



**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

**INTERAKTIVNÍ APLIKACE NA TRÉNOVÁNÍ  
PROSTOROVÉHO MYŠLENÍ**

INTERACTIVE APPLICATION FOR SPATIAL THINKING TRAINING

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**JAKUB MLADÝ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. MICHAL TÓTH,**

BRNO 2017

**Vysoké učení technické v Brně - Fakulta informačních technologií**

Ústav počítačové grafiky a multimédií

Akademický rok 2016/2017

**Zadání bakalářské práce**

Řešitel: **Mladý Jakub**

Obor: Informační technologie

Téma: **Interaktivní aplikace na trénování prostorového myšlení**  
**Interactive Application for Spatial Thinking Training**

Kategorie: Počítačová grafika

Pokyny:

1. Prostudujte knihovnu OpenGL a její nadstavby.
2. Navrhněte aplikaci, která umožní trénovat 3D myšlení. Aplikace by měla mít formu logické hry.
3. Implementujte navrženou aplikaci
4. Zhodnoťte dosažené výsledky a navrhněte možnosti pokračování projektu
5. Vytvořte video pro prezentování projektu.

Literatura:

- Podle pokynů vedoucího

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- Body 1 a 2
- Funkční prototyp aplikace

Podrobné závazné pokyny pro vypracování bakalářské práce naleznete na adrese

<http://www.fit.vutbr.cz/info/szz/>

Technická zpráva bakalářské práce musí obsahovat formulaci cíle, charakteristiku současného stavu, teoretická a odborná východiska řešených problémů a specifikaci etap (20 až 30% celkového rozsahu technické zprávy).

Student odevzdá v jednom výtisku technickou zprávu a v elektronické podobě zdrojový text technické zprávy, úplnou programovou dokumentaci a zdrojové texty programů. Informace v elektronické podobě budou uloženy na standardním nepřepisovatelném paměťovém médiu (CD-R, DVD-R, apod.), které bude vloženo do písemné zprávy tak, aby nemohlo dojít k jeho ztrátě při běžné manipulaci.

Vedoucí: **Tóth Michal, Ing.**, UPGM FIT VUT

Datum zadání: 1. listopadu 2016

Datum odevzdání: 17. května 2017

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
Fakulta informačních technologií  
Ústav počítačové grafiky a multimédií  
612 00 Brno, Božetěchova 2



---

doc. Dr. Ing. Jan Černocký  
vedoucí ústavu

## Abstrakt

Táto práca sa zaoberá tvorbou aplikácie, ktorá slúži na rozvoj logického a priestorového myslenia. Popisuje návrh aplikácie ako aj výber použitých logických hier a ich následnú implementáciu. Ako logické hry boli vybraté dve obdoby 3D piškôrok a 3D znovuzostavenie tvarov. Aplikácia bola implementovaná v jazyku C++ za použitia grafickej knižnice OpenGL.

## Abstract

This thesis focuses on the creation of an application that improves logical and spatial thinking. It describes the design, choice of logic games and their following implementation. As the logic games two variations of 3D Tic-Tac-Toe and 3D shape recreation were chosen. The application was implemented in the C++ language using the OpenGL graphics library.

## Klíčová slova

aplikácia, logické myslenie, priestorové myslenie, 3D piškôrky, hra, 3D, OpenGL, C++

## Keywords

application, logic thinking, spacial thinking, 3D Tic-Tac-Toe, game, 3D, OpenGL, C++

## Citace

MLADÝ, Jakub. *Interaktivní aplikace na trénování prostorového myšlení*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Tóth Michal.

# Interaktivní aplikace na trénování prostorového myšlení

## Prohlášení

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne pod vedením pána Ing. Michala Tótha. Uviedol som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

.....  
Jakub Mladý  
16. května 2017

## Poděkování

Chcel by som sa poďakovať vedúcemu mojej bakalárskej práce, pánovi Ing. Michalovi Tóthovi za jeho odborné a výstižné rady ako aj za čas, ktorý mi pri tvorbe tejto bakalárskej práce venoval. Ďalej by som sa chcel poďakovať môjmu otcovi za jeho neutíchajúcu podporu.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Úvod do logického, priestorového myslenia a hier</b>	<b>4</b>
2.1	Logické myslenie . . . . .	4
2.2	Priestorové myslenie . . . . .	5
2.3	Hry . . . . .	6
2.4	Vplyv hier na rozvoj myslenia . . . . .	9
2.5	Analýza existujúcich riešení . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Návrh hier aplikácie</b>	<b>13</b>
3.1	3D tic tac toe . . . . .	14
3.2	Endless 3D tic tac toe . . . . .	15
3.3	3D shape recreation . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Návrh aplikácie</b>	<b>18</b>
4.1	Použité technológie . . . . .	18
4.2	Návrh užívateľského rozhrania . . . . .	18
4.3	Návrh prvkov hier . . . . .	22
<b>5</b>	<b>Implementácia</b>	<b>26</b>
5.1	Implementovaná logika hier . . . . .	26
5.2	Farby a osvetlenie hracích kameňov . . . . .	27
5.3	Časticové efekty . . . . .	27
5.4	Umelá inteligencia . . . . .	28
5.5	Ovládanie . . . . .	28
<b>6</b>	<b>Testovanie a vyhodnotenie</b>	<b>29</b>
6.1	Počiatkové testovanie . . . . .	29
6.2	Konečné testovanie . . . . .	30
6.3	Vyhodnotenie . . . . .	31
<b>7</b>	<b>Možnosti rozšírenia</b>	<b>32</b>
7.1	Možnosti celkového rozšírenia . . . . .	32
7.2	Možnosti pridania hier . . . . .	33
<b>8</b>	<b>Záver</b>	<b>34</b>
	<b>Literatura</b>	<b>35</b>

<b>Přílohy</b>	<b>36</b>
<b>A Schéma návaznosti grafického rozhrania</b>	<b>37</b>
<b>B Obsah CD</b>	<b>39</b>

# Kapitola 1

## Úvod

V dnešnej dobe podstatné množstvo ľudí trávi svoj voľný čas používaním zábavných aplikácií alebo hraním hier na rôznych zariadeniach. Ako napreduje vývoj technológie, počet ľudí ktorý takto trávia svoj voľný čas sa konštantne zvyšuje vďaka rastúcemu počtu dostupných aplikácií a hier. Často sú však vnášané pripomienky že toto nie je prospešné trávenie voľného času keďže je príliš málo aplikácií, ktoré nejakým spôsobom rozvíjajú ľudskú myseľ. Toto, v spojení s realitou, že priestorové myslenie je jedna z najmenej rozvíjaných častí mysle, sa stalo podnetom pre vypracovanie tejto práce.

Cielom tejto práce je vytvoriť interaktívnu aplikáciu ktorá bude pri jej používaní rozvíjať priestorové myslenie užívateľa. Aby bola aplikácia používaná na trávenie voľného času, bude sa skladať z niekoľkých logických hier. Tieto hry budú krátke a jednoduché na hranie, budú však mať množstvo nastavení pre zvýšenie obtiažnosti.

Práca je členená do niekoľkých častí. Kapitola 2 sa zaoberá teóriou priestorového a logického myslenia ako aj popisom hier a ich vplyvu na rozvoj myslenia. V tejto kapitole sa taktiež nachádza analýza niekoľkých už existujúcich riešení podobného problému.

V kapitole 3 je popísaný návrh a tvorba logických hier ktoré boli následne použité v aplikácií. Pričom v kapitole 4 je popísaný návrh ostatných prvkov aplikácie ako sú grafické užívateľské rozhranie, umelá inteligencia a časticové efekty.

Kapitola 5 popisuje implementáciu konkrétnych prvkov aplikácie a problémy ktoré sa pri tvorbe aplikácie vyskytli. Kapitola 6 sa zaoberá testovaním reálneho vplyvu aplikácie na rozvoj priestorového myslenia. Je tu popísané testovanie aplikácie na užívateľoch a výsledky daného testovania.

Ako posledná, kapitola 7 navrhuje možné ďalšie rozšírenia tejto aplikácie. V závere práce 8 je zhrnutý postup práce a zhodnotenie výsledkov tejto práce.

Súčasťou tejto práce je taktiež plne funkčná aplikácia na operačný systém Windows, tvorená v jazyku C++ za použitia grafickej knižnice OpenGL.

## Kapitola 2

# Úvod do logického, priestorového myslenia a hier

V tejto kapitole budú popísané a vysvetlené základné pojmy používané v tejto práci. Bude popísaný význam logického a priestorového myslenia u človeka, ako aj rozdelenie, konkrétne príklady hier a ich vplyv na rozvoj myslenia. Taktiež budú analyzované už existujúce riešenia problematiky ktorou sa zaoberá táto práca.

### 2.1 Logické myslenie

Logické myslenie inak nazývané aj uvažovanie alebo plynulá inteligencia, je možné definovať ako proces formovania záverov, úsudkov či spájania právd za cieľom dosiahnutia určitej informácie [1]. Uvažovanie taktiež môže byť definované komplexnejšie, tak ako to popísal americký psychológ John B. Carroll [9].

Ním bola zručnosť logického myslenia definovaná ako použitie zámerných a kontrolovaných mentálnych operácií na vyriešenie neznámych problémov (t. j. úloh ktoré nie je možné urobiť automaticky). Mentálne operácie často zahŕňujú zostavovanie záverov, klasifikáciu, generovanie a testovanie hypotéz, identifikovanie vzťahov, pochopenie implikácií a transformovanie informácií. Schopnosti obsiahnuté uvažovaním sú:

**Všeobecné sekvenčné (deduktívne) uvažovanie:** Schopnosť začať so stanovenými tvrdeniami (pravidłami, predpokladmi, podmienkami) a vykonať jeden alebo viac krokov vedúcich ku dosiahnutiu riešenia problému.

**Indukcia:** Schopnosť odhaľovať základné charakteristiky (napr. pravidlo, koncept, princíp), na ktorých je založený špecifický problém, sada pozorovaní alebo použitie skôr zisteného pravidla na daný problém. Často vyžaduje schopnosť kombinovať oddelené kusy informácií vo forme záverov, pravidiel alebo hypotéz.

**Kvantitatívne uvažovanie:** Schopnosť indukčne alebo dedukčne uvažovať použitím konceptov zahrňujúcich matematické vzťahy alebo vlastnosti.

**Piagetické uvažovanie:** Schopnosť dokázať získanie a použitie (vo forme logického myslenia) kognitívnych pojmov ako sú definované Piagetovou vývojovou kognitívnou teóriou. Tieto pojmy zahrňujú seriáciu (organizovanie materiálov do usporiadaných sérií ktoré uľahčuje pochopenie vzťahov medzi udalosťami), zachovanie (povedomie že fyzický počet sa nemení v množstve pri zmene vzhladu), klasifikácia (schopnosť organizovať materiály ktoré majú podobné vlastnosti do kategórií), atď.



**Rýchlosť uvažovania:** Rýchlosť alebo plynulosť pri vykonávaní úlohy (napr. rýchlosť pri vytváraní čo najväčšieho množstva pravidiel, riešení problému) za obmedzený čas.

Logické myslenie teda môže byť brané ako zložitá zručnosť ktorá pozostáva z viacerých rôznych schopností uvažovať a myslieť.

## 2.2 Priestorové myslenie

Priestorové myslenie, taktiež nazývané aj vizuálne myslenie, je schopnosť predstavovať si a manipulovať s trojdimenzionálnymi objektmi rôznych rozmerov pomocou mysle [8]. Tak ako logické myslenie aj priestorové myslenie je možné podľa Johna B. Carrolla definovať zložitejšie. Teda definovať ho ako jednu z hlavných poznávacích zručností človeka. Priestorové myslenie ako poznávacía zručnosť predstavuje kolekciu rôznych schopností z ktorých každá zdôrazňuje iný proces zapojený do generácie, uschovávanía, obnovovania a transformácie (napr. mentálne otáčanie alebo pohyb telesom v priestore) vizuálnych obrazov. Schopnosti priestorového myslenia sú merané úlohami (figurálne alebo geometrické podnety), pri ktorých je potrebné vnímanie a transformácia vizuálnych tvarov, foriem a obrazov alebo úlohami pri ktorých potreba udržovať priestorovú orientáciu s ohľadom na objekt ktorý sa môže meniť alebo pohybovať v priestore. Schopnosti zahrnuté v tejto zručnosti sú:

**Vizualizácia:** Schopnosť zachytiť priestorový tvar, objekt alebo scénu a spárovať ju s ďalším priestorovým tvarom, objektom alebo scénou ktorú je potrebné otočiť v dvoch alebo troch dimenziách. Vyžaduje schopnosť predpovedať ako by objekty a vizuálne vzory vyzerali pri zmenených podmienkach (napr. časti objektov sú posunuté).

**Priestorové vzťahy:** Schopnosť vo vysokej rýchlosti rozpoznávať a plynule manipulovať s vizuálnymi vzormi, alebo udržovať orientáciu s ohľadom na objekt v priestore. Táto schopnosť môže vyžadovať identifikáciu objektu zobrazeného z iného uhlu alebo miesta.

**Rýchlosť záveru:** Schopnosť rýchlo identifikovať známy alebo zmysluplný objekt z neuceleného (nejasný, z časti zakrytý, nespojitý) vizuálneho podnetu bez predchádzajúcej znalosti o tom o aký objekt sa jedná.

**Flexibilita záveru:** Schopnosť rozpoznať objekt alebo vizuálny vzor vložený v komplexne rozptyľujúcom alebo zamaskovanom vizuálnom vzore alebo poli, keď je dopredu známe aký objekt je treba rozpoznať. Schopnosť rozoznať a ignorovať rozptyľujúce pozadie je súčasťou tejto schopnosti.

**Vizuálna pamäť:** Schopnosť vytvoriť a uschovať mentálnu reprezentáciu alebo obraz vizuálneho tvaru či konfigurácie (typicky počas určitého okamihu na študovanie objektu) počas aspoň niekoľkých sekúnd, a následne ho spoznať alebo si ho vybaviť neskôr.

**Priestorové snímanie:** Schopnosť rýchlo a presne prezrieť široké alebo komplikované priestorové pole alebo vzor a identifikovať konkrétnu konfiguráciu (cestu) cez vizuálne pole. Často požaduje vizuálne sledovanie vyznačenej cesty cez vizuálne pole.

**Sériová vnemová integrácia:** Schopnosť identifikovať obrázkový alebo vizuálny vzor keď sú časti vzoru ukázané oddelene v rýchlosti za sebou v sériovom poradí.

**Odhad Dĺžky:** Schopnosť odhadovať a navzájom porovnávať vizuálne dĺžky bez použitia meracieho inštrumentu.

**Vnemové ilúzie:** Schopnosť odolať bytiu ovplyvnený klamnými vnemovými aspektmi geometrických figúr.

**Zobrazenie:** Schopnosť mentálne zobraziť alebo manipulovať objekt, nápad alebo udalosť (ktorá nie je prítomná) v abstraktnej priestorovej forme.

## 2.3 Hry

Hra je šport alebo aktivita, ktorá je založená na zručnosti, vedomostiach, alebo náhode, v ktorej sa nasledujú stanovené pravidlá a je cieľom vyhrať nad protivníkom alebo vyriešiť rébus [1]. Hry sú hrané pre zábavu, ako aj pre zlepšenie fyzickej alebo psychickej kondície, už po niekoľko tisícročí. Zmienky o prvých hrách boli nájdené už z tretieho tisícročia pred naším letopočtom, aj keď ich formálnejšie pravidlá a definície prišli až neskôr.

Hry môžu byť v teórii hier rozdelené podľa rôznych kritérií na kooperatívne a nekooperatívne (hráči hrajú spolu alebo proti sebe), symetrické a asymetrické (výsledky použitej stratégie závisia na stratégii protihráča, alebo naopak, hráča ktorý stratégiu používa), hry s nulovým a nenulovým súčtom (víťazný hráč získava/nezískava zdroje na úkor ostatných hráčov), súčasné a sekvenčné (hráči robia svoje ťahy v tom istom čase alebo za sebou), hry s úplnými informáciami a neúplnými informáciami (každý hráč má o hre rovnaké/rôzne informácie), kombinačné hry (inak nazývaná aj pozičná, je hra kde obtiažnosť výberu výhernej stratégie závisí na množstve možných ťahov), atď. Hry môžu spĺňať viacero spomenutých kritérií ako napríklad hra Šach, ktorá je nekooperatívna a kombinačná hra s nulovým súčtom. V ďalších odstavcoch sú uvedené a popísané príklady troch rôznych hier, a to hry Šach, Piškôrky alebo Qubic a hry Lode.

### Šach

Šach sa zaraduje medzi nekooperatívne, asymetrická, sekvenčná, kombinačná hra s úplnými informáciami a nulovým súčtom. Táto klasická hra pochádza z Indie kde sa obdoba tejto hry pôvodne volala Chaturanga [6]. Pravidlá tejto hry sa od jej vynájdenia podstatne zmenili, avšak táto hra je stále o hráčoch ktorý sa snažia protivníkovi „zabiť“ alebo obklúčiť figúrku kráľa a tým si zabezpečiť výhru.

Súčasný šach sa hrá na 8x8 štvorcovom poli, kde sa štvorce striedajú v čiernej a bielej farbe. Hrajú proti sebe dvaja hráči, čo značí že hra je nekooperatívna, pričom jeden používa biele figúrky a druhý figúrky čierne ako môžeme vidieť na obrázku 2.1. Každý hráč ovláda šesťnásť figúrok a sú rozostavené v dvoch prvých (a teda aj posledných) radoch na hracej doske, kde stoja podľa pravidiel oproti sebe. Následne sa hráči sekvenčne striedajú, počnúc hráčom s bielymi figúrkami, v ťahaní figúrkami proti súperovi za účelom vyhrať hru. Každá zo šiestich druhov figúrok (t. j. kráľ, kráľovná, strelec, kôň, veža a pešiak) má podľa pravidiel určený spôsob akým sa po hernej ploche môže pohybovať, alebo brať súperove figúrky, určený možným smerom pohybu, počtom políčok ktoré dokáže prejsť za jeden pohyb alebo útvárom v ktorom sa pohybuje. Ak jeden z hráčov rozostaví svoje figúrky tak, že jeho protivník nevie zabrániť možnosti aby jeho kráľ bol na budúce kolo zabratý, nastáva šach-mat a hra končí prehrou hráča ktorého kráľ by bol zabratý.



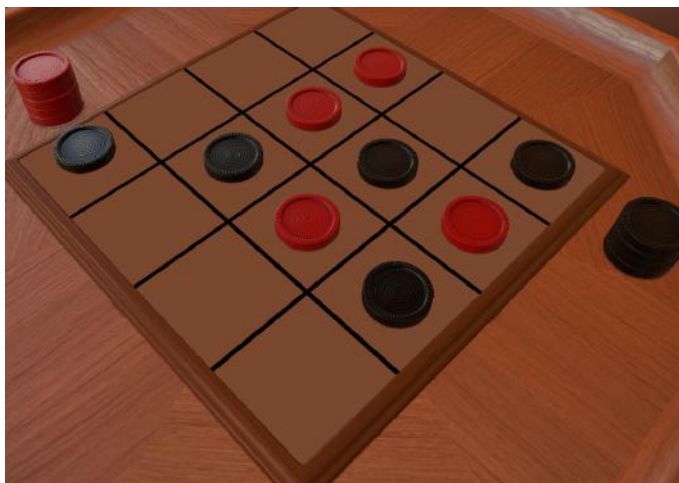
Obrázek 2.1: Ukážka figúrok a hracej plochy pre šach

Ako vyplýva z vyššie napísaného odstavca, šach je zložitejšia hra s mnoho pravidlami ktoré je potreba pred hraním hry vedieť. Ak hráč ovláda všetky pravidlá šachu, táto hra je o logike, intuícii, stratégii a schopnosti predvídať súperove ťahy. Vďaka tomu je šach jedna z najznámejších hier a niektorými ľuďmi je považovaný za šport.

### Piškôrky a Qubic

Piškôrky inak nazývané aj tic tac toe sú, tak ako šach, jedna z najznámejších kombinačných hier. Kombinačnou hrou je v tomto prípade myslená hra pre dvoch hráčov, ktorá nezahŕňa žiadne použitie šťastia, je sekvenčná s úplnými informáciami a nulovým súčtom, kde existujú iba tri možné výstupy a to výhra, prehra a remíza [2].

Piškôrky sa podľa pravidiel hrajú na 3x3 štvorcovom poly kde počas hry hráči vkladajú svoje hracie kamene za cieľom utvoriť radu o dĺžke troch kameňov. Hráči sa sekvenčne striedajú a pred hrou je dohodnuté ktorý hráč začína. Hráč, ktorý ako prvý vytvorí radu troch kameňov, vyhráva hru a hráči môžu hru opakovať. Pre túto hru však existuje stratégia pre hráča ktorý je na ťahu ako prvý, pri ktorej môže nastať iba jeho výhra alebo remíza. Z toho dôvodu viacero hráčov hrá hry podobné originálnym piškôrkám, ako piškôrky na väčších plochách (napr. 5x5 alebo 10x10) ukázané na obrázku 2.2, Piškôrky na väčších plochách kde si prvé kamene vkladajú súperi navzájom alebo Piškôrky v troch dimenziách. Piškôrky v 3D kde rozmer plochy je 4x4x4 je hra nazvaná Qubic keďže pri ploche o veľkosti 3x3x3 je výherná stratégia taktiež triviálna.



Obrázek 2.2: Ukážka vyhratej hry Piškôrky

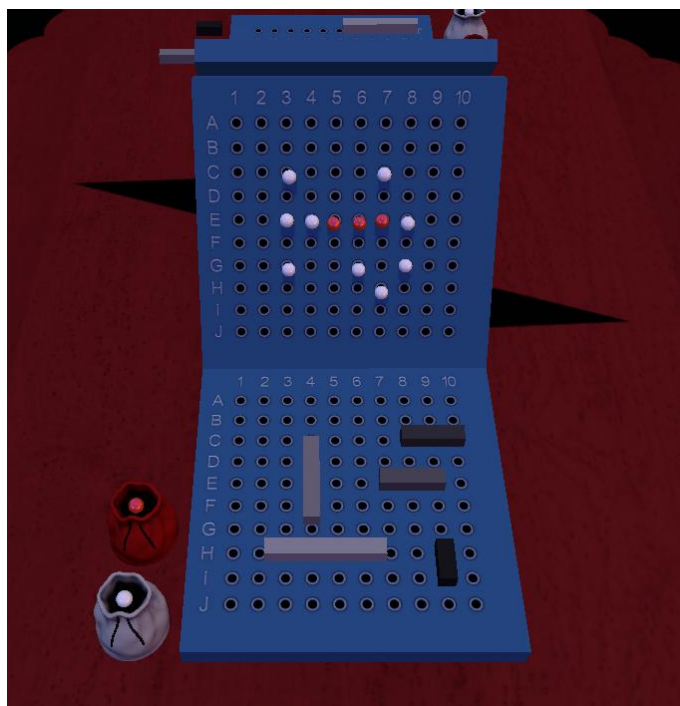
Hra Qubic má rovnaké pravidlá ako Piškôrky, avšak v namiesto štyroch smerov, v ktorých môže byť v originálnych piškôrkach utvorený výherný rad, je ich v Qubic trinásť. Hra teda je podstatnejšie komplikovanejšia a napriek tomu pre Qubic bola taktiež nájdená výherná stratégia pre prvého hráča, je však príliš ťažká na to aby si ju priemerný človek dokázal zapamätať a použiť. Pre 3D piškôrky o veľkosti 5x5x5 ešte výherná stratégia nebola nájdená keďže použitím „backtrackingu“ na herný strom by sme potrebovali urobiť  $3^{125}$  krokov na dosiahnutie výsledku [2].

Piškôrky a Qubic sú hry ktoré majú minimum pravidiel a sú ľahké na pochopenie a naučenie. Môžu byť hrané v triviálnych formách, ktorými sa môžu baviť deti ako aj hrané na väčších plochách kde je výhra omnoho ťažšia ale pravidlá stále rovnaké.

## Lode

Lode sú hra známa taktiež pod menom námorná bitka alebo anglickým názvom Battleships. Je to hra pre dvoch hráčov ktorá je sekvenčná s neúplnými informáciami a nulovým súčtom, kde existujú dva možné výstupy a to výhra, prehra. V tejto hre neexistuje remíza keďže hra je sekvenčná a je hraná pokým jeden z hráčov vyhrá. Každý hráč vidí iba svoje lode teda nemá také isté informácie ako druhý hráč a hra je zaradená ako hra s neúplnými informáciami.

Pri hre Lode sa obaja hráči snažia zistiť kde si ich súper rozostavil takzvané „lode“. Každý hráč má svoje pole o veľkosti 10x10 na rozostavenie svojich lodí a taktiež môže mať druhé identické pole na značenie informácií o súperovom poli ako je možné vidieť na obrázku 2.3. Pole počas hry môže vidieť iba hráč ktorý ho vlastní. Obaja hráči majú identický počet a druh lodí, ktoré môžu zaberáť rôzny počet políčok na ich poli. Pred začiatkom hry všetky tieto lode rozostavia na ich plán a rozhodne sa kto pôjde ako prvý. Následne sa hráči striedajú a vo svojom kole sa snažia uhádnuť, kde protivník rozostavil svoje lode. Hádajú tak, že povedia pole, o ktorom si myslia že je obsadené súperovou loďou a súper im odpovie či trafili jeho loď alebo nie. Hádajúci hráč si túto informáciu zaznačí a pokračuje druhý hráč. Hráč, ktorý ako prvý uhádne všetky políčka na ktorých sa nachádzajú súperove lode, vyhráva.



Obrázek 2.3: Ukážka hracej plochy pre hru lode

Hra lode môže záležať viac na náhode ako na schopnostiach hráčov, keďže o postavení súperových lodí na začiatku nemajú žiadne informácie. Hra má však ľahké pravidlá a je možné za účelom sťaženia hry upravovať veľkosť poľa, množstvo a druh lodí na ňom rozostavených.

## 2.4 Vplyv hier na rozvoj myslenia

Hranie stolových, počítačových alebo športových hier často vyžaduje využitie fyzických alebo psychických schopností človeka. Existujú taktické hry ako Človeče nehnevaj sa, ktoré závisia iba na náhode a nepožadujú využitie žiadnych zručností pri hre. Hry, ktoré však zručnosti vyžadujú, ich opätovným hraním môžu v určitej forme zdokonaľovať. Hráč hry však musí mať o zlepšenie schopností záujem, keďže zlepšovanie nie je automatické a preukazuje sa hlavne pri opätovnom hraní a pri záujme zlepšiť sa v danej hre.

Športové hry, ako basketbal alebo futbal, môžu zlepšovať napríklad reakčný čas a fyzickú kondíciu človeka. Strategické alebo akčné počítačové a stolové hry môžu naopak, zlepšovať používané strategické alebo logické myslenia [5]. Tieto hry, tak ako aj pozičné, môžu zlepšovať aj pozornosť, pamäť, tak ako aj multisenzorické časové spracovanie (t. j. zaradovanie rôznych senzorických podnetov v závislosti na čase) [4][7]. Rozvíjané schopnosti teda závisia na druhu hranej hry, alebo spôsobe hrania hry.

Žiadny výskum na tému rozvoju myslenia hrami však zatiaľ nebol urobený za ideálnych podmienok a teda výskumy nie sú bezprostredne spoľahlivé [3]. Napriek tomu je pomerne veľké množstvo prác, ktoré za týchto neideálnych podmienok potvrdzujú, že hry môžu rozvíjať myslenie a iné schopnosti človeka.

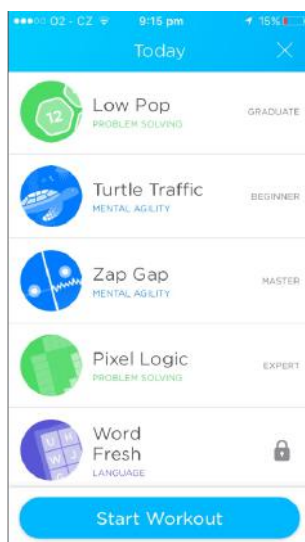
## 2.5 Analýza existujúcich riešení

V tejto kapitole sú predstavené a analyzované už existujúce aplikácie na rozvoj myslenia a ďalších kognitívnych schopností. Popisované budú tri najznámejšie aplikácie na tento účel a to: Peak, Elevate a NeuroNation. Všetky z týchto aplikácií sa zaoberajú zlepšovaním myslenia pomocou krátkych hier alebo pútavých úloh.

### Peak

Peak Brain Training je aplikácia pre smartfóny s IOS alebo Android operačným systémom. Jej štyria zakladatelia sú Itamar Lesuisse, Xavier Louis, Gerald Goldstein a Sagi Shorer. Na tejto aplikácii pracujú spolu s niekoľkými vedcami a stále ju rozvíjajú. Aplikácia môže byť používaná zadarmo ako obmedzená verzia, alebo s mesačnými platbami ako plná verzia.

Celkový výzor a design užívateľského rozhrania je dobre koncipovaný a veľmi prívetivý na pohľad. Po registrácii je užívateľovi predstavený systém hrania, takzvaný „Workout“ plán, niekoľkých krátkych hier každý deň na zlepšenie konkrétnych schopností, ako je ukázané na obrázku 2.4. Pri neplatenej verzii je každý deň možné hrať štyri druhy hier ktoré boli náhodne vybrané do Workout plánu. Každý užívateľ má v určitý deň rovnaký druh hier ako ostatní užívatelia. Tieto štyri hry môžu byť počas dňa hrané neobmedzene. Pri platenej verzii aplikácie je vo Workout pláne šesť hier, ktoré by užívateľ mal za deň hrať aspoň jedenkrát a taktiež môže hrať všetky ostatné hry ktoré momentálne v pláne nemá. Platená verzia má taktiež prístup k viacerým Workout plánom, ako napríklad Smooth Sailing alebo Adrenaline Burst, aktivitám ktoré nie sú dostupné pre neplatiacich, ako Color Me Calm alebo Deep Listening a skupinám hier na zlepšovanie konkrétnych zručností, ako zlepšovanie pamäte alebo sústredenia. Taktiež je možné dokúpiť si v aplikácii prídavné hry, alebo aktivity robené napríklad ľuďmi z univerzity Cambrige.



Obrázek 2.4: Ukážka užívateľského rozhrania aplikácie Peak

Hraním hier, ktoré sú vo Workout pláne, si užívateľ zlepšuje jeho skóre v rôznych oblastiach. Následne sa z toho vytvorí takzvaná mozgová mapa, ktorá ukazuje v ktorých oblastiach má užívateľ nedostatky a v ktorých vyniká. Toto skóre, alebo mozgovú mapu, je



následne možné porovnať s mapou alebo skóre priemeru konkrétnej vekovej skupiny, alebo priemeru skóre z rôznych profesií, ako napríklad skóre informatikov alebo hercov, atď.

Ku každej hre má hráč stanovenú úroveň obtiažnosti. Začína na najnižšej úrovni a pri získaní skóre, ktoré je vyššie ako skóre na zvýšenie úrovne, dva krát po sebe, je hráčova úroveň zvýšená a hra sa stane ťažšou.

## Elevate

Elevate je taktiež aplikácia pre smartfóny s operačnými systémami IOS a Android. Aplikácia, ako aj firma, bola založená v Máji 2014 Jesse Pickardovou v San Francisku. O efektoch používania Elevate bolo zhotovené štúdium vedkyňou Danou Nakano z Kalifornskej Štátnej Univerzity. Aplikáciu je možné hrať bez platenia, alebo je možné za ročné platby mať plnú verziu aplikácie.

Aplikácia má simplistické a dobre vyzerajúce užívateľské rozhranie a spracovanie vzhľadu hier je veľmi dobré. Užívateľ sa musí prvý krát pri zapnutí aplikácie registrovať a bude povinný urobiť niekoľko krátkych úloh na zhodnotenie jeho schopností. Taktiež si užívateľ vyberie, na zlepšovanie ktorých schopností sa chce sústrediť. Pri používaní aplikácie bez platenia môže hráč každý deň hrať tri konkrétne úlohy neobmedzene. Hry ktoré sú povolené sa každý deň menia a každá z týchto hier má zlepšovať inú skupinu schopností. Pri platenej verzii má hráč každý deň v tréningu daných päť hier namiesto troch, kde každá z hier zlepšuje iné schopnosti ako je možné vidieť na obrázku 2.5. V platenej aplikácii má užívateľ prístup k sedemnástim hrám ktoré v neplatenej verzii nie sú, ako aj ku všetkým hrám ktoré sú aj v neplatenej verzii. Tieto hry sa v platenej verzii, narozdiel od neplatenej, dajú hrať aj keď nie sú práve vo vybranom tréningu. Platiaci užívatelia majú taktiež prístup k ďalším materiálom na zlepšovanie svojich schopností.



Obrázek 2.5: Ukážka užívateľského rozhrania aplikácie Elevate

Hry v Elevate sú farebne rozlíšené podľa schopnosti ktorú zlepšujú. Hraním týchto hier získava užívateľ skóre a podľa výšky tohoto skóre sa hranej hre zvyšuje obtiažnosť a užívateľovi sa zvyšuje jeho „Elevate Proficiency Quotient“, ktorý určuje jeho úroveň v používaní konkrétnej schopnosti. V Elevate sú schopnosti rozdelené do piatich skupín a to:

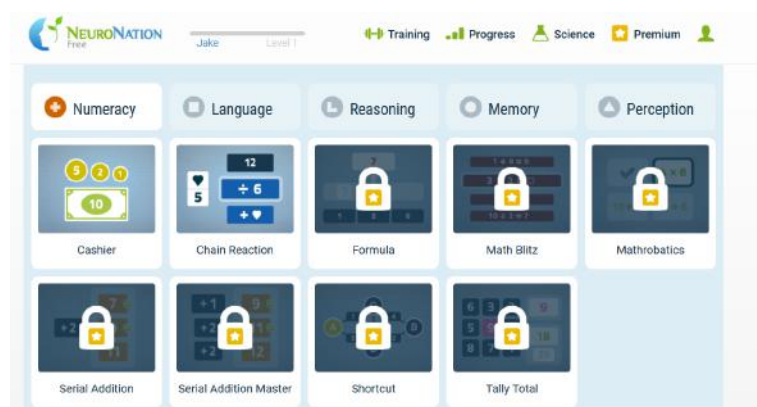
- Písanie
- Čítanie
- Hovorenie
- Počúvanie
- Matematika

Pri každej z týchto schopností má užívateľ úroveň, ktoré keď dosiahne môže pri tréningu získať nové hry.

## NeuroNation

NeuroNation je aplikácia ocenená Federálnym ministerstvom zdravia USA, spolupracujúca s niekoľkými známymi univerzitami. NeuroNation bol založený Jakobom Futorjanskim, Normanom Kleiberom, Rojahnom Ahmadim, Ilyam Shabanovom, prvého júna 2011 v Berlíne. Dá sa používať na smartfónoch s IOS alebo Android operačným systémom, alebo cez internetový prehliadač. Taktiež existuje verzia tejto aplikácia ktorá je zadarmo, ale plná verzia musí byť mesačne platená.

Užívateľské rozhranie je o niečo komplikovanejšie a poskytuje veľa vedľajších informácií. Po zaregistrovaní účtu v NeuroNation, užívateľ zodpovie deväť otázok ohľadom schopností ktoré by si chcel zlepšiť a ako veľmi si ich chce zlepšiť. V neplatenej verzii aplikácie môže užívateľ hrať skupiny troch hier, kde pred každou skupinou dostane cieľ ktorý môže splniť. Ak tento cieľ splní, dostane skúsenosti, za ktoré dostáva hodnotenie podľa ktorého sa hodnotí pokrok. Trojice hier v neplatenej aplikácii sú vyberané z ôsmich možných hier. Hráč si taktiež môže zapnúť konkrétnu hru z neplatených osem kedykoľvek chce pomocou kategórií ako na obrázku 2.6. Platiaci hráč má na výber zo šesťdesiat hier a môžu mu byť spúšťané v desiatich špecializovaných plánoch. Každý plán je sústredený na zlepšovanie iných druhov schopností. Platiaci užívatelia taktiež môžu porovnávať svoje dosiahnuté výsledky z ostatnými konkrétnymi užívatelmi.



Obrázek 2.6: Ukážka užívateľského rozhrania aplikácie NeuroNation

Každý užívateľ má svoje skóre rozdelené podľa schopností a zobrazené v prehľadných grafoch v závislosti na čase. Po hraní konkrétnej hry je užívateľ s jeho skóre zaradený do tabuľky. Užívatelia teda môžu navzájom súperiť v skóre získanom z jednotlivých hier.



## Kapitola 3

# Návrh hier aplikácie

Táto práca sa zaoberá tvorbou aplikácie ktorá rozvíja logické a priestorové myslenie za použitia logických hier. Táto kapitola sa teda zaoberá výberom, tvorbou, úpravami a výslednou formou použitých logických hier. Popisuje spôsob, postup a dôvod výberu daných hier, ako aj postupovanie pri tvorbe niektorých hier.

Pri výbere bol ako prvý zvažovaný **počet hier** ktoré budú dostupné v aplikácii. Nie je žiadané, aby ich bolo príliš málo, a teda aplikácia by bola príliš ľahká a nezaujímavá pre užívateľa. Taktiež ich nemôže byť priveľa, keďže by hráč mohol byť odradený veľkým množstvom pravidiel, rozsiahlejším užívateľským rozhraním, alebo veľkosťou aplikácie. Ideálny počet bol zisťovaný od množných užívateľov aplikácie, následne boli odpovede spriemerované a dôkladne zvažované. Podľa užívateľov je ideálny počet aplikácii viac ako dve, ale zároveň menej ako päť. Počet hier bol teda stanovený na tri. Tri hry v aplikácii nie sú príliš málo a stále nechávajú priestor na možný budúci rozvoj aplikácie.

Následne bolo zhodnotené, že všetky hry by mali mať **jednotný motív**, na ktorý by si užívateľ mohol zmyknúť a nepotreboval sa zoznamovať s viacerými. Tieto hry musia rozvíjať aj priestorové myslenie, minimálne jedna hra teda musí byť v 3D priestore, kde sa táto zručnosť môže najlepšie trénovať. Keďže má byť použitý jednotný vzhľad hier a niektoré musia byť v 3D, bolo rozumné zvoliť všetky tri hry trojdimenzionálne.

Ak by **pravidlá hier** boli príliš komplikované na pochopenie, pre užívateľa je ľahšie vybrať si inú aplikáciu, ako vynakladať všetko úsilie na pochopenie pravidiel obtiažnejšej hry. Nie je však dobré ak sú hry príliš ľahké, nerozvíjajú teda myslenie hráča a výhra nie je pre hráča výzvou a teda ani neprináša uspokojenie. Hry teda musia mať dostatočne jednoduché pravidlá, ale zároveň byť dostatočne náročné. Z toho vyplýva, že hry musia mať dostatočne veľa možností, nastavení alebo volností, aby neboli pri každom hraní konštantne rovnaké. Musia mať teda nejakú mieru znovuhrateľnosti, aby sa k ním užívateľ vracal aj po tom čo raz zvíťazí.

Je potrebné vybrať **správne kritéria** pre tieto hry podľa hernej teórie. Hry môžu byť kooperatívne aj nekooperatívna, ale keďže chceme zaistiť aby mohol aplikáciu používať aj jeden užívateľ, je lepšie urobiť hry pre jedného hráča, alebo nekooperatívne, kde bude hrať proti vytvorenej umelej inteligencii. Nekooperatívne hry môžu byť taktiež ľahko prevedené aj na hry pre dvoch hráčov, čo podporuje ich znovuhrateľnosť. Vybrané hry by mali byť hry s nulovým súčtom, preto že pri takýchto hrách má hráč jednoznačný výsledok výhry alebo prehry. Taktiež väčšina hier s nenulovým súčtom má komplexnejšie pravidlá alebo herné mechaniky. Hry, ktoré nie sú sekvenčné často nezobrazujú ihneď ťah protivníka, alebo sú závislé na čase a hráč teda nemá možnosť porozmýšľať, čím si trénuje logické alebo priestorové myslenie, nad ďalším ťahom v hre. Hry, ktoré nie sú sekvenčné, taktiež často

nemôžu byť hrané dvoma hráčmi naraz na jednom počítači. Posledné z rozhodujúcich kritérií je úplnosť informácií v hre. Hry s neúplnými informáciami často záležia z časti na náhode, čo nie je v tomto prípade výhodné kvôli tomu, že zatiaľ neexistujú ľahšie implementovateľné algoritmy ktoré sú naozaj náhodné a taktiež nechceme, aby hráč spoliehal na šťastie, ale na svoju myseľ.

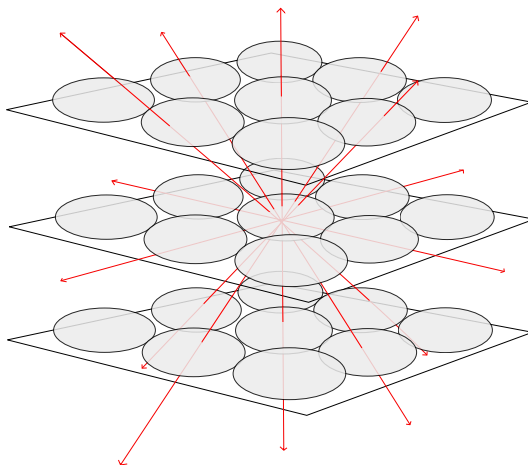
Hry, ktoré boli takto vybrané sú 3D piškôrky, ďalej spomínané ako 3D tic tac toe, nekonečné 3D piškôrky, ďalej spomínané ako Endless 3D tic tac toe a 3D znovuzostavovanie tvarov, ďalej ako 3D shape recreation. Tieto hry, ich úprava a tvorba, budú popísané v následných podkapitolách.

### 3.1 3D tic tac toe

Ako už bolo vyššie spomínané, 3D tic tac toe je hra piškôrky v 3D priestore. Táto hra bola vybraná kvôli jej jednoduchým pravidlám, ktoré sú popísané v podkapitole Hry 2.3, ako aj vďaka tomu, že je možné pri tejto hre meniť viacero nastavení a meniť tým hru v istých smeroch. To znamená, že pomocou zmeny nastavení hry, ako sú veľkosť hracieho pola, počet hráčov, dĺžka rady potrebnej na vyhratie, alebo v istých prípadoch obtiažnosť umelej inteligencie protihráča, sa hra dá konštantne obmieňať bez toho, aby sa zmenili hocikaké pravidlá alebo cieľ hry.

Táto hra je ideálna na precvičovanie priestorového myslenia, keďže je v 3D priestore. Avšak na rozvoj priestorového myslenia nestačí aby sa herná plocha nachádzala v 3D priestore. Táto hra podnecuje rozvoj tohoto myslenia tým, že hráč si musí vedieť predstaviť plochu a všetky smery v ktorých sa dá postaviť výherný rad, niektoré z týchto smerov sú zobrazené na obrázku 3.1. Z toho dôvodu ak nejaký vynechá, oponent môže zvíťaziť bez toho, aby si to hráč vôbec všimol. Hráč si musí vedieť robiť asociácie medzi telesami v priestore idúce po určitej priamke z toho dôvodu, že počas hry telesá nie sú nijako spojené ani vyznačené, okrem farby hráča. Toto precvičovanie je efektívnejšie pri väčších herných poliach, kedy sa hra stáva ťažšou a zahrňuje rozvoj schopností vizualizácie, vytvárania priestorových vzťahov a flexibilitu záveru, čo je popísané v kapitole o priestorovom myslení 2.2.

3D tic tac toe rovnako splňuje požiadavku na rozvoj logického myslenia tým, že hráč, ak chce vyhrať, je nútený premýšľať nad ťahmi jeho protivníka a logicky si spájať fakty, v tomto prípade protivníkov ťahy, aby zistil akým spôsobom chce jeho protivník vyhrať. Toto hráč potrebuje zistiť skôr ako sa jeho protivník dostane do štádia svojho plánu, kde nie je pre neho možné prehrať, čo v tomto prípade môže byť nepozorované rozmiestnenie dvoch radov kameňov tak, aby oba po vložení jedného kameňa mohli byť výherné. Hráč teda potrebuje predvídať kam si jeho súper potrebuje uložiť kamene pre to aby vyhral a zároveň, ktoré z týchto miest je najvýhodnejšie miesto pre umiestnenie hráčovho kameňa, pretože hráč nepotrebuje oponenta iba blokovať ale zároveň aj vyhrať. Týmto hráč precvičuje svoje schopnosti všeobecného sekvenčného uvažovania a indukcie popísaných v kapitole Logické myslenie 2.1.



Obrázek 3.1: Nákres 3D hracej plochy a sedem z trinásť rôznych smerov

Následne boli vybrané veľkosti polí, v ktorých bude možné hru hrať. Najpoužívanejšie veľkosti pola pre hru 3D tic tac toe sú 3x3x3, 4x4x4 a 5x5x5. Keďže pole 4x4x4 je už ťažšie vyhrať, hru bude možné hrať aj na poli 3x3x3 kde, aj keď výhra je triviálna, hráč zistí ako funguje ovládanie hry, nastavenia a zoznámi sa s hrou predtým ako si trúfne na ťažšie varianty. Prípadne, ak je hráč dieťa, alebo nemá dostatočne vyvinuté logické a priestorové myslenie na 3D tic tac toe na väčších poliach, namiesto toho aby bol odradený konštantnou prehrou, je mu poskytnutá veľkosť 3x3x3. Pre hru je výhodné zahrnutie veľkosti, ktorá sa v iných aplikáciách hrať nedá, alebo ktorá je možnosťou pre užívateľov ktorí majú myslenie dobré natoľko, že aj pole 5x5x5 je pre nich triviálne. Táto veľkosť by mohla byť 6x6x6 alebo 7x7x7, keďže polia ktoré sú väčšie ako tieto, už nie sú vôbec prehľadné a môžu byť náročnejšie pre počítač na spracovanie v 3D priestore. Z možných veľkostí polí, ktoré sú  $3^3, 4^3, 5^3, 6^3$  a  $7^3$ , boli vybrané veľkosti  $3^3$ ,  $5^3$  a  $7^3$  keďže ich základy sú nepárne a teda majú jednotný vzhľad a preto, že môžu byť jednoznačne označené ako ľahké, stredne ťažké a ťažké polia.

Výber počtu kameňov, ktoré budú potrebné v jednom rade na vyhratie hry, bol založený na tom, že pri poli 3x3x3 sa na iný počet kameňov ako tri nedá hrať a pri poli 5x5x5 je hra na tri alebo štyri kamene obtiažnosťou podobná hre na poli 3x3x3. Pre hru na poli 7x7x7 bolo však možné použiť päť, šesť alebo sedem kameňov keďže všetky zachovávajú obtiažnosť hry. Z nich boli vybrané dĺžky päť a sedem, dĺžka šesť bola vynechaná preto, že je príliš podobné obom a rozdiel v hrateľnosti by bol zanedbateľný.

## 3.2 Endless 3D tic tac toe

Endless 3D tic tac toe je unikátny mód hry, vymyslený pri tvorbe tejto práce. Hrá sa na rovnakom druhu plochy ako 3D tic tac toe a používajú sa rovnaké kamene. Tieto hry majú taktiež podobné pravidlá a to, že pri hre sa striedajú dvaja hráči, ktorí na plochu ukladajú kamene za účelom utvoriť z kameňov rad o určitej dĺžke. Pri Endless 3D tic tac toe sa však hra pri utvorení radu nekončí. Po utvorení radu, hráč, ktorý rad utvoril, dostane bod a tento rad z plochy zmizne. Keď daný rad zmizne, je na jeho mieste ponechaný prázdny priestor čo spôsobí, že všetky kamene nad týmto prázdny miestom padnú o jedu pozíciu nižšie. Tým sa zaplní prázdne miesto, ktoré je týmto spôsobom premiestnené vždy na vrch pola. Do prázdnych polí je znova možné vložiť kameň. Pri zmiznutí radu teda každý kameň

čo sa nachádzal v stĺpci nad týmto radom padne o úroveň nižšie a hra pokračuje, kým jeden z hráčov nezíska vopred stanovený výherný počet bodov.

Týmto spôsobom je hráčove priestorové myslenie trénované viac ako pri obyčajných 3D piškôrkach. Hráč si pri tejto hre musí vedieť predstaviť stav kameňov v priestore po tom, ako niektoré z kameňov padnú o úroveň nižšie, aby mohol postaviť svoje kamene tak, že budú vo vyhovujúcich pozíciách aj po tom, ako nastane pád. Je si treba predstaviť formáciu kameňov ktorá ešte nenastala a možno ju hráč predtým nikdy ani nevidel. Rovnako môžu nastať situácie, kde si hráč dokáže vybrať ktorý rad dokončí, a teda musí vedieť ktorá následná konfigurácia kameňov je pre neho výhodnejšia. Môže sa stať, že po padnutí jednej rady kameňov sa nimi utvorí ďalšia rada, ktorá rovno zmizne a padajú ďalšie kamene. Hráč si teda rozvíja okrem schopností vizualizácie, vytvárania priestorových vzťahov a flexibility záveru aj vizuálnu pamäť a zobrazovanie ktoré boli popísané v odstavci 2.2.

Logické myslenie sa pri tejto hre navyiac rozvíja pri rozmýšľaní kam uložiť kamene tak, aby keď hráčov protivník dokončí radu, po spadnutí kameňov bol stav hry viac prospešný hráčovi ako jeho protivníkovi. Tým, že táto hra končí až po dosiahnutí konkrétneho počtu bodov a nie po prvom utvorení rade, musí hráč premýšľať aj nad tým, či je výhodnejšie prenechať nepriateľovi jeden bod, ak môže hráč o dve kolá získať dva naraz, alebo nepriateľovi zabrániť vytvoriť rad preto, aby pomocou tohoto bodu nemohol ukončiť hru. Pri tejto hre si teda hráč rozvíja navyiac okrem všeobecného sekvenčného uvažovania a indukcií aj kvantitatívne uvažovanie z odsavca 2.1.

Na druhej strane chceme dať možnosť hráčom hrať hru ľubovoľne dlhú, preto je ponúknutá možnosť zvoliť si hru nekonečnú, ako aj meno Endless 3D tic tac toe (z angl. Nekonečné 3D piškôrky) naznačuje, kedy hráči hrajú kým sa nerozhodnú hru ukončiť a vyhráva ten s vyšším skóre.

### 3.3 3D shape recreation

Táto hra bola zvolená a navrhnutá zámerne preto, aby v nej nebolo naplno využívané logické myslenie a hráč si teda pri nej mohol odpočinúť. Bolo však potrebné zachovať ambíciu, že aplikácia musí rozvíjať myslenie. Hra teda okrem priestorového myslenia, ktoré je rozvíjané oveľa pasívnejšie ako to logické, rozvíja taktiež krátkodobú pamäť hráča. Aplikácia má týmto pádom širší záber v rozvoji mysle, avšak stále pritom zachováva aj rozvoj aspoň jedného z dvoch hlavných typov myslenia, ktorými sa má táto aplikácia zaoberať.

3D shape recreation alebo aj znovuzostavovanie 3D tvarov je hra pre jedného hráča, aby hráč nemusel v každej hre hrať proti inému hráčovi alebo umelej inteligencii. Hra spočíva v tom, že hráčovi je pred začatím hry ukázaná hracia doska v 3D priestore a je rovnaká ako pri 3D piškôrkach. V každom rohu tejto štvorcovej hracej plochy je kameň, pričom sa dvojice kameňov priamo nad sebou zhodujú vo farbe. Tieto štyri dvojice kameňov sú navzájom farebne odlišné a teda každá zvislá hrana štvorcovej hracej plochy má dva farebné kamene už pred začatím hry. Je potrebné aby si to hráč uvedomil, keďže následne sa na hracej ploche objaví navyše niekoľko nových kameňov, rôznych farieb, na náhodných miestach a je spustená časomiera.

**Úlohou hráča** je zapamätať si pozície novo zobrazených kameňov dovedy kým uplynie čas stanovený časomierou. Farebné kamene ukázané pred začiatkom hry teda slúžia na zistenie otočenia plochy pri zapamätávaní daných kameňov, keďže pri inak otočenej ploche by obrazec, ktorý si hráč pamätá, mohol byť v jeho mysli otočený o 90, 180 alebo 270 stupňov inak ako v realite. Po uplynutí časomieri ktorú má hráč na zapamätanie si kameňov, nové kamene znova zmiznú a na ploche ostanú iba kamene označujúce rohy. Hráčovi je v tom

momente spustená druhá časomiera, počas ktorej musí uložiť kamene ktoré si zapamätal na ich pôvodné pozície a v ich pôvodnej farbe. Ak sa mu to podarí a správne uloží posledný kameň, hra je ukončená a hráčovi, ktorý týmto pádom vyhral, je ukázaný čas ktorý mu zostával do skončenia časomieri, aby sa následne mohol zlepšiť. Ak hráč nevie uložiť kamene do správnej pozície podľa jeho pamäte a uplynie mu časomiera na tento úkon stanovená, hráč prehráva a je mu ukázané kde boli kamene pôvodne a kde ich položil on.

Pri znouzostavovaní 3D tvarov si hráč teda precvičuje priestorové myslenie vďaka tomu, že si musí pamätať kde v priestore boli uložené kmene ktoré zmyzli a musí vedieť s touto informáciou v priestore otáčať. Taktiež môže hráč použiť priestorové myslenie pri zapamätávaní si pozícií kameňov tak, že si zapamätá ich polohy podľa konkrétnych asociácií týchto kameňov s inými objektmi v danom priestore. Rozvíja si týmto schopnosti vytvárania priestorových vzťahov, vizuálnej pamäte, priestorového snímania a zobrazovania, ktoré bolo v tejto práci popísané v sekcii 2.2.

Ako z pravidiel vyplýva, hráč si taktiež pri hraní tejto hry rozvíja svoju krátkodobú pamäť tým, že si musí zapamätať kamene pri tom ako ich zostavuje na prázdnom hernom poli. Sťažuje to fakt, že hráč musí meniť farby kameňov a vkladať ich na ich pozície pričom musí udržať v pamäti konfiguráciu, ktorá mu bola ukázaná.

**Obtiažnosť** tejto hry je závislá na viacerých nastaveniach, a to konkrétne na počte náhodne generovaných kameňov, počte farieb generovaných pre dané kamene, veľkosti hracej plochy, dĺžke časomieri na zapamätanie si konfigurácie kameňov a na dĺžke časomieri na opätovné zostavenie tejto konfigurácie. Tieto nastavenia sú navzájom úzko závislé, pretože zmena už jedného z nastavení môže znamenať výrazný pokles alebo stúpnutie v obtiažnosti tejto hry. Obtiažnosť musí byť stanovená v úrovniach, aby si hráč mohol vybrať pri začatí hry a nemusel osobne nastavovať všetky vymenované nastavenia bez znalostí toho, aký veľký má ich zmena vplyv na reálnu obtiažnosť hry. Najideálnejšie veľkosti zmien obtiažnosti medzi úrovňami nastávajú ak sú zmenené iba dve až tri nastavenia, z toho dôvodu že pri zmene iba jedného nastavenia rozdiel nie je často postrehnuteľný a pri zmene štyroch alebo všetkých nastavení je rozdiel medzi úrovňami príliš veľký. Z toho dôvodu je taktiež z automatických nastavení vypustené nastavenie veľkosti pola a jeho výber je ponechaný na hráča. V nastaveniach je možný výber z veľkostí herného pola 3x3x3 alebo 5x5x5, keďže 7x7x7 bolo príliš veľké na to aby sa pri tomto móde hry dalo dobre využívať.

**Počet kameňov** ktoré sú vygenerované pri začiatku hry je konštantne zvyšovaný s úrovňou obtiažnosti, kde pri najnižšej obtiažnosti sú použité 3 kamene. Avšak napríklad na pole o veľkosti 3x3x3 môže byť vygenerovaných najviac 33 - 8 nových kameňov.

**Počet farieb**, v ktorých môže byť kameň vygenerovaný, sa zvyšuje s počtom vygenerovaných kameňov, ale na rozdiel od počtu kameňov, zvyšovanie počtu farieb zvyšuje obtiažnosť exponenciálne. Je teda potrebné ich počet obmedziť a zastaviť pri konkrétnej úrovni alebo zvýšenie tohoto počtu rozmiestniť niekoľko úrovní od seba.

**Veľkosť časomieri** na zapamätanie kameňov a časomieri na zostavenie kameňov sú nastavenia ktoré sú menené spoločne. Slovo „menené“ bolo použité namiesto slova „zvyšované“ alebo „znižované“ preto, lebo tieto dve nastavenia sú často používané na vyvažovanie úrovne obtiažnosti. Ak je teda počet kameňov a farieb príliš veľký skok v obtiažnosti, zvýšia sa aj veľkosti časomier aby hráč mal viac času na zapamätanie a rozpoznanie si na kamene. Naopak, ak je rozdiel v obtiažnostiach príliš malý, obe časomieri môžu byť skrátené, aby bol hráč nútený pozorovať kamene a ich farby presnejšie a rýchlejšie.

## Kapitola 4

# Návrh aplikácie

V nasledujúcej kapitole bude popísaný návrh aplikácie, jej prvkov a funkcionalít, ktorými sa zaoberá táto práca. Konkrétne bude popísaný návrh grafického užívateľského rozhrania, kameňov a hernej plochy použitej v hrách. Zarovň popíšeme návrh a použitie časticových efektov, prídavné funkcionality hier, ako tlačidlo „krok späť“, logiku použitú v hrách a umelú inteligenciu použitú ako súpera pri 3D tic tac toe a Endless 3D tic tac toe. Celá aplikácia je v anglickom jazyku.

### 4.1 Použité technológie

Pri tvorení aplikácie ktorú popisuje táto práca bolo medzi prvými krokmi potrebné vybrať si správny jazyk na programovanie. Na to je potrebné vedieť na akú platformu bude aplikácia cieľená, ako dobre sa dajú pomocou programovacieho jazyka používať knižnice a zdroje, ktoré budú pre tvorbu aplikácie potrebné a mieru znalosti jazyka autorom, aby nebola implementácia príliš časovo náročná. V aplikácii sa budú nachádzať hry v trojdimenzionálnom prostredí ktoré bude vytvorené za pomoci grafickej knižnice OpenGL a aplikácia bude cieľená na počítače s operačným systémom Windows.

Bol teda zvolený programovací jazyk C++, keďže veľká časť aplikácii a hier na operačnom systéme Windows je napísaná v tomto jazyku a taktiež má výbornú kompatibilitu s OpenGL knižnicou a jej nadstavbami.

Na tvorbu užívateľského rozhrania bola použitá knižnica Bloat-free Immediate Mode Graphical User interface for C++ with minimal dependencies, alebo skrátene ImGui. Ako môže z anglického názvu vyplývať, ImGui je nízko-náročná knižnica na tvorbu grafických rozhraní pre C++. Je ľahko použiteľná, rýchla, nie je závislá na externých knižniciach a vizuálnymi prvkami je úplne dostačujúca.

### 4.2 Návrh užívateľského rozhrania

Z aplikácii spomínaných v kapitole 2.5 o analýze existujúcich riešení sa dalo usúdiť, že aplikácie s jednoduchým užívateľským rozhraním sú populárnejšie ako ostatné. Pri návrhu grafického užívateľského rozhrania je teda dbané hlavne na jednoduchosť a zrozumiteľnosť rozhrania. Je potrebné umožniť aby sa hráč v čo najmenšom počte krokov dostal do požadovanej hry v aplikácii, načítal rozohranú hru, alebo sa dozvedel niečo o aplikácii a hrách v nej.

Keďže aplikácia bude používaná na počítačoch, okno v ktorom bude otváraná môže byť pomerne veľké. Nie je teda ideálne ak je pozadie zložené iba z jednej farby preto, že to pre užívateľa môže vyzeráť príliš nezaujímavo. Bolo teda zvažované použitie obrázku ako pozadie pre užívateľské rozhranie aplikácie, avšak mohli by nastať problémy s rozlíšením obrázku a taktiež s výberom tematicky vhodného obrázku. Nakoniec bol teda na pozadie užívateľského rozhrania pridaný hýbuci sa náhľad na hracie pole. Pri spustení aplikácie je teda hracie pole v pozadí prázdne, ale po odohraní aspoň jednej hry bude na pozadí rozloženie kameňov z poslednej hry ktorá bola hraná.

Prvky grafického užívateľského rozhrania nachádzajúce sa v tejto aplikácii sú taktiež prispôbené a zväčšovaniu obrazovky alebo okna aplikácie. Prvky sú vytvorené vo veľkých a prehľadných veľkostiach, aby boli ľahšie rozoznateľné aj pre starších, mladších, horšie vidiacich ľudí, alebo ľudí s menšími obrazovkami.

## Úvodná obrazovka

Zámerom pri vytvorení úvodnej obrazovky tejto aplikácie je ponechať jednoduchý design, a teda nemať na obrazovke veľa rôznych tlačidiel, prepínačov, textu, pohyblivých objektov alebo niečoho iného, čo by mohlo užívateľovi odvádzať pozornosť. Úvodná obrazovka sa skladá iba zo štyroch veľkých modrých tlačidiel, ktoré sú jemne priehľadné. Prvé a jediné, veľkosťou odlišné, tlačidlo je tlačidlo s nápisom „New Game“ alebo nová hra, ktoré užívateľa presmeruje na obrazovku výberu módov, ktoré je možné hrať, ako je ukázané na schéme v prílohe A.1. Následne sú od hora na dol tlačidlá „Mode Info“ kde sú podrobnejšie informácie o hrách ktoré sú v danom čase dostupné v aplikácii, „Load Game“ ktoré slúži na načítanie uloženej hry a „Exit“ ktoré ukončí aplikáciu.

## Obrazovka na výber módu

Po kliknutí na tlačidlo vytvorenia novej hry je teda užívateľ presunutý na obrazovku s výberom módov, kde každý z troch módov má krátky stručný popis a tlačidlo, ktorým sa dá presunúť na nastavenia konkrétnej hry. Na tejto obrazovke sa nachádza ukážka poľa v pozadí a taktiež aj tlačidlo, ktoré slúži na vrátenie sa späť do úvodného menu.

## Obrazovka nastavení oboch módov tic tac toe

Ako je možné vidieť na nákrese z prílohy A.1, kliknutím na tlačidlá „3D tic tac toe“ alebo „Endless 3D tic tac toe“ je možné sa dostať na obrazovky nastavení týchto hier ktoré sú takmer identické. Jediné v čom sa líšia je posuvný prvok, anglicky pomenovaný slider, ktorým je možné pri Endless 3D tic tac toe zvoliť si počet bodov ktoré musí hráč dosiahnuť aby vyhral. Je možné si zvoliť čísla od tri po šesťnásť, kde pri čísle šesťnásť je zvolené hranie na nekonečný počet bodov a ukáže sa to tak, že na tomto prvku je namiesto počtu bodov napísané „inf“ (z anglického infinity, znamenajúce nekonečno). Posuvník sa posúva logaritmicky a teda nižšie čísla sú zobrazené na väčšej časti slideru, keďže je rozdiel keď niekto hrá do troch bodov, alebo piatich, ale nie je veľký rozdiel keď niekto hrá do dvanásť alebo pätnásť bodov.

Okrem tohoto rozdielu je obrazovka na výber nastavení pre 3D tic tac toe a nekonečný mód rovnaké vo všetkých prvkoch aj ich umiestnení. Prvkami, vytvorenými pomocou knižnice Imgui, sa dajú zastavovať rôzne aspekty hier, ako veľkosť poľa alebo farba kameňov hráčov.



Na obrázku 4.1 v lavo hore je prvok na výber počtu hráčov. Tieto prvky sú takzvané radio button-y alebo rádiové tlačidlá, čo znamená, že v rovnakom čase nemôžu byť naraz stlačené dve tlačidlá. Ak užívateľ stlačí niektoré z tlačidiel, označí sa iba to jedno a ostatné sa odznačia. Hráč si týmito tlačidlami vyberie či chce hrať proti človeku a či sa budú pri ovládaní hry striedať, alebo bude hrať proti umelej inteligencii, zabudovanej v hre. Ak zvolí tlačidlo pre jedného hráča, objaví sa mu posuvný prvok kde si vyberie obtiažnosť umelej inteligencie protihráča. Na tomto „slidery“ si môže vybrať obtiažnosť od jedna po tri, čo determinuje umelú inteligenciu pri začiatku hry.

Pod výberom obtiažnosti sa nachádzajú tri ďalšie „radio“ tlačidlá, pomocou ktorých si t hráč môže vybrať veľkosť hracieho poľa. Ako bolo zdôvodnené, v 3.1 hráč si môže vybrať z veľkostí 3x3x3, 5x5x5 alebo 7x7x7, ktoré sa mu ihneď po zvolení ukazujú v ukážke na pozadí a môže teda lepšie zhodnotiť ktoré pole chce vybrať. Pri volení veľkosti hernej plochy sa taktiež menia tlačidlá na výber počtu bodov potrebných na výhru, ktoré boli taktiež definované v sekcii 3.1. Tieto tlačidlá ukazujú pri 3x3x3 hernom poli iba číslo tri, ktoré je už vopred vybrané, pri 5x5x5 číslo päť, aby hráč vedel koľko kameňov v rade potrebuje, avšak pri 7x7x7 dostane hráč na výber z dĺžok päť a sedem.

Oba módy majú taktiež prvky pre nastavenie farby kameňov hráčov, kde si každý hráč môže zvoliť z červenej, modrej, oranžovej a zelenej farby. Farby hráčov nemôžu byť rovnaké a pri výbere to taktiež nie je možné, keďže pri výbere rovnakých farieb sa jedna z farieb vždy zmení na inú. Tento výber bol vložený do dvoch takzvaných listbox-o, v čo sú farebne ohraničené prvky s horizontálnym listom možností, z ktorých sa dá kliknutím vybrať.

V pravom dolnom rohu obrazovky sa nachádzajú dve väčšie tlačidlá „Play“ a „Back“ ktoré v tomto poradí zapnú zvolený mód hry s danými nastaveniami, alebo vrátia užívateľa späť na obrazovku s výberom módov.



Obrázek 4.1: Uživatelské rozhranie pre obrazovku nastvení Endless 3D tic tac toe



## Obrazovka pri hraní oboch tic tac toe módov

Po kliknutí na tlačidlo začatia hry v nastaveniach pre 3D tic tac toe alebo Endless 3D tic tac toe sa objaví zvolené pole a naľavo od neho sa nachádza permanentne viditeľné menu s niekoľkými tlačidlami. Tlačidlá sú „Save Game“ na ukladanie rozohranej hry, „Surrender“ na vzdanie sa hry v prospech súpera, „Undo“ alebo krok späť ktorým hráč vráti ťah a „Back“, ktorým sa hráč vráti na úvodnú obrazovku.

Pri nekonečnom móde hry sa v pravom hornom rohu okna aplikácie nachádza počítadlo bodov pre oboch hráčov, ktoré zobrazuje aktuálne skóre.

## Obrazovka nastavení pre 3D shape recreation

Pri zvolení tretej možnosti na obrazovke, popísanej v odseku 4.2, je hráč presunutý na obrazovku s nastaveniami pre hru 3D shape recreation. Táto obrazovka je spravená veľmi jednoducho. Nachádza sa tu iba posuvník na vybratie obtiažnosti hry a rádio tlačidlá na výber veľkosti pola. Pri výbere obtiažnosti, spomínanej v 3.3, je možné si vybrať z jedenástich možných obtiažností, kde najnižšie číslo je najľahšia obtiažnosť. Obtiažnosti začínajú pri troch kameňoch jednej farby a následne sa po ďalšie dve obtiažnosti zvyšuje počet kameňov o jeden. Od obtiažnosti tri, sa následne počet kameňov zvyšuje každé dva stupne obtiažnosti. Počet farieb kameňov sa taktiež zvyšuje o jednu farbu každé dva stupne, avšak väčší počet farieb ako štyri nie je možný a od obtiažnosti 5 je konštantný počet farieb štyri. Dĺžka oboch časomier sa s rôznymi obtiažnosťami mení rôzne. V niekoľkých prípadoch sa pri zvýšení obtiažnosti o jeden stupeň k obom časomieram pridá päť sekúnd, inokedy sa päť sekúnd odoberie, alebo sa nemenia.

Taktiež sa tu nachádzajú veľké tlačidlá na začatie hry alebo návrat na obrazovku späť, ako aj tlačidlo ktoré užívateľa presunie na stránku, kde si môže zvoliť vlastné nastavenia hry a to konkrétne tak, že sa tu nachádzajú štyri posuvníky na výber počtu kameňov, farieb, dĺžky oboch časomier a veľkosť pola.

## Obrazovka pri hraní 3D shape recreation

Pri spustení hry 3D shape recreation sa na pravej časti okna vytvorí menu, kde sa nachádzajú štyri farebné tlačidlá bez textu. Stlačením týchto tlačidiel sa mení farba vkladaneho kameňa. Pod týmito tlačidlami sa nachádza o niečo menšie tlačidlo na zrušenie hry a návrat späť na úvodnú obrazovku.

## Obrazovka výhry a prehry

Po ukončení hry výhrou alebo prehrou, je hráč presunutý na obrazovku, ktorá mu pri módoch 3D tic tac toe a jeho nekonečnej variante zobrazí informáciu ktorý hráč vyhral prípadne skóre oboch hráčov. Pri výhre v konečnom móde sa v pozadí na hernej ploche zvýraznia kamene v rade ktorá vyhrala, pomocou časticových efektov.

Pri hre 3D shape recreation sa zobrazí či hráč vyhral alebo prehral a ak vyhral, tak sa zobrazí aj počet sekúnd a stotín, ktorý mu ostával do konca časomier.

Vo všetkých týchto oknách sa taktiež nachádzajú tlačidlá na opätovné spustenie danej hry, alebo na návrat na úvodnú obrazovku.

### 4.3 Návrh prvkov hier

Prvky ako kamene alebo plocha boli v tejto práci už popisované. Táto kapitola sa zaoberá výberom typov prvkov, ich designom ako aj návrhom ďalších prvkov, ktoré tvoria rozhranie hry. Taktiež popisuje ako a podľa čoho boli prvky rozmiestnené v 3D priestore.

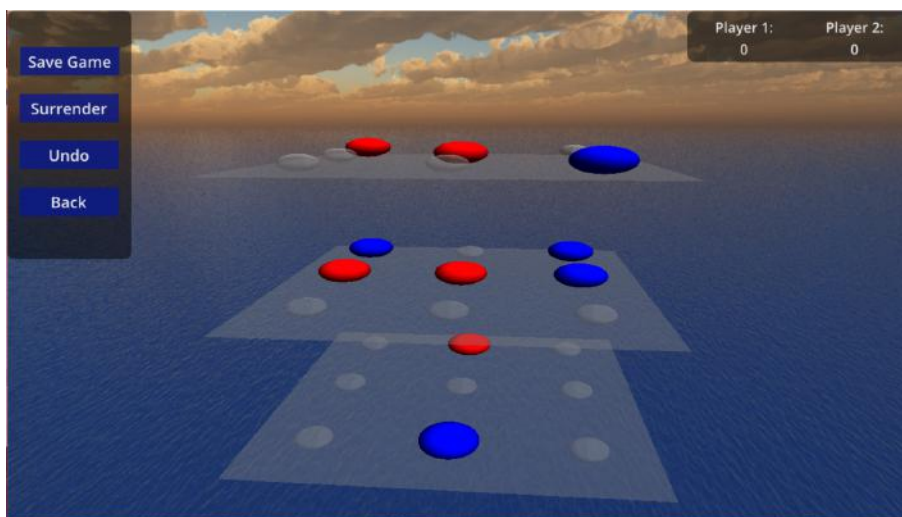
#### Hracie plochy

Každý mód hry obsiahnutý v aplikácii potrebuje mať nejaký druh hracej plochy. Aby si užívateľ nemusel zvykať na iný druh hracích plôch a teda sa dokázal rýchlejšie zoznámiť s každým módom hry, ten istý typ plochy je použitý vo všetkých zatiaľ implementovaných hrách.

Herné plochy sa vyskytujú, buď po troch, piatich, alebo siedmich, závisiac na nastavených rozmeroch herného pola pri zapnutí hry. Herné plochy boli pôvodne zamýšľané ako horizontálne štvorce jednej pevnej farby, avšak pri prvom odskúšaní bolo viditeľné, že nepriehľadné plochy nie sú vhodné. Ak hráč nevidí cez plochu, orientácia pri hraní je sťažená kvôli nemožnosti sa pozrieť na kamene na viacerých plochách naraz. Toto spôsobovalo, že ak chcel hráč vidieť diagonálu kameňov, musel stále pohybovať kamerou hore a dole alebo ju nastaviť tak, že túto diagonálu videl, ale nevidel ostatné. Z toho dôvodu boli zvolené priehľadné štvorcové plochy, ktoré sú šedej farby aby neboli rozptyľujúce a pripomínali sklo. Sú ukázané na obrázku 4.2.

Ďalším dôležitým faktorom je následná miera priehľadnosti plochy, na ktorej taktiež závisí dobrá orientácia pri hraní. Plochy musia byť dosť priehľadné na to, aby vložené kamene bolo vidieť aj cez všetky sedem plôch a zároveň dosť nepriehľadné na to, aby hráč jednoznačne plochu videl a vedel kde sú kamene oddelené. Z testovania najlepšie vyšla priehľadnosť 70%, pričom sú plochy implementované tak, že keď sa cez ne hráč pozerá sú menej priehľadné čím viac ich je za sebou a je teda dobre rozlíšiteľné kde sa prelínajú. Toto je možné vidieť medzi dvoma spodnými plochami na obrázku 4.2.

Hracie plochy sú vykresľované od zapnutia aplikácie až po jej ukončenie, kvôli čomu bola celá ich implementácia urobená pomocou „vertex“ a „fragment shaderu“, vďaka čomu je vykonávaná na grafickej karte.



Obrázek 4.2: Ukážka hracej plochy s rozohratou hrou Endless 3D tic tac toe

## Hracie kamene

Hracie kamene sú taktiež používané v každom móde hry nadchádzajúcom sa v aplikácii a sú teda podstatným prvkom celej aplikácie. Klasické piškôrky sú často hrané vkladáním krúžkov a krížikov čo však v 3D prevedení nie je najprívetivejšie a môže byť pri väčších množstvách kameňov nepriehladné. Bol teda zvolený typ kameňov, ktorý je používaný napríklad pri stolovej verzii hry Qubic alebo pri hre Go. Tento tvar, 3D ovál, ktorý má výšku menšiu ako je jeho šírka a dĺžka ktoré sú rovnaké, je ukázaný na obrázku 4.2.

Tento tvar kameňa bol vytvorený ako model pomocou programu Blender a následne exportovaný vo formáte FBX. Model kameňa môže byť v hre vložený v štyroch farbách, z ktorých si môže hráč vybrať ako bolo popísané v podkapitole 4.2 ako aj v podkapitole 3.3. Taktiež bolo pôvodne zamýšľané kameňom dať obrazové textúry aby pripomínali napríklad elementy.

Tieto kamene musí byť možné pri hre umiestniť do poľa tak, že budú v dostatočnej vzdialenosti od seba, aby boli všetky úrovne dobre viditeľné, ale zároveň nebudú v príliš veľkej vzdialenosti.

Hráč musí presne vedieť na aké miesta môže tieto kamene vložiť, keď je na ťahu. Miesta, ktoré sú voľné, boli pôvodne štvorce označené na hracej ploche, pričom však nebolo ideálne, že ich nie je možné vidieť vo vertikálnej rovine a pri pohľade zvrchu sa množstvo čiar zdalo chaotické. Na označenie voľných miest sú preto používané menšie a priehladné verzie hracích kameňov ktoré môžu byť na tieto miesta vložené. Tieto voľné miesta jemožné vidieť na obrázku 4.2.

## Časticové efekty

Časticové efekty sú v tejto aplikácii používané pri hrách 3D tic tac toe a Endless 3D tic tac toe, kde nie je vždy dobre rozoznatelné ktorý rad vyhral ak na to hráč nie je sústredený, alebo ho neutvoril on sám.

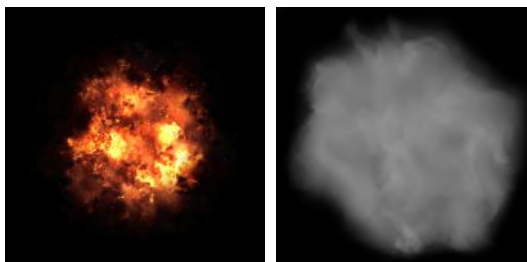
Pri klasickom 3D tic tac toe sú časticové efekty teda použité pri skončení hry na označenie výherného radu, ktorý je na rotujúcej ploche v pozadí výhernej obrazovky, až kým sa užívateľ nevráti na úvodnú obrazovku, alebo nespustí hru znova.

Podobne sú využité aj v nekonečnom móde hry, kde však hráč pri utvorení radu neukončí hru ale rad iba zmizne. Efekt je tam použitý na zvýraznenie zmiznutia radu, aby hráč vedel o tejto udalosti, ale je iba chvílkový a hneď zanikne, aby hráčovi neprekážal.

V týchto hrách sú zatiaľ implementované dva časticové efekty a to efekt ktorý napodobuje horenie ohňa a efekt vyparovania vody. Ak je efekt použitý na rad prvého hráča, tak sa spustí efekt vyparovania a ak na rad druhého hráča, tak efekt ohňa. Takto je jednoznačnejšie vidieť ktorý hráč radu utvoril a hra je vďaka tomu pesterjšia. Tieto časticové efekty sú vytvárané časticovými generátormi, ktoré sú vložené zvlášť pre každý predmet alebo pozíciu na ktorej má byť efekt vytvorený. Generátoru je priradená pozícia podľa pozície kameňa na ktorom má efekt nastať čím sú generátory rozmiestnené po ploche.

Generátor vytvára po jednom častice ktoré majú stanovený čas počas ktorého budú existovať, alebo sú zrušené pri dosiahnutí vopred zadaného limitu na množstvo častíc. Počas existencie častice sa spolu s odpočítavaním času ubera z alfa zložky jej farby, čo zaisťuje, že častica postupne bledne a mizne. Každá častica má taktiež nastavenú rýchlosť a smer ktorým sa bude po vytvorení pohybovať, čo znamená že pri každej periodicky nastávajúcej aktualizácii častíc je o zadanú veľkosť posunutá zadaným smerom. Pri týchto aktualizáciach sa taktiež mení spomínaná alfa zložka a takzvaná životnosť častice o vopred stanovené hodnoty.

Aby častice neboli iba konštantný prúd jedným smerom, je pri ich vytvorení každej častici pozmenené miesto na ktorom sa vytvorí, náhodným číslom zo stanoveného rozmedzia. To zaručuje, že častice sa budú vytvárať náhodne z určitej plochy a nie z jedného bodu. Taktiež je náhodným číslom ovplyvnený aj smer a rýchlosť každej častice, aby viac pripomínali reálne chovanie častíc, pričom ovplyvnenie nie je na tolko veľké aby mali častice radikálne iný smer ako bol stanovený. Týmto časticiam je nakoniec priradená textúra ukázaná na obrázku 4.3, ktorá je spracovaná tak, že sa jej čierne pozadie nezobrazuje, a na vytvorenej častici je viditeľný iba útvar v strede.



Obrázek 4.3: Textúry použité pri vytváraní časticových efektov

## Umelá inteligencia

Dve z troch hier v aplikácii ktorou sa zaoberá táto práca sú pre dvoch hráčov, čo znamená že je potrebné implementovať umelú inteligenciu, ako protivníka, aby mohol jeden užívateľ sám používať celú aplikáciu. Užívateľovi je teda následne ponúknutá možnosť vybrať si medzi hrou proti programom vytvorenému oponentovi, alebo proti reálnemu človeku, s ktorým sa však musí pri ovládaní aplikácie striedať.

Vývoj umelej inteligencie pre tieto hry nie je primárnym zameraním tejto práce, a preto boli implementované iba tri rôzne úrovne obtiažnosti umelej inteligencie z ktorých všetky sú programovo pomerne jednoduché. Keďže v oboch módoch hry 3D tic tac toe sa snaží hráč dosiahnuť ten istý cieľ, vytvorená umelá inteligencia sa dá bez zmien použiť v oboch módoch.

Najslabšia úroveň umelej inteligencie nie je nijako ovplyvnená tým čo robí hráč keďže vkladá kamene do hry náhodne a je teda úplne triviálna na porazenie.

Druhá úroveň umelej inteligencie už reaguje na ťahy hráča, a to tak, že ak je možné že hráč vyhrá ďalším ťahom, umelá inteligencia ho zablokuje. Je teda potrebné na porazenie vytvoriť viac ako jeden výherný rad aby hráč vyhral, pričom pri väčších herných plochách je to oveľa komplexnejšie.

Najsilnejšia umelá inteligencia navyše dokončuje svoje vlastné rady pri ťahoch kedy nie je potrebné blokovať hráča. Ak hráč hrajúci proti tejto úrovni na 3x3x3 hernej ploche nedá prvý kameň do stredu poľa, je jeho šanca na výhru drasticky znížená, lebo už pri treťom kole sa musí sústrediť na blokovanie umelej inteligencie, Napriek tomu má stále šancu vyhrať. Pri 3x3x3 hernom poli existuje triviálna výherná taktika, ktorá bola spomenutá v sekcii 2.3 a je ňou možné poraziť hociktorú úroveň umelej inteligencie. Pri poliach iných ako 3x3x3 nie je žiadna konkrétna výherná taktika a hra teda nie je úplne triviálna.

## Pozadie hier

Aby hry vyzerali prívetivejšie, a viac vzbudzovali dojem že sa nachádzajú v 3D priestore, bolo im pridané pozadie ktoré nebolo iba jednofarebné. Aktuálne pozadie je vidieť na ob-

rázku 4.2 Pred implementáciou tohto pozadia boli odskúšané viaceré pozadia. Pozadia, ktoré boli nevyhovujúce, boli často príliš tmavé, kvôli čomu neboli dobre viditeľné kamene a hracia plocha, alebo mali v sebe nakreslených príliš veľa rôznych objektov, čo taktiež spôsobovalo že plocha a kamene boli pri využití tohoto pozadia neprehľadné. Bolo teda zvolené pozadie, ktoré sa prevažne skladá iba z troch farieb, celá spodná polovica pozadia je jednej farby, bez objektov a vrchná zobrazuje do diaľky idúce oblaky na oblohe. Takéto pozadie navodzuje pocit, že priestor v ktorom sa hráč nachádza, je rozsiahly.

Pozadie bolo do hry implementované ako takzvaný „skybox“, čo je textúra alebo obraz často zložený zo šiestich menších obrazov. Tieto obrazy sú technikou nazývanou „cube mapping“, uložené do tvaru kocky tak, že pri pohľade z vnútra vytvárajú dojem väčšieho priestoru ako je reálne.

# Kapitola 5

## Implementácia

V tejto kapitole sú popísané niektoré implementačné detaily aplikácie, ako aj problémy ktoré sa počas implementácie vyskytli a ich následné riešenie. Budú popísané podstatnejšie alebo zaujímavejšie časti implementácie prvkov spomenutých v kapitole 4.

### 5.1 Implementovaná logika hier

Logikou hry sú v tomto prípade myslené potrebné pravidlá a mechaniky použité pre správnu funkčnosť hry. Logiku majú v tom prípade hry 3D tic tac toe a Endless 3D tic tac toe veľmi podobnú na rozdiel od 3D shape recreation hry. V nasledujúcich podkapitolách je logika hier v skratke popísaná.

#### 3D tic tac toe módy

Pri oboch 3D tic tac toe módoch bola všetka logika sústredená okolo vkladania kameňa do hry. Hráčovi bolo povolené kliknutím vložiť kameň iba na miesta kde ešte kameň nebol a pole bolo voľné. Po vložení kameňa na konkrétne miesto, boli preverené polia do všetkých trinástich možných smerov a bolo spočítané množstvo kameňov v každom z nich. Ak v jednom zo smerov bol počet kameňov, ktorý s týmto vložením splňoval výhernú podmienku, hra skončila alebo pri nekonečnom móde rad zmizol. Týmto algoritmom bolo vždy preverované iba pole na ktoré bol práve kameň vložený, aby sa zabránilo konštantnému preverovaniu hernej plochy v prípade ak sa na nej nič nezmenilo. Ak takto nebola zistená výhra, nastalo kolo druhého hráča a prípadne bola spustená nastavená umelá inteligencia, pri ktorej sa po vložení kameňa taktiež preverili pravidlá.

Pri Endless 3D tic tac toe mohla nastať situácia, kedy po zmiznutí rady kameňov, kamene ktoré padli na nové pozície tvorili ďalšiu radu, ktorá mohla zmiznúť. To bolo vyriešené tak, že každý kameň ktorý týmto spôsobom padol o pole nižšie, bol vložený do vektoru z ktorého boli, po skončení aktuálneho pádu, všetky kamene znova preverené algoritmom na zistenie zloženého radu. Ak sa našiel ďalší utvorený rad, pád a overenie sa znova zopakovalo.

#### 3D shape recreation

Pri implementácii tejto hry musel byť najprv správne zhotovený generátor kameňov, ktorý vytvorí pred každou hrou formáciu, ktorú si musí hráč zapamätať. Vkladanie kameňov bolo

spravené rovnako ako najľahšia umelá inteligencia pre 3D tic tac toe, popísaná v podkapitole 5.4, pričom boli podľa nastavení menené farby a množstvo kameňov.

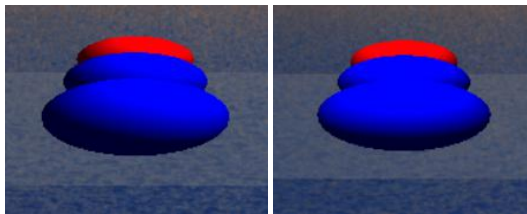
Taktiež museli byť nastavené oba časovače, kde pri prvom, hráčovi bolo dovolené ovládanie poľa, ale nemohol naň vkladať. Na začiatku druhého časovača, ktorý bol spustený po konci prvého, bolo pole vymazané a povolené vkladanie. Pomocou tlačidiel, na okraji okna, bolo nastavené menenie farieb kameňa ktorý bude vložený a opätovným kliknutím na vložený kameň bol odstránený.

Popis kameňov a ich farby, ktoré boli vygenerované, boli vložené do premennej a tá je konštantne porovnávaná s popisom poľa, ktoré hráč vytvára. V prípade, že sa polia zhodujú je hra ukončená a hráčovi je ukázané koľko času mu ostávalo do prehry.

## 5.2 Farby a osvetlenie hracích kameňov

Výzor hracích kameňov je pri hre dôležitý, keďže zlý výzor môže spôsobovať, že kamene nie sú dobre vidieť a hra je tým ťažšie hrateľná a menej prospešná ku vývoju priestorového myslenia. Textúra, osvetlenie a tvar, ktorý už bol popísaný v 4.3, sú najdôležitejšie časti výzoru pre dobrú viditeľnosť kameňa.

Pri osvetľovaní kameňov bolo použité Phongovo tieňovanie [10] s jedným zdrojom svetla, ktorý bol umiestnený vedľa plochy a vyššie ako je jej vrch, tak že tieň na kameni siaha skoro až po vrch daného modelu. Je to z toho dôvodu, že ak by bol zdroj svetla umiestnený napríklad presne nad hraciu plochu, každému kameňu by končil tieň presne v horizontálnom strede modelu a pri pohľade z boku by splývali. Pri aktuálnej pozícii zdroja svetla je pri pohľade zo strany viditeľný kontrast vo svetlosti farieb za sebou idúcich kameňov ako je ukázané na obrázku 5.1.



Obrázek 5.1: Ukážka porovnania rôznych pozícií zdroju svetla

Kamene boli odskúšané aj s textúrami, ako napríklad textúra vody alebo lávy, avšak tieto kamene sú podstatne neprehľadnejšie ako použité jednofarebné varianty. V tomto prípade je použitý matný povrch a menej saturované farby, ktoré sú navzájom od seba dostatočne odlišné. Tieto farby boli volené tak aby nespľývali v žiadnom uhle s pozadím.

## 5.3 Časticové efekty

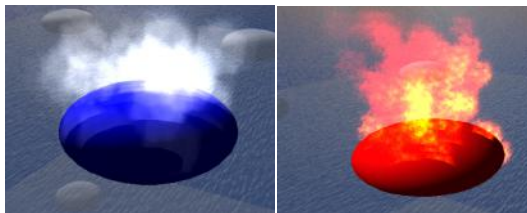
Časticové efekty boli zväčša popísané v podkapitole 4.3, kde bolo vysvetlené ako fungujú a ako sú rozmiestňované a využívané v aplikácii. Jedna častica vytvorená generátorom je však v tvare 2D štvorca a teda pri otočení kamerou môže úplne zmiznúť.

Toto bolo vyriešené technikou zvanou „billboarding“, kde každá častica reprezentovaná napríklad 2D štvorcem, nazývaná aj „billboard“, je konštantne otáčaná na smer užívateľovej kamery. Ak je častica vždy otočená na kameru používanú užívateľom, efekty vyzerajú 3D zo všetkých smerov. Otáčanie častíc bolo dosiahnuté tak, že jednotlivé častice boli generované



ako body a nie štvorce. Dané body boli následne pri každom vykreslení pomocou „geometry shaderu“ rozťahnuté na 2D štvorce vždy otočené smerom na kameru. Nie je teda potrebné všetky častice konštantne otáčať alebo ich robiť 3D.

Časticiam je po otočení a zväčšení následne pridaná textúra, ktorá však ako je možné vidieť na obrázku 4.3, je na čiernom pozadí. Táto častica je však vykreslená za použitia takzvaného „alphablendingu“, vďaka ktorému sa čierne pozadie častice vykresluje s nulovou zložkou alfa, čo znamená že je 100% priehľadné. Čím je časť obrázku tmavšia, tým je v konečnom dôsledku priehľadnejšia. Takto sa taktiež častice môžu prekryvať a v miestach kde ich je viac sú jasnejšie. Výsledné efekty sú ukázané na obrázku 5.2.



Obrázek 5.2: Ukážka časticových efektov v hre

## 5.4 Umelá inteligencia

Umelá inteligencia popísaná v kapitole 4.3 je pomerne ľahká na implementáciu, keďže pravidlá hier sú ľahké a táto práca nie je zameraná na vytvorenie komplexnejšieho protivníka.

Prvá úroveň umelej inteligencie je implementovaná jednoducho použitím generátoru náhodných čísel v rozmedzí veľkosti poľa. Ak je vygenerované číslo ktoré je v poli obsadené, vygeneruje sa ďalšie. Druhá úroveň, kde umelá inteligencia už aj blokuje hráčove ťahy, taktiež nie je implementačne obtiažna. V cykle sú prejdené všetky miesta hernej plochy a pri každom z nich je spustený algoritmus na zistenie potenciálnej výhry, popísaný v podkapitole 5.1, čím nájde voľné miesto ktoré by zakončovalo súperovu radu a vloží tam kameň. Ak sa takéto miesta na ploche nenachádzajú, použitím prvej umelej inteligencie vloží kameň na náhodné miesto.

Najťažšia úroveň umelej inteligencie vloží prvý kameň vždy do stredu hernej plochy, ak je miesto voľné. Následne má za prioritu rovnakým algoritmom ako používa nižší stupeň inteligencie, preveriť celé pole. Najprv preverí svoje kamene, aby bolo zistené či môže niekde ukončiť radu. Ak nemôže dokončiť svoju radu, rovnako ako druhá úroveň inteligencie, zablokuje súperu, alebo vloží kameň na náhodné miesto.

## 5.5 Ovládanie

Aplikácia sa celá ovládaná len za použitia počítačovej myši, ktorou je možné voliť všetky nastavenia v grafickom užívateľskom rozhraní, alebo hrať konkrétne hry.

Pri hraní hier je použitá klasická orbitálna kamera, ktorou sa vie hráč točiť v rovine x a nakláňať v rovine y, podržaním ľavého alebo pravého tlačidla myši a pohybovaním myšou po obrazovke. Hráč môže taktiež krútením kolieska myši približovať a oddiaľovať plochu, pričom jeho stlačením môže celou plochou pohybovať.



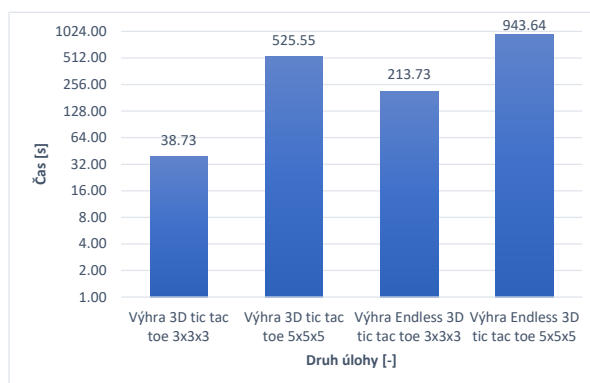
## Kapitola 6

# Testovanie a vyhodnotenie

Táto kapitola sa zaoberá testovaním aplikácie so zameraním na zlepšenie logického a hlavne priestorového myslenia. Nebol však nájdený žiadny test, ktorý by dobre zhodnotil celkovú úroveň ľudského priestorového myslenia. Väčšina testov je zameraných na konkrétne schopnosti vymenované v podkapitole 2.2. Zlepšenie myslenia testovaných užívateľov bolo teda zhodnocované na základe ich zlepšenia sa v hraní hier, ktoré sú súčasťou aplikácie. Toto zlepšenie bolo zisťované na základe času za ktorý dokázali užívatelia vyhrať hru, konkrétnej obtiažnosti, alebo pri akej najvyššej obtiažnosti dokázali hru vyhrať.

### 6.1 Počiatkové testovanie

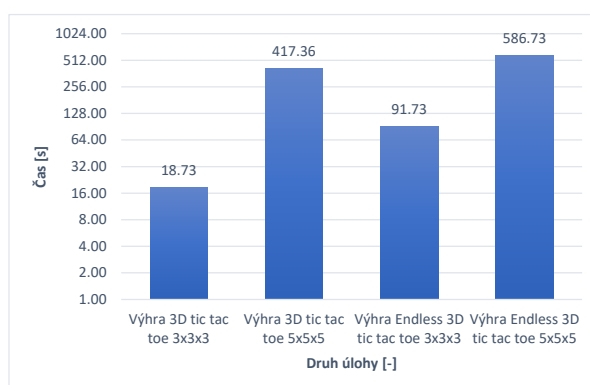
Testovanie prebiehalo na desiatich užívateľoch rôznych vekových kategórii, ktorým bola najprv predvedená aplikácia a jej ovládanie a následne boli požiadaní o to, aby vyhrali hry 3D tic tac toe na poliach 3x3x3 a 5x5x5 ako aj Endless 3D tic tac toe na rovnakých poliach. Pri týchto hrách boli zaznamenávané ich časy, pričom použité boli iba časy prvých výhier a nie prehíer. Pri hre 3D shape recreation bolo zisťované po ktorú úroveň sa užívatelia dokážu dostať bez prehrania hry. Výsledné časy užívateľov pri každej úlohe boli spriemerované a vložené do prehľadného grafu 6.1. Pri hre 3D shape recreation dosiahli hráči rôzne úrovne od nula po päť pričom najčastejšie boli úrovne dva a tri. Ako posledné bolo od užívateľov vyžadované aby stručne popísali ich prvotný pocit z obtiažnosti hry. Z odpovedí vyplynulo, že sa užívatelia nevedeli konštantne sústrediť na všetky smery v ktorých sa dá hrať, alebo ukladali kamene na zlé polia, lebo mali skreslenú predstavu o tom cez ktoré kamene pôjde ich rad.



Obrázek 6.1: Graf časov nameraných pri počiatocnom testovaní

## 6.2 Konečné testovanie

Po počiatocnom testovaní bolo po dobu desiatich dní užívateľom ponechaná aplikácia, aby ju mohli denne používať. Po uplynutí tohoto času boli znova zmerané ich časy v rovnakých oblastiach, ako aj zmeraná úroveň po ktorú sa dostali pri 3D shape recreation. Tieto dáta boli na porovnanie taktiež sprimerované a vložené do rovnakého typu grafu 6.2. Pri hre 3D shape recreation užívatelia dosahovali úrovne od štyri po sedem pričom najčastejšie boli päť a šesť. Pri konečnom popise obtiažnosti užívatelia zhodnotili, že sa po desiatich dňoch oveľa lepšie orientujú v priestore a dokážu si ľahšie všímať a predstaviť kadiaľ pôjde, alebo môže ísť rad kameňov. Taktiež popisovali, že sa im ľahšie pamätajú rozporenia kameňov v priestore a vedia s nimi podľa potreby lepšie manipulovať.



Obrázek 6.2: Graf časov nameraných pri konečnom testovaní

### 6.3 Vyhodnotenie

Ako je možné vidieť na grafoch 6.1 a 6.2 priemerný čas, za ktorý užívatelia dokážu vyhrať konkrétnu hru sa znížil, pričom testujúci užívatelia popisovali, že je hra a orientácia v nej po niekoľkých dňoch podstatne jednoduchšia. Taktiež sa zvýšila úroveň obtiažnosti, ktorú dokázali dosiahnuť v hre 3D shape recreation.

Tieto výsledky môžeme, v rámci našich možností, považovať za zlepšenie priestorového a popríklad logického myslenia u testujúcich užívateľov, aj keď výsledky nie sú založené na potvrdenej metóde testovania myslenia. Na presnejšie výsledky zlepšenia myslenia pomocou tejto aplikácie by bola potrebná väčšia skupina testovaných užívateľov, viac času na používanie aplikácie a presnejšiu metódu testovania a vyhodnotenia výsledkov testovania priestorového myslenia človeka.

# Kapitola 7

## Možnosti rozšírenia

Aplikácia, tvorbou ktorej sa zaoberá táto práca, je celistvá, samostatne funkčná a pútavá, avšak je veľa možností ktorými by sa dala rozšíriť a zlepšiť. Tieto možnosti nebolo možné implementovať vzhľadom k rozsahu tejto práce a stanovenému času. Je však možné aplikáciu rozšíriť v budúcnosti, či už pri diplomovej práci alebo vo voľnom čase o viaceré z následne vymenovaných možností.

### 7.1 Možnosti celkového rozšírenia

Následne budú vymenované a popísané príklady možností následného rozšírenia celkovej aplikácie a hier, ktoré sú v nej už implementované. Medzi hlavné z nich patria:

- **Pridanie tematických možností aplikácie**, čo by zahŕňalo vyriešenie problému s neprehľadnosťou textúr, následné pridanie viacerých možných tematických textúr a prípadne aj pozadí v hrách, z ktorých si môže hráč vyberať. Pridalo by to aplikácii na zaujímavosti a prípadne aj znovuhrateľnosti.
- **Vytvorenie obtiažnejšej umelej inteligencie** aby si hráč mohol zvyšovať úroveň na ktorej dokáže hrať a tým si mohol zlepšovať logické a priestorové myslenie nad úroveň akú dovoľuje aplikácia momentálne.
- **Pridanie možnosti hry po sieti** pomocou ktorej by sa vedeli spojiť hráči a hrať hry z rôznych zariadení spoločne. Týmto by mohlo byť prilákaných viacero užívateľov, ktorí sa nemajú možnosť zísť aby hrali aplikáciu pri jednom zariadení.
- **Viac aplikáciu gamifikovať** aby hráči mali väčšiu motiváciu zlepšovať svoje myslenie a opätovne sa k aplikácii vrátiť. Riešenie by mohlo byť na spôsob získavania úrovní v schopnostiach, čím by sa odomykali ťažšie úrovne hier, podobne ako v hrách Peak a Elevate popísaných v podkapitole 2.5.
- **Rozšíriť aplikáciu na viac platforiem** ako sú napríklad mobilné zariadenia z systémami IOS, Android alebo Windows mobile kde by užívateľom bola aplikácia dostupnejšia a prenosnejšia. Taktiež je o hry na mobilných zariadeniach v posledných rokoch širší záujem.
- **Implementovať aplikáciu vo virtuálnej realite** kde by sa hráči mohli okolo herných polí pohybovať a vkladať tam kamene ako v reálnom svete. Pohybovanie a vkladanie by bolo teda zaujímavejšie a intuitívnejšie.

## 7.2 Možnosti pridania hier

V aplikácii môže byť implementovaný väčší výber hier ako sa tam momentálne nachádza, avšak mali by zachovať štýl v ktorom sú robené existujúce aplikácie, rozvíjali myslenie a mali ľahké pravidlá s nastaviteľnou obťažnosťou hrania. Niektoré príklady takýchto hier sú:

- **Neviditeľné 3D tic tac toe** ktoré by mohlo byť vytvorené aj ako nekonečná verzia tejto hry. Pri hre by sa po vložení kameň zneviditeľnil a hráč by videl iba voľné miesta kam môže vkladať. Musel by si tým pádom pamätať ktoré miesta na ploche obsahujú jeho kamene a ktoré obsahujú súperove, čím by si navyiac k mysleniu vedel zlepšovať aj pamäť.
- **Časovo obmedzené 3D tic tac toe** kde by sa k výhre rátal aj čas ktorý strávili hráči rozmýšlaním počas svojho kola, alebo by bol stanovený obmedzený čas na ťah, ktorý ak by hráčovi vypršal strácal by bod, strácal by ťah alebo by prehral hru. Týmto by si hráči trénovali rýchlosť myslenia.
- **Endless 3D shape tic tac toe** kde by hráči namiesto rovných radov a kameňov vytvárali útvary ktoré by im boli zadané. Tieto útvary by mohli byť konštantné počas celej hry alebo by po ich urobení mohli zmiznúť a byť nahradené inými. Tieto tvary by mohli byť zobrazené na boku obrazovky a počet bodov za ich vytvorenie by závisel od ich veľkosti.
- **Rôzne modeli tvarov v 3D shape recreation** by mohli prispieť k rôznorodosti a následnej vyššej obtiažnosti tým, že by hráč nemusel rozmýšľať iba nad farbou kameňa ale aj jeho tvarom. Mohli by tam byť pridané tvary ako pyramída, kužel alebo kocka.

# Kapitola 8

## Záver

Cieľom tejto práce bolo vytvoriť aplikáciu, ktorá by obsahovala jednu alebo viac logických hier, hraním ktorých je možné si zlepšiť priestorové myslenie. Táto aplikácia bola vytvorená v jazyku C++ za použitia grafickej knižnice OpenGL a knižnice Imgui na tvorbu grafického rozhrania.

Ako prvá bola preštudovaná teória ohľadom priestorového myslenia, logického myslenia, hrách a vplyvu hier na rozvoj myslenia. Podľa základov z tejto teórie boli zvolené hry 3D tic tac toe, Endless 3D tic tac toe a 3D shape recreation, všetky zamerané na rozvoj priestorového myslenia. K týmto hrám boli implementované potrebné pravidlá, umelá inteligencia a časticové efekty. Pre jednoduché spustenie a nastavenie hier bolo za použitia knižnice Imgui implementované grafické užívateľské rozhranie.

Po dokončení aplikácie bol otestovaný jej vplyv na rozvoj priestorového myslenia na užívateľoch. Užívateľom sa, po uplynutí stanoveného času, zlepšila orientácie v 3D priestore hier a pozorovanie smerov v priestore. Táto aplikácia je ľahko rozširiteľná o prvky ako hra po sieti alebo rôzne ďalšie logické hry.

# Literatura

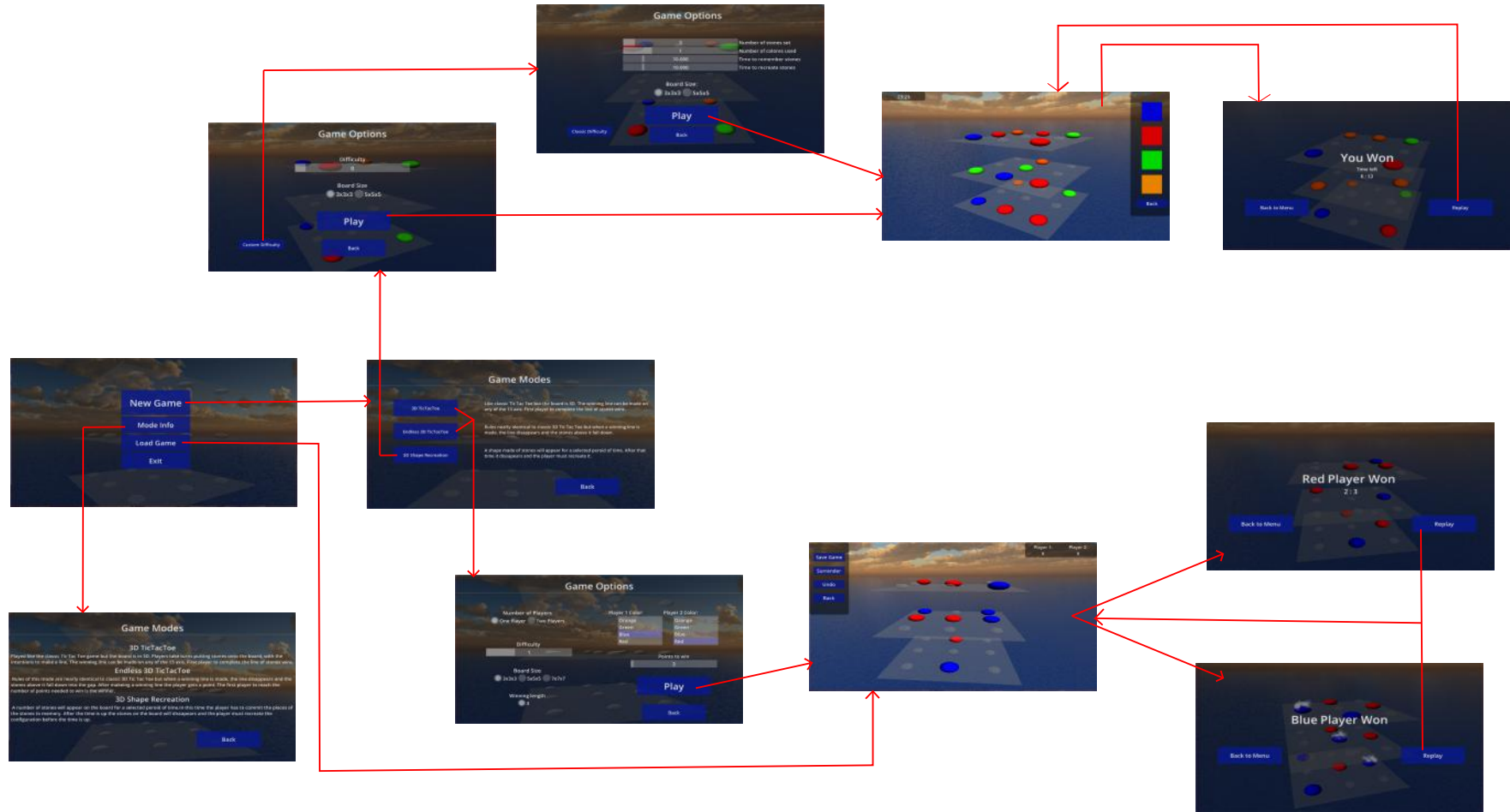
- [1] *Collins English dictionary*. 2014, HarperCollins, 12 vydání, 2014.  
URL <http://www.thefreedictionary.com>
- [2] Beck, J.: *Combinatorial Games: Tic-Tac-Toe Theory*. Encyclopedia of Mathematics and, Cambridge University Press, 2008, ISBN 9780521461009.  
URL [https://books.google.cz/books?id=AU4dh\\_eKNfkC](https://books.google.cz/books?id=AU4dh_eKNfkC)
- [3] Boot, W.; Blakely, D.; Simons, D.: Do Action Video Games Improve Perception and Cognition? *Frontiers in Psychology*, ročník 2, 2011: str. 226, ISSN 1664-1078, doi:10.3389/fpsyg.2011.00226.  
URL <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2011.00226>
- [4] Boot, W. R.; Kramer, A. F.; Simons, D. J.; aj.: The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, ročník 129, č. 3, 2008: s. 387 – 398, ISSN 0001-6918, doi:http://doi.org/10.1016/j.actpsy.2008.09.005.  
URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001691808001200>
- [5] Clark, K.; Fleck, M. S.; Mitroff, S. R.: Enhanced change detection performance reveals improved strategy use in avid action video game players. *Acta Psychologica*, ročník 136, č. 1, 2011: s. 67 – 72, ISSN 0001-6918, doi:http://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.10.003.  
URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001691810002015>
- [6] Davidson, H.: *A Short History of Chess*. Crown/Archetype, 2012, ISBN 9780307828293.  
URL <https://books.google.cz/books?id=PQBpr6KAdHkC>
- [7] Donohue, S. E.; Woldorff, M. G.; Mitroff, S. R.: Video game players show more precise multisensory temporal processing abilities. *Attention, Perception, & Psychophysics*, ročník 72, č. 4, 2010: str. 1120–1129, doi:10.3758/app.72.4.1120.
- [8] Gardner, H.: *Multiple Intelligences: New Horizons in Theory and Practice*. Basic Books, 2006, ISBN 9780465047680.  
URL <https://books.google.cz/books?id=qEEC8lyAwWoC>
- [9] McGrew, K. S.: CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. 2009.
- [10] Phong, B. T.: *Illumination for Computer-generated Images*. Dizertační práce, 1973, aAI7402100.

# Přílohy



## Příloha A

# Schéma návaznosti grafického rozhrania



## Příloha B

# Obsah CD

Priložené CD obsahuje:

- src - zdrojové súbory programu
- 3DTicTacToe - spustiteľná verzia aplikácie
- Bakalarska praca.pdf - elektronická verzia tejto technickej správy
- src praca - zdrojové súbory technickej správy
- video - prezentačné video aplikácie