

Oponentní posudek **disertační práce Ing. et Ing. Zuzany Jankové**

Název disertační práce: *EXPERTNÍ SYSTÉM PRO ROZHODOVÁNÍ NA AKCIOVÝCH TRZÍCH S VYUŽITÍM SENTIMENTU INVESTORŮ*

Tento posudek disertační práce hodnotí aktuálnost tématu, definování a splnění výzkumných cílů, zvolený postup řešení a výsledky výzkumu s důrazem na jejich přínosy pro rozvoj vědního oboru a praxe. Neoddělitelnou součástí hodnocení je formální a jazyková úroveň práce a také její struktura.

Aktuálnost tématu disertační práce

Roli finančního trhu, specificky pak predikci vývoje cen akcií v závislosti na sentimentu investorů, náleží v ekonomické teorii stejně jako praxi neoddiskutovatelné postavení. To dokládá mj. zvyšující se počet vědeckých publikací, které se na otázku zmapování širokého spektra determinantů sentimentu investorů a akciových kurzů koncentrují, ve zvýšené míře pak zejména od 80. let 20. století v kontextu rozvoje nových informačních technologií. Tvorbu modelu expertního systému pro podporu investičního rozhodování reflektujícího sentiment investorů tak považují za tematickou oblast vysoce aktuální s potenciálem relevantních přínosů pro rozvoj vědního oboru i praktických aplikací.

Teoretická východiska disertační práce, práce s literaturou

Autorka se opírá o rozsáhlou literární rešerši zahrnující relevantní vědecké monografie a články indexované v databázích Web of Science, Scopus, aj., což zaručuje, že současná úroveň poznání řešeného tématu vychází z relevantních a aktuálních zdrojů.

Teoretický přehled považují z hlediska vymezeného cíle disertační práce za vhodně strukturovaný a obsahově konzistentní.

V kapitole 1 „Teoretické pozadí disertační práce“ autorka vymezuje použitou terminologii, specifikuje výchozí teorie (hypotéza efektivních trhů, behaviorální finance) a v neposlední řadě se zabývá otázkami analýzy a těžby textu a analýzy sentimentu. V souladu s očekáváními jsou na základě rozsáhlé literární rešerše rozpracovány definice sentimentu, klasifikace sentimentu a úroveň analýzy sentimentu vč. přístupů k analýze sentimentu (viz obr. 1.7 na str. 50). Oceňuji zpracování tabulky 1.3 (str. 56), která je přehledem výhod a nevýhod algoritmů strojového učení. Kapitola 1.4 přibližuje současnou úroveň poznání expertních systémů. Kladně lze hodnotit zejména komplexní vymezení termínu fuzzy logika s tím, že se autorka následně soustředí na kritické zhodnocení fuzzy množin typu 1 a fuzzy množin typu 2, viz mj. obr. 1.10 a 1.12. Kapitola 1 uzavírá zhodnocení evaluačních metrik (kap. 1.4.3, str. 68), které jsou nezbytné z hlediska správné klasifikace sentimentu, resp. vyhodnocení výkonnosti predikčních modelů. Autorka opět na základě relevantní literatury systematicky vysvětluje matici záměn, jejíž metodický koncept je relevantních z hlediska navazujícího výzkumu.

Neméně systematický ke zmapování současné úrovně poznání je přístup ke zpracování kapitoly 2 „Kritický přezkum současného stavu vědeckého poznání“. Autorka klade důraz na výzkumy prezentované klíčovými autory v dané výzkumné oblasti, konkrétněji na zmapování výzkumných otázek, datovou základnu, metodické postupy a výzkumné výsledky a závěry. Bibliometrická analýza je zpracována na vysoké odborné úrovni s využitím relevantních databází (Web of Science a Scopus) a programu VOSViewer (verze 1.6.15), který je určen pro vyobrazení a interpretaci bibliografických map. Za zmínku stojí výstupy v podobě bibliometrické analýzy klíčových slov (obr. 2.3, str. 74), bibliometrické analýzy kocitací časopisů (obr. 2.4, str. 76), nebo bibliometrické analýzy kocitací dokumentů (obr. 2.5, str. 77).

Postup ke zpracování obsahové analýzy relevantních vědeckých textů je patrný ze schématu 2.6 (str. 79). Kapitola 2.2.5 „Hlavní zjištění, limity a výzvy současných studií“ syntetizuje současnou úroveň poznání a z metodického hlediska správně ústí ve formulaci výzkumných otázek a výzkumných hypotéz.

Souhrnně je možné konstatovat, že předloženou obsahovou analýzu všech klíčových studií a jejich vzájemných vztahů lze považovat za velmi kvalitně zpracovanou. Z literární rešerše je patrné, co je o tématu disertační práce známo, a kde lze naopak spatřovat potenciál nových přínosů pro rozvoj vědního oboru a praxe. Identifikace „bílých míst“ v současné úrovni poznání je pak východiskem pro další směřování disertační práce.

Cíle disertační práce, postup jejich naplňování

Hlavním cílem disertační práce je „tvorba modelu expertního systému sloužícího pro podporu investičního rozhodování na akciových trzích s využitím sentimentu investorů extrahovaného z textových zpráv“. Na vymezení cíle hlavního navazuje definice cílů dílčích, jež jsou seřazeny v logické posloupnosti tak, aby naplnění hlavního cíle podporovaly. Výzkumný cíl stejně jako výzkumné otázky a hypotézy vycházejí z rozsáhlého literárního přehledu. Propojení cílů disertační práce s výzkumnými otázkami a hypotézami je znázorněno na obrázku 3.1 (str. 100).

Výsledky disertační práce lze spatřovat v kategorii „poznávacích“, jimiž je kritická analýza současné literatury, stejně jako „tvůrčích“ v podobě modelu expertního systému. Po zhodnocení předložených výsledků a všech metodických aspektů disertační práce mohou konstatovat, že autorka definovaný cíl disertační práce naplnila v plném rozsahu.

Zvolený postup řešení a použité metody

Obecný postup zpracování disertační práce vč. použitých metod je uveden v kapitole 3. Autorka pracuje systematicky a postupuje dle Saundersova modelu „výzkumné cibule“ (str. 104). Konkrétněji je schéma zpracování empirické části disertační práce představeno na obr. 4.1 (str. 118).

Charakter výzkumu je experimentální, neboť studie mapuje vztah mezi dvěma proměnnými, konkrétně sentimentem investorů a kurzem akciového indexu. Disertační práce je svým charakterem rovněž založena na kvantitativním výzkumném přístupu. Použitá data jsou buď strukturovaná, tedy jednoznačně měřitelná (vývoj akciových indexů), anebo nestrukturovaná, tedy textová (finanční on-line zprávy a příspěvky na sociálních sítích, které se váží k akciovému trhu). Pro zpracování dat jsou využity relevantní statistické metody a techniky fuzzy modelování (za účelem formulace rozhodovacího modelu). K vizualizaci výsledků slouží velký počet tabulek a grafů (v části výsledky).

Lze konstatovat, že autorka prokázala schopnost propojit výzkumný cíl s použitými metodami, které naplnění výzkumného cíle, resp. zodpovězení výzkumných otázek, podporují. Je pouze otázkou, zdali některé části zahrnuté do kapitoly 4 (Výzkumné výsledky) neměly být součástí metodické části disertační práce (např. popis použitých dat a způsob jejich zpracování, viz kap. 4.1.1, str. 119).

Výzkumné výsledky

Kapitola 4 prezentuje výsledky disertační práce, tedy naplnění výzkumných cílů a zodpovězení výzkumných otázek.

V podkapitole 4.1 se autorka soustředí na explorační analýzu vstupních dat, tedy na analýzu dat tržních a textových. Volba zdrojů dat (Finance Yahoo, Kaggle) je řádně odůvodněna, stejně jako technika a nástroje jejich vyhodnocení (MATLAB, Text Analytics Toolbox™). Za

pozornost stojí mj. analýza přístupů k extrakci sentiment investorů ze zpravodajských serverů, nebo např. v prostředí StockTwits,

Podkapitola 4.2 se soustředí na zpracování textových dat z nestrukturované podoby do podoby strukturované. Autorka se opět systematicky věnuje technikám předzpracování textových zdrojů, aby v navazující části 4.3 přistoupila k samotné analýze sentimentu. Tato je založena na „hybridním přístupu“, který kombinuje „metody strojového učení a slovníkový přístup založený na negativních a pozitivních slovech“. Podkapitola 4.4 se koncentruje na analýzu vlivu sentimentu investorů na akciový index S&P500. Autorčinu schopnost korektně vyhodnotit a interpretovat výzkumné výsledky potvrzuje mj. obr. 4.15 (str. 164), který zkoumá vliv sentimentu na akciové trhy. To stejné lze říci o navazující predikci změn akciových kurzů, kterému předchází analýza kointegrace, kauzality a lead or lag efektu sentimentu (str. 147 a dále). Za upozornění jistě stojí aplikace vlnkové koherence k identifikaci vzájemných pohybů mezi finanční časovou řadou, neboť tato, jak autorka správně podotýká, poskytuje hlubší pohled na vzájemnou souvislost časových řad na různých frekvencích a interakce v čase a napříč časovými měřítky. Tato analýza přináší cenné poznatky např. o tom, do jaké míry sentiment investorů určuje pohyby na akciovém trhu, nebo, jak silný je sentiment investorů v období „medvědího trhu“, a v jakém časovém horizontu na trh působí.

Samotné tvorbě expertního modelu založeného na type-2 fuzzy logice je věnována kapitola 4.5. Stejně jako v analytické části prezentované výsledky, přispívá rovněž návrhová část disertační práce k naplnění definovaného cíle disertační práce, její výstupy jsou svým charakterem nové a dosažené s využitím pro účely práce inovovaných metodických postupů. Celkově je formulováno a testováno pět type-2 fuzzy modelů pro každý typ členské funkce, a těmto jsou navíc přiřazeny jednodušší protějšky v podobě type-1 fuzzy modelů. Praktické využití vytvořeného expertního modelu je v souladu s požadavky demonstrováno v rámci kapitoly 4.5.2, aby následně došlo k využití poznatků při formulaci investiční strategie (kap. 4.5.3). Z vědeckého hlediska za neméně přínosnou považuji podkapitolu 4.6, ve které je předkládaný model komparován s výsledky aplikace alternativních metodických přístupů, konkrétně pak s modely rozhodovacích stromů, SVM, k-nejbližších sousedů, neuronových sítí a naivního Bayese. Výsledky kalkulací jsou za tímto účelem podrobně referovány v tabulkách 4.24 až 4.27.

Diskuse

Část „Diskuse“ předložené disertační práce se odehrává ve třech rovinách.

Tou první je shrnutí výsledků sekundárního výzkumu (5.1.1). Přínosem této kapitoly je nepopíratelně opětovné zhodnocení současné úrovně poznání. Stojí k zamyšlení, zda má být tento text svým charakterem součástí „diskuse“, neboť tato by měla interpretovat původní výzkumné výsledky a následně je komparovat s předchozím výzkumem.

Naproti tomu podkapitola 5.1.2 diskutuje nepopíratelně je. Autorka detailně výzkumné výsledky identifikuje a plně se soustředí na zodpovězení otázky, jak tyto přispívají k zaplnění „bílých míst“ v současné úrovni poznání. Stejný přístup je pak zvolen ve vztahu k zodpovězení výzkumných otázek a výsledkům vyplývajícím z testování výzkumných hypotéz (5.1.3).

Za velmi cenné považuji zařazení podkapitol 5.2 a 5.3 do kontextu kapitoly 5, které se věnují jednak limitům provedeného výzkumu a dále pak námětům pro další výzkumnou práci. Okruh oblastí, na které se chce autorka v budoucnu zaměřit, lze bezesporu považovat za velmi perspektivní.

Formální stránka disertační práce

Disertační práce je zpracována systematicky, její strukturování je v souladu s požadavky kladenými na tento typ odborných klasifikačních prací. Orientaci v textu usnadňuje vhodné členění kapitol i podkapitol stejně jako samostatná podkapitola „Logická struktura disertační práce“ (str. 24 a 25) doplněná schématem „Konceptuální schéma disertační práce“ na str. 26. Autorka používá odpovídající odborné názvosloví. Z hlediska formálních náležitostí a jazykové úrovně předložená disertační práce rovněž splňuje požadované standardy.

Otázky

1. Vedle globálních sociálních sítí, primárně v anglické jazykové verzi, lze zaznamenat růst významu lokálních sítí, jejichž vliv na chování investorů roste vzhledem ke kontinuálnímu posilování významu zejména asijských ekonomik. V jaké podobě může nastíněný vývoj ovlivnit výsledky předkládané v této disertační práci, resp. další výzkumné směry v dané oblasti?
2. V kapitole 6.2 jsou zmiňovány přínosy pro praxi. Zvažuje nebo zvažovala autorka možnost nabídnout výzkumné poznatky některé z profesionálních investičních společností, např. v rámci projektů smluvního výzkumu?

Závěr

V předložené disertační práci autorka prokázala schopnost samostatné vědecké práce, tj. zejména schopnost kritického myšlení, aplikace vědeckého přístupu a jazykového vyjadřování. Hlavní cíl je formulován zdařile a je konzistentní s cíli dílčími. Předložené výsledky přispívají k lepšímu poznání expertních systémů sloužících pro podporu investičního rozhodování na akciových trzích s využitím sentimentu investorů extrahovaného z textových zpráv. V tomto směru nelze autorce než doporučit, aby v rozvoji tématu dále pokračovala a vědeckou i odbornou veřejnost v budoucnu seznamovala s novými výsledky. Vzpomenout je nutno i možnosti využití výzkumných výsledků v oblasti pedagogické, zejména pak v rámci předmětů zaměřených na finanční trhy a využití umělé inteligence.

Na základě výše uvedených skutečností konstatuji, že disertační práce splňuje požadavky dle § 47 odst. 4 zákona č. 11/1998 Sb., o vysokých školách v aktuálním znění. **Studentka prokázala tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu, a proto**

doporučuji

předloženou disertační práci k obhajobě a po úspěšném obhájení udělit Ing. et Ing. Zuzaně Jankové titul „Ph.D.“ ve studijním programu „Ekonomika a management“.

V Brně dne 15. října 2021

doc. Ing. Marek Zinecker, Ph.D.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská