Konzultace

NOVÉ METODOLOGICKÉ PŘÍSTUPY K TVORBĚ EMPIRICKÝCH MODELŮ MĚNOVÝCH KRIZÍ

Michal PAZOUR, Vysoká škola ekonomická, Praha

1. Úvod

Spekulativní útoky na měnu se dostaly do popředí zájmu ekonomického výzkumu zejména v souvislosti s rozsáhlými krizemi 90. let – v Mexiku (1994), jihovýchodní Asii (1997), v Rusku a Brazílii (1998) nebo v Argentině (2002). Ve spojení s hledáním hlavních příčin těchto moderních krizí se podstatná váha výzkumu přenesla do oblasti empirických analýz ekonomických indikátorů, které by byly schopny spekulativní útoky na měnu včas identifikovat. Výsledkem výzkumu jsou systémy ukazatelů nazývané též indikátory včasného varování. Kromě empirické roviny se zvýšil zájem o tuto oblast také na teoretické úrovni, kde došlo k rozšíření modelů dluhových krizí o modely sebenaplňujících se spekulativních útoků na měnu (motivovány krizí ERM z let 1992 – 1993), modely nákazy (vliv mexické a asijské krize) a modely paniky (rovněž vliv mexické a asijské krize).

Empirické studie indikátorů měnových a bankovních krizí se rozvíjejí především ve druhé polovině 90. let minulého století, kdy vykrystalizovaly dva metodologické přístupy, které již lze považovat za standardní. Prvním z nich je přístup Kaminské, Lizonda a Reinhartové, kteří rozvinuli empirické modely založené na signální analýze. Druhou metodologickou větev standardních empirických modelů indikátorů měnových krizí tvoří regresní probitové a logitové modely, o jejichž rozšíření se zasloužili především Frankel a Rose. Tyto dva přístupy se staly základem pro navazující studie v oblasti systému indikátorů měnových krizí. Vyvolaly však také kritické ohlasy, které poukazují na určité metodologické nedostatky těchto modelů. Ve snaze odstranit některé problematické aspekty standardních přístupů se objevují alternativní empirické modely indikátorů spekulativních útoků na měnu, které staví na odlišných ekonometrických základech.

Stať se v první části zabývá stručným přehledem odlišných pojetí spekulativních útoků na měnu, které se odrážejí v rozdílných způsobech identifikace vzniku krize. Druhá část je věnována popisu metodologických základů standardních modelů a jejich empirických výsledků. Na konci této části je kladen důraz na identifikaci hlavních nedostatků standardních přístupů, které se staly východiskem pro konstrukci alternativních modelů indikátorů měnových krizí. Charakteristika me-

*) Za inspirativní připomínky k textu děkuji zejména P. Dvořákovi z VŠE v Jindřichově Hradci a M. Helískovi z VŠE v Praze.

todologických základů vybraných alternativních přístupů a jejich porovnání se standardními modely je obsahem třetí části.

Příspěvek si neklade za cíl podat úplný přehled současných empirických studií indikátorů spekulativních útoků na měnu, nýbrž upozornit na metodologické nedostatky standardních modelů a přiblížit možné směry dalšího vývoje v této oblasti.

2. Identifikace krize

Prvním krokem při tvorbě modelu indikátorů včasného varování je určení způsobu, který bude použit pro identifikaci měnové krize. Naprostá většina autorů zabývajících se systémy indikátorů včasného varování ztotožňuje měnovou krizi se silným tlakem na znehodnocení domácí měny (spekulativní útok na měnu). Ukazatelem vzniku měnové krize je index spekulativního tlaku (index of speculative pressure), který je konstruován ex post a slouží k určení toho, zda v minulosti byla zkoumaná země zasažena měnovou krizí a kdy k tomu došlo. Za vznik měnové krize je považován okamžik, kdy index spekulativního tlaku překročí svoji střední hodnotu o určitou vzdálenost, nejčastěji trojnásobek své směrodatné odchylky.

K samotné konstrukci indexu spekulativního tlaku jsou používány tři přístupy. V prvním přístupu je vznik měnové krize určen pouze výrazným a náhlým nominálním znehodnocením měny (viz např. Frankel, Rose, 1996). Nezohledňuje tedy útoky na měnový kurz kompenzované zásahem centrálních měnových autorit v podobě nákupu domácí měny a pracuje výhradně s úspěšnými ataky měnového kurzu. Širším způsobem (druhý přístup) definují měnovou krizi např. Kaminská, Lizondo, Reinhartová (1997), kteří do indexu spekulativního tlaku zahrnují vedle nominálního znehodnocení měny také pokles devizových rezerv. Výhodou tohoto přístupu je možnost identifikace úspěšných i neúspěšných runů na měnu, stejně jako jeho využití v různých režimech měnových kurzů. Třetí přístup používají např. Eichengreen, Rose, Wyplosz (1996), kteří rozšiřují index spekulativního tlaku o změny úrokového diferenciálu, neboť růst domácích úrokových sazeb může být vedle poklesu devizových rezerv také jedním z nástrojů na potlačení spekulativního útoku na měnu.

Využití indexu spekulativního tlaku jako identifikátoru měnové krize je však spojeno s určitými problémy, které mohou vést k chybnému stanovení okamžiku vzniku krize. Jedním z důvodů nesprávné identifikace měnových krizí je skutečnost, že střední hodnota a rozptyl indexu spekulativního tlaku jsou závislé na období, za které je index sestaven. Vyskytnou-li se v daném období měnové krize – spojené s výraznými pohyby měnového kurzu, devizových rezerv nebo úrokových sazeb – jsou střední hodnota a rozptyl indexu deformovány, což vede ke ztrátě schopnosti indexu identifikovat pozdější méně výrazné tlaky na měnu nebo k nesprávnému stanovení data vzniku krize.[1] Druhý otazník visí nad vykazováním údajů o stavu devizových rezerv měnovými autoritami rozvíjejících se ekonomik. Příkladem může být Mexiko, kde byly údaje o stavu devizových rezerv v roce 1994 záměrně nadhodnocovány, aby investoři neztratili důvěru v mexickou ekonomiku. I přes tyto nedostatky je index spekulativního tlaku v některé ze svých forem hojně využívaným nástrojem identifikace měnové krize, a to jak v přístupech označovaných jako standardní, tak i v tzv. alternativních přístupech.

1) Podrobněji se srovnáním jednotlivých metod identifikace měnových krizí zabývá např. Edisonová (2000).

3. Standardní přístupy

Jak jsem již uvedl v úvodu, za standardní metodologické přístupy k tvorbě empirických modelů indikátorů měnových krizí lze považovat signální analýzu Kaminské, Lizonda a Reinhartové (KLR modely) a regresní probitové nebo logitové modely. Tyto přístupy se začaly rozvíjet v druhé polovině 90. let. Jejich společným znakem je práce s indexem spekulativního tlaku jako binární proměnnou, která rozděluje soubor pozorování na období krize a klidná období. Výsledky empirických modelů sestavených z předem vybraných indikátorů jsou následně komparovány s obdobími měnové krize definovanými indexem spekulativního tlaku. Podívejme se nyní blíže na jednotlivé přístupy, jejichž charakteristika umožní odkrýt jejich metodologické nedostatky.

3. 1 *Signální přístup – KLR model*

Přístup Kaminské, Lizonda a Reinhartové[2)] k modelu indikátorů včasného varování, definuje měnovou krizi jako období, během kterého hodnota indexu spekulativního tlaku přesahuje svoji střední hodnotu o více než trojnásobek směrodatné odchylky.[3)] Index spekulativního tlaku je v tomto přístupu tvořen jako vážený průměr meziměsíčních procentních změn nominálního měnového kurzu a meziměsíčních procentních změn devizových rezerv, kde jednotlivé váhy jsou stanoveny tak, aby podmíněný rozptyl obou komponent indexu byl shodný. Měnovou krizí se tak v pojetí KLR rozumí jak úspěšné útoky na měnu, které vedou k její devalvaci, tak i neúspěšné útoky, které se odrazí „pouze" v poklesu devizových rezerv měnových autorit.

KLR model, který vychází z metodologie signálního přístupu, je model binárních veličin. To znamená, že dává-li určitá proměnná správný signál ve sledovaném období, je transformována na binární veličinu s hodnotou jedna. V opačném případě je jí přiřazena hodnota rovna nule. Model předpokládá, že vysvětlující proměnná signalizuje správně nebezpečí měnové krize v případě, že její střední hodnota překročí určitou (optimální) úroveň a měnová krize nastane v období do 24 měsíců. Optimální úroveň každé proměnné je stanovena individuálně na základě poměru falešných a správných signálů (noise-to-signal ratio). Tento ukazatel lze jednoduše vypočítat jako podíl počtu měsíců, během kterých daná proměnná dávala falešný signál blížící se krize, a počtu měsíců, kdy byla krize identifikována správně. Poměr falešných a správných signálů tak stanovuje pro každou vysvětlující proměnnou hranici, při jejímž překročení vysílá tato proměnná signál měnové krize. V modelu KLR je každá z vysvětlujících proměnných analyzována nezávisle na vývoji ostatních proměnných vstupujících do modelu.

Po testování 103 ukazatelů zahrnuli autoři do modelu indikátorů včasného varování 15 vysvětlujících proměnných. Nejvýznamnějšími proměnnými pro včasnou identifikaci měnové krize jsou zejména reálné zhodnocení domácí měny a dále pokles tempa růstu exportu, pokles cen na trhu akcií a růst poměru peněžní zásoby k devizovým rezervám.

Kaminská ve své pozdější práci (1999) agregovala jednotlivé indikátory do kompozitního indikátoru měnové krize. Nabízí čtyři formy kompozitního indikátoru, z nichž tři jsou dosti nepřesné, neboť nezohledňují různou vypovídací hodnotu jednotlivých indikátorů (jejich predikční sílu). Čtvrtý výpočet tento nedostatek od-

2) Metodologické základy tohoto modelu popsaly Kaminská a Reinhartová již v roce 1996.

3) Pro země, které ve sledovaném období zaznamenaly velmi vysokou míru inflace, bylo kritérium trojnásobku směrodatné odchylky od střední hodnoty pozměněno, neboť období vysoké míry inflace zkresluje střední hodnotu a rozptyl indexu.

straňuje, když definuje kompozitní indikátor jako vážený aritmetický průměr signálů, které jednotlivé indikátory vysílají. Váhy signálů dílčích indikátorů jsou determinovány inverzním poměrem falešných a správných signálů, čímž je zohledněna predikční síla jednotlivých proměnných v modelu. Kompozitní indikátor má potom tvar:

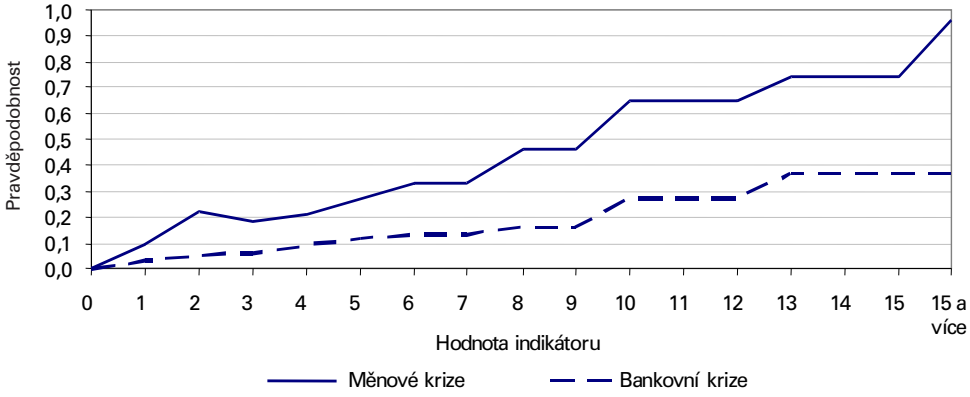
$$I_t \quad {}^{m} \quad \frac{S_t^j}{{}^{j}}, \qquad t \quad 1$$

kde S_t^j je binární veličina, která nabývá hodnoty jedna, když indikátor j překročí svoji prahovou hodnotu v období t; v ostatních případech je hodnota S_t^j rovna nule. ^{j} vyjadřuje poměr falešných a správných signálů indikátoru j.

Pravděpodobnost vzniku krize pro konkrétní hodnoty kompozitního indikátoru měnové krize je poté získána sledováním četnosti správných signálů, tj. signálů následovaných měnovou krizí během 24 měsíců. Prahová hodnota kompozitního indikátoru, jejíž překročení s velkou pravděpodobností měnovou krizi signalizuje, je stejně jako v případě dílčích indikátorů stanovena tak, aby bylo minimalizováno jak riziko falešných signálů, tak riziko „neidentifikace" měnové krize.

Empirické testy kompozitního indikátoru provedla Kaminská na vzorku 20 zemí sledovaných v letech 1970 – 1995. Původní soubor 15 indikátorů použitý v analýze KLR je zde rozšířen o ukazatel krátkodobého zahraničního dluhu a celkového zahraničního dluhu, dále o světovou reálnou úrokovou sazbu, podíl bankovních depozit k devizovým rezervám a dvě nula-jednotkové umělé proměnné (dummy),[4] které zohledňují vliv finanční liberalizace a měnové nebo bankovní krize. Výsledky testů ukazují (viz graf), že překročí-li kompozitní indikátor hodnotu 15, je pravděpodobnost vzniku měnové krize rovna téměř jedné. Méně přesné výsledky přináší kompozitní indikátor v případě bankovních krizí, kde dosahuje maximální pravděpodobnosti vzniku krize ve výši necelých 40 %.

Pravděpodobnost měnových a bankovních krizí podle kompozitního indikátoru
Pramen: Kaminská, 1999, s. 29.



4) Umělé proměnné (dummy) jsou používány jako proxy proměnné při transformaci kvalitativních proměnných na kvantitativní. Nejčastěji jsou konstruovány jako nula-jednotkové (binární) proměnné.

3. 2 *Přístupy regresní probitové a logitové analýzy*

Přístupy založené na probitových nebo logitových modelech vycházejí z předpokladu nelineární závislosti pravděpodobnosti vzniku krize (překročení prahové hodnoty indexu spekulativního tlaku) na souboru vysvětlujících proměnných (indikátorů). V případě probitových modelů je tato závislost popsána normální kumulativní distribuční funkcí, v případě logitových modelů potom logistickou kumulativní distribuční funkcí. Identifikace období vzniku krize vychází v případě regresní probitové nebo logitové analýzy rovněž z konstrukce indexu spekulativního tlaku a jeho transformace na umělou proměnou, která nabývá hodnot jedna (krize) a nula (klidné období). Také hodnoty indikátorů měnových krizí jsou v některých regresních modelech transformovány. Na rozdíl od KLR přístupu však nejsou převedeny na binární umělé proměnné, ale jsou součástí regresních funkcí. Charakter probitových nebo logitových funkcí pak zajišťuje, že výsledky předpovědí modelu dosahují hodnot v intervalu od nuly do jedné. Výhodou oproti signálnímu přístupu je snazší interpretovatelnost předpovědí modelu, neboť výsledky predikcí představují přímo pravděpodobnost vzniku krize. Další výhodou regresní analýzy oproti KLR signálnímu přístupu je, že do modelu vstupují simultánně všechny indikátory. Není tedy obtížné kvantifikovat přínos dalších proměnných k identifikaci měnové krize. Nevýhodou a zároveň závažným praktickým problémem regresní probitové nebo logitové analýzy je nedostatek měnových krizí v modelu v porovnání s množstvím „klidných" období. Autoři využívající ve svých empirických analýzách tento přístup se snaží tuto nedostatečnost zmírnit doplněním souboru rozvíjejících se ekonomik skupinou rozvinutých zemí. Přesto je predikční síla těchto modelů vlivem malého počtu krizí v regresi oslabena.

Regresní probitovou analýzu využívá ke stanovení pravděpodobnosti vzniku krize např. Frankel a Rose, kteří do analýzy zahrnuli roční údaje za 105 zemí z období 1971 – 1992. Výhodou ročních údajů je možnost využití širšího spektra indikátorů. Na rozdíl od studií, které pracují se čtvrtletními nebo měsíčními údaji, mohli Frankel a Rose zahrnout do modelu také např. údaje o zahraničním zadlužení zemí nebo saldo státního rozpočtu. Vznik krize definují jako depreciaci měny o více než 25 %, která zároveň překročí depreciaci v předcházejícím roce o více než 10 procentních bodů. Z celkových 780 pozorování identifikovali 69 krizí a pomocí regresní probitové analýzy stanovili, že pravděpodobnost krize se zvyšuje, když země vykazuje nízký ekonomický růst, vysoký růst domácích úvěrů, nízký objem přímých zahraničních investic v poměru k celkovému zadlužení, nízký objem devizových rezerv, nadhodnocený reálný měnový kurz, a dále když jsou vysoké úrokové sazby v zahraničí. Tento regresní model však nepřináší jasné vztahy mezi indikátory a krizí a rovněž predikce modelu nedávají jasné výsledky. Z celkových 69 krizí jich model předpověděl pět.

Tabulka 1
Predikční síla probitového modelu Frankela a Roseho (počet pozorování)

Predikce	Klidné období	Krize	Celkem
Predikce – klidné období	707	64	771
Predikce – krize	4	5	9
Celkem	711	69	780

Pramen: Frankel, Rose, 1996, s. 23.

3. 3 *Navazující studie*

Z metodologického přístupu KLR nebo regresní probitové a logitové analýzy k tvorbě systému indikátorů měnových krizí vycházejí další empirické studie, které model přizpůsobují specifickým podmínkám zkoumaných zemí, případně jej doplňují o nové indikátory. Berg a Pattillová (1999) rozšířili soubor 15 indikátorů použitých KLR o další dvě vysvětlující proměnné: poměr M2 k devizovým rezervám a podíl salda běžného účtu k HDP. Soubor indikátorů naplnili údaji za asijské země z období 1970 – 1996 a pokusili se vysvětlit, zda asijská finanční krize mohla být včas předpovězena. Predikční sílu zvolených proměnných srovnali prostřednictvím tři modelů, založených na regresní probitové analýze. První model transformuje hodnoty proměnných na diskrétní lineární funkci, druhý model transformuje hodnoty proměnných do spojité lineární funkce a třetí model pracuje s původními (netransformovanými) proměnnými. Autoři tímto zjistili, že model s původními proměnnými má vyšší predikční sílu než modely využívající různé formy transformace vysvětlujících proměnných.

Přístup KLR rozvinula dále Edisonová (2000), která inovovala výsledky empirických testů publikovaných v KLR, když do modelu zahrnula později známé hodnoty proměnných (data 1970 – 1998). Nově získané předpovědi podrobila celé řadě citlivostních testů, které do jisté míry potvrdily možnost univerzálního využití souboru indikátorů měnových krizí stanovených KLR. Upozornila však na určitá specifika a odlišnosti chování jednotlivých proměnných mezi různými ekonomickými regiony. Edisonová ve své práci vyvinula konkrétní systém včasného varování pro Mexiko.

Signální přístup založený na kompozitním indikátoru Kaminské aplikovali ve své práci Brüggemann a Linne (2002) na kvalitativně různorodý soubor zemí. Zkoumali proměnné, které mohou signalizovat blížící se měnovou krizi, ve skupině šesti transformujících se evropských zemí přistupujících k EU, Turecka a Ruska. Došli k závěru, že i přes vysokou variabilitu úrovně a struktury těchto ekonomik je možné nalézt společné indikátory náchylnosti k měnové krizi. Těmito indikátory jsou nadhodnocený měnový kurz, klesající objem devizových rezerv, rozpočtový deficit, což jsou standardní ukazatele pro transformující se země, ale také úroková marže bankovních ústavů a poměr objemu bankovních depozit k hrubému domácímu produktu (HDP).

Empirickou analýzu založenou na metodologii standardních přístupů doplnili Osband a van Rijckeghemová (2000), kteří se ve svém modelu místo na identifikaci krize zaměřili na identifikaci tzv. bezpečných zón (safety zones). Pokusili se tak označit stav ekonomiky, definovaný určitou úrovní fundamentálních ekonomických veličin, při kterém měnová krize s vysokou pravděpodobností nikdy nevznikne. Pro vyznačení bezpečných zón použili systém filtrů, který zahrnuje individuální i kompozitní ekonomické indikátory. Empirickým testováním systému devíti filtrů na vzorku 3 755 měsíčních pozorování (54 krizových období, 523 předkrizových období a 3 178 klidných období) se autorům podařilo identifikovat 47 % bezpečných zón. Autoři doporučují kombinovat model bezpečných zón s ostatními přístupy, které se orientují na včasnou identifikaci krizových období, ve smyslu metody dvoustupňového testování (two-stages method), kde první stupeň vede k označení bezpečných zón a ve druhém stupni dochází k odhadu pravděpodobnosti vzniku krize prostřednictvím dalších, v prvním stupni netestovaných indikátorů.

3. 4 *Metodologické problémy standardních přístupů*

Aplikace regresní analýzy, stejně jako přínos signálního přístupu KLR k metodologii testování indikátorů měnových krizí, byly bezesporu významné a tyto modely se staly standardními přístupy konstrukce systému včasného varování. Přestože modely založené na regresní probitové nebo logitové analýze nebo KLR přístupu jsou schopny některé měnové krize předvídat, dávají rovněž řadu falešných signálů, což snižuje jejich predikční sílu. Při zkoumání těchto modelů z metodologického hlediska vyvstávají minimálně čtyři problémy.

3. 4. 1 *Arbitrární stanovení prahových hodnot indexu spekulativního tlaku*

První metodologický problém vyvstává při identifikaci měnové krize. Jak je uvedeno výše, oba standardní přístupy využívají pro určení krizového období indexu spekulativního tlaku, jehož hodnoty v době vypuknutí krize překročí určitou, předem stanovenou úroveň (prahová hodnota). Tato prahová hodnota indexu spekulativního tlaku je však stanovena arbitrárně a liší se mezi jednotlivými autory. Zatímco KLR pracují s prahovou hodnotou ve výši trojnásobku směrodatné odchylky od střední hodnoty indexu, např. Edisonová stanovuje práh na úrovni 2,5 násobku směrodatné odchylky a Kamin, Schindler a Samuel (2001) identifikují krizi, překročí-li hodnota indexu spekulativního tlaku svoji střední hodnotu o 1,75 násobek směrodatné odchylky. Vzhledem k rozdílnému pojetí prahové hodnoty vzniká problém s jednotným definováním počtu měnových krizí a okamžiku jejich vzniku, což se následně odráží ve velmi odlišných výsledcích testování empirických modelů. Kamin, Schindler a Samuel se následně pokusili arbitrární stanovení prahové hodnoty indexu spekulativního tlaku překonat tím, že tato prahová hodnota vstupuje do modelu jako volný parametr, který je následně optimalizován na základě maximalizace správných a minimalizace falešných signálů krize.

3. 4. 2 *Vliv nových dat na identifikaci krize*

Druhým problémem identifikace měnových krizí je závislost prahových hodnot indexu spekulativního tlaku, které určují dobu vzniku krize, na zvoleném vzorku dat. Nová data vstupující do modelu tak mohou významně ovlivnit identifikaci minulých krizí, která je odvozena od střední hodnoty indexu spekulativního tlaku. Jak ukazuje Edisonová, která doplnila model KLR o údaje z období asijské krize, může rozsáhlá krize typu asijské podstatně zvýšit střední hodnotu indexu spekulativního tlaku, čímž posunuje i práh identifikace krize. Období identifikované v práci KLR jako krizové, je po zahrnutí nových hodnot v práci Edisonové pod prahovou úrovní indexu spekulativního tlaku.[5)] Nová data tak mohou značně ovlivnit identifikaci krize, což je v signálním přístupu, který abstrahuje od intenzity spekulativního tlaku, zásadní problém.

3. 4. 3 *Umělá korelace z důvodu vypuštění období po vzniku krize*

Vzhledem k tomu, že po vypuknutí měnové krize se ekonomické ukazatele postižené ekonomiky chovají do značné míry abnormálně, používají některé empirické studie založené na identifikaci krize pomocí prahových hodnot indexu spekulativního tlaku tzv. „exclusion window". To představuje určité (různě dlouhé)

5) Např. v Malajsii bylo na vzorku dat za období 1970 – 1996 identifikováno pět měnových krizí, zatímco ve vzorku dat za období 1970 – 1998 se objevila pouze jedna krize, a to v roce 1997.

období po vzniku krize, od kterého se při identifikaci krizového období abstrahuje. Zabraňuje se tak identifikaci nové krize v době, kdy je tato nová krize de facto pouze pokračováním té předchozí. S využitím „exclusion window" však souvisí dva metodologické problémy. Jedním z nich je skutečnost, že délka období, které je z identifikace měnové krize vyloučeno, je stanovena arbitrárně a opět se mezi jednotlivými autory liší. Např. Frankel a Rose pracují s délkou „exclusion window" tři roky (zpracovávají roční údaje), zatímco Eichengreen, Rose a Wyplosz, kteří pracují se čtvrtletními daty, vyloučili z identifikace spekulativních útoků pouze jedno čtvrtletí po vzniklé krizi. Pro regresní probitovou analýzu je však vážnějším problémem skutečnost, že je v období „exclusion window" uměle stanovena nulová pravděpodobnost vzniku krize. Regresní analýza však předpokládá nezávislost jednotlivých pozorování, neboli stejnou pravděpodobnost vzniku krize v každém sledovaném období. V důsledku narušení tohoto předpokladu pak dochází ke vzniku umělé korelace hodnot indexu spekulativního tlaku.

3. 4. 4 *Ztráta informací převodem na binární proměnné*

Čtvrtým nedostatkem standardních přístupů je ztráta informací o síle spekulativního tlaku v důsledku převodu původních hodnot indexu spekulativního tlaku na hodnoty binární proměnné. V případě, že dojde k překročení stanovené prahové hodnoty indexu spekulativního tlaku je tento ukazatel převeden na binární proměnnou s hodnotou jedna bez ohledu na vzdálenost od prahové hodnoty, tedy bez ohledu na sílu spekulativního útoku na měnu. V modelech založených na signálním přístupu dochází ještě k další ztrátě informací, a to při testování schopnosti indikátorů měnovou krizi předpovídat. Také zde znamená překročení určité hodnoty indikátoru následované krizí transformaci původní hodnoty indikátoru na binární proměnnou o hodnotě jedna (signál), aniž by byla zachována informace o intenzitě tohoto signálu.

Nedostatky standardních přístupů k modelování systému indikátorů měnových krizí – KLR a regresní probitové a logitové analýzy – se snaží překonat nové přístupy, které staví na alternativních ekonometrických modelech. Ne vždy se však dokáží odpoutat od některého z výše uvedených problémových aspektů standardních přístupů.

4. Alternativní přístupy

4. 1 *Model dvou režimů*

Odlišný metodologický přístup ke stanovení systému indikátorů měnových krizí aplikuje ve své práci Vlaar (2000), který se snaží vyhnout jednak transformaci původních hodnot proměnných na binární veličiny a jednak zkreslení při identifikaci krize vlivem abnormálního vývoje ekonomických veličin během krize. Vychází z konstrukce indexu měnové krize (obdoba indexu spekulativního tlaku), který je váženým průměrem hodnot depreciace domácí měny a poklesu devizových rezerv.[6] Na rozdíl od standardních přístupů nepřevádí index měnové krize na umělou nula-jedničkovou proměnnou, ale jeho hodnoty si zachovávají spojitý charakter. Nedochází tak ke ztrátě informace o síle spekulativního tlaku jako v případě transformace indexu na umělou proměnnou. Index měnové krize je sestaven prostřednictvím kombinace středních hodnot dvou modelových režimů. První

6) Váhy jednotlivých komponent indexu byly stanoveny na základě jejich volatility. Vyšší váhu v indexu tak má depreciace měny (80 %), zatímco pokles devizových rezerv disponuje vahou 20 %.

modelový režim zachycuje vývoj v klidném období, druhý v období krize, kdy dochází k rozsáhlé depreciaci měny a/nebo výraznému poklesu devizových rezerv. Výhodou tohoto rozdělení na dva modelové režimy je, že význam informací o vývoji ekonomických proměnných v klidném období není potlačen abnormálními hodnotami těchto proměnných v období krize. Toto rozdělení rovněž nevyžaduje arbitrární stanovení období krize jako v případě standardních přístupů, neboť identifikace krizového období zůstává výsledkem stochastického procesu. Pravděpodobnost přechodu do krizového režimu se zde zvyšuje v závislosti na oslabování hodnot ekonomických veličin dané země. Ve fázi hodnocení spolehlivosti předpovědí modelu však Vlaar stanovuje prahovou hodnotu indexu měnové krize.

Empirické testy provedl Vlaar na měsíčních údajích za soubor 31 transformujících se ekonomik z období 1987 – 1996. Hraniční rok 1987 byl stanoven s ohledem na dostupnost dat o krátkodobém zadlužení testovaných zemí, rok 1996 z důvodu možnosti testování predikcí modelu na asijské krizi. Při hodnocení vypovídací schopnosti modelu definuje Vlaar měnovou krizi jako období, kdy hodnota indexu měnové krize překročí hodnotu 10. Empirické testy ukázaly, že přímý efekt na růst indexu měnové krize mají vysoká inflace, nadhodnocená měna a odliv devizových rezerv. Při sledování modelového režimu klidného období, které má zřejmě vyšší význam pro tvorbu předpovědí, byly statisticky významné především ukazatele vývoje měnového kurzu a devizových rezerv. Pravděpodobnost přechodu do krizového režimu zvyšují kromě výše uvedených indikátorů (inflace, kurz, rezervy) také zvýšení poměru import/export, pokles podílu devizových rezerv na M2 a zvýšení poměru krátkodobého zahraničního dluhu na devizových rezervách.

Predikční síla modelu je závislá na volbě pravděpodobnosti vzniku krize, při které má indikátor krizi signalizovat. Je-li tato hodnota pravděpodobnosti vyšší, snižuje se jak počet předpověděných krizí, tak i počet chybných signálů.

Tabulka 2
Predikční síla modelu dvou režimů (počet pozorování, podíl)

Hranice pravděpodobnosti	Krize	Klidné období	Poměr noise/signal[1)]
>10 %	13	39	0,098
>5 %	14	73	0,171
>2 %	17	151	0,292
>1 %	21	227	0,355
>0,5 %	23	345	0,492
>0,2 %	24	454	0,621
Celkem	24	731	-

1) Poměr noise/signal je zde definován jako procento falešných signálů ze všech možných falešných signálů děleno procentem správných signálů ze všech možných správných signálů.
Pramen: Vlaar, 2000, s. 20.

Při zvolení pravděpodobnosti 10 %, tzn. že indikátor signalizuje krizi při pravděpodobnosti vzniku krize vyšší než 10 %, dokázal model předpovědět 13 z 24 spekulativních útoků. Zároveň však detekoval dalších 39 krizí, které následně nenastaly. S poklesem zvolené hranice pravděpodobnosti zřejmě roste počet správně signalizovaných krizí, avšak také počet krizí signalizovaných v klidném období. Všechny vzniklé krize model detekoval při volbě hranice pravděpodobnosti na úrovni 0,2 %, kdy však podíl chybných signálů překročil 62 %.

4. 2 *Model VAR*

Přístup k modelu indikátorů měnových krizí, který aplikuje Krkoška (2000), je založen na standardním ekonometrickém VAR modelu, do kterého vstupují vybrané makroekonomické ukazatele. Využívá zde jednak standardní indikátory krizí, které doplňuje o dva méně tradiční ukazatele. Ze standardních ukazatelů vstupují do modelu podíl salda běžného účtu k HDP, čisté zahraniční investice vyjádřené jako procento HDP, poměr M2 k devizovým rezervám, reálný měnový kurz, reálný růst domácích úvěrů, míra inflace, průmyslová produkce, měnový kurz DEM/USD a průmyslová produkce v EU. Z méně standardních indikátorů Krkoška používá široce definovaný index spekulativního tlaku a část deficitu běžného účtu, která není kryta přímými zahraničními investicemi. Index spekulativního tlaku je v tomto modelu zkonstruován jako prostý aritmetický průměr měsíční procentní změny nominálního měnového kurzu, devizových rezerv a úrokové sazby. Krkoška obdobně jako Vlaar netransformuje index spekulativního tlaku na binární proměnnou a nechává jeho hodnoty v původní spojité podobě. Druhý netradiční indikátor měnových krizí – součet čistých přímých zahraničních investic a deficitu běžného účtu – vychází ze stabilní podstaty přímých zahraničních investic. Vzhledem k vyšší stabilitě oproti ostatním komponentám finančního účtu platební bilance je objem přímých zahraničních investic relevantním srovnávacím ukazatelem udržitelnosti deficitu běžného účtu.

Empirické testy modelu byly provedeny na čtvrtletních údajích za Českou republiku, Slovensko, Polsko a Maďarsko v letech 1994 – 1999.[7] Asi nejdůležitějším výsledkem tohoto modelu je významná závislost spekulativních útoků na deficitu běžného účtu nekrytém přílivem zahraničních investic. Krkoška ve výše uvedených zemích prokázal, že měnová krize měřená indexem spekulativního tlaku nastává vždy, když nekrytý deficit běžného účtu překročí hranici 5 % HDP, přičemž tento indikátor signalizuje krizi zpravidla jedno čtvrtletí před spekulativním útokem na měnu. Situace, kdy přílivem přímých zahraničních investic nekrytý deficit běžného účtu překročil hranici 5 % HDP, nastala v Maďarsku ve čtvrtém čtvrtletí roku 1994, v České republice v prvním čtvrtletí roku 1997 a na Slovensku ve čtvrtém čtvrtletí roku 1996. Kromě nekrytého deficitu běžného účtu se jako statisticky významné ukázaly být také indikátory nadhodnocený měnový kurz a pokles průmyslové produkce v EU.

4. 3 *Markovský model stavových přechodů*

Jedním z dalších nestandardních přístupů k modelování indikátorů spekulativních útoků na měnu je markovský model stavových přechodů s měnící se pravděpodobností v čase (markovský proces), který ve své práci aplikuje např. Abiad (2003). Základem tohoto přístupu je předpoklad existence dvou stavů ekonomiky – klidného období a krizového období. Na rozdíl od standardních přístupů však tento model neporovnává primárně chování vybraných indikátorů v klidném období s chováním v krizovém, resp. v předkrizovém období. Binární veličina, krize (1) – klidné období (0), zůstává v modelu v pozadí jako nezávislá veličina, která ovlivňuje chování přímo pozorovatelného identifikátoru měnové krize.[8] Příkladem může být odlišné chování nominálního měnového kurzu v normálním období

7) Vzhledem k příliš malému počtu pozorování, v důsledku kterých nebylo možné odhadnout parametry modelu, byla přijata určitá ad hoc omezení modelu.

8) Závislost identifikátoru krize (měnového kurzu, příp. indexu spekulativního tlaku) – y_t na binární veličině určující stav ekonomiky – s_t je popsána vztahem: $y_t / s_t \sim N(\ _{s_t}, \ ^2_{s_t})$.

a v době spekulativního útoku. Zkoumaná ekonomika má přitom v každém okamžiku určitou pravděpodobnost, že setrvá ve stávajícím stavu a pravděpodobnost, že se přesune do stavu druhého. Výše této pravděpodobnosti je ovlivněna vývojem a úrovní fundamentálních ekonomických ukazatelů. Abiadův přístup se tak od ostatních přístupů, které pracují s indexem spekulativního tlaku, liší tím, že změny fundamentálních indikátorů neovlivňují přímo měnový kurz (případně devizové rezervy nebo úrokové sazby), ale determinují pravděpodobnost přesunu ekonomiky z jednoho stavu do druhého. Výhoda modelu markovského procesu spočívá také v absenci různých ad hoc předpokladů využívaných např. v práci Krkošky. Nedochází rovněž ke ztrátě informací vlivem transformace indexu spekulativního tlaku na binární veličinu, která je jedním ze slabých míst standardních přístupů. Abiad ve své práci dokazuje, že i malé změny měnového kurzu se přenosem prostřednictvím modelu markovského procesu mohou projevit jako významný signál spekulativního útoku. Nevýhodou tohoto modelu je obtížná testovatelnost hypotéz o přesunu ekonomiky z jednoho stavu do druhého, což je důsledek měnící se pravděpodobnosti v čase. Druhým nedostatkem modelu je jeho tendence dávat falešné signály v případě, že je do modelu zahrnuto příliš mnoho vysvětlujících proměnných.

K empirickému testování modelu markovského procesu si Abiad vybral 22 indikátorů, které zahrnovaly ukazatele makroekonomické nerovnováhy (např. poměr deficitu běžného účtu k HDP, M2 k devizovým rezervám, růst průmyslové produkce atd.), ukazatele kapitálových toků (např. ukazatel krytí krátkodobého zahraničního dluhu devizovými rezervami, růst bankovních aktiv v poměru k růstu HDP, vývoj LIBOR atd.) a finanční nestability (podíl růstu bankovních depozit na růstu M2, poměr objemu bankovních úvěrů a bankovních depozit atd.). Testování byla provedena na měsíčních údajích postupně za každou z pěti asijských zemí (Thajsko, Indonésie, Korea, Malajsie a Filipíny) v letech 1972 – 1999. Empirické výsledky modelu dokazují statistickou významnost především ukazatelů reálného nadhodnocení měny, úrovně a růstu poměru M2 k devizovým rezervám, růstu reálného HDP a ukazatele zahraniční úrokové sazby LIBOR. Abiad ve své empirické analýze prokázal, že mezi jednotlivými zeměmi existuje vysoká variabilita statistické významnosti jednotlivých indikátorů. Tato skutečnost vede k závěru, že systémy indikátorů spekulativních útoků na měnu založené na empirických modelech s odhadem „univerzálních" koeficientů pro více zemí mohou vést k oslabení predikční síly těchto modelů. Abiad tedy doporučuje provést odhad parametrů modelu pro každou zemi individuálně. Predikční sílu modelu testoval na souboru 1 331 pozorování, který zahrnoval 417 krizových a 914 klidných období. Empirický model dokázal správně předpovědět 270 krizí, přičemž vyslal 102 falešných signálů. Zároveň se však nepodařilo v předstihu předpovědět 147 spekulativních tlaků na měnu.

Tabulka 3
Predikční síla modelu markovského procesu (počet pozorování)

Predikce	Krize	Klidné období	Celkem
Predikce – krize	270	102	372
Predikce – klidné období	147	812	959
Celkem	417	914	1 331

Pramen: Abiad, 2003, s. 41.

4. 4 *Srovnání předpovědí standardních a alternativních modelů*

Vzhledem k tomu, že kritériem kvality modelů je jejich schopnost měnové krize předpovídat, podívejme se nyní na srovnání predikční síly jednotlivých modelů (viz tabulka 4). Základem pro komparaci je jednotná definice pravděpodobnosti, při které dává daný model „signál" blížící se krize. Z tohoto důvodu je nutné upozornit na odlišnou „definici signálu" u modelu dvou režimů, který je nastaven tak, že vysílá signál již v momentě, kdy pravděpodobnost vzniku krize překročí hranici 10 %. Ostatní modely pracují s hranicí ve výši 50 %. Nižší hranice pravděpodobnosti zvyšuje samozřejmě množství správných, ale i falešných signálů. Ze srovnání predikční síly modelů je patrné, že standardní modely dokázaly předpovědět výrazně nižší procento měnových krizí než model dvou režimů (54 %) a model markovského procesu (65 %). V případě modelu dvou režimů je však vyšší procento správně předpověděných krizí vykoupeno vyšším podílem falešných signálů (75 %). Důvodem je zřejmě nízká hranice pravděpodobnosti vzniku krize, při které model vysílá signál. Naproti tomu model markovského procesu vykazuje jak nejvyšší procento správně předpověděných krizí, tak i nejnižší podíl falešných signálů a ani v případě ukazatele správně předpověděných klidných období za ostatními modely příliš nezaostává. Vysvětlení lze hledat především v konstrukci modelu pro každou zkoumanou zemi individuálně, díky které mohl Abiad přizpůsobit model specifikům jednotlivých zemí.

Tabulka 4
Srovnání predikční síly standardních a alternativních modelů (podíly)

	Probitový model – Frankel a Rose	Probitový model – Berg a Pattillová	KLR model (1997)[1)]	Model dvou režimů – Vlaar	Model markovského procesu – Abiad
Definice signálu	P(krize)>0,5	P(krize)>0,5	P(krize)>0,5	P(krize)>0,1	P(krize)>0,5
Identifikace krize	0,07	0,16	0,09	0,54	0,65
Identifikace klidného období	0,99	0,99	0,98	0,95	0,89
Podíl falešných a celkových signálů	0,44	0,29	0,44	0,75	0,27

1) Údaje podle empirické analýzy Berg, Pattillová, 1999, s. 132.
Pramen: Frankel, Rose, 1996; Berg, Pattillová, 1999; Vlaar, 2000; Abiad, 2003; vlastní výpočty.

5. Závěr

Rozvoj empirických modelů, které se snaží vytvořit účinný systém indikátorů finančních krizí, nabral na dynamice v souvislosti s měnovými a bankovními krizemi v 90. letech minulého století. Přelomovou prací v této oblasti byla analýza Kaminské, Lizonda a Reinhartové z roku 1997. Autoři postavili model indikátorů na metodologii signálního přístupu a poměrně úspěšně dokázali vysvětlit nejen krize 70. a 80. let, ale také moderní krize let 90. Systém indikátorů, který vyvinuli, použil a dále rozvinul Mezinárodní měnový fond, jenž v roce 1998 provedl rozsáhlou analýzu měnových a bankovních krizí skupiny 50 zemí v letech 1975 – 1997. Vedle signálního přístupu se rozvíjel také druhý standardní přístup založený na regresní probitové nebo logitové analýze. Průkopníky tohoto ekonometrického modelu v identifikaci indikátorů měnových krizí byli Frankel a Rose. Přestože tato empirická práce nepřinesla jasné vztahy mezi vybranými indikátory a následnými spekula-

tivními ataky měnového kurzu, regresní probitové a logitové analýzy v následujících letech rozpracovávali další autoři. Významnou prací pro rozvoj systému indikátorů krizí se stala empirická analýza Berga a Pattillové, kde autoři na systém indikátorů využitých v modelu KLR aplikovali metodu regresní probitové analýzy s dvěma různými transformacemi původních hodnot ukazatelů. Empirické modely indikátorů měnových krizí založené na standardních přístupech doplnili Osband a van Rijckeghemová analýzou bezpečných zón.

Na tyto standardní metodologické přístupy k sytému indikátorů navazují další empirické práce, které přizpůsobují výše uvedené modely specifickým podmínkám analyzovaných regionů. Metodologické základy však zůstávají neměnné. Druhý směr empirických analýz tvoří studie, které poukazují na nedostatky standardních metod a snaží se vyvinout vlastní systémy indikátorů založené na odlišné metodologii empirického modelování. Tyto alternativní přístupy se chtějí především vyhnout nedokonalostem standardních přístupů, jako je např. ztráta informací převodem indexu spekulativního tlaku a indikátorů na binární veličiny nebo arbitrární stanovení prahových hodnot indexu spekulativního tlaku. Odlišné metodologie jsou však také spojeny s určitými nedostatky, kterými jsou např. potřeba stanovení ad hoc předpokladů nebo problematická testovatelnost statistických hypotéz. Poměrně dobré výsledky přinesly empirické testy založené na modelu markovského procesu, které provedl ve své práci Abiad. Tento metodologický přístup je dosud relativně málo využíván a ukazuje určitý směr, kterým by se empirické analýzy oblasti indikátorů měnových krizí mohly dále rozvíjet.

V oblasti analýz indikátorů měnových krizí existuje konsensus o praktické nemožnosti vyvinout takový systém indikátorů, který by spolehlivě dokázal budoucí krize předpovědět. Proto je na tyto modely nutné nahlížet jako na doplňkový zdroj informací pro zevrubnější analýzu vývoje konkrétní ekonomiky. Vzhledem k interregionálním i intraregionálním specifikům je rovněž nemožné sestavit univerzální model (včetně odhadů parametrů), který by bylo možné aplikovat na vývoj indikátorů jednotlivých ekonomik. Pro zvýšení spolehlivosti předpovědí empirických modelů je důležité přizpůsobit tyto modely specifikům konkrétních zemí. Cílem příspěvku bylo nastínit určité směry v empirické literatuře, které se mohou stát základními metodologickými kameny pro výstavbu konkrétních, pro jednotlivé země specifických, modelů indikátorů měnových krizí.

Literatura

Abiad, A.: Early – Warning System: A Survey and a Regime – Switching Approach. Washington, D.C., International Monetary Fund 2003, WP No. 03/32.

Berg, A., Pattillo, C.: Predicting Currency Crises. The Indicators Approach and an Alternative. *Journal of International Money and Finance*, 1999, s. 561-586.

Brüggemann, A., Linne, T.: Are the Central and Eastern European Transition Countries Still Vulnerable to a Financial Crises?: Results from the Signals Approach. Bank of Finland Institute for Economies in Transition 2002, BOFIT Discussion Paper No. 5.

Edison, H. J.: Do Indicators of Financial Crises Work? An Evaluation of an Early Warning System. Washington, D.C., Board of Governors of the Federal Reserve System 2000, International Finance Discussion Paper No. 675.

Eichengreen, B., Rose, A., Wyplosz, Ch.: Contagious Currency Crises. Cambridge, MA, National Bureau of Economic Research 1996, WP No. 5681.

Frankel, J., Rose, A.: Currency Crashes in Emerging Markets. An Empirical Treatment. *Journal of International Economics*, 1996, s. 351-366.

Kamin, S. B., Babson, O. D.: The Contribution of Domestic and External Factors to Latin American Devaluation Crises: An Early Warning System Approach. Washington, D.C., Board of

Governors of the Federal Reserve System 1999, International Finance Discussion Paper No. 645.
Kamin, S. B., Schindler, J. W., Samuel, S. L.: The Contribution of Domestic and External Factors to Emerging Market Devaluation Crises: An Early Warning System Approach. Washington, D.C., Board of Governors of the Federal Reserve System 2001, International Finance Discussion Paper No. 711.
Kaminsky, G. L., Reinhart, C. M.: The Twin Crises: Cause of Banking and Balance of Payments Problems. Washington, D.C., Board of Governors of the Federal Reserve System 1996, International Finance Discussion Paper No. 544.
Kaminsky, G. L., Lizondo, S., Reinhart, C. M.: Leading Indicators of Currency Crises. Washington, D.C., International Monetary Fund 1997, WP No. 97/79.
Kaminsky, G. L.: Currency and Banking Crises: The Early Warnings of Distress. Washington, D.C., International Monetary Fund 1999, WP No. 99/178.
Krkoška, L.: Assessing Macroeconomic Vulnerability in Central Europe. London, European Bank for Reconstruction and Development 2000, WP No. 52.
Osband, K., Van Rijckeghem, C.: Safety from Currency Crashes. *International Monetary Fund Staff Papers*, 2000, s. 238-258.
Vlaar, P. J. G.: Currency Crises Models for Emerging Markets. Amsterdam, De Nederlandsche Bank 2000, Staff Report No. 45.

NEW METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE CONSTRUCTION OF CURRENCY CRASHES MODELS

Michal PAZOUR, University of Economics, 4, W. Churchill Sq., CZ – 130 67 Prague 3 (e-mail: pazour@vse.cz).

Abstract:
The large financial crises in the last decade have increased the interest of many economists in searching for some indicators, which can predict speculative attacks on currencies. Most of these studies concern on emerging economies, because they are more vulnerable to such speculative attacks. This paper points out main methodological issues of two standard approaches to the construction of the early warning system – the signal approach and the regression probit or logit model approach. Based on avoiding these issues alternative approaches have been evolved. Three of them – two regimes model, VAR model and Markov-switching model – are described in the next part of this paper. The comparison of predictive power shows the importance of the construction of country specific early warning systems.

Keywords: currency crises, early warning, econometric model

JEL Classification: C53, F47, F31