

Katedra informatiky  
Přírodovědecká fakulta  
Univerzita Palackého v Olomouci

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Monitorovací nástroj pre investičné stratégie

Monitorovanie a simulácia investičných stratégií generovanými  
systémom genetických algoritmov



2016

Vedoucí práce: Mgr. Petr Osička,  
Ph.D.

Tomáš Matejovič

Studijní obor: Aplikovaná informatika,  
kombinovaná forma

## Bibliografické údaje

Autor: Tomáš Matejovič  
Název práce: Monitorovací nástroj pre investičné stratégie (Monitorovanie a simulácia investičných stratégií generovanými systémom genetických algoritmov)  
Typ práce: bakalárska práca  
Pracovišťe: Katedra informatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci  
Rok obhajoby: 2016  
Studijní obor: Aplikovaná informatika, kombinovaná forma  
Vedoucí práce: Mgr. Petr Osička, Ph.D.  
Počet stran: 54  
Přílohy: DVD so zdrojovým kódom a textom  
Jazyk práce: slovenský

## Bibliographic info

Author: Tomáš Matejovič  
Title: Monitoring tool of investment strategies (Monitoring and simulating the trading strategies generated by system of genetic algorithm)  
Thesis type: bachelor thesis  
Department: Department of Computer Science, Faculty of Science, Palacký University Olomouc  
Year of defense: 2016  
Study field: Applied Computer Science, combined form  
Supervisor: Mgr. Petr Osička, Ph.D.  
Page count: 54  
Supplements: 1 CD/DVD  
Thesis language: Slovak

## Anotácia

*Práca popisuje špecifikáciu, návrh a implementáciu nástroja, ktorý slúži na monitorovanie šľachtenia investičných stratégií a simuláciu vyšľachtených stratégií u obchodníka. Nástroj je pomocným systémom systému genetických algoritmov, ktorý hľadá ziskovú investičnú stratégiu. Hlavným cieľom nástroja je zjednodušenie práce so systémom genetických algoritmov pomocou užívateľského rozhrania. Systém je implementovaný ako webová aplikácia vo frameworku GRAILS. Na komunikáciu medzi systémami je použité JMS a na simulovanie stratégií na reálnom trhu u obchodníka je použité DUKASCOPY api. Na komunikáciu medzi webovým serverom a klientom je použitá technológia websocketov.*

## Synopsis

*The thesis describes the specification, design and implementation of monitoring and simulating tool. The genetic breeding of the trading strategies and their simulation at trading broker is the main purpose of the tool. The tool is a secondary system to the system which is searching the profitable trading strategy by using the genetic algorithms. It was implemented in GRAILS framework. The JMS is used for the intra-system communication. The DUKASCOPY api is used for the simulation of the strategies. The websocket technology is used for the web server and client communication.*

**Kľúčové slová:** Investičná stratégia, Monitorovanie, Návrh, Implementácia, Obchodovanie

**Keywords:** Trading strategy, Monitoring, Design, Implementation, Trading

Ďakujem Ph.D. Petrovi Osičkovi, vedúcemu mojej bakalárskej práce, za užitočné rady, ktoré mi poskytol pri vypracovaní tejto práce. Ďakujem mojej žene a rodine za podporu.

*Čestne vyhlasujem, že som celú prácu vrátane príloh vypracoval/a samostatne a za použitia iba zdrojov spomínaných v texte práce a uvedených v zozname literatúry.*

dátum odovzdania práce

podpis autora

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Obchodovanie</b>	<b>9</b>
2.1	Forex . . . . .	9
2.2	Investičná Stratégia . . . . .	9
2.3	Grafy technickej analýzy . . . . .	10
2.3.1	Čiarový graf (Line chart) . . . . .	11
2.3.2	Stĺpcový graf (Bar chart) . . . . .	11
2.3.3	Sviečkový graf (Candlestick chart) . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Genetické algoritmy</b>	<b>14</b>
3.1	Reprezentácia dát v Genetických algoritmoch . . . . .	15
3.1.1	Gén . . . . .	15
3.1.2	Chromozóm . . . . .	15
3.1.3	Genotyp . . . . .	15
3.1.4	Fenotyp . . . . .	15
3.2	Princíp Genetických algoritmov . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Ciele a Kontext systému</b>	<b>17</b>
4.1	Monitorovací systém . . . . .	17
4.2	Systém genetických algoritmov . . . . .	18
4.3	Komunikácia systémov a zdieľanie dát . . . . .	18
4.4	Ciele a vízia systému . . . . .	19
4.5	Podobné nástroje . . . . .	19
4.6	Nástroj Forex Strategy Builder . . . . .	19
4.7	MultiCharts . . . . .	20
<b>5</b>	<b>Špecifikácia požiadaviek</b>	<b>21</b>
5.1	Problém porovnávania výsledkov simulácie stratégie . . . . .	21
5.2	Expectancy faktor . . . . .	21
5.3	Oportunity faktor . . . . .	22
5.4	Porovnanie výsledkov . . . . .	23
5.5	Funkčné požiadavky . . . . .	23
5.6	Mimofunkčné požiadavky . . . . .	24
5.6.1	Užívatelia systému . . . . .	24
5.6.2	Obmedzenie systému a Systémové požiadavky . . . . .	24
<b>6</b>	<b>Prípady použitia</b>	<b>25</b>
6.1	Nastavovanie procesu šľachtenia genetických algoritmov . . . . .	26
6.2	Zastavenie procesu šľachtenia genetických algoritmov . . . . .	26
6.3	Spustenie procesu šľachtenia genetických algoritmov . . . . .	27
6.4	Monitorovanie procesu šľachtenia genetických algoritmov . . . . .	27
6.5	Simulovanie stratégie . . . . .	28

6.6	Zobrazenie histórie simulácii . . . . .	28
6.7	Porovnanie výsledkov simulácie . . . . .	29
6.8	Vytvorenie nového užívateľa . . . . .	29
6.9	Odstránenie užívateľa . . . . .	30
6.10	Upravenie užívateľského účtu . . . . .	30
6.11	Priradenie užívateľskej role . . . . .	30
<b>7</b>	<b>Návrh</b>	<b>31</b>
7.1	Databázový návrh . . . . .	31
7.2	Vzťahy medzi tabuľkami . . . . .	33
<b>8</b>	<b>Implementácia</b>	<b>34</b>
8.1	GRAILS . . . . .	34
8.2	JAVA . . . . .	34
8.3	Dukascopy api . . . . .	35
8.4	JMS . . . . .	35
8.5	Websocket technológia . . . . .	35
8.6	Bootstrap . . . . .	36
8.7	AnyChart . . . . .	36
8.8	D3.js . . . . .	36
<b>9</b>	<b>Užívateľská príručka</b>	<b>37</b>
9.1	Prihlasovací formulár . . . . .	37
9.2	Hlavné menu aplikácie . . . . .	37
9.3	List užívateľských účtov pre administrátora . . . . .	38
9.4	Formulár na zmenu užívateľského hesla . . . . .	39
9.5	Formulár na určenie detailov simulácie . . . . .	39
9.6	Užívateľský účet . . . . .	40
9.7	Monitorovanie a tabuľka vygenerovaných stratégií . . . . .	40
9.8	List vygenerovaných stratégií a užívateľský list stratégií . . . . .	42
9.9	Simulácia . . . . .	43
9.10	Výsledky simulácie a porovnávanie . . . . .	44
9.11	Nastavovanie parametrov genetického algoritmu . . . . .	45
9.12	História simulácie a výsledky . . . . .	47
<b>10</b>	<b>Inštalácia</b>	<b>49</b>
10.1	Prístup k systému na verejnom servery . . . . .	49
<b>11</b>	<b>Testovanie</b>	<b>50</b>
<b>12</b>	<b>Záver</b>	<b>51</b>
<b>A</b>	<b>Obsah priloženého CD/DVD</b>	<b>52</b>
	<b>Literatúra</b>	<b>53</b>

## Zoznam obrázkov

1	Čiarový graf USDCAD, zobrazujúci uzatváraciu cenu v rámci 1 dňa.	11
2	Stĺpec v stĺpcovom grafe.	12
3	Stĺpcovy graf USDCAD, kde jeden stĺpec reprezentuje cenový pohyb za 1 deň.	12
4	Sviečka v sviečkovom grafe.	13
5	Sviečkový graf USDCAD, kde jedna sviečka reprezentuje cenový pohyb za 1 deň. Zobrazuje otváraciu, zatváraciu, najvyššiu a najnižšiu cenu za 1 deň.	13
6	Kontext systému.	17
7	Prípady použitia systému.	25
8	Databázový návrh systému.	32
9	Prihlasovací formulár.	37
10	Hlavné menu do aplikácie.	38
11	List užívateľských účtov pre administrátora.	38
12	Formulár na zmenu užívateľského hesla.	39
13	Formulár na určenie detailov simulácie.	39
14	Užívateľský účet.	40
15	Monitorovanie a zoznam vygenerovaných stratégií.	41
16	Monitorovanie a zoznam vygenerovaných stratégií.	41
17	List vygenerovaných stratégií.	42
18	Simulácia a výsledky simulácie.	44
19	Výsledky simulácie a porovnávanie.	45
20	Výsledky simulácie a porovnávanie.	45
21	Výsledky simulácie a porovnávanie.	47
22	Výsledky simulácie a porovnávanie.	47

## Zoznam tabuliek

1	Tabuľka výnosu guľičiek	21
---	-------------------------	----

# 1 Úvod

Obchodovanie na finančných trhoch je zaujímavá profesia, ktorá dokáže priniesť človeku finančnú nezávislosť. O obchodovaní existuje mnoho kníh a návodov, ktoré popisujú ako vytvoriť finančnú stratégiu a úspešne ju obchodovať. Pri obchodovaní vstupuje do hry mnoho faktorov. Preto nájsť profitovú stratégiu a obchodovať ju dlhšiu dobu so ziskami nie je ľahká úloha. Jeden zo spôsobov, ktorý by mohol vybudovať profitovú investičnú stratégiu by mohol byť systém hľadajúci investičné stratégie pomocou genetických algoritmov.

Táto práca sa venuje návrhu a implementácii nástroja, ktorý vznikol ako sekundárny systém k už existujúcemu systému generovania investičných stratégií za pomoci genetických algoritmov. Prvá časť tejto práce sa venuje doméne obchodovania, teórii genetických algoritmov, cieľom a kontextu systému. Druhá časť sa venuje špecifikácii a návrhu a problému porovnávania stratégií. V tretej časti je popísaná implementácia a najzaujímavejšie technológie použité v systéme. V poslednej časti sú zhrnuté výsledky práce.



## 2 Obchodovanie

Je známou pravdou, že obchodovanie patrí už od pradávna k najvýnosnejším zdrojom príjmu. Rozmach internetu a komunikačných prostriedkov prináša k obchodovaniu čoraz viac ľudí. [1] Avšak obchodovanie je biznis ako každý iný. Preto ak chce byť obchodník úspešný, musí zvládnuť viacero vecí. Napríklad si musí určiť spôsob ako bude obchodovať. Či bude obchodovať na dennej báze, alebo bude otvárať a zatvárať svoje obchody raz za pár mesiacov. Dôležité tiež je, čo bude obchodovať. Či to budú akcie, komodity alebo iné cenné papiere. Úspešnosť obchodníka závisí aj vo veľkej miere na jeho psychológii. Na tom ako presne dodržiava svoj obchodný plán, na tom, aké dobré má riadenie toku peňazí a ako má zvládnuté riadenie rizika. Tiež je nutné mať aspoň určitú štatistickú výhodu oproti ostatným účastníkom trhu, pretože obchodníkov, ktorí chcú byť úspešní je na trhu mnoho. V neposlednej rade musí obchodník vybudovať robustnú investičnú stratégiu, podľa ktorej bude obchodovať.

### 2.1 Forex

Forex alebo foreign exchanges, označovaný tiež ako Medzinárodný devízový trh, je trh s cudzími menami. Forex nie je burzovní trh, ale je celosvetová sieť, ktorá je prepojená najmodernejšími komunikačnými prostriedkami. Je to systém, ktorý prepojuje banky, poisťovny, investičné fondy a brokerské spoločnosti, ktoré sdružujú individuálnych investorov. Ich spoločným prvkom je využívanie mechanizmov, ktoré umožňujú zhodnotiť investície v závislosti na pohyboch predmetu forexového obchodu – meny. Forexový obchodník je teda taký obchodník, ktorý sa rozhodne zarábať na pohyboch konkrétnych mien, resp. vzájomných kurzov medzi menami.[2]. Je to trh z najväčším objemom zoobchodovaných peňazí.

### 2.2 Investičná Stratégia

Investičná stratégia je spôsob akým obchodník zhodnocuje svoj majetok. Je to súbor pravidiel, chovania, procesov a metód, ktoré obchodníkovi umožňujú určiť kedy investovať do podkladového aktíva alebo kedy svoje investície zatvoriť.[3] Investičné stratégie môžu byť založené na technickej analýze alebo fundamentálnej analýze. Voľba konkrétnej investičnej stratégie závisí predovšetkým na požadovanej výnosnosti a investorom akceptovanej miere rizika. Delenie stratégií podľa dĺžky otvoreného obchodu:

- **Pasívna stratégia** - Stratégia typu „kup a drž“ sa vyznačuje nižším očakávaným výnosom, nižším rizikom a minimalizáciou transakčných nákladov (poplatkov za obchodovanie.).
- **Aktívna stratégia** - Aktívna stratégia sa zameriava na výber a načasovanie investície za účelom maximalizácie výnosu.

Delenie stratégií podľa podkladového aktíva, do ktorého chce investor investovať:

- **Komoditná stratégia** - Stratégia určená na nákup komodít. Napríklad ropa, zlato, ryža, cukrová repa.
- **Futures stratégia** - Stratégia určená na nákup futures kontraktov. Futures kontrakty sú kontrakty na budúcu cenu na podkladové aktívum, kde sa obyčajne jedná o komodity.
- **Opčná stratégia** - Stratégia určená na nákup opčných kontraktov. Opčné kontrakty sú kontrakty na dohodnutú cenu podkladového aktíva. Väčšinou sa obchodník týmto kontraktom poisťuje voči väčším pohybom cien.
- **Akciová stratégia** - Stratégie na nákup a predaj akcií
- **Forexová stratégia** - Stratégia určená na nákup a predaj cudzích mien.

Delenie stratégií podľa typu analýzy:

- **Stratégia na základe fundamentálnej analýzy** - Obchodník sa rozhoduje či nakupovať, predávať podľa makroekonomických a mikroekonomických ukazovateľov.
- **Stratégia na základe technickej analýzy** - Obchodník sa rozhoduje či nakupovať, predávať podľa minulého vývoja cien zachyteného na grafe. Obchodník podľa rôznych opakujúcich tvarov (patternov) a indikátorov sa snaží predpovedať budúci vývoj cien.

## 2.3 Grafy technickej analýzy

Horizontálna os na cenových grafoch predstavuje čas a vertikálna os cenu podkladového aktíva v konkrétnom čase. [5] Obchodníci pri technickej analýze používajú tri typy cenových grafov:

- **čiarový graf (Line chart)**
- **stĺpcový graf (Bar chart)**
- **sviečkový graf (Candlestick chart)**

### 2.3.1 Čiarový graf (Line chart)

Čiarový graf zobrazuje uzatváraciu cenu za určité časové obdobie. Každá vykreslená čiara predstavuje spojenie medzi 2 uzatváracími cenami. Nevýhodou tohto grafu je malý informačný prínos. Nezachytáva totiž cenové výkyvy, ktoré sa udiali medzi začiatkom a koncom zvoleného časového obdobia. [5]

Obrázok 1

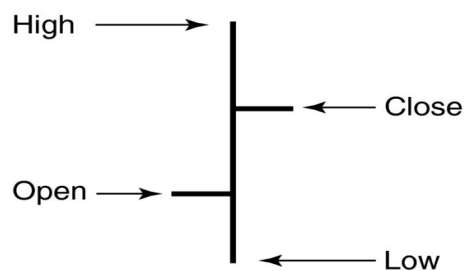


Obr. 1: Čiarový graf USDCAD, zobrazujúci uzatváraciu cenu v rámci 1 dňa.

### 2.3.2 Stĺpcový graf (Bar chart)

Stĺpcový graf zobrazuje intradenný, týždenný alebo mesačný cenový pohyb podkladového aktíva v podobe stĺpca. Otváracia a zatváracia cena su reprezentované ľavým a pravým horizontálnym výbežkom. Tento graf má vyššiu výpovednú hodnotu, ako čiarový. Okrem uzatváracej ceny totiž zobrazuje otváraciu, zatváraciu, najvyššiu a najnižšiu cenu za dané časové obdobie.

Obrázok 2 a 3



Obr. 2: Stĺpec v stĺpcovom grafe.

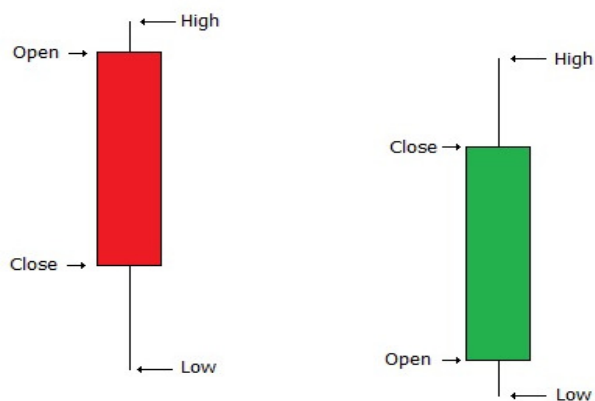


Obr. 3: Stĺpcový graf USDCAD, kde jeden stĺpec reprezentuje cenový pohyb za 1 deň.

### 2.3.3 Sviečkový graf (Candlestick chart)

Najpoužívanjší graf pri technickej analýze. Sviečkové cenové grafy vytvorili japonskí obchodníci dávno v 18. storočí, aby mali možnosť vidieť naraz otváraciu cenu a konečnú uzatváraciu cenu, ako aj najvyššiu a najnižšiu cenu v určitom časovom období. Červená sviečka naznačuje, že cena v tomto časovom období uzavrela nižšie než bola otváracia cena. Zelená sviečka znamená, že cena uzavrela vyššie než otváracia cena, to znamená, že cena v tomto časovom úseku narástla. Na sviečkovom cenovom grafe, každá sviečka znázorňuje určité časové obdobie. Napríklad, na jednodňovom sviečkovom cenovom grafe každá sviečka reprezentuje jednu hodinu počas doby, kedy bol trh otvorený. Keď je trh zatvorený

sviečky sa na graf nekreslia. Hlavná výhoda sviečkového cenového grafu oproti grafu čiarovému spočíva v tom, že na čiarovom grafe nie je znázornená najvyššia a najnižšia trhovú cena a na stĺpcovom grafe zase nie sú dostatočne rozlíšené otváracie a konečné ceny trhu, takže ich ľudské oko nezbadá tak jednoducho.[4]



Obr. 4: Sviečka v sviečkovom grafe.



Obr. 5: Sviečkový graf USDCAD, kde jedna sviečka reprezentuje cenový pohyb za 1 deň. Zobrazuje otváraciu, zatváraciu, najvyššiu a najnižšiu cenu za 1 deň

### 3 Genetické algoritmy

Základné myšlienky genetických algoritmov vychádzajú z Darwinovej teórie evolúcie a prirodzeného výberu druhov [6]. Teória vo svojej podstate je jednoduchá. Hovorí o tom, že organizmy, ktoré sú schopné prispôbiť sa prostrediu, v ktorom žijú, majú väčšiu šancu na prežitie. Sú to väčšinou jedinci s určitou kombináciou vlastností, s ktorou majú nejakú výhodu. Napríklad rýchlejší zajac má väčšiu šancu utiecť predátorovi ako ten pomalší. Takíto jedinci majú v rámci danej populácie väčšiu šancu na prežitie ako tí slabší, pomalší. Vďaka genetickej dedičnosti a mutácii počas reprodukcie, vznikajú vhodnou kombináciou svojich vlastností(génov) nové generácie jedincov, ktorí sú lepšie prispôbení prostrediu a tým majú väčšiu šancu sa rozmnožiť a predať svoje gény svojim potomkom.

Genetický algoritmus je založený na analogickom princípe [7, 8]. Priekopníkom v oblasti genetických algoritmov sa stal John Holland. Ten aplikoval svoje výskumy založené na Darwinovej teórii do genetických algoritmov. Všeobecne slúžia genetické algoritmy na riešenie optimalizačných problémov. Hlavná myšlienka genetických algoritmov je v tom, že na jednotlivé prvky množiny prípustných riešení sa prihliada ako na živé organizmy v nejakom umelom životnom prostredí. Pritom to, ako si tieto organizmy v prostredí vedú, teda ich schopnosť prežiť a schopnosť reprodukcie, zodpovedá tomu, o aké dobré riešenia sa jedná. Vlastné hľadanie riešenia problému spočíva vo výbere nejakej počiatočnej populácie týchto organizmov a v následnej simulácii ich vývoja pod kontrolou evolučných mechanizmov, zahrňujúce prirodzený výber, reprodukciu, kríženie a mutácia vlastností. Ako sa táto populácia od generácie ku generácii vyvíja, "zlé" riešenia majú tendenciu vymierať, a naopak "dobré" riešenia sa medzi sebou častejšie krížia a produkujú riešenia ešte lepšie.[9].

Pojmy v genetickom algoritme:

- **Indivídium** - jedinec, vhodným spôsobom zakódované riešenie problému.
- **Populácia** - množina jedincov.
- **Generácia** - populácia v danej iterácii kríženia.
- **Kríženie** - vzájomná výmena vlastností(génov) počas reprodukcie pre náhodne vybraných dvoch jedincov z populácie.
- **Mutácia** - náhodná zmena vlastností(génu) potomka dvoch jedincov po reprodukciu.
- **Fitnes funkcia** - ohodnocovacia funkcia, ktorá indivídium priradí číslo podľa kvality(nejaké kritérium hľadaného problému) vlastností jedinca.
- **Šľachtenie** - proces, ktorý hľadá optimálne riešenie podľa zadaných kritérií pomocou genetických algoritmov.

## 3.1 Reprezentácia dát v Genetických algoritmoch

### 3.1.1 Gén

Je to základná jednotka genetickej výbavy jedinca. Predstavuje nejakú vlastnosť jedinca, napríklad jednu z optimalizovaných premenných. Konkrétny význam génu závisí na použitom kódovaní. Môže reprezentovať 1 bit, znak alebo celé číslo[5]

### 3.1.2 Chromozóm

Je tvorený vektorom génov. Je to časť genetickej výbavy, ktorá sa prenáša na potomkov.

1. **Binárne kódovanie** - chromozóm je reprezentovaný binárnym reťazcom. Každý bit môže predstavovať inú vlastnosť jedinca.
2. **Permutačné kódovanie** - závisí na pozícií génov v chromozóme. Pri permutačnom kódovaní sa v chromozóme nevyskytujú gény s rovnakou hodnotou.
3. **Kódovanie hodnotou** - chromozóm je reprezentovaný reťazcom hodnôt, pričom hodnoty môžu mať ľubovoľný tvar v spojitosti s riešeným problémom. Nevýhodou je občasná nutnosť vytvoriť nové genetické operátory špecifické pre daný problém.[5]
4. **Kódovanie pomocou stromu** - Každý chromozóm je reprezentovaný stromom objektov.

### 3.1.3 Genotyp

Kompletná genetická výbava jedinca. Súbor chromozómov jedinca sa označuje genom. Väčšinou sa v genetických algoritmoch používa na uchovanie genetickej výbavy jedinca iba 1 chromozóm potom sa chromozóm nazýva genotypom. Genotyp predstavuje zakódované riešenie.[5][10]

### 3.1.4 Fenotyp

Množina vonkajších vlastností jedinca. V prípade genetických algoritmov sa jedná o vlastné riešenie úlohy. Tvar fenotypu závisí výhradne na riešenej úlohe. V operáciách kríženia a mutácie sa fenotyp zväčša nevyskytuje. Fenotyp predstavuje dekódované riešenie. [5][10]

## 3.2 Princíp Genetických algoritmov

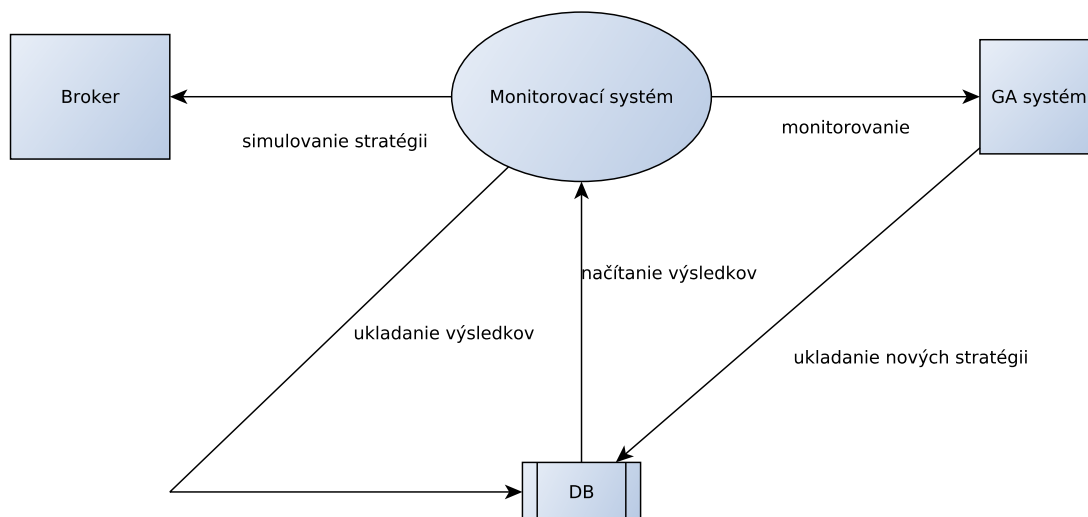
Genetické algoritmy sa väčšinou používajú na hľadanie optimálneho riešenia z veľkej množiny kandidátov. Všeobecná schéma procesu šľachtenia alebo hľadanie optimálneho riešenia genetických algoritmov vyzerá:

1. Vynulovanie počítadla generácie.  $c = 0$
2. Náhodne vygenerovanie generácie indivíduí s náhodnými vlastnosťami  $G(0)$
3. Ohodnotenie každého indivídua v počiatočnej generácii pomocou fitness funkcie
4. Výber dvojice indivíduí z populácie  $G(c)$  a vzájomné skríženie. Vytvorenie potomka do populácie  $G(c)'$
5. Vytvorenie novej populácie  $G(c + 1)$  z populácie potomkov  $G(c)'$  alebo zmutovaním niektorých indivíduí z populácie  $G(c)$
6. Hodnota počítadla generácie sa zväčší o jednotku ( $c := c + 1$ ).
7. Ohodnotenie každého indivídua v danej populácii pomocou fitness funkcie  $G(c)$ .
8. Ak je  $c$  je rovné maximálnemu počtu generácií alebo je splnené iné ukončovacie kritérium, vráti sa množina indivíduí z populácie ako výsledok  $G(c)$ ; inak sa pokračuje krokom číslo 4.



## 4 Ciele a Kontext systému

Táto práca vznikla ako podprojekt systému genetického algoritmu(GA) na generovanie investičných stratégií. Obrázok 6 vyjadruje hranice a interakcie systému so systémom na generovanie investičných stratégií.



Obr. 6: Kontext systému.

### 4.1 Monitorovací systém

Účelom monitorovacieho systému je monitorovať výsledky vytvárania stratégií pomocou genetického algoritmu a testovať ich prostredníctvom obchodníka s cennými papiermi na reálnom trhu. Vstupom sú genetickým algoritmom vytvorené stratégie. Výstupom systému je grafické znázornenie kvality(fitness faktoru), vytváraných stratégií a výsledkov obchodovania na reálnom trhu. Vývoj fitness faktoru v čase je najdôležitejším ukazateľom, ktorý popisuje úspešnosť genetického algoritmu. Užívateľ sa môže na základe zobrazovaných dát rozhodnúť, či proces s genetickým algoritmom nechá bežať bez zmien, alebo pristúpi k úprave niektorých parametrov ako napríklad veľkosť populácie alebo pravdepodobnosť mutácie. Druhým dôležitým výstupom je výsledok obchodovania stratégie na reálnom trhu. Grafické znázornenie a základné štatistiky ukazujú vývoj obchodného účtu v reálnom obchodovaní a umožňujú tak užívateľovi overiť, či obchodné výsledky stratégie v praxi odpovedajú výške fitness faktoru, ktorý bol vypočítaný vo fáze vytvárania stratégie genetickým algoritmom. Systém týmto plní funkciu monitorovania a testovania stratégií tým, že užívateľovi umožňuje vytvárané stratégie okamžite testovať na reálnom trhu, čím poskytuje dôležité údaje pro prípadnú úpravu parametrov genetického algoritmu a zároveň umožňuje užívateľovi rozhodnúť o prípadnom nasadení testovanej stratégie do skutočného obchodovania.

## 4.2 Systém genetických algoritmov

Systém genetických algoritmov k vytváraniu investičných stratégií na obchodovanie s cudzími menami je založený na genetických algoritmoch. Vstupnými údajmi sú historické menové kurzy. Výstupom sú obchodné stratégie, ktoré priebežne spracovávajú kurzové informácie a rozhodujú o tom, či a v akom množstve sa daná mena nakúpi alebo predá. Stratégia pozostáva z troch základných komponent, ktoré vyhodnocujú aktuálne kurzové informácie. Prvá z nich rozhoduje o nákupe a predaji. Druhá filtruje výstup z prvej. Tretia rozhoduje o veľkosti uskutočneného obchodu. Jádrom komponent sú matematické funkcie, ktoré sú vytvárané šľachtením. Systém najprv vytvorí populáciu stratégií zloženú z náhodne vytvorených jedincov. Ďalej simuluje obchodovanie pomocou historických dát a vypočíta fitness faktor pre každú stratégiu na základe dosiahnutého zisku alebo straty z obchodovania. Následne dojde k náhodnému kríženiu stratégií medzi sebou, pričom pravdepodobnosť výberu stratégie pre kríženie je úmerná veľkosti fitness faktoru. Potom je nová generácia, vytvorená krížením jedincov generáciou predchádzajúcou a náhodne zmenená mutáciami niektorých stratégií. Potom sa cyklus od fáze simulácie opakuje až do dosiahnutia nastaveného počtu generácií. Stratégie s najvyššími fitness faktormi z poslednej generácie sú výstupom systému. Systém je vytvorený v programovacom jazyku Java. Veľká väčšina výpočtov prebieha vo viacerých vláknach, ktorých počet je možné nastaviť tak isto ako veľkosť populácie, maximálny počet generácií, pravdepodobnosť mutácie a ďalšie parametre genetického algoritmu. Implementácia tohto systému nie je predmetom tejto práce.

## 4.3 Komunikácia systémov a zdieľanie dát

Monitorovací systém spolupracuje so systémom obchodníka pomocou javovského api, kde je možné simulovať obchodovanie na reálnom trhu pomocou vygenerovanej stratégie. Systém monitorovania a systém genetických algoritmov používajú zdieľanú databázu. Systém genetických algoritmov do databáze ukladá vygenerované stratégie, ktoré systém monitorovania číta. Okrem zdieľanej databáze komunikujú oba systémy pomocou JMS. Systém GA periodicky posiela informácie o stave šľachtenia a vygenerovaných stratégiách, ktoré sú uložené v databáze.

## 4.4 Ciele a vízia systému

Vízia monitorovacieho systému je poskytnúť užívateľom zjednodušenie práce so systémom genetických algoritmov pri hľadaní profitovej investičnej stratégie. Monitorovací systém bude slúžiť ako rozhranie na monitorovanie a administráciu systému genetických algoritmov. Prostredníctvom simulácie stratégie u obchodníka na reálnom trhu a porovnávaním výsledkov simulácii bude slúžiť aj ako určitá forma validácie vygenerovaných stratégií. Obidva systémy vznikli z cieľom nájsť profitovú stratégiu, ktorá by mohla byť obchodovaná z reálnymi peniazmi. Hlavné ciele, ktoré boli identifikované, sú:

- **Monitorovanie šľachtenia** - monitorovanie procesu šľachtenia investičných stratégií. Prehľad o vývoji kvality práve šľachtenej generácie stratégií.
- **Simulácia stratégie u obchodníka** - obchodovanie investičných stratégií na reálnom trhu
- **Správa histórie simulácii stratégií** - ukladanie simulácii stratégií a ich výsledkov pre užívateľa. poskytnúť prehľad o už uskutočnených simuláciách a ich výsledkov.
- **Porovnanie výsledkov simulácii** - poskytnúť grafické zobrazenie porovnavania simulácii stratégií a umožniť užívateľovi sa rozhodovať či danú stratégiu obchodovať, alebo upraviť parametre genetického algoritmu
- **Správa užívateľov** - správa užívateľských účtov

## 4.5 Podobné nástroje

Na trhu existuje niekoľko komerčných nástrojov na optimalizáciu investičných stratégií pomocou genetických algoritmov. Pre účely hlavného projektu GA sú však príliš drahé alebo nesplňujú ciele systému. Na dosiahnutie cieľov systému by mala byť investícia do práce na systéme lacnejšia, ako kupovať existujúce nástroje. Všetky skúmané nástroje sú komplexné systémy, ktorých hlavnou funkciou nie je monitorovanie a ani simulácia investičných stratégií.

## 4.6 Nástroj Forex Strategy Builder

Platená verzia generátora investičných stratégií napísaná v .Net. Možnosť nastavovania rôznych parametrov simulácie. Prehľadne zobrazenie výsledkov simulovania na equity grafe. Možnosť písania vlastných indikátorov. Možnosť obchodovania vygenerovaných stratégií na platformách MT4. Monte Carlo analýza. [11].

## 4.7 MultiCharts

Profesionálny analytický program. Jednou z možností je optimalizácia parametrov investičných stratégií pomocou Genetických algoritmov. Automatické obchodovanie investičných stratégií. Walk-Forward analýza. Možnosť napojiť na množstvo rôznych obchodníkov(brokerov).[\[12\]](#)

## 5 Špecifikácia požiadaviek

Táto kapitola popisuje problém porovnávania simulovaných stratégií, funkčné a nefunkčné požiadavky. Špecifikácia požiadaviek stanovuje požiadavky na funkcionálnosť systému z pohľadu užívateľa [13].

### 5.1 Problém porovnávania výsledkov simulácie stratégie

Pri návrhu a špecifikácii monitorovacieho systému vznikla otázka ako jednotne a spravodlivo ohodnotiť výsledky simulácii jednotlivých stratégií tak, aby výsledky bolo možné medzi sebou spravodlivo porovnávať. Odpoveďou na túto otázku je expectancy faktor a oportunitný faktor, ktoré Van K. Tharp popisuje vo svojej knihe[14] v kapitole 6.

### 5.2 Expectancy faktor

Expectancy faktor vyjadruje v podstate koľko dolárov v priemere môže obchodník investičnej stratégie očakávať na jeden obchod ako zisk, ak investuje jeden dolár.

$$Expectancy = (PW * AW) - (PL * AL)$$

- **PW** - pravdepodobnosť profitového obchodu.
- **AW** - priemerný zisk z profitových obchodov.
- **PL** - pravdepodobnosť stratového obchodu.
- **AL** - priemerná strata zo stratových obchodov.

**Príklad:** výpočet expectancy faktoru bude názorne ukázaný na nasledujúcej hre. Vo vrecúšku je 100 rôzne farebných guľčiek. Hráč vyberá vždy iba po jednej guľčike, ktorú vždy vráti naspäť do vrecúška. Pred každým výberom guľčiky hráč vždy vsadí stávkou rovnakej veľkosti. Podľa toho akú guľčku hráč vyberie, môže naspäť vyhrať násobok svojej stávky alebo naopak bude musieť zaplatiť násobok svojej stávky do. Jednotlivé výhry alebo prehry stanovuje nasledujúca tabuľka 1

Počet a farba guľčiek	Výhra/Prehra	Výnos
8 červených guľčiek	výhra	1:1
16 zelených guľčiek	výhra	10:1
9 modrých guľčiek	výhra	15:1
35 čiernych guľčiek	prehra	1:1
20 hnedých guľčiek	prehra	1:2
12 bielych guľčiek	prehra	1:3

Tabuľka 1: Tabuľka výnosu guľčiek

- červené guličky  $Ex_{red} = 8/100 * 1 = 0.08$
- zelené guličky  $Ex_{green} = 16/100 * 10 = 1.6$
- modré guličky  $Ex_{blue} = 9/100 * 15 = 1.35$
- čierne guličky  $Ex_{black} = 35/100 * 1 = 0.35$
- hnedé guličky  $Ex_{brown} = 20/100 * 2 = 0.4$
- biele guličky  $Ex_{white} = 12/100 * 3 = 0.36$

$$\begin{aligned}
 Expectancy &= (Ex_{red} + Ex_{green} + Ex_{blue}) - (Ex_{black} + Ex_{brown} + Ex_{white}) = \\
 &= (0.08 + 1.6 + 1.35) - (0.35 + 0.4 + 0.36) = 1.92
 \end{aligned}$$

Podľa stanovených pravidiel a výsledku expectancy faktora môžem za každý výber guličky a každú stávkú očakávať výnos 1.92 násobku stávky. Aplikácia tohto príkladu na porovnávanie stratégií je jednoduchá. Každá vygenerovaná stratégia má vygenerovaný pevný parameter stop-loss. Tento parameter určuje maximálne koľko percent môže stratégia stratiť na jeden obchod. Výška percentuálneho kapitálu určená stop-lossom sa vypočíta vždy pri otvorení obchodu. Teda percentuálna výška kapitálu daná stop-lossom je vlastne pevná výška stávky z opísanej hry s guľčkami. Po každom uzatvorenom obchode systém vypočíta výnos alebo stratu v percentách na základe riskovaného stop-lossu. Na konci každej simulácie systém sčíta výnosy a straty jednotlivých obchodov a dostane celkovú expectancy pre danú stratégiu a simuláciu.

### 5.3 Oportunity faktor

Oportunity faktor je číslo, ktoré vyjadruje priemerný počet obchodov za nejakú časovú jednotku. V monitorovacom systéme sa bude počítať priemerný počet obchodov za jeden deň. Ak by bol expectancy faktor  $ex = 1.5$ , teda na jeden riskovaný dolár sa očakáva priemerný zisk 1.5 dolára a pre každý obchod by stratégia riskovala práve jeden dolár, tak systém, ktorý urobí v priemere 1 obchod za deň bude menej profitový ako systém, ktorý urobí v priemere 5 obchodov za deň. Vzorec, ktorý sa používa v systéme vyzerá:

$$Oportunity = Početobchodov / ((koniec simulácie - začiatok simulácie) / 24)$$

Za predpokladu, že “koniec simulácie” a “začiatok simulácie” sú vyjadrené v dňoch.

## 5.4 Porovnávanie výsledkov

Vynásobením expectancy faktora a oportunity faktora vznikne číslo-skóre, ktoré čím je väčšie, tým je stratégia lepšia a tým má stratégia potenciál väčšieho zisku. Toto skóre v prvej verzii systému bude užívateľovi slúžiť na odhaľovanie chýb. Teoreticky by skóre simulácie nemalo byť moc rozdielne od skóre, ktoré vygeneruje systém genetických algoritmov. V ďalších verziách systému bude toto skóre slúžiť na rozhodovanie, ktorú stratégiu vybrať pre živé obchodovanie s reálnymi peniazmi.

## 5.5 Funkčné požiadavky

Funkčné požiadavky špecifikujú čo má systém robiť a tiež ako to má robiť. Popisujú chovanie systému.[13]

- **Modifikácia parametrov GA.** Uľahčí prístup do systému genetických algoritmov. Užívateľ prostredníctvom rozhrania bude môcť modifikovať parametre systému genetických algoritmov. Bude možné reštartovať celý proces alebo modifikovať parametre v bežiacom systéme.
- **Monitorovanie generovania investičných stratégií.** Užívateľ by mal mať možnosť rýchlej kontroly bežiacej simulácie. Bude vidieť progres šľachtenia. Na základe týchto informácií by sa mal užívateľ vedieť rozhodnúť, či treba modifikovať parametre systému genetických algoritmov.
- **Monitorovanie kvality investičných stratégií v priebehu šľachtenia.** Užívateľ bude informovaný o 3 najlepších stratégiách. Na základe tejto informácie by užívateľ mal vyberať stratégie na simulovanie.
- **Simulácia vygenerovanej stratégie u obchodníka na reálnom trhu.** Užívateľ bude mať možnosť vybrať si z vygenerovaných stratégií z databázy a odsimulovať ziskovosť vybranej stratégie u obchodníka na reálnom trhu.
- **Porovnávanie výsledkov simulácie vygenerovaných stratégií.** Užívateľ bude mať možnosť zobrazíť výsledky rôznych simulácií pre danú stratégiu.
- **Administrácia užívateľov.** Užívateľ prihlásený ako administrátor bude mať možnosť vytvárať, odstraňovať užívateľské účty. Bude mať právo priradovať užívateľské role, editovať detaily užívateľských účtov. Bude mať právo meniť heslá iných užívateľov.

## 5.6 Mimofunkčné požiadavky

Nefunkčné požiadavky popisujú pre koho bude systém slúžiť a za akých podmienok bude pracovať.[13]

### 5.6.1 Užívatelia systému

V prvej verzii so systémom budú pracovať iba dvaja ľudia. Systém bude postavený tak, aby sa mohli vytvárať noví užívatelia pomocou grafického rozhrania. V systéme boli identifikované iba dve užívateľské role.

- **Užívateľ** - bežný užívateľ, ktorý bude môcť monitorovať šlachtenie a simulovať vygenerované stratégie.
- **Administrátor** - užívateľ s právom vytvárať nových užívateľov a nových užívateľských rolí.

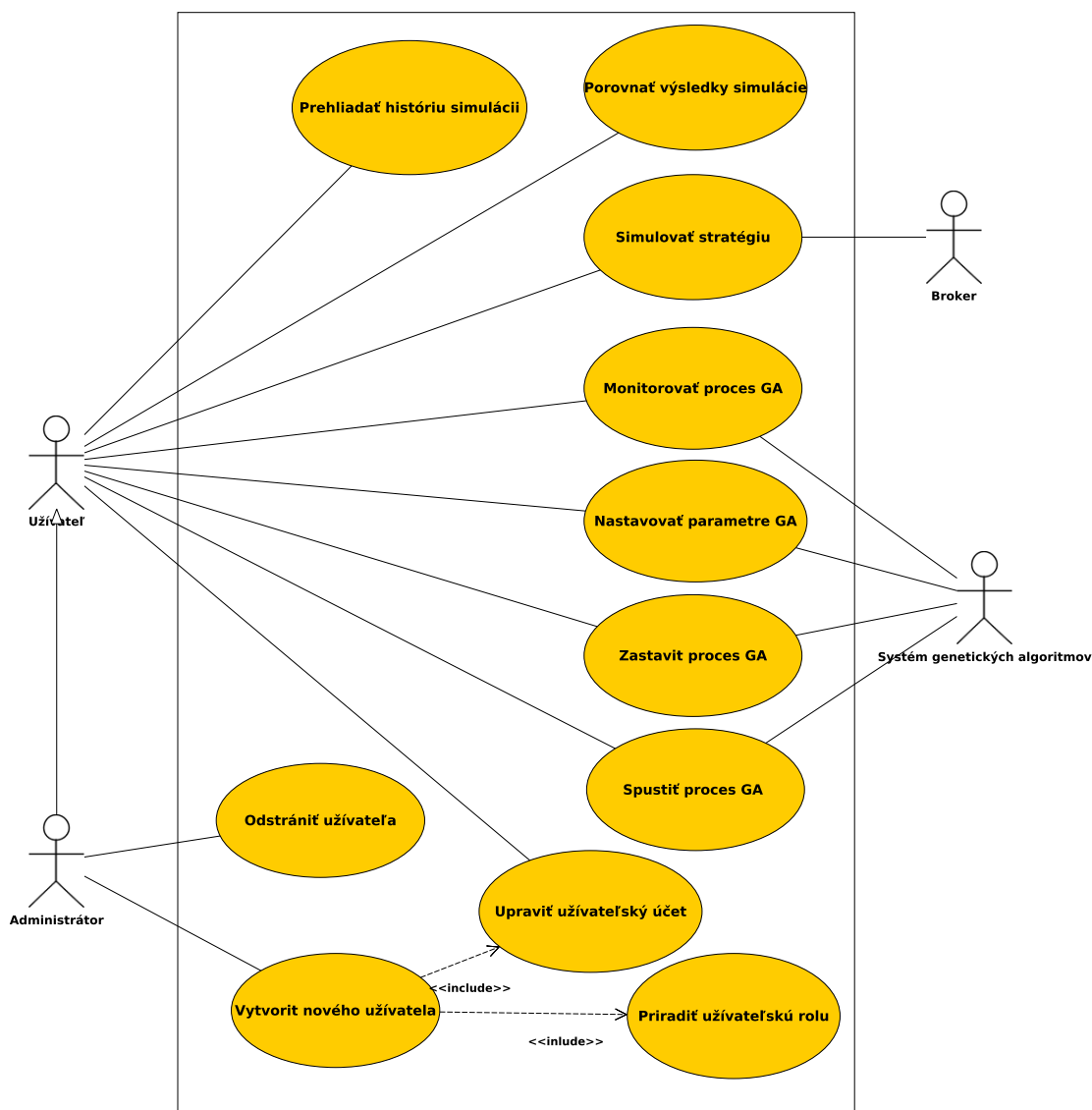
### 5.6.2 Obmedzenie systému a Systémové požiadavky

- Systém bude implementovaný ako webová aplikácia.
- Je nutné aby webový server mal pripojenie na systém obchodníka pomocou internetu, kde sa budú simulovať stratégie.
- Aplikácia bude implementovaná v java 1.7 a vo frameworku GRAILS 2.5.0.
- Aplikácia bude nasadená na APACHE TOMCAT 7.



## 6 Prípady použitia

Táto kapitola popisuje špecifikáciu prípadov použitia systému. Hlavné prípady použitia, ktoré boli identifikované sú zobrazené na obrázku 7.



Obr. 7: Prípady použitia systému.

## 6.1 Nastavovanie procesu šľachtenia genetických algoritmov

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ ako administrátor

**Popis:** Nastavenie procesu šľachtenia genetických algoritmov.

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený do systému ako administrátor, proces šľachtenia musí byť zastavený.

**Výstupné podmienky:** Uloženie nastavených parametrov procesu do databázy. Zobrazenie správy od systému genetických algoritmov, či parametre prijal alebo zamietol.

**Bežná cesta**

1. Užívateľ klikne na "Genetic Manager" z hlavného menu.
2. Užívateľ nastaví požadované parametre šľachtenia.
3. Užívateľ potvrdí nastavovanie parametrov tlačítkom.
4. Parametre sa pošlú systému genetických algoritmov.
5. Prijatie správy od systému genetických algoritmov a zobrazenie správy užívateľovi, či systém genetických algoritmov parametre prijal alebo zamietol

## 6.2 Zastavenie procesu šľachtenia genetických algoritmov

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ ako administrátor

**Popis:** Zastavenie procesu šľachtenia genetických algoritmov.

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený do systému ako administrátor, proces šľachtenia musí bežať.

**Výstupné podmienky:** Systém genetických algoritmov prijme príkaz na zastavenie a ukončí šľachtenie. Systém genetických algoritmov pošle monitorovaciemu systému správu o stave

**Bežná cesta**

1. Užívateľ klikne na "Genetic Manager" z hlavného menu.
2. Užívateľ odošle príkaz "stop" tlačítkom.
3. Zobrazí sa správa od systému genetického algoritmu o stave šľachtenia.

### 6.3 Spustenie procesu šľachtenia genetických algoritmov

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ ako administrátor

**Popis:** Spustenie procesu šľachtenia genetických algoritmov.

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený do systému ako administrátor, proces šľachtenia musí byť zastavený.

**Výstupné podmienky:** Systém genetických algoritmov prijme príkaz na spustenie a spustí šľachtenie s aktuálnymi parametrami. Systém genetických algoritmov pošle monitorovaciemu systému správu o stave

**Bežná cesta**

1. Užívateľ klikne na "Genetic Manager" z hlavného menu.
2. Užívateľ odošle príkaz "start" tlačítkom.
3. Zobrazí sa správa od systému genetického algoritmu o stave šľachtenia.

### 6.4 Monitorovanie procesu šľachtenia genetických algoritmov

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ

**Popis:** Monitorovanie priebehu šľachtenia stratégií pomocou grafu alebo tabuľky. Zobrazenie vygenerovaných stratégií.

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený do systému, systém monitorovania musí byť spojený so systémom genetických algoritmov.

**Výstupné podmienky:** Zobrazenie priebehu šľachtenia na grafe alebo v tabuľke, zobrazenie čísla práve šľachtenej generácie. Zobrazenie najlepších stratégií.

**Bežná cesta:**

1. Užívateľ klikne na "Monitor" z hlavného menu.
2. Zobrazenie priebehu šľachtenia na grafe. Zobrazenie vygenerovaných stratégií.
3. Monitorovací systém je periodicky notifikovaný o poslednom stave šľachtenia (číslo práve generovanej stratégie, štatistika simulácie genetického algoritmu vyšľachtenej stratégie).

## 6.5 Simulovanie stratégie

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ

**Popis:** Simulovanie vygenerovanej stratégie podľa zadaných kritérií.

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený do systému, vygenerovaná stratégia systémom genetických algoritmov musí byť uložená v databáze.

**Výstupné podmienky:** Uloženie výsledku simulácie do databáze. Zobrazenie priebehu simulácie prostredníctvom grafu.

**Bežná cesta**

1. Užívateľ klikne na "My strategies" z hlavného menu.
2. Užívateľ vyberie stratégie z užívateľskej tabuľky stratégií a klikne na tlačítko "Simulate"
3. Užívateľ vyberie interval simulácie a menový pár.
4. Užívateľovi sa zobrazí priebeh simulovania, cenový graf a tabuľka obchodov so štatistikami.

## 6.6 Zobrazenie histórie simulácií

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ

**Popis:** Zobrazenie histórie simulácií ich výsledkov simulovaných monitorovacím systémom

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený do systému, existujúca simulácia stratégie simulovaná monitorovacím systémom.

**Výstupné podmienky:** Zobrazenie výsledku(štatistiky) simulácie v tabuľke.

**Bežná cesta**

1. Užívateľ vyberie z užívateľskej tabuľky stratégií stratégiu s existujúcou simuláciou monitorovacieho systému a klikne na ikonu "History results".
2. Užívateľovi sa zobrazí história simulovania, výsledky simulácie, zrealizované obchody a ich štatistika.

## 6.7 Porovnanie výsledkov simulácie

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ

**Popis:** Zobrazenie priemerných výsledkov (skóre) simulácie pre zvolenú stratégiu na grafe.

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený.

**Výstupné podmienky:** Zobrazenie grafu výsledkov (skóre) simulácie na grafe a v tabuľke

**Bežná cesta**

1. Užívateľ klikne na "My strategies" z hlavného menu.
2. Užívateľ vyberie stratégiu z užívateľskej tabuľky stratégií a klikne na tlačítko "Compare"
3. Zobrazí sa graf priemerných výsledkov (skóre) simulácie.

## 6.8 Vytvorenie nového užívateľa

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ ako administrátor.

**Popis:** Vytvorenie nového užívateľského účtu a priradenie užívateľskej role.

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený ako administrátor.

**Výstupné podmienky:** Vytvorenie nového užívateľského účtu.

**Bežná cesta**

1. Užívateľ klikne na "zoznam užívateľov" z hlavného menu.
2. Užívateľ na zozname užívateľov klikne na tlačítko "vytvor nového užívateľa".
3. Pokračuje sa prípadom použitia s názvom "Upravenie užívateľského účtu".
4. Pokračuje sa prípadom použitia s názvom "Priradenie užívateľskej role".

## 6.9 Odstránenie užívateľa

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ ako administrátor.

**Popis:** Odstránenie užívateľského účtu.

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený ako administrátor.

**Výstupné podmienky:** Odstránenie užívateľského účtu z databáze

**Bežná cesta**

1. Užívateľ klikne na "zoznam užívateľov" z hlavného menu.
2. Užívateľ na zozname užívateľov odstráni požadovaný užívateľský účet.

## 6.10 Upravenie užívateľského účtu

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ

**Popis:** Upravenie užívateľského účtu. Zmena mena, emailu, poprípade zmena role ak je užívateľ administrátor

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený do systému

**Výstupné podmienky:** Uložené zmeny užívateľského účtu v databáze.

**Bežná cesta:** Ak je užívateľ prihlásený ako bežný užívateľ

1. Užívateľ klikne na svoje meno v hlavnom menu.
2. Užívateľ zmení detaily užívateľského účtu.

**Alternatívna cesta:** užívateľ musí byť prihlásený ako administrátor

1. Administrátor klikne na "zoznam užívateľov" z hlavného menu.
2. Administrátor vyberie užívateľa a klikne na tlačítko "editovať".
3. Administrátor zmení detaily užívateľského účtu.

## 6.11 Priradenie užívateľskej role

**Aktéri:** Prihlásený užívateľ ako administrátor.

**Popis:** Priradenie užívateľskej role vybranému užívateľovi.

**Vstupné podmienky:** Užívateľ musí byť prihlásený ako administrátor.

**Výstupné podmienky:** Uložené zmeny vybraného užívateľského účtu v databáze.

**Bežná cesta**

1. Administrátor priradí alebo odoberie užívateľskú rolu vybranému užívateľovi.

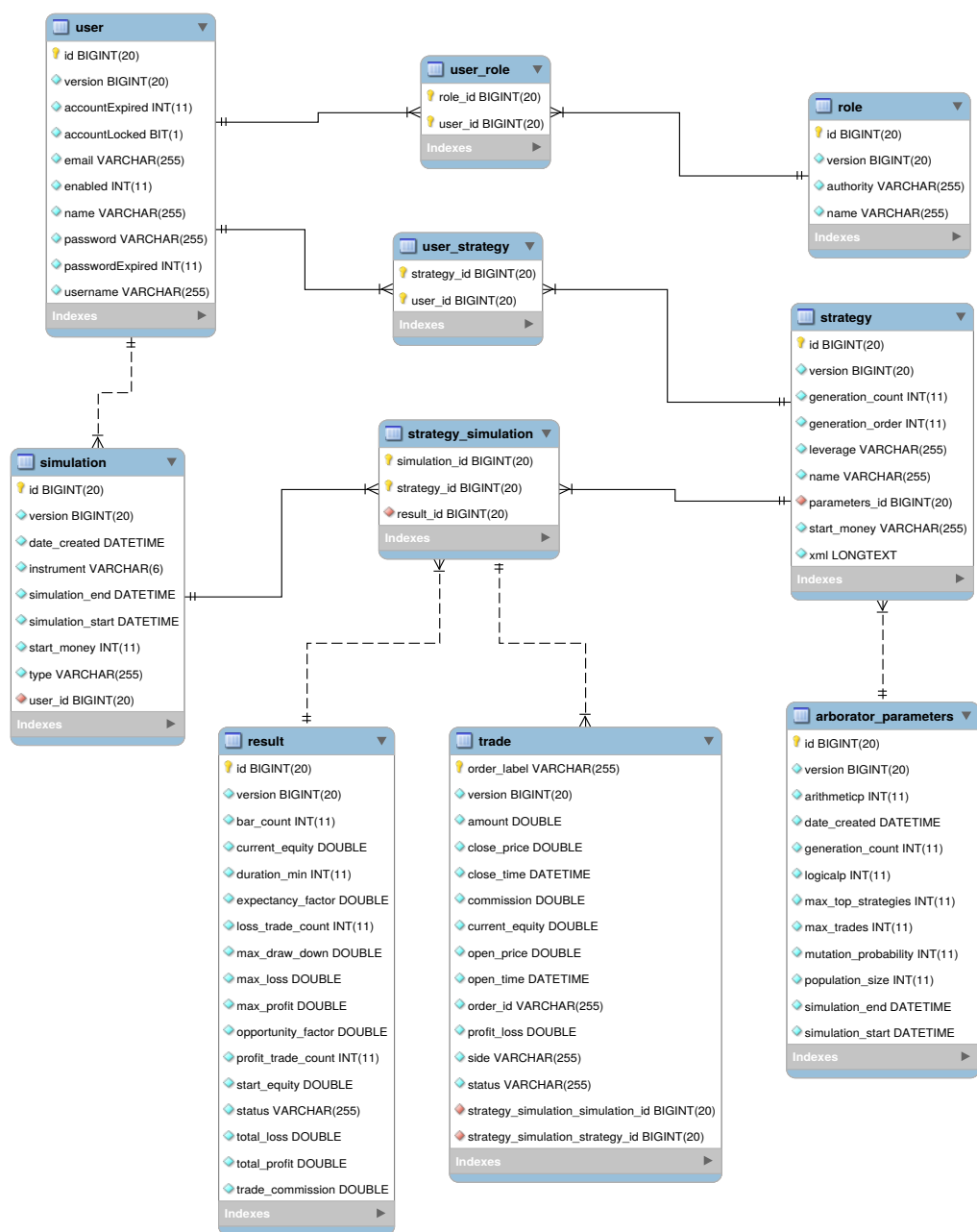
## 7 Návrh

Táto kapitola popisuje databázový návrh prvej verzie systému monitorovania. Systém používa MySQL databázu.

### 7.1 Databázový návrh

- **User** - Užívateľ. Tabuľka kde budú detaily o užívateľovi.
- **UserRole** - Väzobná tabuľka medzi Užívateľom a Rolou.
- **Role** - Užívateľská rola. Na užívateľskej roli závisia práva užívateľa. Obmedzuje alebo dovoľuje užívateľovi niektoré operácie.
- **UserStrategy** - Väzobná tabuľka medzi Užívateľom a Stratégiou.
- **Strategy** - Stratégia. Tabuľka do, ktorej bude zapisovať systém genetických algoritmov. Systém monitorovania bude z tejto tabuľky iba čítať. Obsahuje informácie o stratégii ako meno, páka, xml reprezentácia stratégie.
- **StrategySimulation** - Väzobná tabuľka medzi Stratégiou a Simuláciou.
- **Simulation** - Simulácia. Tabuľka, ktorá bude uchovávať informácie o každej simulácii. Simulácii sú dvojakého typu. 1. Simulácia monitorovania alebo 2. simulácia genetického algoritmu. Bude obsahovať informácie ako čas začatia alebo čas konca simulácie na historických dátach.
- **Result** - Výsledok simulácie. Tabuľka, ktorá obsahuje výsledky jednotlivých simulácií. Bude obsahovať informácie ako winning ratio, oportunitý faktor, expectancy faktor, najväčší ziskový obchod, najväčší stratový obchod a pod.
- **Trade** - Obchod. Tabuľka obsahujúca informácie o jednotlivých uskutočnených obchodoch.
- **ArboratorParameters** - Tabuľka obsahujúca uložené informácie o jednotlivých parametroch šľachtenia.

Jednotlivé vzťahy medzi tabuľkami sú zobrazené na obrázku 8



Obr. 8: Databázový návrh systému.



## 7.2 Vzťahy medzi tabuľkami

Vychádzajú s nasledovných myšlienok

- Užívateľ môže mať 1 alebo viac Rolí.
- Užívateľská rola môže patriť 1 alebo viacerým Užívateľom.
- Užívateľ môže mať priradenú 1 alebo viac Stratégií.
- Stratégia môže byť priradená 1 alebo viacerým Užívateľom.
- Stratégia môže mať 1 alebo viac Simulácií
- Simulácia môže patriť 1 alebo viacerým Stratégiám
- Každá Simulácia patrí nejakému Užívateľovi
- Každá Simulácia patrí nejakému Užívateľovi
- Každá Simulácia má jeden výsledok
- Každá Simulácia má 0 alebo viacej obchodov
- Každá množina parametrov determinuje generovanie 1 alebo viacerých stratégií.

## 8 Implementácia

Na implementáciu bolo použitých viacero technológií. Systém je implementovaný v JAVE a vo frameworku GRAILS. Táto kapitola obsahuje krátky popis jednotlivých technológií použitých v systéme.

### 8.1 GRAILS

Webové rozhranie systému je implementované vo frameworku <sup>1</sup> GRAILS verzii 2.5.0. Tento framework používa jazyk GROOVY, ktorý dokáže interpretovať Java Virtual Machine. Groovy vychádza z jazyka JAVA, ktorému dodáva mnoho syntaktického cukru. Tiež poskytuje funkcionálne paradigma. Java kód a Groovy kód sú navzájom kompatibilné. Je možné volať s jazyka Java metódy jazyka Groovy a naopak. Framework GRAILS sa tiež považuje za nadstavbu frameworku SPRING. Tento framework bol zvolený, kvôli relatívnej jednoduchosti tvorby webových aplikácií a tiež kvôli vysokej kompatibilite s jazykom JAVA

### 8.2 JAVA

Logika simulovania a implementácia knižnice DUKASCOPI API je napísaná v jave 1.7. Toto api poskytuje obchodník, v ktorom umožňuje implementovať investičnú stratégiu, ktorú je možné obchodovať na FOREXE. Okrem iného umožňuje implementovať technické indikátory, ktoré je možné použiť pri technickej analýze. Vzhľadom na to, že väčšina knižníc DUKASCOPI API neposkytuje zdrojové kódy. Implementácia adaptéru, ktorý je rozhraním medzi Stratégiou genetických algoritmov a stratégiou DUKASCOPI api nebola jednoduchá. Samotný kód adaptéru má zhruba 750 riadkov. Adaptér je implementovaný v triede `edo.simulation.dukascopy.core.StrategySimulator`. Vzhľadom nato, že nie je prípustné zverejňovať kód systému genetických algoritmov, bol vytvorený modul “base”, na ktorom má kód monitorovacieho systému závislosť. Tento modul poskytuje rozhranie genetického algoritmu a pomocné triedy. Preto kvôli demonštrácii monitorovacieho systému vznikla falošná implementácia systému genetického algoritmu. Členenie systému bolo rozdelené podľa logických celkov do nasledujúcich balíčkov:

- **arborator.fake** - Obsahuje triedy, ktoré simulujú genetický algoritmus. Napríklad triedy, ktoré náhodne generujú stratégie za použitia modulu “base”
- **arborator.fake.dao** - Obsahuje triedy, ktoré zapisujú do databáze za použitia technológie HIBERNATE
- **arborator.fake.dao.message** - Obsahuje triedy, ktoré sa podieľajú na komunikácii s monitorovacím systémom za použitia technológie JMS

---

<sup>1</sup>Grails <https://grails.org/>

- **edo.simulation.api** - Obsahuje triedy, ktoré slúžia ako pomocné triedy pri posielaní požiadavkov a odpovedí z klienta(browseru).
- **edo.simulation.dukascopy** - Obsahuje triedy, ktoré sú implementáciou DUKASCOPI api a sú nevyhnuté pri simulácii stratégie na reálnom trhu u obchodníka.
- **edo.simulation.websocket** - Obsahuje listenery, ktoré počúvajú na eventy spôsobené WEBSOCKET technológiu a notifikujú adaptér stratégie.

Systém je napísaný ako viacvláknova aplikácia. Každý požiadavok užívateľa je spracovaný vo svojom vlákne. Takisto je vždy vytvorené vlákno pri požiadavku na simuláciu stratégie pre užívateľa a predchádzajúce vlákna simulácie sú stopnuté. To znamená, že užívateľovi v momente beží iba jedno vlákno simulácie a to je to, ktoré sa vytvorilo na požiadavok, ktorý prišiel ako posledný

### 8.3 Dukascopy api

DUKASCOPY je švajčiarsky forexový broker(obchodník), ktorý poskytuje investičné služby. Tiež poskytuje bezplatne Dukascopi API<sup>2</sup>, čo je knižnica napísaná v jave, ktorá poskytuje javovské rozhranie pre ich obchodnú platformu. Klient má možnosť si napísať vlastný program a obchodovať na svojom falošnom alebo živom účte otvorenom u tohto brokera. Túto knižnicu má možnosť klient využívať bezplatne. Prostredníctvom tejto knižnice, systém komunikuje s platformou brokera, kde monitorovací systém simuluje stratégie na reálnom trhu.

### 8.4 JMS

Java Message Service (JMS) je API od firmy Sun Microsystems, ktoré podporuje formálnu komunikáciu medzi procesmi v sieti. JMS od Sun Microsystems poskytuje rozhranie pre štandardné protokoly na zasielanie správ. JMS sa používa na vytváranie biznis aplikácií, ktoré vytvárajú, posielajú, prijímajú a dokážu čítať správy biznis aplikácií. JMS API definuje poskytovateľsky-neutrálnu, ale Java špecifickú množinu rozhraní, ktorá identifikuje ako JMS klient pristupuje ku komponentom biznis aplikácií. JMS štandard je súčasťou Java 2 platformy, Enterprise Edition (J2EE). Slovné spojenie "posielanie správ" sa v JMS terminológii používa na popísanie asynchrónnych správ, ktoré pozostávajú z požiadavkov, oznámení, alebo udalostí, ktoré spracovávajú biznis aplikácie a nie ľudia. Tieto správy obsahujú informácie, ktoré sú potrebné na koordináciu systémov.[15]

### 8.5 Websocket technológia

Je technológia, ktorá umožní naviazať prehliadaču obojstranné spojenie serverom a v tomto spojení umožňuje vymieňať informácie v reálnom čase. Táto technológia je veľmi efektívna ak si aplikácia potrebuje vymieňať veľké množstvo dát so

<sup>2</sup>DUKASCOPI API <https://www.dukascopy.com/wiki/>

serverom. Väčšinou sa používa na on-line chaty alebo programy z oblasti finančného. V monitorovacom systéme je technológia využitá pri streamovaní cenových dát pri simulácii. Technológia je implementovaná pomocou grails pluginu "spring-websocket:1.1.0". Na strane klienta technológia využíva javascriptovskú knižnicu **Socks.js** a protocol **Stomp**

## 8.6 Bootstrap

Twitter Bootstrap<sup>3</sup> je veľmi jednoduchý a voľne dostupný súbor nástrojov pre vytváranie moderného webu a webových aplikácií. Ponúka podporu najrôznejších webových technológií HTML, CSS, JavaScript a mnoho prvkov, ktoré je možné jednoducho implementovať do svojej stránky. Interaktívne prvky ako sú tlačítka, boxy, menu a ďalšie kompletne nastavené a graficky spracované elementy je možné vložiť iba pomocou HTML a CSS.[16]

## 8.7 AnyChart

Javascriptovská knižnica<sup>4</sup> na vytváranie grafov. Knižnica podporuje rôzne typy grafov. Táto knižnica bola vybraná pre jej cenové grafy a široké spektrum možností modifikácii cenových grafov. Programátor má možnosť vytvoriť si praktický graf podľa svojich potrieb. Definícia grafov je prehľadne definovaná v xml súboroch. V systéme sa do grafov zapisuje dynamicky a to za využitia technológie websocketov. Táto knižnica bola nahradená knižnicou Highcharts, ktorá je postavená na javascriptovej knižnici D3.js

## 8.8 D3.js

D3.js<sup>5</sup> je javascriptová knižnica určená na manipuláciu dokumentov založených na dátach. Knižnica umožňuje zobrazit dáta pomocou HTML, SVG, and CSS. Knižnica kladie dôraz na webové štandardy a dáva možnosť plne využiť možnosti moderných prehliadačov. Kombinuje prístup vizualizácie dát a manipuláciu s DOMom.[18]

---

<sup>3</sup>bootstrap <http://getbootstrap.com/>

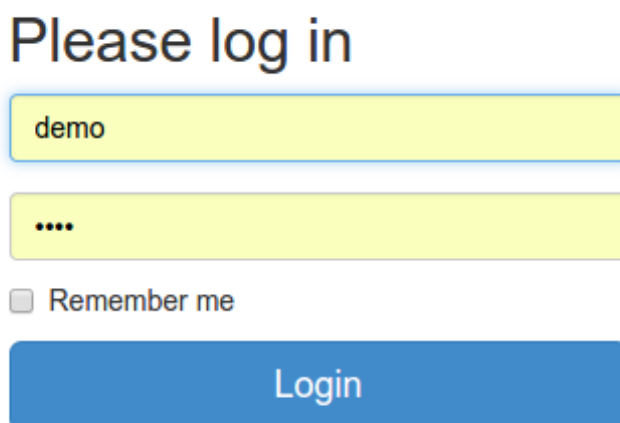
<sup>4</sup>Anychart <http://www.anychart.com/>

<sup>5</sup>bootstrap <http://d3js.org/>

## 9 Uživatelská příručka

### 9.1 Prihlasovací formulár

Aplikácia je zabezpečená. Ak užívateľ nie je prihlásený a klikne na ľubovoľnú položku z menu, bude nútený sa prihlásiť do aplikácie cez prihlasovací formulár na obrázku 9. Pre demonstračné účely je vytvorený užívateľský účet s prihlasovacím menom **demo** a s heslom **demo**.



Please log in

demo

....

Remember me

Login

Obr. 9: Prihlasovací formulár.

### 9.2 Hlavné menu aplikácie

Hlavné menu aplikácie je zobrazené vždy na vrchu každej stránky alebo formulára aplikácie. Hlavné menu obsahuje odkazy na všetky dostupné služby aplikácie.

- **Genetic Manager** - Odkaz na nastavovanie parametrov genetického algoritmu
- **Monitor** - Odkaz na monitorovanie genetického algoritmu
- **My strategies** - Odkaz na list vygenerovaných stratégií, z ktorého je možné priradovať stratégie do užívateľského listu stratégií, simulovať alebo porovnávať vybrané stratégie
- **User list** - Odkaz na formulár užívateľských účtov. Tento odkaz je prístupný iba pre užívateľov s administrátorskými právami. Administrátor na tomto odkaze môže meniť detaily užívateľských účtov a rolí, meniť heslá, pridávať alebo odstraňovať užívateľské účty.

- **demo** - Odkaz na užívateľský účet pre práve prihláseného užívateľa, kde je možné upravenie užívateľských informácií.
- **Change password** - Odkaz na formulár na zmenu užívateľského hesla.
- **Logout** - Tlačítko odhlásenia práve prihláseného užívateľa.



Obr. 10: Hlavné menu do aplikácie.

### 9.3 List užívateľských účtov pre administrátora

Na list užívateľských účtov pre administrátora sa dostane iba užívateľ s administrátorskými právami ak klikne na odkaz "User list". List obsahuje všetky vytvorené užívateľské účty. Administrátor má právo:

- **Edit** - Tlačítko editácie užívateľského účtu. Možnosť upraviť užívateľské informácie pre zvolený užívateľský účet.
- **Change password** - Tlačítko zmeny hesla. Možnosť zmeniť heslo pre zvolený užívateľský účet.
- **Delete** - Tlačítko zmazania užívateľského účtu. Možnosť zmazať zvolený užívateľský účet.
- **New User** - Tlačítko vytvorenia nového užívateľského účtu.

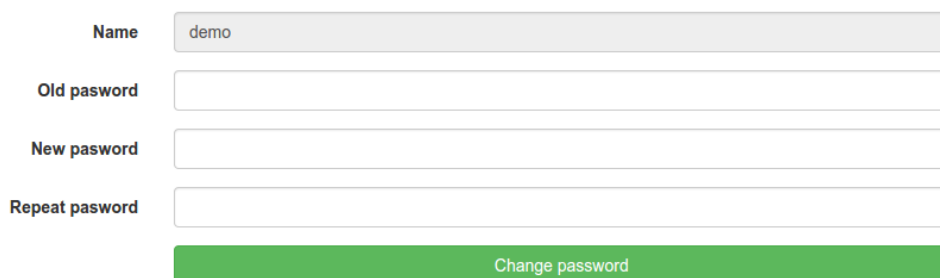
id	Username	Name	Email	Role			
2	demo	demo	demo@gmail.com	[ADMIN]	Edit	Set New Password	Delete
3	Jano	Jano Stanina	janoslanina@gmail.com	[USER]	Edit	Set New Password	Delete
4	Karol	Karol Hurka	karolhurka@gmail.com	[USER]	Edit	Set New Password	Delete

New User

Obr. 11: List užívateľských účtov pre administrátora.

## 9.4 Formulár na zmenu užívateľského hesla

Na formulár na zmenu užívateľského hesla sa užívateľ dostane, ak klikne na odkaz "Change password" z hlavného menu. Pomocou tohto formulára má užívateľ možnosť si zmeniť svoje heslo. Je nutné vždy zadať svoje staré heslo a dvakrát nové heslo.

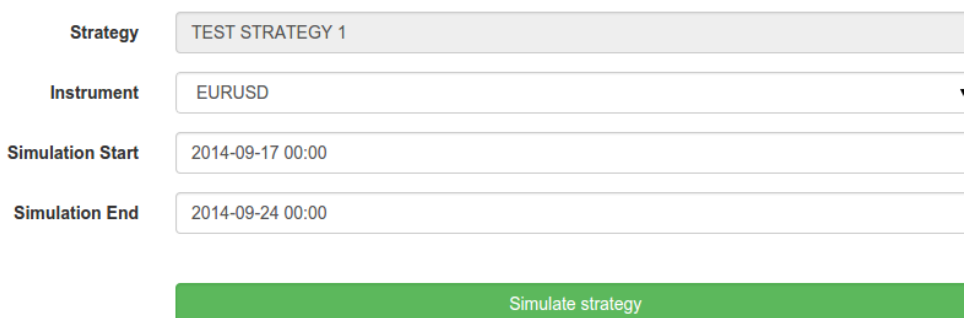


The form consists of four input fields and a submit button. The first field, labeled "Name", contains the text "demo". The other three fields, labeled "Old password", "New password", and "Repeat password", are currently empty. Below the fields is a green button with the text "Change password".

Obr. 12: Formulár na zmenu užívateľského hesla.

## 9.5 Formulár na určenie detailov simulácie

Na formulár na určenie detailov simulácie sa užívateľ dostane, ak zaškrtnie 1 až 5 stratégií z užívateľského listu stratégií a následne klikne na tlačítko "Simulate". Na formulári má užívateľ možnosť zvoliť menový pár a interval, na ktorom bude zvolené stratégie simulované. (V implementovanej verzii systému je podporovaný iba pár EURUSD)



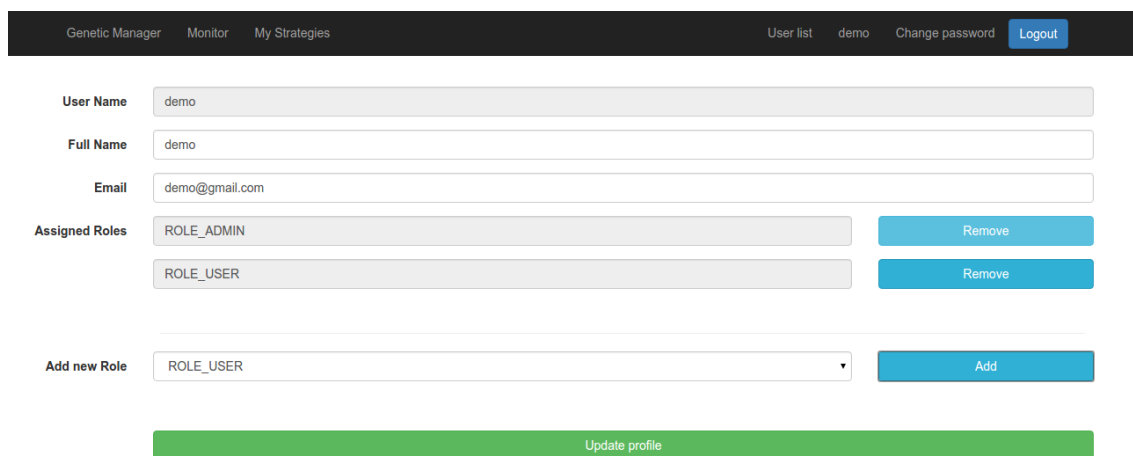
The form contains four input fields and a submit button. The "Strategy" field is a text input containing "TEST STRATEGY 1". The "Instrument" field is a dropdown menu showing "EURUSD". The "Simulation Start" field is a date-time input showing "2014-09-17 00:00". The "Simulation End" field is a date-time input showing "2014-09-24 00:00". Below the fields is a green button with the text "Simulate strategy".

Obr. 13: Formulár na určenie detailov simulácie.

## 9.6 Uživatelský účet

Na formulár užívateľského účtu sa užívateľ dostane ak klikne na svoj login z hlavného menu. Na formulári užívateľského účtu je možné upraviť informácie ako **meno užívateľa**, **email užívateľa**. Užívateľovi s administrátorskými právami je dovolené priradovať alebo odoberať užívateľské role. Bežný užívateľ iba vidí, ktoré užívateľské role má priradené. V prvej verzii aplikácie majú význam iba dve užívateľské role.

- **ROLE\_ADMIN** - Administrátorská užívateľská rola, ktorá dáva bežnému užívateľovi administrátorské práva.
- **ROLE\_USER** - Základná užívateľská rola - bežný užívateľ

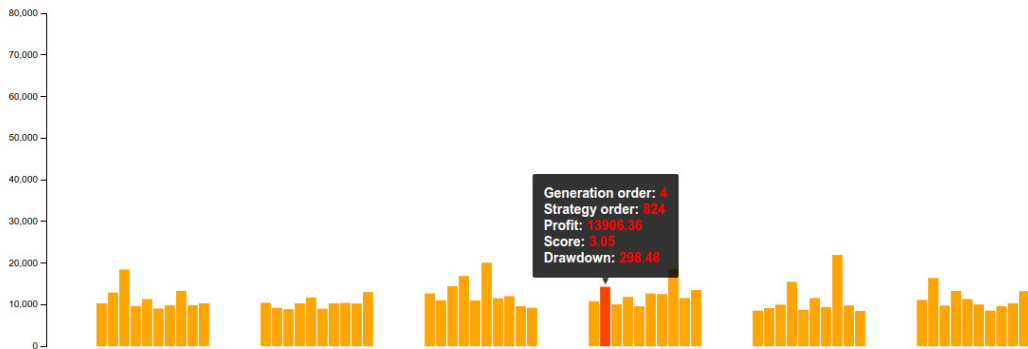


Obr. 14: Uživatelský účet.

## 9.7 Monitorovanie a tabuľka vygenerovaných stratégií

Na monitorovanie vygenerovaných stratégií sa užívateľ dostane, ak klikne na odkaz "Monitor" z hlavného menu. Na tejto stránke je zobrazený graf a tabuľka zo základnou štatistikou. Obrázok 15 a 16. Obe komponenty sa periodicky upravujú podľa správ prichádzajúcich so systému genetických algoritmov (Ak je proces šľachtenia spustený). Každá prichádzajúca správa obsahuje n-najlepších stratégií z aktuálnej generácie. Počet n-najlepších stratégií sa dá nastaviť v nastaveniach parametrov genetického systému. Každý stĺpec na grafe reprezentuje veľkosť profitu danej stratégie. Stĺpce sú zoskupené podľa parametru n. Každá skupina stĺpcov reprezentuje jednu generáciu šľachtenia. Na stĺpec grafu sa je možné nastaviť s kurzorom myši, kde sa zobrazí okno z mini štatistikou pre danú stratégiu, ktorú stĺpec reprezentuje. Pod grafom sa nachádza tabuľka, ktorá zobrazuje vyšľachtené stratégie. Jednotlivé hodnoty z tabuľky a mini štatistiky znamenajú:





Obr. 15: Monitorovanie a zoznam vygenerovaných stratégií.

- **Strategy name** - Vygenerované meno stratégie.
- **Generation order** - Poradové číslo aktuálne šľachtenej generácie.
- **Strategy order** - Poradové číslo stratégie v aktuálnej generácii.
- **Profit** - Celkový zisk, ktorý sa podarilo vyšľachtiť.
- **Score** - Hodnotiace skóre, ktoré je popísané v kapitole 5.1.
- **Drawdown** - Absolútny maximálny prepád zisku medzi dvoma nasledujúcimi obchodmi.

### Top Generated strategies

Strategy Name	Generation	Strategy	Profit	Score
FAKE_1_1_201	1	201	0.00	-0.00
FAKE_1_1_212	1	212	3163.48	2.04
FAKE_1_1_227	1	227	8413.71	4.67
FAKE_1_1_253	1	253	0.00	-0.01
FAKE_1_1_296	1	296	1059.28	0.73
FAKE_1_1_313	1	313	84.15	0.04
FAKE_1_1_327	1	327	0.00	-0.01

Showing 1 to 10 of 60 rows  records per page

« ‹ 1 2 3 4 5 › »

Obr. 16: Monitorovanie a zoznam vygenerovaných stratégií.

## 9.8 List vygenerovaných stratégií a uživatelský list stratégií

Na list vygenerovaných stratégií a uživatelský list stratégií sa užívateľ dostane, ak klikne na odkaz "My Strategies" z hlavného menu. Na tejto stránke je list všetkých uložených stratégií, ktoré genetický algoritmus vygeneroval (ľavá tabuľka) a uživatelský list stratégií (pravá tabuľka), do ktorého má možnosť užívateľ si priradovať stratégie. Užívateľia s rolou **USER** nevidí priradené stratégie do uživatelského listu stratégií iného užívateľa s rolou **USER**. Administrátor vidí stratégie všetkých užívateľov a tiež má právo manipulovať s nimi. Z tejto stránky je možné sa dostať na "Históriu simulácií", na "Porovnanie priemerných výsledkov simulácií" a na "Simuláciu stratégií".

The screenshot shows a web interface with a navigation bar at the top containing 'Genetic Manager', 'Monitor', 'My Strategies', 'User list', 'demo', 'Change password', and 'Logout'. Below the navigation bar, there are two main sections. The left section, titled 'Add Strategies', contains a table with columns: Strategy Name, Generation, Strategy, Profit, and Score. The right section, titled 'Remove Strategies', contains a table with columns: Strategy Name, Simulation Count, Average Profit, Average Score, and Action. Both tables list strategies with IDs like FAKE\_1\_1\_201 through FAKE\_1\_1\_344. The 'Remove Strategies' table also includes links for 'Add' and 'Remove' actions for each strategy. At the bottom of each table, there is a pagination control showing 'Showing 1 to 10 of 10 rows' and '10 records per page'.

Strategy Name	Generation	Strategy	Profit	Score
FAKE_1_1_201	1	201	0	0
FAKE_1_1_212	1	212	3163.48	2.04
FAKE_1_1_227	1	227	8413.71	4.67
FAKE_1_1_253	1	253	0	-0.01
FAKE_1_1_296	1	296	1059.28	0.73
FAKE_1_1_313	1	313	84.15	0.04
FAKE_1_1_327	1	327	0	-0.01
FAKE_1_1_344	1	344	4157.74	2.64

Strategy Name	Simulation Count	Average Profit	Average Score	Action
FAKE_1_1_201	1	0	-0.1	<a href="#">Add</a> <a href="#">Remove</a>
FAKE_1_1_212	3	2422.97	0.27	<a href="#">Add</a> <a href="#">Remove</a>
FAKE_1_1_227	1	6.32	-1.5	<a href="#">Add</a> <a href="#">Remove</a>
FAKE_1_1_253	2	2088.6	0.33	<a href="#">Add</a> <a href="#">Remove</a>
FAKE_1_1_296	1	43.7	-1.74	<a href="#">Add</a> <a href="#">Remove</a>
FAKE_1_1_313	2	2995.92	-4.65	<a href="#">Add</a> <a href="#">Remove</a>
FAKE_1_1_327	1	0	-0.89	<a href="#">Add</a> <a href="#">Remove</a>
FAKE_1_1_344	1	1073.11	-1.99	<a href="#">Add</a> <a href="#">Remove</a>

Obr. 17: List vygenerovaných stratégií.

List vygenerovaných stratégií zobrazuje tie isté hodnoty ako hodnoty uvedené v 9.7. Uživatelský list stratégií zobrazuje nasledujúce hodnoty:

- **Strategy name** - Vygenerované meno stratégie.
- **Simulation count** - Počet uskutočnených simulácií monitorovacieho systému na danej stratégii.
- **Average profit** - Priemerný zisk za všetky uskutočnené simulácie na danej stratégii.
- **Average score** - Priemerné skóre za všetky uskutočnené simulácie na danej stratégii. (výpočet skóre je popísaný v kapitole 5.1.)
- **Action** - Odkaz na históriu simulácií pre danú stratégiu

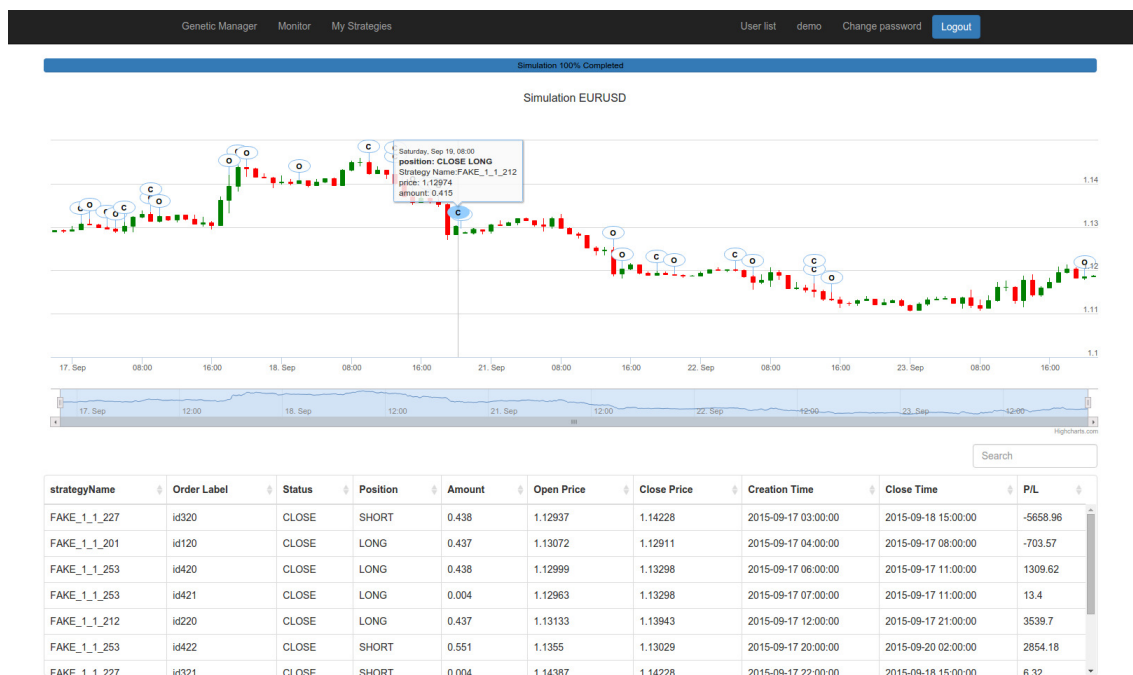
## 9.9 Simulácia

Na simuláciu sa užívateľ dostane, ak klikne na tlačítko "Simulate" na formulári na určenie detailov simulácie. Na tejto stránke je zobrazený progres sťahovania dát alebo simulácie, graf simulácie a tabuľka obchodov. Pri každej simulácii monitorovací systém pracuje s cenovými dátami, ktoré si načíta z lokálnej cache alebo stiahne od systému obchodníka. Aktuálny stav sťahovania zobrazuje progres bar. Po skončení simulácie je možné sa v grafe pohybovať posuvníkom pod grafom, meniť interval náhľadu a prezerat si obchody. Na zobrazenie ceny zvoleného inštrumentu je použitý sviečkový cenový graf 2.3.3. Bublínky na cenovom grafe s písmenom "O" reprezentujú otvorenie obchodu, s písmenom "C" zatvorenie obchodu. Po nastavení kurzoru myši na sviečku grafu sa zobrazí:

- **Čas otvorenia sviečky**
- **Simulovaný inštrument**
- **Open** - Otváracia cena sviečky
- **High** - Najvyššia cena sviečky
- **Low** - Najnižšia cena sviečky
- **Close** -Zatváracia cena sviečky

tabuľka obchodov obsahuje nasledujúce hodnoty:

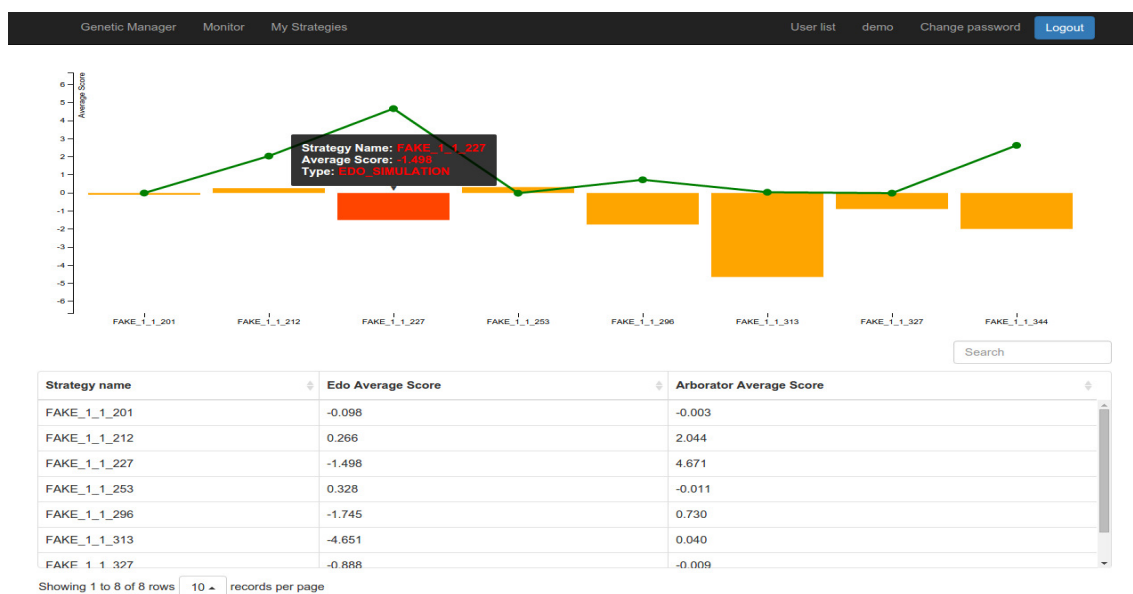
- **Strategy Name** - Meno stratégie, ktorá otvorila alebo zatvorila obchod.
- **Order Label** - Vygenerovaný label pre obchod.
- **Status** - Nadobúda hodnoty Open - práve otvorený obchod, Close - zatvorený obchod.
- **Position** - Nadobúda hodnoty Long - nakupujúci obchod , Short - predávajúci obchod.
- **Amount** - Množstvo jednotky, za ktoré sa nakupuje základná mena. V prípade EURUSD je základná mena EURo a základná jednotka vo forexe je 1 lot, čo predstavuje 100000 jednotek základnej meny, teda 100000 Euro.
- **Open price** -Otváracia cena obchodu.
- **Close price** -Zatváracia cena obchodu.
- **Creation time** -Čas otvorenia obchodu.
- **Close time** - Čas uzatvorenia obchodu.
- **P/L** - Celkový profit alebo strata daného obchodu.



Obr. 18: Simulácia a výsledky simulácie.

## 9.10 Výsledky simulácie a porovnanie

Na výsledky simulácie a porovnanie sa užívateľ dostane, ak zaškrtnie 1 alebo viac stratégií z užívateľského listu stratégií a následne klikne na tlačítko "Compare". Na tejto stránke je zobrazený graf, na ktorom stĺpce reprezentujú priemerné skóre danej stratégie pre všetky uskutočnené simulácie monitorovacieho systému a zelená čiara reprezentuje skóre vypočítané genetickým algoritmom pre danú stratégiu. (výpočet skóre je popísaný v kapitole 5.1.) Pod grafom je tabuľka, ktorá zobrazuje tie isté hodnoty.



Obr. 19: Výsledky simulácie a porovnanie.

## 9.11 Nastavovanie parametrov genetického algoritmu

Na nastavovanie parametrov genetického algoritmu sa užívateľ dostane, ak klikne na odkaz "Genetic Manager" z hlavného menu. Na tejto stránke je zobrazený formulár s parametrami, ktoré nastavujú proces genetického algoritmu.

<b>Population Size</b>	<input type="text" value="300"/>
<b>Generation Count</b>	<input type="text" value="200"/>
<b>Max top strategies</b>	<input type="text" value="10"/>
<b>Simulation Start</b>	<input type="text" value="2015-09-17 02:00"/>
<b>Simulation End</b>	<input type="text" value="2015-09-24 02:00"/>
<b>Max trades</b>	<input type="text" value="10"/>
<b>Arithmetic Probability</b>	<input type="text" value="12"/>
<b>Logical Probability</b>	<input type="text" value="12"/>
<b>Mutation Probability</b>	<input type="text" value="5"/>

Obr. 20: Výsledky simulácie a porovnanie.

jednotlivé parametre nastavujú:

- **Population Size** - Počet stratégií(jedincov) v 1 generácii.
- **Generation Count** - Počet generácii po ktorom, genetický algoritmus ukončí šľachtenie.
- **Max top strategies** - Počet n-najlepších stratégií, ktoré bude genetický algoritmus posielat do monitorovacieho systému.
- **Simulation Start** - Začiatkový čas intervalu. V časovom intervale, ktorý je definovaný Simulation start - Simulation end bude falošný genetický algoritmus generovat náhodné obchody.
- **Simulation End** - Konečný čas intervalu. V časovom intervale, ktorý je definovaný Simulation start - Simulation end bude falošný genetický algoritmus generovat náhodné obchody.
- **Max trades** - Maximálny počet náhodne vygenerovaných obchodov v definovanom časovom intervale falošným genetickým algoritmom.
- **Arithmetic Probability** - Aritmetická pravdepodobnosť generovania stratégií. Falošný genetický algoritmus neberie do úvahy
- **Logical Probability** - Logická pravdepodobnosť generovania stratégií. Falošný genetický algoritmus neberie do úvahy
- **Mutation Probability** - Pravdepodobnosť mutácie génov stratégií. Falošný genetický algoritmus neberie do úvahy

## 9.12 História simulácie a výsledky

Na históriu simulácie a výsledky sa užívateľ dostane, ak stratégia má 1 alebo viac simulácií v užívateľskom liste a klikne na ikonu "History result" v stĺpci "Action". Na tejto stránke je kombo-box, ktorý umožňuje vybrať konkrétnu simuláciu. Stránka obsahuje tabuľky výsledku simulácie, tabuľku obchodov a parametre s ktorými bola stratégia genetickým algoritmom vygenerovaná.

Start Equity	End Equity	P/L	Winning ratio	Profit Count	Loss Count	Total Profit	Total loss	Maximum profit	Maximum loss	Maximum drawdown	Opportunity factor
50000.00	45656.10	45656.1	28.57%	2	5	3583.63	-7086.29	3539.70	-3608.67	1096.87	1.00

Order Id	Status	Position	Amount	Open Price	Close Price	Creation Time	Close Time	P/L
1	CLOSED	LONG	0.437	1.13133	1.13943	2016-01-14 00:12:52	2015-09-17 21:00:00	3539.70
5	CLOSED	SHORT	0.191	1.11924	1.11901	2016-01-14 00:12:52	2015-09-21 21:00:00	43.93
2	CLOSED	SHORT	0.741	1.14005	1.14492	2016-01-14 00:12:52	2015-09-18 12:00:00	-3608.67
7	CLOSED	LONG	0.002	1.11859	1.11546	2016-01-14 00:12:52	2015-09-22 15:00:00	-6.26
4	CLOSED	LONG	0.415	1.136008	1.12974	2016-01-14 00:12:52	2015-09-19 10:00:00	-2602.05
8	CLOSED	SHORT	0.133	1.113314	1.11881	2016-01-14 00:12:52	2015-09-24 00:00:00	-731.50
6	CLOSED	LONG	0.195	1.119058	1.11546	2016-01-14 00:12:52	2015-09-22 15:00:00	-702.00
3	CLOSED	LONG	0.429	1.13708	1.13669	2016-01-14 00:12:52	2015-09-18 19:00:00	-167.31

Obr. 21: Výsledky simulácie a porovnanie.

Parameter	Value
Population Size	300
Generation Count	200
Max top strategies	10
Arithmetic Probability	12
Logical Probability	12
Mutation Probability	5

Obr. 22: Výsledky simulácie a porovnanie.

Tabuľka obchodov je popísaná 9.9  
Hodnoty parametrov sú popísané 9.10 Tabuľka výsledkov zobrazuje tieto hodnoty:

- **Start equity** - Kapitál pred začiatkom simulácie
- **End equity** - Kapitál po skončení simulácie
- **Winning ratio** - Pravdepodobnosť ziskového obchodu.
- **P/L** - Celkový zisk alebo stráta
- **Profit Count** - Počet ziskových obchodov
- **Loss Count** - Počet stratových obchodov
- **Total Profit** - Súčet všetkých ziskových obchodov
- **Total Loss** - Súčet všetkých stratových obchodov
- **Maximum Profit** - Maximálny dosiahnutý zisk v rámci jedného obchodu
- **Maximum Drawdown** - Maximálny prepád rámci jedného otvoreného obchodu
- **Opportunity factor** - pravdepodobnosť uskutočnenia ďalšieho obchodu za 1 deň
- **Expectancy factor** - Návratnosť za jednu riskovanú jednotku
- **Score** - Celkové skóre. Opportunity factor \* Expectancy factor



## 10 Inštalácia

System bol nainštalovaný na Virtuálny server. bolo nutné urobiť tieto kroky:

1. **Inštalácia JAVY 1.8** - Inštalácia JDK 8 od firmy Oracle<sup>6</sup>
2. **Inštalácia MYSQL ako služby** - Inštalácia Mysql 5.6.19 <sup>7</sup>
3. **Inštalácia Tomcat7 ako služby** - Inštalácia Tomcat7 7.0.67 <sup>8</sup>
4. `CREATE USER 'vortex'@'localhost' IDENTIFIED BY 'vortex';`
5. `GRANT ALL PRIVILEGES ON *.* TO 'vortex'@'localhost';`
6. `FLUSH PRIVILEGES;`
7. `CREATE SCHEMA edo;`
8. `CREATE SCHEMA edo_dev;`
9. **Naimportovanie databáze z príkazovej riadky** -

```
mysql -u vortex -pvortex edo < ddl.sql
```

Bolo nutné nakonfigurovať tomcat. Doinštalovať manager aplikáciu. Vytvoriť užívateľa, ktorý má prístup do manager aplikácie, z ktorej je možné uploadovať, spúšťať, zastavovať webové aplikácie s formátom war. Bolo nutné nakonfigurovať tomcat, tak aby bol spúšťaný pod root užívateľom hlavne kvôli dukascopy api. Knižnica pri volaní metódy connect, vytvára prázdne adresáre v home adresári, ktoré aplikácia nevyužíva. Tento problém spôsoboval, že služba Tomcat7 spustená pod užívateľom tomcat7 nedovolila zapisovať na disk do home adresára. Táto skutočnosť bude konfrontovaná s dukascopy brokerom. To, že tomcat služba beží pod root užívateľom je bezpečnostné riziko, ktoré sa bude musieť vyriešiť.

### 10.1 Prístup k systému na verejnom servery

Aplikácia by mala byť prístupná aj na verejnej adrese <http://46.36.37.79:8080/edo>

---

<sup>6</sup>Download JDK 8 <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk7-downloads-1880260.html>

<sup>7</sup>Download Mysql 5.6.19: <http://dev.mysql.com/downloads/mysql/>

<sup>8</sup>Download Tomcat7 7.0.67: <https://tomcat.apache.org/download-70.cgi>

## 11 Testovanie

Monitorovací nástroj bol testovaný v prehliadači Google Chrome verzii 39.0 na počítači s procesorom Intel pentium i5 a operačnou pamäťou 16GB. Prvej verzii systému chýbajú integračné a unit testy. Dopracovanie týchto testov by malo prispieť k odstráneniu mnohých chýb.

## 12 Záver

Cielom tejto práce bolo implementovať monitorovací systém podľa požiadaviek v kapitole 5. Výsledný systém monitoruje proces šľachtenia investičných stratégií, simuluje vygenerované stratégie na falošnom účte u obchodníka a ukladá výsledky simulácii do databáze. Systém je implementovaný v prvej verzii, v ktorej sa budú odstraňovať chyby a bude slúžiť na validáciu vygenerovaných stratégií. Do existujúceho systému je nutné dopracovať junit a integračné testy, aby sa zvýšila spoľahlivosť systému. Systém je implementovaný takým spôsobom, aby sa dal v budúcnosti ľahko rozširovať o ďalšie funkcie. Systém bol nasadený na verejný webový server. V nasledujúcej verzii systému sa bude prihliadať hlavne na odstránenie chýb a optimalizáciu pamäte.

## A Obsah priloženého CD/DVD

Na priloženom CD/DVD sú zdrojové kódy projektu vyvíjané v IDEA ide, ddl.sql súbor na vytvorenie produkčnej databáze a text tejto práce.

### **doc/**

Text práce vo formáte PDF a skomprimovaný adresár s materiálmi, s ktorými bol text vytváraný.

### **sql/**

Sql dump súbor na vytvorenie databáze.

### **src/**

Kompletný projekt z IDEA a pomocný modul pre systém genetických algoritmov.

### **readme.txt**

Inštrukcie obsahu CD/DVD

## Literatúra

- [1] TUREK, Ludvík. *První kroky na burze*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2008, 154 s. ISBN 978-80-251-1915-0.
- [2] Obchodujeme FOREX I. In: *Finančník* [online]. [cit. 2016-01-16]. Dostupné z: <http://www.financnik.cz/komodity/zkusenosti/obchodujeme-forex-1.html>
- [3] Akademie investování: Investiční strategie. *Patria online* [online]. Patria Online [cit. 2016-01-16]. Dostupné z: <http://www.patria.cz/akademie/investicni-strategie.html>
- [4] Svíčekové grafy. *Forexobchodnik.sk* [online]. [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: <http://www.forexobchodnik.sk/svieckove-grafy/>
- [5] JAKUBIK, Martin. *Genetické algoritmy pro řešení úloh optimalizace investičních strategií na finančních trzích*. Brno, 2015. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA FAKULTA INFORMATIKY. Vedoucí práce RNDr. Petr Švenda, Ph.D.
- [6] DARWIN, Charles a Gillian BEER. *On the origin of species*. Rev. ed. New York: Oxford University Press, 2008, xxxviii, 394 p. Oxford world's classics (Oxford University Press). ISBN 978-0-19-921922-3.
- [7] HYNEK, Josef. *Genetické algoritmy a genetické programování*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 182 s. ISBN 978-80-247-2695-3.
- [8] POŠÍK, Petr. *Genetické algoritmy* [online]. Praha, 2000 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://labe.felk.cvut.cz/posik/pgs/theory/ga-theory.htm>. Semestrální práce. České vysoké učení technické Praha.
- [9] LUNER, Petr. *Jemný úvod do genetických algoritmů* [online]. Praha [cit. 2016-01-16]. Dostupné z: <http://cgg.mff.cuni.cz/pepca/prg022/luner.html>
- [10] Učíci se algoritmy. *Akela.mendelu.cz: studentský server* [online]. [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: <https://akela.mendelu.cz/xpopelka/cs/ui/ucici>
- [11] POPOV, Miroslav. FOREX SOFTWARE LTD. *Forex Strategy Builder: Testing and Trading Forex Strategi* [online]. 2006, 2015 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://forexsb.com/index.php>
- [12] *MutliCharts: Raising the Trading Standard* [online]. MULTICHARTS, LLC. 1995 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.multicharts.com/>
- [13] KUČEROVÁ, Helena. Specifikace požadavků na informační systém. *Specifikace požadavků na informační systém* [online]. 2015, 17. 3. 2015 [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://info.sks.cz/users/ku/PRI/specifik.htm>

- [14] K, Tharp Van. *Trade your way to financial freedom*. Vyd. 1. New York: McGraw-Hill, 1999, 343 s. ISBN 00-706-4762-3.
- [15] *Webopedia: JMS* [online]. 2015 [cit. 2016-01-16]. Dostupné z: <http://www.webopedia.com/TERM/J/JMS.html>
- [16] *Twitter Bootstrap* [online]. 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Twitter\\_Bootstrap](http://cs.wikipedia.org/wiki/Twitter_Bootstrap)
- [17] ORACLE. *Java SE - Downloads* [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index-jsp-138363.html>
- [18] D3.js. *Data-Driven Documents* [online]. [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: <http://d3js.org/>
- [19] WALLS, Craig. *Spring in action*. 3rd ed. Shelter Island: Manning, 2011, xxiii, 400 p. ISBN 19-351-8235-8.
- [20] SMITH, Glen a Peter LEDBROOK. *Grails in action*. Greenwich, CT: Manning, 2009, xxix, 487 p. ISBN 19-339-8893-2.
- [21] TEDA, Jaroslav. Genetické algoritmy a jejich aplikace v praxi. *Programujte.com* [online]. 2005 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://programujte.com/clanek/2005072601-geneticke-algoritmy-a-jejich-aplikace-v-praxi/>