

A mesterséges intelligencia hatása az animációs alkotói gyakorlatra

Pencz Patrik

Moholy-Nagy Művészeti Egyetem
Animáció MA II.

Témavezető:
German Kinga PhD



2024



A kutatás az Új Nemzeti Kiválóság Program keretében, a Kulturális és Innovációs Minisztérium, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatásával megvalósult meg.

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	4
I. Mi a MI?.....	6
II. Digitális mozgókép, digitális animáció.....	9
III. MI és digitális animáció – lehetséges utak.....	14
IV. Gyakorlati példák.....	18
Összefoglalás.....	24
Kevésbé technopozitív összefoglalás és kitekintés	25
Köszönetnyilvánítás	31
Függelék.....	31
MI alapú szoftveres eszközök csoportosítása.....	31
Glosszárrium – Animációs szakkifejezések	32
Glosszárrium – MI szakkifejezések.....	37
ChatGPT script.....	39
Irodalom és forrásjegyzék	41

Bevezetés

„...az asszony hazaér, leveti a kendőt, belép a nappaliba, és meglátja a közel-keleti orvosi attasét, az arcát, a tálcát, a szemét, és hogy milyen leharcolt a dönthető fotel, és a nevét sikoltva odarohan hozzá, végigsimít az arcán, valami választ próbál kicsikarni, de nem kap választ, az attasé továbbra is csak bámul maga elé; aztán az asszony önkéntelenül – mikor észreveszi, hogy a merev tekintet valamiért mégis derűsnek, igen, valahogy elragadtatottnak tűnik –, önkéntelenül, de nagyon is természetes módon követi a férje tekintetét, és szép lassan maga is a képernyő felé fordul.” (Foster Wallace 2020)

A *Végtelen tréfa* c. fikciós regényében David Foster Wallace egy abbahagyhatatlan filmről, az úgynevezett *Szórakoztatásról* ír. Ez a film akkora örömet vált ki nézőjéből, hogy azzal szemben életének minden más aspektusa jelentéktelenné válik, míg nem vesztét is okozza, hiszen mindent, az alapvető életfunkcióit is alárendeli a film által okozott, leírhatatlan gyönyörnek. (Foster Wallace 2020) Természetesen egy ilyen, egyetemesen érvényes filmet, mely befogadóközönségétől függetlenül, a világon bármely nézőt a hipnotikus befogadás, vagy divatosabb kifejezéssel a *fatális binge-watching*¹ állapotába ejt, lehetetlen létrehozni. Míg korábban a nézők, különböző igényeiknek megfelelően, a tv távirányító segítségével találhatták meg az adott kínálatból a számukra megfelelő tartalmat, ez az online térbe helyeződött tartalomfogyasztás esetében már nem működik. A kínálat nagyságrendekkel nagyobb, gyakorlatilag átláthatatlan, amely törvényszerűen magával hozta a nézői döntés automatizálásának szükségességét is.

Ennek egyik jól beazonosítható példája a közösségi médiát az utóbbi években uraló, rövidvideós formátum, mellyel többek között a *Tik-Tok*, az *Instagram Reels* és a *YouTube Shorts* felületein is találkozhatunk. Ezeken a platformokon a felhasználó elé futószalagszerűen érkeznek a rövid, sokszor gyors, zenés, cselekményben és vágásban is intenzív videók, a néző pedig azonnal továbbgörgethet, ha egy adott tartalom nem érdekli, és rögtön kap helyette egy másik videót. Aztán még egyet. *Meg még egyet...* Az algoritmus pedig ezek alapján folyamatosan tanul, feltérképezi a felhasználó érdeklődési köreit és fogyasztási preferenciáit, idővel egyre több releváns videót javasol számára, a lehető leghosszabb időre odaszögezve őt a képernyő elé. (Klug, és mtsai. 2021) Ezt párhuzamba állíthatjuk ugyan a *Végtelen tréfával*, de semmiképp sem tekinthetünk rá annak valóságbeli leképződéseként, hiszen, habár

¹ Egy sorozat epizódjainak egymás után, megszakítás nélküli végignézése, mely a Netflix, valamint a hozzá hasonló streaming szolgáltatók térnyerésével párhuzamosan erősödött.

függőséget okozhat, de nem egy abbahagyhatatlan, fatális kimenetelű *Szórakoztatás*.² Még. Az automatizációs folyamat ugyanis nem áll meg annál a döntésnél, hogy egy adott kínálatból pontosan mit rakjon a néző elé, hanem magát a kínálatot, a tartalomgyártást is automatizálhatja. Ha számítástechnika eléri azt a fejlettségi szintet, hogy az egyéni felhasználó indirekt visszajelzéseit, reakcióit *valós időben* monitorozva, szimultán lesz képes olyan tartalmat generálni, amely folyamatosan fenntartja nézője érdeklődését, *megszülethet a Végtelen tréfa?*

Természetesen ez egy meglehetősen negatív, disztópikus megközelítése a generatív tartalomgyártásnak. Ami viszont bizonyos, hogy a manapság egyre szélesebb körben, akár laikus felhasználóknak is elérhető, mesterséges intelligencián (MI) alapuló *szöveg-, kép-, zene-, beszédhang- stb.* generáló algoritmus, és sok más hasonló eszköz egyre kiemeltebb szerepet kap a mozgóképes iparban, mely értelemszerűen hatással van az egyéni alkotói gyakorlatra is. Általános hipotézisem szerint a digitális technológiára való átállás már önmagában nagy befolyással volt, illetve van a kortárs animációs formanyelvre, melyet a MI alapú eszközök jelentette automatizálási lehetőségek és generatív megoldások még tovább fognak alakítani. Dolgozatomban ennek az átalakulásnak a főbb kérdéseit és lehetséges kimenetelét szeretném vizsgálni, mert – *személyes alkotói gyakorlatom szempontjából is* fontosnak tartom, hogy időben felismerjük az új, automatizált folyamatok között az ember helyét és szerepét, megtalálva a kreativitás kifejezésének új lehetőségeit.

A dolgozatot a mesterséges intelligencia rövid, általános ismertetésével kezdem, mely a definíciós problémákon keresztül, a túlmisztifikációra indikáló előismeretekből felmerülő problémák feloldásával ér véget, kijelölve azon eszközök halmazát, melyeket a dolgozatban vizsgálni fogok. Ezután rátérek az animációtechnika sajátosságaira, összefoglalom, hogy a digitalizáció milyen változásokat, illetve lehetőségeket hozott az alkotói gyakorlatba. Közben kitérek a modern élőszereplős filmipar és a digitalizált animációs iparban megjelenő párhuzamokra, valamint arra is, hogy milyen technikailag determinált elemekből áll össze a digitális animációkészítés formanyelve. A két területet (MI-t és animációt) a saját alapjai felől megközelítő fejezetek után vizsgálom meg a különböző MI alapú megoldásokat és eszközöket. Tipológiát felállítva kategorizálom ezeket az eszközöket, és elméleti szinten vizsgálom, hogyan épülhetnek be az alkotói gyakorlatba. Az ezt követő fejezetben pedig konkrét, gyakorlati példákat mutatok be, egy saját animációs projekten, mint rövid esettanulmányon keresztül.

² Ráadásul az említett platformokon elérhető interakciós lehetőségek sem állnak fenn a regényben megjelenített fogyasztók számára

Végezetül pedig a kutatás eredményeit összefoglaló résszel zárom a dolgozatot, amelyben kitekintek a kutatómunka során felmerült egyéb kérdésekre, valamint arra, hogy milyen irányba, irányokba lehetne folytatni a téma kidolgozását. A függelékben elhelyeztem egy MI alapú eszközöket gyűjtő listát, valamint egy glosszáriumot is, amely az animációs ipari szaknyelvben használatos (legtöbb esetben angol) szakszavakat és kifejezéseket gyűjti össze, rövid magyar nyelvű magyarázattal ellátva, ezzel is segítve a laikus olvasót a szöveg, illetve az animációtechnika megértésében.

I. Mi a MI?

A mesterséges intelligencia fogalom definiálása meglehetősen nagy feladat, ami jelentősen meghaladná ennek a dolgozatnak a kereteit. Mégis fontosnak tartom, hogy tartsunk egy rövid történeti, illetve elméleti áttekintést, amely segít abban, hogy átfogóbb képet alkossunk a terület alapjairól, főbb kérdéseiről. A fejezet végén kijelölöm azokat az elveket és megközelítési módszereket, melyekkel a MI animációs alkotói gyakorlatra vonatkozó hatásait fogom vizsgálni.

A definiálást megnehezíti egyrészt a szerteágazó, interdiszciplináris megközelíthetőség, mely magába foglalja természetesen a *számítástudományt* és a *matematikát*, de többek között a *filozófiát*, a *pszichológiát*, az *idegtudományokat*, *szociológiát* és a *nyelvészetet* is. (Russel és Norvig 2023, 7-20) Alapvető probléma továbbá, hogy az emberi értelemben vett intelligenciát sem tudjuk egyértelműen és általánosan leírni, így mesterséges leképezésének definiálása még összetettebb feladat. (Manovich és Arielli 2022) Ezt vizsgálja más megközelítésből Matteo Pasquinelli is, aki rámutat arra, hogy a kialakult MI irányzatok nem a biológiai értelemben vett intelligenciát próbálják imitálni, hanem a munka és a társadalmi kapcsolatok intelligenciáját. (Pasquinelli 2023, 2)

A definiálási nehézségek miatt csak néhány irányt mutatnék be, melyeken elindulva közelebb kerülhetünk a fogalomkör alapszintű megértéséhez. Az egyik legismertebb MI definíció keresés Alan Turing matematikushoz köthető, aki a modern számítástudomány egyik atyjaként az elsők között foglalkozott gépi intelligenciával. Turing 1950-es esszéjében vetette fel az imitációs játék, vagy ma ismertebb nevén Turing-teszt ötletét. Leegyszerűsítve, Turing szerint egy gép akkor mondható intelligensnek, ha az emberi kérdező nem tud különbséget tenni két beszélgetőpartnere kiléte közt abban a tekintetben, hogy melyikük a valódi ember, és

melyikük a számítógép. (Turing 1950) A Turing-tesztet 2014-ben sikerült egy számítógépnek *(és a mögötte álló programozó csapatnak)* megugrania, de mégsem mondhatjuk azt, hogy az a gép egy intelligens számítógép lenne. (Warwick és Shah 2016) A módszer egy jelentős limitációkkal rendelkező, gyakorlati megközelítésen alapuló iránymutatás, mintsem definíciós standard, melynek korlátaival maga Turing is tisztában volt. (Warwick és Shah 2016) (Turing 1950)

A mesterséges intelligencia a hétköznapi szóhasználatban túlmisztifikált. Ez gyökerezhet egyrészt a témával foglalkozó utópisztikus sci-fi irodalomból és filmekből megismert MI képben, másrészt pedig a területre vonatkozó hiányos előismeretekben. (Johnson és Verdicchio 2017) A technológiai ismeretek hiányának veszélyeire Pasquinelli is felhívja a figyelmet, felvetve a „feketedoboz” problematikát. Ez azt jelenti, hogy egyes MI modellek esetében annyira szűrt a kimeneti információ, hogy azt a filterezési logikát, döntési láncot, melyen az eredeti információ keresztül haladt, nem lehet visszafejteni. Emiatt általánosan terjedhet az a nézet, hogy ezek a rendszerek átláthatatlanok, illetve ebből fakadóan irányíthatatlanok, amely kiváló alapja lehet konspirációs teóriáknak is. (Pasquinelli és Joler 2020) A túlmisztifikálás eredeztethető továbbá abból az egzisztenciális félelemből is, hogy a mesterséges intelligencia lecserélhetővé, helyettesíthetővé teszi az embert, meghaladva egyre több olyan képességét, mellyel emberi mivoltát definiálta. (Turing 1950) Történeti példaképp említeném elsőként a sakkot, melynek számítógép általi művelését, a játék komplexitása miatt, a MI kutatásban eleinte egy fontos mérföldkőnek tekintettek. Aztán az IBM Deep Blue nevű szuperszámítógépe 1997-ben legyőzte a játékban az akkori világbajnokot, Garry Kasparovot, jó pár évvel később pedig ugyanez megismétlődött a komplexebb, go nevű táblajátékkal is. (Russel és Norvig 2023, 35) Ezek a játékok habár nagy számú, de véges elem- és lépéskészletből, emellett pedig egy egyértelműen definiálható szabálykészletből állnak, így belátható, hogy algoritmikus leírásuk nemhogy nem lehetetlen, de a technikai fejlődéssel párhuzamosan predesztinálva volt. A művészeti intenció és gyakorlat viszont egy sokkal megfoghatatlanabb, *emberinek tekintett* tulajdonság, melynek algoritmusokként való matematikai leírása, és ezen algoritmusok esetleges sikeressége (például manapság az interneten elterjedt képgeneráló MI-k népszerűsége) fokozhatja a mesterséges intelligencia által okozott egzisztenciális szorongást. (Manovich és Arielli 2022) Erre lehetséges válaszként két Molnár Vera idézetet hoznék:

„...Ez egy paradoxon. Hogy a számítógép megfosztja a művészetet emberi mivoltától. Az ellenkezője igaz. Mert ennek a technológiának köszönhetően nagyon közel tudunk kerülni ahhoz, amit elképzeltünk. Amit másképp talán meg sem találják.”³ (Molnár 2017)

„Azt gondolom, hogy semmi sem emberibb a számítógépnél, mert emberek találták fel. Nem a Jóisten volt, aki lepottyantotta elénk, hanem egy intelligens ember készítette. Ezért a legemberibb művészet a számítógép által készül, mert annak minden egyes kis darabja egy emberi találmány.”⁴ (Molnár 2018)

Stuart J. Russel és Peter Norvig, kortárs MI kutatók négy kategóriát különítenek el, melyek mentén a gépi intelligenciát osztályozhatjuk. Megkülönböztetnek *emberi módon gondolkodó, emberi módon cselekvő, racionálisan gondolkodó és racionálisan cselekvő* rendszereket. (Russel és Norvig 2023, 2-5) A dolgozatban vizsgált MI eszközök az emberi módon cselekvő rendszerek kategóriájába esnek, melynek nem feltétele az emberi módon való gondolkodás. Ez megegyezik a Turing által felvázolt, imitáción alapuló megközelítéssel, továbbá illik azon négy jelentési kategória egyikébe is, melyeket Pasquinelli a gépi intelligencia kifejezéshez társított, vagyis egy *„gép által automatizált emberi feladatok elvégzésében megjelenő intelligencia”*⁵ (Pasquinelli 2023, 92) Fontosnak tartom kiemelni, hogy az emberi módon való cselekvés, illetve ezen cselekvésben megjelenő intelligencia nem egyenlő egy általános értelemben vett emberi intelligenciával, azaz nem egy széles skálán mozgó, a különböző kognitív folyamatokat önmagában összefogni képes rendszerről van szó. Sokkal inkább egy olyan gépi munkavégzésben megnyilvánuló intelligenciáról, amely jól definiált (rész)feladatok automatizálására alkalmas ugyan, de önmagában nem tekinthető intelligensnek.

Ezen szempontok alapján akár hétköznapi értelemben véve „sima” szoftvereknek vagy *algoritmusoknak* is nevezhetnénk az MI alapú eszközöket, *hiszen valójában azok* is. Elhagyhatjuk a túlmisztifikált, többletjelentést előírányzó mesterséges intelligencia fogalmat, és inkább egy *eszközként*, nem pedig egy *entitásként* kell rájuk tekintünk. Ezek alapján megemlíteném azt is, hogy annak vizsgálata, hogy ezen algoritmusok pontosan milyen metódus alapján működnek, azaz egy emberhez hasonlatos hardveres vagy szoftveres felépítést, illetve számítási metódust használnak-e (*pl. gépi tanulás, neurális háló stb.*), az a dolgozatban felvetett kérdések szempontjából nem feltétlen releváns, de még egy dologra rávilágítanak ezzel kapcsolatban. Az a kimenet, melyet a jelenlegi algoritmusok generálnak, elsősorban

³ Saját fordítás

⁴ Saját fordítás

⁵ További kategóriák: „(2) emberi tudás a gépről; (3) a gép tervezésében megnyilvánuló tudás; és (4) a gép használata által megszerzett új ismeretek.” (Pasquinelli 2023, 92)

matematikai közelítés, illetve valószínűségszámítás eredménye. (Pasquinelli 2023, 215) A gép egy n sorozat következő, $n+1$ -ik elemét keresi, azon mintázatok alapján, melyekkel „tanították a rendszert”.⁶ Legyen a kimenet egy szó, szavak összesége, összefüggő szöveg, vagy épp pixelek melyek egy képet írnak le, hanghullámok egy zenében stb.

Fontos továbbá rámutatni arra a tendenciára is, hogy az utóbbi években az MI egy jól eladható divatszóvá⁷ vált, és szinte minden automatizáló folyamat, algoritmus megkapja a „mesterséges intelligencia” jelzőt. (Manovich és Arielli 2022) Véleményem szerint elképzelhető az is, hogy a következő évek digitális környezetében annyira általánosak lesznek az MI alapú vagy *MI alapúnak nevezett* rendszerek, hogy szinonimájává válhatnak magának a számítástechnikának, illetve a számítógépnek. Ebből a szemszögből a mesterséges intelligencia fejlődése a számítástechnika fejlődéseként is értelmezhető, nem pedig egy leválasztott, külön ágazatként. Ez persze technológiai oldalról azért meglehetősen leegyszerűsítő nézőpontnak tűnhet, de nem feltétlenül az. A számítógép ugyanazt csinálja, mint amire tervezték: *helyettünk számol*. Ettől természetesen ugyanúgy megmaradnak – esetünkben az animációs alkotói gyakorlattal kapcsolatban felvetett kérdések és problémák, csak átkerülnek egy értelmezhetőbb, gyakorlati szintre. Ezen kérdések legnagyobb része ráadásul a mozgókép-, illetve az animációkészítés digitalizálásával már évek óta jelen van.

II. Digitális mozgókép, digitális animáció

Ahhoz, hogy a MI animációban való alkalmazási lehetőségeit minél pontosabban vizsgálni tudjuk, meg kell értenünk a modern, digitális mozgókép, illetve az animációs alkotói gyakorlat főbb kérdéseit. Az animáció, ahogy a klasszikus értelemben vett, élszereplős mozgókép is, erősen technológia alapú. (Manovich 2001) A mozgókép definíciója általánosságban az, hogy egy másodperc alatt 24 képkockát egymás után levetítve, a különböző fázisokat ábrázoló *állóképek* megteremtik a *mozgás illúzióját*. Ha klasszikus, kézzel rajzolt animációról beszélünk, akkor ez azt jelenti, hogy egy mindössze egyetlen perc hosszúságú jelenet összeállításához 1440 db rajzra van szükség. Ha valaki 10 perc alatt hibátlanul meg tudna rajzolni egy képkockát,⁸ az

⁶ A szöszedetben ld. bővebben: deep learning, pattern recognition

⁷ A MI hype-al kapcsolatban: ha ez a dolgozat nem törekedne a tudományos igényességre, akkor itt idéznék egy tanulmányparódiát Nikhil Suresh-től. A bátraknak a linket azért itt hagyom, de felhívnám rá a figyelmet, hogy az anyag elég impulzív, melyet a meglehetősen vulgáris nyelvezet is kiemel...

<https://ludic.mataroa.blog/blog/i-will-fucking-pile-drive-you-if-you-mention-ai-again/>

⁸ Ez természetesen szinte lehetetlen, hiszen ennyi idő alatt meg kell alkotni pontosan magát a pozíciót, ki kell húzni a kontúrvonalakat, majd ki kell színezni (festeni) a karaktert, árnyékokkal, fényekkel. A háttérrel nem is beszélve, amely külön készül. Ha ebben az általunk kitalált példajelenetben végig ugyanazt az egy háttérrel

napi 8 órás munkaidővel számolva 30 nap alatt készülne el. Persze ez a gyakorlatban általában nem így van, sok rajzanimáció csak két vagy akár három kockánként vált⁹ (*ennek megfelelően egy másfajta mozgásérzetet kelt, mint egy klasszikus, élőszereplős film*). De még így is 720-480 db rajzról beszélünk, egyetlen percnyi anyagnál. Mivel ez egy rendkívül időigényes folyamat, az animációs alkotói tendenciák az idő során folyamatosan az automatizálás, vagyis a technológia nyújtotta egyszerűsítési lehetőségek felé hajlottak, illetve hajlanak ma is. (Fülöp 2016) Gondolhatunk itt az animációtörténet egyik legismertebb példájára, Walt Disney stúdiójára, mint az iparosított animációkészítés alapjára. Az animáció technika azonban nem egyenlő a klasszikus rajzanimációval, még ha sokáig sokakban, nagyrészt Disney munkásságának köszönhetően ez a kép élt, illetve él még ma is. (M. Tóth és Kiss 2014)

De hogyan definiáljuk magát az animációt? M. Tóth Éva és Kiss Melinda *Animációs mozgóképtörténet I. c. jegyzete az ASIFA, azaz a Nemzetközi Animációs Filmszövetség meghatározását említi:*¹⁰ „...animációnak nevezünk minden mozgóképet, amely más, mint élő események egyszerű, élethű reprodukciója” (M. Tóth és Kiss 2014) Ez elsőre meglehetősen tág értelmezésnek tűnhet, azonban a modern mozgóképalkotói gyakorlat sajátosságait figyelembe véve egyáltalán nem az. Lev Manovich szerint a klasszikus, élőszereplős filmek és az animáció között a digitális filmkészítés korában már nem érdemes különbséget tenni: a kamera által rögzített képsor ugyanis csak egy nyersanyag, alárendelve különböző animációs logikáknak és munkafolyamatoknak, *pl. matte painting, VFX, kompozit, 3D animáció stb.* (Manovich 2001) Ha megnézünk egy mai átlagos, hollywoodi szuperprodukciót, akkor láthatjuk, hogy Manovichnak alapvetően igaza van: a végleges kép legtöbbször komplex, animációs logikát követő utómunkálatok eredménye. Ráadásul ez csak a könnyen látható és azonosítható, „felszíni” réteg, a produkció során használt egyéb animációs technikák, többek között a *storyboard*, az *animatik* vagy akár a *3D prevíziós eszközök* végleges képekre gyakorolt közvetett hatása általában rejtve marad a néző előtt. Gondolhatunk itt akár a *Grand Budapest Hotel* c. filmre, amihez a rendező, Wes Anderson, a hivatalos produkció megkezdése előtt egy nagyon részletes, az egész filmet magába foglaló, rajzolt animatikut készített. (Zakarin 2014)

Az eddig elkülönülő kategóriák azonban nemcsak ezen az élesen elváló animáció/live action szinten, hanem önmagában az animációtechnikán belül is összemosódnak. A kifejezetten

használjuk, ennek az egy háttérnek a megalkotása is több napos munkát jelent. (Ez persze egyszerűsítő, modellező leírása a rajzanimáció készítésének, melynek fő célja bemutatni a technika időigényességét.)

⁹ De ezektől eltérő és váltakozó számok is lehetségesek.

¹⁰ Az általuk hivatkozott ASIFA weboldalra mutató link jelen dolgozat írásakor már nem elérhető.

nagy és technikailag is sokszínű animációs paletta a digitalizációval egynemű adattá válik, épp úgy, ahogy a klasszikus, élőszereplős mozgókép is digitális adatként kerül rögzítésre a digitális filmgyártás során. (Manovich 2001) Az ilyen típusú, adatoldalról való megközelítés meglehetősen érdekes gondolat, viszont véleményem szerint túlságosan általánosító. Az analógfilmgyártásban ugyanis a klasszikus rajzanimáció és az élőszereplős film is ugyanolyan celluloidszalagra levilágított képkockák sorozata, azaz analóg, *képi adatok* egynemű összessége. Ezért jobbnak tartom a *létrehozás technikai logikáját* vizsgáló megközelítésből levezetett csoportosítást. Ha manapság digitális animációról beszélünk, általában meg szoktuk különböztetni egymástól a 2D és a 3D animációt. Persze még ez is egy meglehetősen szűk kategorizálás, hiszen az animáció nem csak ezen dimenzióleíró meghatározások alapján csoportosítható, viszont az utóbbi években mind a szerzői alkotói gyakorlat, mind a piac gyártás tendenciái (néhány kivétellel) ezeken a tengelyeken határozzák meg magukat.

Ha klasszikus 2D rajzanimációról beszélünk, akkor annak digitalizálása igazából csak egy kényelmi funkció, mellyel olcsóbban, gyorsabban és hatékonyabban lehet dolgozni. (Fülöp 2016) Végeredményben ugyanazokon a fázisokon keresztül készül el egy rajzfilm, mint az analóg korszakban, azzal a különbséggel, hogy a karaktereket nem átlátszó cell lapokra festik vagy épp papírra rajzolják az animátorok, hanem számítógépes programokban létrehozott, virtuális rétegekre dolgoznak. Külön rétegeken készülnek a mozgó karakterek és a tárgyak, illetve külön rétegen (vagy rétegeken) a háttér, így azt nem kell minden képkockán újra és újra megrajzolni. Az alkotói folyamat viszont sokat egyszerűsödött, az animátor már valós időben látja az általa készített mozgást, nem kell képkockákként filmszalagra fotózni, majd előhívni, levetíteni, ami korábban több napos, esetleg hetes folyamatot jelenthetett (Fülöp 2016)¹¹

A 3D animációs technika azonban szakít ezzel a klasszikus, rajzanimációs megközelítéssel, és inkább a *stop-motion*, illetve a bábfilmes gyakorlathoz tart az élőszereplős filmforgatások logikájának irányába. A karakterek, ill. modellek (test)részeihez virtuális csontok rendelhetők, melyekkel mozgatni, animálni lehet azokat, így már nem kell őket *frame by frame* újarajzolni. Mozgásuk során sem kell meghatározott síkokat követniük, szabadon mozoghatnak, foroghatnak a tér minden irányába anélkül, hogy az animátoroknak nehéz perspektivikus torzulásokat, rövidüléseket kellene rajzolniuk. 3D környezetben a háttér fogalma is átalakul, és egy többször használható, igény szerint akár át is rendezhető, adott

¹¹ Vö. (Disney 1938)

jelenethez parametrizálható, virtuális tér jön létre. A kamerát ebben a térben már nem kötik fix tengelyek és egyszerű mozgások, a gépszem szabadon, kötöttségek nélkül utazhat a felépített virtuális térben. Míg a kamera a klasszikus rajzanimációs környezetben csak egy limitációkkal rendelkező *fényképezőgép* vagy inkább *szkenner*, a háromdimenziós virtuális térben már valódi kameraként viselkedhet, sőt a valódi kamerák fizikai korlátjai sem kötik. Megszűnik továbbá a háttér és a karakterek egymástól való erős leválasztottsága, a figurák bekerülnek a virtuális térbe, természetes módon léphetnek interakcióba azzal, akár olyan alapvető szinten is, ami a fénykörnyezet rajtuk megjelenő hatásait jelenti.

A mai digitális, számítógépes 2D animációtechnika alatt elsősorban már nem a rajzanimációra gondolunk, hanem egy újabb gyártási technikára, melynek lényege a *hatékonyság*, miközben többé-kevésbé igyekszik megőrizni azt a technikailag bizonyos szinten determinált kétdimenziós látványvilágot és dinamikát, amelyet a rajzanimációtól örökölt. A legtöbb digitális 2D animációra tervezett szoftverben a karakterek a 3D-hez hasonlóan csontozhatók, ill. riggelhetők, így újra felhasználhatóvá válnak, és nem kell őket framenként újrarajzolni. Ezek a szoftverek így átmenetet jelentenek a 3D animációs logika felé, a karakterek komplex mozgásaik során akár körbe is fordulhatnak, valamint a jelenetek is tartalmazhatnak olyan szimulációkat (pl. haj, szél, részecsskerendszerek stb.) melyekkel a 3D alapú animációs szoftverekben találkozhatunk. A szakmai nyelvben emiatt az átmeneti jelleg miatt ezeket sokszor 2,5D technikának is nevezik.

A 3D szoftverekben természetesen nem csak fotorealisztikus animációkat lehet készíteni. Ezt az irányt nevezzük NPR-nek (Nem fotorealisztikus renderelés). Ennek egyik iránya, amikor a 3D animáció kétdimenziós megjelenést kap, miközben a 3D szoftver technikai logikáját követi. (pl. *Blue Eye Samurai* – Netflix, 2023.) Egyes 3D animációs szoftverek tartalmaznak integrált 2D animációs eszközöket és felületeket is (pl. Blender – grease pencil – térbeli rajzeszköz), létrehozva ezzel olyan szoftveres környezeteket, melyek képesek egy platformon összefogni a különböző digitális animációkészítési technikákat. Az utóbbi években megfigyelhető ezen technikák keverésének trendje, (többek között: *Arcane* – Netflix, 2021; *Spider-Man: Across the Spider-Verse* – Sony Pictures, 2023; *Műanyag Égbolt* – SALTO Films, 2023), mely még jobban rávilágít egy posztanalóg animációs formanyelvre. A számítógépes technika által kínált új lehetőségeket kreatívan ötvözik a hagyományos módszerekkel, egyfajta *animációtechnikai eklektikát* létrehozva. A digitális animációkészítést tehát egyszerre jellemzi a technikai, vagy inkább technológiai sokszínűség, és az ezek közötti intuitív átjárhatóság.

A különböző digitális animációs technikákat önmagában is egyesíteni képes 3D környezetet könnyű, de ugyanakkor könnyelmű lenne kikiáltani az animációkészítés *totalitárius* jövőjének. Egyrészt rögtön beleütköznénk a szoftverek felültervezettségének kérdésébe, azaz ha én 2D rajzanimációt szeretnék készíteni, akkor miért dolgozzak egy technikailag bonyolultabb, kevésbé felhasználóbarát programban, miért ne használhatnék inkább egy egyszerű céleszközt? Másrészt az ipari környezetben belül már létezik olyan megoldás, amely összefogja a különböző kreatív célszoftverekben végzett folyamatokat. Ez a Pixar által kifejlesztett, nyílt forráskódú, USD, azaz *Universal Scene Description*, vagy magyarul univerzális jelenetleírás. (Pixar Animation Studios 2021) Nagy előnye, hogy a produkció során egy egységes munkakörnyezetet teremt a különböző részlegek számára, így mindenki abban a szoftverben dolgozhat, mely számára, illetve az adott feladathoz a legcélszerűbb. Nem kell az adatokat folyamatosan, manuálisan konvertálni, a jelenet akár egy közös szerverről, non destruktív módon, valós időben mindenki számára elérhető. A USD jelenleg elsősorban 3D alapú jelenetekre épít, de véleményem szerint a 2D integráció is megoldható. A metódus ráadásul az egyéni, ill. kiscsoportos alkotói gyakorlatban is helyet kaphat, hiszen alaptól nyílt forráskódú, és az Nvidia Omniverse platformmal mindenki számára hozzáférhető. (NVIDIA Corporation év nélk.) Ez a környezet a digitális animációs gyakorlatban betöltött jövőbe mutató szerepén kívül azért is fontos számunkra, mert megteremti az egyszerű integráció lehetőségét az MI alapú megoldások számára is. A jelenlegi MI eszközök nagy része ugyanis még külön szoftverként, nagyrészt webes környezetben futtatott alkalmazásként (weboldal), esetleg más célprogramok részeként érhető el néhány kivétellel, pl. Adobe Firefly, illetve egyéb Adobe programokba épített eszközök, vagy a DaVinci Resolve Studio-ba épített MI alapú funkciók, és 1-2 Blenderhez készült, telepíthető MI alapú bővítmény, *addon*. Ez utóbbi rámutat a nyílt forráskódúság egyik nagy előnyére is, hiszen az integráció így egy sokkal gyorsabb, könnyebb és jogilag sem akadályozott folyamat. Annak, hogy melyik MI „szolgáltató” milyen gyorsan és minőségben teremt meg eszközének beépített, felhasználóbarát használatát az adott célkörnyezetbe, fontos szerepe lesz az eszköz jövőbeli piacképességével kapcsolatban. Ez természetesen fordítva is igaz: egy adott célszoftver versenyképességének növeléséhez, vagy épp megőrzéséhez szükség lesz a MI alapú automatizáló funkciók beépítésére. A következő fejezetben elméleti szinten vizsgálom meg, hogy pontosan milyen eszközök is lehetnek ezek, és hogy hogyan hasznosulhatnak az animációs alkotói gyakorlatban.

III. MI és digitális animáció – lehetséges utak

Ahogy bemutattam, az animációs alkotói gyakorlat igen összetett folyamat, legyen szó egyéni, szerzői alkotásról, vagy akár egy stúdiókörnyezetben készülő filmről. A konkrét gyártási folyamat természetesen még tagoltabb és összetettebb, ráadásul produkciókként, alkotókként eltér egymástól. Habár ezen folyamatok általánosan még leírhatók lennének, részletekbe menő elemzésük, valamint a MI rájuk gyakorolt hatásának vizsgálata jelentősen meghaladná a dolgozat kereteit. Így egy olyan kategorizáló rendszert állítottam fel, amely minden folyamatra általánosságban értelmezhető, de nem veszik el a szűk fókuszú animációtechnikai alterületek labirintusában. Attól függően, hogy a digitalizált animációs produkció során milyen munkafolyamatokat milyen szinten támogathatnak, esetleg válthatnak ki, három fő csoportra osztanám a MI alapú eszközöket:

1. Az első csoportba tartoznak a szinte láthatatlan, háttérben futó „passzív támogató” mesterséges intelligenciák és egyéb algoritmikus megoldások. Ezek alatt alapvetően olyan funkciókat értek, melyek akár eddig is elérhetőek voltak, csak gépi tanulással, vagy egyéb MI alapú módszerekkel ma már fejlettebb szinten képesek végrehajtani az adott feladatot. Példaképp a 3D animáció esetében a renderelést támogató eszközöket említeném, mint pl. a *denoise* (zajszűrés), amely rövidebb renderidőt tesz lehetővé, esetleg különböző *upscalce* (felbontásnövelő), ill. *frame interpolation* (képkockaszám növelő) funkciókat. Ezek általában az alkotás technikai oldalát egyszerűsítik és gyorsítják, miközben a teljes kreatív kontroll az alkotó kezében marad.
2. A második csoportba tartozó „aktív támogató” eszközök már képesek kiváltani bizonyos folyamatokat, esetlegesen egész „munkaköröket”, legalábbis nagyon felgyorsítják a produkciós folyamat egyes elemeit. A 3D animáció esetén gondolhatunk itt többek között automatikus *mocap* (mozgásrögzítés) megoldásokra, textúra és 3D modell generálásra. A 2D rajzanimáció esetén pedig automatikus kifestésre, *clean-up-ra* (a végleges kontúrvonalak meghúzása), vagy az *inbetweenek*, azaz a kulcspozokat tartalmazó képkockák közti framek automatikus kitöltésére.¹²

¹² Gyakorlatilag ez is egy frame interpolation, csak fejlettebb, mint az előző kategóriához tartozó.

3. A harmadik, „helyettesítő” kategória pedig az animáció területéről nézve egyértelműen a képgeneráló algoritmusok csoportja, ahol a felhasználó a beírt szöveges bemenetre egy képi, esetleg videó kimenetet kap (*text to image, text to video AI*).

Ezzel a kategorizálással kapcsolatban néhány dolgot meg kell jegyezni. Az egyik az, hogy a helyettesítő, azaz a 3. kategória önmagában képes lehet az egész animációs alkotói gyakorlatot összefogni, így a fejezet elején említett megközelítési módot, amely az animációs alkotói gyakorlatot apró részfeladatokra bontja, valamint vizsgálja ezen feladatok MI alapú eszközökkel való kiválthatóságát, feleslegessé teszi. Hiszen ez egy olyan megoldás, amely már eleve magába foglalja a többi területet is. Fontos továbbá megjegyezni azt is, hogy a kategorizálás az animáció képi produkciójára értelmezhető, és nem veszi figyelembe a társ-és határterületeket kiváltó, vagy kiváltani képes MI eszközöket (pl. szinkronszínészek, zeneszerzők), habár egyes esetekben úgy tűnhet, hogy a kategorizálás ezen irányokba is releváns lehet.

A csoportosítás továbbá rugalmas is, és a kategóriák Venn-diagramhoz hasonló metszhalmazokat képezhetnek egymással. Ez a rugalmasság annak is köszönhető, hogy egy esetleges, az általánostól eltérő használati mód indikálhatja a kategóriaváltást. Példaképp három gyakorlati felvetést hoznék, kettőt a képgeneráló algoritmusok, azaz a helyettesítő kategóriából, és egyet az aktív támogató algoritmusok közül. Ha egy szöveges bemenetre képet generáló MI – pl. *Midjourney*, nem egy szöveges bemenetet vesz alapul, hanem egy általam rajzolt képet, akkor inkább egy aktív támogató eszközzé válik, mintsem egy sima képgenerátorrá.¹³ A másik eset, amikor ugyanezzel az algoritmussal hirdetéseket, plakátokat generálok azért, hogy azokat szétszórjam egy általam modellezett 3D városban. Itt is egy alacsonyabb kategóriában használok a képgenerálás funkciót, hiszen egy hirdetés generálása nem feltétlenül oldható meg egy sima, „aktív támogató” kategóriájú textúragenerátorral. De ha egy ilyen textúragenerátort használok, és ennek segítségével azt animálok, hogy hogyan változik egy adott felületen a textúra, akkor azt inkább a helyettesítő kategóriába kellene sorolnom. A függelékben egy összefoglaló részben gyűjtöm, és a felvázolt három kategóriába rendezem az animációs gyakorlat szempontjából releváns MI alapú eszközöket. Mivel ez egy nagyon dinamikusan

¹³ Ez persze további nagyon érdekes kérdéseket vet fel, akár a különböző művészeti ágak viszonyával kapcsolatban, mint a gondolat szöveges formában való megfogalmazásának „értéke” egy vizuálisan megvalósított szellemi termékkel szemben. Ha általánosságban nem is jelenthető ki, de az animáció szempontjából egy vizuális bemenet nagyobb relevanciával bír, mint egy szöveges prompt.

fejlődő és folyamatosan alakuló ágazat, ezért a gyűjtés nem teljeskörű, és elképzelhető, hogy relevanciája pár éven belül teljesen elveszik.

Az előző fejezetben megismert technikai határok elmosódásának ténye fontos kérdés egy képgeneráló algoritmus esetén. Ha az az adathalmaz, amelyből a MI dolgozik, egy filmes screenshotokat tartalmazó adatbázis, akkor az új képek generálása során az algoritmus alapvetőleg nem választja szét a valós és a CGI elemeket, így az általa generált *valóság* már önmagában tartalmaz olyan elemeket, melyek animációs logikát követnek. Természetesen megtaníthatjuk az algoritmusnak, hogy felismerje azt, hogy mi a CGI és mi nem az, csak itt egy újabb kérdésbe ütközünk: a legtöbb CGI elem ugyanis a valóságban is létező objektum újrafelhasználása, remixelése. Így a kontextusról leválasztva, már önmagukban is a *valóság egyes darabjai*, pontosabban annak realista reprezentációi. De ha ki is lehetne dolgozni egy rendszert, melyben az algoritmus csak a „valóságos” elemeket használná, a fő probléma ugyanúgy megmaradna. Tegyük fel, hogy *generálunk* egy fotorealisztikus, *valóságosnak tűnő* képet. Mivel ez a kép több másik, *realista valóságot* ábrázoló kép összessége, de valamilyen elv (*jelen esetben egy algoritmus*) szerint való *morfolása*, azaz animációs logikát követ. A MI-val való képalkotás tehát mindenképp összemosza az animációt a realista ábrázolással.

Ezen logika gyakorlati megvalósulására példának az egyik legnépszerűbb *text to image*, azaz szöveges bemenetre képet generáló algoritmust, a *Midjourney*-t említeném. Ha generálásnál az alapbeállításokat használjuk, akkor a kapott eredmény sokszor esik valamilyen stilizációs tartományba. (1. Kép) Ha nem az alapbeállításokat használjuk (*raw/nyers mód bekapcsolva, stilizációs érték kikapcsolva*) a kapott kimenet akkor is többször eltolódik valamilyen nem fotorealisztikus irányba, annak ellenére, hogy a beírt utasítás erre nem vonatkozott. (2. Kép)



1. Kép: Az „a tree” bemenetre, alapbeállításokon generált stilizált kimenetek
– Midjourney v5.2 (/imagine a tree)



2. Kép: Az „a tree” bemenetre, raw módban, stilizációs értéket kikapcsolva generált stilizált és fotorealizmusra hajazó vegyes kimenetek – Midjourney v5.2 (/imagine a tree --s --style raw)

A kapott kép stílusztikája természetesen nem független a bemeneti parancsban leírt objektumtól, személytől, helytől stb. Valószínűsíthető, ha az adatbázis a generálni kívánt objektumra – pl. fa, több stilizált képet tartalmaz, mint fotót, akkor a végeredmény is a stilizációs irányba fog eltolódni.¹⁴ Ha fotorealisztikus képet szeretnénk, akkor külön utasítanunk kell a szoftvert, hogy ilyen outputot várunk. Ez egyértelműen rámutat arra, hogy az algoritmus nemcsak realista fotográfiákat tartalmazó adatbázisból dolgozik, hanem tartalmaz: különböző stilizált alkotásokat is, például *grafikákat, rajzokat, festményeket, szobrokat, filmeket* stb. Tehát már a generálási nyersanyag szintjén is tartalmazhat animációs logikához kapcsolódó elemeket. A másik megállapítás, amely az előbb még probléma szintjén merült fel, hogy a szoftver valamilyen szinten különbséget tud tenni fotorealisztikus ábrázolás és stilizált kép között, hiszen az utasításnak megfelelően tudja kezelni ezeket az elemeket.¹⁵ Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a Midjourney eredeti célja alapvetően nem fotorealisztikus fényképek generálása, és ha a vizsgálatot a filmiparra korlátozzuk, akkor az általa használt nyersanyag egyértelműen nem csak filmekből vett képekből áll. Ettől függetlenül véleményem szerint a Midjourney az animációs logika megvalósulásával a műfaji határok elmosásának egyik világosan azonosítható, de nem kizárólagos esete.

A dolgozat írásának idejében megjelent, legfrissebb videógeneráló modell az OpenAI Sora nevű eszköze, amely egyelőre még csak egy zárt tesztelői csoportnak érhető el, azonban a publikált technikai specifikációk, köztük a MI által generált videókiegészítők is rendkívül meggyőzőek. (Brooks, és mtsai. 2024) Ez az eszköz szintén egy kifejezetten diverz adatbázist használ, amely különböző felbontású és képarányú fotókból, videókból állítja össze az outputot, de egyéb saját fejlesztésű MI alapú eszközökkel is kapcsolódik, mint a képgeneráló DALL-E,

¹⁴ A hivatalos dokumentáció erről sajnos nem tartalmaz több információt.

¹⁵ Ez persze nem mindig jelent hibák nélküli, teljesen fotorealista végeredményt, de az algoritmus fejlődésével ez a probléma elég hamar megoldódik majd – Vö. OpenAI Sora

vagy a szöveggeneráló ChatGPT. Ez egy olyan komplex környezetet teremt, amellyel a későbbiekben általánosságban elérhetővé teheti a fizikai világ pontos szimulációját. (Brooks, és mtsai. 2024) A látott kezdeti eredmények alapján ez az eszköz valóban egy komplex, egész mozgóképes gyártási folyamatot önmagában összefogó eszköz lesz.

A generatív eszközök integrációjának kérdése már az előző fejezetben is felmerült. Ma ezen MI-k nagy részét még csak manuálisan tudjuk beemelni egy alkotói vagy gyártási folyamatba. Egy olyan komplex eredmény, mint a Sora által előállított kimenet eléréséhez azonban annyira sok aspektusra kell hogy figyeljen az algoritmus (pl. *kamera tulajdonságok, fények, a tér konzisztenciája, a tér elemeinek egymással való interakciója* stb.), hogy ezen adatok alapján akár egy virtuális tér is felépíthető lenne. A korábban bemutatott USD, vagy egy ehhez hasonlatos környezet pedig olyan mértékű integrációt tehet lehetővé, ahol a generatív kimenet nem valamilyen lezárt fájlformátum, pl. *videó vagy kép*, hanem különböző elemekből (*layerek, fények, modellek* stb.) felépített komplex jelenet, amellyel az alkotók sokkal könnyebben tudnak interaktálni, változtatásokat végrehajtani. Véleményem szerint ez jelentheti majd a következő lépést a generatív eszközök fejlesztésében.¹⁶

IV. Gyakorlati példák

A Deep Blue¹⁷ nevű MA diplomaprojektem egy három oldalról vetített immerzív térinstalláció, amely 3D animációs technikával készült. A gyártás során igyekeztem olyan MI alapú megoldásokat, eszközöket keresni, melyeket a gyakorlatban is sikeresen tudok alkalmazni a projekt kapcsán.

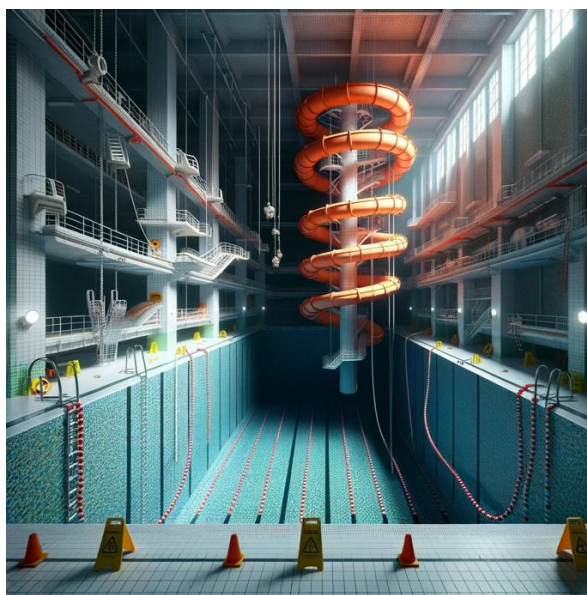
1. Képgenerátor mint previzualizációs eszköz:

Az animációs folyamat első lépéseként egy szöveges leírás, forgatókönyv készült el. Az installáció legfőbb narratív elemét azok a terek jelentik, melyeken a néző az animáció során áthalad. Ezen terek leírása tehát kifejezetten részletes, sok elemből áll. A szöveget változtatás nélkül bemásoltam a DALL-E nevű képgenerátorokba egyfajta prevíziós kísérletként.

¹⁶ Kérdés, hogy a már meglévő 3D célszoftvereink egyes funkciói cserélődnek le MI alapú funkciókra, vagy új szoftveres környezetek nőnek ki a MI alapú eszközökből?

¹⁷ Nem azonos a korábban már említett IBM szuperszámítógéppel, habár egy találó történeti párhuzam lehet.

„A plafonig kicsempézett, ablaktalan teret fentről hatalmas, ipari neonlámpák világítják meg, de hiába: a föld alatti tér sötétbe burkolódik. Jobbra a falból egy hatalmas, narancssárga vízcsőszda vége lóg ki, alatta üres úszómedence, mely szinte az egész teret kitölti, 14-16 méter mély. A hatalmas medence aprócska kék mozaikkövekkel van kirakva, szemközt egy négy lépcsőfokból álló fémlétra meredezik a mélység fölött. Az úszósávokat elválasztó piros-fehér műanyagfüzerek egy része beesve lóg a medence két vége között, néhányuk viszont leszakadva nyúlik a sötét mélybe, ahová már nem ér le a plafonon lévő lámpák fénye. A bal oldalon egy szintén zöld műanyagból kiöntött csőszda csavarog, olyan mint egy hatalmas rugó, azonban sem kezdő, sem végpontja nem található a térben. A fehér csempével kirakott padlón helyenként elszórva sárga, csúszásveszélyre figyelmeztető táblák állnak.”



3. Kép: DALL-E 3, 2024



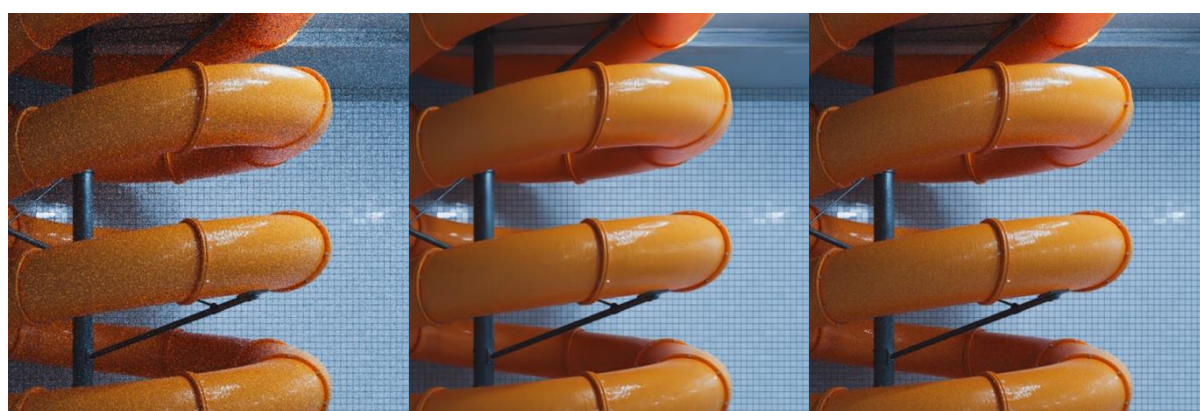
4. Kép: Deep Blue, részlet a térből,
Pencz Patrik, 2024

Habár az algoritmus nem követte hibátlanul a szint leírását, a legtöbb a szövegben szereplő elemet sikerült elhelyeznie a képen. Ez azért is lenyűgöző, mert a szöveges bemenet magyar nyelvű volt. Legnagyobb hibának talán az ablakok jelenlétét, illetve a kompozícióra vonatkozó egyéb utasítások figyelmen kívül hagyását említeném.¹⁸ Ezeket leszámítva az eredmény kifejezetten meggyőző, és bár tartalmaz egyéb apró hibákat is, prezentációs, illetve prevíziós célokra kifejezetten alkalmas. Alkotóként azt tartom sokszor zavarónak a DALL-E és a hasonló generatív eszközök kapcsán, hogy az elkészült képeket (vagy egyéb outputot) nem tudom széleskörűen finomhangolni. Azaz az olyan apró változtatások, melyek egy 3D-ben felépített térben kifejezetten egyszerűek, itt sokszor nehézkesek, és nem feltétlenül vezetnek a kívánt eredményre – pl. egy textúra vagy lámpa cseréje. Ettől függetlenül az első példa megmutatja, hogy a gyakorlatban egy helyettesítő kategóriájú eszköz hogyan használható aktív támogató eszközként.

¹⁸ Az összehasonlíthatóság végett az általam készített térben egy olyan képkivágást kerestem, amelyben a kompozíció hasonlatos a generált képhez. A leírásban szereplő pontos kompozíció a 14.Képen látható.

2. Zajszűrés

A Ray-tracing, azaz sugárkövetés alapú renderelés a jelenetben pattogó fény szimulálásával képezi le azt a képet, amelyet a virtuális kamerán keresztül látunk. Minél több fénysugarat pattogtatunk a jelenetben, annál pontosabb lesz az eredmény, viszont a mintavételezés számának növelésével a renderidő is növekszik. Ha ez a szám túl alacsony, akkor egy zajos képet kapunk eredményként. Különböző denoise, azaz zajszűrő algoritmusokkal viszont ez a zaj kiszűrhető, így jelentős időt spórolhatunk ezek használatával. A Deep Blue esetében én a Blenderbe integrált, de az Intel által fejlesztett, Open Image Denoise¹⁹ algoritmust használtam. (Intel Corporation 2024)



5. Kép: Deep Blue – részlet,
denoise nélkül., sampling=250,
render(t)=8,85 sec.²⁰

6. Kép: Deep Blue – részlet,
denoise: OID, sampling=250,
render(t)= 10,49 sec.

7. Kép: Deep Blue – részlet,
denoise nélkül., sampling=2500,
render(t)= 71,11 sec.

Ahogy az 5-7. képeken is láthatjuk, a zajszűrő algoritmusokkal jelentős időt spórolhatunk. Ez egy percnyi animációnál már több mint 24 óra renderidő különbséget jelent. Ez egy olyan első, azaz „passzív támogató” kategóriás eszköz, amely rengeteg időt, erőforrást, energiát tud megtakarítani az alkotóknak, akik ennek köszönhetően több javítást eszközölhetnek szükség esetén, vagy eleve komplexebb, nagyobb számításigényű jeleneteket hozhatnak létre. A Deep Blue projektnél ez a zajszűrő algoritmus nagyságrendileg több mint 12 nap, azaz 288 óra folyamatos renderidőt spórolt meg.

3. Text to 3D – automatikus modellezés

¹⁹ Az Intel OID elsősorban nem MI alapú, viszont tartalmaz gépi tanulást, így a dolgozatban vizsgálni kívánt MI eszközök között helyet kaphat.

²⁰ Tesztkörnyezet mindhárom esetben: Microsoft Windows 10 22H2, Blender 3.6.2 – Cycles, Render output: 1920*1080, Nvidia GeForce RTX 4090, 64GB RAM, 13 th Gen. Intel(R) i7 13700KF 3,4 GHz.

Az installációban megjelenő tereket 1-2 internetről letöltött modell kivételével nagyrészt saját készítésű assetekkel töltöttem fel. Itt nagyságrendileg 100 db eszközről/tárgyról van szó, melyeket modellezni, illetve textúrázni kellett a jelenetbe való integrálás előtt. Ezt a folyamatot gyorsítandó kipróbáltam több különböző, szöveges bemenetre automatikusan 3D modellt generáló eszközt. A választásom egy targoncára esett, mivel ez egy összetettebb, részeltgazdag forma, így a modellezés és a textúrázás több időt vesz el, mint egy egyszerűbb test (pl. csövek) esetében, illetve a MI által generált eredmény is jobban elemezhető.

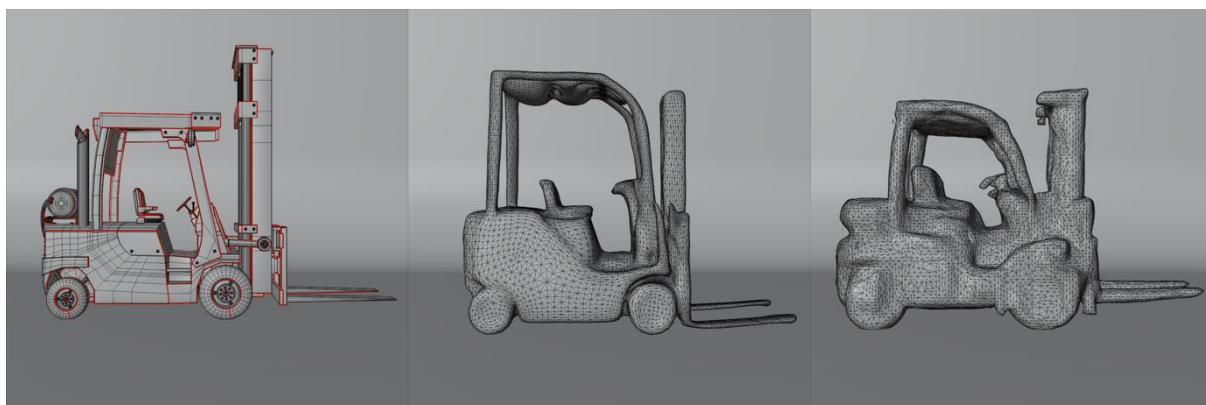


8.Kép: alpha3d.io, prompt: „Forklift” - 2024.02.02.

9.Kép: lumalabs.ai (Genie), prompt: „Forklift” - 2024.02.02.

10.Kép: Meshy.ai, prompt: „Forklift” - 2024.02.02.

A három generált eredmény közül egyértelműen az alpha3d által (8.Kép) generált eredmény a leggyengébb. Ez sem formájában, sem textúrájában nem közelít egy targoncához, ráadásul a program a modelltől leválasztott, lebegő részeket is generált. A Lumalabs (9.Kép) és a Meshy (10.Kép) jobb eredményt hozott mind forma, mind textúra tekintetében, azonban egyik sem eredményezett a projektben használható végeredményt.



11.Kép: Deep Blue asset, Letisztult topológia, 39,183 poligon

12.Kép: lumalabs.ai, zavaros topológia, 39,886 poligon

13.Kép: Meshy.ai, zavaros topológia, 39,982 poligon

A Lumalabs és a Meshy is topológiaiilag hasonló eredményt hozott, a textúrák nagyban segítenek a részletek megjelenítésében és a modellek értelmezhetőségében. Textúrarészletességben egyértelműen a Meshy végzett részletesebb munkát, habár ennek köszönhetően a textúra egyes hibái is jobban előjönnek. Érdekes, hogy az általunk készített asset poligonszámától (11.Kép) csak kis mértékben tér el a két generált modell poligonszáma (12. és 13.Kép). Ezeknél a poligonok nagyjából egyenletes hálóként írják le a lazán definiált elnagyolt formát, nincsenek optimalizálva. Míg a „hagyományosan” készített modell poligonális felbontása dinamikusan alkalmazkodik a leírt felület bonyolultságához, így egy részletgazdagabb eredményt hoz közel azonos poligonszámok mellett. Ettől függetlenül a generált eredmények biztatóak, és már most alkalmasak lehetnek akár háttérbeli használatra vagy prevíziós célokra. Azt is érdemes kiemelni, hogy az itt kapott kimenet már egy, a felhasználó által könnyebben módosítható objektum – pl. *textúra csere, modellezési hibák javításának lehetősége*.²¹ Ezek az eszközök egyértelműen az „aktív támogató” kategóriába esnek, még ha nem is értek el olyan technikai és vizuális minőséget, hogy helyet kapjanak a projektben.

4. Informatikus helyett ChatGPT?

Az installáció 3 különböző projektorra van tervezve, ezért a virtuális jelenetből egyszerre 3 összehangolt kamera képét kell kirenderelni. Sajnos a Blenderben ezt nem egyszerű megcsinálni, mert a szoftver egy időben csak egy aktív kamera képét teszi renderelhetővé. Így vagy külön fájlokat kell létrehozni a különböző aktív kameráknak, vagy egymás után kell animálni őket, ami egy folyamatos mozgás esetén kifejezetten nehéz és időigényes feladat lenne. Egyik megoldás sem a legjobb, bár hozzátenném, hogy ez egy olyan probléma, ami nem mindennapi és meglehetősen projektspecifikus. A Blenderhez viszont kifejezetten könnyen lehet Python programozási nyelven a programon belül futtatható scripteket írni. Személy szerint sajnos nem tudok programozni, viszont a ChatGPT nagyjából tud. Így megkértem *magyarul*, hogy írjon egy olyan scriptet, ami megoldja ezt a problémát:

Patrik: „Szükségem van egy python scriptre, ami lehetővé teszi, hogy Blenderben egyszerre több kamera képét is ki tudjam renderelni.”

ChatGPT: „Blenderben több kamera képének renderelése egy kicsit összetettebb folyamat lehet, de megoldható Python script segítségével. Először is, be kell állítani a kamerákat és a renderelési beállításokat a Blender projektben, majd a Python script segítségével állíthatod be a renderelési feladatokat minden egyes kamera számára. Az alábbi példa egy egyszerű Python

²¹ Természetesen ebben az esetben a hibák javítása tovább tartana, mintha egy saját modellt készítenénk, tehát ez nem feltétlenül az optimális út.

scriptet mutat be, amely lehetővé teszi, hogy egyszerre több kamera képét renderelhesd a Blenderben:

(Script)²²

Ezt a scriptet a Blender "Text Editor" nevű szövegszerkesztőjében vagy egy külső Python kód szerkesztőben futtathatod. A scriptben meg kell adnod a camera_names listában azoknak a kameráknak a nevét, amelyeket renderelni szeretnél. A render_output_path változóban pedig az útvonalat kell megadnod, ahova a renderelt képek mentődnek.

Ne felejtsd el menteni a Blender projektet a kívánt kamerabeállításokkal, mielőtt futtatnád a scriptet. Ezt a scriptet módosíthatod és testre szabhatod az igényeidnek megfelelően."²³

A script nemcsak hogy működött, de a chatprogram el is magyarázta, hogy melyik része milyen funkciót lát el, sőt azt is, hogyan tudom használni a kódot a programon belül. Magába a scriptbe is beleépített magyarázatokat, így az kifejezetten átlátható lett. Ezután kértem tőle még extra funkciókat, például hogy a jelenetben lévő kamerákat alapból felismerje, vagy azt, hogy a három kimeneti képet automatikusan olvassza egybe, ezzel megspórolva még egy fázist a szerkesztésnél.



14.Kép: Output a script által automatikusan összeillesztett kameraképekből. Deep Blue – részlet.

A ChatGPT egyedül a renderállapotot valós időben visszajelző *status barral* nem boldogult. Magyarázata szerint ez az eszköz a programon belül egy olyan magasabbrendű folyamatra hivatkozik, amelyet a script editorral nem lehet felülrírni, de bővítménykészítéssel megoldható lehet. Mivel a script enélkül is működőképes, ezért a programozás technikailag sokkal bonyolultabb, és ennek megfelelően a tölem is nagyobb szaktudást igénylő bővítményt nem írtam meg vele.

A megismert eszközöknek az egyik legfőbb közös tulajdonsága, melyet már korábban is kiemelttem, hogy az animációtechnika időigényességéből fakadó gyorsítási, illetve egyszerűsítési igényekre megfelelő választ adnak, azaz használatukkal jelentős időt spórolhatunk meg. A bemutatott eszközök egy része a saját projektem tapasztalatai alapján még

²² A script megtalálható a függelékben.

²³ ChatGPT 3.5, 2023. December

nem, vagy nem teljesen állnak készen a professzionális környezetben való alkalmazásra, azonban így is nagy segítséget jelenthetnek a produkció során. Fontos felismerés továbbá, hogy ezek az eszközök olyan lehetőségeket is megnyitnak előttünk, melyekre alaptól nem, vagy csak hosszas tanulás és energiabefektetés után lennénk képesek, ahogy azt a scriptelési példánál is láttuk. Ez egy újfajta gondolkodást indít, amely nem a konkrét technikai megvalósításra, hanem a *megfelelő segédeszköz kiválasztására*, illetve annak *kreatív használatára* törekszik.²⁴ Mindemellett természetesen fontos kiemelni ezen eszközök korlátait is, ahogy azt a vizuális outputokat generáló eszközöknél is láthattuk. Az eredmény, habár a valóságtól alig megkülönböztethető, vagy épp ellenkezőleg, az absztrakció magas minősége miatt kifejezetten meggyőző is lehet, utólagos testreszabása, az animációs szakembereként megszokott klasszikus, alkotói interakció lehetősége igencsak korlátolt, közel sem olyan, mint egy szakszerűen felépített jelenet esetében. Ez ráadásul egy intelligensnek mondott eszköz tekintetében kifejezetten *idegesítő* is lehet, mivel az utasításokat ahhoz hasonlóan kell megfogalmaznunk, mintha valakivel beszélnénk, de ez a *valaki* folyamatosan félreérti azt, amit mondunk neki, ráadásul hallucinál is, vagyis folyamatosan hibákat vét, nem nehéz belátni, hogy ez könnyen egy sziszifuszi veszekedéssé is fajulhat ember és gép között.²⁵

Összefoglalás

Az animáció mint technika, az utóbbi évek alkotói gyakorlatában szinte teljesen digitálissá vált. Nem szabad elfelejtenünk, hogy a mozgókép születésétől fogva mindig, minden formájában egy erősen technológia alapú médium volt. Ha a digitális animációkészítés el is veszített bizonyos karakteristikákat az analóg animációval szemben, (épp úgy, mint az élőszereplős film a digitális forgatással és terjesztéssel) az új technológiai környezetben számtalan olyan kreatív lehetőség és megoldás nyílt, ami korábban nem volt elérhető. Az új környezet ráadásul a rendkívül időigényes animációs alkotói gyakorlatból következő *munkafolyamatgyorsítási és egyszerűsítési* igényre is megfelelő választ adott. A MI alapú eszközök egy hasonló technikai újítást jelentenek, mint korábban az analógról a digitális produkcióra való átállás, és ugyanúgy,

²⁴ A fejezetben bemutatott eszközökön kívül természetesen még rengeteg hasonló MI alapú megoldást lenne használni a Deep Blue kapcsán, vagy a dolgozatban alaposabban megvizsgálni, de a terjedelmi korlátok miatt ezt most nem teszem meg. Igyekeztem a projekt és a dolgozat számára a legpraktikusabb, legérdekesebb, illetve általam különböző kategóriákba sorolt MI alapú eszközök gyakorlati működését bemutatni.

²⁵ Persze valami ilyesmi történik akkor is, amikor egy szoftverben egy adott funkció nem teljesen úgy működik, mint ahogy azt várnánk, és meg kell keresni a hiba forrását, ami sokszor idegörlő, csak ebben az esetben nincs jelen egy részben antropomorfizált, virtuális asszisztensként viselkedő algoritmus, hanem – általában – az általunk elkövetett hibákat kell helyrehoznunk.

az előző technológiához képest, még gyorsabb munkavégzést tesznek lehetővé. Ahogyan a piaci produkciós, illetve az egyéni alkotói gyakorlat a technológiai átmenethez is alkalmazkodott, a MI alapú eszközök jelentette újításokhoz is ugyanúgy alkalmazkodni fog. Talán közhelynek számít leírni, hogy az automatizálás, illetve a technológiailag folyamatosan fejlődő piac munkaerő oldalról, jelen esetben az alkotóktól is egy folyamatos, proaktív fejlődést kíván. Ugyanakkor nehéz és kontraproduktív lehet művészeti tevékenységre piaci logikát erőltetni, de a digitális mozgóképkészítés, illetve animációs gyakorlat – véleményem szerint – önmagában is kiemeli ennek a témának a fontosságát. A mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségek és eszközök sokszor olyan munkafolyamatokat válthatnak ki, melyeket a szakma csak „favágó” munkaként emleget. Ezek a *nem sok kreativitást igénylő munkafolyamatok* fontos részei az animációs alkotási láncolatnak, de automatizálásukkal egy egyénileg dolgozó művész, vagy kisebb alkotói csoport több időt tud az igazán kreatív feladatokkal tölteni. Személy szerint nem gondolom, hogy az animáció jövőjét a dolgozatban a „helyettesítő kategóriába” sorolt képgeneráló algoritmusok jelentik, bár a reklám és stockfotó iparban máris helyet kapnak. (Portfolio.hu 2023) Ettől függetlenül használatuk jelen lesz az animációs alkotói gyakorlatban is, de véleményem szerint egy általam „alacsonyabb kategóriába” sorolt minőségben, nem pedig az egész folyamatot általánosan helyettesítve. Ami a többi, passzív és aktív támogató jellegű MI eszközt jelenti, alkalmazásuk egyértelműen jelen lesz, illetve már sok helyen jelen is van. Alapvetően úgy gondolom, hogy a különböző MI-k pozitív hatással lehetnek az alkotói gyakorlatra, hiszen egy adott képből, jelenetből gyorsan, több verzió készíthető, ami segíthet megalkotni azt a képet, ill. képeknek azon sorozatát, amely a rendezői, alkotói szándéknak legjobban megfelel. Az integráción és a felhasználói interakciós lehetőségek megteremtésén fog múlni egy ilyen eszköz vagy szoftver sikeressége, piacképessége. Ahogy a gyakorlati példákon keresztül is megismerhettük, ezen eszközök kreatív használata olyan új utakat nyit meg, melyek korábban nem voltak elképzelhetők.

Kevésbé technopozitív összefoglalás és kitekintés:

Ahogy azt a dolgozatban láthattuk, elméleti szinten, egy ideális világban ezekkel az eszközökkel nincsen annyi probléma, mint amekkora ellenállást, vagy akár személyes ellenérzést tapasztalunk velük szemben. Ha részletesen fel is tárjuk a hype-ból, a túlmisztifikációból és az ismerethiányból eredő torzító hatásokat, nem szabad elbagatellizálnunk a kevésbé technopozitív nézőpontból felvetett kritikai kérdéseket sem. Attól, hogy alkotóként – akár a példákon keresztül bemutatott módokon is – ezen eszközök etikus és

ésszerű használatára törekszünk, ezek a MI alapú eszközök veszélyesek is lehetnek. Akár egy kés, mellyel felszeleteljük a zöldségeket a vacsorához, rossz kezekben fegyverré is válhat. Gondolhatunk itt már a jelenlegi „MI tavasz” előtt megjelent deep fake²⁶-re, ami az új eszközökkel elérhető távolságba került a laikus felhasználók, internetes bűnözők számára is. Ennek egyik szomorú példája a nyugdíjasokat célzó online scam²⁷-ek egyike, melyben *Karikó Katalin beszél új gyógyszerfejlesztéséről, melyet a kormány és a világegészségügyi szervezet az erre épült ipar miatt természetesen el akar hallgatni, de ő nem hagyja magát, és árulni fogja a gyógyszert, ami három nap alatt akár 3 kg vérrögöt (sic!) távolít el a szervezetből.*²⁸

Sajnos még eddig sem kell elmenni, a mesterséges intelligencia jelenlegi formája ugyanis elég sok beépített hibát, torzítást, 'bias'-t tartalmaz, melyet részben azon cégek, illetve munkavállalók látásmódja határoz meg, akik az adott eszközt fejlesztik. Egy mélytanulósos algoritmus esetében az adatokat kezdetben manuálisan címkézik²⁹, így könnyen kerülhetnek a rendszerbe rasszista, szexista vagy politikailag inkorrekt súlyok, melyek utólagos visszafejtése nem feltétlenül könnyű. (Pasquinelli 2023) Hasonló torzítás a bemeneti nyersanyagnak akár alaphoz is a hibája lehet. (pl. a szöveg vagy kép eleve erre épít)

A mesterséges intelligencia fontos változásokat, megoldásra váró problémákat, illetve kérdéseket vet fel. Talán a legnagyobb és legnehezebb kérdés a művészet automatizációjának kérdése, mely a közepszerűséget erősíti, statisztikai számításokkal átlagolva a kultúrát. (Pasquinelli 2023) A példákon keresztül is láthattuk, hogy bizonyos esetekben, alkotói oldalról a generatív tartalomgyártással az alkotási folyamat emberi élménye sérül, vagy akár teljesen el is veszhet. Ez a kérdés közvetetten a mesterséges intelligenciához kapcsolódó diskurzusban már a kezdetektől jelen van, maga Turing is kitért rá a gépi képességek hiányából eredő ellenérvekkel kapcsolatban.³⁰ (Turing 1950)

A kritikai megközelítés természetesen számtalan más elemet is tartalmaz, melyeket hosszabban is érdemes vizsgálni, így a kutatás során nagyon sok olyan kérdés és irány vetődött fel, melyek mentén akár újabb kutatások indíthatók el. A terjedelmi korlátok, valamint az

²⁶ Hamis, hamisított kép- és hangmás

²⁷ Átverés, általában internetes vagy telefonos

²⁸ Mivel ezek a videók gyakran vezethetnek vírusos oldalakra, megítélésem szerint teljesen biztonságos módon az eredeti videót nem tudom belinkelni

²⁹ pl. amikor egy kép egyes elemeihez rövid, 1-2 szavas leírást, címkét társítanak, hogy az algoritmus a későbbiekben felismerje a hasonló alakzatokat és mintázatokat.

³⁰ Turing ezen ellenérvek nagy részét próbálta cáfolni vagy más megvilágításba helyezni: akár szükségességüket megkérdőjelezni, vagy épp az akkoriban elérhető memória végességére vezette vissza adott funkciók hiányát.

animációs alkotói gyakorlatra helyezett fókusz megtartása miatt ezek azonban csak a kitekintésben kaptak helyet. A jogosan felvetett, és még tovább sorolható problémák, kérdések mellett továbbra is a nyitottság fontosságát hangsúlyozva, ismét egy Molnár Vera idézetet hoznék:

„A számítógép, bármennyire is meghökkentő lehet, egyelőre nem több, mint egy eszköz, ami lehetővé teszi, hogy a festő megszabadulhasson a művészet örökségének halott terhe alól. Óriási számítási képessége elérhetővé teszi a végtelen lehetőségek mezejének szisztematikus vizsgálatát.”³¹ (Molnár 1984)

Habár az animáció technika természetesen nem egyenlő a humanoid, antropomorfizált karakteranimációval, jogos kritikaként merülhet fel, hogy azokkal az eszközökkel nem foglalkozott a dolgozat, melyek ilyen jellegű karaktereket alkotnak³², vagy akár ezeket mozgatják.³³ A dolgozatban vizsgált eszközök és módszerek a saját animációs alkotói gyakorlatom felől közelítettek a témához, melyben a karakteranimáció jelenleg háttérbe szorul. Az animációt karakteranimációra szűkíteni ugyanolyan hibás megközelítés lenne, mint a dolgozatban korábban említett, nagyrészt Disney munkásságának köszönhető, a célközönséget gyerekekre szűkítő szemlélet. (M. Tóth és Kiss 2014)

A kutatás során felmerült további kérdések egy része abból is ered, hogy a mozgókép és az animáció nagyon sok társterülethez, szakmához kapcsolódik. Gondolhatunk itt többek között az írókra, a színészekre, a vágókra vagy a videojáték készítőkre. Ezen szakterületeknek is meg kell tanulniuk megfelelő módokon alkalmazni a mesterséges intelligenciát, de a felelősségünk közös. *Animációs rendezőként azt válasszam, hogy egy színész szinkronizálja a filmemet, vagy azt, hogy egy MI alapú hanggenerátor? Videojáték készítőként megbízom egy animátort, vagy legeneráltassam az animációt egy MI-val? Egy technikai újításokat tartalmazó projekthez felvegyek egy programozót, vagy ChatGPT-t használjak?* Ezek a kérdések például etikai problémák sorozatát is felvetik. A Deutcher Ethikrat (Német Etikai Tanács) 2023-ban egy 400 oldalas állásfoglalást adott ki a MI használatával kapcsolatban. (Deutcher Ethikrat 2023)

A témánál maradva nagyon izgalmas, de fontos jogi kérdéseket is feltehetnénk a MI alapú eszközökkel kapcsolatban, a szerzői jog területéről. Nem véletlen, hogy nem született

³¹ Saját fordítás a 2019-ben megjelent angol nyelvű katalógus alapján. (Franco 2019)

³² Pedig kifejezetten szórakoztató lenne vizsgálni az MI által generált kezek anatómiai lehetetlenségeit

³³ Egy magyar animációs rövidfilmet hoznék az elmúlt évekből példaként, amely nem tartalmaz klasszikus értelemben vett karakteranimációt, mégis kiváló alkotás: a *Nyugvó Kód* c. rövidfilm (2022) Fábán Nikolett-től.

még meg a témához kapcsolódó egységes jogi környezet, illetve szabályozás. A dolgozat írásával egy időben, az Európai Parlament elfogadta a több éve készülő *AI Act* nevű törvénytervezet szövegét, amely a GDPR adatvédelmi törvényhez hasonlóan, egy egységes szabályzási környezetet teremt majd az Európai Unióban. A jogerőre való emelkedésre azonban még feltehetőleg két évet várni kell. (European Parliament 2023)

Magával az MI technikával, illetve elmélettel is érdekesebb volna tovább foglalkozni, hiszen a ma elérhető MI még nem AGI (*Artificial General Intelligence*), tehát egy *általános mesterséges intelligencia*, vagy ennek *human-like (HLAI)*, azaz *ember-szintű verziója*. (Goertzel 2014) Erre tettem egy rövid utalást a MI alapjaival foglalkozó fejezetben is, azonban ez egy sokkal mélyebb és érdekesebb téma, ami szintén rengeteg új kérdést vethet fel egy ilyen eszköz alkotói gyakorlatba való integrálása során. Ettől viszont, még a kutatók szerint is jó pár évre, évtizedre vagyunk (*ha elérjük egyáltalán*), ezért ennek vizsgálatát a dolgozat jelenlegi keretei között nem tartom időszerűnek.

Fontosnak tartom kiemelni, hogy az animációs oktatásban szerepet kell kapniuk mind a digitális technikáknak, mind a MI alapú eszközöknek, amelyek mindenképp igénylik az oktatói proaktivitást és önképzést, hiszen egy annyira új és dinamikusan fejlődő területről van szó, melynek nincs kialakult oktatási keretrendszere. A 3D szoftverek MOME animáció BA szakon való oktatását, egy a Stefan Lengyel kiválósági ösztöndíj keretében megvalósult oktatásfejlesztési programot tudom példának hozni, melyet elsősorban az indikált, hogy a hallgatói és a piaci igények sem feltétlenül egyeznek meg az egyetem által nyújtott lehetőségekkel.³⁴ (Pencz 2023) Egy másik példaképp megemlíteném a *Digitális módszerek a művészeti oktatásban (DIDAE)* nevű projektet is, amely a digitális módszertan művészeti oktatásba való beemelésével foglalkozik. A DIDAE az Erasmus+ projekt keretében több európai egyetem mellett a MOME is részt vett a program megvalósításában. (didae.eu 2022) A technológiai fókuszú animációoktatás fontosságát, s egyben hiányosságait *A magyar animációoktatás strukturális változásai és fejlődési irányai* c. tanulmány sorozat is kiemeli. (Cseporán, Kollarik és Petri Zsolt 2023) A tanulmány többek közt a MI kérdéssel is foglalkozik, de sajnálatos módon mindössze röviden, kizárólag a képgeneráló algoritmusokra korlátozva, holott – ahogy a jelen dolgozat is rávilágít, ennél sokkal több kihívást, egyben lehetőséget is teremt a különböző mesterséges intelligencia alapú megoldások animációs

³⁴ Ez nem azt jelenti, hogy az utóbbi években egyáltalán nem volt 3D oktatás a szakon, viszont nagyon kevés ilyen jellegű kurzus állt a hallgatók rendelkezésére.

alkotói gyakorlatba való integrálása. Ezt támasztja alá továbbá az is, hogy a MOME-n az utóbbi időben készült szak- és TDK dolgozatok gyakran nyúlnak a MI témához. A teljesség igénye nélkül két, általam is olvasott és értékesnek tartott dolgozatot említenék: *Realisztikus animált karakterek integrálása élőszereplős filmekbe és annak nehézségei c. 2024-es animáció* MA szakdolgozat Pálovics Emese Borbálától, illetve a *Design literally, design literacy c. szintén 2024-es Design- és művészetmenedzsment MA szakdolgozat* Pallós Anna Lídiától.³⁵ A mesterséges intelligencia témájával foglalkozott továbbá a MOME doktori iskolájának hallgatóiból álló Technicity kutatócsoport is 2023-ban, egy műhelykonferencia keretében.³⁶ Ahogy ezekből a példákban is látható, a hallgatók érdeklődnek a MI iránt, a rendelkezésre álló szakos órarendi keretek között azonban a terület oktatásával kapcsolatban súlyos hiányosságok vannak, és a MI kérdését – a korábban idézett tanulmányhoz hasonlóan, a képgenerátorokra korlátozzák, vagy a „homokba dugott fej” elvén elidegenítik a területet a graduális képzésben résztvevő hallgatóktól, megfosztva őket az objektív szakmai párbeszéd lehetőségétől, mely véleményem szerint kifejezetten fontos lenne.³⁷

Ahogy az összefoglalásban már korábban is szóba került, a mesterséges intelligencia alapú eszközök kérdése alkotói és befogadói szempontból is egyaránt fontosak, melyekkel kapcsolatban további kérdéseket kell feltennünk. Alkotói szemszögből mennyi és milyen MI alapú eszközt, eszközöket használhatok egy szerzői filmben? Hogyan reagál erre a néző? Keresi azokat a tartalmakat, melyeket a MI generált, mert ez számára egy új, érdekes, esetleg épp divatos terület? Vagy épp ellenkezőleg, az analóg, esetleg korai digitális alkotások értékelődnek fel? Hol lesz a határ, analóg és digitális között, vagy az analóg egybemosódik a korai digitális technikával, és leválik egy új, automatizált, MI alapú digitális kategória? Vagy a befogadó tisztán az adott tartalom minőségének szempontjából választ? A generatív eszközök megjelenésével ráadásul a területre való belépési küszöb is csökken, akár úgy is mondhatjuk, hogy demokratizálódik, így a szakmán kívüli laikus vagy *dilettáns* alkotók számának növekedésére is számítanunk kell. Ennek kapcsán kiemelném azt is, amit valószínűleg nem hangsúlyoztam eléggé a dolgozat írása közben, de fontosnak tartom, hogy a digitális tudás mellett ne felejtsük el az *analóg technika* és az analóg művészet, illetve az alkotás – legyen az digitális vagy analóg környezetben – emberi élményének értékét sem. Nagyon sok kérdést írhatnék még, mely a témakörrel kapcsolatban foglalkoztat, de a terjedelmi korlátok ezt sajnos

³⁵ Mindkét dolgozat elérhető a MOME könyvtár online katalógusából: <https://discovery.mome.monguz.hu/> , letöltve: 2024.06.01

³⁶ <https://technicity.mome.hu/index.php?p=konferencia>, letöltve: 2024.01.04

³⁷ Saját tapasztalat a 2022/23-as és 2023/24-es tanévben, animáció szakon.

nem teszik lehetővé. Fontos, hogy aktív, többféle megközelítésből eredő, szakmai párbeszédet folytassunk a mesterséges intelligenciával kapcsolatban, és semmikép se hagyjuk figyelmen kívül, mert ez az egyetlen módja, hogy számunkra valóban ártalmas eszközzé mutálódjon. Zárásként bemásolom azt az összefoglaló *beszélgetést*, melyet a dolgozat alapján a mesterséges intelligenciával folytattam:

Patrik: Tudsz készíteni egy összefoglalót egy olyan tanulmányból, amit én írtam? Konklúziók levonásával, kevésbé általánosan.

ChatGTP4: „A mesterséges intelligencia (MI) alkalmazása az animációs iparban a kreatív folyamatok és a végeredmények alapvető megújulását hozhatja. A MI, mint "passzív támogató", a szokásos animációs folyamatokat gyorsítja fel és egyszerűsíti, lehetővé téve a tervezőknek, hogy több időt fordíthassanak a kreatív aspektusokra. Mint "aktív támogató", a MI személyre szabott animációs megoldásokat kínál, új interaktív és adaptív módokat nyitva meg az alkotói folyamatban.

A legnagyobb potenciál azonban a "helyettesítő" szerepkörben rejlik, ahol a MI önálló alkotásokat generálhat, új perspektívákat és megközelítéseket hozva az animáció világába. A MI által létrehozott művek lehetővé teszik az egyedülálló vizuális nyelv és történetmeselési technikák kialakulását, amelyek emberi animátorok számára nehezen vagy egyáltalán nem megvalósíthatók.

Azonban a MI alkalmazása az animációban nem mentes a kihívásoktól. Az etikai kérdések, mint a szerzői jogok, az alkotói tulajdon és az eredetiség meghatározása, kritikus fontosságúak. Továbbá, a MI hatása az alkotói munkaerőre és az iparági struktúrákra is figyelemre méltó. A MI-vezérelt alkotások terjedése új szakmai készségeket és adaptációs stratégiákat igényel az animátoroktól, valamint új piaci dinamikákat és versenykörnyezetet teremt.

Összességében, a MI jelentős lehetőségeket kínál az animációs ipar számára, de fontos a technológiai fejlődés kritikus értékelése, az etikai és szakmai hatások figyelembe vétele. Az animációs ipar jövője így egy olyan integrált térben formálódik, ahol a MI és az emberi kreativitás együttesen alakítja a digitális művészet új korszakát.”

Patrik: Szerinted jól értetted a helyettesítő kör szerepét?

ChatGTP4: „A "helyettesítő" szerepkörben a MI nem csupán támogató szerepet tölt be, hanem aktívan részt vesz az alkotói folyamatban, olyan módon, hogy az emberi alkotók munkáját helyettesíti vagy kiegészíti. Ez azt jelenti, hogy a MI önállóan képes vizuális elemeket és animációkat létrehozni, amelyek új stílusokat és narratívákat képviselnek. Ez a szerepkör különösen fontos azokban az esetekben, ahol a MI által generált művek jelentősen eltérnek az emberi alkotók által létrehozottaktól, új kreatív lehetőségeket és perspektívákat nyitva meg az animáció területén.”³⁸

Patrik bezárja a böngészőt.

³⁸ Chat GTP 4-es nyelvi modellel, 2023. 12. 08-án generálva, a dolgozat rövidített verziója (I-III. fejezetek) alapján.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm elméleti konzulensemnek, German Kingának a kutatási folyamat, valamint a dolgozat írása során nyújtott kimagasló szakmai támogatását, ötleteit, tanácsait. Brovinszki Lászlónak pedig köszönöm a témavezetést és a 3D animációs szöveget lektorálását. Köszönettel tartozom továbbá Fülöp Józsefnek, Takács Barnabásnak és Schneider Ákosnak is, akik szakmai tanácsaikkal nagyban hozzájárultak a dolgozat megírásához.

Függelék

MI alapú szoftveres eszközök csoportosítása

Az MI alapú szoftverek nagyon gyors tempóban fejlődnek, ill. sok új cég lép be hétről-hétre a piacra, ezért a teljes körű gyűjtésük szinte lehetetlen. Egyes eszközök más funkciókat is elláthatnak, mint az itt hozzárendelt funkciók, illetve a folyamatos frissítések miatt változhatnak is. Igyekeztem ezt a MI körképet úgy összeállítani, hogy az animációs alkotói gyakorlat szempontjából legrelevánsabb eszközök semmiképp se maradjanak ki, viszont ne csak azok kapjanak helyet.³⁹

A kategorizálás során sokat segített Dr. Zsolnai-Fehér Károly által vezetett *Two Minute Papers* YouTube csatorna⁴⁰, ahol a legújabb MI alapú, nagyrészt számítógépes grafikához (így az animációhoz is) kötődő kutatási eredmények, eszközök kerülnek bemutatásra. (Dr. Zsolnai-Fehér 2023) További forrás volt még a Creative AI Lab adatbázisa, amelynek célja többek között a művészeknek és kreatív iparban dolgozóknak egy átfogó gyűjtés létrehozása, ahol megismerhetnek különböző AI alapú eszközöket. (Creative AI Lab 2023) Kifejezetten filmes, filmiparhoz, MI alapú filmgyártáshoz kapcsolódó híreket gyűjt, illetve ezekről összefoglalókat készít a *curious refuge*⁴¹ nevű weboldal, illetve a hozzá tartozó YouTube csatorna.

passzív támogató eszközök:

DeNoiseAI Topaz Labs – Zajszűrés

Gigapixel AI Topaz Labs – Upscale, felbontásnövelés

Video AI Topaz Labs – Zajszűrés, frame interpolation, upscale, stabilizálás

DAIN – Frame interpolation

Flowframes – Frame interpolation

Unreal Engine – Nagy felbontású 3D modellek, textúrák kezelése, szimulációk

³⁹ A gyűjtés elsősorban 2024 januárjában történt, 2024 októberében felülvizsgálva, kiegészítve

⁴⁰ <https://www.youtube.com/@TwoMinutePapers>, letöltve: 2024.10.01

⁴¹ <https://curiousrefuge.com/>, és <https://www.youtube.com/@curiousrefuge/videos>, letöltve: 2024.10.01

Open Image Denoiser (Intel) - Zajsztűrés

aktív támogató eszközök:

Unreal Engine – A passzív támogatói eszközökön kívül az UE számos más MI alapú megoldást is tartalmaz, ami széleskörűen használható a 3D grafika/animáció, videojátékok, és virtuális produkció során is.

Polycam – Textúra generátor

Poly – Textúra generátor

Texture Lab – Textúra generátor

Wonder Dynamics (Wonder Studio) – mocap, kompozitálás

3DFY – 3D modell generálás

Alpha3D – 3D modell generálás

Meshy – 3D modell és textúra generálás

Nvidia Canvas 360 – Környezeti textúra generálás

Blockade Labs – Környezeti textúra generálás

Rokoko – mocap

Cartoon Animator 5 – mocap, akár 2D kiemenettel is

Deepmotion – mocap, utólag rotoszkóppal finomítható

MoGen – animáció (mozgás) generálás 3D humanoid modellekre

Célszoftverek, beépített MI eszközökkel: DaVinci Resolve Studio, egyes Adobe termékek

helyettesítő eszközök (kép és videó generátorok):

Midjourney – Az egyik legelterjedtebb képgenerátor

Tengr.ai – Magyar fejlesztésű text to image képgenerátor

Colossyan – Magyar fejlesztésű AI video platform, elsősorban oktató videókra specializálódva

DALL-E – text to image (OpenAI)

Sora – text to video (OpenAI, a dolgozat írásának idejében még nem elérhető)

Stable diffusion – text to image

Adobe Firefly – text to image, text to video

Jasper Art – text to image

Photosonic – text to image

Wondershare / Filmora – text to video

Synthesia – text to video

Glosszárium – Animációs szakkifejezések

3D cursor / 3D kurzor

Térben elhelyezhető kurzor, mely a három koordináta pozíció mellett forgatási szögeket is tárolhat.⁴²

3D generalist / 3D generalista

Olyan szakember, aki a 3D animációs technikán belül átfogó tudással rendelkezik, bizonyos szinten minden részfeladathoz ért.

3D mesh, Polygon mesh / Poligonháló

Poligonhálónak vagy röviden mesh-nek nevezzük a pontokból, élekből és lapokból álló poligonok formameghatározó összességét. Lehet zárt vagy nyitott.⁴³

Animatic / Animatik

A storyboard idővonalra helyezett, vágott verziója, mely a legtöbbször már hangot is tartalmaz. Ennek megfelelően az animatik egyik legfontosabb feladata az időzítés tesztelése. 3D

⁴² (blender.org 2024)

⁴³ (Ridegh 2023, 48)

animáció gyártása során az animatikus sokszor tartalmazhatja a végleges mozgást, és csak kinézetben tér el a végső animációtól. Prevíziós eszköz, a gyártáselőkészítési folyamat, azaz preproduction része.

Blockout / Vázlatos kialakítás, vázlatolás

A jelenet főbb elemeinek egyszerű geometriai formákkal való vázlatos kialakítása, pl. prevízió során.

CAD (Computer-aided design) / Számítógép által támogatott design

Általában mérnöki pontosságú ábrázolást lehetővé tévő 2D és 3D szoftverek, az animációra használt programok nem ebbe a kategóriába esnek, habár bizonyos fokú átjárhatóság lehetséges közöttük.

CGI (Computer-generated Imagery) / számítógéppel létrehozott kép

Megj.: az angol „Computer-generated” szókapcsolat a modernszakszövegkörnyezetben inkább egy automatizált folyamatra enged asszociálni, ez félreérthető, a kifejezés nem csak a generatív módon létrejött tartalmakra vonatkozik.

Color grading / Színkorrekció

(utómunka/postproduction során)

Compositing / Kompozítálás

Kép (videó) összeállítása különböző elemekből és rétegekből, pl. Effektek, háttér, karakterek.

DCC (Digital content creation) / Digitális tartalomkészítés

Denoising / Zajszűrés

3D animációban: a digitális képen a renderelés során megjelenő zaj eltávolítása lehetőleg úgy, hogy a kép minősége (pl. élesség) ne romoljon. A zaj mennyisége jelentősen függ a renderelés során használt mintavételezéstől (sampling), illetve az adott jelenet komplexitásától, fénybeállításaitól, ill. a rendermotor sajátosságaitól.⁴⁴

Easing (ease in/ease out) / Lassítás

Animációs folyamat során az interpolációra vonatkozó jelző, amely egy mozgás elindulását vagy megállását jellemzi. Ez általában nem egy lineáris mozgásvonal, hanem az adott animációs

formanyelvhez, jelenethez igazodó dinamikus, fokozatosan lassuló/gyorsuló átmenet.

Environment texture / Környezeti textúra

A 3D jelenetet 360 fokban határoló gömbfelületre vetített textúra, pl. Égbolt. Egyes programokban a környezetet nem egy gömb, hanem egy négyzet határolja, ebben az esetben skybox-ról beszélünk pl. Unity-ben. A színinformáción kívül tartalmazhat fényinformációt is (HDRI).

FPS (Frame per sec.)

Az egy mp alatt lejátszott képkockák száma. A mozgókép állóképek (képkockák) sorozata, melyek a mozgás egy adott fázisát tartalmazzák. Ha ezeket a képeket megfelelő sorrendben és gyorsasággal, egymás után játsszuk le, azok megteremtik a mozgás illúzióját. Ez filmek esetén hagyományosan 24 képkockát jelent másodpercenként (24 FPS – 24 frame per sec.), de manapság ennél sokkal magasabb fps számokkal is találkozhatunk pl. videojátékok vagy lassított videók esetén.

Game engine / Videojátékmotor

GPU (Graphics Processing Unit) / Videókártya (Grafikai feldolgozó egység)

A videokártya felel a grafikai megjelenítésért, így 3D teljesítmény szempontjából általában a számítógép legfontosabb hardvere. Egyes modern kártyák eleve úgy vannak felépítve, hogy támogassák a valós idejű ray tracinget, ami a fotorealistikus megjelenítés egyik alapvető követelménye.

Grease pencil / „zsírkréta”

3D térbe integrált 2D rajzeszköz (Blender).⁴⁵

Grooming / „fésülés”

A haj, szemöldök és egyéb szőrök, pl. állati bundák vagy tollak elkészítése, szimulálása/animálása a 3D animációs folyamat során.

Hard surface modelling

Olyan felületek, modellek kialakítása, melyek nem organikus, élő dolgok virtuális reprezentációi, hanem geometriailag általában jól körülírható, kemény felületekből álló modellek, pl. eszközök, gépek.

⁴⁴ (Intel Corporation 2024)

⁴⁵ (blender.org 2024)

HDRI (High dynamic range image) /

Nagy dinamikatartományú kép

Ezek a képek tartalmaznak olyan fényinformációkat is, melyek lehetővé teszik hogy akár környezeti textúraként (environment texture) használva fényt bocsássonak ki magukból.

Inbetween / Köztes képkockák

Ezek jelentik a két kulcspozíció (keyframe) közti átmenetet.

Interpolation / interpoláció

1: Animációban: két frame, vagy kulcs közötti, generált átmenet, amely többféle függvény/görbe értéket is felvehet (pl. Lineáris, négyzetes, Bézier).

2: Egyes MI alapú megoldások képesek meglévő videók, animációk, filmek fps számát úgy növelni, hogy két képkocka közt egy átmenetet megjelenítő új frame-t vagy frameket generálnak, így a videó gördülékenyebbnek tűnik, vagy jobban lassítható anélkül, hogy a mozgás darabossá válna. (Frame interpolation).

Keyframe / Kulcskocka

Animációban a mozgást meghatározó fő pozíciókat tartalmazó képkockák.

Low poly

Alacsony poligonszámú, alacsony felbontású 3D modell.

Matte painting

VFX technika, amely korábban azt a folyamatot jelezte, amikor a felvett jelenetben eredetileg nem jelenlévő elemeket (pl. sci-fi helyszín) utólagosan festették rá üveglapokra, majd kompozitálták össze a képet. Ma már ez természetesen digitálisan történik, sokszor 3D térben és általában nem festett elemeket tartalmaz, így a fogalom nagyrészt összemósódott a VFX fogalmával.

Motion blur / mozgás-elmosás

A 3D animáció esetén szimulálni kell, hiszen a virtuális kamera olyan, mintha végtelen gyorsan mozogna a shutter (redőny), amely a fizikai kamerák esetében okozza a jelenséget. A stilizált, általában klasszikus rajzanimációban használt formája a Smear frame vagy frame smearing, ahol külön rajzolják az elmosódást is.

Motion capture, mocap /

mozgásadat rögzítés

A valóságban elvégzett mozgás rögzítése azzal a céllal, hogy az így kinyert mozgás adatokat a 3D karakterekre tudják transzformálni.

N-Gon / n-szög

N számú, több mint 4 pontból és élből, de egy lapból álló poligon, sokszög.

NLA (Nonlinear Animation) /

Nem lineáris animáció

Ez az animációs technika nem az egymás utáni képkockákat és keyframeket kezeli, hanem a mozgást egyben szerkeszthetővé teszi, hasonlóan egy videóvágó programhoz: a mozgások vághatóak, lassíthatóak, gyorsíthatóak vagy össze is moshatóak.⁴⁶

Node based / Node alapú, csomópont alapú

Csomópontokon alapuló, vizuális programozási eszközök. Széles körben használhatók: textúrákésztéshez, szimulációhoz, modellezéshez, kompozíthoz stb.

Noise texture / zajtextúra

random zajtextúra, a legtöbb procedurális folyamatnak fontos alapeleme, pl. textúra generálás, egyik legismertebb verziója a Perlin noise.

NPR Non-photorealistic rendering /

Nem fotorealisztikus renderelés

Olyan textúrázási, shadelési folyamat, melynek célja a stilizáció, nem pedig a fotorealisztikus megjelenítés.

Object interaction mode / Interakciós mód

Az a mód, ami meghatározza, hogy hogyan léphetünk interakcióba egy adott objektummal. Szoftverenként eltérhet, néhány példa Blenderből: Object mode – ebben a módban az objektumot egyben tudjuk mozgatni, forgatni, animálni a térben. Edit mode - szerkesztő mód, magát az objektumot, ill. annak részeit szerkeszthetjük. Sculpt mode – formázó mód, stb.

Particle system / Részecske rendszer

Apró részecskékből álló, komplex szimulációkat lehetővé tevő rendszer.

⁴⁶ (blender.org 2024)

PBR – Physically based rendering / Fizikai alapú renderelés

Kétféle workflow létezik: Metallic/Roughness és Specular/Glossiness.

Perspective view / Perspektivikus nézet

Photogrammetry / Fotogrammetria

Egymást fedő fényképek (vagy videó) alapján 3D modell készítése.

Poligon / Sokszög

Pontokból, élekből és egy lapból álló, zárt sokszög, általában három vagy négyszög. A 4-nél több szöggel rendelkező poligont N-Gon-nak nevezik, ahol az n egy tetszőleges számot jelöl. Textúrázható és renderelhető, viszont végtelenül vékony, ezért csak abban az irányban létezik, amelyet a normálvektor meghatároz számára.

Postproduction / utómunka

A három részre tagolt animációkészítési folyamat utolsó, befejező fázisa. Magába foglalja többek között a vágást, a color gradinget, hangutómunkát stb.

Previsualization (Previs) / Elővizualizáció

Ide tartozik többek között a blockout, a storyboard és az animatik is, értelemszerűen a gyártáselőkészítéshez, azaz a preproduction-hoz tartozik.

Procedural / procedurális

Olyan elem (animáció, textúra, szimuláció, stb.) amely nem egy fixen tárolt adaton (pl. Textúra esetén egy fényképen) alapul, hanem matematikailag írja le azt. Ennek köszönhetően rendkívül könnyen parametrizálható, több verzió készíthető belőle limitek nélkül, (pl. felbontás, textúra ismétlődés) általában alacsonyabb erőforrásigénnyel. A procedurális eszközök sokszor node alapúak.

Quad, quadrilateral polygon / Négyszög

Négy pontból és négy élből, valamint egy lapból álló poligon.

Ray tracing / Sugárkövetés

Rendertechnika, a fénysugarak fizikailag pontos pattogásának lekövetése a virtuális térben.⁴⁷

Render engine, Renderer / Rendermotor

Pl. Cycles, Eevee, Redshift, RenderMan, V-Ray, Octane, Lumion, Corona.

Rendering / Renderelés

3D animációban: a 3D jelenetben szereplő objektumok, textúrák, fények megjelenítése a felhasználó beállításai alapján. Általánosságban: bármilyen adathalmaz, (pl. szöveg, grafika, videó, videójáték, weboldal stb.) ember által értelmezhető formátumban való megjelenítése. Magyarul *képszintézisnek* vagy *képleképezésnek* is nevezhető.⁴⁸

Retopology / retopológia

Nagyfelbontású (pl. sculptolt) 3D modellből egy kisebb felbontású verzió készítése optimalizálási céllal, a poligonok számának csökkentése az eredeti forma megtartásával.

Rigging / Riggelés

Komplex folyamat, amely a különböző típusú assetek, pl. modellek adott animációs célnak megfelelő formába hozását jelenti. Ez lehet humanoid karakterek csontozása, a csontok hierarchiájának és mozgási láncolatának beállítása, súlyfestés (weight paint). A csontokhoz készíthető egy UI elemeket is tartalmazó irányító rendszer, amely a későbbiekben az egyszerű animálást teszi lehetővé, ez természetesen a riggelést viszont jóval bonyolultabbá teszi.

Rotoscope / Rotoszkóp

Olyan animációs technika, amelynél egy kamerával rögzített mozgást képkockáinként átrajzolnak, vagy 3D térben animálják a modell mozgását úgy, hogy az kövesse a mögötte futó videón lévő mozgást. (A 2D rajzolt verzió elterjedtebb, 3D esetében ha az alkotók élethű mozgást akarnak használni, arra alkalmasabb valamilyen más mozgásrögzítő/mocap technika, ami nagyrészt automatizálja ezt a folyamatot).

Sampling / Mintavételezés

Sculpting / Formázás, digitális szobrászat

Shading / Árnyékolás

A 3D környezetben a shading nem csak az árnyékolást jelenti, hanem az egyéb anyagtulajdonságok beállításával hozunk létre különböző anyagokat, materialokat.

⁴⁷ (NVIDIA Corporation 2024)

⁴⁸ (blender.org 2024)

Shape key / Alakot meghatározó kulcs

Simulation / Szimuláció

Valamilyen fizikai alapú számításon alapuló vizualizációs folyamat, pl. víz, füst, stb.

Solid shading / Szolid árnyékolás

Alacsony gépigényű megjelenítési mód, a jelenetben lévő textúrák és fények nélkül. (A program egy egységes fénykörnyezetet/árnyékolást használ).

SSGI (Screen space global illumination)

A Global illumination (GI) azt jelenti, hogy a 3D jelenetben lévő fényeknek nemcsak a saját fényét rendereljük, hanem azokat a fényeket is, amelyek különböző felületekről visszaverődnek, így egy realisztikus fénykörnyezetet kapunk. (Ez a lényege a raytracingnek is dióhéjban) A Screen space jelző arra vonatkozik, hogy a GI nem az egész 3D jelenetben, csak annak látható, „képernyő terén” megy végbe, ezzel jelentős mennyiségű erőforrást megtakarítva.⁴⁹

SSS (Subsurface Scattering) /

Felület alatti fényszóródás, anyagon belüli fényszóródás – pl. Emberi fül erős fényben.⁵⁰

Storyboard / Képes forgatókönyv

A történet vizuális, általában rajzolt megjelenítése a forgatás vagy az animációs folyamat megkezdése előtt. A gyártáselőkészítési folyamat, azaz preproduction része.

Subdivision Surface (subdiv) / Felületfelosztás

Egy olyan metódus, amely a poligonháló éleit lekerekíti, újabb poligonok létrehozásával.

Texture / Textúra, anyag

A poligonok felületén megjelenő különböző anyagok.

Texture maps / Anyagtérképek

Az anyagok meghatározott tulajdonságait tartalmazó képek. Pl. Roughness, Color / Albedo, Metalness, Normal stb.

Timeline / Idővonal

T-pose / T-póz

Alapozíció, melyben a humanoid testfelépítésű karakter egyenesen áll, két kezét oldalt T alakban felemelve. Ez segíti a riggelést és a modellezést

is, hiszen a csontok ill. a modell minden részlete könnyen hozzáférhető.

Tri, triangle / háromszög

Három pontból és három élből, valamint egy lapból álló poligon.

USD (Universal Scene Description) / Univerzális jelenetleíró környezet

Lehetővé teszi a különböző alkalmazásokban történő munkavégzést, ill. munkamegosztást, fájlkonvertálások nélküli, nem destruktív, számítás-erőforrás kímélő módon. A Pixar fejlesztése, nyílt forráskódú, a modern animációgyártási workflow egyik fontos, összefogó eleme.⁵¹

UV editing / UV szerkesztés

A 3D modell felszeletelése úgy, hogy kétdimenzióban kiteríthető legyen. Erre azért van szükség, mert a textúra az egy 2D adat, melyet rá kell formáznunk a 3D modellre. Az 'U' és 'V' a 2D tengelyeket jelölik, amelyen ezek mozoghatnak.⁵²

Vertex / pont a 3D térben,

amelyet három koordináta és egy irányvektor ír le. A poligonok legkisebb építőeleme, amelynek nincs semmilyen irányú kiterjedése, ezért nem renderelhető önmagában.

VFX /

Vizuális effekt, speciális effekt, filmtrükk

Régebben: montázs, a rögzített, nyers képi anyag manipulációja az utómunkálatok során. Eredetileg olyan elemek megjelenítése, melyeknek leforgatása az adott produkciós körülmények között nem volt lehetséges. Manapság elég tágra értelmezett kategória, hiszen a digitális film és animációkészítés egyik alapeleme, szinten minden mozgóképes anyagban előfordul.

VP / Virtuális produkció

A zöldhátteres technológia (green screen) modern formája, ahol a (legtöbb esetben 3D animált, videojátékmotorban) hátteret egy hatalmas ledfalon jelenítik meg. Az egyik nagy előnye, hogy a rendező azonnal láthatja a végeredményt a kamera által felvett képen, ill. a színész környezeti orientációját is segíti. A rendszer képes a kamera mozgásának megfelelően, valós időben mozogni a 3D térben. A technika egy másik előnye, hogy a ledfal által

⁴⁹ (Epic Games Inc. 2024)

⁵⁰ (blender.org 2024)

⁵¹ (Pixar Animation Studios 2021)

⁵² (Ridegh 2023, 162)

kibocsátott fény automatikusan a megfelelő fénykörnyezetet teremti meg, így pl. a csillogó, fényvisszaverő felületeken sem kell külön utómunkát végezni.⁵³

VRAM (video RAM) / Videó Memória

A videokártya memóriája, amely részben hatással van a 3D teljesítményre is.

Weight paint / Súlyfestés

A vertexekhez hozzárendelt súly, amely egy színértéknek megfelelően festhető, és azt befolyásolja, hogy egy adott beállítás mennyire, mekkora súllyal legyen hatással az adott vertexre (pl. Mozgás, vagy sűrűségek beállítása).

Glosszárium – MI szakkifejezések

AI / MI – mesterséges intelligencia

Általánosságban: valamilyen gépi (általában szoftveres), automatizált munkavégzésben megjelenő intelligencia, azaz olyan feladatok kiváltására alkalmas rendszer, amely korábban ember által történő munkavégzést igényelt. A fogalom tehát általánosságban az emberi tulajdonságokkal kapcsolatban határozza meg magát. A MI fogalom pontos definiálása ennél sokkal összetettebb feladat, melynek legfőbb oka a az interdiszciplináris megközelítésből eredő eltérő irányok.⁵⁴

Algorithm / Algoritmus

Az algoritmus egy feladat vagy probléma megoldásának egyértelmű, részekre bontott leírása. Általánosságban ez alatt ma különböző programozási nyelven írt kódokat, scripteket értünk.

AGI Artificial General Intelligence / Mesterséges általános intelligencia

Olyan MI ami nem csak specifikus feladatokat képes elvégezni, hanem általánosan alkalmazható intelligencia. (A HLAI-hoz hasonló megközelítés, csak nem feltétlenül az emberi intelligenciához méri magát) Strong AI, azaz erős MI-ként is ismert.⁵⁵

Wireframe / drótváz

Csak a poligonok éleit kirajzoló, alacsony gépigényű megjelenítési mód.

Z –clipping, clipping / Z –vágás

A kamerától túl távol, illetve az ahhoz túl közel elhelyezkedő elemeket a 3D szoftver levágja a jelenetről, így erőforrást takarít meg. Az alapból beállított clip értékek általában módosíthatóak.

Bias / Eltérés, elfogultság

A MI területén a bias valamilyen irányba való elfogultságot, akár előítéletesen alapuló eltérést jelent. Ez általában a generált eredményben mutatkozik meg, de a tanulás alapjául szolgáló adatbázisban, vagy magában az algoritmusban is jelen lehet. Ahhoz, hogy egy MI megbízható eredményt generáljon, ezeket az eltéréseket fel kell tární és ellensúlyozni kell őket.⁵⁶

Big Data /

Hatalmas mennyiségű adatot tartalmazó halmaz, melyek feldolgozása a számítás és hálózatechnika fejlődésével vált lehetővé.⁵⁷

Computer vision / Számítógépes látás

A gépi látást több oldalról is megközelíthetjük. Az egyik, hogy egy bemenetként kapott képet/videót értelmezni tudjon a rendszer, a másik pedig ennek valós idejű verziója, ahol a gép a környezetét monitorozza. Ahhoz, hogy a gép ezzel a környezettel "természetes" módon interakcióba tudjon lépni, szüksége van gépi látásra. Ez nem kamerák és egyéb szenzorok beszerelését jelenti, hiszen a kamera csak egy képet közvetít, melyet szoftveresen kell feldolgozni, kiértékelni.⁵⁸

Data labeling / Adat címkézés

A címkézés tanulási algoritmusok egyik feltétele, a folyamat, amikor a bemeneti adathoz (pl. kép

⁵³ (Epic Games, Inc. 2024)

⁵⁴ (Russel és Norvig 2023, 1)

⁵⁵ (Russel és Norvig 2023, 38)

⁵⁶ (IBM Data and AI Team 2023)

⁵⁷ (Russel és Norvig 2023, 30)

⁵⁸ (IBM 2024)

vagy szöveg egyes elmeihez) egy címkét, „jelentést” társítanak, hogy később a hasonló adatokat, mintázatokat fel tudja ismerni. Mivel az új adatokat kezdetben manuálisan kell címkézni, ez sokszor vezethet *bias*-hoz is.⁵⁹

Data mining / Adatbányászat

Az adathalmazból kinyerhető értékes, használható információ feltárása. Ilyen módszernek számíthat például a neurális hálózat is.⁶⁰

Deep learning (DL) / Mélytanulás

A gépi tanulás egyik fajtája, a "mély" arra utal, hogy az algoritmus különböző rétegeken strukturált adatokkal dolgozik (ez lehet akár egy neurális háló is).⁶¹

Generative AI / Generatív MI

A generatív MI lényege, hogy különböző jellegű bemenetekre (pl. szöveg, kép) egy meghatározott kimenetet generál. A kimenet is lehet többféle, ezt az adott MI eszköz határozza meg. (Kép, videó, szöveg, hang, 3D modell stb).⁶²

Hallucination / Hallucináció

Az MI által generált kimenet valamilyen hibája. Pl. Képgenerálásnál, a "fotorealistikus" bemenetre kapott kimenet olyan elemet tartalmaz, amely nem feleltethető meg ennek a kritériumnak.⁶³ Általában akkor keletkezik, ha az adott eszköz adatbázisában nincs, vagy túl kevés információ tartozik az adott utasításhoz. A jelenlegi MI eszközök egyik legnagyobb gyengesége.

Human like AI, Human level AI (HLAI) / Ember szintű MI

Olyan gép, amely képes megtanulni bármit, ami emberi tevékenység. (AGI-hoz hasonlós megközelítési mód).⁶⁴

Inpainting /

Olyan MI alapú funkció, amely egy bemeneti kép határain belül végez módosítást, retusálást: elemek hozzáadását vagy eltávolítását⁶⁵

Large Language Model (LLM) /

A LLM-ek nagy nyelvi modellként fordíthatók, de nem azonosak a Big data-val. Olyan mélytanulási algoritmus, amely akár internet méretű adatbázis esetén is használható. A LLM-ek köszönhetően a chatbotok egyre jobban értik a számukra adott bemenetet, és emberszerű, élő nyelvnek megfelelő kimenetet generálnak. Ilyen nyelvi modell például a GPT-4 is. (OpenAI - chatGPT)⁶⁶

Machine learning (ML) / Gépi tanulás

Általában olyan algoritmusok, statisztikai modellek, melyek valamilyen mintázatot, mintázatokat keresnek egy adathalmazban (ez lehet kép, zene, mozgókép, szöveg stb.), majd ezen eredmények alapján képesek új adathalmazokban is felismerni a hasonló mintázatokat.⁶⁷

Narrow, weak AI / Gyenge MI

Olyan MI ami csak előre meghatározott feladatokat tud teljesíteni, tehát nem egy általános értelemben vett, széleskörben használható intelligencia, azaz AGI. A dolgozat írásának idejében létező MI eszközök a "gyenge" kategóriába esnek.

Natural language processing (NLP) / Természetes nyelvfeldolgozás

Amikor egy rendszer nem csak leegyszerűsített, lényegyet kiemelő bemenetet tud feldolgozni (pl., mint egy Google keresés), hanem képes a hétköznapi beszéd szintű, komplex bemenetből is kiszűrni a megfelelő információkat, megérteni azt, és hasonló komplexitású, nyelvileg és logikailag is helyes kimenetet generálni. A MI kutatásban fontos irány az ember és gép "természetes" kommunikációjának megvalósítása, egyes megközelítési módok szerint magának a mesterséges intelligenciának is az egyik definíciós feltétele.⁶⁸

Neural network / Neurális háló

Olyan gépi tanulási modell, amelyben a döntések során az emberi agyban lévő neuronok működését szimulálják.⁶⁹

⁵⁹ (Pasquinelli 2023)

⁶⁰ (IBM 2024)

⁶¹ (Russel és Norvig 2023, 31)

⁶² (NVIDIA Corporation 2024)

⁶³ (Ray 2024)

⁶⁴ (Russel és Norvig 2023, 38)

⁶⁵ (OpenAI 2022)

⁶⁶ (NVIDIA Corporation 2024)

⁶⁷ (NVIDIA Corporation 2024)

⁶⁸ (Russel és Norvig 2023, 2)

⁶⁹ (IBM 2024)

Outpainting /

Olyan MI alapú funkció, amely egy bemeneti kép határain kívül végez módosítást: kiterjeszti a képet, úgy hogy az átmenet lehetőleg ne látszódjon, stílushű maradjon.⁷⁰

Pattern recognition / Mintázatfelismerés

Az adatok közti hasonlóságok felismerése, a mai MI rendszerek egyik alapja.⁷¹

Prompt /

Bemenet, amellyel utasítást adhatunk egy algoritmusnak. Általában szöveg, de lehet kép, videó stb.⁷²

Prompt engineering /

A bemeneti utasítások finomhangolása, fejlesztése, hogy pontosabb utasítást tudjunk adni egy MI rendszernek, és pontosabb kimeneti eredményt kapjunk

Responsible AI / Felelős MI

A MI fejlesztésnek az az ágazata, amely célként tűzi ki, hogy az általuk fejlesztett rendszer biztonságos, megbízható és fair legyen. Ez nem csak a generált kimenetre, hanem a használt adatbázisra, a szoftverre és lényegében az egész folyamatra jellemző.⁷³

Strong AI / Erős MI

ld. Bővebben: AGI

Supervised learning / Felügyelt tanulás

A gépi tanulás során az algoritmus olyan adatokkal dolgozik, amelyek eleve címkézve vannak, és a folyamat során a döntéseket meghatározó súlyokat is manuálisan állíthatják, a legjobb kimeneti eredmény elérése érdekében.⁷⁴

Text to image, text to video /

Olyan algoritmus, ami a szöveges bemenetet (prompt) képi vagy videó kimenetűvé alakítja.

Turing test / Turing próba

Az imitációs játékot, vagy mai ismertebb nevén Turing tesztet Alan M. Turing brit matematikus írta le 1950-ben. Ez egy olyan megközelítés, amely a gép által, emberi kérdésekre adott válaszok minőségén alapul. A teszt célja, hogy a kérdezőknek megadott időn belül meg kell határozniuk, hogy a válaszokat egy ember vagy egy számítógép adta-e. A sikeres teljesítésnek nem feltétele az emberi módon való gondolkodás, csak annak imitációja, ezért nevezte el Turing a próbát imitációs játéknak.⁷⁵

ChatGPT script

```
1 import bpy
2
3 # Beállított renderelési beállítások
4 bpy.context.scene.render.image_settings.file_format = "PNG"
5 bpy.context.scene.render.image_settings.color_mode = "RGBA" # 32 bites színmélység
6 bpy.context.scene.render.image_settings.compression = 0 # 0% kompresszió
7
8 # Renderelési útvonal beállítása
9 render_output_path = "/path/to/output/directory/"
10
11 # Kép mérete
12 image_width = 1920 # Például 1920 pixel szélesség
13 image_height = 1080 # Például 1080 pixel magasság
14
15 # Virtuális kamera létrehozása
16 virtual_camera = bpy.data.cameras.new("VirtualCamera")
17 virtual_camera_object = bpy.data.objects.new("VirtualCameraObject", virtual_camera)
18 bpy.context.scene.collection.objects.link(virtual_camera_object)
19
```

⁷⁰ (OpenAI 2022)

⁷¹ (Pasquinelli 2023)

⁷² (Ray 2024)

⁷³ (Ray 2024)

⁷⁴ (IBM 2024)

⁷⁵ (Turing 1950)

```

20 # Az összes kamera nevét összegyűjtjük
21 camera_names = [obj.name for obj in bpy.data.objects if obj.type == "CAM"]
22
23 # Virtuális kamera beállítása
24 bpy.context.scene.camera = virtual_camera_object
25
26 # Az összes kamera képének renderelése és egyesítése
27     for camera_name in camera_names:
28         # Kiválasztjuk az aktuális kamerát
29         bpy.context.scene.camera = bpy.data.objects[camera_name]
30
31         # Az útvonal beállítása az aktuális kamerához
32         bpy.context.scene.render.filepath = render_output_path + camera_name
33
34         # frame_start és frame_end értékek beállítása a projektben beállított értékekre
35         bpy.context.scene.frame_start = bpy.context.scene.frame_start
36         bpy.context.scene.frame_end = bpy.context.scene.frame_end
37
38         # Renderelés elindítása animációval
39         bpy.ops.render.render(animation=True)
40
41         # A renderelt kép betöltése
42         bpy.ops.image.open(
43             filepath=bpy.context.scene.render.filepath,
44             directory=render_output_path,
45             files=[{"name": camera_name + ".png"}],
46             relative_path=True,
47             show_multiview=False,
48         )
49
50         # Az aktuális kamera képének pixelértékei
51         current_image = bpy.data.images[camera_name + ".png"]
52         current_pixels = current_image.pixels
53
54         # Virtuális kamera képének pixelértékei
55         virtual_image = bpy.data.images["VirtualCamera.png"]
56         virtual_pixels = virtual_image.pixels
57
58         # Az aktuális képét a virtuális képhez adjuk hozzá
59         for y in range(image_height):
60             for x in range(image_width):
61                 for c in range(4): # 4 csatorna (RGBA)
62                     virtual_pixels[(y * image_width + x) * 4 + c] = current_pixels[
63                         (y * image_width + x) * 4 + c
64                     ]
65
66         # Az új virtuális kamerával létrehozott kép mentése
67         virtual_image.filepath_raw = render_output_path + "VirtualCamera.png"
68         virtual_image.save()
69
70     print("Három kamera képe egyesítve és a virtuális kamerával mentve.")

```

Irodalom és forrásjegyzék

- blender.org. „3D Cursor.” *Blender 4.0 Reference Manual*. 2024.
https://docs.blender.org/manual/en/latest/editors/3dview/3d_cursor.html (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . „Glossary.” *Blender 4.0 Reference Manual*. 2024.
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/glossary/> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . „Grease Pencil / Introduction.” *Blender 4.0 Reference Manual*. 2024.
https://docs.blender.org/manual/en/latest/grease_pencil/introduction.html (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . „Nonlinear Animation.” *Blender 4.0 Reference Manual*. 2024.
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/editors/nla/index.html> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . „Rendering / Introduction.” *Blender 4.0 Reference Manual*. 2024.
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/introduction.html> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- Brooks, Tim, és mtsai. „Video generation models as world simulators.” *openai.com*. 2024.
<https://openai.com/research/video-generation-models-as-world-simulators> (hozzáférés dátuma: 2024.. 02. 18.).
- C. Scorzin, Pamela. „ARTificiality.” *Kunstforum International* bd.278 (2021): 50-75.
- Creative AI Lab. *Database*. 2023. <https://creative-ai.org> (hozzáférés dátuma: 2023.12.28).
- Cseporán, Zsolt, Tamás Kollarik, és Petri Zsolt. „A magyar animációoktatás strukturális változásai és fejlődési irányai.” *Valóság* (Tudományos Ismeretterjesztő Társulat) 11 (2023): 1-15.
- Deutscher Ethikrat. „Mensch und Maschine – Herausforderungen durch Künstliche Intelligenz (Stellungnahme).” *Deutscher Ethikrat*, 2023.
- didae.eu. *DIGITAL DIDACTICS IN ART EDUCATION*. 2022. <https://didae.eu/hu/about/> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- How Walt Disney cartoons are made - promóciós rövidfilm a "Snow White and the Seven Dwarfs" c. filmhez*. Rendezte: Walt Disney. R.K.O. Radio Pictures Inc., 1938.
- Dr. Zsolnai-Fehér, Károly. „TU Wien.” *Two Minute Papers*. 2023.
<https://users.cg.tuwien.ac.at/zsolnai/about/> (hozzáférés dátuma: 2024.. 02. 01).
- Epic Games Inc. „Screen Space Global Illumination.” *Unreal Engine Documentation*. 2024.
<https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/BuildingWorlds/LightingAndShadows/ScreenSpaceGlobalIllumination/> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- Epic Games, Inc. „What is virtual production?” *Unreal Engine*. 2024.
<https://www.unrealengine.com/en-US/explainers/virtual-production/what-is-virtual-production> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- European Parliament. „Artificial Intelligence Act: deal on comprehensive rules for trustworthy AI.” *European Parliament*. 2023. December.
<https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20231206IPR15699/artificial->

- intelligence-act-deal-on-comprehensive-rules-for-trustworthy-ai (hozzáférés dátuma: 2024.. 02. 01).
- Foster Wallace, David. *Végtelen tréfa*. Fordította: Balázs Sipos és Lili Kemény. Budapest: Jelenkor Kiadó, 2020.
- Franco, Francesca. „VERA MOLNAR: AN ATTITUDE CONTRE.” In *VERA MOLNAR PAINTINGS AND DRAWINGS 1947–1986*. New York: Senior & Shopmaker Gallery, 2019.
- Fülöp, József. „Az animáció fejlődéstörténete és oktatása.” In *Animációs körkép*, szerkesztette: József Fülöp és Tamás Kollarik, 17-35. Budapest: MMA MMKI, 2016.
- Goertzel, Ben. „Artificial General Intelligence: Concept, State of the Art, and Future Prospects.” Szerkesztette: DOI: 10.2478/jagi-2014-0001. *Journal of Artificial General Intelligence* 5, 1. szám (2014): 1-46.
- IBM Data and AI Team. „Shedding light on AI bias with real world examples.” *IBM Blog*. 2023. <https://www.ibm.com/blog/shedding-light-on-ai-bias-with-real-world-examples/> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- IBM. „What is a neural network?” *Think: Tech news, education and events*. 2024. <https://www.ibm.com/topics/neural-networks> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . „What is computer vision?” *Think: Tech news, education and events*. 2024. <https://www.ibm.com/topics/computer-vision> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . „What is data mining?” *Think: Tech news, education and events*. 2024. <https://www.ibm.com/topics/data-mining> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . „What is supervised learning?” *Think: Tech news, education and events*. 2024. <https://www.ibm.com/topics/supervised-learning> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- Intel Corporation. *Intel Open Image Denoise*. 2024. <https://www.openimagedenoise.org/index.html> (hozzáférés dátuma: 2024.02.01).
- Johnson, Deborah, és Mario Verdicchio. „AI Anxiety.” *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2017: 68.
- Klug, Daniel, Yiluo Qin, Morgan Evans, és Geoff Kaufman. „Trick and Please. A Mixed-Method Study On User Assumptions About the TikTok Algorithm.” *Association for Computing Machinery*. New York: 13th ACM Web Science Conference 2021 (WebSci '21), 2021. 84-92.
- M. Tóth, Éva, és Melinda Kiss. *Animációs mozgóképtörténet I*. Budapest: Typotex, 2014.
- Manovich, Lev. *The Language of New Media*. Cambridge: MIT Press, 2001.
- Manovich, Lev, és Emanuele Arielli. „AI-aesthetics and the Anthropocentric Myth of Creativity.” *Nodes - Journal of Art and Neuroscience* (Numero Cromatico Editore) Nodes (19-20), doi.org/10.57633/NODES-19-20/1-ENG. szám (2022): 91-97.
- Molnár, Vera. „Regards sur mes images.” In *Revue d’Esthétique*, No. 7, 116. 1984.
- Molnár, Vera, kérdező: Hans Ulrich Obrist. „Vera Molnar in conversation with Hans Ulrich Obrist.” *Revisiting Hungarian Art of the 1960s and 1970s*, szerkesztette: Hans Ulrich Obrist és András Szántó. Koeing Books, (2018): 80.
- Molnár, Vera, kérdező: Angeria Rigamonti di Cutò. „Vera Molnár: ‘I have no regrets. My life is squares, triangles, lines’.” *Studio International*. (2017).

- NVIDIA Corporation. „Large Language Models Explained.” *NVIDIA Glossary*. 2024. <https://www.nvidia.com/en-us/glossary/large-language-models/> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . „Machine Learning.” *NVIDIA Glossary*. 2024. <https://www.nvidia.com/en-us/glossary/machine-learning/> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . *NVIDIA Omniverse*. év nélk. <https://www.nvidia.com/en-us/omniverse/>.
- . „Ray Tracing.” *NVIDIA DEVELOPER*. 2024. <https://developer.nvidia.com/discover/ray-tracing> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- . „What is Generative AI?” *NVIDIA Glossary*. 2024. <https://www.nvidia.com/en-us/glossary/generative-ai/> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- OpenAI. „DALL·E: Introducing outpainting.” *openai.com*. 2022. 08 31. <https://openai.com/index/dall-e-introducing-outpainting/> (hozzáférés dátuma: 2024. 04 02).
- Pasquinelli, Matteo. *The Eye of the Master A Social History of Artificial Intelligence*. London: Verso, 2023.
- Pasquinelli, Matteo, és Vladan Joler. „The Nooscope manifested: AI as instrument of knowledge extractivism.” *AI & Society* 36 (2020): 1263–1280.
- Pencz, Patrik. „3D szoftverek oktatásának fejlesztése a MOME Animáció BA szakon.” *Moholy-Nagy Művészeti Egyetem*. 2023. <https://mome.hu/hu/projektek/3d-szoftverek-oktatasanak-fejlesztese-a-mome-animacio-ba-szakon> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 01).
- Pixar Animation Studios. *Universal Scene Description*. 2021. www.openusd.org.
- Portfolio.hu. „Így forgatta fel a marketingesek mindennapjait az AI Magyarországon.” *Portfolio.hu*. 2023. <https://www.portfolio.hu/uzlet/20231128/igy-forgatta-fel-a-marketingesek-mindennapjait-az-ai-magyarorszagon-654239> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 01).
- Ray, Susanna. „10 AI terms everyone should know.” *Microsoft Source*. 2024. <https://news.microsoft.com/10-ai-terms/> (hozzáférés dátuma: 2024. 02 24).
- Ridegh, Gábor. *Bevezetés a 3D világába*. 2023.
- Russel, Stuart, és Peter Norvig. *Mesterséges intelligencia Modern megközelítésben*. I. kötet. II kötet. Budapest: Panem, 2023.
- Turing, Alan Mathison. „I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE.” *Mind* LIX, 236. szám (Október 1950): 433-460.
- Warwick, Kevin, és Huma Shah. „Passing the Turing Test Does Not Mean the End of Humanity.” *Cognitive Computation* 8, 3. szám (2016): 409-419.
- Zakarin, Jordan. „Wes Anderson’s ‘Grand Budapest Hotel’: Director Made Fully Animated Version Before Shooting Film.” *thewrap.com*. 2014. <https://www.thewrap.com/wes-anderson-made-animated-version-grand-budapest-hotel/> (hozzáférés dátuma: 2024. 02. 01).

