

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Ekonomická fakulta
Katedra aplikované matematiky a informatiky

Bakalářská práce

Výzkum herních strategií a chování hráčů virtuálních her

Vypracoval: Petr Blovský
Vedoucí práce: Petr Klán

České Budějovice 2022

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Ekonomická fakulta

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Petr BLOVSKÝ
Osobní číslo: E19718
Studijní program: B6209 Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Ekonomická informatika
Téma práce: Výzkum herních strategií a chování hráčů virtuálních her
Zadávající katedra: Katedra aplikované matematiky a informatiky

Zásady pro vypracování

Navrhněte a ve virtuální realitě proveďte hry pro dva hráče s různými hodnotami payoff matice. Při jejich návrhu se inspirujte hrami na shodu a hrami typu věžňova dilematu. Zkoumejte a stanovte optimální herní strategie a experimentálně tyto strategie ověřte.

Metodický postup:

1. Prostudujte základy teorie her.
2. Seznamte se s používáním virtuálního metaverzu Neos.
3. Navrhněte koncept tří různých virtuálních her pro dva hráče.
4. Zaměřte se na hry s nulovým a nenulovým součtem.
5. Navrhněte virtuální svět a hry v tomto světě naprogramujte.
6. Experimentálně zkoumejte herní strategie a stanovte optimální strategie.
7. Srovnajte experimentálně nalezené optimální strategie s jejich teoretickými vzory.
8. Testujte chování virtuálních hráčů z pohledu hledání optimálních strategií.

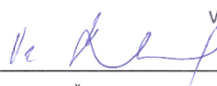
Rozsah pracovní zprávy: 40 – 50 stran
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

1. Klán, P., & Mariančík, T. (2019). *Jak stavět virtuální světy v metaverzu Neos*. London: Solirax.
2. Lial, M. L., Greenwell, R., & Ritchey, N. P. (2016). *Finite Mathematics*. Pearson.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Mgr. Ing. Petr Klán, CSc.
Katedra aplikované matematiky a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: 25. ledna 2021
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2022

 
JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
EKONOMICKÁ FAKULTA
Studentská 13 (26)
370 05 České Budějovice

doc. Dr. Ing. Dagmar Škodová Parmová
děkanka

doc. RNDr. Tomáš Mrkvička, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 24. března 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Výzkum herních strategií a chování hráčů virtuálních her“ jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě/v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Ekonomickou fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. Zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum

Podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Petru Klánovi za jeho cenné rady, připomínky a vstřícnost při vypracování bakalářské práce.

Obsah práce

1. Úvod.....	1
2. Historie VR.....	2
3. Teorie her.....	4
3.1. Strategie.....	5
3.2. Optimální strategie	5
3.3. Payoff matice.....	5
3.4. Nashova rovnováha	6
3.5. Dominantní strategie	6
3.6. Sedlový bod.....	6
3.7. Typy her	6
3.7.1. Spolupráce nebo nespolupráce.....	6
3.7.2. Hry současné a sekvenční	7
3.7.3. Hry s úplnými informacemi a hry s neúplnými informacemi.....	7
3.7.4. Hry konečné a nekonečné	7
3.7.5. Počet hráčů.....	7
3.7.6. Racionalita	7
3.7.7. Ryzí a smíšené strategie.....	7
3.7.8. Hry s nulovým součtem	8
3.7.9. Hry typu Vězňovo dilema.....	9
4. NEOS.....	11
5. Robotí zápasy.....	13
5.1. Koncept	13
5.2. Pravidla.....	13
5.3. Realizace	13
5.4. Optimální strategie teoreticky	20
5.5. Optimální strategie experimentálně	22
5.6. Porovnání	23
6. Drahé kovy.....	24
6.1. Koncept	24
6.2. Pravidla.....	24
6.3. Realizace	25
6.4. Optimální strategie teoreticky	28
6.5. Optimální strategie experimentálně	30
6.6. Porovnání	31
7. Souboj	31

7.1.	Koncept	31
7.2.	Pravidla.....	32
7.3.	Realizace	32
7.4.	Optimální strategie teoreticky	39
7.5.	Optimální strategie experimentálně	40
7.6.	Porovnání	42
8.	Závěr	43
9.	Zdroje.....	44

1. Úvod

Téma mojí bakalářské práce bylo Výzkum herních strategií a chování hráčů virtuálních her. Toto téma jsem si zvolil z toho důvodu, že mě velmi zaujala myšlenka porovnání teoretické strategie se strategií jednotlivých hráčů. Další motivací pro volbu tohoto tématu pro mě bylo to, že jsme v době pandemie s přáteli hráli počítačovou hru s názvem Tabletop Simulator, jež simulovala stolní hry. Tuto hru jsme využívali jako náhradu za interakci v reálném světě. Myslím si, že kdybychom v té době měli možnost využití virtuální reality, posunulo by to zážitek z hraní a sociálních interakcí na vyšší úroveň.

První část mé bakalářské práce je část teoretická. Ta se zabývá historií Virtuální reality a také historií teorie. V této části také popisuji základní seznámení s Teorií her a rozdělení her podle jednotlivých typů. Dále je zde uvedeno krátké představení metaverza Neos, v němž jsem tuto práci prakticky vypracoval.

Praktická část této bakalářské práce je rozdělena do tří částí. V každé z nich prezentuji jednotlivé hry mnou navržené. V každé z těchto částí je uveden můj celkový postup od konceptu, až po vyhodnocení optimálních strategií. Popisuji zde úplná pravidla her. Také uvádím, jak jsem tyto hry realizoval v metaverzu Neos. Dále je u každé hry uvedeno, jak jsem ji naprogramoval pomocí LogiX. Následně jsem hledal optimální strategie. Tyto strategie nejprve zjišťuji teoreticky, poté je zkoumám experimentálně. Použil jsem virtuální hráče, kteří mnou vytvořené hry hráli, přičemž jsem si zapisoval jejich chování. Nakonec jsem získané výsledky zhodnotil a porovnal je s výsledky teoretickými.

Poslední část této bakalářské práce je závěr, kde hodnotím celou práci a nalezené strategie.

2. Historie VR

Jako první zmínku o virtuální realitě, jak ji známe dnes můžeme považovat koncept tzv. „Experience Theater“ (Divadlo zážitků) v 50. letech 20. století od Mortona Heiliga. Šlo o koncept, který by stimuloval 4 smysly diváka podle dané scény. Na základě této vize postavil Heilig v roce 1962 prototyp nazvaný Sensorama, který při promítání krátkých filmů umožňoval vnímat kromě obrazu a zvuku i vůni. (*Virtuální Realita: Historie Prvních Kroků*, 2021)

Sensorama byl původně zvažován pro arkádové použití, ale stroj skončil, protože byl příliš složitý. Bylo to také prezentováno společností jako Ford a International Harvester jako potenciální showroom, ale nenašli žádné odběratele. V té době bylo téměř nemožné najít investory, takže sensorama zůstala stát ve fázi prototypu.

V roce 1968 vytvořil Ivan Sutherland s pomocí svých studentů, včetně Boba Sproulla, to, co bylo všeobecně považováno za první zobrazovací systém namontovaný na hlavě pro použití v imerzivních simulačních aplikacích. Bylo to primitivní jak z hlediska uživatelského rozhraní, tak vizuálního zážitku, a hardware, který měl uživatel na sobě, byl tak těžký, že musel být zavěšen ze stropu. Grafika, která tvořila virtuální prostředí, byly jednoduché 3D objekty. Obrovský vzhled zařízení inspiroval jeho jméno, Damoklův meč (The Sword of Damocles). (*History Of Virtual Reality*, 2020)

Od roku 2000 byla oblast VR ve znamení velkých investic a komercializace VR technologie obecně. V roce 2001 se stal projekt SAS Cube (SAS3) první kubickou místností založenou na PC produkovanou společností Z-A Production. Knihovna SAS dala za vznik Virtools VR Pack, který umožňoval programátorům tvořit 3D objekty pro účely CUBE místností nebo do prostředí VR headsetu.

V roce 2007 přišel Google se svým produktem Street View, servisem, který ukazuje 360° panoramatické náhledy pro cesty, interiéry budov a odlehlé oblasti. Můžeme tak v aplikaci Street View procházet místa, aniž bychom na nich byli fyzicky. V roce 2010 Google představil stereoskopický mód.

V roce 2010 sedmnáctiletý Palmer Luckey designoval první prototyp VR headsetu Oculus Rift v garáži svých rodičů. Tento prototyp byl schopen pouze rotačního sledování, ale mohl se pochlubit 90° zorným polem, se kterým do té doby nikdo jiný nepřišel. V roce 2012 je Rift poprvé představen na veletrhu her E3 od společnosti Carmack. V roce 2014 Facebook koupil Oculus VR za to, co bylo v té době uvedeno jako \$2 miliardy, ale později se ukázalo, že

přesnější hodnota byla \$3 miliardy. K tomuto nákupu došlo poté, co byly první vývojové sady objednány prostřednictvím produktu Oculus na Kickstarteru v roce 2013. Oculus měl v následujících letech spor se společností ZeniMax Media, která žalovala Oculus a Facebook za zneužití jejich duševního vlastnictví a vykradení know-how. Spor Oculus prohrál a přišel o \$500 milionů. V roce 2013 společnost Valve Corporation objevila a volně sdílela průlom displeje s nízkou latencí, který umožnil zobrazení obsahu VR bez zpoždění a rozmazání. Tento objev byl přijat Oculusem a byl používán ve všech jejich budoucích VR headsetech. Na začátku roku 2014 představila společnost Valve svůj prototyp SteamSight, předchůdce obou spotřebitelských náhlavních souprav vydaných v roce 2016. S hlavními spotřebitelskými náhlavními soupravami sdílela hlavní funkce včetně samostatných displejů v rozlišení 1000 pixelů na oko, nízké latence, polohového sledování na velké ploše a čoček fresnel. HTC a Valve oznámily v roce 2015 náhlavní soupravu pro virtuální realitu HTC Vive a ovladače. Součástí sady byla technologie sledování nazvaná Lighthouse, která využívala nástěnné „základní stanice“ pro polohové sledování pomocí infračerveného světla. V roce 2014 společnost Sony oznámila projekt Morpheus (jeho kódový název pro PlayStation VR), náhlavní soupravu pro virtuální realitu pro herní konzoli PlayStation 4. Společnost Sony začátkem roku 2019 oznámila, že celkově prodala přes 4 miliony kusů Playstation VR a necelých 22 milionů VR her celosvětově. Současná verze brýlí PlayStation VR má 5,7palcový displej OLED s rozlišením Full HD a frekvencí 120 Hz, což už je velmi slušný parametr displeje. V roce 2016 společnost HTC dodala první VR headset HTC Vive SteamVR. Toto znamenalo první hlavní komerční trackování založené na senzorech, které umožňuje volný pohyb uživatelů v definovaném prostoru. Tento krok umožňuje využívat VR skutečně naplno a člověk tak může interagovat se svým fyzickým okolím, které je totožné ve virtuální realitě. V roce 2019 jsme se dočkali tzv. „game changeru“ v podobě bezdrátového VR headsetu Oculus Quest, který je samostatný a nevyžaduje PC. Oculus Quest se jen ve třetím kvartálu roku 2019 prodalo 180 000 kusů a celkově už atakoval hranici 400 0000 prodaných zařízení. (*History Of Virtual Reality*, 2020)

Virtuální realita (VR) je jméno vytvořené pro jakýkoli systém, jehož cílem je umožnit uživateli pocit přenesení do virtuálního světa za pomoci speciálních nástrojů pro změnu vnímání. Jinými slovy, VR je iluze reality, která existuje uvnitř virtuálního, softwarového světa. Při připojení k systému VR může být uživatel schopen pohybovat hlavou v plném rozsahu 360 stupňů, aby se mohl rozhlížet všude kolem. Některá prostředí VR používají ruční nástroje a speciální podlahy, které mohou uživatelům navodit pocit, jako by se mohli

skutečně mohli procházet, komunikovat a interagovat s virtuálními objekty. (Techopedia, 2022)

3. Teorie her

Teorie her je studium matematických modelů strategických interakcí mezi racionálními agenty. Má aplikace ve všech oblastech společenských věd, stejně jako v logice, systémové vědě a informatice. Původně se týkala dvoučlenných her s nulovým součtem, ve kterých jsou zisky nebo ztráty každého účastníka přesně vyváženy zisky nebo ztrátami ostatních účastníků. V 21. století se teorie her vztahuje na širokou škálu behaviorálních vztahů; je to nyní zastřešující termín pro vědu o logickém rozhodování u lidí, zvířat a také počítačů.

První známky teorie her můžeme sledovat již v dílech antických filozofů. Například Platón se ve svém díle *Republica* zamýšlí nad situací vojáka stojícího na bitevním poli a očekávajícího útok nepřítele a zamýšlí se nad tím, jak by se měl racionální voják chovat, jakou strategii by měl zvolit a jaký užitek z toho bude mít.

Za zakladatele moderní teorie her je považován matematik John von Neumanna. Tento americký matematik narozený 28. prosince 1903 v Budapešti se zabýval mnoha obory a do většiny z nich i přispěl. Jeho nejvýznamnější jsou objevy na poli digitálních počítačů a operátorové teorie kvantové mechaniky a konceptu buněčného automatu a samozřejmě již výše zmíněná teorie her, o níž v roce 1928 vydal první práci. V této práci přesně vymezil pojmy teorie her a provedl důkaz tzv. základní věty maticových her (matematické tvrzení, které také nazýváme větou o minimaxu). John von Neumann začal matematicky rozebírat záměrně vyvolané konfliktní situace při salónních hrách a spolu s Oskarem Morgensternem si všiml shodné struktury konfliktních situací vznikajících při salónních hrách a při ekonomickém nebo vojenském rozhodování. V roce 1944 položili v knize „Teorie her a ekonomické chování“ základ samostatné matematické teorii, systematicky se zabývající studiem konfliktních situací, pro kterou se ujal název teorie her. John von Neumann a Oskar Morgenstern podali ucelenou teorii her dvou hráčů s nulovým součtem, dále pak studovali kooperativní hry s nulovým součtem a přenosnou výhrou.

Následně došlo k rychlému rozvoji teorie her a tato nová disciplína byla využita mimo jiné pro sestavování abstraktních ekonomických modelů, modelů pro využití výrobních zdrojů, v kybernetice pro optimální chování systémů, v matematické statistice a aplikované matematice.

Dalším významný matematik, který přispěl k rozvoji teorie her, byl matematik John Forbes Nash. Vymyslel koncepci, která se nazývá Nashova rovnováha. Tato koncepce je vhodná pro řešení konfliktů, kdy účastníci rozhodují zcela racionálně, mají úplnou informaci o strategických možnostech a preferencích všech ostatních účastníků. Jednou ze základních vlastností Nashovy rovnováhy je i skutečnost, že v jedné hře může existovat více rovnovážných stavů a všechny mohou nastat se stejnou pravděpodobností.

Za dobu existence této teorie vyšly stovky knih a tisíce odborných statí. Od roku 1971 vychází časopis *International Journal of the Game Theory*, který je nejprestižnějším periodikem odrážejícím vývoj teorie her.

Práce matematiků a ekonomů, které se týkají teorie her byly oceněny i Nobelovou cenou. V roce 1994 byli Nobelovou cenou za ekonomii oceněni za výzkum teorie her John Forbes Nash Jr., Reinhard Selten a John Harsanyi.

V současnosti jsou principy teorie her široce používány v mnoha různých akademických disciplínách, jako jsou například ekonomika a obchod, biologie, informatika, politologie či filozofie. (Najera, 2021)

3.1. Strategie

V teorii her je strategie kompletní sadou možností, které má hráč k dispozici, aby mohl hrát hru v jakékoli situaci. Strategie tedy dokonale určuje hráčovu rozhodovací schopnost.

Strategický prostor je seznam všech možných alternativ pro hráče. Někdy je význam strategie a pohybu brán jako totožný. Pohyb je ale akce spuštěná hráčem v určitém okamžiku hry.

Například v šachu se za tah považuje pohyb figurek podle daných pravidel (pohyb střelce z C1 do G5). Strategie je na druhé straně soubor tahů, které tvoří komplexní hru několika tahů. Proto je tento krok součástí strategie. (Mañas, 1991)

3.2. Optimální strategie

Optimální strategie je strategie taková, od které neexistuje žádná odchylka, která může být pro hráče přínosná, pokud druhý hráč zachová svou optimální strategii.

3.3. Payoff matice

V teorii her je Payoff matice tabulka, ve které jsou strategie jednoho hráče uvedeny v řádcích a strategie druhého hráče ve sloupcích a buňky ukazují odměnu každému hráči tak, že odměna řádkového hráče je uvedena jako první. Odměna hry je přírůstkový zisk/přínos nebo ztráta/náklady, které hráči narostou prováděním své strategie naproti strategii druhého hráče.

Odměna závisí na kontextu hry. Payoff matice je důležitým nástrojem v teorii her, protože shrnuje potřebné informace a pomáhá nám určit, zda existuje dominantní strategie a/nebo Nashova rovnováha. (Mañas, 1991)

3.4. Nashova rovnováha

V teorii her je Nashova rovnováha, pojmenovaná po matematikovi Johnu Forbesovi Nashovi Jr., nejběžnějším způsobem, jak definovat řešení nekooperativní hry zahrnující dva nebo více hráčů. V Nashově rovnováze se předpokládá, že každý hráč zná rovnovážné strategie ostatních hráčů a žádný hráč nemá co získat změnou pouze své vlastní strategie.

Koncept Nashovy rovnováhy se využívá pro analýzu výsledků strategické interakce několika aktérů. Jinými slovy se jedná o způsob předvídání rozhodnutí individuálních subjektů, které se rozhodují současně a jejich rozhodnutí závisí na rozhodnutí ostatních. Základním principem určení Nashovy rovnováhy je nemožnost předpovědět výsledek, pokud budeme nahlížet na jednotlivá rozhodnutí izolovaně. Musíme každé rozhodnutí hráče uvažovat v kontextu možných rozhodnutí ostatních. (Mañas, 1991)

3.5. Dominantní strategie

Dominantní strategie je strategie používaná v teorii her. Je také známá zjednodušeně jako dominování. Je to proces, jehož cílem je zjednodušit Payoff matici a tím usnadnit hledání optimální strategie. Proces zjednodušení se provádí tak, že z Payoff matice vyloučíme strategie, které jsou vždy hroší než jiné strategie ve všech případech bez ohledu na to, jakou strategii zvolí protihráč. Takové strategie poté označujeme jako Dominované strategie. Dominované strategie poté vyškrtáme z Payoff matice a tím ji zjednodušíme. (Mañas, 1991)

3.6. Sedlový bod

Sedlový bod je prvek matice, který má maximální hodnotu ve svém sloupci a minimum v řádku (nebo naopak). V teorii her najdeme uplatnění sedlového bodu v Payoff matici. Označuje dvojici strategií, při kterých si hráči změnou strategie nemohou polepšit, pokud oba hráči tyto strategie budou následovat. Tento bod také můžeme nazvat jako Nashova rovnováha. (Mañas, 1991)

3.7. Typy her

3.7.1. Spolupráce nebo nespolupráce

Hra je kooperativní pouze tehdy, pokud hráč dokáže dodržet svůj závazek. Jedním z příkladů je oblast práva, kde lidé musí plnit své sliby. V nekooperativních hrách to možné není a

obecně se předpokládá, že komunikace mezi hráči je povolena pouze v kooperativních hrách. Klasifikace těchto dvou binárních kritérií však byla zpochybňována a někdy zamítnuta. Z těchto dvou typů her je nekooperativní hra přesnější a propracovaná do nejmenších detailů, zatímco kooperativní hra je celá o kooperaci a propojení obou přístupů. Nashův program představuje vícenásobné výsledky spolupráce jako rovnováhu nespolečné.

3.7.2. Hry současné a sekvenční

Hry současné jsou takové hry, ve kterých se oba hráči pohybují současně nebo tak, že hráč nemá naprosto žádné informace o tahu protivníka. Sekvenční, někdy také známe pod názvem dynamické hry, jsou takové hry, ve kterých hráč ví nějakou informaci o předchozím tahu soupeře. Neznamena to ale, že má úplné informace o tahu nebo tazích soupeře. Obvykle se používá pro současné hry normální forma a pro hry sekvenční forma extenzivní. Toto ovšem není pravidlem.

3.7.3. Hry s úplnými informacemi a hry s neúplnými informacemi

Ve hře s úplnými informacemi má každý hráč stejné herní informace jako všichni ostatní hráči. Příkladem mohou být šachy. Naproti tomu hra s neúplnými informacemi je poker nebo věznovo dilema (viz také Bayesovská hra). Hry s úplnými informacemi jsou v každodenním životě vzácné. Naopak teoreticky se hry s úplnými informacemi využívají velmi často.

3.7.4. Hry konečné a nekonečné

Je-li množina strategií každého hráče konečná, mluvíme o konečné hře, je-li množina strategií alespoň jednoho hráče nekonečná, jde o nekonečnou hru.

3.7.5. Počet hráčů

Hry můžeme také rozdělit podle počtu hráčů. Podle počtu hráčů poté budeme hledat optimální strategie. Nečastější používané hry v teoriích bývají hry dvou hráčů.

3.7.6. Racionalita

Racionalitu hráčů se určuje podle toho, zda hráči jednají racionálně. To znamená, že se vždy snaží udělat rozhodnutí, které pro ně bude nejvýhodnější na základě informací, které má. Hráče tedy rozdělujeme na racionální a náhodné. Jako náhodný hráč bývá často uváděna příroda.

3.7.7. Ryzí a smíšené strategie

Ryzí strategie poskytuje úplnou definici toho, jak bude hráč hrát hru. O ryzí strategii lze uvažovat jako o plánu, který závisí na pozorováních, která učiní v průběhu hry. Zejména

určuje pohyb, který hráč udělá v jakékoli situaci, které by mohl čelit. Strategická sada hráče je sada čistých strategií dostupných tomuto hráči. Smíšená strategie je přiřazení pravděpodobnosti každé čisté strategii. Při zařazení smíšené strategie je to často proto, že hra neumožňuje racionální popis při specifikaci čisté strategie pro hru. To umožňuje hráči náhodně vybrat čistou strategii. Protože pravděpodobnosti jsou spojité, hráč má k dispozici nekonečně mnoho smíšených strategií. Vzhledem k tomu, že pravděpodobnosti jsou přiřazovány strategiím pro konkrétního hráče, když se diskutuje o přínosech určitých scénářů, musí být výplata označována jako „očekávaná odměna“. Samozřejmě lze čistou strategii považovat za degenerovaný případ smíšené strategie, ve které je tato konkrétní čistá strategie vybrána s pravděpodobností 1 a každá jiná strategie s pravděpodobností 0.

3.7.8. Hry s nulovým součtem

Hra s nulovým součtem patří do skupiny her popisující antagonistické konflikty – co jeden hráč získá, druhý ztrácí, takže spolupráce v těchto konfliktech nemá smysl. Jakoukoliv hru s konstantním součtem lze transformovat na ekvivalentní hru s nulovým součtem, protože přičtením konstanty ke všem hodnotám výplatní funkce nedojde ke změně jejího řešení.

Základním modelem hry s nulovým součtem a vůbec modelem celé teorie her je hra v normálním tvaru. Ta je charakterizována 3 množinami:

- Množinou hráčů
- Množinou prostorů strategií
- Množinou výplatních funkcí

Důležitým předpokladem v této hře je, že se hráči chovají racionálně, tj. chtějí maximalizovat hodnotu své payoff matice. Dále že mají hráči dokonalé informace, tj. znají možnosti a payoff matice ostatních hráčů.

Pokud budeme pro zjednodušení uvažovat hru dvou hráčů, je hra s konstantním součtem ve svém normálním tvaru definována jako

$$f_1(x, y) + f_2(x, y) = K,$$

kde pro libovolné strategie $x \in X$, $y \in Y$ a K je libovolné reálné číslo. Pro hru s nulovým součtem je $K=0$. Pro tuto hru platí, že přičteme-li určitou konstantu ke všem hodnotám výplatní funkce, řešení zůstává stejné. Výplatní funkce pro hru s nulovým součtem pak vypadá takto:

$$f_1(x, y) = -f_2(x, y)$$

Cílem každé hry v teorii her je samozřejmě nalézt návod pro optimální chování jednotlivých hráčů. Pokud tedy i nadále budeme uvažovat hru dvou hráčů, označíme si optimální strategii hráče 1 jako $x^o \in X$, ke které existuje optimální strategie hráče 2 $y^o \in Y$. Pro výplatní funkce hráčů platí:

$$f_1(x, y^o) \leq f_1(x^o, y^o) \text{ a } f_2(x^o, y) \leq f_2(x^o, y^o)$$

3.7.9. Hry typu Věžňovo dilemma

Věžňovo dilemma označuje v teorii her typ hry s nenulovým součtem, ve které mají dva hráči („vězni“) možnost spolupracovat nebo nespolupracovat („s vyšetřovateli“) a výsledný stav výplaty („doba, ke které budou odsouzeni“) závisí na rozhodnutí každého z nich (nemohou vzájemně komunikovat). Tak jako u mnoha jiných her se předpokládá, že každý hráč se stará především o svůj prospěch – snaží se maximalizovat své výhody a nebere ohled na prospěch ostatních hráčů.

Dominantní strategií je zde nespolupráce, tj. bez ohledu na to, jakou strategii si vybere spoluhráč, vykazuje nespolupráce pro hráče vždy lepší výsledek než spolupráce. Racionální hráč se rozhodne pro „zradu“. Takže Nashova rovnováha vznikne, když oba hráči nespolupracují. Tato Nashova rovnováha však překvapivě nemusí vést k optimálnímu řešení. To znamená, že pokud by oba hráči zůstali loajální, v konečném součtu by oba dva získali více, než když nespolupracují. Toto si můžeme ukázat na příkladu.

Policie zadržela dva podezřelé Wandu a Freda a drží je odděleně. Důkazy, které má policie, nejsou dostatečné pro usvědčení, takže se musí spoléhat na přiznání obviněných. Wanda a Fred mají dvě možnosti, a to buď vypovídat anebo nevypovídat.

- Pokud oba nebudou vypovídat, oba dostanou trest 2 roky
- Pokud jeden bude vypovídat a druhý ne, tak ten, který bude vypovídat, bude zproštěn viny a ten, jenž nebude vypovídat, dostane trest 10 let
- Pokud budou oba vypovídat, dostanou oba trest 5 let

Vzhledem k tomu, že ani jeden zadržený si nemůže být jistý, co zvolí ten druhý, nastává dilemma: vypovídat, či nevypovídat?

Fred a Wanda uvažují takto:

- Pokud bude druhý nevypovídat a já také, dostanu trest jen na 2 roky, takže lepší bude vypovídat, protože budu dříve volný.
- Pokud bude druhý vypovídat a já nevypovídat, dostanu 10 let, takže lepší bude vypovídat, protože dostanu také jen 5 let jako on za to, že vypovídal rovněž.

Pokud oba udělají víceméně racionální rozhodnutí, tj. budou oba dva vypovídat, dostanou oba trest v délce 5 let, což je Nashovo rovnováha, přestože překvapivě optimálním rozhodnutím je vůbec nevypovídat, přičemž v tom případě by oba dostali trest v délce jen 2 roky.

4. NEOS

NeosVR je jedním z nejvíce všestranných a na funkce bohatých metaversů pro virtuální realitu. Je designován tak, aby kdokoliv našel nějakou zajímavou nebo užitečnou činnost v sociálním prostředí. Slouží jako prostředí pro setkávání s multimedií a hrami, sandbox pro tvůrce, stavitele a vývojáře, profesionální pracovní nástroj, vzdělávací prostředí a mnoho dalších.

NeosVR podporuje množství VR headsetů, jako jsou Oculus Rift, Oculus Rift S, Oculus Quest, Oculus Go, Pimax, HTC Vive, Valve Index a náhlavní soupravy Windows Mixed Reality. Ovladače, které podporují přítomnost prstů, jako je Valve Index, umožňují uživatelům provádět gesta rukou a prstů, která pak lze propojit a aktivovat určité výrazy obličeje, animace nebo vlastní události. Kromě četných náhlavních souprav podporuje NeosVR širokou škálu příslušenství pro VR, jako je modul pro sledování prstů Leap Motion a sledovač rtů HTC Vive, který uživatelům umožňuje viditelně vysílat spodní výrazy obličeje a řeč. Podporováno je také HTC Vive Pro Eye, které umožňuje použití očí u vybraných avatarů. NeosVR navíc umožňuje sledování boků a chodidel, běžně označované jako sledování „celého těla“. Aby toho dosáhl, bude uživatel nosit HTC Virtual Reality System Tracker, AKA „Vive Tracker Puck“, aby předával polohu svého těla. Pohyb je poté vypočítán pomocí inverzní kinematiky s až 8 dalšími senzory, které replikují fyzický pohyb člověka v reálném čase.

Developer Tooltip je jedním z nejvýkonnějších nástrojů v Neos, který umožňuje přistupovat k ovládacím prvkům pro jakýkoli objekt v Neos, upravovat je a pracovat s nimi, vytvářet nové objekty a vyvolat scene inspector.

Material Tooltip je nástroj umožňující manipulaci s materiály. Můžeme pomocí něj nanášet textury na objekty, ale také aplikovat vzhled skyboxu. Nejprve ale musíme do tohoto nástroje materiál vložit.

LogiX Tooltip slouží k tomu, abychom mohli pracovat s programovacím systémem LogiX. Pomocí tohoto nástroje si můžeme otevřít nabídku LogiX a také nabídku LogiX nodů.

LogiX je název vizuálního programovacího systému Neosu, který se používá pro přidání vlastního, programovatelného chování k jakémukoli objektu. Při úpravách grafů LogiX vytváříte a upravujete uzly LogiX a vytváříte mezi nimi spojení.

Inspector nebo také scene inspector se používá k navigaci mezi všemi objekty ve světě a zobrazení a úpravě vlastností libovolného objektu. Inspektor vám umožní upravit naprosto cokoliv ve vašem současném světě. To zahrnuje věci, které by mohly narušit vaši interakci se světem, takže je dobré být opatrný při změně věcí mimo kořenový uzel. Pro případy, že se něco pokazí, je zde vždy možnost skončit a vrátit se tam, kde jsme začali. Pokud se i přesto něco rozbije, pokud neuložíte změny ve světě, můžete svět načíst znovu a změny zde nebudou aplikovány.

5. Robotí zápasy

5.1. Koncept

Na koncept hry robotí zápasy jsem přišel jako první. Prvotní nápad byla hra pro dva hráče, ve které by spolu hráči soupeřili a každý měl na výběr nějaké možnosti. Inspirace byla z klasikách arkádových bojových her, ve kterých proti sobě stojí dva bojovníci a porovnávají svoje síly. Nejprve jsem se rozhodl pro to, že každý hráč bude mít na výběr ze 3. možností. Toto jsem ale vzápětí přehodnotil a zvýšil jsem počet možností na 5. Dále jsem přemýšlel, jak budou možnosti vypadat. Prvotní nápad byl, že bude mít každý hráč na výběr 5 hrdinů, ale poté jsem to přehodnotil a rozhodl jsem se pro roboty, kteří mají na výběr z různých zbraní. Další prvek, který jsem se rozhodl do hry implementovat, byla odolnost některých zbraní proti jiným, aby hra byla zajímavější. S tímto konceptem jsem již byl spokojený a začal jsem s jeho realizací.

5.2. Pravidla

Cílem hry Robotí zápasy je porazit soupeře. Toho hráč dosáhne tak, že si zvolí zbraň pro svého robota, která poráží zbraň zvolenou soupeřem. Oba hráči vybírají zbraň současně. Na výběr má každý hráč z pěti možných zbraní. Tyto zbraně mají oba hráči stejné. Zbraně jsou reprezentovány tlačítka na pultíku, pomocí kterých hráči uskutečňují svou volbu. Dostupné zbraně jsou následující: Oštěp, Meč, Kanón, Pálka a Rukavice. Každá zbraň má určité poškození – reprezentované počtem mečů, určité životy – reprezentované počtem srdíček a některé zbraně jsou imunní vůči útokům jiných zbraní – reprezentované štítem a ikonkou zbraně vůči ní je imunní. Zápas vyhrává ten hráč, který zneškodní robota oponenta a zároveň jeho robot přežije. Pokud se roboti navzájem zneškodní nebo pokud oba roboti zůstanou stát, je výsledek zápasu nerozhodný. V tomto případě mohou hráči hrát znovu za pomoci tlačítka reset. Každý hráč má své a po jeho zmáčknutí se roboti odzbrojí a čekají na volbu zbraně. Hra poté probíhá následovně:

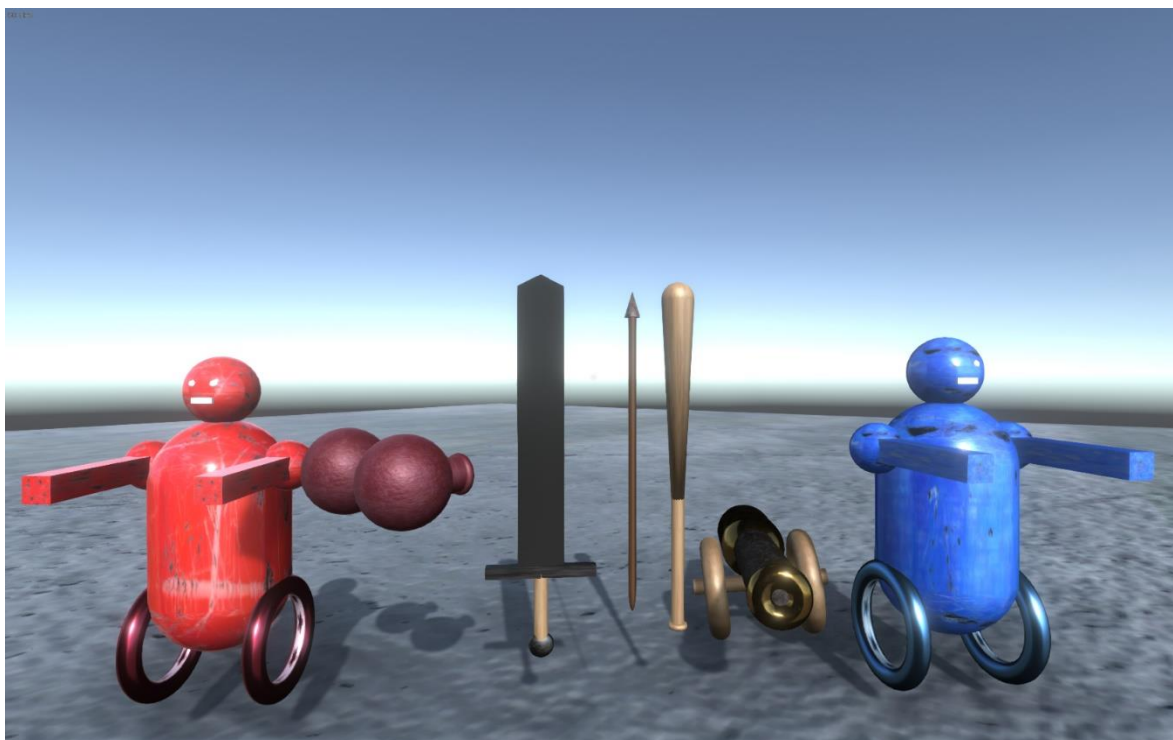
Na začátku hry si každý z hráčů stoupne k jednomu ze dvou pultíků a připraví se na začátek hry. Pokud jsou oba hráči připraveni, Robotí zápasy můžou začít tím, že si každý hráč zvolí zbraň. Jakmile zvolí zbraň oba hráči, hra následně vyhodnotí zápas a výsledek se ukáže na výsledkové tabuli.

5.3. Realizace

Před tím, než jsem se pustil do realizace méj první hry, jsem se musel seznámit se základními nástroji metaveza NEOS. (Klán & Mariančík, 2019) Po seznámení jsem se pustil

do realizace. Začal jsem tím, že jsem si vytvořil nový svět a v něm jsem si vytvořil pomocí Developer Tooltipu platformu pro moje hry. Nyní už jsem začal vytvářet první hru. Prvně jsem vytvořil podlahu, která zároveň slouží jako základna pro hru. Dále jsem vytvořil pultík, ten jsem si duplikoval a oba jsem je přiřadil k podlaze a nastavil jim přesné umístění v Inspectoru. Pro tyto objekty jsem poté zvolil texturu ze základního balíčku textur v NEOSu a aplikoval jsem ji pomocí Material Tooltipu. Následně jsem se pustil do tvorby samotných robotů. Roboty jsem vytvořil opět pomocí Developer Tooltipu. Začal jsem vytvořením těla. To jsem vytvořil tím, že jsem modifikoval kapsli a tu jsem zároveň použil jako nadřazený objekt pro ostatní objekty ze kterých se robot skládá. Dále jsem vytvořil kouli a tu jsem přiřadil jako dítě ke kapsli a změnil její velikost a použil ji jako hlavu robota. Ke kouli jsem vytvořil další dvě malé koule, které jsem použil jako oči a kvádr, který jsem modifikoval a použil jako pus. Všechny tři jsem poté přiřadil jako dítě k hlavě. Následně jsem vytvořil ruku pomocí modifikace kvádrů. Takto ruka vypadala zvláště, tak jsem se rozhodl ještě přidat kouli jako rameno. Po této změně jsem byl se vzhledem spokojen a ruku jsem duplikoval a obě přiřadil jako dítě k tělu. Nakonec jsem vytvořil kolo robota, a to vytvořením torusu a jeho následnou modifikací. Kolo jsem opět duplikoval a obě kola přiřadil jako dítě k tělu. Následně jsem celého robota duplikoval a na jednoho jsem nanesl modrou texturu a na druhého červenou pomocí Material Tooltipu. Dále jsem pokračoval s tvorbou jednotlivých zbraní pro roboty. Začal jsem s oštěpem. Ten jsem vyrobil z modifikované kapsle, ke které jsem přiřadil kužel jako špičku. Následně jsem vytvořil pátku. Začal jsem vytvořením kuželu a jeho následnou modifikací. Kužel jsem použil jako tělo pálky. Poté jsem přidal kouli, tu jsem zmenšil, použil jako horní konec pálky a přiřadil jako dítě ke kuželu. Dále jsem jako rukověť použil cylindr, ke kterému jsem ještě přidal torus jako konec rukověti. Obojí jsem přiřadil jako dítě k tělu pálky. Jako další jsem se pustil do tvorby meče. Začal jsem tím, že jsem si vytvořil tělo modifikací kapsle a tu jsem použil jako základ pro celý meč. Dále jsem použil upravený cylindr spolu s kvádrem jako rukověť a na konec rukověti jsem přidal upravenou kouli jako zakončení rukověti. Tyto části jsem přiřadil jako dítě k tělu meče. Poté jsem se pustil do tvorby kanónu. Začal jsem tvorbou hlavně. Tu jsem vytvořil pomocí modifikace cylindru. Pak jsem k němu přidal tělo kanónu. To jsem vytvořil modifikací kapsle, následně jsem přidal na předek hlavně torus jako zakončení hlavně. Dále jsem přidal ke kanónu kola, která jsem vytvořil pomocí torusu a jako výplň kola jsem použil upravené kvádry. Nakonec jsem použil další torus jako osu pro spojení obou kol. Jako poslední zbraň jsem vytvořil rukavice. Ty jsem vytvořil pomocí koule, ke které jsem přidal cylindr a na konec cylindru jsem přidal torus jako zakončení rukavice. Když jsem měl všechny zbraně

hotové, tak jsem na ně nanesl texturu, kterou jsem vybral ze základních textur v NEOSu a následně je aplikoval pomocí Material Tooltipu. Hotoví roboti a jednotlivé zbraně jsou na obrázku 1.



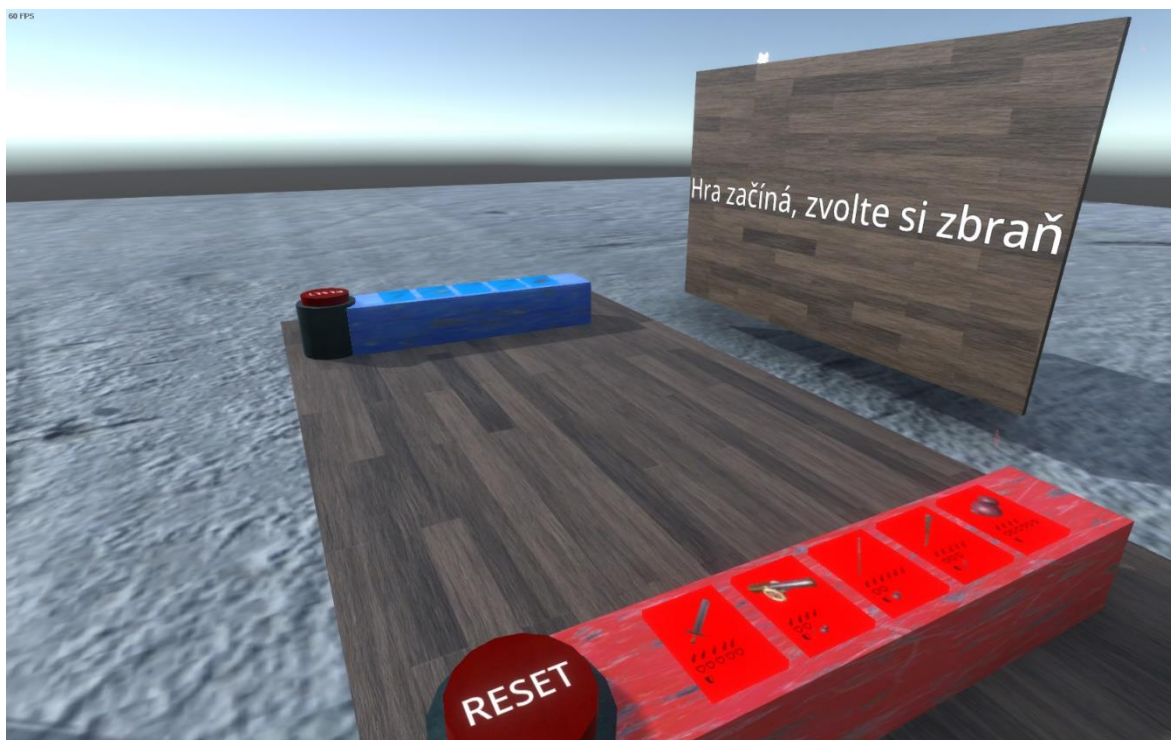
Obrázek 1

Následně jsem si na každý pultík přidal tlačítka. Ty jsem vytvořil pomocí upravení kvádrů, ke kterému jsem v inspektoru přidal komponentu PhysicalButton. Na tlačítka jsem následně vytvořil motivy jednotlivých zbraní. Toho jsem dosáhl tak, že jsem si zbraně nafotil a posléze vytvořil ikony v programu PAINT.NET. Tyto ikony jsem poté importoval do NEOSu a spojil je s tlačítky. Hotová tlačítka jsem přiřadil jako dítě k pultíkům. Následně jsem si vytvořil restart tlačítko. Toto tlačítko jsem vytvořil pomocí dvou cylindrů. Větší cylindr jsem použil jako základnu a menší jsem použil jako samotné tlačítko. Tomuto cylindru jsem přidal komponentu PhysicalButton a následně jsem vytvořil text a přidal ho k tomuto cylindru. Text jsem vytvořil pomocí Developer Tooltipu a následně jsem mu v Inspektoru nastavil hodnotu reset. Na všechny tlačítka jsem na konec nanesl texturu pomocí Material Tooltipu. Hotové tlačítko jsem si duplikoval a ke každému pultíku přiřadil jedno. Hotové pultíky s tlačítky jsou na obrázku 2.

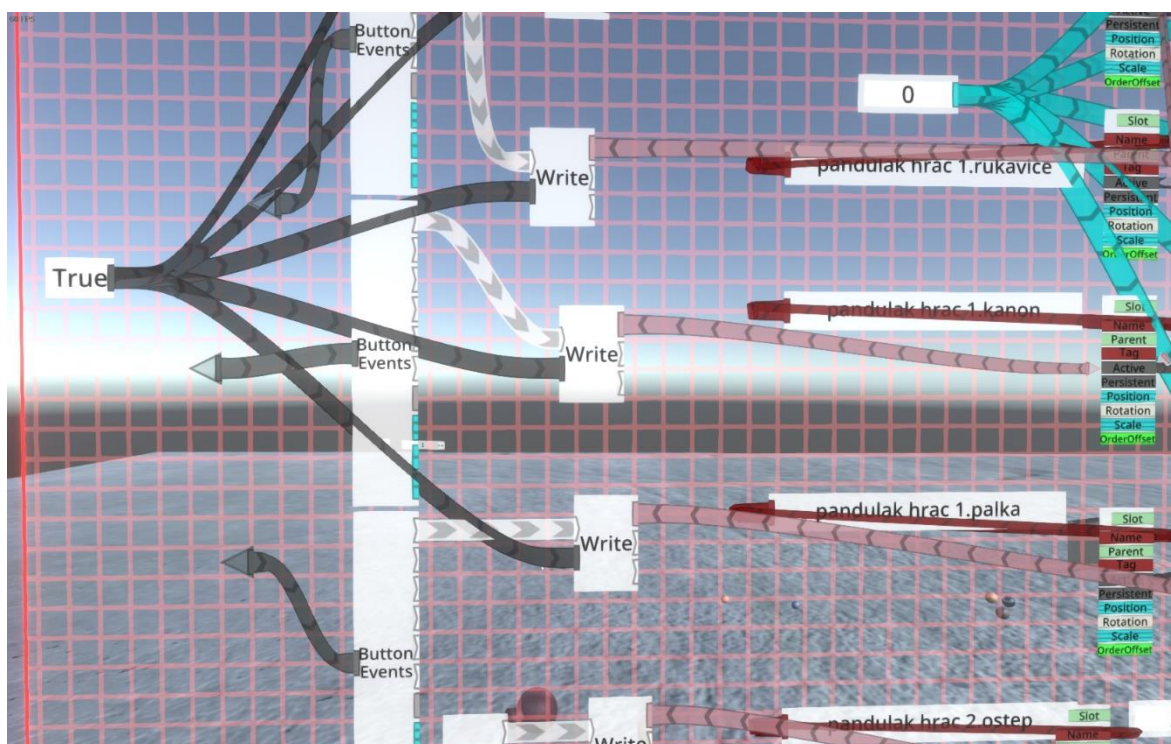


Obrázek 2

Následně jsem si vytvořil tabuli, která ukazuje výsledek zápasu. Tuto tabuli jsem vytvořil upravením kvádrů, ke kterému jsem přidal text. Tuto tabuli jsem poté třikrát duplikoval a na každé změnil text podle toho, jaký výsledek reprezentovala. Následně jsem na každou tabuli nanesl texturu. Nakonec jsem si vytvořil jednotlivé roboty se zbraněmi. Vzal jsem si oba roboty a umístil je proti sobě na základnu hry a přiřadil je jako dítě k základně. Následně jsem si oba roboty pětkrát duplikoval. Původní roboty jsem nechal jako základní beze zbraně a k ostatním jsem přidal zbraně, upravil jim pozici rukou, aby ke každému seděla zbraň, a pojmenoval je v inspektoru podle toho, jakou možnost reprezentují. Takto už jsem měl hru hotovou a začal jsem s programováním hry pomocí LogiX. počáteční fáze je vidět na obrázku 3.



Obrázek 3

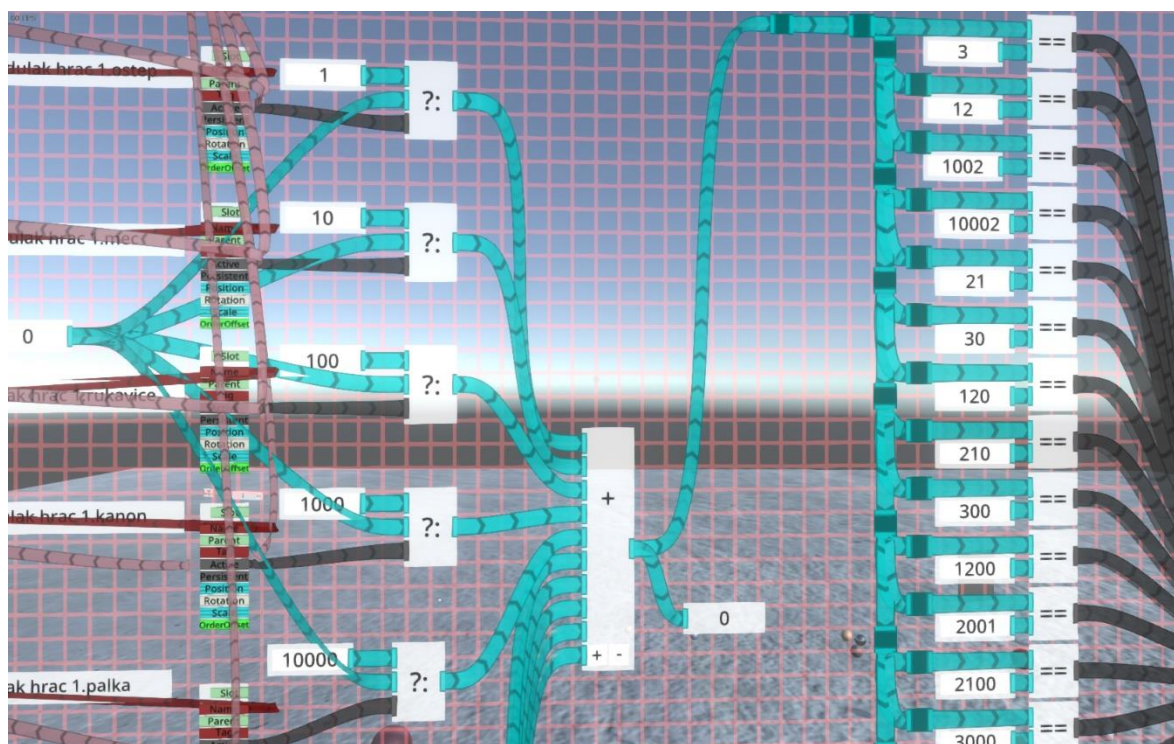


Obrázek 4

Jako první jsem nastavil u všech robotů hodnotu Active na False. Následně jsem potřeboval zprovoznit tlačítko. K tomu jsem použil LogiX node Button Events. Do tohoto nodu jsem navedl výstup z tlačítka na pultíku. Následně jsem použil node Write. Do tohoto nodu jsem

navedl výstup Pressed z nodu Button Events a na druhém vstupu jsem nastavil hodnotu True. Dále jsem výstup Target z nodu Wtire navedl do hodnoty Acrive u robota, který odpovídá danému tlačítku. Tento LogiX je na obrázku 4.

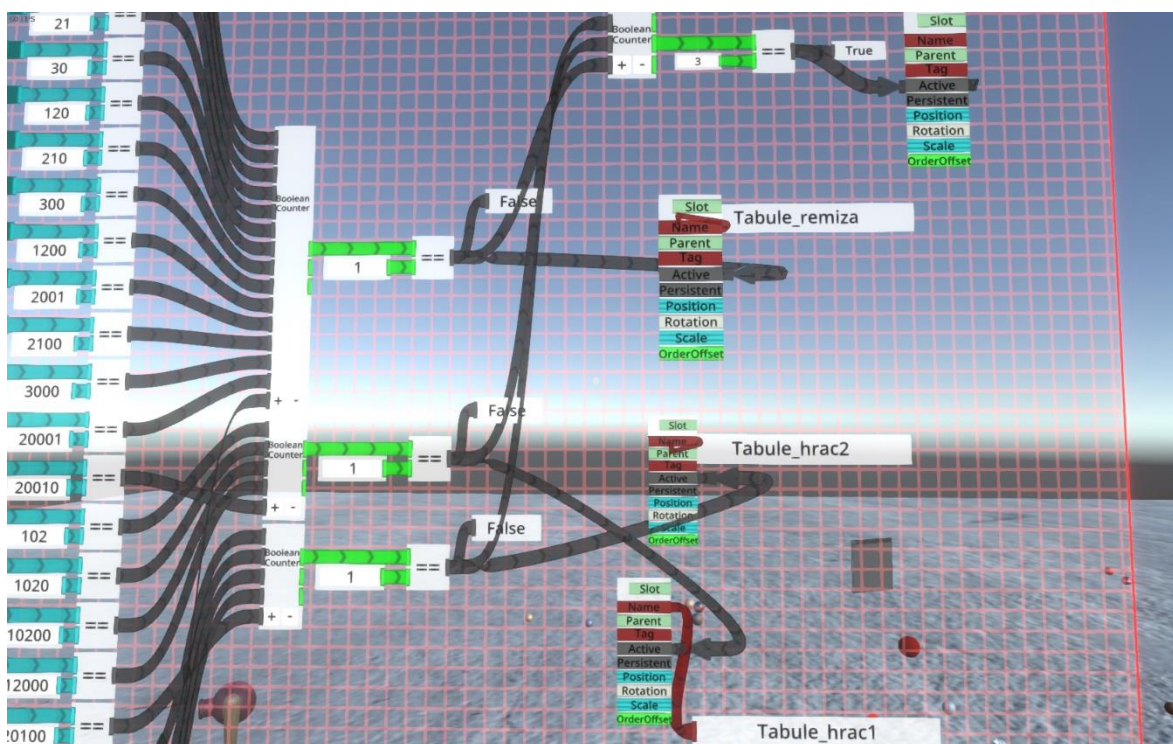
Takto jsem to provedl i u ostatních devíti tlačítek. Výsledkem je, že když zmáčknu tlačítko, objeví se na platformě robot. Následně jsem potřeboval nějak rozlišit jakou si hráči vybrali možnost a následně vyhodnotit výsledek zápasu. Pro rozlišení jednotlivých možností a následné vyhodnocení jsem každé z možností přiřadil číslo. Čísla jsem následně sečetl a podle toho vyhodnotil zápas. V LogiX jsem to udělal následovně. Nejprve jsem použil node ?: pro přiřazení hodnoty ke zvolené možnosti a tu jsem přiřadil na vstup OnTrue. Pro hráče jedna to byly hodnoty 1, 10, 100, 1000, 10000 a pro hráče dva to byly hodnoty 2, 20, 200, 2000, 20000. Na druhý vstup OnFalse jsem přiřadil hodnotu 0 u všech deseti nodů. Na poslední vstup Condition jsem přiřadil hodnotu Active od jednotlivých robotů. Toto mi ve výsledku dalo, že pokud hráč zmáčkl tlačítko, příslušný robot změnil hodnotu Active na True a poté měl příslušný node ?: na výstupu danou hodnotu a ne nulu. Výstupy těchto deseti nodů ?: jsem následně navedl do deseti vstupů nodu +. Tento node mi sečte všechny hodnoty. Výstup z něj jsem navedl do dvaceti pěti nodů ==. Na druhý vstup každého nodu == jsem nastavil jinou hodnotu, která reprezentovala danou kombinaci voleb hráčů. Toto je znázorněno na obrázku 5.



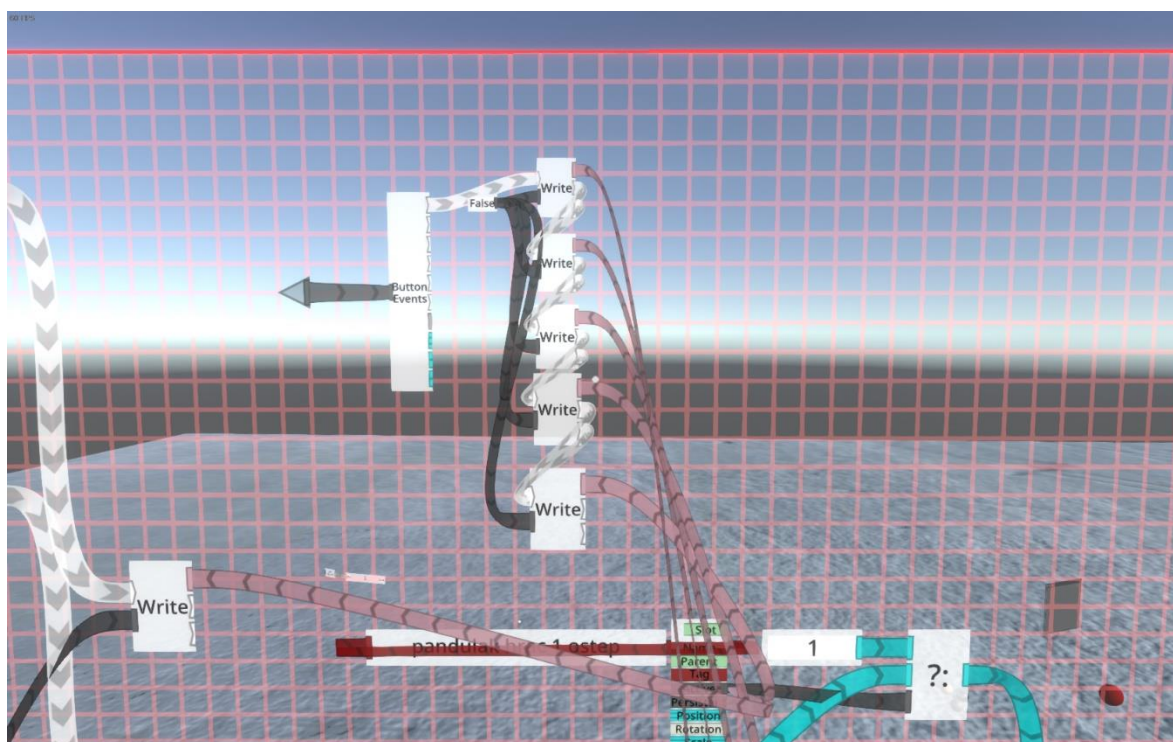
Obrázek 5

Ted' jsem již věděl, jakou možnost oba hráči zvolili, a už zbývalo ji jen vyhodnotit. K tomu jsem použil node Boolean Counter. Tento node jsem si vytvořil třikrát a každý reprezentoval jiný výsledek zápasu. První je pro remízu, druhý pro výhru prvního hráče a třetí pro výhru druhého hráče. Do každého z nich jsem navedl příslušné výstupy z nodů ==. Následně jsem z každého nodu Boolean Counter navedl výstup TrueCount do dalšího nodu == a na jeho druhý vstup jsem nastavil 1. Toto mi vyhodnotilo výsledek zápasu. Následně jsem výstup z tohoto nodu == navedl na hodnotu Active k příslušné výsledné tabuli. Poté jsem tyto tři hodnoty navedl do dalšího nodu Boolean Counter a výstup FalseCount jsem navedl na další node == a na jeho druhý vstup jsem nastavil hodnotu 3. Výstup jsem navedl na hodnotu Active k úvodní tabuli. Toto mi zajistilo, že pokud hráči ještě nemají vybráno, úvodní tabule je vidět a jakmile si zvolí, úvodní tabule zmizí a nahradí ji jedna z tabulí s výsledkem. LogiX je na obrázku 6.

Na závěr jsem zprovoznil tlačítka restart. Zde jsem opět použil node Button Events, do kterého jsem navedl výstup z tlačítka restart. Dále jsem výstup Pressed navedl na vstup nodu Write. Výstup Target z nodu Write jsem navedl na hodnotu Active prvního robota a výstup OnDone jsem navedl do vstupu dalšího nodu Write a jeho výstup Target jsem opět navedl na hodnotu Active druhého robota a výstup OnDone jsem navedl opět do vstupu dalšího nodu Write. Takto jsem to udělal pro všech pět robotů a obdobně jsem zprovoznil i druhé tlačítko restart. Znázorněno je to na obrázku 7.



Obrázek 6



Obrázek 7

5.4. Optimální strategie teoreticky

Než jsem začal s hledáním optimální strategie, bylo nutné si hru nejprve analyzovat, abych věděl, o jaký typ hry se jedná. Nejprve jsem zjišťoval, kolik má hra hráčů. Počet hráčů je zřejmý již z návrhu hry, a to konkrétně dva. Tuto informaci jsem si zapsal jako množinu hráčů $\{1,2\}$. Dále jsem určoval racionalitu hráčů. Tu jsem určil tak, že oba hráči jsou racionální, protože předpokládám, že oba mají stejné a úplné informace o hře, pravidlech a strategiích jak svých, tak druhého hráče. Dále z pravidel víme, že hráči mají za cíl porazit jeden druhého. Můžeme tedy odvodit, že se jedná o nespolečenskou hru. Dále víme, že hráči si vybírají zbraně současně, tudíž z tohoto lze odvodit, že se jedná o hru současnou. Dále je třeba určit, zda se jedná o hru s nulovým nebo nenulovým součtem. Z pravidel víme, že cílem je porazit soupeře, což znamená, že pokud jeden hráč vyhraje, druhý musí vždy prohrát. Tudíž můžeme odvodit, že se jedná o hru s nulovým součtem. Dále víme z pravidel hry, že každý hráč má k dispozici pět zbraní, což znamená, že je omezený počet strategií, což znamená, že jde o hru konečnou. Tyto strategie můžeme znázornit pomocí množiny strategií: $\{O, M, K, P, R\}$, přičemž O symbolizuje oštěp, M symbolizuje meč, K symbolizuje kanón, P symbolizuje pátku a R symbolizuje rukavice. Pokud si to tedy shrneme, jedná se o nekooperativní, současnou, konečnou hru dvou racionálních hráčů s nulovým součtem a úplnými informacemi.

Množina hráčů $\{1,2\}$

Množina strategií $\{O, M, K, P, R\}$

Množiny payoff funkcí zapsané jako payoff matice

Tabulka 1

	O	M	K	P	R
O	0	0	1	0	0
M	0	0	0	1	-1
K	-1	0	0	0	1
P	0	-1	0	0	1
R	0	1	-1	-1	0

Když jsem měl analyzovanou hru a vytvořenou payoff matici, přišel čas na to, začít hledat optimální strategii. Začal jsem tím, že jsem chtěl najít dominantní strategii pro každého hráče. Při hledání dominantní strategie jsem postupoval následovně. Začal jsem tím, že si matici zjednoduším tak, že odstraním dominované strategie. Nejprve jsem hledal dominované strategie pro prvního hráče v řádcích. Postupoval jsem následovně: vzal jsem si řádek O a zjišťoval, zda jsou všechny hodnoty menší než v ostatních řádcích. Začal jsem s prvním prvkem v tomto řádku a porovnával, zda existuje větší hodnota v sloupci O. Zjistil jsem, že ne. Z toho vyplývá, že tento řádek není dominován jiným řádkem. Poté jsem se přesunul na řádek M a opět jsem porovnával prvky, zda jsou největší v daném sloupci. V tomto řádku opět neexistuje větší hodnota. Obdobně jsem pokračoval u ostatních řádků a zjistil jsem, že neexistují žádné dominované strategie. Dále jsem postupoval tak, že jsem chtěl zjistit, zdali má druhý hráč nějaké dominované strategie. Jelikož vím, že druhý hráč má stejné strategie jako první, je zbytečné je opět počítat a mohu si odvodit, že také žádné dominované strategie mít nebude. Po pokusu o zjednodušení matice jsem se pustil do hledání optimální strategie. Pro hledání jsem použil maximin a minimax. Nejprve jsem si v každém řádku našel nejmenší hodnotu a tu jsem si zapsal vedle tabulky. Poté jsem z těchto hodnot zvolil největší hodnotu a tu jsem zakroužkoval zeleně, jak můžete vidět v tabulce 2. Následně jsem si našel největší hodnotu v každém sloupci a tu jsem zapsal pod daný sloupec. Z těchto hodnot jsem si zakroužkoval tu nejmenší, jak můžete opět vidět v tabulce 2. Z toho nám vyplývá, že optimální strategie prvního hráče je oštěp a optimální strategie druhého hráče je také oštěp. Nashova rovnováha se poté nachází ve sloupci O a řádku O a zakroužkoval jsem ji oranžově

v tabulce 3. Toto nám říká, že ani jeden hráč nemůže dosáhnout lepšího výsledku, pokud zvolí jinou než tuto strategii.

Tabulka 2

	O	M	K	P	R	
O	0	0	1	0	0	0
M	0	0	0	1	-1	-1
K	-1	0	0	0	1	-1
P	0	-1	0	0	1	-1
R	0	1	-1	-1	0	-1
	0	1	1	1	1	

5.5. Optimální strategie experimentálně

Optimální strategie jsem následně hledal experimentálně, a to tak, že jsem si vždy pozval hráče do metaverza Neos a hrál jsem proti němu hru. Hráči jsem nejprve vysvětlil pravidla a funkcionalitu hry. Dále jsem mu řekl, že se má snažit o to, aby hrál vždy co nejlepší možnou zbraň neboli že se má pokusit najít optimální strategii. Také jsem každého hráče požádal, aby mi sděloval, když si bude myslet, že již na optimální strategii přišel. Já jsem poté volil své tahy náhodně. Hrané kombinace jsem zaznamenával do tabulky. Tyto výsledky jsem následně vyhodnotil. Toto jsem provedl se třemi hráči a s každým jsem hrál 50 her hry robotů zápasy.

Tabulka 3

	KANON	MEČ	RUKAVICE	OŠTĚP	PÁLKA
HRÁČ 1	3	10	14	11	12
JÁ	11	9	7	9	14

Výsledky hry s prvním hráčem jsou zaznamenány v tabulce 3. V této tabulce je zaznamenáno kolikrát oba hráči hráli konkrétní zbraň. Můžeme zde vidět, že první hráč hrál nejvíce rukavice a pátku, ale naopak skoro vůbec nehrál kanon. Tento hráč mi také v desátém zahrání hry sdělil, že si myslí, že nejlepší možnost jsou rukavice. Po odehrání 50 her jsem se ho zeptal co si myslí, že je nejlepší strategie a odpověděl mi, že si myslí, že je to páčka.

Tabulka 4

	KANON	MEČ	RUKAVICE	OŠTĚP	PÁLKA
HRÁČ 2	14	12	10	8	6
JÁ	10	8	9	15	8

Výsledky hry s druhým hráčem jsou zaznamenány v tabulce 4. V této tabulce je opět zaznamenáno kolikrát oba hráči hráli konkrétní zbraň. Zde můžeme vidět, že druhý hráč hrál nejvíce kanon s mečem, naopak pálku hrál jen šestkrát. Tento hráč mi po dvacáté hře sdělil, že kanon je nejlepší a rukavice jsou druhé nejlepší. Po čtyřicáté osmé hře mi řekl, že se mu zdá ještě meč jako dobrá možnost. Po dohrání her mi sdělil, že optimální strategií je meč.

Tabulka 5

	KANON	MEČ	RUKAVICE	OŠTĚP	PÁLKA
HRÁČ 3	11	11	9	9	10
JÁ	9	9	9	8	15

V tabulce 5 jsou znamenány hry s třetím hráčem. Můžeme zde vidět, že hrál skoro všechny zbraně stejně. Když jsem se ho po dvacáté páté hře zeptal, zda už má nějakou optimální strategii, sdělil mi, že se nedá rozlišit, co je nejlepší. Následně po dvacáté sedmé hře dodal, že si myslí, že meč je dobrá univerzální možnost. Na konci hry mi sdělil, že není nejlepší možnost, ale že by nejčastěji hrál kanon a rukavice, občas by hrál meč a oštěp a pálku by hrál jen zřídka, pokud by oponent pořád hrál zbraně, které by těmito mohl porazit.

Tabulka 6

	VÝHRY	PROHRY	HRÁNO
KANON	6.00%	8.67%	58
MEČ	9.33%	10.00%	59
PÁLKA	10.00%	16.67%	65
OŠTĚP	6.00%	0.00%	60
RUKAVICE	10.00%	6.00%	58

Nakonec jsem si vyhodnotil, v kolika případech daná zbraň prohrála a v kolika vyhrála. Tyto hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 6. Do tabulky jsem také přidal kolikrát byla která zbraň hrána. Jak můžeme vidět v tabulce, všechny zbraně byly hrány téměř se stejnou četností. Dále můžeme v tabulce vidět, že pálka a rukavice mají největší šanci na výhru, ovšem u pálky je na druhou stranu největší šance na prohru. Nejhorší vychází kanon, ten vyhrál pouze v šesti procentech případů a prohrál téměř v devíti procentech. Dále vidíme, že pokud hráč nechce nikdy prohrát, měl by volit oštěp, neboť ten během mého testování nebyl poražen.

5.6. Porovnání

Pokud porovnáme optimální strategii nalezenou teoreticky a experimentálně, můžeme vidět, že sice oštěp nevyhrál v nejvíce případech, ale zůstal neporažen. Toto potvrzuje to, co jsem zjistil teoreticky, a to, že se jedná o optimální strategii nezávisle na tom, jakou zbraň zvolí oponent. Oštěp tedy můžeme nazvat Nashovou rovnováhou, protože sice to není nejlepší volba v každé situaci, ale je to nejlepší volba bez ohledu na to, co zvolí oponent.

6. Drahé kovy

6.1. Koncept

Pro koncept této hry jsem se inspiroval věznovým dilematem. Chtěl jsem nějakou hru, ve které by se výsledná hodnota lišila podle toho, zda si hráči zvolí stejnou možnost, nebo odlišnou. První návrh byl takový, že pokud hráči zvolí stejnou volbu, bude hodnota této volby nižší, než když tuto volbu zvolí pouze první hráč. Toto se mi líbilo a pokračoval jsem tím, že jsem si určil počet voleb a co tyto volby budou reprezentovat. Pro reprezentaci těchto voleb jsem zvolil drahé kovy a stanovil jsem počet možností na tři. Drahé kovy jsem vybral následující: zlato, stříbro, bronz. Po zvolení těchto možností jsem přišel i se samotným názvem hry Drahé kovy. Začal jsem s přidělováním hodnot a přehodnotil jsem původní návrh, že pokud oba hráči zvolí stejně, bude hodnota nižší. Toto jsem zachoval pouze u dvou ze tří možností a poslední možnost jsem zvolil opačně, a to tak, že pokud ji zvolí hráč sám, bude mít nižší hodnotu, než když ji zvolí hráči oba. Následně jsem přiřadil hodnoty k jednotlivým možnostem. První návrh byl pro zlato hodnota pět, pokud je zvoleno sólo, a jedna při volbě oběma hráči, stříbro má hodnotu tři, pokud jej zvolí oba, tak dva, a nakonec bronz, to jsem zvolil hodnotu dva a čtyři, pokud je zvolí oba. Tyto hodnoty jsem následně změnil, a to tak, že sólo zlata má hodnotu sedm a u bronzu jsem snížil hodnotu o jedna u obou možností, tudíž jedna při volbě pouze jednoho hráče a tři při zvolení hráči dvěma. Změnu jsem učinil z důvodu, že mi to přišlo takto lepší a s tímto jsem byl již spokojen a pustil jsem se do realizace.

6.2. Pravidla

Cílem hry Drahé kovy je získat co největší hodnotu drahého kovu. To hráč dosáhne tím, že si zvolí jeden ze tří drahých kovů a podle volby druhého hráče získá hodnotu zvoleného kovu. Oba hráči vybírají drahý kov současně. Na výběr má každý hráč ze tří možných drahých kovů. Tyto drahé kovy mají stejné oba hráči. Drahé kovy jsou na pultíku a slouží jako tlačítka, pomocí kterých hráči uskutečňují svou volbu. Dostupné drahé kovy jsou následující: Zlato, Stříbro, Bronz. Každý kov má jinou hodnotu a tato hodnota se dále liší podle toho, zda si oba hráči vybrali stejně či každý jiný kov. Zlato má hodnotu 7, ale pokud si ho vyberou oba hráči, tak jeho hodnota klesne pouze na 1, Stříbro má hodnotu 3, pokud si ho vyberou oba hodnota klesne na 2, Bronz má hodnotu 1, ale pokud si ho vyberou oba hráči, jeho hodnota se zvýší na 3. Výsledná hodnota se ukáže hráči na tabuli za tlačítky. Pokud chtějí hráči hrát

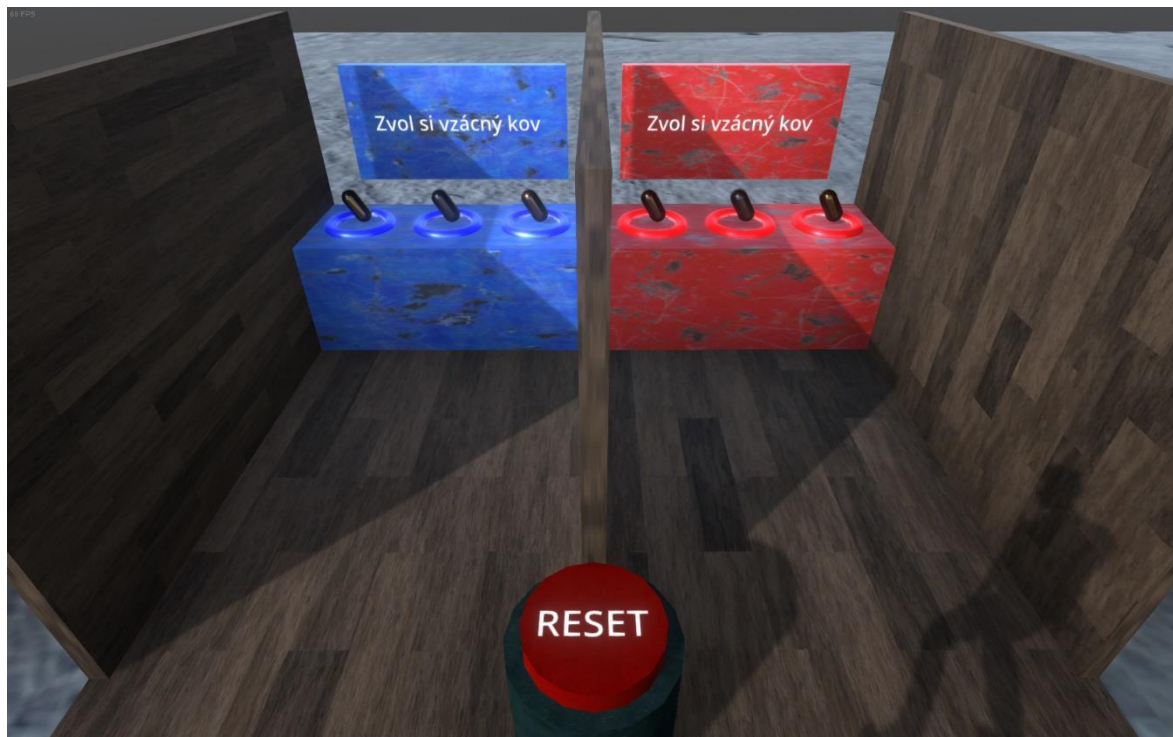
znovu, stisknutím tlačítka restart se hra vynuluje a můžou hrát znovu. Hra poté probíhá následovně:

Na začátku hry si každý hráč stoupne ke svému pultíku a připraví se na začátek hry. Jakmile jsou oba hráči připraveni, můžou začít se svojí volbou. Zvolí si jeden hráč a hra čeká na druhého hráče. Jakmile si zvolí i druhý hráč, na tabulích se objeví hodnota zvoleného kovu.

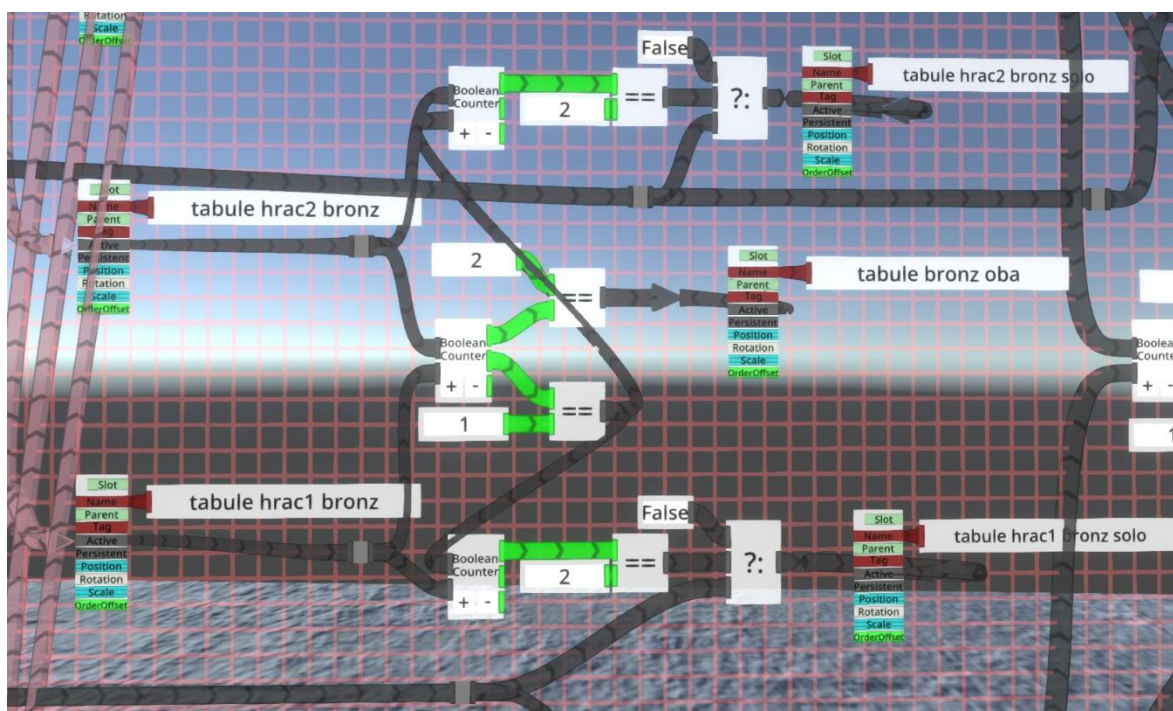
6.3. Realizace

S realizací jsem opět začal vytvořením platformy pro hru. Platformu jsem vytvořil upravením kvádrů. Tuto platformu jsem použil jako základ pro celou hru. Dále jsem si vytvořil stěny. Nejprve jsem si vytvořil prostřední stěnu, která odděluje hráče od sebe. Tu jsem vytvořil upravením kvádrů. Tuto stěnu jsem následně dvakrát duplikoval a tyto stěny umístil každou na jednu stranu. Poté jsem si vytvořil pultíky. Nejprve jsem vytvořil jeden pultík upravením kvádrů a tento pultík jsem si následně duplikoval. Pultíky jsem poté umístil a přiřadil je, společně se stěnami, jako dítě k platformě. Následně jsem si vytvořil tabuli, která bude zobrazovat zvolený kov a následně jeho hodnotu. Tuto tabuli jsem opět vytvořil upravením kvádrů a následně jsem k tomuto kvádrů přidal text jako dítě a upravil pozici textu. Tuto tabuli jsem si poté umístil před levý pultík, kterému jsem ji přiřadil jako dítě. Tuto tabuli jsem si následně duplikoval a tento duplikát jsem přesunul k pravému pultíku, ke kterému jsem ji přiřadil jako dítě. Následně jsem si obě tabule šestkrát duplikoval. Poté jsem si každou tabuli v Inspectoru pojmenoval podle toho, co reprezentuje. Dále jsem v Inspectoru u každé tabule změnil text, aby odpovídal tomu, co tabule reprezentuje. Následně jsem potřeboval vytvořit drahé kovy. Dlouho jsem přemýšlel, jak je vizuálně reprezentovat a poté mě napadlo, že by mohly levitovat nad nějakou základnou. Jako základnu jsem zvolil torus. Drahý kov jsem chtěl reprezentovat jako ingot a vyzkoušel jsem ho vytvořit z kvádrů, kapsle a cylindru. Všechny jsem si umístil nad toru jako by levitovaly a porovnal jsem, jak vypadají. Nejvíce se mi líbila kapsle, a tak jsem ji zvolil jako finální podobu. Kapsli jsem přiřadil jako dítě k torusu a umístil ji doprostřed a naklonil o 45°. Následně jsem této kapsli přiřadil komponentu `PhysicalButton` a tím jsem vytvořil z kapsle tlačítko. Hotový drahý kov jsem si následně pětkrát duplikoval a umístil po třech na každý pultík. Následně jsem je přiřadil jako dítě k jednotlivým pultíkům. Dále jsem si ještě jednou duplikoval každou tabuli a tyto dva duplikáty jsem spojil v Inspectoru jako jeden objekt. Tento objekt jsem duplikoval ještě dvakrát a přiřadil k platformě jako dítě. Tyto tabule slouží pro to, pokud hráči zvolí stejné kovy. Na tabulích jsem následně upravil text tak, aby reprezentoval danou možnost. Dále jsem si duplikoval restart tlačítka z předchozí hry, přiřadil ho jako dítě k platformě a umístil

před prostřední stěnu. Na závěr jsem na celou hru aplikoval materiály pomocí Material Tooltips. Na platformu a zdi jsem použil stejný materiál jako u předchozí hry. Stejně tak jsem zachoval i vzhled pultíků. Pro jednotlivé kovy jsem použil zlatý, stříbrný a bronzový materiál ze základní nabídky NEOSu. Tyto materiály jsem také aplikoval na jednotlivé tabule, které těmto možnostem odpovídají. Na závěr jsem si upravil červený a modrý materiál, a to tak, že jsem jim nastavil mírné světlkování a tyto materiály jsem aplikoval na torus jednotlivých kovů. Hotová hra je znázorněna na obrázku 8.



Obrázek 8

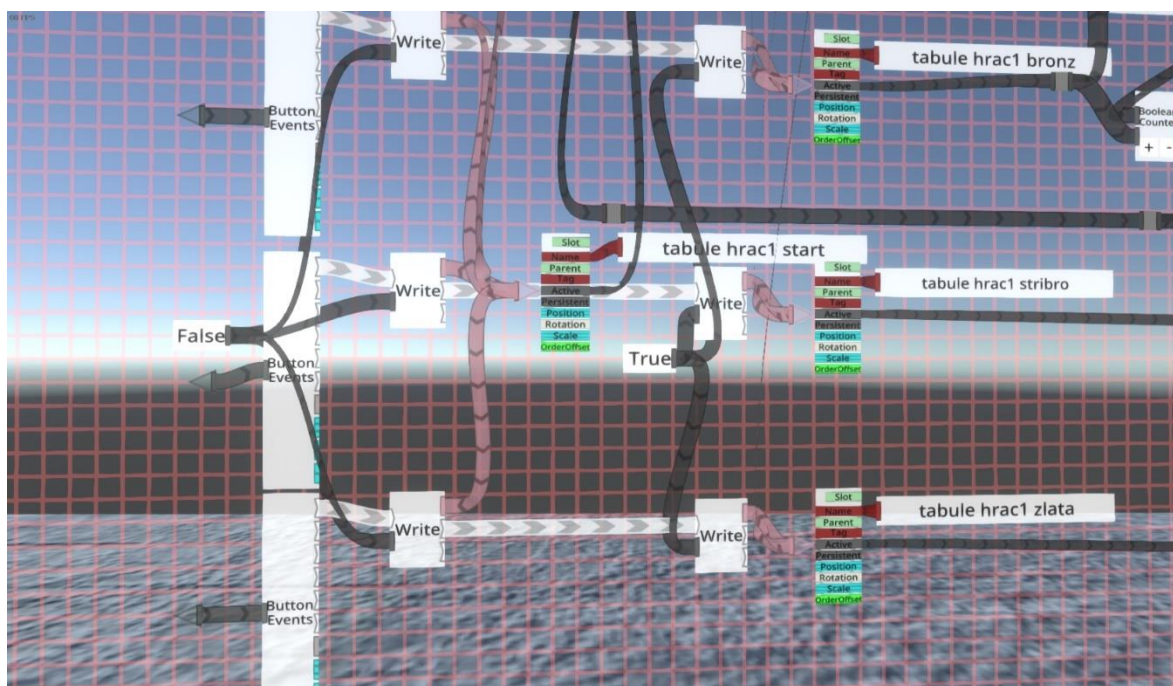


Obrázek 9

I u této hry jsem začal zprovozněním tlačítek. Proto jsem opět pro všechna tlačítka použil node Button Events, do kterého jsem navedl výstup z tlačítka. Na výstup Pressed jsem napojil node Write a na druhý vstup tohoto nodu jsem nastavil False. Poté jsem výstup Target napojil na hodnotu Active u startovní tabule a výstup OnDone jsem napojil do vstupu dalšího nodu Write. Druhý vstup jsem nastavil na True a výstup Target jsem napojil na hodnotu Active tabule, jež přísluší danému tlačítku, jak je zobrazeno na obrázku 9.

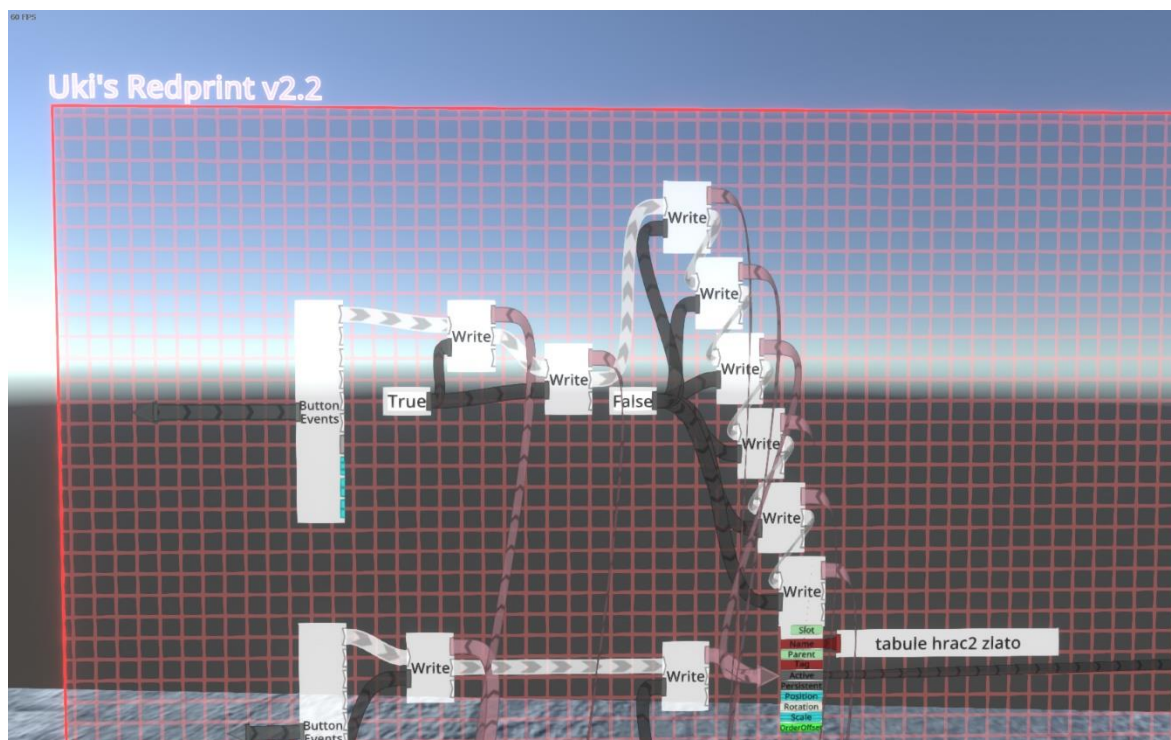
Toto mi zajistilo, že po zmáčknutí tlačítka se hráči objeví tabule s vybraným kovem. Dále jsem potřeboval vyhodnotit výsledek a jelikož mi stačilo vědět, zda má druhý hráč zvolený stejný kov nebo jiný, rozhodl jsem se pro řešení použít node Boolean Counter. Pro každé dva stejné kovy jsem použil tři nody Boolean Counter jak je na obrázku 10.

Do prostředního nodu Boolean Counter jsem jako vstupy navedl hodnotu Active z tlačítek bronz od obou hráčů. Výstup TrueCount jsem napojil na jeden vstup nodu == a druhý jsem nastavil hodnotu 2. Výstup z tohoto nodu jsem navedl do hodnoty Active do tabule, která znázorňuje, že si oba vybrali stejný kov. Toto mi ověřuje, zda hráči zvolili stejný kov. Dále jsem použil výstup FalseCount u nodu Boolean Counter a tento výstup jsem navedl do jednoho vstupu nodu == a na druhém jsem nastavil hodnotu 1. Výstup z tohoto jsem navedl do zbylých dvou nodů Boolean Counter. Výstup TrueCount těchto nodů jsem připojil na vstup nodů == a na druhý vstup jsem nastavil hodnotu 2. Toto mi ověřuje, zda si pouze jeden hráč zvolil daný kov. Výstup z nodů == jsem navedl na vstup OnFalse nodů ?:, na vstup OnTrue jsem nastavil hodnotu False a na vstup Condition jsem navedl hodnotu Active



Obrázek 10

z úvodní tabule protějšního hráče. Toto mi kontroluje, zda už si druhý hráč vybral. Výstup z těchto nodů jsem navedl na hodnotu Active výsledkové tabule jednotlivých hráčů, jak je vidět na obrázku 10. Obdobně jsou provedeny i zbylé dva páry možných voleb drahých kovů. Na závěr jsem zprovoznil tlačítko restart. Zde jsem obdobně jako u minulé hry, jen s tím rozdílem, že jsem první dvě tabule nastavil na True a dalších šest tabulí na hodnotu False jak je znázorněno na obrázku 11.



Obrázek 11

6.4. Optimální strategie teoreticky

Před tím, než jsem začal hledat optimální strategii této hry, jsem si ji opět nejprve důkladně analyzoval, abych věděl, o jaký typ hry se jedná. Jako první krok jsem chtěl zjistit, kolik hráčů tuto hru hraje. Již z návrhu mé hry je zřejmé, že je to hra pro dva hráče. Tuto informaci jsem si zapsal jako množinu hráčů $\{1,2\}$. Dále jsem určil racionalitu hráčů této hry. Pro tuto hru budeme předpokládat, že proti sobě hrají dva racionální hráči, kteří mají oba stejné a úplné informace o pravidlech hry. Z tohoto lze tedy odvodit, že se jedná o hru dvou racionálních hráčů s úplnými informacemi. Dále také víme již z návrhu hry, že hráči hrají proti sobě, to znamená, že nespolupracují, z čehož určíme, že je hra nekooperativní. Návrh a pravidla hry dále říkají, že hráči odhalují své volby zároveň, tudíž ani jeden hráč nereaguje na volbu oponenta. Z toho lze odvodit, že se jedná o hru současnou. Z pravidel dále víme, že není úkol porazit soupeře, ale získat co největší hodnotu drahého kovu. Pokud jeden hráč získá vyšší

hodnotu, nezískává ji na úkor druhého hráče. Z toho můžeme tedy předpokládat, že se jedná o hru s nenulovým součtem. Dále víme z pravidel hry, že každý hráč má k dispozici tři drahé kovy. Pokud budeme uvažovat, že každý drahý kov je jednou strategií, vyjde nám, že máme k dispozici 3 strategie, které jsou pro oba hráče stejné. Dále z tohoto tvrzení můžeme odvodit, že se jedná o hru konečnou, neboť máme daný přesný počet strategií. Tyto strategie si můžeme znázornit pomocí množiny strategií: $\{Z, S, B\}$, přičemž Z symbolizuje zlato, S symbolizuje stříbro a B symbolizuje bronz. Shrnutí této hry je tedy takové, že se jedná o nekooperativní, současnou, konečnou hru dvou racionálních hráčů s nenulovým součtem a úplnými informacemi.

Množina hráčů $\{1, 2\}$

Množina strategií $\{Z, S, B\}$

Množiny payoff funkcí zapsané jako payoff matice

Tabulka 7

	Z	S	B
Z	1;1	7;3	7;1
S	3;7	2;2	3;1
B	1;7	1;3	3;3

Nyní, když jsem měl vytvořenou payoff matici, začal jsem s hledáním optimální strategie. V tomto případě jsem musel zvolit jiný postup než u předchozí hry, neboť tato hra nemá nulový součet. Nashovu rovnováhu jsem poté hledal tak, že jsem vždy u každé možnosti jednoho hráče hledal, jaká je nejlepší zvolená možnost druhého hráče. Začal jsem tak, že první hráč zvolí strategii zlato a ptám se, jakou nejlepší možnost má hráč druhý. Odpověď je jednoznačně stříbro, protože 3 je nejvíce z možných výsledků. Tuto možnost jsem si označil zeleně v tabulce 5. Dále jsem pokračoval na další řádek, tedy jakou má hráč nejlepší možnost, pokud první hráč zvolí stříbro. Zde je odpověď opět jednoznačná, a to zlato, protože má hodnotu 7. Opět jsem to označil v tabulce. Obdobně jsem postupoval i u zbylé možnosti, to samé jsem udělal i z pohledu druhého hráče, to je vyznačeno modře v tabulce. Poté, co jsem to měl takto označené, tak mi vyšly dvě Nashovy rovnováhy v řádku Z a sloupci S a druhé v řádku S a sloupci Z . Ty jsem si zakroužkoval. Toto nám určilo i optimální strategie a ty jsou takové, že pokud jeden hráč hraje zlato, optimální strategií druhého hráče je hrát stříbro a opačně.

Tabulka 8

	Z	S	B
Z	1;1	7;3	7;1
S	3;7	2;2	3;1
B	1;7	1;3	3;3

6.5. Optimální strategie experimentálně

U této hry jsem také hledal optimální strategie experimentálně, a to obdobným způsobem jako u předchozí hry. Hráče jsem seznámil s pravidly a cílem hry a následně ho požádal o to, aby se pokusil najít optimální strategii. Já jsem opět vybíral své možnosti náhodně. S každým za tří hráčů jsem hrál 50 her a výsledky jsem si zaznamenával do tabulek. Tyto výsledky jsem poté zpracoval a zapsal je do tabulky 9. Z této tabulky jsem záměrně vynechal moje volby drahého kovu, neboť jsem je volil náhodně a v tomto případě nebyly potřeba k tomu, aby zvětšily vzorek, ze kterého jsem následně vypočítával podíl vítězství nebo proher jednotlivých voleb.

Tabulka 9

	HRÁČ 1	HRÁČ 2	HRÁČ 3
ZLATO	17	22	49
STŘÍBRO	26	17	0
BRONZ	7	11	1

V tabulce můžeme vidět, že první hráč volil nejčastěji stříbro. Tento hráč mi po desáté hře sdělil, že zlato je nejlepší možnost a za nejhorší považuje bronz. Toto následně rozvinul na to, že zlato je dobré, když ho má jen jeden, ale stříbro je dobré i když ho mají oba. Dále řekl, že nejlepší strategie je stříbro nebo zlato. Ve dvacátém sedmém kole mi hráč řekl, že zlato je nejlepší, protože jsme se málo shodovali, když dal jeden nebo druhý hráč zlato. Ve třicátém sedmém kole hráč změnil názor a řekl mi, že je nejlepší stříbro, protože vždy má hodnotu alespoň dva. Toto mi následně řekl i poté, co jsme dohráli. Druhý hráč volil kovy nejvíce vyváženě. Tento hráč mi po osmnácté hře řekl, že vůbec netuší, co by mohla být nejlepší možnost. Po třicáté osmé hře mi řekl, že si myslí, že stříbro, protože je to jistota a tento názor po konci hry doplnil o to, že je dobré ještě zlato, ale pouze pokud si ho vybere jen jeden hráč. Třetí hráč mě velice překvapil. V osmém kole mi řekl, že nemá smysl vybírat něco jiného než zlato a jak je vidět z tabulky 9, tento hráč skutečně hrál, až na jednu výjimku, pouze zlato. Po

dohrání her mi samozřejmě opověděl, že nejlepší je zlato. Jako další jsem si vypočítal průměrnou hodnotu kovu pro každého hráče. Hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 10.

Tabulka 10

	HRÁČ 1	HRÁČ 2	HRÁČ 3
PRŮMĚRNÁ HODNOTA KOVU	3.24	3.22	4.64

Zde můžeme vidět, že první dva hráči mají skoro stejnou průměrnou hodnotu. Tomu odpovídají i jimi nalezené optimální strategie. Oproti tomu třetí hráč má průměrnou hodnotu o více než jedna větší. Z toho můžeme odvodit, že proti hráči, co hraje náhodné kovy se skutečně vyplatí hrát pouze zlato.

6.6. Porovnání

Pokud porovnáme teoreticky nalezené optimální strategie s těmi nalezenými experimentálně, jsou téměř totožné. Velice mě překvapilo, že na optimální strategie přišli všichni hráči, a ještě k tomu během toho, co jsme hráli. Z toho lze tedy s jistotou říci, že optimální strategie je skutečně ta, ve které jeden hráč hraje zlato a druhý stříbro.

7. Souboj

7.1. Koncept

Pro tuto hru jsem chtěl, aby měla v základu více kol a také, aby hráči měli nějaký zdroj, o který je bude chtít oponent připravit. Zprvu jsem si pohrával s myšlenkou, že bych vytvořil hru, ve které jeden hráč vždy získá to, co druhý ztratí. Od tohoto konceptu jsem nakonec ustoupil a nahradil jsem to tím, že každý hráč bude mít svoje zdroje a kterému dojdou první, ten prohraje. S tímto jsem byl spokojen a určil jsem si, že každý hráč bude mít pět životů. Následně jsem se rozhodl pro to, že každý hráč bude mít na výběr ze tří možností. Tyto možnosti jsem zprvu chtěl vytvořit tak, že by měl jednu obrannou, jednu útočnou a jednu léčící. Po nějaké době přemýšlení jsem ale od léčící možnosti ustoupil, protože mi přišla zbytečná. Zůstal jsem tedy s jednou obrannou a dvěma útočnými možnostmi. Následně jsem si nastavil, že obranná možnost bude fungovat tak, že je v kole, kdy ji hráč zahraje imunní vůči poškození. Poté jsem začal řešit útočné možnosti a chtěl jsem je nějak odlišit, a tak jsem nejprve dal jedné hodnotu útoku dva a druhé jedna. Takto ale ta druhá možnost je zbytečná tak jsem přidal první možnost, že bude zároveň ubírat život hráči, který ji zahraje. Nakonec jsem si vymyslel, co jednotlivé možnosti budou reprezentovat, a určil jsem si, že obranná možnost bude štít, útočná možnost bude meč a útočná možnost, jenž dává poškození do hráče, který ji hraje bude oboustranná čepel. Po určení možností jsem si hru pojmenoval

Souboj. Takto jsem hru vytvořil a když jsem ji testoval, přišel jsem na to, že jediná možnost, jak hráč může vyhrát, je ta, že zablokuje útok za dva a tím bude mít více životů, než soupeř. Tak jsem se pustil do předělání hodnot jednotlivých možností. Nejprve jsem zkusil změnit štít na to, že už by hráč nebyl imunní, ale dostal by o jedno poškození méně. Toto ovšem problém s hrou jen zhoršilo, protože teď nemohl vyhrát ani jeden hráč. Následně jsem změnil oboustrannou čepel, a to tak, že jsem jí zvýšil poškození ze dvou na tři. Toto už problém vyřešilo, a tak jsem hru takto ponechal.

7.2. Pravidla

Cílem hry Souboj je porazit oponenta. Toho hráč dosáhne tím, že jako první zbaví nepřítele všech životů, přičemž jemu alespoň jeden život zůstane. Pokud hráči přijdou o všechny životy současně, hra končí nerozhodně. Oba hráči vybírají zbraň současně. Na výběr má každý hráč ze tří možných zbraní. Tyto zbraně mají oba hráči stejné. Zbraně jsou reprezentovány tlačítky na pultíku, pomocí kterých hráči uskutečňují svou volbu. Dostupné zbraně jsou následující: Oboustranná čepel, Meč, Štít. Zbraně poté fungují následovně: Oboustranná čepel udělí oponentovi tři poškození, ale jelikož se s ní složitě zachází, tak udělí i jedno poškození hráči jenž ji hraje, Meč udělí jeden bod poškození do oponenta a Štít blokuje veškeré poškození, které by měl hráč utřít od oponenta. Hráč si tuto zbraň zvolí na svém pultíku, kde také může vidět počet svých životů. Počet životů oponenta je vidět na jeho pultíku a jsou zobrazeny jako červené čtverce. Tyto pultíky mají oba hráči stejné a uprostřed hrací plochy se nachází tlačítko na restart, pokud hráči chtějí hrát hru znovu. Hra poté probíhá následovně:

Na začátku hry si každý z hráčů stoupne k jednomu ze dvou pultíků a připraví se na začátek hry. Pokud jsou oba hráči připraveni, hra Souboj může začít tím, že si každý hráč zvolí zbraň. Jakmile si hráč zvolí zbraň, objeví se box, ve kterém je schovaná jeho zbraň. Poté, co si zvolí zbraně oba hráči boxy zmizí a odhalí se zbraně, které si vybrali. Hra následně vyhodnotí výsledek a ubere každému hráči příslušný počet životů. Takto probíhá jedno kolo a hráči tento proces opakují, dokud alespoň jednomu nedojdou životy. Když se toto stane, objeví se tabule, na které je znázorněno, který hráč vyhrál daný zápas, popřípadě zda se jednalo o remízu.

7.3. Realizace

S realizací jsem opět začal vytvořením platformy pro hru. Platformu jsem opět vytvořil upravením kvádrů. Tuto platformu jsem opět použil jako základ pro celou hru. Dále jsem se

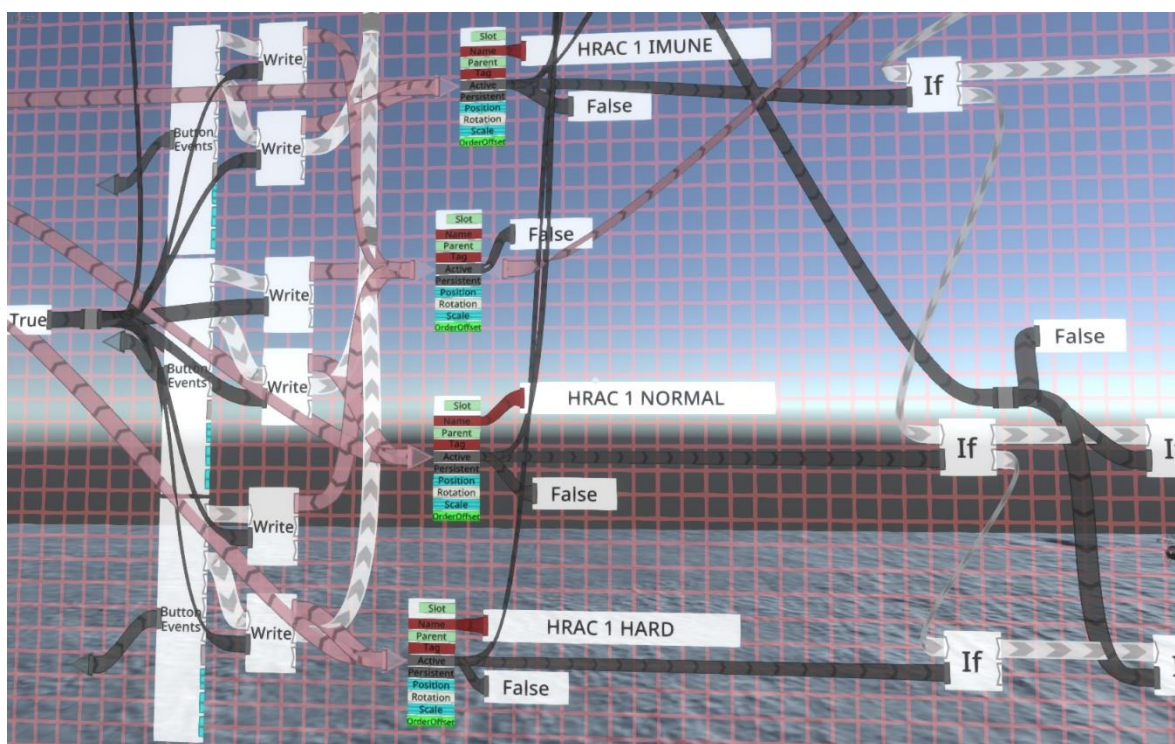
pustil do vytváření pultíků. Nejprve jsem si vytvořil jeden pultík upravením kvádru a následně jsem ho duplikoval a oba pultíky umístil na platformu a přiřadil jsem je jako dítě k platformě. Následně jsem si vytvořil životy a tlačítka u pultíků. Ty jsem udělal tak že jsem si vytvořil kvádr, upravil jeho velikost a následně jsem jej patnáctkrát duplikoval. Jednotlivé kvádry jsem poté umístil na pultíky. Pět na jednu stranu každého pultíku, tyto reprezentují životy, a tři na druhou stranu pultíku jako tlačítka. K těm, co jsem chtěl použít jako tlačítka, jsem dále v Inspectoru přidal komponentu `PhysicalButton` a tím jsem z nich vytvořil funkční tlačítka. Všechny tyto kvádry jsem následně přidal k příslušným pultíkům jako dítě. Dále jsem vytvořil boxy pro volby hráčů. Ty jsem vytvořil upravením kvádru a přiřadil jsem je jako dítě k platformě. Dále jsem se pustil do tvorby jednotlivých zbraní. Začal jsem s tvorbou meče. Ten jsem udělal tak, že jsem si duplikoval meč z první hry a upravil jsem ho tak, že jsem mu zúžil ostří a celkově ho zkrátil. Následně jsem vytvořil štít. Jako základ pro štít jsem použil kužel, ten jsem následně upravil tak, že jsem ho snížil a tím jsem vytvořil samotné tělo štítu. Dále jsem použil torus jako okraj štítu. Následně jsem použil další kužel, který jsem zmenšil a umístil jsem ho do středu štítu jako špičku. K této špičce jsem nakonec ještě přidal upravený a zmenšený torus, aby to lépe zapadlo do štítu. Na závěr jsem všechny součásti přiřadil jako dítě k základu štítu. Jako poslední jsem si vytvořil oboustrannou čepel. Tu jsem vytvořil tak, že jsem si duplikoval meč a ten jsem upravil. Duplikoval jsem čepel dal jsem ji na druhou stranu a následně jsem upravil rukojeť tak že jsem odstranil všechny části kromě cylindru a místo nich jsem použil torus, který jsem upravil a umístil kolem rukojeti, nakonec jsem ho přidal jako dítě k meči. Dále jsem na štít aplikoval materiál. Na okraj a špičku štítu jsem použil stejný materiál jako na meč, tento materiál jsem také aplikoval na torus u oboustranné čepele. Pro tělo štítu jsem zvolil materiál dřeva. Následně jsem si každou zbraň dvakrát duplikoval a tyto duplikáty jsem umístil na jednotlivá tlačítka, které reprezentují. Zbraně jsem přiřadil k tlačítkům jako dítě a u těchto tlačítek jsem poté vypnul `MeshRenderer`. Na závěr jsem ještě ke každému pultíku přidal `Text Field` pro zobrazení hodnoty životů. Hotové pultíky s tlačítky jsou na obrázku 12. Následně jsem každou zbraň ještě jednou

duplikoval a tyto zbraně jsem umístil do boxů které jsem si vytvořil. Do každého boxu jsem umístil jednu od každé zbraně. Tyto zbraně jsem poté přiřadil jako dítě k platformě a následně jsem jim ještě změnil materiál podle toho, kterému hráči patří. Nakonec jsem ještě ke hře přidal restart tlačítko, které jsem opět duplikoval z předešlé hry a přiřadil ho jako dítě k platformě. Hotová hra je na obrázku 12. Následně jsem se pustil do programování hry.

Stejně, jako u předešlých her, jsem i u této začal zprovozněním tlačítek. K tomu jsem opět využil node Button Events, do kterého jsem navedl výstup z tlačítka. Dále jsem výstupy Pressed a Released napojil každý na node Write. Na druhý vstup nodu Write jsem nastavil True. Výstup z prvního nodu Write jsem napojil na hodnotu Active u boxu na zbraně a zajistilo, že po zmáčknutí tlačítka se objeví box a v něm bude schovaná vybraná zbraň. Dále jsem si vytvořil ke každé zbrani node If a do jeho vstupu Condition jsem navedl hodnotu Active jednotlivých zbraní. LogiX ke zbraním prvního hráče je na obrázku 13, pro druhého hráče je to provedeno obdobně.

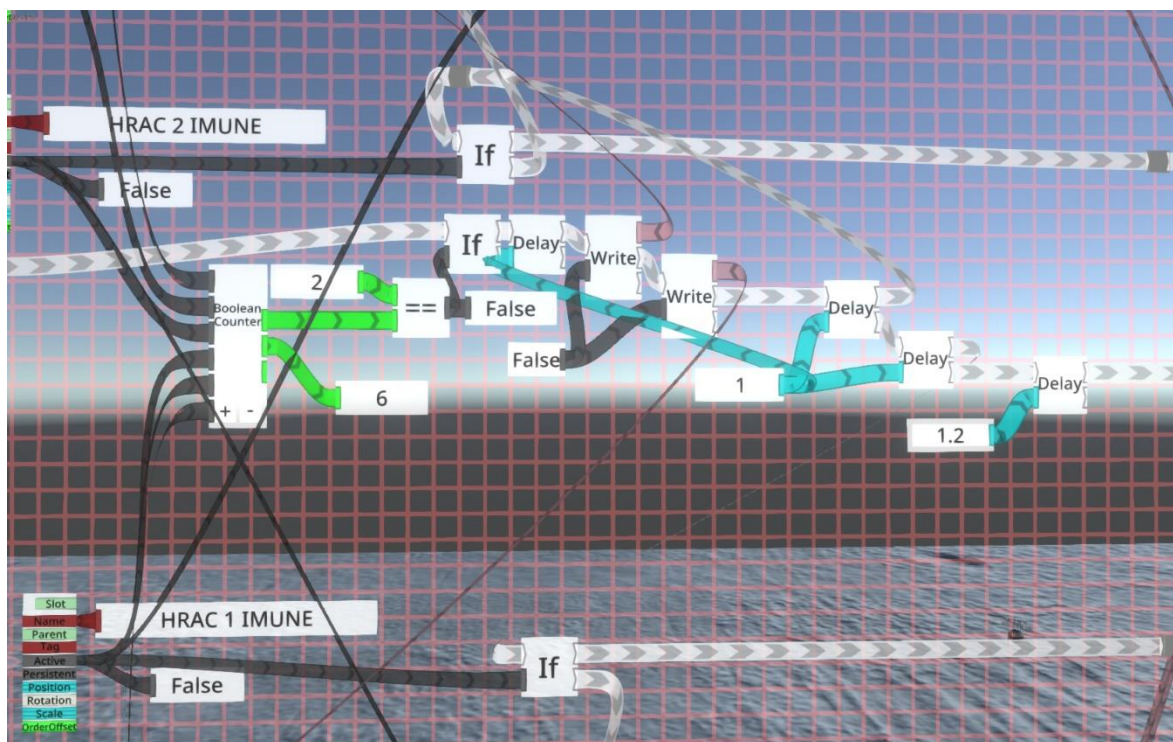


Obrázek 12



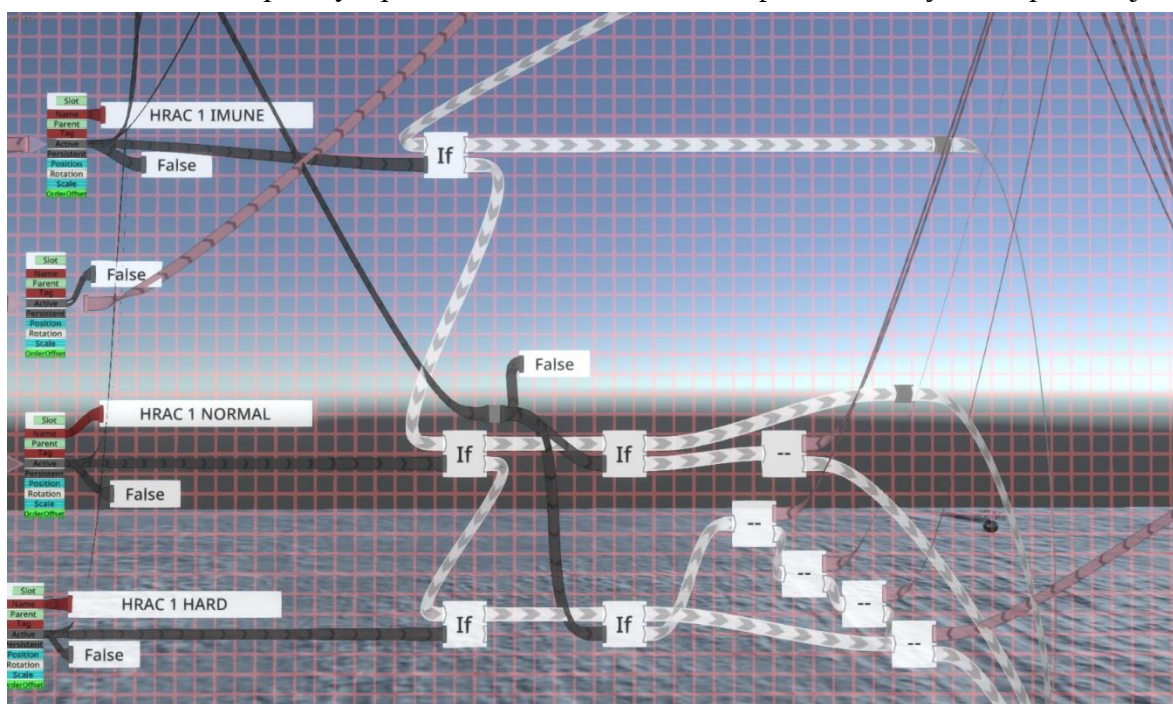
Obrázek 13

Následně jsem použil node Boolean Counter, na jehož vstupy jsem navedl hodnoty Active z jednotlivých zbraní, výstup TrueCount jsem navedl do jednoho vstupu nodu == a na druhý vstup toho nodu jsem nastavil hodnotu 2. Výstup jsem navedl do vstupu Condition na nodu If a do druhého vstupu jsem navedl všechny výstupy OnDone od nodů Write, které vedou z jednotlivých tlačítek. Následně jsem napojil výstup True z nodu If na vstup Trigger nodu Delay a na vstup Delay jsem nastavil hodnotu 1. Výstup Impulse z nodu Delay jsem napojil na node Write. Výstup OnDone jsem napojil na další node Write a na vstupy Value obou nodů Write jsem nastavil hodnotu False. Následně jsem jejich výstupy Target napojil na hodnoty Active jednotlivých boxů. Toto mi zajistí, že poté, co si oba hráči zvolí zbraně, zmizí boxy, ve kterých byly zbraně schovány. Dále jsem výstup OnDone z druhého nodu Write napojil na vstup nodu Delay a na jeho výstup OnTrigger jsem napojil další node Delay. Na oba vstupy Delay těchto nodů jsem nastavil hodnotu 1. Výstupy Impulse z těchto nodů jsem navedl do nodu If, který jsem si vytvořil ke zbraním. Následně jsem na výstup OnTrigger druhého nodu Delay napojil další node Delay a u něj jsem nastavil hodnotu Delay na 1.2 a to z toho důvodu, že tento node vede k vyhodnocení, zda některý z hráčů vyhrál, či se jedná o remízu. To musí proběhnout až poté, co předchozí nody Delay, respektive nody, co jsou na ně napojené, uberou životy hráčům. Tento LogoX je na obrázku 14.



Obrázek 14

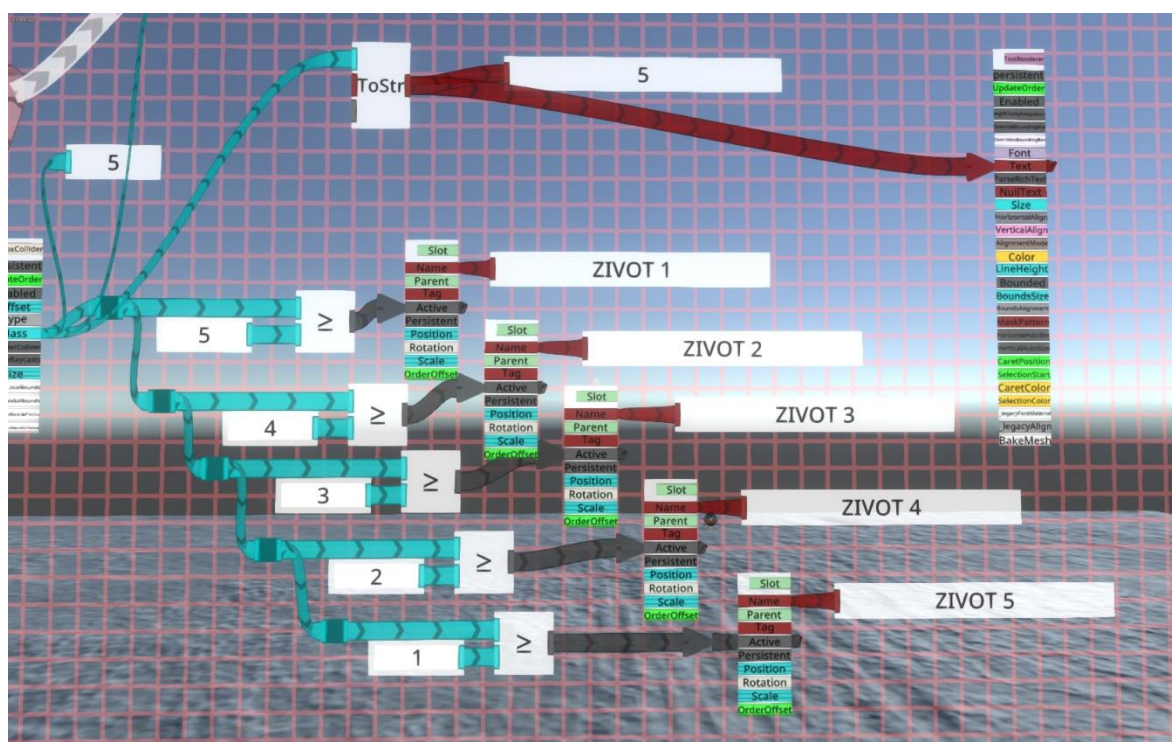
Tyto nody, jež se starají o ubírání životů, jsou na obrázku 15 a fungují následovně. První node If má na vstupu napojený Delay z předchozího obrázku a na druhém vstupu již zmíněnou zbraň. Pokud je tato zbraň vybrána pokračuje LogiX horním výstupem (True) dále k restartování herní plochy a pokračování dalším kolem, a pokud není vybrána, pokračuje na



Obrázek 15

další zbraň. Zde proběhne to samé ověření, jelikož ale tato zbraň není štít, tak je třeba provést ubrání životů. To jsem uskutečnil tak, že jsem za tento node If přidal další node If, na jehož vstup Condition je napojena hodnota Active ze štítu oponenta a podle toho, zda zvolil štít, nebo nikoli, Logix pokračuje buď do dalšího kola, nebo do nodu --. Výstup Target z tohoto nodu je naveden do hodnoty Mass oponentova pultíku, která reprezentuje počet životů. Druhý výstup OnDone opět pokračuje do dalšího kola.

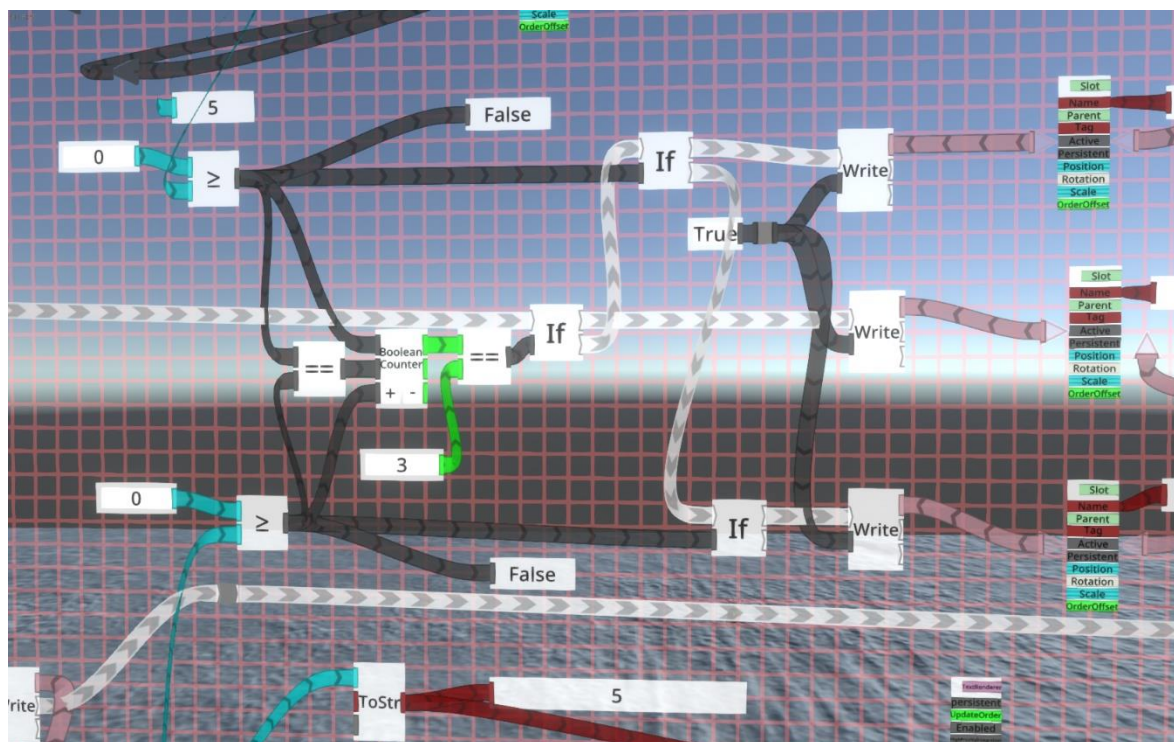
Toto byla zbraň Meč a u Oboustranné čepele je to provedeno obdobně, jak je možno vidět na obrázku 15. Stejně tak je obdobně provedeno ubírání životů pro druhého hráče. Následně jsem naprogramoval, aby ubývaly životy na pultíkách. Toho jsem docílil tak, že jsem porovnával hodnotu Mass. Použil jsem k tomu node $\geq$. Tento node jsem vytvořil pro každý život a do jeho prvního vstupu jsem navedl hodnotu Mass a do druhého vstupu jsem nastavil hodnotu podle toho, o jaký život se jednalo. Výstupy jsem navedl na hodnoty Active jednotlivým krychlím, které reprezentují životy, jak je vidět na obrázku 16. Dále jsem do nodu ToString navedl hodnotu Mass a výstup jsem navedl do hodnoty Text. Toto mi zobrazuje počet životů v Text Field na pultíku. Obdobně je to provedené i pro druhého hráče.



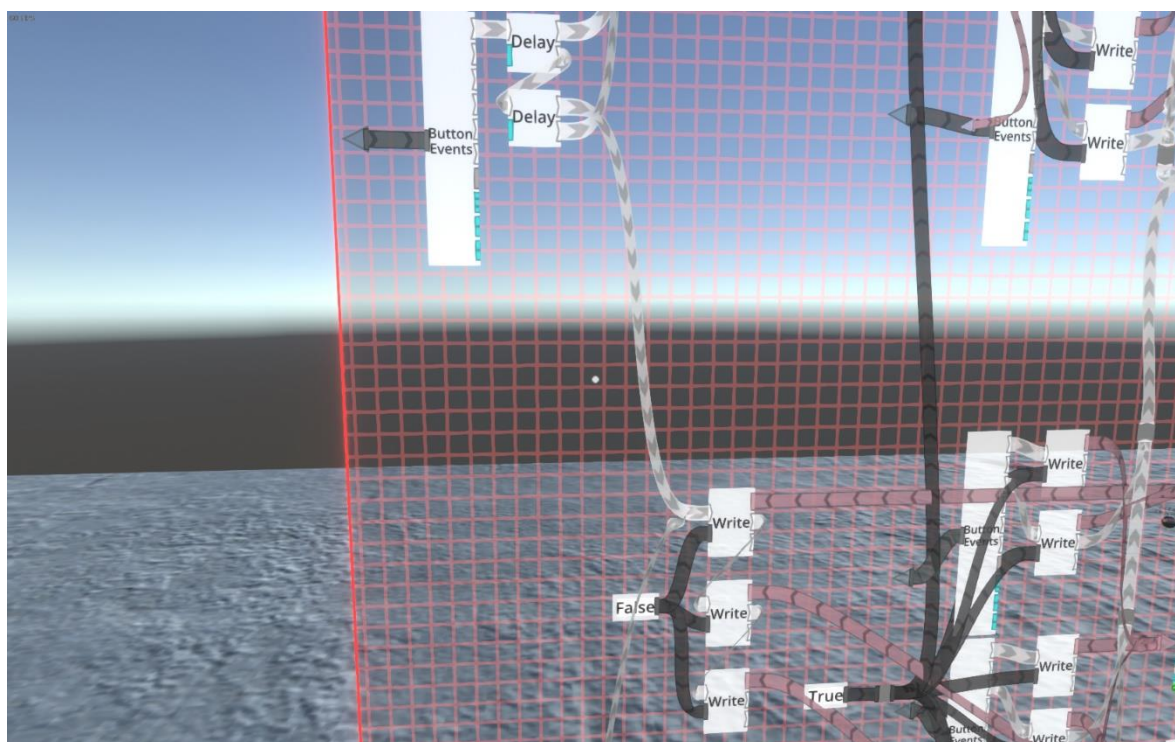
Obrázek 16

Dále jsem si vytvořil vyhodnocení. Zde jsem navedl výstup z předchozího nodu Delay s hodnotou Delay 1.2 do If. Dále jsem použil dva nody $\geq$ pro určení, zda má některý z hráčů nula životů. Do těchto nodů jsem navedl hodnotu Mass a druhý vstup nastavil na hodnotu 0.

Následně jsem hodnotu z těchto nodů navedl do nodu ==, Boolean Counter a If. Hodnotu z nodu == jsem navedl do nodu Boolean Counter. Toto jsem udělal, protože mi to předtím vyhodnocovalo remízu i když hráči měli ještě životy. Následně jsem výstup z nodu Boolean Counter navedl do nodu == na druhém vstupu jsem nastavil hodnotu 3. Výstup z tohoto nodu jsem navedl do nodu If, který podle této hodnoty buď pokračoval do nodu If, nebo do nodu Write, který má na druhém vstupu nastavenou hodnotu True a výstup vede do hodnoty Active u tabule oznamující remízu. Zbylé dva if jsou dělány obdobě, jak je vidět na obrázku 17. Nakonec jsem udělal restartování dalšího kola a zároveň zprovoznil tlačítko reset. Toto jsem udělal obdobně jako u předchozích her, jak je vidět na obrázku 18 a to opět pomocí nodů Write. Do těchto nodů jsem nevedl signál z tlačítka a signál z If nodů, které ubírají životy, a pomocí těchto Write nodů vrátil hodnotu Active na zbraních a tabulích na hodnotu False a dále tlačítko restart pomocí nodů Write vrátí hodnotu Mass na 5.



Obrázek 17



Obrázek 18

7.4. Optimální strategie teoreticky

Než jsem začal s hledáním optimální strategie, opět jsem si hru analyzoval, abych věděl, o jaký typ se jedná. Zde je opět již z návrhu hry jasné, že se jedná o hru pro dva hráče. Dále si opět určíme racionalitu hráčů, zde budeme opět počítat s tím, že hru hrají dva racionální hráči, kteří mají úplné znalosti pravidel a strategií jak svých, tak protihráčových. Tudíž můžeme říct, že se jedná o hru s úplnými informacemi. Jako další jsem určoval, zda se jedná o hru kooperativní nebo nekooperativní. Jelikož hráči hrají proti sobě a výhra jednoho hráče je prohra druhého, můžeme z toho odvodit, že se jedná o hru s nulovým součtem. Dále je potřeba si určit, zda se jedná o hru s konečnými nebo nekonečnými strategiemi. Pokud bychom brali jako strategii pouze volbu zbraně, jednalo by se o hru konečnou, poté by množina strategií vypadala následovně: $\{O, M, S\}$, přičemž O symbolizuje oboustrannou čepel, M symbolizuje meč a S symbolizuje štít. Zde ovšem víme z pravidel, že hráči hrají, dokud jeden nebo oba nepřijdou o životy, a tudíž se jedná o hru nekonečnou. Pro shrnutí se jedná o nekooperativní, současnou, nekonečnou hru dvou racionálních hráčů s nulovým součtem a úplnými informacemi.

V tomto případě nelze jednoduše zapsat strategie do matice, protože tato hra má nekonečně mnoho strategií.

7.5. Optimální strategie experimentálně

I u této hry jsem hledal strategie experimentálně. Nejprve jsem hráče seznámil s pravidly a poté ho požádal, aby se snažil najít optimální strategii. Na rozdíl od předchozích her jsem se v této hře i já snažil hledat optimální strategie, neboť jsem je neznal teoreticky. Také z důvodu, že tato hra je tahová a nekonečná, jsem s každým hráčem hrál 10 her. Výsledky her jsou zaznamenány v tabulce 11. V této tabulce reprezentují čísla v prvním sloupci tahy jednotlivých her a čísla v prvním řádku pořadí hry. Buňky, které jsou označeny oranžově, znamenají, že hra skončila remízou a buňky zelené značí to, že tento hráč vyhrál hru. J je zkratka pro mě, 3 je zkratka pro třetího hráče, 2 je zkratka pro druhého hráče, 1 je zkratka pro prvního hráče. O, M a S jsou zkratky jednotlivých zbraní. Z této tabulky vidíme, že ve všech pěti výhrách hráč, který vyhrál, vždy začal štítem. Z toho bychom mohli odvodit, že optimální strategie je začít štítem. Ale vzhledem k počtu vzorků se pravděpodobně bude jednat o náhodu. První a druhý hráč nedokázali určit optimální strategii. Třetí hráč poté co jsme dohráli řekl, že optimální strategie je neustále volit štít a počkat, až si oponent ubere všechny životy oboustrannou čepelí. Tato strategie mě také napadla jako optimální, ale pokud by ji zvolili oba hráči, žádný by nikdy nesplnil cíl hry.

Tabulka 11

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0
HRÁČ 3	J 3	J 3	J 3	J 3	J 3	J 3	J 3	J 3	J 3	J 3
1	O S	S S	S S	O S	O M	O S	O O	O O	O S	O O
2	O S	M S	S O	S O	M O	M M	M S	S S	S M	S M
3	M S	M S	M S	O O		S O	M M	M M	M M	M M
4	S S	M O	M S			S O			M O	
5	M O	S S	S M			M O				
6		M S	M O							
7		M S	S S							
8		M S	M S							
9		O O	S M							
10			M O							
HRÁČ 2	J 2	J 2	J 2	J 2	J 2	J 2	J 2	J 2	J 2	J 2
1	O M	O S	S S	O O	M M	M O	M O	O M	S O	O S
2	M O	S O	O M	M S	M S	S M	O S	M S	S O	M M
3		O S	M S	M M	M M	O M	S M	M O	O S	M S
4		S O	M O		O O		S O		M S	S M
5		M S					S S		M S	S M
6		M M					S M		M M	O O
7		M S					S O		S S	
8		M O					M S		S O	
9							M M		S S	
10									S S	
11									S M	
12									S O	
HRÁČ 1	J 1	J 1	J 1	J 1	J 1	J 1	J 1	J 1	J 1	J 1
1	O M	S O	S M	O O	S S	S O	S M	O M	M S	S O
2	M S	O S	M S	S S	S S	O M	O O	M O	O O	M M
3	S S	O S	M S	M M	S S	M M	S S		S S	M S
4	O O	S M	M S		S M		S S		S M	M S
5		S O	S S		S S		M M		M M	M S
6		S O	M O		S M					M O
7		S S	O O		S S					S M
8		M O			O M					M M
9					S M					
10					S O					
11					S S					
12					O M					

7.6. Porovnání

U této hry jsem se mi nepodařilo najít optimální strategii ani teoretickou, ani experimentální cestou.

8. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvořit koncept tří her pro dva hráče. Tyto hry následně vytvořit, poté je naprogramovat v metaverzu Neos a dále zjistit jejich optimální strategie. Bakalářskou práci jsem začal prozkoumáváním metaverzu Neos. Neos se mi zprvu zdál velmi nepraktický a omezený, ale tento pohled se rychle měnil tím, jak jsem se s tímto nástrojem učil pracovat. Teď už mi metaverze Neos přijde jako úžasný kus softwaru, který má skoro neomezené možnosti, co se týče toho, co se v něm dá vytvořit. Poté, co jsem měl prozkoumané metaverzum Neos, jsem se pustil do vytváření konceptů her a jejich následného vytváření a programování v metaverzu Neos. S těmito koncepty a jejich implementací jsem velice spokojen, zvláště pak s poslední hrou Souboj. Když jsem měl vytvořené hry, pustil jsem se do studia teorie her, abych mohl nalézt optimální strategie. Při tomto studiu mě velice překvapilo to, že se mi teorie her nejprve zdála velmi srozumitelná a snadno pochopitelná, avšak čím více jsem si o ní zjišťoval, tím více mě překvapovalo, jak je tato oblast komplexní a rozsáhlá. Na závěr práce jsem si mnou vytvořené hry analyzoval a hledal jejich optimální strategie teoreticky, poté jsem je nechal hrát a testovat hráči v metaverzu Neos. Tyto výsledky mě velmi překvapily. Zejména pak u hry Robotí zápasy, kde jsem myslel, že nenajdu Nashovu rovnováhu. Dále mě překvapilo, že ve hře Drahé kovy všichni hráči přišli na stejnou optimální strategii jako byla ta, kterou jsem zjistil teoreticky. Ještě mě velmi potěšilo, že ačkoliv se nám nepodařilo najít optimální strategii u hry Souboj, všichni hráči ji hodnotili jako nejzábavnější. Celkově bych tuto práci hodnotil jako velice zajímavou a pro mě přínosnou, zejména co se týče metaverzu Neos a jeho možností, neboť předtím, než jsem začal s touto prací jsem ani nevěděl o jeho existenci, natož abych v něm něco dokázal vytvořit.

9. Zdroje

History Of Virtual Reality. (2020, January 2). Virtual Reality Society.

<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>

Kass, S. (1995). *Rock Paper Scissors Spock Lizard*. SAM'S SITES.

<http://www.samkass.com/theories/RPSSL.html>

Klán, P., & Mariančík, T. (2019). *Jak stavět virtuální světy v metaverzu Neos*. Solirax Ltd London.

Lial, M., Greenwell, R., & Ritchey, N. (2016). *Finite Mathematics* (11th ed.). Pearson.

Mañas, M. (1991). *Teorie her a její aplikace*. SNTL.

Najera, J. (2021, December 11). *Game Theory — History & Overview - Towards Data Science*. Medium. <https://towardsdatascience.com/game-theory-history-overview-5475e527cb82>

Tagiew, R. (2009). *Towards a Framework for Management of Strategic Interaction*.

Dostupné na:

https://www.researchgate.net/publication/221539739_Towards_a_Framework_for_Management_of_Strategic_Interaction

Techopedia. (2022, March 14). *Virtual Reality (VR)*. Techopedia.Com.

<https://www.techopedia.com/definition/4784/virtual-reality-vr>

Virtuální realita: Historie prvních kroků. (2021). Otechnice.Cz. <https://otechnice.cz/virtualni-realita-historie-prvnich-kroku/>