

Posudek oponenta diplomové práce

Student: Červíček Karel, Bc.

Téma: Algoritmické obchodování na burze s využitím strojového učení (id 21292)

Oponent: Herout Adam, prof. Ing., Ph.D., UPGM FIT VUT

- 1. Náročnost zadání** **obtížnější zadání**
Mnoho potřebných znalostí přesahuje znalosti vyučované na magisterském studiu. Řešitel používal složité abstrakce a nástroje: optimalizaci genetickými algoritmy, strojové učení neuronovými sítěmi, atd.
- 2. Splnění požadavků zadání** **zadání splněno pouze částečně**
Podle bodu 3. zadání má řešitel diskutovat vhodná data pro učení a vyhodnocení algoritmického obchodování. Celé učení a vyhodnocování pak provádí na jediné řadě hodnot (kurs EUR/USD) v délce 1632 záznamů v čase pro trénování (cca 17 dní) a 1009 pro testování (cca 10 dní následujících hned za trénovací množinou) - jiná data nebyla odevzdána a v práci nejsou uvedeny žádné výsledky nad jinými daty. Ze stejných důvodů je problematické naplnění bodu 5. zadání - systém nebyl vylepšován a při zvolených datech ani nebylo jak.
- 3. Rozsah technické zprávy** **je v obvyklém rozmezí**
- 4. Prezentační úroveň předložené práce** **55 b. (E)**
Na první pohled působí textová zpráva velice sofistikovaným dojmem - obsahuje mnoho vzorců, zajímavých nákreseů a výpisů. Recenzentovi ale velice málo pomohla pochopit, co skutečně řešitel dělal.

Příkladem může být kapitola 4.1 (ještě před 4.1.1) a v ní umístěný obrázek 4.1. Recenzentovi z citovaného textu a obrázku vůbec není jasné, kudy do systému vstupují data z burzy a kde činí jaká rozhodnutí o nákupu. Obrázek působí dojmem, že bez použití jakýchkoli dat systém vytváří jakési "strategie". Co se s nimi děje? Co je vstupem a výstupem jednotlivých částí? Jak nasadit takovýto systém v burze, když nemá vstupy a výstupy? Podobně nesrozumitelná (a přitom sofistikovaně vypadající) je pro recenzenta kapitola o testování. Tabulky 5.2, 5.3, 5.4 obsahují různá čísla. U čísel označených "průměr zlepšení (v násobku)" je pro recenzenta nepochopitelné, proč se systém vždy zlepší v celočíselném poměru (kromě tab 5.2 sloupec C) - pravděpodobnost, že poměr výkonnosti nějaké výchozí a vylepšené verze je celé číslo, je astronomicky malá. Tyto tabulky navíc srovnávají zlepšení zkoumané hodnotící funkce (objective function), nehodnotí však skutečnou výkonnost řešení na validačních či testovacích datech, takže jako hodnocení řešení nejsou příliš zajímavá. Záhadou je recenzentovi třeba i graf na obrázku 5.2, zejména ohromné výstřely křivky "minimum", které nijak nekorelují s ostatními zobrazenými veličinami - řešitel do textu graf vložil, ale nijak ho neinterpretuje a jeho zvláštnosti si nevšimá.
- 5. Formální úprava technické zprávy** **65 b. (D)**
Po formální stránce je text podprůměrný. Obsahuje četné jazykové chyby a velké množství chyb ve formátování. Práce obsahuje velké množství matematických vzorců (a působí tak dosti sofistikovaně), ale matematický zápis (obsahující občasné chyby, třeba mezi vzorci 3.11 a 3.12) ustane, když přijde na vlastní autorovo řešení, kde by přesné matematické vyjádření ozřejmilo, v čem přesně řešení spočívá a co a na jakých datech bylo zjišťováno. Vlastní autorův zápis matematiky je na straně 40, ve dvou vzorcích v textu, kde znaménko "-" slouží zároveň k vyjádření intervalu i operace rozdílu (a to i v jednom vzorci naráz), což jistě není korektní ani srozumitelný matematický zápis.
- 6. Práce s literaturou** **75 b. (C)**
Práce cituje nadprůměrné množství odborných pramenů a není proč pochybovat, že je řešitel prostudoval. Mohlo by být lepší, kdyby se více zaměřil na základy - jaká data (a kolik jich) použít pro učení/vyhodnocení, jak vytvořit úplně základní klasifikátor, jak ho vylepšovat dílčími kroky dál.
- 7. Realizační výstup** **45 b. (F)**
Řešitel na své diplomce pravděpodobně strávil mnoho času a věnoval jí hodně úsilí. Pomocí gramatik generoval věty (chromozómy pro evoluční algoritmus, kap. 4.1.1), věty interpretoval složitým překladačem a vyhodnocovačem? (kap. 4.1.2), vygenerované jedince pomocí mutací a křížení modifikoval (kap. 4.1.3) a ještě postavil neuronové síť v dopředné i rekurentní podobě. Vytvořené řešení tak má impozantní složitost, k níž některé diplomové práce nedosahují.
Text, zejména vyhodnocení, však neobsahuje zmiňku o nějakém základním (baseline) řešení sestaveném z jednoduchých (až primitivních) prvků. Recenzentova domněnka je, že na tak pozoruhodně malých trénovacích a hlavně testovacích datech (deset dní burzy, 1009 pětirozměrných vektorů) by fungoval už nejzákladnější

klasifikátor. Není dobrou praxí zkonstruovat obłudně složitý stroj (sr. stranu 37 popisující nahodilé jedince vyhodnocovacích strategií!) bez vyhodnocení, jak si stojí v porovnání s učebnicovým základním řešením. Důsledkem pak je, že řešitel v textu opakovaně zdůrazňuje, že trénovací/testovací data musela být malá, protože celý proces je ohromně výpočetně náročný.

Odevzdané zdrojové kódy nejsou nijak dokumentované. Obsahují nahodile zakomentované řádky kódu, jak řešitel experimentoval s různými variantami. Jména souborů ke zpracování a různé číselné konstanty jsou v nejrozumnějších souborech přímo ve funkcích, které s nimi pracují. Podle vzorce na straně 40 by délka okna hodnoceného v datech mohla být 150, ve zdrojových kódech se pracuje s 200.

Zdrojové kódy jsou promíchány s uloženými modely, vstupními daty, konfiguračními soubory a dalšími soubory, nikde není žádný soubor "readme", natožpak nějaký náznak dokumentace.

8. Využitelnost výsledků

Ne.

9. Otázky k obhajobě

-

10. Souhrnné hodnocení

45 b. nevyhovující (F)

Vytvořené řešení je obrovské (generování chromozómů gramatikou, jejich zpracování, genetická optimalizace, neuronová síť).

Recenzent se však nemůže zbavit přesvědčení, že se jedná o velice složitý a výpočetně náročný generátor náhodných čísel. Textová zpráva neobsahuje nic, co by toto přesvědčení nahloďávalo.

Odevzdané zdrojové kódy jsou dokonale nedokumentované a nekomentované.

Data, na kterých řešitel trénoval a hodnotil vytvářený systém, jsou svou malou velikostí a variabilitou naprosto neadekvátní komplexnosti navrženého systému. Není problém, že řešitel u takto obtížného zadání nedodal stoprocentně funkční řešení; problém je, že si toho vůbec není vědom a poslední odstavec závěru mluví o přímém nasazení na serveru burzy.

Přes svou velkou složitost předložený projekt a technická zpráva ukazují na úplně zásadní nepochopení problematiky strojového učení, softwarového inženýrství a obchodování na burze (10 dnů jednoho měnového kursu může vypadat úplně jinak než jiných 10 dnů jiného páru) což je přesně náplň hodnocené diplomové práce.

Prohlášení: Uděluji VUT v Brně souhlas ke zveřejnění tohoto posudku v listinné i elektronické formě.

V Brně dne: 7. června 2018

.....
podpis