Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Roman Zákutný

Simulace Sportovní manažer

Ústav formální a aplikované lingvistiky

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Václav Novák

Studijní program: informatika, obecná informatika

2007

Na tomto mieste sa chcem poďakovať svojemu vedúcemu, pánovi Mgr. Václavovi Novákovi za podnetné pripomienky a odborné vedenie mojej bakalárskej práce, za ochotu a čas, ktorý mi venoval počas tvorby programu a písania tejto práce.

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

V Prahe dňa 8.8.2007 Roman Zákutný

Obsah

Názov práce: Simulácia športového manažéra

Autor: Roman Zákutný

Katedra (ústav): Ústav formálnej a aplikovanej lingvistiky

Vedúci bakalárskej práce: Mgr. Václav Novák

E-mail vedúceho práce: novak@ufal.mff.cuni.cz

Abstrakt

V prvej časti predloženej práce je popísaná technologická štruktúra webovej aplikácie - systému pre virtuálnu simuláciu športového sveta riadeného aktívnym prístupom užívateľa pri chode týmu. Jedná sa viacúrovňovú štruktúru na úrovni prezentačnej, aplikačnej a databázovej vrstvy a popis použitia a nasadenia jednotlivých frameworkov na týchto vrstvách.

V druhej časti sa pozrieme na implementáciu modelu pre generovanie priebehu zápasu na základe parametrov ovplyvnených manažerskými schopnosťami jednotlivých užívateľov, ktorí sú vlastníkmi svojich týmov. Predstavíme si Markovove modely, ich konkrétne použitie, prepojenie pozorovania a náhody v danej situácii a výsledky štatisticky vyhodnotíme.

Kľúčové slová

Florbalový manažér, Markovove modely, Java frameworky, Stripes, Hibernate

Title: Sport manager simulator
Author: Roman Zákutný
Department: Institute of Formal and Applied Linguistics
Supervisor: Mgr. Václav Novák
Supervisor's e-mail address: novak@ufal.mff.cuni.cz

Abstract

The first part of presented work contains a description of the technological structure of the web application - a system for virtual simulation of a sport world controlled by user's active management of a team. The structure is divided into multiple layers - presentation, appliction and database. Use and utilization of particular frameworks on these layers are described in the work.

In the second part we examine the implementation of the model used to generate the course of the match taking into account the parameters influenced by the managing abilities of users owning their competing teams. We introduce Markov models, their use in our model, connection between coincidence and observation of the situations and we perform statistical analysis of the results.

Keywords

Floorball manager, Markov models, Java frameworks, Stripes, Hibernate

1 Úvod

TODO úvod

2 Webová aplikácia

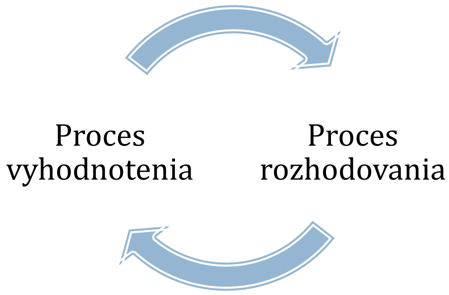
TODO úvod

2.1 Popis

3 Generovanie priebehu zápasov

Za posledných 20 rokov vývoj počítačových hier po technologickej, či dizajnérskej stránke napredovali závratnou rýchlosťou. Moderné hry disponujú vyspelou realistickou grafikou, sofistikovanými dejovými líniami alebo presvedčivo zkonštruovanými hernými agentami, tzv. botmi.

Avšak neodmyliteľnou súčasťou priebehu hry sú simulácie situácií, ktoré v hre nastávajú. Ide najmä o procesy rozhodovania a vyhodnocovania. V hrách, v ktorých prístup užívateľa je pasívny, tj. počas samotného priebehu do hry nezasahuje, je potrebné tieto procesy nasimulovať umelo.

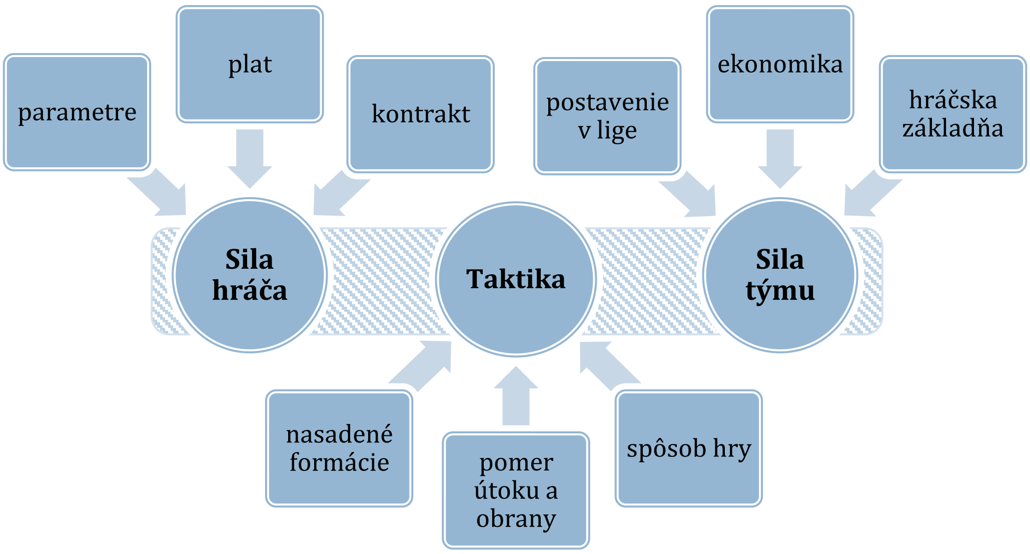


Obrázok 3.1 – základný cyklus hry

Nie je výnimkou, že spomínané procesy práve v športovo orientovaných hrách generujú vcelku primitívne algoritmy založené iba na výbere náhodného prvku z vopred určenej množiny, charakteristickej pre danú situáciu. Je samozrejmé, že v každom momente hry má náhodný prvok veľmi dôležitú úlohu a preto cieľom tejto časti práce nie je stochastický model z procesov generovania vylúčiť, ale naopak ho využiť a naviac podporiť modelom empirickým. Existuje niekoľko všeobecných postupov, ktoré túto realizáciu popisujú a predtým, ako sa k jednému z nich dostaneme a pre našu konkrétnu hru použijeme, popíšeme si dáta, ktoré do týchto modelov vstupujú, pozrieme sa, ako tieto dáta vzikajú a zavedieme si postupne niekoľko obmedzení.

3.1 Vstupné dáta

V tejto podkapitole sa ešte nebudeme venovať konkrétnemu športovému odvetviu (v našom prípade florbal), pretože nasledujúce riadky popisujú všeobecný pohľad na kvalitu týmu v kolektívnych športoch. Každý manažér má možnosť v priebehu každej sezóny ovplyvňovať chod týmu, ktorý vlastní a teda pripravovať ho na jednotlivé zápasy. Samotných parametrov, ktoré do zápasov vstupujú a sú závislé na manažmente, je niekoľko a ich rozdelenie popisuje Obrázok 3.2.



Obrázok 3.2 – rozdelenie vstupných parametrov do troch základných skupín

Akým spôsobom je možné teda tieto parametre ovplyvňovať?

Vyspelosť hráča, či už technická, fyzická alebo psychická závisí na jeho plate, dĺžke kontraktu a v neposlednom rade na tréningovom procese. Každý manažér môže kedykoľvek naplánovať tréning pre svoj tým s konrétnym zameraním a určiť jeho dĺžku. To však vôbec neznamená, že s narastajúcim počtom tréningov sa kvalita tiež priamoúmerne zvyšuje. Práve naopak. Veľmi dôležitým faktorom je zdravotná stránka hráča, ktorú ovplyvňuje dĺžka tréningov a čas odpočinku medzi zápasmi a tréningami, pričom tento parameter patrí medzi tie najcitlivejšie a má rovnocenné postavenie s celkovou formou hráča, ktorá je určená ako aritmetický priemer aktuálnej nálady a psychickej, technickej, fyzickej, útočnej a obrannej sily. Preto zdravie a forma sú dôležitým meritkom správania sa v zápase a je potrebné tréningovú činnosť zameriavať s ohľadom na túto skutočnosť.

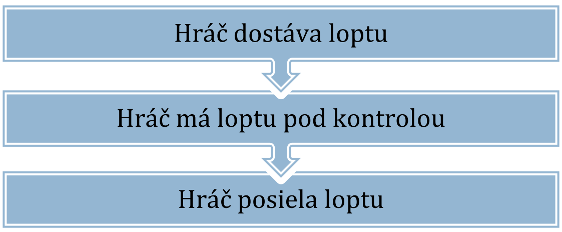
Sila týmu má veľmi dôležitú úlohu pri ovplyvňovaní návštevnosti domácich zápasov, na ktorej závisia príjmy, ktoré ekonomike týmu pomáhajú a teda celkovú silu zvyšujú. Je to vlastne cyklus, ktorý je nutné kompaktne udržiavať. Ekonomiku týmu chápeme ako proces hospodárenia. Počiatočné investície do stavieb a zvyšovanie komfortu štadióna neskôr prinesú výsledky či už v návštevnosti alebo v zápasoch, v ktorých týmy môžu zvyšovať svoj finančný potenciál v podobe prémií za získané body alebo predané televízne práva. Čo sa týka priebehu zápasov, tak v momentoch, ktoré sa vo všeobecnosti považujú za rozhodujúce, ako sú napríklad predĺženia, celková sila a kvalita týmu hrá dôležitejšiu úlohu, než sila a kvalita jednotlivca.

Taktika týmu v podstate určuje, akým spôsobom sa hra týmu uberá. Spôsob hry ovplyvňuje výber akcií, pomer útoku a obrany má vplyv na vyhodnotenie akcií, zostavenie formácií na celkovú silu jednotlivých útokov a počet formácií na zdravie resp. energiu hráčov počas zápasov. Jeden hráč môže byť v jednom zápase nasadený do viacerých formácií, čo môže pri ich malom počte jeho zápasový potenciál výrazne znižovať.

Všetky tieto popisované parametre spolu úzko súvisia a v procese generovania budú zohľadnené.

3.2 Obmedzenie herných situácií

V priebehu hry je každá situácia svojim spôsobom jedinečná. Hráč, ktorý sa stáva stredobodom hry, čiže má loptu pod kontrolou, sa pohybuje vzhľadom k aktuálnemu stavu hry, hľadá si najlepšiu možnú pozíciu pre strelu či nahrávku a rozhoduje sa v jednom okamihu. Nebudeme sa zaoberať podrobným rozborom a pre náš prípad si tieto situácie zjednodušíme tak, ako popisuje Obrázok 3.3.



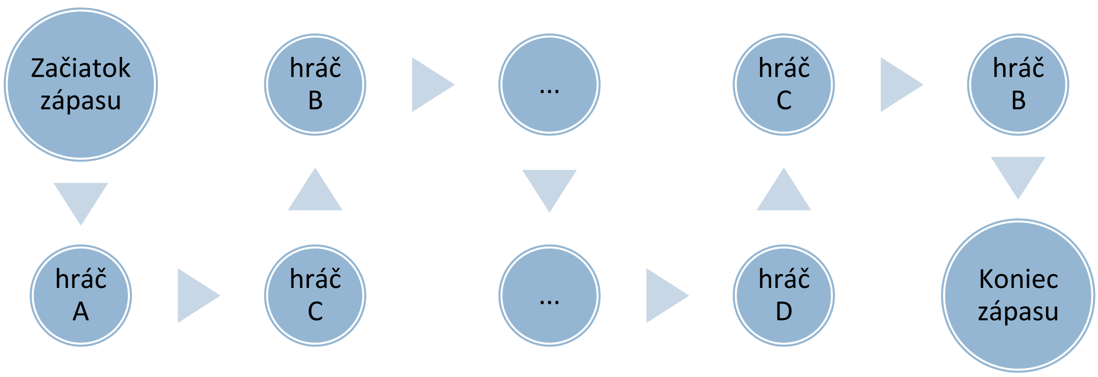
Obrázok 3.3 – trojfázovosť situácií

Každá situácia sa teda viaže na konkrétneho hráča s loptou a ten v nej prechádza tromi fázami. Prechod z prvej fázy do druhej určuje, či hráč loptu spracoval. Prechod z druhej fázy do tretej určuje rozhodnutie hráča, čo v danej situácii urobí – už spomínaný proces rozhodovania. Čo sa deje v tretej fáze? Pri prechode lopty medzi dvoma hráčmi A a B tretia fáza hráča A vyvoláva prvú fázu hráča B. Tento fázový prechod je všeobecný a teda platí pre každých dvoch hráčov (vrátane prípadu, keď sa jedná o toho istého hráča, teda A = B nevylučujeme) v hracom poli a môžeme sa na neho pozerať ako na proces vyhodnotenia, ktorý sme taktiež spomenuli v úvode kapitoly.

Popísali sme si správanie si hráča v nejakom okamihu priebehu hry a teraz sa môžeme pozrieť na hru ako celok, z ktorého vylúčime akékoľvek anomálie, ktoré v reálnom zápase nastať môžu. Príkladom môže byť prerušenie zápasu z dôvodu inzultácie rozhodcu, vplyvu prírodných síl, vbehnutie fanúšikov na ihrisko a podobne. Budeme sa zameriavať iba na loptu, hráčov a vstupné dáta.

3.3 Hra ako stavový automat

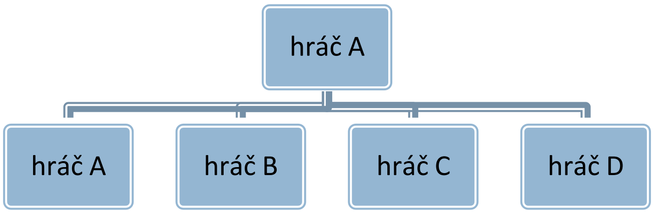
V reálnom prostredí sa na priebeh zápasu môžeme pozerať ako na spojitý proces. V našom prípade, ako sme už naznačili v predchádzajúcej podkapitole, nahradíme spojitý priebeh najskôr diskrétnym grafom. Postupnosť spomínaných situácií teda tvorí množinu vrcholov tohoto grafu. Priraďme teraz vrcholom orientované



Obrázok 3.4 – priebeh, ako postupnosť situácií reprezentovaných 4 hráčmi

hrany, ktoré popisujú postup lopty medzi jednotlivými vrcholmi – situáciami a reprezentujú tak prechod z tretej fázy jednej situácie do prvej fázy ďalšej situácie, popísaný v predchádzajúcej podkapitole. Pod týmto prechodom si môžeme predstaviť prihrávku. Hráč sa rozhodne nahrať nejakému spoluhráčovi (proces rozhodovania). Prejde do tretej fázy, kde sa zavolá proces vyhodnotenia a ak bola prihrávka úspešná, dostane sa hra do prvej fázy situácie viazanej na vybraného spoluhráča a v prípade neúspechu na protihráča.

Takto popísaný graf nazveme konečným nedeterministickým stavovým automatom. Stavy sú vrcholy tohto grafu. Keďže zápas je svojou časovou dĺžkou limitovaný, počet stavov je konečný. Situáciu, ktorú popisuje Obrázok 3.4, je postup, ako lopta v priebehu hry postupuje. Každý takýto prechod je ale v skutočnosti nedeterministický (Obrázok 3.5).



Obrázok 3.5 – hráč A rozhoduje o ďalšom postupe lopty medzi hráčmi

3.4 Popis stavov z hľadiska procesu rozhodovania

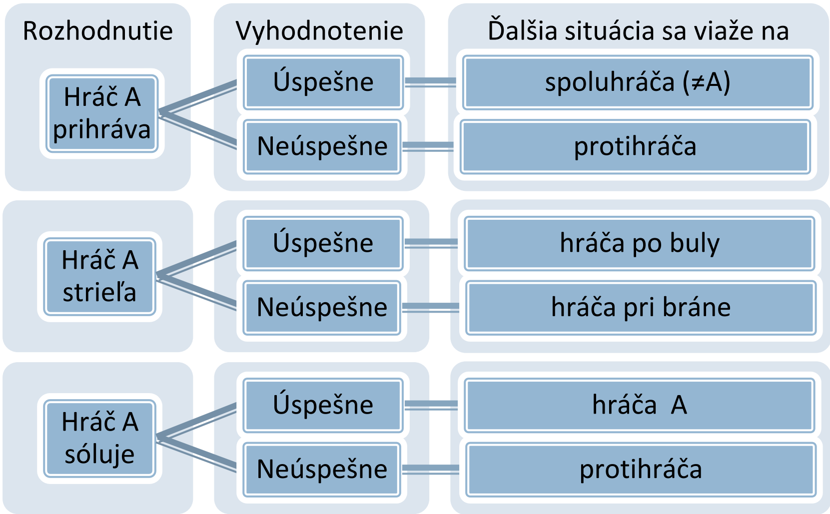
V tejto podkapitole sa zameriame na prechod z druhej fázy do tretej v nejakom stave – proces rozhodovania. Ako naznačuje Obrázok 3.5, tento prechod môže nastať aj medzi samotným hráčom. Všeobecné zápasové prechody si rozdelíme do troch základných, pričom v každej situácii sa hráč dostane práve do jedného z nich. Sú to:

- **Prihrávka**
  - zahrňuje všetky typy prihrávok
  - prechod lopty medzi *dvoma neidentickými hráčmi* (A→B, kde A≠B).
- **Strela**
  - zahrňuje všetky typy striel
  - prechod lopty medzi *akýmikoľvek dvoma hráčmi* (A→B).
- **Sólo**
  - zahrňuje všetky situácie, v ktorých si hráč loptu ponechá
  - prechod lopty medzi *tým istým hráčom* (A→A)

Tým pokryjeme možné pohyby lopty po hracom poli a môžeme sa pozrieť, aký vplyv má rozhodnutie hráča v danej situácii na vytvorenie ďalšej situácie.

3.5 Popis stavov z hľadiska procesu vyhodnotenia

Teraz sa pozrieme na prechod z tretej fázy jedného stavu do prvej fázy nasledujúceho stavu – proces vyhodnotenia na základe procesu rozhodovania.



Obrázok 3.6 – situácie vytvorené po vyhodnotení predošlej

3.6 Predstavenie Markovovho modelu

Moderná teória pravdepodobnosti študuje náhodné procesy, pre ktoré znalosť predchádzajúcich výstupov ovplyvňuje prognózu pre ďalšie experimenty. V podstate, ak sledujeme sekvenciu experimentov, tak dosiahnuté výstupy môžu ovplyvniť našu predpoveď pre výstup budúceho experimentu. Ale povoliť takúto všeobecnosť pri vytváraní stromových štruktúr pre jeden experiment je veľmi náročný proces. V roku 1907, A. A. Markov zahájil štúdiu novej metódy, pri ktorej výstupy prebiehajúceho experimentu môžu ovplyvniť výsledky priamo nasledujúceho. Tento typ metódy sa nazýva *Markovova reťaz* resp. *Markovov model*.

Opíšme Markovovu reťaz následovne: Je daná *množina stavov* $S = \{s_1, s_2, \ldots, s_r\}$. Nech je jeden z týchto stavov počiatočný a prebiehajúci proces prechádza od jedného stavu k ďalšiemu. Každý takýto prechod nazveme *krok*. Ak je reťaz v aktuálnom stave s_i, ďalší krok smerujúci do stavu s_j nastane s pravdepodobnosťou p_{ij} a táto pravdepodonosť nezávisí na poradí stavov, ktorými reťaz pred aktuálnym stavom prechádzala.

Pravdepodobnosť p_{ij} nazývame *prechodová pravdepodobnosť*. Krok nevylučuje prechod z nejakého stavu do samého seba, teda prechod s pravdepodobnosťou p_{ii}.

Definícia *Markovova reťaz* je sekvencia náhodných premenných X_1, X_2, X_3 ... s Markovovskou vlastnosťou takou, že vzhľadom k aktuálnemu stavu sú budúce stavy od minulých nezávislé a platí:

$$P(X_{n+1} = x | X_n = x_n, \ldots, X_1 = x_1) = P(X_{n+1} = x | X_n = x_n)$$

Premenné X_i tvoria spočetnú množinu S nazývanú *stavový priestor* reťaze.

Definícia *Markovovu vlastnosť* má v téorii pravdepodobnosti náhodný proces, pre ktorý platí, že pravdepodobnostné rozdelenie budúcich stavov vzhľadom k aktuálnemu stavu závisí len na tomto stave a nezávisí na stavoch minulých. Procesy s Markovovou vlastnosťou nazývame *Markovove procesy* alebo *Markovian*.

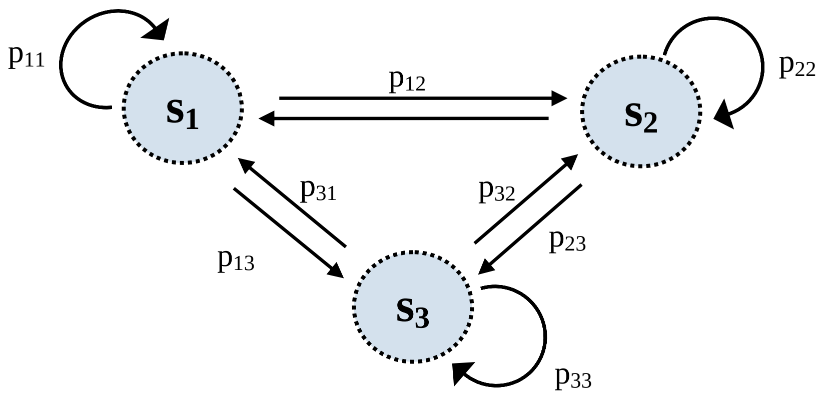
Definícia Markovov proces $X(t)$ pre $t > 0$ nazveme *časovo homogénnym*, ak platí:

$$P[X(t+h) = y | X(t) = x] = P[X(t+h) = y | X(0) = x], \forall t, h > 0$$

Homogénne procesy sú síce na rozdiel od nehomogénnych zvyčajne jednoduchšie, ale všeobecne vytvárajú najdôležitejšie triedy Markovových procesov.

3.7 Markovov model s konečným stavovým priestorom

Markovove reťaze sú často popisované orientovaným grafom, v ktorom množina vrcholov reprezentuje množinu stavov a hrany majú váhu prechodovej pravdepodobnosti medzi stavmi, ktoré táto hrana spojuje (Obrázok 3.7).



Obrázok 3.7 – trojstavový proces s prechodovými pravdepodobnosťami

Definícia Ak je stavový priestor konečný, rozdelenie prechodových pravdepodobností môže byť reprezentované maticou, nazývanou *prechodová matica,* v ktorej pre prvok na pozícii [*i,j*] platí:

$$p_{ij} = P(X_{n+1} = j \mid X_n = i)$$

Súčet každého riadkového vektoru tejto matice je rovný 1. P nazývame taktiež *pravdepodobnostná matica*.

Diagram, ktorý popisuje Obrázok 3.7, by sa dal do takejto matice zapísať následovne:

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix}$$

Ak je Markovova reťaz časovo homogénna, prechodové pravdepodobnosti k-tého kroku môžeme vypočítať ako k-tú mocninu pravdepodobnostnej matice → $P^{(k)}$.

Definícia Vektor π má *pevné rozdelenie* (stationary distribution), ak vzhľadom k regulárnej pravdepodobnostnej matici platí rovnosť

$$\mathrm{\pi P} = \mathrm{\pi}$$

kde π je definovaný ako

$$\mathrm{\pi} = \lim_{\mathrm{n}\to\infty} \mathrm{x}^{(\mathrm{n})}$$

kde $x^{(n)}$ je vektor reprezentujúci pravdepodobnostné rozdelenie v *k*–tom kroku.

Inými slovami, pevné rozdelenie vektoru π charakterizuje normalizovaný ľavý vlastný vektor matice *P*, priradený vlastnému číslu 1. Jeho výpočet je následovný:

$$\mathrm{\pi P} = \mathrm{\pi}$$

$$\mathrm{\pi(P - I)} = 0$$

$$(\mathrm{\pi}_1, \dots, \mathrm{\pi}_\mathrm{n}) \begin{bmatrix} p_{11} - 1 & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & \cdots & p_{nn} - 1 \end{bmatrix} = (0, \dots, 0)$$

Tak sa dostávame k sústave rovníc

$$\begin{bmatrix} (p_{11} - 1)\mathrm{\pi}_1 & \cdots & p_{n1}\mathrm{\pi}_\mathrm{n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{1n}\mathrm{\pi}_1 & \cdots & (p_{nn} - 1)\mathrm{\pi}_\mathrm{n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix},$$

ktorej riešenie nám za podmienky $\sum_{i=1}^{n} \mathrm{\pi}_\mathrm{i} = 1$ dáva hľadaný vektor.

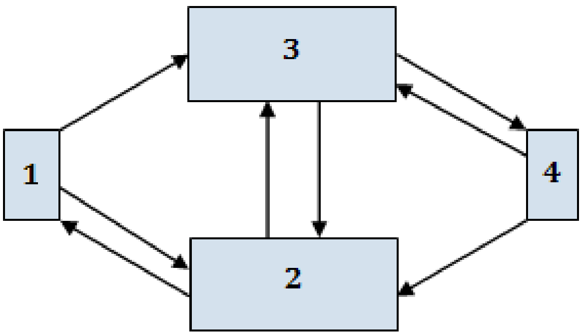
3.8 Praktické využitie modelu v procese rozhodovania

Počnúc touto podkapitolou sa začneme venovať konkrétnemu športu – florbalu, keďže určité herné situácie a pravidlá sú pre tento šport špecifické. Napríklad po góle prebieha rozohrávka v strede ihriska ako duel hráčov alebo striedania sú povolené počas celého priebehu hry. Do úvahy však musíme zobrať aj rýchlosť hry, úspešnosť prevedených akcií, či formát ihriska.

Najskôr si zápas popíšeme ako sériu prechodov medzi štyrmi základnými stavmi, ku ktorým na ihrisku počas hry dochádza. Priradením konkrétnych pravdepodobností jednotlivým hranám sa podrobnejšie budeme venovať neskôr. Majme dva týmy A a B a nasledujúce stavy:

1. tým A vystrelí
2. tým A má loptu pod kontrolou
3. tým B má loptu pod kontrolou.
4. tým B vystrelí

V tomto modele dôjde k prechodu medzi stavmi iba v prípade, že hráč stratí kontrolu nad loptou alebo vystrelí.



Obrázok 3.8 – prechody medzi stavmi

Na tomto obrázku si môžeme všimnúť, že nie každý prechod je znázornený. Vytvorme príslušnú pravdepodobnostnú maticu následovne:

$$\begin{bmatrix} 0 & p_{12} & p_{13} & 0 \\ p_{21} & - & p_{23} & 0 \\ 0 & p_{32} & - & p_{34} \\ 0 & p_{42} & p_{43} & 0 \end{bmatrix}$$

Niektoré prechody sú pre všetky zápasy rovnaké – vystreliť môže len ten tým, ktorý ma loptu pod kontrolou, inak pravdepodobnosť strely je nulová. Ostatné prechody sú už pre každý zápas špecifické, pričom reprezentujú streľbu, stratu lopty a udržanie lopty.

Čo jednotlivé pravdepodobnosti znamenajú?

p_{42}- pravdepodobnosť, že po strele týmu B získa loptu tým B.

p_{13}- pravdepodobnosť, že po strele týmu A získa loptu tým B.

p_{12}- pravdepodobnosť, že po strele týmu A získa loptu tým A.

p_{43}- pravdepodobnosť, že po strele týmu B získa loptu tým A.

p_{21}- pravdepodobnosť, že tým A vystrelí.

p_{34}- pravdepodobnosť, že tým B vystrelí.

p_{23}- pravdepodobnosť, že tým A stratí kontrolu nad loptou.

p_{32}- pravdepodobnosť, že tým B stratí kontrolu nad loptou.

p_{22} a p_{33}nemusia byť zadefinované, keďže udržanie lopty má pravdepodobnosť opačnú k strate lopty.

Tento jednoduchý model sa stane základom pre náš výsledný model, ale musíme si všeobecné držanie lopty, popísané týmito prechodmi, zašpecifikovať. Práve na to nám poslúžia situácie, ktoré sme si zadefinovali v kapitole 0 – prihrávka, strela a sólo.

Predchádzajúci model popisuje prechody medzi týmami a ich bránkami, preto zahrňuje aj streľbu. Rozšírme si však stavy 2 a 3 o prihrávku a sólo, čím držanie lopty nahradíme konkrétnymi situáciami. To znamená, že máme zadefinované tri stavy hry – trojvrcholový graf, ako popisuje Obrázok 3.8 a ktorého orientované hrany ohodnotené jednotlivými pravdepodobnosťami budú reprezentované prechodovou maticou M. Ďalšou zmenou bude, že pojem „tým“ nahradíme konkrétnym hráčom a pre každého hráča budú hodnoty týchto troch parametrov špecifické a pravdepodnosť prechodu do ďalšieho stavu závislé iba na jeho aktuálnom stave.

To znamená, že v procese rozhodovania je každý hráč reprezentovaný vektorom

$$x = (x_1, x_2, x_3)\text{, v ktorom platí } \sum_{i=1}^{3} x_i = 1$$

a pravdepodobnostné rozdelenie jednotlivých zložiek, v situácii, ktorá je pre daného hráča v poradí na k-tom mieste, označujeme vektorom $x^{(k)}$, ktorý je daný predpisom

$$x^{(k)} = x^{(k-1)}M$$

ekvivalentným s predpisom

$$x^{(k)} = x^{(0)}M^{(k)}$$

kde $x^{(0)}$ je počiatočné pravdepodobnostné rozdelenie určené na základe vstupných parametrov hráča.

Ako ale získať maticu *M*? Prechodové pravdepodobnosti založíme na pozorovaní. Na to potrebujeme získať štatistiky, popisujúce časovo zotriedenú sekvenciu situácií, do ktorých sa jednotliví hráči počas zápasov dostanú. Keďže sa zdroj takýchto štatistík nepodarilo nájsť, na základe pozorovania 10 živých 60-minútových florbalových zápasov boli namerané vlastné hodnoty, ktoré budeme považovať za empirické.

Musíme však zobrať do úvahy, že správanie hráčav nejakej situácii výrazne ovplyvňuje aktuálna pozícia na ihrisku. Preto si hraciu plochu rozdelíme na tri základné pásma – obranné, stredové a útočné. Pre jednotlivé pásma boli približne namerané následujúce prechodové pravdepodobnosti:

	Prihrávka	**Strela**	**Sólo**
Prihrávka	.55	.10	.35
Strela	.60	.05	.35
Sólo	.50	.10	.40

Tabuľka 3.1 – obranné pásmo

	Prihrávka	**Strela**	**Sólo**
Prihrávka	.45	.20	.35
Strela	.50	.20	.30
Sólo	.40	.20	.40

Tabuľka 3.2 – stredové pásmo

	Prihrávka	Strela	Sólo
Prihrávka	.35	.45	.20
Strela	.45	.40	.15
Sólo	.35	.50	.15

Tabuľka 3.3 – útočné pásmo

Pozrime sa, ako vyzerajú vektory charakterizujúce pevné rozdelenie pre jednotlivé matice:

$$v_{ob} \cong (0.54, 0.09, 0.37) \cong (0.54, 0.09, 0.37)\begin{bmatrix} 0.55 & 0.10 & 0.35 \\ 0.60 & 0.05 & 0.35 \\ 0.50 & 0.10 & 0.40 \end{bmatrix}$$

$$v_{st} \cong (0.44, 0.20, 0.36) \cong (0.44, 0.20, 0.36)\begin{bmatrix} 0.45 & 0.20 & 0.35 \\ 0.50 & 0.20 & 0.30 \\ 0.40 & 0.20 & 0.40 \end{bmatrix}$$

$$v_{\acute{u}t} \cong (0.39, 0.44, 0.17) \cong (0.39, 0.44, 0.17)\begin{bmatrix} 0.35 & 0.45 & 0.20 \\ 0.45 & 0.40 & 0.15 \\ 0.35 & 0.50 & 0.15 \end{bmatrix}$$

Rozdelenia, ktoré tieto vektory určujú, nám dávajú dlhodobú prognózu prechodových pravdepodobností z jedného stavu do druhého. Výsledky vcelku reálne popisujú, ako sa hra v jednotlivých pásmach uberá a z týchto hodnôt si môžeme všimnúť, že najfrekventovanejšou situáciou je nahrávka, že pravdepodobnosť strely v obrannom pásme je oproti ostatným situáciám veľmi malá a naopak v útočnom pásme dosahuje vysoké hodnoty a pre sólo sa hráč zväčša rozhodne v obrannom pásme, keď sa hru snaží čo najrýchlejšie preniesť od svojej brány.

Týmto modelom sme si popísali proces rozhodovania, pričom výsledný percentuálny pomer ešte ovplyvní štýl hry, ktorý manažér preferuje (prihrávky, sóla, strely), avšak tento vplyv má iba situačný charakter a vektor si ju neprenáša.

3.9 Proces vyhodnotenia

V momente, keď sa hráč rozhodne pre určitú situáciu, nastane jej vyhodnotenie. Tento proces nebudeme generovať Markovovmi modelmi, ale na základe viacerých vstupných parametrov. Je to predovšetkým forma a aktuálna energia hráča, pomer ofenzívy a defenzívy (zvýšená ofenzíva zvyšuje efektivitu, zvýšená defenzíva zasa znižuje efektivitu súpera), dôležitú úlohu má domáce prostredie, v ktorom má tým väčšiu silu a aktuálna pozícia hráča na ihrisku. Preto si hraciu plochu cez obranné, stredové a útočné pásmo rozdelíme na 45 zón (9 na dĺžku a 5 na šírku). Pre jednotlivé zóny a situácie, ktoré na danej pozícii prebiehajú, použijeme opäť pozorovaním namerané hodnoty, ktoré zároveň hovoria nesú informciu o hornej hranici pravdepodobnosti, s ktorou sa situácia vyhodnotí.

Úspešnosť strely

Útočné pásmo			Stredové pásmo			Obranné pásmo		
.100	.150	.200	.100	.050	.020	.015	.005	.002
.200	.500	.350	.200	.100	.050	.020	.010	.002
.200	.700	.400	.300	.100	.050	.020	.010	.001
.200	.500	.350	.200	.100	.050	.020	.010	.002
.100	.150	.200	.100	.050	.020	.015	.005	.002

Tabuľka 3.4 – pravdepodobnosť úspešnej strely sa zvyšuje smerom do útočného pásma najmä po strednej línii

Vzorec pre výpočet celkovej pravdepodonosti je

$$\mathrm{P(strela\ bude\ úspešná)} = \frac{\mathrm{OST} + \mathrm{DBT} + \mathrm{FSH} + \mathrm{ESH} + \mathrm{FB}}{5} * \mathrm{PP} * \mathrm{KT} * \mathrm{KPH} * \mathrm{KPB},$$

kde jednotlivé premenné znamenajú

- OST – ofenzívu strieľajúceho týmu
- DBT – defenzívu brániaceho týmu
- FSH – formu strieľajúceho hráča
- ESH – energiu strieľajúceho hráča
- PP – pravdepodobnosť na základe pozície (Tabuľka 3.4)
- KT – koeficient týmu (domáci tým má koeficient 1.10, hosťujúci 1.00)
- KPH – koeficient prednosti hráča (prednosť strely má koeficient 1.10)
- KPB – koeficient prednosti brankára (ak hráč vystrelí do miesta, ktoré brankár dobre pokrýva, pravdepodobnosť sa znižuje koeficientom 0.80)

V prípade úspešnej strely hráč skóruje, inak brankár strelu chytil, alebo vyrazil. Odraz je simulovaný ako plne náhodný proces. Pravdepodobnosť úspešnosti sa pohybuje v intervale $\langle 0, 0.70 \rangle$.

Úspešnosť prihrávky

Útočné pásmo			Stredové pásmo			Obranné pásmo		
.500	.500	.500	.600	.600	.700	.700	.800	.900
.400	.400	.450	.550	.600	.700	.700	.800	.900
.300	.300	.400	.500	.600	.700	.700	.700	.900
.400	.400	.450	.550	.600	.700	.700	.800	.900
.500	.500	.500	.600	.600	.700	.700	.800	.900

Tabuľka 3.5 – pravdepodobnosť úspešnej prihrávky sa zvyšuje smerom do obranného pásma lineárnym priebehom

Vzorec pre výpočet celkovej pravdepodonosti je

$$\mathrm{P(prihrávka\ bude\ úspešná)} = \frac{\mathrm{FPH} + \mathrm{EPH}}{2} * \mathrm{PP} * \mathrm{KPH},$$

kde jednotlivé parametre znamenajú

- FPH – forma prihrávajúceho hráča
- EPH – energia prihrávajúceho hráča
- PP – pravdepodobnosť na základe pozície (Tabuľka 3.5)
- KPH - koeficient prednosti hráča (prednosť prihrávky má koeficient 1.10)

V prípade úspechu sa dostane lopta ku hráčovi, ktorý je vybraný na základe jeho pozície. Ak hrá tým viac ofenzívne, lopta smeruje častejšie na vpredu postavených spoluhráčov, v prípade väčšej defenzívy je to naopak. Ak je prihrávka neúspešná, loptu získava súperov hráč, ktorý je pozíciou najbližšie k spojnici hráčov, po ktorej sa lopta pohybovala. Pravdepodobnosť úspešnosti sa pohybuje v intervale $\langle 0, 0.90 \rangle$.

Úspešnosť sóla

Útočné pásmo			Stredové pásmo			Obranné pásmo		
.400	.500	.300	.400	.600	.700	.800	.900	.900
.400	.300	.300	.300	.500	.600	.700	.800	.900
.300	.200	.300	.300	.500	.600	.700	.800	.900
.400	.300	.300	.300	.500	.600	.700	.800	.900
.400	.500	.300	.400	.600	.700	.800	.900	.900

Tabuľka 3.6 – pravdepodobnosť úspešného sóla sa zvyšuje smerom do obranného pásma najmä po krajoch

Vzorec pre výpočet celkovej pravdepodonosti je

$$P(\text{sólo bude úspešné}) = \frac{\text{FSoH} + \text{ESoH}}{2} * \text{PP} * \text{KPH},$$

kde jednotlivé parametre znamenajú

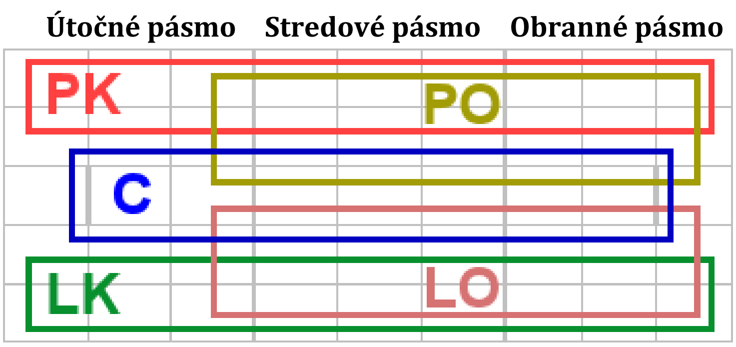
- FSoH – forma sólujúceho hráča
- ESoH – energia sólujúceho hráča
- PP – pravdepodobnosť na základe pozície (Tabuľka 3.6)
- KPH – koeficient prednosti hráča (prednosť sóla má koeficient 1.10)

V prípade úspechu hráč loptu nestratí a naďalej má nad ňou kontrolu. Sóla majú ofenzívny charakter a teda hráč sa pri ich realizácii pohybuje smerom k útočnému pásmu. V prípade neúspechu získava loptu súperov hráč, ktorý je pozíciou najbližšie k lopte. Pravdepodobnosť úspešnosti sa pohybuje v intervale $\langle 0, 0.90 \rangle$.

3.10 Pohyb hráčov

V reálnych zápasoch existuje niekoľko modelov pohybu hráčov po ihrisku. Môže to byť systém zabiehajúcich krídel, vysunutého resp. stiahnutého centra, osobná obrana a pod. Implementovanie týchto systémov je náročný proces, pre ktorý potrebujeme štatistickú analýzu priebehu zápasu.

V našej simulácii budeme zatiaľ využívať základný zónový systém hry. To znamená, že jednotliví hráči sa snažia udržiavať pozície, ktoré sú všeobecne dané pre konkrétny post a ich pohyb je simulovaný vzhľadom k pohybu lopty.

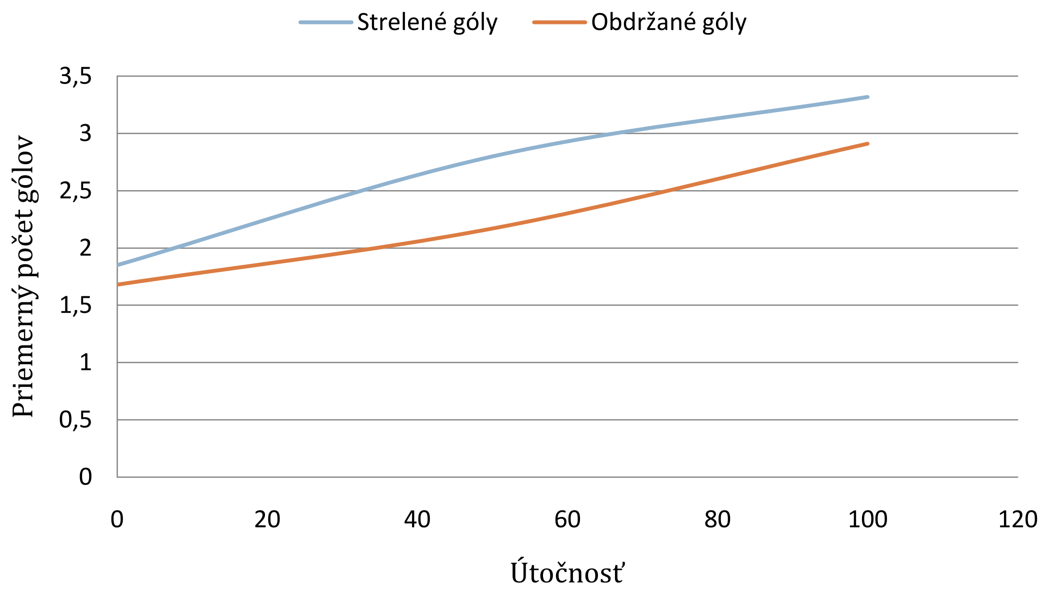


Obrázok 3.9 – zóny pohybu hráčov

Obrázok 3.9 popisuje zóny, v ktorých sa ľavý obranca (LO), pravý obranca (PO), ľavé krídlo (LK), center (C) a pravé krídlo (PK) pohybujú. Prirodzeným chovaním hráča s loptou je vo väčšine prípadov pohyb k súperovej bráne. Preto sa hráči sťahujú, ak má loptu súper a vyrážajú vpred v opačnom prípade.

3.11 Dosiahnuté výsledky

Teraz si ukážeme štatistické spracovanie odsimulovaných zápasov na základe modelov, ktoré sme v tejto kapitole popísali. Postupne sa jednotlivé vstupné parametre oboch týmov menili a na počte 100 odohraných zápasov so strednou časovou hodnotou 15 sekúnd medzi dvoma situáciami, boli dosiahnuté následujúce výsledky:



Obrázok 3.10 – graf popisujúci priemerný počet gólov z pohľadu domáceho týmu, ak sú oba týmy rovnocenné

Obrázok 3.10 ukazuje, že pri rovnakej forme hráčov a rovnako nastavených parametroch je domáci tým zvýhodnený a dosahuje lepší gólový priemer a s rastúcou útočnosťou a teda s klesajúcou obrannou hrou sa priemer podľa očakávania zvyšuje.

Pozrime sa na ďalšie štatistické údaje z pohľadu domáceho týmu za predpokladu, že proti sebe postavíme týmy s rovnakým hráčskym potenciálom, rovnakým štýlom hry, ale budeme meniť pomer útoku a obrany.

	Domáci	Hostia
Priemerný počet gólov	3.46	3.05
Úspešnosť striel	0.15	0.13
Najčastejší počet gólov	2	2
Minimálny počet gólov	1	0
Maximálny počet gólov	7	9
Počet víťazstiev	45	40
Najčastejší výsledok	4 – 2	

Tabuľka 3.7 – útočnosť oboch týmov je maximálna

	Domáci	Hostia
Priemerný počet gólov	2.80	2.17
Úspešnosť striel	0.11	0.09
Najčastejší počet gólov	2	2
Minimálny počet gólov	0	0
Maximálny počet gólov	7	7
Počet víťazstiev	53	27
Najčastejší výsledok	3 – 1	

Tabulka 3.8 – útočnosť oboch týmov je stredná

	Domáci	Hostia
Priemerný počet gólov	2.02	1.72
Úspešnosť striel	0.08	0.07
Najčastejší počet gólov	1	1
Minimálny počet gólov	0	0
Maximálny počet gólov	5	4
Počet víťazstiev	46	32
Najčastejší výsledok	1 – 1	

Tabulka 3.9 - útočnosť oboch týmov je minimálna

	Domáci	Hostia
Priemerný počet gólov	3.21	1.65
Úspešnosť striel	0.13	0.07
Najčastejší počet gólov	3	1
Minimálny počet gólov	0	0
Maximálny počet gólov	8	6
Počet víťazstiev	63	13
Najčastejší výsledok	3 – 2	

Tabulka 3.10 – útočnosť domáceho týmu je maximálna, hosťujúceho minimálna

	Domáci	Hostia
Priemerný počet gólov	1.72	2.80
Úspešnosť striel	0.07	0.12
Najčastejší počet gólov	1	3
Minimálny počet gólov	0	0
Maximálny počet gólov	5	8
Počet víťazstiev	25	57
Najčastejší výsledok	1 – 3	

Tabulka 3.11 – útočnosť domáceho týmu je minimálna, hosťujúceho maximálna

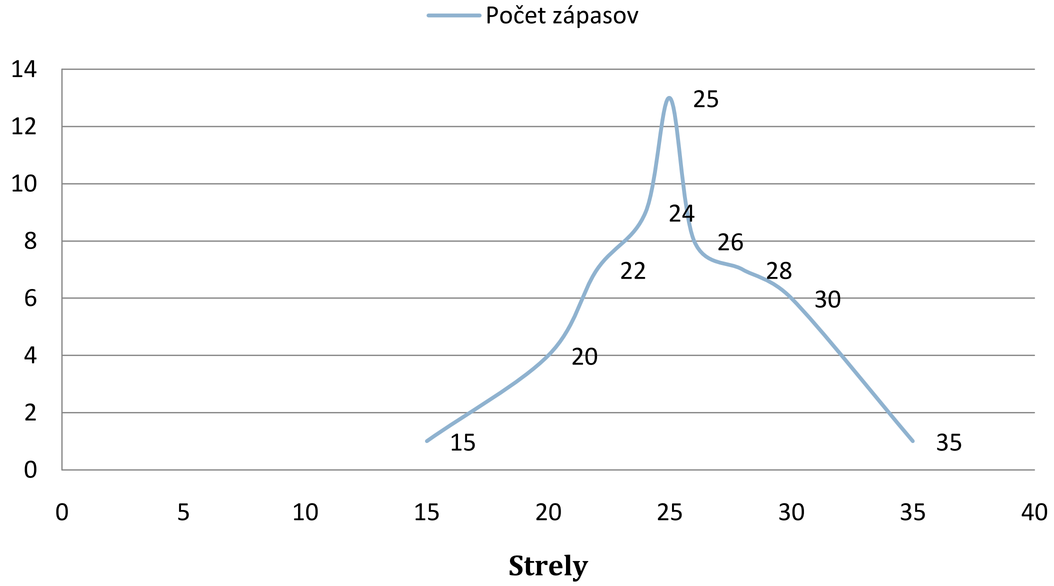
	Domáci	Hostia
Priemerný počet gólov	3.06	2.06
Úspešnosť striel	0.12	0.09
Najčastejší počet gólov	3	1
Minimálny počet gólov	0	0
Maximálny počet gólov	8	6
Počet víťazstiev	62	28
Najčastejší výsledok	3 – 1	

Tabulka 3.12 – útočnosť oboch týmov je stredná, pričom hráčsky potenciál domáceho týmu je v priemere o 30% vyšší.

	Domáci	Hostia
Priemerný počet gólov	2.27	2.69
Úspešnosť striel	0.09	0.11
Najčastejší počet gólov	2	2
Minimálny počet gólov	0	0
Maximálny počet gólov	6	7
Počet víťazstiev	30	51
Najčastejší výsledok	1 – 2	

Tabulka 3.13 – útočnosť oboch týmov je stredná, pričom hráčsky potenciál hosťujúceho týmu je v priemere o 30% vyšší

Situácie sme generovali pomocou Markovových modelov, tak sa pozrime, aké boli namerané hodnoty pre strely.



Obrázek 3.11 – graf popisuje počet striel vzhľadom k počtu zápasov, v ktorých boli vyslané.

Počet striel v rozsahu intervalu $\langle 15, 35 \rangle$ s modusom 25 je naozaj hodnota, ktorá je pre florbalový zápas charakterizujúca a teda model generuje hodnoty, ktoré zodpovedajú očakávaniu. Proces vyhodnotenia prináša úspešnosť striel v priemere okolo 10%, čo je taktiež veľmi dobrá hodnota.

4 Literatúra

[1] Daniel Ocone: Markov Chain Models, chapter 5

[2] Charles M. Grinstead, J. Laurie Snell: Introduction to probability, chapter 11,

[3] Stefan Waner, Steven R. Costenoble: Finite mathematics & Applied calculus, Hofstra University, 2004, summary of chapter 9, http://people.hofstra.edu/Stefan_Waner/RealWorld/Summary8.html