

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Automatické obchodování na akciové burze založené na fundamentálních datech a algoritmech zpětnovazebního učení
Jméno autora:	Jakub Michna
Typ práce:	bakalářská práce
Fakulta:	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
Katedra:	Katedra matematiky
Oponent práce:	Doc. Ing. Tomáš Oberhuber, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Katedra matematiky, FJFI, ČVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	

Zadání práce považuji za nadprůměrně náročné. Zpětnovazební učení patří bezpochyby mezi pokročilejší partie strojového učení. Kromě toho se autor musel naučit pracovat s celou řadou knihoven v jazyce Python a navíc ještě základy fungování obchodování s akcemi na burze.

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Autor splnil všechny body zadání v plné míře.	

Zvolený postup řešení	vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Autor zvolil správný postup a metody řešení. Nejprve vysvětlil základy teorie zpětnovazebního učení. To následně aplikoval na zjednodušenou úlohu turisty v terénu, kdy je cílem natrénovat strategii agenta tak, aby našel předem daný ale neznámý bod na mapě. Na této ukázkové úloze aplikoval odvozené algoritmy. Zároveň lze na takto jednoduché úloze dobře demonstrovat různé aspekty zpětnovazebního učení. Následně autor vysvětluje využití neuronových sítí jako efektivních interpolátorů mezi prostory stavů a akcí. Dostává se tak k tzv. Q-neuronovým sítím. Pomocí nástroje TensorFlow pak implementuje učící se algoritmus. Na závěr porovnává celkem pět různých přístupů k řešení úlohy turisty v terénu. V poslední kapitole pak vše aplikuje na úlohu nalezení strategie obchodování s akcemi. Autor používá vhodné nástroje dostupné v jazyce Python.	

Odborná úroveň	výborná
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborně je předkládána práce na velice dobré úrovni. Zabývá se velmi netriviální teorií zpětnovazebního učení a její aplikací na náročnou úlohu optimalizace obchodování. Autor sám implementoval všechny odvozené algoritmy.	

Formální a jazyková úroveň	průměrná
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce se četla velice dobře zejména v úvodní části. Text působil dojmem, že autor ho psal s chutí. Přesto jsem se, i přes výraznou snahu text pochopit více do hloubky, ztratil zejména na straně 26 u popisu Bellmanových rovnic. Myslím, že ty by měly být vysvětleny lépe a mám také pocit, že vložení implementační	

Části 2.1.2 zde působí rušivě, narušuje výklad teorie. Je třeba ovšem přiznat, že vykládaná teorie je poměrně náročná a určitě není možné očekávat v rámci bakalářské práce její bezchybný a snadno pochopitelný výklad.

Ovšem i výklad úlohy optimalizace obchodování považuju za poměrně nejasný. Nepochopil jsem totiž tvrzení, že "... agent vybere kombinaci podintervalů indikátorů a určí, jaká část kapitálu se má investovat." Nerozumím, co se míní podintervalem a proč se postupuje právě takto. Dále mi není jasný odstavec popisující výpočet ceny akciového titulu na straně 73. K čemu je to potřeba, když ceny akcií známe? Následně mi není jasný význam a popis obrázku 4.5., který považuju za dost důležitý. Celkově musím konstatovat, že celá část o obchodování je dost nejasná a to tak, že je těžko pochopitelné, jakou úlohu vlastně autor řeší a jaký je význam prezentovaných výsledků. To považuju za zásadnější problém.

Text bohužel obsahuje řadu překlepů a drobných jazykových chyb. Např.:

Str.8: Není uveden význam zkratky RL.

Str. 11: "Strojového učení se uplatní..."

Str. 12: "V úloze na regresii...", "... kde prvky v každé skupině nabývají podobnějších hodnoty znaku."

Str. 14: "... již naprogramovaného prostředí z některé knihoven."

Str. 21: "Představení úlohy" měl být zřejmě nadpis sekce.

Str. 27: "epizická", "... je k nalezení v [17] Celá procedura ..."

Str. 43: "Po aplikace aktivační funkce..."

Str. 44: "trénovatelných"

Str. 61: "... jsou burzy otevřené ..."

Str. 76: "... trénování na datech pocházející..."

Autor často uvádí citace na použité zdroje bez mezery před předchozím slovem.

Výběr zdrojů, korektnost citací

průměrné

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Použité zdroje považuju za relevantní a dobře odcitované.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Předkládaná práce se zabývá velice zajímavou a poměrně obtížnou tematikou zpětnovazebního učení a jeho aplikací na optimalizaci obchodování. Autor sám provedl implementaci všech odvozených algoritmů. Nejsem odborník v oblasti zpětnovazebního učení, tak jsem nebyl schopný pochopit všechny detaily předkládané teorie. Přesto se domnívám, že poslední část týkající se optimalizace obchodování není popsána dostatečně srozumitelně. I když čtenář nechápe detaily použitého matematického aparátu, měl by být schopný pochopit podstatu řešené úlohy a prezentovaných výsledků, což se mi úplně nepodařilo. Toto považuju za největší slabinu této bakalářské práce.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Autor předkládá práci se zajímavou a náročnou tematikou, na které bezpochyby odvedl hodně práce. Celkový dojem kazí jen horší srozumitelnost v některých částech textu a to zejména popis úlohy optimalizace obchodování s akciami. Toto by měl autor v budoucnu zlepšit.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 9.8.2023

Podpis:

