

ÚVĚROVÁ RIZIKA A JEJICH MEZISEKTOROVÝ PŘENOS POHLEDEM ANALÝZY PODMÍNĚNÝCH NÁROKŮ

Miroslav Plašil, Ivana Kubicová

Cílem článku je přispět k modelování průřezové dimenze systémového rizika. Nejdříve je zmapována síť finančních vazeb v české ekonomice, následně je představen model mezisektorového přenosu finanční nákazy. Na základě modelu jsou kvantifikovány důsledky dvou různých rizikových scénářů. Je demonstrováno, že v době zvýšeného finančního napětí mohou vzájemné expozice přispívat k zesilování důsledků negativních šoků. Jejich rozsah je závislý na tom, který sektor je šokem primárně postížen.

1. ÚVOD

Průběh finanční krize naznačil, že důsledky finančních turbulencí a jejich rozsah je možné plně kvantifikovat pouze v prostředí, ve kterém jsou kromě analýzy finančního zdraví jednotlivých prvků systému explicitně zkoumány také jejich vzájemné vztahy a interakce. Vzájemná finanční provázanost ekonomických subjektů představuje jeden ze zdrojů systémového rizika; zpravidla označovaného jako průřezová dimenze (blíže Fraité a Komárková, 2011). Analýza vazeb mezi ekonomickými sektory přispívá k lepšímu pochopení procesu šíření nákazy napříč ekonomikou a usnadňuje odhalení potenciálně zranitelných míst systému. Rostoucí síla vzájemných mezisektorových expozic na jedné straně vytváří infrastrukturu nutnou pro další finanční rozvoj a hospodářský růst, na druhé straně však může činit ekonomický systém zranitelnější, a to zejména v případě zvýšeného finančního napětí. Za nepříznivých podmínek zpravidla přispívají mezisektorové vazby k šíření nákazy uvnitř ekonomiky a vedou k zesilování primárních dopadů materializujících se rizik.

Cílem tohoto článku je popsat vlastnosti české ekonomiky z pohledu průřezové dimenze systémového rizika a představit formalizovaný přístup k modelování mezisektorové nákazy prostřednictvím finančních vazeb. K tomuto účelu je použit model navržený v práci Castrén a Kavonius (2009) a dále rozvedený v Silva (2010). Tento přístup kombinuje analýzu sítě finančních expozic se sektorovou analýzou podmíněných nároků (Contingent Claims Analysis; CCA), používanou k hodnocení úvěrového rizika. Přestože aplikace modelu vychází z několika významných zjednodušení (viz dále), jde o užitečný nástroj pro popis šíření prvotního šoku a kvantifikaci ekonomických dopadů na sektory, které byly šokem – ať již přímo či nepřímo – zasaženy.

Práce je rozdělena do tří částí: první část je věnována základní charakteristice české ekonomiky z hlediska mezisektorových finančních expozic, druhá část se zabývá popisem metody CCA a představuje model, na jehož základě jsou simulovány dopady různých typů negativních šoků. Závěrečná část shrnuje výsledky a krátce hodnotí omezení a vypovídací schopnost modelu.

2. FINANČNÍ VAZBY MEZI SEKTORY V ČESKÉ EKONOMICE

Ekonomické subjekty v rámci své činnosti vstupují do finančních vztahů s ostatními jednotkami, a vytvářejí tak síť finančních vazeb. Aby bylo možné její strukturu rozumně popsat, je nejdříve nutné síť poněkud zjednodušit a jednotky s obdobným typem ekonomického chování sdružit do větších celků – sektorů. Síť finančních vazeb mezi sektory je plně specifikována, pokud je známa velikost všech bilaterálních expozic mezi nimi. Pomocí maticového zápisu lze systém vazeb vyjádřit jako:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1s} \\ x_{21} & \ddots & \ddots & x_{2s} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{ss} \end{bmatrix}, \quad \sum_{j=1}^s x_{ij} = P_i \text{ a } \sum_{j=1}^s x_{ij} = A_j \quad (1)$$

kde prvky x_{ij} představují velikost expozice mezi dlužnickým sektorem i a sektorem věřitele j .¹ Řádkové součty P_i odpovídají hodnotě celkových závazků i -tého sektoru vůči všem věřitelským sektorům (strana pasiv) a sloupcové součty A_j odpovídají hodnotě celkových finančních aktiv j -tého sektoru bez ohledu na sektor dlužníka (strana aktiv). V dalším textu jsou uvažovány finanční vazby mezi osmi sektory, kterými jsou: centrální banka, měnové finanční

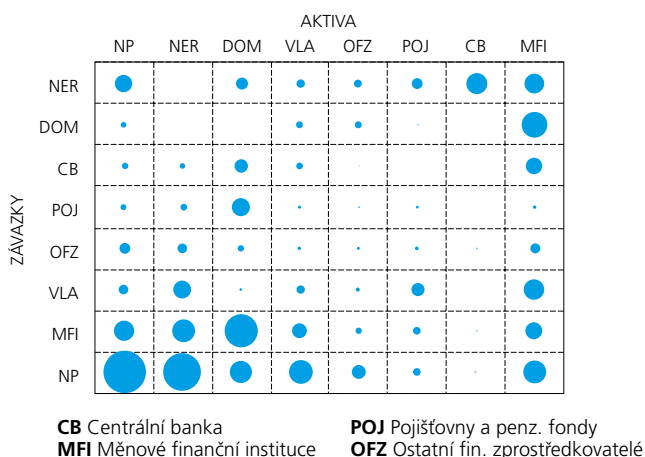
¹ Vztah mezi dvěma sektory není z hlediska finančních aktiv a závazků symetrický. Pokud jeden sektor je významným věřitelem jiného sektoru, neznamená to, že je ve stejné výši také jeho dlužníkem.

ÚVĚROVÁ RIZIKA A JEJICH MEZISEKTOROVÝ PŘENOS POHLEDEM ANALÝZY PODMÍNĚNÝCH NÁROKŮ

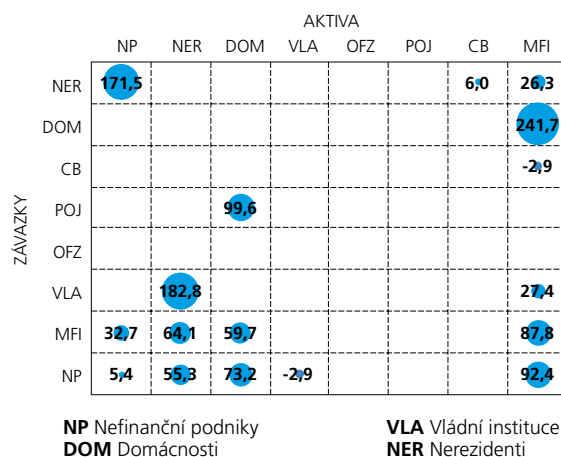
GRAF 1

FINANČNÍ VAZBY MEZI SEKTORY V ČESKÉ EKONOMICE A JEJICH VÝVOJ

a) Výše mezisektorových finančních expozic, (2Q 2011)



b) Dynamika expozic mezi 4Q 2004 – 2Q 2011 (v %)



Pramen: Čtvrtletní finanční účty (ČNB), výpočty autorů

Pozn.: Velikost grafického symbolu odpovídá síle finanční vazby mezi sektorem věřitele uvedeným ve sloupci a sektorem dlužníka uvedeným v řádku. Hodnota v posledním sloupci (MFI) a druhém řádku (DOM) tak například odpovídá celkové hodnotě, kterou domácnosti dluží bankám (nejčastěji formou půjček).

instituce² (banky, fondy peněžního trhu, družstevní záložny), pojišťovny a penzijní fondy, ostatní finanční zprostředkovatelé (ostatní finanční instituce neuvedené výše³), nefinanční podniky, vládní instituce (centrální vláda vč. municipalit a fondů sociálního zabezpečení), domácnosti (včetně neziskových institucí sloužících domácnostem) a nerezidenti.

Datovým zdrojem pro sestavení matice X je statistika čtvrtletních finančních účtů⁴, která vedle sektorových finančních rozvah obsahuje také detailnější členění finančních aktiv a závazků podle sektoru věřitele, resp. dlužníka. Jistou výjimku tvoří pouze finanční instrument ostatní pohledávky a závazky, u kterého bilaterální mezisektorové vazby nejsou v rámci statistiky sestavovány⁵, a jejich hodnota proto musela být odhadnuta. Způsob odhadu vychází z jednoduchého bilančního algoritmu, který je popsán v Silva (2010).

Matice X je v grafické podobě zobrazena v Grafu 1a), kde síla bilaterálních expozic odpovídá velikosti bubliny. Pro

lepší orientaci byly sloupce a řádky matice přeuspořádány tak, aby vedle sebe ležely sektory podobné z hlediska sektorového směřování finančních investic a z hlediska získávání finančních zdrojů.⁶ To umožňuje lépe pochopit informaci obsaženou v datech a snadněji odpovědět na otázky: *i)* jaká je struktura české ekonomiky z pohledu finančních vazeb, *ii)* které sektory jsou si podobné z hlediska sektorového směřování finančních investic a naopak které sektory mají podobný profil z hlediska struktury věřitelů.

První významnou skutečností je klíčová role bankovního sektoru: síla expozic je na obou stranách finanční rozvahy velmi vysoká, a bankovní sektor tak s ohledem na svou zprostředkovatelskou roli tvoří páteřní článek celého systému. Na straně aktiv sektoru převažuje především poskytování půjček nefinančním sektorům (nefinanční podniky, domácnosti), případně investice do dluhových cenných papírů (nerezidenti, vláda). Na straně závazků jsou potom hlavním zdrojem financování uložené vklady (domácnosti, nefinanční podniky) a emise účastí (držené téměř

2 Přesněji jde o *Ostatní* měnové finanční instituce (viz metodika ESA95). Podíl bank na finančních aktivech tohoto subsektoru se pohybuje kolem 98 %.

3 Zejména leasingové společnosti a společnosti splátkového prodeje, obchodníci s cennými papíry, investiční společnosti a instituce podporující chod finančního systému (např. Burza CP).

4 Data jsou dostupná v časové řadě od 1. čtvrtletí 2004 (viz http://www.cnb.cz/cs/statistika/stat_fin_uctu).

5 Některé vazby lze však získat z doplňkových statistik (např. investiční pozice vůči zahraničí) nebo je lze stanovit na základě elementárních ekonomicko-strukturálních předpokladů. Lze například očekávat, že vztah centrální banky a domácností v oblasti obchodních úvěrů, které do kategorie ostatní pohledávky/závazky spadají, bude zanedbatelný a lze jej aproximovat „statistickou nulou“. Některé typy vazeb jsou z definice vyloučeny.

6 Optimální způsob uspořádání řádků a sloupců matice vychází z práce Niermann (2005).

výhradně nerezidenty). V důsledku vysokých mezisektorových expozic se mohou finanční potíže bankovního sektoru přelít také do rozvah ostatních sektorů a naopak lokální šoky, které zprvu ovlivnily pouze nefinanční sektory, mohou bezprostředně ovlivnit také chování bankovního sektoru. Nemusí se přitom vždy jednat pouze o přímé ztráty, ale také o další důsledky, jako je např. zpřísnění úvěrových podmínek a zamrznutí nového financování.⁷

Vedle síly vazeb mezi finančním sektorem a ostatními sektory lze pozorovat poměrně silné propojení domácích sektorů se sektorem nerezidentů, a to zejména pokud jde o finanční investice zahraničních subjektů. Na straně aktiv nerezidentů převažují investice do nefinančních podniků a bankovního sektoru formou účastí, na straně závazků jde především o nákup zahraničních dluhových cenných papírů domácími finančními institucemi (včetně držby devizových rezerv centrální bankou). Velikost bilaterálních expozic vůči zahraničí mj. zvyšuje rychlost, s jakou se mohou příznaky krize přenést do ekonomiky z vnějšího prostředí.

Nejvýznamnějším sektorem v dlužnické pozici jsou nefinanční podniky, u kterých je velmi silná především vnitrosektorová expozice. Jejich sílu ovlivňuje do jisté míry vlastnická struktura podniků, nejvýznamnější roli zde však sehrávají obchodní úvěry a zálohy představující velmi významnou formu financování uvnitř sektoru. Kromě sektoru nefinančních podniků samotného jsou dalšími významnými věřiteli bankovní sektor a nerezidenti. Věřitelský vztah nerezidentů k nefinančním podnikům opět odráží zejména vlastnickou strukturu podniků.

Z hlediska sektorového směřování finančních investic lze pozorovat mírně odlišný investiční profil finančních institucí (Graf 1a, čtyři sloupce vpravo) a zbylých sektorů. Naopak z pohledu financování je patrný rozdíl mezi dlužnickým profilem dvou nejvýznamnějších dlužníků (nefinanční podniky, MFI) využívajících ve velké míře zdroje od nefinančních sektorů a na opačné straně ležícím profilem sektoru nerezidentů, kam naopak směřují zejména investice domácích finančních institucí. Mezi těmito dvěma extrémami lze potom uprostřed grafu nalézt v řádcích sektory, které jsou zpravidla významněji financovány pouze jedním sektorem. Sem patří hlavně domácnosti pro-

pojené skrze půjčky s bankovním sektorem a pojišťovny a penzijní fondy, které jsou naopak financovány domácnostmi formou pojistných technických rezerv.

U finančních expozic dochází v čase k dynamickým změnám (Graf 1b⁸), které signalizují rostoucí finanční propojenost sektorů a potenciálně se zvyšující náchylnost k mezisektorovému přenosu úvěrového rizika. Je zřejmé, že ve sledovaném období došlo k výraznému posílení významu bankovního sektoru jako zprostředkovatele toku finančních prostředků od sektorů s volnými zdroji k sektorům s potřebou financování. Nad rámec i tak vysokého růstu finančních aktiv a závazků sektoru dále vyčnívá dynamický nárůst půjček domácnostem.

Globalizace toku finančních prostředků se projevuje v růstu expozic mezi domácími sektory a sektorem nerezidentů. Novým rysem je zejména růst podílu zahraničních investorů na zvyšujícím se vládním dluhu, který souvisí se schodkovým hospodařením v posledních letech. Z ostatních vazeb je třeba zdůraznit rostoucí finanční investice domácností směřující do sektoru pojišťoven a penzijních fondů, které byly v minulosti z historických příčin velmi nízké. V současnosti tak dochází k částečné restrukturalizaci portfolia domácností a určité (i když stále relativně pomalé) konvergenci k investiční strategii, která je typická pro západoevropské státy.

3. MODEL MEZIBILANČNÍHO PŘENOSU ŠOKU A ÚVĚROVÉHO RIZIKA

Finanční aktivum představuje na rozdíl od jiných druhů aktiv současně rovněž závazek jiného subjektu, a jeho existence tak implikuje vzájemnou vazbu mezi rozvahami dvou subjektů. Vzájemné expozice potom mohou v případě obtíží dlužníka se splácením závazků sloužit jako kanály přenosu rizika. Z tohoto konceptu vychází jednoduchý model mezisektorového přenosu bilančních šoků.⁹ Hlavním předpokladem modelu je použití tržního (*mark-to-market*) oceňování rozvah, kdy se ztráty způsobené šokem bezprostředně projeví přes výkaz zisků a ztrát v účetním hospodaření postiženého subjektu. Vzniklá ztráta ovlivní výši vlastního kapitálu, a tedy i tržní cenu emitovaných akcií.

7 Tyto důsledky ovšem nejsou z dat finančních účtů přímo patrné a nezachycuje je ani námi zkoumaný model. Vyplynávají však z ekonomické teorie a byly ověřeny nedávnou finanční krizí.

8 Aby byl snížen informační šum, zahrnuje graf pouze údaje o růstu těch vazeb, které jsou v ekonomice významné. Posouzení významnosti je poněkud arbitrární – v našem případě jsou znázorněny procentní přírůstky pro vazby převyšující 2% podíl na celkových finančních aktivech v ekonomice.

9 Idea modelu použitého v Castrén a Kavonius (2009) vychází z dřívější literatury o úvěrových řetězcích a mezibilančním přenosu rizik, viz Shin (2008) a Kiyotaki a Moore (2002).

Tržní oceňování ztrát a jejich dopad do cen emitovaných účastí představuje ve zkoumaném modelu základní mechanismus přenosu šoku napříč sektory. Vedle primárně postiženého sektoru utrpí ztrátu rovněž akcionáři z jiných sektorů, a to z důvodu poklesu hodnoty držných účastí. Tyto ztráty se potom promítnou přes vytvářené opravné položky k účastem do jejich rozvah (do výše vlastního kapitálu) a opět vyvolají pokles tržních cen emitovaných účastí, který se v dalším kole projeví v rozvahách příslušných vlastníků. Tento proces trvá tak dlouho, dokud primární šok není subjekty v systému plně vstřebán a již negeneruje v dalším kole nové ztráty. Plná absorpce šoku je zpravidla zajištěna díky existenci sektorů, které neemitují akcie (domácnosti, vládní instituce) a které šok pouze vstřebávají, aniž by ho šířily dále do systému. Role těchto sektorů je tak spojena pouze s realizací ztrát, které vyplývají z držby účastí v ostatních sektorech. Sporná je v tomto ohledu role sektoru nerezidentů, neboť zahraniční věřitelé nutně nekomunikují se zahraničními dlužníky, a případný šok proto nemusí být zpět do ekonomiky přenesen celý.¹⁰

Přijatý předpoklad tržního ocenění souvisí s rychlostí šíření ztrát v ekonomickém systému. Pokud oceňování ztrát probíhá dostatečně rychle či okamžitě, dochází okamžitě rovněž k přenosu šoku na ostatní sektory a jednotlivá kola šíření finanční nákazy potom proběhnou (téměř) současně. Za normálních podmínek však nebývá předpoklad tržního ocenění zcela splněn, doba nutná pro vykazání ztráty se navíc u jednotlivých sektorů může značně lišit. Z tohoto důvodu je určení doby trvání mezisektorového přenosu šoku poněkud problematické, a model tak spíše napomáhá odhalit kanály šíření šoku, než určit konkrétní časový průběh mezisektorové nákazy.

Jiným omezením popsaného modelu je abstrahování od akumulace úvěrových rizik a vzniku rizikových expozic. Castrén a Kavonius (2009) proto navrhli propojit výše uvedený rámec se sektorovými mírami úvěrového rizika, a obohatili tak model mezisektorového přenosu o rizikový faktor („rizikový kanál“). K určení rizikových měr na sektorové úrovni je použit přístup založený na analýze podmíněných nároků (CCA). Konkrétně je možné na základě CCA stanovit pravděpodobnost úpadku sektoru a s její

pomocí přibližně¹¹ odhadnout rizikovost bilaterálních expozic. Přitom platí: čím větší je pravděpodobnost úpadku, tím větší je riziko, že dlužnický sektor nebude schopen své závazky vůči ostatním sektorům splatit.

Algoritmus modelu obohaceného o úvěrové riziko je potom možné popsat následovně (Silva, 2010). V prvním kole dojde v některém ze sektorů k šoku, který obdobně jako v dřívějším modelu vede přes výkaz zisků a ztrát k dopadu na vlastní kapitál a ke snížení tržní hodnoty účastí. Změny v rozvaze postiženého sektoru však navíc vyvolají změnu jeho rizikového profilu a dojde k potenciálnímu zvýšení pravděpodobnosti úpadku (resp. k poklesu vzdálenosti k úpadku, viz dále). Pokud nastane situace, že je pravděpodobnost úpadku nenulová, klesne pravděpodobnost splacení bilaterálních závazků pod 100 %. Za těchto podmínek realizují ztrátu nejen sektory, které drží účasti ve společnostech ze sektoru postiženého šokem, ale také všechny sektory ve věřitelském postavení vůči postiženému sektoru, neboť musí – pokud pravděpodobnost splacení není rovna jedné – v rámci tržního oceňování očistit své pohledávky o hodnotu, která nebude pravděpodobně splacena.¹² V dalším kole potom u všech sektorů realizujících ztrátu v kole minulém opět dojde na základě stejného mechanismu k poklesu tržních cen emitovaných účastí a k potenciální změně pravděpodobnosti úpadku. Tato změna vedle realizace ztrát vzniklých snížením tržních cen účastí může znovu vést k dalším ztrátám, které vyplývají ze snížení pravděpodobnosti splacení závazků a z nutnosti odepsat další část rizikových aktiv vůči dlužnickému sektoru. Algoritmus mezisektorového přenosu šoku a úvěrového rizika pokračuje dalšími koly až do okamžiku, kdy je šok systémem plně absorbován, nebo kdy je zřejmé, že bez dalšího pozitivního šoku nejsou sektory již schopny původní negativní šok vstřebat a systém vede k úplnému kolapsu.

Je třeba zdůraznit, že tento model implikuje vyšší míru ztrát než model nezahrnující úvěrové riziko. Sektory totiž vedle realizace ztrát v důsledku snížení tržních cen držných účastí („akciový kanál“) realizují ztrátu z důvodu existence rizikových bilaterálních expozic („rizikový kanál“). Oba kanály navíc působí ve vzájemné synergii, neboť v daném kole algoritmu se tržní cena účastí sníží o oba

10 V modelu předpokládáme, že ztráty, které realizují nerezidenti, jsou zpět do ekonomiky přeneseny pouze z jedné pětiny. To přibližně odpovídá poměru mezi účastmi rezidentů v zahraničí a účastmi nerezidentů v domácí ekonomice.

11 Rizikovost bilaterální expozice lze zhruba aproximovat pravděpodobností úpadku. V praxi může tato aproximace skutečné riziko nadhodnocovat, protože věřitel zpravidla i při úpadku dostane část své pohledávky zpět (tj. ztráta při úpadku, *Loss Given Default (LGD)*, není ve skutečnosti rovna 100 %). Dále platí, že dlužnický sektor nepochybně své závazky vůči ostatním sektorům při zvýšeném finančním stresu stejným způsobem (např. dlužník v případě potíží může preferovat splátky bance, před platbou předepsaného pojistného pojistovně).

12 Tu lze vypočítat jako výši bilaterálního závazku vůči postiženému sektoru násobenou pravděpodobností úpadku.

typy ztrát, a akciový kanál je tak v dalším kole navýšen o efekt rizikového kanálu z minulého kola. Existence rizikového kanálu lépe popisuje formování úvěrového rizika v čase a umožňuje v souladu s intuicí realističtěji rozvrstvit dopady prvotního šoku, neboť tyto dopady mohou přímo ovlivnit nejen sektory akcionářů, ale v důsledku existence úvěrového rizika také ostatní sektory s bilaterální expozicí vůči postiženému sektoru.

Praktická implementace modelu na české podmínky vyžaduje nejdříve vypočítat sektorové míry rizika na základě analýzy podmíněných nároků (CCA). Metoda CCA vychází z Mertonova modelu (Merton, 1974), který navazuje na teorii oceňování opcí popsanou v Black a Scholes (1973). I když je tento model častěji využíván na mikroúrovni, kde slouží ke stanovení pravděpodobnosti úpadku firmy, byl již úspěšně použit také k analýze ekonomických sektorů (viz např. Gray et al., 2007 a Gray a Malone, 2008). Analýza podmíněných nároků je postavena na třech základních principech: (i) hodnota pasiv je odvozena od hodnoty aktiv, (ii) pasiva se dělí na dvě „kategorie“ s různou prioritou vypořádání, kde dluhy (tzv. seniorní závazky, B) jsou vypořádávány přednostně před nároky akcionářů (tzv. juniorní závazky, J), (iii) vývoj hodnoty aktiv je určen náhodným procesem, který odráží dynamiku trhů.

Poklesne-li v určitém sektoru celková hodnota aktiv, stává se dluh sektoru pro věřitele rizikovější z důvodu snížení dostupných prostředků na jeho splácení. Nejistotu ohledně výše aktiv v čase t lze popsat pravděpodobnostním rozdělením. Na konci období t by měla být hodnota aktiv ideálně nad „bariérou“, která je tvořena splátkami dluhu. Pokud se tak nestane a hodnota aktiv klesne pod tuto bariéru, není dál možné pokrýt dluh a dochází k úpadku. Míra nejistoty spojená s nastáním této skutečnosti je dána pravděpodobností úpadku (*probability of default*, PD). Tato pravděpodobnost je nenulová, pokud část pravděpodobnostního rozdělení hodnoty aktiv leží pod bariérou tvořenou hodnotou dluhu a z něj plynoucích úroků. Vzdálenost k úpadku¹³ (*distance to default*, DD) je potom určena rozdílem (vzdáleností) mezi implikovanou tržní hodnotou aktiv a bariérou úpadku, přičemž tato vzdálenost je vztažena (škálována) k volatilitě aktiv.

Vzdálenost k úpadku, DD , a pravděpodobnost úpadku, PD , jsou základními výstupy CCA. S použitím Mertonova modelu je lze vyjádřit pomocí vztahů¹⁴:

$$DD = \frac{\ln(A_0/B_t) + (\mu_A - \sigma_A^2/2)t}{\sigma_A \sqrt{t}}, \quad (2)$$

$$PD = P(A_t < B_t) = F(-DD), \quad (3)$$

kde¹⁵ A_0 je tržní implikovaná hodnota aktiv v čase $t=0$, B_t účetní hodnota dluhu (bariery), $\mu_A = r + \lambda \sigma_A$ očekávaná míra růstu aktiv sektoru, σ_A volatilita aktiv daná směrodatnou odchylkou výnosu, r bezriziková úroková míra, t délka období (zpravidla rovna jedné), λ tržní ocenění rizika, $P(\cdot)$ označuje pravděpodobnost a $F(\cdot)$ distribuční funkci normálního normovaného rozdělení.

Volatilita aktiv σ_A není obecně známá, ale je možné jí odhadnout ze vztahu k volatilitě juniorních závazků σ_J , který také vyplývá z Mertonova modelu:

$$\sigma_J = \frac{F(DD + \sigma_A \sqrt{t})A}{J} \sigma_A. \quad (4)$$

Lze odvodit (viz Castrén a Kavonius, 2009), že vzdálenost k úpadku se zmenšuje (a míra rizika se zvyšuje), pokud roste volatilita aktiv a/nebo ukazatel celkové zadluženosti (*leverage*, B/A). Vztahy mezi proměnnými přitom jsou nelineární a úvěrové riziko je na změny ve volatilitě aktiv citlivé zejména při vysokých hodnotách ukazatele celkové zadluženosti.

Na sektorové úrovni může být problematické nalézt vhodná data pro naplnění vzorců (2)–(4) a často je nutné přijmout poněkud zjednodušující definice. Ve shodě s dřívějšími pracemi¹⁶ jsou juniorní závazky definovány jako součet účastí a čistých finančních aktiv.¹⁷ Hranice úpadku je stanovena jako suma krátkodobých závazků a poloviny dlouhodobých závazků. Bezriziková úroková míra je aproximována jednoletými úrokovými swapy, hodnota parametru λ je nastavena na hodnotu 0,45,

13 V české literatuře se rovněž používají termíny pravděpodobnost selhání a vzdálenost k selhání. Pro účely této práce je úpadek (selhání) definován jako situace, kdy sektor musí čelit zvýšené finanční zátěži. V této souvislosti se proto také často mluví o vzdálenosti k finanční tísní (*distance to distress*). V dalším textu nejsou tyto termíny explicitně rozlišovány.

14 Detailní odvození vztahů a jejich ekonomické zdůvodnění je možné nalézt např. v Gapen et al. (2008) či Seidler (2008). Vzorce v textu indikují, které proměnné do CCA vstupují. Konstrukce proměnných na základě sektorových dat je rozebírána v dalším textu.

15 Řešení výsledného systému rovnic je nalezeno pomocí iteračních optimalizačních technik. Naše výpočty byly provedeny pomocí excelovského řešitele.

16 Viz Gray et al. (2007), Castrén a Kavonius (2009) a Silva (2010). V těchto pracích je také možné nalézt bližší ekonomické zdůvodnění přijatých definic, případně alternativní návrhy. Jejich využití (např. pro sektor domácností) však naráží v našich podmínkách na nedostatek potřebných dat.

17 S výjimkou sektoru vládních institucí, který neemituje účasti a jeho čistá finanční aktiva jsou v některých obdobích záporná. Pro vládní sektor jsou proto juniorní závazky definovány jako součet emitovaných vládních dluhopisů a čistých finančních aktiv (viz Castrén a Kavonius, 2009).

jež odpovídá dlouhodobému průměru vypočtenému společností Moody's.¹⁸ Volatilitu juniorních závazků pro jednotlivé sektory lze obecně získat z akciových indexů. Protože historická volatilita indexu nemusí odpovídat volatilitě současné, bývají preferovány vpředhledící (implikované) míry volatility, které jsou běžně dostupné pro ekonomiky s rozvinutým kapitálovým trhem. V českých podmínkách však dostupné nejsou a v důsledku mělkého kapitálového trhu nejsou pro výpočet historické volatility dostupné ani akciové subindexy za jednotlivé (sub)sektory.

Volatilita juniorních závazků nefinančních podniků je proto aproximována historickou (časově proměnlivou) volatilitou indexu PX50 vypočtenou metodou EWMA (*exponentially weighted moving average model*), kterou používá společnost RiskMetrics (RiskMetrics, 1996). Stejnou metodou byly vypočteny také volatility pro ostatní sektory, přičemž pro sektor měnových finančních institucí byl jako výchozí index použit vážený průměr kurzu akcií domácích bank a bankovního subindexu Eurostoxx. Pro ostatní finanční subsektory byly použity příslušné subindexy Eurostoxx a pro sektor nerezidentů souhrnný index Eurostoxx 50. U sektoru vlády a domácností je volatilita juniorních závazků dána historickou volatilitou výnosů 10letých vládních dluhopisů.

4. VÝSLEDKY A SIMULACE MEZISEKTOROVÉHO PŘENOSU ŠOKU

V dalším textu jsou nejdříve prezentovány výstupy CCA a na základě těchto výsledků je následně s využitím modelu popsaného v kapitole 3 provedena simulace dvou negativních scénářů.

4.1 Výstupy CCA

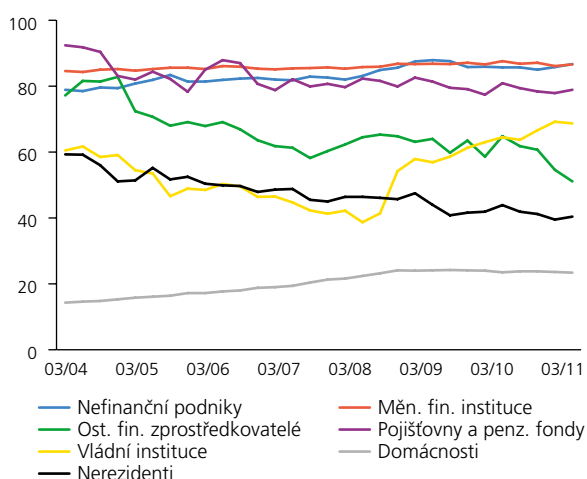
Vývoj ukazatele zadluženosti (Graf 2a), který je dán podílem dluhové bariéry k implicitní tržní hodnotě aktiv vypočtené z modelu (hodnota aktiv zohledňující riziko) dokládá, že nejnižších hodnot ukazatel dosahuje pro sektor domácností, naopak nejvyšších hodnot ukazatel v současnosti nabývá u sektoru bank a nefinančních podniků. Z hlediska dynamiky je zajímavý zejména poměrně razantní růst ukazatele zadluženosti vládního sektoru, patrný od 2. čtvrtletí 2008. K tomuto vývoji přispěly jak zvýšená emise vládních dluhopisů a schodkové hospodaření sektoru, tak současný pokles tržních cen držných aktiv.

Vzdálenost k úpadku dokumentující vývoj úvěrového rizika (Graf 2b) se do poloviny roku 2007 pohybovala u všech sektorů na relativně vysokých hodnotách¹⁹, následně však začala v souvislosti s vypuknutím finanční krize souhrnně klesat a svého minima (znamenantující nejvyšší úvěrové rizi-

GRAF 2

VYBRANÉ VÝSTUPY CCA

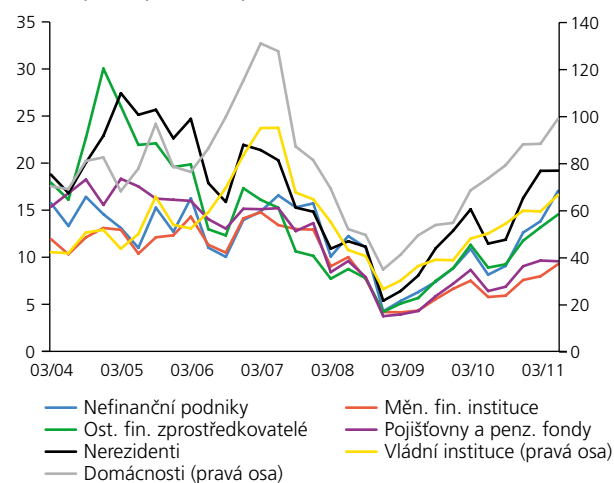
a) Ukazatel celkové implicitní zadluženosti (B/A) (v %)



Pramen: Výpočty autorů

b) Vzdálenost k úpadku

(v směrodatných odchylkách volatility aktiv)



Pramen: Výpočty autorů

¹⁸ Pro českou ekonomiku může být tato volba poněkud subjektivní, simulace však nenaznačují velkou citlivost na změny parametru v blízkosti použité hodnoty.

¹⁹ Nabývá-li ukazatel hodnotu 3, je pravděpodobnost úpadku přibližně desetina procenta; hodnota 4 už představuje prakticky nulovou pravděpodobnost úpadku.

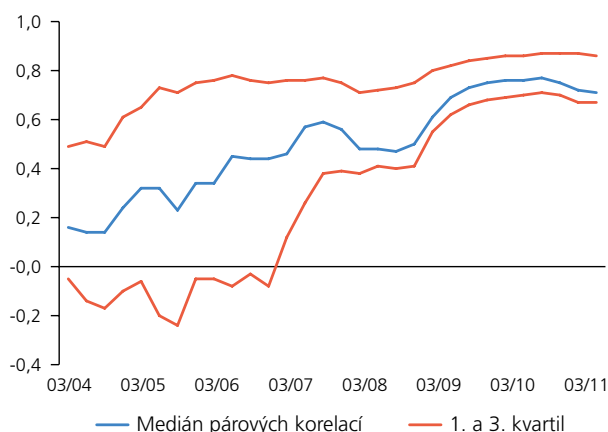
ko) dosáhla na přelomu let 2008/2009. Tento vývoj obecně odráží zejména zvýšenou volatilitu aktiv v průběhu krizového období. Poté začalo docházet k postupnému zotavení a vzdálenost k úpadku stoupala k úrovním z předkrizového období. Nejvyšší úvěrové riziko během krizového období vykazovaly sektory s nejvyšší mírou zadluženosti (měnové finanční instituce, nefinanční podniky, pojišťovny a penzijní fondy). Tato skutečnost dokládá výše uvedenou (nelineární) vlastnost modelu CCA, kdy při zvýšené volatilitě aktiv jsou na materializaci úvěrového rizika výrazně citlivější sektory, u nichž ukazatel zadluženosti dosahuje vysokých hodnot.

V rámci analýzy přenosu úvěrového rizika je zajímavé sledovat párové korelace mezi sektorovými vzdálenostmi k úpadku a jejich vývoj v čase (Graf 3).²⁰ Skutečnost, že v průběhu sledovaného období došlo k citelnému nárůstu korelací mezi všemi DD, poukazuje na zvýšenou možnost mezisektorového přenosu úvěrového rizika, protože při zhoršení DD v jednom sektoru lze při vysokých korelacích s velkou pravděpodobností očekávat zvýšení rizika také u všech ostatních sektorů. Je však nutné zdůraznit, že tento vývoj byl zapříčiněn zejména zvýšenou korelací mezi volatilitou akciových indexů, k níž docházelo během finanční krize. Zároveň je možné sledovat mírný pokles celkové propojenosti v posledních čtvrtletích, když nejtěsnější vazby mezi DD byly pozorovány v krizovém a bezprostředně pokrizovém období.

GRAF 3

PÁROVÉ KORELACE MEZI SEKTOROVÝMI VZDÁLENOSTMI K ÚPADKU

(popisné charakteristiky)



Pramen: Výpočty autorů

4.2. Simulace negativních šoků

V této části je provedena simulace dvou negativních šoků, z nichž každý primárně zasáhl jiný sektor. Oba zkoumané scénáře představují silně zátěžové případy, které mají za cíl posoudit schopnost ekonomického systému absorbovat velmi nepravděpodobné a extrémní šoky. Výchozím obdobím pro simulaci je 2. čtvrtletí 2011, nicméně ke zvýšení míry zátěže na systém je navíc přijat předpoklad, že společně se šokem došlo ke zvýšení volatilitu juniorních závazků (a tedy i aktiv), a to na úroveň ze 4. čtvrtletí 2008, kdy volatilita akciových (sub)indexů dosahovala nejvyšších hodnot ve zkoumané časové řadě.

První scénář předpokládá jednorázovou ztrátu ve výši 15 % půjček poskytnutých měnovými finančními institucemi domácími („šok do MFI“), druhý zátěžový scénář předpokládá problémy v odběratelsko-dodavatelských vztazích uvnitř sektoru nefinančních podniků, které byly způsobeny dramatickým zhoršením ekonomických podmínek („šok do NP“). Tyto problémy vedou k druhotné platební neschopnosti a nenávratné ztrátě ve výši 10 % mezipodnikových obchodních úvěrů (resp. ostatních pohledávek a závazků). Výše primárního šoku je v obou scénářích určena současně změnou volatilitu juniorních závazků a realizovanou ztrátou. Po vzniku šoku je s využitím modelu mezisektorového přenosu provedeno sedm iterací.²¹

Provedené simulace naznačují (Graf 4), že i při obdobné absolutní výši prvotního šoku mohou být konečné dopady na finanční systém zcela odlišné, a to v závislosti na tom, který sektor je primárně postižen a jaké má expozice vůči ostatním sektorům. Zatímco bankovní sektor v rámci prvního scénáře vykázal vysokou míru odolnosti a byl schopen čelit šoku i při zvýšené finanční zátěži (zvýšená volatilita + ztráta), u nefinančních podniků dochází při druhém scénáři nejdříve ke kumulaci ztrát uvnitř sektoru a dále jsou ztráty stále ve větší míře přenášeny také na ostatní sektory, a to až k hranici, kdy celý systém směřuje ke kolapsu (Graf 4a–d).

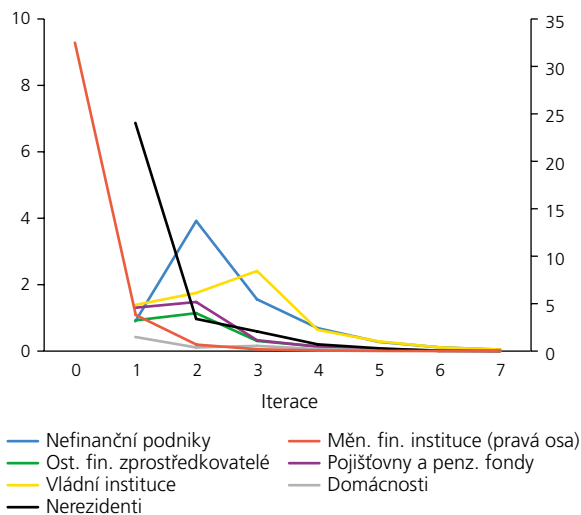
Odlišný průběh šoku je vedle obecného finančního zdraví sektoru určen zejména rozdílnou povahou bilaterálních expozic a vlastnických vztahů. Při šoku postihujícím bankovní sektor realizují v prvním kole ztráty zejména zahraniční akcionáři, bilaterální expozice však nejsou v důsledku vysoké odolnosti bankovního sektoru výrazněji ohroženy. Úroveň ztrát v dalších kolech je proto závislá především na transmisi ztrát způsobených poklesem tržních cen účastí, kdy

²⁰ Časově proměnlivé hodnoty korelací byly opět odhadnuty s použitím metody EWMA.

²¹ Počet iterací je stejný pro oba scénáře. Počet není možné zvýšit z důvodu poklesu juniorních závazků pod nulovou hranici u nefinančních podniků v rámci druhého scénáře.

GRAF 4A

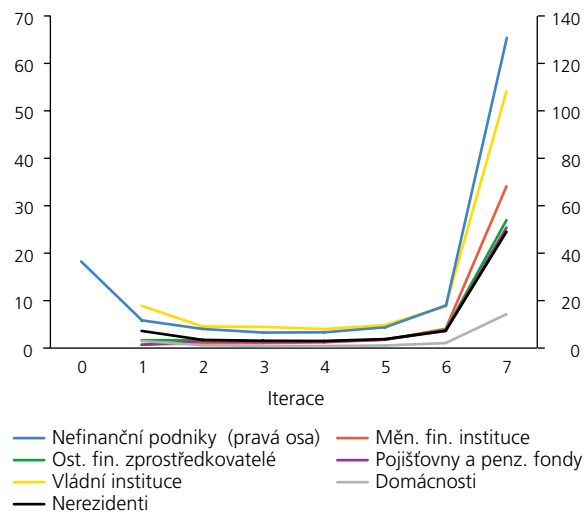
ZTRÁTY V JEDNOTLIVÝCH ITERACÍCH, ŠOK DO MFI (v % juniorních závazků v Q2 2011)



Pramen: Výpočty autorů

GRAF 4B

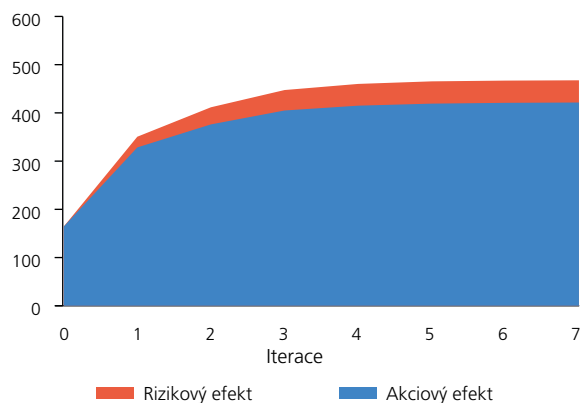
ZTRÁTY V JEDNOTLIVÝCH ITERACÍCH, ŠOK DO NP (v % juniorních závazků v Q2 2011)



Pramen: Výpočty autorů

GRAF 4C

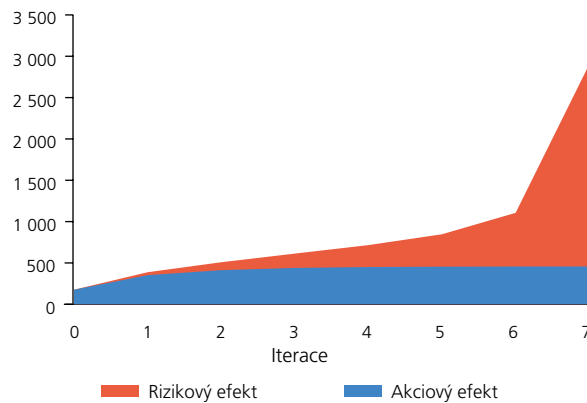
KUMULOVANÉ ZTRÁTY V SYSTÉMU, ŠOK DO MFI (v mld. Kč)



Pramen: Výpočty autorů

GRAF 4D

KUMULOVANÉ ZTRÁTY V SYSTÉMU, ŠOK DO NP (v mld. Kč)



Pramen: Výpočty autorů

postupně realizují ztráty akcionářských sektorů, které byly zasaženy v předešlém kole. Celková výše rizikového efektu²² je ve srovnání s akciovým efektem relativně nízká a je patrné

(Graf 4c), že šok je v dalších iteracích systémem postupně vstřebáván. Přesto celková kumulovaná ztráta dosáhla přibližně trojnásobku primárního šoku.

²² Protože „akciový“ a „rizikový“ kanál není možné kvůli vzájemné synergii zcela oddělit, je rizikový efekt počítán jako rozdíl mezi ztrátami v modelu s úvěrovým rizikem a účetním modelem nezahrnujícím riziko.

TAB. 1A

ZMĚNA VZDÁLENOSTI K ÚPADKU V DŮSLEDKU ŠOKU

(scénář: šok do MFI)

sektor	2Q/2011		primární šok		konec algoritmu	
	DD	DD	ΔDD(%)	DD	ΔDD(%)	
NP	17,1	3,5	79,7	3,5	0,2	
MFI	9,3	2,6	71,8	2,6	1,1	
OFZ	14,5	4,2	71,2	4,2	0,4	
POJ	9,6	3,2	66,4	3,2	0,0	
VLA	66,7	23,5	64,8	23,4	0,4	
DOM	99,1	34,7	65,0	34,6	0,2	
NER	19,2	5,4	71,9	5,2	3,3	

NP Nefinanční podniky
MFI Měnové finanční instituce

VLA Vládní instituce
DOM Domácnosti

Pramen: Výpočty autorů

TAB. 1B

ZMĚNA VZDÁLENOSTI K ÚPADKU V DŮSLEDKU ŠOKU

(scénář: šok do NP)

sektor	2Q/2011		primární šok		konec algoritmu	
	DD	DD	ΔDD(%)	DD	ΔDD(%)	
NP	17,1	2,7	84,4	0,2	92,6	
MFI	9,3	3,3	64,6	2,5	23,7	
OFZ	14,5	4,2	71,2	3,3	21,8	
POJ	9,6	3,2	66,4	2,6	18,7	
VLA	66,7	23,5	64,8	5,6	75,9	
DOM	99,1	34,7	65,0	33,2	4,5	
NER	19,2	5,4	71,9	4,3	20,8	

OFZ Ostatní fin. zprostředkovatelé
POJ Pojišťovny a penz. fondy

NER Nerezidenti

Naopak u sektoru nefinančních podniků přispívá značná velikost vnitrosektorových vazeb v případě extrémního šoku ke kumulaci ztrát uvnitř sektoru (jak akciových, tak rizikových), což vede ke spirálovému růstu úvěrového rizika. Při překročení jisté hranice potom nakumulované riziko rychle propukne také do ostatních sektorů. Model indikuje jako relativně nejvíce postižený sektor vlády²³ a bankovní sektor (klíčový poskytovatel finančních zdrojů podnikům). Ve srovnání s první simulací roste u druhého scénáře postupně v čase význam efektu úvěrového rizika, až se v posledním kole rázem stane zcela dominantní. To poukazuje na významnou nelinearitu v šíření úvěrového rizika, kdy po překročení jistého bodu zvrátí veškeré bilaterální vazby místo absorpce šoku k masivnímu přenosu nakumulovaného rizika do všech sektorů (viz Silva, 2010 a Haldane, 2009).

Tuto skutečnost dokládá rovněž Tabulka 1, která ukazuje změnu vzdálenosti k úpadku mezi výchozím okamžikem a situací po primárním šoku a dále změnu mezi situací bezprostředně po primárním šoku a konečným kolem algoritmu. V případě prvního scénáře poklesnou DD všem sektorům z důvodu zvýšené volatility juniorních závazků a u bankovního sektoru navíc z důvodu vykázané ztráty z poskytnutých nesplacených úvěrů. V dalším průběhu už však dochází pouze k minimální změně DD. U druhého scénáře naopak DD v důsledku mezibilančních expozic dále klesají, a to u všech sektorů – zejména v důsledku kumulace úvěrového rizika v sektoru nefinančních podniků.

Prezentovaný postup přenosu šoku není omezen pouze na jednorázové šoky do jednoho sektoru, ale s jeho pomocí je možné testovat také dopady komplikovanějších (*full-blown*) scénářů, kdy v jednotlivých sektorech dochází současně k materializaci různých druhů rizik. Ty mohou být navázány na makroscénáře propočítávané v rámci jiných modelů.

Na druhou stranu má však model také určitá omezení, neboť abstrahuje od existence likviditního rizika a od možnosti restrukturalizace rozvahy daného sektoru formou prodeje části aktiv. Odprodej aktiv a z něj realizovaná úhrada krátkodobých závazků může vést k odlišné – často méně pesimistické – trajektorii skutečných ztrát způsobených šokem. Provedené simulace je proto nutné brát z hlediska skutečné míry náklady jako nadhodnocené. S výrazně zátěžovým charakterem modelu souvisí také poměrně silný předpoklad ohledně 100% výše realizované ztráty při úpadku (LGD), který odpovídá nejméně příznivému scénáři počítajícímu s nesplacením celého dluhu. Komplikovanější modely, které by umožňovaly dynamicky měnit výši LGD napříč sektory v čase či počítaly s možností prodloužení plateb, zatím nebyly teorii podrobně zmapovány a jsou podnětem pro další rozvoj studia mezisektorových vazeb. Nakonec je nutné vzít v úvahu, že model zkoumá pouze efekt zesílení primárních šoků skrze již existující síť finančních expozic a příčiny jejich vzniku blíže neanalyzuje. Stejně tak není model schopen s těmito šoky pracovat, dokud se neprojeví ve změně bilaterálních expozic. Z tohoto důvodu je studium mezisektorové náklady vhodné zasadit do širšího analytického rámce.

²³ Vláda vystupuje jako akcionář nefinančních podniků, ale ztráty reflektují rovněž ohrožené splácení dalších pohledávek za nefinančními podniky (půjčky, daňové nedoplatky).

5. ZÁVĚR

Cílem článku bylo zmapovat síť mezisektorových finančních vazeb v české ekonomice a přispět ke studiu průřezové stránky systémového rizika. V textu je analyzováno, zda vzájemné bilanční vazby mezi sektory mohou v případě finančního stresu sloužit jako zesilovače šoků a přenašeče nákazy. K tomuto účelu byl použit model vycházející z analýzy podmíněných nároků, který rozšiřuje mezisektorový přenos šoku o popis úvěrového rizika. I přes jednoduchost zvoleného přístupu byla demonstrována potřeba studia mezisektorových vazeb a identifikována jejich role v přenosu nákazy napříč ekonomikou.

Provedené simulace poukazují na rozdílnou transmisii primárního šoku v závislosti na sektoru jeho původu. Z pohledu finanční stability je významné, že výsledky podhalily značně nelineární průběh v přenosu nákazy, kdy pozvolná kumulace rizik může po překročení jisté hranice náhle přerůst v situaci, která znamená pro systém výraznou zátěž a v nejnepríznivějším extrémním případě i kolaps. Simulace však zároveň potvrdily vysokou odolnost bankovního sektoru vůči nepříznivým šokům a poukázaly jeho schopnost napomáhat k úplné absorpci šoků.

Analýza CCA přináší zajímavé informace také jako samostatný výstup. Bylo ukázáno, že ve sledovaném čase významně vrostly korelace mezi sektorovými mírami úvěrového rizika, přičemž nejvyšších hodnot dosáhly v době finanční krize a bezprostředně po ní. To ukazuje na zvýšenou pravděpodobnost mezisektorového přenosu úvěrového rizika v tomto období.

V rámci dalšího výzkumu se nabízí provázat popsany model s ostatním modelovým aparátem používaným v České národní bance. To by umožnilo vytváření konzistentních makroscénářů společně s kvantifikací jejich dopadů na systémové riziko, resp. na jeho průřezovou dimenzi. Spolu s tím je nutné dále pracovat na subtilnější verzi modelu, která by odstranila některé příliš silné předpoklady.

6. LITERATURA

BLACK, S. A. SCHOLES, M. (1973): *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*, Journal of Political Economy 81 (3), str. 637–654.

CASTRÉN, O. A. KAVONIUS, I.K. (2009): *Balance Sheet Interlinkages and Macro-Financial Risk Analysis in the Euro Area*, ECB Working Paper č. 1124, Prosinec 2009, ECB.

FRAIT, J. A. KOMÁRKOVÁ, Z. (2011): *Finanční stabilita, systémové riziko a makroobezřetnostní politika*, Zpráva o finanční stabilitě 2010/2011. ČNB.

GAPEN, M. T., GRAY, D. F., LIM, C. H. A. XIAO, Y. (2008), *Measuring and Analyzing Sovereign Risk with Contingent Claims*, IMF Staff Papers, roč. 55.

GRAY, D., MERTON, R. A. BODIE, Z. (2007): *New Framework for Measuring and Managing Macrofinancial Risk and Financial Stability*, NBER Working Paper č. 13607.

GRAY, D. A. MALONE, S. (2008): *Macrofinancial Risk Analysis*, Wiley Finance, UK.

GROENEN, P. J. F. A. FRANSES, P. H. (2000): *Visualizing time-varying correlations across stock markets*, Journal of Empirical Finance 7, Elsevier, str. 155–172, srpen.

HALDANE, A. (2009): *Rethinking the Financial Network*, vystoupení pro Financial Student Association, Amsterdam.

KIYOTAKI, N. A. MOORE, J. (2002): *Balance Sheet Contagion*, American Economic Review 92.

MERTON, R. (1974): *On the Pricing of Corporate Debt: the Risk Structure of Interest Rates*, Journal of Finance 29(2), str. 449–470.

NIERMANN, S. (2005): *Optimizing the Ordering of Tables With Evolutionary Computation*, The American Statistician, únor 1, 2005.

RISKMETRICS (1996): Technický dokument, 4. vydání.

SEIDLER, J. (2008): *Implied Market Loss Given Default: structural-model approach*, IES Working Paper č. 26/2008.

SHIN, H. S. (2008): *Risk and Liquidity in a Systemic Context*, Journal of Financial Intermediation.

SILVA, N. (2010): *Inter-Sector Relations in the Portuguese Economy: an Application of Contingent Claim Analysis*, Economic Bulletin and Financial Stability Report Articles, Banco de Portugal.