



EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

*Fakulta hospodárskej informatiky
Katedra účtovníctva a audítorstva*



Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava

Bratislava, 29. 5. 2021

OPONENTSKÝ POSUDOK

- Meno autora:** Vrbka Jaromír; Ing., MBA, PhD.
- Názov práce:** Využití neuronových sítí při ocenění dluhopisů vybraných společností
- Meno oponenta:** Tumpach Miloš; prof. Ing. PhD.
- Pracovisko oponenta:** Katedra účtovníctva a audítorstva,
Ekonomická univerzita v Bratislave

Charakteristika práce

Práca reprezentuje ucelenú koncepciu riešenia problematiky oceňovania dlhopisov na báze využitia modelu vychádzajúceho z aplikácie umelých neurónových sietí. Autor pri jej spracovaní zvolil pomerne široký prístup, ktorý sa prejavil nielen v rozsahu počtu strán, ale predovšetkým (pozitívne) v kvalite práce. Na rozdiel od modulárne orientovaných prác, ktoré sú orientované na koncovú fázu riešenia problému, je toto dielo orientované komplexne. To sa prejavuje (nielen) na vskutku impozantnej časti venovanej prehľadu súčasného stavu poznania, ktorá sa venuje problematike dlhopisov, finančnej analýzy či aplikácie umelých neurónových sietí v ekonomickom prostredí. Tu by som však mal návrh (ak by sa autor rozhodol habilitačnú prácu vydať knižne), aby sa uvedená časť predsa len možno zúžila iba na prienik uvedených oblastí a to v záujme zachovania (chronologickej) prehľadnosti – a to napriek tomu, že práve meta charakter tejto časti práce môže viesť ako vhodný štartovací bod a to nielen pre nadväzujúce či výskumy. Komplexný charakter práce sa prejavuje aj v tom, že sa snaží k riešeniu problematiky oceňovania dlhopisov pristupovať z pohľadu zohľadnenia všetkých relevantných faktorov, bez ohľadu na to, či majú endogénny alebo exogénny charakter – a to v logickej postupnosti, od cez komplexného hodnotenie podniku, finančnú analýzu, strategickú analýzu, analýzu trhu a stanovenie diskontnej sadzby až po samotné oceňovanie dlhopisu.

Z hľadiska samotnej aplikácie neurónových sietí práca zohľadňuje možnosť rôzneho nastavenia hyperparametrov, čo môže (a v danom prípade aj vedie) k rôznej predikčnej sile a teda aj

relevantnosti modelu. To považujem za silný prvok práce, aj keď aj v tomto prípade by som sa prihovárал za kompaktnejšiu podobu textu, keď že viaceré riešenia sa líšia marginálne (hoci s významne rozdielnymi výsledkami). Samotné riešenie prístupu k oceňovaniu považujem za svojim spôsobom unikátny počin.

Aktuálnosť témy

Téma práce sa dá bezo sporu považovať za veľmi aktuálnu a to dokonca z viacerých aspektov. *Prvým* z nich je narastajúci priamy význam finančných nástrojov tak na strane emitentov, ako aj ich držiteľov a obchodníkov. Práca sa síce primárne venuje iba jednej skupine týchto nástrojov, konkrétne dlhovým cenným papierom, ale to nič nemení na fakte, že aj tieto majú nielen potenciál, ale aj reálne ovplyvňujú finančnú situáciu uvedených subjektov, často dokonca aj vo viac ako podstatnej miere. Hoci je ich oceňovanie o niečo jednoduchšie než je tomu u v prípade majetkových cenných papierov (s podstatne neistejšími peňažnými tokmi) či dokonca derivátov, neznamená to, že ide vždy o jednoduchý proces. Tomu nasvedčuje i spomínaná rozsiahla rešerš dostupnej literatúry, ktorá dokumentuje široký diapazón problémov a nových výziev, ktoré sa v tejto oblasti objavujú. *Druhý* význam by som videl v previazanosti parametrov ktoré ovplyvňujú výnosnosť dlhopisov s faktormi, ktoré majú nezanedbateľný vplyv na celkové ekonomické prostredie. To znamená, že predikcia týchto parametrov umožňuje do určitej (hoci iba v obmedzenej miere) simulovať zmeny tohto prostredia a následne aj ich možné dopady na mikroekonomické prostredie podniku (a nemusí to byť iba reálny emitent dlhopisovo). To, že sa to na tejto úrovni deje je dokumentované celým radom faktorov, z oblasti ktorá je mi bližšia spomeniem napríklad ustanovenie medzinárodného účtovného štandardu IAS 19, ktorý vyžaduje diskontovanie záväzkov z dôchodkových programov s definovanými požitkami na základe anticipovanej výnosnosti vysokokvalitných podnikových dlhopisov s vysokou mierou likvidity. *Tretím* aspektom je samotné uplatnenie neurónových sietí pri riešení problémov, ktoré nie je možné jednoducho opísať prostredníctvom matematických funkcií či ich sústav bez toho, aby bolo potrebné siahnuť k uplatneniu predpokladov, ktoré ale celkovo obmedzujú ich využiteľnosť v reálnej praxi (a to je prevažná väčšina ekonomických javov ktoré sa dejú na iných miestach než na stránkach učebníc). Hoci koncepcia neurónových sietí nie je vôbec nová, nedá sa povedať že by bola predstavovala uzavretú a dobre zmapovanú oblasť, dokonca to neplatí ani v prípade notoricky známych ekonomických problémov. Z tohto pohľadu je každá práca ktorá nie je replikáciou neoriginálnych riešení výsostne aktuálna – ta to platí v plnej miere aj o práci ku ktorej sa vzťahuje tento posudok.

Posúdenie cieľa práce

Ciel práce je na s. 68 (2. kapitola) vymedzený takto: „*cílem práce je ocenit správně dluhopisy na příkladu konkrétní společnosti. Při ocenění budou využity v případě, kde to bude možné a smysluplné, umělé neuronové sítě*“. Na tento cieľ potom nadväzujú čiastkové ciele práce, ktoré sú v tej iste časti definované nasledovne: „*1. Provést finanční analýzu podniku. Její součástí bude komplexní metoda hodnocení podniku postavená na neuronových sítích. 2. Provést strategickou analýzu (vybrané metody). 3. Provést analýzu trhu. 4. Stanovit diskontní sazbu pro stanovení časové hodnoty dluhopisů. 5. Ocenit dluhopis k vybranému datu*“. Hoci je pravda že prvotný cieľ ako keby implicitne predpokladal, že umelé neurónové siete budú iba jedným z mnohých riešení („*kde to bude možné a smysluplné*“), čo by bolo mierne v rozpore s témou „*Využití neuronových sítí při ocenění dluhopisů vybraných společností*“, z podstaty čiastkových cieľov a vlastne aj postupov riešenia je zrejmé, že tieto obavy nemajú opodstatnenie.

Osobne (ale je to iba môj osobný názor) nie som priaznivcom formálneho vymedzovania čiastkových cieľov a to preto že často nie je jednoduché dosiahnuť to, aby čiastkové ciele sa nevymykali rámcu vymedzenému témou a hlavnými cieľom. V takom prípade vzniká riziko a (a nezriedka sa to tak aj deje), že sa autori viac sústreďujú na čiastkové ciele než na hlavný cieľ. V tomto prípade sú však jednotlivé etapy riešenia (uvádzané ako čiastkové ciele) volené v rámci mantinelov vymedzených témou práce a ideou hlavného cieľa a to tak, aby bol metodicky dokumentovaný postup tvorby oceňovacieho modelu od posúdenia fundamentálnych ekonomických faktorov emitenta až po verifikáciu výsledkov s využitím reálnych dát.

Použité metody

Pri spracovaní habilitačnej práce sa vychádza z aplikácie prístupov ktoré sú výsledkom posúdenia súčasného stavu poznania a verifikácie ich relevantnosti na reálnych dátach. Hoci sa použitým metódam venujem aj na iných miestach tohto posudku je na mieste osobitne konštatovať že boli zvolené logicky tak, aby výsledkom bolo dosiahnutie cieľa, čo sa autorovi vo vrchovatej miere aj podarilo. Autor vychádza zo zaujímavej myšlienky, ktorej realizácia spočíva v stanovení diskontnej sadzby dlhopisu predikciu bezrizikovej úrokovej miery a spreadu, v oboch príkladoch s využitím troch topológií umelých neurónových sietí (MLP ANN, ANN s GRL vrstvou, ANN s LSTM vrstvou) a následným určením hodnoty dlhopisu na základe súčasnej hodnoty anticipovaných peňažných tokov.

Výsledky výskumu

Dosiahnuté výsledky sú v práci uvádzané v rámci kapitoly 5 (obsahujúcu technickú časť výsledkov) a kapitoly 6 (obsahujúcej ich rámcové zhrnutie). Ako som už uviedol

v predchádzajúcich častiach posudku, výsledky práce sú teoreticky dobre podložené a (s ohľadom obmedzenia ku ktorým patrí množstvo záznamov v danom odvetví) majú aj zodpovedajúcu vypovedaciu schopnosť. Stratová funkcia síce poukazuje na to, že vypovedacia schopnosť síce nezodpovedá maximálnym hodnotám ktoré sú pomerne prítomné v literatúre, na druhej strane ide o výsledky ktoré sú bližšie k realite a je možné dosiahnuť ich parciálne zlepšenie napríklad zvýšením rozsahu skúmaných dát, ak sa model použije v inom odvetví než aký bol použitý pri jeho konštrukcii.

Význam pre prax

Hoci v svojom posudku uvádzam aj niektoré námety či inšpirácie (zdráham sa ich, kvôli ich rozsahu či zamerania, označiť za výhrady) neznamena to vôbec, že práca by musela hľadať dlhú cestu pri svojom uplatnení v praxi. V prvom rade, ak hovoríme o akademickom prostredí, je bez debaty, že svojim širokým záberom môže slúžiť ako metaanalýza a teda ako východiskový bod pre ďalší výskum tak v oblasti dlhopisov, finančnej analýzy, aplikácie neurónových sietí v oblasti ekonómie (a manažmentu) a zároveň aj ich možným kombináciám. V prípade hospodárskej praxe je zase možné využiť praktické závery ku ktorým autor dospel. Iste, využitie neurónových sietí je do istej miery „black box“ riešenie a úprava hyperparametrov, topológie, resp. zmena vstupov môže zásadným spôsobom zmeniť výsledky, ale to je skôr potrebné vnímať ako určitú výzvu. Navyše, autor si bol sám vedomý prípadného rizika a preto veľmi rigorózne pristupoval k overovaniu funkčnosti navrhovaných riešení aj pri simulovaní zmeny uvedených parametrov (a aj tomu možno pričítať pomernú rozsiahlosť predkladanej práce). Na rozdiel od iných typov prác, ktorých výsledkom sú riešenia v podobne komplexných matematických modelov, často pomerne obtiažne využiteľných v praxi (s ohľadom na inherentné obmedzujúce predpoklady pri ich tvorbe a súčasne aj obmedzenia pri interpretácii aparátu týchto modelov bežnými riadiacimi pracovníkmi) je predložená habilitačná práca orientovaná aplikačne, čo jej použiteľnosť zásadným spôsobom zvyšuje. Osobitný prínos vidím predovšetkým tam (a konštatuje to na s. 397 aj autor práce) kde ide oceňovanie dlhopisov ktoré nie sú verejne obchodovateľné či dlhopisov, ktorých hodnota sa nedá odvodiť na základe porovnateľných cenných papierov.

Formálna úprava práce

V práci sa vyskytujú niektoré typografické chyby ktoré vznikli pravdepodobne pri neskorších úpravách (napr. na strane 171, 202 a 248 sa objavuje chybová hláška o nenájdení zdroja odkazu, na s. 25 sa nachádza bodka za počtom amerických a výrobných firiem, nadpis uvádzaný ako bežný text na s. 53, označenie „Waveletové transformácie“ namiesto správneho

„waveletové transformáci“. Okrem toho, z čisto formálneho hľadiska sa mi javí podkapitola 4.2. ako pomerne krátka a to vzhľadom k faktu, že je v rozsahu jedného odseku a troch viet.

Na druhej strane je však treba spomenúť, že práca v takomto rozsahu ani nemôže byť prostá určitých chybičiek, ktoré však v žiadnom prípade neznižujú hodnotu práce, jej prínosy či jej využiteľnosť v akademickom ale i odbornom prostredí.

S výnimkou týchto, vyššie uvedených výhrad je možné skonštatovať, že formálna úprava práce zodpovedá všeobecným zvyklostiam ako i požiadavkám predpokladaným pri tomto type kvalifikačných prác.


Otázky do diskusie

Na s. 83 práce uvádzate, že budete pracovať s údajmi o 2 500 podnikoch ktoré sú aktívne a 2 500 podnikoch, ktoré sú v likvidácii, pričom tento počet je výsledkom úprav pôvodného súboru. Predpokladám však že nešlo iba o uvádzané úpravy a že okrem úprav uvádzaných na s. 82 muselo prísť ešte k dodatočnému výberu. Tento svoj poznatok opieram o fakt, že je veľmi nepravdepodobné aby výsledok úprav bolo presne okružle číslo (5 000; teda $2 \times 2\,500$) a predovšetkým o veľmi nerealistickú prezentáciu počtu subjektov v likvidácii. Neproporcionálne zastúpenie podnikov v likvidácii síce vedie k vyššej schopnosti detekcie, na druhej strane je však silne spojené s možnosťou pretrénovania. Z tohto pohľadu sa zdá byť určitým riešením (a nie nutne iba v kontexte problematiky uvádzanej na s. 83) použitie niektorej z techník *undersampling* resp. *oversampling*. Moja otázka sa teda týka toho, či je možné práve pomer 1:1 medzi aktívnymi podnikmi a podnikmi v likvidácii vnímať ako problém a ak áno, ak by ste ho navrhovali riešiť?

2. Na s. 85, 87, 89, 100, 102, 109, 111 sa uvádza náhodný výber aktivačnej funkcie. Hoci prvok náhodnosti môže v svojej podstate zohrať viesť ku *zvýšeniu* predikčnej sily modelu (ako k tomu dochádza pri metóde *random forests* či pri využití *súborov sietí*) môže súčasne vzniknúť riziko, že výsledky budú silne závislé od tohto výberu. Aký postup by ste zvolili k tomu, aby ste využili potenciál zvýšenej efektivity ale súčasne udržali vyššie spomenuté riziko na primeranej úrovni?

Záver

Predloženú habilitačnú prácu odporúčam na obhajobu a v prípade úspešného habilitačného konania odporúčam aby bol Ing. Jaromíru Vrbkovi, MBA, PhD. udelený vedecko-pedagogický titul docent v odbore Podniková ekonomika a management.


prof. Ing. Miloš Tumpach, PhD.
vedúci Katedry účtovníctva a audítorstva