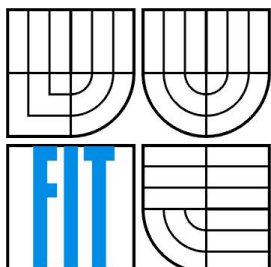


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

# DŮVĚRA A REPUTACE V DISTRIBUOVANÝCH SYSTÉMECH

TRUST AND REPUTATION IN DISTRIBUTED SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. ONDŘEJ MALAČKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. FRANTIŠEK ZBOŘIL, Ph.D.

BRNO 2009

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je navrhnout a implementovat agentní systém, zabývající se obchodováním se sportovci. Na tento systém bude možné aplikovat principy důvěry a reputace. Implementace tohoto systému je realizována v jazyce pro programování agentů Jason. Agenti zde vystupují jako manažeři týmů. Jejich hlavním cílem je co největší finanční zisk týmu. Prostředí agentů se mění odehráváním zápasů mezi jednotlivými týmy. Na základě odehraných zápasů, mohou manažeři zhodnotit cenu konkrétních hráčů pro tým a obchodovat s hráči tak, aby to týmu přinášelo co největší zisk. V systému se ovšem mohou vyskytovat nedůvěryhodní agenti, kteří se snaží svým nekorektním jednáním nadhodnotit hráče. V rámci diplomové práce budou provedeny experimenty s cílem porovnat přínos aplikace principů důvěry a reputace.

## **Abstract**

The goal of this master's thesis is to design and implement agent system for dealing with sportsmen. It will be possible to apply trust and reputation principles on this system. This system is implemented in Jason agent language. Agents there posing as sports club managers. The main target of these managers is to have the maximal profit. The environment of agents is changing by playing the matches between the teams. Players quality evaluation follows the played matches. Based on played matches, managers can evaluate the worth of each player and trade them in order to achieve the maximal possible profit. Untrustworthy agents take a place in this system. These agents overvalue their players using incorrect behavior. The experiments will be made within this masters's thesis in order to compare gain of application trust and reputation principles.

## **Klíčová slova**

Agent, BDI, jazyk Jason, praktické usuzování, důvěra, reputace.

## **Keywords**

Agent, BDI, language Jason, practical reasoning, trust, reputation.

## **Citace**

Ondřej Malačka: Důvěra a reputace v distribuovaných systémech, diplomová práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2009

# Důvěra a reputace v distribuovaných systémech

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením

Ing. Františka Zbořila, Ph.D.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....  
Ondřej Malačka

23.5.2009

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Františku Zbořilovi za poskytnutou pomoc při realizaci diplomové práce.

© Ondřej Malačka, 2009

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.*

# Obsah

Obsah.....	1
1 Úvod.....	3
2 Agentní systémy.....	5
2.1 Autonomní agent.....	5
2.2 Charakteristika agenta.....	5
2.2.1 Inteligentní agenti.....	6
2.2.2 Klasifikace prostředí agenta.....	6
2.2.3 Agenti jako systémy řízené záměrem.....	7
3 Agentní model BDI.....	8
3.1 Praktické usuzování.....	8
3.2 Architektura BDI.....	9
4 Jason, jazyk pro programování agentních systémů.....	11
4.1 Znalosti.....	11
4.2 Cíle.....	12
4.3 Plány.....	12
5 Klasifikace modelů důvěry a reputace.....	14
5.1 Zdroje pro získání informací.....	14
5.1.1 Přímé zkušenosti.....	14
5.1.2 Nepřímé informace.....	14
5.1.3 Informace založené na rolích v systému.....	14
5.1.4 Skupinové předsudky.....	15
5.2 Typy viditelnosti.....	15
5.3 Kontextová závislost.....	15
5.4 Předpokládané chování agentů.....	15
5.5 Typ informace specifikující důvěru a reputaci.....	16
5.6 Spolehlivost informací.....	16
6 Výpočetní modely důvěry a reputace.....	17
6.1 Centralizované reputační model.....	17
6.1.1 Ebay reputační model.....	17
6.1.2 Sporas.....	17
6.1.3 Histos.....	17
6.2 Decentralizované modely důvěry.....	18
6.2.1 Jurca and Faltings.....	18
6.2.2 Regret.....	18

6.2.3 Schillo et al.....	19
6.2.4 TRAVOS.....	19
6.2.5 FIRE.....	19
6.2.6 Yu and Singh.....	20
6.2.7 Sen and Sajja.....	20
7 Základ modelu realizovaného systému.....	21
7.1 Prvky prostředí.....	22
7.2 Výpočty spojené s prostředím.....	24
7.2.1 Výpočet zápasů.....	24
7.2.2 Hodnocení týmu v zápase.....	26
7.2.3 Hodnocení hráčů za zápas.....	26
7.2.4 Zlepšování hráče po každém kole.....	26
7.3 Základní záměr manažera týmu.....	26
8 Popis implementace agentů v systému.....	28
8.1 Agent – manažer týmu.....	28
8.1.1 Hlavní cyklus manažera týmu .....	28
8.2 Agent – trh.....	38
9 Implementace prostředí agentů.....	41
9.1 Třída Liga.....	41
9.2 Ostatní třídy prostředí.....	43
10 Důvěra a reputace v systému.....	45
10.1 Model důvěry a reputace použitý v systému.....	46
11 Experimentování se systémem.....	51
12 Závěr.....	64
Literatura.....	66
Seznam příloh.....	68

# 1 Úvod

V dnešní době přináší především internet nespočet možností k jeho využití, ale také vzniká řada problémů, které je nutné nějak řešit. Často by bylo vhodné některé procesy automatizovat. Také jsou oblasti, ve kterých je vhodné znát důvěryhodnost subjektů, kteří se v daném systému vyskytují, jelikož by to bylo z principu systému výhodné. Právě těmito oblastmi se diplomová práce bude zabývat. Automatizaci činností člověka je možné realizovat delegováním jeho jednání na softwarové agenty, kteří budou jednat v jeho zájmu. V reálných systémech se pak často může vyskytovat více takovýchto agentů, jednajících pro více lidí a takovéto distribuované systémy jsou pak označovány jako multi-agentní. Konkrétní oblast zájmu pak bude soustředěna na obchodování. To často může probíhat, aniž bychom mohli mít detailní informace o výrobku a především o prodejci, který se může pokoušet subjekt obchodování nadhodnotit a bude tedy vhodné takovýmto problémům předcházet, nebo s nimi alespoň počítat. Jedním ze způsobů, jak takovýmto problémům předcházet jsou modely důvěry a reputace. Interakce mezi agenty jsou v těchto modelech hodnoceny podle jejich výsledků a použity při rozhodování o volbě partnera následující interakce.

Jako první je v rámci diplomové práce navržen a implementován základ systému, který simuluje fotbalového prostředí z hlediska jeho struktury a běhu (tedy prostředí agentů). Systém je implementován v programovacím jazyce Jason, který je založen na BDI architektuře. Po té jsou vytvořeni agenti – manažeři týmu. Tito agenti jsou vždy spjatí s konkrétním týmem a jejich záměrem je generovat co největší zisk týmu. Tento systém je pak rozšířen o principy důvěry a reputace a na něm provedeny experimenty.

Kapitoly 2,3 a 4 popisují teoretické základy týkajících se agentů, jejich konkrétní architektury a implementace. Kapitola 2 se zaměřuje na agenty jako takové. Vysvětluje, co lze za agenta považovat, co musí agent splňovat, aby mohl být považován za inteligentního a v jakém prostředí se mohou agenti vyskytovat. Kapitola 3 popisuje agentní model BDI, na kterém je založen jazyk pro programování agentů Jason, který je popsán v kapitole 4.

Kapitoly 5 a 6 se zabývají modely důvěry a reputace. V kapitole 5 je popsána základní klasifikace modelů důvěry a reputace podle různých parametrů. V kapitole 6 jsou pak popsány vybrané modely důvěry a reputace.

Kapitola 7 popisuje základ navrženého systému fotbalového simulátoru. Tento systém umožňuje realizovat výpočty. Na základě těchto výpočtů, budou moci agenti zhodnotit aktuální situaci a rozhodovat se o dalších krocích, které se budou zabývat základní činností běhu týmů a obchodování s hráči, s cílem co největšího peněžního zisku pro tým.

V kapitole 8 je popsán návrh agentů. Nejdůležitějším agentem je manažer týmu, který spravuje tým, s nímž je pevně spjat. Dále je v kapitole popsán pomocný agent realizující trh pro obchodování se sportovci.

Agenti provádějí svou činnost v prostředí, na jehož změny také reagují. Právě kapitola 9 popisuje, jak je navrženo a implementováno toto prostředí.

V kapitole 10 je popsán model důvěry a reputace, který byl v rámci diplomové práce navržen a dále ověřen jeho přínos v navrženém systému.

Tento přínos je ověřen pomocí experimentování s realizovaným systémem. V kapitole 11 jsou popsány a rozebrány výsledky tohoto experimentování.

Tato diplomová práce navazuje na semestrální projekt, z kterého byly převzaty kapitoly 2,3,4,5 a 6. Jsou to především teoretické základy diplomové práce.

## 2 Agentní systémy

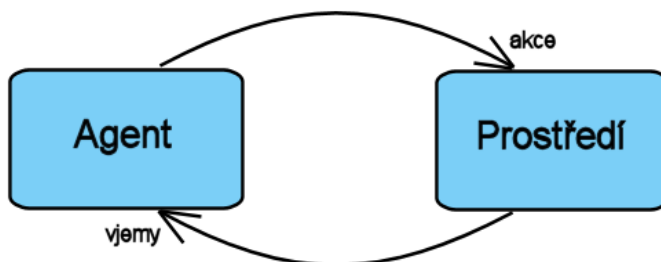
Tato kapitola popisuje teoretické základy týkající se agentních systémů. Informace na kterých je tato kapitola postavena, jsou čerpány z literatury [1], [15] a [19].

### 2.1 Autonomní agent

Pro pojem agent neexistuje univerzální definice a má několik významů v různých oblastech. Většinou se však jedná o osobu, která jedná v zájmu někoho jiného. V oblasti informačních technologií se většinou setkáváme s umělým agentem. Umělý agent ovšem neoznačuje osobu, ale člověkem vytvořené dílo (například softwarová aplikace, nebo třeba termostat). Základní vlastností umělého agenta je autonomie, která ho odlišuje od pasivních prvků (například objektů). Autonomie se projevuje tak, že se agent rozhodne sám, jak daný úkol vyřeší. Agentem je také nazýván proto, že se od něj očekává určitá aktivita. Vložíme-li jej tedy do prostředí za účelem dosažení určitých cílů, očekáváme, že bude aktivně tyto cíle sledovat a jednat tak, aby jich dosáhl, aniž bychom mu museli dávat detailní informace, jak těchto cílů dosáhnout.

### 2.2 Charakteristika agenta

Jednání agenta probíhá vždy v nějaké části reality a říkáme tedy, že agent je situován v určitém prostředí (prostředím může být myšleno fyzické v případě termostatu, nebo softwarové v případě softwarového agenta). Tím je myšleno, že agent je schopen na základě vjemů z prostředí získaných senzory ovlivňovat prostředí vykonáváním akcí pomocí efektorů. Agent většinou nemá plnou kontrolu nad prostředím a může ho pouze ovlivnit do určité míry, na základě repertoáru jeho akcí. Akce mohou být použity pouze v určitých situacích, které jsou dány předpoklady pro jejich vykonání. Hlavním úkolem agenta je tedy rozhodování, jaké akce vykonat na základě informací získaných senzory.



Obr. 2.1: Schéma modelu agenta

V následujících podkapitolách budou vysvětleny základní pojmy týkající se agentů.

## 2.2.1 Inteligentní agenti

Každý řídicí systém je možné považovat za agenta. Například termostat jedná samostatně na základě teploty v místnosti (tedy jeho prostředí). Senzory snímají teplotu a zjistí, zda je teplota nízká, nebo v pořádku a na základě toho je vybrána akce zapnutí nebo vypnutí topení. Takového to agenta ovšem těžko můžeme považovat za inteligentního. Musíme si tedy položit otázku, co musí splňovat agent, aby mohl být považován za inteligentního. Podle Wooldridge a Jennings [16] by měl mít inteligentní agent tyto vlastnosti:

- **Reaktivita.** Inteligentní agent je schopen vnímat změny v prostředí a reagovat na ně, za účelem splnění jeho cílů.
- **Proaktivita.** Inteligentní agent je schopen přebírat iniciativu, za účelem splnění jeho cílů.
- **Sociálnost.** Inteligentní agent je schopen interakce s ostatními agenty, za účelem splnění jeho cílů.

Vytvoření agentů, kteří by se řídili pouze jednotlivými vlastnostmi, je výrazně jednodušší záležitost, než vytvořit agenta, který má splňovat všechny tyto vlastnosti v určité rovnováze. Čistě reaktivní agent, je takový agent, který jedná na základě aktuálního stavu prostředí. Nastane-li tedy nějaká změna v prostředí, agent na ni zareaguje odpovídající akcí. Příklad takového agenta je výše zmíněný termostat. Další vlastností je proaktivita. Proaktivní chování, je chování řízené určitým cílem. Takové to chování například vykazují typické procedurální programovací jazyky, jejichž základem jsou procedury (případně funkce), které by se daly přirovnat k plánům, pro dosažení daného cíle. Poslední vlastností je sociálnost. Vyskytuje-li se agent v prostředí s jinými agenty, může být někdy vhodné, nebo dokonce nezbytné, aby s těmito agenty spolupracoval. Někdy může spolupráce vést k snadnějšímu dosažení cílů, mají-li například agenti podobné cíle, které se navzájem nevyklučují. Někdy na druhou stranu mají agenti protichůdné cíle a v případě, že by spolu nevyjednávali, nebylo by splnění cílů například vůbec možné, nebo alespoň by bylo o něco složitější.

## 2.2.2 Klasifikace prostředí agenta

Prostředí agenta lze klasifikovat dle různých parametrů. Podle Russella a Norviga [9] jsou to tyto parametry:

- Diskrétní nebo spojité. V diskrétním prostředí je přesný a konečný počet akcí a vjemů.
- Přístupné nebo nepřístupné. Přístupné je také prostředí, ve kterém je agent schopen získat kompletní, přesné a aktuální informace o stavu prostředí.

- Statické nebo dynamické. Statické prostředí se na rozdíl od dynamického mění pouze akcemi agenta.
- Deterministické nebo nedeterministické. Deterministické prostředí je takové, ve kterém každá akce má jeden předpokládaný výsledek.

Z hlediska přístupnosti je například reálné prostředí nepřístupné, jelikož nejsme schopni obdržet kompletní informace o jeho stavu ale pouze jeho části. Čím přístupnější prostředí je, tím je jednodušší vytvořit agenta. Protože má-li agent k dispozici přesnější informace, tak má i větší šanci se podle nich správně rozhodnout.

V případě, že víme co se přesně stane vykonáním dané akce, můžeme prostředí označit za deterministické. V nedeterministickém prostředí má agent pouze částečnou kontrolu nad prostředím. To může být také zdrojem selhání agenta při vykonávání dané akce. Protože v případě deterministického prostředí, by dobře navržený agent neměl selhat.

Pokud uvažujeme o prostředí, ve kterém se nevyskytuje více agentů a změnit stav prostředí může pouze daný agent, mluvíme o prostředí statickém. Většina prostředí, včetně reálného, jsou ovšem prostředí dynamická. Existuje totiž mnoho jiných vlivů na prostředí mimo samotného agenta, které nemá pod kontrolou. Agent tedy nemůže očekávat, že ve dvou různých časech bude prostředí stejné, přestože během nich nepodnikl žádnou akci.

Diskrétním prostředím můžeme nazývat takové prostředí, ve kterém máme konečný počet diskrétních stavů, ve kterém se může nacházet. Přestože reálné prostředí diskrétní není, často je z určitého hlediska na diskrétní mapováno, jelikož s diskrétním prostředím se lépe pracuje.

Často se prostředí kromě výše zmíněných parametrů klasifikuje ještě dle dalších. Například můžeme rozlišovat prostředí epizodní a neepizodní. Epizodami máme na mysli části běhu prostředí, které jsou navzájem oddělitelné a například výkonnost agenta může záviset u epizodního prostředí na předcházejících epizodách. Nebo můžeme také rozlišovat, zda je nebo není prostředí strategické, čímž máme na mysli, že v prostředí jedná více agentů současně.

### **2.2.3 Agenti jako systémy řízené záměrem**

Základem rozhodování agentů řízených záměrem jsou jejich postoje, týkající se například jejich přání, závazků a dalších jiných mentálních stavů. Tento model vychází z psychologie, konkrétně z lidského chování. Jedním z modelů, který je řízený záměrem je agentní model BDI. Název tohoto modelu je složen ze tří zkratk. Zkratky představují mentální stavy: víra, přání a záměr. Tomuto modelu a principech na kterých je založen se bude věnovat následující kapitola.

## 3 Agentní model BDI

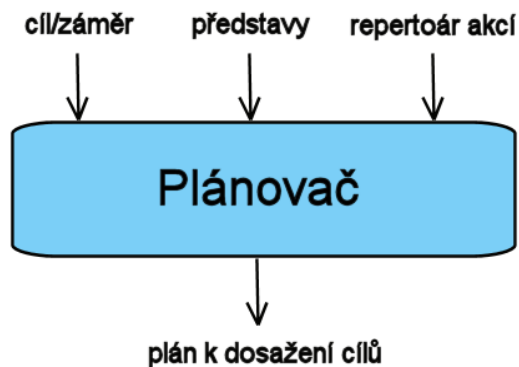
Tato kapitola popisuje BDI agentní model, který je založen na praktickém usuzování a jeho název je vytvořen jako zkratka tří anglických slov: belief (představy/víra), desire (přání) a intention (záměr). Tato tři slova představují mentální stavy. Představy jsou informace, které má agent o okolním světě. V danou chvíli, ve kterou agent tyto informace získá, jsou pravdivé, ovšem záleží na typu prostředí, zda tomu tak zůstane i nadále. Přání představují všechno, čeho by agent chtěl dosáhnout. Agent se tedy nemusí pokusit splnit všechna jeho přání, jelikož mohou být například ve vzájemném rozporu a představují tak pouze možnosti toho, co se agent může pokusit uskutečnit. Možnosti, které si agent vybere, jsou pak nazývány záměrem. Záměry mohou přímo odpovídat cílům, k jejichž dosažení je agent realizován. Nebo třeba jen částečné cíle, které si agent vybral, aby se pomocí jejich uskutečnění hlavním cílům přiblížil. Informace zde použité jsou čerpány z literatury [1], [15] a [19].

### 3.1 Praktické usuzování

Výsledkem praktického usuzování je činnost, tedy co se má udělat, na rozdíl od teoretického usuzování, které vede ke znalosti. Praktické usuzování se skládá ze dvou hlavních činností. První z nich je určení, čeho chceme dosáhnout (určení záměru). Tato činnost bývá nazývána zvažování. Následujícím krokem je určení, jak těchto záměrů dosáhnout, což se realizuje plánováním. Záměr je mentální stav, který vede k akci, tedy k racionálnímu pokusu o jeho dosažení. Dosažení záměru je realizováno posloupností akcí, u kterých věříme, že tento záměr mohou uskutečnit. Takováto posloupnost akcí se nazývá plán. Základní vlastností záměru je jeho persistentnost. Persistentnost znamená, že záměr přetrvává stále, dokud je uskutečnitelný nebo již není dosažen. Uskutečnitelností máme na mysli to, že agent věří, že existuje nějaká možnost, jak jej dosáhnout. Na základě přijatého záměru je také ovlivňováno budoucí praktické usuzování, například může dojít k nepřijetí jiného záměru, který je v rozporu s tímto záměrem. Záměr je také těsně spjat s představami agenta. Má-li agent nějaký záměr, tak i věří, že jednou může být uskutečněn.

Podíváme-li se detailněji na první krok praktického usuzování – zvažování, zjistíme, že se skládá ze dvou funkcí. Vstupem první funkce jsou všechny agentovy aktuální přání a záměry. Výsledkem jsou všechny agentovy možnosti. Další funkce pak vyfiltruje nejlepší možnosti.

Plánování je o tom, jak dosáhnout záměru pomocí repertoáru možných akcí agenta. Vstupem pro plánování jsou agentovy záměry, jeho aktuální představy o prostředí a akce, které má k dispozici. Na základě těchto vstupů je vytvořen plán.

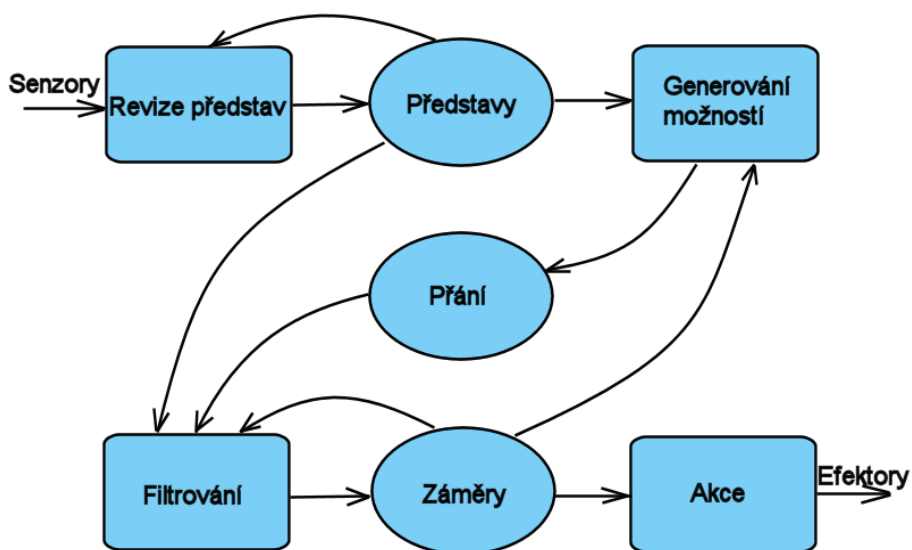


Obr. 3.1: Plánování

Implementace agenta, který je založen na praktickém usuzování, sestává ze smyčky, která obsahuje tyto kroky:

- Získání vjemů z prostředí a aktualizace agentových představ.
- Zvažování, kterých záměru dosáhnout.
- Plánování, jak vybraných záměrů dosáhnout.
- Vykonání plánů.

## 3.2 Architektura BDI



Obr. 3.2: Architektura BDI

Na obrázku 3.2 je znázorněna základní architektura BDI agenta, která vychází z praktického usuzování. Agent pomocí senzorů získává vjemy z prostředí, pomocí kterých aktualizuje své představy o něm. Přání jsou získávána na základě aktuálních představ a záměrů, které agent má. Nové záměry jsou získány na základě záměrů aktuálních, představách o prostředí a jeho přáních. Jsou tedy vyfiltrovány ty nejlepší záměry. K dosažení záměru jsou vykonávány akce agentem, tedy ovlivňování prostředí efekty tak, aby záměru mohlo být dosaženo.

# 4 Jason, jazyk pro programování agentních systémů

Tato kapitola popisuje jazyk pro programování agentů Jason. Informace použité v této kapitole jsou čerpány především z literatury [1], která se dá považovat za referenční knížku tohoto programovacího jazyka.

Jason je jedním z jazyků pro programování agentů, napsaný v programovacím jazyce Java. Tento jazyk vychází ze specifikace AgentSpeaku, který je založený na BDI architektuře. Jednou z komponent architektury těchto agentů je báze znalostí, která je mimo jiné v průběhu běhu agenta aktualizována o vjemy z prostředí. Další důležitou komponentou jsou agentovy cíle, které jsou dosahovány vykonáváním plánů. Základním principem agenta tedy není pouze vykonat určitou funkci a po té skončit, ale jednat na základě příchozích událostí vykonáváním plánů. Plány se skládají z akcí, které agent provádí za účelem zpracování události a pomocí těchto akcí je ovlivňováno prostředí agenta. Programování agenta se tedy skládá z vytvoření knihovny plánů, specifikace báze znalostí jako množiny faktů a definování počátečních cílů. Naprogramování agentů je ovšem pouze jedna část realizace multiagentního systému. Dále je potřeba specifikovat multiagentní model, především tedy vytvořit prostředí ve kterém agent jedná a vytvořit infrastrukturu pro komunikaci mezi agenty. V podkapitolách budou popsány základní konstrukce jazyka Jason (případně AgentSpeaku ze kterého vychází).

## 4.1 Znalosti

Základem každého agenta je báze znalostí, která představuje kolekci informací, které má agent o prostředí nebo jiných agentech, například:

*finance(1000000). moralka(hrac(1),spatna).*

Tyto fakta mohou například představovat to, že daný agent věří, že má milión korun a že morálka hráče 1 je špatná. Členy těchto faktů mohou být čísla, struktury (viz příklad) nebo také konstanty, proměnné, řetězce a seznamy.

Existuje tři zdroje informací o které může být báze znalostí rozšířena:

- Vjemy – získané snímáním prostředí, představují nějakou symbolickou reprezentaci vlastnosti prostředí.
- Komunikace – při komunikaci s ostatními agenty o získané informace touto komunikací.
- Mentální – získané vlastní realizací plánů.

Rozlišení zdroje těchto informací je realizováno anotacemi, například:

*moralka(hrac(1),spatna)[source(self)].*

Anotace *source(self)* tedy značí, že zdrojem těchto informací byl agent sám. Pokud by informace byla získána jako vjem prostředí, byla by označená anotací *source(percept)* a podobně. Anotace kromě určení zdroje mohou mít i další libovolný informativní charakter.

Fakta v bázi znalosti agent považuje za pravdivé, vše ostatní za nepravdivé (vychází z uzavřeného logického systému), jelikož o tom nemá informaci. Chceme-li zjistit v tomto případě, zda něco agent považuje za nepravdivé (tedy o pravdivosti nemá informaci), použijeme operátor '*not*'. Ovšem často může být žádoucí, explicitně určit, že něco není pravda. Toto explicitní tvrzení se nazývá silná negace a používá se pro ni operátor '~', například:

*~duveryhodny(agent(5)).*

Tento příklad říká, že agent číslo pět není důvěryhodný.

## 4.2 Cíle

Znamenají-li znalosti to, co agent považuje za pravdu, pak cíle znamenají stavy, kterých chce agent dosáhnout. Agent rozlišuje dva typy cílů. Cíl dosažení představuje takový cíl, kdy se agent bude pokoušet změnit prostředí tak, aby odpovídalo tomuto cíli. Tento typ cíle je označován operátorem '*!*' a tedy například *!vlastni(hrac)* může představovat cíl dosažení stavu, ve kterém bude agent věřit, že vlastní hráče. Dá se také předpokládat, že agent momentálně nevěří, že by daného hráče vlastnil. Druhým typem cíle je testování a slouží většinou pro zjištění, zda agent v danou věc věří, tedy určitým způsobem získává informace z báze znalostí. Tedy například *?vlastni(X)* by mohlo sloužit k nastavení proměnné *X* na hráče, kterého daný agent vlastní (nebo v to alespoň věří). Mohou být také nastaveny počáteční cíle, kterých se agent pokusí dosáhnout při jeho spuštění.

## 4.3 Plány

Plán se stejně jako u AgentSpeaku skládá ze tří částí: spouštěcí události, kontextu a těla plánu. Spouštěcí událost a kontext bývají souhrnně označovány jako hlavička a vzájemně jsou odděleny pomocí symbolu ':' a od těla plánu symboly '<-'. Celý plán má pak tedy strukturu:

*spouštěcí\_událost : kontext <- tělo\_plánu.*

Jednotlivé části těla plánu jsou tedy:

- **Spouštěcí událost.** Jak již bylo popsáno dříve, existují dva mentální stavy: znalosti a cíle. Cíle mohou být dvojího typu: testování a dosažení. Přidání nebo odebrání znalosti nebo cíle (obojího typu) může být spouštěcí událostí plánu.

- **Kontext.** Slouží k zjištění, zda je daný plán aplikovatelný a tedy při výběru plánu je realizován první plán, který je aplikovatelný. Kontext je konjunkcí literálů, jejich negací a vztahů mezi nimi.
- **Tělo plánu.** Je to posloupnost akcí, která je provedena v případě, že se vyskytla událost definována v spouštěcí události a zároveň je kontext pravdivý. Jednotlivé akce jsou odděleny symbolem ';'.

## **5 Klasifikace modelů důvěry a reputace**

Mnoho systémů vyžaduje pro svou správnou funkci kooperaci subjektů (v našem případě agentů), kteří se v něm vyskytují. To s sebou ovšem přináší problémy se vzájemnou důvěrou těchto subjektů. Tato důvěra se zakládá především na zkušenostech, které mezi sebou tyto subjekty mají. Důvěrou tedy budeme chápat individuální názor jednoho subjektu na druhý subjekt, vzhledem k nějaké věci. Avšak při velkém počtu těchto subjektů se často může stát, že tyto zkušenosti mít nebudou. V tomto případě může být vhodné, obrátit se na ostatní a snažit se utvořit představu o partnerovi této kooperace. Reputaci tedy budeme chápat, jak je partner kooperace viděn v očích mého okolí. Otázkou pak nastává, jak vytvořit model, který umožní počítat důvěru a reputaci v ostatní agenty. V této kapitole je popsána klasifikace modelů důvěry a reputace z různých úhlů pohledu. Informace použité v této kapitole jsou čerpány z literatury [8] a [11].

### **5.1 Zdroje pro získání informací**

#### **5.1.1 Přímé zkušenosti**

Přímé zkušenosti jsou nejvíce relevantní a spolehlivý informační zdroj pro modely důvěry a reputace. Existují dva typy přímých zkušeností. První typ který používají téměř všechny modely důvěry a reputace, jsou zkušenosti získané přímou interakcí s jinými agenty. Druhým typem jsou zkušenosti, získané sledováním interakcí ostatních členů komunity.

#### **5.1.2 Nepřímé informace**

Jsou to informace, které pochází od ostatních členů komunity. Tyto informace mohou být založeny jak na jejich přímých zkušenostech, nebo také nepřímých informací, získaných od ostatních. Tento typ informací je většinou nejpočetnější, ovšem jejich použití nemusí být tak jednoduché, jelikož svědci (ti agenti jež poskytli nepřímé informace) mohou s informací různě manipulovat, nebo také informace určitého charakteru schovávat.

#### **5.1.3 Informace založené na rolích v systému**

Jsou to informace založené na relacemi mezi agenty a rolími které mají agenti v systému. Mohou to být například relace vzájemných závislostí agentů mezi sebou, jejich soutěžení, spolupráce atd. Většinou jsou to zjednodušené relace které jsou mezi lidmi jež agenti představují. Ovšem ne příliš mnoho modelů využívá tyto znalosti k vylepšení výpočtu důvěry a reputace.

### **5.1.4 Skupinové předsudky**

Je to mechanismus, který vztahuje určité vlastnosti dané skupiny k jejím členům. Tento druh informací se z určitého hlediska dá považovat za nepřímé informace, jelikož nevypovídá o konkrétním agentovi, ale o skupině, do které agent patří. Ovšem na rozdíl od nepřímých informací, mohou být tyto informace získávány přímou interakcí s agenty dané skupiny a kromě toho, že tyto interakce budeme považovat za přímé zkušenosti, můžeme je v situacích, kdy to má význam i vztáhnout k dané skupině.

## **5.2 Typy viditelnosti**

Důvěra a reputace jednotlivce může být z hlediska viditelnosti dvojího typu. Buď může být sdílena všemi agenty v systému a z hlediska viditelnosti je tedy globální. V druhém případě se může jednat o individuálně získanou hodnotu, tedy získanou ať už z přímých interakcí, nebo třeba za pomoci informací od svědku, nebo jakkoliv jinak. Jako globální vlastnost je důvěra a reputace brána u online reputačních modelech. V těchto modelech je počítáno s velkým počtem vyskytujících se subjektů a použitím pouze individuálních principů, by v hodně případech neposkytlo dostatek informací z hlediska důvěry a reputace. Nedá se například očekávat, že budeme obchodovat s každým z miliónu uživatelů. Ovšem tento princip má také určité nevýhody. Hodnocení jednotlivých uživatelů mohou být hodně subjektivní a tak, co by pro někoho mohlo být nepřijatelné, je ještě pro někoho dostatečné. V těchto případech naše důvěra směřuje k poskytovateli daného systému a reputace v konkrétní agenty je vytvářena a sdílena všemi uživateli.

## **5.3 Kontextová závislost**

Kontextovou závislostí je myšleno, z jakého hlediska jsou informace používány. Například informace získané z jedné oblasti, nemusí nebo naopak mohou mít vypovídající hodnotu o jiné. Z tohoto hlediska můžeme modely důvěry a reputace rozdělit na dva typy. Buď kontext není u modelu důvěry a reputace brán v ohled a pak používáme pro subjekt, který hodnotíme pouze jednu hodnotu důvěry/reputace pro všechny situace. V případě, že chceme zohlednit kontext, můžeme pro různé účely použít jinou hodnotu důvěry/reputace, na základě toho jakou situaci chceme zohlednit.

## **5.4 Předpokládané chování agentů**

Modely důvěry a reputace můžeme také klasifikovat podle toho, s jakým způsobem chování se jsou schopny vypořádat:

- Čestné chování. Agenti nepodvádějí a nijak nemorálně se nesnaží ovlivnit rozhodování jiných agentů.
- Agenti mohou schovávat určité informace ale nikoliv lhát.
- Model se je schopen vyrovnat s lživými agenty.

## 5.5 Typ informace specifikující důvěru a reputaci

Z hlediska typu informací můžeme modely rozdělit na:

- Model používající diskrétní hodnoty.
- Model používající spojité rozsah.

Často model používající pravděpodobnostní metody pracuje s diskrétní informací, kdežto model založený na agregačním mechanismu používá informaci spojitou. Většina modelů používajících diskrétní hodnoty používá pouze binární hodnocení. Hodnota 1 značí dobré hodnocení, tedy například, že obchod proběhl bez problémů. Hodnota 0 naopak. Toto hodnocení je jednoduché, ovšem často je vhodné situace hodnotit podrobněji, jelikož se může jednat o komplexnější problémy. Když se například prodejce zpozdí v dodání zboží o pár dní, tak nemáme možnost tohle postihnout. Jelikož označit tuhle interakci hodnotou 0 by mohlo být příliš postihující.

## 5.6 Spolehlivost informací

Dalším důležitým aspektem, zda model určuje spolehlivost získaných hodnot a také v jaké míře budou hodnoty důvěry/reputací použity v celkovém výpočtu. Důležité například mohou být parametry jak je daná informace stará, spolehlivost svědka který poskytl informaci a podobně. Z hlediska stáří informace o reputaci se často setkáváme se zvýhodňováním novějších informací, které jsou považovány za relevantnější. Může tak být např. lépe postihnuto změněné chování agenta. Také může být vhodné počítat s pravdivostí údajů, které nejsou získány vlastními zkušenostmi. Ostatní agenti mohou mít například zájem na ovlivnění jiných agentů a mohou tak skrývat některé informace nebo dokonce lhát.

## 6 Výpočetní modely důvěry a reputace

V této kapitole jsou popsány vybrané modely důvěry a reputace. Informace v této kapitole jsou čerpány z literatury [4 a [11].

### 6.1 Centralizované reputační model

V centralizovaných reputačních modelech je důležité důvěřovat poskytovateli daného systému, který tento model používá. Reputace je pak počítána na základě hodnocení všech uživatelů systému.

#### 6.1.1 Ebay reputační model

Ebay je jedno z největších online obchodních center, s více než padesáti miliony zaregistrovaných uživatelů. Většina věcí je zde prodána skrze anglickou aukci a reputační mechanismus zde slouží k hodnocení prodejců, které provádí nakupující po proběhlé transakci. Jako hodnocení jsou použity tři hodnoty: pozitivní(1), neutrální(0), negativní(-1). Celková hodnota reputace uživatele je pak dána součtem hodnocení za posledních 6 měsíců. Reputace zde vystupuje jako globální vlastnost a jedná se o nepřímou informaci (viz 5.1).

#### 6.1.2 Sporas

Sporas [18] vychází z online reputačních modelů (např. Ebay). V tomto modelu jsou brány v úvahu pouze nejčastější hodnocení mezi dvěma uživateli. Důležitou vlastností tohoto modelu je také dynamičnost výpočtu reputace, jelikož čím je větší hodnota reputace, tím menší je její změna další hodnotou. Také nejaktuálnější hodnocení mají na změnu reputace větší váhu, díky čehož může být dobře reflektována změna v chování uživatele. Noví uživatelé začínají s nejhorší možnou reputací, kterou mohou postupně zlepšovat. To má ovšem tu nevýhodu, že noví uživatelé mají těžší se prosadit.

#### 6.1.3 Histos

Model Histos [18] pracuje s přímou i nepřímou informací. Reputační hodnota je subjektivní vlastnost, kterou přiřazuje každý individuálně. Síla tohoto modelu je ve využití nepřímých informací. Vzájemné hodnocení představuje lineární graf, kde uzly představují agenty a hrany nejčastější reputační hodnocení kterou dal jeden agent druhému. Kořenový uzel představuje vlastníka grafu. Reputace agenta na úrovni  $X$  je vypočítána rekurzivně, jako vážený průměr hodnocení, která agent dostal od agentů na úrovni  $X-1$ . Váhy těchto průměrů jsou reputace agentů, kteří hodnotili daného agenta. Agenti kteří jsou hodnoceni přímo vlastníkem grafu mají tedy reputaci rovnu jeho hodnocení. Model

také limituje délku a počet cest které jsou brány v úvahu při výpočtu. Tento model není nijak kontextově závislý a také nijak nepočítá se lhaním a nečestným chováním.

## 6.2 Decentralizované modely důvěry

Cílem těchto modelů je zajistit, aby si každý agent byl schopen důvěru v ostatní agenty spočítat sám a nebyl tak závislý na jedné centrální autoritě.

### 6.2.1 Jurca and Faltings

V tomto modelu [4] se vyskytují kromě standardních agentů realizujících například obchodní činnost další agenti, kteří kupují a prodávají informace, týkající se reputací. Hodnoty reputací jsou v rozsahu 0 až 1. 0 značí podvádějící agenty, 1 plně spolupracující. Celková reputace daného agenta je dána průměrem všech výsledků interakcí, které jsou v danou chvíli k dispozici. Přestože agenti, kteří kupují a prodávají tyto informace jsou distribuováni v systému, tak to stále ještě není úplně decentralizovaný systém. Takoví agenti totiž stále představují určité centralizované celky. Tento model také nepřímo zajišťuje, aby agenti poskytovali pravdivé informace. Poskytování informací totiž agentům přináší zisk a v případě poskytnutí nesprávných informací, by tím mohli v budoucnu o tento zisk přijít.

### 6.2.2 Regret

Regret [10] je modulární systém důvěry a reputace, zaměřený na malé a střední e-komerční prostředí, kde sociální relace hrají velkou roli. Tento model je plně decentralizován.

Systém udržuje tři typy znalostí.

- Předchozí kontrakty a jejich výsledky, tedy přímé zkušenosti s danými agenty.
- Informace obdržené od ostatních partnerů.
- Graf sociálního vidění světa.

Modul přímé důvěry pracuje s přímými zkušenostmi a jejich použití k důvěře ostatním agentům.

Reputační model je rozdělen na tři části, vzhledem ke zdroji informace který je k výpočtu použit:

- **Informace od svědků**, jestliže je reputace vypočítána z informací pocházející od svědků.
- **Reputace sousedů**, jestliže je reputace vypočítána za použití informací získaných ze sociálních relací mezi partnery.
- **Systémová reputace**, jestliže je hodnota reputace založena na rolích a základních vlastnostech.

Systém obsahuje modul k nastavení spolehlivosti svědků a jimi poskytovaných informací. Tato modulární architektura umožňuje agentům, aby si vybrali, které části chtějí použít. Také každá

hodnota důvěry a reputace má přiřazen rozsah spolehlivosti. Podle toho se agent může rozhodnout, které hodnoty použít či naopak.

### 6.2.3 Schillo et al.

Tento model [13] je zaměřený na situace, kdy výsledek interakce mezi dvěma agenty je buď špatný, nebo dobrý (binární hodnota). Model je založen na pravděpodobnosti. Výpočet důvěry agenta Q k agentu A je dána  $T(A,Q) = e/n$ , kde n je počet sledovaných situací a e značí počet interakcí které skončily dobře. Každý agent používá rozdílnou datovou strukturu tzv. TrustNet (sít' důvěry). Je to lineární graf, kde uzly představují svědka (zdroje nepřímé informace) a hrany nesou vysledovanou informaci, kterou otcovský uzel předal vlastníkovu sítě o synovských uzlech (agentech). Jako odpověď na požadavek, agent – svědek předá množinu vysledovaných zkušeností. Tím se eliminuje možnost poskytnout nesprávné informace díky hrozbě, že agent může získat od jiných svědků informace ze stejné interakce a zjistit tak, že daný agent lhal.

### 6.2.4 TRAVOS

TRAVOS [14] je model důvěry, založený na pravděpodobnosti a sledování interakcí mezi agenty. Výsledek interakce je hodnocen binárně hodnotami 1 a 0. Binární hodnocení umožňuje použití funkce hustoty pravděpodobnosti, k modelování pravděpodobnosti úspěšné interakce s daným agentem a také umožňuje vypočítat spolehlivost hodnoty důvěry. V případě, že je tato spolehlivost menší než je požadovaná hranice, je navíc ještě vyhledána a použita informace od svědků.

### 6.2.5 FIRE

Tento model [3] využívá 4 druhy důvěry a reputace:

- Důvěra na základě přímých zkušeností.
- Důvěra založená na rolích v systému.
- Reputace získaná od svědků.
- Reputace na základě referencí, které agent sám poskytl.

Agent má možnost si vybrat, které typy důvěry a reputace při svém rozhodování použije. Tento model se snaží o to, aby nejlépe vždy bylo možné reputaci vypočítat. Toho je také docíleno tím, že navíc oproti ostatním modelům, tento model používá reference získané přímo od agentů, jejichž reputaci se snaží získat. Ti mu tedy mohou poskytnout informace o svých minulých interakcích. Díky toho i v případě, když by agent neměl informace týkající se důvěry a reputace a neměl ani možnost je získat nepřímo, tak může použít alespoň tento typ informace.

## 6.2.6 Yu and Singh

V tomto modelu vytvořeném [17] jsou informace agenta o přímých interakcích uloženy jako množiny hodnot, které reflektují kvalitu těchto interakcí. Pouze nejnovější zkušenosti s každým konkrétním partnerem jsou použity při výpočtu. Každý agent definuje spodní a dolní hranici kvality k určení, které hodnoty považuje za důvěryhodné, bez klasifikace a nedůvěryhodné. Pak za použití historických informací spolu s Dempster-Shafer teorémem, může agent spočítat pravděpodobnosti, že daný agent poskytuje službu spadající do těchto skupin. Je-li rozdíl mezi pravděpodobnostmi, že služba spadá do první kategorie a poslední kategorie větší než zvolený práh důvěry, bude agent považován za důvěryhodného. Svědkové mohou poskytnout jednu ze dvou informací, jsou-li tázáni na daného agenta. V případě že jsou s daným agentem obeznámeni, vrátí informace které o něm mají. V případě že ne, odkážou na jiné agenty, kteří informace mít mohou. Takto se může dále odkazovat do té doby, než je překročen limit zanoření. Struktury vzniklé takovýmito požadavky jsou obdobné, jako TrustNet, použité v modelu definovaném Schillem, nebo také v modelu Histos. Tento model nijak nekombinuje informace získané přímo a nepřímo. V případě že je k dispozici přímá informace, tak je pro výpočet důvěry použita pouze ta. V opačném případě jsou použity informace získané od svědků.

## 6.2.7 Sen and Sajja

V tomto modelu [12] jsou použity oba druhy přímých zkušeností, tedy získané jak přímou interakcí, tak i vysledované. K aktualizaci hodnoty reputace je použito zpětnovazební učení. Větší efekt v tomto případě na hodnotu reputace, mají přímé zkušenosti než vysledované, jelikož ty mohou obsahovat určité chyby. Hodnota reputace se zde pohybuje mezi 0 a 1. Hodnota větší než 0.5 je posuzována jako kladná. Agenti se mohou dotazovat ostatních agentů na výkonnost daného partnera. Odpověď je pouze booleovská značící, zda je partner dobrý či ne. V tomto modelu je počítáno, že lháři lžou vždy a tedy, že vždy poskytují nesprávné informace. K určení, zda je partner dobrý či ne, je použit počet kladných či záporných odpovědí obdržných od svědků. Tento model nijak neurčuje jak kombinovat přímé a nepřímé informace k výpočtu reputace.

## 7 Základ modelu realizovaného systému

Tato kapitola popisuje navržený model systému, který bude sloužit k obchodování se sportovci. Pro množinu všech prvků systému použijeme pojem universum a značení  $U$ . Navržený systém se skládá ze dvou základních množin prvků. První množina označuje všechny agenty, vyskytující se v systému  $\Theta$ . Druhá množina představuje všechny ostatní prvky nazývané prostředím  $E$ , ve kterém se agenti pohybují.

$$U = \Theta \cup E \quad (7.1)$$

V systému existují dva typy agentů. První typ agenta nazvěme *trh*. Naším cílem je vytvořit distribuovaný systém. Z tohoto důvodu nebude tento pomocný agent realizovat prodej hráčů, který bude v režii samostatných manažerů týmů. Ovšem může být výhodné mít seznam všech hráčů, kteří jsou momentálně na prodej. Díky toho odpadne dotazování se všech agentů v systému, zda někoho právě neprodávají. Ale režie samotného prodeje zůstane na těchto agentech samotných. Podíváme-li se na příklad z praxe, tak například technologie BitTorrent [5] používá podobný princip. V případě této technologie k distribuci souborů, se také vyskytují servery – Trackery, které obsahují seznam klientů, stahujících daný soubor. Díky toho jsou se klienti schopni navzájem nalézt. Agent *trh* se také nijak nepodílí na výpočtu reputací ostatních agentů. Druhým typem agenta je *manažer týmu*. Každý tým má právě jednoho manažera. Tento manažer se stará o nákup hráčů a vyjednávání jejich smluv, nastavování sestav pro zápasy a vše ostatní, týkající se financí a běhu týmu. Jeho užitek je spojen s finančním ziskem týmu. Pro označení množiny všech manažerů hráčů, budeme používat zkratku *MT*. Trhů by teoreticky mohlo být více a tak pro jejich množinu budeme používat označení *TRH*. Množina všech agentů v systému je pak sjednocením těchto dvou množin.

$$\Theta = MT \cup TRH \quad (7.2)$$

Prostředí, tedy vše co obklopuje agenty, má strukturální charakter. Základním prvkem prostředí jsou *hráči* a pro označení všech hráčů budeme používat značení  $H$ . Každý hráč pak může patřit maximálně do jednoho týmu. *Týmy* jsou dalšími prvky prostředí. Každý tým, jak bylo již výše popsáno, je přímo spjat s nějakým agentem typu manažer týmu. Který má také přístup ke všemu co s týmem souvisí, jako jsou jeho finance a hráči, kteří za tým hrají. Podmnožina týmů, které spolu zápasí, jsou pak seskupeny do *ligy*. Liga tedy představuje celek zahrnující funkce pro výpočet zápasů, rozdělování financí na základě umístění apod. Množinu všech týmů budeme značit zkratkou  $T$  a ligu zkratkou  $L$ .

V následující podkapitolách budou popsány podrobněji jednotlivé prvky universa.

## 7.1 Prvky prostředí

Prostředí představuje vše, co obklopuje agenty. Pro oba typy agentů v systému jsou středem zájmu hráči, jelikož užitek agentů je na celkových kvalitativních parametrech hráčů přímo závislý. Parametry hráče určují jeho užitek z několika hledisek. Parametry hráče tedy určují nejen jak je pro tým užitečný momentálně, ale také z dlouhodobějšího hlediska. V případě jejich přesné znalosti by bylo možné tedy určit, jak rychle se hráč zlepšuje, jak dlouho se bude ještě zlepšovat, jaká je jeho aktuální forma, nebo také jaký má vliv na ostatní hráče v týmu. Hráče bychom tedy mohli popsat následující strukturou:

HRAC = (ID, POZICE, KVALITA, POTENCIAL, PTA, PMA, FORMA, VEK, PLAT, TYM).

- $ID \in \mathbb{N}$

Jednoznačný identifikátor hráče.

- $POZICE \in \{brankář, obránce, záložník, útočník\}$

Pozice na které hráč hraje.

- $KVALITA \in \mathbb{R}; 0 \leq KVALITA \leq 100$

Udává tempo zlepšování se hráče po každém kole. Čím větší má hráč kvalitu, tím větší přírůstek k PTA hráče.

- $POTENCIAL \in \mathbb{Z}; -10 \leq POTENCIAL \leq 16$

Potenciál hráče v případě kladných hodnot určuje, kolik sezón se hráč ještě bude zlepšovat. V případě záporných hodnot naopak určuje, jak moc se hráč zhoršuje. Tento parametr se každou sezónou o 1 sníží. V případě, že je roven nule, se hráč nezlepšuje ani nezhoršuje.

- $PTA \in \mathbb{R}; 0 \leq PTA \leq 100$

Průměr technických atributů hráče, tedy atributů, které se mění v čase. Tato změna je závislá na výše popsaných parametrech *KVALITA* a *POTENCIAL*. Tato hodnota simuluje průměr parametrů reálných hráčů. Tedy například rychlost, sílu, přesnost apod.

- $PMA \in \mathbb{R}; -20 \leq PMA \leq 20$

Průměr morálních atributů. Představuje atributy založené na povaze hráče. Tento parametr se časem nijak nemění a více než na výkonnost konkrétní hráče má vliv na celý tým.

- $FORMA \in \mathbb{N}; -10 \leq FORMA \leq 10$

Aktuální forma hráče, určuje zda hráč momentálně hraje nad své, nebo pod své možnosti.

- $VEK \in \mathbb{N}; 18 \leq VEK$

Věk hráče.

- $PLAT \in \mathbb{N}$

Plat hráče, který je mu vyplacen za každé ligové kolo.

- $TYM \in T$

Tým, za který hráč hraje.

Hodnotit hráče ovšem stejně jako v reálném světě, není možné na základě jeho skrytých schopností. Vždy musí nějakým způsobem o svých schopnostech přesvědčit. Z tohoto důvodu se realizovaný model nezabývá pouze přímo obchodováním s hráči, ale také se snaží, určitým způsobem, vytvořit podklady pro rozhodování při obchodování. Agentům tedy nejsou přístupné všechny parametry hráče, ale jen ty, které by byly známy manažerovi i v reálném systému (například věk a pozice na které hráč hraje známa je). Další parametry jsou odvozovány na základě dlouhodobějšího hodnocení hráče v zápasech, které sehrál. Aby se hráč mohl účastnit zápasů, musí patřit do nějakého týmu. Týmy jsou tedy dalšími prvky prostředí. Mezi vlastnosti jednotlivých týmu nepatří pouze množiny hráčů, které za tým hrají, ale také další atributy, týkající se finanční situace týmu, celkové morálky hráčů v týmu apod. S týmem je také napevno spjat agent - manažer týmu.

**TYM = (ID, HRACI, FINANCE, LIGA, MORALKA)**

- $ID \in \mathbb{N}$

Jednoznačný identifikátor týmu. Slouží také k identifikaci manažera daného týmu (MT), jelikož platí, že každý tým má právě jednoho hráče a naopak.

- $HRACI \subset H, |HRACI| \geq 11$

Všichni hráči aktuálně hrající za tým.

- $FINANCE \in \mathbb{Z}$

Aktuální finanční hotovost týmu. Představuje částku, s kterou manažer týmu hospodaří, především vyplácí platy hráčům a nakupuje nové posily.

- $LIGA \in L$

Liga kterou tým hraje.

- $MORALKA \in \{-10, \dots, 10\}$

Aktuální morálka v týmu. Tato hodnota ovlivňuje výkon všech hráčů, kteří nastoupí k zápasu.

Nyní již máme nadefinovány týmy. Musí však existovat něco, na základě čeho budou týmy hrát zápasy, dostávat peníze apod. Týmy tedy musí být součástí nějakého většího celku. Tímto celkem je liga. Liga tedy seskupuje několik týmů a realizuje funkce týkající se přidělování peněz týmům a výpočet zápasů. Základní časová jednotka je jedno kolo a znamená časový úsek, během kterého každý tým odehraje jeden zápas. Počet kol, který je potřeba k tomu, aby každý tým odehrál 2 zápasy s každým jiným týmem v lize, je nazýván sezóna. Všechny tyto parametry se tedy snaží simulovat realitu, jak z jejich názvu vyplývá.

**LIGA = (ID, TYMY, PORADI, \$KOLO, \$SEZONU, UROVEN, KOLO)**

- $ID \in \mathbb{N}$

Jednoznačný identifikátor ligy.

- $TYMY \subseteq T, |Tymy| \geq 16 \wedge |Tymy| \leq 20$

Množina týmů hrajících ligu.

- $PORADI$  je vzájemně jednoznačné zobrazení:  $TYMY \Rightarrow N; N = \{1, \dots, |TYMY|\}$

Pořadí jednotlivých týmů v lize.

- $§ KOLO$  je zobrazení  $N \Rightarrow \mathbb{N}; N = \{1, \dots, |TYMY|\}$

Obnos peněz, který obdrží tým na daném pořadí po jednom kole sezóny.

- $§ SEZONU$  je zobrazení  $N \Rightarrow \mathbb{N}; N = \{1, \dots, |TYMY|\}$

Obnos peněz, který obdrží tým na daném pořadí na konci sezóny.

- $KOLO \in \{1, \dots, 2 \cdot |TYMY|\}$

Aktuální kolo zápasů, ve kterém se liga nachází.

K přístupu k vlastnostem těchto prvků/objektů budeme používat tečkovou notaci, tedy například zápisem LIGA.KOLO získáme aktuální kolo, ve kterém se daná liga nachází.

## 7.2 Výpočty spojené s prostředím

### 7.2.1 Výpočet zápasů

Základ pro výpočet zápasu mezi dvěma týmy je zjištění jejich síly z hlediska útočení a bránění. Výpočet je proveden na základě aktuální sestavy, která je vytvořena manažerem týmu. Ve výpočtu je zohledněn především užitek hráče z hlediska pozice, na které v zápase hraje. Například větší vliv má na útočnou sílu týmu útočník než obránce. Pozici, na které hráč hraje, budeme označovat zkratkou na základě prvního písmena.

$$\begin{aligned} \text{Obranná síla týmu}(T) = & (2 \cdot \text{Uzitek}(B) + 1,5 \cdot \sum_{i=1}^{n1} \text{Uzitek}(O_i) + 0,7 \cdot \sum_{i=1}^{n2} \text{Uzitek}(Z_i) \\ & + 0,1 \cdot \sum_{i=1}^n \text{Uzitek}(U_i)) \cdot (1 + \frac{T.FORMA}{100}) \end{aligned} \quad (7.3)$$

$$\begin{aligned} \text{Útočná síla týmu}(T) = & (0,5 \cdot \sum_{i=1}^{n1} \text{Uzitek}(O_i) + 1,3 \cdot \sum_{i=1}^{n2} \text{Uzitek}(Z_i) \\ & + 1,9 \cdot \sum_{i=1}^{n3} \text{Uzitek}(U_i)) \cdot (1 + \frac{T.FORMA}{100}) \end{aligned} \quad (7.4)$$

$B, O, Z, U \in TYM.HRACI$  a značí hráče vybrané pro zápas, tedy  $1 + n1 + n2 + n3 = 11 = n$ .

Obranná a útočná síla týmu pro zápas se tedy spočítá, jako vážený součet užitek jednotlivých hráčů základní sestavy. Váha značí, jak moc se hráč podílí na útočném/obraném dění na základě pozice, na kterém hraje. Ve vzorci se vyskytuje funkce pro výpočet užtku hráče. Užitek hráče se vypočte na základě jeho technických parametrů a aktuální formy, dle vztahu 7.5.

$$Užitek(H) = H.PTA \cdot (1 + H.FORMA/100), \text{ kde } H \in \{B, O, Z, U\} \quad (7.5)$$

Nyní již známe útočnou a obranou sílu soupeřících týmů. Dalším krokem vedoucím k výpočtu zápasu je zjištění, jaký je rozdíl mezi týmy. Porovnáme, jakou má převahu útok nad soupeřovou obranou a také, jakou má převahu obrana týmu proti soupeři.

$$Převaha \text{ útoku} = PU(T1, T2) = \left( \frac{Útočná \text{ síla týmu}(T1)}{Obranná \text{ síla týmu}(T2)} \right)^n \quad (7.6)$$

$$Převaha \text{ obrany} = PO(T1, T2) = \left( \frac{Obranná \text{ síla týmu}(T1)}{Útočná \text{ síla týmu}(T2)} \right)^n \quad (7.7)$$

Výsledné hodnoty představují kolikrát je daný tým lepší. Tedy například výsledek 1,5 pro převahu útoku znamená, že první tým má o 50 procent větší šanci, že se jeho útok prosadí proti obraně druhého týmu oproti stavu, kdy by útok prvního i obrana druhého týmu byly vyrovnané.

$$\begin{aligned} Převaha \text{ útoku v zápase} &= PUZ(T1, T2) = PU(T1, T2) - RANDOM(0..(PU(T1, T2)+1)) \\ Převaha \text{ obrany v zápase} &= POZ(T1, T2) = PO(T1, T2) - RANDOM(0..(PO(T1, T2)+1)) \end{aligned} \quad (7.8)$$

Převahy v zápase jsou vypočítány na základě náhodných čísel, která zajišťují určitou neurčitost a umožňují tak, aby zápasy nevyhrál pokaždé lepší tým, ale jen vyhrál s pravděpodobností podle toho, jakým poměrem je lepší.

#### Postup celého výpočtu:

- 1) Výpočet obranné a útočné síly soupeřících týmů.
- 2) Výpočet převahy útoku a obrany prvního vůči druhému týmu (  $PU(T1, T2)$  a  $PO(T1, T2)$ ).
- 3) Vygenerování dvou náhodných čísel a na základě těchto čísel a převah obrany a útoku, výpočet převahy týmů v aktuálním zápase (  $PUZ(T1, T2)$  a  $POZ(T1, T2)$ ).
- 4) V případě, že celková převaha (součet obranné a útočné převahy) jednoho týmu v zápase je větší než určitá hranice, je označen za vítěze (a naopak menší za poraženého). V případě, že ani jeden tým neměl dostatečnou převahu je výsledkem remíza.
- 5) Výpočet hodnocení hráčů za zápas.

## 7.2.2 Hodnocení týmu v zápase

Na základě výpočtu zápasu je možné dále vypočítat, jak tým v zápase obstál oproti očekávané hodnotě. Toto hodnocení je realizováno tak, aby výsledek byl v rozsahu -1 až 1. Hodnota 0 značí, že výsledek dopad přesně podle očekávání, tedy například při zápase dvou vyrovnaných týmu skončil remízou. Hodnota 1 značí, že první tým hrál nejlépe jak mohl a -1 naopak, že tým hrál nejhůře jak mohl.

$$\text{Hodnocení útoku týmu } T \text{ v zápase} = HUTZ(T) = \frac{(2 \cdot PUZ - PU + 1)}{(PU + 1)} \quad (7.9)$$

## 7.2.3 Hodnocení hráčů za zápas

Hodnocení hráče se skládá z přínosu hráče pro zápas a „průběhu“ zápasu. Například prohraje-li tým jednoznačně, budou hráči hodnoceni hůře, než když prohraje pouze těsně. Tato hodnocení jsou pak používány k odhadu parametrů hráče.

$$\text{Hodnocení hráče } H \text{ za zápas} = U\text{žitek}(H) + U \cdot HUTZ(H.TYM) + O \cdot HOTZ(H.TYM) \quad (7.10)$$

U a O představují útočnou a obranou váhu na základě pozice, na které hráč v zápase hrál.

## 7.2.4 Zlepšování hráče po každém kole

Pokud potenciál hráče H (H.POTENCIAL), který se každou sezónu o 1 sníží je větší než 0 pak:

$$H.PTA = H.PTA + \arctan(H.POTENCIAL) \cdot H.KVALITA / 2000 \quad (7.11)$$

Parametry byly nastaveny tak, aby při maximální kvalitě a potenciálu, byl výsledek maximálně roven hodnotě 100. Pokud je potenciál hráče = 0 tak se hráč danou sezónu nezlepšuje ani nezhoršuje. V případě, že potenciál klesne pod 0 pak.

$$H.PTA = H.PTA + \arctan(2 * H.POTENCIAL) \cdot H.KVALITA / 2000 \quad (7.12)$$

Stejného výsledku dosáhneme, použijeme-li pro všechny případy první vzorec (7.11) a v případě, že potenciál dosáhne hodnoty menší než nula, bude každou sezónu snížen o 2.

## 7.3 Základní záměr manažera týmu

Manažer týmu má za hlavní cíl jednat tak, aby tým měl co největší finanční zisk. Aby toho docílil, tak se musí na jednu stranu starat o základní běh týmu, tedy nastavování co nejlepších sestav pro zápasy

z hráčů, které má aktuálně k dispozici. Na druhou stranu musí nakupovat a prodávat hráče tak, aby například při nákupu hráče byl zisk oproti tomu kdyby jej nekoupil větší než je cena kupovaného hráče. U prodeje naopak. Při nákupu/prodeji hráčů má za cíl koupit/prodat hráče na trhu tak, aby mu to přineslo co největší zisk. Při nakupování musí také zohlednit reputaci prodávajícího, který může o hráči udávat nesprávné údaje, které hráče nadhodnocují.

# 8 Popis implementace agentů v systému

Cílem této kapitoly je popsat návrh agentů, na základě kterého byli implementováni.

## 8.1 Agent – manažer týmu

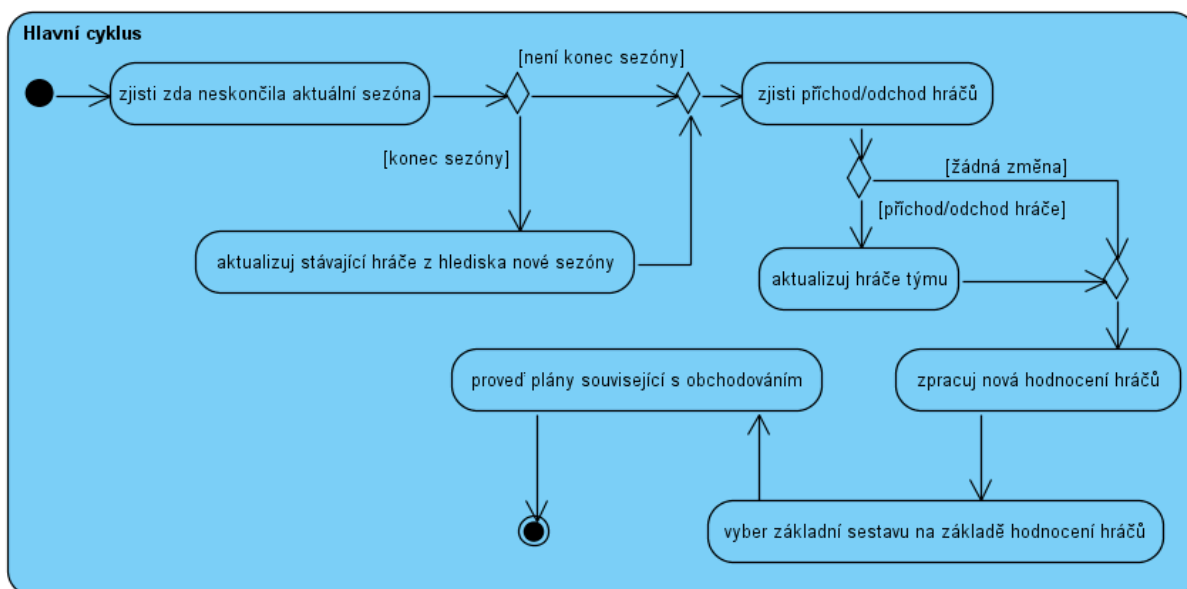
Manažer týmu je nejdůležitějším agentem v systému. Manažer týmu rozhoduje o všem, co s daným týmem souvisí.

### 8.1.1 Hlavní cyklus manažera týmu

Běh systému se skládá z kol. V rámci každého kola odehrají všechny týmy jeden zápas. Kola se dále sdružují do větších celků, které se nazývají sezóny. V rámci každého kola jsou některé úkony, které musí manažer týmu provést pokaždé a také při dodržení určitého pořadí. Posloupnost plánů realizujících dané úkony nazvěme hlavním cyklem, jímž se právě tato podkapitola bude zabývat. Cyklem proto, že se vykonává v každém kole.

#### 8.1.1.1 Schéma hlavního cyklu

Na tomto diagramu jsou zobrazeny akce/plány, které manažer v rámci hlavního cyklu vykonává.



Obr. 8.1: Diagram hlavního cyklu manažera týmu

Manažer nejprve zkontroluje zda nedošlo k ukončení sezóny a tím i zároveň k zahájení sezóny nové. Nové poznatky o prostředí jsou získávány na základě vjemů.

Následující plán provede aktualizaci hráčů týmu. Na začátku celé aplikace je každému týmu vygenerován stejný počet hráčů s náhodnými parametry v určitém rozsahu, aby mohl systém již od začátku plně fungovat. Také na začátku každé sezóny obdrží tým několik nových hráčů s nízkým věkem, čímž je simulován příchod hráčů s juniorské základny a zajištěn příchod nových hráčů do systému. Dalšími způsoby, kterými mohl manažer hráče získat, případně o něj přijít, je ukončení smlouvy s hráčem, nebo jeho nákupem/prodejem.

V této chvíli již manažer ví, s jakými hráči momentálně disponuje. Jediným měřítkem výkonnosti jednotlivých hráčů jsou jejich hodnocení. Každý hráč je hodnocen po každém kole, což by se vztahovalo k reálné situaci dalo přirovnat k hodnocení hráče trenérem při každém tréninku a je závislé na aktuálních technických parametrech hráče a jeho formě. Toto hodnocení má k dispozici pouze manažer, který hráče momentálně vlastní. Druhým hodnocením je hodnocení za zápas, jehož výpočet je popsán v podkapitole 7.2.3. Oproti hodnocením tréninků je hodnocení za zápas více zřetelné konkrétním zápasem. Toto hodnocení je tedy méně přesné, ovšem je k dispozici všem manažerům. Manažer týmu tedy v rámci těchto plánů zpracuje nová hodnocení získaná jako výjmy z prostředí.

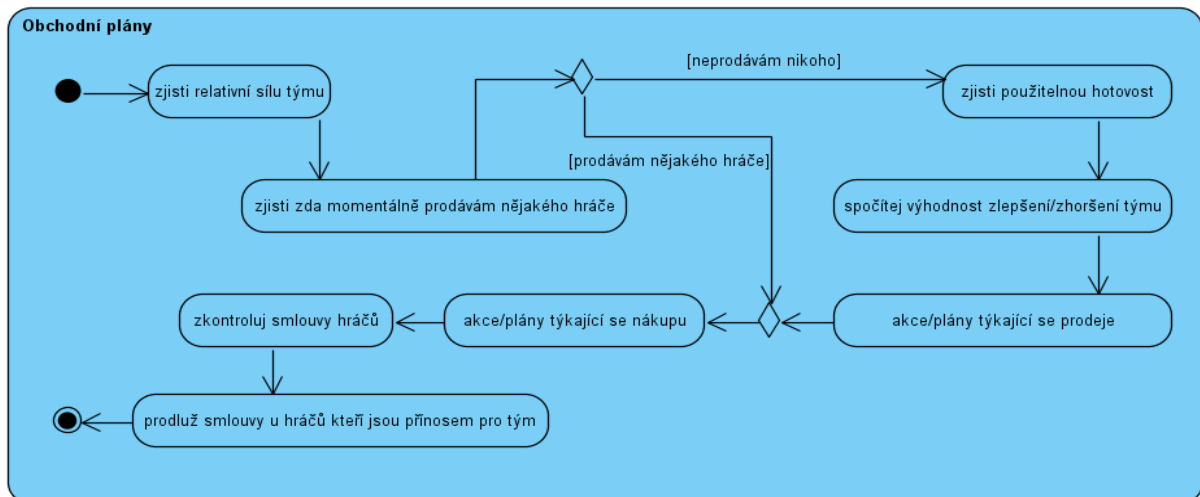
V této chvíli má manažer možnost rozhodnout, kteří hráči jsou momentálně v týmu a určit základní sestavu, která sehraje následující zápas. Sestava se skládá z jednoho brankáře a deseti hráčů na ostatních pozicích. Cílem manažera je, aby základní sestava byla co nejsilnější, ale zároveň aby byla dodržena rovnováha v počtu útočných a obraných pozic. Manažer tedy nejprve provede seřazení všech hráčů od nejlepšího k nejhoršímu na základě jejich hodnocení, která má k dispozici. V prvním kroku vybírá postupně deset hráčů tak, aby nebyl vybrán více jak jeden brankář, pět obránců, pět záložníků, případně 3 útočníci. Tyto čísla byly zvoleny na základě používaných reálných formací ve fotbale, který se tento model pokouší simulovat. V případě, že má manažer k dispozici dostatek hráčů na všech pozicích, zbývá po tomto kroku vybrat pouze jednoho hráče. Druhý krok slouží k zajištění, aby vždy byl vybrán právě jeden brankář, pokud je nějaký k dispozici. V případě, že manažer nemá k dispozici dostatek hráčů na všech pozicích, jsou vybráni hráči z jiných pozic (to neplatí v případě pozice brankáře, kterého nelze nahradit jinou pozicí). Tým je v tomto případě sice kompletní, ale bude výrazně silnější po útočné nebo obrané straně než naopak. Po provedení těchto plánů k určení sestavy již tedy víme, kteří hráči tvoří základní sestavu a kteří jsou náhradníky.

Nyní již má manažer splněno z hlediska trenérských povinností týmu. V případě, že by v tomto okamžiku skončil hlavní cyklus, tak by sice základní model fungoval, ale manažer by neměl žádnou možnost, jak ovlivnit příchod nových hráčů do týmu, případně odchod nepotřebných hráčů z týmu a byl tak plně závislý na příchodu hráčů z juniorského týmu. V reálném prostředí je ovšem situace jiná a existuje možnost s hráči obchodovat. Další plány z hlavního cyklu se právě obchodováním

s hráči zabývají. Jelikož je obchodování s hráči jedna z nejdůležitějších částí systému, je mu věnována následující kapitola.

### 8.1.1.2 Hlavní cyklus manažera týmu – obchodování s hráči

Na následujícím obrázku je pomocí diagramu znázorněna ta část hlavního cyklu, která se zabývá finanční stránkou týmu a to především obchodováním s hráči.



Obr. 8.2: Diagram části hlavního cyklu týkající se obchodování

V případě nepřízně při generování nových hráčů přicházejících do týmu se může stát, že tým nemá dostatek hráčů na všech pozicích, nebo může mít hráčů naopak nadbytek a zbytečně tak utrácet množství financí za platy hráčů, s kterými ani do budoucnosti nepočítá. Dále pak manažer může zhodnotit situaci v lize a zjistit, že kdyby tým zlepšil, měl by větší šanci k získání více financí za umístění, než by byly jeho náklady na zlepšení. Nebo může naopak zjistit, že prodáním hráče s vysokým platem, by jeho posun v tabulce a tím ztráta v menším zisku financí za umístění nebyla větší, než je plat daného hráče. K tomu aby docílil právě takovýchto potřeb a cílů slouží právě obchodování s hráči.

Obchodování se skládá z několika fází. Nejprve je nutné určit, zda je z hlediska budoucího zisku výhodnější tým zlepšit, zhoršit nebo udržovat tak silný, jaký momentálně je. Základním podkladem pro toto rozhodování, je určení relativní síly ostatních týmů v lize oproti svému týmu. Manažer týmů má možnost tuto sílu posoudit na základě hodnocení hráčů soupeřů, kteří se účastní zápasů. Tyto hodnocení nejsou úplně přesné, ale pro základní posouzení síly týmů jsou dostačující. Pro 16 týmů tvořících ligu tedy relativní hodnocení týmů může vypadat nějak takto:

[55,41,24,21,16,7,5,0,-2,-2,-5,-9,-19,-35,-53,-60].

V tomto seznamu 0 představuje daný tým. Člověk by na základě tohoto seznamu dokázal posoudit, že nebude výhodné tým zhoršit. Protože už na první pohled by jen drobné zhoršení například o 10

jednotek (jednotka představuje 1 bod technických parametrů hráče týmu) by tým v tomto seznamu klesl o 4 pozice, v případě, že by prodaný hráč ze sestavy byl právě o 10 technických bodů lepší než hráč, který ho v sestavě nahradí. Výhodné by to bylo pouze v případě, že by rozdíl platu těchto dvou hráčů byl větší, než je rozdíl ve financích obdrženy za aktuální pozici a pozici o 4 místa horší. Právě obnos peněz za danou pozici v tabulce a tedy i v seznamu nastíněném výše je dalším parametrem pro rozhodování agenta – manažera týmu. Pro programového agenta je oproti člověku výrazně jednodušší, když má k dispozici přesný matematický aparát, jak určit, co je pro daný tým nejvýhodnější. Agent tedy nejprve určí, jak výhodné je tým zlepšit, nebo zhoršit. Aby toho byl schopen, použije dvě funkce. Těmito funkcemi jsou odhad platu hráče na základě jeho technických parametrů a opačná funkce, tedy jak dobrého hráče by s daným plat byl schopen získat.

Při výpočtu zlepšení týmu vezme manažer týmů jako referenčního nejhoršího hráče ze sestavy, protože toho by nejpravděpodobněji nový hráč nahradil. Dále se pokusí odhadnout, jak dobrého hráče by získal, kdyby na jeho plat mohl vynaložit o tolik více, jako by získal postupem o jednu nebo například i dvě pozice oproti aktuální. U takového hráče pak očekává, želepší tým minimálně právě o tolik pozic. A rozdíl mezi očekáváním a vypočtenou hodnotou, určuje výhodnost zlepšení týmu.

U výpočtu výhodnosti zhoršení týmu naopak počítá s nejlepším hráčem týmu, protože ten bude brát nejspíše největší plat a platy v modelu tohoto systému nejsou úplně přímoúměrné vzhledem k parametrům hráče, jelikož i v reálném světě čím lepší hráč, tím výrazněji větší plat. Na základě tohoto hráče pak manažer odhadne, jak dobrý by byl hráč, který by pobíral plat menší a roven rozdílu mezi aktuální pozicí a pozicí o jednu nebo třeba i dvě horší. Výhodnost je potom posouzena na základě toho, jestli by si tým pohoršil maximálně o počet pozic, o kolik by ušetřil na platu hráče a zároveň získal méně, za nově očekávanou pozici v lize.

Nyní dojde k porovnání výhodnosti zlepšení a zhoršení týmu. V případě, že je jedna z možností výhodnější než setrvání v aktuální pozici, bude to i cílem agenta. V případě, že budou výhodné obě dvě možnosti, zvolí tu výhodnější.

Jak již bylo popsáno výše. Při tomto rozhodování používá manažer týmu dvě funkce. Pro výpočet platu na základě průměru technických parametrů a funkci inverzní. Následující vzorce odpovídají těmto funkcím.

$$\text{Odhad } PTA(HRAC) = \sqrt[n]{HRAC \cdot PLAT \cdot 30 \cdot 2} \quad (8.1)$$

$$\text{Odhad platu}(HRAC) = (HRAC \cdot PTA / 2)^n / 30 \quad (8.2)$$

Při výpočtu platu nového hráče přicházejícího do systému je použit stejný vzorec (s tím rozdílem, že PTA = „průměr technických parametrů“ není použit aktuální, ale v době uplynutí poloviny hráčovy smlouvy). Tyto vzorce byly stanoveny na základě experimentování s modelem. Jelikož je aktuální přínos hráče pro tým také polynomiální z hlediska jeho technických parametrů, je i plat stanoven

podobným způsobem. Na následujícím příkladě bude ukázáno agentovo rozhodování a výhodnosti jednotlivých kroků.

### **Příklad 8.1 – agentovo rozhodování:**

#### **Podklady pro rozhodování:**

Relativní síla týmů : [55,41,24,21,16,7,5,0,-2,-2,-5,-9,-19,-35,-53,-60].

Rozdíl v zisku financí při zlepšení o jednu pozici: 30000.

Průměr technických parametrů nejlepšího hráče v sestavě: 92,1.

Plat nejlepšího hráče v sestavě: 150000.

Průměr technických parametrů nejhoršího hráče v sestavě: 46,8.

Plat nejhoršího hráče v sestavě: 10000.

#### **Výpočet výhodnosti zlepšení týmu:**

Nový plat „nejhoršího hráče v sestavě zlepšeného o jednu pozici“: 40000.

Nový průměr technických parametrů „nejhoršího hráče v sestavě zlepšeného o jednu pozici“: 66,2

Očekávaný posun v tabulce: 1 pozice.

Zlepšení týmu= $66,2-46,8=19,4$

Vypočtený posun v tabulce (počet hodnot v relativní síle týmu lepších než 0 a zároveň menších než 19,4): 3.

Výhodnost zlepšení = Vypočtený posun v tabulce – Očekávaný posun v tabulce =  $3 - 1 = 2$ .

#### **Výpočet výhodnosti zhoršení týmu:**

Nový plat „nejlepšího hráče v sestavě zhoršeného o jednu pozici“: 120000.

Nový průměr technických parametrů „nejhoršího hráče v sestavě zlepšeného o jednu pozici“: 87,1.

Očekávaný posun v tabulce: -1 pozice.

Zhoršení týmu= $87,1-92,1=-5$ .

Vypočtený posun v tabulce (záporný počet hodnot v relativní síle týmu menších než 0 a zároveň větších než -5): -2 .

Výhodnost zhoršení =  $-2-(-1)=-1$ .

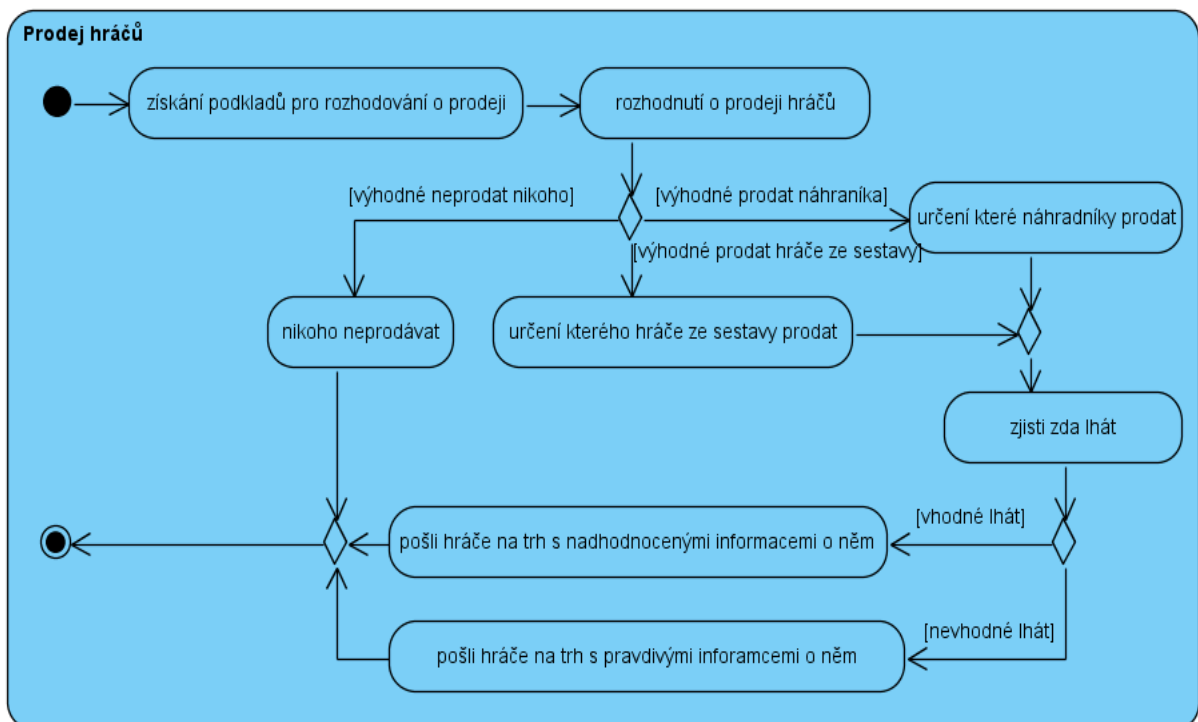
Takto by bylo možné pokračovat i pro změnu pozice o 2 případně i více hodnot. Při větších hodnotách je navíc vhodné nepoužívat pouze jednoho nejlepšího/nejhoršího hráče ze sestavy, ale i více hráčů. Z těchto hodnot je pak vytvořen průměr a získáme tak průměrnou výhodnost zlepšení a zhoršení. Je-li větší hodnota z těchto dvou také větší než 0, je přijata jako cíl, jakým se má tým dále

ubírat. Při situaci stejné jako v ukázkovém příkladě by bylo cílem týmu kupovat lepší hráče, než je nejhorší ze sestavy, aby došlo ke zlepšení týmu.

Takto přijatý cíl je ovšem pouze jednou z věcí, na základě které se manažer bude rozhodovat. Určitě ho také musí velmi zajímat, zda má na všech pozicích dostatek hráčů a nebo naopak zda nemá zbytečně například 10 obránců, když neuvažuje že by do sestavy někdy zařadil více jak 5. Proto se další dvě podkapitoly budou zabývat všemi aspekty prodeje, případně nákupu, s kterými manažer týmu počítá a na základě kterých určí konkrétní hráče, které se pokusí prodat nebo koupit.

### Prodej hráčů

Při rozhodování o prodeji musí manažer zvážit několik věcí. Již byl popsán výpočet výhodnosti zlepšení, případně zhoršení týmu. Tento výsledkem je právě jedním z těchto parametrů. Dalšími parametry jsou rozhodnutí o nutnosti prodat hráče, tedy zjištění zda je hráčů nadbytek a pokud ano, určit navíc na které pozici. Třetím parametrem použitým při rozhodování je předpokládaná hotovost na konci sezóny. Cílem manažera týmu je, aby se finance týmu nepohybovaly v záporných číslech a tak se již dopředu snaží tomuto zabránit. Poté, co si agent připraví základní podklady pro rozhodování, musí určit koho a za kolik prodat. Základní akce/plány tohoto rozhodování jsou znázorněny na následujícím diagramu.



Obr. 8.3: Diagram části hlavního cyklu týkající se prodeje hráčů

V každé sestavě se vyskytuje jeden brankář a dalších deset hráčů, hrajících na libovolných ostatních pozicích. Jako optimální formace byla zvolena sestava se čtyřmi obránci, čtyřmi záložníky

a dvěma útočníky. Nebylo by vhodné mít pouze přesně tolik hráčů, kolik je potřeba, protože si tým může vychovávat nějaké mladé nadějně hráče a případně mít i náhradníky, kdyby došlo k náhlému odchodu hráče a podobně. Z tohoto důvodu se manažer ještě snaží mít na každé pozici jednoho náhradníka. V případě, že manažer týmu zjistí, že celkový počet hráčů je nad tento limit, najde pozice na kterých hráči přebývají a jako další parametr k určení zda a koho prodat použije právě tuto informaci.

Posledním parametrem je předpokládaná hotovost na konci sezóny. Manažer obdrží každé kolo finance, které odpovídají pozici v lize, na které se momentálně nachází. Od této sumy jsou odečteny náklady spojené s platy všech hráčů v týmu. Peníze obdržené za pozici zjednodušují situaci z reálného světa, kdy existuje několik příjmů, ať už se jedná o sponzory, peníze vybrané za lístky a podobně, jelikož i ty jsou ve své podstatě závislé na tom, jak se aktuálně týmu daří. Na základě aktuální hotovosti a zisku za kolo si může snadno spočítat, jak to bude asi vypadat na konci sezóny. Jestliže by se mohl ocitnout v záporných číslech, tak bude mít určitě větší motivaci prodat některého z hráčů a snížit si tak náklady a zároveň zajistit určitý zisk z prodeje. Ke konci sezóny je to vztaženo z toho důvodu, že dochází k vyplácení dalšího bonusu, za končené umístění.

Nyní již máme základní podklady pro určení, zda vůbec prodávat a také z jakého okruhu hráčů. Následující rozhodovací tabulka právě toto rozhodování ukazuje.

Nutno prodat x hráčů	Vhodné vylepšit	Předpokládaná hotovost	Prodat
$x > 0$	pozitivně	kladná	prodej do budoucna x nejméně užitečných náhradníků na nejméně nutných pozicích
$x > 0$	pozitivně	záporná	prodej do budoucna x nejméně užitečných náhradníků na nejméně nutných pozicích
$x > 0$	nijak	kladná	prodej do budoucna x nejméně užitečných náhradníků na nejméně nutných pozicích
$x > 0$	nijak	záporná	prodej do budoucna x nejméně užitečných náhradníků na nejméně nutných pozicích
$x > 0$	negativně	kladná	prodej hráče ze základní sestavy, jehož prodej bude pro tým největší přínos
$x > 0$	negativně	záporná	prodej hráče ze základní sestavy, jehož prodej bude pro tým největší přínos
0	pozitivně	kladná	nikoho neprodávej
0	pozitivně	záporná	prodej do budoucna nejméně užitečného náhradníka na nejméně nutné pozici
0	nijak	kladná	nikoho neprodávej
0	nijak	záporná	prodej do budoucna nejméně užitečného náhradníka na nejméně nutné pozici
0	negativně	kladná	prodej hráče ze základní sestavy, jehož prodej bude pro tým největší přínos
0	negativně	záporná	prodej hráče ze základní sestavy, jehož prodej bude pro tým největší přínos

Tab. 8.1: Rozhodovací tabulka prodeje hráčů

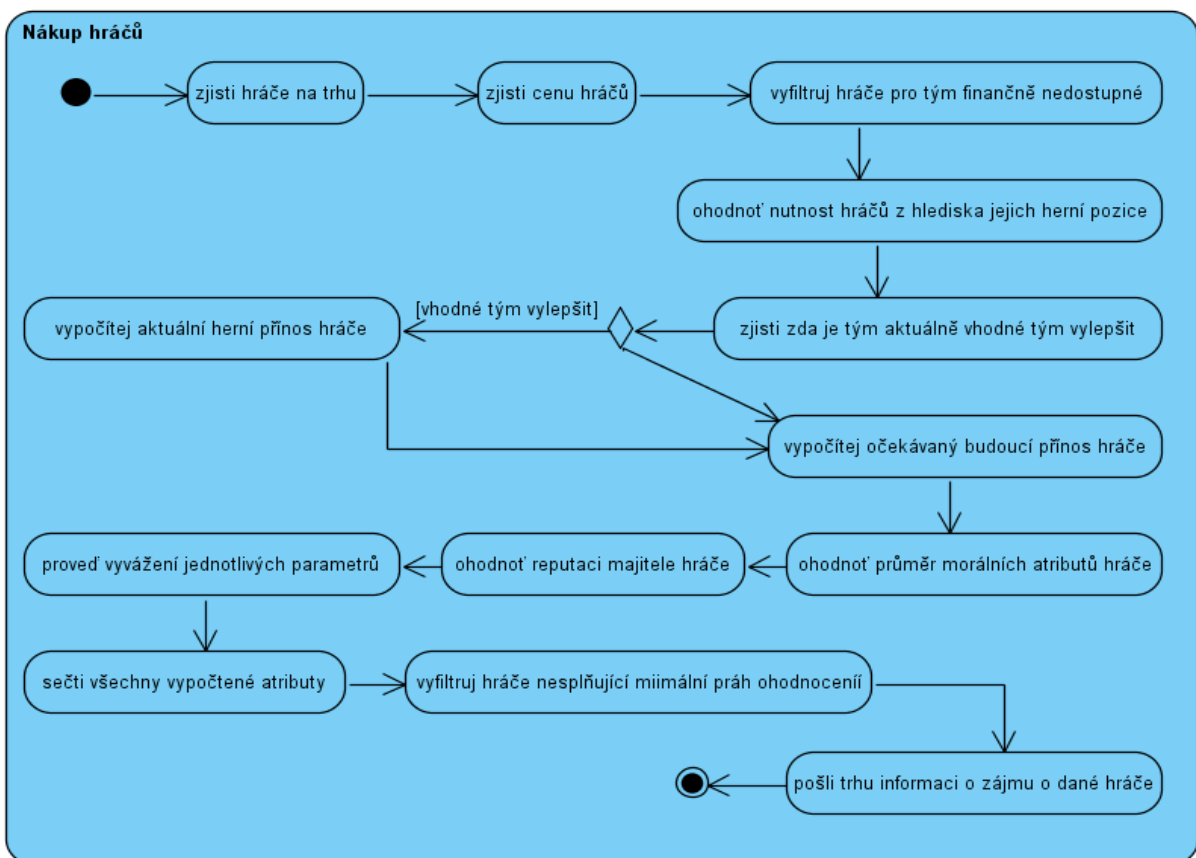
Je zřejmé, že v případě očekávaných záporných financí, je vždy nutné s touto situací něco dělat. V principu jsou výsledky této rozhodovací tabulky trojího typu: prodat náhradníka, který bude do budoucna nejmenším přínosem pro tým, prodat hráče ze sestavy, jehož prodejem se dá předpokládat zajištění nejpozitivnější změny zisku za kolo a nebo neprodávat nikoho. V tabulce je pak už jen specifikováno, zda je vhodné prodat více hráčů. V tomto případě může dojít k prodeji více hráčů najednou. V případě, že hráčů nadbytek není, bude prodán pouze jeden hráč. Pokud se již od začátku bude manažer týmu rozhodovat dle těchto a dalších dále popsanych principů, nemělo by se nikdy stát, že by měl méně než je nutný počet hráčů pro hru a zároveň záporný rozpočet.

Nyní již má manažer konkrétní okruh hráčů, z kterých má vybrat koho prodat. Pokud vybírá mezi náhradníky, je pro něj důležitý pouze jejich budoucí užitek. Aby jej byl schopen určit, nestačí mu znát, jak aktuálně dobrý hráč je, ale jak bude užitečný v budoucnosti. Potřebuje navíc tedy určit hodnotu kvality = to, jak rychle se hráč zlepšuje a potenciálu = to, jak dlouho se hráč bude zlepšovat. Tento odhad je proveden na základě sledování vývoje hodnocení hráče v trénincích, jelikož hodnocení v zápasech je značně zkreslené právě zápasy a byl by tak možný jen velmi nepřesný odhad. Z tohoto tedy jasně vyplývá, že čím déle je hráč v týmu, tím přesněji je manažer schopen odhadnout jeho parametry a nebude v jeho zájmu ho prodávat dřív, než je bude aspoň přibližně schopen odhadnout. Hodnocení tréninku hráče je přímo závislé na jeho aktuálním průměru technických parametrů, který se zlepšuje po každém kole (kapitola 7.2.4). Do tohoto hodnocení je navíc započítána forma hráče, která tak odhad může o něco zkreslovat. Výpočet zlepšování hráče je ovšem prováděn na základě jeho kvality a potenciálu a v případě pokusu o opačný výpočet, tedy zjištění kvality a potenciálu na základě znalosti jeho přibližného zlepšení nastává problém. Tím problémem je, že známe pouze jednu hodnotu ze tří (a to ještě ne úplně přesně) a snažíme se určit zbylé dvě. Dalo by se tedy říct, že se snažíme odhadnout jednu rovnici o dvou neznámých. Máme-li ovšem hodnocení hráče z více sezón po sobě, dostáváme navíc časovou složku a potenciál je přímo úměrný právě na této časové složce. Jelikož potenciál klesá každou sezónu stejně (do té doby než je záporný) a nabývá známého rozsahu hodnot, můžeme při malém počtu hodnot zlepšení hráče odhadnout pouze rozsah kvality daného hráče. V případě znalosti více hodnot zlepšení hráče (hodnot z více sezón po sobě) i snížit rozsah hodnot, které může nabývat potenciál a tím i zúžit rozsah hodnot odhadované kvality. U hráčů ze sestavy nás navíc kromě budoucího užitku zajímá užitek aktuální, protože se nejspíš nebudeme chtít zbavit hráče, který by tým mohl výrazně oslabit oproti soupeřům v aktuální sezóně. V tomto případě je použit podobný princip, jako při určování výhodnosti zhoršení týmu (viz příklad 8.1). Rozdíl je v tom, že výpočet je proveden pro každého hráče ze sestavy, který je v množině hráčů, ze které vybíráme kterého prodat. Zisk je dán jeho platem, který ušetříme a ztráta je dána snížením zisku týmu, z důvodu zhoršení týmu o počet pozic v relativním hodnocení týmu,

když daného hráče nahradí nejlepší náhradník na jeho pozici. Jinak je výpočet stejný jako byl proveden v daném příkladě.

Konkrétní prodej je pak realizován přes trh. Manažer pošle požadavek na umístění hráče na trh, přičemž má možnost specifikovat minimální cenu, za kterou ho je ochoten prodat. Výpočet této ceny je závislý na očekávané budoucí užitečnosti hráče, tedy manažer opět na základě odhadu kvality a potenciálu tuto užitečnost určí. Dále má manažer možnost poskytnout údaje, týkající se hodnocení tréninků hráče, tedy dát tak určitým způsobem reference na hráče a umožnit tak užitečnost hráče spočítat i kupujícím manažerům. Poslední informací o hráči kterou má manažer týmu při prodeji hráče možnost ovlivnit, je informace o jeho morálce. Pomocí těchto dvou posledně jmenovaných informací, má tak manažer možnost ovlivnit rozhodování kupujících manažerů. To může být prodejcem zneužíváno a může se pokoušet pozměnit tyto hodnoty a nadhodnotit tak hráče. Touto oblastí se bude zabývat kapitola 10, řešící důvěru a reputaci v systému.

## Nákup hráčů



Obr. 8.4: Diagram části hlavního cyklu týkající se nákupu hráčů

Nákup hráče je ve své podstatě o něco složitější než jeho prodej. V případě prodeje vybíráme hráče z množiny hráčů, kterou máme možnost sami ovlivnit a při umístění konkrétních hráčů na trh, pak už

pouze čekáme, jak jejich prodej dopadne. Rozhodování o nákupu je o něco složitější. Množina hráčů mezi kterými můžeme vybírat se z časového hlediska mění a informace o těchto hráčích nemusí být úplně pravdivé. Na druhou stranu trh funguje tak, že po určitý časový úsek od vložení hráče na trh, je možné projevit o hráče zájem a konkrétní souboj o hráče pak proběhne mezi manažery, kteří tento zájem projeví (fungování trhu bude detailněji popsáno v kapitole 8.2). Tento způsob umožňuje, aby si manažer vybral více hráčů, které by chtěl do svého týmu a postupně tak soutěžil v aukcích hráčů do té doby, než nakoupí požadované hráče a od dalších po té odstoupil. Nákup hráčů se tedy bude skládat ze dvou fází. V první fázi manažer vybere ze všech hráčů na trhu pouze ty, o které by měl zájem a majitelům těchto hráčů dá zájem najevo. V druhé fázi manažer týmu, který vlastní hráče, postupně vyzývá manažery, kteří o něj projeví zájem, jestli souhlasí s danou cenou za hráče. Děje se tak do té doby, než tato cena je přijatelná pouze pro jednoho manažera. Tento manažer hráče získá (viz kapitola 8.2).

Manažer týmu tedy získá informace o všech hráčích na trhu a nyní musí určit o které by měl zájem. Samozřejmě hned může odfiltrovat všechny hráče, jejichž základní vyvolávací cena je vyšší než jsou manažerovy finance. Poté je potřeba každého hráče nějak ohodnotit a na základě ohodnocení určit cenu. Celkové ohodnocení hráče se skládá z několika částečných hodnocení. Celkové ohodnocení hráče tedy vyjadřuje vzorec 8.3.

$$\begin{aligned}
 \text{Celkové ohodnocení (HRAC)} = & \text{hodnocení nutnosti pozice (HRAC)} \\
 & + \text{hodnocení aktuálního přínosu (HRAC)} \\
 & + \text{hodnocení budoucího přínosu (HRAC)} \\
 & + \text{hodnocení morálky (HRAC)} \\
 & + \text{hodnocení reputace (HRAC.MAJITEL)}
 \end{aligned}
 \tag{8.3}$$

Nyní je tedy potřeba určit, jak spočítat jednotlivá hodnocení. Jak již bylo dříve napsáno, manažer týmů považuje určitý počet hráčů na každé pozici za optimální. Pokud na dané pozici je hráčů méně, než by si představoval, můžeme to vyčíslit číslem, které se rovná počtu hráčů, kteří do optimálního počtu chybí. Tedy, považuje-li manažer týmu za optimální počet 5 obránců, a pokud má v týmu k dispozici pouze 3, ohodnotí to číslem dva, které nazveme nutnost pozice. Záporné číslo by představovalo nadbytek oproti optimálnímu počtu. Jelikož je brankář nenahraditelná pozice oproti ostatním a vždy musí být alespoň jeden, je nutnost pozice v případě, že se jedná o brankáře, brána jako dvojnásobná.

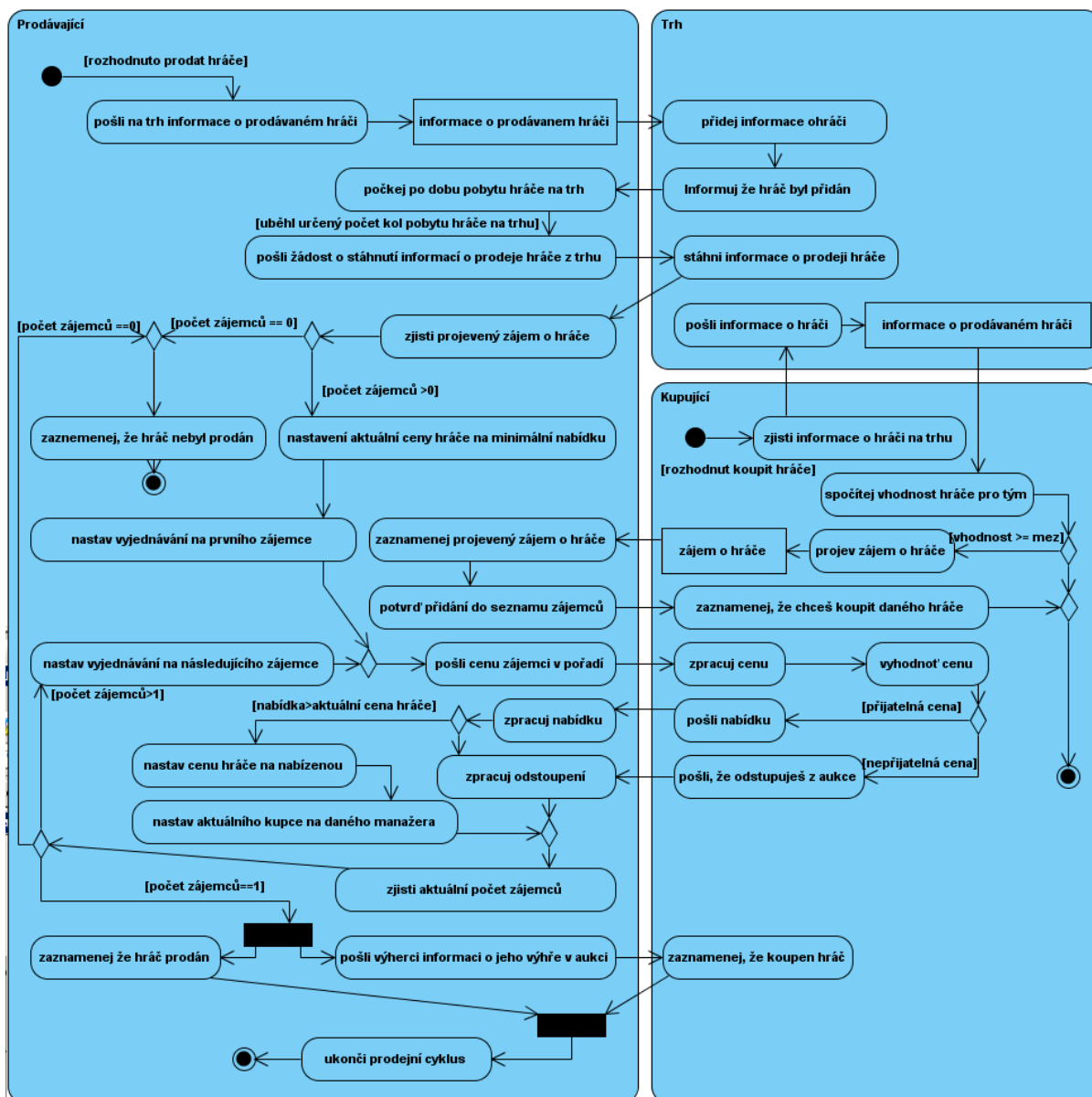
Výpočet aktuálního přínosu hráče opět používá dříve popsané principy. Manažer na základě aktuálního hodnocení hráče určí, jak moc by mu pomohl. Určí tedy, na základě rozdílu průměru technických parametrů kupovaného hráče s hráčem, kterého by nahradil. O kolik pozic by si polepšil v relativním hodnocení týmů. Číslo o kolik pozic by si polepšil, je zároveň i výsledkem hodnocení aktuálního přínosu hráče, ovšem ne vždy. Aktuální přínos hráče se takto vypočítá pouze v případě, že je cílem manažera tým momentálně zlepšit. Pokud by to jeho cílem nebylo, tak ani rovněž nemá cenu

hodnocení hráče z hlediska momentálního přínosu zvětšovat a prakticky je v tomto případě toto hodnocení rovno 0.

Dalším hodnocením, je hodnocení budoucího přínosu hráče. V tomto případě se snažíme zjistit, stejně jako při prodeji, jaký bude budoucí vývoj hráče na základě odhadu jeho kvality a potenciálu. Výpočet je proveden tak, že si manažer vypočte na základě odhadu kvality a potenciálu, jak bude hráč vypadat každou sezónu až do té doby, kdy pro něj už nejspíše užitečný nikdy nebude. Hráč tedy jakoby uměle stárne a každou sezónu se zjišťuje jeho momentální přínos pro tým a ten se postupně sčítá. Takto získáme celkový přínos. Takto vypočítaný přínos může být zkreslen tím, že majitel hráče uvedl nadhodnocené údaje o hráči. Rovněž předposlední parametr, který manažer používá při výpočtu celkového ohodnocení může být zkreslen majitelem. Tímto parametrem je průměr morálních atributů hráče. Poslední parametr se právě snaží reflektovat možnost nadhodnocení hráče aktuálním majitelem. Tímto parametrem je reputace, kterou si kupující manažer o daném prodávajícím manažerovi utvořil, na základě předchozích obchodů. Všechny tyto parametry jsou po vyvážení sečteny a je tak získáno celkové ohodnocení hráče. Na základě tohoto ohodnocení je potom vypočítána maximální cena, kterou bude ochoten za hráče utratit. Větší cena by pro něj znamenala, že za hráče investuje více, než bude hráč schopen svým přínosem týmu vydělat. V případě, že je hráč ohodnocen na požadovanou mez, projeví o něj manažer zájem. A samotná aukce poté proběhne pro kupujícího manažera asynchronně vzhledem k jeho hlavnímu cyklu, jelikož je řízena trhem.

## 8.2 Agent – trh

Přestože je trh realizován jako softwarový agent, tak se v systému nejedná o agenta v pravém slova smyslu. Jedná se pouze o pomocného agenta, který zprostředkovává informace o aktuálně prodáváných hráčích. Proávající manažer tedy poskytne údaje o prodávaném hráči právě tomuto agentovi. Ten pak na dotaz ostatních agentů tyto údaje dále předává. Celkový princip fungování trhu je znázorněn na následujícím diagramu. Tento diagram je prakticky spojením dvou menších diagramů. Proávající agent iniciuje akce, vedoucí k umístění informací o prodávaném hráči na trh. Kupující agent na základě těchto informací projeví o některé z hráčů na trhu zájem. Proávající manažer, po uplynutí doby, stanovené při umístění informací o hráči na trh, provede aukci daného hráče



Obr. 8.5: Diagram znázorňující interakci mezi prodejcem, trhem a kupci hráče

Jakmile se manažer týmu rozhodne, že chce prodat daného hráče, tak informace o prodeji tohoto hráče vloží na trh. Při vkládání jsou automaticky zjištěny základní informace o hráči, jako je jeho věk, majitel atd. Další dva typy informace poskytuje sám prodejce. Těmito atributy jsou průměr morálních atributů hráče a hodnocení tréninků hráče. Jak již bylo popsáno výše, oba typy těchto informací jsou pak možnými kupci používány při odhadu ceny hráče a prodejce má tak tedy možnost částečně ovlivnit rozhodování kupujících manažerů. Při vložení hráče na trh je také určena doba, po kterou bude možné projevit zájem o hráče. Po uplynutí této doby je informace o prodeji hráče z trhu stažena a prodávající manažer provede aukci hráče anglického typu. Po úspěšném prodeji jsou provedeny

úkony s tím spojené. Tedy přechod hráče z týmu prodávajícího manažera do týmu manažera , který aukci vyhrál. Je také proveden převod financí, dle ceny, za kterou byl hráč vydražen.

Z pohledu manažera, který se naží koupit hráče, vypadá situace takto. Kupující manažer nejprve zjistí, jací hráči se na trhu vyskytují. U konkrétních hráčů informuje manažera týmu, který vlastní hráče, že má o něj zájem. Výběr je proveden na základě ohodnocení hráčů (viz kapitola 8.2). Majitel hráče zjistí, zda byl o hráče vůbec nějaký zájem. Po té jak již bylo řečeno proběhne aukce anglického typu, pod režii prodávajícího manažera. Od tradiční anglické aukce se však liší v tom, že je specifikováno pořadí, ve kterém jsou manažeři dotazováni. Pořadí je dáno podle doby, ve kterém kupující manažeři projevili zájem o hráče. Možní kupci jsou tedy postupně dotazováni a postupně se tím zvedá cena. Jakmile kupující manažer není ochoten aktuální cenu zvýšit, odstupuje z aukce, jelikož dorovnání není možné, jinak by aukce neměla smysl. Manažer týmu cenu hráče zvýší v případě, že cena po zvýšení bude menší, než jsou jeho aktuální finance a nesmí být také větší, než je jeho odhadovaná cena z hlediska přínosu hráče pro tým. Tímto principem se postupně zvedá cena hráče do té doby, než zůstane pouze jeden kupující manažer, který hráče za cenu kterou naposledy nabídnul vyhrává. Poté dojde k odečtení financí na kontě týmu kupujícího manažera a hráč přestoupí do tohoto týmu. O začátku aukce tedy nejsou její účastníci přímo informováni, ale jakmile se na ně dostane řada, tak dostanou příležitost o hráče bojovat, případně odstoupit.

## 9 Implementace prostředí agentů

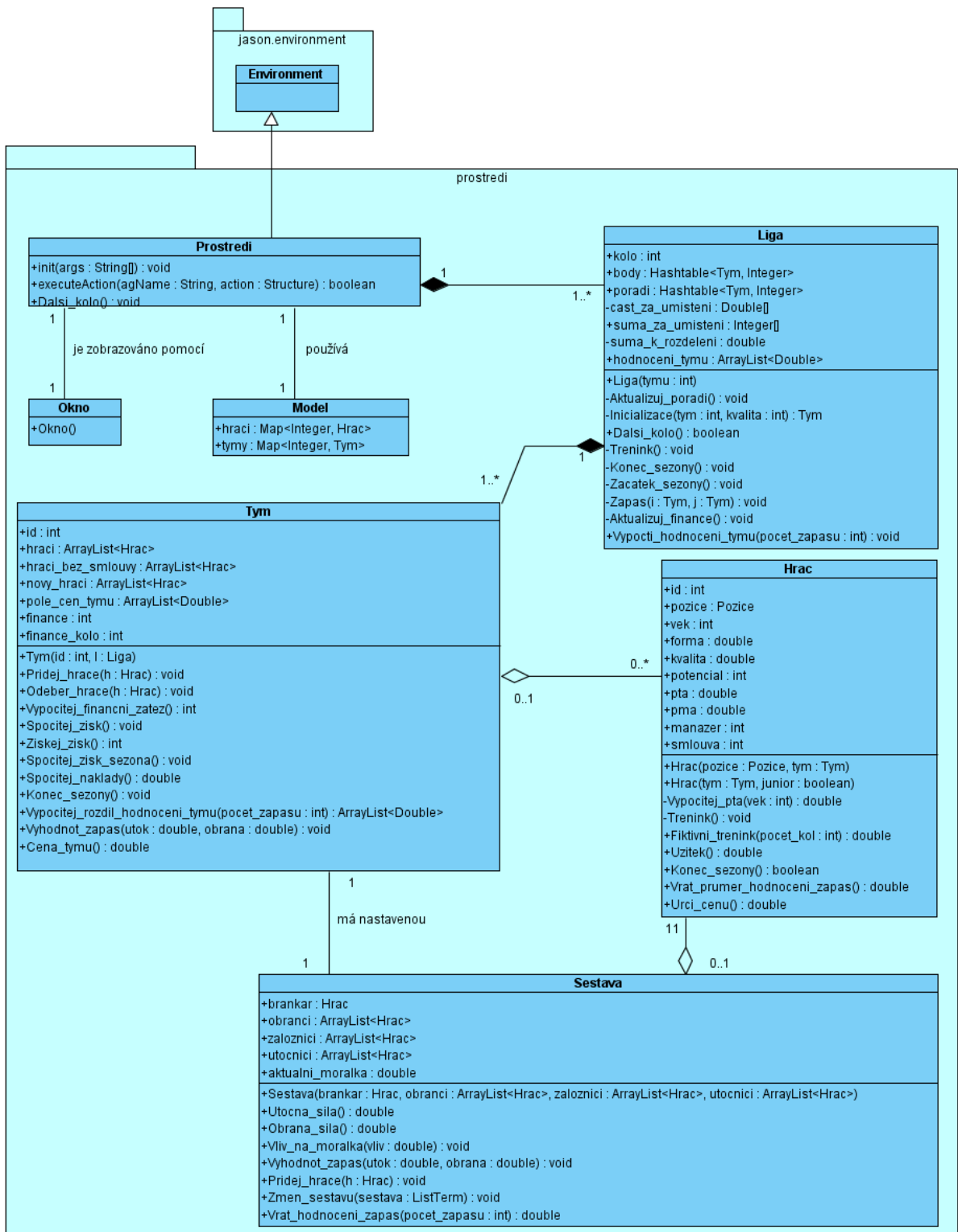
Na obrázku 9.1 je znázorněn diagram tříd balíčku prostředí. V kapitole 7.1 je popsán model prostředí, ze kterého tyto třídy vychází. Nejdůležitější třídou je třída *Prostredi*. Její hlavní náplní je posílat vjemy agentům, kteří se v daném prostředí vyskytují a také realizovat akce, které agenti provádějí. Je možno říci, že prostředí je určitým způsobem sekvenční, jelikož se skládá ze sekvence kol sdružených do větších celků – sezón. Právě metoda *Dalsi\_kolo* realizuje jedno kolo této sekvence. Než však začne probíhat simulace jednotlivých kol, je potřeba, aby všechny prvky prostředí byly uvedeny do počátečního stavu, což je realizováno metodou *init*. Součástí této inicializace je vytvoření ligy, týmů hrajících tuto ligu a také vygenerování hráčů, kteří jsou k jednotlivým týmům přiděleni.

### 9.1 Třída Liga

Hlavní funkcí této třídy je generovat zápasy a na základě výsledků těchto zápasů aktualizovat tabulku pořadí týmů hrajících ligu. Pak také na základě aktuálního pořadí má za úkol přidělovat peníze týmům a v případě ukončení sezóny provede všechny kroky, umožňující zahájení sezóny nové. Vytvořením instance této třídy dojde k vygenerování týmů. Dále zjištění, jak kvalitní tato liga na základě vytvořených hráčů bude a podle této skutečnosti jak pak určena suma peněz, která bude na základě pořadí týmu přerozdělována. Tento obnos financí je na začátku každé sezóny znova přepočten podle momentální kvality týmů, hrajících ligu. V rámci každého kola pak iniciuje provedení „zestárnutí hráčů“.

V kapitole 7.2.1 byl vysvětlen výpočet zápasu mezi dvěma týmy. Z hlediska implementace je navíc nutné určit které týmy se mají v daném kole utkat. Je důležité, aby byl splněn základní požadavek a to, aby sehrál každý tým s každým jiným týmem stejný počet zápasů. Pro zajištění tohoto požadavku lze využít algoritmus, který se používá v reálném prostředí. Mezi další požadavky bude také vhodné zařadit, aby zároveň hrály nějaký zápas všechny týmy (musí jich být sudý počet) a aby celý cyklus, kdy každý tým odehraje zápas s každým jiným týmem byl minimální. K výpočtu, kolik takový kol cyklus čítá, je možné použít kombinatoriku. Potřebujeme tedy vytvořit dvojice z  $n$  týmů a nezáleží nám na jejich pořadí. Označme znakem  $z$  počet těchto dvojic. Výpočet počtu zápasu k splnění výše popsaných podmínek je pak následující:

$$z = \binom{n}{2} = \frac{n!}{2!} = \frac{n \cdot (n-1) \cdot (n-2)!}{2 \cdot (n-2)!} = \frac{n \cdot (n-1)}{2} \quad (9.1)$$



Obr. 9.1: Diagram tříd balíčku prostředí

Jelikož každý tým bude hrát právě jednou se všemi ostatními, pak počet zápasů  $t$ , které odehraje je:

$$t = (n - 1) \quad (9.2)$$

Uděláme-li podíl předešlých vzorců (9.1 a 9.2), získáme:

$$\frac{n \cdot n - 1}{2 \cdot (n - 2)} = \frac{n}{2} \quad (9.3)$$

Výsledkem tohoto podílu je počet zápasů na jedno kolo. V případě, že by byl lichý počet týmů, tak je zřejmé, že se daného kola nemohou zúčastnit všechny týmy (nevycházelo by celé číslo počtu zápasu v jednom kole). Z tohoto důvodu, je při implementaci zvolen sudý počet týmů. Bude-li tedy například počet týmů v lize 16, pak se v každém kole odehraje 8 zápasů a po 15ti kolech odehraje každý tým zápas s každým jiným týmem. Dojde tedy k odehrání 120ti zápasů. Nyní již víme, kolik zápasů v kolika kolech máme odehrát. Ovšem nevíme, jaké zápasy simulovat v konkrétním kole sezóny. V případě, že uvažujeme pouze sudý počet týmů hrajících v dané lize, je možné určit, které týmy v daném kole mezi sebou odehrají zápas dle následujícího algoritmu:

```
int pocet_tymu=tymy.size();
int aktualni_kolo=kolo%(pocet_tymu-1);
Zapas(Tym[aktualni_kolo],Tym[pocet_tymu-1]);
for(int j=1;j<pocet_tymu/2;j++)
{
    int tym1=((pocet_tymu-j+aktualni_kolo-1)%(pocet_tymu-1));
    int tym2=((aktualni_kolo+j)%(pocet_tymu-1));
    Zapas(Tym[tym1],Tym[tym2]);
}
```

Pokud vstupem tohoto algoritmu bude pole týmů (v algoritmu označené jako *Tym*) a hodnota proměnné *kolo*, bude znamenat pro které kolo chceme zápasy simulovat, tak algoritmus splní všechny požadavky, které jsme požadovali. A navíc i umožňuje, aby v rámci sezóny každý tým s každým jiným týmem odehrál více zápasů. Tento algoritmus a vzorce použité v této kapitole byly převzaty ze zdroje [6].

## 9.2 Ostatní třídy prostředí

Dále jsou součástí balíčku vymežujícím prostředí třídy: *Tym*, *Hrac Sestava* a *Model*. Instance třídy *Model* je vždy pevně spjata s nějakou ligou. Třídy *Model* a *Liga* by bylo možné sjednotit, ovšem z principiálních důvodů tomu tak není. Pokud by se celý systém skládal pouze z objektů, nebyla by

třída *Model* potřebná. Ovšem kromě objektových principů je systém založen i na agentních a dochází tak propojování programovacího jazyku Java s jazykem pro programování agentů Jason. Pro komunikaci mezi agenty a prostředím prostřednictvím vjemů a agentových akcí se používají pouze základní datové typy, převedené na datové typy, kterým agent rozumí. Téměř výhradně jsou to datové typy číselného nebo textového charakteru. Tím ale nastává problém, že má agent ve své bázi znalosti uloženy informace, které si při komunikaci s ním potřebuje prostředí spojit s konkrétními objekty. Například agent provádí akci vložení hráče s určitým identifikátorem na trh a prostředí musí zjistit, k jakému týmu agent přísluší a kterého hráče (objekt) má na mysli daným identifikátorem. Z tohoto důvodu je vytvořena instance třídy *Model*, která obsahuje mapování identifikátorů objektů s danými objekty.

Třídy *Tym* a *Hrac* vycházejí z modelu navrženého v kapitole 7.1. Kromě základních parametrů a funkcí, popsanych v kapitole 7.1, poskytují metody a proměnné pro výpočet a zaznamenání zajímavých hodnot z hlediska experimentování s tímto modelem. Obě tyto třídy jsou ve vazbě s třídou *Sestava*, která slouží pro uložení agentem vybrané základní sestavy, která odehrává zápasy a také pro vyhodnocení kvalitativních parametrů vybrané množiny hráčů.

Pro zobrazení aktuálního stavu systému a nasbíraných statistických údajů slouží třída *Okno*, která poskytuje uživatelské prostředí. Tato třída využívá další vytvořený balíček tříd s názvem *zobrazeni*. Třídy toho balíčku pouze dekomponují zobrazovaného uživatelského rozhraní na menší celky, které třída *Okno* zastřešuje.

## 10 Důvěra a reputace v systému

Nyní již máme vytvořený systém, ve kterém můžeme sledovat, jak se daným manažerům daří. Ovšem výsledky nebudou nic jiného než dílo náhody. Na začátku je každému manažerovi přidělen tým a to z jakých hráčů se skládá, už samo o sobě některé manažery zvýhodňuje a příchod nových hráčů do systému je sice pravidelný, ale opět jsou jejich parametry náhodné. Také simulace je založena na pravděpodobnosti, kdy silnější tým vyhraje pouze s určitou pravděpodobností, která je dána převahou (bereme-li to ze strany silnějšího týmu) tohoto týmu nad soupeřem. Jelikož cílem této diplomové práce nebylo snažit se udělat pouze simulátor, je také rozhodovací logika agentů z hlediska určování základní sestavy a to kterého hráče prodat stejná (odlišná pouze vzhledem k jiným momentálním okolnostem). Hlavní možností jak svůj tým vylepšit, je možnost obchodování s hráči. To jak se daný manažer rozhoduje, bylo popsáno v kapitole 8.1.1.2. Zkusíme-li se ovšem na obchodování podívat z hlediska reálného prostředí, tak téměř vždy se objevuje riziko, že prodejce se může pokusit svůj objekt prodeje nadhodnotit uvedením lživých informací o něm a určitým způsobem tak podvést kupujícího. V tomto případě jsou objektem prodeje hráči a manažer týmu, za který hráč hraje, má o hráči nejvíce informací. Zvláště to jsou informace o morálce hráče a také přesnější informace o zlepšování hráče než ostatní manažeři. K odhadu kvality hráče jsou právě potřebné tyto informace, které manažer poskytuje, když hráče umisťuje na virtuální trh. Právě tato skutečnost umožňuje hráče nadhodnotit. V takovémto případě pak úspěch bude záležet nejen na náhodě, ale také na tom, jak moc daný manažer lže. Lhaní i v reálném světě je důsledkem dvou hlavních faktorů. Těmito faktory jsou povaha a okolnosti. Převédeme-li to do našeho modelu systému, tak při inicializace je určen parametr agenta znamenající, jaká je jeho tendence k lhaní. Když se spojí tento parametr s jeho aktuální situací, dostaneme jako výsledek to, zda bude agent lhát, případně jak moc. Jelikož je záměrem manažera týmu co největší zisk týmu, tak okolnostmi jsou aktuální finance týmu. Tedy manažer týmu, který má záporné finance, bude mít větší tendenci lhát, než manažer týmu, který má dostatečnou finanční hotovost pro běh týmu. Ovšem v důsledku právě simulace určitého povahového rysu týkající se „vrozené lživosti“ mohou existovat agenti, kteří budou lhát ve většině případů nebo naopak téměř nikdy. Rozdělili bychom nyní manažery na dvě skupiny, tedy na ty co lžou a ty co udávají vždy pravdivé informace, byl by systém dosti nespravedlivý, jelikož by byly nekorektní manažeři zvýhodněni. Je tady nutné zavést protiopatření, jak proti nekorektním manažerům přistupovat a tímto protiopatřením může být například použití principů důvěry a reputace.

## 10.1 Model důvěry a reputace použitý v systému

Většina modelů důvěry a reputace je zaměřena na určitou oblast, ve které je možné jejich principy použít. V opačném případě jsou obecnějšího charakteru a v konkrétní situaci se použijí pouze některé jejich části. V kapitole 6 byly některé z modelů důvěry a reputace stručně popsány. Pro naše potřeby se ovšem žádný model nehodí zcela a tak jako vhodné řešení bylo určeno jednoduchý model důvěry a reputace vytvořit s využitím některých principů z jiných modelů. Jelikož se v charakteru jedná a distribuovaný systém, je nutné, aby si každý agent sám uschoval informace o transakcích, které uzavřel s jinými agenty. Jakmile tedy dojde k nákupu hráče, jsou udávané skryté parametry hráče srovnány se skutečnými a na základě tohoto porovnání agent – manažer týmu ohodnotí celým číslem jak moc se tyto údaje liší. Konkrétně hodnotou  $0$  ohodnotí transakci, při které byly podány pravdivé informace. Hodnota  $0$  je tady nejlepším hodnocením transakce, jelikož se nepředpokládá, že by mělo racionální důvod podávat o hráči horší informace o jeho parametrech, než jsou skutečné (v tomto případě by byla transakce rovněž ohodnocena hodnotou  $0$ ). Agent si tyto informace týkající se důvěry v jiné agenty uchovává ve své bázi znalostí, jako seznamy hodnot proběhlých transakcí spojené s daným agentem, se kterým transakce uskutečnil. Báze znalostí týkající se právě těchto informací může vypadat například takto:

*reputace(„mt1“, [0,0,0,0]).*

*reputace(„mt7“, [4,4,7,8]).*

*reputace(„mt10“, [4,0,0]).*

V tomto případě by agent měl uloženy informace o 11ti transakcích se třemi různými agenty. Kdy pouze první nikdy nelhal a obchodování s manažerem týmu s číslem sedm by bylo nejrizikovější, z důvodu poskytnutých lživých informací daným manažerem.

Nyní, když už máme informace o minulých nákupech, tak je potřebujeme nějakým způsobem zpracovat na jedno číslo, značící důvěru v daného agenta a vyčíslit tak tedy jeho reputaci pro nás. Také je nutné určit, jak přistupovat k agentům, se kterými nemáme zatím žádnou zkušenost. Považovat je za důvěryhodné by znamenalo riziko, že se každým lhářem necháme napoprvé oklamat a v případě, že by se jednalo o velkou transakci, mohlo by to znamenat hodně velkou ztrátu. Opačným extrémem je považovat každého neznámého agenta za maximálního lháře. V tomto případě by docházelo k minimu transakcí s neznámými agenty a k velkému zvýhodňování těch, se kterými už nějakou zkušenost máme. Z tohoto hlediska byl zvolen jiný přístup. Jako první hodnotu k poli informací o transakcích s daným manažerem, se vždy při výpočtu reputace přidá číslo vypočtené na základě ceny hráče. Nelze přesně popsat, jak by tato hodnota měla být vypočtena, jelikož vždy záleží

na charakteru aplikace tohoto modelu důvěry a reputace. Může se jednak například o lineární funkci, ale v našem případě se jako ideálnější jeví například funkce arkus tangens, jelikož cena hráče vzhledem k jeho parametrům má v našem případě stejný charakter. Tato první hodnota zajistí v případě, že agent nemá žádné zkušenosti s agentem – prodejcem to, že bude skeptičtější k prodejcům drahých hráčů, než k levným hráčům a častěji zvolí v tomto případě levnější hráče. Tento princip vychází z reálného světa, kdy člověk je také skeptičtější, má-li vynaložit větší finanční obnos za neznámý produkt. Čím více pak s daným agentem – prodejcem zkušeností máme, tak tím méně se pak tato hodnota uplatňuje. Nyní tedy zbývá určit celkovou hodnotu na základě tohoto seznamu ohodnocení interakcí. Lhaní agentů, jak je popsáno výše, záleží také na momentální finančních okolnostech a mění se tedy časem. Z tohoto důvodu budou pro nás důležitější aktuálnější informace. Na výslednou hodnotu tedy nebudou mít všechny hodnoty ze seznamu stejný vliv, ale budou určitým způsobem váženy. K seznamu hodnot tedy vytvoříme stejně velký seznam vah. Pro vytvoření si nejprve stanovíme základní požadavky. Prvním požadavkem je, aby součet vah byl roven hodnotě 1. Dalším požadavkem je, aby rozdíly mezi následujícími hodnotami vah byly stejné, tedy aby funkce výpočtu byla lineárního charakteru. Následující vzorec znázorňuje výpočet *i-té* váhy (první váha má index 0)  $v_i$  seznamu vah o délce  $n$ :

$$v_i = \frac{2 \cdot i}{n \cdot (n - 1)}, \text{ pro } n > 1 \quad (10.1)$$

Tento vzorec lze použít pouze pro  $n > 1$ , jelikož by jinak docházelo k dělení nulou. Pro jednoprvkové seznamy hodnot není nutné váhu počítat, jelikož je rovna 1. V případě použití tohoto vzorce splníme podmínky, které jsme požadovali, avšak první hodnota bude rovna 0 a tedy se při výpočtu celkové důvěry v agenta neuplatní. To také není jediným problémem. Vzorec také neumožňuje nijak určit, jak velký má být rozdíl mezi jednotlivými váhami. Bylo by tedy vhodné, aby existovala navíc jedna nastavitelná proměnná, pomocí níž bychom tyto parametry ovlivnili. Označíme-li tuto proměnou znakem  $p$ . Pak rozšířený vzorec je následující:

$$v_i = \frac{\frac{2 \cdot i}{n \cdot (n - 1)} + \frac{p}{n}}{p + 1} \quad (10.2)$$

Zkusíme nyní prozkoumat důsledek této úpravy. V případě dosazení hodnoty 0 za námi přidanou proměnou zjistíme, že je vzorec totožný s předchozím. V případě dosazení hodnoty vyšší než 0, bude první váha čím dál více vzrůstat a to tak, že poměr mezi poslední váhou a první váhou bude tím větší, čím větší hodnotu  $p$  dosadíme a bude se blížit k limitní hodnotě 1. Nyní tedy již máme nástroj, jak nastavit první hodnotu a také velikost rozdílu mezi jednotlivými váhami. Také máme dva stejně velké seznamy hodnot, tedy seznam hodnot ohodnocení interakcí s daným agentem a seznam vah. Budeme-li tyto dva seznamy považovat za dva vektory, pak stačí provést pouze jejich skalární součin

a získáme výslednou hodnotu důvěry v daného agenta. V našem systému je zvolena hodnota  $p=1$ , což znamená, že nejaktuálnější hodnota se uplatní třikrát více, než hodnota nejstarší. Budeme-li tedy seznam s ohodnocením považovat za vektor  $o$  a hodnotu představující to jak moc danému agentu nevěříme označíme znakem  $D$ , bude výpočet následující.

$$\begin{aligned} v &= (v_1, \dots, v_n) \\ o &= (o_1, \dots, o_n) \\ D &= \sum_{i=1}^n v_i \cdot o_i \end{aligned} \tag{10.3}$$

Pro názornost si ukažme na příkladě kroky výpočtu.

#### **Příklad 10.1:**

Vektor ohodnocení interakcí:  $o = (4,4,7,8)$ .

$n=4$ .

$p=1$ .

$v=(0.125,0.208,0.292,0.375)$ .

Výsledná hodnota nedůvěry v agenta =  $0.125*4 + 0.208 *4 + 0.292*7 + 0.375 *8 = 6.38$ .

Čím bude hodnota  $D$  vyšší, tím agentovi méně věříme. Teď již zbývá pouze určit, jak hodnoty důvěry použít při nákupu hráčů. Nabízejí se dvě možnosti. V systému nepoužitou možností by bylo, automaticky vybrat pouze ty hráče, jejichž majiteli dostatečně věříme, tedy vypočtená hodnota nedůvěry v jejich majitele by byla menší než stanovený práh. Implementovan je jiný způsob použití těchto hodnot. Tato hodnota je při výpočtu ceny hráče použita jako jedna ze složek. V kapitole 8.1.1.2 je popsán celkový výpočet ceny hráče při jeho nákupu a právě reputace se na tomto výpočtu také podílí.

Tento vytvořený jednoduchý model důvěry je použitelný v systému, ve kterém je dostatek interakcí mezi jednotlivými agenty. V případě, že bychom uvažovali v našem systému více lig, bylo by také více agentů v systému a znamenalo by to také, že počet interakcí s konkrétními agenty by mohl být daleko menší. Bylo by tedy vhodné náš model rozšířit o principy, které by i v tomto případě model učinily efektivním. Uvažujeme-li, že nemáme dostatek vlastní informace o nějakém prodejci, snažíme se je opatřit od jiných zdrojů a snažíme se tak získat nepřímé informace. To však přináší řadu dalších problémů. S kterými agenty navázat kontakt a tyto informace získat. Také když už se pohybujeme v prostředí, ve kterém se vyskytují nedůvěryhodní agenti, tak by bylo pošetilé spoléhat na to, že nebudou nikdy lhát také ohledně těchto informací. Z racionálního hlediska budou mít zájem o šíření těchto informací agenti, kteří jsou důvěryhodní. Bude-li se totiž vědět o jejich důvěryhodnosti a také o nedůvěryhodnosti jejich protivníků, budou z toho oni profitovat. Jako použitelné se jeví

principy použité v modelech důvěry a reputace popsané v kapitolách 6.2.3 a 6.2.6, jejichž principy budou základem pro náš reputační mechanismus. Pokud tedy nemá agent žádné vlastní zkušenosti, zkusí se obrátit na agenty, se kterými má dobré zkušenosti. Obrátí se tedy na agenty, kteří mu nikdy nelhali. Pokud tito dotázaní agenti nějaké informace mají, mohou mu je poskytnout. Podíváme-li se například na internetové obchodování, tak lze nalézt řadu internetových stránek, na kterých si uživatelé vyměňují zkušenosti s internetovými obchody. Kromě svých vlastních zkušeností (pokud nějaké vůbec má) může také dotázaný agent také navrhnout další agenty, kteří by tyto informace mohli mít. Dotázaný agent tedy zjistí, s kterými agenty má dobré zkušenosti a právě ty tazajícimu agentu navrhne. Agent je ochotný spolupracovat pouze v případě, že tazající se agent ho nikdy neoklamal. Díky tohoto principu se pomyslná síť pro důvěryhodné agenty postupně rozšiřuje a navíc je motivuje k tomu, aby nelhali. Tento princip nám však nijak nepomůže odhalit, zda údaje které obdržíme jsou pravdivé. Z tohoto důvodu si agenti také ukládají všechny informace, které od ostatních agentů obdrží a tyto informace rovněž při dotazu poskytují. Pokud by tedy někdo poskytl různé informace o stejných interakcích, tak je možné, že bychom to zjistili. Budeme nyní uvažovat orientovaný graf  $G = (V, E)$  a jeho ohodnocení hran  $c$ , kde:

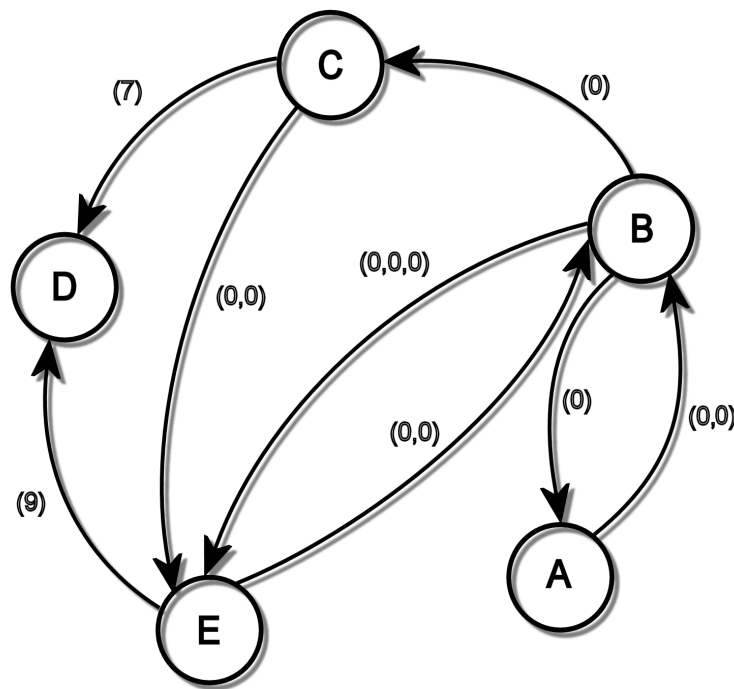
- $V$  značí uzly představující jednotlivé agenty v systému.
- $E$  je podmnožina kartézského součinu  $V \times V$  a znamená, že první agent má nějakou zkušenost s druhým agentem.
- Ohodnocení hran  $c$  je zobrazení  $E$  na multimnožinu celých čísel, které představují hodnocení jednotlivých interakcí.

Tento graf určuje, jak je systém agentů provázaný z hlediska vzájemných zkušeností. Nyní, chceme-li spočítat důvěru v určitého agenta (označme ho  $V_D$ ), k němuž vede přímá hrana od uzlu značícího agenta, který tuto důvěru počítá ( $V_A$ ), tedy  $\langle V_A, V_D \rangle \in E$ , pak je vypočítána na základě ohodnocení této hrany, dle vzorce 10.3. V tomto vzorci jsou pak složky vektoru  $o$  dány jednotlivými prvky multimnožiny ohodnocení této hrany. Pokud chceme zjistit reputaci agenta s kterým nesousedíme přímo, tedy  $\langle V_A, V_D \rangle \notin E$ , tak to zjistíme následovně. Zeptáme se na agenta  $V_D$  všech agentů ke kterým vede hrana, jejíž ohodnocení je dáno multimnožinou obsahující pouze hodnoty 0 (znamenající vždy korektní jednání tohoto agenta). Uzly představující tyto agenty označme  $V_1 = \{V_{11}, \dots, V_{1n}\}$ . Tedy dolním indexem, který bude roven číslici, budeme značit množinu uzlů agentů, ke kterým jsme se schopni dostat přes daný počet hran. Agenti z množiny  $V_1$  zjistí, zda mají zkušenosti s požadovaným agentem, tedy zda existuje nějaká hrana  $\langle V_{1i}, V_D \rangle \in E$  pro  $1 \leq i \leq n$ . V případě, že tato hrana existuje, pro odpověď agentu  $V_A$  je použito ohodnocení této hrany. Poskytnutí odpovědi má ovšem ještě jednu podmínku. Agent poskytuje odpovědi na tyto dotazy pouze v případě, že nemá negativní zkušenost s tazajícím se agentem. Tedy pouze v případě, že neexistuje hrana od dotazovaného agenta k tazajícimu se s ohodnocením obsahujícím nějakou hodnotu větší než 0. V tomto případě, že

dotazovaný agent přímou zkušenost nemá, pošle agentovi  $V_A$  seznam všech agentů, se kterými má pouze dobré zkušenosti. Agent  $V_A$  vyhodnotí odpovědi od všech agentů z množiny  $V_1$ . V případě že nalezne odpovědi s ohodnoceními agenta  $V_D$ , provede pro každou takovou odpověď výpočet dle vzorce 10.3 a jako celkovou reputaci tohoto agenta použije průměr těchto hodnot. V případě, že odpovědi tyto informace neobsahují, tak mohou obsahovat ukazatele na jiné agenty. Tito agenti budou představovat množinu  $V_2$  a bude provedeno dotazování těchto agentů na agenta  $V_D$ , stejným způsobem jako v případě množiny  $V_1$ . V tomto případě pak existují tři způsoby ukončení dotazování:

- Nalezení ohodnocení agenta  $V_D$  a vypočítání jeho reputace.
- Nenalezení ohodnocení agenta  $V_D$  a není znám žádný agent, který by tuto informaci mohl znát.
- Dosažena hranice pro maximální zanoření v dotazování. Tedy proběhlo dotazování agentů z množiny  $V_M$ , kde  $M$  je číslo značící maximální hloubku zanoření.

Nutno ještě podotknout, že agent se v průběhu tohoto dotazování nikdy neptá dvakrát stejného agenta. K tomuto účelu si ukládá do paměti, kterých agentů se již ptal. Kdyby se tohoto nevyvaroval, tak by mohlo dojít k zacyklení do té doby, než by byla dosažena maximální hloubka zanoření. Popsaný graf zobrazující vztahy z hlediska důvěry totiž může obsahovat cykly. Tímto je tedy model kompletní. Má-li agent přímé zkušenosti s agentem, od kterého chce hráče koupit, použije pro výpočet pouze ty. V případě, že vlastní zkušenosti nemá, pokusí se zjistit reputaci prodejce od ostatních důvěryhodných agentů.



Obr.10.1: Orientovaný graf vyjadřující vztah agentů z hlediska důvěry

# 11 Experimentování se systémem

Tato kapitola popisuje provedené experimenty s vytvořeným systémem, výsledky a analýzu těchto experimentů. Jako první jsou provedeny experimenty se systémem, který nepoužívá principy důvěry a reputace, ale vyskytují se v něm agenti, jejichž chování není zcela korektní (tito agenti poskytují nepravdivé informace o prodáváných hráčích). Cílem těchto experimentů je zjistit, zda takto zvýhodnění agenti budou dosahovat lepších výsledků než agenti ostatní. Prostředí, ve kterém se agenti vyskytují, je velmi závislé na faktoru náhody. Především při vytváření týmů je zaručen pouze stejný počet hráčů s kterými disponují jednotliví agenti, nikoliv jejich stejná kvalita. To zaručuje, že si agenti volí již od začátků různé cíle. Výsledky zápasů jsou rovněž z části ovlivněny náhodou. Z tohoto důvodu bylo tedy nutné ověřit, zda i v takovémto prostředí bude mít nezanedbatelný vliv takovéto nekorektní chování a bude mít tak smysl přistoupit k experimentování při zavedení principů důvěry a reputace do systému.

Víme, že cílem agentů je, aby tým dosahoval co největšího finančního zisku. Nabízí se tedy, aby hodnotou, kterou při sledování týmu budeme sledovat byly momentální finance týmu. Momentální finance ovšem vůbec nereflektují cenu hráčů týmu, jelikož ti představují budoucí zisk a pokud by například došlo k nákupu dobrého hráče těsně před vyhodnocováním experimentu, tak se na aktuálních financích týmu tento nákup projeví záporně. Jako vhodnější se tedy jeví stanovit celkovou cenu týmu, tedy k jeho momentálním financím přičíst i vypočítanou cenu všech jeho hráčů. Výpočet je proveden obdobně jako jej provádějí agenti při nákupu a prodeji, ovšem s tím rozdílem, že jsou známy přesné parametry hráče. Nastává tak ale další problém, agenti nedisponují ze začátku se stejně kvalitními hráči a tak jsou hned od začátku někteří zvýhodnění, jelikož cena hráčů které obdrží není stejná. Z tohoto hlediska je vhodné od ceny týmu odečíst cenu hráčů, které tým nezískal akcemi agenta, tedy nákupem. Tento sledovaný parametr nazveme zisk, jelikož ten by měl být hlavním cílem agenta. Také je vhodné sledovat úspěšnost obchodování. Tím je myšleno, jak výhodně agent nakupuje a prodává hráče z hlediska jejich skutečné ceny. Zvláště u nekorektně se chovajících agentů, by měla tato sledovaná hodnota dosahovat kladných čísel, což by znamenalo, že se jim daří hráče nadhodnocovat. Mohlo by se zdát, že právě tento parametr by měl být hlavním, který experimenty sledují, ovšem není tomu tak zcela. Někdy může být výhodné koupit/prodat hráče, za větší/menší cenu, jelikož to z dlouhodobého hlediska přinese týmu zisk.

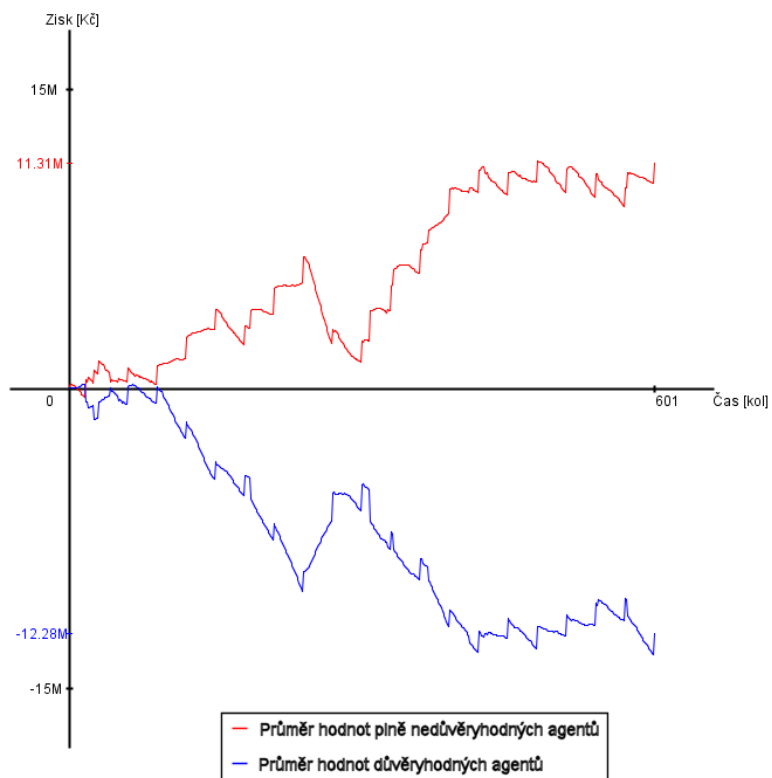
Nejprve tedy budeme sledovat výše popsané parametry v prostředí, ve kterém se vždy vyskytují dva typy agentů. V prvním experimentu bude první typ agentů vždy poskytovat pravdivé údaje a druhý typ agentů vždy nepravdivé. To jak moc budou tyto informace nepravdivé se budou rozhodovat na základě jejich momentální finanční situace. Pro zhodnocení výsledků budou použity

průměrné hodnoty agentů stejného charakteru. Jako nedůvěryhodné agenty budeme dále označovat agenty, kteří se nechovají vždy korektně a důvěryhodnými budeme nazývat agenty, kteří udávají vždy pravdivé údaje. Za plně nedůvěryhodné agenty budeme považovat ty, kteří aspoň minimálně lžou vždy.

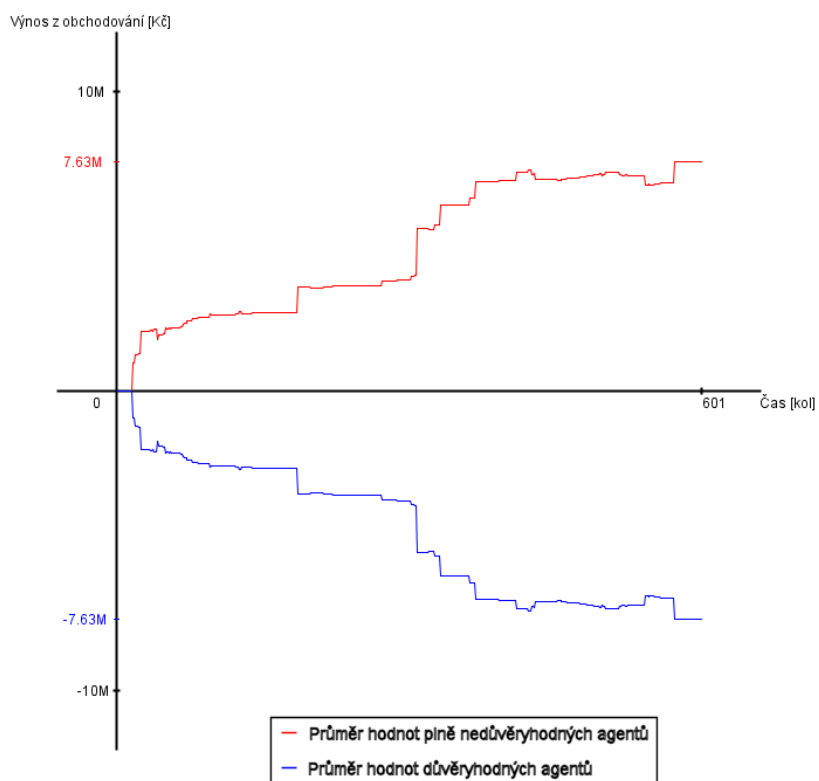
Simulace č.	Průměr hodnot důvěryhodných agentů [milión Kč]				Průměr hodnot plně nedůvěryhodných agentů [milión Kč]			
	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování
1	-12,28	10,6	15,53	-7,63	11,31	33,4	43,17	7,63
2	-9,45	12,09	16,12	-9,98	17,79	40,5	46,44	9,98
3	-12	8,03	13,67	-9,55	15,69	39,65	45,87	9,55
4	-18,36	5,97	11,38	-10,08	22,92	42,41	47,74	10,08
5	-5,83	15	19,24	-9,07	9,44	37,43	44,57	9,07
6	-13,38	10,71	17,96	-10,07	20,31	43,66	47,92	10,07
7	-15,83	6,92	11,15	-14,27	18,72	40,58	46,61	14,27
8	-18,57	8,02	13,04	-8,43	22,36	45,26	50,56	8,43
9	-16,08	7,04	11,65	-13	24,21	46,2	52,89	13
10	-13,41	9,56	14,94	-11,68	9,42	37,66	44,01	11,68
<b>Průměr hodnot</b>	-13,52	9,39	14,47	-10,38	17,22	40,68	46,98	10,38

Tab. 11.1: *Důvěryhodní versus plně nedůvěryhodní agenti, bez reputace*

Tabulka 11.1 obsahuje výsledky proběhlých experimentů. Zobrazuje stav po 601 kolech, tedy po uplynutí dvaceti sezón. Na první pohled je zřejmé, že výsledky kterých dosáhly nedůvěryhodní agenti jsou výrazně lepší než výsledky důvěryhodných agentů. Jelikož při těchto experimentech agenti nepoužívaly principy důvěry a reputace, je to i očekávaný výsledek. Z tabulky lze vidět, že obchodování se podílelo důležitou měrou na tomto výsledku. Ve většině případů je navíc rozdíl mezi zisky týmů větší, než rozdíl mezi výsledky obchodování. Je to způsobeno především tím, že nedůvěryhodní agenti neprofitují pouze samostatným prodejem, ale také i jeho důsledky. Tím je myšleno to, že se jednodušeji dovedou zbavit hráčů, kteří se jim z hlediska jejich cílů nehodí. Graf 11.1 názorně zobrazuje průběh zisku v průběhu jednotlivých kol a graf 11.2 zobrazuje průběh finančního zisku pouze z obchodování při stejné simulaci. Grafy průběhů financí a ceny týmu v čase nejsou zobrazeny, jelikož jejich průběh má podobný charakter jako průběh zisku (ovšem posunuté o určitou hodnotu financí) a také pro nás nejsou tak zajímavé. V případě zájmu je možnost shlédnout všechny grafy, jejichž konečné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 11.1 a i všech následujících tabulkách v této kapitole na CD v příloze [2]. V těchto grafech je červenou barvou značen průměr plně nedůvěryhodných agentů a modrou průměr důvěryhodných agentů. S grafu lze vidět, že oba typy agentů začaly ze stejné pozice, tedy se ziskem 0. Skoky v pravidelných intervalech v průběžích zisků jsou důsledkem toho, že týmy obdržely bonus za konečné umístění v dané sezóně. Průběhy v grafu zobrazujícím výnos z obchodování mají skokový charakter, kdy každý skok představuje výhodný/nevýhodný prodej hráče, tedy oproti jeho skutečné hodnotě. Důvěryhodní agenti mají možnost prodat hráče výhodněji než je jeho cena pouze v případě, že je o hráče velký zájem, kdežto nedůvěryhodní agenti jsou ve výhodě, jelikož mohou navíc lživými informacemi zvýšit cenu, za kterou ho jsou ostatní agenti ochotni koupit.



Graf 11.1: Průběh zisku důvěryhodných a plně nedůvěryhodných agentů v čase



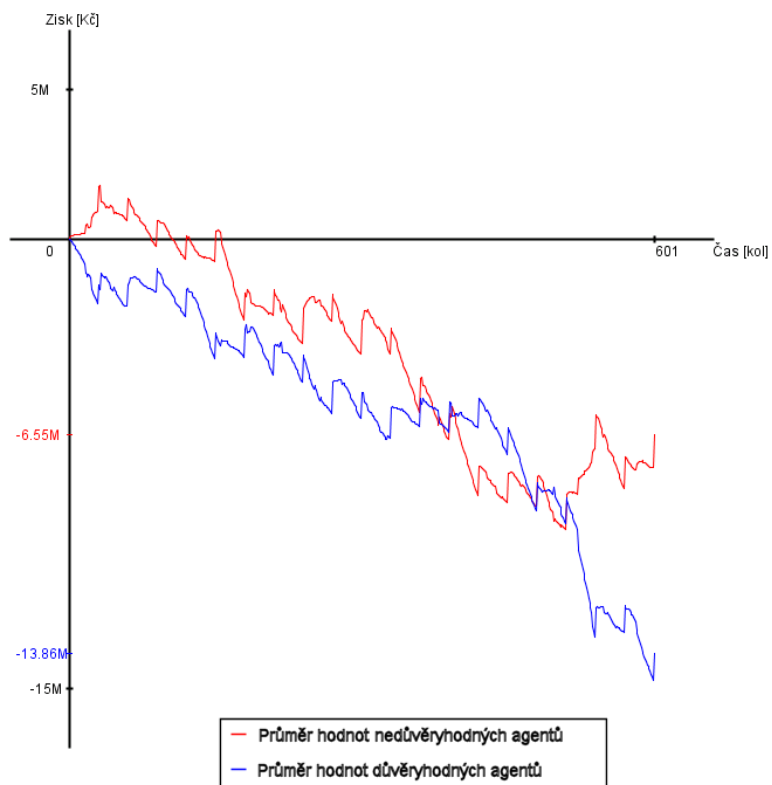
Graf 11.2: Průběh obchodování důvěryhodných a plně nedůvěryhodných agentů v čase

Nyní již máme ověřeno, že bez použití důvěry a reputace jsou zvýhodněni agenti, kteří stabilně lžou. Ovšem reálnější je situace, kdy je lhaní více závisle na momentálních okolnostech. Tedy agent lze pouze v případě, že je jeho finanční situace nepříznivá a nadhodnocením prodávaných hráčů se tak dostane z krizové situace. Z prvních experimentů je zřejmé, že se v systému vyskytuje dostatek financí. Týmy při spuštění simulace obdrží 5 miliónů Kč a na konci simulace měly vždy financí více. Tedy dochází ke zvětšování finančního obnosu v systému. Je to způsobeno především tím, že týmy nacházející se momentálně na stejné pozici, obdrží financí stejně a to tu vyšší částku z možných. Tedy především na začátku sezóny se do systému přivede více peněz, než se odvede prostřednictvím hráčských platů, jelikož se více týmů dělí o stejnou pozici. Z charakteru prvních experimentů tato situace nebyla problémem. Při druhých experimentech budeme ověřovat, že i agenti, kteří lžou pouze donutí-li je k tomu okolnosti, budou dosahovat lepších výsledků než agenti, kteří opět nikdy nelžou. Pokud by i nyní v systému docházelo k výraznému zvyšování finančního obnosu, často by to mělo za důsledek to, že by se agenti do nepříznivých situací nedostávali nikdy. Z tohoto důvodu při druhých experimentech jsou o něco sníženy finance, které týmy dostávají za momentální umístění.

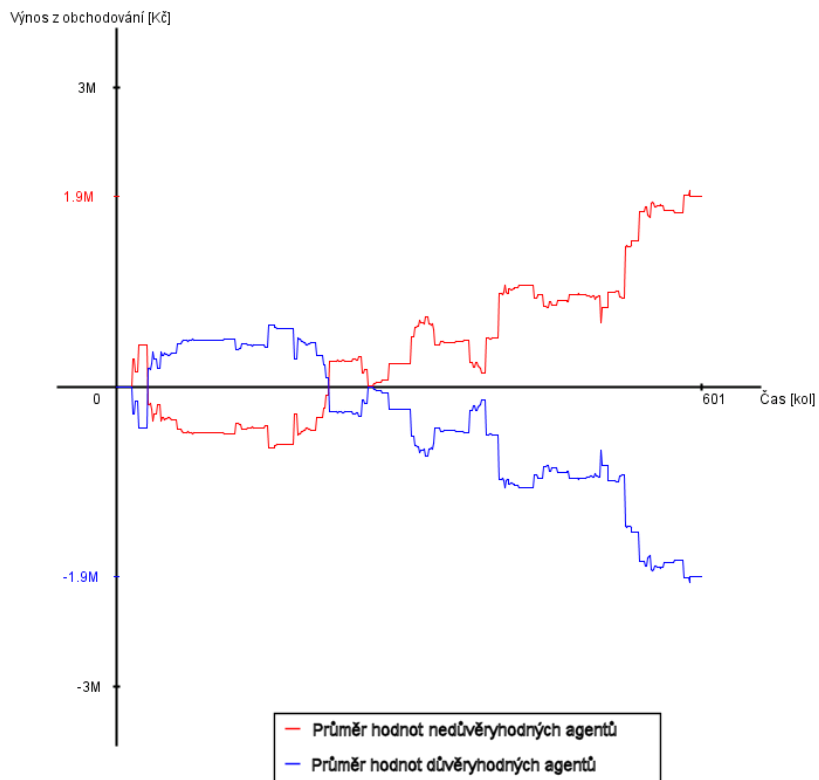
Simulace č.	Průměr hodnot důvěryhodných agentů [milión Kč]				Průměr hodnot nedůvěryhodných agentů [milión Kč]			
	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování
1	-13,86	12,49	18,09	-1,79	-6,55	13,99	19,27	1,79
2	-9,6	16,13	23,02	0,26	-8,6	11,22	14,81	-0,26
3	-15,3	10,18	16,06	-3,28	-5,45	18,01	22,17	3,28
4	-10,1	14,7	20,42	-2,65	-6,34	13,44	18,42	2,65
5	-26,14	-0,53	3,56	-2,58	3,92	20,99	26,27	2,58
6	-10,66	8,97	14,03	-5,54	-8,96	15,14	19,62	5,54
7	-16,16	3,98	7,87	-1,78	-10,07	11,47	14,58	1,78
8	-18,56	6	12,39	-2,44	-1,09	21,67	28,61	2,44
9	-8,45	11,51	17,68	-0,14	-5,04	16,69	23,04	0,14
10	-16,33	1,98	8,84	-6,57	-5,46	21,52	25,18	6,57
<b>Průměr hodnot</b>	-14,52	8,54	14,2	-2,65	-5,36	16,41	21,2	2,65

Tab. 11.2: *Důvěryhodní versus nedůvěryhodní agenti, bez reputace*

Vidíme, že i v tomto případě byli nedůvěryhodní agenti ve výhodě, jelikož ve většině případů byl jejich stav ve všech sledovaných parametrech po skončení simulace lepší, než stav důvěryhodných agentů. Dále lze vidět, že při snížení financí v systému téměř vždy skončí se záporným ziskem, přestože z hlediska financí jsou na tom o něco lépe, než na začátku simulace. Je to z toho důvodu, že do zisku se nezapočítávají hráči, které agent obdrží bez obchodování, ovšem jak tito hráči stárnou, tak snižují cenu týmu, která se do zisku započítává. Tedy sledovaný parametr zisk je nutno brát z hlediska porovnání rozdílných agentů. Také lze vidět, že v případech kdy rozdíl v obchodování není velký, tak i rozdíl v zisku není výrazný. Lze to přisuzovat tomu, že v těchto případech byli nuceni nedůvěryhodní agenti lhat pouze ojedinele, jelikož jejich finanční situace nebyla špatná. Opět máme možnost podívat se na průběh zisku a obchodování (grafy 11.3 a 11.4). Rozdíl již není tak výrazný, jako v případě prvního experimentu a z průběhu obchodování vidíme, že agenti lhalí výrazně méně.



Graf 11.3: Průběh zisku důvěryhodných a nedůvěryhodných agentů v čase



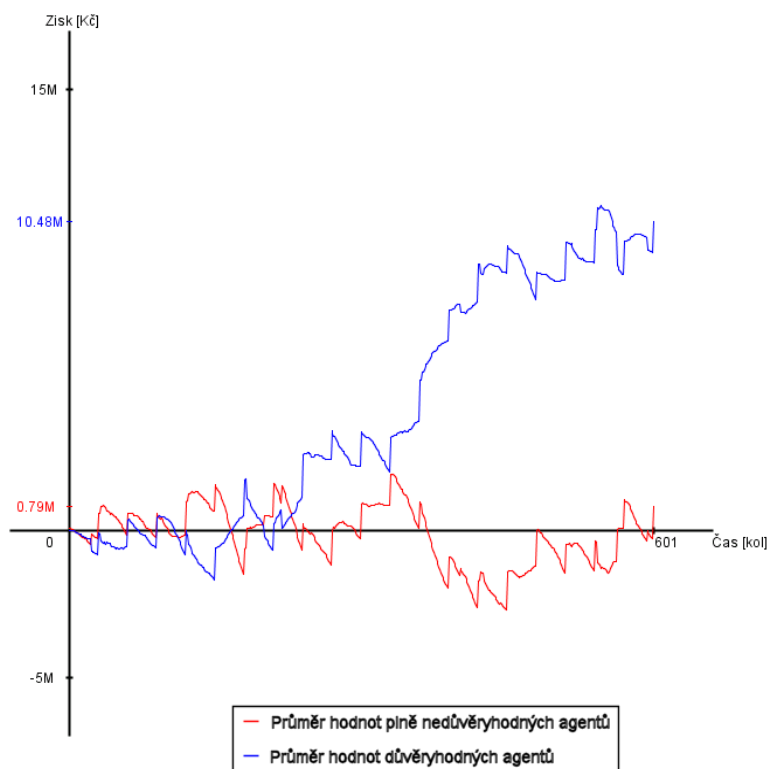
Graf 11.4: Průběh obchodování důvěryhodných a nedůvěryhodných agentů v čase

Po ověření systému můžeme přistoupit k experimentování, s použitím principů důvěry a reputace. Nejprve zkusíme provést experimenty pouze s použitím přímých zkušeností. Při rozhodování, zda je pro tým některý hráč na trhu výhodný, jsou nedůvěryhodní agenti nejen znevýhodněni o to jak moc lžou, ale ještě o něco více, aby tak byli určitým způsobem potrestáni. Tedy vím-li, že při minulých interakcích mě daný agent oklamal, nejenže snížím cenu, za kterou jsem ho ochoten koupit o to jak moc mě oklamal v minulých interakcích, ale o trochu více. V následujícím experimentu budeme opět jako v prvním případě porovnávat plně nedůvěryhodné s důvěryhodnými agenty. Navíc ovšem všichni agenti budou používat principů důvěry, tedy budou si zaznamenávat výsledek proběhlých interakcí a na základě nich počítat důvěru v agenty od kterých chtějí koupit hráče.

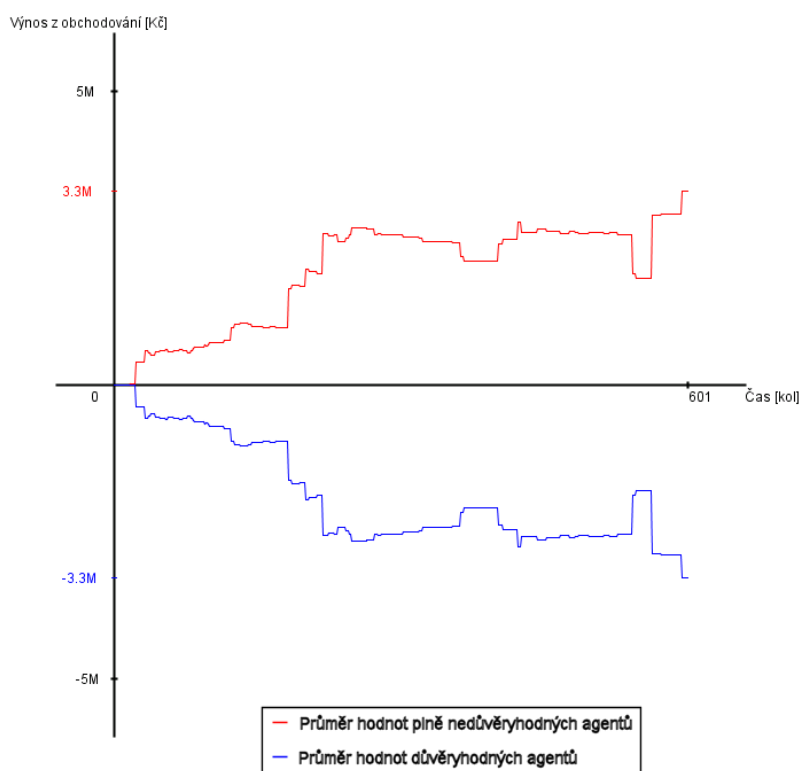
Simulace č.	Průměr hodnot důvěryhodných agentů [milión Kč]				Průměr hodnot plně nedůvěryhodných agentů [milión Kč]			
	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování
1	10,48	35,69	44,07	-3,3	0,79	24,35	28,99	3,3
2	1,53	27,49	34,36	-3,55	4,33	28,05	35,02	3,55
3	14,99	37,54	43,58	-4,72	-7,5	17,21	22,06	4,72
4	2,31	25,11	30,87	-4,16	5,63	29,49	36,77	4,16
5	27,88	45,81	49,54	-4,76	-12,82	8,77	13,99	4,76
6	15,41	35,31	38,76	-2,06	-3,97	18,99	24,86	2,06
7	6,87	29,67	33,49	-2,36	-1,36	24,92	31,07	2,36
8	19,33	40,46	44,09	-2,98	-8,26	16,51	21,69	2,98
9	14,82	37,03	41,02	-2,56	-6,91	17,53	20,94	2,56
10	14,69	36,31	40,72	-3,15	-5,49	18,66	25,8	3,15
<b>Průměr hodnot</b>	12,83	35,04	40,05	-3,36	-3,56	20,45	26,12	3,36

Tab. 11.3: *Důvěryhodní versus plně nedůvěryhodní agenti, s použitím důvěry*

Na první pohled lze vidět, že se situace obrátila a ve výhodě jsou důvěryhodní agenti. Jelikož je obchodování hlavním způsobem v systému jak mohou agenti dosáhnout svých cílů, je pro ně velmi důležité. V případě, kdy zklamou důvěru ostatních agentů svým nekorektním jednáním, odrazují své potenciální kupce. Porovnáme-li to s prvním experimentem, kdy jen samotným obchodováním vznikl v průměru rozdíl více jak 20 miliónů, tak v tomto případě je rozdíl pouze asi třetinový. Navíc tento zisk z obchodu je menší než ztráta, která vzniká nedůvěryhodným agentům v důsledku právě tohoto zisku. Nyní se opět podívejme na grafické zobrazení průběhu zisku a výnosu z obchodování v grafech 11.5 a 11.6. Vidíme, že zpočátku jsou v mírné výhodě nedůvěryhodní agenti. V některých simulacích na tom dokonce jsou výrazně lépe (jak se je možno přesvědčit v případě výsledků ostatních simulací v příloze na CD). Jakmile ovšem mají agenti dostatek zkušeností s obchodováním s ostatními agenty, začnou být nedůvěryhodní agenti v případě prodeje v nevýhodě, jelikož se jim kupci, kteří již s nimi mají zkušenosti, začnou vyhýbat. Když porovnáme grafy 11.6 a 11.2, tak vidíme, že při použití principů důvěry se nedůvěryhodným agentům snížil výnos z obchodování a téměř vždy je menší, než ztráty které jim nekorektním jednáním vzniknou.



Graf 11.5: Průběh zisku důvěryhodných a plně nedůvěryhodných agentů v čase, s použitím důvěry



Graf 11.6: Průběh obchodování důvěryhodných a plně nedůvěryhodných agentů v čase, s použitím důvěry

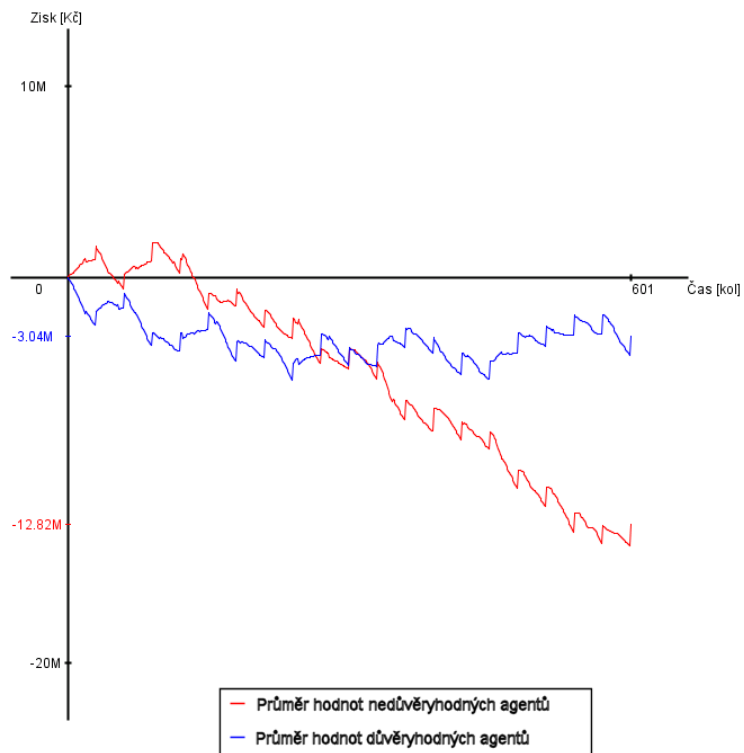
Kromě hodnot popsaných v tabulce a zobrazených grafy, bylo při experimentech vysledováno i několik dalších zajímavých věcí. V případě, kdy agenti nepoužívali důvěru tak nedůvěryhodní agenti, prodali ve všech případech více hráčů, většinou 2-3krát více než agenti, kteří své hráče nenadhodnocovali uvedením jejich zlepšených parametrů. V experimentu s použitím modelu důvěry všemi agenty, se situace obrátila. Jakmile agenti zjistili, že se někdo chová nekorektně, začali podhodnocovat jím prodávané hráče, v závislosti na to jak moc lze a většinou raději zvolili nákup hráče od agenta, se kterým měli dobré zkušenosti. Především v případech, kdy chtěli svůj tým výrazně vylepšit o kvalitního ale drahého hráče, dávali téměř vždy přednost nákupu pouze od agentů, se kterými měli dobré zkušenosti. Dalším zjištěním bylo, že při použití modelu důvěry došlo ke snížení celkovému počtu prodeje hráčů. Agenti jsou v tomto případě více obezřetní než při prvních dvou experimentech, kdy často docházelo i k nákupu hráčů, kteří kdyby nebyli majiteli nadhodnoceni, tak by ani nebyli prodáni.

Další experiment tohoto typu měl za cíl zhodnotit přínos použití principů důvěry v systému, který byl až právě na důvěru stejný, jako při druhém experimentu. V systému se tedy vyskytují důvěryhodní agenti a agenti, kteří v případě krizové situace nadhodnocují hráče. V následující tabulce jsou zobrazeny výsledky.

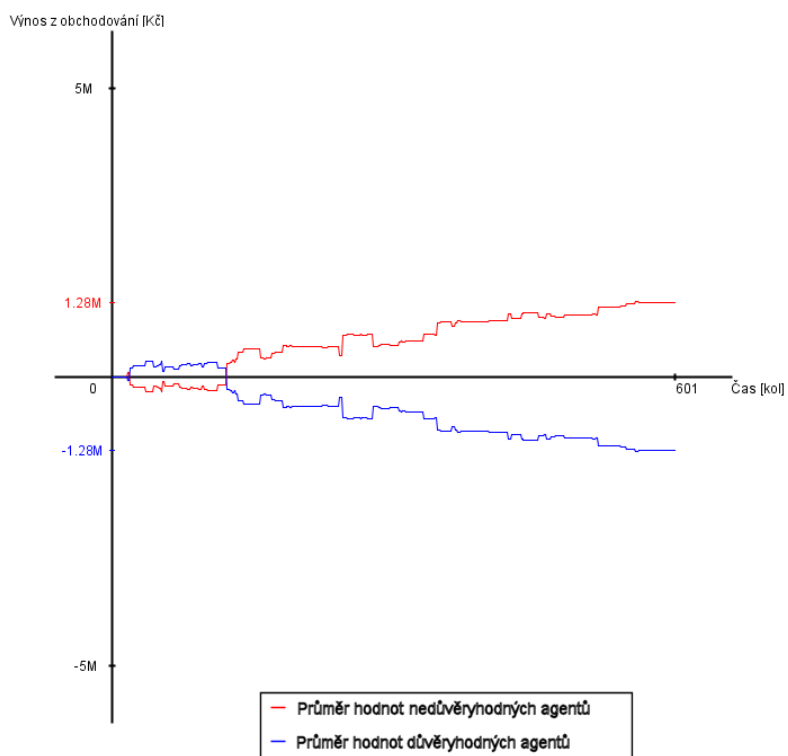
Simulace č.	Průměrné hodnoty důvěryhodných agentů [milión Kč]				Průměr hodnot nedůvěryhodných agentů [milión Kč]			
	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování
1	-3,04	19,4	23,38	-1,28	-12,82	8,08	12,93	1,28
2	-5,95	17,32	22,98	-4,61	-11,87	10,86	13,94	4,61
3	-1,72	18,24	24,59	-0,68	-10,21	8,84	14,53	0,68
4	-11,77	14,46	19,1	-1,54	-10,29	11,05	15,49	1,54
5	2,4	23,87	28,18	-0,78	-19,29	2,1	7,24	0,78
6	-4,04	23,06	27,55	-2,32	-16,05	6,85	11,59	2,32
7	-3,82	21,58	28,09	-1,38	-10,78	8,78	15,05	1,38
8	-13,15	14,39	19,47	-3,86	-7,96	15,79	22,43	3,86
9	-4,15	15,85	19,68	-2,28	-7,37	14,94	19,51	2,28
10	-5,57	18,48	23,65	-0,05	11,81	11,71	15,89	0,05
<b>Průměr hodnot</b>	-5,08	18,67	23,67	-1,88	-9,48	9,9	14,86	1,88

Tab. 11.4: *Důvěryhodní versus nedůvěryhodní agenti, s použitím důvěry*

Opět lze vidět, že použití principů důvěry zajistilo zvýhodnění důvěryhodných agentů. Není tomu vždy, ale ve většině případů je cíl splněn a při porovnání s druhým experimentem, který důvěru nepoužíval, nastalo viditelné zlepšení. Na rozdíl od experimentu, ve kterém nedůvěryhodní agenti lhali vždy a v případě použití jejich reputací byly významně v budoucnu znevýhodněni, je někdy v krizových případech výhodné se z krize lhaním dostat. Ovšem pokud si tímto způsobem časem odradí agent více kupců, může se dostat do určité obchodní izolace, která pro něj již výhodná není. Pokud by tedy při experimentech s agenty, kteří lžou jen v krizových případech, k těmto případům nedocházelo často, mohlo by příležitostné lhaní být drobnou výhodou.



Graf 11.7: Průběh zisku důvěryhodných a nedůvěryhodných agentů v čase, s použitím důvěry



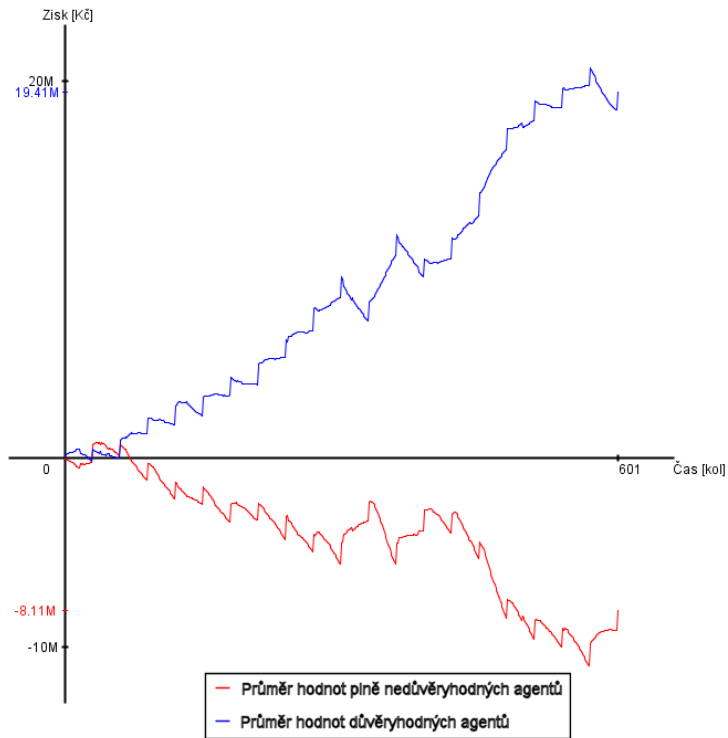
Graf 11.8: Průběh obchodování důvěryhodných a nedůvěryhodných agentů v čase, s použitím důvěry

Nyní máme ověřeno, že již použití přímých zkušeností přináší agentům velkou výhodu oproti situaci, kdy své zkušenosti nevyužívali. Ovšem v systému se vyskytuje malý počet agentů a i přesto agentům trvá relativně dlouho, než získají dostatečně dost zkušeností, které jim pomáhají k dosažení lepších výsledků. Dovedeme si jistě představit systém, ve kterém se vyskytuje například 100krát více agentů. V tomto případě by agentům rovněž 100krát déle trvalo, než by s každým jiným agentem uskutečnili obchod a získali tak stejný objem přímých zkušeností na jednoho agenta v systému, jako v případě provedených experimentů. Z tohoto důvodu jsou právě kromě přímých zkušeností použity také nepřímé informace, získané od ostatních agentů v systému. Efektivnost našeho modelu tak nebude klesat lineárně, vzhledem k přibývajícimu počtu agentů v systému, ale výrazně pomaleji, jelikož budeme využívat navíc zkušenosti ostatních agentů. Bude tedy záležet, jak daleko budou sahat znalosti konkrétního agenta. Jelikož je simulace výpočetně náročná, nemůžeme si dovolit počet agentů zvýšit a realizovat experimenty na výrazně větším systému. Můžeme však porovnat, jak velké bude zlepšení v případě použití kompletního modelu důvěry a reputace oproti minulým experimentům, kdy byly použity pouze přímé zkušenosti a vzhledem k vysvětleným skutečnostem předpokládat, že s větším počtem agentů, by se tento rozdíl ještě výrazněji zvětšoval.

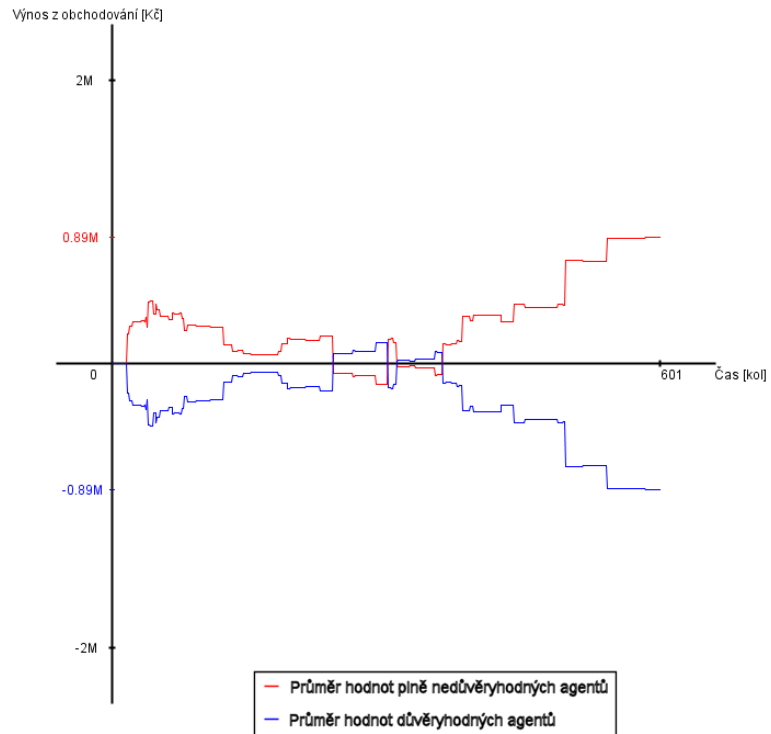
Simulace č.	Průměr hodnot důvěryhodných agentů [milión Kč]				Průměr hodnot plně nedůvěryhodných agentů [milión Kč]			
	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování	Zisk	Finance	Cena týmu	Obchodování
1	32,98	54,45	60,39	-1,36	-21,67	1,03	5,75	1,36
2	12,14	35,5	38,94	0,08	-4,67	19,85	24,59	-0,08
3	14,62	36,85	41,12	-0,57	-11,15	9,35	12,73	0,57
4	11,6	34,36	38,93	-2,61	-2,19	22,79	27,57	2,61
5	10,12	33,79	37,75	0,97	4,71	24,98	29,47	-0,97
6	19,86	45,94	50,46	-0,38	-11,87	13,64	18,22	0,38
7	21,22	41,89	45,91	-1,26	-12,25	12,93	20,01	1,26
8	19,41	40,81	45,22	-0,89	-8,11	14,1	20,37	0,89
9	22,44	46,08	50,11	-1,72	-17,4	8,75	16,37	1,72
10	13,2	41,8	48,56	-3,86	-8,8	14,66	18,79	3,86
<b>Průměr hodnot</b>	17,76	41,15	45,74	-1,16	-9,34	14,21	19,39	1,16

Tab. 11.5: *Důvěryhodní versus nedůvěryhodní agenti, s použitím důvěry a reputace*

Výsledky experimentu jsou zobrazeny v tabulce 11.5 a můžeme je porovnat s výsledky, kdy agenti používali pouze přímé zkušenosti, tedy s tabulkou 11.3. Můžeme vidět další výrazné zlepšení. Důvěryhodní agenti dosahují v tomto experimentu nejlepší výsledky ze všech proběhlých experimentů a vidíme, že nekalým obchodováním v tomto případě nedůvěryhodní agenti získali minimum a daleko více ztratili. V implementovaném simulačním programu lze také sledovat výsledky proběhlých interakcí. Díky tomu také bylo možné vysledovat, že agenti používající reputační model, v tomto experimentu poprvé nekoupili hráče od všech nedůvěryhodných agentů. Je to z toho důvodu, že se byli schopni na konkrétní prodejce dotázat jiných agentů, se kterými měli dobré zkušenosti.



Graf 11.9: Průběh obchodování důvěryhodných a plně nedůvěryhodných agentů v čase , s použitím důvěry a reputace



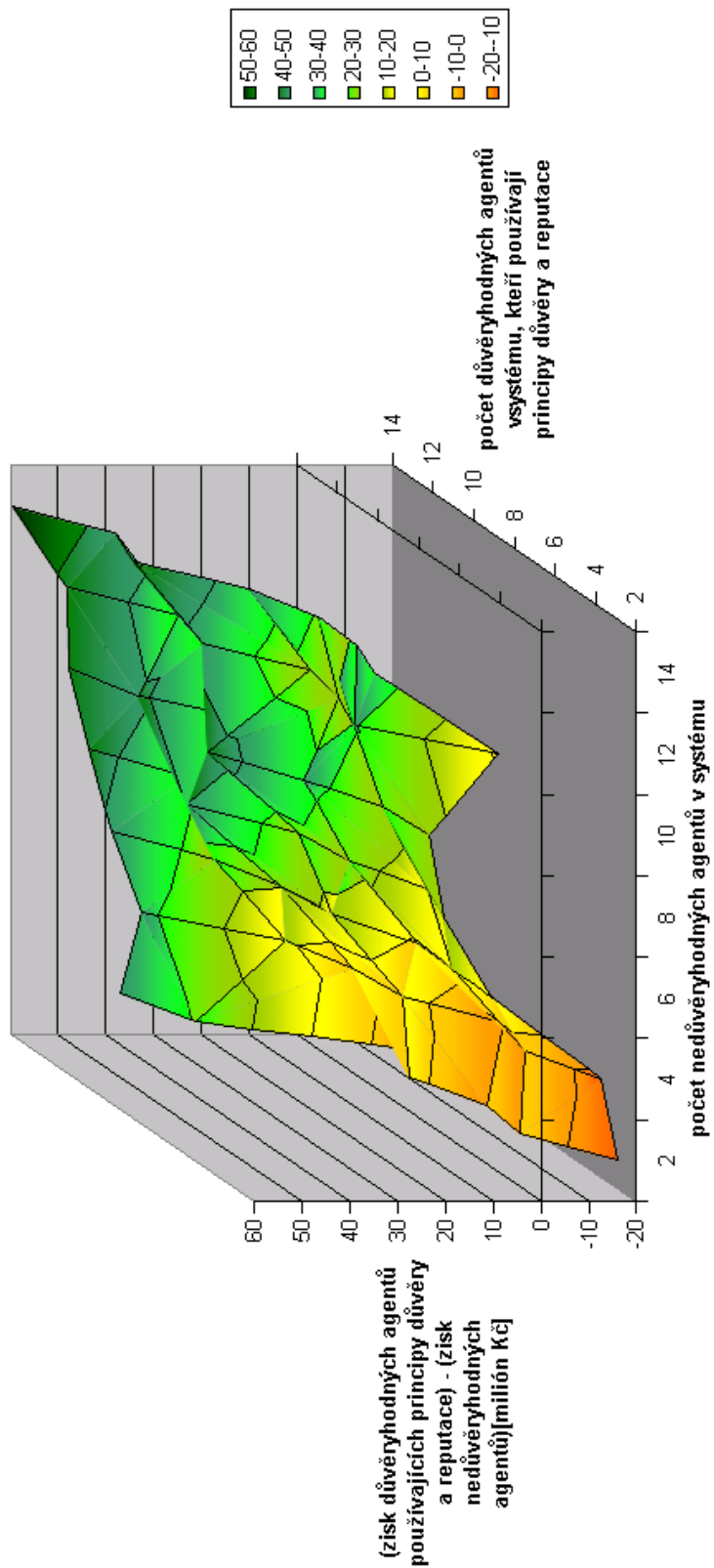
Graf 11.10: Průběh obchodování důvěryhodných a plně nedůvěryhodných agentů v čase , s použitím důvěry a reputace

Poslední experiment se zaměřil na porovnání nerovnoměrného zastoupení nedůvěryhodných agentů a agentů používajících principy důvěry a reputace. V tomto experimentu použijeme stejně nastavený systém, jako v experimentech předchozích, tedy se 16ti týmy. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce 11.6.

		Počet nedůvěryhodných agentů v systému						
		2	4	6	8	10	12	14
Počet agentů používajících principy důvěry a reputace	2	-16,04	-12,72	10,11	20,48	23,43	9,04	34,97
	4	-4,05	-5,28	9,86	15,29	24,72	30,4	30,12
	6	-5,83	-9,15	9,18	23,05	32,55	25,56	29,46
	8	2,12	3,43	18,19	25,04	44,24	22,62	35,43
	10	-5,87	5,3	20,31	39,77	22,3	36,83	51,24
	12	29,46	11,02	25,85	31,38	41,56	33,45	46,48
	14	36,93	32,6	38,77	43,65	47,81	48,22	59,4

Tab. 11.5: Rozdíl zisku důvěryhodných agentů používajících principy důvěry a reputace a agentů nedůvěryhodných

Hodnoty v tabulce udávají, o kolik byl větší zisk agentů používajících principy důvěry a reputace, oproti agentům, kteří podávali při prodeji nepravdivé informace. Vidíme, že nekorektně se chovající agenti byly ve výhodě pouze v případě, kdy se v systému vyskytovalo dostatek agentů, kteří nepoužívali principy důvěry a reputace a chovali se navíc korektně. Počet takovýchto agentů je roven doplňku do 16ti agentů, vzhledem k součtu about typů agentů, které sledujeme. V větší části experimentů se tady nevyskytují vůbec (počet agentů používajících reputaci a nekorektních agentů je větší nebo roven 16ti). Čím je tedy poměr zastoupení nekorektních agentů oproti všem ostatním menší, tím se zmenšují i jejich zisky. Naopak korektně se chovající agenti, kteří používají principy důvěry a reputace, dosahují daleko lepších výsledků. Tím tedy máme potvrzeno, že tento systém byl vhodný pro aplikování principů důvěry a reputace a jejich použitím bylo dosažené cíleného výsledku. Pro lepší názornost jsou výsledky z tabulky znázorněny grafem 11.11.



Graf 11.11: Rozdíl zisku důvěryhodných agentů používajících principy důvěry a reputace a agentů nedůvěryhodných

## 12 Závěr

Tato diplomová práce navázala na semestrální projekt, v rámci kterého byl navržen a z části implementován model systému pro simulaci běhu sportovního prostředí, ve kterém se vyskytují agenti zastupující jednotlivé týmy. Diplomová práce tento model rozšířila o návrh a realizaci agentů, kteří řídí běh jednotlivých týmů a především obchodují s hráči tak, aby tým dosáhl co největšího zisku. Jako další krok byl systém rozšířen také o principy důvěry a reputace. K tomuto účelu byl vytvořen model důvěry a reputace, který vychází z poznatků již existujících systémů. Tento model počítá s přímými zkušenostmi agentů a také s nepřímými informacemi, získanými od ostatních agentů, kterým daný agent důvěřuje. Přímé zkušenosti jsou získávány obchodováním s konkrétními agenty. Tyto informace mají největší význam, ale z důvodu jejich častého nedostatku je nutné, získávat právě nepřímé informace o reputaci agentů. Obchodování je realizováno na pozměněném principu anglické aukce.

Po realizaci systému byly provedeny experimenty. První experimenty byly zaměřeny na ověření funkčnosti systému. Bylo ověřeno, že agenti, jejichž chování při prodeji je nekorektní, dosahují většího zisku. Tento systém se tedy ukázal vhodný pro aplikaci principů důvěry a reputace s cílem, zvrátit tento výsledek ve prospěch korektně se chovajících agentů. Další experimenty se tedy zaměřily na systém, v němž agenti používají své přímé zkušenosti s prodeji. Výsledky těchto experimentů ukazují, že se situace obrátila ve prospěch důvěryhodných agentů, což bylo také cílem. Z průběhu výsledných grafů těchto experimentů bylo možné vysledovat, že ale i nyní nebyla situace ideální. Agentům trvalo relativně dlouho, než získali dostatek přímých zkušeností se všemi prodejci. Tento problém by se ještě více prohloubil, kdyby se počet agentů v systému zvýšil. Z tohoto důvodu byl model používající přímé zkušenosti rozšířen o reputační principy. Agenti tedy začali používat i informace získané od ostatních důvěryhodných agentů. Následující experiment jasně prokázal, že použití reputačního mechanismu je pro agenty velkým přínosem. Poslední experiment byl zaměřen na situace, kdy byl v systému různý poměr nekorektně se chovajících agentů a agentů používajících principy důvěry a reputace. Ve většině případů dopadli jednoznačně lépe agenti, kteří používali model důvěry a reputace.

Principy důvěry a reputace jsou použitelné i v dalších oblastech informačních technologií. Nejprve se zaměříme pouze na centralizované systémy. Zde by mohly být navržené principy použity ve velké části těchto systémů. V těchto případech by byla použita pouze část modelu, počítající přímé zkušenosti. Ovšem tento výpočet by prováděla centrální autorita, na základě obdržených přímých zkušeností všech uživatelů. Aplikaci by tedy tento model mohl najít v různých elektronických aukcích a expertních sítích pro hodnocení kvality odpovědí. Použitelnost tohoto modelu

v distribuovaných sítích byla umožněna, díky rozšíření o dotazování svého okolí na neznámé subjekty. Peer-to-peer sítě mají svá určitá slabá místa z hlediska důvěryhodnosti klientů a reputační principy jsou jedním ze způsobů, jak se nedůvěryhodným klientům vyhýbat. I v některých těchto sítích by bylo možné, určitým způsobem použít navržený model. V dalších oblastech informačních technologií, kde jsou reputační principy použity trochu odlišným způsobem, jsou výhodnější modely jiného charakteru. Například tzv. PageRank, sloužící pro hodnocení stránek, používá reputační principy. V tomto případě pro určení jejich významnosti, na základě které jsou pak konkrétně ve vyhledávači Google zobrazeny.

# Literatura

- [1] BORDINI, Rafael H., HÜBNER, Jomi Fred, WOOLDRIDGE, Michael. Programing Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2007. 292 s.
- [2] HUYNH, T.D., JENNINGS, N.R., SHADBOLT, N.R. An integrated trust and reputation model for open multi-agent systems. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. 2006, vol. 13, is. 2, s. 119-154. Dostupný z WWW: <<http://eprints.ecs.soton.ac.uk/12593/1/jaamasdong.pdf>>.
- [3] HUYNH, T. D., JENNINGS, N. R., SHADBOLT, N. FIRE: an integrated trust and reputation model for open multi-agent systems. 16th European Conference on Artificial Intelligence. 2004, s. 18-22. Dostupný z WWW: <<http://eprints.ecs.soton.ac.uk/9559/1/dong-ecai2004.pdf>>.
- [4] JURCA, R., FALTINGS, B. Towards Incentive-Compatible Reputation Management . Vol. 2631. Heidelberg : Springer Berlin, 2003. s. 13-24. Dostupný z WWW: <<http://www.springerlink.com/content/2p9ttvawq7qravcd/fulltext.pdf>>.
- [5] KOLÁŘ, Radim. BitTorrent - Technologie. *Root.cz* [online]. 2004 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/bittorrent-technologie/>>.
- [6] KOT, Tomáš. Generování rozpisu zápasů v systému každý s každým [online]. 2006 [cit. 2009-05-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.tom-kot.cz/clanky/generovani-rozpisu-zapasu-v-systemu-kazdy-s-kazdym/>>.
- [7] MICHIARDI, Pietro. Collaborative Reputation Mechanisms for Online Communities. Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Architecture., 1999. 80 s. Vedoucí diplomové práce Pattie Maes. Dostupný z WWW: <<http://hdl.handle.net/1721.1/9379>>.
- [8] MUI, Lik. Computational models of trust and reputation: agents, evolutionary games and social networks. MIT, 2002. 139 s. Vedoucí dizertační práce Mojdeh Mohtashemi. Dostupný z WWW: <<http://groups.csail.mit.edu/medg/ftp/lmui/computational%20models%20of%20trust%20and%20reputation.pdf>>.
- [9] RUSSEL, S., NORVIG, P. Artificial Intelligence: a Modern Approach. Englewood Cliffs : Prentice-Hall, 1995. 932 s.
- [10] SABATER, Jordi, SIERRA, Carles. A reputation model for gregarious societies. 4th Workshop on Deception, Fraud and Trust in Agent Societies. 2001. Dostupný z WWW: <<http://pompone.cs.ucsb.edu/~msa/reading/sabater00regret.pdf>>.

- [11] SABATER, Jordi, SIERRA, Carles. Review on Computational Trust and Reputation Models . Artificial Intelligence Review [online]. 2005, vol. 24, no. 1, s. 33-60. Dostupný z WWW: <<http://www.springerlink.com/content/rw03811201223550/fulltext.pdf>>.
- [12] SEN, S., SAJJA, N. Robustness of reputation-based trust: boolean case. Autonomous agents and multiagent systems . 2002, s. 288-293. Dostupný z WWW: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.6.6298&rep=rep1&type=pdf>>.
- [13] SCHILLO, M., FUNK, P., ROVATSOS, M. Using Trust for Detecting Deceitful Agents in Artificial Societies. Applied Artificial Intelligence. 2000, vol. 14, is. 8, s. 825-848. Dostupný z WWW: <<http://www.brauer.in.tum.de/~rovatsos/papers/aai-si.ps.gz>>.
- [14] TEACY, W.T.L, et al. Coping with inaccurate reputation sources: Experimental analysis of a probabilistic trustmodel. Fourth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. 2005, s. 997-1004. Dostupný z WWW: <<http://eprints.ecs.soton.ac.uk/10768/1/aamas2005.pdf>>.
- [15] WOOLDRIDGE, Michael. An Introduction to Multiagent Systems. Chichester : John Wiley & Sons Ltd., 2002. 348 s.
- [16] WOOLDRIDGE, Michael, JENNINGS, N. R. Intelligent agents: Theory and practice . Knowledge Engineering Review [online]. 1995, vol. 10, no. 2, s. 115-152. Dostupný z WWW: <<http://www.sci.brooklyn.cuny.edu/~sklar/teaching/f05/alife/papers/wooldridge-jennings-ker95.pdf>>
- [17] YU, Bin, SINGH, M.P. An Evidential Model of Distributed Reputation Management. Autonomous agents and multiagent systems. 2002, s. 294-301. Dostupný z WWW: <<http://www.csc.ncsu.edu/faculty/mpsingh/papers/mas/aamas-02-trust.pdf>>.
- [18] ZACHARIA, G. Collaborative reputation mechanisms for online communities Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Architecture, 1999. 80 s. Vedoucí diplomové práce Pattie Maes. Dostupný z WWW: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.58.4100&rep=rep1&type=pdf>>
- [19] ZBOŘIL, František. Agentní a multiagentní systémy (modul 1) : Studijní opora., 2006. 65 s. Dostupný z WWW: <[https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/course-files-st.php/course/AGS-IT/texts/AGS\\_opora\\_m1\\_ESF.pdf](https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/course-files-st.php/course/AGS-IT/texts/AGS_opora_m1_ESF.pdf)>.

# Seznam příloh

Příloha 1. Manuál.

Příloha 2. CD.

## Příloha 1 – Manuál

Obrázek P1 zobrazuje uživatelské rozhraní, ve stavu po spuštění programu. Funkce tlačítek, které má uživatel na výběr je následující:

- Tlačítko „Kolo“ slouží k odsimulování jednoho kola v systému.
- Tlačítko „Více kol“ odsimuluje počet kol, který je roven číslu vepsaného do textového pole před tímto tlačítkem.
- Tlačítko „Stop“ pozastaví simulaci v případě, že byl zvolen režim simulace více kol, který prozatím neskončil.
- Tlačítko „Detail týmů“ zobrazí další okno, ve kterém je možné sledovat detailnější informace konkrétních týmů.
- Tlačítko „Trh hráčů“ zobrazí další okno, ve kterém je možné sledovat informace o hráčích, kteří jsou momentálně k prodeji a také transakce, které již proběhly.
- Tlačítko „Grafy“ zobrazí další okno, ve kterém je možné sledovat grafický průběh některých parametrů.
- Tlačítko „Inicializace“ slouží k nastavení základních parametrů systému a jeho aktivování je umožněné pouze před odsimulováním prvního kola.



Obr. P1: Hlavní okno uživatelského rozhraní po spuštění aplikace

Jak již bylo řečeno, pouze před odsimulováním prvního kola je povolen stisk tlačítka „Inicializace“. To nám zobrazí okno, ve kterém je možné nastavit, kteří agenti budou používat principy důvěry a reputace a také jak budou tito agenti čestní (viz obrázek P2).



Obr. P2: Okno, které se zobrazí po stisku zlačitka „Inicializace“

Po nastavení počátečních parametrů systému může uživatel odsimulovat zvolený počet kol. V tabulkách, které zahrnuje hlavní okno uživatelského rozhraní může sledovat stav tabulky ligy a také výsledky aktuálního kola (viz obrázek P3).

**Důvěra a reputace v distribuovaných systémech**

**Menu**

kolo  více kol stop Detail týmů Trh hráčů Grafy Inicializace

**Tabulky ligy**

Tabulka ligy - kolo 20

Pořadí	Název týmu	body
1	Tým 3	42
2	Tým 14	40
3	Tým 15	34
3	Tým 12	34
5	Tým 8	31
6	Tým 5	29
7	Tým 2	27
8	Tým 13	26
8	Tým 9	26
8	Tým 4	26
11	Tým 6	25
12	Tým 16	23
13	Tým 1	22
14	Tým 10	20
15	Tým 7	19
16	Tým 11	12

Vysledky - kolo 20

Domácí	Hosté	Vyhrál
Tým 5	Tým 16	hosté
Tým 4	Tým 6	remíza
Tým 3	Tým 7	domácí
Tým 2	Tým 8	hosté
Tým 1	Tým 9	remíza
Tým 15	Tým 10	domácí
Tým 14	Tým 11	domácí
Tým 13	Tým 12	hosté

Obr. P3: Hlavní okno uživatelského rozhraní po odsimulování několika kol

V okně „Detail týmů“ (obrázek P4) je zobrazena aktuální hotovost týmu, parametry hráčů, které má také k dispozici manažer konkrétního týmu, základní sestava, kterou manažer týmu vybral na následující zápas a ohodnocení proběhlých interakcí s ostatními manažery týmů, tedy přímé zkušenosti, na základě kterých počítá důvěry v tyto agenty.

**Detail Týmů**

**Menu - Tým**

Vyber tým:   Hotovost týmu: 4303463

**Hráči**

Hráči týmu

ID	Pozice	Věk	Morálka	Plat	Smlouva	Manažer	Treninky
112	brankar	25	-9.0	31597	2	1	62.2061...
113	obrance	23	-2.0	41665	2	9	67.2282...
114	obrance	26	-1.0	33656	2	4	63.0831...
115	obrance	19	-6.0	18494	2	1	54.9038...
116	zaloznik	18	-7.0	19711	2	2	55.8112...
117	zaloznik	21	-4.0	27962	2	10	60.8523...
118	zaloznik	20	-3.0	25501	2	10	59.5028...
119	utocnik	20	5.0	27085	2	4	60.3884...

Základní sestava

ID	Pozice
120	brankar
113	obrance
124	obrance
114	obrance
115	obrance
117	zaloznik
118	zaloznik
116	zaloznik

Ohodnocení proběhlých interakcí

Tým	Ohodnocení interakcí
8	[0]
12	[5]

Obr. P4: Okno, které se zobrazí po stisku tlačítka „Detail týmů“

Okno „Trh hráčů“ (obrázek P5) umožňuje sledovat, kteří hráči jsou momentálně k prodeji a také, kteří hráči, komu a za kolik byli již prodáni.

Trh hráčů

vsech

Hráči na trhu

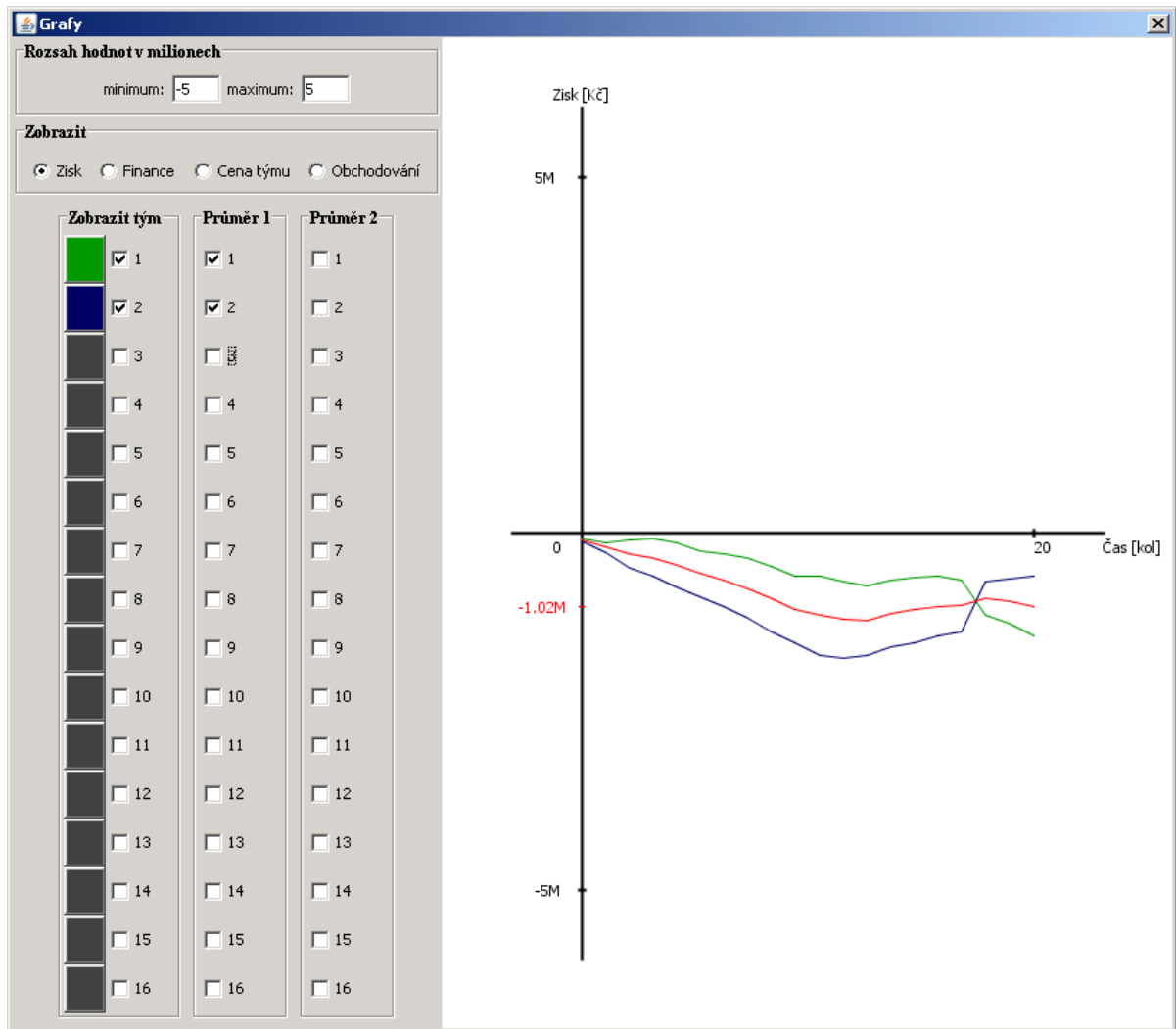
ID	Pozice	Věk	Cena	Morálka	Prodávající	Treninky	Plat	Smlouva	Manažer
68	zaloznik	20	1000	7.0	mt5	43.6363...	7977	2	9
128	obrance	18	276996	-4.0	mt10	52.5385...	16860	2	8
121	utocnik	27	1000	-6.0	mt9	57.1350...	21079	2	10
30	obrance	20	235259	1.0	mt3	56.1949...	21969	2	4
49	utocnik	20	533790	2.0	mt4	59.3254...	27289	2	6
27	zaloznik	20	37149	6.0	mt2	56.7402...	22785	2	7
5	zaloznik	18	98831	4.0	mt1	51.2578...	15269	2	6
197	obrance	22	534080	1.0	mt15	60.9806...	30621	2	2
8	obrance	27	1000	-8.0	mt1	55.8187...	19167	2	9

Prodání hráčů

ID	Pozice	Věk	Cena	Morálka	Prodávající	Kupec	Treninky
14	brankar	24	970699	9.0	mt2	mt14	61.9625...
13	brankar	21	45259	1.0	mt1	mt15	46.4517...
123	brankar	26	30912	0.0	mt9	mt12	57.3245...
36	brankar	25	166715	8.0	mt3	mt4	62.1293...
222	obrance	18	67139	-1.0	mt16	mt2	42.2707...
209	obrance	23	171871	11.0	mt15	mt10	49.2148...
157	obrance	18	514569	9.0	mt12	mt9	52.4871...
55	zaloznik	18	25269	-8.0	mt4	mt3	47.6814...
179	zaloznik	21	152093	7.0	mt13	mt1	51.8943...
111	zaloznik	20	19194	5.0	mt8	mt9	45.6266...
83	zaloznik	19	15993	-6.0	mt6	mt1	46.4482...
67	utocnik	21	26318	-7.0	mt5	mt6	55.5378...
92	utocnik	19	255824	3.0	mt7	mt2	54.0393...
192	utocnik	22	301377	-4.0	mt14	mt1	62.0331...

Obr. P5: Okno, které se zobrazí po stisku tlačítka „Trh hráčů“

Poslední možností je sledování průběhu zvolených parametrů. K tomuto slouží okno „Grafy“ (viz obrázek P6). Je zde možné sledovat jednotlivé týmy (rozlišitelné zvolenou barvou) nebo také průběh průměru zvolených týmů. Uživatel má také možnost zvolit rozsah zobrazovaných hodnot.



Obr. P6: Okno, které se zobrazí po stisku tlačítka „Grafy“