

Színház- és Filmművészeti Egyetem Doktori Iskola

**KÓDBA ZÁRT TÉR**

**INTERAKTÍV WEB 3D ANIMÁCIÓK  
TERVEZÉSÉNEK ÉS ALKALMAZÁSÁNAK MÓDSZEREI  
BROADCAST KÖRNYEZETBEN**

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

Balogh Áron

2023.

**Témavezető: Dr. habil. M. Tóth Géza**

# Tartalomjegyzék

Bevezető .....	2
A kutatás célkitűzései .....	3
A dolgozat felépítése .....	4
A témaválasztás személyes okai .....	5
A kutatási eredmények .....	6
Lehetséges kutatási irányok .....	8

## Bevezető

A háromdimenziós képalkotó eljárások módszertana és felhasználási lehetőségrendszere olyan technológiai paradigmaváltáson megy keresztül, mely jelentősen újra-definiálja, kiszélesíti a hagyományos 3D szerzői eszközkészletet és fogalomrendszert. Ahogyan a film is hibrid műfajjá változott, úgy a térbeli alkotás gyakorlata is jelentősen átalakult; több *-mint három-* dimenziós, generatív, multiplatformos, adat- és adatbázis alapú, szkript-vezérelt, szenzoros, immerzív adaptációs folyamattá nőtt, melyben egyre inkább jelentéstartalmat szerez a szoftveres-, böngészőművészet, a gépi tanulás és a mesterséges intelligencia alapú mozgóképgyártás fogalma is.

A 3D tervezők által elkészített művészeti alkotások a broadcast engine-ek, a WebGL és WebGPU grafikus motorok, a sztereoképek, virtuális-, kiterjesztett- és kevert valóság generált illúzióterei irányába egyformán adaptálhatók lettek. A webalapú környezetbe illesztett 3D tartalom, és az adatbázis-alapú mozgóképes interakciók mellett, a valósídejű térbeli grafikai elemeket ma már hibriditással jellemezhetjük, és bármilyen kompatibilis felület irányába integrálhatjuk. A fenti folyamatokon túl a gépi tanulás, az automatizált feldolgozás és az okos rendszerek térnyerése rendkívül jelentős hatást gyakorol a mozgóképes és kreatív szakmákra, különösen azokra, amelyekben a mesterséges intelligencia alkalmazható.

Az eltérő szakterületek ismeretanyagának egyidejű vizsgálata és alkalmazása elengedhetetlen a mozgóképművészeti és fejlesztői diszciplínák összeolvadása miatt. Az alkotóknak a dinamikus, platformfüggetlen tartalomelőállítás problematikájával, és a mesterséges intelligencia eszközkészletének integrálásával kell szembenéznie.

## A kutatás célkitűzései

A korszerű munkafolyamatok egyre inkább megkerülhetetlen kérdése a konvergens 3D mozgóképközpontú problémáinak, az elkészített médiatartalmak valósidejű transzplantálása eltérő vizuális platformok irányába. Disszertációmban azon 3D szerzői eszközkészletek újra-definiálásának feltétel- és alkalmazás rendszerét vizsgálom, melyek az animációs eljárásokban jelentenek változást. A térbeli mozgókép tervezésének interaktív módszerei mellett, elemzésem fókuszában a WebGL és WebGPU alapú technológia feltérképezése, a digitális web 3D szkript-nyelveinek szintaktikai elemzése, ismertetése áll.

Doktori disszertációm célkitűzése a valósidejű, interaktívan vezérelhető WebGL - WebGPU 3D animációk művészi és technológiai vonatkozásainak vizsgálata. Értekezésem célja, hogy feltárja az online környezetben alkalmazható 3D vizualizációs adatbázis létrehozásának módszerét, amely lehetővé teszi a 3D tervező- és animációs szoftverekben kialakított CGI jelenetek adaptálását valósidejű broadcast felületekre.

DLA munkásságom fókuszában olyan adatalapú automatizált mozgóképes eljárások kutatása és létrehozása áll, melyek segítségével a hagyományos háromdimenziós tervezői programok objektumai, animációs jelenetei és előre definiált paraméterrendszerei olvasható adatstruktúrákkal továbbíthatók, és interaktívan felhasználhatók háromdimenziós webgrafikai könyvtárak, továbbá broadcast keretrendszerek élőtechnikás adáskörnyezetében.

Doktori kutatásom során arra kerestem a választ, hogy a 3D vizualizációs elemek milyen művészeti módszerekkel és technológiai-stratégiákkal transzplantálhatók a legmodernebb fejlesztői eszközök irányába. Azt elemeztem, hogy mely optimalizációs módszerek alkalmazhatók a 3D tervezőszoftverek és grafikus webes 3D könyvtárak közötti integrációs folyamatban annak érdekében, hogy a térbeli jelenetek minőségvesztés nélküli transzplantációja megvalósítható legyen. Vizsgálatom fókusza az volt, hogy milyen módszerek állnak a mozgóképes szakemberek rendelkezésére, melyek lehetővé teszik a vizualizációs munka platformfüggetlen adaptációját az interaktív 3D környezet irányába.

## A dolgozat felépítése

- Bevezetés: témaválasztás és a disszertáció strukturális kialakítása
  - Alapvető fogalmak: OpenGL, WebGL, WebGPU
  - Kutatási kontextus és a dolgozat elkészítésnek jelentősége
- A broadcast vizualizáció paradigmaváltása
  - Platformfüggetlenség kritériumai
  - Adatvezérelt és generatív modellek integrációjának kihívásai
  - Kutatási hipotézisek felállítása
- A 3D technológia korai története Magyarországon
  - Kezdeti alkotások és kísérleti fázisok
  - Adatvezérelt filmművészet és CGI televíziós alkalmazások
  - Nemzetközi viszonylatú összehasonlítás
- Web-alapú 3D technológiák
  - WebGL és WebGPU komparatív elemzése
  - Rendszerarchitektúra és broadcast integráció
- Teljes Stack 3D fejlesztési módszertan
  - Front-End és Back-End technológiák
  - Kliens-szerver architektúra
  - Implementációs osztályok és eljárások
- Web 3D publikációs stratégiák
  - 3D design eszközlánc
  - Valós idejű televíziós adaptáció
  - Televíziós ábrázolástechnikai trendek
- Web 3D jövőkép
  - Integrációs megoldások és automatizált rendszerek
  - Generatív technikák és a mozgóképes szakmák jövője

## **A témaválasztás személyes okai**

Az elmúlt másfél évtizedben valós idejű 3D broadcast engine-ek fejlesztési környezetében, automata grafikai template-rendszerek tervezésével, továbbá interaktív mozgóképes módszerek kutatásával foglalkoztam regionális és országos televízióknál. Senior fejlesztőként, később Solution Architect-ként lehetőségem volt részt venni a magyar televíziózás legnagyobb adatalapú műsorainak elkészítésében. Grafikus applikációim megjelenhettek a legnézettebb hazai műsorok adásaiban, dolgozhattam a Magyar Televízió interaktív alkalmazás-rendszereinek kidolgozásában, kialakításában. Részt vehettem a világ legnagyobb broadcast vizualizációs konferenciáin, továbbá adásszoftverek, és broadcast rendszerek fejlesztésével kapcsolatos nemzetközi workshopjain. Munkám mellett több éve egyetemi oktatóként is dolgozom, ahol a 3D vizualizációs eszközöket, 3D technológiát és kreatív mozgóképes eljárásokat tanítok. Ezért is érzem kimenten fontosnak ezen interdiszciplináris téma bemutatását, tartom a 3D művészeti- és a fejlesztői diszciplína egyidejű ismertetését, az új digitális lehetőségek alkalmazását, kutatási eredményeim későbbi publikálását, szakmám képviselőjét.

## A kutatási eredmények

Az disszertációban bemutatott 3D technológia gyökerei egy évtizedes múltra tekintenek vissza, mégsem állítható, hogy ezek az eljárások forradalmasították a jelenkor térbeli mozgóképalkotás módszerének gyakorlatát. Napjainkig csak számos megköttéssel, kizárólag az interdiszciplináris megközelítés érvelésével és érvényesítésével volt lehetséges a megvalósítás. Éppen ezért nem állítom, hogy az elérhető fejlesztői eszközök akadálymentesen adaptálhatók bármilyen mozgóképes folyamat részeként. Megállapítottam, hogy a klasszikus filmes technológiák csak nehezen ültethetők át a legmodernebbként jellemzett felületekre, számos konverziós nehézség akadályozza, torzítja az elképzelt megjelenés végeredményét. A tervezői szoftverek grafikai képe egyelőre nem minőségvesztés nélkül transzplantálható webalapú engine-ek irányába.

A rendkívül dinamikus változó programozási környezet megannyi fejlesztési eszköz és eljárásrendszer ismeretét tette elengedhetlenné. Számos szkriptnyelvi-, szintaktikai megköttés garantálja a böngészőben megjelenő vizuális tartalom leírókörnyezetét. Az elvárásrendszerek a hagyományos 3D tervezői szoftverek publikációs munkafolyamatait is jelentősen befolyásolják. Mindezek ellenére, kutatási munkám során egyértelműen körvonalazódott a web 3D technológia megkerülhetetlen térhódításának indoklása is.

DLA mestermunkámon keresztül megvizsgáltam egy web 3D animációs adatbázis elkészítésének fejlesztői folyamatait, és interaktív publikációsrendszerét. Feltártam a legfontosabb módszereket, és elemeztem a gyakorlati megvalósítás lehetséges lépéseit, irányait. Dokumentáltam a kivitelezéshez szükséges modulokat és funkciókat, elemzéseimmel rávilágítottam a legfontosabb fejlesztői és grafikai szempontokra.

Arra következtetésre jutottam, hogy a web 3D fejlesztői környezet kialakításának módszertanával, és az elemzett jelenetintegrációs módszerekkel igazolható azon kutatói tézisem, mely szerint a WebGPU technológia hozzájárul a broadcast televízió és online streaming 3D adatvizualizációs eszköztárának bővítéséhez, lehetővé téve a platformfüggetlen interaktív tartalmak előállítását és adaptációját. Meggyőződésem, hogy a dolgozatban ismertetett legújabb fejlesztői eszközök és módszertanok integrálása révén a hagyományos 3D tervezőszoftverekből származó jelenetek is hatékonyan adaptálhatók valós idejű adáskörnyezetbe.

Interaktív animációk és videóalkalmazások aspektusából a mozgóképkészítés olyan történeti- és modern vonatkozású szakterületeit is vizsgáltam, melynek részterületei folyamatosan közelítenek az internetes fejlesztési technikákhoz. Ebből adódik, hogy a 3D fejlesztői környezet kialakításának módszerének ismeretanyaga megértése rendkívül lényeges volt a 3D platform kialakításának szempontjából is. A mozgóképes szakemberek egyre inkább elengedhetetlen feladata megismerni az interaktív technika működési rendszereit, és a releváns szkriptnyelveket.

A film- és videoművésztől egyre eltávolodó fogalomkörök és ismeretanyagok feltárása számomra *-meglepő módon-* éppen a mozgóképkészítés legújabb eszközeit hozta egyre elérhetőbb távolságba. Ezen tapasztalat alapján azt állítom, hogy a térbeli ábrázolóképes módszereinek interdiszciplináris megközelítése nélkülözetlen a modern multimédiaalkotói számára.

Mindent figyelembe véve, úgy gondolom, hogy sikerült igazolnom a tézist, mely szerint a WebGL és WebGPU technológiák integrációja a broadcast adatvizualizációs sablonrendszerekkel és a webes interaktív alkalmazás-elemekkel új, rugalmasabb és változatosabb vizualizációs paradigmát teremt a televíziós és online streaming csatornák számára. Arra a következtetésre jutottam, hogy a valós idejű 3D web vizualizáció olyan eszközt jelent a modern médiaművészek és fejlesztők számára, amely platformfüggetlen, dinamikusan paraméterezhető, könnyen adaptálható grafikai interfészként értelmezhető a jövőben.

Ezen túlmenően, a 3D WebGPU technológia jelentős hatással van az interaktív mozgóképtartalmak fejlődésére és a broadcast televízió adatvizualizációs lehetőségeinek átalakítására is. Arra az eredményre jutottam, hogy kutatásom záró tézisének állítása is igazolható, mely szerint a mesterséges intelligencia és gépi tanulás technológiák integrációjával pedig lehetővé válik a személyre szabott műsorelemek készítése, és a mozgóképes tartalmak platformfüggetlen adaptációja.



## **Lehetséges kutatási irányok**

A kutatás eredményeit a jövőben a következő kutatási területeken szeretném tovább vizsgálni:

- A 3D vizualizációs technológiák felhasználásának vizsgálata új kreatív és interaktív alkalmazások területén.
- A mesterséges intelligencia és gépi tanulás technológiák integrációjának vizsgálata a web 3D vizualizációs technológiák környezetében.
- A programozott animációs mozgóképtechnológia módszertana.