

POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Název: Optimální volba scénářového stromu za použití zpětnovazebního učení
Autor: Bc. Jakub Vondráček

Shrnutí obsahu práce

Práce je věnována návrhu struktury scénářových stromů používaných ve vícestupňových úlohách stochastické optimalizace. K tomu využívá metody založené na zpětnovazebném učení neuronových sítí.

První kapitola uvádí obecné formulace vícestupňových úloh stochastické optimalizace. Přehledově jsou shrnuty i některé metody pro generování scénářů. Druhá kapitola je věnována mírám rizika a jejich základním vlastnostem. Uvedena je též formulace vícestupňového investičního problému, který je poté řešen v numerické studii. Třetí kapitola je věnována zpětnovazebnému učení neuronových sítí. Čtvrtá kapitola předkládá velmi rozsáhlou numerickou studii, kdy je neuronová síť aplikována na návrh topologie stromu pro investiční úlohu. Výsledky jsou detailně diskutovány a doprovázeny přehlednými grafy.

Celkové hodnocení práce

Téma práce. Téma hodnotím jako vhodné a originální. Zadání práce považuji za splněné.

Vlastní příspěvek. Vlastní příspěvek autora je specifikován v úvodu a spočívá především v numerické aplikaci zpětnovazebného učení při návrhu topologie scénářového stromu při řešení konkrétní investiční vícestupňové úlohy. Uchazeč uvádí jako přínos rovněž kompilaci ve třetí kapitole, k čemuž mám výhrady, viz níže.

Matematická úroveň. Matematická úroveň práce se obtížně posuzuje. První dvě matematické kapitoly spíše kompilují látku z výuky a rozšiřující literatury. Třetí kapitola pak sice zpracovává netriviální aparát, ale velmi povrchně, viz kritická připomínka níže.

Práce se zdroji. Zdroje jsou uvedeny v seznamu literatury a řádně citovány v textu. Otrocky okopírované části jsem nezaznamenal.

Formální úprava. Po formální stránce je práce na vynikající úrovni.

Připomínky a otázky

1. **Hlavní kritická připomínka** se týká třetí kapitoly, která je věnována zpětnovazebnému učení neuronových sítí. Část 3.3, která shrnuje jednotlivé algoritmy je velmi stručná a v podstatě se redukuje na popis účelové funkce a velmi obecný vzoreček pro výpočet (stochastického) gradientu. Vysvětlení najdeme na straně 26: „*We assume that the reader is familiar with basics of deep learning (such as architecture of neural networks and basic algorithms for training them such as stochastic gradient descent).*“ Předpoklad, že čtenář (v tomto případě

oponent) je zběhlý v těchto oblastech, samozřejmě uchazeč uvést může, avšak i tak by mělo být z práce jasné, jak použitá metoda funguje. V předložené práci tedy vidíme spíše aplikaci balíčku na konkrétní problém, než abychom se dozvěděli podstatu aplikovaného algoritmu. Architektura neuronových sítí stejně tak variant algoritmu stochastického gradientu existuje velmi mnoho. Ty se liší předpoklady, typem konvergence, zastavovacím kritériem apod. V žádném případě není cílem práce poskytnout ucelený přehled, ale myslím, že by bylo více než vhodné popsat zvolenou metodu více do detailu, případně ji i kriticky zhodnotit.

2. Popis vícestupňové úlohy na stranách 6 a 7 mi přijde nedotažený. Například jsou zavedeny obecné náhodné množiny přípustných řešení, avšak v lineárním případě už je značení značně zjednodušeno. V definici 1.2.4 není zřejmé, co se myslí pod „implicitními podmínkami neanticipativnosti“.
3. Strana 19, Lemma 1. Pokud jsem někde nepřehlédl předpoklad absolutně spojitého rozdělení, pak bod 2. není pravdivý. Obecně je value at risk pouze levou hranicí intervalu, ve kterém je nabyto minimum.
4. Strana 21. Vztah pro relativní výnos opomíjí výplatu dividendy.
5. Str. 30. Není mi jasné, zda je funkce „clip“ všude diferencovatelná. Pokud není, není třeba používat spíše subgradientní algoritmus?
6. K aplikaci algoritmu mám dvě otázky:
 - a. Proč se jako prediktory nevyužívají korelace?
 - b. Nebylo by vhodnější „odměnu“ počítat z out-of-sample pozorování? Takto mi přijde, že zde vzniká poměrně velká závislost na daném výběru a je silně omezena možnost zobecnění dané topologie.
7. Strana 37: Formulaci úlohy pro „moment-matching“ není třeba opakovat, je již v části 1.2.5.
8. V numerické studii řešíte jeden typ vícestupňové investiční úlohy. Do jaké míry myslíte jsou výsledky stran „optimální topologie stromů“ zobecnitelné i na jiný typ vícestupňové úlohy?
9. Až na závěr kapitoly s numerickými výsledky se čtenář dočte, že trénování modelů zabralo více než den na běžném PC. Neuvažovali jste o využití cloudu, případně využití jiného algoritmu učení?

Závěr

Práci doporučuji uznat jako diplomovou.

V Praze dne 13. 5. 2023

Doc. RNDr. Martin Branda, Ph.D.

Univerzita Karlova

Matematicko-fyzikální fakulta

Katedra pravděpodobnosti a matematické statistiky