

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

A videojátékok világának szerkezete és a térképészet kapcsolatának bemutatása a nyitott világú játékokon keresztül

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK
TÉRKÉPÉSZ ÉS GEOINFORMATIKUS SZAKIRÁNY

Készítette:
Horváth Dávid György

Témavezető:
Dr. Kovács Béla
egyetemi adjunktus

Konzulens:
Vörös Fanni
doktorandusz

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék



Budapest, 2019

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	3
2.	A magyar videojáték-ipar születése és fellendülése	4
2.1	Az első magyar számítógép.....	4
2.2	A magyar videojáték-ipar születése	6
2.3	A számítógépes játékok aranykora.....	7
3.	Videojátékok és szerkesztésük	8
4.	A játékvilág dimenziói.....	10
4.1	Fizikai dimenzió	10
4.2	Térbeli dimenzió	10
4.3	Temporális dimenzió	16
5.	Videojáték-zsánerek	16
6.	Level mapping és kartográfia	18
6.1	Pályaszerkesztés	18
6.2	A level mapping helye a kartográfia világában.....	18
6.3	A videojáték mint geovizualizációs eszköz	19
7.	Játékszerkesztés Unity segítségével	21
7.1	Eszközök bemutatása	21
7.1.1	Unity	21
7.1.2	Gaia	21
7.1.3	Terrain.party.....	21
7.2	Módszer bemutatása	22
7.2.1	Digitális domborzatmodell kiválasztása, letöltése és előkészítése	22
7.2.2	Új Unity projekt indítása és a Gaia betöltése.....	23
7.2.3	Domborzatszerkesztés digitális modell segítségével	25
7.2.4	Utófeldolgozás és projekt mentése	27
8.	Eredmények és megvitatásuk	28
8.1	Az összehasonlítás alapjai	28
8.2	Felbontás	29
8.3	Méret	32
9.	Konklúzió	35
10.	Összefoglalás	36
11.	Köszönetnyilvánítás.....	37
12.	Irodalomjegyzék	38

1. Bevezetés

Az, hogy a videojáték-ipar ma a szórakoztatóipar meghatározó részét képviseli, nem kétséges. Világszerte egyre nagyobb rajongás és kultusz övezi ezt az időtöltést, manapság már világ bajnokságot is rendeznek belőle. A hardverek és szoftverek együttes fejlődésének hála egyre több játék esetében kerülhet szóba az ultrarealizmus a játéknak teret adó játékvilág domborzatát és megjelenítését illetően. Ez azt jelenti, hogy a lélegzetelállító jelenetek és izgalmas játékmenet mellett teret kapott a valósághű ábrázolása a való világnak, illetve létező domborzatok implementálása a virtuális környezetbe. Ezek együttes eredménye az az úgynevezett nyíltvilágú játékmenet, melynek során a felhasználónak lehetősége nyílik a játékban ábrázolt környezet, domborzat, táj felfedezésére is, virtuális túrára, kirándulásra az otthona kényelméből. Véleményem szerint ezt a lehetőséget súlyos veszteség lenne kiaknáztatlanul hagyni, ezért a geoinformatika tudományágának foglalkoznia kell a videojáték-szerkesztéssel mint geovizualizációs módszerrel, aminek egy lehetséges módszerét munkámban kidolgozom.

Dolgozatomban megemlékezem a videojátékok hazai vonatkozásban értelmezett történelméről és korszakairól. A térképészeti vonatkozásokat szem előtt tartva bemutatom a videojátékok fő összetevőit, a fontos fogalmakat, kategóriáikat, a szerkesztésük lehetőségeit. Prezentálom a kartográfiai-geoinformatikai kapcsolatokat és lehetőségeket, melyeket gyakorlati példán keresztül, egy általam szerkesztett nyílt játékvilágon át mutatok be. Több önállóan szerkesztett, saját készítésű játékvilágot is összehasonlítok, hogy megállapíthassam, mely források alapján és milyen beállítások mentén érdemes a modellezést kivitelezni.

Napjainkban a DTM (digitális domborzatmodell, angolul „Digital Terrain Model”) elengedhetetlen kartográfiai kellék, ha domborzatábrázolásra kerül sor. A hagyományos térképek és háromdimenziós megjelenítésű domborzati szelvények helyett egy egészen új megközelítéssel végeztem a terepi ábrázolást, melynek alapja szintén a műholdas felmérésekből származtatott DTM. Munkámban különböző forrásokból származó digitális domborzatmodellekből szerkesztettem virtuálisan bejárható, interaktív játékteret. Annak érdekében, hogy a jövőbeli szerkesztést és modellezést mindenki számára egyszerűen kivitelezhetővé tegyem, egy egyszerű és könnyen megközelíthető módszert dolgoztam ki, melyet részletesen dokumentáltam a „Játékszerkesztés Unity segítségével” című fejezetben.

Az általam készített modelleket megvizsgáltam, és különböző paraméterek alapján összehasonlítottam. Egyik vizsgált tényező a forrásmodell felbontása volt. Két különböző, 30 és 10 méteres felbontású modellt szerkesztettem és vetettem össze olyan szempontok alapján, mint a játszhatóság, valósághűség, részletgazdagság és természetesen, hogy kellő pontossággal reprezentálják-e az ábrázolt domborzatot. Ez azért fontos kiindulási alap, mert a kezdeti felbontás határozza meg a domborzat későbbi kinézetét és részletességét. Kisebb felbontással a szerkesztés gyorsabb lehet és kevésbé erőforrásigényes, amíg a végeredményként kapott terepet nagyban nem torzítja a kisebb pontosság. Egy másik tényező, a játékterület mérete pedig a szerkesztőt és beállításait érintette. Ez a felhasználás során jelenthet fontos különbséget, ugyanis bár a kisebb játéktér kevesebb munkát, szerkesztést, erőforrást igényel, a felhasználó térbeli kiterjedéseiben torzult képet kaphat az ábrázolni kívánt domborzatról, ha azt túlságosan

kis területre szorítjuk. A megállapításaimat és megjegyzéseimet bővebben az „Eredmények és megvitatásuk” fejezetben fejtem ki.

A munkám végeredménye egy önállóan futtatható állomány és a hozzá tartozó fájlok, mely a szakdolgozat multimédiás mellékleteként érhető el. Ez az összehasonlítás után a tapasztalataim szerint optimálisabb beállítások mentén elkészített jelenetet tartalmazza, mely az észak-amerikai Colorado folyó egy részét, környezetét és Kanab Creek nevű mellékfolyóját foglalja magában. A modellezett terület szabadon bejárható és felfedezhető, elkészítése pedig rendkívül izgalmas, tanulságos és hasznos feladat volt.

2. A magyar videojáték-ipar születése és fellendülése

2.1 Az első magyar számítógép

Az első magyar videojáték már az 1960-as évek elején megjelent. Ez a Drasni József által fejlesztett *Taktik* nevű játék volt, mely az MTA Kibernetikai Kutató Csoportjában – a Magyarországon először épített elektronikus számítógépen -, az M-3-on futott (STÖCKERT, 2012).

Az MTA Kibernetikai Kutató Csoport 1956-ban került megalapításra, fő feladata az első magyar számítógép, az M-3 megalkotása és kezelése volt. A munkát 1957-ben kezdték meg az MTA KKCS munkatársai, a számítógép építését pedig 1958 januárjában. A közép gép kategóriába sorolt elektroncsöves számítógép szovjet dokumentáció alapján, de saját fejlesztéssel készült hazai alkatrészbázisra építve, így többek között a Tungstam akkori viszonylatban is világszínvonalú elektroncsöveit használva. Neve is orosz eredetű: a МЭСМ (MESZM) a Малая электронная счётная машина (malaja elektronnaja szcsotnaja masina - kisméretű elektronikus számológép) rövidítése. Egyetlen laboratóriumi példány készült, mely 1958 és 1968 között üzemelt (a gép rendszeres üzemeltetése 1960-ban kezdődött meg): 1958-tól 1965-ig a budapesti Magyar Tudományos Akadémia Számítóközpontban, 1965-től 1968-ig pedig a szegedi József Attila Tudományegyetem (JATE) Kibernetikai Laboratóriumban. A gép elsődlegesen műszaki tudományos számítások végzésére készült, egyik legismertebb alkalmazási területe pedig az Erzsébet híd újraépítésénél végzett statikai számítások végzése volt (SZENTGYÖRGYI, 2014).



1. ábra: "Elkészült az első magyar elektronikus számológép" (Esti Hírlap, 1959)

Az M-3 30 négyzetméteres alapterülete és 10 kilowattos fogyasztása komoly problémákat jelentett a gép hűtését illetően, az elektroncsövek gyakori meghibásodása miatt pedig az átlagos hibamentes üzemidő 3-4 óra volt. A Neumann János Számítógép-tudományi társaság Informatikatörténeti Fóruma több olyan felhasználói programot említ, mellyel a gépen tudományos számításokat végeztek (SZENTGYÖRGYI, 2014):

- BALATONI JÁNOS: Optikai rendszerek tervezése
- FREY TAMÁS – SZELEZSÁN JÁNOS: Az Erzsébet híd merevítő tartóival kapcsolatos számítások (30×30-as nemlineáris egyenletrendszer)
- GERGELY JÓZSEF: Ipari bordás hőcserélők számítása
- KREKÓ BÉLA – Dömölki Bálint: Szállítási költségek minimalizálása
- RÓZSA PÁL – Veidinger László: Részecskék viselkedésének vizsgálata emulzióban (20×20-as mátrixok invertálása)
- SÁNDOR FERENC: Tekercselési számítások (dinamók, transzformátorok)
- SZELEZSÁN JÁNOS: Metán parciális oxidációja (nemlineáris egyenletrendszer megoldása)

A tudományos értékű munkák mellett azonban rendszerint előkerültek a gépre fejlesztett játékok is, ezek közül az első a Drasni József fejlesztésében az 1960-as évek elején készült *Taktik* volt. Kovács Győző, egyike azon szakembereknek, akik megépítették az M-3 számítógépet, megemlékezésében említést tesz a játékról: ez az alkalmazás egy 3*3-as pályán játszható amőbajáték volt. Abban az esetben, amikor a program kezdte a játékot, az is nyert, a játékosnak csak akkor volt esélye győzelemre, amikor ő kezdett és nem tett hibás lépést (KOVÁCS, 2002).

Az 1960-as évektől hasonló jellegű a játékfejlesztés folyamata: a szerkezetekhez hozzáférő tudósok, mérnökök, matematikusok saját célra fejlesztettek programokat, kisebb logikai játékokat, vagy olyan videojáték-kezdeményeket, melyek inkább egy algoritmus működésének

bizonyításai vagy kezdetleges vizuális demonstrációk voltak. Ezeknek a gépeknek a nehézkes, nagy hozzáértést igénylő kezelése és szűkkörű hozzáférhetősége azonban meggátolta, hogy a játékfejlesztés kinője magát és tömegekhez eljusson. A videojátékok aranykorát a mikroprocesszorok megjelenése hozta el: a gépek egyre olcsóbbakká és hozzáférhetőbbekké váltak és elkezdtek felvenni mai alakjukat. Fontos kiegészítő lett a billentyűzet, a gépet monitorral vagy televízióval lehetett összekötni. A fordulópont éve 1977 volt, ekkor jelent meg három ikonikus személyi számítógép is a piacon: az Apple II, a Commodore PET-2001 és a Tandy TRS-80. A videojáték-fejlesztés valódi fellendüléséig várni kellett az 1980-as közepéig, az első széles körben is hozzáférhető konzolok megjelenéséig (RAB, 2018; STÖCKERT, 2012; ZENTAI, 2003).

2.2 A magyar videojáték-ipar születése

Magyarország az 1980-as években a KGST (Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa, angolul Comecon) tagországaként gazdaságilag elsősorban a Szovjetunió és a közép- és kelet-európai szocialista országokkal állt szoros együttműködésben. Ennek ellenére ekkoriban alakult ki Magyarországon egy olyan ipari jellegű videojáték-fejlesztés, mely a nyugati országok piacait is ellátta hazai fejlesztésű játékokkal. Ennek a hazai iparnak két fontos szereplője volt. Az első a Rényi Gábor és Szilágyi József által 1983 januárjában alapított Novotrade Rt., amely hazai részvénytársaságként számítástechnikai eszközök, valamint szoftverek importjával és forgalmazásával foglalkozott. A másik a Stein Róbert által alapított Andromeda Software, mely a Novotrade által készített videojátékokat forgalmazta, valamint eszközöket és megbízásokat biztosított a hazai partner számára.

1983 januárjának közepén a Novotrade a *Felkínálom népgazdasági hasznosításra* című tévéműsorban bejelentett pályázatára a nézők videojáték-ötleteket küldhettek a cégnek, melyek közül a legkiemelkedőbbeket (eredetiség, játszhatóság és megvalósíthatóság szempontjából) a vállalat programozói és fejlesztői (többnyire lelkes fiatalok) megvalósítottak Commodore 64-es számítógépeken. Ezek a játékok hivatalos Commodore-szoftverként kerültek forgalomba.

Az egyik legismertebb korai magyar fejlesztésű videojáték az 1984 őszén, az angliai Domark Software megbízására írt *Eureka!* volt. A Novotrade által fejlesztett játék rekordidő alatt készült el, egyszerre két platformra is: Commodore 64-re és ZX Spectrumra. Akkoriban egyedülálló megoldásként nem külön folyt a fejlesztés a két rendszerre, hanem egy saját programnyelven keresztül, mely automatikusan lefordította a programkódot a két platformra. A játék megjelenését hatalmas hírverés övezte, ugyanis a Domark nyereménnyel promotálta a szoftvert: az a játékos, aki először végigküzdte magát a játékon, megoldja annak fejtörőit, megteleli az elrejtett telefonszámot és felhívja azt, komoly pénznyereményben részesül. A játék sikere révén a magyar fejlesztőkről számtalan nívós külföldi újság tudósított (2. ábra), hatalmas sikernek titulálva a vasfüggöny mögül indult játékot és az azt övező ipart (MATUSIK, 2016).

THIS CAN'T BE RIGHT!

By Peter Humphrey in Budapest

New firms and freelancers are burning the midnight oil to meet deadlines for western partners with an insatiable appetite for Hungarian games. In the UK, Novotrade Joint Stock Company is the leader, selling its games in Britain, the US and West Germany. After living on

advances of \$840,000 (about \$470,000 in 1984, it expects to receive \$370,000 in 1985). The first royalties come in next year, said managing director Gebor Renyi.

Novotrade has sent 25 games to the western market with a total catalog value of \$50,000 in units each, and expects to make \$1.5 million dollars from royalties in 1985, according to Mir

A core of 50 work constantly, said the software manager. Dennis Klein. "The majority are doing large-scale work through the night," he said. College graduates with computing experience or computer store bored with the night shift work there in the basement and attic rooms.

With home computers way beyond the reach of the

"But we need only one game to be a big success and we'll make much more," he said. "There are signs this will happen, with confidence high both here and among western partners."

Mr Ransy said: "We are aiming to compete with U.S. firms - the best play, best graphics, best music, and the best control of the traffic flow on London streets, was written by three university mathematics students in their spare time. Launched in Britain by Quickplay, the complex game has five traffic maps with vivid graphics, realtime music and synthetic speech.

Managing information

COMPUTER BRIEFING

Some leading manufacturers of micro and low-end minicomputer systems are still trying to sell models that are either poor value or downright bad buys, according to the latest issue of *Wish to Buy for Business*. In a report covering 350 expensive models, such as the Data General CS100, Olivetti's M60 and S6000, Triumph Advers 1635, Burroughs 852 and Texas Instrument's 300 all come in for heavy criticism. Many computers, the study claims, are sold on their looks rather than merit, but it did find a few good buys in the market, such as Northern Telecom's

Digital's Microvax1 and Olivetti AT & T's 382 were among those worth a look. At the cheaper end of the market the Prism Wren, ACT's Apricot, Ferranti's Advance and Future Computers' FX series were all cited as best buys. Single copies of the report are available from the magazine for £19.75.

Game play

■ The term media convergence has been around ever since films like *The Sound of Music* spawned bestselling LPs. Over the years the phenomena of crossover have approached on formerly disparate arms of the entertainment industry. Now the volatile computer-games market is forging closer links with the film industry. London-based Argus Press Software has joined forces with 20th Century Fox, to bring an adventure game for the Commodore 64 and Sinclair Spectrum around the cult film *Alien*. Fox has plans to re-release *Alien* (possibly closely followed by *Alien*

Firm base

■ The 12 small-firm centres set up around the country as an information service for small businesses are being supplied with a computerized data-base and management system. The hardware, and software development costs total £3m. All staff will have a terminal linked into a local area network. The system is intended to provide a reference book of information to enable staff to deal quickly with clients, maintain client details, arrange orders and contribute to sales.

100



At an motor shows of models being built is beginning to infiltrate the box, better known as Sun Page Three under pundit, was hired to sit with an that her failure to pass driving tests company's Test-Drive-A-Minute that less-compatibility for its motor in its models.

with business counsellors and provide management information. According to Department of Trade and Industry figures small-firm enquiries received over 300,000 inquiries in 1983/84 and in England alone gave nearly 30,000 counselling sessions. The DTI, as the central coordinating centre, will supply information about changes to government schemes on floppy discs. The system was piloted in Nottingham and should be replicated in every centre by the beginning of 1986.

UK events

International Exposition for Technology Transfer, Metropole Hotel, Brighton, today until November 30.
Electron & BBC Users' Show, New Horticultural Hall, Westminster, London SW1, December 5-9.
CAD/CAM International Show, NEC, Birmingham, January 8-10.

High Technology & Computers in Education, Barking, London.

January 23-26
PC Trade Show, Barbican, London
February 25-28
DEXPO Europe, Olympia, London
March 5-8
Info '88, Olympia, London, March
25-28
Which Computer?, NEC,
Birmingham, January 15-18

Overseas events

Computer China, Xiamen, China,
until December 1
DEXPO West, Anaheim, California
December 11-14
SoftCon, Georgia World Congress
Centre, Atlanta, Georgia, March 3
April 3

advances of \$840,000 (about \$470,000 in 1984, it expects to receive \$370,000 in 1985). The first royalties come in next year, said managing director Gebor Renyi.

Novotrade has sent 25 games to the western market with a total catalog value of \$50,000 in units each, and expects to make \$1.5 million dollars from royalties in 1985, according to Mir

A core of 50 work constantly, said the software manager. Dennis Klein. "The majority are doing large-scale work through the night," he said. College graduates with computing experience or computer store bored with the night shift work there in the basement and attic rooms.

With home computers way beyond the reach of the

"But we need only one game to be a big success and we'll make much more," he said. "There are signs this will happen, with confidence high both here and among western partners."

Mr Ransy said: "We are aiming to compete with U.S. firms - the best play, best graphics, best music, and the best sound effects. We want players control the traffic flow on London streets, was written by three university mathematics students in their spare time. Launched in Britain by Quickplay, the complex game has five traffic maps with vivid graphics, ragtime music and a synthetic speech."

Managing information

Computer Maintenance
NATIONWIDE SERVICES FOR LEADING
MICROS FROM AN INDUSTRY LEADER

A high-contrast, black and white photograph showing a person from the side, looking at a computer monitor. The person is wearing a dark jacket. The monitor displays some graphical information, possibly a map or a technical drawing. The keyboard is visible in the foreground. The overall image is grainy and has a high-contrast, almost stencil-like quality.



Mills Associates Ltd
COMPUTER ENGINEERING

OFFICES IN LONDON, BIRMINGHAM,
MANCHESTER, NEWCASTLE, EDINBURGH,
NOTTINGHAM, SOUTH WALES.

HEAD OFFICE: Tel 0600 46511

SISTER OF THE AMEL & ASSOCIATES GROUP



Present and correct

Get the lowdown on the top software packages — the great games and useful utilities that you'd really like this Christmas — in *Popular Computing Weekly's* *Bumper Software Hits Special*, on sale November 29. Our reviewers crave after excellence, but do

they find it? Get your copy and all the good, and bad, software for Commodores, Spectrums, Beas, Amstrads, Electrons, QAs, Onics and others, will be booting up — or out!

Don't get stuck with the dull stuff. Get stuck into Popular Computing Weekly on November 29.

SOFTWARE TECHNICAL AUTHORS

Experienced Software Authors required to join our panel, for contract assignments in the UK. Contact David Pearson on 0483-898606 or 0403 752094 (evenings) or write to me with c.v. at T.M.B. Computer Authors Limited, The Shellings, The Street, Wotton, Guildford, Surrey GU5 0PE.

TMS/ Computer Authors

A career in America in 1985 IBM Analyst/Programmers

Managing information means getting what you need when you need it.

In theory it's as simple as that. In practice it isn't. Or hasn't been up until now. And with hindsight it's easy to see why.

In an effort to manage ever-growing volumes of information many companies buy computers. But computers alone can't improve your business efficiency without the right software.

2.3 A számítógépes játékok aranykora

BEREGI TAMÁS a *Pixelhősök. A számítógépes játékok első ötven éve* (2010) című munkájában a számítógépes játékok aranykorának az 1980 és 1993 közötti időszakot jelöli meg. Ennek a szűk 13 évnek a során a szoftverfejlesztő „garázsipar” komoly üzletággá nőtte ki magát, ami 1983-ra túlszárnyalta a filmipar bevételeit is. Az 1950-es évektől 1980-ig tartó programozói hőskorszakban megjelenő műfajok, ötletek és ősjátékok hobbiprojektekből nemzetközi figyelemmel kísért slágertémákká váltak. A mikroprocesszorok megjelenésével fellendült a konzolok és a velük párhuzamosan fejlődő személyi számítógépek térhódítása. A korszak végét a konzolok visszaszorulása jelzi a számítógépek javára.

1993-ban konzoljaival és a rájuk írt szoftverekkel a videojáték-piac kétharmadát uraló cégóriás, az Atari megrendült. Az aranykorból a sebesség és kimagasló grafika sztrádáján a PC-k megelőzték a konzolokat. Elterjedt a CD-ROM, a gépek és a szoftverek is egyre összetettebbé, kifinomultabbá váltak. A napjainkig is tartó fejlődésnek mára csak a kvantumfizika szab gátat.

„A videojátékok ma már leginkább okos eszközökön hódítanak, freemium modellekkel kötik magukhoz a játékosokat, az augmented reality új dimenziókat nyit, és egyre inkább kibontakozóban van az e-sport világa – ezzel a számítógépes játékok véglegesen idő és helyfüggetlenné váltak, egyben kiépült a profi látványsport és gigashow világa is. Izgalmas lesz a játékok történetét 2000 és 2050 között leíró kötet is” (RAB, 2018).

3. Videojátékok és szerkesztésük

Hogy megértsük és elemezhessük a videojátékok elképesztően sokszínű világát, több alapfogalmat meghatározok az elkövetkező fejezetekben. Ezek alapjául főként ANDREW ROLLINGS videojáték-ipari műszaki tanácsadó és ERNEST ADAMS videojáték-fejlesztő, -tervező és az International Game Developers' Association (Nemzetközi Játékfejlesztők Egyesülete) alapítójának munkáit veszem.

A videojátékokat elsősorban a szórakozás és szórakoztatás eszközeinek gondoljuk, így kevesek veszik a fáradságot, hogy tudományos szemszögből, részletesen elemezzék őket. A játékszoftver-fejlesztéssel rendszerint inkább statisztikailag értékelhető jelenségeként és üzletágként találkozunk. Munkámhoz azonban elengedhetetlen, hogy térképészeti szemszögből tudományos struktúrára építsem fel ezeket a szoftvereket, hiszen az én célkitűzésem egy ilyen program megalkotása.

Avatár: A virtuális avatár kifejezést CHIP MORNINGSTAR programozó és JOSEPH ROMERO alkotta meg 1985-ben, a Lucasfilm online szerepjátékának, a *Habitat* tervezésének részeként. A virtuális avatár egy személyre szabott grafikus illusztráció vagy karakter (alteregó), amely a felhasználót képviseli a játékvilágban (DOYLE, 2011). Az avatár kifejezés alatt értendő a felhasználó két- vagy háromdimenziós, játékvilágon belüli megjelenítése és az általában ikonszerű, főleg internetes fórumokról ismert megjelenítés. Dolgozatomban „avatár” vagy „karakter” megnevezés alatt az előbbire fogok utalni.

Nem minden játék alkalmaz avatárt (például szöveg alapú videojátékok), a modern játékokra azonban ma már ez jellemző.

Az avatárt különböző nézőpontokból ismerhetjük meg. Belső nézetről akkor beszélünk, ha az eseményeket közvetlenül az avatárunk szemszögéből éljük meg, első személyként. Külső nézetben az avatárunkat kívülről, külön személyként érzékeljük. Ezért -véleményem szerint- a játékvilág megtapasztalására alkalmasabb a belső nézet, mivel így a játékos elsőkézből kerülhet vele kapcsolatba. Sok felhasználó esetében azonban a belső nézet kinetózishoz vezethet. Ez a mozgás és egyensúly érzékeléséhez köthető, fáradtsággal és hányingerrel járó tünetegyüttes, ami csaknem minden harmadik embert érint. Ennek kiküszöbölésére egyre több játékban találkozunk azzal a lehetőséggel, hogy szabadon változtathassuk a kameranézetet belső személyes és külső nézet között, mivel utóbbiban a látótér kibővül, a mozgások enyhébbek, és a felhasználó kívülről láthatja az irányított avatárt.

A **játékvilág:** Minden játék egy saját, mesterséges világban foglal helyet. Még az igazán egyszerű koncepciójú játékok is, mint a malom, amőba, kosárlabda, rendelkeznek egy jól definiált határokkal rendelkező világgal: egy tér, melyet vonalak, szabályok és győzelmi feltételek uralnak. A játékvilág (game world) határain kívül eső jelenségek nem részei a játéknak, tehát a játékvilág tartalmaz minden olyan elemet, ami a játékot felépíti és lehetővé teszi. A játékvilág nem feltétlenül fizikai vagy látható fogalom, bizonyos játékok a játékosok fejében kaphatnak helyet, mint a kérdezz-felelek vagy a barkohba.

A játékvilág egyik jellemzője a nyitottság. Eszerint két kategóriába sorolhatjuk a játékokat: nyitott világú és zárt világú. A nyitott világú (open world) játék nem szab korlátot a felhasználónak abban, hogy miképpen és merre mozog a játékvilág biztosította térben, illetve, hogy milyen módon teljesíti a játék célját. Röviden és lényegre törően megfogalmazva a

játékmenet nem lineáris, hanem kötetlen. Ezt a fajta játékot gyakran említik helytelenül homokozó (sandbox) jellegű játéknak, erre a játékmenet nyújtotta szabadságra utalva. Homokozóban (illetve homokozó jellegű játékban) viszont a felhasználónak ezen felül arra is van lehetősége, hogy a játékvilágot és játékmenetet kedvére és ízlésére formálhassa célja elérésének érdekében. Tehát minden sandbox vagy homokozó jellegű játékra jellemző a világ nyitottsága, viszont nem minden nyitott világú játék felel meg a sandbox jelleg kritériumainak.

Ezzel szemben a zárt világú játékban kevés lehetőség van vagy egyáltalán nincs lehetőség a játék által diktált lineáris játékmenet elhagyására. Tehát a játékosnak egyféleképpen, főként az ügyességére támaszkodva kell teljesítenie a játék által kitűzött célt. Jó példa erre a Super Mario, a klasszikus ügyességi platformjáték. A játékosnak pályáról pályára kell vezetnie az avatárját főképp platformokon ugrálva, elkerülve a veszélyeket és ellenségeket. Bár egy pályát lehetséges több, részint más útvonalon teljesíteni, a játékmenet egyetlen szálát követ, melytől nincs lehetőség eltérni: meg kell menteni a szeretett Peach hercegnőt, a Gomba Királyság vezetőjét, Bowser karmai közül.

Természetesen a nyitott világú játékok is rendelkeznek szerkesztésből vagy technikai fejlettségből adódó limitációkkal. Ilyen korlátozások a lezárt, hozzáférhetetlen épületek, bejárhatatlan területek, illetve a játékvilág bejárható területét határoló akadályok, mint a sűrű erdő, szalagkorlát, áthatolhatatlan köd, fal vagy a kevésbé elegáns „láthatatlan fal”. Ma már a procedurális játékalkotás technológiájával korlátlan méretű világok generálására is van lehetőség. A procedurális renderelés vagy generálás során a program algoritmikusan teremt újabb és újabb teret a játékvilágnak, ez pedig kisebb méretű fájl állományokat, több játéktartalmat és magasabb szintű véletlenszerűséget eredményez. Azonban az egyre modernebb asztali számítógépek számítási kapacitása és erőforrása sem végtelen, a túl sok tartalom pedig a felhasználónak is megterhelő, így a procedurális játékok is rendelkeznek limitációkkal. Ezek bővebben a játékvilág dimenzióiról szóló fejezetben, a játékvilág határai kapcsán kerülnek kifejtésre.

A **játékkörnyezet**: A játékvilág teret ad a játéknak, a játékkörnyezet (game setting) pedig a játékvilág absztrakt, fiktív összetevője. A koncepció, hogy a játék egy elképzelt helyen játszódik. A malomjátéknál nem képzelet magát a játékos egy kitalált környezetbe, és sakkban a bábuk megnevezésétől függetlenül ritkán gondolnak a játékosok a sakktáblára úgy, mint középkori hadszíntérre. A legtöbb videojáték azonban nagymértékben támaszkodik a játékkörnyezet nyújtotta élménytöbbletre. A videojátékok esetében a játék tervezőinek lehetőségében áll, hogy egy kiterjedt világot jeleníthessenek meg összetett környezettel, amelynek csak a fantázia szab határt. Ilyen környezet lehet középkori, vadnyugati, napjainkban játszódó, városi vagy vidéki, esetleg a távoli jövőbe kalauzoló téma, de sokkal elvontabb színterek is szóba jöhetnek, mint emlékek, álmok vagy rémálmok, netán a tudatalatti világa.

4. A játékvilág dimenziói

Amikor egy videojátékot elemzünk, a játékvilág és játékkörnyezet fogalmai könnyen összefonódhatnak, ám térképészeti szempontból fontos elkülöníteni a kettőt. Míg a játékkörnyezetet főképp minőségileg lehetséges jellemezni, addig a játékvilághoz számszerű adatokat, méreteket és arányokat társíthatunk, melyek leírják a fiktív világ dimenzióit. ERNEST ADAMS, az International Game Developers' Association (Nemzetközi Játékfejlesztők Egyesülete) alapítója a *Fundamentals of Game Design* (2013) című könyvében több ilyen dimenziót különít el: fizikai dimenzió, térbeli dimenzió, idő és játékkörnyezet.

4.1 Fizikai dimenzió

A játékvilág szinte minden esetben egy szimulált fizikai tér. A játékos ebben mozog az avatárjával és kapcsolatba kerül általa a játékvilág elemeivel. Ennek a szimulált térnek a tulajdonságai határozzák meg a játékvilág olyan kulcsfontosságú összetevőit, mint a térbeliség, méretarányok, határok és idő. A fizikai dimenziót tekinthetjük a játéktérnek, így ennek a dimenziónak jellemzője a játékkörnyezet is.

4.2 Térbeli dimenzió

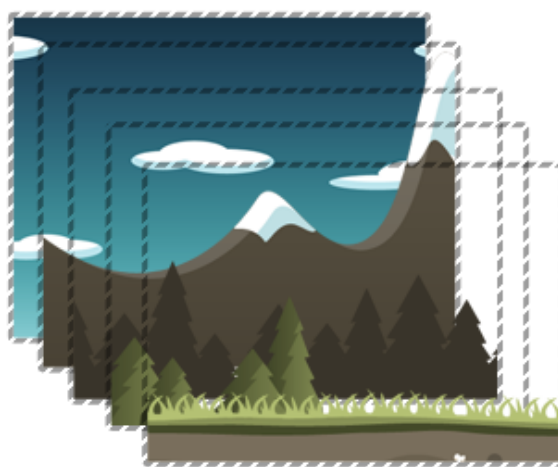
A játékvilág lényeges összetevője, hogy mennyi térbeli dimenzióval rendelkezik. A monitoron bár minden két dimenzióban kerül megjelenítésre (és az egyre népszerűbb „virtuális valóság” játékok is csak ennyi dimenziót használnak fel, hogy érzékeinket becsapják), van lehetőség a játékvilág 3 vagy több dimenziójúságának is hatását keltetni.

A „text-based” (szöveg alapú) videojátékok is rendelkeznek dimenziókkal. Ezekben a játék egy előre megírt történeten kalauzolja keresztül a játékost. A játékmenet és a játékban történt események mind szövegesen kerülnek megjelenítésre a képernyőn. A játék előrehaladtával a játékos döntések, fejtörők elé kerül, ezek kiválasztása vagy megfejtése befolyásolja, miként alakul a játék cselekménye. Innét kapta a műfaj másik nevét: interaktív fikció. A játékeseményeknek -bár azok nincsenek vizuálisan megjelenítve- mindig van fizikai dimenziójuk. Ezek a helyszínek absztrakt színterek, összefoglaló nevükön szobák (akkor is, ha éppen nem klasszikus értelemben vett szobáról van szó, például kert, város, busz...) (3. ábra). A műfaj a játékkönyvek digitális verziójának is tekinthető. A lapozgatós játékkönyvek olyan irodalmi művek, melyeket nem lineárisan, előlről a vége felé haladva kell olvasni. Ehelyett a könyvek rövid fejezetekre vannak tagolva, ezek végén választási lehetőség vagy véletlen esemény (kockadobás, érmefeldobás) szerint fel vannak tüntetve, hogy mely opció szerint mely fejezetet kell következőnek olvasni. A fejezetek rendszerint nem sorban követik egymást, hanem össze is vannak keverve, így az olvasó nehezebben tud eligazodni a lehetséges eseménysorokban (TRESKA, 2010).



3. ábra: A szöveges kalandjátékok hazai úttörőjének egy korai, Commodore 64-re írt játéka, az *Időregész* (Rátkai István, 1987)

2D: A kétdimenziós megjelenítési forma azt jelenti, hogy a játékos karakterét két tengely mentén lehetséges mozgatni: fel-le és jobbra-balra, viszont a játékostól távolodni vagy hozzá közeledni nem lehetséges. Ilyen kétdimenziós videojátékok lehetnek egyszerűbb felülnézetes (alaprajzszerű) vagy klasszikus „side-scroller” megjelenítésűek. Előbbieknél fontos a pályasíkra merőleges beállítású kamera, mivel ezzel érhető el ténylegesen a két dimenzió, míg az utóbbiaknál a kamera oldalnézetből mutatja a pályát, mozgás közben pedig követi a játékos által irányított karaktert (nevét is innen kapta: „oldalirányba mozgó”). Az oldalirányú kameramozgást kiegészítheti mozgási parallaxis: ezzel a jelenséggel találkozhatunk például mozgó vonaton az ablakon kitekintve. A sínhez közeli oszlopok, fák gyorsan kiérnek a látómezőnkől, míg a távoli objektumok lassan mozognak és jól megfigyelhetők. Ezt a hatást a kétdimenziós oldalnézetes videojátékok is sokszor alkalmazzák. A háttérhez tartozó távolabbi pályaelemek ilyenkor lassabban mozognak, mint a közelebbi részletek. A hozzánk közelebb lévő objektumok tehát nagyobb szögsebességük miatt gyorsabban átérnek a látómezőnkön, mint a távolabbi háttérhez tartozó objektumok, ez a fajta kettős mozgás pedig a térhatás érzetét kelti. A több háttérrétegből összetevődő parallax technikát a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: A parallax görgetéshez használt, több rétegből álló 2 dimenziós háttér (Ryan Lamvohee, 2013)

2,5D: A két és fél dimenzió (egyes forrásokban ál-3D vagy pszeudo-3D) a videojátékokban arra utal, hogy a világ kinézetében és működésében háromdimenziósnek tűnik, ám valójában több, egymásra épülő kétdimenziós síkkal rendelkezik, tehát a harmadik dimenzió használata erősen korlátozott. A *Command & Conquer: Red Alert* stratégiai játéksorozat ilyen megoldást használ (5. ábra): a játékvilág domborzatelemei között találhatók magasföldek, szakadékok, hasadékok és síkságok. A játékos vízszintes síkon elhelyezheti a hadászati épületeit és mozgathatja a katonai egységeit a játékvilágban, de a játékelemek valójában mind egy síkra kerülnek. A repülő vagy lebegő objektumok, mint a repülőgépek vagy helikopterek nem tudnak fel vagy le mozogni a vertikális síkon, egyszerűen egy másik síkon, a „levegő rétegen” mozognak.

Földtudományokban a 2,5 dimenziós modell megjelölés elsősorban a digitális domborzatmodellek kapcsán kerül említésre. Ez a földfelszínről alkotott terepmodell egy olyan adatbázis, amely a topográfiai felület pontjainak X, Y és Z térbeli koordinátáit tartalmazza. A modellezéshez alkalmazott programok és adatszerkezetek a földfelszínt kisebb közelítéssel folytonosnak és áthajlásoktól mentesnek értelmezik. Ez az általában műholdas felmérésekből származtatott adatok minőségéből levezetve érthető: a modellezésre széleskörben használt, globális lefedettségű, könnyen kezelhető és hozzáférhető ASTER felmérésből származtatott adatok felbontása 30 méteres, ami azt jelenti, a földfelszínhez 30 méterenként rendel hozzá egy, három koordinátaértékkel ellátott pontot (SRIVASTAVA *et al*, 2016). A felszín kisebb megszakadásait, meredek felszíneket és áthajlásokat (függőlegesen „meredekebb”, azaz áthajló felületeket) ezek a modellek általában nem kezelik, mivel rendszerint nincs szükség ilyen mértékű pontosságra. Ezáltal azonban a valódi 3 dimenziós jellegét is elveszti a modell, ami csak néhány, speciális igény kielégítésére alkalmazott eljárás során megoldott, például barlangok felmérése, mérnöki feladatok szemléltetése (SZÉKELY *et al*. 2013).



5. ábra: *Command & Conquer: Red Alert 2* (Westwood Pacific, 2000)

3D: Valódi háromdimenziós játékról akkor beszélhetünk, ha a játékvilágban mindhárom tengely mentén komolyabb korlátozás nélkül mozoghatunk. Ma már a legtöbb nagyobb játékasztali számítógép vagy konzol ezt a megjelenítést használja. A háromdimenziós megjelenítés ideális az olyan videojátékok esetében, ahol a játékvilág felfedezése fontos eleme

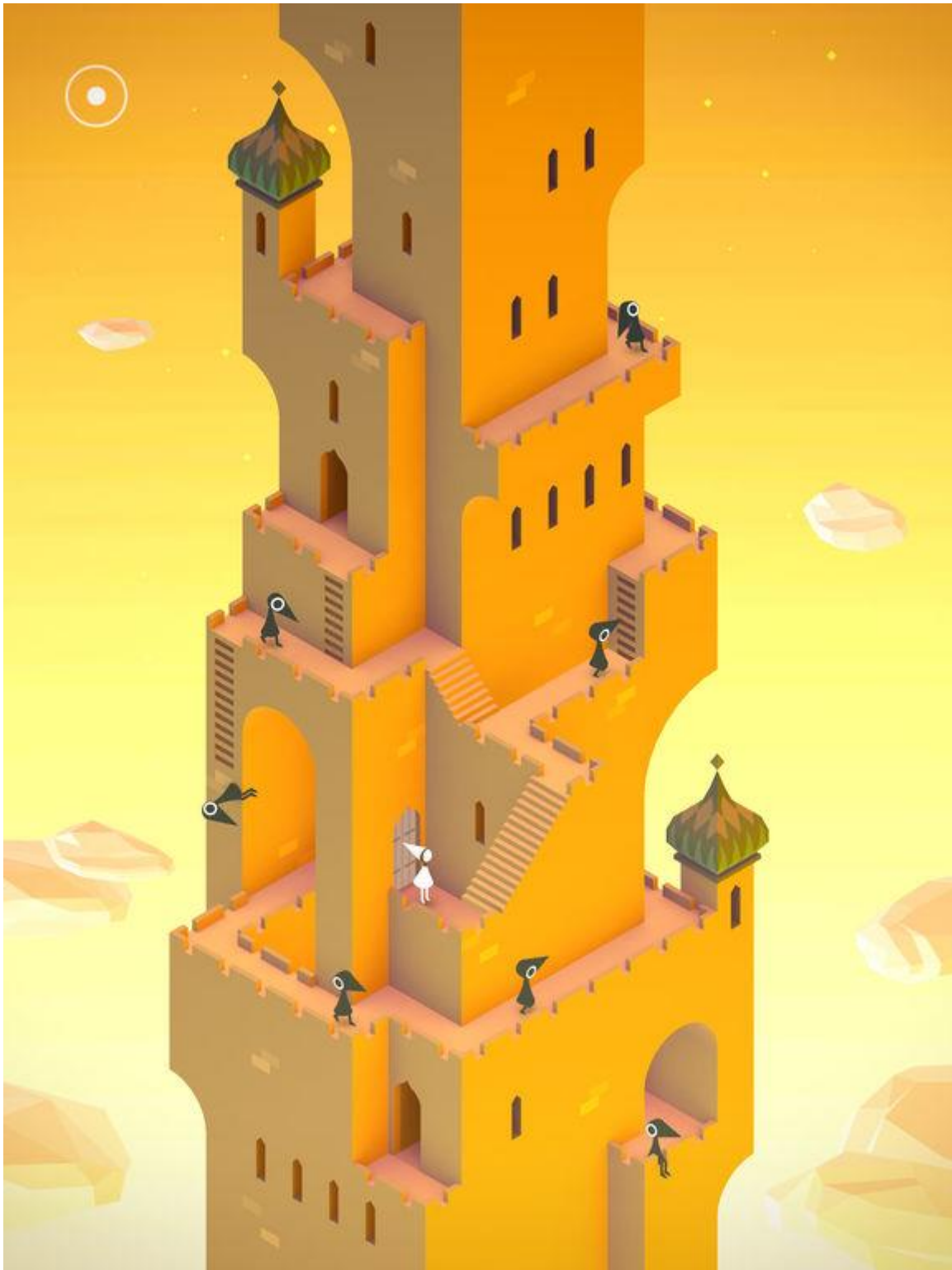
a játékelménynek, mivel a játékos már nem csupán „szemléli” a világ elemeit és felépítését, hanem aktívan részese annak (6. ábra). A kétdimenziós és két és fél dimenziós megjelenítéshez képest háromdimenzióban a játékos jobban el tudja képzelni magát a megjelenített térben, legyen az épület, űrhajó, erdő vagy bármilyen játékkörnyezet.



6. ábra: Az egyik legkorábbi, magyar fejlesztésű belső nézetes 3D-s labirintuszjáték Commodore 64-en (Scarabaeus, 1985)

4D: Megalkotható a videojátékban háromnál több dimenziós játékvilág is (az idő dimenzióját nem számolva), ha ugyanannak a háromdimenziós játékvilágnak több, alternatív változata is létezik. Tehát négydimenzió alatt nem négy független térbeli sík értendő, hanem több, háromdimenziós játékvilág. A Prince of Persia: Warrior Within főleg harcra épülő platformjáték, melyben karakterünkkel a játékvilágban elhelyezett portálokon keresztül ugyanazt a területet más idősíkokban járhatjuk be. A múltbéli és jelenbéli világ felépítésében azonos, ám a játék szempontjából fontos részletbeli különbségekkel találkozhatunk. Ha például a múltban még állt egy oszlop vagy terasz, az a jelenben már leomolhatott, ha pedig a múltban még egy akadály vagy csapda állta az utunkat, azon a jelenben tovább haladhatunk.

Absztrakt dimenziók: A virtuális tér szabad utat enged a kreativitásnak a fizikai tér újragondolásában. A Massachusetts Institute of Technology által 2012-ben bemutatott *A Slower Speed of Light* ingyenesen elérhető játék során a fény sebességét módosíthatjuk. A játék célja a játékvilágban elhelyezett 100 színes gömb összegyűjtése. Minden egyes megszerzett gömbbel lassítunk a fény terjedési sebességén, egészen a saját, játékbeli sétatempónkig lassítva azt. A játék szemléltető eszköz a relativisztikus Doppler-effektus, Searchlight-hatás és Lorentz-transzformáció bemutatására (SHERIN *et al.*, 2016). A 2007-ben bemutatott *Portal* című játékban a fizikai teret áll hatalmunkban módosítani. Egy speciális fegyverrel, a portálvetővel elhelyezhetünk a világban két, egymástól független portált, melyeken áthaladva egyikből azonnal a másikba juthatunk elhelyezkedésüktől, irányuktól és egymáshoz mért távolságuktól függetlenül, a tudományos-fantasztikus művekből ismert féreglyukakhoz hasonlatosan. A játék során ezzel a fegyverrel kell számos logikai fejtörőt megoldani. A 2014-ben, az Ustwo Games által bemutatott *Monument Valley* címre keresztelt mobiljátékban a játékos feladata az avatárját átvittatni az optikai illúziókat, fantasztikus struktúrákat, lehetetlen geometriákat tartalmazó pályákon (7. ábra).



7. ábra: A Monument Valley egyik fejtörője Penrose lépcsősorokkal (Ustwo Games, 2014)

Méretarányok: A méretarány értendő a játékvilág által reprezentált teljes fizikai térre és az ebben elhelyezett objektumok relatív méretére is. Ha a játékvilág és a tartalma akár részben is a valós, ismert világra épül, illetve azt utánozza, felmerül a kérdés, hogy mekkorának ábrázoljuk az objektumokat, hogy valósághűségüket el ne veszítsék, de a játszhatóságot se befolyásolják. A térképi generalizáláshoz hasonlóan sok játékban találkozhatunk mértani,

mértani-minőségi vagy minőségi torzítással (FARAGÓ *et al.*, 2010). Ennek mértékét és mikéntjét a játék célja és ábrázolásmódja válogatja.

Egy sportjátékban, autó- vagy repülőgép-szimulátorban, illetve bármilyen videojátékban, melyben a felhasználó nagyfokú valósághűséget vár el mind megjelenítésben, mind számításban (távolság, gyorsaság, irány, erőhatások...), ott rendkívül fontos a világot és az objektumokat valószerű arányokkal ábrázolni, mivel így érhető el, hogy a játékos kielégültnek érezhesse az elvárásait.

Felülnézetes vagy izometrikus ábrázolású játékban azonban sokkal több tényezőt kell belezsúfolni a képernyőbe. Egy modern háborús összetűzés során például a csatatér akár több száz km²-es területet is elfoglalhat, a fegyverek hatótávolsága pedig még ezt is meghaladhatja. Egy háborús stratégiai játékban komoly gondot jelentene egy ekkora terület méretarányos ábrázolása, hiszen ekkora területen a játékos egységei (tankok, gyalogosok, repülő, hajók és egyéb) észlelhetetlenül apró, pixelnyi vagy akár annál is kisebb, meg nem jeleníthető méretet vennének fel a képernyőn. Bár játék közben valószínűleg egyszerre a csatatér csak egy kisebb részlete kerülne megjelenítésre, fontos a játék szempontjából lényeges részleteket olyan mértékben nagyítani vagy kiemelni, hogy a képernyőn könnyen azonosíthatók legyenek.

A fent említett okokból kifolyólag a felülnézetes vagy izometrikus megjelenítésű videojátékok jellemzően torzítják a karakterek, épületek vagy egyéb elemek relatív magasságát a környezetükben, hogy a játékos könnyebben értelmezhesse a megjelenített tartalmat. Az épületek például ilyenkor éppen csak kevéssel magasodnak a köztük járó-kelő emberek fölé, mivel az ilyen megjelenítést alkalmazó videojátékokban (jellemzően háborús-stratégiai vagy szerepjáték) a vertikális arányok nem játszanak lényeges szerepet. Ezért a relatív magasságok pontatlansága nem okoz fennakadást a játékban, amíg a torzítások mértéke nem sérti a játékos játékvilágbeli elmerülését.

Hasonló méretaránybeli torzítás a kültéri és beltéri világrészletek egymáshoz viszonyított ábrázolása. Ha a játékos az avatárjával egy városban mozog, akkor az elsődleges célok között szerepel, hogy rövid idő alatt elérje úticélját és hogy könnyen tájékozódjon az épületek között. Ennek elérése érdekében az épületek relatív mérete sokszor kicsinyítésre kerül. Abban az esetben azonban, ha a játékos hozzáfér az épületekhez, azokba bemehet és bejárhatja, a beltér ábrázolásához szükséges megjeleníteni a szobákat, emeleteket, bútorokat, ehhez pedig az eredetileg kicsinyített, egyszerűsített teret ki kell bővíteni. Ugyanannak az objektumnak (esetünkben épületnek) külső és belső megjelenítése között méretaránybeli különbség lehet.

A relatív méretek variálása mellett több mértani és minőségi eszköz is rendelkezésre áll a játékvilág megjelenítésének egyszerűsítésére és átláthatóbbá tételére. Ilyen -térképi generalizáláshoz hasonlatos- módszer lehet az elemek egyszerűsítése, felnagyítása, egymás pozíciójához képest számított eltolása (az elemek fedésének elkerülése érdekében), a minőségileg hasonló elemek összevonása vagy jellegzetesebb (felismerhetőbb) elem kiválasztása, az elemek jelekke történő összefogása vagy a jellemzőbb objektumok hangsúlyozása (FARAGÓ *et al.*, 2010).

Határok: A táblajátékok esetében a tábla széle, sportjátékok esetében jellemzően a stadion vagy pálya széle jelenti ezt a határt. Mára azonban a videojátékok esetében -hála a procedurális generálásnak- szinte végtelen világokat teremthetünk, ahol a határok felállítása csupán azért lényeges, hogy a játékost ne terheljük túl vagy a tényleges játéktartalommal bíró területeken

belül tartjuk. Procedurális generálás során a tartalmat dinamikusan, algoritmusok szerint alkotja meg a program, tehát nem előre megírt tartalom születik. Így nagy mennyiségű és változatosságú tartalom állítható elő pusztán a számítógép által (SHAKER *et al.*, 2016).

A *The Elder Scrolls II: Daggerfall* 1996-ban bemutatott játék hasonló technikát alkalmaz. A játékvilág nagy része procedurálisan megalkotott tartalom. A játék szerepjáték (RPG vagy Role Playing Game), a játékostól nem elvárt a küldetéssorozatok követése vagy előre megírt szerep eljátszása, szabadon bejárhatja a Tamriel fiktív kontinensének High Rock és Hammerfell provinciáit. A fejlesztő és kiadó Bethesda Softworks állítása szerint arányaiban a játékvilág Nagy-Britannia területét is meghaladó, 229 848 km²-es kiterjedéssel rendelkezik, valamint több, mint 15 000 bejárható várost, falut, kazamatát tartalmaz. A *How Big Is The Map?*¹ Youtube-csatorna 15 epizódon keresztül csak gyalog, a játékbeli gyorsutazás funkciót nem használva, összesen 69 óra és 33 perc alatt jutott keresztül a valóban gigászi tájon.

4.3 Temporális dimenzió

Nem minden játékban van jelen vagy bír jelentősebb szereppel az idő múlása, azaz a temporális dimenzió. A videojátékban az idő múlása lehet absztrakt, a játékvilághoz szabott, vagy valós, azaz a felhasználó időzónájára szabott (ezt általában a számítógép internetről szinkronizált időadatai teszik lehetővé). A valós vagy valóságot utánzó –a játékmenet szempontjából általában felgyorsított– időmúlás (mint a nap-este ciklus, várakozás, cselekvések és interakciók ideje) növeli a valóság-hűséget, mivel a felhasználó könnyebben von párhuzamot a virtuális és valós világ között.

5. Videojáték-zsánerek

Az eddig név szerint is említésre került és bemutatott videojátékok esetében megjelöltem azok kategóriáját. Ezt hagyományosan a fejlesztők és kiadók adják meg és definiálják, hogy könnyen leírassák, milyen játékmenetet biztosít a játék anélkül, hogy részletesen kifejtsek annak tartalmát. A zsánerek olyan kategóriák, melyeket a jellemző játékmenet határoz meg a játékkörnyezettől függetlenül. Az újabb és újabb videojátékok megjelenésével ez a fajta zsáner szerinti kategorizálás is bővül, hisz mindig akad újabb termék, melyet nem lehet pontosan besorolni a klasszikus kategóriákba, vagy több zsáner hibridjeként írható le. A klasszikus zsánerekről részletesen kifejtve olvashatunk ERNEST ADAMS *Fundamentals of Game Design* (2013) című könyvének harmadik fejezetében (*Genres*). Ebben a fejezetben röviden összefoglalom a klasszikus zsánerek jellemzőit és kiemelek egy, a szakdolgozat tematikájához kiemelkedően fontos kategóriát.

Akcio és arkád: Az akciójátékok főleg fizikai kihívásokat tartalmaznak és a játékos ügyességét teszik próbára, ezért ezekben a játékokban főleg a játékmenetre és az irányításra kerül több hangsúly. Ezek mellett tartalmazhatnak logikai fejtörőket, versenyeket és egyéb feladványokat, jellemzően egyszerűbb gazdasági jellegű feladatokat (pénz, pontok vagy egyéb tárgyak gyűjtése), de stratégiai kihívásokat csak elvétve találunk bennük. Az akciójátékok tovább oszthatók altípusokra, ezek közül néhány ismertebb példa: lövöldözős, verekedős, ügyességi.

¹ <https://howbigisthemap.com>

Az árkádjáték az akciójátékok azon altípusa, melyben a design és szerkesztés kizárólag arra épül, hogy a játékos egy rövid, de gazdag játékelményért fizessen kevesebb pénzt, mintha egy teljes játékot venne meg.

Stratégiai, logikai: A stratégiai játékok elsősorban stratégiai, taktikai és logisztikai és gazdasági kihívások elé állítják a játékost, ezeken túl pedig a kezdetben ismeretlen játékvilág felfedezése is lehet olyan feladat, mely növeli a játékelményt és hosszabb játékidőt biztosít. A stratégiai játékok konfliktuson alapulnak, a játékosnak pedig a győzelem elérése érdekében terveznie kell, kezelnie és bővítenie az erőforrásait, hogy ellenfeleit legyőzze. Ezért az ezen kategória alá besorolt játékok jellemzően valamilyen katonai konfliktust dolgoznak fel.

A logikai játékot az különbözteti meg a stratégiáitól, hogy itt a játékot nem konfliktus mozgatja, hanem egy sor, egymáshoz valamilyen módon kötődő fejtörőt kell megoldania a felhasználónak. A logikai játékok az utóbbi években a mobilpiacon törtek fel: a játékosok 57,9%-a játszik rendszeresen ilyen kategóriájú játékkal (TAPJOY, 2017).

Sport és szimuláció: Bár játékkörnyezet tekintetében nem változatos műfaj, a sportjátékokat a játékosok komoly elvárások elé állítják a játékmenet tekintetében. Míg az átlagos játékos nem feltétlenül tapasztalta, milyen egy hadsereg élére állva győzelembe vezetni a katonákat, vagy milyen egy Formula-1 versenyautó volánja mögött díjat nyerni, azt tudja, milyen szabályok határolják a sportokat és hogyan játsszák azokat. Ezért ezek a játékok rendszerint minél erősebb párhuzamra törekszenek a valósággal.

A járműszimulátorok egy tetszőleges jármű vezetési élményét nyújtják a felhasználónak. Mivel ezeknek a játékoknak fő eleme a mozgás illúziója, fontos szerepet tölt be a játékkörnyezet változatossága és sokszínűsége. Általában kompetitív jellegű kihívások várják a játékost (tehát versenyek), de több olyan játék is szerepel a videojátékpiacon, melyek pusztán a járművek vezetési élményére építik a játékot.

Az építkezés és szimuláció kategóriába sorolt játékokban a játékosnak lehetősége van kisebb vagy nagyobb életközösségek megtervezésére és működésének szimulálására általában gazdasági korlátok között. Ezek a játékok jellemzően nem versengésről szólnak, hanem a játék keretein belül történő alkotásról.

Kaland- és szerepjáték: A kalandjátékok gyökeresen eltérnek az eddig megismert játékkategóriáktól. A kalandjáték nem szimuláció vagy vetélkedés. Ezek a játékok interaktív módon mesélnek el egy történetet a karakterről, akit a játékos irányít. Ám ez a karakter több, mint egyszerűen a játékos avatárja, hiszen ő a történet főhőse, egy különálló, fiktív személy. A kalandjátékok játékvilágában egy történet játszódik le, a játékos feladata pedig a felfedezés és interakciók nyomán megismerni ezt.

A szerepjáték (angolul Role Playing Game, RPG) a többi kategóriához képest jóval szélesebb körű lehetőségeket biztosít a játékos számára, hogy a játékvilággal kapcsolatba lépjen, hiszen a játékos csak úgy képes igazán beleélni magát egy fiktív szereplő bőrébe, ha minél mélyebbre kalandozhat a játékvilág nyújtotta környezetben. A szerepjáték során a kalandjátékhoz hasonlóan egy történettel és egy karakterrel ismerkedhetünk meg, azonban a kalandjátékkal ellentétben a karaktert mi alkotjuk meg és játék során lehetőségünk van a tulajdonságait (mint életerő, bizonyos mesterségekben szerzett jártasság, különböző elsajátítható készségek) tetszésünk és igényünk szerint formálni. A játéktörténetet és annak mellékszálait is ezáltal különböző módokon élhetjük át.

A játékkörnyezetnek -éppen ezen okokból- véleményem szerint a szerepjátékokban van a legnagyobb befolyása, mivel az eltérő környezetek gyökeresen más játékelményt nyújtanak, valamint a környezet kidolgozottsága és részletessége sokkal jelentősebb részét képezi a játékelménynek, mint más kategóriák képviselőinél.

Térképészeti szempontból ez azért bír jelentőséggel, mert ha egy jellegzetes terület szeretnénk bemutatni videojátékon keresztül, azt egy szerepjáték jellegű játékmeneten keresztül érdemes megtenni. A játék megalkotásánál nem csak az a feladatunk, hogy a világot és környezetet a valóság tükrében készítsük el, hanem hogy azt meg is szerettsük a felhasználóval, és hogy a játékban -ha nem is bonyolult vagy megterhelő- célokat adjunk számára.

6. Level mapping és kartográfia

Az általam megalkotott játékvilág közvetlen bevezetéseként a virtuális játékvilágot összekapcsolom a valós világgal és kifejtem, miként lehetséges messzi tájakat bejárni és felfedezni az otthonunk kényelméből.

6.1 Pályaszerkesztés

A level mapping (pályaszerkesztés) a játékfejlesztés azon ága, mely a játékvilág megteremtésével foglalkozik. A játéktér magába foglalja a játékos által bejárható terepet, épületeket, színtereket és missziókat.

A „level” kifejezés a videojátékok világának pályákra, szintekre osztottságára utal. Ez a modern nyitott világú (open world) játékok esetében is alkalmazott technika. Mivel a hatalmas terjedelmű és kiterjedt játéktér egyszerre történő betöltése fölösleges és rendkívül erőforrásigényes feladat, ezért annak csak egy kis, a játékos által közvetlenül érzékelhető része kerül betöltésre. Ez a digitális térképek esetében is ismert eljárás (térbeli indexelés), melynek során megjelenítéskor megfeleltetést hozunk létre az adatbázis tartalma és a megjelenítőeszköz között, az objektumokat pedig lapokra (pages) osztjuk. Ez egy dinamikusan változtatható megtekintési területet, a „viewport”-ot eredményezi, a számítógép pedig egyszerre csak az ezen a látni kívánt területen belül fellelhető adatokat rajzolja ki (ELEK, 2006).

A játéknak teret adó virtuális világ feladata túlmutat azon, hogy teret adjon a fejlesztők által megírt játékmenetnek. A technológia és a felhasználható erőforrások fejlődésével párhuzamban lehetőség nyílt a valóságot korábban elképzelhetetlennek vélt összetettségben és kiterjedésben szimulálni a virtuális térben. Ez a virtuális tér ezért kiváló eszköz arra, hogy műholdas felmérésekből származó digitális domborzatmodelleket jelenítsünk meg benne és tegyünk bejárhatóvá, felfedezhetővé.

6.2 A level mapping helye a kartográfia világában

Térképnek azokat a grafikai megjelenítéseket tekintjük, melyek a Föld vagy más égitest felszínét, felszínre vetített természeti vagy társadalmi tényezőit jelenítik meg síkba vetítve, méretarány szerint kicsinyítve, jelkulccsal ellátva és generalizálva, azaz általánosítva (FARAGÓ *et al.*, 2010).

Ezt a definíciót véve kiindulópontul a videojátékok térképei általában nem tekinthetők térképeknek a szó előre definiált értelmében. Ezeket a megjelenítéseket térképszerű ábrázolásoknak nevezzük, mert bár kinézetükben és funkciójukban hasonlítanak az általunk használt térképekhez, azoktól eltérnek a megadott kritériumok valamelyikében. Azonban a kartográfia tudományágának szempontjából nem elhanyagolható jelenség a játékok világának egyre fejlettebb és összetettebb térképrendszere.

A videojátékok hajnalán a felhasználókat nem segítette térképszerű vizuális segédlet abban, hogy eligazodjanak a virtuális világban. Ezt a tájékozódási űrt sok amatőr játékos részletes térképek megalkotásával tömte be. Elterjedtek a kézzel készült, játékvilágot ábrázoló, sokszor mérnöki pontosságot sem mellőző felhasználói játéktérképek, és bár a játékok fejlesztői -felismerve a hiányt és igényt a játéktérképekre- elkezdtek hasonló segédleteket elhelyezni a videojátékokon belül, ez a szokás a játékosok részéről a mai napig sem halt ki. A VGMaps.com: The Video Game Atlas² weboldal 2002-es indulása óta több, mint 2000 játékról gyűjtött 40 000 hasonló, kézzel vagy képszerkesztéssel készült felhasználói térképet. Jonathan Leung, a weboldal alkotója azt is kiemeli, hogy sok esetben -kiváltképp a régi játékoknál- előfordul, hogy a felhasználók által szerkesztett térképek jóval informatívabbak és könnyebben használhatók, mint az eredeti példányok. Ez azért van így, mert a játékosok rendszerint részletesebb képet alkotnak a játékvilágról, és minden hasznos részletet igyekeznek megjeleníteni.

6.3 A videojáték mint geovizualizációs eszköz

A videojátékok eszköztárának fejlődése megnyitotta a kaput olyan részletességű tájak modellezésére, amelyekre eddig se mód, se számítási kapacitás nem volt. Ez a videojátékokat kiemeli a szórakoztatóiparból és számtalan új lehetőséget nyit meg a kreatív felhasználásukra. A térképek mellett megjelent háromdimenziós térképek után felvetődik a kérdés, lehetséges-e a videojátékokra, mint a geovizualizációs eszközök új generációjára tekinteni.

A legújabb, domborzat szempontjából hiperrealisztikus nyíltvilágú játékok jellemzője, hogy nem csupán a szemet gyönyörködtetik a valóságot hűen utánzó tájak, hanem azok bejárását, felfedezését, a környezetben történő elmerülést -ha az a játékmenetbe nem is illeszkedik- aktívan támogatják a tervezők. Jó példa erre a Ubisoft által fejlesztett és 2018-ban kiadott *Far Cry 5*. Az amerikai Montana államban játszódó fiktív terület domborzatában, környezetében és megjelenésében elképesztő hasonlóságot mutat a valósággal. Ez nem véletlen: a játék fejlesztését megelőző időszakban a Ubisoft munkatársai heteket töltöttek a montanai vadonban és kisvárosokban, a természetet, domborzatot, tájelemeket, az önellátásra törekvő lakosokat és azok történeteit figyelve. A terepi bejárást 180 000 fotóval dokumentálták, melyek egy részét a fotogrammetrikus 3 dimenziós modellezéshez használták fel. A játékban fellelhető minden objektum a valóságon, referenciafotókon és fotogrammetrián alapul. A helybéli lakosokat alakító karakterek mind egyéniségekként kerültek ábrázolásra, saját életmóddal, történettel és célokkal, melyeket a játékos felfedezhet (WILLIAMS, 2017). Az ilyen előkészülő munkálatok nem újak a fejlesztők körében: a sorozat előző tagja, a *Far Cry 4* környezete Nepál területeit eleveníti meg a játékos előtt, és hasonlóan alapos tájékozódás és terepi bejárás előzte meg a fejlesztést (REYNOLDS, 2014). A *Far Cry* sorozat elemeinek készítésénél a fejlesztők és tervezők igénye a játékvilágot illetően mindig a megkapó

² vgmaps.com

panorámák, változatos tájak, érdekes vadvilág és magával ragadó kultúrák körül forgott (8. ábra). A játékost olyan tevékenységek ösztönzik a természetben való elmerülésre, mint a vadászat, halászat, geocaching, virtuális túra, élményrepülés, és a játék minden lehetőséget megad ezekre. Ezek olyan értékek, melyek alapjául szolgálnak egy igazán rabul ejtő játékkörnyezet megteremtéséhez, és így példát emelhetünk a geovizualizációs célok elé is.



8. ábra: Életkép a Far Cry 5 világából (forrás: Ubisoft)

A valós területek virtuális ábrázolásához bár elég egy nyers digitális modell is - mely három dimenzióban reprezentálja a kiválasztott területet -, azonban mint a hagyományos térképek esetében is a színek és jelkulcs körültekintő megválasztása, a felhasználóban keltett végső benyomást a megalkotott atmoszféra, hangulat teremti meg, melyet a modellünk aprólékos finomításával javíthatunk. Ezért munkámban nem csupán egy nyers domborzatmodell megalkotását végzem el, de visszaadom a terület természetes monumentalitását, festőiségét is a rendelkezésemre álló eszközök segítségével.

7. Játékszerkesztés Unity segítségével

Önálló munkám részeként egy választott terület digitális domborzatmodelljét alkotom meg játékkörnyezet formájában a Unity videojáték-motor segítségével. Munkám során több, eltérő méretű és felbontású modellt is megvizsgállok ugyanarról a területről, így könnyen összehasonlíthatóvá válik megjelenítés és játszhatóság szempontjából az, hogy milyen jellegű adatmodelleket érdemes ezzel a módszerrel a játékvilágba ültetni.

7.1 Eszközök bemutatása

7.1.1 Unity

A Unity videojáték-motort a Unity Technologies fejleszti 2005-ös megjelenése óta. A program használható 2 és 3 dimenziós videojátékok, interaktív tartalmak, 3 dimenziós látványtervek és animációk tervezéséhez is, de könnyű kezelhetősége és széleskörű kompatibilitása (Windows rendszerek mellett Mac OS operációs rendszeren is lehet használni, az elkészült projektek pedig a legtöbb platformon futtathatók) miatt több, videojáték-iparon kívül eső terület is alkalmazza, mint a film- és járműipar, valamint építészet (Unity, 2019).

A Unity használata ingyenes személyes és oktatási felhasználásra, a programhoz tartozó weboldal több lehetőséget is biztosít arra, hogy a felhasználók otthonuk kényelméből, online kurzusokon keresztül sajátíthassák el a kezeléséhez szükséges ismereteket.

A programban lehetőségünk van megannyi, munkafolyamatot könnyítő segédprogram használatára is, melyek az alkalmazás áruházán keresztül elérhetőek. Ezeknek a többsége bár nem ingyenes, egy részüknél lehetőség van oktatási vagy tanulási célra írt ingyenes licenz igénylésére. Ilyen, oktatási célú licensszel kaptam lehetőséget a Procedural Worlds-től, hogy Gaia nevű terméküket (lásd alább) igénybe vegyem.

7.1.2 Gaia

A Procedural Worlds által fejlesztett Unity-segédprogram használatával a játékvilág-generálás egyszerűbbé és átláthatóbbá válik. A segédprogram tartalmaz a játékvilág szerkesztéséhez használható, jó minőségű terepsablonokat (dombvidékek, szigetek, hegyvidékek, tájrészletek), az elkészült domborzati modellt pedig megtölthetjük élettelen növénytakaróval, tetszőleges megvilágítással, 3 dimenziós objektumokkal és madárcsicsergéssel (Procedural Worlds, 2019).

7.1.3 Terrain.party

Az eredetileg a *Cities: Skylines* című városszimulációs játékhoz (Paradox Interactive, 2015) készült online segédlet könnyű és átlátható hozzáférést biztosít több műholdas felmérésből származó digitális domborzatmodellhez. A Földet ábrázoló kezelőfelületen lehetőségünk van egy tetszőleges méretű (64 km²-től 3600 km²-ig) szelvényt kiválasztani, és az erről a területről készült adatbázisokat letölteni. A segédlet több, különböző felbontású és eredetű adatmodellt enged így letölteni, melyek elérhetőek a kiválasztott területen. A program a következő, ingyenesen elérhető felméréseket szolgáltatja (GLYNN, 2015):

FELMÉRÉS NEVE	ELÉRHETŐSÉG	FELBONTÁS
Scankort Denmark DTM	Dánia területe	1,6m
USGS NED	Amerikai Egyesült Államok	10m
ASTER 30m	globális	30m
SRTM3 v4.1 US	Amerikai Egyesült Államok	30m
SRTM3 v4.1	globális	90m
SRTM30+	globális	900m

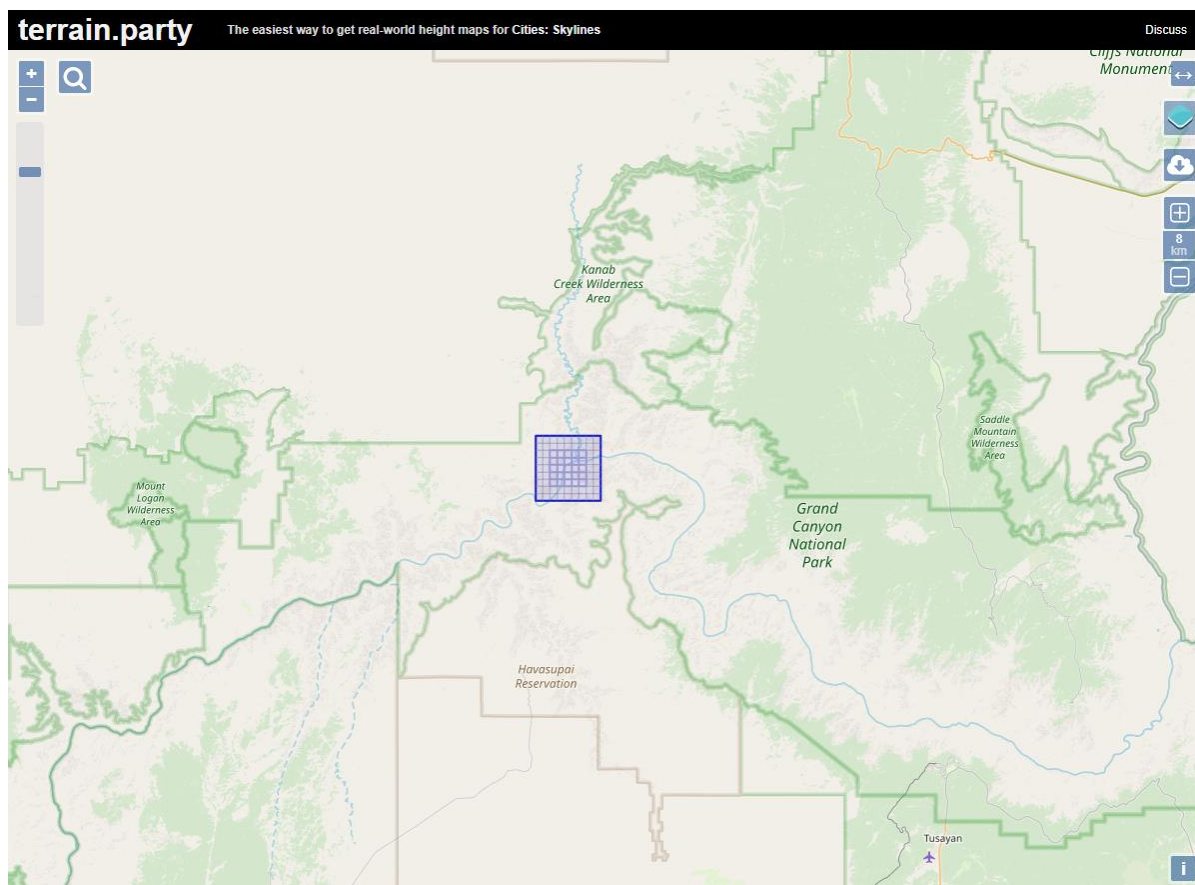
1. táblázat: A terrain.party honlap által szolgáltatott digitális domborzatmodellek, elérhetőségük és felbontásuk

7.2 Módszer bemutatása

A játéktér megalkotása többlépcsős folyamat, több programon keresztül készítem elő a digitális domborzatmodellt a Unity-ben történő munkához. Elsőként ezt a folyamatot mutatom be képernyőmentésekkel dokumentálva, majd az összehasonlítást értékelem.

7.2.1 Digitális domborzatmodell kiválasztása, letöltése és előkészítése

A digitális domborzatmodellt a terrain.party weboldalról (9. ábra) választom ki és töltöm le, mivel könnyen kezelhető, és az eredetileg is játéktér generálásához készült online segéden keresztül pontosan ugyanarról a területről több, különböző minőségű adatállományt szerezhetek. A letöltött fájlok között egy rövid szöveges dokumentációt is találunk az állományokról, valamint egy hivatkozást, amellyel bármikor újra letölthetjük a fájlokat.



9. ábra: A terrain.party kezelőfelülete

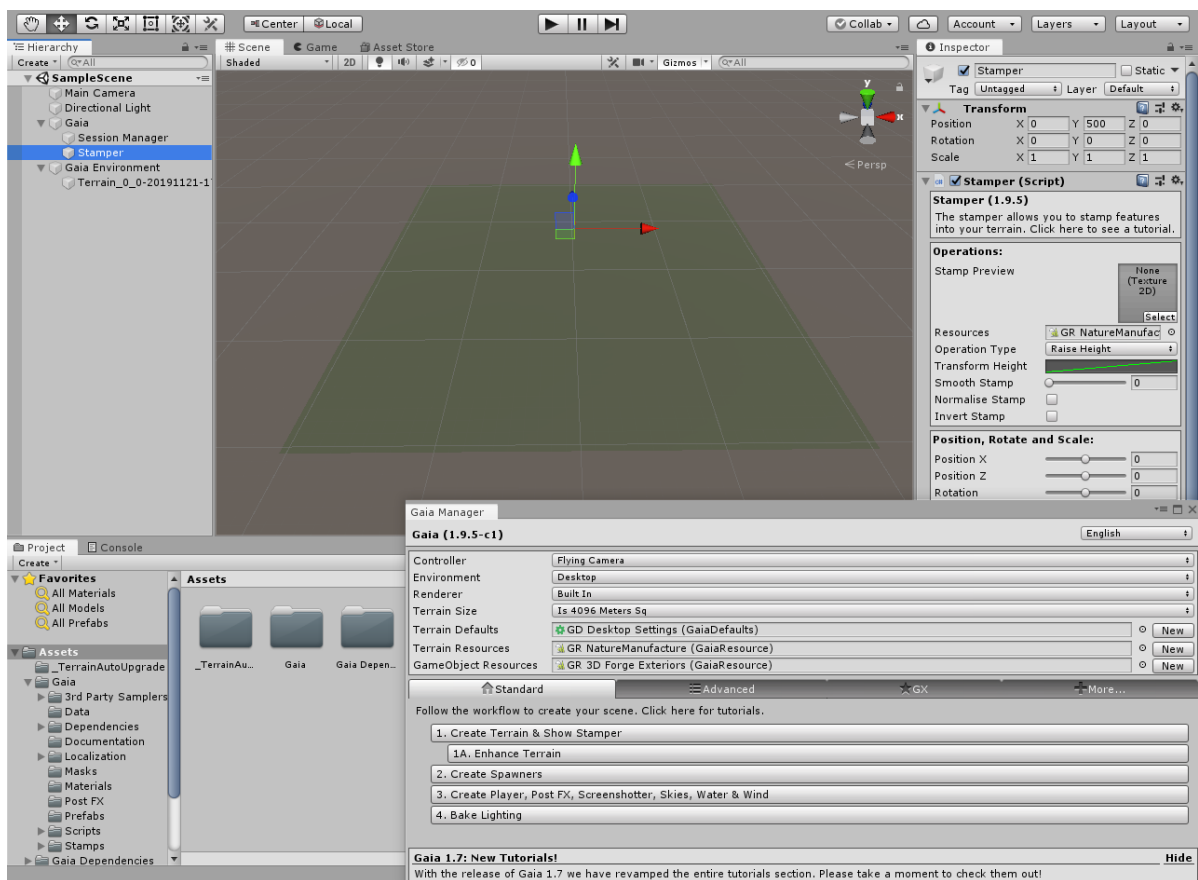
A műholdas felvételek az Amerikai Egyesült Államokbeli, Arizonán keresztül hömpölygő Colorado főágát és Kanab Creek nevű holtágát ábrázolják a Grand Canyon Nemzeti Parkban. Ez a terület azért megfelelő forrás a vizualizációhoz, mert kellően diverz, gazdag felszíninformákban, látványos panorámával és jellegzetes atmoszférával rendelkezik.

A terrain.party-n keresztül letöltött állományok PNG formátumúak, ez egy képek tárolására, veszteségmentes tömörítésre alkalmas, képnézegető alkalmazáson keresztül megtekinthető fájlformátum, azonban a mi célunknak nem felel meg, mivel a Gaia segédprogram csak RAW (nyers, feldolgozatlan) formátumú képfájlokat használ fel domborzat építéséhez. Ennek a problémának az áthidalására a letöltött állományokat egy képszerkesztőn keresztül konvertálnunk kell a megfelelő formátumba. Én erre a célra Photoshop képszerkesztőt használtam, de a legtöbb képszerkesztő alkalmas ennek a feladatnak az elvégzésére.

7.2.2 Új Unity projekt indítása és a Gaia betöltése

A Unity szerkesztő indítása után lehetőségünk van projektet választani vagy új projektet kezdeni. Új projekt indítása esetén meg kell adnunk, milyen sablonnal szándékozunk dolgozni. Az alap 2 dimenziós és 3 dimenziós munkalapok mellett lehetőségünk van nagy számítási teljesítményű eszközökre optimalizált, csúcsminőségű grafikát garantáló, illetve könnyűszerkezetű, jellemzően mobil eszközökre optimalizált beállításokat választanunk. Az én célomnak leginkább az alapbeállításoként is szereplő 3D munkasablon felel meg, mivel ezzel a legtöbb eszközön könnyen és gördülékenyen futtatható állományokat hozhatok létre. A projektnek nevet és mentési helyet választunk, így később könnyen, átláthatóan tájékozódhatunk munkáink között.

A projekt létrehozása és indítása után feltáru előttünk a Unity kiterjedt kezelőfelülete (10. ábra). A kezelőfelület több részre osztja a képernyőnket, ezek egyaránt fontos és informatív részei lesznek munkánkknak, ezt vetíti előre az egyes elemek viszonylagos kiegyensúlyozottsága: méretében és megjelenítésében nem fedezhető fel kiemelés vagy alá-fölé rendeltség az ablakok között. Az elsőre zsúfoltnak mutakozó képernyő közepén láthatjuk a saját munkánk, más néven a jelenetünk tervezőasztalát: a szándékosan gyengébb minőségű vizuális előnézet a játéktérrel mutatja szerkesztőrácsokkal és a három dimenziót jelölő vektorokkal. Ennek az ablaknak a célja, hogy láthassuk, miként fognak az általunk alkalmazott beállítások hatni a játéktérre, illetve manuálisan is szerkeszthetjük azt, a gyengébb minőség pedig a betöltés gyorsaságát segíti elő és jelöli a véglegesség hiányát. Jelenleg a három térbeli kiterjedéssel bíró üres teret látjuk, mivel fizikai teret még nem hoztunk létre, hanem egyelőre csak ismerkedünk a kezelőfelülettel.



10. ábra: A Unity kezelőfelülete

A tervezőasztaltól közvetlenül balra találjuk a munkalapunk összetevőit, a „hierarchiát”. A munkánk során ezek a fizikai játéktér (domborzat) és a formázásához szükséges eszközök: pecsételő eszköz, szkennel, textúrázó eszközök, illetve az általuk létrehozott objektumok. A jelenetünk (tehát a munkánk összessége: a játéktér, annak részelemei, és a játék működését biztosító és befolyásoló eszközök, beállítások összessége) összetevőit itt tudjuk kijelölni szerkesztésre. Az ablak hierarchikus nézetbe rendezi az objektumainkat, így átláthatjuk, melyik összetevő közvetlenül hova tartozik, mihez kapcsolódik.

A tervezőasztal jobb oldalán a jelenet jelenleg kijelölt összetevőjének beállításait látjuk. Ez az „inspector” -azaz felügyelő- az a felület, amit a Unityvel folytatott munka során leginkább igénybe veszünk.

A tervezőasztal alatt a konzolt, illetve a projekt összetevőit, bővítményeit látjuk. Mivel a modellezéshez a Gaia nevű Unity bővítményt alkalmazom, az első feladatomban ennek az összetevőnek az importálása a projektbe. Sikeres betöltést követően az új projektösszetevő itt, a tervezőasztal alatt jelenik meg, az általa létrehozott objektumokat pedig a hierarchiában találjuk.

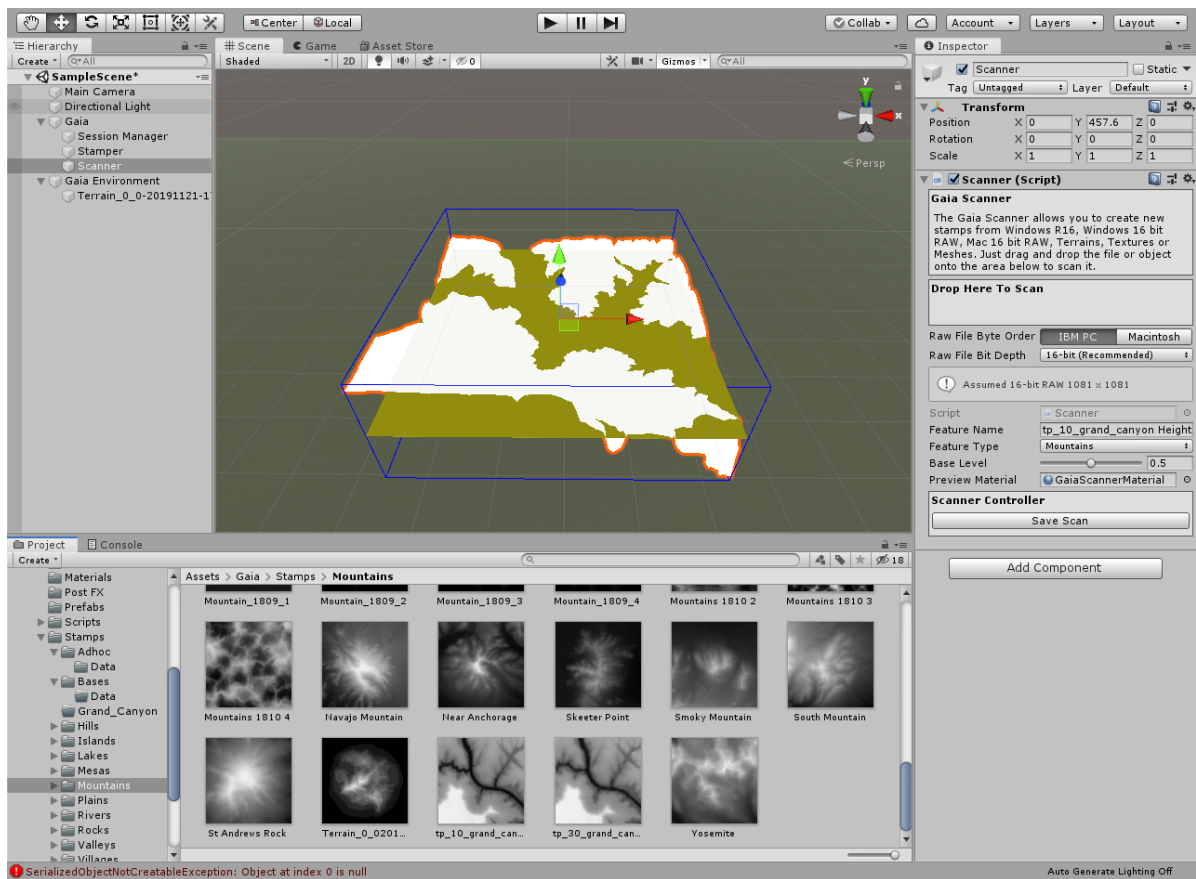
A Gaia külön kezelőfelülettel rendelkezik, ez a Gaia Manager. Ezzel az új ablakkal már túlszűfoltta válhat a kezelőfelület, ezért érdemes a munkát szélesebb monitoron vagy több monitoron végezni az átláthatóság és kezelhetőség érdekében. A hierarchiában a Gaia eszközeit és kiegészítőit a Gaia fül alatt találjuk.

7.2.3 Domborzatszerkesztés digitális modell segítségével

Miután minden szükséges komponenst betöltöttünk (hierarchia, felügyelő, bővítmények) a projekthez és előkészítettük a munkafelületet, megkezdhetjük a terrain.party weboldalról letöltött, majd képszerkesztő alkalmazás segítségével RAW kiterjesztésbe konvertált digitális domborzatmodell virtuális valóságba való áthelyezését.

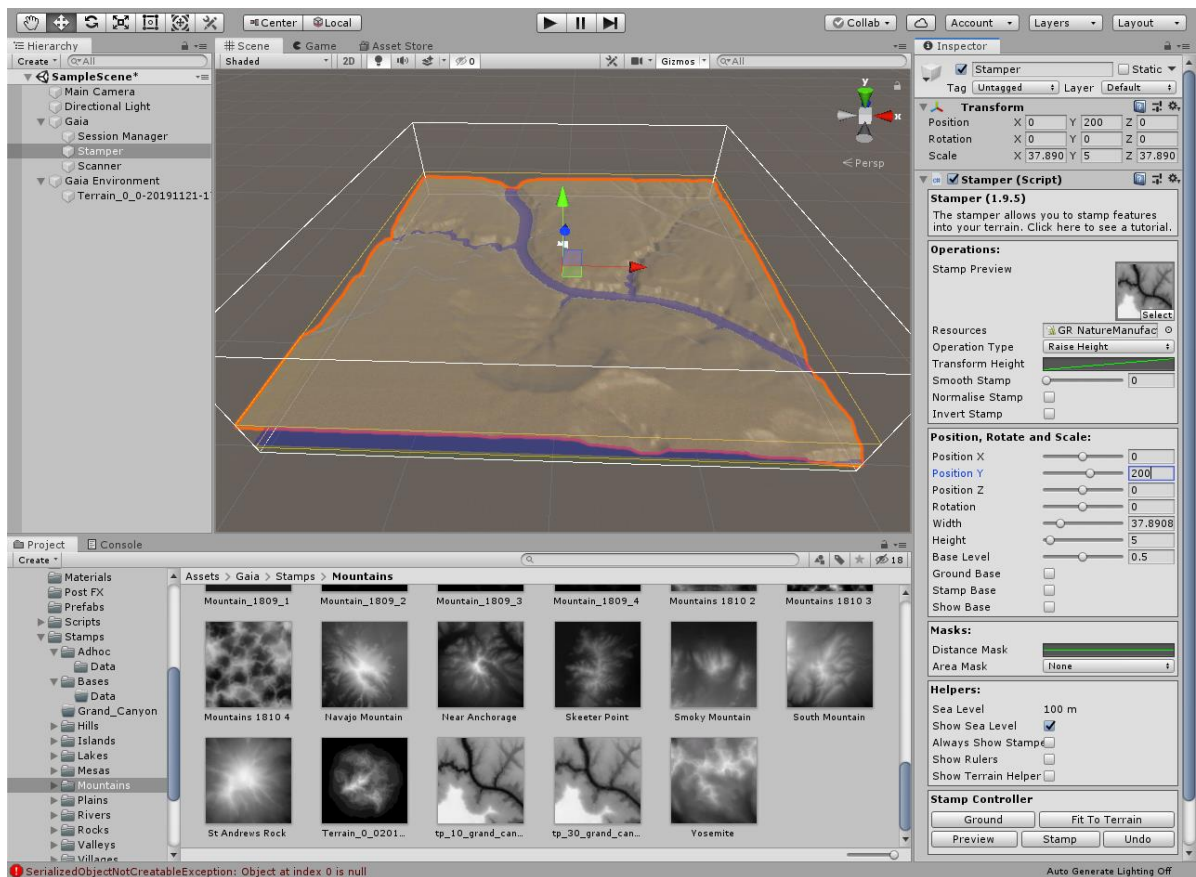
A domborzatszerkesztés a Unity-ben a sütemény sütéséhez hasonlatos. Első lépésünk a tészta összeállítása és megfelelő méretűre történő nyújtása. Ez a lapos, kiterjedt tészta lesz a fizikai tér a játékvilágban. A Gaia Manager segítségével megadhatjuk, milyen területű játékvilágot kívánunk létrehozni. Ez a játékbeli léptékkal számított, egészen apró 256 m² és gigászinak mondható 16384 m² közötti értékeket vehet fel. Ezek az értékek binárisan egészek, tehát mind a 2 hatványai, ez a programban segít a kerekítési hibákat kizárni. Munkám során két különböző mérettel dolgoztam, hogy a digitális domborzatmodell felbontása mellett a virtuális modell kiterjedését is össze tudjam hasonlítani. Ezek az értékek 2048 m² és 4096 m². A domborzatot is tartalmazó fizikai teret a hierarchiában a Gaia Environment alatt találjuk Terrain néven.

Ha a lapos, kinyújtott tésztánkat -a domborzatnak helyet adó fizikai teret- létrehoztuk, a következő lépés a pecsét előkészítése, majd a formázás. A „stamper” (pecsét) eszköz segítségével válogathatunk a segédprogramhoz járó megannyi domborzatmodell közül, és azok lenyomatát, mint a pecsétet vagy süteményformát, el tudjuk helyezni a játékvilágba. A Gaia kimondottan jól felszerelt a mellékelt minőségi digitális domborzatmodelleket illetően, de lehetőségünk van a saját, előkészített fájlunkat használni. Ehhez a „scanner” (szkenner) nevű eszközt használjuk, ami a RAW állományukat előkészíti pecsételésre (11. ábra). Ennek során módosíthatjuk a modell pozícióját, elforgatását és három dimenzió jelzett arányait. Utóbbi azért lehet fontos, mert lehetőséget ad a magassági arányok finomítására, így a játékvilágban valósághűbb és pontosabb jelenetet alkothatunk. A szkennelésben a beolvasott modellünket egy vízszintes, sík felület metszi. Ez az alapszint, melynek mozgatásával „végigszkennelehetjük” a modellünket, és megadhatjuk a tengerszint elhelyezkedését. Végül a modellünket elnevezve a domborzat típusának megfelelő kategóriába sorolva elmenthetjük a pecsétek közé.



11. ábra: A szkennelés használata

Ha a domborzatmodell készen áll, a pecsét eszközzel kiválasztható. Ekkor újból adódik lehetőség a pozíció, forgatás, arány és tengerszint módosítására. A tengerszint alá nyúló domborzatrészeket a program automatikusan feltölti vízzel. Ez a folyamat a tervezőasztalon megtekinthető az előnézet funkció segítségével (12. ábra). Esetemben a játékvilág kiterjedése 2048 m², illetve 4096 m², míg a digitális domborzatmodellé 64 km². A torzulások kiküszöbölése érdekében a magassági arányokat úgy szükséges módosítani, hogy azok kompenzálják a vízszintes síkon történt arányváltozást. Ha minden beállítás elvégzésre került (akár numerikusan, akár szemmértékkel), elvégezhető a pecsételés, ami véglegesíti a domborzatmodellt a játékvilágban. Egy játékvilágon tetszőleges számú pecsételés, formázás hajtható végre, akár a terület egészére, akár annak egy részére kiterjesztve, hogy a domborzatot saját ízlésünkre formálhassuk.



12. ábra: A pecsét használata a domborzat formázására

7.2.4 Utófeldolgozás és projekt mentése

Pecsételést követően a játékvilágban megjelenik a műholdas felmérésből származó domborzatmodell, azonban ez a pusztán magassági adatokkal bíró virtuális tér, még utólagos feldolgozást igényel. Ez a folyamat magában hordozza a terület texturálását (azaz a felületek anyagmintával történő borítását), a környezet elemei, a természetes megvilágítás és egyéb effektek hozzáadását.

A Gaia több lehetőséget biztosít az utómunkák végrehajtására, ezek jellemzően automatikus, procedurálisan létrehozott tartalmak, melyeket a felhasználó testreszabhat, finomíthat. A Gaia által felkínált opciók között található a felületek texturálása, általános növényzetborítottság hozzáadása, fák hozzáadása (erdőszerű, illetve egyenletesen elszórt elrendezésben), játékbeli objektumok (épületek, környezeti elemek) generálása és elhelyezése. Olyan beállítások is helyet kapnak itt, amelyek közvetlenül nem érintik a domborzatmodellt: környezeti hanghatások, felhőzet, természetes megvilágítás beállítása és hozzáadása. Ezek összessége lehetővé teszi, hogy fotorealistikus környezetet teremthessünk a játékvilágban, és hogy a jelenet ne csak festői legyen, de visszaadhassa a természet valódi szépségét és élményét (13. ábra).



13. ábra: Látkép az elkészült jelenetből a formázást és utómunkát követően

8. Eredmények és megvitatásuk

Ebben a fejezetben a munkáim kiértékelését végzem. Dolgozatom során a feladatom nem csupán annak bizonyítása, hogy a videojátékok megfelelő eszközei a térképészeti modellezésnek, hanem különböző méretű és felbontású forrásanyagok összehasonlítását is elvégzem, hogy képet alkothassak arról, hogy modellezés során milyen jellegű felmérési anyagot érdemes kiválasztani, illetve milyen és mekkora területre érdemes ezt átültetni.

8.1 Az összehasonlítás alapjai

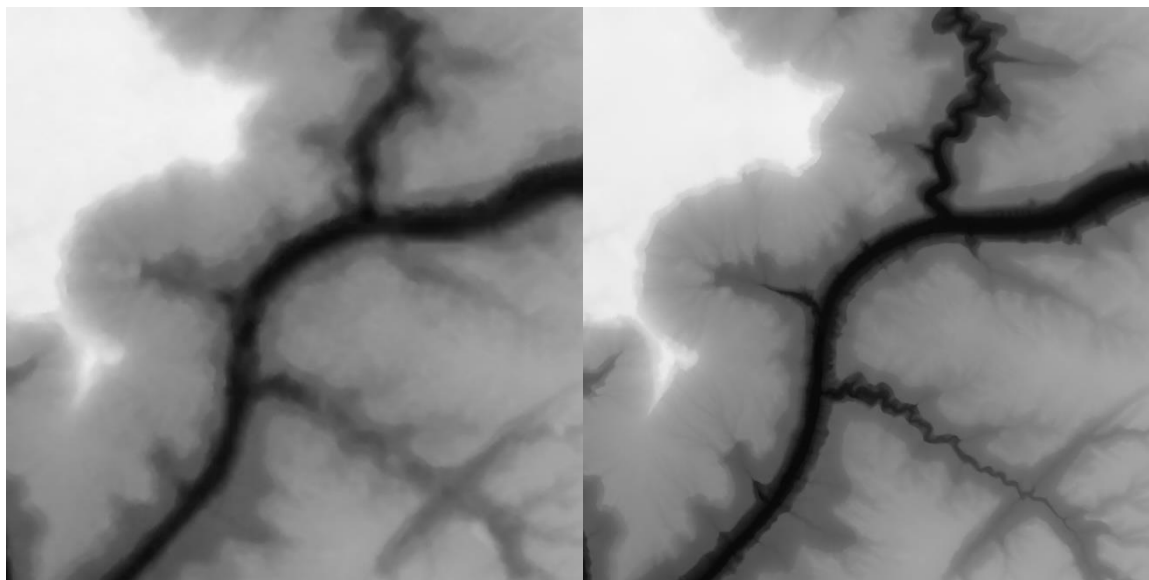
A műholdas felvételek különböző minőségekben ábrázolják ugyanazt a területet: az Amerikai Egyesült Államokbeli Arizonán keresztül meanderező Colorado folyó főágát és Kanab Creek nevű holtágát a Grand Canyon Nemzeti Parkban. Ez a terület azért felel meg az összehasonlítás tárgyaként, mert kellően diverz, felszinformákban gazdag, látványos panorámával és jellegzetes atmoszférával rendelkezik. A területen jól dokumentált túraútvonal halad keresztül, mely leírásában megeleveníti a táj meghökkentő, ellentmondásos szépségét: „Egy hely, mely dacol a logikával és leírhatósággal. Egy hely, mely egyszerre félreérthetetlenül sivatag, és egyszerre oázis, mind a kontinentális államok egyik legélhetősebb földjén” (KALMAN *et. al.*, 2017).

Az összehasonlítást két fő szempögből közelítettem meg, mindvégig a kész jelenet geovizualizációs használhatóságát, kinézetét és átfogó élményét tartva szem előtt. Első összehasonlítási pontom a forrás digitális domborzatmodellek felbontását érinti. Az amerikai területen elérhető USGS (United States Geological Survey – Egyesült Államok Geológiai Szolgálat) felmérés felbontása 10 méteres, míg a globálisan elérhető Aster felmérés itt 30 méteres pontosságban érhető el. Érdemes-e ekkora területen a jobb minőségű modellre hagyatkozni, vagy elégséges a gyengébb Aster modellt használni? Lesz-e szembetűnő torzulás a területen? Érzékelhetően megnöveli-e a számítási igényt, ha a jobb minőségű modellt használjuk?

A második számú összehasonlítási alap nem a forrást érinti, hanem a játékmotort: érdemes-e nagyobb alapterületen modellezni a felmérést, vagy kielégítő lehet kisebb területet alkalmazni? Rontja-e a felhasználói élményt, ha a számítási igény csökkentésének érdekében kisebb játékvilágot teremtünk, vagy ellenkezőleg, átláthatóbbá teszi-e a terület megismerését a szűkebbre szabott terület?

8.2 Felbontás

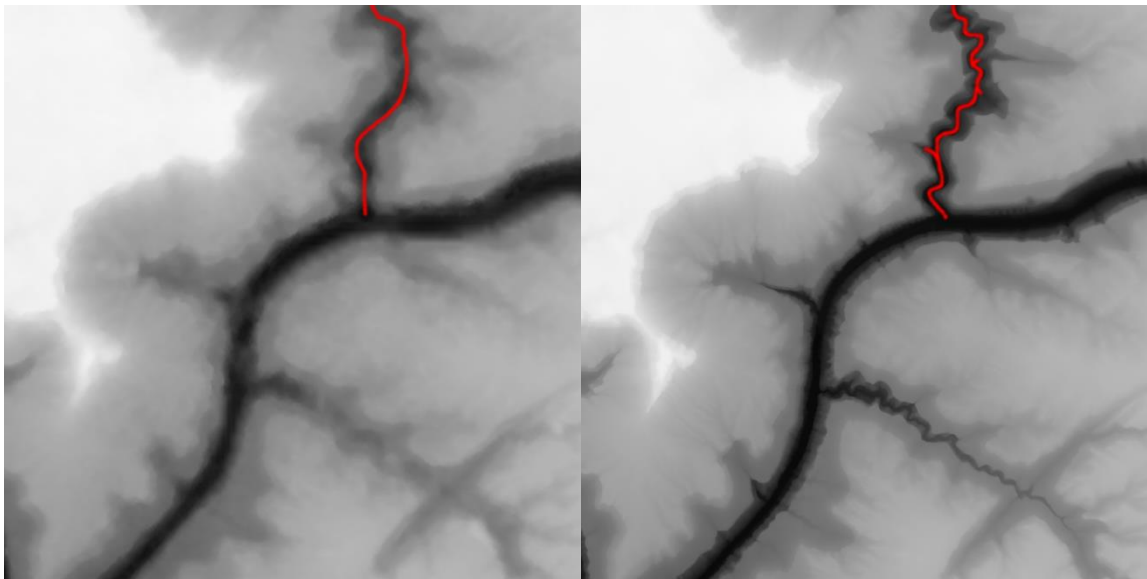
A letöltött felmérési állományok összehasonlításakor már szembetűnik a minőségbeli különbség. A képfájlokon jól látható, hogy az USGS felmérésből származó magassági kép jóval élesebb, mint az Aster felmérésből származó. Ez a különbség bár közvetlenül összehasonlítva, kis méretű ablakba tömörítve könnyen felismerhető, egy kiterjedt játékvilágban könnyen előfordulhat, hogy a nagy távolságok miatt ezek az egyenetlenségek kiegyenlítődnek, és problémamentesen visszaadják a táj eredeti jellegét.



14. ábra: Az ASTER 30m-es pontosságú felmérése (balra) és a USGS NED 10m-es pontosságú felmérése (jobbra)
forrás: ASTER Global Digital Elevation Model V002, US Geological Survey National Elevational Dataset

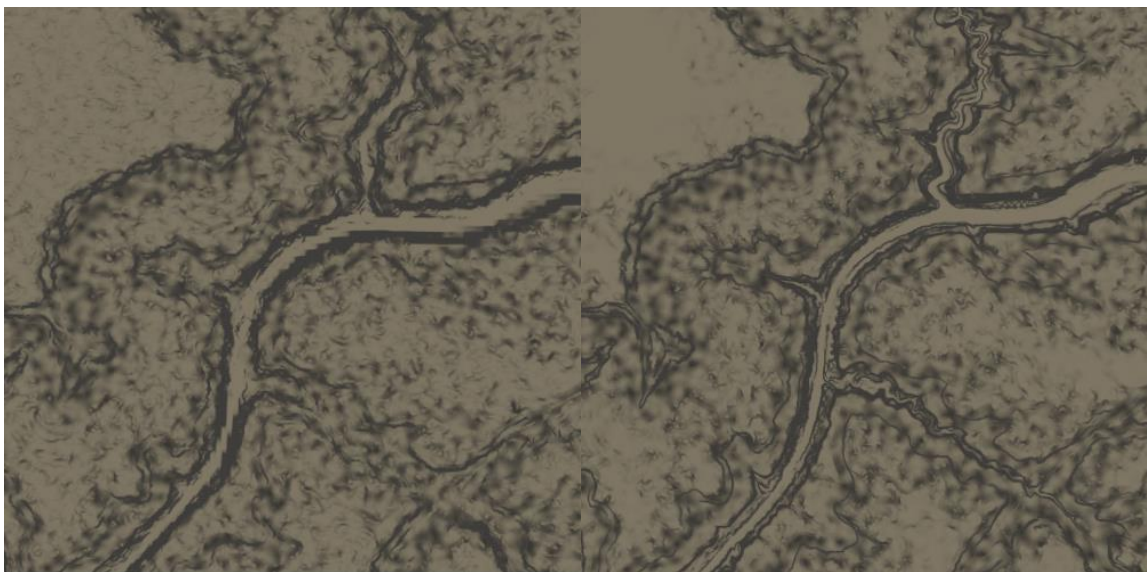
A képek összehasonlítása során azonban felfedezhető egy sokkal komolyabb különbség, amely befolyásolhatja a jelenet végső kinézetét. Az Aster felmérésen a Kanab Creek (15. ábra, vörös színnel jelölve) mellékág jóval egyenletesebb folyásúnak, kevésbé meanderezőnek tűnik, mint azt a USGS NED felmérési adatain megfigyelhetjük. Ezt a változást nem magyarázhatjuk a két felmérés közt eltelt idővel, hiszen egy kifejezetten régi mellékágról van szó, azonban az

időszakosan változó vízállás, felmérést zavaró légköri tényezők vagy a felmérési felbontás magyarázatul szolgálhat a jelenségre.



15. ábra: A Kanab Creek mellékág medencevonalának (vörös kiemeléssel) torzulása a 30 méteres felbontású felmérésen (balra) a 10 méteres felbontású felméréshez (jobbra) képest

Ez a különbség a modellezés során kiéleződik, ami főképp a meanderek vonalát rajzolja át, sekélyebbé és vázlatossá téve az amúgy egész évben víz alatt lévő patakmedret (16. ábra). A Colorado főágát kísérő teraszok, melyek a korábbi medrek vonalát őrzik, szintén csak a 10 méteres felbontású képen vehetők ki. Ezek a területek az Aster felvételeken elmosódtak és pixelesek, ami arra utal, hogy az élesen diverz domborzat lefedésére a 30 méteres felbontás elégtelen minőségű. Ezt az egyenletlenséget a szerkesztő az ismert pontokból interpolálással küszöböli ki, mely bár folytonos felszint eredményez, a valóságot ebben az esetben nem fogja hűen tükrözni.



16. ábra: 30m-es pontosságú felmérés (balra) és 10m-es pontosságú felmérés virtuális modellje (jobbra) a Unity szerkesztőjében

A jeleneteket különböző kameraállásokból szemlélve az eddig csak vázlatosan elénk táruló eltérések elsőkézből láthatók. Jellemző eltérés a völgyek teraszos elrendeződésének hiánya (17. ábra), illetve a meder vonalának apróbb vagy markáns megváltozása (18. ábra). Az apróbb egyenletlenségek nem látszódnak a gyengébb minőségű digitális domborzaton, a felület egyenletlenségei elmosódnak, nem rajzolódnak ki könnyen kivehető, jellegzetes felszínformák. Ezeknek az apró részleteknek a hiányai, hibái komoly problémát jelentenek egy alapvetően videojáték-alapú virtuális modellben, mivel a felhasználó elsősorban az avatárján keresztül, felszínhez közel fogja érzékelni a játékvilágot.



17. ábra: A Colorado-folyó főágát kísérő teraszívek a 30 méteres (balra) és 10 méteres (jobbra) felbontású digitális domborzatmodellből készített jelenetekben

A két különböző (30 méteres felbontású és 10 méteres felbontású) jelenetben, de azonos kameraállásban és pozícióban felvett képernyőmentésekből rátekintésre feltételezhető, hogy ugyanazon területről készült fotók, ám első benyomásra két meglehetősen eltérő arculat fedezhető fel (18. ábra). Ez a markáns eltérés túlmutat a felbontásbeli különbségen, hiszen az ábrán is láthatóan egy egész domborzatelem, a bal oldali partszakaszon meder felé nyúló szakadék tűnt el. Ez a hiba a felmérési pontatlanságok eredményeként magyarázható, melyek modellezve és megjelenítve több tényezőt is befolyásolnak. Bár az ASTER GDEM 2011-es megjelenésének évében a legjobb felbontású ingyenesen elérhető globális digitális domborzatmodellként volt számontartva, léteznek benne olyan domborzati elemek, melyek hirtelen emelkedés vagy esés formájában nagymértékű magassági torzulást eredményezhetnek kisléptékű, lokális szinten (AREFI és REINARTZ, 2011). Ezeknek a műtermékeknek az eredete egyrészt a felhőzet automatikus kitakarása, ami számos esetben vezethet hibákhoz (kimagasló csúcsok, gödrök, illetve „főregjáratok”), másrészt a vízfelületek kimaszkolásának hiánya, ami így dimbes-dombos térszínként jelentkezik a modellben (SZÉKELY *et al.* 2013). Mivel ez a domborzatelem szabta meg a mellékág medervonalának arculatát is, előbbinek a változása egyenesen vezet a folyómeder módosulásához is, melyek együttes megjelenítésében a lokális környezet szinte felismerhetetlenné vált.



18. ábra: A Kanab Creek mellékág a 30 méteres (balra) és 10 méteres (jobbra) felbontású digitális domborzatmodellből készített jelenetekben

A gyengébb felbontású ASTER GDEM modellből származtatott jelenetben fellelhető hibák és torzulások nem egyedi esetek, hasonló jelenségekre bármely területről származó adatok esetében számíthatunk. A USGS NED által szolgáltatott adatok esetében ilyen léptékű elváltozásokkal nem találkoztam, azokat összevetve a Maxar Technologies, USDA Farm Service Agency által szolgáltatott Landsat műholdas felvételekkel (19. ábra) arra a következtetésre jutottam, hogy ez a domborzatmodell a célnak megfelelő minőségű és pontosságú alapot biztosít.



19. ábra: Landsat műholdas felvétel (balra) és a USGS NED alapján készült virtuális modell (jobbra) összehasonlítása

8.3 Méret

A játékvilág méretén alapuló összehasonlításhoz a 10 méteres felbontású USGS NED domborzatmodellt alkalmaztam két eltérő méretű felületre. A célom az volt, hogy annak ismeretében, hogy melyik forrással érdemes dolgozni, megvizsgáljam, hogy a játéktér méretének befolyásolása milyen hatással van a játékelményre, ismét szem előtt tartva a geovizualizációs igényeket. Az összehasonlítás során ugyanazt a 64 km²-es digitális domborzatmodellt szerkesztettem egy 2048 m²-es és egy 4096 m²-es játéktérre. Ennek

eredményeként egy kiterjedt méretű, grandiózus, ám nehezen bejárható játékvilágot; valamint egy kisebb, könnyebben kezelhető, ám erősen lekicsinyített játékvilágot kaptam. Az előző, felbontáson alapuló összehasonlításnál szintén az előbbi modellel dolgoztam, és annak kiterjedését kielégítőnek találtam: a távolságok, beláthatóság és arányok megfelelően visszaadták a szimulált terület jellegzetességeit, azt a benyomást keltve, hogy a játéktér valóban egy végeláthatatlan kanyonrendszer, szakadékokkal szegélyezve, kiterjedt síkságokkal. A kisebb játéktér előnye azonban a kezelhetőség, a táj bejárásának, illetve a szerkesztés és feldolgozás idejének, valamint a kész jelenet méretének javulása lehet.

Míg az előző összehasonlítás pusztán a források ütköztetésének minősült (hiszen a szerkesztő minden esetben ugyanazt az eredményt hozza azonos forrásfájlokból kiindulva), ezúttal a szerkesztő működése kerül górcső alá. Az azonos állásokból készített képernyőmentéseket összehasonlítva megállapítható, hogy a pálya szűkítése milyen hatással van a játékmenetre, illetve a környezet megtapasztalására.



20. ábra: A 2048 m²-es (balra) és 4096 m²-es (jobbra) játéktérrel rendelkező jelenetek összehasonlítása

A 20. ábra összehasonlításában megfigyelhető jelenség a térbeli dimenziók –és ezzel párhuzamban a domborzati elemek– összehúzódása. A kisebb kiterjedésű területen a középpontban lévő völgy egyszerű árokká degradálódik a nagyobb kiterjedésű jelenethez képest, a háttérben elterülő fennsík pedig közelebb kerül a megfigyelőhöz.

Bár a kisebb területű jelenet pozitívumai közé sorolható a látótávolság javulása, ennek az apró részletek és a valósághű megjelenés látja kárát. Az alapterület csökkenése aránytalanul torzítja térbeli érzékelést, a távolságokat pedig redukálja (21. ábra). Ennek az a következménye, hogy a felhasználó –bár jobban belátja a játékvilágot– nem kapja vissza a valóságban jól érzékelhető mélységét a térnek, hanem azt kicsinek és tömörnek érzékeli.



21. ábra: Könnyű túra, vagy végeláthatatlan, kopár puszta?
Távolságok a 2048 m² alapfelületű jelenetben (balra) a 4096 m² alapfelületű jelenethez viszonyítva

A 22. ábra összehasonlításából szembesülhetünk a domborzatelemek torzulásának valódi súlyával. A képeken a háttér középpontjában fekvő magaslat a 2048 m² alapfelületű jelenetben közeli, kiugró forma, míg a 4096 m² alapfelületű jelenetben távolban elterülő domborzatelem. A digitális domborzatmodell valódi kiterjedésének (64 km²) ismeretében következtethetünk arra, hogy a vizsgált elem kiugró méreteit, környezetből való kiugrását és jellegzetes formáját tekintve egy kiterjedt, egyedülálló forma, így azt a jelenetben ábrázolni minél nagyobb kiterjedésben és a szemlélőnél minél távolabb elterülve célszerű ábrázolni. Erre az előbbi, kisebb kiterjedésű játéktér nem alkalmas.



22. ábra: A domborzatelemek jelentős torzulása a 2048 m² alapfelületű jelenetben (balra) a 4096 m² alapfelületű jelenethez (jobbra) képest

9. Konklúzió

Az összehasonlításra alapuló elemzésem során arra megállapításra jutottam, hogy az eltérő felbontás és játékvilág-méret is drasztikusan befolyásolja a modellezés végeredményeként kapott jelenet megjelenését és felhasználóban keltett benyomását. Ahhoz, hogy eredményesen tudjuk felhasználni a videojátékok adta kiaknázatlan geovizualizációs lehetőségeket, több kritériumnak kell megfelelnie a jelenetnek. Ezek egy része a felhasznált, műholdas méréseken alapuló digitális domborzatmodellekhez köthető igény, másik része a videojáték-motor működéséhez és a szerkesztési lehetőségeihez szabott igény.

A **digitális domborzatmodellel** szemben felmerülő észrevétel elsősorban a kép felbontását érinti. Ennek ideális mértéke 10 méter, melyet például a USGS NED adatbázisa szolgáltat. Gyengébb felbontás alatt a domborzat közelről megfigyelhető egyenletlenségei nem érvényesülnek, a domborzat plasztikusan elmosódik, súlyosabb esetben egész tájrészeket, domborzati elemeket is érhet torzulás. Az említett felbontásban ilyen problémák nem merültek fel, a kapott modellt igen jó minőségben sikerült újrateremtennem a virtuális környezetben. Az említett jobb felbontású modellekkel szintén érdemes dolgozni, bár azok hozzáférése nehezebb, lefedettségük pedig korlátozott.

A Unity **videojáték-motor** a Gaia segédprogrammal kiegészítve remek alapot adott a jelenet elkészítéséhez. A programban könnyű szerkeszteni és eligazodni, ám ez nagyobb méretű monitort (vagy monitorokat) igényel. Megfelelő felbontású forrásból dolgozva kifogástalan minőségű jelenetet tudtam alkotni, a folyamatot pedig nagyban megkönnyítette a Gaia kiegészítőben elhelyezett számos kisegítő lehetőség és beállítás.

A szerkesztő felé irányuló fő megfigyelés a játékvilág méretét érinti. Ennek olyan kiterjedésének szükséges lennie, hogy az ábrázolni kívánt domborzat ne veszítse el természetességét, hanem a távolságok és arányok jól reprezentálják a valóságban érzékelhető méreteket. Azért fontos ez a beállítás, mert mint az összehasonlításban láthattuk, a felhasználó alapvetően az avatárján keresztül, jellemzően a játékbéli szemmagasságból érzékeli a tájat. Ilyen viszonylatban a szemlélődő elé táruló táj és a perspektíva sokat befolyásol a környezet érzékelésében. A távolság és nézőszög, amelyből a szemlélő valamely térbeli jelenséget áttekinti, meghatározza, hogy az adott domborzati egységet a valóságoshoz hasonlóan észleli, vagy sem. Ezt a játékvilág méretének beállításával tudjuk a modellünkhöz szabni: a tapasztalom szerint egy 4096 m²-es játékvilágban ideális ábrázolni egy 64 km²-es domborzati modellt. Ez 1:125 arányt jelent, amely optimális a fent meghatározott irányelvek betartásához.

A **jelenet** a projekt és szerkesztés végleges eredménye, a jelenethez fűzött konklúzió pedig összefoglalja azokat a megfigyeléseket és észrevételeket, melyek segítenek annak a célkitűzésnek elérésében, hogy a videojátékokat, mint a geovizualizáció új platformját eredményessé és hasznossá tegyessük.

A jelenet fő feladata esetünkben a domborzat bemutatása, szemléltetése a nyílt játékvilágban, mely igény esetén akár játékmenetnek is helyet adhat. Ezen megállapítások szem előtt tartása mellett azt tapasztaltam, hogy a térképeken és műholdas felméréseken felülnézetből ábrázolt területeket a játékon keresztül egészen más szemszögből közelíthetjük meg. Ez véleményem szerint rengeteg kartográfiai lehetőséget rejt magában: vizualizációs célok, domborzat megismerése, virtuális terepbejárás, térképészeti eljárások gyakorlása virtuális domborzaton keresztül, modellezés és szerkesztés, területbemutató és prezentáció, interaktív

tanítási vagy tanulási felület, vagy egyszerűen csak a kihívás, hogy új platformon kamatoztassuk tudásunk és tehetségünk.

A jelenettel kapcsolatos megfigyelésem és konklúzióm az utóeffektet érinti: texturálás, megvilágítás, környezet kialakítása, játékmód. A Gaia kezelőfelületén minden beállítást könnyen igényeinkre szabhatunk. A jelenet kinézete egyrészt a modellezés céljától függ, másrészt a projekt tisztán művészeti része, így az utóeffektek szintén sokrétűek lehetnek: gyakorlatiasak, valósághűek vagy akár absztraktak. Ezeket a beállításokat a felhasználó igénye szabja meg, és bár valósághű vizualizáció céljából a realisztikus textúrákat és megvilágítást érdemes igénybe venni, bármilyen művészi jellegű megjelenítés is alkalmazható.



23. ábra: Panoráma az elkészült jelenetből (elérhető a szakdolgozat multimédiás mellékletében)

10. Összefoglalás

A Drasni József fejlesztette *Taktik*-tól az általam, videojáték-motorban szerkesztett domborzatmodellig nem telt el annyi idő, mint amennyi egy embernek elég lenne ahhoz, hogy a kettő között elért technológiai fejlődést és eredményeket felfogja és megértse. Ez a modern technológiai forradalom sajátossága, melynek egyik vívmánya a valóság szimulálására is korlátozottan alkalmas videojátékok műneme, melyet szakdolgozatomban megismertettem. Az alapfogalmaktól (játékvilág, játékkörnyezet, avatár, videojáték-motor, jelenet...) a szerkezeten (összetevők, dimenziók,) és klasszikus zsánereken (akció és árkád, stratégiai, logikai, sport és szimuláció, kaland- és szerepjáték) át egészen az önálló szerkesztésig jutottunk. Kifejtettem,

hogy miért tartom fontosnak a kartográfia szempontjából, hogy belevezzük magunkat ebbe az elképesztő világba, és ehhez utat és példát mutattam az általam modellezett játékvilág segítségével.

A modellezés módszerét pontosan dokumentáltam, majd gyakorlati példán keresztül bemutattam, milyen állományokkal és beállításokkal érdemes dolgozni. A felhasznált forrásokat a terrain.party nevű weboldal szolgáltatta, melyen keresztül több felbontásban és felmérésből származtatott DTM-et kaptam ugyanarról a területről. Ezek közül egy 30 méteres felbontású ASTER GDEM és egy 10 méteres felbontású USGS NED modellt szerkesztettem a játékvilágba a Unity videojáték-motor és a Gaia nevű segédprogram által. A videojáték-motor és a világszerkesztést és modellezést könnyebbé tevő Gaia működését és kezelését bemutattam, az általam használt, optimálisnak bizonyult beállítások részletesen megtekinthetők a mellékelt ábrákon (10. ábra, 11. ábra, 12. ábra).

Összehasonlítva a két felbontásból készült domborzatot, egyértelműen megállapítottam, hogy a 30 méteres felbontású ASTER modell túl gyenge minőségű terepet eredményezett, míg a 10 méteres felbontású NED modellből készült terep minőségileg megfelelt az elvárásoknak. Ez magában foglalja a domborzat valósághűségét, részletességét és pontosságát. A 19. ábra tanúsága szerint az elkészült modell nagymértékben fedte a valós domborzatot, így az geovizualizációs céloknak megfelel.

A játékvilág mérete szintén meghatározó beállításnak bizonyult. Ez a felhasználás során jelentett fontos különbséget. A kisebb játéktér valójában nem jelentett számottevően kevesebb munkát, szerkesztést vagy erőforrást, azonban térbeli kiterjedéseiben torzult képet eredményezett az ábrázolni kívánt domborzatról. Az általam optimálisnak talált arány a forrás DTM és cél játékvilág között 1:125 volt, ami szerint egy 4096 m²-es játékvilágban ideális ábrázolni egy 64 km²-es domborzati modellt. Ezt az arányt szem előtt tartva bármilyen kiterjedésű digitális domborzatmodellhez kiszámítható az ideális játéktér-méret.

Az önálló, saját munkám végeredménye egy olyan jelenet, mely tartalmazza az ideális beállításokkal bíró, megfelelő méretű és felbontású modellből készült domborzatot és utóeffekteket (23. ábra). Ez a bejárható, felfedezhető, interaktív modell a szakdolgozat multimédiás mellékletében érhető el.

11. Köszönetnyilvánítás

Köszönetet nyilvánítok Vörös Fanni doktorandusz konzulensemnek, valamint Dr. Kovács Béla témavezetőmnek, az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék kitűnő munkatársainak a szakdolgozatom és munkám megalkotásában nyújtott segítségükért: köszönöm Vörös Fanni részéről, hogy doktoranduszként munkám során fáradhatatlanul ellátott tanácsokkal és hasznos megfigyelésekkel, valamint Dr. Kovács Béla részéről, hogy lektorálta munkámat és észrevételeivel, szakmai tanácsaival segített.

Külön köszönet illeti Peter Wagnert és a Procedural Worlds további munkatársait, amiért tudományos és oktatási célokra felajánlották térítésmentesen Gaia nevű alkalmazásukat, melynek köszönhetően pontos, igényes és ízléses vizualizációkat alkothattam.

12. Irodalomjegyzék

„60 éves az első magyar számítógép – Neumann János Számítógép-tudományi Társaság” [Online]. Elérhető: <https://njszt.hu/hu/news/2019-01-21/60-eves-az-elso-magyar-szamitogep> [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

AREFI, H.; REINARTZ, P. (2011): *Accuracy enhancement of ASTER global digital elevation models using ICESat data*, 1323–1343. old.

BEREGI TAMÁS (2010): *Pixelhősök. A számítógépes játékok első ötven éve*, Vince

CHARLES DOYLE (2011): *A Dictionary of Marketing*, Oxford University Press

CHRIS KALMAN, MEREDITH MEEKS (2017): *On location: Kanab Creek* [Online]. Elérhető: <https://www.switchbacktravel.com/kanab-creek> [Hozzáférés dátuma: 2019.12.01.]

ELEK ISTVÁN (2006): *Bevezetés a geoinformatikába*, ELTE Eötvös Kiadó, 66–67 old.

ERNEST ADAMS (2013): *Fundamentals of Game Design*, New Riders Publisher

FARAGÓ IMRE, GERCSÁK GÁBOR, HORVÁTH ILDIKÓ, KLINGHAMMER ISTVÁN, KOVÁCS BÉLA, PÁPAY GYULA. SZEKERKA JÓZSEF (2010), szerk.: KLINGHAMMER ISTVÁN: *Térképészet és geoinformatika I.*, ELTE Eötvös Kiadó

KOVÁCS GYÖZÖ (2002), *Kovács Győző életútja* [Online]. Elérhető: https://web.archive.org/web/20160304131551/http://www.napkut.hu/naput_2002/2002_10/02_2.htm. [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

LŐCS GYULA: *Fejezetek az informatika történetéből*. Átdolgozott előadási fóliák 15 fejezetben. Budapest, 2008. [Online]. Elérhető: https://itf.njszt.hu/324rtr4/uploads/Locs_inftort.pdf [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

M-3 számítógép - Neumann János Számítógép-tudományi Társaság, Informatikatörténeti Fórum” [Online]. Elérhető: https://itf.njszt.hu/termek_hardware/m-3-szamitogep [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

MATTHEW REYNOLDS (2014): *Far Cry 4 behind-the-scenes trailer sees developers visit a Hindu temple* [Online]. Elérhető: <https://www.digitalspy.com/videogames/a589108/far-cry-4-behind-the-scenes-trailer-sees-developers-visit-a-hindu-temple/#~prIxN5ZC6YXODx> [Hozzáférés dátuma: 2019.11.30.]

MATUSIK SZILÁRD (2016): *Vakondok 4 – Végigjátszás*, magyar dokumentumfilm, Flame Film Bt.

MICHAEL J. TRESKA (2010): *The Evolution of Fantasy Role-Playing Games*, McFarland & Company

MIKE WILLIAMS (2018): *Far Cry 5: Capturing The Look and Feel of Montana* [Online]. Elérhető: <https://www.usgamer.net/articles/far-cry-5-capturing-the-look-and-feel-of-montana> [Hozzáférés dátuma: 2019.11.30.]

NOOR SHAKER, JULIAN TOGELIUS, MARK J. NELSON (2016): *Procedural Content Generation in Games: A Textbook and an Overview of Current Research*, Springer

PRASHANT SRIVASTAVA, GEORGE PETROPOULOS, Y. H. KERR (2016): *Satellite Soil Moisture Retrieval*, Elsevier, ch. 5

Procedural Worlds (2019): *Gaia* [Online]. Elérhető: <http://www.procedural-worlds.com/gaia>. [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

RAB ÁRPÁD (2018): *Fél évszázad játék – egy új kultúra születése*, Információs Társadalom, XVIII. évf. (2018) 1. szám, 156–158. old.

STÖCKERT GÁBOR (2012): *A zsírozógéptől a Videoton tévéfociig* - Index, 2012 [Online]. Elérhető: https://index.hu/tech/2012/02/29/a_zsirozogeptol_a_videoton_tevefociig. [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

SZENTGYÖRGYI ZSUZSA (2014), szerk. LAIK ESZTER: *A Sziget, Ötvenéves az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézete*, Typotex Elektronikus Kiadó Kft.

Tapjoy (2017): *The Changing Face of Mobile Gamers: What Marketers Need To Know* [Online]. Elérhető: <http://hello.tapjoy.com/Modern-Mobile-Gamer-Research-Report.html>. [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

DR. TELBISZ TAMÁS, DR. SZÉKELY BALÁZS, DR. TIMÁR GÁBOR (2013): *Digitális Terepmodellek*, ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék, Budapest

Unity Technologies (2019): *Unity 2019: Performance by default, high-fidelity real-time graphics, and artist tools* [Online]. Elérhető: <https://unity3d.com/unity>. [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

VGMaps: *The Video Game Atlas* [Online]. Elérhető: <https://www.vgmaps.com>. [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

WILL GLYNN (2015): *It's a terrain.party and you're invited! Web app to generate height maps for use in game* – reddit [Online]. Elérhető: https://www.reddit.com/r/CitiesSkylines/comments/2y6yr4/its_a_terrainparty_and_youre_invited_web_app_to. [Hozzáférés dátuma: 2019.11.13.]

ZACHARY W. SHERIN, RYAN CHEU, PHILIP TAN, and GERD KORTEMEYER (2016): *Visualizing Relativity: the OpenRelativity Project*, American Journal of Physics 84, 369–374 old.

DR. ZENTAI LÁSZLÓ (2003): *Output orientált digitális kartográfia*, doktori értekezés, 84–87 old.

Nyilatkozat

Alulírott, Horváth Dávid György nyilatkozom, hogy jelen szakdolgozatom teljes egészében saját, önálló szellemi termékem. A szakdolgozatot sem részben, sem egészében semmilyen más felsőfokú oktatási vagy egyéb intézménybe nem nyújtottam be. A szakdolgozatomban felhasznált, szerzői joggal védett anyagokra vonatkozó engedély a mellékletben megtalálható.

A témavezető által benyújtásra elfogadott szakdolgozat PDF formátumban való elektronikus publikálásához a tanszéki honlapon

HOZZÁJÁRULOK

NEM JÁRULOK HOZZÁ

Budapest, 2019. december 10.

.....
a hallgató aláírása