
- Djorde Ilic (2017): „12 tips for realistic 3D lighting” 3D World magazin;  
URL: <https://www.creativebloq.com/how-to/12-tips-for-realistic-3d-lighting>  
megtekintve: 2022.09.28
  
- Thomas Akenine-Möller (2018): „Real-Time Rendering, Fourth Edition” A K Peters/CRC Press;  
4th edition
  
- Matt Pharr, Wenzel Jakob, Greg Humphreys (2016): „Physically Based Rendering - From Theory to Implementation” Morgan Kaufmann Publishers; 3rd edition
  
- Jonathan Lam (2022): „How Lighting Imparts Emotion in an Animated Scene” EnvatoTuts+;  
URL: <https://photography.tutsplus.com/tutorials/how-lighting-in-an-animation-creates-mood-ambience-and-immerses-the-viewer--cms-41429>  
megtekintve: 2023.02.02.

- 
- 
- Nick Evanson (2019): „How 3D Game Rendering Works, A Deeper Dive: Rasterization and Ray Tracing” Techspot article  
URL: <https://www.techspot.com/article/1888-how-to-3d-rendering-rasterization-ray-tracing/>  
megetekintve: 2023.02.02.
- John F. Hughes (2013): „Computer Graphics - Principles and Practice” Addison-Wesley publisher, 3rd edition
- Niklas Elmquist (2017): „3D Visualization for Nonspatial Data: Guidelines and Challenges” University of Maryland, College Park  
URL: <https://sites.umiacs.umd.edu/elm/2017/10/03/3d-visualization-for-nonspatial-data-guidelines-and-challenges/>  
megetekintve: 2023.02.02
- Tomas Akenine-Möller (2006): „Antialiasing for Automultiscopic 3D Displays” Eurographics Symposium on Rendering  
URL: <https://projects.iq.harvard.edu/files/pfister/files/zwicker06antialiasing.pdf>  
letöltve: 2023.03.15.
- Ian P. Howard (2012): „Perceiving in Depth, Volume 1, Basic Mechanisms” Oxford University Press
- Richard R Rosinski (1976): „Texture gradient effectiveness in the perception of surface slant” Journal of Experimental Child Psychology
- Margherita Cole (2021): „Exploring the Meaning Behind Édouard Manet’s Painting ‘A Bar at the Folies-Bergère’” MyModernMet  
URL: <https://mymodernmet.com/edouard-manet-bar-folies-bergere-painting/>  
megetekintve: 2023.04.20.
- Jenna Dimler (2017): „The 19th Century Parisian: Social Hierarchy and Female Sexuality Through the Lens of Impressionist Art and Naturalist Literature.” Mount Royal Undergraduate Humanities Review (MRUHR)  
URL: [https://www.researchgate.net/publication/331908761\\_The\\_19th\\_Century\\_Parisian\\_Social\\_Hierarchy\\_and\\_Female\\_Sexuality\\_Through\\_the\\_Lens\\_of\\_Impressionist\\_Art\\_and\\_Naturalist\\_Literature](https://www.researchgate.net/publication/331908761_The_19th_Century_Parisian_Social_Hierarchy_and_Female_Sexuality_Through_the_Lens_of_Impressionist_Art_and_Naturalist_Literature)  
letöltve: 2023.04.22.
- Şenel Fidangenç (2020): „Mirror Mirror on The Wall: Reflections on the 19th Century-Paris Through Manet’s “Bar at The Folies-Bergère” Konya Technical University Faculty of Architecture and Design  
URL: <https://gcris.ktun.edu.tr/handle/20.500.13091/2729>  
letöltve: 2023. 04.22
- 
-



## 7) Képjegyzék



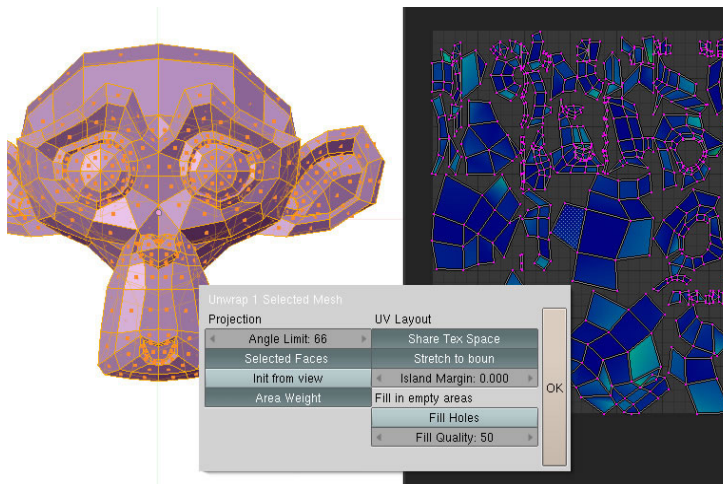
1. kép: Wireframe  
CGElves: Wireframe view of a dynamic 3D clothing model made in Marvelous Designer 2015  
Forrás: Wikimedia Commons



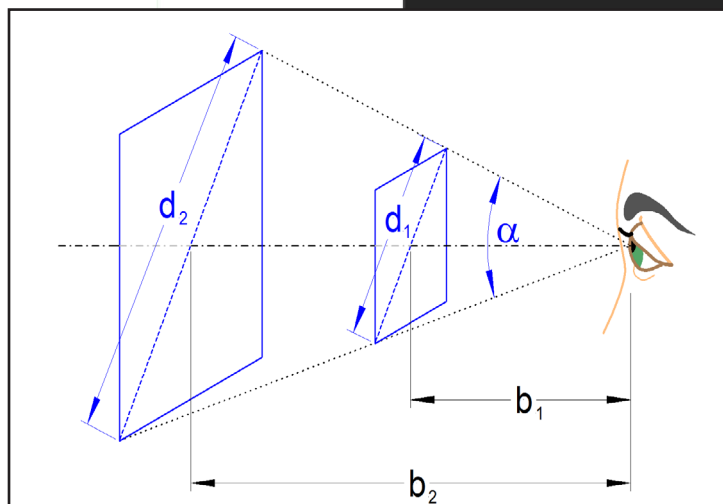
2. kép: Hard-surface  
Howie Muzika: FURIOUS 7 - 2014 Mercedes-Benz G-Class Chassis 2021  
Forrás: Flickr



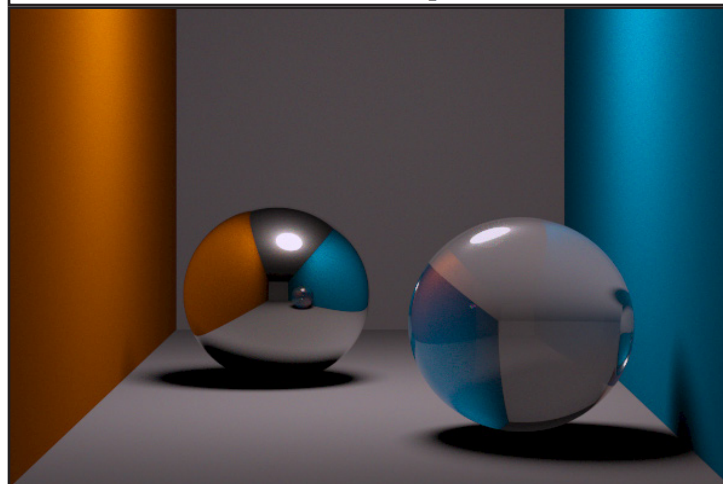
3. kép: Organikus modellezés  
Jason Csizmadi: Zbrush Sculpt 2009  
Forrás: Flickr



4. kép: Textúrázás  
 Toni Grappa: UV Mapping Smart Projection  
 2008  
 Forrás: Wikimedia Commons



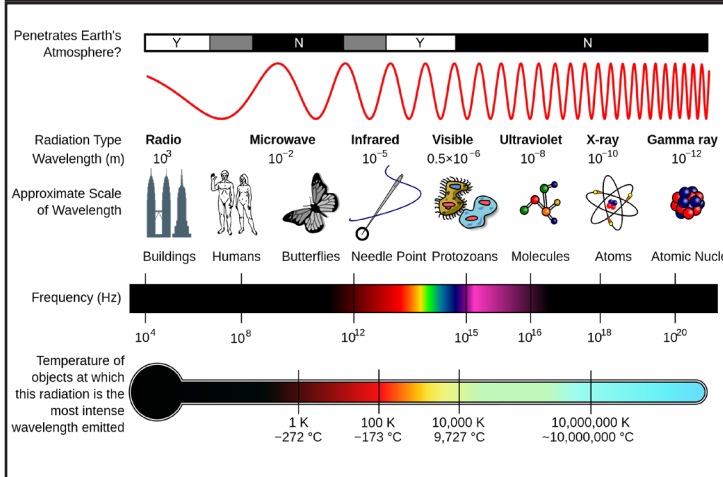
5. kép: Raszterizálás  
 Bautsch: Gleicher Betrachtungswinkel bei  
 verschiedenen Betrachtungsabständen und  
 Bilddiagonalen  
 2014  
 Forrás: Wikimedia Commons



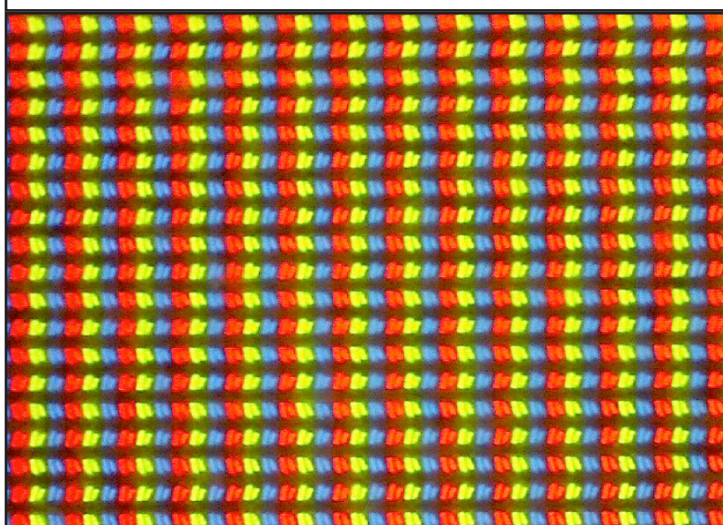
6. kép: Ray-tracing  
 Thomas Kabir: Box-Szene mit nur direkter  
 Beleuchtung und Distributed Ray Tracing  
 2007  
 Forrás: Wikimedia Commons



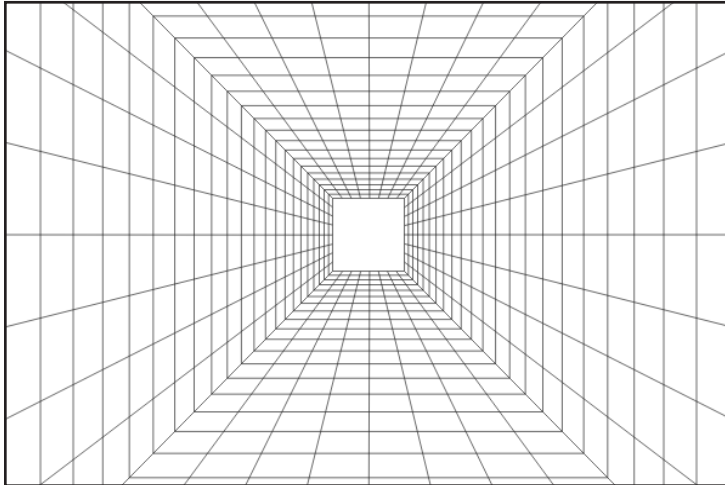
7. kép: Atmosphere  
 Creative Commons CC0 Public Domain  
 2017  
 Forrás: Pxhere



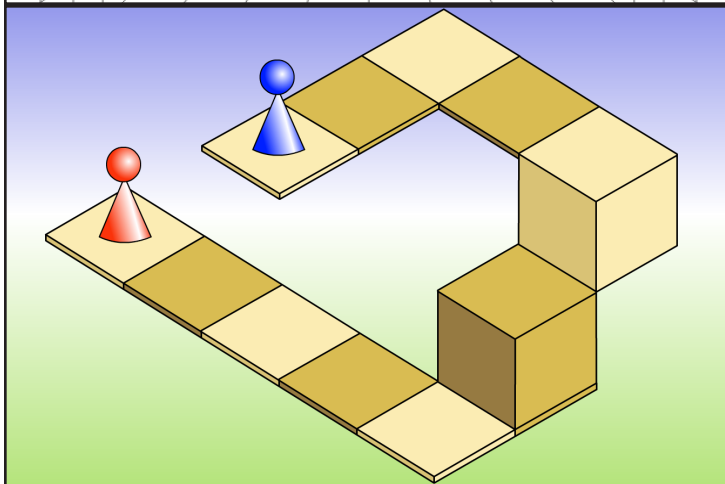
8. kép: Lightwave  
 Inductiveload, NASA: A diagram of the Milton spectrum, showing the type, wavelength (with examples), frequency, the black body emission temperature.  
 2007  
 Forrás: Wikimedia Commons



9. kép: Pixel  
 Autopilot: The dual domain IPS panel on an IBM T221 monitor, viewed with a 200x microscope  
 2012  
 Forrás: Wikimedia Commons



10. kép: Perspektíva  
Creative Commons CC0 Public Domain  
2020  
Forrás: FreeSVG



11. kép: Mélység  
Algr: Demonstrating a confusing situation  
that occurs with Isometric projection pseudo-  
perspective  
2006  
Forrás: Wikimedia Commons



12. kép: Bár  
Édouard Manet: A Folies-Bergère bárja  
1882., 96 x 130 cm olajfestmény, Courtauld  
Gallery, London,  
Forrás: Wikipedia