

**VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ
Fakulta financí a účetnictví
Praha**

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

k získání akademického titulu doktor v oboru

Finance a účetnictví

Název práce :

Pricing and modeling credit risk

Disertant: Ing. Marek Kolman

Školitel: prof. RNDr. Jiří Witzany, Ph.D.

**Oponent disertační práce : doc. RNDr. Ing. Ladislav Lukáš, CSc.
ZČU v Plzni, FEK, KEM**

Posudek předán: 2017-03-02 ve třech výtiscích

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Pricing and modeling credit risk

Autor: Ing. Marek Kolman

Úvodem svého oponentního posudku musím poznamenat, že předložená disertační práce na mě silně zapůsobila, a to nejen zvolenou odborně velmi náročnou problematikou, kterou zpracovává – oceňování a modelování kreditního rizika, ale též i po dokonalé formální stránce.

Autor svou práci rozčlenil do čtyř velkých kapitol, nazvaných trochu netradičně – částí, které jsou navzájem logicky i funkčně propojeny. Text je ještě doplněn stručným úvodem a závěrem, a též pěti přílohami, z nichž zejména třetí, věnovaná konstrukci diferenčních schémat pro numerické řešení parciálních diferenciálních rovnic (PDR), má i samostatný význam. Část I představuje teoretický aparát, především ty partie stochastické analýzy, které se využívají v teorii oceňování finančních derivátů v rámci arbitrážní metodologie. Velká pozornost je věnována Feynman-Kacově teorému, který je v práci zásadně používán k odvozování různých PDR ocenění uvažovaných finančních derivátů. Každá z následujících částí práce, tedy Část II, III a IV, představuje, podle mého názoru, vždy velmi fundovanou analýzu a řešení jasně zvoleného okruhu dílčích úloh, které obecně spadají do širokého rámce problémů spojených s kreditním rizikem. Část II diskutuje jednotný rámec tvorby modelů, jejichž cílem je vystižení hodnoty firmy, při snaze posouzení kreditního rizika možného úpadku, pomocí změn ve struktuře a hodnotách účetních reportů, především peněžních toků a rozvahy. Centrálním pojmem je hypoteticky předpokládaný stochastický proces vyjadřující hodnotu vlastního kapitálu firmy. Úpadkem firmy, stručně řečeno, je míněn okamžik, kdy tento proces vlastního kapitálu narazí na zadanou bariéru. Rigorózním rozpracováním těchto myšlenek s užitím procesu kumulativního peněžního toku, procesu úpadku a dividendového procesu autor dochází nejprve k pravděpodobnostně formulovanému rizikově neutrálnímu ocenění hodnoty firmy, které je pak následně pomocí zmíněného Feynman-Kacova teorému převedeno na fundamentální PDR ocenění firmy s terminální podmínkou při obecném uvažování úrokové míry reprezentované rovněž stochastickým procesem. Část III je nejobsáhlejší, a je věnována tvorbě tzv. redukovaných (reduced-form) modelů. Na rozdíl od předchozích modelů, které jsou též nazývány strukturními modely, se u nich předpokládá, že úpadek může nastat neočekávaně náhle, a proto centrálním pojmem je hazardní funkce, resp. kumulovaná hazardní funkce, obě samozřejmě definované pravděpodobnostně, tj. ve tvaru stochastických procesů. Podstatnou roli v odpovídajícím pravděpodobnostním rámci hrají i filtrace. V zásadě se předpokládá, že tzv. kombinovaný informační tok, který figuruje v hazardní funkci je vyjádřen disjunkcí dvou filtrací, jmenovitě kreditního informačního toku a toku tržních informací. Hlavním výsledkem této části je opět fundamentální PDR ocenění relativně široké třídy finančních derivátů, z nichž za aplikačně nejdůležitější jsou uvedeny – i) oceňování CDS (Credit Default Swap) produktů, ii) vyčíslení kreditního rizika protistrany u podmíněného kontraktu. Vysoce oceňuji, že tento aparát byl použit i pro několik konkrétních úloh ocenění, především s využitím temperovaného CIR procesu pro stochastickou míru hazardu, a numerické výsledky jsou náležitě diskutovány. Jmenovitě jde o ocenění korporátního bondu, dále ocenění kreditního rizika protistrany v kontraktu typu IRS (Internal Revenue Service), a konečně i kalibraci a oceňování CDS opcí. Část III však obsahuje ještě i další důležité

úlohy a výsledky. Jde především o zobecnění modelů pro oceňování produktů, u nichž dynamika podkladového aktiva zahrnuje kromě klasického Itóova procesu i skoky reprezentované Poissonovým procesem. V tomto případě autor ukazuje, že fundamentální rovnice pro oceňování je typu PIDR (parciální integro-diferenciální rovnice). A konečně i použití binomických stromů, v rámci moderní tzv. JT (Jarrow-Turnbull) metodologie. Tato partie je zpracována až do velkých detailů numerických realizací těchto diskrétních algoritmů pro řešení úloh oceňování derivátových kontraktů, a to včetně řešení několika ilustračních úloh. Konečně, závěrečná Část IV, je věnována třídě úloh a problémů spojených s analýzou rizika portfolia dluhových instrumentů, třídy tzv. CDO (Collateralized Debt Obligation) – zajištěných dluhových obligací. Nejprve je popsán mechanismus fungování trhu s CDO a následně je představen aparát pro oceňování těchto produktů včetně podmínek, které musí splňovat jednotlivé tranše. Pozornost je věnována tzv. bottom-up jedno-faktorovému přístupu, který předpokládá existenci jistého obecného ekonomického faktoru, který ovlivňuje zdraví všech úvěrů v uvažovaném koši. Rozhodujícím krokem je pravděpodobnostní formulace očekávané ztráty nominální hodnoty úvěrového portfolia uvažované tranše. Důležitou roli hraje momentová vytvářející funkce, která je využita k výpočtům charakteristik pravděpodobnostního rozdělení ztrát. Vhodným způsobem je zde využít algoritmus FFT (Fast Fourier Transform) a inverzní FFT, které se ukazují být numericky velmi efektivní. Vlastním výsledkem autora práce je systematické zpracování a srovnání různých metodologií oceňování CDO produktů založenými na použití kopulí eliptického typu, a zejména zpracování součinnové kopule s oběma složkami ve tvaru Studentova rozdělení s příslušnými stupni volnosti, které umožňují ovlivňovat chvostové chování sdružené distribuční funkce ztrát. Výsledky, které autor získal touto metodou, jsou v dobré shodě s obdobnými pořízenými metodologií CreditRisk⁺. V práci pak následuje Závěr, kde jsou stručně shrnuty výsledky, a následuje pět Příloh, které v jistých podrobnostech doplňují hlavní text. Zvláště vyzdvihují již jednou zmíněnou Přílohu C věnovanou diferenčním metodám numerického řešení PDR.

Práce je napsána v angličtině, podle mého názoru, dobré odborné angličtině, což bylo jistě usnadněno tím, že naprostá většina použité literatury je právě v angličtině. V angličtině je i Abstrakt, naopak v češtině chybí, což myslím je malý drobný nedostatek práce. Při podrobném čtení jsem vysoce hodnotil především precizní zápis mnohdy velmi složitých matematických vztahů a vzorců. O mimořádné pečlivosti, kterou autor práci věnoval, vedle této technické stránky svědčí i celá textová část. Tam jsem, myslím, objevil jen tři malé drobnosti, které považuji za tak malé, že je ani explicitně neuvádím.

V souhrnu, celou práci hodnotím jak typograficky tak i stylisticky za mimořádně kvalitně napsanou, a ještě jednou zdůrazním – odborně vysoce hodnotnou a velmi přitažlivou.

Shrnutí posudku

Návaznost práce na soudobé vědecké poznatky

Autor ve své práci výlučně vychází ze současného moderního a teoreticky značně náročného přístupu k problematice oceňování a modelování úloh spojených s kreditním rizikem, které se vyskytuje u derivátových kontraktů. Chvályhodné je, že každá část práce systematicky hned v úvodu formuluje hlavní záměr, který je pak nosný pro celý další text příslušné části. Poté, vždy následuje autorem zpracovaný dobrý přehled odpovídajících soudobých myšlenek a metod podepřený podrobnými referencemi zdrojů. V následujícím textu každé části, pak autor tyto myšlenky a metody dál

podrobně rozvíjí, doplňuje, či konkrétně využívá. Jedinou formální výtku, kterou bych zde měl, je ta, že si myslím, že i v těchto partiích by bývalo bylo vhodné uvést vždy jednotlivé konkrétní motivační myšlenky a zdroje, neboť bez nich velké partie práce mohou budít zkreslený dojem, že jsou všechny plně originálními výsledky autora. Naopak vysoce oceňuji uvedený přehled literatury, který obsahuje celkem 135 titulů. Jde vesměs o odborně vysoce kvalitní zdroje přímo související se zvoleným tématem, z nichž 132 je v angličtině a jen 3 v češtině. Podle mého soudu, autor dobře udělal, že se rozhodl práci napsat v angličtině, neboť česká odborná terminologie v oblasti oceňování a modelování kreditního rizika, nutno přiznat, není zcela ustálená a neustále se dynamicky vyvíjí právě pod vlivem angličtiny.

Formulace hypotéz a jejich testování

Práce nebyla koncipována tím obvyklým způsobem – formulovat H_0 a H_A , a následně z empirických dat usuzovat na přijetí či odmítnutí hypotézy.

Splnění vytyčeného cíle

Nesporná pravda je, že jde o práci mimořádně teoreticky náročnou. Cíle, které si autor stanovil a uvedl hned v úvodu, jsou takto i orientovány, a posuzuji je rovněž tímto prizmatem. Autor celou práci jasně soustředil na systematické zpracování současných metod oceňování a tvorby modelů kreditního rizika u různých derivátových kontraktů, a to aparátem, který je založen na hlubokých výsledcích stochastické analýzy i teorie parciálních diferenciálních rovnic, včetně jejich numerického řešení. Za významný výsledek a tím i vlastní autorův příspěvek k oblasti, také často nazývané matematické finance (mathematical finance), považuji jednak úspěšné propojení konceptů tvorby strukturních a redukováných modelů v oblasti oceňování firem, a zároveň i použití kopulí založených na Studentovo rozdělení pro oceňování CDO produktů a úvěrových portfolií. Z celkového pohledu považuji práci za velmi konzistentní, a po podrobném přečtení jsem získal jasný dojem – předložená disertační práce splnila plně všechny vytyčené cíle, včetně hlavního – seriózně přispět k moderním metodám oceňování a modelování kreditního rizika.

Původní řešení práce

Netestoval jsem práci pomocí žádného plagiátorství detekujícího programu. Původnost práce jsem posuzoval ze subjektivního pohledu oponenta, a jsem přesvědčen, že práce je původní. Všechny výpočty, které autor v práci uvádí, byly provedeny pomocí sw Matlab. Za pozitivní skutečnost považuji i to, že v práci jsou přiloženy i některé výpisy příslušných programových modulů, které autor sestavil, a tím i zvýšil atraktivitu své práce.

Shrnutí

Předložená disertační práce je logicky utříděná, přehledně zpracovaná a přináší nové vědecké poznatky ve vysoce aktuální problematice současných přístupů a metod oceňování a modelování kreditního rizika, a to i s četnými aplikacemi. Jde o mimořádně kvalitní práci. Jsem plně přesvědčen, že předložená disertační práce splnila všechny požadavky na ní ze zákona i studijních předpisů kladené.

Otázky a náměty k diskusi v rámci obhajoby

1. Na str. 66 v Poznámce uvádíte: „... v rámci redukováných modelů, obecně, doporučujeme použít celou PDR jako okrajovou podmínku ...“ – vysvětlíte podrobněji, co tím míníte.
2. Diskutujte výsledky uvedené v IV.2.7 a .8 z hlediska praktických zkušeností s provedenými numerickými výpočty, včetně časových nároků, přesnosti i použitelnosti jednotlivých algoritmů.

Vyjádření k návrhu na udělení vědecké hodnosti doktora v oboru finance

Práci *Pricing and modeling credit risk* doporučuji k obhajobě před příslušnou zkušební komisí pro obhajobu disertačních prací na Fakultě financí a účetnictví, VŠE v Praze. Zároveň doporučuji, aby v případě úspěšné obhajoby byl následně **Ing. Marku Kolmanovi** udělen titul doktor v oboru **finance a účetnictví**.

V Plzni 2017-03-02

doc. RNDr. Ing. Ladislav Lukáš, CSc.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická

Katedra ekonomie a kvantitativních metod