



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

POČÍTAČOVÁ HRA PRO BOJ SE SUCHEM V UNITY

A COMPUTER GAME TO FIGHT DROUGHT IN THE COUNTRYSIDE IN UNITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARIÁN ZIMMERMANN

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VÍTĚZOSLAV BERAN, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce



148553

Ústav: Ústav počítačové grafiky a multimédií (UPGM)
Student: **Zimmermann Marián**
Program: Informační technologie
Specializace: Informační technologie
Název: **Počítačová hra pro boj se suchem v Unity**
Kategorie: Uživatelská rozhraní
Akademický rok: 2022/23

Zadání:

1. Seznamte se s principy vývoje her, podobnými edukativními počítačovými hrami, základními opatřeními proti vysychání krajiny a vývojem aplikací na platformě Unity.
2. Navrhněte simulační hru, která umožní hráči aplikovat v malé lokalitě typu vesnice různá opatření proti vysychání krajiny a na základě jednoduchých modelů a pravidel sledovat dopad těchto opatření. Zaměřte se především na efektivní ovládání a dobrou hrátelnost.
3. Navrženou hru implementujte na platformě Unity s využitím vhodných existujících knihoven a doplňků.
4. Řešení průběžně testujte a vylepšujte na reálných uživatelích.
5. Prezentujte klíčové vlastnosti řešení formou plakátu a krátkého videa.

Literatura:

- K. Becker, J.R. Parker. The Guide to Computer Simulations and Games 1st Edition. Wiley; 1st edition. ISBN: 978-1118009239.
- Nicholas Lowell. The pyramid of game design: designing, producing and launching service games. CRC Press, 2019. ISBN: 978-1-138-29889-7.
- Tomáš Holan. Unity: První seznámení s tvorbou počítačových her. Edice CZ.NIC.
- Dále dle pokynů vedoucího.

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:
Body 1., 2. a částečně body 3. a 4.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Beran Vítězslav, Ing., Ph.D.**
Vedoucí ústavu: Černocký Jan, prof. Dr. Ing.
Datum zadání: 1.11.2022
Termín pro odevzdání: 10.5.2023
Datum schválení: 31.10.2022

Abstrakt

Cielom tejto bakalárskej práce je vytvoriť edukatívnu hru, ktorá má upozorniť hráča na problematiku sucha a naučiť ho, ako sa proti nemu dá brániť. Hra simuluje časť krajiny, ktorá je reprezentovaná políčkami. Hráč aplikuje na políčka rôzne opatrenia a sleduje, ako vplývajú na krajinu. Hráčovi je položená výzva, ktorú musí splniť. Pre optimalizáciu herných mechaník a hrateľnosti boli vytvorené simulácie. Hra je vytvorená v hernom engine Unity.

Abstract

The goal of this bachelor thesis is to create an educational game that raises awareness of the issue of drought and teaches players how to defend against it. The game simulates a part of the country represented by fields. The player applies various measures to the fields and observes how they affect the landscape. The player is presented with a challenge that they must complete. Simulations were created to optimize game mechanics and playability. The game was created using the Unity game engine.

Kľúčové slová

Unity, edukatívna hra, simulácie, simulátor, sucho, Blender

Keywords

Unity, educational game, simulations, simulator, drought, Blender

Citácia

ZIMMERMANN, Marián. *Počítačová hra pro boj se suchem v Unity*. Brno, 2023. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Vítězoslav Beran, Ph.D.

Počítačová hra pro boj se suchem v Unity

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne pod vedením pána Ing. Vítězslava Berana, Ph.D. Uviedol som všetky literárne pramene, publikácie a ďalšie zdroje, z ktorých som čerpal.

.....
Marián Zimmermann
10.05. 2023

Podakovanie

Chcem sa poďakovať vedúcemu práce pánovi Ing. Vítězslavovi Beranovi, Ph.D., za cenné rady, časté konzultácie a dobré nápady pri tvorbe tejto práce.

Obsah

1	Úvod	2
2	Teória	3
2.1	Sucho	3
2.2	Vzdelávacie hry	5
2.3	Existujúce hry	6
2.4	Herné enginy	9
2.5	Modelovanie a simulácie	12
3	Návrh	14
3.1	Analýza zadania	14
3.2	Návrh hry	14
3.3	Matematický model	16
3.4	Hrateľnosť a simulácie	17
3.5	Návrh architektúry	20
3.6	Návrh GUI	20
3.7	Užívateľské požiadavky	22
4	Implementácia	24
4.1	Softwarová architektúra	24
4.2	Mechanika hry	25
4.3	Simulácie	26
4.4	Interakcia	29
4.5	Testovanie	33
5	Záver	38
	Literatúra	39
	A Obsah priloženého pamäťového média	41
	B Plagát	42

Kapitola 1

Úvod

Nie je tomu až tak dávno, keď sa hry považovali len za stratu času a hovorilo sa o nich, že v ľuďoch vzbudzovali len násilie. Ako plynie doba, tento stereotyp opadáva a hry sa stávajú čoraz väčšou súčasťou našich životov. V dnešnej dobe denne vychádza veľké množstvo malých, ale aj veľkých hier. Najrýchlejšie rastie odvetvie elektronických športov, v ktorom vidí veľa ľudí vysoké zisky. Keď človek počuje slovo hra, tak si ako prvé predstaví zábavu a odreagovanie sa. Hry môžu ale slúžiť aj na vzdelávanie, hlavne v momentálnej dobe koronavírusu umožňujú žiakom na školách vzdelávať sa interaktívne aj spoza obrazoviek svojich počítačov.

Jednou z aktuálnych tém je sucho. Všade vo svete môžeme vidieť protesty zamerané voči globálnemu otepľovaniu. Naša planéta sa otepluje a sucho sa stáva čoraz častejším a bežnejším javom. Z tohto dôvodu je dôležité sa začať proti nemu brániť, aby sme mohli predísť rôznym katastrofám – ako hladomoru alebo rozsiahlym požiarom.

V mojej práci sa snažím vzdelávacie hry využiť na upozornenie voči stále narastajúcej hrozbe sucha a vytvoriť hru, ktorá túto problematiku priblíži študentom zábavným a interaktívnym spôsobom. Hra bude simulovať krajinu mapy, na ktorej si hráči vyskúšajú, aké je to budovať rôzne opatrenia voči suchu a uvidia, ako vplývajú na krajinu. Pre vzdelávacie účely je dôležité, aby interpretácia týchto opatrení bola čo najpresnejšia.

Táto práca sa skladá z 3 častí. Prvá časť práce je teoretická a venuje sa analýze problému sucha a jeho vplyvu na spoločnosť a životné prostredie. Ďalej sa venuje vývoju vzdelávacích hier a ich využitiu v edukačnom procese. Druhá časť práce je návrhová a zahŕňa analýzu zadania, kde je špecifikovaný cieľ a požiadavky na hru. Popísaný je návrh hry, ktorý zahŕňa jej architektúru, herné prvky, mechaniky a vizuálny dizajn. Posledná časť práce je implementačná a zaoberá sa tvorbou a implementáciou jednotlivých častí hry. Zakončená je procesom testovania a jeho výsledkami.

Kapitola 2

Teória

Táto kapitola sa zaoberá teóriou o suchu a tvorbe vzdelávacích hier. Okrem toho skúma už existujúce hry a herné enginy.

2.1 Sucho

Sucho je dlhodobý nedostatok zrážok v určitej oblasti, ktorý má negatívny dopad na prírodné a ľudské systémy. Existuje viacero definícií sucha v závislosti od toho, aký aspekt sa zdôrazňuje. Podľa Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [5], suchom rozumieme „trvajúci nedostatok zrážok v porovnaní s priemernou úrovňou, ktorý vedie k nedostatku vody“. Kvôli následkom klimatických zmien je sucho čím ďalej tým častejšia záležitosť. Sú odhady o tom, že do konca 21. storočia bude suchom zasiahnutý celý svet [12].

Čo je to sucho

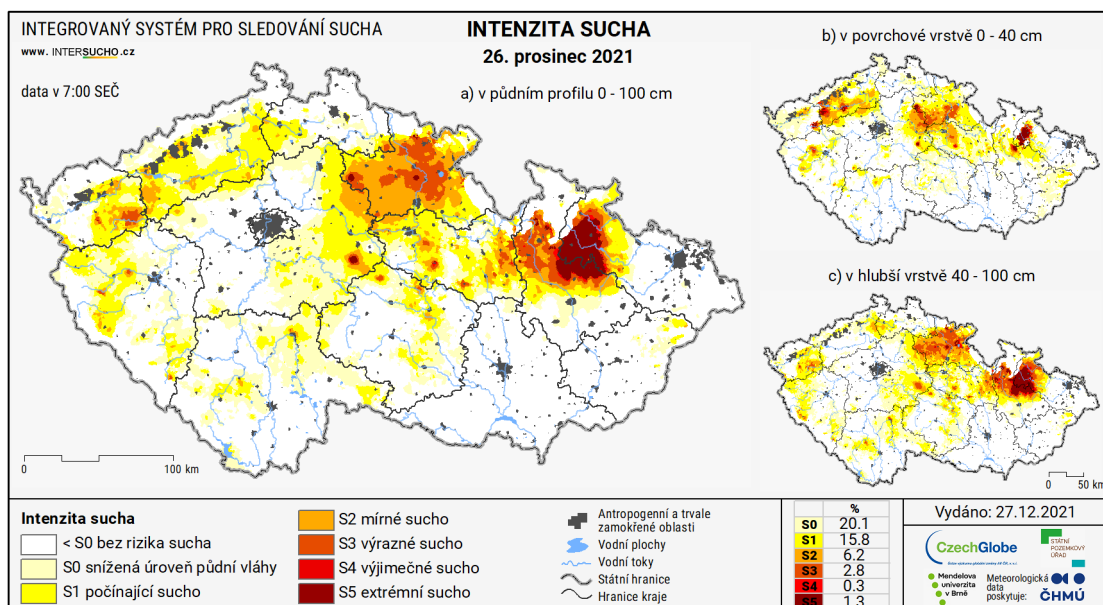
Existujú 4 úrovne sucha:

- Meteorologické – menší počet zrážok v danom období
- Poľnohospodárske – sucho v pôde, plodiny nemajú dostatok vlahy
- Hydrologické – zníženie hladín vodných tokov
- Socioekonomické – ekonomické straty (zastavenie lodnej dopravy, menší výnos z plodín)

Dôsledkom sucha dochádza k odumieraniu rastlínstva, úhynu živočíchov alebo až k zrúteniu celého ekosystému. Takisto ale vysušená krajina je omnoho viac náchylnejšia k požiarom, čo môže spôsobiť rozsiahle škody lesných porastov [13].

Oblasti najviac postihnuté suchom v Českej republike

Na obrázku 2.1 môžeme vidieť, že v rámci Českej republiky sú najväčšie problémy so suchom na severe, a to hlavne v Moravsko-sliezskom kraji.



Obr. 2.1: Mapa stavu sucha porovnaná s výsledkami z rokov 1961 – 2010 zo dňa 26.12. 2021. Prebraté z [9]

Riešenie

Podľa UNCCD [10] v boji proti suchu sú dôležité tieto 3 body:

- Monitorovanie sucha a skoré varovné systémy
- Vyhodnotenie zraniteľnosti a rizík
- Zminimalizovanie škôd

Monitorovanie sucha a skoré varovné systémy

Na to, aby sme boli schopní predpovedať sucho, je dôležité, aby sme mali kvalitné dáta a dokonalú znalosť prostredia, v ktorom by mohlo nastať. Tieto predpovede ale väčšinou nie sú spoľahlivé a zasahujeme, až keď je príliš neskoro. S väčším množstvom dát o znalosti prostredia by sme mohli predísť katastrofám – ako požiare alebo hladomor. Aj keď všetky typy súch pramenia z nedostatku zrážok, je potrebné sledovať aj iné faktory – ako prúd vody, množstvo podzemnej vody, plnosť jazier, nádrží a vlhkosť pôdy.

Vyhodnotenie zraniteľnosti a rizík

V závislosti od miesta záleží na tom, aké následky bude mať menej zrážok v danej oblasti. V oblastiach, kde je prístup k podzemnej vode, sú postavené nádrže a je vysoká vlhkosť pôdy, budú menšie následky sucha. V oblastiach, kde tieto podmienky ale chýbajú, môže veľmi rýchlo prísť k odumieraniu plodín, a to môže viesť k nedostatku potravy. Medzi dôležité posudky ohrozenej oblasti platí napríklad nasledovné:

- Posudzovanie dôvodov zraniteľnosti

- Odhadovanie potencionálnych škôd spôsobených suchom
- Zisťovanie schopnosti zotavenia sa postihnutých komún
- Skúmanie najviac rizikových oblastí a identifikácia možných opatrení, ktoré by mohli zminimalizovať škody

Zminimalizovanie škôd

Existuje množstvo opatrení, ktoré buď zvýšia odolnosť proti suchu alebo znížia jeho následky, keď nastane. Opatrenia, ktoré sa môžu zaviesť, záležia hlavne od stavu krajiny. Toto sú niektoré z opatrení:

- Zachytávanie vody, ochrana vodných zdrojov voči kontaminácii, vytváranie vlastných vodných zdrojov ako priehrad, rybníkov a studní
- Zvyšovanie kapacity zadržovania vody sadením stromov
- Sadenie plodín, ktoré sú suchu prispôsobené
- Lepšie a častejšie zavlažovanie

Dôležitou súčasťou ako sa brániť proti suchu je aby čo najviac ľudí poznalo túto problematiku [6]. Suchu nezabráname, ale sme schopní zminimalizovať jeho škody. Každý z nás môže prispieť. Najmenej čo môžeme urobiť je, že pri čistení zubov zastavíme vodu, ušetříme tým približne až 380 litrov vody mesačne. Ďalšou možnosťou je používať zariadenia, ktoré šetria vodu. Okrem šetrenia je dôležité udržiavať aj čistotu vody, aby sa dala používať. Existuje množstvo zákonov, ktoré firmám zakazujú vodu znečisťovať, ale neexistujú takmer žiadne, ktoré sa týkajú našich domácností, a preto by sme si mali dávať pozor, aké chemikálie vylievame. Jeden z príkladov je olej z auta. Stavba priehrad nám pomáha zachytiť vodu, ktorá vznikne počas zrážok a je následne použiteľná pri obdobiach sucha. Ak sa nachádzame v oblasti s podzemnou vodou, tak ju možno čerpať pomocou studní. Práve edukatívna hra by mohla pomôcť s väčším oboznámením sa s touto problematikou a zmierniť následky sucha.

2.2 Vzdelávacie hry

Hry určené pre výuku a vzdelanie sú označované ako didaktické hry. Jiří Dostál [3] popisuje didaktickú hru ako software, ktorý umožňuje rozvoj osobnosti človeka zábavnou formou. Vzdelávanie v rámci hier predstavuje ľuďom zábavnejšie a interaktívnejšie vysvetlenie danej problematiky, čo pomáha dlhšie sa sústrediť a udržať pozornosť. Hraním vzdelávacích hier sa ľudia dokážu učiť až o 23% efektívnejšie ako pri bežnom vzdelávaní [4].

Ďalej Dostál [3] rozdeľuje hry na základe skúmania 148 výukových programov domáceho či zahraničného pôvodu nasledovne:

- Podľa miery interaktivity
- Podľa úrovne vzdelania
- Podľa miery poskytovania spätnej väzby
- Podľa organizovanosti vzdelávania

- Podľa online/offline funkčnosti
- Podľa tematického rozsahu
- Podľa možnosti vnímania
- Podľa jazykových mutácií
- Podľa verzie
- Podľa počtu didaktických funkcií
- Podľa zamerania na jednotlivé predmety

V posledných rokoch sa didaktické hry stali veľmi populárnymi nielen medzi učiteľmi a školami, ale aj medzi rodičmi, ktorí hľadajú spôsoby, ako pomôcť svojim deťom zlepšiť ich vzdelávacie výsledky. Existuje mnoho didaktických hier zameraných na rôzne vekové skupiny a témy, od základných početných a gramatických cvičení až po rozsiahlejšie a zložitejšie hry, ktoré pomáhajú rozvíjať kreativitu a kritické myslenie.

Rozdiel medzi vzdelávaciou hrou a aplikáciou

Na rozdiel od aplikácie potrebuje vzdelávacia hra mať aj nejaký príbeh, postavy alebo miesto, ktoré urobia učenie zábavné [11]. Dobrá vzdelávacia hra by mala spĺňať nasledovné:

- Miešanie vzdelávacích prvkov a mechaník
- Vytvorenie príbehu, ktorý vzbudzuje v hráčovi zvedavosť, čo bude ďalej
- Kvalita grafiky, animácií a zvukových efektov

Vývoj vzdelávacích hier

Vývoj edukačnej hry je komplexný proces, ktorý zahŕňa niekoľko krokov, ktoré je potrebné dôkladne premyslieť a zvážiť. Prvým krokom je určenie témy hry a cieľového publika. Tento krok 6 zahŕňa aj zhromaždenie informácií o cieľovom publiku a jeho vzdelávacej úrovni. Na základe týchto informácií môže byť potom vytvorený učebný plán a zvažované potrebné zručnosti, ktoré majú byť zlepšené hrou [7].

Dôležitým krokom vývoja edukačnej hry je tiež spolupráca s odborníkmi na danú tému, ktorí pomôžu zabezpečiť, že obsah hry je správny a zodpovedá potrebám cieľového publika. Týmto sa zabezpečí, že hra bude efektívna a bude mať pozitívny dopad na vzdelávanie [2].

V ďalších krokoch vývoja sa potom zameriava na tvorbu hrateľnosti, zabezpečenie správnej technickej funkčnosti a vizuálneho dizajnu. Dôležitou súčasťou vývoja edukačnej hry je aj testovanie a vyhodnocovanie efektívnosti hry, čo môže byť realizované pomocou rôznych testov a simulácií [7].

2.3 Existujúce hry

Existuje niekoľko edukačných hier, ktoré sa zameriavajú na prírodné katastrofy, ale v malej miere zaberajú problematiku sucha. Sucho sa väčšinou v týchto hrách vyskytuje len ako element pri vzniku požiarov. Pri skúmaní týchto hier sa zameriavam hlavne na interaktivitu, hrateľnosť a edukačnosť.

Stop Disasters!

Stop disasters ¹ je jeden z najväčších projektov, ktorý sa zameriava na katastrofy. Jedná sa o hru, ktorú môžeme priamo hrať vo webovom prehliadači. Na začiatku hry si hráč vyberie katastrofu, voči ktorej chce robiť opatrenia. Konkrétne si môže zvoliť medzi tsunami, zemetrasením, lesným požiarom, záplavami a hurikánom. Pohľad na hru môžeme vidieť na obrázku 2.2.



Obr. 2.2: Obrázok z hry Stop Disasters! ¹

Na obrázku 2.2 môžeme vidieť stav hry po spustení katastrofy lesných požiarov. Problematika sucha sa tu vyskytuje vo forme vysušenej prírody a našou úlohou je ju zavlažiť. V rámci interaktivity môže hráč klikáť na jednotlivé políčka a umiestňovať na ne opatrenia. Po stránke hrateľnosti sa musí hráč správne rozhodnúť, aké opatrenie na aké políčko použiť, aby bolo čo najefektívnejšie. V tom mu pomáha edukatívna stránka hry, ktorá funguje tak, že ak hráč urobí niečo správne, tak mu hra vysvetlí, prečo je to tak.

¹<https://www.stopdisastersgame.org/>



Obr. 2.3: Obrázok z hry Stop Disasters!¹
po začatí katastrofy.

Climate Quest

V hre Climate Quest² hráči ovládajú niekoľko expertov a musia sa vysporiadať s rôznymi klimatickými výzvami. V hre sa každú chvíľu objaví nejaká katastrofa. Po kliknutí na katastrofu sú hráčovi poskytnuté informácie, ako jej zabrániť. V rámci interaktivity hráč klikaním premiestňuje experta na políčka s katastrofami. Hrateľnosť sa v tomto prípade zameriava na rýchlosť. Hráč musí v určitom čase umiestniť správneho experta na katastrofu. Edukatívnosť a hrateľnosť sú spolu prepojené, pretože aby hráč mohol premiestniť správneho experta na katastrofu, tak si musí najskôr prečítať, ako sa jej dá zabrániť. Na obrázku 2.2 môžeme vidieť ako hra vypadá, vrátane udalosti sucha a navrhnutých riešení.

²<https://earthgamesuw.itch.io/climate-quest>



Obr. 2.4: Obrázok z hry Climate Quest ²

2.4 Herné engine

Herný engine je software slúžiaci k vývoju hier, ktorý ho pomáha optimalizovať a zjednodušovať [1]. V tejto podkapitole budú popísané populárne herné engine vrátane ich silných a slabých stránok.

Unity

Unity ³ je jeden z najpopulárnejších herných engine. V Unity je možné vytvoriť 2D aj 3D hry, pričom ako programovací jazyk sa používa C#. Na obrázku 2.5 je vidno hru vytvorenú pomocou tohto engine. Medzi silné stránky Unity patrí:

- Vysoká flexibilita a rozsiahla funkčnosť – Unity umožňuje tvorbu hier pre rôzne platformy a podporuje množstvo grafických a zvukových efektov, čo umožňuje vývojárom tvoriť komplexné hry. Unity umožňuje tvorbu hier pre rôzne platformy a podporuje množstvo grafických a zvukových efektov, čo umožňuje vývojárom tvoriť komplexné hry.
- Intuitívne používateľské rozhranie – Editor Unity je veľmi jednoduchý na používanie a poskytuje množstvo nástrojov pre rýchle prototypovanie a tvorbu hier.
- Veľká a aktívna komunita – Unity má veľkú a rastúcu komunitu vývojárov, ktorí poskytujú tutoriály, zdrojové kódy a iné užitočné informácie pre začínajúcich aj skúsených vývojárov.

Slabé stránky Unity zahŕňajú:

³<https://unity.com/>

- Zložitosť tvorby pokročilých hier – Aj keď Unity umožňuje vývojárom tvoriť pokročilé hry, niektoré aspekty tvorby hier môžu byť náročnejšie a vyžadovať odborné znalosti a skúsenosti.
- Závislosť na iných nástrojoch – Na tvorbu hier v Unity je často potrebné použiť aj iné nástroje a programy, ako napríklad 3D modelovacie softvéry a nástroje na tvorbu animácií.

Poplatky za licenciu sa líšia na základe ročného zárobku nasledovne:

- zadarmo do 100 000\$ ročne
- 40\$ mesačne medzi 100 000\$ a 200 000\$ ročne
- 150\$ mesačne nad 200 000\$ ročne



Obr. 2.5: Obrázok z populárnej hry Escape from Tarkov vytvorenej v Unity. Obrázok prevzatý z ⁴

Unreal Engine

Unreal Engine ⁵ sa využíva najčastejšie pri vývoji AAA hier. Programovacím jazykom je C++. Medzi silné stránky Unreal Engine patria:

- Vysoká kvalita grafiky – Unreal Engine poskytuje vývojárom množstvo nástrojov na tvorbu vysoko kvalitných a realistických vizuálnych efektov, ktoré umožňujú vytvárať vizuálne náročné a atraktívne hry.
- Veľké množstvo nástrojov pre tvorbu hier – Unreal Engine poskytuje množstvo nástrojov a funkcií pre tvorbu hier, vrátane možnosti vytvárať hry pre rôzne platformy.

Slabé stránky Unreal Engine tvoria:

⁴<https://sundaysundae.co/best-games-made-with-unity/>

⁵<https://www.unrealengine.com/en-US/Unreal>

- Zložitosť tvorby hier – Unreal Engine poskytuje vysokú úroveň prispôsobenia a možností, avšak to zároveň znamená aj náročnejší proces tvorby a optimalizácie hier.
- Vysoké nároky na hardware – Unreal Engine vyžaduje vysoký výkon hardvéru pre vývoj aj pre hranie hier, čo môže byť pre niektorých užívateľov problematické.

Licencia je zadarmo, ale ak tržby presiahnu 1 000 000\$, tak si Unreal Engine účtuje 5% z každej ďalšej predanej kópie hry. Na obrázku 2.6 je vidno záber z hry vytvorenej pomocou Unreal Engine.



Obr. 2.6: Obrázok z hry Ark Survival Evolved vytvorenej v Unreal Engine. Obrázok prevzatý z ⁶

Godot

V Godot ⁷ sa dajú vytvárať 2D aj 3D hry. Podporuje škálu programovacích jazykov medzi ktoré patria napríklad C++ a C#. Medzi silné stránky Godot patria:

- Rýchlosť a optimalizácia – Godot je známy svojou rýchlosťou a optimalizáciou pre tvorbu hier. Engine používa vlastné riešenia pre fyziku, kolízie a osvetlenie, ktoré umožňujú tvorbu hier s vysokým výkonom aj na starších počítačoch.
- Nízke hardvérové požiadavky – Godot má nízke hardvérové požiadavky, čo znamená, že ho môžete použiť aj na starších počítačoch alebo na mobilných zariadeniach.

Naopak medzi slabé stránky Godot patria:

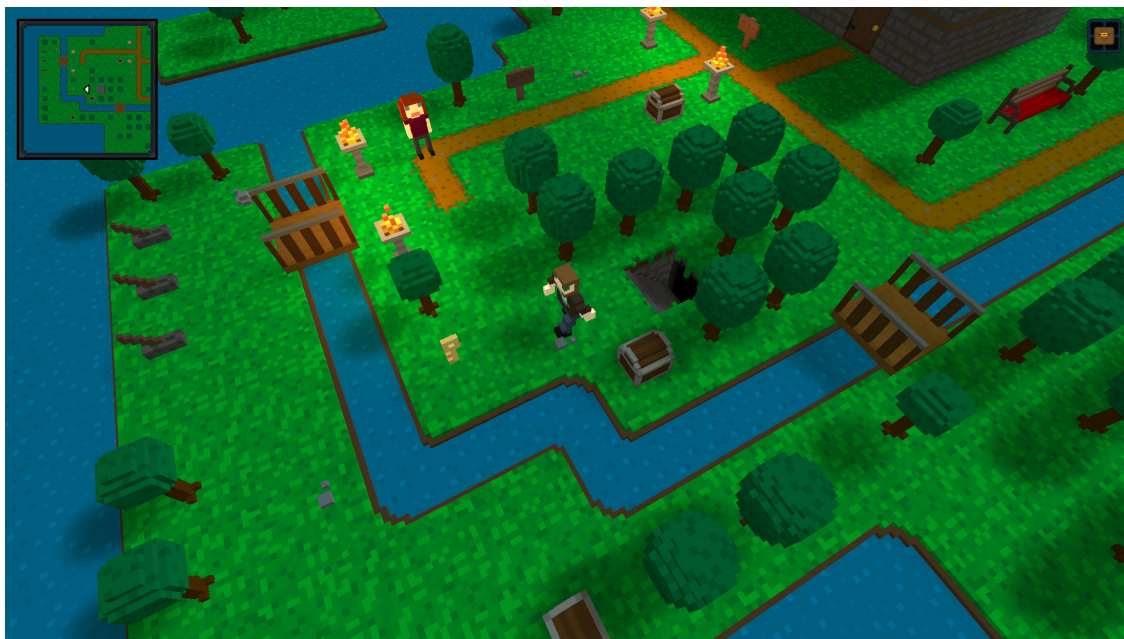
- Menšia komunita – Godot má menšiu komunitu ako iné herné enginy, čo môže mať za následok menšie množstvo príkladov a tutoriálov na internete.

⁶<https://www.avg.com/en/signal/ark-survival-evolved-performance-guide>

⁷<https://godotengine.org/>

- Menšie množstvo funkcií – Godot ponúka menej funkcií a nástrojov ako niektoré iné herné enginy, čo môže byť obmedzujúce pre niektoré projekty.

Godot je zadarmo a neúčtuje si žiadne poplatky a zisk z vyrobených hier. Na obrázku 2.7 je vidno príklad hry, ktorá bola vytvorená v tomto engine.



Obr. 2.7: Obrázok z hry Rpg in a Box vytvorenej v Godot. Obrázok prevzatý z ⁸

2.5 Modelovanie a simulácie

Táto podkapitola je venovaná základným pojmom z oblasti modelovania a simulácií.

Modelovanie

Modelovanie je proces tvorby abstraktného modelu skutočného systému, ktorý sa má simulovať. Model môže byť založený na matematických rovniciach alebo na iných typoch vzťahov. Cieľom modelovania je vytvoriť jednoduchší a zrozumiteľnejší model, ktorý zodpovedá chovaniu systému v reálnom svete. Model môže zahŕňať rôzne faktory, ktoré ovplyvňujú chovanie systému, ako sú napríklad zmeny vstupov alebo výstupov, zmeny v prostredí alebo vlastnosti systému samotného [8].

Simulácia

Simulácia je proces, v ktorom sa model použije na predpovedanie chovania systému. Tento proces umožňuje experimentovať s rôznymi scenármi a predpovedať, aké bude správanie systému v rôznych situáciách. Simulácia môže byť použitá na riešenie rôznych problémov, ako napríklad zlepšenie výkonu systému alebo optimalizáciu rôznych parametrov [8].

⁸https://store.steampowered.com/app/498310/RPG_in_a_Box/?l=czech

Existuje niekoľko rôznych typov simulácií, ako sú napríklad diskretná simulácia, spojitá simulácia a Monte Carlo simulácia. Diskretná simulácia sa používa na modelovanie procesov, ktoré sa odohrávajú v diskretných krokoch, ako napríklad výrobný proces alebo prevádzka systému. Spočíva v tom, že sa modeluje každý krok procesu a predpovedá sa, aké bude správanie systému po každom kroku. Spojitá simulácia sa používa na modelovanie procesov, ktoré sa odohrávajú v čase. Monte Carlo simulácia sa používa na predpovedanie výsledkov výpočtu pomocou generovania náhodných čísel [8].

Kapitola 3

Návrh

V tejto kapitole bude popísaný postup návrhu hry. Začína analýzou zadania a postupne prebieha návrh hry.

3.1 Analýza zadania

Cieľom tejto práce je vytvoriť vzdelávaciu hru, ktorá sa bude zameriavať na čoraz väčšiu problematiku sucha. Pri vývoji takejto hry (viď kapitola Vývoj vzdelávacích hier) je prvým krokom určenie publika. Stredoškolské a vysokoškolské publikum je vhodné pre túto hru, pretože je to veková skupina, ktorá sa nachádza v období intenzívneho učenia a objavovania nových vecí. Táto hra môže byť pre nich zaujímavá ako zdroj nových poznatkov o problematike sucha a zároveň im poskytnúť zábavnú formu učenia. Okrem toho sú zvyčajne zručnejší v používaní technológií a majú väčšiu motiváciu na hranie hier. Ďalším krokom je zabezpečiť edukatívnosť tejto hry. Je potrebné dôkladne si naštudovať túto problematiku. V tomto prípade sa spojiť s odborníkmi, ktorí sa problémom sucha zaoberajú. Takáto spolupráca môže zabezpečiť, že informácie, ktoré hráč dostane, budú odrážať skutočné riešenia v reálnom svete. Následne treba zabezpečiť hratelnosť, ktorá bude hráča povzbudzovať v procese vzdelávania. Hráč potrebuje dostať určitý cieľ a na základe edukatívnych prvkov sa k tomuto cieľu dopracovať. Efektívna hratelnosť sa dá zabezpečiť pomocou simulácií, ktoré pomôžu správne nastaviť efektívnosť herných mechaník a následne proces testovania hry na užívateľoch z určenej vekovej kategórie

3.2 Návrh hry

Vytvorená hra by mala upovedomiť hráča o vplyve sucha a možnostiach ako sa pred ním brániť. Na základe prieskumu už existujúcich hier by bolo vhodné vytvoriť simuláciu krajiny podobne ako v hre Stop Disasters! (viď. kapitola Existujúce hry). Krajina bude tvorená políčkami rôzneho typu, kde každý typ políčka bude mať iné vlastnosti. Konkrétne bude tvorená týmito políčkami:

- Les
- Lúka
- Cesta
- Dom

- Pole
- Vodný tok

Každé políčko bude dávať hráčovi určitý výnos a bude mať vplyv na index zádrže vody (IZV). Tento index bude určovať ako dobre je krajina zabezpečená pred vplyvom sucha. Bude ho možné 14 zvyšovať opatreniami, ktoré hráč bude môcť aplikovať na jednotlivé políčka. Hráči by mohli experimentovať s rôznymi vylepšeniami a vidieť, ako sa tieto zmeny prejavia na úrovni celého územia. Simulátor by pomohol hráčom lepšie pochopiť problematiku sucha a naučiť ich, ako prijať opatrenia na minimalizáciu následkov sucha a ochranu územia. Tým by sa hráči stali lepšie pripravení na možné výzvy a problémy súvisiace s touto problematikou v skutočnom živote.

Návrh opatrení

Opatrenia budú hlavným zdrojom edukatívneho aspektu hry. Na základe konzultácie s neziskovou organizáciou Voda Lidé Krajina¹, ktorá sa zaoberá touto problematikou v Českej republike, mi boli poskytnuté materiály, v ktorých sú navrhnuté a popísané jednotlivé opatrenia, ktoré sa využívajú pri riešení problému sucha. Vďaka tejto konzultácii boli pre každé políčko zvolené 2 opatrenia.

Les

- **Zmiešané lesy** – Rôzne druhy stromov a rastlín v zmiešaných lesoch majú rôzne hĺbky koreňových systémov. Tento rozmanitý koreňový systém umožňuje, aby voda bola uložená v hĺbkach pôdy, ktoré sú ťažko dosiahnuteľné pre iné druhy stromov. To pomáha udržiavať vlhkosť v pôde a znižovať úbytok vody.
- **Zalesňovanie** – Zelené rastliny a stromy dokážu absorbovať a udržiavať vodu v pôde, čím sa znižuje riziko povodní a zlepšuje sa kvalita pôdy. Okrem toho stromy a rastliny uvoľňujú vodu do ovzdušia, čím znižujú teplotu a zvyšujú vlhkosť v okolí.

Lúka

- **Swale** – Swale je technický termín, ktorý sa používa na označenie jarku alebo kanála, ktorý je navrhnutý tak, aby pomáhal zadržiavať vodu v pôde. Swale funguje tak, že zadržiava vodu, ktorá by inak odtekala z povrchu pôdy a umožňuje jej postupné vsiaknutie do pôdy.
- **Sadenie rastlín odolných voči suchu** – Tieto rastliny majú schopnosť udržiavať si vodu vo vnútri svojich buniek a taktiež majú väčšie množstvo kožovitého tkaniva, ktoré slúži ako bariéra pre vyparovanie vody. Okrem toho majú aj hlbší koreňový systém, ktorý im umožňuje získať vodu z hlbších vrstiev pôdy.

Cesta

- **Vysádzanie zelene** – Zeleň má schopnosť znižovať povrchovú eróziu a zlepšovať kvalitu pôdy. Korene rastlín držia pôdu na mieste a pomáhajú zadržiavať vodu, ktorá by sa inak odtekala po povrchu. To môže pomôcť s prevenciou zosuvov pôdy a zlepšiť kvalitu pôdy v okolí cesty.

¹<https://vodalidekrajina.cz/>

- **Vysádzanie stromov** – Korene stromov môžu absorbovať veľké množstvo vody, čím znižujú množstvo vody, ktorá by inak stiekla po povrchu do kanalizácie alebo do potokov.

Dom

- **Zelené strechy** – Zelené strechy sú schopné zadržať až 75% zrážok, ktoré by inak stiekli po povrchu a nemohli by sa absorbovať do pôdy. Okrem toho pomáhajú s filtráciou a znižujú úroveň oxidu uhličitého.
- **Vodná nádrž** – Tieto nádrže slúžia na zachytávanie dažďovej vody, ktorá sa neskôr použije na záhradkárstvo, zalievanie rastlín a čistenie. Tu sú niektoré spôsoby, ako môžu vodné nádrže pomôcť zmierniť dopady sucha.

Pole

- **Sadba odolných plodín** – Takéto plodiny sú schopné zachytiť a udržať vodu v pôde o niečo lepšie ako iné plodiny. To znamená, že pôda s odolnými plodinami bude mať väčšiu schopnosť udržiavať vodu a uvoľňovať ju postupne, čo pomôže rastlinám počas suchých období.
- **Mulčovanie** – Mulčovanie je proces krytia pôdy vrstvou organického materiálu, ako sú napríklad listy, slama, piliny alebo kompost. Jednou z najväčších výhod mulčovania je udržanie vlhkosti pôdy. Vrstva mulču bráni priamemu snečnému žiareniu a vetru, ktoré môžu vysušiť pôdu.

Vodný tok

- **Bagrovanie** – Bagrovanie riek zvyšuje objem vody, ktorý je schopná rieka zadržať tým, že znižuje množstvo piesku a kamenia na dne rieky, čo zvyšuje jej kapacitu.
- **Revitalizácia** – Rastliny na brehoch a v koridore toku pomáhajú udržiavať pôdu a zabrániť jej erózii. To znamená, že pôda môže udržať viac vody a zvýšiť množstvo vody, ktorá sa dostane do toku.

3.3 Matematický model

Hra bude rozdelená na kolá. V každom kole bude hráč môcť za dostupné peniaze aplikovať vylepšenia na jednotlivé políčka. Každé políčko bude môcť vylepšiť 2-krát a bude mať 3 hlavné vlastnosti, ktoré sa budú zvyšovať na základe vylepšení:

- **Zisk** – určuje koľko peňazí hráč získa za kolo.
- **Údržba** – cena potrebná na údržbu za kolo.
- **IZV** – hodnota, ktorá určuje ako dobre políčko zadržiava vodu. Využíva sa ako multiplikátor pri výpočte zisku za dané kolo.

Každé vylepšenie bude mať svoju cenu a čas potrebný na to, kým sa dokončí. Na základe týchto informácií je možné navrhnúť potrebné objekty.

Políčko

Tento objekt bude predstavovať políčko a bude teda potrebovať nasledujúce parametre:

- Súradnice
- Typ políčka
- Výnosnosť
- Index zádrže vody
- Dĺžku vylepšenia
- Úroveň vylepšenia
- Indikátor, ktorý určuje, či na políčku práve prebieha vylepšenie
- Hodnoty, o ktoré sa zvýši výnosnosť a index zádrže vody políčka po aplikovaní jednotlivých vylepšení

Grid

Tento objekt bude reprezentovať celú mapu a bude obsahovať nasledujúce parametre:

- Aktuálny počet peňazí
- Celková hodnota IZV
- Zoznam všetkých objektov typu políčko

Výpočty

Na konci každého kola prebehne výpočet peňazí, ktoré hráč získa v novom kole. K tomuto výpočtu bude treba hodnotu celkového IZV, ktoré tento obnos zvýši. Celkovú hodnotu IZV bude možné vypočítať pomocou rovnice 3.1, kde x označuje hodnotu celkového IZV a x_i označuje hodnotu IZV políčka s indexom i

$$x = \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

Následne je možné vypočítať, koľko peňazí hráč dostane v novom kole pomocou rovnice 3.2, kde y značí celkový zisk, y_i značí výnos políčka s indexom i , z_i značí náklady na údržbu políčka s indexom i , x značí hodnotu celkového IZV a u značí multiplikátor, ktorý určuje efektivitu IZV.

$$y = \left(\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n z_i \right) \cdot x \cdot u \quad (3.2)$$

3.4 Hrateľnosť a simulácie

Aby sa jednalo o vzdelávaciu hru, tak je potrebné do nej pridať nejakú výzvu, ktorá by hráča upútala. Keďže je táto hra rozdelená do kôl a predstavuje simuláciu krajiny, tak by bolo vhodné pridať hráčovi nejaký cieľ a prekážky, ktoré bude musieť prekonať.

Výzva

Výzva bude spočívať v tom, že hráč dostane za úlohu prežiť určitý počet kôl. Jeho cieľom bude dosiahnuť určitú hodnotu IZV za tento čas. Komplikovať mu to ale budú rôzne udalosti, ktoré budú nastávať každých niekoľko kôl. Udalosti hráčovi buď pomôžu, alebo ho poškodia. To aká udalosť nastane, sa bude určovať náhodne. Aby hra nebola v určitých prípadoch moc ťažká, alebo naopak moc jednoduchá, tak každá kladná udalosť bude znižovať šancu, že ďalšia udalosť bude kladná a naopak. Tieto udalosti budú nasledujúce:

- Suché obdobie – výnos za kolo bude znížený.
- Ekologické dotácie – výnos bude zvýšený po dobu niekoľkých kôl
- Zvýšený počet zrážok – výnos za kolo bude zvýšený.
- Požiar v lese – následujúcich niekoľko kôl bude znížený výnos.
- Pristahovanie nových farmárov – vylepší jedno políčko typu pole.

Simulácie

Keďže sa jedná o simulačnú hru, tak bude treba dôkladne nastaviť parametre jednotlivých herných mechaník, aby hra bola vyvážená. Z tohto dôvodu bude treba vytvoriť simulácie, ktoré budú simulovať priebeh hry a pomôžu hru optimalizovať. Ako prvé bude treba nastaviť parametre jednotlivých políčov a ich vylepšení. Nemalo by sa stať, že niektoré políčka sa vôbec nevyplatí vylepšovať, inak by nemali význam v hre vôbec byť. Vytvorená simulácia by mohla nájsť najefektívnejšie postupy hrania hry a zaznamenať na aké políčka sa sústredila. Tento prístup by odhalil, ktoré políčka sú v hre zbytočné a mohli by sa upraviť ich parametre. Okrem políčov je potrebné nastaviť aj podmienky výhry. Cieľom hry bude dosiahnuť určitú hodnotu IZV. Túto hodnotu IZV taktiež pomôžu získať simulácie. Simulácia sa bude riadiť pomocou určitého náhodného správania a takto odohrá hru napríklad 1000-krát. Následne sa vypočíta priemerná hodnota IZV, ktorú v určitých kolách dosiahne, a to pomôže nastaviť podmienky výhry

V tabuľke 3.1 je vidno návrh počiatkových vlastností pre jednotlivé typy políčov. Hodnoty sú navrhnuté tak, aby sa od seba políčka líšili. Napríklad políčko typu dom má najväčší zisk, les a vodný tok vynikajú v IZV a naopak cesta na začiatku hry nepomáha v žiadnom aspekte.

Typ políčka	Zisk	Údržba	IZV
Les	+6	-3	0.50
Lúka	+8	-4	0.05
Cesta	0	-8	0.00
Dom	+12	-5	0.05
Pole	+10	-5	0.10
Vodný tok	+6	-3	0.50

Tabuľka 3.1: Tabuľka typov políčov

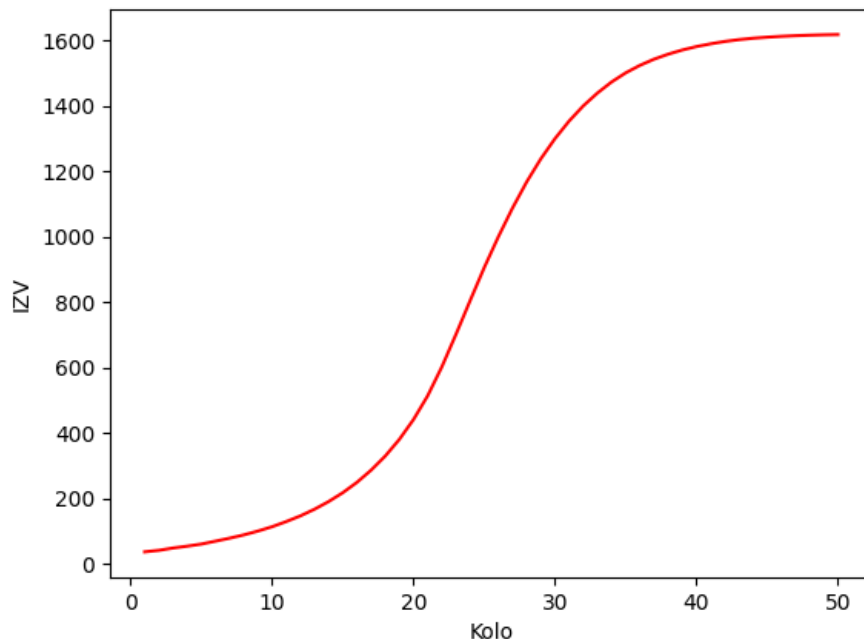
V tabuľke 3.2 je vidno, ako sa zlepšujú atribúty políčov na základe vylepšení. Vylepšenia sú navrhnuté tak, aby sa hráč mohol zamerať na viac stratégií. Môže sa zamerať na políčka, ktoré najviac zvyšujú výnos, to mu prinesie viac peňazí v skorých častiach hry. Naopak,

ak sa bude sústrediť hlavne na hodnoty IZV, tak bude mať viac peňazí v konečnej fáze hry. Čím dlhšie trvá výstavba daného vylepšenia, tým je jeho cena efektívnejšia v pomere s atribútmi, ktoré sa zvýšia. Druhé úrovne vylepšenia sú drahšie ako prvé, ale poskytujú vyššie bonusy.

Typ políčka	Vylepšenie 1				Vylepšenie 2			
	Výnos	IZV	Čas	Cena	Výnos	IZV	Čas	Cena
Les	+3	+2	3	13000	+8	+4	4	20000
Lúka	+1	+1	1	8000	+1	+2	1	14000
Cesta	+5	+1	1	14000	+7	+3	4	22000
Dom	+8	+3	1	15000	+15	+8	4	30000
Pole	+15	+1	2	10000	+10	+4	1	15000
Vodný tok	2	+6	2	12000	0	+8	3	16000

Tabuľka 3.2: Tabuľka hodnôt vylepšení

Práve nastavovanie týchto hodnôt bude prebiehať pomocou simulácií. Na obrázku 3.1 môžeme vidieť výsledok simulácie, ktorá ukazuje v rozmedzí 50 kôl priemernú hodnotu IZV na základe 1000 odohraných hier na mape veľkosti 16x16 políčok. Zo simulácie je vidno, že hodnoty nie sú nastavené správne, rapídny nárast IZV značí príliš veľké zisky, a preto je možné aplikovať veľké množstvo opatrení. Ku koncu sa rast až úplne zastaví, čo je zapríčinené tým, že všetky políčka sú už vylepšené. Takáto forma hry by bola pre hráča únavná, nakoľko by mohol neustále bez rozmýšľania vylepšovať jednotlivé políčka. Cieľom je nastaviť parametre tak, aby bol hráč nútený rozmýšľať, ktoré vylepšenia by mal aplikovať (viac viď kapitola Implementácia, sekcia Simulácie).



Obr. 3.1: Príklad simulácie popisujúcej príliš rýchly nárast IZV počas hry

3.5 Návrh architektúry

Na to, aby bolo možné jednoducho vytvoriť simulácie je potrebné, aby bola logika oddelená od zvyšku aplikácie. Z tohto dôvodu je vhodné použiť Model-View-Controller (MVC) architektúru². Táto architektúra rozdeľuje aplikáciu na jej model, užívateľské rozhranie a riadiacu logiku. Model hry bude v tomto prípade vytvorený samostatne v jazyku Python, pretože tento jazyk ponúka množstvo knižníc na prácu s číslami, matematikou a grafovými algoritmi. Pomocou tohto modelu budú vytvorené simulácie, ktoré zabezpečia vyváženosť hry. Komunikácia medzi modelom hry a užívateľským rozhraním vytvoreným v Unity bude zabezpečená pomocou REST API (Representational State Transfer)³. Tento prístup umožňuje vzdialenú komunikáciu medzi dvoma systémami pomocou jednoduchých HTTP požiadaviek a odpovedí. REST API bude poskytovať možnosť získať informácie o stave hry a zasielať príkazy pre manipuláciu s ňou. Tento prístup umožní oddelenie logiky hry od užívateľského rozhrania a zabezpečí flexibilitu úpravy parametrov pre účely simulácií.

3.6 Návrh GUI

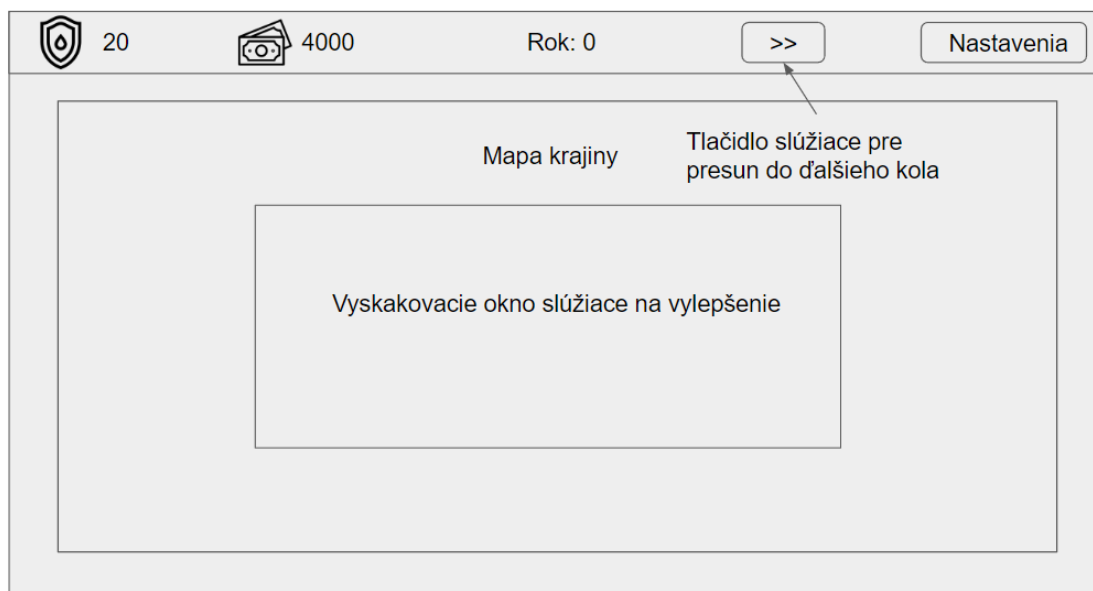
GUI je dôležitým aspektom, ktorý pôsobí na celkový dojem z hry. Pri tvorbe edukatívnej hry je dôležité navrhnuť intuitívne užívateľské rozhranie, ktoré uľahčí hráčovi proces získavania nových informácií.

²https://www.tutorialspoint.com/mvc_framework/mvc_framework_introduction.htm

³<https://www.ibm.com/topics/rest-apis>

Hlavná scéna

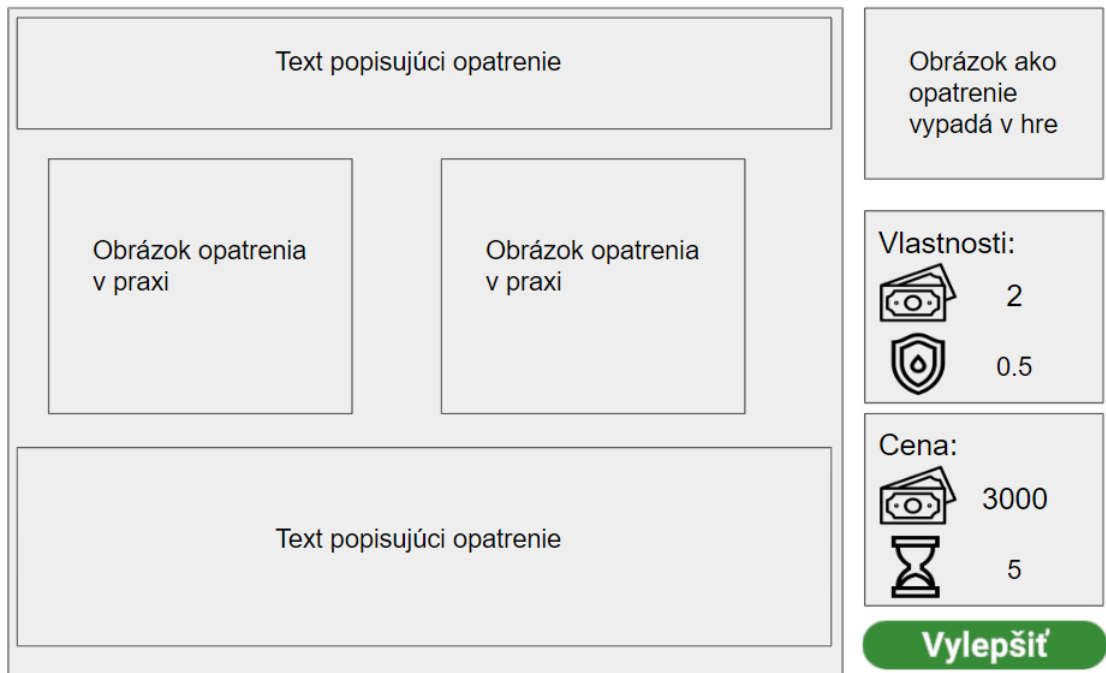
Počas hry bude hráč potrebovať vidieť informácie o aktuálnom stave hry. Konkrétne bude potrebovať vidieť hodnotu IZV, počet peňazí, ktoré má k dispozícii, aktuálne kolo a následne tlačidlá, ktoré budú vykonávať presun do ďalšieho kola a presun do nastavení hry. Na obrázku 3.2 je vidno rozmiestnenie týchto elementov.



Obr. 3.2: Návrh GUI hlavnej scény

Okno pre vylepšenie

Najdôležitejšou súčasťou GUI bude okno, ktoré sa otvorí po kliknutí na jednotlivé políčka na mape. Toto okno musí poskytnúť vlastnosti daného políčka, aby bolo jasne vidno, ako dané políčko vplyva na fungovanie hry. Ďalej je potrebné uviesť náklady na vylepšenie políčka. Hlavnou časťou tohto okna bude informačný text, ktorý poskytne hráčovi informácie o danom opatrení v skutočnom svete. Tento text by mal byť taktiež doplnený obrázkami. Nakoniec okno bude obsahovať obrázok modelu, ktorý bude znázorňovať, ako dané vylepšenie bude vypadať v hre. Na obrázku 3.3 je vidno návrh tohto okna.



Obr. 3.3: Návrh okna slúžiacemu na vylepšenie

3.7 Uživatelské požiadavky

Ďalším dôležitým aspektom, ktorý rozlišuje hru od aplikácie je grafika. S grafikou je dôležité nastavenie ovládania kamery, ktoré umožní hráčovi si prezrieť jednotlivé modely.

Grafika

Grafika býva to prvé, čo si hráč na hre všimne, preto je dôležité sa na ňu taktiež zamerať. Hra bude zobrazovať časť krajiny, ktorá sa skladá zo 6 typov políček, ktoré hráč môže vylepšovať. Pre každý typ políčka bude vytvorený 3D model, ktorý by ho predstavoval. Okrem základných modelov bude vhodné vytvoriť aj model, ktorý by indikoval, že na políčku práve prebieha vylepšenie. Pre upútanie hráčovej pozornosti sa vo forme odmeny po dokončení vylepšenia model zmení na vylepšenú verziu, ktorá bude znázorňovať aplikované opatrenie. Každý typ políčka by mal teda 3 modely, ktoré by sa postupne vylepšovali na základe aplikovaných vylepšení.

Kamera

Pre väčšinu hráčov býva v hrách simulačného typu dôležité ovládanie kamery. Kamera by sa mala pohybovať kliknutím a ťahaním myšky. Pri otáčaní kamery je dôležité, aby sa kamera otáčala okolo centrálného bodu. To zabezpečí, že si hráč bude môcť lepšie prezrieť jednotlivé modely. Okrem otáčania sa bude dať kamera aj približovať.

Ovládanie hry

Hra bude vytvorená tak, aby na ovládanie stačila iba myš. Okrem ovládania kamery bude hráč môcť klikáť na jednotlivé políčka. Keď hráč prejde myšou po políčku, tak bude políčko meniť farbu ako indikátor pre hráča, na ktoré políčko klikne. Po kliknutí na políčko sa otvorí okno na vylepšenie. Pokiaľ bude okno otvorené, tak nebude možno nijak manipulovať s mapou a políčko zmení farbu, aby bolo vidno, ktoré je označené. Okno sa zatvorí kliknutím mimo alebo tlačidlom slúžiacim na vylepšenie.

Kapitola 4

Implementácia

Hra bola implementovaná pomocou herného enginu Unity. Jednotlivé skripty sú písané v jazyku C# za pomoci IDE Visual Studio Code.

4.1 Softwarová architektúra

Architektúra hry je rozdelená na klient a server. Na serveri musia byť všetky informácie o stave hry a taktiež funkcie určené k ovládaniu hry, ktoré by sa volali na základe požiadaviek od klienta. Oddelenie týchto funkcií od klienta umožňuje ich použitie pri tvorbe simulácií hry. Úlohou klienta je zobrazovať potrebné dáta užívateľovi a taktiež komunikovať so serverom na základe užívateľských vstupov.

Server

Server pre hru bol implementovaný v jazyku Python s využitím webového frameworku Flask, ktorý slúžil ako základ pre implementáciu REST API rozhrania. Toto rozhranie umožňuje komunikáciu medzi klientom a serverom, čím umožňuje efektívne spravovať herné dáta a logiku. Server využíva knižnicu, v ktorej je vytvorená logika hry a na základe požiadaviek od klienta posiela užívateľskému rozhraniu informácie o stave hry. Server spracováva konkrétne 4 požiadavky:

- Vytvorí novú hru a odošle informácie o políčkach na mape
- Na základe súradníc, ktoré získa, poskytne informácie o konkrétnom políčku
- Na základe súradníc, ktoré získa, zavolá funkciu, ktorá na danom políčku spustí proces vylepšovania
- Zavolá funkciu, ktorá sa stará o prechod do nového kola, a odošle informácie o novom IZV a počte peňazí

Klient

Klient hry bol implementovaný pomocou Unity Engine, konkrétne pomocou Unity networking frameworku, ktorý poskytuje jednoduché nástroje pre implementáciu sieťovej komunikácie v hre. Klient reaguje na vstupy od užívateľa a posiela informácie o týchto akciách na server cez REST API rozhranie. Potom klient zobrazuje aktualizovaný stav hry na základe informácií získaných zo servera.

4.2 Mechanika hry

V tejto podkapitole je podrobnejšie popísaný celkový chod hry.

Logika

Celú logiku riadi hlavná trieda `Grid`. Okrem celkového počtu peňazí a celkového IZV táto trieda obsahuje zoznam políček triedy `Square`. Trieda `Square` obsahuje všetky potrebné informácie o políčku. Obsahuje metódu `SetProperties`, ktorá sa stará o priradenie vlastností políčku na základe jeho typu. Metóda `BeginUpgrade` sa stará o nastavenie príznaku, ktorý značí, že na políčku začalo prebiehať vylepšenie a metóda `Update` skontroluje či na políčku práve prebieha vylepšenie, ak áno tak zníži indikátor, ktorý značí koľko kôl ostáva do konca vylepšenia. V prípade, že sa vylepšenie dokončí, tak aktualizuje vlastnosti políčka a zruší príznak prebiehajúceho vylepšenia. Trieda `Grid` obsahuje metódu `CreateMap`, ktorá prečíta z textového súboru ako má vypadáť herná mapa, vytvorí objekt `Square`, priradí mu súradnice a typ a následne ho pridá do zoznamu. Po vytvorení celého zoznamu zavolá pre každý vytvorený objekt metódu `SetProperties`. Metóda `NextYear`, zavolá na každom objekte v zozname metódu `Update`, spočíta výnos políček, celkové IZV, vypočíta zarobené peniaze a pripočíta ich k celkovým peniazom.

Vytvorenie mapy

Spustením hry sa pomocou skriptu `Client` odošle požiadavka na server, ktorý vytvorí novú inštanciu hry a ako odpoveď vráti zoznam jednotlivých políček s ich súradnicami a typom, množstvo peňazí a celkovú hodnotu IZV. Na základe týchto informácií skript `GameManager` aktualizuje množstvo peňazí a hodnotu IZV, vytvorí herné objekty, priradí im prefabrikát na základe typu políčka a taktiež skript `TileObject`.

Ďalšie kolo

Po kliknutí na tlačidlo, ktoré značí ukončenie kola, sa pošle serveru táto informácia. Server vypočíta novú hodnotu IZV a priráta zarobené peniaze. Odpočíta sa čas od práve prebiehajúceho vylepšenia. V prípade, že je vylepšenie dokončené, tak sa prefabrikát nahradí modelom zobrazujúcim vylepšenie.

Cieľ hry

Cieľom hry je dosiahnuť určitú hodnotu IZV za 50 kôl. V prípade, že túto hodnotu nedosiahne tak hru prehrá. Do hry boli pridané náhodné udalosti, ktoré mu túto cestu budú komplikovať. Každých 5 kôl sa pomocou skriptu `Game` vyberie náhodná udalosť. Udalosti ktoré môžu nastať:

- Suché obdobie – Zisk za dané kolo bude iba polovičný
- Ekologické dotácie – Počas nasledujúcich 5 kôl bude zisk zvýšený o 20%
- Zvýšený počet zrážok – Zisk za dané kolo bude dvojnásobný
- Požiar v lese – Počas nasledujúcich 5 kôl bude zisk znížený o 20%
- Pristahovanie nových farmárov – Náhodne sa vylepší jedno políčko typu pole

Udalosti sú rozdelené do skupín na kladné a záporné. Na začiatku je šanca 50%, že nastane kladná alebo záporná udalosť. Po vybraní udalosti sa zníži šanca o 10%, že táto skupina bude vybraná na ďalších 5 kôl.

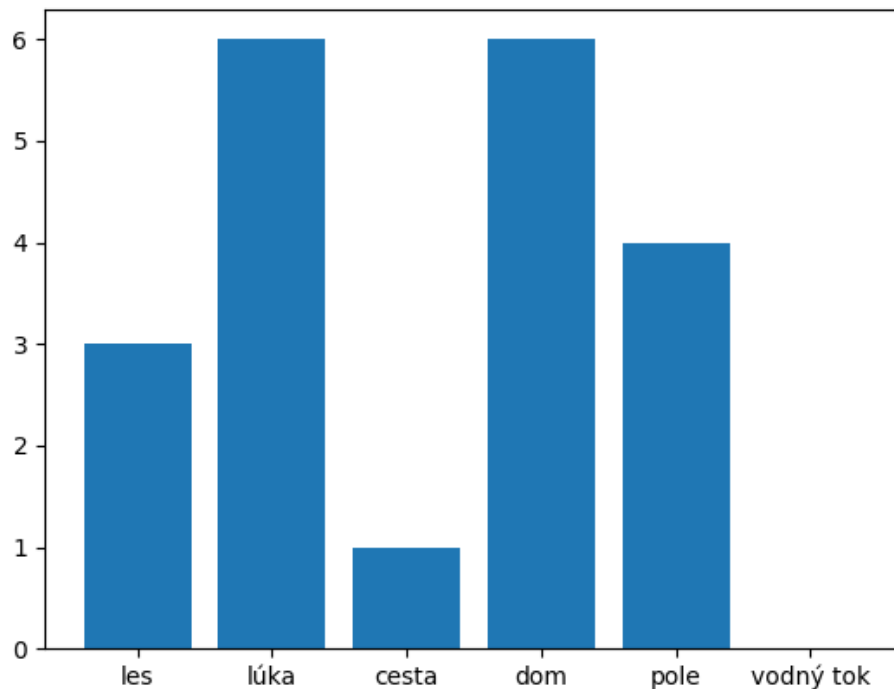
4.3 Simulácie

Vytvorená architektúra umožňuje jednoducho vytvoriť simulácie využitím knižnice, ktorá popisuje model hry. Pre nastavenie modelu hry boli vytvorené dve simulácie.

Evolučná simulácia

Evolučná simulácia bola vytvorená z dôvodu nastavenia parametrov v hre. Funguje tak, že vytvorí 1000 inštancií hry, aplikuje náhodne zvolené opatrenia a prejde do ďalšieho kola. Vyberie sa 5% hier s najlepšou hodnotou IZV a 5% náhodných hier. Tieto hry sa rozkopírujú na 1000 inštancií a proces sa opakuje toľkokrát, koľko je potrebné. Výsledkom simulácie je graf, ktorý zobrazuje počet aplikovaných opatrení. Vďaka nemu je možné odhaliť opatrenia, ktoré sa v hre nepoužívajú a taktiež opatrenia, ktoré sú oproti ostatným až moc efektívne.

Na obrázku 4.1 je vidno graf, ktorý znázorňuje výsledok evolučnej simulácie po 20 kolách hry. Graf ukazuje, koľko opatrení bolo aplikovaných na základe typu políčka. Tento graf odhaľuje, že v ideálnej hre nie je potrebné vylepšovať políčka typu cesta a vodný tok. Tento výsledok je nežiadúci, pretože existencia týchto opatrení je bezvýznamná. Je potrebné zlepšiť parametre týchto opatrení, alebo znížiť parametre ostatných. Tento proces je treba opakovať pokiaľ nebude vidno, že každé vylepšenie je využiteľné.

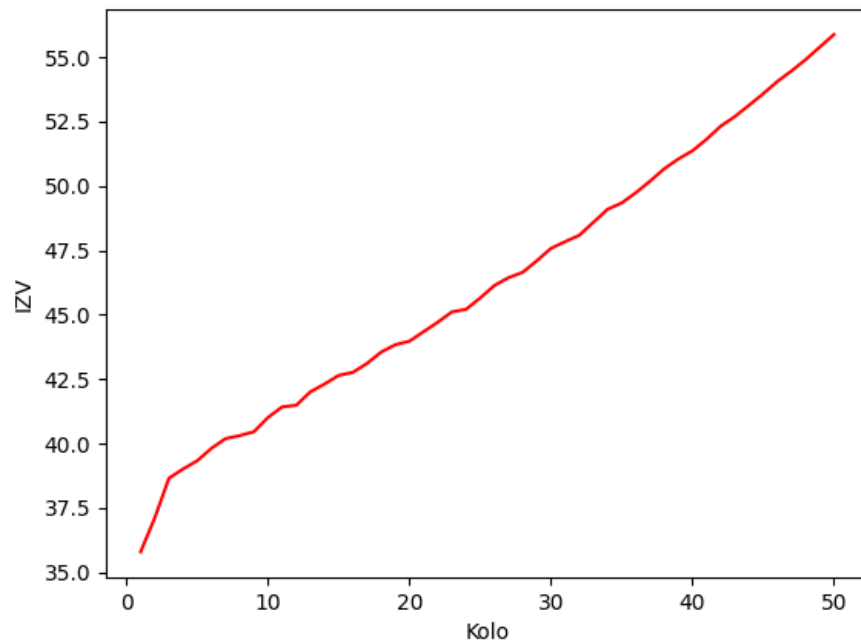


Obr. 4.1: Výsledný graf evolučnej simulácie

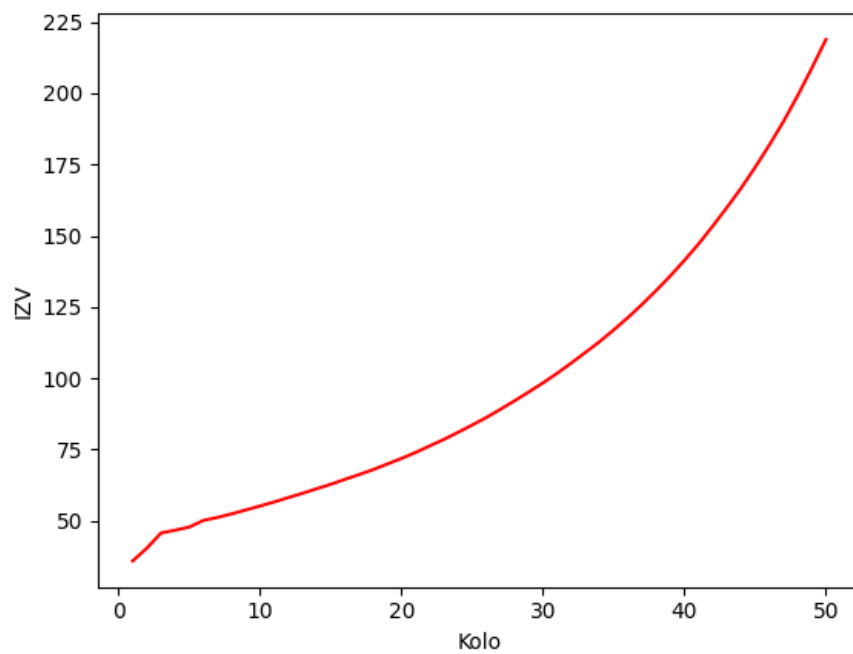
Simulácia hry

Táto simulácia slúži k tomu, aby bolo možné správne nastaviť cieľ hry. Vytvorí 1000 inštancií hry a odohrá zadaný počet kôl. Výsledkom je graf, ktorý zobrazuje priemernú hodnotu IZV v jednotlivých kolách. Tieto hodnoty pomôžu nastaviť podmienky, ktoré by mal hráč dosiahnuť pre vyhranie hry.

V kapitole návrhu na grafe 3.1 je vidno príliš rýchly priebeh hry. Na grafe 4.2 je vidno, že každé kolo sa hodnota IZV zvyšuje približne o rovnakú hodnotu a občas sa nezvýši vôbec. Toto nastavenie značí, že hráč počas hry nevidí dostatočnú efektivitu vylepšení, pretože nedostáva dostatok peňazí, aby mohol aplikovať viacej vylepšení. V tomto prípade je potrebné zvýšiť vplyv IZV na získaný počet peňazí, aby narastajúce IZV značilo väčší zisk. Na obrázku 4.3 vidno výsledok simulácie, ktorý zobrazuje ideálny nárast IZV za účelom dobrej hratelnosti. Z grafu vidno, že nárast IZV sa postupne zvyšuje. Vďaka takémuto nastaveniu bude hráč vidieť ako rastúce hodnoty IZV pôsobia na jeho zisk.



Obr. 4.2: Príklad simulácie popisujúcej príliš pomalý nárast IZV



Obr. 4.3: Graf priemernej hodnoty IZV v jednotlivých kolách

4.4 Interakcia

V tejto podkapitole je popísana interakcia užívateľa s hrou a jednotlivé grafické komponenty.

Grafika

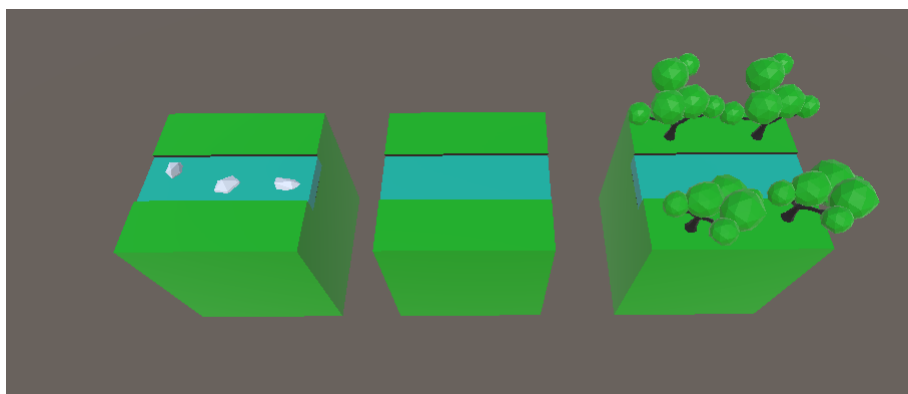
Grafika je jedným z prvkov, ktoré pôsobia na celkový dojem hry. Jednotlivé modely boli vytvorené pomocou programu Blender¹, ktorý je populárnym nástrojom pre tvorbu 3D modelov.

Na obrázku 4.4 je vidno modely, ktoré boli vytvorené pre každý typ políčka.



Obr. 4.4: Vytvorené modely pre každý typ políčka

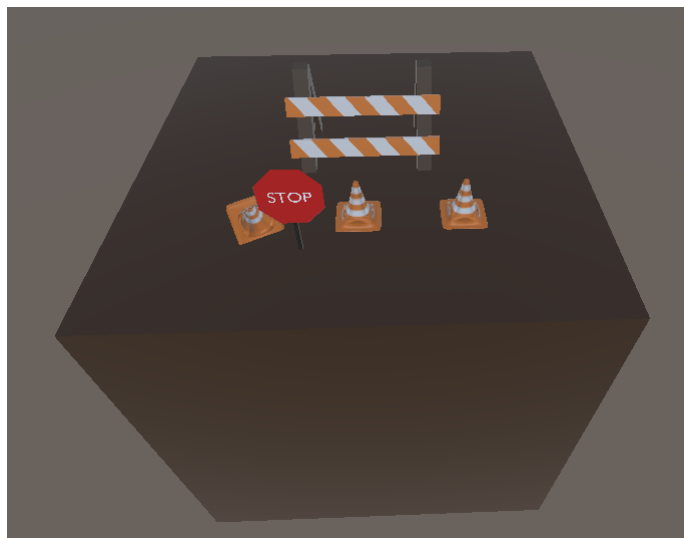
Vylepšením políčka sa zmení aj jeho model, ktorý znázorňuje aplikáciu opatrenia. Na obrázku 4.5 je vidno jednotlivé úrovne vylepšenia pre políčko typu vodná plocha.



Obr. 4.5: Stupne vylepšenia pre políčko typu vodná plocha

Všetky políčka majú jednotný model, na ktorý sa zmenia, keď sa na nich práve vykonáva vylepšenie. Tento model je vidno na obrázku 4.6.

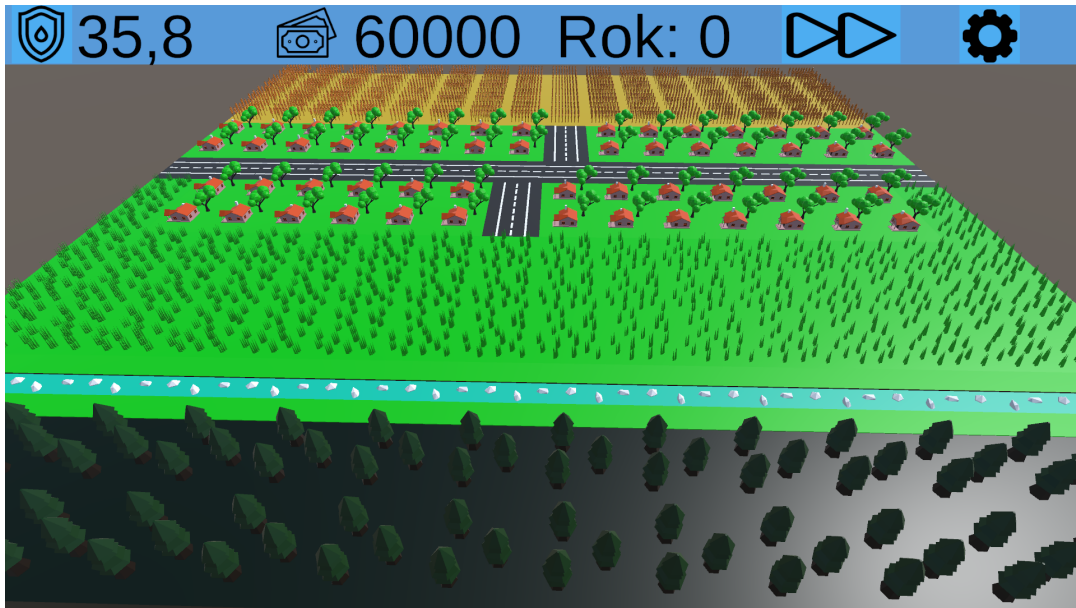
¹<https://www.blender.org/>



Obr. 4.6: Model, ktorý značí práve prebiehajúce vylepšovanie

Horná lišta

V hornej lište sa nachádzajú všetky dôležité informácie o stave hry a taktiež tlačidlá na ovládanie. Lišta je vytvorená pomocou objektu image, na ktorom sú umiestnené ďalšie prvky. Prvým prvkom je ikona, ktorá predstavuje IZV. Po umiestnení myšky na ikonu sa zobrazí okno, ktoré informuje užívateľa ako IZV vplýva na hru. Vedľa ikony sa nachádza textový objekt, ktorý zobrazuje aktuálnu hodnotu IZV. Tento textový objekt je priradený skriptu `GameManager`, ktorý aktualizuje túto hodnotu. Nasledujú informácie o počte peňazí a aktuálnom kole, ktoré sú vytvorené rovnakým spôsobom. Ďalšie dva prvky sú objekty typu `Button`. Prvé tlačidlo sa stará o prechod do ďalšieho kola. Druhé tlačidlo pozastaví hru a otvorí menu. V menu sú ďalej 3 tlačidlá na pokračovanie, vytvorenie novej hry a ukončenie hry. Na obrázku 4.7 možno vidieť snímku z vytvorenej hry. Mapa je veľkosti 16x16 políčok.



Obr. 4.7: Obrázok z hry

Okno s vylepšením

Okno pre vylepšenie sa otvorí po kliknutí na určité políčko. Toto okno zobrazuje užívateľovi informácie o políčku a o vylepšení. Pre okno bol vytvorený jeden objekt, ale jeho obsah sa mení na základe typu políčka a úrovne vylepšenia. V ľavej časti okna sa nachádzajú obrázky, ktoré zobrazujú, ako vylepšenie vypadá v skutočnom svete. Pod týmito obrázkami sa nachádza text, ktorý vysvetľuje ako dané vylepšenie funguje. Na pravej strane okna je obrázok modelu, ktorý znázorňuje, ako bude vylepšenie zobrazené v hre. Ďalej obsahuje informácie o vlastnostiach políčka, prostriedky potrebné na vylepšenie a tlačidlo, ktoré políčko vylepšuje. Toto tlačidlo je aktívne len vtedy, ak má hráč dostatok peňazí na dané vylepšenie. Na obrázku 4.8 je vidno toto okno, ktoré popisuje prvé vylepšenie na políčku typu cesta.



Obr. 4.8: Okno, ktoré sa otvorí po kliknutí na políčko typu cesta

Interakcia s políčkom

O funkcionality políčka sa stará skript `TileObject`. Keď hráč prejde na políčko, tak sa základ políčka zafarbí žltou farbou. Nakoľko je kamera implementovaná spôsobom kliknutia ľavým tlačidlom myši a ťahania, tak je najskôr potrebné rozlíšiť, či sa nejedná o posun kamery. Toto správanie je vyriešené tým, že sa určí vzdialenosť, ktorú myš prešla od kliknutia a pustenia tlačidla na myši. Po vyhodnotení, že hráč chce kliknúť na políčko, tak odošle požiadavku na server so súradnicami políčka. Server vráti základné informácie o políčku, ktoré hráč potrebuje vedieť. Konkrétne výnos, IZV, peniaze potrebné na vylepšenie a čas vylepšenia. Na základe týchto údajov sa otvorí okno prislúchajúce danému políčku. V okne je popísané vylepšenie, vlastnosti políčka, požiadavky na vylepšenie a tlačidlo, ktoré začne proces vylepšovania. Na tlačidlo sa dá kliknúť iba vtedy, ak má hráč dostatok peňazí na vylepšenie. V prípade, že má hráč dostatok peňazí a klikne na tlačidlo, tak odošle serveru informáciu, na ktorom políčku má začať vylepšenie a zároveň sa nahradí prefabrikát políčka za model, ktorý značí, že na políčku práve prebieha vylepšenie.

Kamera

Cieľom bolo vytvoriť kameru, ktorá bude pri rotovaní simulovať pohyb sveta a nie pohyb kamery. Pre dosiahnutie tohto efektu bolo potrebné vytvoriť prázdny herný objekt `CameraRig` a umiestniť ho na úroveň herných políček. Objekt kamery bolo potrebné priradiť tomuto objektu. Skript `CameraController`, ktorý ovláda kameru je priradený objektu `CameraRig`. Tento skript má na starosti ovládanie kamery. V tomto skripte je vďaka funkcii `Update()`, ktorá sa volá každý snímok, volaná metóda `HandleMouseInput`. Ak hráč ťahá kameru držaním ľavého tlačidla myši, tak sa vypočítava rozdiel medzi pozíciou, na ktorej bola stlačená myš a pozíciou, na ktorej sa momentálne nachádza kurzor. Táto pozícia sa postupne interpoluje pomocou funkcie `Lerp()` s aktuálnou pozíciou objektu `CameraRig`, čo zabezpečuje plynulý posun k novej pozícii. Keď hráč drží pravé tlačidlo tak sa pomocou funkcie `Quaternion.Euler()` vypočíta nová rotácia a aplikuje sa na vektor, ktorý udáva otočenie objektu `CameraRig` po osi Y. Pri rotácii v smere osi X sa uhol aplikuje priamo na

kameru. Podobne ako pri pohybe kamery sa nová rotácia aplikuje pomocou funkcie `Lerp()`. Pri otáčaní kolieska na myši sa pozícia kamery približuje alebo oddaluje od plochy.

4.5 Testovanie

Testovanie je kľúčovou súčasťou vývoja akéhokolvek softvéru, vrátane hier. Jeho úlohou je overiť, či daný produkt funguje správne, či neobsahuje chyby a či je pre používateľa intuitívny a jednoduchý na ovládanie. Testovanie je teda dôležité pre zaručenie kvality hry a zabezpečenie pozitívnej skúsenosti pre hráčov. V tejto podkapitole bude popísaný postup testovania hry, ktorý zahŕňa plánovanie testov, vykonávanie testov a vyhodnotenie výsledkov testovania.

Pilotný test

Pilotný test je prvý krok v testovaní hry, ktorý sa uskutočňuje pred samotným testovaním. Jeho hlavným cieľom je overiť testovacie postupy, získať spätnú väzbu od testovacích osôb a identifikovať problémy a nedostatky v testovacom procese. Pilotný test je kľúčovým krokom v procese testovania hry, pretože umožňuje identifikovať potenciálne problémy a nedostatky v testovacom procese pred samotným testovaním. To umožňuje vývojárom a dizajnérom hry vylepšiť a optimalizovať testovací proces.

Príprava

Hlavným cieľom tohto testu bolo si vyskúšať proces testovania a zlepšiť kvalitu budúceho testovania. Pred samotným testovaním som si pripravil čo chcem u testera pri hraní hry sledovať a otázky, na ktoré sa ho chcem opýtať po testovaní.

Priebeh testovania

Pred testovaním som testera oboznámil s tým, ako proces bude prebiehať. Povedal som mu, že bude hrať edukatívnu hru proti suchu a požiadal som ho, aby hovoril svoje myšlienky nahlas. Počas sledovania testera som zistil nasledujúce informácie:

- Kliká na políčka a intuitívne zatvára okno kliknutím mimo plochu
- Pohyb po mape mu nerobí problém
- Nepoužíva približovanie ani otáčanie mapy
- Kým začal políčka vylepšovať, tak si prečítal popis každého políčka
- Trvalo mu pomerne dlho zistiť, že vylepšenia majú 2 úrovne
- Nechápal v čom mu pomáha IZV
- Hru dohral za 30 minút

Po hraní nasledovala diskusia o hre. Na otázku, či sa dozvedel niečo nové o hre, odpovedal, že sa naučil niečo nové, ale že mu robilo problém, že text nebol písaný po česky. Na hre sa mu najviac páčili odmeny v podobe nových modelov po aplikovaní jednotlivých opatrení

Výsledok testovania

Tester niektoré funkcie hry nevyužil, alebo trvalo príliš dlho, kým ich začal používať. Na základe jedného testu nemôžem jednoznačne určiť, či sa jednalo o problém na strane hry. Zistil som, že pred ďalším testovaním bude vhodné pripraviť si protokol, do ktorého si budem zapisovať, koľko času prejde, kým užívateľ spraví rôzne akcie. Nakoľko robil testerovi problém jazyk, tak pred ďalším testovaním preložím texty aj do češtiny. Uvážil som aj za vhodné opýtať sa budúcich testerov, na to či sa niečo nové naučili a ich pohľad na problematiku sucha, až po určitom čase od hrania hry.

Druhé testovanie

Pilotný test mi pomohol vyskúšať si a lepšie sa pripraviť na ďalší proces testovania. Druhá fáza testovania bude prebiehať na dvoch testeroch a jej hlavným cieľom bude zistiť intuitívnosť ovládania a užívateľského rozhrania.

Príprava druhého testovania

Pred druhým testovaním som si pripravil protokol, do ktorého budem zaznamenávať časy, za ktoré užívateľ urobí určité akcie, aby som mohol identifikovať, s čím majú testerí najväčší problém.

Priebeh druhého testovania

Pred testovaním boli obaja účastníci oboznámení o priebehu testovania a požiadaní, aby svoje myšlienky hovorili nahlas. V tabuľke 4.1 sú zapísané výsledky druhého testera a v tabuľke 4.2 sú zapísané výsledky tretieho testera.

Čas pohybu po mape	15 sekúnd
Čas rotovania kamery	1 minúta 30 sekúnd
Čas priblíženia	1 minúta 23 sekúnd
Čas vylepšenia na 1. úroveň	3 minúty 42 sekúnd
Čas vylepšenia na 2. úroveň	10 minút 13 sekúnd
Neplatné kliky pri zatváraní okna	0
Čas dohrania hry	28 minút

Tabuľka 4.1: Tabuľka výsledkov prvého testera

Čas pohybu po mape	43 sekúnd
Čas rotovania kamery	5 minút 21 sekúnd
Čas priblíženia	5 minút 25 sekúnd
Čas vylepšenia na 1. úroveň	4 minúty 6 sekúnd
Čas vylepšenia na 2. úroveň	13 minút 12 sekúnd
Neplatné kliky pri zatváraní okna	3
Čas dohrania hry	35 minút

Tabuľka 4.2: Tabuľka výsledkov druhého testera

Výsledok druhého testovania

Z druhého testovania som zistil, že testerom nerobí problém pohybovať sa po mape. Všimol som si spojenie, keď zistia, že kamera sa dá rotovať alebo približovať, tak intuitívne prídu aj na druhú vlastnosť. Priemerná doba dohrania hry sa pohybuje okolo 30 minút, čo je optimálny čas na základe zvolených parametrov. Najväčší problém je v tom, že keď vylepšia políčko prvýkrát, tak si neuvedomujú, že sa dá vylepšiť znova. Preto som do ďalšieho testovania pridal indikátor pod tlačidlom vylepšenia, ktorý znázorňuje, na akej úrovni je políčko. Na začiatku je hodnota indikátora 0/2. Okrem toho nastavím počiatočnú pozíciu kamery tak, aby indikovala, že sa hra dá približovať aj oddaľovať. To by mohlo viesť ku skoršej akcii priblíženie a následného rotovania kamery.

Tretie testovanie

Cieľom tohto testovania je zistiť, či zmeny na základe druhého testovania majú efekt a tiež odhaliť ďalšie možné problémy. Testovanie bude prebiehať na dvoch testeroch.

Príprava tretieho testovania

Pri testovaní bol použitý rovnaký protokol ako pri druhom testovaní.

Priebeh tretieho testovania

V tabuľke 4.3 sú zapísané výsledky štvrtého testera a v tabuľke 4.4 sú zapísané výsledky piateho testera.

Čas pohybu po mape	21 sekúnd
Čas rotovania kamery	25 sekúnd
Čas priblíženia	10 sekúnd
Čas vylepšenia na 1. úroveň	4 minúty 27 sekúnd
Čas vylepšenia na 2. úroveň	8 minút 24 sekúnd
Neplatné kliky pri zatváraní okna	1
Čas dohrania hry	31 minút

Tabuľka 4.3: Tabuľka výsledkov tretieho testera

Čas pohybu po mape	37 sekúnd
Čas rotovania kamery	1 minúta 14 sekúnd
Čas priblíženia	1 minúta 5 sekúnd
Čas vylepšenia na 1. úroveň	5 minúty 4 sekundy
Čas vylepšenia na 2. úroveň	9 minút 12 sekúnd
Neplatné kliky pri zatváraní okna	0
Čas dohrania hry	29 minút

Tabuľka 4.4: Tabuľka výsledkov štvrtého testera

Výsledok testovania

Tester začali používať rotovanie a približovanie kamery relatívne rýchlo. Znížil sa aj čas vylepšenia políčka na 2. úroveň. Preto vyhodnocujem aplikované zmeny v hre za úspešné.

Po testovaní

Mesiac po testovaní som sa opýtal jednotlivých testerov na dodatočné otázky ohľadom sucha. Odpovede na otázku: Ako vnímaš problematiku sucha všeobecne?

- Druhý tester – Vnímam to ako veľmi závažný problém, ktorý ovplyvňuje množstvo oblastí, ako sú poľnohospodárstvo, ekológia a aj naše každodenné životy.
- Tretí tester – Sucho vnímam ako vážny a rozšírený problém, ktorý má negatívny vplyv na mnohé aspekty života.
- Štvrtý tester – Sucho vnímam ako veľkú hrozbu, ktorá nás môže postihnúť všetkých. Voda je vzácny zdroj, ktorý by sa mal chrániť a efektívne využívať.
- Piaty tester – Sucho vnímam ako vážny problém, nakoľko vplyv sucha pociťujem na našej záhradke, kvôli suchu sme museli postaviť ďalšiu vodnú nádrž, keďže sme nemali čím polievať rastliny.

Odpovede na otázku: Aké opatrenia a ich výhody proti suchu poznáš?

- Druhý tester – Zalesňovanie pomáha udržať vodu v pôde a bagrovanie vodných tokov pomáha zvýšiť objem riek.
- Tretí tester – Vysádzanie zelene okolo ciest pomáha v zadržovaní vody.
- Štvrtý tester – Najlepšie ako môžeme prispieť proti suchu je neplytvať v domácnosti vodou. Napríklad pomocou vodnej nádrže.
- Piaty tester – Stavba vodnej nádrže pomáha zachytávať dažďovú vodu.

Odpovede na otázku: Vnímali ste problém sucha rovnako ako pred hraním hry?

- Druhý tester – Pred hraním hry som tento problém tak moc nevnímal. Teraz, keď to vidím na internete alebo počujem v televízií, tak ma to zaujme.
- Tretí tester – Pred hraním hry som vnímal sucho len ako problém v južnejších krajinách. Teraz si uvedomujem, že sucho postihuje aj naše životy.

- Štvrtý tester – Už pred hraním hry som sucho vnímala ako nebezpečenstvo, ale vďaka hre som sa naučila o nových opatreniach proti suchu.
- Piaty tester – Sucho vnímam rovnako nebezpečne aj po hraní hry.

Tester si zapamätali niektoré z opatrení a väčšina začala sucho vnímať ako závažnejší problém. Z tohto dôvodu si myslím, že hra splnila svoj účel a dokáže upovedomiť ľudí o problematike sucha zábavnou formou.

Kapitola 5

Záver

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo vytvoriť edukatívnu hru v hernom engine Unity, ktorá upozorňuje na problematiku sucha.

Úvod práce sa zamerával na popis problematiky sucha, na postup vytvárania edukatívnych hier a na simulácie, ktoré sú v tomto vývoji potrebné. Bolo potrebné preskúmať už existujúce hry a nájsť ich silné aj slabé stránky. Najdôležitejšou časťou bolo podrobne si naštudovať problematiku sucha.

Pre tvorbu hry bola zvolená MVC architektúra, aby oddelila logiku hry od zbytku a umožnila vytvoriť simulácie, ktoré pomohli nastaviť parametre hry a vyvážiť hrateľnosť. Simulácie boli vytvorené v jazyku python a komunikácia prebiehala pomocou REST API.

Vytvorená hra predstavuje simuláciu krajiny. Hráč môže na jednotlivé políčka klikať, vylepšovať ich a pri tom sa dozvedá nové informácie o tom, ako môže v krajine zvýšiť zadržiavanie vody. Cieľom hry je dosiahnuť určité skóre za 50 kôl. Priebeh hry ale komplikujú náhodné udalosti. Pre hru boli vytvorené 3D objekty v programe Blender.

Po dokončení hry prebiehalo testovanie na užívateľoch. Ako prvý bol pilotný test, ktorý pomohol sa pripraviť na ďalšie testovanie. Ďalšie etapy testovania pomohli odhaliť nejasnosti v hre, ktoré boli následne opravené a overené na skupine ďalších testerov. Po určitej dobe od testovania som sa opýtal testerov ako vnímajú problematiku sucha a na základe ich odpovedí som usúdil, že hra spĺňa edukatívne účely.

V práci by sa do budúcnosti mohlo vytvoriť viac herných módov rôznej obtiažnosti, alebo by sa mohlo pridať skenovanie reálnych máp, ktoré by sa premietli do hry a bolo by možné na nich simulovať opatrenia.

Literatúra

- [1] ARM. *GAMING ENGINES* [online]. arm, 2022 [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.arm.com/glossary/gaming-engines>.
- [2] CLARK, R. C. a MAYER, R. E. *E-learning and the science of instruction*. 4. vyd. John Wiley & Sons, 2016 [cit. 2023-02-10]. ISBN 9781119158664.
- [3] DOSTÁL, J. Výukový software a počítačové hry: Nástroje moderního vzdělávání. *Journal of Technology and Information Education*. 1. vyd. 2009, [cit. 2022-01-24]. ISSN 1803-537X.
- [4] D'ANGELO, C., RUTSTEIN, D., HARRIS, C. et al. *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis* [online]. 2014 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.sri.com/wp-content/uploads/pdf/simulations-for-stem-learning-full-report.pdf>.
- [5] IPCC. *Climate Change 2014 Synthesis Report* [online]. IPCC, 2014 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf.
- [6] NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. *Can we protect ourselves from drought?* [online]. 2021 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://drought.unl.edu/Education/DroughtforKids/Protection.aspx>.
- [7] PRENSKY, M. *Digital game-based learning*. 1. vyd. Paragon House, 2007 [cit. 2023-02-17]. ISBN 9781557788634.
- [8] ROSS, S. *Simulation, Third Edition (Statistical Modeling and Decision Science)*. 3rd. Academic Press, 2002. ISBN 978-0125980630.
- [9] TRNKA, M., ŽALUD, Z., ŠTĚPÁNEK, P. et al. *Aktuální stav sucha* [online]. 2021 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz/cz/?from=2021-12-02&to=2021-12-30¤t=2021-12-26>.
- [10] UNCCD. *The Ripple Effect: A fresh approach to reducing drought impacts and building resilience*. 1. vyd. UNCCD, 2016 [cit. 2022-01-22]. ISBN 978-92-95110-27-4.
- [11] VARAKSINA, S. *Educational Game Development: How to Build Learning Games for Kids* [online]. September 2021 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://themindstudios.com/blog/educational-game-development/>.
- [12] WUEBBLES, D., FAHEY, D., HIBBARD, K. et al. *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* [online]. U.S. Global Change

Research Program, 2017 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z:
<https://science2017.globalchange.gov/>.

- [13] ŽALUD, Z. *Proč je sucho a jak se mu bránit?* [online]. Apríl 2020 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/zdenekn-zalud-proc-je-sucho-a-jak-se-mu-branit>.

Príloha A

Obsah priloženého pamäťového média

- **Projekt** – Adresár obsahujúci všetky zdrojové kódy.
- **Hra** – Adresár obsahujúci preloženú aplikáciu v spustiteľnej podobe.
- **Technická Správa** – Adresár, ktorý obsahuje všetky potrebné súbory k vygenerovaniu technickej správy.
- **Video** – Demonstračné video.
- **Plagát** – Plagát vo formáte PDF.
- **README** – Obsahuje detailnejší popis súborov a návod na spustenie aplikácie.

Príloha B

Plagát



Obr. B.1: Plagát