

## INDIKÁTORY VČASNÉHO VAROVÁNÍ PŘED EKONOMICKÝMI KRIZEMI<sup>1</sup>

Jan Babecký, Tomáš Havránek, Jakub Matějů, Marek Rusnák, Kateřina Šmídková a Bořek Vašíček

*Sledování vhodně sestavené skupiny indikátorů včasného varování je klíčové pro optimální načasování makroobezřetnostních opatření s cílem snížení rizika výskytu finančních krizí nebo alespoň zmírnění jejich dopadů na ekonomiku. Záměrem tohoto článku je identifikovat indikátory, které by měly být sledovány, a ukázat, jak překlenout některá úskalí při takové identifikaci. Protože je třeba klást důraz zejména na robustní indikátory, které nezávisí na volbě konkrétního modelu, kombinuje článek dvě navzájem se doplňující měřítka krizí: časování jejich výskytu a intenzitu jejich dopadu na ekonomiku. Článek dále ukazuje, že je vhodné spoléhat se na systém několika komplementárních modelů. Pro skupinu 40 rozvinutých zemí z EU a OECD identifikuje systém dvou modelů jako nejefektivnější indikátory včasného varování rostoucí ceny nemovitostí a zadluženost dané země. Další užitečnou skupinu indikátorů tvoří globální proměnné, jako například vývoj objemu úvěrů, světového HDP a cen ropy.*

### 1. ÚVOD

Finanční krize z let 2008–2009 podnítila rozvoj nové generace systémů včasného varování. Zatímco tvůrci systémů první generace věnovali pozornost především rozvojovým zemím a kurzovým krizím (Kaminsky, 1999), nová generace systémů včasného varování musí zohlednit odlišné příčiny i skutečnost, že zasaženy byly především rozvinuté země (Rose a Spiegel, 2009).

Systémy nové generace se musí vypořádat s řadou metodologických problémů. Snahou tohoto článku je ukázat, jak je možné některé problémy spojené s definicí krize a výběrem dostatečně účinných indikátorů včasného varování překlenout. Článek je strukturován následovně: druhá část je věnována diskrétnímu modelu včasného varování před výskytem krizí, třetí část se zabývá kontinuálním modelem zachycujícím dopad krizí na reálnou ekonomiku a čtvrtá část hodnotí praktickou využitelnost indikátorů včasného varování.

### 2. DISKRÉTNÍ MODEL – MODEL VÝSKYTU KRIZÍ

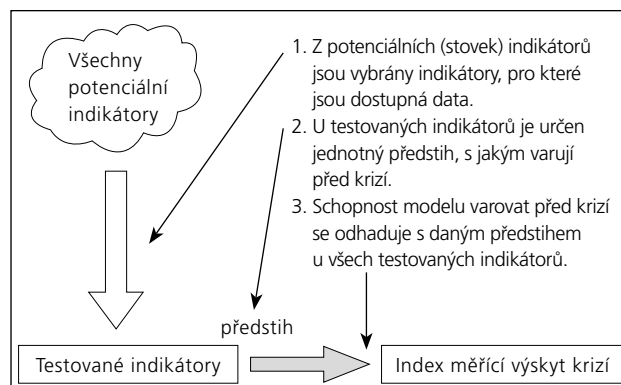
Diskrétní model hledá indikátory včasného varování optikou výskytu krizí, a to pomocí indexu, který výskyt označuje hodnotou jedna a absenci krize nulou. Sestavení takového indexu není snadné, protože literatura neposkytuje úplnou databázi krizí rozvinutých zemí. Prvním krokem analýzy tedy bylo sestavení databáze krizí, které zasáhly jednotlivé země EU a OECD, a to za období 1970–2010 a ve čtvrtletní periodicitě. Celkem byly identifikovány následující tři

hlavní typy krizí: měnové krize (krize platební bilance), finanční (bankovní) krize a dluhové krize (neschopnost splácet veřejný dluh, restrukturalizace dluhu).

V použité literatuře<sup>2</sup> byly tyto krize definovány buď na základě autorských výpočtů (například pokud určitý ukazatel převyšuje kritickou hodnotu – viz např. Kaminsky a Reinhart, 1999, Kaminsky, 2006), anebo na základě autorského odborného úsudku (Caprio a Klingebiel, 2003, Laeven a Valencia, 2008). Agregací dostupných studií a jejím doplněním ve spolupráci s ostatními centrálními bankami zemí EU a OECD<sup>3</sup> vznikla kompletní databáze krizí, která umožňuje spolehlivější identifikaci indikátorů včasného varování. Následně vypočítaný index měřící výskyt krizí je předmětem zkoumání diskrétního ekonometrického modelu, jehož schéma ilustruje Graf 1.

GRAF 1

#### SCHÉMA DISKRÉTNÍHO MODELU VČASNÉHO VAROVÁNÍ



1 Tento článek vychází z výzkumného projektu ČNB č. C3/2011, jehož výsledky jsou podrobně popsány v práci Babecký et al. (2011).

2 Viz Caprio a Klingebiel (2003), Reinhart a Rogoff (2008), Laeven a Valencia (2008, 2010), Kaminsky a Reinhart (1999), Kaminsky (2006).

3 V rámci skupiny MaRs ESCB Macroprudential Research Network, viz [http://www.ecb.europa.eu/home/html/researcher\\_mars.en.html](http://www.ecb.europa.eu/home/html/researcher_mars.en.html).

Tvorba diskretního modelu zobrazeného na Grafu 1 začíná volbou testovaných indikátorů včasného varování, k jejichž identifikaci se v odborné literatuře používá několik alternativních přístupů. První možností je využití indikátorů odvozených z jednoho konkrétního teoretického modelu (Kaminsky a Reinhart, 1999). Druhou možností je volba indikátorů na základě systematického přehledu literatury (Rose a Spiegel, 2009, Frankel a Saravelos, 2010). A nakonec lze také využít všech dostupných indikátorů (a jejich transformací) ze zvolené databáze a otestovat, zda alespoň část těchto indikátorů bude k vysvětlení krizí užitečná (Alessi a Detken, 2009).

Každý z těchto způsobů volby testovaných indikátorů má své silné i slabé stránky. Například skupina indikátorů vycházející z jednoho konkrétního modelu zpravidla tvoří jen malou podmnožinu všech potenciálně důležitých indikátorů. V tomto článku byly testované indikátory včasného varování zvoleny na základě systematických přehledů literatury (např. Alessi a Detken, 2009; Rose a Spiegel, 2009; Frankel a Saravelos, 2010) a doplněny dalšími několika důležitými indikátory podle úsudku autorů. S využitím několika databází zveřejňovaných Mezinárodním měnovým fondem, OECD, Světovou bankou, nebo Bankou pro mezinárodní vyrovnání plateb bylo celkem identifikováno více než 100 potenciálních makroekonomických a finančních indikátorů. S ohledem na dostupnost dat pro jednotlivé země bylo v pracovním vzorku ponecháno 50 indikátorů.

Ve druhém kroku tvorby diskretního modelu je třeba určit, s jakým předstihem mohou zvolené testované indikátory varovat před krizí. Předstih je tedy obvykle zvolen na základě autorova odborného, ale subjektivního úsudku. Většina modelů včasného varování používá stejný předstih (obvykle v délce jednoho až dvou let) pro všechny indikátory. Tento předpoklad pramení z pozorovaných faktů o vývoji důležitých makroekonomických ukazatelů v období před krizí, během krize, nebo po krizi (Kaminsky et al., 1998, Grammatikos a Vermeulen, 2010). Předstih, s nímž indikátory varují před krizí, byl v našem diskretním modelu stanoven na základě odborné literatury na 2 roky, alternativně na 3 roky (za účelem analýzy citlivosti výsledků).

Třetím krokem je odhad ekonometrického modelu a sestavení indexu včasného varování, popisující pravděpodobnost výskytu krize v budoucnosti. Model představený v tomto

článku byl odhadnut s pomocí dynamické panelové logit metody. Ačkoliv sestavený vzorek dat končí rokem 2010, pro některé individuální země byla data dostupná pouze do konce roku 2009. Proto horizont prognózy sahá nejdéle pouze do konce roku 2012. Je třeba poznamenat, že stanovení délky předstihu, která by byla stejná pro všechny indikátory, představuje silně omezující předpoklad. Ve skutečnosti různé indikátory mohou poskytovat informaci o blížící se krizi s odlišným předstihem. Následně byla testována schopnost modelu varovat před nástupem krize. Diskretní model vysílá varování před krizí tak, že vypočítá pravděpodobnost výskytu krize během následujícího roku či dvou, a to na základě pozorovaných hodnot všech testovaných indikátorů.

Schopnost tohoto modelu, který obsahuje přibližně 50 indikátorů, varovat před výskytem krizí a zároveň nevydávat falešné signály znázorňuje Tabulka 1. K ilustraci slouží tzv. chyby prvního typu (model nepredikoval výskyt krize, ale krize nastala) a chyby druhého typu (model predikoval výskyt krize, ale krize nenastala). Pravděpodobnost chyby prvního typu je dána podílem  $C/(A+C)$ , pravděpodobnost chyby druhého typu je  $B/(B+D)$ . Diskretní model tedy nezachytil 17,3% krizí a vydal falešné varování v 9,5% případů, kdy krize nenastala. Z hlediska tvůrců měnové politiky je navíc zajímavý podíl  $A/(A+B)$ , který popisuje pravděpodobnost, že model vydal varovný signál a krize opravdu nastala (64,0%). Doplnujícím ukazatelem je podíl  $B/(A+B)$ , tedy pravděpodobnost, že model vydal varovný signál, ale krize nenastala (36,0%).

Pro ukázkou pravděpodobnosti výskytu krizí pro rok 2010 a na dva další roky nad rámec období, pro která jsou dostup-

Tab. 1

**SCHOPNOST DISKRÉTNÍHO MODELU VAROVAT PŘED VÝSKYTEM KRIZÍ**

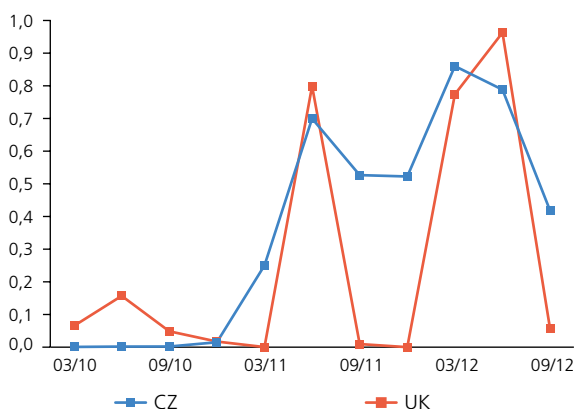
	Krize nastala	Krize nenastala
Model vydal varovný signál	A (477)	B (268)
Model nevydal varovný signál	C (100)	D (2566)

Pozn.: Pod termínem „model vydal varovný signál“ je míněna předpovězena pravděpodobnost výskytu krize během následujících dvou let.

ná data, jsou zde uvedeny predikce pro Českou republiku a Velkou Británii (viz Graf 2).<sup>4</sup> V roce 2010 se pravděpodobnost krizí jeví jako poměrně nízká, zatímco od roku 2011 pravděpodobnost krizí narůstá v obou zemích, a to ve tvaru velkého „M“. Jsou patrné dvě krizové vlny, ve druhé polovině r. 2011 a uprostřed r. 2012, což může být v důsledku zhoršení globálního výhledu v kombinaci s efekty restriktivní fiskální politiky. Jistá míra podobnosti v predikcích výskytu krizí v České republice a Velké Británii podtrhuje význam společných (globálních) faktorů. Ovšem v případě Velké Británie hrají zřejmě důležitou roli národní faktory, které způsobují skoky v pravděpodobnosti výskytu krizí z 0% téměř na 100% během dvou čtvrtletí (globální proměnné se totiž z jednoho čtvrtletí na druhé příliš nemění).

GRAF 2

#### PŘEDPOVĚĎ VÝSKYTU EKONOMICKÝCH KRIZÍ: ČESKÁ REPUBLIKA A VELKÁ BRITÁNIE



Pozn.: Predikce modelu na období 2010q1–2012q3. Skutečná data končí rokem 2010. Svislá osa zobrazuje pravděpodobnost výskytu krizí.

Model také ukazuje, že mezi nejužitečnější indikátory včasného varování – kromě globálních faktorů, které hrají významnou roli – patří nárůst cen nemovitostí, nízké domácí úrokové sazby z úvěrů a nárůst objemu úvěrů poskytovaných podnikatelské sféře. S vyšší pravděpodobností výskytu krizí rovněž souvisí nárůst dlouhodobých výnosů vládních dluhopisů dané země. Naopak ke stabilitě ekonomik přispívá nízká míra zadluženosti.

### 3. KONTINUÁLNÍ MODEL – DOPAD KRIZÍ NA EKONOMIKU

Alternativou diskretního modelu je model kontinuální, který hledá indikátory včasného varování tak, aby předpověděly krizové situace vysoce nákladné pro reálnou ekonomiku. Existuje více způsobů, jak takové náklady popsat. Jedním z důležitých ukazatelů jsou dopady na hrubý domácí produkt (HDP), přesněji jeho reálný růst. Dalšími ukazateli reálných nákladů jsou saldo státního rozpočtu a míra nezaměstnanosti. Snížení růstu HDP a nárůst nezaměstnanosti a fiskálního deficitu tedy charakterizují zvýšení reálných nákladů pro ekonomiku. Na základě těchto tří proměnných lze sestavit kontinuální index dopadů krizí na reálnou ekonomiku. V tomto článku vyšší hodnoty indexu odpovídají vyšším reálným nákladům.

Nejprve je třeba si ujasnit, zda nárůst reálných ekonomických nákladů je následkem krizí anebo jejich příčinou. Například fiskální deficit může narůstat v důsledku přijetí antikrizových opatření (snížení výdajů, podpora zaměstnanosti, vládní podpora výrobním podnikům a významným finančním institucím a podobně). Na straně druhé může nárůst míry zadluženosti ekonomiky krizi přivodit. Náklady pro reálnou ekonomiku nemusí být doprovázeny výskytem krizí, pokud se jedná o běžný cyklický vývoj (například sezonní změny v produkci a nezaměstnanosti). To znamená, že ne každý pokles ekonomického růstu, nárůst nezaměstnanosti či nárůst deficitu je následkem finanční nebo jiné krize. Index dopadu krizí na reálnou ekonomiku je odvozen z pozorování, že u „velkých“ krizí příčinná souvislost postupuje ve směru od výskytu krizí k výraznému zhoršení reálného stavu ekonomiky. Příkladem může být Velká deprese 30. let minulého století nebo ekonomický propad v letech 2008–2009, které následovaly po vypuknutí finančních krizí. Aby bylo možné odlišit běžný cyklický vývoj ekonomiky od útlumu reálné ekonomiky způsobeného krizemi, byla využita panelová struktura dat a značná délka datového vzorku. Systémová krize se projevuje tak, že zhoršení reálné ekonomické konjunktury se vyskytuje u více zemí najednou, jako tomu například bylo pro období 2008–2009.<sup>5</sup>

Graf 3 pak ilustruje způsob sestavení kontinuálního ekonometrického modelu včasného varování. Tento model je odhadnut pro stejný vzorek 40 zemí EU a OECD, pro který

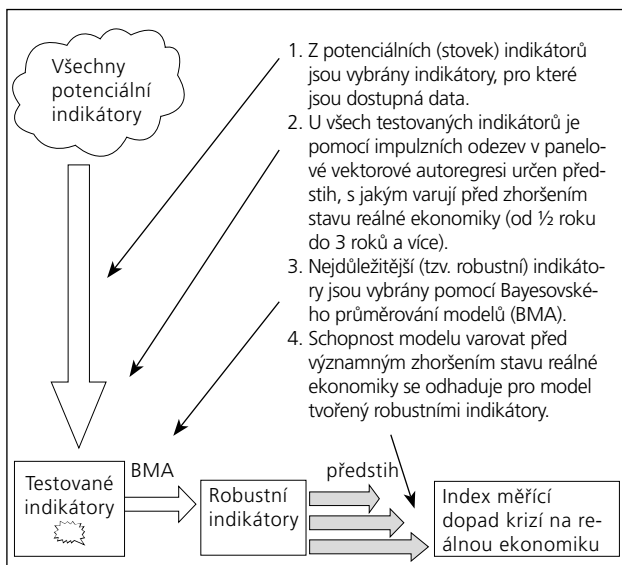
4 Výsledky pro ostatní země jsou dostupné v internetové příloze ke studii Babecký a kol. (2011). Velká Británie byla zvolena jako ekonomika s významným finančním sektorem, která má podobný měnověpolitický režim jako Česká republika (cílování inflace, vlastní měna). Na Velkou Británii stejně jako na Českou republiku dopadla krize let 2008/2009; obě země zároveň nepatří mezi nejpostiženější ekonomiky.

5 Samozřejmě to není jediná možnost, jak lze odlišit cyklický vývoj od efektu krizí. V současné době pracujeme na další verzi modelu, kde se snažíme zkombinovat údaje o výskytu krizí s útlumem ekonomické aktivity. Alternativní možností je očistit ekonomický vývoj o cyklus pro každou jednotlivou zemi zvlášť na základě filtračních metod.

byl sestaven diskretní model v předchozí části. Všechny potenciální indikátory, které byly identifikovány pro potřeby diskretního modelu, lze využít pro kontinuální model.

GRAF 3

## SCHÉMA KONTINUÁLNÍHO MODELU VČASNÉHO VAROVÁNÍ



Využití kontinuálního indexu, který průběžně popisuje stav reálné ekonomiky, otevírá cestu k řadě metodologických vylepšení modelu včasného varování. Prvním je volba předstihu (viz druhý krok na Grafu 3), se kterým indikátory varují před dopadem krizí na reálnou ekonomiku, respektive před hromadným nárůstem reálných nákladů ve sledovaných zemích. Namísto arbitrárního předpokladu stejného fixního horizontu předstihu pro všechny indikátory bylo navrženo stanovení optimální délky předstihu, a to pro každý indikátor individuálně. Optimální předstih, s jakým daný indikátor vysvětluje intenzitu dopadu krizí na ekonomiku, byl určen v rozsahu 4 až 16 čtvrtletí pomocí impulzních odezev v panelové vektorové autoregresi, kde byly postupně zkoumány všechny dvojice proměnných tvořené indexem dopadu krizí na reálnou ekonomiku a každým z 50 testovaných indikátorů.<sup>6</sup> Minimální délka předstihu byla stanovena tak, aby zvolené indikátory měly skutečně povahu včasného varování, tj. vydávaly signál alespoň rok před vypuknutím krize. (Výsledné délky předstihů pro všechny testované indikátory jsou uvedeny Tabulce A1 v Apendixu IV.2 v práci Babecký et al., 2011.)

Dále byly identifikovány indikátory, které jsou nejužitečnější pro předpovídání nákladů krize (viz třetí krok na Grafu 3). Ačkoliv již na základě dostupnosti bylo zredukováno množství všech potenciálních indikátorů na 50, je stále důležité nalézt ty, které je vhodné sledovat nejvíce. V literatuře je běžnou praxí používat všechny dostupné indikátory zvolené na základě teorie či úvahy autorů. Nicméně zahrnutí indikátorů, které mají jen slabý (či žádný) vztah k vysvětlované události, snižuje vypovídající schopnost modelu včasného varování, podobně jako tomu je při vynechání důležitých indikátorů.<sup>7</sup> Jak tedy důležité indikátory vybrat? K tomuto účelu byla využita metoda tzv. Bayesovského průměrování modelů (Bayesian Model Averaging, BMA<sup>8</sup>). Metoda BMA dovoluje ze všech možných kombinací vybrat takové kombinace vysvětlujících indikátorů, které mají nejlepší vypovídací schopnosti. Pokud je nám známo, jedná se o první aplikaci této moderní metody pro výběr proměnných v literatuře o systémech včasného varování. Závěrem tedy byl získán regresní model, mezi jehož vysvětlující proměnné jsou zahrnuty pouze robustní indikátory (přibližně polovina z celkových 50).

Výsledná specifikace (tedy vysvětlení intenzity dopadu krize robustními indikátory) byla odhadnuta pomocí panelové zobecněné metody momentů (Generalized Method of Moments, GMM), která je robustní vůči možné endogenitě odhadu, tj. obousměrné kauzalitě mezi vysvětlovanou a vysvětlujícími proměnnými. Výsledky kontinuálního modelu umožňují diskutovat zdroje rizika pro stabilitu reálné ekonomiky a porovnat důležitost různých skupin proměnných, například národních a globálních indikátorů.

Pro identifikaci hlavních zdrojů rizik pro makroekonomickou a finanční stabilitu je třeba se podívat na schopnost jednotlivých indikátorů vysvětlovat variaci v závislé proměnné, tedy dopadu krizí na reálnou ekonomiku. Studovaný kontinuální model je celkem schopen vysvětlit 37 % variace v dopadu krizí na reálnou ekonomiku během uplynulých 40 let v panelu 40 zemí; levý diagram v Grafu 4 ukazuje podíly jednotlivých skupin indikátorů na vysvětlující síle celého modelu. Jak je zřejmé z grafu, nejdůležitější skupinou indikátorů včasného varování jsou globální proměnné. Pravý diagram ukazuje efektivitu jednotlivých globálních proměnných.

Z těchto výsledků vyplývá, že pro identifikaci zdrojů rizik by měla makroobezřetnostní politika sledovat vývoj jak globálních ukazatelů (jako jsou například globální HDP, globální objem úvěrů a globální inflace), tak vybraných

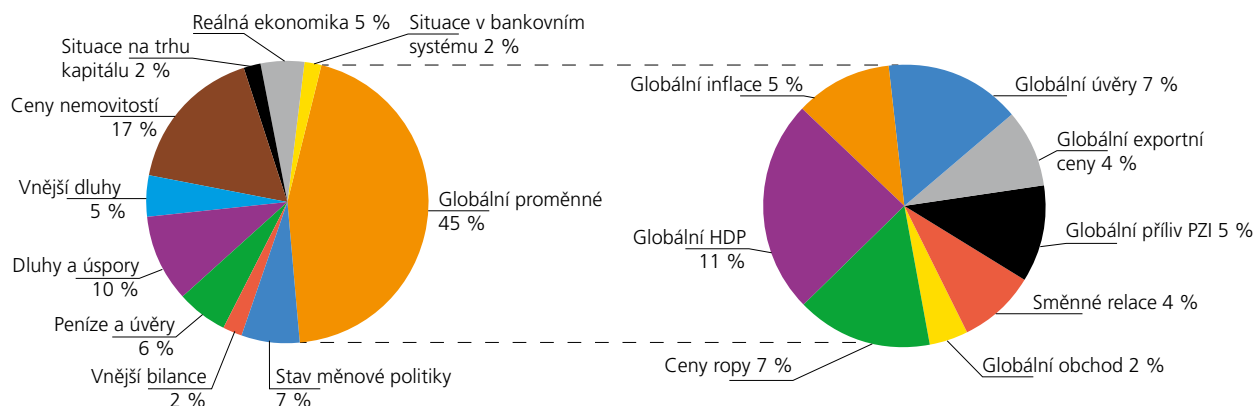
6 Zkoumání kombinovaného působení indikátorů může být předmětem dalšího výzkumu.

7 Vynechání důležitého indikátoru je obecně statisticky horší varianta, zahrnutí nesignifikantních indikátorů „pouze“ zvyšuje volatilitu.

8 Viz Koop (2003) pro obecný popis metody BMA a Feldkircher a Zeugner (2009) pro technické detaily, jak je možné tuto metodu aplikovat v praxi.

GRAF 4

## NEJDŮLEŽITĚJŠÍ INDIKÁTORY VČASNÉHO VAROVÁNÍ



Pozn.: Podíly jednotlivých indikátorů na vysvětlení variace dopadu krizí na reálnou ekonomiku.

domácích ukazatelů. Mezi domácími faktory představují nejvýznamnější zdroj rizika pro makroekonomickou stabilitu ceny nemovitostí. Mezi důležité ukazatele náleží také ceny ropy a vnitřní i vnější zadluženost.

#### 4. ZÁVĚR

Stávající literatura nenabízí jednotný náhled na to, jak definovat krizi pro potřeby systému včasného varování. Proto je vhodné pracovat paralelně s diskretním i kontinuálním indeksem, aby byla volba užitečných indikátorů včasného varování co nejrobustnější. Literatura také nenabízí úplný přehled všech krizí pro rozvinuté země, proto bylo třeba pro potřeby diskretního modelu provést její aktualizaci a rozšíření.

I přes rozdíly v definici krizí bylo možné identifikovat, které z potenciálních indikátorů patří mezi nejužitečnější. V praxi je tedy důležité sledovat rostoucí ceny nemovitostí, zadluženost dané země a globální proměnné. Ovšem u diskretního modelu, kde se odhaduje pravděpodobnost výskytu krizí, hrají poněkud vyšší roli národní proměnné (například úrokové sazby na úvěry, objem úvěrů poskytovaných podnikatelské sféře, výnosy státních dluhopisů); u kontinuálního modelu, který zachycuje dopady krizí na reálnou ekonomiku, jsou vzhledem k provázanosti ekonomik nejdůležitější kategorií indikátorů včasného varování globální proměnné (například globální objem úvěrů, světová produkce a ceny ropy).

Výsledky kontinuálního modelu pak rovněž ukazují, že signály včasného varování před dopady budoucích krizí přicházejí pro různé indikátory s různým předstihem. Zatímco jedna skupina indikátorů poukazuje na riziko krize čtyři či více let před jejím vypuknutím, druhá skupina spouští alarm jen těsně před krizí, kdy už zřejmě nelze jejímu propuknutí zabránit. Při konstrukci systému včasného varování je proto důležité vzít v úvahu odlišnosti ve vypovídající schopnosti jednotlivých indikátorů.

#### 5. LITERATURA

ALESSI, L., DETKEN, C. (2009): *“Real Time” Early Warning Indicators for Costly Asset Price Boom/Bust Cycles: A Role for Global Liquidity*, ECB Working Paper č. 1039.

BABECKÝ, J., HAVRÁNEK, T., MATĚJŮ, J., RUSNÁK, M., ŠMÍDKOVÁ, K., VAŠÍČEK, B. (2011): *Early Warning Indicators of Economic Crises: Evidence from a Panel of 40 Developed Countries*, CNB Working Paper č. 8/2011.

CAPRIO, G., KLINGEBIEL, D. (2003): *Episodes of Systemic and Borderline Financial Crises*, World Bank, leden 22.

FELDKIRCHER, M., ZEUGNER, S. (2009): *Benchmark Priors Revisited: On Adaptive Shrinkage and the Supermodel Effect in Bayesian Model Averaging*, IMF Working Paper č. 09202.

- FRANKEL, J. A., SARAVELLOS, G. (2010): *Are Leading Indicators of Financial Crisis Useful for Assessing Country Vulnerability? Evidence from the 2008–09 Global Crisis*, NBER Working Paper č. 16047.
- GRAMMATIKOS, T., VERMEULEN, R. (2010): *Transmission of the Financial and Sovereign Debt Crises to the EMU: Stock Prices, CDS Spreads and Exchange Rates*, DNB Working Paper č. 287.
- KAMINSKY, G. L. (2006): *Currency Crises: Are They All the Same?* Journal of International Money and Finance 25(3), str. 503–527.
- KAMINSKY, G. L. (1999): *Currency and Banking Crises: The Early Warnings of Distress*, IMF Working Paper č. 99/178.
- KAMINSKY, G. L., LIZONDO, S., REINHART, C. M. (1998): *The Leading Indicators of Currency Crises*, IMF Staff Papers 45(1), str. 1–48.
- KAMINSKY, G. L., REINHART, C. M. (1999): *The Twin Crises: The Causes of Banking and Balance-of-Payments Problems*, American Economic Review 89(3), str. 473–500.
- KOOP, G. (2003): *Bayesian Econometrics*, John Wiley and Sons.
- LAEVEN, L., VALENCIA, F. (2010): *Resolution of Banking Crises: The Good, the Bad and the Ugly*, IMF Working Paper č. 10146.
- LAEVEN, L., VALENCIA, F. (2008): *Systemic Banking Crises: A New Database*, IMF Working Paper č. 08224.
- REINHART, C. M., ROGOFF, K. S. (2008): *Banking Crises: An Equal Opportunity Menace*, NBER Working Paper č. 14587.
- ROSE, A. K., SPIEGEL, M. M. (2009): *Cross-Country Causes and Consequences of the 2008 Crisis: Early Warning*, NBER Working Paper č. 15357.