

Střední průmyslová škola Třebíč

Maturitní práce

Piškvorky

Profilová část maturitní zkoušky

Studijní obor: Informační technologie

Třída: ITA4

Školní rok: 2024/2025 Jakub Libor Fejta

Zadání práce

ABSTRAKT

Tématem maturitní práce je zpracování klasické hry „Piškvorky“ do digitální formy. Cíl práce je vytvořit funkční desktopovou aplikaci s možností hry jednoho hráče proti počítači nebo dvou hráčů proti sobě. Hra bude zároveň obsahovat nastavení různých herních parametrů (velikost hrací plochy, počet symbolů pro výhru a další).

KLÍČOVÁ SLOVA

maturitní práce, piškvorky, hra, C#, .NET, GitHub

ABSTRACT

The topic of the graduation thesis is to digitalize the classic game „Piškvorky “(Five in a Row). This work aims to create a functional desktop application with the option of one player playing against a computer or two players playing against each other. The game will also include the settings of different parameters in the application (game board size, number of symbols to win etc.).

KEYWORDS

graduation thesis, five in a row, game, C#, .NET, GitHub

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Mgr. Andreje Odehnalové za cenné připomínky a rady, které mi poskytla při vypracování maturitní práce.

V Třebíči dne 27. března 2025 podpis autora

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval/a samostatně a uvedl/a v ní všechny prameny, literaturu a ostatní zdroje, které jsem použil/a.

V Třebíči dne 27. března 2025

podpis autora

Obsah

[Úvod 7](#_Toc193563543)

[1 Teoretická část 8](#_Toc193563544)

[1.1 Programovací jazyk C# 8](#_Toc193563545)

[1.2 Microsoft Visual Studio 8](#_Toc193563546)

[1.3 GitHub 9](#_Toc193563547)

[1.4 .NET Framework 9](#_Toc193563548)

[1.5 Piškvorky 10](#_Toc193563549)

[1.6 Gomoku 10](#_Toc193563550)

[1.7 Umělá inteligence 10](#_Toc193563551)

[1.7.1 Pravidlově založená AI 11](#_Toc193563552)

[1.7.2 Strojové učení (Machine Learning) 11](#_Toc193563553)

[1.7.3 Hluboké učení (Deep Learning) 11](#_Toc193563554)

[1.7.4 Evoluční algoritmy 11](#_Toc193563555)

[1.7.5 Hybridní systémy 12](#_Toc193563556)

[1.7.6 Umělá inteligence v hrách se zaměřením na logické hry 12](#_Toc193563557)

[1.8 Historie logických her 13](#_Toc193563558)

[1.9 Dopad logických her na přemýšlení 14](#_Toc193563559)

[2 Praktická část 16](#_Toc193563560)

[2.1 Vytvoření projektu 16](#_Toc193563561)

[2.1 Hrací plocha 17](#_Toc193563562)

[2.1.1 Responzivita 17](#_Toc193563563)

[2.2 Hrací symboly 18](#_Toc193563564)

[2.3 Konec hry 18](#_Toc193563565)

[2.3.1 Délka výherní řady 19](#_Toc193563566)

[2.4 Umělá inteligence 20](#_Toc193563567)

[2.4.1 Lehká obtížnost 20](#_Toc193563568)

[2.4.2 Střední obtížnost 21](#_Toc193563569)

[2.4.3 Těžká obtížnost 21](#_Toc193563570)

[2.5 Nastavení 21](#_Toc193563571)

[2.6 Historie nejlepších 22](#_Toc193563572)

[2.7 Uložení a nahrání hry 22](#_Toc193563573)

[2.8 Demo 23](#_Toc193563574)

[Závěr 25](#_Toc193563575)

[Seznam použitých zdrojů 26](#_Toc193563576)

[Seznam použitých symbolů a zkratek 28](#_Toc193563577)

[Seznam obrázků 29](#_Toc193563578)

[Seznam tabulek 30](#_Toc193563579)

[Seznam příloh 31](#_Toc193563580)

Úvod

Již dlouhodobě trávím svůj volný čas hraním hry Piškvorky, což zahrnuje i účast na různých turnajích. Byl jsem dokonce 5.nejlepší v kategorii jednotlivců soutěže pIsQworky 2023 i pIsQworky 2024 a nejlepší junior a nováček v turnaji Brnocup 2024. Už delší dobu jsem přemýšlel o vytvoření vlastní platformy, takže když jsem viděl maturitní téma „Piškvorky“ jako projekt v C#, rozhodl jsem se tento nápad realizovat.

Cílem projektu je vytvořit platformu pro hraní populární hry „Piškvorky“ v digitální formě. Jedná se o logickou hru, která se hraje typicky ve dvou hráčích na čtverečkovaném papíru. Ve světě je hra známá pod názvem „Gomoku“ a hraje se na dřevěné desce s černými a bílými kameny. Hra má jediný cíl, tím je vytvořit nepřerušenou řadu 5 symbolů (5 a více u Piškvorek a tedy i v aplikaci).

V platformě jde počet symbolů pro výhru změnit, stejně tak velikost hracího pole nebo i hrací symboly. Platforma obsahuje hru pro dva hráče na jednom zařízení nebo hru pro jednoho hráče proti počítači.

# Teoretická část

Práce se zabývá přetvořením hry Piškvorky do digitální formy. Používá programovací jazyk C#. Celý projekt je tvořen v prostředí Microsoft Visual Studiu. Projekt byl vytvořen ve frameworku .NET. Pro zálohování projektu a správu verzí se využívá GitHub.

## Programovací jazyk C#

*„Jazyk C# je nejoblíbenějším jazykem pro platformu .NET, bezplatné, multiplatformní open-sourcové vývojové prostředí. Programy jazyka C# se můžou spouštět na mnoha různých zařízeních, od zařízení Internetu věcí (IoT) až po cloud a všude mezi sebou. Můžete psát aplikace pro telefony, stolní počítače a přenosné počítače a servery.“* [1]

Je to moderní objektově orientovaný programovací jazyk vyvinutý společností Microsoft jako součást platformy .NET. Navazuje na jazyky C a C++, ale přidává vyšší úroveň abstrakce a bezpečnost, spolu s velkým množstvím knihoven, díky čemuž je pátý nejoblíbenější programovací jazyk na světě.[2] C# je multiparadigmatický jazyk, což znamená, že podporuje imperativní, funkcionální, deklarativní a objektově orientované programování.[3] To zaručuje flexibilitu při řešení všech různých problémů.

Jazyk je navržený s důrazem na silnou typovou bezpečností. To znamená že veškeré proměnné a výrazy musí mít definovaný datový typ, což minimalizuje chyby způsobené nesprávným typovým převodem. Navíc díky implementaci garbage collectoru (GC) C# automaticky spravuje paměť, což zvyšuje stabilitu a výkon aplikací a ulehčuje práci vývojářům. Mezi hlavní výhody C# patří jeho rozsáhlá standardní knihovna a možnost snadné integrace s technologiemi Microsoftu, jako jsou Windows, Azure a další.[4]

C# nachází uplatnění v široké škále aplikací – od desktopových a webových řešení po herní vývoj, například prostřednictvím nástroje Unity. Díky své univerzálnosti a snadné čitelnosti je ideálním jazykem jak pro začátečníky, tak pro pokročilé vývojáře.

## Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio je moderní a výkonné integrované vývojové prostředí (IDE), které vývojářům umožňuje vytvářet různé typy aplikací – od desktopových přes webové až po mobilní nebo cloudové. Toto prostředí je navrženo tak, aby bylo flexibilní a efektivní při práci na projektech jakékoliv velikosti. Podporuje širokou škálu programovacích jazyků, zejména C#, C++, Python a další, a integruje pokročilé nástroje pro ladění, testování, správu verzí i nasazování aplikací.

Visual Studio klade důraz na produktivitu vývojářů – obsahuje funkce jako IntelliSense pro rychlé doplňování kódu a IntelliCode, které využívá umělou inteligenci ke zlepšování návrhů kódu na základě předchozích zkušeností. Pro týmy vývojářů nabízí možnosti spolupráce v reálném čase a integraci s platformami jako GitHub a Azure. Kromě toho podporuje i vývoj multiplatformních aplikací prostřednictvím .NET MAUI či webových aplikací pomocí Blazoru. [5][6]

Tyto funkce dělají z Visual Studia jedno z nejrozšířenějších prostředí, které používají pokročilý vývojáři, ale zároveň je ideální i pro studenty a začínající vývojáře.

## GitHub

GitHub je hlavní cloud-based platforma pro správu verzí a týmovou spolupráci, která staví na populárním verzovacím systému Git. Umožňuje vývojářům sledovat změny v kódu, spolupracovat na projektech a snadno spravovat různé verze aplikací. GitHub poskytuje uživatelům možnost vytvářet veřejné i soukromé repozitáře, což ho činí ideálním nástrojem pro open-source projekty i firemní vývoj.[7]

Jednou z nejužitečnějších funkcí platformy je větvení projektu. Každý projekt má hlavní větev, ze které mohou vycházet jiné větve. Ty umožňuje platforma pomocí pull requestů snadno integrovat do hlavní větve projektu, a to schválením vedlejší větve autorem projektu. Další funkcí je GitHub Actions, které podporují automatizaci procesů, jako je testování a nasazení aplikací. GitHub také funguje jako sociální síť pro vývojáře, kde mohou sdílet své projekty, sledovat ostatní programátory a inspirovat se jejich prací.

## .NET Framework

.NET Framework je softwarová platforma od společnosti Microsoft, která umožňuje vývoj aplikací na Windows. Obsahuje bohatou knihovnu tříd, které poskytují předdefinované funkce pro širokou škálu úkolů, jako je práce s databázemi, grafickým uživatelským rozhraním, sítěmi a dalšími.

Jednou z hlavních výhod .NET Frameworku je jeho modulární architektura a podpora více programovacích jazyků, jako jsou C#, VB.NET a F#. Framework zahrnuje Common Language Runtime (CLR), což je runtime prostředí, které spravuje běh aplikací, uvolňování paměti a bezpečnost. [8]

## Piškvorky

Hra „Piškvorky“ je klasická hra hraná dvěma hráči typicky na list čtverečkovaného papíru. Hráči se střídají v zakreslování symbolů do políček na papíru, přičemž cílem hry je jako první mít nepřerušenou řadu pěti nebo více symbolů, a to diagonálně, horizontálně či vertikálně.

Hra je v České republice velmi známá a typicky hrána studenty ve škole, často i v době vyučování. Z tohoto vznikla česká soutěž v piškvorkách nesoucí název „pIsQworky“ pořádaná pod spolkem Student Cyber Games. Jedná se o Mistrovství škol v České republice a na Slovensku. Soutěž se dělí na okresní, krajské a státní (Grandfinále) kolo.[9]

Ve světě jsou Piškvorky známé jako „Five in a Row“ v anglicky mluvících zemích nebo „Gomoku“ v Asii. „Five in a Row“ můžeme přeložit jako pět v řadě a „Gomoku“ jako poskládej pět, oba názvy tedy jednoduše vystihují hlavní cíl hry. [10]

Pro pokročilejší hráče začne u Piškvorek být znatelná výhoda u začínajícího hráče. Hráč má výhodu tak znatelnou, že za optimálních defenzivních tahů soupeře vyhraje svým 18.tahem.[11] Aby se hra stala vyrovnanou, byla vytvořena různá pravidla, ze kterých se momentálně na světové úrovni používá pravidlo SWAP2. Předchůdcem tohoto pravidla bylo pravidlo SWAP.

### Pravidlo SWAP

*„Výhodu začínajícího lze dobře omezit takzvaně zahájením SWAP. První hráč zahraje tři symboly, z toho dva stejné (například dva křížky a jedno kolečko). Poté si druhý hráč vybere, za jaký znak bude hrát – tedy kolečko, nebo křížek. Ten s méně symboly na desce pokračuje ve hře jako normálně. Příklad: jestliže hráč A zahraje dva křížky a jedno kolečko, hráč B má dvě možnosti: vybrat si kolečko a hrát (protože koleček je na stole méně), nebo si vybrat křížek a nechat druhého hráče hrát kolečko (protože má méně symbolů). Tato technika je spravedlivá, jelikož se první hráč snaží udělat pozici stejně výhodnou pro křížek, jako pro kolečko – kdyby tak neudělal, druhý hráč si* Obsah obrázku text, snímek obrazovky, řada/pruh, číslo

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.*vybere symbol s výhodnějším postavením na desce.“* [10]

Obr. 1 – První hráč položil SWAP, druhý hráč si vybírá symbol

### Pravidlo SWAP2

Obsah obrázku snímek obrazovky, text, řada/pruh, číslo

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.*„Při obyčejném SWAPu má začínající hráč výhodu v tom, že si může předem rozmyslet a analyzovat své zahájení za obě strany. Proto má druhý hráč ještě třetí možnost kromě výběru kolečka nebo křížku, a to zahrát další dva znaky – jedno kolečko a jeden křížek. Tím naruší prvnímu hráči jeho promyšlenou strategii a přenechává mu výběr znaku. První hráč si teď vybere kolečko nebo křížek podobně, jako mohl druhý hráč, ale na rozdíl od něj už nemůže hrát další dva znaky.“* [10]

Obr. 2 – Druhý hráč si nevybral symbol, položil další dva symboly

## Gomoku

Gomoku (z japonštiny „poskládej pět“) je strategická desková hra podobná piškvorkám, známá po celém světě. Její pravidla jsou téměř totožná, ale hraje se na uzavřené desce o velikosti 15x15 políček a řada pro výhru musí být dlouhá právě pět symbolů a ne více. Hraje se na dřevěné desce vycházející z Gobanu, který se používá u hry Go, s černými a bílými kameny. Desky jsou rozdílné pouze velikostí (19x19 pro Go proti 15x15 pro Gomoku). [13][14]

Hra pochází z Asie a s největší pravděpodobností vznikla z velmi populární hry v Asii zvané „Go“. Na první pohled názvy vypadají podobně, což je však pouze shoda náhod. Gomoku můžeme totiž rozložit na „go“ znamenající pět a „moku“ neboli průsečík v japonštině. Další názvy specifické pro každou zemi mohou zahrnovat např.: kakugo, gomoku-narabe, itsutsu-ishi, gobang, morphion luffarschack, omok, wuziqi, connect5, nought&crosses, rendzu, caro nebo kolko i krzyzyk. [15]

## Go

Go je desková hra, jež se hraje na hrací desce Goban s velikostí 19x19 políček. Hraje se s černými a bílými kameny a, na rozdíl od Šachů, černý začíná. Pro trénink se využívají i desky s velikostí 13x13 a 9x9. Cílem hry je obklíčit průsečíky, zajmout soupeřovy kameny a tím získat větší skóre, než soupeř.

Hra pochází původem z Číny, kde se však nazývá Wej-čchi. Dnes je hra velmi populární v celé východní Asii, i díky jejímu rozvoji v Japonsku.[15]

## Umělá inteligence

Umělá inteligence (AI) je obor informatiky, který se zabývá tvorbou systémů schopných vykazovat chování, které bychom za normálních okolností považovali za inteligentní, pokud by ho vykonával člověk. Cílem AI je umožnit strojům analyzovat data, rozhodovat se, řešit problémy a učit se na základě předchozích zkušeností. AI má široké uplatnění – od herního průmyslu přes zdravotnictví až po autonomní vozidla.[9]

Existuje několik přístupů k vytváření umělé inteligence, z nichž každý má své výhody i nevýhody:

### Pravidlově založená AI

Tento přístup je založen na sadě pevných pravidel, která určují, jak se má AI chovat v určitých situacích. Pravidlově založené systémy jsou snadno pochopitelné a relativně jednoduché na implementaci.

Výhody: Snadná laditelnost a předvídatelnost chování.

Nevýhody: Omezena složitost systému; špatně se přizpůsobuje dynamickým nebo neznámým situacím.

### Strojové učení (Machine Learning)

V tomto přístupu AI analyzuje data a hledá vzory, na jejichž základě se učí. Nejčastěji se využívají algoritmy, jako je regresní analýza, rozhodovací stromy nebo neuronové sítě.

Výhody: Schopnost se přizpůsobit a zlepšovat na základě nových dat; efektivní u složitých problémů.

Nevýhody: Vyžaduje velké množství dat a výpočetní výkon; výsledky nejsou vždy snadno interpretovatelné.

### Hluboké učení (Deep Learning)

Hluboké učení je podskupinou strojového učení, která využívá vícevrstvé neuronové sítě k analýze a interpretaci složitých dat. Tento přístup je klíčový pro rozpoznávání obrazu, řeč a další náročné úlohy.

Výhody: Vysoce přesné výsledky u složitých datových souborů; schopnost automaticky identifikovat důležité vlastnosti dat.

Nevýhody: Požadavek na obrovské množství dat a výpočetního výkonu; často obtížná interpretace rozhodnutí.

### Evoluční algoritmy

Tento přístup simuluje přirozenou evoluci, kdy AI iterativně hledá optimální řešení pomocí mechanismů, jako je mutace, křížení a selekce.

Výhody: Schopnost prozkoumat širokou škálu řešení; vhodné pro optimalizační problémy.

Nevýhody: Časově náročné; může skončit v lokálních minimech bez nalezení optimálního řešení.

### Hybridní systémy

Kombinace více metod (např. pravidlové systémy a strojové učení) může vést k vytvoření robustnější AI, která využívá výhod různých přístupů.

Výhody: Flexibilita; vhodné pro širokou škálu úkolů.

Nevýhody: Vyšší složitost implementace a údržby.

### Umělá inteligence v hrách se zaměřením na logické hry

Umělá inteligence (AI) hraje v logických hrách klíčovou roli při tvorbě náročných a realistických protivníků, kteří poskytují hráčům odpovídající výzvu. Logické hry, jako jsou šachy, Go nebo piškvorky, vyžadují od AI schopnost analyzovat obrovské množství možných tahů, předvídat strategie protivníka a rozhodovat se na základě omezených informací. AI v těchto hrách nejen zvyšuje herní zážitek, ale také ukazuje sílu a omezení různých přístupů k její implementaci.

Jedním z nejpoužívanějších přístupů v logických hrách je využití stromových vyhledávacích algoritmů, jako je Minimax. Tento algoritmus prochází herním stromem, analyzuje všechny možné tahy a předpovídá výsledky na základě soupeřových reakcí. Minimax se často kombinuje s alfa-beta ořezáváním, což umožňuje eliminovat zbytečné větve stromu a tím výrazně zvýšit efektivitu vyhledávání. Tento přístup je obzvláště účinný ve hrách s dokonalou informací, kde jsou všechny možné tahy a stavy hry předem známy, například v šachu nebo piškvorkách.

Další významnou technikou v AI pro logické hry je strojové učení, které umožňuje AI adaptovat své chování na základě předchozích herních zkušeností. Například v šachu se AI může učit z velkých množství historických her, analyzovat tahy nejlepších hráčů a vylepšovat své strategie. V piškvorkách lze podobný přístup použít k analýze vzorců hráčských tahů, což umožňuje AI lépe reagovat na jejich strategie a plánování.

Heuristiky hrají také klíčovou roli v rozhodovacích procesech AI. V logických hrách se heuristiky používají k rychlému vyhodnocení aktuálního stavu hry. Například v piškvorkách může AI hodnotit určité pozice jako „silnější“ nebo „slabší“ na základě počtu symbolů, které hráč nebo protivník dokázali umístit do potenciálně výherních řad.

Logické hry však kladou na AI i výrazná omezení. Kvůli jejich komplexní povaze, například v šachu nebo Go, počet možných tahů exponenciálně roste, což může výrazně zvýšit výpočetní náročnost. Například ve hře Go počet možných stavů přesahuje počet atomů ve vesmíru, což znemožňuje kompletní analýzu všech možností tradičními metodami. Proto je zde klíčové využití pokročilých algoritmů, jako je Monte Carlo Tree Search (MCTS), který zkoumá herní stavy na základě pravděpodobnosti.

AI v logických hrách se stala také testovací platformou pro pokročilé technologie, jako jsou neuronové sítě. Příkladem je systém AlphaGo, který pomocí hlubokého učení a MCTS dokázal porazit nejlepší světové hráče Go. Tento přístup by mohl být přizpůsoben i pro hry jako piškvorky, kde by AI mohla kombinovat různé strategie a učit se na základě analýzy vzorců tahů.

Celkově AI v logických hrách poskytuje nejen zábavu a výzvu pro hráče, ale také ukazuje, jak může technologie řešit složité problémy a simulovat lidské myšlení. Ačkoliv má AI své limity, pokroky v jejím vývoji slibují stále realističtější a náročnější herní zážitky. Tyto pokroky nejen obohacují herní svět, ale zároveň přispívají k pochopení toho, jak lidé přemýšlejí a rozhodují se v různých situacích.

## Historie logických her

Deskové hry mají bohatou historii sahající tisíce let zpět. Byly nalezeny v různých kulturách po celém světě a sloužily nejen k zábavě, ale také k výuce a sociální interakci.

Jednou z nejstarších známých deskových her je Hra Senet, datovaná kolem roku 3500 př. n. l. a pocházející ze Starověkého Egypta. Další z prvních známých deskových her je královská hra Uru, jež pochází z období kolem 2600 př. n. l. z Mezopotámie. Nejstarší deskovou hrou, která je dodnes populární, je Go, které vzniklo před více než 2500 lety v Číně a dodnes se v něm po celé Asii soutěží. Zároveň je Go pravděpodobně předchůdcem asijské verze Piškvorek – Gomoku. [19]

Tyto hry odrážejí kulturní a sociální aspekty společností, ve kterých vznikly, a jejich studium poskytuje vhled do historie lidské civilizace.

## Dopad logických her na přemýšlení

Logické hry, jako jsou piškvorky, šachy nebo Go, představují nejen zábavnou formu trávení času, ale zároveň působí jako efektivní nástroj pro rozvoj kognitivních schopností a přemýšlení hráčů. Tyto hry vyžadují od hráčů vysokou míru strategického plánování, schopnost předvídat tahy soupeře a rychle reagovat na změny situace na herní ploše.

Hraní piškvorek například podporuje abstraktní myšlení, schopnost vizualizovat budoucí tahy a plánovat několik kroků dopředu. Jak uvedl Jakub Horák, vítěz soutěže PišQworky: „Je to skvělý trénink na paměť, představivost a abstraktní myšlení.“ Tato hra hráče nutí přemýšlet v širším kontextu, hodnotit možnosti a efektivně se rozhodovat, což jsou dovednosti přenositelné i do každodenního života.

Dále se při hraní logických her rozvíjí trpělivost a vytrvalost. Často se totiž stává, že hráč musí dlouho čekat na příležitost ke správnému tahu nebo musí čelit složité herní situaci, která vyžaduje klid a promyšlený přístup. Podle článku na MujRozhlas.cz „piškvorky rozvíjejí mozek ve všech směrech, vyžadují trpělivost, vytrvalost i logické myšlení.“ Tyto vlastnosti se přirozeně promítají do dalších aspektů života hráčů, například do jejich schopnosti řešit problémy nebo zvládat stresové situace.

Kromě toho mají logické hry pozitivní dopad na paměť. Hráči si musí pamatovat rozložení herní plochy, předchozí tahy soupeře i vlastní strategie, což posiluje jejich krátkodobou i dlouhodobou paměť. Schopnost vizualizovat herní situace a předvídat tahy soupeře podporuje nejen paměť, ale také představivost, která je klíčová při řešení složitých úloh nebo plánování.

I když vědecké studie zaměřené přímo na piškvorky jsou omezené, je zřejmé, že jejich pravidelné hraní může přinášet mnoho podobných benefitů jako hry typu šachy nebo Go. Piškvorky jsou jednoduché na pochopení, avšak dostatečně náročné na to, aby podporovaly kognitivní vývoj, zejména u mladších hráčů, kteří se teprve učí strategicky myslet. Tato kombinace jednoduchosti a strategické hloubky z nich činí jedinečný nástroj pro rozvoj logického myšlení.

Logické hry jako celek přispívají nejen ke kognitivnímu rozvoji, ale také k rozvoji osobnostnímu. Učí hráče dovednostem, které mohou využít nejen při hře, ale i v každodenním životě – od trpělivosti a vytrvalosti přes řešení problémů až po schopnost spolupracovat a respektovat protivníka. Tyto hry tak představují nenápadný, avšak velmi efektivní způsob, jak podporovat mentální a emocionální růst jednotlivců.

# Praktická část

Praktická část práce se zabývá samotným vývojem aplikace Piškvorky – od založení projektu a konfigurace prostředí až po implementaci herní logiky, uživatelského rozhraní a umělé inteligence. Aplikace je vyvíjena v programovacím jazyce C# v prostředí Microsoft Visual Studio a využívá .NET Framework. Díky tomu je plně kompatibilní s operačním systémem Windows a může běžet na široké škále zařízení – od stolních počítačů po notebooky a tablety se systémem Windows.

Kromě funkce pro dvě lokální zařízení (dva hráči na jednom počítači) aplikace nabízí i hru proti počítači, který disponuje třemi různými obtížnostmi. Při vytváření těchto obtížností byl kladen důraz na vyváženost mezi rychlostí výpočtu tahů a kvalitou strategie virtuálního soupeře. Pro hráče, kteří chtějí mít soutěžní náboj, je k dispozici také tabulka s názvem „Historie nejlepších“, v níž se ukládají data o deseti nejlepších výsledcích.

Velkou přidanou hodnotou je také možnost ukládání a načítání hry. Uživatel tak nemusí dohrát hru na jeden zátah, ale může aplikaci kdykoli zavřít a později se k rozehrané partii vrátit. Ovládání aplikace je podpořeno responzivní herní plochou – velikost hracího pole se dynamicky přizpůsobuje oknu aplikace a lze ji volitelně nastavit. Tím je zajištěno, že se Piškvorky pohodlně ovládají na různých rozlišeních obrazovek.

## Vytvoření projektu

Vytvoření projektu probíhalo v Microsoft Visual Studiu. Při založení projektu byla zvolena šablona aplikace „Windows Forms (.NET Framework)“, díky níž je možné intuitivně navrhovat uživatelské rozhraní a zároveň využívat knihovny .NET.

Aplikace vznikla pod verzovacím systémem Git; repozitář je hostován na GitHubu. Tím je zajištěn přehled o vývoji, a hlavně možnost jednoduchého zálohování. Zároveň je zdrojový kód veřejně přístupný a kdokoliv může navrhovat úpravy.

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, software, Multimediální software

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.Před tím, než jsem začal vývoj aplikace, došlo k hrubému návrhu rozložení aplikace a promyšlení jednotlivých funkcí. Poté jsem si připravil formuláře a hlavní třídu pro výpočty – Calculations.

Obr. 3 – Struktura projektu

Po vytvoření základního návrhu a struktury projektu jsem implementoval novou komponentu PlayingBoard – hrací plocha, na které stojí celý projekt. Při práci na uživatelském rozhraní jsem vycházel z principů pro Windows Forms, tedy formou jednoduchého drag-and-drop umisťování ovládacích prvků (Button, Menu, Label).

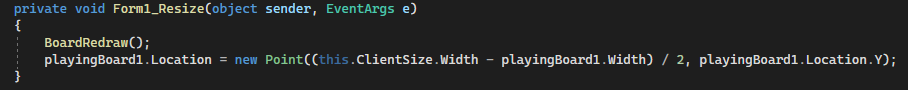
## Hrací plocha

Obsah obrázku snímek obrazovky, text, řada/pruh, diagram

Popis byl vytvořen automatickyHrací plocha představuje jádro celé hry. V klasických Piškvorkách je obvykle tvořena papírem se čtverečkovanou sítí, avšak v této digitální verzi se vykresluje jako vlastní komponenta s názvem PlayingBoard pomocí použití třídy Graphics a metody DrawLine. Ta je potom přidána do formuláře FormBoard, kde je zároveň stavový řádek a menu.

Obr. 4 – Hrací plocha vyznačena červeně

### Responzivita

Rozměry hrací plochy lze dynamicky měnit podle velikosti hlavního okna. Uživatel si v nastavení může zvolit, kolik polí bude hrací plocha obsahovat (např. 15×15, 20×20 atp.). Hrací plocha se také sama přizpůsobuje velikosti formuláře.

Vždy, když uživatel upraví velikost formuláře zavoláme metodu BoardRedraw() a přesuneme instanci komponenty playingBoard na střed formuláře. Metoda BoardRedraw() přizpůsobí velikost pole tak, aby hrací plocha vždy vyplnila prostor ve formuláři. Změna velikosti pole proběhne pouze pokud byla výška formuláře změněna o alespoň 5 pixelů.

Obsah obrázku text, Písmo, snímek obrazovky

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.

Obsah obrázku text, Písmo, snímek obrazovky

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.Implementace hrací plochy sestává z vykreslení mřížky a interakce s uživatelem. Používá se metoda DrawLine(), která vykreslí čáry horizontálně a vertikálně vždy fieldSize od sebe vzdálené. Proměnná fieldSize tedy reprezentuje velikost políčka.

Při kliknutí myší kdekoliv na komponentu nejprve proběhne kontrola, zda není na tahu AI, tím ošetříme, že uživatel nemůže hrát dřív, než počítač zahraje svůj tah. Poté je vyhodnoceno, do kterého pole uživatel klikl, a do příslušné buňky je vykreslen symbol hráčeObsah obrázku text, snímek obrazovky, Písmo

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný. pomocí metody AddMove().

### Design

Zvýraznění tahu

Zvýraznění výherní řady

## Hrací symboly

V piškvorkách rozlišujeme nejčastěji křížky (X) a kroužky (O). V této aplikaci jsou symboly reprezentovány grafickými objekty, které se kreslí podle souřadnic kliknutí. Uživatel si přitom může změnit typ symbolu. Může zvolit jiné tvary nebo barvy, pokud k tomu chce dodat hře osobní styl.

Obsah obrázku text, Písmo, snímek obrazovky, design

Popis byl vytvořen automatickyZ programátorského hlediska je symbol uložen jako Enumerace:

Obr. 5 – Enumerace GameSymbol

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, software

Popis byl vytvořen automatickyVykreslení symbolu probíhá v metodě DrawSymbol, která přijímá parametr symbol, aby vykreslila správný symbol.

Obr. 6 – Metoda pro vykreslování symbolů

Pro vykreslování jsem nejprve využíval Graphics metody .DrawLine a .DrawEllipse, ale později jsem jej nahradil metodou .DrawSymbol, která umožňuje vykreslování libovolných symbolů a usnadňuje nastavování vlastních herních symbolů pro uživatele.

## Konec hry

Ukončení hry v piškvorkách nastává ve chvíli, kdy:

Někdo propojí požadovaný počet symbolů (např. 5) v řadě, a to horizontálně, vertikálně nebo diagonálně. Tento počet však lze nastavit.

Hráč položí poslední možný symbol na hrací plochu (v případě, že je hrací pole omezené a dojde k zaplnění).

### Délka výherní řady

Standardně je požadováno spojení pěti symbolů (tzv. „pět v řadě“), nicméně aplikace umožňuje tuto hodnotu libovolně změnit, takže lze hrát jak klasické Piškvorky (5 v řadě), tak například hru „Tic Tac Toe“ (kde se hraje na hrací ploše 3x3 a výherní řada se skládá ze tří symbolů).

V rámci aplikace je tedy nutné po každém tahu:

Zkontrolovat nově položený symbol (souřadnice X, Y) a spočítat, kolik symbolů stejného typu se nachází směrem doleva/doprava nebo nahoru/dolů, případně v diagonálních směrech.

Pokud některý z těchto součtů dosáhne požadované délky (5 a více), hráč vyhrává.

Při zaplnění hrací plochy bez výherce se vyhodnotí remíza. Pro kontrolu remízy se používá vzorec [video – piškvorky], který nastaví proměnnou typu bool na true, pokud jeden z hráčů již nikde nemůže vytvořit požadovaný počet symbolů pro výhru.

Po určení výsledku hra zobrazí hlášení o vítězi a pokud se jedná o hru proti počítači s těžkou obtížností je zapsán výsledek do Historie nejlepších.

Hráči mají volbu hrát větší počet her za sebou, přičemž vyhraje hráč s větším skóre po všech odehraných hrách. V případě více her jsou individuální hry nazývány partiemi. Po odehrání všech partií se opět vypíše hlášení o vítězi.

## Umělá inteligence

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, software, Písmo

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.Jednou z nejzajímavějších částí aplikace je implementace hry proti počítači. I přes existenci různých umělých inteligencí, včetně těch, které se sami učí, jsem zvolil jednoduchý algoritmus cílený na rychlost a minimax algoritmus pro větší komplexitu tahů. V základním algoritmu je každému hracímu poli přiřazena hodnota skládající se ze součtu dvou hodnot určujících důležitost pole pro hráče i pro soupeře (hodnota hráče i soupeře je vynásobena koeficientem, který nám umožňuje měnit důležitost hráčových nebo soupeřových polí, díky čemuž můžeme nastavit agresivitu inteligence). Ze všech hracích polí je vybráno pole s maximální hodnotou. Pokud se jedná o první tah hry, bude počítač vždy hrát doprostřed, díky prvotní podmínce, která středovému poli dává základně malou nenulovou hodnotu.

Obr. 7 – Základní algoritmus pro výpočet tahu Umělé inteligence

Aplikace disponuje třemi úrovněmi obtížnosti, z nichž lehká a střední obě vycházejí z algoritmu popsaného výše.

### Lehká obtížnost

Počítač hraje většinou smysluplné tahy, avšak může zahrát i náhodně. V 80 % případů vybere ze 3 nejlepších svých tahů, které vyhodnocuje podle základního algoritmu. Ve zbylých 20 % nenabízí výrazné strategické varianty a hraje náhodně. Celkově tato obtížnost slouží spíše pro seznámení s hrou.

### Střední obtížnost

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, Písmo, software

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.Střední obtížnost nejprve prohledá hrací plochu a zkontroluje, zda nemá výhru v jednom tahu. Stejně prohledá hrací plochu, aby zjistil, zda soupeř nemá výhru v jeho následujícím tahu. Pokud výherní tah nalezne, nemusí proběhnout základní algoritmus a počítač zahraje výherní tah (v případě, že se jedná o výherní tah soupeře zahraje blokující tah). V ostatních případech projde základním algoritmem a zahraje tah vyhodnocený algoritmem jako nejoptimálnější.

Obr. 8 – Metoda zjišťující nejlepší tah pro střední obtížnost Umělé inteligence

### Obsah obrázku text, snímek obrazovky, Písmo Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.Těžká obtížnost

Obr. 9 – Metoda zjišťující nejlepší tah pro těžkou obtížnost Umělé inteligence

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, software

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.Stejně jako u střední obtížnosti se i u těžké nejprve zkontroluje rychlá výhra nebo prohra, avšak rozdíl je v tom, že tato obtížnost nevyužívá základní algoritmus, ale využívá komplikovanější algoritmus – Minimax.

Obr. 10 – Minimax algoritmus (1.část)

V algoritmu se nejprve ujistíme, že hrací plocha není zaplněná. Také se ujistíme, že hloubka nedosáhla maximální hloubky. Pokud některá z podmínek neprojde, dojde k zavolání metody EvaluateBoard(), která pomocí metody EvaluateBoardAdvanced() ohodnotí hráče i soupeře a vrátí rozdíl těchto hodnot. Vrácená hodnota rovnou slouží jako výstup Minimax algoritmu a ten je ukončen. Za ohodnocení tahů je zodpovědná metoda EvaluateLine(), ta podle počtu symbolů v řadě, který by nastal po položení symbolu na aktuální herní pole přiřadí poli hodnotu 10,100,1000 nebo 10000. Také tato metoda bere v potaz, zda se na konci řady nachází soupeřův symbol, a tedy jestli se jedná o otevřenou řadu z obou stran, z jedné strany, nebo o uzavřenou řadu.

Algoritmus podobně jako základní algoritmus prochází každé pole hry, avšak v minimax algoritmus má určenu hloubku procházení tahů a simuluje tahy do nastavené hloubky. Algoritmus vytvoří list nejlepších tahů tím, že každému hernímu poli přiřadí hodnotu podle kvality možného tahu. Z nejlepších tahů potom pomocí alfa beta pruningu vyřadí slabší větve. Zbylé větve poté prochází do hloubky, dokud nedojde nastavený čas pro kalkulaci. Z hlavní metody vychází nejprve metoda Další metodou, která je v hlavním algoritmu využita je GetCandidateMoves(). Metoda simuluje tahy na hrací ploše. Podle toho, v jaké fázi hry se nachází zvolí, zda bude kontrolovat všechna pole, nebo pouze okolí posledního tahu. To zrychluje algoritmus ze začátku, aby nezvažoval nesmyslné tahy na kraji plochy. Když je hra pokročilejší, může si dovolit zamyslet se a projít tahy více do podrobna. Pokud nenalezne žádné ideální tahy, opět je vrácena hodnota zjištěna metodou EvaluateBoard().

## Nastavení

Sekce nastavení je klíčovou součástí aplikace, která uživateli umožňuje přizpůsobit si hru podle vlastních preferencí. Kromě toho, že se v okně nastavení dají zvolit základní parametry (např. velikost hracího pole nebo počet symbolů nutných k výhře), může uživatel konfigurovat i:

Typ a barvu hracích symbolů (křížky a kolečka vs. jiné tvary),

Zda se jedná o hru proti počítači,

Obtížnost hry při hře proti počítači (lehká, střední, těžká),

Počet kol hry.

Z programátorského pohledu je sekce nastavení řešena jako dialogové okno (SettingsForm), kde uživatel volby potvrdí tlačítkem „Ok,“ Nastavení se vždy zapíše do třídy GameSettings, která se vždy při zavírání aplikace zapíše do datového souboru pro zachování posledního nastavení. Díky tomuto řešení může uživatel zachovat své nastavení i po zavření a opětovném otevření aplikace.

## Historie nejlepších

Aplikace obsahuje tabulku 10 nejlepších hráčů, která je motivací k neustálému zlepšování a dává hře další soutěžní rozměr. Záznamy se však uchovávají pouze z her proti počítači, a to ještě pouze pokud je nastaven na nejtěžší obtížnost, aby se předešlo podvádění nebo zahlcení tabulky jedním uživatelem. Tato tabulka se nazývá „Historie nejlepších“ a uchovává jméno hráče, výsledné skóre, výhry, prohry, remízy, výhry v % a nejkratší počet tahů k výhře.

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, číslo, software

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.Při přidání nového záznamu se tabulka setřídí podle v sestupném pořadí. Pokud je tabulka plná (10 záznamů) a nový záznam má vyšší skóre než nejnižší v tabulce, je nejnižší odstraněn.

Obr. 11 – formulář Historie nejlepších

Ukládání probíhá do textového souboru, v tomto případě do XML. Tento formát však není šifrovaný a umožňuje tak přepisování dat běžným uživatelem. K zabezpečení záznamů jsou data zapsána do souboru datového typu, který nejde běžně uživatelem zobrazit či upravit.

Uživatelům se tabulka zobrazuje v okně aplikace formou tabulky pomocí komponenty DataGridView, v níž lze proklikem nebo přehledným zobrazením sledovat, kdo momentálně vede žebříček.

## Uložení a nahrání hry

Při implementaci funkce uložení a nahrání hry v C# Windows Forms využívám zabudované dialogy pro práci se soubory – tedy OpenFileDialog (pro načítání) a SaveFileDialog (pro ukládání). Tyto dialogy poskytují komfortní uživatelské rozhraní pro volbu názvu i umístění souboru, aniž by bylo nutné ručně psát cestu na disku.

SaveFileDialog se v aplikaci vyvolá v okamžiku, kdy uživatel potřebuje uložit rozehranou partii. Ve vybraném dialogu zvolí adresář a název souboru, do nějž se zapíšou všechna důležitá data o stavu hry (konkrétně rozložení symbolů na herní ploše, aktuální hráč, velikost hracího pole a další herní nastavení). Dialog je nastaven tak, aby se vždy otevíral s vybranou lokací ve složce “save“, která se zároveň s prvním uložením do této lokace vytvoří.

OpenFileDialog umožňuje uživateli vybrat soubor, z něhož se načte dříve uložená hra. Aplikace následně zvolený soubor otevře, přečte z něj potřebné hodnoty, vynuluje právě uložené hodnoty a zrekonstruuje herní pole i všechny ostatní parametry hry. Uživatel tak může plynule pokračovat v rozehraném duelu i pokud na hrací ploše rozehrál jinou hru.

Díky těmto dialogům je práce se soubory pro uživatele maximálně intuitivní, jedná se totiž o známé systémové okno, kde lze vybírat složky a soubory tak, jak je uživatel zvyklý z prohlížeče souborů. Volba formátu, do něhož se data ukládají je datový soubor s koncovkou .dat, tak aby běžný uživatel nemohl manuálně číst ani upravovat soubor.

Díky propojení SaveFileDialog a OpenFileDialog s uložením herního stavu do čitelného formátu získá uživatel přehled a volnost v tom, kam a jak často si hru ukládá. Zároveň se jedná o lehké a rychlé řešení, které nevyžaduje žádnou nadbytečnou infrastrukturu (např. databáze). Jedná se tedy o optimální přístup jak pro uživatele, tak pro mě jako vývojáře.

## Demo

Demo mód v tomto projektu slouží k automatickému přehrání hry, ve které se dva počítačoví hráči střídají v tazích. Hráč spustí hru kliknutím na hrací plochu a poté jen sleduje bez nutnosti zasahovat. Tento režim demonstruje schopnosti umělé inteligence a zároveň umožňuje vidět různé strategie v průběhu hry.

Po kliknutí na tlačítko Demo v hlavním menu se zobrazí formulář s běžnou hrací plochou, na které se však po kliknutí uživatele odehraje hra dvou počítačů nastavených na těžkou a střední obtížnost. Po každém tahu je nastavena krátká prodleva, aby byl průběh hry přirozený a vizuálně přehledný. Hra pokračuje automaticky, dokud nenastane výhra nebo remíza, po které uživatel může proces opakovat nebo se vrátit do menu.

Technicky je demo řízeno pomocí proměnné GameSettings.DemoMode, která se aktivuje při spuštění demo režimu. V průběhu hry je pak na základě této hodnoty automaticky prováděn tah AI pro oba hráče, aniž by se čekalo na vstup uživatele. Tahy jsou prováděny v metodě zpracovávající tahy hráčů, kde po tahu jednoho hráče následuje okamžitě tah druhého.

Hlavním cílem této funkce je demonstrace hry, ukázka možností umělé inteligence a vizuální prezentace pravidel hry.

Závěr

Aplikace disponuje hrou pro dva hráči i pro hráče proti počítače. V aplikaci lze nastavit všechny potřebné požadavky pro úplnou aplikaci (velikost hracího pole, počet symbolů pro výhru, symboly hráčů, obtížnost umělé inteligence, počet kol hry a barvy herních symbolů). Aplikace dále obsahuje historii deseti nejlepších hráčů ve hře proti nejtěžší obtížnosti počítače. Nechybí ani demo, kde po kliknutí uživatele proběhne hra odehraná dvěma počítači. Ve hře je samozřejmě i možnost nahrávat a ukládat rozehranou hru. Pro přívětivý zážitek nechybí responzivní herní plocha, zvýraznění posledního odehraného tahu a zvýraznění výherní řady.

Zvažuji aplikaci předělat do Blazor MAUI, což je moderní technologie, jež je součástí .NET frameworku a umožňuje aplikaci spustit skrze webové rozhraní na více platformách včetně mobilních zařízení. Při práci na projektu jsem se ujistil v již získaných znalostech z mého studia, ale také jsem objevil mnoho dalších technologií a tříd v .NET prostředí. Znalosti získané v projektu mi budou platné i v budoucím studiu na MUNI v oboru zaměřeném na vývoj aplikací. Aplikace tedy splňuje zadání práce a zároveň je stále možné ji rozšiřovat a zlepšovat, což je také mým plánem do příštích měsíců.

Seznam použitých zdrojů

1. WAGNER, Bill. *Prohlídka jazyka C#*. Online. 2024. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com/cs-cz/dotnet/csharp/tour-of-csharp/overview>. [cit. 2025-03-22].
2. IPSEN, Adam. *Top 10 programming languages for 2025*. Online. 7 Nov 2024. Dostupné z: <https://www.pluralsight.com/resources/blog/upskilling/top-programming-languages-2025>. [cit. 2025-03-22].
3. MICHÁLEK, Ondřej. *Lekce 1 - Úvod do funkcionálního programování*. Online. 7. 11. 2019. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/programovani/haskell/uvod-do-funkcionalniho-programovani>. [cit. 2025-03-24].
4. KERI CORE ACADEMY. *Programovací jazyk C#: Vše co potřebujete vědět v roce 2024!.* Online. © 2025. Dostupné z: <https://kericore.academy/programovaci-jazyk-c-sharp-potrebujete-vedet-2024/>. [cit. 2025-03-26].
5. MICROSOFT. *Visual Studio: Integrované vývojové prostředí (IDE) a editor kódu pro vývojáře softwaru a týmy*. Online. © 2025. Dostupné z: <https://visualstudio.microsoft.com/cs/#vs-section>. [cit. 2025-3-22].
6. MICROSOFT. *Visual Studio: Integrované vývojové prostředí (IDE) a editor kódu pro vývojáře softwaru a týmy*. Online. © 2025. Dostupné z: <https://visualstudio.microsoft.com/cs/vs/> [cit. 2025-3-26].
7. GITHUB. *About GitHub and Git - GitHub Docs*. Online. GitHub. Dostupné z: <https://docs.github.com/en/get-started/start-your-journey/about-github-and-git>. [cit. 2025-03-26].
8. MICROSOFT. *Přehled rozhraní .NET Framework*. Online. 2024. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com/cs-cz/dotnet/framework/get-started/overview>. [cit. 2025-03-26].
9. STUDENT CYBER GAMES. *O soutěži - pIšQworky*. Online. PIšQworky. © 2025. Dostupné z: <https://pisqworky.cz/o-soutezi>. [cit. 2025-03-26].
10. *Piškvorky*. Online. In: Wikipedie. Stránka byla naposledy editována 17. 3. 2025 v 16:39. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Piškvorky](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pi%C5%A1kvorky). [cit. 2025-03-26].
11. ALLIS, Louis Victor. *Go-Moku and Threat-Space Search*. Disertace. Maastricht, Nizozemsko: University of Limburg, 1993. [cit. 2025-03-26]
12. ČESKÁ FEDERACE PIŠKVOREK A RENJU. *O piškvorkách neboli gomoku*. Online. Česká federace piškvorek a renju. © 2025. Dostupné z: <http://www.piskvorky.cz/federace/o-piskvorkach-neboli-gomoku-2/>. [cit. 2025-03-27].
13. ČESKÁ FEDERACE PIŠKVOREK A RENJU. *Historie gomoku a renju*. Online. Česká federace piškvorek a renju. © 2025. Dostupné z: <http://www.piskvorky.cz/clanky/zajimavosti-ze-sveta-piskvorek-a-renju/historie-gomoku-a-renju/>. [cit. 2025-03-27].
14. *Gomoku*. Online. In: Wikipedie. Stránka byla naposledy editována 30. 8. 2023 v 11:55. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Gomoku. [cit. 2025-03-27].
15. *Go*. Online. In: Wikipedie. Stránka byla naposledy editována 19. 1. 2025 v 10:13. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Go_(desková_hra)> [cit. 2025-03-27].
16. <https://www.ackee.cz/blog/umela-inteligence-v-pocitacovych-hrach-aneb-mysli-ta-hra-skutecne-sama>
17. <https://github.com/Mnaukal/piskvorky-minimax/blob/master/2017_O_Töpfer_Michal.pdf>
18. <https://www.scienceworld.cz/technologie/umela-inteligence-v-pocitacovych-hrach-1-2333/>
19. <https://www.inf.upol.cz/downloads/studium/PS/minimax.pdf>
20. <https://www.stoplusjednicka.cz/pod-kridly-stesteny-tisicileta-historie-deskovych-her>
21. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Desková_hra>
22. <https://www.scienceworld.cz/clovek/co-dela-sachoveho-genia-inteligence-nebo-pamet-597/>
23. <https://ovsachy.webnode.cz/proc-hrat-sachy>
24. <https://vasekupony.cz/blog/4-duvody-proc-by-deti-mely-hrat-sachy>
25. <https://vychova-hrou.cz/jak-hry-ovlivnuji-psychicky-vyvoj-deti>
26. <https://pisqworky.cz/novinky/2723-piskvorky-hraju-uz-sest-let-je-to-skvely-trenink-na-pamet-rika-sampion-xo21-jakub-horak>
27. <https://www.mujrozhlas.cz/apetyt/hra-ktera-vyzaduje-trpelivost-vytrvalost-i-logicke-mysleni-piskvorky-rozviji-mozek-ve-vsech>

Seznam obrázků

[Obr. 1 – Struktura projektu 17](#_Toc193922936)

[Obr. 2 – Hrací plocha vyznačena červeně 18](#_Toc193922937)

[Obr. 3 – Enumerace GameSymbol 19](#_Toc193922938)

[Obr. 4 – Metoda pro vykreslování symbolů 19](#_Toc193922939)

[Obr. 5 – Základní algoritmus pro výpočet tahu Umělé inteligence 21](#_Toc193922940)

[Obr. 6 – Metoda zjišťující nejlepší tah pro střední obtížnost Umělé inteligence 22](#_Toc193922941)

[Obr. 7 – Metoda zjišťující nejlepší tah pro těžkou obtížnost Umělé inteligence 23](#_Toc193922942)

[Obr. 8 – Minimax algoritmus (1.část) 23](#_Toc193922943)

[Obr. 9 – formulář Historie nejlepších 25](#_Toc193922944)

Seznam příloh

Prázdná šablona maturitní práce