

AKTUALIZACE MODELU FINANČNÍ KŘEHKOSTI ZALOŽENÉHO NA ANALÝZE VŠEOBECNÉ ROVNOVÁHY

Ondřej Machek, Luboš Smrčka*

Abstract

AN UPDATED MODEL OF FINANCIAL FRAGILITY BASED ON GENERAL EQUILIBRIUM ANALYSIS

Financial fragility and instability of banking sectors has received increased academic attention due to recent financial crises around the world. The objective of the article is to extend and adapt a previously created financial fragility model of the Czech financial sector in order to reflect its specific conditions. It introduces the concept of minimum required reserves and uses consistent sources of data collected from annual reports of Czech banks in 2013. Besides the prediction of default of households, the model also allows a prediction of key macroeconomic variables such as the inflation and unemployment rates. However, some of the issues of this class of models – in particular, the impossibility to measure some of its exogenous parameters – remain unresolved and present a challenge for the future development of the model.

Keywords: financial fragility; banking sector; general equilibrium; Czech Republic.

JEL Classification: C68, E4, E5, G11.

1 Úvod

Mezi první autory, kteří se akademicky věnovali tématu finanční křehkosti, je možné zařadit Fishera [1933] a Keynesa [1936]. Vznik jejich děl *The Debt-Deflation Theory of Great Depressions* a *The General Theory of Employment, Interest, and Money* byl motivován potřebou zkoumat příčiny a důsledky velké hospodářské krize 30. let 20. století. Finanční krize, jako např. ve Skandinávii a Velké Británii na počátku 90. let 20. století, v Mexiku (1994), v Rusku (1998) a v dalších zemích po roce 2008, se staly dalším důvodem, proč začala být nestabilita bankovního systému dále zkoumána.

Analýza finančních trhů je však nesmírně obtížná, neboť se jich účastní velké množství subjektů, jejich chování není reálně možné modelovat, ať již z důvodu neuchopitelnosti chování všech subjektů, nebo z důvodu výpočetní složitosti podobně rozsáhlých problémů. Proto v praxi dochází k položení zjednodušujících předpokladů, které umožňují bankovní systém lépe modelovat. Často používaným zjednodušením je redukce celého systému do určitého množství sektorů, v nichž subjekty vykazují podobné nebo identické chování, takže je možné je sloučit pod jediný „reprezentativní“ subjekt. Přitom je však nutné brát

* Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta podnikohospodářská (email: ondrej.machek@vse.cz; smrckal@vse.cz). Tento příspěvek byl realizován za podpory projektu TAČR TD020190.

v úvahu, že každá třída subjektů je svým způsobem jedinečná, zejména ve smyslu jejich unikátního vztahu mezi výnosem a rizikem. Bankovní systém také obsahuje větší množství trhů, a to nejen trh různých druhů půjček a depozit, ale mimo jiné také mezibankovní trh. Při analýze příčin finančních krizí je také vhodné brát v úvahu, že domácnosti, stejně jako banky, se do situace platební neschopnosti (*defaultu*) mohou dostat nejen nedobrovolně, ale také dobrovolně, přičemž poměřují výhody a nevýhody, které jim z tohoto stavu plynou. V důsledku toho je tedy také vhodné do analýzy zahrnout regulující subjekt, který určuje výši a povahu „trestů“ za platební neschopnost, což bývají zpravidla centrální banky, které navíc mohou bankovní systém aktivně ovlivňovat pomocí operací na volném trhu, nastavováním sazby povinných minimálních rezerv a dalších forem měnové politiky.

S přihlédnutím k výše uvedeným předpokladům byl pro české prostředí vytvořen model finanční křehkosti [Machek a kol., 2014], který byl založen na Goodhartově-Tsomošově modelu [Tsomoš, 2003; Goodhart a kol., 2004; Goodhart a kol., 2005 a Goodhart a kol., 2006]. Mimo Velké Británie byl tento model v akademické literatuře použit také v jiných zemích, např. v Brazílii [Tabak a kol., 2012], Kolumbii [Saade a kol., 2006] nebo v Bulharsku [Tsenova, 2014].

Cílem tohoto článku je rozšířit a adaptovat výše zmíněný model [Machek a kol., 2014] na skutečné podmínky českého bankovního systému. Na základě rozšíření bude vytvořen software, který bude volně dostupný na stránkách www.vyzkuminsolvence.cz. Aktualizovaný model obsahuje nově koncepci povinných minimálních rezerv a lépe odráží vztah vývoje HDP a úrokových měr. Zároveň byl model upraven tak, aby byl využitelný širším okruhem uživatelů a prezentoval výsledky, které jsou pro tyto uživatele zajímavé, tedy zejména vývoj *defaultu* klientů bank a vývoj klíčových makroekonomických ukazatelů, které původní model neinterpretuje. Je nutné podotknout, že v případě výpočtu míry inflace a nezaměstnanosti se nejedná o rozšíření modelu v pravém slova smyslu, neboť příslušné proměnné nejsou vnitřní součástí, ale výstupem modelu. Jedná se však o rozšíření softwarového vybavení, které umožňuje tyto ukazatele prezentovat jeho uživatelům.

2 Tržní struktura modelu

Model obsahuje tři typy subjektů – banky, domácnosti a centrální banku. Ústředními subjekty modelu jsou banky, jejichž chování je popsáno pomocí optimalizačního problému vyjádřeného sadou nelineárních rovnic a nerovnic. Jednotkou času v modelu je jeden rok.

2.1 Banky

V modelu je uvažována existence tří velkých bank, označených symboly γ , δ a τ . Množinu bank označíme jako $B = \{\gamma, \delta, \tau\}$. Každá banka je z hlediska majetkové struktury a rizikových preferencí jedinečná a působí na třech trzích: na trhu klientských půjček (banky vystupují v roli půjčujícího domácnostem), na trhu klientských depozit (banky si půjčují od domácností) a na mezibankovním trhu (banky si půjčují navzájem). Zjednodušená rozvaha komerčních bank je naznačena v Tab. 1.

Aktiva banky tvoří položky „*market book*“, povinné minimální rezervy, pohledávky za domácnostmi a pohledávky za bankami. Položka „*market book*“ je skupinou aktiv, která mají určitou nenulovou rentabilitu (např. cenné papíry a dluhopisy), ale také riziko.

Dalším typem aktiv jsou povinné minimální rezervy, které jsou od 12. 7. 2001 úročeny dvoutýdenní repo sazbou ČNB. V souladu s klasickou ekonomickou teorií v modelu předpokládáme, že banky nedrží žádné dobrovolné rezervy. Jedná se však o určité zjednodušení reality, neboť v realitě banky určité dobrovolné rezervy mohou držet a v nedávné době i držely, zejména pokud se jedná o banky v eurozóně v souvislosti s finanční krizí.

Největší podíl na aktivech tvoří pohledávky vůči domácnostem, které jsou spojené s vyšším výnosem, ale také rizikem způsobeným možností platební neschopnosti domácností. Dalším typem aktiv jsou pohledávky vůči bankám, které jsou méně rizikové, neboť míra defaultu bank bývá velmi nízká.

Pasiva banky tvoří základní kapitál, závazky k domácnostem a k bankám a ostatní pasiva, která nazveme „Others“.

Tabulka 1 | Rozvaha komerčních bank

Aktiva	Pasiva
<i>Market book</i>	Vlastní kapitál
Povinné minimální rezervy	Závazky k domácnostem
Pohledávky za domácnostmi	Závazky k bankám
Pohledávky za bankami	<i>Others</i>
Aktiva celkem	Pasiva celkem

Zdroj: Vlastní; adaptováno a upraveno podle Machka a kol. [2014], Goodharta a kol. [2005], Tabaka a kol. [2012] a Tsenové [2014].

2.2 Domácnosti

Dále uvažujeme čtyři typy domácností. První tři z nich, označené symboly α , β a θ , jsou fixně přiřazené ke svým bankám a z důvodu asymetrie informací a transakčních nákladů nemohou během uvažovaného období svou banku změnit. Platí tedy následující schéma:

Domácnost α je fixně přiřazena k bance γ
Domácnost β je fixně přiřazena k bance δ
Domácnost θ je fixně přiřazena k bance τ

Čtvrtý typ domácností, Mr. Φ , reprezentuje agregaci depozit v ekonomice, jedná se tedy o jedinou domácnost, která poskytuje klientská depozita bankám. Platí tedy následující schéma:

Mr. Φ půjčuje bance γ
Mr. Φ půjčuje bance δ
Mr. Φ půjčuje bance τ

Výše popsaná schémata umožňují vytvořit sedm trhů – jeden mezibankovní trh, tři trhy půjček a tři trhy depozit.

2.3 Centrální banka

Předpokládáme, že rozhodnutí centrální banky je dáno exogenně a není ho tedy možné modelovat. Centrální banka provádí operace na volném trhu a nastavuje měnovou bázi (M), poptává mezibankovní depozita (B), nastavuje požadovanou kapitálovou přiměřenost (CAR), rizikové váhy pro jednotlivé složky aktiv, tresty za nedodržení kapitálové přiměřenosti a za nesplácení závazků bank, sazbu povinných minimálních rezerv a hodnotu 2T repo sazby. Na mezibankovním trhu je ustanovena jediná mezibankovní úroková sazba ρ , která je určena silami nabídky a poptávky.

3 Formální popis modelu

Model zahrnuje sedm aktivních trhů, na kterých všechny subjekty maximalizují svůj očekávaný užitek. Stejně jako Goodhart a kol. [2005] předpokládáme, že banky jsou aktivně rozhodujícími subjekty. Zatímco chování domácností je endogenní, tj. je možné je určit na základě parametrů modelu, chování centrální banky je exogenní. Formální popis modelu je popsán podle Machka a kol. [2014]; autoři však považují za nutné jej v tomto článku pro úplnost uvést.

3.1 Rozhodování bank

Banky maximalizují svůj očekávaný užitek za rizika s ohledem na možný budoucí vývoj. Model uvažuje dva možné stavy světa: dobrý stav (i) nebo špatný stav (ii). Množinu stavů světa je možné definovat jako $S = \{i, ii\}$. V dobrém stavu světa, který nastane s pravděpodobností p_i , je HDP a solvence domácností a bank vyšší než ve špatném stavu světa, který nastane s pravděpodobností $p_{ii} = (1 - p_i)$ a reprezentuje hospodářskou krizi a bude provázen poklesem HDP a nižší solvencí domácností a bank.

Každá banka tvoří šest rozhodnutí, a to ohledně velikosti úvěrů poskytnutých domácnostem $\bar{m}^b$, poptávky po depozitech domácností μ_d^b , poptávky po mezibankovních depozitech μ^b , velikosti mezibankovních investic d^b a míry splácení vlastních závazků v dobrém (v_i^b) a ve špatném (v_{ii}^b) stavu světa.

Předpokládáme, že banky mají averzi k riziku a jejich funkce užitku je kvadratická. Užitek banky tedy roste s velikostí zisku, ale příliš vysoký zisk je spojen s vyšším vnímaným rizikem, který je dán koeficientem averze k riziku. Užitek banky je dále snížen existencí trestů za neplnění kapitálové přiměřenosti a za nesplácení závazků klientům nebo ostatním bankám. Banky $b \in \{\gamma, \delta, \tau\}$ tedy řeší optimalizační problém

$$\max E[\Pi^b] = \sum_{s \in S} p_s \left\{ \pi_s^b - c_s^b (\pi_s^b)^2 \right\} - \sum_{s \in S} p_s \left\{ \lambda_{ks}^b \max(0, \bar{k}_s^b - k_s^b) + \lambda_s^b (1 - v_s^b) (\mu^b + \mu_d^b) \right\}, \quad (1)$$

kde

p_s = pravděpodobnost stavu světa s ,

π_s^b = zisk banky b ve stavu světa s ,

c_s^b = koeficient averze k riziku banky b ve stavu světa s ,

λ_{ks}^b = nepeněžní trest za nedodržení požadavků na kapitálovou přiměřenost banky b ve stavu světa s ,
 λ_s^b = nepeněžní trest za nesplacení závazků bankou b ve stavu světa s ,
 $\bar{k}_s^b$ = limit kapitálové přiměřenosti pro banku b ve stavu světa s ,
 k_s^b = skutečná kapitálová přiměřenost banky b ,
 v_s^b = míra splacení závazků bankou b ve stavu světa s v následujícím období,
 μ^b = objem závazků, které banka b dluží na mezibankovním trhu,
 μ_d^b = objem závazků, které banka b dluží na trhu depozit.

Zisk banky je rozdílem mezi příjmy a výdaji banky. Mezi příjmy uvažujeme příjmy plynoucí z úroků z klientských půjček a půjček na mezibankovním trhu a příjmy plynoucí z držení ostatních aktiv (*market book*). Jedná se tedy o zjednodušení modelu, neboť neuvažujeme jiné než úrokové výnosy, například vliv poplatků, které účetní zisk bank zvyšují (čistý výnos z poplatků se u sledovaných bank v roce 2013 pohyboval mezi 20–30 % čistého úrokového výnosu). Povinné minimální rezervy přináší výnos v podobě dvoutýdenní repo sazby stanovené ČNB. Výdaje vznikají splácením závazků k bankám a závazků ke klientům. K výpočtu zisku, který je součástí pasiv banky, je použit bilanční princip, tedy

$$\pi_s^b = (1 + r^b) v_s^{hb} \bar{m}^b + (1 + r^A) A^b + (1 + r^{2T}) l^b + \tilde{R}_s d^b (1 + \rho) - (v_s^b \mu^b + v_s^b \mu_d^b + e_0^b + Others^b), \quad s \in S, \quad (2)$$

kde

r^b = úroková míra na trhu půjček domácnostem,
 v_s^{hb} = míra splacení domácností h ve stavu světa s ve druhém období,
 $\bar{m}^b$ = objem půjček, který banka b poskytuje na trhu půjček,
 d^b = objem půjček, který banka b investuje na mezibankovním trhu,
 r^A = rentabilita aktiv (položky *market book*) banky b ,
 A^b = hodnota položky *market book* banky b ,
 l^b = výše povinných minimálních rezerv banky b ,
 r^{2T} = dvoutýdenní repo sazba České národní banky,
 $\tilde{R}_s$ = míra splacení očekávaná bankou b z investic na mezibankovním trhu ve stavu s ,
 ρ = mezibankovní úroková míra,
 r_d^b = úroková míra na trhu depozit domácností,
 e_0^b = původní vlastní kapitál banky b ,
 $Others^b$ = položka *Others* na straně pasiv banky b .

Rozhodovacími proměnnými pro optimalizační problém (1) jsou $(\bar{m}^b, \mu^b, d^b, v_i^b, v_i^{b'})$ pro $b \in \{\gamma, \delta, \tau\}$, tedy objem poskytnutých klientských úvěrů, poptávka po mezibankovních depozitech, objem poskytnutých mezibankovních úvěrů, poptávka po klientských depozitech a míra splacení závazků bank v dobrém i špatném stavu světa.

Kapitálová přiměřenost k_s^b je určena jako procentuální poměr vlastního kapitálu na rizikově vážených aktivech banky. Rizikové váhy pro jednotlivé komponenty kapitálu reflektují rizikovost těchto složek kapitálu a jsou určeny centrální bankou.

$$k_s^b = \frac{e_0^b + \pi_s^b}{\bar{\omega} v_s^{h^b} (1+r^b) \bar{m}^b + \tilde{\omega} (1+r^A) A^b + \omega \tilde{R}_s d^b (1+\rho)}, \quad s \in S, \quad (3)$$

kde

ω = riziková váha klientských půjček,

$\tilde{\omega}$ = riziková váha položky *market book*,

$\bar{\omega}$ = riziková váha půjček na mezibankovním trhu.

Výše povinných minimálních rezerv je určena vztahem

$$l^b = \zeta \frac{\mu_d^b}{(1+r_d^b)}, \quad (4)$$

kde ζ je sazba povinných minimálních rezerv. Zároveň musí platit rovnost aktiv a pasiv banky dle rovnice (5).

$$\bar{m}^b + d^b + l^b + A^b = \frac{\mu^b}{(1+\rho)} + \frac{\mu_d^b}{(1+r_d^b)} + e_0^b + Others^b. \quad (5)$$

Poslední omezující podmínkou je kladný očekávaný zisk bank v obou stavech světa, tedy

$$v_i^b \mu^b + v_i^b \mu_d^b + e_0^b + Others^b \leq (1+r^b) v_i^{h^b} \bar{m}^b + (1+r^A) A^b + (1+r^{2T}) l^b + \tilde{R}_i d^b (1+\rho), \quad s \in S. \quad (6)$$

3.2 Rozhodování domácností

Chování domácností je na rozdíl od chování bank v tomto modelu endogenní. Předpokládáme, že poptávka domácností po půjčkách je pozitivně ovlivněna růstem očekávaného HDP (bohatství) v následujícím stavu světa, což vychází z teorie permanentního důchodu a vyhlazování spotřeby. V modelu je pro domácnosti $h \in \{\alpha, \beta, \theta\}$ poptávka po půjčkách dána následující rovnicí:

$$\ln(\mu^{h^b}) = a_{h^b,1} + a_{h^b,2} \ln[p_i \times GDP_i + p_{ii} \times GDP_{ii}]. \quad (7)$$

Nabídka depozit domácnostmi je determinována kolektivním chováním agregátu depozitorů (Mr. Φ). Za jinak stejných podmínek je nabídka depozit stejně jako v předchozím případě pozitivně ovlivněna růstem očekávaného HDP (domácností) v dalším období. Nabídka depozit bude dána vztahem

$$\ln(d_b^\varphi) = z_{b,1} + z_{b,2} \ln[p_i \times GDP_i + p_{ii} \times GDP_{ii}]. \quad (8)$$

Předpokládáme, že míra splácení závazků domácností je funkcí agregátní nabídky úvěrů domácnostem, která znamená nižší míru insolvence domácností. Dále předpokládáme, že

počet defaultů bude klesat s očekávaným HDP v daném stavu světa. Formálně vyjádřeno platí v modelu pro oba stavy světa a domácnosti $h \in \{\alpha, \beta, \theta\}$

$$\ln(v_s^{h^b}) = g_{h^b,1} + g_{h^b,2} \ln(GDP_s) + g_{h^b,3} \left[\ln(\bar{m}^\gamma + \bar{m}^\delta + \bar{m}^\tau) \right], \quad s \in S. \quad (9)$$

3.3 Vývoj klíčových makroekonomických ukazatelů

HDP v obou stavech světa je pozitivní funkcí agregátní nabídky peněz v daném období. Předpokládáme stejně jako Machek a kol. [2014] a Goodhart a kol. [2005], že vyšší dostupnost úvěrů domácnostem (jako efekt mírnější monetární politiky nebo podobných šoků) bude mít za následek vyšší spotřebu a investice soukromého sektoru a tedy i HDP. Platí tedy následující rovnice:

$$\ln(GDP_s) = u_{s,1} + u_{s,2} \left[\ln(\bar{m}^\gamma + \bar{m}^\delta + \bar{m}^\tau) \right], \quad s \in S. \quad (10)$$

Dalšími důležitými indikátory, které je možné na základě proměnných modelu odhadnout, jsou míra nezaměstnanosti a míra inflace. Protože míra nezaměstnanosti Ψ_s ve stavu světa s je v určitém vztahu s vývojem HDP (tzv. Okunův zákon) a zároveň je zvykem uvažovat určité časové zpoždění, bude pro vývoj míry nezaměstnanosti v následujícím období platit následující vztah:

$$\psi_s = q_{s,1} + q_{s,2} \ln(GDP_s), \quad s \in S. \quad (11)$$

Míra inflace bude dále měřena pomocí deflátoru HDP, který není založen na spotřebním koši. Můžeme předpokládat, že míra inflace bude v určitém vztahu s celkovým objemem peněz v ekonomice, a to jak na trhu půjček, tak na mezibankovním trhu. Protože efekt celkového objemu půjček domácnostem je zachycen ve výpočtu HDP, bude míra inflace ve stavu světa s , kterou označíme jako I_s , záviset na očekávaném HDP v tomto stavu světa (znaménko korelace však není možné jednoznačně určit [viz např. Slaný, 2003, s. 24]), objemu mezibankovních investic a měnové bázi M . Pro míru inflace měřenou deflátozem HDP tedy bude platit následující vztah:

$$I_s = n_{s,1} + n_{s,2} \ln(GDP_s) + n_{s,3} \ln(d^\gamma + d^\delta + d^\tau) + n_{s,4} \ln(M). \quad (12)$$

3.4 Exogenní proměnné v modelu

V současné podobě modelu není možné vyjádřit jako endogenní proměnné vlastní kapitál bank, položku *market book* na straně aktiv a položku *Others* na straně pasiv, a předpokládáme tedy, že jsou podobně jako rozhodnutí centrální banky dány v modelu exogenně. Stejně tak je tomu i v případě pravděpodobnosti dobrého stavu světa a rentability aktiv. Zbývající proměnné jsou potom endogenní. Celková množina exogenních proměnných v modelu tedy může být vyjádřena následovně:

$$\left\{ (e_0^b, A^b, Others)_{b \in B}, M, B, \varsigma, \left(\bar{k}_s^b, \lambda_{ks}^b, \lambda_s^b, \tilde{\omega}, \bar{\omega}, \omega \right)_{b \in B, s \in S}, r^A, r^{2T}, p_i \right\}. \quad (13)$$

4 Ekonomická rovnováha

V modelu daném výše uvedenými rovnicemi je sedm trhů – tři trhy půjček, tři trhy depozit a jeden mezibankovní trh. Tyto trhy jsou vyčištěny pomocí úrokových měr. V rovnováze musí tedy platit, že všechny banky maximalizují svůj užitek, správně odhadují míru návratnosti ze svých investic na mezibankovním trhu a dále jsou splněny následující podmínky vyčištění trhů:

1) Trhy půjček jsou v rovnováze, tj.

$$1 + r^b = \frac{\mu^{h^b}}{\bar{m}^b}, \quad b \in \{\gamma, \delta, \tau\}. \quad (14)$$

2) Trhy depozit jsou v rovnováze, tj.

$$1 + r_d^b = \frac{\mu_d^b}{d_b^\varphi}, \quad b \in \{\gamma, \delta, \tau\}.$$

3) Mezibankovní trh je v rovnováze, tj.

$$1 + \rho = \frac{B + \sum_{b \in B} \mu^b}{M + \sum_{b \in B} d^b}, \quad (15)$$

kde

M = výše měnové báze stanovená centrální bankou,

B = objem mezibankovních depozit poptávaných centrální bankou.

5 Data

V aktualizovaném modelu je oproti původnímu modelu [Machek a kol., 2014] z hlediska dat několik výraznějších změn. Zejména byl využit nový soubor dat (ke konci roku 2013). Aktualizovaná verze modelu již nevychází z celkové bilance bank dle databáze ČNB ARAD, která zahrnuje přes 40 obchodních bank a družstevních záložen včetně stavebních spořitelů a hypotečních bank. Některé z těchto subjektů se účastní finančního trhu jiným způsobem než klasické obchodní banky a rozhodování ekonomických subjektů je modifikováno existencí státních subvencí (podpora stavebního spoření a hypoték). Z tohoto důvodu byl použit modifikovaný soubor bank, a to následujícím způsobem:

1. Banka γ – ČSOB
2. Banka δ – Česká spořitelna
3. Banka τ – agregace největších ostatních komerčních bank, a to KB, Raiffeisen, GE Money Bank a Unicredit Bank.

Dále došlo k zavedení koncepce *povinných minimálních rezerv* (PMR), které jsou specifickým druhem aktiv nesoucích minimální výnos, avšak také nízké riziko. Zároveň představují určitý nástroj monetární politiky. Aktuální míra PMR je 2 % z klientských vkladů (v modelu se jedná o depozita domácností) a dvoutýdenní repo sazba je 0,05 %.

Původní model také umožňoval odhadnout budoucí vývoj (reálného) HDP, přičemž ignoroval další důležité makroekonomické indikátory, kterými jsou bezesporu vývoj míry nezaměstnanosti a míry inflace. Tyto veličiny je však možné vypočítat jako výstup modelu.

Dále modifikovaný model reflektuje fakt, že poptávky po půjčkách v českém prostředí jsou v rozhodující míře závislé na vývoji HDP. Vliv úrokových sazeb na poptávku domácností po půjčkách a nabídku depozit je v porovnání s vlivem vývoje HDP marginální a v mnoha ohledech rozporuplný. Například Stavárek a Vodová [2010] pomocí nerovnovážného modelu zjistili, že poptávka po úvěrech byla v období 1994–2007 pozitivně korelována s úrokovou sazbou, což je zcela v rozporu s očekáváním. Jako zdůvodnění autoři uvádějí, že se jedná o „přirozený důsledek rostoucího podílu úvěrů obyvatelstvu, u nichž je poptávka ovlivněna spíše jinými faktory“. K obdobnému závěru dochází na základě dat z 2002–2011 i Heryán [2013, str. 80], který konstatuje, že „čím větší jsou úrokové sazby, tím větší je objem poskytnutých úvěrů“ a vyslovuje domněnku, že „nabídka úvěrů je veličinou exogenní, nezávisle proměnou, která určuje poptávku na českém trhu úvěrů“. Protože je však toto očekávání v rozporu s ekonomickou teorií, byl vliv úrokové sazby na poptávku a nabídku úvěrů z modelu vyloučen, neboť na základě existujících dat není regresi možné provést a volba příslušných koeficientů by tak byla arbitrární. Uvedená modifikace také představuje výrazné urychlení výpočtu, protože úrokové míry je možné vypočítat symbolicky (bez nutnosti numerického řešení nelineární rovnice).

Tabulka 2 | Výchozí údaje získané z účetních výkazů komerčních bank

	Aktiva	Pohl za klienty	Klientská depozita	Pohl. za bankami	Záv. k bankám	Vlastní kapitál	Zneh. pohl.
ČS	968,72	507,43	713,977	75,348	73,036	100,97	8,92%
Banka y	968,72	507,43	713,977	75,348	73,036	100,97	8,92%
ČSOB	1034,83	490,06	660,342	28,161	52,141	80,249	6,40%
Banka ě	1034,83	490,06	660,342	28,161	52,141	80,249	6,40%
KB	863,98	473,09	649,158	125,735	49,680	96,538	13,73%
Raiffeisen	196,68	155,06	146,589	19,104	9,959	18,888	9,78%
GE Money Bank	134,63	97,47	93,668	1,114	123	36,166	14,45%
Unicredit Bank	464,62	289,94	306,298	71,460	49,798	50,747	5,35%
Banka τ	1659,9	1015,57	1195,713	217,413	109,560	202,34	10,83%

Pozn: Pohl. = pohledávky; Záv. = Závazky; Zneh. pohl. = znehodnocené pohledávky.

Zdroj: Výroční zprávy bank (ke konci roku 2013)

Model je založen na 152 proměnných, z nichž 87 je exogenních a musí být specifikovány, aby bylo možné vypočítat numerické řešení modelu. Rozhodování bank je reprezentováno hodnotami 18ti rozhodovacích proměnných, ze kterých je dále možné odvodit zbývající (endogenní) proměnné. Model byl vyřešen pomocí programové sady Optimization Toolbox matematického softwaru MATLAB. Některé z uvedených proměnných byly odhadnuty na základě reálných dat, ostatní byly odhadnuty nebo vypočítány jako endogenní proměnné.

Model byl kalibrován na český bankovní sektor ke konci roku 2013 pomocí dat dostupných z výročních zpráv společností. Položky získané z výročních zpráv těchto společností jsou uvedené v tabulce 2.

Pravděpodobnost dobrého stavu světa byla odhadnuta na 95 %, což odráží fakt, že špatný stav světa by měl reprezentovat období extrémní krize, a pravděpodobnost špatného stavu světa je tedy 5%. Míra splácení závazků bank byla stanovena na 99,9 %, protože default bank je obvykle velmi nízký, zatímco pro špatný stav byla míra splácení závazků bank stanovena na 95 %, neboť v období krize bude všeobecná míra defaultu spíše růst, ale pořád bude menší v případě bank, než v případě domácností.

HDP ve špatném stavu světa byl odhadnutý jako 10% pokles HDP oproti předchozímu stavu světa. Stejně jako Tabak a kol. [2012] a Saade a kol. [2006] jsme odhadli koeficienty a konstantní členy v (7) – (12) pomocí vícenásobné lineární regrese na pozorovaných datech. Sledovaným obdobím byly roky 2003–2013. Potřebná data – vývoj HDP ve stálých cenách, míry inflace (deflátoru HDP) a míry nezaměstnanosti v dobrém stavu světa i – byla převzata ze souhrnných makroekonomických dat Českého statistického úřadu [ČSÚ, 2015]. V případě vývoje míry nezaměstnanosti v závislosti na vývoji HDP jsme předpokládali jednorocní časové zpoždění. Vývoj míry nezaměstnanosti a inflace ve špatném stavu světa ii není možné na základě existujících dat určit, předpokládáme tedy za určitého zjednodušení stejné koeficienty i pro špatný stav světa. P-hodnoty u příslušných regresních koeficientů byly s výjimkou jednoho pozorování menší než 0,1, v případě vztahu (10) byly příslušné p-hodnoty menší než 0,001. Je zřejmé, že dle pozorovaných hodnot platí pro pozorované období, že růst HDP byl doprovázen poklesem míry inflace a tento faktor měl na její vývoj silnější vliv, než vývoj měnové báze a objem mezibankovních investic. Toto zjištění je v souladu se zjištěními některých autorů: Fischer [1993] a De Gregorio [1996] zjistili, že mezi inflací a ekonomickým růstem existuje negativní korelace, což bylo dále potvrzeno Barrem [1996] a nověji např. Vaonou [2012]. Podle některých autorů mezi mírou inflace a ekonomickým růstem žádný signifikantní vztah, podle jiných určitá míra inflace ekonomický růst naopak podporuje. V současné době probíhá další výzkum v této oblasti zejména v rozvojových zemích. Detailnější analýza vztahů mezi uvedenými makroekonomickými veličinami za delší časové období by jistě umožnila vylepšit možnosti predikce budoucího vývoje měr inflace a nezaměstnanosti, avšak podobná analýza není cílem tohoto článku. Software, který řešením modelu vznikl, navíc umožňuje jednoduše tyto parametry na vstupu modifikovat, aniž by došlo k nutnosti další úpravy dat.

Tabulka 3 | Regrese základních makroekonomických ukazatelů (vztahy 10–12)

Ukazatel	Koeficient	Hodnota koeficientu	p-hodnota
GDP_i	$u_{i,1}$	5,695	<0,001
	$u_{i,2}$	0,343	<0,001
Ψ_i	$q_{i,1}$	36,882	<0,001
	$q_{i,2}$	-3,636	0,0014
I_i	$n_{i,1}$	91,077	0,075
	$n_{i,2}$	-14,595	0,079
	$n_{i,3}$	8,466	0,153
	$n_{i,4}$	-3,816	0,065

Zdroj: Vlastní, výpočty provedené na základě dat z ČSÚ (2015) a výročních zpráv bank.

Míra splácení závazků domácností, tedy opak míry defaultu, byla vypočítána endogenně pomocí odhadnutých elasticit a rovnice (9). Za míru defaultu jsme považovali procentuální podíl individuálně znehodnocených pohledávek. Stejně jako Goodhart a kol. [2006] a Tabak a kol. [2012] předpokládáme, že míra splácení je nižší ve špatném stavu světa a nižší, než míra splácení závazků bank. Pro banky byla míra splácení závazků vypočítána jako endogenní proměnná modelu.

Mezibankovní úroková míra byla položena rovnou úrokové míře PRIBOR v roce 2013. Míra výnosnosti položky *market book* je založena na rentabilitě aktiv (ROA) v českém bankovním sektoru.

Pro zjednodušení a odstranění rohových řešení soustavy rovnic modelu předpokládáme podobně jako Goodhart a kol. [2004], že banky si udržují dobrovolnou rezervu nad vyžadovanou kapitálovou přiměřeností a tato rezerva je pro banky zavazující. Jinými slovy, každá banka má svou ideální kapitálovou přiměřenost a v případě jejího porušení utrpí určitou ztrátu (mimo nominální penalizace např. ztrátu v podobě negativní reputace). Rizikové váhy pro jednotlivé složky aktiv byly zvoleny tak, aby přibližně odrážely jednotlivé vrstvy kapitálu, resp. aby odrážely skutečnou rizikovitost těchto aktiv.

Aby byla funkce užitku dobře definována, musí být koeficienty averze k riziku kladné. Protože koeficienty averze k riziku nejsou přímo pozorovatelné, byly odhadnuty tak, aby co nejlépe odrážely aktuální vývoj v českém bankovním sektoru mezi lety 2003–2013. Podobným způsobem byly odhadnuty i tresty za default bank a nedodržení kapitálové přiměřenosti. Kompletní počáteční rovnováha je uvedena v příloze 1.

6 Využití modelu pro predikci insolvence domácností a klíčových makroekonomických ukazatelů

Simultánním řešením rovnic modelu můžeme analyzovat efekt změny některé exogenní veličiny modelu na změnu v celkové počáteční rovnováze, tedy všech ostatních proměnných modelu, a to včetně proměnných v_i^α , v_i^β , v_i^θ , v_{ii}^α , v_{ii}^β , v_{ii}^θ , které označují míru splácení závazků klientů daných bank, růstu HDP (ve stálých cenách), míry inflace a nezaměstnanosti. V další části budou popsány změny jednotlivých proměnných modelu, přičemž bude tabulkově i graficky demonstrována změna příslušných veličin v krocích. Z tiskových důvodů nejsou v legendě grafu použity horní a dolní indexy.

6.1 Zvýšení měnové báze

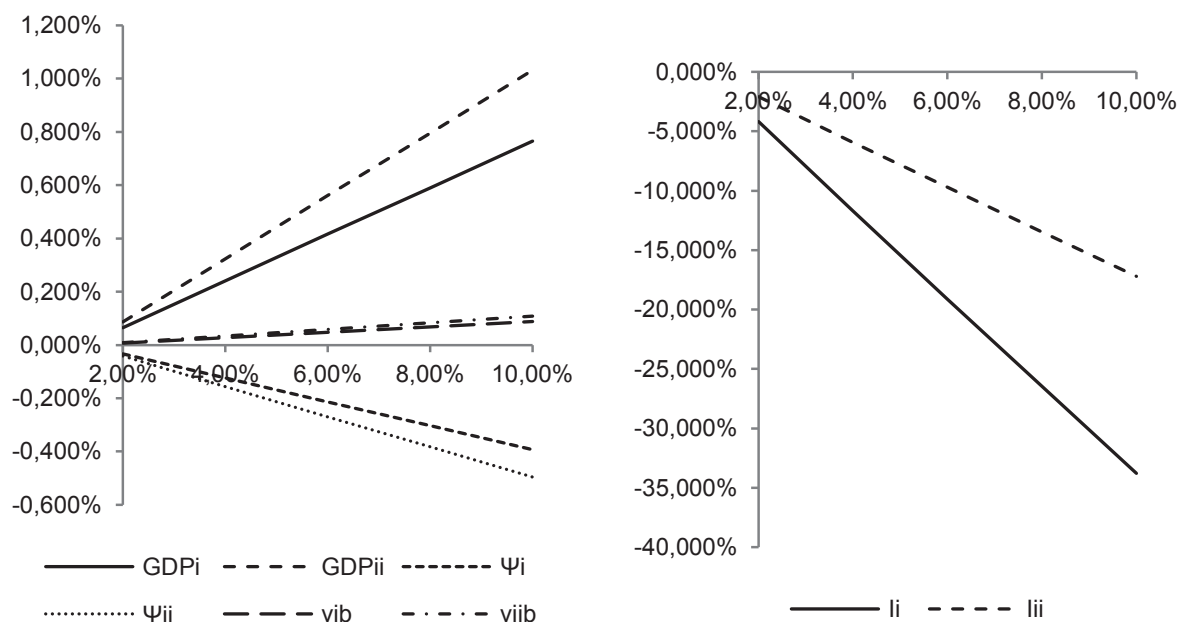
Z hlediska vnitřních procesů trhu, které se projeví změnami proměnných modelu, se zvýšení peněz v ekonomice projeví poklesem mezibankovní úrokové sazby. Banky se budou soustředit na výnosnější trh klientských úvěrů. Růst nabídky klientských úvěrů povede ke zvýšení očekávaného HDP v obou stavech světa a k souvisejícímu poklesu míry nezaměstnanosti. Míra inflace (za předpokladů uvedených v sekci 5) bude klesat. Vyšší procentuální změny jsou zapříčiněné nízkou výchozí mírou inflace, která byla v roce 2013 pouze 1,4 %. Protože domácnosti budou disponovat větším nominálním bohatstvím, budou nabízet více depozit, což povede k poklesu úrokových měr na trhu depozit. Tento vývoj platí analogicky i pro další změny měnové báze v krocích.

Tabulka 4 | Efekt zvýšení měnové báze (procentuální změny veličin)

M [%]	GDPi [%]	GDPii [%]	Ψ_i [%]	Ψ_{ii} [%]	I_i [%]	I_{ii} [%]	v_i^b [%]	v_{ii}^b [%]
2,0	0,064	0,087	-0,033	-0,042	-4,19	-2,09	0,007	0,009
4,0	0,240	0,324	-0,124	-0,156	-11,68	-5,92	0,027	0,034
6,0	0,416	0,561	-0,214	-0,270	-19,12	-9,72	0,048	0,059
8,0	0,589	0,794	-0,303	-0,383	-26,44	-13,46	0,067	0,083
10,0	0,765	1,032	-0,394	-0,496	-33,78	-17,21	0,087	0,108

Zdroj: Vlastní

Obrázek 1 | Efekt zvýšení měnové báze (procentuální změny veličin) – grafické znázornění



Zdroj: Vlastní

6.2 Zvýšení sazby povinných minimálních rezerv

Růst sazby povinných minimálních rezerv povede ke snížení očekávaného zisku bank, protože větší objem prostředků bude mít velmi malou výnosnost danou 2T repo sazbou. Banky budou na trhu půjček poptávat méně prostředků za stálého poklesu úrokových sazeb na trhu klientských depozit, a zaměří se na mezibankovní trh, což bude mít za následek růst mezibankovní úrokové sazby. Snížená poptávka bank na trhu půjček vyústí v pokles úrokové míry na tomto trhu. Pokles trhu půjček pak povede k mírnému hospodářskému poklesu, který bude následován růstem míry nezaměstnanosti a defaultu domácností na jedné straně, ale poklesem míry inflace na druhé straně.

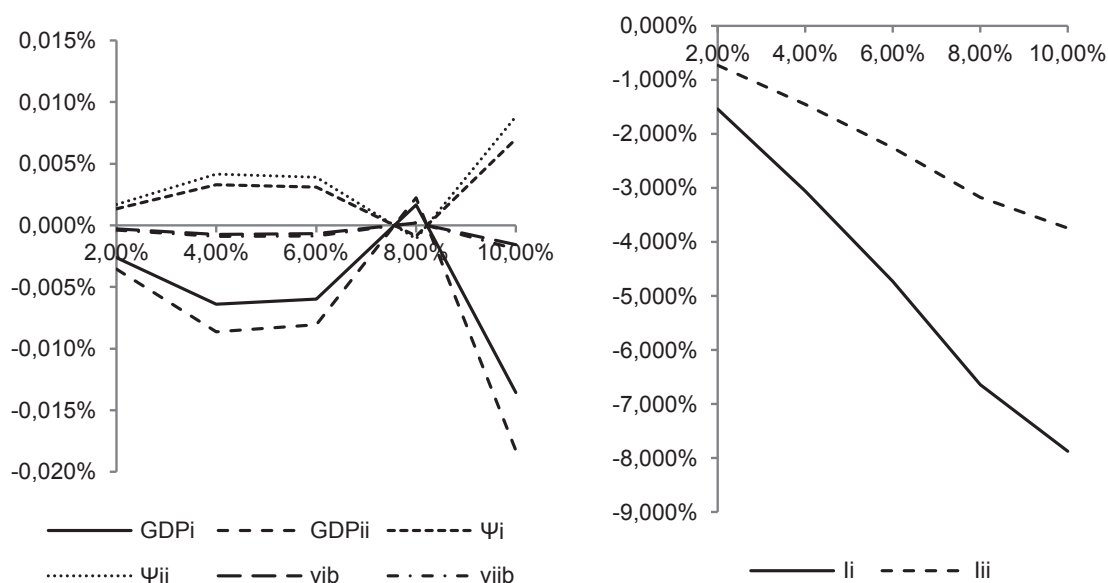
V rámci sledování efektu postupného zvyšování sazby PMR je zajímavé zvýšení o 8 %, tedy na hodnotu $\xi = 2,16\%$. Při tomto nastavení sazby PMR dojde k tomu, že banky náhle zvýší objem poskytovaných klientských úvěrů a zároveň se rozhodnou mírně snížit míru splácení vlastních závazků ve špatném stavu světa, což povede ke zvýšení jejich očekávaného zisku. Zaujmou tím rizikovější, ale výnosnější pozici. HDP bude vykazovat kladný růst. Je nutné podotknout, že simulace chování bank vychází z předpokladu správného nastavení parametrů modelu včetně všech jeho zjednodušujících předpokladů a v tomto případě se může jednat o anomálii způsobenou nastavením nepozorovatelných endogenních proměnných.

Tabulka 5 | Efekt zvýšení sazby PMR (procentuální změny veličin)

ξ [%]	GDPi [%]	GDPii [%]	Ψ_i [%]	Ψ_{ii} [%]	I_i [%]	I_{ii} [%]	v_i^b [%]	v_{ii}^b [%]
2,0	-0,003	-0,004	0,001	0,002	-1,541	-0,734	0,000	0,000
4,0	-0,006	-0,009	0,003	0,004	-3,062	-1,456	-0,001	-0,001
6,0	-0,006	-0,008	0,003	0,004	-4,731	-2,255	-0,001	-0,001
8,0	0,002	0,002	-0,001	-0,001	-6,640	-3,179	0,000	0,000
10,0	-0,014	-0,018	0,007	0,009	-7,872	-3,748	-0,002	-0,002

Zdroj: Vlastní

Obrázek 2 | Efekt zvýšení sazby PMR (procentuální změny veličin) – grafické znázornění



Zdroj: Vlastní

6.3 Zvýšení pravděpodobnosti dobrého stavu světa

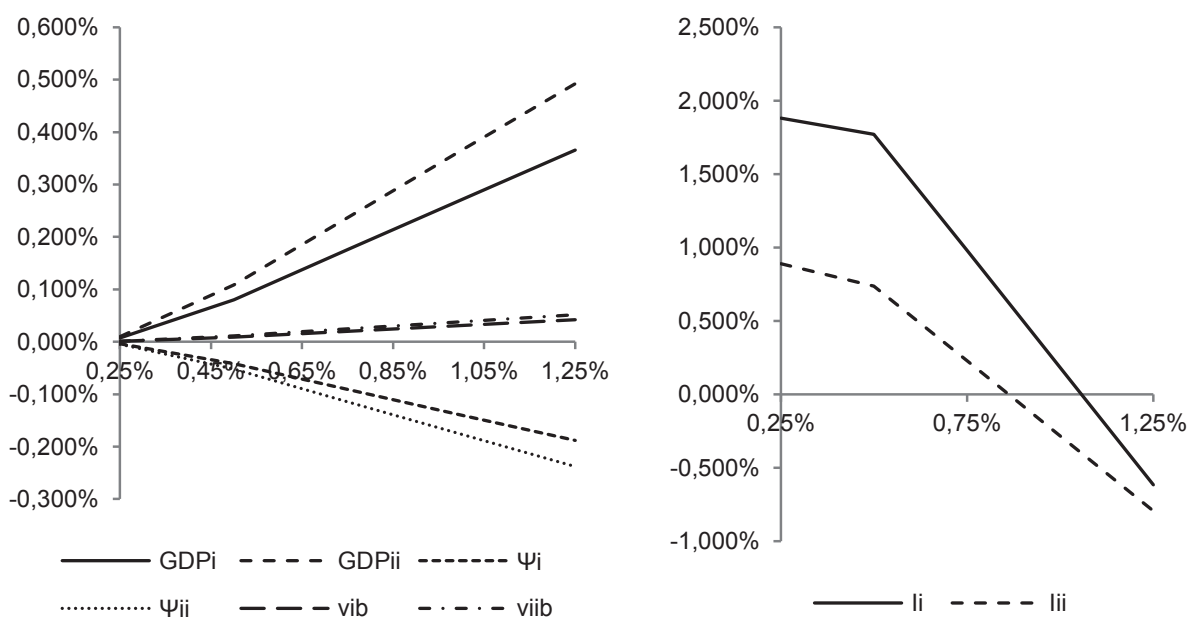
Efekt zvýšení pravděpodobnosti dobrého stavu světa byl sledován v menších krocích, a to v rámci 0,25% změn. Růst p_i je možné chápat jako zvýšení pravděpodobnosti příznivého ekonomického vývoje, což bude mít za následek optimistická očekávání ekonomických subjektů. Tato změna bude vždy doprovázena recipročním poklesem pravděpodobnosti špatného stavu světa p_{ii} . To bude mít za následek růst očekávaného HDP v obou stavech světa, který bude doprovázen poklesem míry nezaměstnanosti i míry inflace. Míra defaultu domácností se sníží. Je možné konstatovat, že uvedené změny mají pozitivní vliv na makroekonomický vývoj.

Tabulka 6 | Efekt zvýšení pravděpodobnosti dobrého stavu světa (procentuální změny veličin)

p_i [%]	GDP _i [%]	GDP _{ii} [%]	Ψ_i [%]	Ψ_{ii} [%]	I_i [%]	I_{ii} [%]	v_i^b [%]	v_{ii}^b [%]
0,25	0,007	0,010	-0,004	-0,005	1,880	0,889	0,001	0,001
0,50	0,080	0,108	-0,041	-0,052	1,772	0,738	0,009	0,011
0,75	0,175	0,237	-0,091	-0,114	0,979	0,228	0,020	0,025
1,00	0,270	0,365	-0,140	-0,176	0,184	-0,283	0,031	0,038
1,25	0,365	0,493	-0,188	-0,238	-0,614	-0,794	0,042	0,052

Zdroj: Vlastní

Obrázek 3 | Efekt zvýšení pravděpodobnosti dobrého stavu světa – grafické znázornění



Zdroj: Vlastní

6.4 Zvýšení autonomního HDP v dobrém stavu světa

Náhly růst autonomního koeficientu $u_{i,1}$ v dobrém stavu světa bude mít za následek zvýšení HDP jak v dobrém, tak do menší míry i ve špatném stavu světa. Růst poptávek po půjčkách povede k růstu úrokových sazeb na trhu půjček, zatímco na trhu depozit dojde

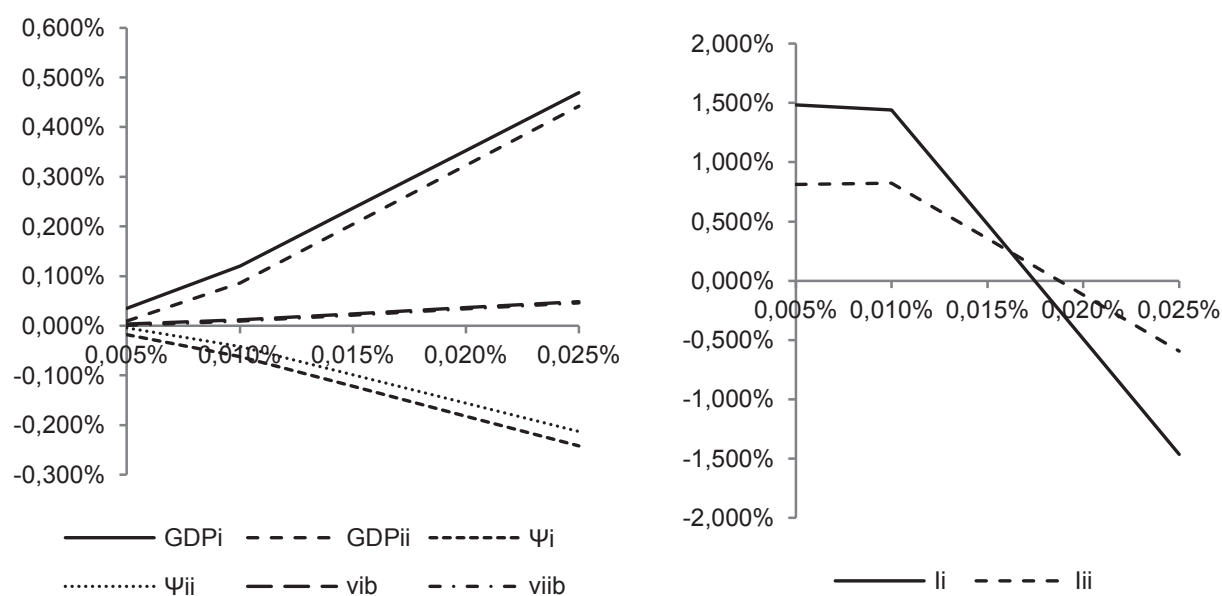
k všeobecnému poklesu úrokových sazeb, protože domácnosti budou disponovat větším bohatstvím a tedy za jinak stejných podmínek nabízet více depozit. Protože hospodářský růst bude příznivý, dojde k poklesu míry nezaměstnanosti. Míra inflace bude zpočátku narůstat vlivem růstu prostředků na mezibankovním trhu, časem však převáží efekt růstu HDP, což bude provázeno (za předpokladů uvedených v sekci 5) poklesem míry inflace. Míra defaultu domácností bude stále klesat.

Tabulka 7 | Efekt zvýšení autonomního HDP v dobrém stavu světa (% změny veličin)

$u_{i,1}$ [%]	GDP _i [%]	GDP _{ii} [%]	Ψ_i [%]	Ψ_{ii} [%]	I_i [%]	I_{ii} [%]	v_i^b [%]	v_{ii}^b [%]
0,005	0,035	0,009	-0,018	-0,004	1,485	0,813	0,003	0,001
0,010	0,121	0,086	-0,062	-0,042	1,441	0,825	0,012	0,009
0,015	0,237	0,205	-0,122	-0,099	0,478	0,355	0,024	0,021
0,020	0,353	0,323	-0,182	-0,156	-0,490	-0,117	0,036	0,034
0,025	0,470	0,442	-0,242	-0,213	-1,464	-0,592	0,049	0,046

Zdroj: Vlastní

Obrázek 4 | Efekt zvýšení autonomního HDP v dobrém stavu světa – grafické znázornění



Zdroj: Vlastní

6.5 Pokles autonomní nabídky depozit bance γ

Zvýšení autonomní nabídky depozit může představovat náhlý růst bohatství domácnosti α (například v podobě zhodnocení aktiv nemovitostí, které domácnosti drží, nebo růstem akciových trhů). Okamžitým efektem bude růst nabídky depozit bance γ , což povede k poklesu úrokových měr na trhu depozit. Banky budou poptávat méně prostředků na mezibankovním trhu, což vyústí v pokles úrokových sazeb na mezibankovním trhu. K poklesu úrokových sazeb dojde i na trhu půjček domácnostem, kde budou domácnosti poptávat více prostředků a růst úvěrů povede k růstu HDP, který bude

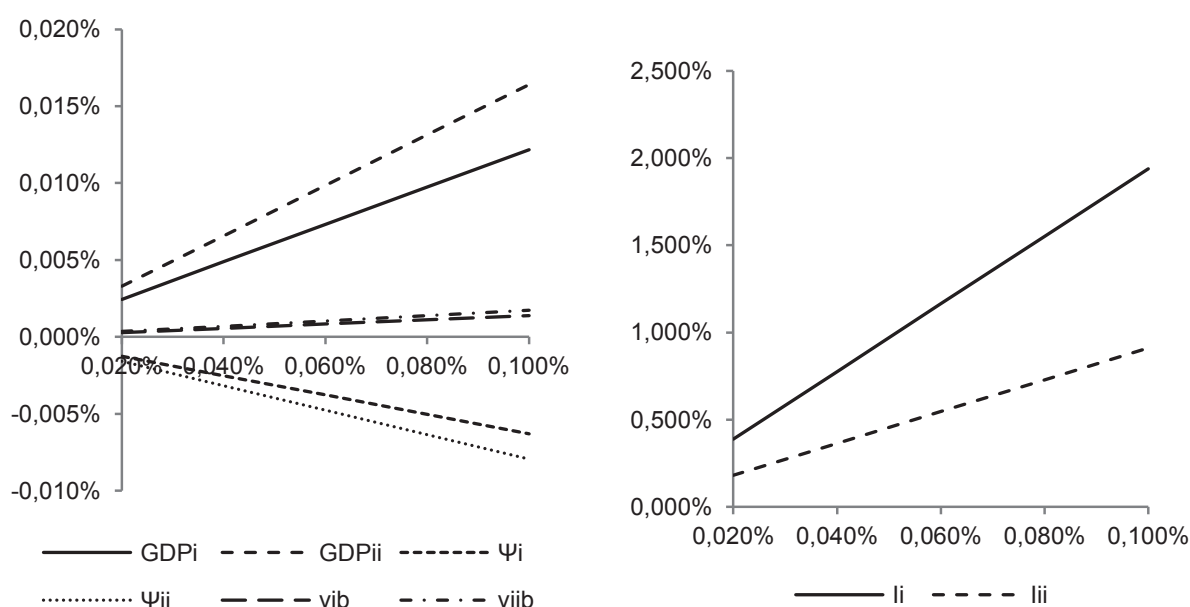
následován růstem platební schopnosti domácností, poklesem míry nezaměstnanosti. Růst HDP bude provázen nárůstem cenové hladiny vlivem růstu objemu prostředků na mezibankovním trhu.

Tabulka 8 | Efekt zvýšení autonomní nabídky depozit bance γ (procentuální změny veličin)

$z_{\gamma,1}$ [%]	GDPi [%]	GDPii [%]	Ψ_i [%]	Ψ_{ii} [%]	I_i [%]	I_{ii} [%]	v_i^b [%]	v_{ii}^b [%]
0,02	0,002	0,003	-0,001	-0,002	0,389	0,183	0,000	0,000
0,04	0,005	0,007	-0,003	-0,003	0,777	0,365	0,001	0,001
0,06	0,007	0,010	-0,004	-0,005	1,164	0,547	0,001	0,001
0,08	0,010	0,013	-0,005	-0,006	1,551	0,729	0,001	0,001
0,10	0,012	0,016	-0,006	-0,008	1,938	0,911	0,001	0,002

Zdroj: Vlastní

Obrázek 5 | Efekt zvýšení autonomní nabídky depozit bance g – grafické znázornění



Zdroj: Vlastní

6.6 Kombinace více změn

Změny exogenních parametrů je možné i kombinovat. Příkladem může být změna pravděpodobnosti špatného stavu světa, na kterou bude centrální banka reagovat monetární expanzí. Růst pravděpodobnosti špatného stavu světa může být spojen např. s růstem negativního očekávání ekonomických subjektů. Centrální banka na nepříznivý vývoj reaguje zvýšením měnové báze. Za těchto podmínek dojde ke kompenzaci vlivu na HDP tak, aby nedošlo k hospodářskému poklesu, a default domácností se nezvýší. Výsledky tohoto testu již nezobrazujeme graficky, neboť jsou modifikovány hodnoty dvou nezávisle proměnných (p_{ii} a M). Vliv monetární expanze je v tomto testu výraznější než vliv růstu pravděpodobnosti špatného stavu světa, neboť obě veličiny neměníme proporcionálně (růst M je vyšší než růst p_{ii}).

Tabulka 9 | Efekt kombinace více změn (procentuální změny veličin)

p_{ii} [%]	M [%]	GDP _i [%]	GDP _{ii} [%]	Ψ_i [%]	Ψ_{ii} [%]	I_i [%]	I_{ii} [%]	v_i^b [%]	v_{ii}^b [%]
0,25	2,00	0,059	0,080	-0,031	-0,039	-4,150	-2,067	0,007	0,008
0,50	4,00	0,230	0,310	-0,119	-0,150	-11,59	-5,865	0,026	0,033
0,75	6,00	0,401	0,540	-0,207	-0,261	-18,99	-9,638	0,046	0,057
1,00	8,00	0,571	0,770	-0,294	-0,371	-26,31	-13,37	0,065	0,081
1,25	10,00	0,740	0,999	-0,381	-0,481	-33,58	-17,08	0,084	0,105

Zdroj: Vlastní

7 Závěr

Tento článek rozšiřuje třídu modelů vytvořených Tsomocosem [2003] a Goodhartem [2005, 2006], které byly v minulosti adaptovány na české prostředí [Machek a kol., 2014] a které umožňují analyzovat a porovnávat mechanismy fungování finančního trhu v podmínkách standardních a nestandardních monetárních politik v období ekonomické krize. Mimo regulatorní účely je možné tento model využít k predikci insolvence domácností a zařadit jej tedy mezi modely finanční křehkosti domácností.

Modifikovaná verze modelu finančního trhu lépe odpovídá charakteristikám českého prostředí. Nový soubor proměnných využívá konzistentní zdroje dat (výroční zprávy bank a data Českého statistického úřadu) namísto více nekonzistentních zdrojů a vychází z konce roku 2013. Z hlediska formální výstavby modelu je výraznější změnou uvažování povinných minimálních rezerv, které jsou specifickým druhem aktiv a modifikace sazby PMR představuje možný (avšak v praxi zřídka využívaný) nástroj měnové politiky. V modelu předpokládáme, že banky nedrží dobrovolné rezervy. Jedná se o tradiční zjednodušující předpoklad, který je ne vždy naplněn. PMR jsou úročeny dvoutýdenní repo sazbou; rezervy nad rámec předepsaného objemu PMR nejsou úročeny. V bilanci bank by se tedy v případě zavedení koncepce dobrovolných rezerv objevila položka s nulovým výnosem. V současné době však nejsme schopni volbu dobrovolných rezerv modelovat; z těchto důvodů se tedy držíme výše uvedeného zjednodušení.

Mezi další rozšíření využití modelu (ne však modelu samotného) je také možné zařadit odhad dalších důležitých makroekonomických veličin, a to míry nezaměstnanosti a míry inflace, které původní model neinterpretuje. Z programového hlediska došlo k urychlení výpočtu prostřednictvím odstranění několika numerických výpočtů, neboť vliv úrokových sazeb na poptávku domácností po půjčkách a nabídku depozit byl v uplynulých letech v porovnání s vlivem vývoje HDP marginální a dle existujících empirických poznatků [Stavárek a Vodová, 2010; Heryán, 2013] i do určité míry rozporupný.

Je však také nutné zdůraznit omezení tohoto modelu. Jedním z hlavních nedostatků je nepozorovatelnost řady proměnných, zejména koeficientů averze k riziku bank. Není také možné predikovat vývoj důležitých položek aktiv i pasiv, v důsledku čehož je pohled na majetkovou a kapitálovou strukturu do jisté míry statický. Model také neuvažuje sektor zahraničí, což zvyšuje možnou chybovost zejména v případě malých otevřených ekonomik.

Uvedený model nemůže v žádném případě nahradit komplexní analýzy, které provádí centrální banky a další vládní instituce, avšak může být jejich vhodným doplňkem. Je také vhodný pro individuální komerční banky, které jej mohou využít k vytvoření představy o krátkodobém vývoji defaultu klientů v podmínkách hospodářského růstu i útlumu.

Literatura:

- BARRO, R. J., 1997. *Determinants of Economic Growth – A Cross-Country Empirical Study*. Cambridge, MA: MIT Press. ISBN 0-262-02421-7.
- ČSÚ, 2015. Hlavní makroekonomické ukazatele. Český statistický úřad [online]. [cit. 1. 4. 2015]. Dostupné z: http://www.czso.cz/csu/czso/hmu_cr.
- DE GREGORIO, J., 1996. *Inflation, Growth and Central Banks: Theory and Evidence*. Santiago Chile: Ministry of Finance.
- FISHER, I., 1933. The Debt-Deflation Theory of Great Depressions. *Econometrica*. Issue 1, s. 337–357. ISSN 1468-0262.
- FISCHER, S., 1993. The Role of Macroeconomic Factors in Growth. *Journal of Monetary Economics*. Issue 3, s. 485–512. ISSN 0304-3932.
- GOODHART, C. A. E.; SUNIRAND, P.; TSOMOCOS, D. P., 2004. A model to Analyse Financial Fragility: Applications. *Journal of Financial Stability*. Issue 1, s. 1–30. ISSN 1572-3089.
- GOODHART, C. A. E.; SUNIRAND, P.; TSOMOCOS, D. P., 2005. A Risk Assessment Model for Banks. *Annals of Finance*. Issue 2, s. 197–224. ISSN 1614-2446.
- GOODHART, C. A. E.; SUNIRAND, P.; TSOMOCOS, D. P., 2006. A Model to Analyse Financial Fragility. *Economic Theory*. Issue 1, s. 107–142. ISSN 0938-2259.
- HERYÁN, T., 2013. Analýza úvěrového trhu. Disertační práce. Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné [online]. [cit. 1. 4. 2015]. Dostupné z: http://kfi.rs.opf.slu.cz/sites/kfi.rs.opf.slu.cz/files/dizertace_heryan.pdf.
- KEYNES, J. M., 1936. *The General Theory of Employment, Interest, and Money*. New York: Harcourt, Brace and Company. ISBN 978-1467934923.
- MACHEK, O.; SMRČKA, L.; HNILICA, J.; TSOMOCOS, D. P.; ARLTOVÁ, M., 2014. Analýza všeobecné rovnováhy pro český finanční trh a model finanční křehkosti. *Politická ekonomie*, č. 4, s. 437–458. ISSN 0032-3233.
- SAADE, A.; OSORIO, D.; ESTRADA, D., 2006. An Equilibrium Approach to Financial stability Analysis: the Colombian Case. *Annals of Finance*. Issue 1, s. 75–106. ISSN 1614-2446.
- SLANÝ, A., 2003. *Makroekonomická analýza a hospodářská politika*. Praha: Nakladatelství C. H. Beck. ISBN 80-7179-738-3.
- STAVÁREK, D.; VODOVÁ, P., 2010. Aplikace nerovnovážného modelu na trh úvěrů v České republice. *E+M Ekonomie a Management*, č. 4, s. 96–109. ISSN 1212-3609.
- TABAK, B. M.; CAJUEIRO, D. O.; FAZIO, D. M., 2012. Financial fragility in a general equilibrium model: the Brazilian case. *Annals of Finance*. Issue 3, s. 1–23. ISSN 1614-2446.
- TSENOVA, T., 2014. International monetary transmission with bank heterogeneity and default risk. *Annals of Finance*. Issue 2, s. 217–241. ISSN 1614-2446.
- TSOMOCOS, D. P., 2003. Equilibrium analysis, banking and financial instability. *Journal of Mathematical Economics*. Issue 5, s. 619–655. ISSN 0304-4068.
- VAONA, A., 2012. Inflation and growth in the long run: A new Keynesian theory and further semiparametric evidence. *Macroeconomic Dynamics*. Issue 1, s. 94–132. ISSN 1365-1005.

Příloha 1 – Počáteční rovnováha

Symbol	Hodnota	Symbol	Hodnota	Symbol	Hodnota
r^y	0,0617	r_d^y	0,009	ρ	0,007
r^δ	0,0657	r_d^δ	0,008	d^y	28,161
r^τ	0,063	r_d^τ	0,011	d^δ	75,348
$\mu^{\alpha y}$	520,3	μ_d^y	660,342	d^τ	217,413
$\mu^{\beta \delta}$	540,785	μ_d^δ	713,977	μ^y	52,141
$\mu^{\theta \tau}$	1079,753	μ_d^τ	1195,713	μ^δ	73,036
$\bar{m}^y$	490,067	d_y^Φ	654,2	μ^τ	109,560
$\bar{m}^\delta$	507,438	d_δ^Φ	708,6	B_t	212,564
$\bar{m}^\tau$	1015,569	d_τ^Φ	1182,6	M	123,093
$v_i^{\alpha y}$	0,9541	r^A	0,06	$\tilde{R}_i$	0,999
$v_i^{\beta \delta}$	0,9359	r^{2T}	0,0005	$\tilde{R}_{ii}$	0,950
$v_i^{\theta \tau}$	0,9371	ξ	0,02	p_i	0,95
$v_{ii}^{\alpha y}$	0,8481	A^y	503,5	p_{ii}	0,05
$v_{ii}^{\beta \delta}$	0,8319	A^δ	371,8	GDP_i	3670,73
$v_{ii}^{\theta \tau}$	0,8565	A^τ	403,3	GDP_{ii}	3216,48
v_i^y	0,999	I^y	13,1	Ψ_i	7,108
v_i^δ	0,999	I^δ	14,2	Ψ_{ii}	7,890
v_i^τ	0,999	I^τ	23,7	I_i	1,413
v_{ii}^y	0,95	e_0^y	80,2	I_{ii}	2,269
v_{ii}^δ	0,95	e_0^δ	101,0	λ_{ki}^y	200
v_{ii}^τ	0,95	e_0^τ	202,3	λ_{ki}^δ	200
ω^-	0,85	e_i^y	111,2	λ_{ki}^τ	200
$\tilde{\omega}$	0,2	e_i^δ	117,3	λ_{kii}^y	500
ω	0,2	e_i^τ	211,6	λ_{kii}^δ	500
$\bar{k}^y$	0,22	e_{ii}^y	89,6	λ_{kii}^τ	500
$\bar{k}^\delta$	0,22	e_{ii}^δ	95,9	λ_i^y	1
$\bar{k}^\tau$	0,22	e_{ii}^τ	177,8	λ_i^δ	1
k_i^y	0,21	π_i^y	30,971	λ_i^τ	1
k_i^δ	0,22	π_i^δ	16,316	λ_{ii}^y	1,2

k_i^T	0,21	π_i^T	9,291	λ_{ii}^δ	1,2
k_{ii}^Y	0,18	π_{ii}^Y	9,340	λ_{ii}^T	1,2
k_{ii}^δ	0,20	π_{ii}^δ	-5,069	c_i^Y	0,005805
k_{ii}^T	0,19	π_{ii}^T	-24,511	c_i^δ	0,005
$a_{\alpha Y,1}$	-18,170	<i>OtherY</i>	248,6	c_i^T	0,003
$a_{\alpha Y,2}$	2,978	<i>Other$^\delta$</i>	86,7	c_{ii}^Y	0,08
$a_{\beta\delta,1}$	-13,760	<i>OtherT</i>	166,2	c_{ii}^δ	0,007
$a_{\beta\delta,2}$	2,445	$g_{\alpha Y,i,1}$	-0,782	c_{ii}^T	0,007
$a_{\theta T,1}$	-17,737	$g_{\alpha Y,i,2}$	0,078	$n_{i,1}$	91,078
$a_{\theta T,2}$	3,014	$g_{\alpha Y,i,3}$	0,012	$n_{i,2}$	-14,595
$z_{Y,1}$	-2,284	$g_{\beta\delta,i,1}$	-0,802	$n_{i,3}$	8,466
$z_{Y,2}$	1,069	$g_{\beta\delta,i,2}$	0,078	$n_{i,4}$	-3,816
$z_{\delta,1}$	-5,099	$g_{\beta\delta,i,3}$	0,012	$n_{ii,1}$	91,078
$z_{\delta,2}$	1,422	$g_{\theta T,i,1}$	-0,800	$n_{ii,2}$	-14,595
$z_{T,1}$	-13,066	$g_{\theta T,i,2}$	0,078	$n_{ii,3}$	8,466
$z_{T,2}$	2,456	$g_{\theta T,i,3}$	0,012	$n_{ii,4}$	-3,816
$u_{i,1}$	5,650	$g_{\alpha Y,ii,1}$	-0,890		
$u_{i,2}$	0,336	$g_{\alpha Y,ii,2}$	0,078		
$u_{ii,1}$	4,628	$g_{\alpha Y,ii,3}$	0,012		
$u_{ii,2}$	0,453	$g_{\beta\delta,ii,1}$	-0,909		
$q_{i,1}$	36,882	$g_{\beta\delta,ii,2}$	0,078		
$q_{i,2}$	-3,636	$g_{\beta\delta,ii,3}$	0,012		
$q_{ii,1}$	36,882	$g_{\theta T,ii,1}$	-0,880		
$q_{ii,2}$	-3,636	$g_{\theta T,ii,2}$	0,078		
		$g_{\theta T,ii,3}$	0,012		