SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-16605-115069

interaktívna aplikácia simulujúca slnečnú sústavu od jej vzniku po zánik

Bakalárska práca

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-16605-115069

interaktívna aplikácia simulujúca slnečnú sústavu od jej vzniku po zánik

Bakalárska práca

|  |  |
| --- | --- |
| Študijný program : | Aplikovaná informatika |
| Názov študijného odboru: | Informatika |
| Školiace pracovisko: | Ústav informatiky a matematiky |
| Vedúci záverečnej práce: | Ing. Dominik Janecký |

Obrázok, na ktorom je text, písmo, snímka obrazovky, dokument

Automaticky generovaný popis

Obrázok, na ktorom je text, snímka obrazovky, písmo, biely

Automaticky generovaný popis

SÚHRN

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE   
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

|  |  |
| --- | --- |
| Študijný program : | Aplikovaná informatika |
| Bakalárska práca: | Interaktívna aplikácia simulujúca Slnečnú sústavu od jej vzniku po zánik |
| Autor: | Daniel Janík |
| Vedúci záverečnej práce: | Ing. Dominik Janecký |
| Miesto a rok predloženia práce: | Bratislava 2024 |

Témou tejto bakalárskej práce je návrh a implementácia interaktívnej aplikácie v hernom engine Unity simulujúcej históriu a budúcnosť našej slnečnej sústavy. Cieľom tejto práce je vytvoriť aplikáciu, ktorá umožní prístup bežným ľudom k veľkému množstvu zaujímavých informácií o celej slnečnej sústave v jednom ucelenom celku. V prvej kapitole sa práca zaoberá analýzou dostupných technológii a ich voľbou. Druhá kapitola predstavuje porovnanie existujúcich riešení a vyvodenie ich nedostatkov. Nasledujúca kapitola sa venuje návrhu a implementácií interaktívnej aplikácie. Finálne riešenie poskytuje používateľovi možnosť výberu počiatočného roku spustenia simulácie, voľný pohyb po celej slnečnej sústave a množstvo informácií o každom vesmírnom telese nachádzajúcom sa v nej. V prílohe sa nachádza návod na inštaláciu a samotná aplikácia s príručkou obsluhy.

Kľúčové slová: Vzdelávacia aplikácia, Slnečná sústava, Unity, Vznik, Zánik, C#, Vesmír

ABSTRACT

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA   
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY

|  |  |
| --- | --- |
| Study Programme: | Applied Informatics |
| Bachelor Thesis: | An Interactive application simulating the Solar System from its formation to its demise |
| Autor: | Daniel Janík |
| Supervisor: | Ing. Dominik Janecký |
| Place and year of submission: | Bratislava 2024 |

The topic of this bachelor’s thesis is the design and implementation of an interactive application made in the game engine Unity that simulates the history and future of our solar system. The goal of this thesis is to create an application that will give access to a huge amount of interesting information about the entire solar system in one comprehensive package for ordinary people. The first chapter deals with the analysis and selection of available technologies. The second chapter presents a comparison of existing solutions and identifies their shortcomings. The following chapter deals with the design and implementation of the interactive application. The final solution provides the user with the ability to select the start year of the simulation, free movement trough the solar system and a wealth of information about each celestial body. The appendix contains an installation guide and the application with a user manual.

Key words: Education application, Solar System, Unity, Formation, Demise, C#, Space

Vyhlásenie autora

Podpísaný Daniel Janík čestne vyhlasujem, že som Bakalársku prácu Interaktívna aplikácia simulujúca Slnečnú sústavu od jej vzniku po zánik vypracoval na základe poznatkov získaných počas štúdia a informácií z dostupnej literatúry uvedenej v práci. Uvedenú prácu som vypracoval pod vedením Ing. Dominika Janeckého.

V Bratislave dňa 13.05.2024

..................................................

podpis autora

Poďakovanie

Ďakujem môjmu vedúcemu práce Ing. Dominikovi Janeckému za poskytnutú podporu a odbornú pomoc. Taktiež by som sa chcel poďakovať svojej rodine a kamarátom za podporu počas štúdia.

Obsah

[Úvod 1](#_Toc166505989)

[1 Výber technológií 2](#_Toc166505990)

[1.1 Herný Engine 2](#_Toc166505991)

[1.1.1 Unreal 2](#_Toc166505992)

[1.1.2 Godot 3](#_Toc166505993)

[1.1.3 Hazel 3](#_Toc166505994)

[1.1.4 Unity 4](#_Toc166505995)

[1.2 Vývojové prostredie 5](#_Toc166505996)

[1.2.1 Visual Studio 5](#_Toc166505997)

[1.2.2 Jetbrains Rider 5](#_Toc166505998)

[1.2.3 Visual Studio Code 6](#_Toc166505999)

[1.3 3D Modelovacie softvéry 6](#_Toc166506000)

[1.3.1 Blender 6](#_Toc166506001)

[1.3.2 Cinema 4D 7](#_Toc166506002)

[1.3.3 Autodesk 3ds Max 7](#_Toc166506003)

[1.4 Grafický softvér 8](#_Toc166506004)

[1.4.1 Gimp 8](#_Toc166506005)

[1.4.2 Adobe Photoshop 8](#_Toc166506006)

[1.4.3 NVIDIA Canvas 8](#_Toc166506007)

[2 Konkurenčné aplikácie 9](#_Toc166506008)

[2.1 Universe Sandbox 9](#_Toc166506009)

[2.2 Space Engine 9](#_Toc166506010)

[2.3 NASA's Eyes 9](#_Toc166506011)

[3 Návrh a Implementácia 10](#_Toc166506012)

[3.1 Špecifikácia požiadaviek 10](#_Toc166506013)

[4 Testovanie a ladenie 11](#_Toc166506014)

[Záver 12](#_Toc166506015)

[Zoznam použitej literatúry 13](#_Toc166506016)

[Prílohy I](#_Toc166506017)

[Príloha A: Štruktúra elektronického nosiča II](#_Toc166506018)

Zoznam obrázkov a tabuliek

[Obrázok 1‑1 Use case diagram požiadaviek 4](#_Toc383984452)

Tabuľka 1 Popis tabuľky.............................................................................strana

Zoznam skratiek a značiek

UE5 – Unreal Engine 5

IDE – integrated development environment

VS – Visual Studio

VS Code – Visual Studio Code

MS – Microsoft

CAD – Computer Aided Design

GUI – Graphical User Interface

UML – Unified Modeling Language

**Úvod**

V posledných rokoch záujem o prieskum vesmíru dosahuje svoje historické maximum, čo sa prejavuje v čoraz častejšími štartmi rakiet smerujúcich k obežnej dráhe mesiacu a aj jeho povrchu v rámci rôznych národných vesmírnych programov. Tento fenomén je často označovaný ako druhé vesmírne preteky, tentoraz medzi USA a Čínou, ktorých cieľom je opätovné pristátie človeka na mesiac [1].

Tento zvýšený záujem o vesmír je poháňaný technologickým pokrokom v oblasti výpočtovej techniky a internetu, ktorý umožňuje bežným používateľom jednoduchý prístup k širokému spektru informácií [2]. Súčasne sa zlepšuje grafické rozhranie, čo umožňuje realistickejšie vizualizácie vesmíru. Dnes sa najčastejšie stretávame s vizualizáciou vesmíru prostredníctvom kníh, dokumentárnych filmov a vedeckých článkov. Avšak obsah týchto médií je často obmedzený a poskytuje iba čiastočný pohľad na problematiku. Okrem toho tieto zdroje neposkytujú možnosť interakcie. V dôsledku toho sa môže stať, že tieto tradičné formy prezentácie vesmíru neuspokoja narastajúci dopyt po interaktívnych a prehľadných zdrojoch informácií .

Ako efektívnu alternatívu, ktorá by prekonala tieto nedostatky, možno považovať interaktívne aplikácie [3]. Tieto umožňujú používateľom aktívne skúmať vesmírne koncepty, poskytujú širšie množstvo informácií a umožňujú interakciu. Navrhovanie a implementácia interaktívnych aplikácií je kľúčové pre vytváranie pútavých vzdelávacích nástrojov, ktoré nielen dopĺňajú tradičné médiá, ale aj otvárajú cestu k lepšiemu pochopeniu a interaktívnemu prieskumu vesmíru [4].

Cieľom tejto bakalárskej práce je navrhnúť a implementovať interaktívnu aplikáciu, ktorá zobrazuje vznik a zánik našej slnečnej sústavy, pričom zjednocuje širokú škálu dostupných informácií a sprostredkúva komplexné javy bežným používateľom. Aplikácia bude následne sprístupnená verejnosti s cieľom zvýšiť záujem o vesmír a podporiť širšie pochopenie jeho fungovania. Zdrojový kód aplikácie je navrhnutý tak, aby bol jednoducho aktualizovateľný, čo umožní rýchlu implementáciu nových poznatkov o vesmírnych telesách alebo na najnovšie objavy v menej preskúmaných častiach slnečnej sústavy. Týmto zabezpečíme, že aplikácia zostane relevantná aj s väčším odstupom času.

1. Výber technológií

Návrh a vývoj počítačovej hry sa od vývoju bežnej aplikácie nelíši vo veľkom. V oboch prípadoch si vieme implementáciu zefektívniť a uľahčiť použitím dostupných knižníc a frameworkov pre daný programovací jazyk. Herný framework obsahuje kolekciu knižníc a nástrojov, ktoré vedia zjednodušiť vývoj. Herný engine naopak je softvér, ktorý ponúka vývojárovi grafické rozhranie spolu so sadou nástrojov pre grafiku, vstup, zvuk a iné. V prípade vývoju komplexných hier preferujeme herný engine, nakoľko ponúka voči frameworku oveľa viac funkcionality [5].

* 1. Herný Engine

Herný Engine je softvérové vývojové prostredie, s mnohými nástrojmi, pre optimalizáciu a zjednodušenie vývoju hier v rôznych programovacích jazykoch. Herný engine zahŕňa 2D alebo 3D grafické rozhranie, kompatibilné s rôznymi formátmi ako sú fyzikálne rozhranie, umelú inteligenciu, ktorá automaticky reaguje na vstup hráča, zvukové rozhranie a animácie a nespočetne veľa ďalších nástrojov. V súčasnej dobe je nepredstaviteľné vyvíjať hry bez použitia herného engine a ďalších vhodných nástrojov. Tieto nástroje sa z odstupom času stali široko dostupné verejnosti [6].

* + 1. Unreal

Je voľne dostupný herný engine vyvíjaný spoločnosťou Epic Games. Najnovšia dostupná verzia je UE5, ktorá dovoľuje vývojárom vytvárať tie najrealistickejšie objekty a herné scény spomedzi všetkých dostupných engineov na dnešnom trhu. Vďaka tomu je UE5 je ideálnou voľbou pre graficky a výpočtovo náročné projekty, vrátane filmov a animácií [7]. Výhody UE5:

* Rozsiahla sada nástrojov pre tvorbu 3D objektov, prostredia a herných mechaník
* Vhodné obchodné podmienky, účtovanie začína od dosiahnutí 1 milióna USD s tým, že vývojár má poplatok 5% z hrubého príjmu.
* Výkonný engine napísaný v C++, zvláda výpočtovo náročne úlohy voči konkurenčným engineom.
* Svetelné efekty, voči Unity má efektívnejší a optimalizovanejšie efekty.

Nevýhody UE5:

* Programovací jazyk C++, narozdiel od konkurencií, ktoré využívajú vysokoúrovňové jazyky ako napr. C#, UE5 vyžaduje znalosti komplexnejšieho jazyka C++.
* Menšia komunita, v porovnaní s konkurenčnými má Unreal menšiu komunitu vývojárov vytvárajúcich návody a nástroje na zlepšenie workflowu [8].
  + 1. Godot

Godot engine je multiplatformový 2D a 3D open-source herný engine. Vhodný pre začiatočníkov na tvorbu jednoduchých hier [9]. Voči ostatným herným engineom sa líši v programovacom jazyku GDScript. Tento jazyk je dynamický so syntaxou podobnou k Pythonu. Avšak Godot podporuje aj C# a technológiu na konverziu na iné jazyky ako C a C++ [10].

Výhody Godotu:

* Open-source poháňaný a aktualizovaný hlavne jeho komunitou s vysokou možnou úpravou aj samotného jadra kódu.
* Nenákladný a efektívny na rôznych platformách vhodný pre hry aj simulácie a multimédiové aplikácie.
* Jednoduché používateľské rozhranie s vizuálnym skriptovaním, bez väčšieho programovania vhodný pre programovacích začiatočníkov.

Nevýhody Godotu:

* Menšia knižnica assetov, voči konkurencií, vývojár si musí mnohokrát vytvoriť vlastné assety od základov.
* Nevhodný pre výpočtovo náročné úlohy a komplexnejšie projekty veľkého rozmedzia.
* Nedostatočná dokumentácia pre vývojárov [11].
  + 1. Hazel

Je interaktívna 3D aplikačná vývojová platforma, inak nazývané ako herný engine. Vyvíjaná malým štúdiom Cherno od roku 2018. Engine začínal ako návod na vývoj herných engineov na platforme youtube, neskôr vďaka komunite sa z neho stal plne funkčný engine, v ktorom sa už dnes dajú vytvárať hry. Štúdio Cherno má v budúcnosti v pláne vydať bezplatnú verziu pre všetky platformy [12].

Výhody Hazel:

* Naprogramovaný v C++, čím sa zaručuje podpora pre Windows a Linux.
* C# a .NET ako skriptovací jazyk (podobne ako pri Unity).
* Použitie technológie Vulkan pre vykreslovanie [13].

Hot reloading pre assety.

Nevýhody Hazel:

* Pomalý vývoj, štúdio Cherno sa skladá iba z piatich ľudí.
* Pomerne nový a neuhladený engine, môže prísť k veľkým chybám samostatnej aplikácie počas vývoju.
* Dostupný iba pre predplatiteľov služby patreon [12].
  + 1. Unity

Unity Engine je real-time 2D a 3D multiplatformový vývojársky engine pre umelcov, dizajnérov a vývojárov, ktorý umožňuje vytvárať interaktívne aplikácie. Unity sa využíva taktiež v filmovom, hernom priemysle a je vhodný pre tvorbu mobilných hier, ale taktiež aj pre robustné a komplexné projekty [14].

Výhody Unity:

* Intuitívne a priateľské užívateľské rozhranie Unity zjednodušuje prácu vývojárov. Bez ohľadu na ich znalosti.
* Disponuje vlastnou knižnicou s veľkým repozitárom predpripravených assetov, pluginov a nástrojov. Toto urýchľuje vývoj ponukou hotových assetov.
* Má veľkú a aktívnu komunitu vývojárov, umelcov a nadšencov v ekosystéme. Komunita poskytuje cenné zdroje, návody a podporu, čím vytvára spolupracujúce ekosystému.
* jadro engineu je naprogramované v C++ zabezpečuje tým efektivitu pre robustnejšie projekty, avšak samotné hry sú programované v C# pre lepší workflow

Nevýhody Unity:

* Pre používanie pokročilejších funkcií a služieb si zaplatiť cenovo náročné predplatné ak je vývojár samostatná osoba.
* Nedostatočná podpora vizuálneho skriptovania voči Unreal Engine
* Pochopenie pokročilejších funkcií je dosť náročné
* Komplexná optimalizácia pre robustné a vysoko nákladové hry [11].
  1. Vývojové prostredie

IDE je softvér pre tvorbu aplikácií, ktorý sa skladá z bežných vývojárskych nástrojov spojených do jedného grafického rozhrania. V IDE bežne nájdeme editoru kódu, kompilátor a debugger. IDE umožňuje vývojárom zefektívniť programovanie kódu, ďalšie funkcie IDE pomáhajú organizovať pracovný postup vývojárov a riešiť problémy, pričom väčšina moderných IDE obsahuje nástroje na identifikáciu chýb v reálnom čase a zvýrazňovanie syntaxe, meniť kód počas runtime a ďalšie. V dnešnej dobe je programovanie bez IDE priam nepredstaviteľné a časovo náročné, ale stále možné používaním textových editorov [15].

Unity podporuje hŕstku textových editorov a všetky tri najpopulárnejšie IDE na programovanie v C# čo sú voľne dostupné bezplatné Visual Studio a Visual Studio Code od Microsoft a proprietárny editor Rider od spoločnosti JetBrains, pričom Visual Studio je predvolené a najpodporovanejšie IDE na tvorbu C# skriptov v prostredí Unity, rozbor týchto programov si rozoberieme v nasledujúcich podkapitolách [16].

* + 1. Visual Studio

Je integrované vývojové prostredie (IDE) pre vývojárov v .NET a C++ na platformu Windows. Obsahuje kompletnú sadu nástrojov a funkcií na zrýchlenie a vylepšenie všetkých fáz vývoja softvéru [17]. MS poskytuje 3 edície Visual Studio :

* Community – voľne dostupná, ponúka všetky podstatné nástroje na kompletný vývoj.
* Profesional – Platená edícia, potrebná pre ziskové spoločnosti.
* Enterprise – Platená edícia, ponúka navyše voči ostatným edíciám testovacie nástroje, expresnú diagnostiku a dodatočné nástroje pre prácu s Xamarin frameworkom [18].
  + 1. Jetbrains Rider

Je cross-platformové platené IDE pre vývoj .NET a hier vyvíjané spoločnosťou Jetbrains. Ponúka pokročilé nástroje na vývoj webových aplikácií pomocou ASP.NET. Podporu pre herný vývoj integráciou s Unity, cloudový vývoj [19].

* + 1. Visual Studio Code

Je samotný multiplatformový editor zdrojového kód, primárne stavaný na vývoj webu s intergrovanou podporou pre Javascript, Nodejs a TypeScript [17]. VS Code narozdiel od svojej konkurencií obsahuje bohatú sadu rozšírení udržiavaných komunitou. Pomocou týchto rozšírení je možné VS Code premeniť na takmer plne integrované vývojové prostredie pre hocijaký jazyk [20].

* 1. 3D Modelovacie softvéry

3D Modely, ktoré reprezentujú fyzický objekt alebo teleso pomocou skupiny bodov v priestore, spájané rôznymi geometrickými entitami, ako sú čiary, trojuholníky, zakrivené povrchy a pod.. 3D modely, ktoré sú skupinou dátových bodov, môžu byť vytvorené ručne, algoritmicky alebo pomocou skenovacieho softvéru, ich povrchy môžu byť ďalej zadefinované mapovaním textúr.

3D Modelovanie popisuje použitie softvérových nástrojov, ako sú CAD (Computer-Aided Design), k vytvoreniu 3D digitálnej reprezentácie objektu. 3D modelovanie sa využíva v automobilovom dizajne, výrobe priemyselných zariadení, architektúre, strojárstve a vývoje hier [21].

* + 1. Blender

Je bezplatný multiplatformový open-source 3D modelovací nástroj, vhodný pre  jednotlivcov. Podporuje celú 3D pipeline, čo zahŕňa modelovanie, manipuláciu, animácie, simulovanie, vykresľovanie, kompozíciu a sledovanie pohybu, vhodné pre herný dizajn a do videí. Pre pokročilých používateľov ponúka Blender API pre Python skriptovanie na prispôsobenie aplikácie a písanie špecializovaných nástrojov, ktoré sa neskôr zahŕňajú do budúcich verzií Blenderu [22].

Výhody Blender:

* Voľne dostupný open-source pre záujemcov 3D modelovania.
* Možnosť tvorby 2D animácií pomocou Grease Pencil.
* Obsahuje video editačné funkcie, čo konkurencia neponúka.
* Poskytuje Eevee, čo je vykresľovanie v reálnom čase pre svetelné efekty a scény.

Nevýhody Blender:

* Neintuitívne používateľské rozhranie pre začiatočníkov.
* Slabšie vykresľovacie schopnosti ako má konkurencia.
* Chýba mu špecializácia, exceluje v modelovaní a textúrovaní, ale zaostáva v požiadavkách 3D umelcov na pohybové grafiky [23].
  + 1. Cinema 4D

Cinema 4D je profesionálny softvér na modelovanie, animáciu, simuláciu a vykresľovanie 3D. Je to rýchly, výkonný, stabilný a flexibilný balík nástrojov pre efektívny a prístupný dizajn, VFX, AR/MR/VR, vývoj hier a všetkých typov vizualizácie [24]. Cinema 4D je hlavne používaný v kreatívnom priemysle pre 3D vizualizáciu a produktovú vizualizáciu, taktiež je často využívaných vo filmoch a televíznych seriáloch [25].

Výhody Cinema 4D:

* Bezpochyby najľahší na naučenie a ovládnutie pre začiatočníkov.
* Poskytuje vynikajúce možnosti simulácie častíc, ako sú mraky, oheň, voda, dym a prášok.
* Ideálny pre kombináciu pohybových grafík a vizuálnych efektov

Nevýhody Cinema 4D:

* Neexistuje bezplatná verzia, aj študentská licencia stojí 80€ ročne.
* Vyžaduje vysoko výkonný počítač, ak chce používateľ vykresliť scénu za jednu hodinu a menej.
* Pre náročnejšie projekty, je potrebné zakúpiť aj rozšírenia tretích strán [23].
  + 1. Autodesk 3ds Max

Je platený počítačový program na tvorbu 3D modelov a animovania digitálnych obrázkov. Patrí medzi najpopulárnejšie programy v priemysle počítačovej grafiky, obľúbený medzi vývojármi hier, TV štúdiami a architektmi. Stojí za ním spoločnosť Autodesk známa svojím softvérom ako je AutoCad a Maya. 3ds Max je používaný hlavne na modelovanie postáv a na vykresľovanie fotorealistických obrázkov budov a iných objektov [26].

Výhody 3ds max:

* Ponúka širokú škálu funkcií a možností, zahŕňajúc programovanie a prispôsobovanie.
* Skriptovací jazyk maxscript je relatívne ľahký na naučenie.
* Má vynikajúci editačný nástroj edit poly modifier a systém spline na trhu.

Nevýhody 3ds max:

* Cenovo náročný pre zakúpenie, existuje však študentská licencia
* Naučiť sa tento výkonný 3D softvér si vyžaduje čas.
* Môžu nastať kompatibilné problémy s iným softvérom Autodesk, ktoré si vyžadujú veľa doplnkov na funkčnosť.
* 3ds Max nie je multiplatformový, funguje iba na systéme Windows [27].
  1. Grafický softvér

Je typ počítačového programu pre tvorbu a úpravu obrázkov. Na dnešnom trhu je veľký rozsah dostupných programov pre tento účel. Jedná sa o jednoduché programy až po komplexné programy, ktoré umožňujú tvoriť dokonca aj 3D modely a animácie. Grafický softvér vieme rozdeliť do štyroch základných kategórií 28:

* Grafické programy pre vektorovú grafiku – obrázky sa tvoria z čiar a tvarov, nestrácajú na kvalite pri zväčšení a zmenšení, používajú sa hlavne pri tvorbe GUI.
* Grafické programy pre rastrovú grafiku – obrázok je zložený z pixelov, strata kvality pri zmenšení a zväčšení, používa sa pre tvorbu textúr.
* Grafické programy pre 3D grafiku – tvorba 3D modelov, používa sa prevažne v hernom dizajne.
* Grafické programy pre animácie – tvorba pohyblivých obrázkov, používa sa prevažne pre filmy, reklamy a hry 28
  + 1. GIMP
    2. Adobe Photoshop
  1. Umelá Inteligencia
     1. NVIDIA Canvas

1. Konkurenčné aplikácie
   1. Universe Sandbox
   2. Space Engine
   3. NASA's Eyes
2. Návrh a Implementácia
   1. Špecifikácia požiadaviek
3. Testovanie a ladenie

**Záver**

V závere je potrebné v stručnosti zhrnúť dosiahnuté výsledky vo vzťahu k stanoveným cieľom.

**Zoznam použitej literatúry**

1. **Petrova, M.** *Why there is a new global race to the moon*, [online]. 20.01.2024, [cit. 09.05.2024]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2024/01/20/why-there-is-a-new-global-race-to-the-moon-.html>
2. **SAYKILI, A.** *Higher education in the digital age: The impact of digital connective technologies*. Journal of Educational Technology and Online Learning, 2019, 2.1: 1-15. [cit. 10.05.2024]. Dostupné z: <https://eric.ed.gov/?id=ED591364>
3. **Huntington B. Goulding J. Pitchford N. J.** *Pedagogical features of interactive apps for effective learning of foundational skills*, British Journal of Educational Technology. 2023. [cit. 10.05.2024] ISSN 14678535. Dostupné z: <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/bjet.13317>
4. **ABRAMOV, D.** *Interactive Analysis Tools for Visualizing the Universe*. University of California, Santa Cruz, 2023. [cit. 10.05.2024]. Dostupné z: <https://www.proquest.com/openview/68f7fe43529067a68fe04903f9714252/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
5. **Bhatti K. Abela P.** **Hoppe J.** *How**do you learn and master a new game* *engine or* *game framework quickly and efficiently?* [online]. 2023, [cit 12.05.2024]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/advice/0/how-do-you-learn-master-new-game-engine-framework-quickly>
6. **arm,** *Game Engines* [online]. 2021, [cit. 10.05.2024]. Dostupné z: <https://www.arm.com/glossary/gaming-engines>
7. **Unreal Engine**, *Unreal engine features* [online]. 2018, [cit. 10.05.2024]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US/features>
8. **AL L., Hussain A. J**. *The Path of unity or the Path of unreal? A Comparative Study on Suitability for Game Development*. Journal of Student Research, 2019, [cit. 11.05.2024]. Dostupné z: <https://www.jsr.org/index.php/path/article/view/976/823>
9. **LINIETSKY, J.** *Godot 2.0: Talking with the Creator* [online]. 2016, [cit. 11.05.2024]. Dostupné z: <https://imetatech.io/blog/unity-unreal-godot-comparison>
10. **HOLFELD, J.** *On the relevance of the Godot Engine in the indie game development industry*. [online]. arXiv preprint arXiv:2401.01909, 2023, [cit. 11.05.2024]. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/2401.01909>
11. **Sabiq**, *Comparison of Unity vs Unreal Engine Vs Godot* [online]. 2023, [cit. 11.05.2024]. Dostupné z: <https://imetatech.io/blog/unity-unreal-godot-comparison>
12. **Studio Cherno,**  *Hazel Engine* [online]. 2022, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://hazelengine.com/>
13. **Chernikov Y.** *I ACCIDENTALLY Created Hazel's Greatest Feature* [online]. 2024, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=yMRp9DVZYnI>
14. **Unity**, *Unity Engine* [online]. 2024, [cit. 10.05.2024]. Dostupné z: <https://unity.com/>
15. **Red Hat**,*What is an IDE?* [online]. 2019, [cit. 12.05.2024]. Dostupné z: <https://www.redhat.com/en/topics/middleware/what-is-ide>
16. **Unity Documentation,** Integrated development environment (IDE) support [online]. 2022, [cit. 12.05.2024]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/ScriptingToolsIDEs.html>
17. **Microsoft**, *Visual Studio* [online]. 2022, [cit. 12.05.2024]. Dostupné z: <https://visualstudio.microsoft.com/cs/>
18. **Microsoft,** *Compare Visual Studio Editions 2022* [online]. 2022, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://visualstudio.microsoft.com/cs/vs/compare/>
19. **JetBrains**, *Rider* [online]. 2017, [cit. 12.05.2024]. Dostupné z: <https://www.jetbrains.com/rider/>
20. **Palatkar S.** *VS Code Extensions For Near IDE Experience* [online]. 2018, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://faun.pub/vs-code-extensions-for-complete-ide-experience-bca5bb2f0f90>
21. **Siemens,** *3D Modeling* [online]. 2021, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://www.sw.siemens.com/en-US/technology/3d-modeling/>
22. **Blender,** *About* [online]. 2019, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://www.blender.org/about/>
23. **RebusFarm,** *Cinema 4D vs. Blender: Choosing the Right 3D Software* [online]. 2024, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://rebusfarm.net/blog/blender-vs-cinema-4d-choosing-the-right-3d-software>
24. **Maxon,** *Cinema 4D* [online]. 2024, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://www.maxon.net/en/cinema-4d>
25. **Render Farm,** *What is Cinema 4D used for?* [online]. 2022, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://garagefarm.net/blog/what-is-cinema-4d-used-for>
26. **Petty, J.** *What is 3ds Max & What is it Used For?* [online]. 2016, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://conceptartempire.com/what-is-3ds-max/>
27. **iMashup,** *3ds Max: Pros, Cons, Quirks, and Links* [online]. 2018, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://medium.com/imeshup/3ds-max-pros-cons-quirks-and-links-a2a48832dbbe>
28. **GeeksForGeeks,** *What is Graphics Software?* [online]. 2022, [cit. 13.05.2024]. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-graphics-software/>
29. **Photoshop**
30. **Gimp**
31. **Umela inteligencia**
32. **Foocus**
33. **Stable diffusion**
34. **Midjorney**
35. **Space engine**
36. **Sandbox**
37. **Nasa**
38. **UÍM**, *Softvérové inžinierstvo*, [online]. 2023, [cit. 10.05.2024] Dostupné z: <https://uim.fei.stuba.sk/predmet/b-swi/>
39. **Thirslund, A.** *SETTINGS MENU in Unity*. [online]. 06.12.2017, [cit. 10.05.2024]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=YOaYQrN1oYQ>
40. **Brush, T.** *Make a A Gorgeous Start Menu (Unity UI Tutorial)!.* [online]. 23.01.2019, [cit. 10.05.2024].   
    Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=vqZjZ6yv1lA>
41. **Tesseract.** *20 Advanced Coding Tips For Big Unity Projects*. [online]. 14.11.2022, [cit. 10.05.2024]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=dLCLqEkbGEQ>

**Prílohy**

Príloha A: Štruktúra elektronického nosiča . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . II

Prílohy sú „číslované“ písmenami A, B, C...

Príloha A: Štruktúra elektronického nosiča

Štruktúra elektronického nosiča (CD, DVD, atď.) s kompletnou digitálnou verziou tlačenej formy práce, vrátane príloh, funkčných zdrojových kódov, programov (aplikácií) pripravených na inštalovanie a iných, vo všeobecnosti ťažko opísateľných ale potrebných častí. Elektronický nosič musí mať obal, pomocou ktorého sa pevne pripevní do práce. Nosič musí mať popis obsahu a meno autora.