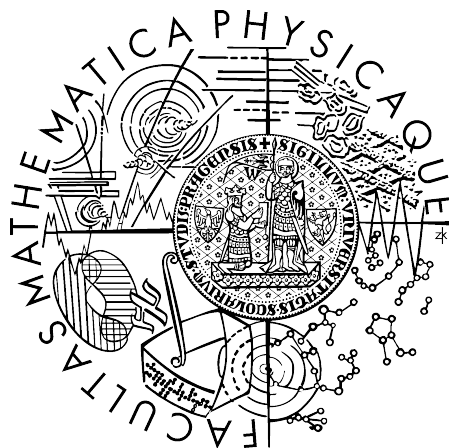


Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Michal Čermák

Online simulácia futbalovej ligy, umelá inteligencia manažérov futbalových tímov so schopnosťou učenia

Ústav formální a aplikované lingvistiky

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Miroslav Spousta
Studijní program: Informatika, obecná informatika

2008

Ďakujem svojmu vedúcemu Mgr. Miroslavovi Spoustovi za cenné rady, svojim rodičom a sestre za morálnu podporu počas tvorby tejto práce.

Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu napísal samostatne a výhradne s použitím citovaných prameňov. Súhlasím so zapožičiavaním práce a jej zverejňovaním.

V Prahe dňa

Michal Čermák

Obsah

1	Úvod	5
1.1	Definícia športového manažéra	5
2	Virtuálny svet	7
2.1	Štruktúra projektu	8
2.2	Voľba ovládacích prvkov	10
2.3	Vstupné dáta	11
2.4	Simulácia priebehu zápasu	11
2.5	Algoritmus výberu akcií futbalistov počas zápasu	16
2.6	Výstup simulátora	19
2.7	Kontrola výsledkov simulátora	22
3	Modul pre automatickú voľbu hernej taktiky	23
3.1	Výber prístupov implementácie učiacich sa modulov	24
3.2	Spoločné predpoklady pre metódy učenia	25
3.3	Horolezecká metóda	26
3.4	Výsledky horolezeckej metódy	28
3.5	Genetické algoritmy	29
3.6	Výsledky genetických algoritmov	31
3.7	Porovnanie použitých prístupov	32
4	Záver	34
4.1	Možné vylepšenia projektu	35
	Literatúra	37

Název práce: Online simulácia futbalovej ligy, umelá inteligencia manažérov futbalových tímov so schopnosťou učenia

Autor: Michal Čermák

Katedra (ústav): Ústav formální a aplikované lingvistiky

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Miroslav Spousta

e-mail vedoucího: Miroslav.Spousta@mff.cuni.cz

Abstrakt: V predloženej práci je popísaná tvorba jednoduchej hry typu futbalového manažéra. Herné dianie je simulované programom po dňoch. Ovládanie je prístupné online pomocou webového prehliadača. Simulačný program súťažné zápasy simuluje diskkrétne a výstupom simulácie je textový komentár zo zápasov, ako aj jednoduché dvojrozmerné zobrazenie priebehu zápasu. Manažéri výsledok zápasov ovplyvňujú voľbou taktiky a výberom hráčov na jednotlivé zápasy. V projekte je naimplementovaná umelá inteligencia pre manažérov, ktorí sú ovládaní počítačom. Na jej implementáciu boli použité dve metódy. Prvou je jednoduchá horolezecká metóda, druhou metódou sú genetické algoritmy. Obe metódy počas simulácie dokážu svoju voľbu taktiky zlepšovať. V závere práce sú výsledky získané jednotlivými metódami navzájom porovnané.

Klíčová slova: futbalový manažér, diskrétna simulácia, horolezecká metóda, genetické algoritmy

Title: On-line simulation of football league, learning of the team manager strategy using artificial intelligence

Author: Michal Čermák

Department: Institute of Formal and Applied Linguistics

Supervisor: Mgr. Miroslav Spousta

Supervisor's e-mail address: Miroslav.Spousta@mff.cuni.cz

Abstract: In the presented work is described a creation of simple football manager computer game. Game events are simulated by days. Control is accessible via the web browser. Simulating program simulates the matches by means of discrete simulation, the output of the simulation are text commentaries from the matches as well as simple two-dimensional display of the match progress. Managers influence the results of the matches by choosing tactics and selecting players for the matches. There is an artificial intelligence implemented for the managers, that are controlled by the computer program. For its implementation were used two different methods - simple hill climbing and genetic algorithms. Both methods are able to improve their performance during the simulation. In the conclusion of the work, results obtained by the methods are compared.

Keywords: football manager, discrete simulation, hill climbing, genetic algorithms

Kapitola 1

Úvod

V počítačových hrách sú aplikované najprogresívnejšie metódy využívajúce veľký technický pokrok v oblasti počítačových technológií. Technický pokrok umožnil veľký rozmach vo sfére grafických aplikácií a využitia umelej inteligencie. Umelá inteligencia si nachádza stále väčšie uplatnenie v rôznych sférach praktického života. Jednou zo sfér je aj práca manažérov, využívajúca inteligenciu v rozhodovacích procesoch za účelom dosiahnutia najlepších výsledkov vo svojej oblasti. Bakalárska práca sa zaoberá simuláciou futbalového manažéra so zakomponovaním prvkov umelej inteligencie do jeho rozhodovacích činností. Teória umelej inteligencie pokrýva množstvo teórií, ktoré si kladú za cieľ napodobňovať schémy ľudského správania sa, vyhodnocovania a analýzy podnetov, prípadne tvorivej činnosti.

Obor umelej inteligencie sa začal vyvíjať v druhej polovici dvadsiateho storočia. Vplyvom technologického pokroku sa v poslednej dobe rozvíja veľmi rýchlo a stále má obrovský potenciál na ďalší rozmach. K jeho rozvoju okrem rôznych vedeckých inštitúcií významnou mierou prispieva aj súkromný sektor, konkrétne vývoj počítačových hier, v ktorých je často dôstojná umelá inteligencia podmienkou. V minulosti bola hlavne z dôvodu limitovanej výpočtovej kapacity umelá inteligencia vytláčaná do úzadia, dnes však dôraz na ňu neustále stúpa a objavujú sa hry (ako napríklad Black & White [7]), ktorých lákadlom je práve výborne spracovaná umelá inteligencia.

Cieľom bakalárskej práce je porovnanie dvoch prístupov k umelej inteligencii v počítačovej hre typu športového manažéra. V rámci implementácie projektu je vybudovaná aj jednoduchá hra spomínaného typu. V práci sa zameriam hlavne na vývoj ich inteligencie, na ich implementáciu použijem rôzne prístupy. Umelá inteligencia bude mať schopnosť učiť sa v priebehu hrania a zlepšovať tak svoje výsledky. Tieto výsledky na záver práce zhrniem a navzájom porovnam.

1.1 Definícia športového manažéra

Počítačovým hram typom športového manažéra, kde sa hráči vžívajú do pozície manažéra športového mužstva sa na trhu s počítačovými hrami stabilne darí už dlhšiu dobu. Tieto hry spočívajú v čo možno najrealistickejšej simulácii

komplexného sveta daného športu. Hráč počítačovej hry - futbalový manažér (na hráča počítačovej hry sa budeme odkazovať ako na manažéra, prípadne explicitne ako na hráča počítačovej hry, pod pojmom hráči budeme v práci nazývať futbalistov na ihrisku) sa sám nachádza v kruhu zamestnancov zvoleného klubu, kde zastáva pozíciu manažéra resp. trénera. Z toho vyplývajú aj jeho povinnosti. Hlavnou úlohou manažéra je teda starať sa o klub spôsobom, aby bol klub úspešný. K úspechom klubu patria samozrejme výhry v súťažných zápasoch, no okrem toho musí manažér dbať aj o množstvo iných záležitostí, medzi ktoré patria napríklad klubové financie, spokojnosť fanúšikov, či udržanie klubu na čo najvyššej úrovni v dlhodobom časovom horizonte. V hre rozoznávame dva typy futbalových manažérov. Futbalového manažéra riadi samotný hráč resp. počítačom ovládaný manažér, ktorý je riadený umelou inteligenciou.

Reálni manažéri športových klubov disponujú nasledujúcimi funkciami: nakupovať, predávať a vymieňať hráčov klubu, angažovať trénerov a iných zamestnancov klubu, určovaním taktiky a spôsobu hry počas zápasov, trénovať hráčov, pomáhať vychovávať mladé talenty. Manažér môže komunikovať s hráčmi a starať sa tak o pokojnú atmosféru v tíme, vyjednáva s profesionálnymi hráčmi o platoch, určuje ceny vstupeniek a permanentiek, vyjadruje sa k rozširovaniu či rušeniu rôznych klubových stavieb, akými sú napríklad bufety, stánky s reklamnými predmetmi, tréningové zariadenia či štadión samotný.

Kapitola 2

Virtuálny svet

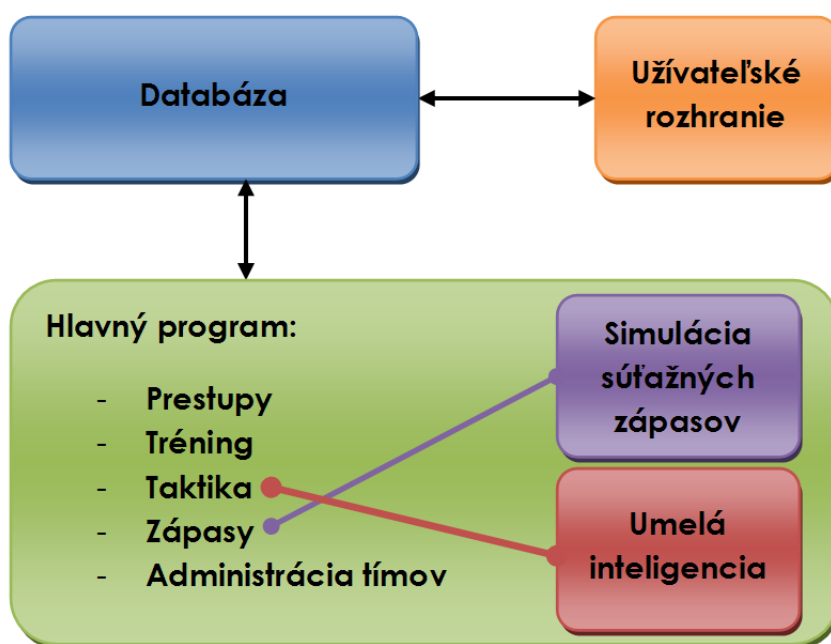
Bakalárska práca sa zaoberá vývojom počítačom ovládaných manažérov a tomu bol prispôsobený aj vývoj virtuálneho svetu, v ktorom sa odohrávajú športové zápasy, procesy a funkcie s existujúcimi klubmi spojené. Z možností voľby športu je v práci rozobratá funkcia futbalového manažéra, nakoľko je to najrozšírenejší šport, ktorého pravidlá pozná väčšina obyvateľov. Ako uvidíme neskôr, iná voľba mohla mať mierne jednoduchšiu implementáciu, avšak z pragmatického hľadiska na voľbe športu veľmi nezáleží

Na výber bolo množstvo prístupov k implementácii. Každý kladie dôraz na niečo iné a každý má svoje výhody aj nevýhody. Jeden z prístupov sa zameriava na čo najrealistickejšie zobrazenie virtuálneho sveta. Pragmatickejší prístup naopak neponúka zďaleka toľko možností ako do diania v hre zasahovať, je však menej komplikovaný, vďaka čomu sa v hre ľahšie orientuje. Iný prístup môže byť zameraný na zozbieranie čo možno najväčšieho množstva detailných údajov o skutočných hráčoch. Keď užívateľ v hre pracuje so svojim obľúbeným klubom a svojimi obľúbenými hráčmi, dokáže si viac užiť rolu manažéra.

Hlavným prvkom celého hrania sú súťažné zápasy. Od úspešne zvládnutých zápasov sa odvíja priazeň fanúšikov, morálka v mužstve a v neposlednom rade finančná situácia klubu. K simulácií zápasov sa dá pristupovať rôznymi spôsobmi. Jedna z možností je zamerať sa na grafickú stránku a zobrazovať priebeh zápasu vykreslením zápasu v 2D či 3D grafike. Jednoduchšie je zobrazenie priebehu zápasu pomocou textových správ, podobne ako keď zápas komentujú komentátori v rádiu. Takéto zobrazovanie môže byť rovnako spracované detailne, keď je cieľom aby výsledný komentár zo zápasu bol uveriteľný. Môže obsahovať napríklad rôzne zaujímavosti týkajúce sa hráčov, štatistiky, či sa môže líšiť podľa aktuálnej nálady komentátora. V prípade menej detailného spracovania môže komentár poskytovať iba základné informácie dôležité pre manažérov ako je výsledok, strelci gólov, alebo štatistiky zo zápasu. Úplne najjednoduchším spôsobom simulácie zápasu je spočítanie výsledku matematickým vzorcom na základe vstupov korešpondujúcim sile hrajúcich mužstiev. V tomto prípade však pre hráča počítačovej hry nie je okrem výsledku prístupná žiadna spätná väzba zo zápasu.

2.1 Štruktúra projektu

Projekt bakalárskej práce je rozdelený do troch základných častí. Prvou časťou sú dáta uložené v databáze. Druhou časťou je užívateľské rozhranie, ktoré umožňuje meniť online vstupné dáta futbalových manažérov. Treťou najdôležitejšou časťou je samotný program, ktorý na základe vstupných dát simuluje dianie vo virtuálnom svete. Program pracuje v offline režime po dňoch. Vždy jedenkrát za daný časový interval, u nás jeden deň, obmedzí prístup do databázy a odsimuluje celý jeden deň vo virtuálnom svete. Pre lepšie znázornenie je rozdelenie projektu graficky vyobrazené na obrázku 2.1.



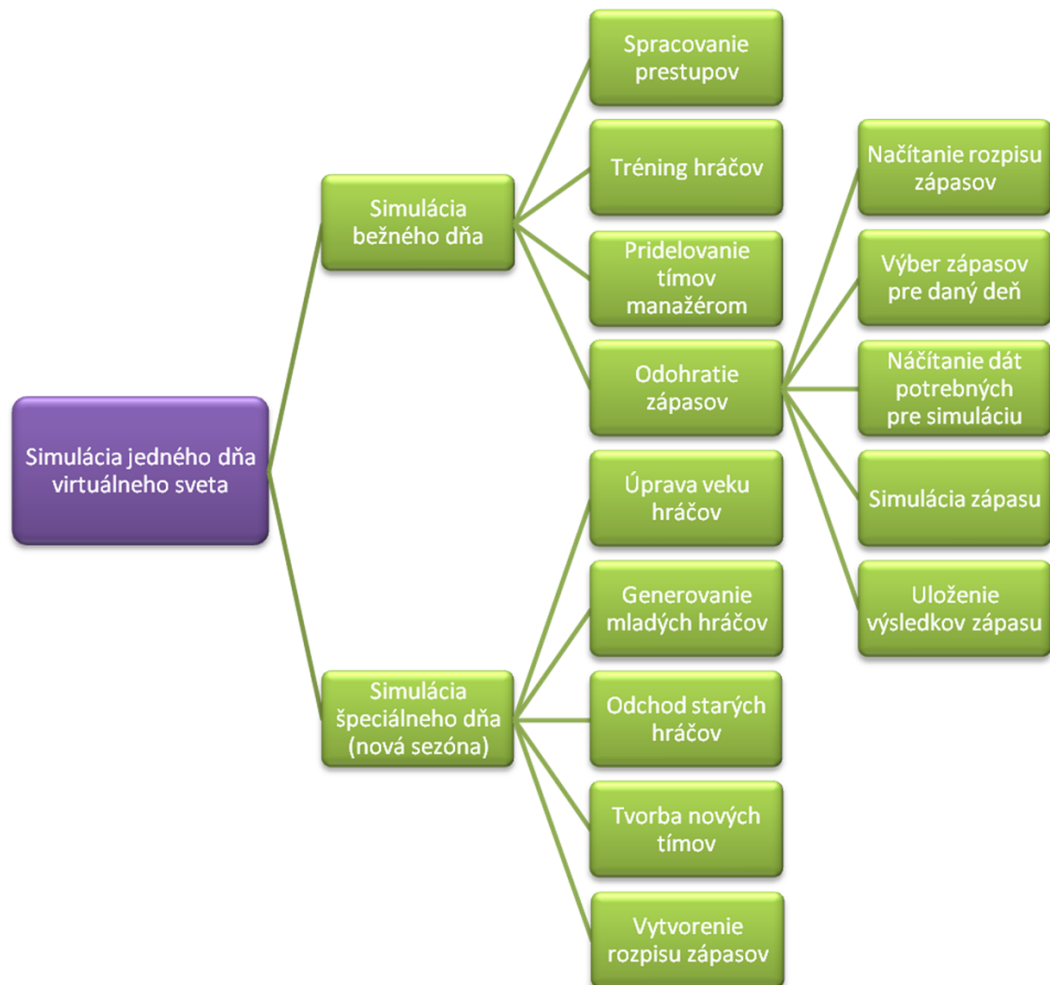
Obr. 2.1: Diagram štruktúry projektu

V databáze sú uložené všetky dáta, potrebné k priebehu simulácie. Nachádzajú sa v nej informácie o tímoch, zápasoch, vstupných atribútoch zápasu a manažéroch, ktoré sa majú najbližší hrací deň vykonať. Obraz databázy je mimo priebehu simulácie vždy konzistentný a pripravený k odsimulovaniu nasledujúceho dňa. Databáza je postavená na báze MySQL, ktorá je bežne používaná a voľne dostupná.

Užívateľské rozhranie je implementované pomocou webovej stránky, ktorá má prístup k databáze s údajmi. Hráči počítačovej hry môžu cez webovú stránku online sledovať svoj pokrok, a určovať akcie, ktoré majú byť vykonané pri najbližšom behu simulácie. Môžu tak zasahovať do priebehu zápasu iba pred začiatkom simulácie pomocou zvolených akcií. Počas simulácie futbalového zápasu majú k dátam zablokovaný prístup. Webové rozhranie je veľmi jednoduché a implementované pomocou PHP.

Simulátor diania resp. priebehu hry vo virtuálnom svete je hlavnou súčasťou projektu. Počas celého behu programu má tento ako jediný vyhradené právo upravovať dáta v databáze. Program na základe vstupných údajov v databáze

odsimuluje jeden deň vo virtuálnom svete, vrátane vykonania akcií užívateľov, odohratia súťažných zápasov. Obsahuje v sebe aj dôležitý modul na umelú inteligenciu tých manažérov, ktorí nie sú ovládaní ľuďmi (hráčmi), ale počítačom. Na konci svojho behu zabezpečí, aby bol výsledný stav konzistentný a uložený naspäť do databázy. V špeciálnych prípadoch akými sú napríklad tvorba rozpisu zápasov v sezóne, či generovanie nových mladých hráčov sa program postará aj o tieto záležitosti. Implementovaný je v programovacom jazyku C++. Jednotlivé úlohy vykonávané programom sú graficky vyobrazené na diagrame 2.2. Na diagrame je vyobrazené členenie programu na podprogramy, ktoré sú spracovávané v poradí, v akom sa nachádzajú na vertikálnej osi obrázku. Podrobnejší popis programu bude nasledovať v ďalších sekciách tejto kapitoly.



Obr. 2.2: Diagram hlavného programu

Na komunikáciu medzi programom a databázou je použitá voľne dostupná knižnica MySQL++, ktorá ponúka možnosť dopytovať sa na MySQL databázu z programu, ktorý je napísaný v jazyku C++. Viac o tejto knižnici sa je možné dozvedieť na webovej stránke [8].

Projekt je vyvíjaný na platforme Windows, pod operačným systémom Windows XP.

2.2 Voľba ovládacích prvkov

V zásade platí pravidlo, čím detailnejšie je virtuálny svet vypracovaný, tým je uveriteľnejší a simulácia je viac priblížená realite. Tieto výhody však so sebou prinášajú zložitú implementáciu a komplikovanosť celého ovládania, keď ani skúsenému užívateľovi nemusí byť jasné, ako sa kombinácie rôznych akcií prejavujú v hre samotnej.

Najdôležitejšie pri výbere prístupu a rozhodovaní, na ktoré sféry virtuálneho sveta sa zamerať, sú požiadavky, ktoré od programu očakávame. V práci som sa zamerlal na implementáciu inteligencie futbalových manažérov ovládaných počítačom. Tomu bola prispôbená zložitnosť ovládania hry. Volil som zväčša jednoduchší a menej detailný prístup, aby bolo možné akcie a udalosti vo virtuálnom svete, ľahšie analyzovať.

Primárnu úlohu pre rozhodovanie medzi úspešným a neúspešným pôsobením v klube zohrávajú výsledky súťažných zápasov. Manažér by preto mal mať možnosť svojím konaním výsledok zápasov ovplyvňovať.

Základným ovládacím prvkom je voľba taktiky na jednotlivé zápasy. Pod taktikou v projekte rozumiem okrem voľby spôsobu hrania, teda napríklad hernej formácie, aj voľbu základnej jedenástky, čiže voľbu hráčov, ktorí nastúpia na najbližší zápas a ich priradenie na jednotlivé posty v hernej formácii. Keďže taktika je najzákladnejší spôsob ako ovplyvniť priebeh a výsledok zápasu, nemala by možnosť jej voľby v ovládaní chýbať. V rámci voľby spôsobu hrania je možné nastaviť napríklad útočnosť mužstva, tempo hry, preferenciu určitého typu prihrávkov, či už podľa ich dĺžky, umiestnenia alebo rizika. Aby sa v programe nachádzala aspoň jedna z týchto možností ako popri zostave hráčov ovplyvniť zápas, rozhodol som sa implementovať možnosť nastaviť mužstvu rôznu útočnosť. V prípade, že manažér zvolí väčšiu útočnosť, prejaví sa to zvýšenou šancou na strelenie gólu, avšak táto výhoda je kompenzovaná menším zameraním sa na obranu a teda rovnako zvýšenou šancou na obdržanie gólu. V prípade, že manažér naordinuje svojmu mužstvu obrannú taktiku, prejaví sa to naopak v zníženej šanci na obdržanie a strelenie gólu.

Z možností, ktoré môžu ovplyvniť výsledok zápasu budú vynechané, také ktorým by vyhovovala možnosť zasahovať do zápasu počas jeho konania, resp. simulovania. Takýmito možnosťami sú napríklad zmena taktiky ako odzva na aktuálny stav, príhovor k hráčom, a dokonca aj možnosť strieďať hráčov, v prípade zranenia, či vylúčenia nejakého hráča základnej jedenástky. Na problémy, akým je vypadnutie hráča zo zostavy z dôvodu zranenia alebo vylúčenia, sa mimo vlastného priebehu zápasu reaguje veľmi obtiažne. Z tohto dôvodu bola simulácia zápasov uspokojená tak, že tieto situácie v zápasoch nenastávajú. Spomínaný problém je jedinou väčšou nevýhodou voľby futbalu ako simulovaného športu.

V úvode som spomínal medzi povinnosťami manažéra množstvo rozhodnutí, ktorými môže ovplyvňovať beh klubu aj mimo zápasov. Tu by som vyzdvihol hlavne možnosť obchodovať na trhu s hráčmi a takýmto spôsobom budovať svoj tím. Na cene sa budú musieť dohodnúť navzájom kupujúci aj predávajúci. Obchod nebude možné uskutočniť v prípade, že kupujúci tím nemá

dostatočné množstvo financií alebo v prípade, že by predávajúcemu tímu transferom klesol počet hráčov v mužstve pod minimum potrebných k odohratiu zápasov.

Ostatné možnosti ako zlepšiť situáciu v klube, ktoré boli spomínané v úvode, nebudú implementované, aby ovládanie zostalo čo najmenej komplikované.

2.3 Vstupné dáta

Vstupné dáta hlavného programu by sme mohli rozdeliť do troch čiastočne sa prekrývajúcich skupín, podľa toho v akej časti programu sú využívané.

V prvej skupine sú dáta potrebné k odsimulovaniu jedného zápasu. Sem patrí taktika mužstiev hrajúcich daný zápas a parametre hráčov. Taktická časť sa skladá z jedenástich hráčov, ktorí na zápas nastúpia, z formácie v akej budú hrať a z útočnosti mužstva. Aby bolo možné zápas správne odsimulovať sú potrebné aj parametre hráčov medzi ktoré patria tri atribúty reprezentujúce fyzické, mentálne a technické schopnosti hráčov. Nakoniec ako vstup simulátoru zápasov slúži aj inicializačné číslo pre pseudorandomný generátor použitý v programe.

V druhej skupine vstupných dát sa nachádzajú súpiscky jednotlivých mužstiev, informácie o hráčoch a zoznam všetkých dostupných hráčov v hre. Dáta z tejto skupiny slúžia modulu, ktorý predstavuje umelú inteligenciu manažérov ovládaných počítačom. Takýto “umelý” manažér potom zo súpiscky, podľa atribútov hráčov v mužstve, vyberie takú zostavu hráčov, ktorá nastúpi na najbližší zápas. Zoznam všetkých hráčov v hre je potom využívaný na nájdenie vhodných kandidátov na prípadnú kúpu.

Tretia skupina obsahuje vstupy týkajúce sa simulovania sveta mimo zápasov. Do tejto skupiny patrí zoznam zápasov, ktoré sa majú odohrať najbližší a ďalšie dni, a zoznam ponúk na kúpu a predaj hráčov, ktoré je potrebné spracovať. Okrem toho sú potrebné aj informácie o tímoch a hráčoch, ktoré sa využívajú medzi jednotlivými sezónami. Program musí vedieť koľko a ktoré tímy sa nachádzajú v lige, aby mohol vygenerovať rozpis zápasov na najbližšiu sezónu. Taktiež je nutné mať informácie o veku jednotlivých hráčov, pretože starší hráči sa môžu rozhodnúť ukončiť kariéru a z hry tak budú vylúčení.

2.4 Simulácia priebehu zápasu

Najjednoduchšou možnosťou určenia víťaza súťažného zápasu sa ponúka vymyslieť vzorec, ktorý by na základe parametrov hrajúcich futbalistov určil silu tímov a pomocou tejto sily by určil víťaza. Samozrejme by bolo treba do výpočtu vložiť určitý prvok náhody, veď v reálnom svete nie sú zriedkavé prekvapenia, keď papierovo slabší tím vybojuje cenné víťazstvo nad favoritom. Pri výpočte by náhoda a determinizmus mohli byť vyvážené napríklad tak, že v prípade rovnakých síl obidvoch hrajúcich mužstiev by boli šance na víťazstvo

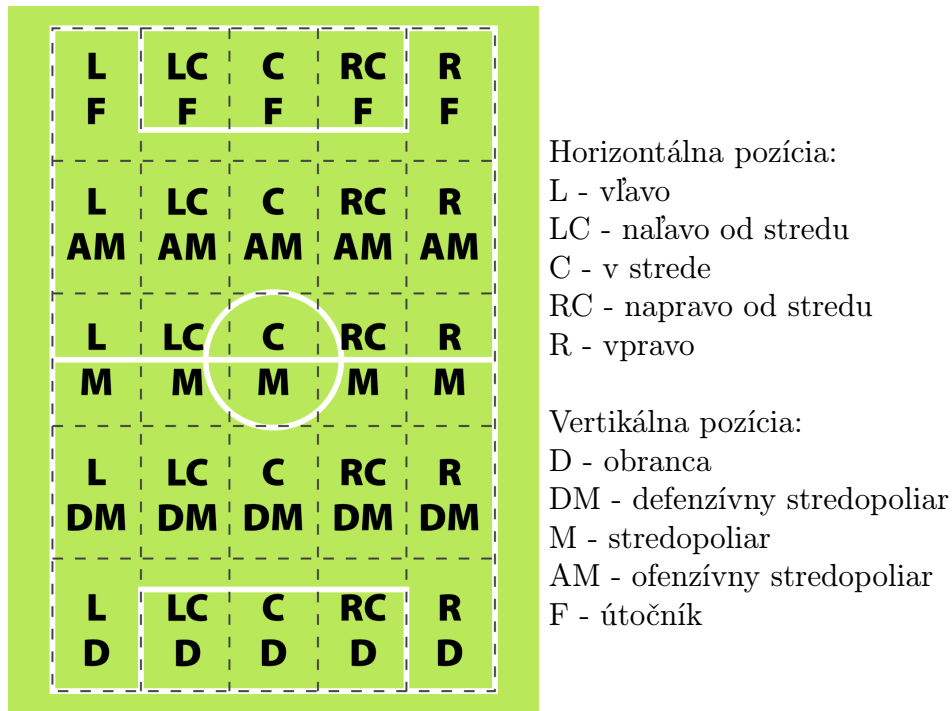
rovnaké, väčší rozdiel v silách tímov by potom posúval pravdepodobnosť výhry k favoritovi.

Takýto prístup má však v našom prípade množstvo nevýhod. Ak by sa výsledok zápasu počítal vzorcom, potom by triviálne existovala ideálna stratégia pre všetkých manažérov. Stačilo by iba vyskúšať rôzne kombinácie hráčov nominovaných na zápas spolu s rôznymi taktikami a formáciami. Na základe týchto pokusov by pri každej kombinácii vypočítali silu svojho mužstva a zvolili také nastavenie, aby sila mužstva bola čo najvyššia. Pri iných formách simulácie zápasu podobná stratégia nefunguje z dôvodu, že vhodnosť jednotlivých taktík závisí aj na taktike, akú zvolí súper. Vo výhodnosti taktík teda nemusí platiť tranzitívny prístup, môže sa stať, že taktika A funguje na taktiku B, taktika B vyhráva nad taktikou C, ale taktika C sa oplatí hrať, ak protivník použil taktiku A. Bez vedomosti, akú taktiku zvolí súper teda nemôžeme zvoliť jednoznačne najlepšiu taktiku. Tento problém sa dá vyriešiť tak, že silu tímov budem počítat nielen na základe svojej taktiky, ale na základe taktík oboch mužstiev. Samotný koncept počítat výsledok zápasu vzorcom má však aj ďalšie nevýhody. Pri zápasoch by sa problematicky generovali podrobnosti, ako napríklad strelci gólov, a problém by bol aj s následným rozšírením zobrazovania priebehu zápasu v grafickom 2D alebo 3D pohľade. Z týchto dôvodov som sa rozhodol tento prístup nepoužiť.

Iný prístup je simulovať priebeh zápasu realistickejšie s pohybom hráčov a lopty po virtuálnom ihrisku. Takáto simulácia jednoduchšie implementuje diskretné po krokoch. Počas grafického zobrazenia priebehu zápasu by však diskretnosť mohla ubrať simulácií na uveriteľnosti. Pri dostatočne krátkych intervaloch medzi jednotlivými krokmi je však možné dosiahnuť pomerne silnú ilúziu spojitaj simulácie tým, že diskretný pohyb hráčov medzi dvoma pozíciami sa rozloží do viacerých snímok, tak že počas trvania jedného kroku sa hráč objaví na viacerých pozíciách na ihrisku na ceste medzi jeho východzu a cieľovou pozíciou.

Simulácia na základe takejto diskretnaj simulácie je výborne popísaná v literatúre [1]. V celej kapitole sa tu autor veľmi intuitívne a zrozumiteľne venuje implementácii simulácie malého futbalového zápasu a podrobne analyzuje všetky súčasti v danej simulácii obsiahnuté. V jeho verzii hrajú futbal so zjednodušenými pravidlami na každej strane štyria hráči v poli a jeden brankár. Jeden z dôležitých faktorov vplývajúcich na celú simuláciu je autorovo rozdelenie virtuálneho ihriska na oblasti. Celé ihrisko rozdelil do osemnástich oblastí; po tri na šírku a po šesť na dĺžku ihriska. Hráči tak nemôžu mať na ihrisku ľubovoľnú pozíciu, môžu na nachádzať iba v jednej z osemnástich sekcií. Na základe svojej pozície v pevne definovanej formácii majú svoje základné miesto na ihrisku. Toto miesto sa posúva podľa toho, či ich konkrétny tím momentálne útočí, alebo sa bráni. Hráči sa samozrejme môžu zo svojho miesta vzdialiť, napríklad keď si hľadajú pozíciu kam by mohli dostať prihrávku, alebo keď utekajú za loptou. Vždy sa však na svoju pozíciu vo formácii vrátia. Autor pekne popísal napríklad pohyb hráčov po ihrisku, keď útočiaci hráči pri výbere novej pozície berú do úvahy fakt, či budú môcť z danej pozície ohroziť súperovu bránku a taktiež, či je trajektória prípadnej prihrávky blokovaná hráčom

súperovho mužstva. Pri rozhodovaní sa, či a kam hráč s loptou prihrá, je okrem spomínaných kritérií, implementovaná možnosť poslať loptu do susedného sektoru, ak je trajektória k súčasnému blokovaná. Prijímajúci hráč sa potom rozbehne do sektoru, kam prihrávka mieri, aby ju tam mohol prebrať. V celej kapitole autor okrem podrobného popisu algoritmu simulácie ponúka aj zdrojový kód k jednotlivým objektom, ktoré využíva, spolu s popisom všetkých relevantných funkcií a procedúr.

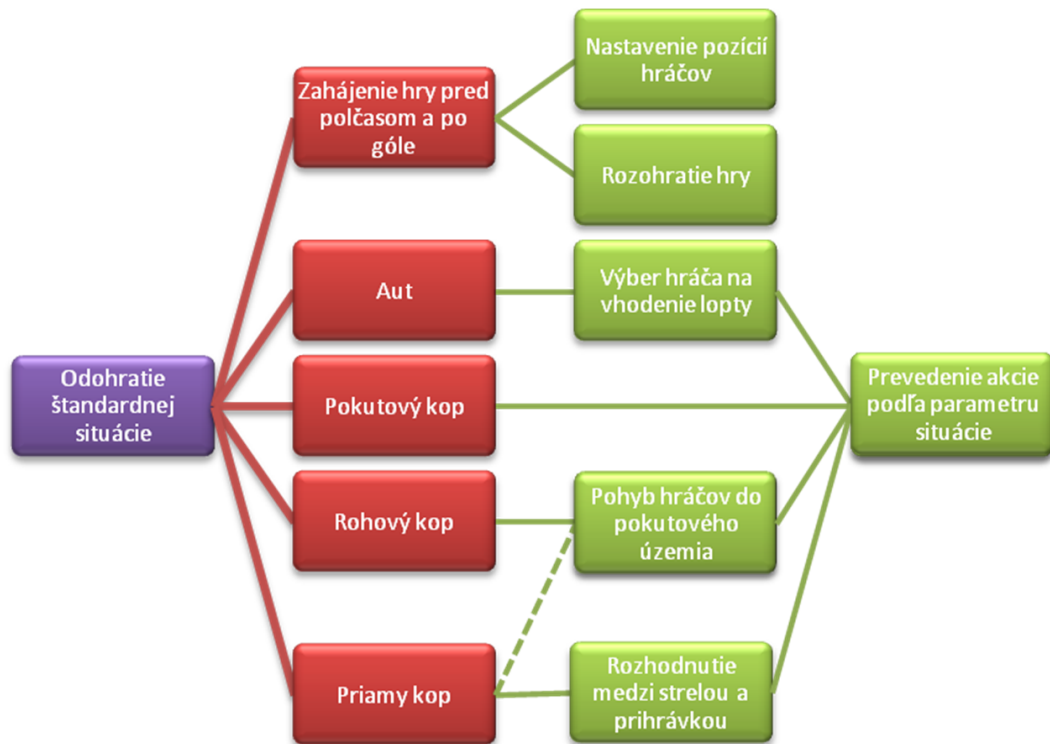


Obr. 2.3: Rozdelenie ihriska na zóny podľa pozícií hráčov

V predchádzajúcom odstavci bol spomenutý princíp, pri ktorom sa ihrisko rozdelí na zóny, a hráči tak majú svoju pozíciu na ihrisku danú iba aktuálnou zónou. Toto rozdelenie má samozrejme svoje výhody aj nevýhody. Medzi výhody patrí jednoduchšia implementácia, keď pri vyhodnocovaní pohybu hráčov má algoritmus iba konečný počet výsledných možností a teda môže jednoduchšie vybrať nejakú výhodnú. Medzi nevýhody patrí okrem iného menšia uveriteľnosť v prípade grafického zobrazovania priebehu zápasu. Vzhľadom na fakt, že v tejto práci sa na grafické zobrazenie a uveriteľnosť kladie menší dôraz, rozhodol som sa vo svojom projekte rovnako rozdeliť virtuálne ihrisko na sektory. Nepoužil som však rozdelenie na osemnásť sektorov, ale ihrisko som rozdelil na dvadsaťpäť sektorov; po päť na každej osi. K tomuto rozhodnutiu som dospel na základe možných pozícií vo formácii, na ktorých v skutočnosti hrajú. Zoznam týchto pozícií je možné vidieť napríklad na webstránke [5], kde sa po značnom zjednodušení dá vidieť päť rôznych súradníc na horizontálnej (na šírku ihriska) i vertikálnej (na dĺžku ihriska) osi. Graficky je toto rozdelenie zobrazené na obr. 2.3. Na rozdiel od spomínanej implemetácie sa však v našom prípade budú okrem brankára po ihrisku pohybovať nie štyria

ale desiatich hráčov, aby si simulácia zachovala základné črty reálnych futbalových zápasov.

Zobrazenie priebehu zápasu je realizované pomocou dvoch rozhraní. Prvé rozhranie dáva hráčovi počítačovej hry informácie o priebehu zápasu pomocou textových správ, ktoré popisujú aktuálne dianie na ihrisku. Implementácia spomínaného systému je veľmi jednoduchá a v rámci spätnej väzby manažérom ponúka väčšinu dôležitých informácií o zápase. Druhé rozhranie je jednoduché grafické zobrazenie v dvojrozmernom režime. Zobrazenie v 3D nebudem brať do úvahy, pretože ak má byť kvalitné, je natoľko obtiažne na implementáciu, že by pokrylo samostatnú prácu nemalého rozsahu a v tejto práci som sa zameriaval na iné sféry simulácie virtuálneho sveta.

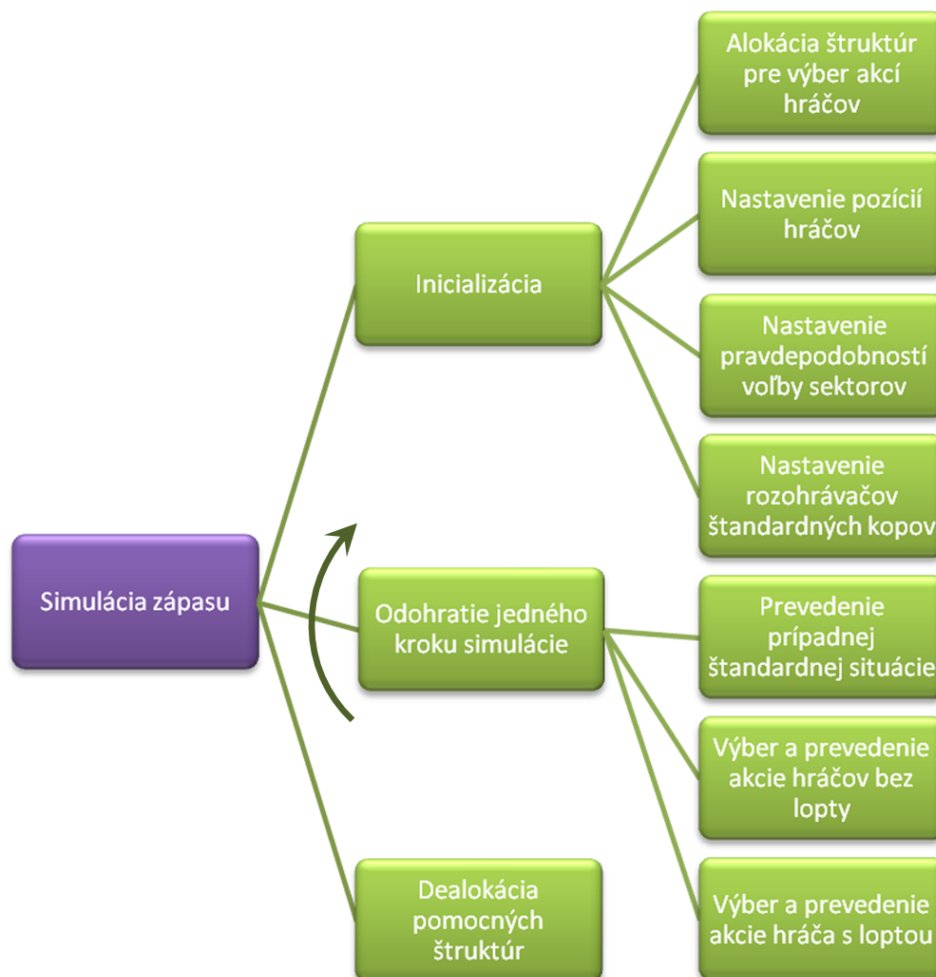


Obr. 2.4: Diagram spracovania štandardnej situácie

Ako už bolo spomínané v kapitole 2.2, v simulácii priebehu zápasu nebudú nastávať zranenia hráčov ani vylúčenia, pretože tieto udalosti by si vyžadovali priamu reakciu počas simulovania zápasu. Vzhľadom na fakt, že v hre nebudú nastávať vylúčenia, nebudú hráči za fauly dostávať ani žlté karty, ako upozornenie na možné vylúčenie. V simulácii však budú implementované fauly a po nich nasledujúce štandardné situácie. Tými môžu byť priamy alebo pukutový kop. Nepriamy voľný kop implementovaný nebude. Počas zápasu sa často stáva, že lopta skončí mimo ihriska a v takých prípadoch budú nasledovať príslušajúce situácie, ktorými sú aut, rohový kop a odkop od brány. Počas zápasu bude môcť nastať ofsajd, naopak však nebudú hráči porušovať pravidlá dotykom lopty s rukou, pretože toto porušenie pravidiel má pre hru rovnaký efekt ako bežný faul. Princíp simulácie štandardných situácií programom je graficky vyobrazený na diagrame 2.4. Prerušovaná čiara znamená,

že podúloha môže, ale nemusí byť súčasťou prevedenia danej úlohy. Červená farba buniek diagramu znamená, že z daných úloh sa zvolí iba jedna, ktorá bude programom prevedená.

Keďže manažéri majú k dispozícii možnosť meniť taktiku, musia sa takéto zmeny v priebehu zápasu náležite prejaviť. V rámci nastavenia taktiky môžu manažéri naordinovať svojmu mužstvu oproti štandardnej aj útočnú alebo obrannú stratégiu. Zmena stratégie sa na hre prejaví dvoma spôsobmi. Po prvé v prípade ak manažér nastaví svojmu mužstvu útočnú, (resp. obrannú) taktiku, hráči sa budú snažiť častejšie pohybovať bližšie k súperovej (resp. svojej) bráne. Druhým prejavom zmeny stratégie bude zmenené správanie hráčov v zóne blízko súperovej bránky. Ak bude tím viac útočiť, budú sa jeho hráči snažiť častejšie ohrozovať súperovu bránu strelami. Ak naopak zvolí tím defenzívnu stratégiu, bude sa snažiť zakončovať iba vo vyložených šanciach a bude sa snažiť udržať sa čo najdlhšie s loptou pod kontrolou ďaleko od svojej brány.



Obr. 2.5: Diagram simulácie zápasu

Pre lepšiu prehľadnosť je základná štruktúra algoritmu simulovania zápasu a rozdelenie úloh na podúlohy zobrazené na obr. 2.5. Šípka pri úlohe reprezen-

tujúcej odohratie jedného kroku simulácie znamená, že táto úloha sa opakuje viac krát, kým neuplynie hrací čas simulovaného zápasu.

2.5 Algoritmus výberu akcií futbalistov počas zápasu

V jednom kroku diskkrétnej simulácie si každý futbalista v poli zvolí práve jednu akciu, ktorú následne prevedie. Jedinou výnimkou sú brankári, ktorí v momente ak nemajú loptu, nemusia vykonať žiadnu akciu.

Prvým faktorom vplývajúcim na výber akcie, je skutočnosť, či má hráč pod kontrolou loptu. Pretože hráč bez lopty túto nemôže vystreliť alebo prihrať, jediná uskutočniteľná akcia je pohyb hráča po ihrisku.

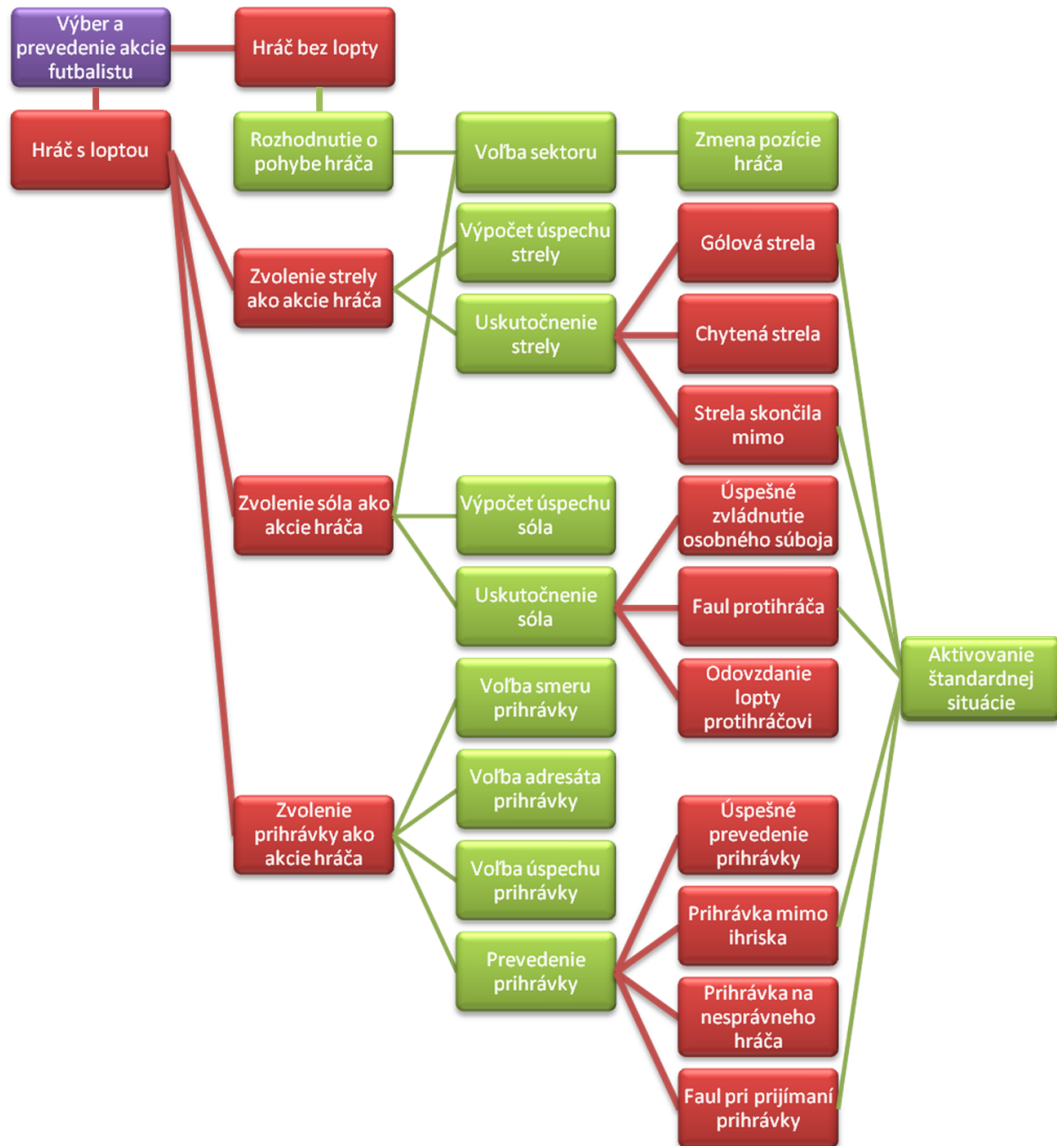
Algoritmus výberu novej pozície je veľmi jednoduchý. Prepracovať tento algoritmus do dokonalosti je prakticky nemožné, pretože sa nedá jednoznačne povedať, ktorá pozícia je pre hráča ideálna a taktiež nie je isté či by sa reálny hráč rozhodol pre pohyb na túto pozíciu, aj keby o jej výhodnosti vedel. Z toho dôvodu bol postup na výber novej pozície naimplementovaný čo možno najjednoduchšie. Hráč si v zásade iba náhodne vyberie jeden sektor a pohne sa smerom k nemu. Pravdepodobnosť sektorov na zvolenie nie je pre všetkých futbalistov rovnaká. Všetky pravdepodobnosti jednotlivých sektorov sú pre každého hráča vygenerované pred začiatkom zápasu a pre sektory platí, že najväčšiu pravdepodobnosť zvolenia má sektor prislúchajúci hráčovej pozícii a ostatné sektory majú tým menšiu šancu na výber, čím sú od pôvodnej hráčovej pozície ďalej. Jediný prípad, keď si hráč svoj cieľový sektor nevyberá náhodou, môže nastať v prípade, ak brániaci hráč stojí v sektore, v ktorom sa nenachádza žiadny súper, a v susednom sektore sa nachádza osamotený útočník súperovho mužstva. Aj v tomto prípade však môže nastať situácia, keď brániaci hráč nechá toho útočiaceho osamoteného, a to v prípade ak sektor obsadený útočiacim hráčom je tak ďaleko od brány, že z neho nie je vysoká pravdepodobnosť nebezpečného zakončenia, alebo v prípade, že si brániaci hráč útočiaceho tak povediac nevšimne. Šanca, že si hráč súpera v takejto situácii všimne, závisí od hodnoty atribútu zodpovedajúceho hráčovým mentálnym schopnostiam. Platí fakt, že čím je vyššia hodnota spomínaného atribútu, tým je menšia šanca na prehliadnutie súpera.

Hráč s loptou má na výber tri nasledovné akcie:

- Strelba na súperovu bránu
- Pohyb s loptou po ihrisku
- Prihrávka na spoluhráča

Počas následného prevedenia zvolenej akcie algoritmus rozhoduje o jej úspešnom či neúspešnom prevedení. O tom, či lopta prejde pod kontrolu hráča z opačného tímu, sa teda rozhoduje počas vykonávania akcie hráča s loptou. Ten bude v takom prípade v nasledujúcom kroku simulácie vystupovať ako hráč bez lopty a ako hráč s loptou bude vystupovať súper.

Pre pochopiteľnejšie popísanie algoritmu je tento graficky znázornený na diagrame 2.6. Opäť červené bunky diagramu znamenajú, že z daných úloh je zvolená práve jedna, ktorá bude prevedená, zatiaľčo zelená farba buniek znamená, že budú prevedené všetky znázornené podúlohy.



Obr. 2.6: Diagram algoritmu výberu akcií futbalistov

Výber strely na bránu ako zvolenej akcie, závisí najmä od hráčovej vzdialenosti od brány. Čím bližšie sa k nej hráč nachádza, tým je pravdepodobnosť strely väčšia. Druhým faktorom vplývajúcim na zvolenie strely ako akcie je počet hráčov súpera v rovnakom sektore, v akom sa nachádza potencionálne strieľajúci hráč. V simulácii platí, že ak je hráč tiesnený brániacim súperom, možnosť strelby klesá.

Ak sa už hráč rozhodne pre strelbu, algoritmus si spočíta dve pomocné pravdepodobnosti. Prvou je šanca, že sa hráčovi podarí bránu trafiť a prinútiť tak brankára zasiahnuť. Sem okrem vzdialenosti od brány patria aj hod-

noty hráčových atribútov reprezentujúce technické a mentálne schopnosti. V tomto prípade ide o presnosť strelby a schopnosť koncentrovať sa na strelu. Tou druhou je pravdepodobnosť, že strela mieriaca na bránu skončí gólom. Túto rovnako ovplyvňuje vzdialenosť a hráčove atribúty. Teraz je však už braný do úvahy aj fyzický atribút, ktorý v tomto prípade predstavuje silu strely. Takisto pravdepodobnosť ovplyvňujú aj atribúty brankára. Mentálny a fyzický atribút určujú, či brankár strele zabráni v ceste do brány a mentálny s technickým atribútom určujú, či sa brankárovi podarilo dostať loptu pod svoju kontrolu, alebo ju iba vyrazil na rohový kop, či do poľa k zvyšným hráčom.

V prípade, že sa hráč nerozhodne pre strelbu, má možnosť pohybovať sa s loptou po ihrisku alebo loptu prihrať spoluhráčovi. Voľba medzi týmito dvoma možnosťami je opäť ťažko rozhodnuteľná. Preto aj tu zvolím jednoduchý spôsob riešenia a výsledok nechám na náhodu. Aby však voľba nebola úplne náhodná, implementujem aspoň jeden modifikátor pravdepodobnosti. Dovolím si tvrdiť, že ak hráč neverí a myslí si, že nedokáže prejsť na lepšiu pozíciu bez toho, aby mu hráči súpera vzali loptu, skôr sa pokúsi o prihrávku. Túto voľbu preto algoritmus robí na základe rozdielu v súčte atribútov hráča s loptou a hráča súpera, ktorý by ho o loptu mohol potenciálne pripraviť. Ak je hráč s loptou výrazne slabší, s väčšou pravdepodobnosťou bude ako svoju akciu voliť prihrávku.

Keď sa hráč rozhodne ako svoju akciu vykonať pohyb po ihrisku, môže byť atakovaný blízkym hráčom súpera, ktorý sa ho snaží o loptu pripraviť. V takomto prípade šancu na úspech oboch hráčov zvyšuje vysoká hodnota ich fyzického atribútu. Môžeme si predstaviť, že tento atribút reprezentuje rýchlosť hráča a taký hráč bude skôr úspešný v osobnom súboji. Okrem fyzického atribútu na úspech vplývajú aj zvyšné atribúty, avšak ich vplyv je podmienený situáciou na ihrisku. Pre hráča, ktorý bráni súperovho útočníka je potrebné zabrániť mu v skórovaní a musí si preto udržať chladnú hlavu a zvládnuť tlak, pod ktorým sa nachádza. Pre brániaceho hráča má teda väčší vplyv na výsledok mentálny atribút. Naopak útočiaci hráč sa snaží využiť svoju techniku, aby vyhral osobný súboj a preto bude na jeho úspech viac vplývať technický atribút.

Poslednou možnou akciou je prihrávka na spoluhráča. Hráč sa musí rozhodnúť, na ktorého spoluhráča nasmeruje svoju prihrávku. Toto rozhodnutie je do tretice bez všeobecne najlepšej voľby. Preto aj tu bol zvolený jednoduchý postup a to, že hráč si náhodne vyberie sektor, kam chcel poslať loptu. Algoritmus potom vyberie spoluhráča, ktorý je k danému sektoru najbližšie. Ak ich je viac, náhodne zvolí jedného z nich. Smerovať prihrávku sa hráč častejšie snaží dopredu. Vyberá iba z tých sektorov, ktoré nie sú veľmi ďaleko. Ako limit pre dĺžku prihrávky boli zvolené dva sektory (teda asi polovica dĺžky ihriska) vo vertikálnom smere a štyri sektory (teda celá šírka ihriska) v horizontálnom smere. V prípade ak má prihrávka smerovať rôznobežne s oboma osami, jej dĺžka sa počíta pomocou euklidovskej metriky.

Prihrávka môže skončiť neúspechom v dvoch prípadoch. Jedným je situácia, ak príjemca prihrávky nedokáže loptu prijať, druhým je prípad ak prihrávku zastaví nejaký hráč súpera. Na minimalizovanie neúspechu na základe prvej

situácie, vplývajú technické atribúty oboch zúčastnených hráčov a mentálny atribút hráča posielajúceho loptu. Prihrávajúci hráč musí dať prihrávke presnosť a príjemca nesmie loptu minúť. Ak sa aj tak prihrávka nepodarí, loptu získa iný hráč v miestach, kam smerovala, alebo skončí za postrannou čiarou a nasledovať bude aut či odkop od brány. Druhou možnosťou neúspechu je zachytenie prihrávky súperom. Túto môžu zastaviť iba hráči, ktorí sa nachádzajú v sektoroch, ktorými prihrávka prechádza. Ich úspešné prerušenie akcie závisí okrem ich postavenia od kvality nahrávky, teda od atribútov prihrávajúceho hráča.

Pri uskutočnení prihrávky alebo strely existuje malá šanca, že bude táto zblokovaná. V takom prípade je náhodne zvolený sektor z trajektórie lopty a rovnako náhodne vybraný blízky hráč, ktorý loptu získa pod svoju kontrolu. Tak isto existuje šanca, že hráč brániaceho tímu fauluje hráča útočiaceho mužstva. Táto situácia môže nastať pri podstupovanom osobnom súboji, alebo pri prijímaní prihrávky.

Po faule vždy nasleduje štandardná situácia. Ak bol spôsobený v sektoroch v blízkosti brány, je šanca, že sa bude kopať pokutový kop. Vo zvyšných prípadoch a ostatných sektoroch vždy nasleduje priamy kop. Strela z pokutového kopu sa riadi podobnými pravdepodobnosťami ako štandardná strela rovnakého sektoru na streľbu. Priamy kop je riešený strelou alebo prihrávkou v závislosti od vzdialenosti miesta kopu od súperovej brány.

V prípade priameho kopu z útočnej polovice a v prípade rohového kopu sa do pokutového územia postavia vysokí hráči, u nás teda hráči s vysokou hodnotou fyzického atribútu. Ak má hráč hádzať autové vhadzovanie alebo ak brankár vykopáva loptu od brány, proces prebieha štandardným mechanizmom výberu prihrávky, s tým rozdielom, že v prípade autového vhadzovania je znížená maximálna dĺžka prihrávky.

Celý proces výberu akcie nemusí byť uskutočňovaný iba u brankárov. Proces sa aplikuje ak má brankár loptu, ktorú mohol získať iba úspešným zákrokom alebo, keď rozohráva kop od brány. Pre brankárov je však algoritmus zjednodušený, pretože z troch možných akcií, môžu vykonať iba prihrávku na spoluhráča.

Nakoniec vplyv taktiky na rozhodovanie hráčov, ako bolo popísané v predchádzajúcej sekcii práce, vplýva na pravdepodobnosti voľby sektorov ako cieľovej pozície hráčov a čiastočne deformuje výber akcií v útočnej zóne tým, že hráči sa snažia dlhšie udržať loptu pod kontrolou alebo naopak častejšie ohrozujú súperovu bránu.

2.6 Výstup simulátora

Základným výstupom simulátora ligy sú výsledky a priebehy zápasov. O textový výstup sa stará samostatný modul. Tento modul si pri štarte simulácie načíta zoznam správ, ktoré môžu tvoriť komentár zápasu. Každá správa má svoj textový kód, ktorým je ľahko identifikovateľná a hlavnú textovú časť, ktorá sa zobrazuje na výstup. Na miestach, kam sa do správ vkladajú dynamické údaje (napr. mená hráčov) sa nachádzajú špeciálne značky, ktoré sa

nahradia parametrami udanými pri žiadosti o pridanie správy do komentára. Pridanie novej správy do výstupného komentára sa volá počas simulácie zápasu procedúrou, ktorej ako vstup slúži kód správy a parametre určené na substitúciu. Texty správ sú uložené v textovom súbore, a nie je preto problém správy preštylizovať. Modul na textový výstup podporuje viac ako jeden takýto súbor, aby výstup v budúcnosti mohol byť vo viacerých jazykoch.

Z každého zápasu sú generované dva rôzne textové výstupy. Jeden popisuje všetko dianie počas celého priebehu zápasu, druhý výstup obsahuje iba správy zo zaujímavých situácií, akými sú napríklad strely na bránu a góly. Pri jednotlivých situáciách je zároveň zobrazený prislúchajúci časový údaj, v ktorom sa situácia v zápase odohrala.

Okrem textových výstupov program do databázy uloží informácie o polohe hráčov a lopty v jednotlivých krokoch simulácie. Na základe týchto údajov sa potom v užívateľskom rozhraní vygeneruje zjednodušené dvojrozmerné zobrazenie priebehu zápasu. Ukážky zo skráteného textového výstupu a grafického zobrazenia sú vyobrazené na obrázkoch 2.7 resp. 2.8.

Game ID	Time	Action
198	6	Syty runs with ball.
198	7	Shot by Syty.
198	7	It's a GOAL! Scored by Nidko Syty.
198	7	It's 1:0 now.
198	32	Cusewab runs with ball.
198	33	Shot by Cusewab.
198	33	It's a GOAL! Scored by Turynidy Cusewab.
198	33	It's 1:1 now.
198	45	It's half time.
198	46	Team My Team starts the play.
198	77	Zajuplyfoz runs with ball.
198	78	Shot by Zajuplyfoz.
198	78	It's a GOAL! Scored by Difyb Zajuplyfoz.
198	78	It's 1:2 now.
198	87	It's going to be a penalty!
198	87	Shot by Zajuplyfoz.
198	87	It's a GOAL! Scored by Difyb Zajuplyfoz.
198	87	It's 1:3 now.
198	90	It's over.
198	90	The final score is Team Name - My Team 1:3.

Obr. 2.7: Ukážka textového zobrazenia priebehu zápasu

Každý deň simulátor okrem odohratia súťažných zápasov uskutoční potvrdené prestupy, prideli alebo odoberie manažérom jednotlivé mužstvá a zodpovedajúce údaje v databáze aktualizuje.

Okrem každodenných požiadaviek má v deň na prelome starej a novej sezóny program ďalšie úlohy. V táketo dni program z hry ukončí kariéru a vymaže z databázy hráčov, ktorí už dosiahli vysokého vek. Na druhej strane zase vygeneruje nových mladých hráčov. Časť z týchto hráčov prejde priamo do jednotlivých klubov ako náhrada za odchod starých hráčov, časť ostane bez klubu



Obr. 2.8: Ukážka grafického zobrazenia priebehu zápasu

a manažéri si ich budú môcť do svojho klubu sami vybrať. Taktiež sa program postará o vytvorenie alebo zánik tímov, podľa požiadaviek administrátora.

Posledným dôležitým výstupom programu v deň začiatku novej sezóny je vygenerovaný rozpis zápasov na novú sezónu. Jednotlivé dvojice tímov sú generované algoritmom Round-Robin [9], ktorý garantuje, že počas sezóny každá dvojica mužstiev na seba narazí rovnaký počet krát, a že všetky zápasy sa odohrajú v minimálnom potrebnom počte hracích dní. Algoritmus rovnako dokáže vygenerovať rozpis tak, aby všetky tímy hrali rovnaký počet zápasov doma aj vonku.

2.7 Kontrola výsledkov simulátora

Vzhľadom na to, že simulácia futbalových zápasov je oproti realite značne zjednodušená, pri porovnaní s reálnymi zápasmi nikdy nebude dosahovať podobné výsledky. Overenie správnosti simulácie preto bude spočívať v overení

vplyvu vstupov na vygenerovaný výstup. Očakávam, že ak proti sebe nastúpia tímy s rovnakými hráčmi a rovnakou taktikou, tak dlhodobo budú vykazovať podobné výsledky. Vzhľadom na nemalý vplyv, náhody však jednotlivé zápasy nebudú vždy končiť remízou, ale objavovať sa budú výhry oboch mužstiev. Ak proti sebe nastúpi tím, ktorého hráči majú výrazne vyššie hodnoty atribútov, proti tímu so slabšími hráčmi, bude kvalitnejšie obsadené mužstvo vyhrávať väčšinu vzájomných konfrontácií.

Druhým významným faktorom pri určovaní priebehu zápasu je zvolená taktika. Pretože o jednotlivých formáciách v tomto momente nevieme povedať, či sú lepšie alebo horšie, pri analýze vplyvu taktiky budem študovať iba vplyv zvolenej útočnosti na výsledky zápasov. Predpokladajme, že ak budú proti sebe hrať kluby s útočnými taktikami, bude v zápasoch padať v priemere viac gólov ako v zápasoch, kde budú proti sebe hrať kluby s obrannými taktikami.

Aby výsledky testov boli reprezentatívne a eliminoval sa tak vplyv náhody, bola pri porovnávaní tímov zvolená vzorka 100 zápasov. V tabuľkách je uvedený pomer výhier, remíz a prehíer jednotlivých mužstiev v konfrontácií s ostatnými mužstvami.

Tabuľka 2.1: Porovnanie počtu výhier, remíz a prehíer porovnávaných tímov

	Slabý tím	Priemerný tím	Silný tím
Slabý tím	36 - 32 - 32	1 - 12 - 87	0 - 1 - 99
Priemerný tím		40 - 26 - 34	3 - 7 - 90
Silný tím			39 - 23 - 38

Tabuľka 2.2: Porovnanie vplyvu taktiky na priemerný počet gólov v zápase

Obranná taktika	1,41
Štandardná taktika	1,50
Útočná taktika	1,57

Z tabuliek sa dá vyčítať, že vplyv schopností futbalistov a zvolenej taktiky je dostatočný na to, aby sa dalo zaoberať jednotlivými prístupmi k automatickej voľbe taktických nastavení.

Kapitola 3

Modul pre automatickú voľbu hernej taktiky

Počítačom ovládaný manažér má pre svoju voľbu taktiky prístup k všetkým údajom v databáze. Modul bude mať k dispozícii všetky vstupné rozhrania, ktoré používa simulátor k svojim výpočtom. Samozrejme, v tejto práci implementované prístupy nebudú k svojmu spusteniu všetky tieto údaje potrebovať, táto možnosť však v programe ostáva pre prípad, ak aby bolo možné v budúcnosti naimplementovať aj modul spracovávajúci väčšie množstvo vstupných dát.

Implementované prístupy sa budú snažiť pre svoj tím nájsť najvhodnejšiu taktiku na základe údajov o svojich hráčoch. Keďže tím môže mať na súpiske množstvo hráčov, ktorí majú viac atribútov, budú mať implementované moduly množstvo vstupov. Toto množstvo môže byť pre identifikovanie správnej taktiky problematické, preto až na výnimky sa nebude pre zvolenie taktiky uvažovať zostava aktuálneho súpera, ale moduly sa budú snažiť nájsť najlepšiu taktiku dobre fungujúcu vo všeobecnosti na všetkých súperov.

Výstupom modulov bude jedenásta členná zostava hráčov nominovaných na najbližší zápas spolu s definovanou formáciou a útočnosťou, v akej majú zápas odohrať. Tento výstup modul zapíše do databázy a pre všetky rôzne prístupy bude povinný.

Jednou z požiadaviek na moduly pre automatickú voľbu taktiky je aplikovanie nejakej formy učenia. Učenie je možno definovať ako adaptáciu systému spôsobom, ktorý mu umožňuje plniť rovnaké úlohy s väčšou efektívnosťou. [4, kapitola 2.] Pre algoritmy slúžiace na výber hernej taktiky učenie spočíva v zdokonaľovaní výberu taktiky počas dlhodobého časového horizontu. Od modulu nie je požadované, aby volil ideálnu taktiku ihneď pri prvom spustení. Naopak, nedokonalosť algoritmu výberu vytvára priestor pre jeho vylepšovanie. Moduly teda odohrajú viac zápasov, z ktorých budú dostávať spätnú väzbu v podobe výsledkov zápasu. Cieľom je, aby naučený modul volil takú taktiku, ktorá bude častejšie vyhrávať.

Predtým ako budú moduly zapojené do samotnej ligy, mali by vedieť voliť aspoň z časti prijateľné stratégie. K ich naučeniu slúžia akési tréningové zápasy. Sú to zápasy, ktoré sú odohraté pre potrebu algoritmu učenia. Ten má

možnosť zvoliť všetky vstupné parametre simulácie a ako spätná väzba mu slúži výsledok zápasu. Tieto tréningové zápasy slúžia iba na podporu učenia modulov a ich výsledky sa vo virtuálnom svete neprejavajú.

Aby mohol modul reagovať na akúkoľvek prípadnú zmenu v algoritme simulácie, pre moduly sa nepredpokladá stav ideálneho naučenia. Aj naučené štruktúry budú môcť preferovanú taktiku prestať používať v prípade, že táto prestane byť účinná. Celý algoritmus učenia teda bude pokračovať aj pre naučené moduly, ktoré riadia mužstvá hrajúce prebiehajúcu súťaž.

Aby modul medzi jednotlivými behmi nezabudol dosiahnutý pokrok, nemusel sa učiť už naučené postupy a mohol aplikovať informácie naučené v predošlých behoch, bude svoju konfiguráciu ukladať do databázy. Pred každým behom si z databázy načíta poslednú konfiguráciu, ktorú sa bude snažiť vylepšovať. Táto konfigurácia preto taktiež patrí medzi vstupy a výstupy modulov.

3.1 Výber prístupov implementácie učiacich sa modulov

Podľa charakteru prostredia, v ktorom učitelia sa modul pracuje, sa možno prikloniť v jednotlivých prístupoch k implementácii algoritmu učenia. Ideálne sa algoritmus naučí pracovať s informáciami o virtuálnom svete, ak pochopí jeho zákonitosti, naučí sa predvídať výsledky svojich akcií a pochopí prepojenie medzi zvolenou taktikou a výsledkom zápasu. Toto prepojenie je však pomerne zložité a vôbec nie je triviálne jasné ako sa jednotlivé voľby v hre prejavujú. Keďže simulátor simuluje zápasy po krokoch, bez aplikácie nejakých jednoduchých vzorcov, nie je dopredu vidieť ako bude zápas prebiehať.

Simulátor by sa dal prirovnať k akejsi čiernej skrinke, ktorá dostane na vstup parametre hráčov a ako výstup povie výsledok a priebeh zápasu. Táto paralela s čiernou skrinkou zjavne ponúka aj jeden prístup k implementovaniu učiaceho sa modulu. Tým sú neurónové siete. Rovnako fungujú na netriviálnom princípe pripomínajúcom čiernu skrinku. Na vstup dostanú údaje a na základe svojej konfigurácie ich spracujú, aby mohli vygenerovať výstupné hodnoty. Hoci by sa na prvý pohľad mohol zdať tento prístup ako ideálne riešenie, prináša so sebou niekoľko veľkých problémov. Prvým problémom je obrovské množstvo vstupov a výstupov algoritmu. Neurónová sieť by tak mala veľa umelých neurónov a pri takom množstve by priveľká sieť mohla na svoje naučenie potrebovať množstvo času, ktoré nemôže dostať k dispozícii. Druhým problémom je interpretácia výstupov. Výstupmi neurónovej siete sú číselné hodnoty, výstupom algoritmu by však mala byť skupina zvolených hráčov a pozícií vstupov. Pri výbere jedného najlepšieho hráča, prípadne pozície, je možné vhodnosť voľby reprezentovať číslom a následne zvoliť výstup siete s najväčšou hodnotou. V prípade voľby väčšej skupiny hráčov, však tento hladový prístup nemusí fungovať, pretože prvá voľba môže znemožniť voľbu iných, často lepších kombinácií.

Proti rôznym súperom sa manažérovi môžu vyplatíť rôzne, teoreticky úplne

odlišné taktiky. Aby tieto taktiky algoritmus našiel, musí prehľadať celý priestor možných stratégií. Vyskúšanie všetkých možností však nie je možné pre nedostatok časových zdrojov. V práci sú preto popísané a implementované postupy, ktoré umožňujú nájsť výhodnú taktiku bez toho, aby sa prehľadával celý priestor možných taktík.

Prvý prístup je založený na optimalizačnej metóde často používanej v umelej inteligencii, v takzvanej horolezeckej metóde, známej pod anglickým názvom hill climbing. Táto metóda patrí medzi postupy lokálneho prehľadávania a jej aplikácia je možná ak je výstupom algoritmu iba jeden konkrétny stav prehľadávaného priestoru a nie je dôležitá cesta, akou sa k nej algoritmus dopracoval. Keďže výstupom učiacich sa modulov je taktika na najbližší zápas a nie cesta medzi počiatočnou a zvolenou taktikou, horolezecká metóda je pre tieto moduly prístupná.

Druhý prístup na rozdiel od predošlého prístupu využije optimalizačné metódy globálneho prehľadávania, konkrétne genetické algoritmy. Pre túto metódu je dôležité zakódovať jednotlivé taktiky do jednorozmerných sekvencií čísel alebo znakov rovnakej dĺžky. Jeden zo spôsobov takého kódovania, je napríklad zoradiť pozície vo formácii do jednorozmerného poľa a jednotlivým pozíciám priradiť hodnotu podľa toho, či sú obsadené futbalistami mužstva.

V oboch prístupoch bude algoritmus rozdelený na dve základné časti. Prvou bude voľba hernej formácie a druhou bude voľba hráčov, ktorí nastúpia na najbližší zápas. Voľba zostavy bude spočívať v identifikácii parametrov hráčov vhodných na jednotlivé pozície a následnom spárovaní pozícií vo zvolenej formácii a hráčov mužstva, ktorí sú k dispozícii na zápas.

V závere kapitoly je pre porovnanie implementovaný jednoduchý algoritmus založený na napodobňovaní stratégie súperov. Algoritmus si pred súťažným zápasom zistí, akú stratégiu používal posledný manažér, ktorý tohto súpera dokázal poraziť a použije príslušnú taktiku.

3.2 Spoločné predpoklady pre metódy učenia

Pre oba popísané a implementované prístupy k učiacim sa algoritmom je potrebné evaluovať jednotlivé taktiky, ktoré v priebehu hľadania najlepšej stratégie algoritmus spracuje. Na takéto porovnanie slúži takzvaná objektívna funkcia, v našom prípade budeme za jej hodnotu považovať výsledok testovacích zápasov. Tento výsledok je však do veľkej miery ovplyvnený rôznymi prvkami náhody a preto by hodnota objektívnej funkcie nemusela byť v skutočnosti úplne objektívna. Až príliš často by sa mohlo stávať, že by algoritmus podľa rozdielov výsledkov uznal jednu taktiku za lepšiu, pričom v drvivej väčšine prípadov by táto mohla vykazovať horšie výsledky. Preto pri simulácií testovacích zápasov sú prvky náhody obmedzené a pre získanie hodnoty objektívnej funkcie algoritmus simuluje väčšie množstvo testovacích zápasov.

Jedným z ďalších spoločných prvkov oboch metód je myšlienka voľby hráčov, ktorí majú byť priradení na jednotlivé pozície vo formácii. Spočíva v identifikovaní významu jednotlivých atribútov pre futbalistov hrajúcich na konkrétnych pozíciách. Následne sa na jednotlivé posty pridelia hráči, tak aby po

všetkých priradeniach atribúty hráčov čo najviac vyhovovali identifikovaným významom. Oba prístupy využívajú svoje metódy na identifikáciu dôležitých atribútov, následné priradenie hráčov je však pre oba prístupy rovnaké.

Priradenie hráčov sa vykonáva pomocou algoritmu na hľadanie maximálneho váženého párovania v bipartitnom grafe. Jednu skupinu vrcholov predstavujú pozície vo formácii, na ktoré treba nájsť vhodných futbalistov a druhú skupinu vrcholov predstavujú futbalisti v mužstve, ktorých je možné na pozície doplniť. Skupinu vrcholov tvoria v našom prípade teda všetci hráči v tíme okrem brankárov, ktorí majú svoju špeciálnu pozíciu. Medzi každým hráčom a každým postom vedie hrana, ktorej váha reprezentuje vhodnosť priradenia daného hráča na konkrétnu pozíciu. Preto je graf úplným bipartitným grafom. Vhodnosť hráča na daný post je daná súčtom hráčových atribútov, kde každý atribút je prenášobný koeficientom reprezentujúcim dôležitosť daného atribútu pre daný post.

Maximálne vážené párovanie v bipartitnom grafe je nájdené pomocou takzvaného Maďarského algoritmu. Algoritmus pre graf nájde vyhovujúce ohodnotenie vrcholov, to je také priradenie hodnôt vrcholom, aby pre každú hranu v grafe platilo, že súčet značiek na vrcholoch, ktoré spája, je väčší alebo rovný váhe hrany. Jedno takéto ohodnotenie sa dá triviálne získať, ak priradíme jednej skupine vrcholov nulovú hodnotu a pre vrcholy z druhej skupiny použijeme hodnotu rovnú najväčšej váhe hrany, z hrán do vrcholu vedúcich. Následne sa z bipartitného grafu vytvorí graf rovnosti, ktorý bude zo starého grafu obsahovať všetky vrcholy a práve tie hrany, ktorých váha bude rovná súčtu hodnôt vrcholov, ktoré spája. V tomto grafe sa nájde ľubovoľné párovanie. Postačujúce je aj triviálne prázdne párovanie, ktoré sa dá nájsť v každom grafe. Algoritmus potom hľadá v grafe cestu, na ktorej začiatku aj konci sa nachádza nespárovaný vrchol a počas cesty sa striedajú hrany, ktoré patria a nepatria do aktuálne nájdeného párovania. V prípade, že takúto cestu nenájde, algoritmus upraví ohodnotenie vrcholov a vytvorí nový graf rovnosti tak, že tento bude pod graf predchádzajúceho grafu rovnosti na množine všetkých jeho vrcholov a v novom grafe ostanú všetky dovtedy nájdené páry. Keďže algoritmus v každom kroku zväčší párovanie, alebo zmenší graf, musí sa jeho výpočet zastaviť. V momente skončenia behu algoritmu máme maximálne párovanie na grafe rovnosti, ktoré nám zároveň predstavuje maximálne vážené párovanie na pôvodnom bipartitnom grafe. Dôkaz tohto tvrdenia, ako aj dôkaz správnosti celého algoritmu spolu s jeho podrobným popisom je možné nájsť na adrese[6].

3.3 Horolezecká metóda

Horolezecká metóda, známejšia pod pojmom hill climbing, patrí medzi najznámejšie optimalizačné techniky v oblasti lokálneho prehľadávania. Aby sme ju mohli použiť musíme byť schopní jednotlivé riešenia porovnať a určiť, ktoré z riešení je lepšie. Algoritmus začína s náhodným stavom (teda s náhodnou taktikou), ktorý z pravidla nebýva ideálny. Potom prechádza susedné stavy, porovnáva hodnotu objektívnej funkcie a presunie sa do stavu s najvyššou hodnotou funkcie. Zmena stavu teda prebieha vždy iba jedným smerom, v

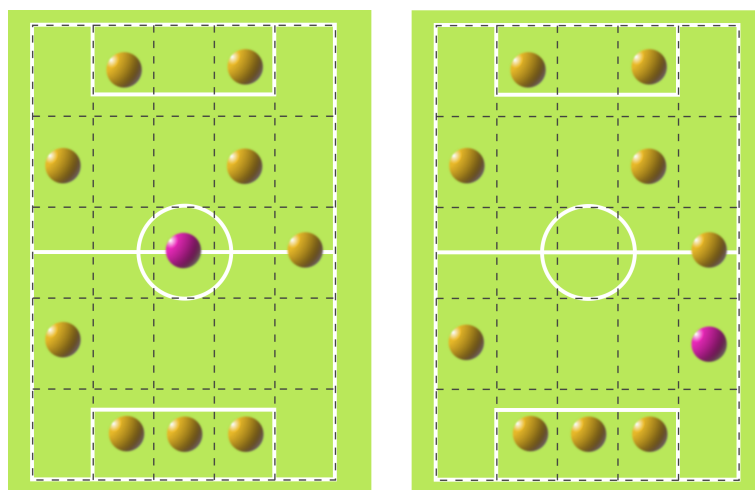
smere rastúcej objektívnej funkcie. Vďaka tomu získal algoritmus svoj názov.

V tejto práci budú okrem štandardnej implementácia algoritmu použité dve varianty vylepšujúce jeho činnosť. Sú to takzvané varianty prvej voľby a náhodných reštartov. Pri horolezeckej metóde prvej voľby sa pri voľbe nasledujúceho stavu neprehľadávajú všetky susedné stavy, ich prehľadávanie je ukončené v momente, keď nájdeme prvý stav s lepšou hodnotou objektívnej funkcie. Susedné stavy dokonca môžu byť volené náhodne. Tento variant sa používa v prípade, ak majú jednotlivé stavy množstvo susedov. Druhý variant použitý v práci je horolezecká metóda s náhodnými reštartmi. Jej využitie umožňuje algoritmu uniknúť z lokálneho maxima, ktoré by mohlo byť pre túto metódu neprekonateľným problémom.

Voľba taktiky a zostavy je rozdelená na dve fázy. V jednej fáze algoritmus hľadá najoptimálnejšiu formáciu a v druhej fáze sa na miesta v tejto formácii pokúša umiestniť najvhodnejších hráčov. Tieto fázy sa v priebehu hľadania taktiky striedajú, pretože po zmene formácie môžu byť na jednotlivé posty vhodnejší iní hráči a naopak pre nových hráčov môže byť výhodnejšia iná formácia.

Pre hľadanie optimálnej formácie je potrebné najprv získať počiatočný stav, resp. počiatočnú formáciu. Táto je zvolená náhodným výberom desiatich z dvadsiaticich piatich možných hráčskych pozícií. Jedenásta pozícia prináleží brankárovi mužstva, o ktorom sa predpokladá, že na zápas vždy nastúpi.

Za susedné formácie bude algoritmus považovať rozostavenia hráčov, ktoré sú rozdielne iba v jednej z desiatich pozícií. Počet takýchto susedných formácií sa môže blížiť až k niekoľkým stovkám. Keďže k získaniu hodnoty objektívnej funkcie je potrebné odsimulovať viacero testovacích zápasov, nájdenie najvhodnejšej susednej formácie by trvalo príliš dlho. Z tohto dôvodu sa neprehľadávajú všetky susedné formácie, ale algoritmus prejde do nového stavu v momente, keď nájde prvú formáciu, ktorej použitie dáva lepšie výsledky ako použitie formácie aktuálnej.



Obr. 3.1: Príklad susedných formácií

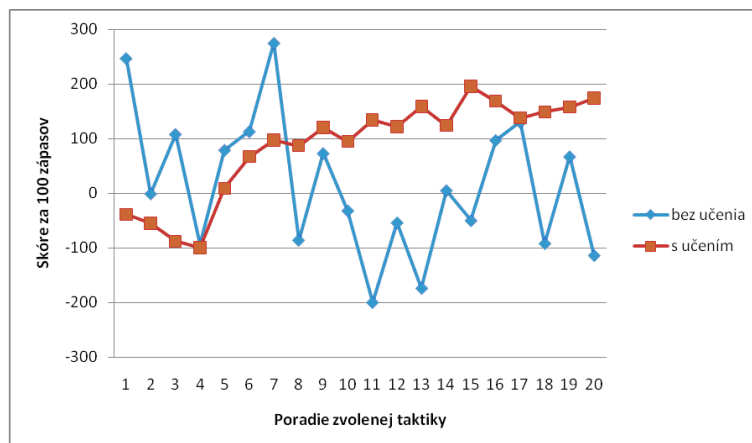
Po priradení hráčov na jednotlivé pozície sa s konkrétnou zostavou odo-

hrajú testovacie zápasy. Po odohratí týchto zápasov sa podľa výsledkov, teda pomeru vyhraných a prehraných zápasov, upravujú významy atribútov pre jednotlivé pozície. Ak bola taktika a voľba hráčov úspešná, význam atribútov sa posilní tak, aby viac vyhovoval hráčom, ktorých výber úspech priniesol. Ak naopak bola taktika neúspešná, význam sa upraví tak, aby hráči ktorých voľba neúspešný výsledok priniesla, nabudúce zvolení neboli.

Algoritmus voľby priradenia hráčov na konkrétne pozície na prvý pohľad horolezeckú metódu pripomína iba veľmi vzdialene, no oba prístupy majú mnoho spoločného. Oba prístupy fungujú na takzvanom “hladovom” princípe, pamätajú si iba aktuálny stav a v prípade, že je možné zmenou stavu dosiahnuť akékoľvek zlepšenie, zmenu stavu prevádzajú. V prípade algoritmu voľby hráčov je však voľba susedného stavu problematickejšia ako v prípade voľby formácie. Ak by sa malo postupovať rovnako, zvolila by sa jedna pozícia a susedný stav by bol dosiahnutý malou zmenou významu jednotlivých atribútov pre zvolenú pozíciu. Táto zmena by sa ale s nezanedbateľnou pravdepodobnosťou nemusela na taktike, predstavujúcej vstup pre simuláciu zápasu, vôbec prejaviť. Na jednotlivé pozície nemusia byť zvolení a z pravidla ani nebývajú zvolení ideálni hráči, pri nepatrnej zmene významu atribútov sa preto aj vhodnosť jednotlivých hráčov zmení iba nepatrne a často sa zmena vôbec neprejaví navonok zmenou najvhodnejšieho hráča. A keď sa aj zostava zvolených hráčov zmení, nemusí sa to ihneď prejaviť na výsledkoch simulovaných zápasov, lebo tie v sebe obsahujú množstvo náhodných prvkov, ktoré sa simulovaním väčšieho množstva zápasov odstránia iba z časti. Čas, kým by takáto implementácia horolezeckej metódy dokonvergovala k rozumnému výsledku, by nemusel pre túto prácu postačovať. Pri hľadaní vhodnej formácie je ponechaný pôvodný prístup, pretože je zaručené, že každá zmena formácie sa ihneď prejaví v simulácii zápasov a formácia bude preto k vhodným riešeniam konvergovať rýchlejšie. Aby bola rýchlosť konvergenzie riešenia aj pri voľbe hráčov dostatočujúca, musela byť metóda mierne pozmenená. Algoritmus nehľadá susedné stavy a neskúša ich vhodnosť, ale zvolí podľa aktuálne nastavených významov atribútov najvhodnejšiu zostavu a podľa výsledku simulovaných zápasov upraví významy u všetkých pozícií.

3.4 Výsledky horolezeckej metódy

Na analýzu výsledkov boli sledované výsledky zo zápasov používajúcich taktiky nastavené automatickým manažérom. Manažér po úvodnom spustení začínal s náhodne zvolenou taktikou a postupne ju v priebehu učenia sa zlepšoval, aby pravdepodobnosť výhry v nasledujúcich zápasoch stúpala. Algoritmus si dočasne najlepšiu taktiku ukladal do databázy aby ju pri nasledujúcich spusteniach mohol opäť zdokonaľovať. Postupný progres algoritmu bol monitorovaný v priebehu dvadsiatich sekvenčných spustení. Úspešnosť zvolenej taktiky bola po každom spustení overená viacnásobným spustením súťažného zápasu, aby sa eliminovali vplyvy náhody počas jeho simulovania. Ako je vidieť z grafu č. 3.2 algoritmus v priebehu jednotlivých behov volenú taktiku dokázal zlepšovať a tá bola po čase výrazne lepšia ako taktika zvolená na začiatku



Obr. 3.2: Výsledky horolezeckej metódy

algoritmu.

Pre porovnanie sú v grafe zobrazené aj výsledky dosiahnuté náhodne zvolenými taktikami počas rovnakého počtu behov. Z grafu je možné vyčítať, že v jednom prípade sa náhodným generátorom podarilo dosiahnuť taktiku, ktorá dosiahla lepšie výsledky ako relatívne vytrénovaný algoritmus. Dá sa však predpokladať, že algoritmus by po dlhšom čase a prípadných náhodných reštartoch dokázal svoju voľbu taktiky zdokonaľiť aj nad túto hranicu.

V grafe je vidieť aj častý pokles skóre taktiky zvolenej algoritmom. Tento pokles je však jednoduchým dôsledkom vplyvu náhody na simulovaných zápasoch. Chyba môže nastať pri ohodnotení taktiky algoritmom v priebehu učenia sa, ako aj pri záverečnom meraní úspechu taktiky. Hoci sa z nameraných hodnôt môže zdať, že úspešnosť taktiky klesla, pravda môže byť taká, že iba pri overovaní výsledkov zápasov náhodné vplyvy znížili výsledné skóre aj keď všeobecne by taktika môže dosahovať lepšie výsledky.

3.5 Genetické algoritmy

Genetické algoritmy sú jednou z heuristických techník v hľadaní globálne najlepšieho riešenia daného problému. Ich vznik bol z veľkej časti inšpirovaný biológiou a genetikou. Odtiaľ prišiel nielen ich názov, ale aj názvy jednotlivých štruktúr a krokov, ktoré tieto algoritmy používajú.

Pri genetických algoritmoch je potrebné jednotlivé riešenia zakódovať do jednorozmerného reťazca informácií, nazývaného genóm. V našom prípade každý takýto genóm reprezentuje jednu z možných zvolených stratégií. V genóme sú zakódované: útočnosť tímu, obsadenosť jednotlivých pozícií na ihrisku (formácia), a pre každú pozíciu, hodnoty reprezentujúce význam atribútov, pre danú pozíciu dôležitých. Konkrétne riešenie problému reprezentované genómom sa nazýva jedinec. Skupina viac jedincov, teda viac riešení, resp. v našom prípade skupina niekoľkých taktík sa nazýva populácia.

Prvým krokom algoritmu je inicializácia počiatočnej populácie. Úplne postačujúce je náhodne vygenerovať niekoľko formácií a významov atribútov.

Druhým krokom je vypočítať vhodnosť všetkých jedincov v populácii. Táto vhodnosť je výsledkom objektívnej funkcie, ktorá hodnotu počíta na základe simulovania testovacích zápasov s použitím danej taktiky. Po ohodnotení jedincov nasleduje cyklus, v ktorom sa genetickými operáciami tvorí nová a lepšia generácia jedincov. Všeobecne sa cyklus môže opakovať, kým sa nenájde ideálny jedinec, kým sa jedinci neprestanú zlepšovať, kým je na prevedenie ďalšieho opakovania dostatok času, či kým neprejde konečný počet iterácií. V tejto práci bol za podmienku ukončenia cyklu zvolený konštantný počet iterácií, pretože nie je možné o danom jedincovi vyhlásiť, že je ideálny. Vzhľadom na nenulový vplyv náhody nie je vylúčený dočasný pokles hodnôt objektívnej funkcie v populácii, preto ako podmienku terminácie nie je vhodné stanoviť zlepšovanie sa jedincov v populácii. [3, str. 119]

Tvorba novej generácie jedincov spočíva vo voľbe zdatnejšej časti jedincov, z ktorých sa potom krížením a mutáciou doplnia noví jedinci, aby ostala zachovaná veľkosť populácie. V tejto práci je na výber jedincov určených na tvorbu potomkov zvolený jednoduchý postup. Po spočítaní vhodnosti každého z jedincov sa zvolí tretina z nich, ktorej vhodnosť sa javí byť najlepšia. Zvyšné dve tretiny sa doplnia tvorbou nových potomkov. Pri tvorbe potomka sú vždy zvolení dvaja z jedincov predchádzajúcej generácie a na ich genómy sa aplikuje operácia kríženia a mutácie. Takto vzniknutý genóm potom reprezentuje nového jedinca.

Operácia kríženia pozostáva z voľby deliaceho bodu v genóme a časť v genóme po deliaci bod potomok dedí od jedného z rodičov a časť za deliacim bodom potomok dedí od druhého rodiča. V praxi sa okrem jedného deliaceho bodu používa aj varianta s dvomi deliacimi bodmi, keď časť genómu za druhým deliacim bodom opäť potomok dostáva od rodiča, od ktorého zdedil prvú časť genómu. V tejto práci je použitý špeciálny kompromis medzi oboma variantami. Genóm reprezentujúci jednu taktiku je možné formálne rozdeliť na dve časti. Prvou je zvolená mentalita a formácia, druhou je význam atribútov u jednotlivých pozícií. Preto sú pri krížení zvolené dva deliace body, každý v jednej z častí genómu. V druhej časti však deliaci bod nikdy nie je volený na mieste umiestnenom medzi hodnotami reprezentujúcimi atribúty jednej pozície na ihrisku, ale vždy je to medzi hodnotami dvoch rôznych pozícií, pretože význam atribútov pre jednu pozíciu tvorí formálne jeden údaj, udávajúci vhodnosť umiestnenia hráčov na danú pozíciu. Napriek voľbe dvoch bodov sa použitý prístup od varianty s dvoma deliacimi bodmi líši v umiestnení bodov, ktoré nemôže byť ľubovoľné. Zjednodušene sa dá povedať, že ide o dvojité kríženie s jedným deliacim bodom.

Po procese kríženia nasleduje fáza mutácie. V tejto fáze sa jedna základná informácia v genóme zmutuje, teda náhodne zmení svoju hodnotu. V prípade kódovania taktiky však existujú genómy, ktoré nezodpovedajú kódovaniu žiadnej z taktík a hoci pri počiatočnej voľbe jedincov takéto genómy neexistovali, krížením alebo mutáciami môžu vzniknúť. Preto vo fáze mutácie budú nastávať iba prípady, ktoré zodpovedajú nejakej hernej taktike, prípadne opravujúce genómy pochádzajúce z fázy kríženia, ktoré nezodpovedajú žiadnej taktike. Medzi jedincov, ktorí žiadnej taktike nezodpovedajú patria tí, u ktorých nie

je formácii zvolených práve desať pozícií pre hráčov v poli. Tieto genómy sú preto upravované pridávaním resp. uberaním náhodných pozícií z formácie, až kým táto nie je konzistentná. Aby však okrem nutných mutácií nastávala mutácia aj v druhej časti genómu, sú opäť obidve časti posudzované jednotlivo. V prvej časti okrem nutných mutácií už k ďalším mutáciám nedochádza, pretože často musí pri upravovaní formácie do konzistentného tvaru prísť k mutáciám viacerým a pre zachovanie ich priemerného počtu na nízkej hodnote už ďalšie prevádzané nie sú. V druhej časti nie sú žiadne nutné mutácie povinné a preto je vždy z tejto časti zvolený jedej základný prvok, ktorý prejde náhodnou zmenou. Za základný prvok je považované rozdelenie významov jednotlivých atribútov pre jednu danú pozíciu. Po prevedení mutácie v druhej časti už na novom jedincovi nie sú prevádzané žiadne ďalšie úpravy a môže preň byť vyčítaná hodnota objektívnej funkcie.

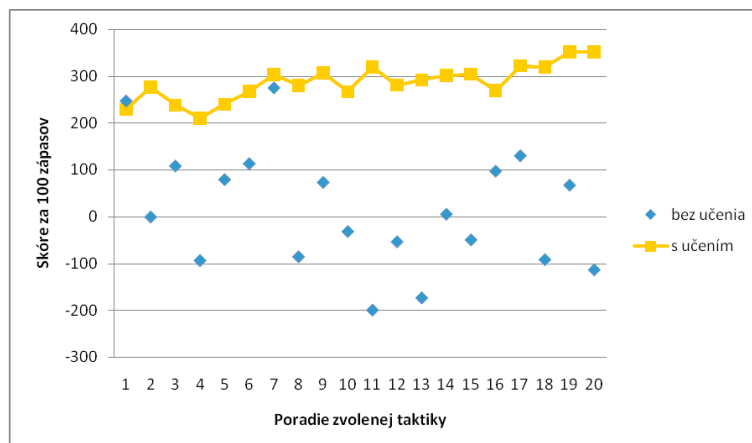
Po vytvorení pevného počtu generácií jedincov je najlepšie hodnotený jedinec zvolený za výstup algoritmu a podľa jeho genómu automatický manažér mužstva svojmu tímu nastaví taktiku na najbližší zápas. Na voľbu hráčov je rovnako, ako v prípade prechádzajúceho prístupu, použitý algoritmus na vážené párovanie v bipartitnom grafe.

Ako konfiguráciu svojho stavu si algoritmus ukladá do databázy genómy jednotlivých jedincov. Nie je však potrebné si ukladať celú populáciu, pretože slabšie hodnotená časť z nej bude pri tvorbe nasledujúcej generácie nahradená novými jedincami. Do databázy sa preto ukladajú iba jedinci, z ktorých bude krížením a mutáciami vytvorená nová generácia. Algoritmus si pri nasledujúcom behu načíta z databázy poslednú konfiguráciu, vytvorí zvyšných jedincov populácie a nemusí tak obetovať časové zdroje na opätovné tvorenie už raz vytvoreného.

3.6 Výsledky genetických algoritmov

Progres metódy implementácie automatického manažéra využívajúceho na voľbu taktiky genetické algoritmy bol testovaný rovnakým spôsobom ako výsledky získané použitím horolezeckej metódy. Pre získanie menej skreslených hodnôt boli zápasy simulované v režime s obmedzeným vplyvom náhody. Na overenie výsledkov zvolenej taktiky bola použitá vzorka sto zápasov. Ako indikátor úspešnosti taktiky bolo použité výsledné skóre z získané zo simulácie vzorku testovacích zápasov, teda rozdiel medzi celkovým súčtom strelených a inkasovaných gólov. Algoritmus bol opäť spustený dvadsaťkrát a dosiahnutý progres si medzi jednotlivými spusteniami ukladal do databázy. Výsledky volených taktík počas priebehu behov programu je opäť porovnaný s hodnotami získanými náhodne volenými taktikami.

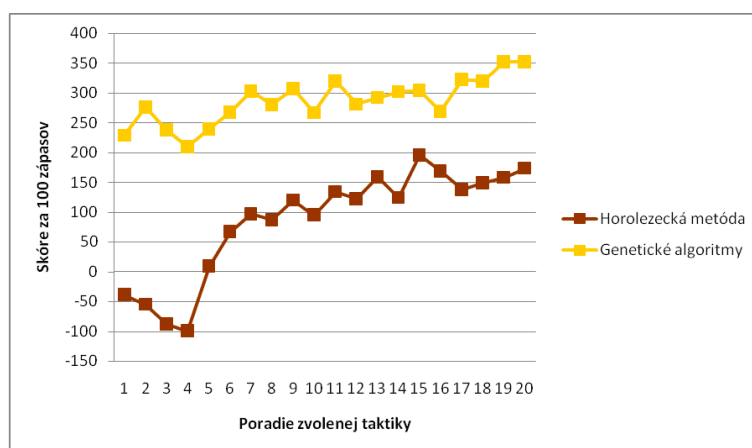
Úspešnosť algoritmu je zobrazená v grafe č. 3.3. Je vidieť, že genetické algoritmy si s voľbou vhodnej taktiky poradili dobre, výrazné zlepšenie je vidieť už pri prvých spusteniach. Následná stagnácia je dôsledok nájdenia lokálneho optima. Výborné výsledky záverečnej taktiky však naznačujú, že by v tomto prípade mohlo ísť aj o globálne optimum.



Obr. 3.3: Výsledky genetických algoritmov

3.7 Porovnanie použitých prístupov

Aby boli rozdiely v oboch prístupoch zreteľnejšie sú výsledné hodnoty získané aplikáciou oboch metód zobrazené spoločne v grafe č. 3.4. Pri testovaní oboch prístupov mal automatický manažér za súpera mužstvo s pevne stanovenou taktikou, rovnako aj hráči súpera boli počas všetkých spustení simulácie rovnako kvalitní. Algoritmus mal na výber zostavy futbalistov k dispozícii káder hráčov, ktorí sa svojimi parametrami vyrovnali súperovi. Celkový súčet parametrov bol teda u všetkých hráčov rovnaký. Aby sa však mohol pri zápase prejaviť význam atribútov u jednotlivých pozícií, ako ho vidí manažér určujúci taktiku, hráči mužstva nemajú hodnotu atribútov rovnakú, ale pri zachovaní konštantného súčtu sú hodnoty atribútov rôzne.



Obr. 3.4: Porovnanie oboch prístupov

Z výsledkov zobrazených v grafe č. 3.4 je vidieť, že prístup využívajúci genetické algoritmy dosahoval lepšie výsledky ako prístup s využitím horolezeckej metódy. Najväčší rozdiel je však pozorovateľný pri počiatkových taktikách. Dá sa preto predpokladať, že počiatková a najväčšia strata algoritmu horolezeckej metódy vznikla pri nešťastne náhodne zvolenej počiatkovej stratégii. Pri

genetických algoritmoch je toto riziko výrazne znížené viacnásobnou voľbou počiatočných náhodných taktík, z ktorých sa na tvorbu novej generácie taktík a na výber konečnej zvolenej taktiky použijú iba jedinci vykazujúci najlepšie predpoklady na úspech.

Okrem úspešných výsledkov zvolenej taktiky je pri porovnávaní algoritmov dôležité porovnať aj časovú náročnosť na výpočet voľby taktík. Tento čas sa dá jednoducho ovplyvňovať mnohými základnými nastaveniami. V prípade horolezeckej metódy môže ísť o počet iterácií hľadania susedných formácií, pri genetických algoritmoch zas o veľkosť populácie. V oboch prípadoch má na celkový čas potrebný k výpočtu obrovský vplyv počet zápasov, ktorých odsimulované výsledky tvoria vzorku určujúcu vhodnosť využitia konkrétnej stratégie. Čím je táto vzorka menšia, tým sú výkyvy a nepresnosť výsledku väčšie, čo vedie k následným častejším poklesom vo výsledkoch zvolenej stratégie, na druhej strane však výpočet trvá kratšie a za rovnaký čas program stihne vykonať viac behov samotného algoritmu, čo vedie ku kvalitnejšiemu záverečnému výsledku.

Vďaka nastaviteľnému počtu zápasov, ktoré treba odsimulovať počas jedného spustenia učiaceho sa algoritmu je ťažké porovnávať časovú náročnosť oboch prístupov. Preto sú v práci uvedené iba časy trvania dvadsiatich behov programov, pri konfigurácii, ktorej výsledky sú zobrazené a analyzované v tejto kapitole.

Približný čas potrebný na dvadsať behov programu je uvedený v tabuľke 3.1.

Tabuľka 3.1: Porovnanie času výpočtu dvadsiatich behov algoritmu:

<i>Prístup</i>	<i>Čas</i>
Horolezecká metóda	44 minút
Genetické algoritmy	29 minút

Z tabuľky je vidieť, že hoci prístup využívajúci genetické algoritmy vykázal lepšie výsledky, jeho výpočet bol ukončený za kratší čas.

Kapitola 4

Záver

Úlohou tejto práce bolo vytvorenie prostredia hry typu športového manažéra a implementovať počítačom ovládaných hráčov dvoma rôznymi metódami, ktoré mali byť na záver porovnané.

Implementácia virtuálneho futbalového sveta bola z veľkej časti prispôbená následnému začleneniu modulov pre umelú inteligenciu virtuálnych manažérov. Dôraz je preto kladený na jednoduchosť ovládania, boli zvolené pevné ovládacie prvky a aj na úkor menšej uveriteľnosti a menšiemu priblíženiu sa reálnemu svetu sú v simulácii iba najdôležitejšie súčasti skutočného prostredia.

Najdôležitejšou súčasťou simulačnej časti projektu je simulátor súťažných zápasov. Zápasy sú simulované na princípe diskkrétnej simulácie, po malých časových krokoch. Počas simulácie si hráči navzájom vymieňajú loptu a snažia sa streliť súperovi gól. Priebeh hry je okrem atribútov hráčov na ihrisku a aktuálnej taktiky ovplyvnený aj prvkami náhody, aby výsledok ostal aspoň z časti nepredvídateľný. V zápase môže nastať množstvo špeciálnych situácií od rohových kopov a autov, keď lopta opustí ihrisko, až po priame kopy a penalty, po fauloch hráčov súperovho mužstva. V zápasoch však nenastávajú vylúčenia a hráči sa v priebehu hry nemôžu zraníť.

Zápasy sú simulované vždy po dňoch podľa časového harmonogramu sezóny. Ten je vygenerovaný vždy na začiatku každej sezóny, tak aby každý tím hral s každým súperom rovnaký počet zápasov, aby tímy odohrali rovnaký počet zápasov ako domáci aj ako hostia a aby mužstvá odohrali v jeden deň maximálne jeden zápas. Na prelome novej a starej sezóny program vygeneruje mladých hráčov, vstupujúcich do virtuálneho sveta, a postará sa o odchod starých hráčov z hry.

Úspech a neúspech manažérov sa odvíja od výsledkov hraných zápasov. Tieto výsledky majú možnosť ovplyvňovať tvorbou zostavy a voľbou hernej taktiky. Manažéri volia hernú formáciu a majú na výber aj medzi útočnou a obrannou mentalitou. Formáciu tvorí vždy okrem brankára desať hráčov, z ktorých sa každý môže pohybovať na ihrisku na jednej z dvadsiatich piatich základných pozícií. Potom, čo si manažér zvolí desiatku herných pozícií, prideli na každú z nich jedného hráča zo svojho mužstva. Na základe zvolenej taktiky a výberu hráčov sa následne odsimuluje súťažný zápas, ktorého výsledok je správne závislý na voľbe manažérov mužstiev.

Na voľbu nastavení na zápas automatickými manažérmi boli zvolené dve metódy. Prvá sa opiera o bežný postup používaný v oblasti umelej inteligencie, horolezeckú metódu, známejšiu pod anglickým názvom hill climbing. Druhá metóda na voľbu taktiky využíva genetické algoritmy.

Obe metódy počas svojho výpočtu simulujú testovacie zápasy, v ktorých je obmedzený vplyv náhody na výsledok. Ďalším spoločným prvkom využitým v oboch algoritmoch je implementovaný algoritmus na vážené párovanie v bipartitnom grafe. V priebehu výpočtu každý prístup ohodnotí vhodnosť priradenia jednotlivých hráčov na každú z pozícií. Následne sa na každú pozíciu v hernej formácii priradia hráči mužstva, tak aby celková vhodnosť všetkých priradených hráčov bola čo najvyššia. Algoritmus párovania je implementovaný využitím takzvanej maďarskej metódy.

Algoritmus horolezeckej metódy štartuje výberom náhodnej taktiky a postupným prechodom cez priestor všetkých možných taktík sa snaží k dopracovať k tej, ktorá vykazuje najlepšie výsledky. Algoritmus využívajúci genetické algoritmy takisto štartuje s náhodnými formáciami, ale používa ich väčšie množstvo. Následným kombinovaním tých najlepších, zatiaľ získaných, taktík sa snaží svoju voľbu vylepšiť. Obe metódy si svoj progres ukladajú do databázy, v ktorej sú uložené všetky relevantné dáta, aby pri opätovnom spustení mohli v progrese pokračovať a nemuseli opakovať už raz odsimulované zápasy a učiť sa, čo sa už raz naučili.

Na overenie progresu metód boli viac krát zopakované voľby automatických manažérov a výsledok zápasu bol získavaný na vzorke mnohých zápasov, aby bol minimalizovaný vplyv náhody, ktorý by úspešnosť zvolenej taktiky mohol výrazne skresliť. Zo získaných výsledkov vyplýva, že úspešnejšia voľba taktiky a zostavy hráčov bola metóda využívajúca genetické algoritmy. Dosahovala lepšie výsledky, ku ktorým dokonvergovala za menší počet spustení učiaceho sa algoritmu.

Oba algoritmy dosahovali prijateľné výsledky na testovacích zápasoch, v ktorých boli z časti obmedzené prvky náhody. Na súťažných zápasoch, v ktorých sa vyskytujú väčšie a častejšie výkyvy, častejšie výhry outsiderov nad favoritmi, však algoritmy pri rovnakej konfigurácii nedosahovali očakávané výsledky. Uvoľnenie časti náhodných prvkov ešte na výslednú úspešnosť zvolených taktík nemali zásadný vplyv, zlom nastal až pri umožnení pohybu hráčov po väčšej časti ihriska a možnosti viac sa vzdialiť od základnej pozície vo formácii. Aby si algoritmy učenia dokázali s touto zmenou poradiť, musela byť výrazne zväčšená vzorka zápasov, na ktorej sa testovala úspešnosť zvolenej taktiky. Táto zmena síce pomohla vyriešiť nastávajúci problém, ale zmena v počte simulovaných zápasov priniesla svoju daň v podobe výrazného nárastu časových nárokov, keď jeden beh programu predĺžil svoje trvanie približne päťnásobne.

4.1 Možné vylepšenia projektu

V súčasnosti je na internete dostupné obrovské množstvo online futbalových manažérov. Príkladom dobre prepracovaného projektu je napríklad webstránka [10]. V projekte je zaregistrovaných viac ako sto päťdesiat tisíc užívateľov. Na

prvý pohľad je vidieť, že na projekte sa podieľa väčšie množstvo ľudí. Je pekne spracovaný graficky, ovládanie je detailne prepracované a hra ponúka dlhodobu kvalitnú zážitok. Hoci vo drvinej väčšine aspektov sa projekt vytvorený v tejto práci so spomínanou hrou nedá porovnávať, oproti nej navyše ponúka napríklad možnosť prehliadnúť si priebeh zápasu v dvoj-rozmernom grafickom vyobrazení alebo možnosť ponechať niektoré tímy ovládané umelou inteligenciou.

Čo sa týka vylepšení vytvoreného projektu, v simulácií virtuálneho športového sveta je možných zlepšení obrovské množstvo. Ide o všetky prvky a detaily, ktoré by simuláciu priblížili realite a urobili hru uveriteľnejšou. Množstvo z týchto prvkov bolo spomenutých v kapitole dva, a všetky boli nakoniec z implementácie vynechané, aby sa zachovala jednoduchosť ovládania a menšie množstvo ovládacích prvkov. Ich väčšie množstvo by následne viedlo ku výrazne komplikovanejšej implementácii počítačom ovládaných manažérov. Za zmienku stojí okrem možnosti komunikácie s hráčmi napríklad detailnejšie spracovanie atribútov hráčov, možnosť rozširovať kapacitu štadióna, či možnosť interakcie s médiami.

Najmenší vplyv na implementáciu umelej inteligencie by malo detailnejšie spracovanie priebehu zápasu. Aj tu sa ponúka nespočetné množstvo väčších či menších vylepšení, či už je to možnosť meniť tempo hry, smerovanie prihrávok alebo agresivita hráčov v osobných súbojoch. Výrazný posun v uveriteľnosti by prinieslo aj dokonalejšie rozhodovanie hráčov v otázke pohybu po ihrisku a v otázke smerovania svojich prihrávok. Hráči by mohli prihrávky smerovať do voľného priestoru, alebo by mohli kombináciami na jeden dotyk prechádzať cez statických súperov. Taktika by sa mohla upravovať v priebehu zápasu, ako odpoveď na aktuálny stav. Na výkon hráčov by takisto mohla vplývať kondícia, morálka alebo zdravotný stav. Takýchto zmien je možné uskutočniť obrovské množstvo. Okrem nedostatku času na ich implementáciu proti nim však hovorí aj strata prehľadnosti a jednoduchosť v súčasnej implementácii simulácie futbalových zápasov. Pokiaľ by tieto zmeny nepriniesli dramatický nárast v uveriteľnosti simulácie, ich zakomponovanie môže byť pre projekt iba malou výhodou.

Pre počítačom ovládaných manažérov nie je daná horná hranica dokonalosti. Vždy existuje možnosť ako ich správanie vylepšiť. Od využitia ďalších prístupov, ktoré v tejto práci neboli spomenuté. Mohlo by ísť napríklad o jednoduché opakovanie taktík úspešných súperov, hľadanie podobností a následnej klasifikácií menej a viac výhodných taktík, priradovanie pripravených taktík na jednotlivé typy taktík súperov. Automatický manažér by takisto mohol predvídať taktiku, ktorú použije jeho súper a podľa toho sa na súťažný zápas pripraví. Mimo taktiky na zápas by napríklad mohli vedieť nakupovať hráčov vhodných pre svoj tím a predávať hráčov nepotrebných. Mohli by vedieť vyjednávať o cene hráčov. Niektoré metódy takéhoto vyjednávania sú popísané napríklad v literatúre [2, kapitola 4.]. K nákupu drahších hráčov by sa mohli prikloniť napríklad v situácii, ak by bojovali o víťazstvo v celej sezóne.

Mimo zlepšení v hlavnom programe sa na projekte dá vylepšiť napríklad užívateľské rozhranie, na ktoré nebol v práci kladený veľký dôraz.

Literatúra

- [1] Buckland M.: *Programming Game AI By Example*, Wordware, 2004.
- [2] Camerer C.: *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*, Princeton University Press, 2003.
- [3] Mařík V., Štěpánková O., Lažanský J. a kolektiv: *Umělá inteligence 3*, Academia, 2001.
- [4] Michalski R., Carbonell J., Mitchell T.: *Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach*, Springer-Verlag, 1983.
- [5] *Association football positions - Wikipedia, the free encyclopedia*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Association_football_positions/
- [6] *Bipartite Matching & the Hungarian Method*,
www.cse.ust.hk/~golin/COMP572/Notes/Matching.pdf
- [7] *Black & White*, <http://www.lionhead.com/bw/>
- [8] *MySQL++*, <http://tangentsoft.net/mysql++/>
- [9] *Round-Robin tournament - Wikipedia, the free encyclopedia*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Round-robin_tournament/
- [10] *Soccer manager.com Free online football manager game*,
<http://www.soccermanager.com/index.php/>