

Tematický článek o finanční stabilitě ——— 2/2020

Riziko křehkého růstu: bayesovský GDP-at-Risk

Milan Szabo, Zlatuše Komárková, Martin Časta



Česká národní banka ——— Tematický článek o finanční stabilitě ——— 2/2020

Tematické články o finanční stabilitě reagují na vybrané aktuální otázky týkající se problematiky finanční stability. Jejich cílem je edukativní a nenáročnou formou seznamovat veřejnost s výsledky analýz finanční stability a s konkrétními aspekty makroobezřetnostní politiky ČNB. Jsou samostatnou publikační řadou podporující analýzy a závěry Zprávy o finanční stabilitě.

Názory obsažené v tomto článku jsou názory autorů a neodrážejí nezbytně oficiální pozici České národní banky.

Editor: Jan Frait

Koordinátor: Dominika Ehrenbergerová

RIZIKO KŘEHKÉHO RŮSTU: BAYESOVSKÝ GDP-AT-RISK

Milan Szabo, Zlatuše Komárková, Martin Časta¹

Tematický článek představuje nový přístup ČNB, jehož pomocí se snaží kvantifikovat riziko křehkého růstu reálného HDP. Riziko křehkého růstu reálného HDP úzce souvisí s naakumulovanou finanční zranitelností v ekonomice, neboť ta v případě náhlého negativního šoku obvykle prohlubuje dno ekonomického cyklu. Nový přístup ČNB odhaduje rozdělení budoucího růstu reálného HDP pomocí bayesovské kvantilové regrese, přičemž odhad je podmíněn vývojem zranitelnosti finančního systému. Zvolený přístup dovoluje provázat odhadnuté rozdělení růstu reálného HDP pro ČR s prognózou růstu získanou z oficiálního strukturálního modelu ČNB „g3+“, čímž umožňuje ČNB navzdory dostupnosti krátkých časových řad získat jak robustnější odhady rozdělení, tak výsledek koherentní s její oficiální prognózou. Pomocí kvantifikace rizika křehkého růstu reálného HDP získává ČNB další indikátor finanční stability odhalující velikost zranitelnosti českého finančního systému.

I. ÚVOD

Součástí péče o finanční stabilitu ČNB je mimo jiné monitoring vývoje zranitelnosti finančního systému. Ten provádí pomocí různých finančních indikátorů, jako jsou absolutní či relativní výše zadlužení a odolnosti reálného a finančního sektoru či nadhodnocení cen různých typů aktiv. Vysoce zranitelný finanční systém má nejen nízkou odolnost vůči nepříznivým, často neočekávaným šokům, ale prostřednictvím úzkých vazeb mezi jednotlivými sektory může dopad nepříznivého šoku na ekonomiku i zesilovat. Následkem materializace šoků v ekonomikách se zranitelnými finančními systémy obvykle bývá hluboká déletrvající recese, v níž růst reálného HDP dosáhne hodnot spadajících do velmi nízkého kvantilu jeho rozdělení.²

Cílem tematického článku je představit přístup ČNB založený na bayesovské kvantilové regresi, jejíž pomocí se snaží kvantifikovat rozdělení budoucího růstu reálného HDP podmíněné akumulující se zranitelností finančního systému. Přístup navazuje na tradičně aplikovaný model GDP-at-Risk (GaR) založený na běžné kvantilové regresi, který je centrálními bankami pro odhady rozdělení růstu reálného HDP hojně používán. Pomocí modelu GaR se odhaduje budoucí růst reálného HDP nejčastěji na 5% kvantilu. Zjednodušeně jde tedy o kvantifikaci růstu reálného HDP, který lze očekávat s pravděpodobností 0,05, přičemž tohoto nepříznivého vývoje dosáhne ekonomika za podmínky naakumulované zranitelnosti ve svém finančním systému. Logika přístupu je tak poměrně jednoduchá: čím je v ekonomice vyšší zranitelnost finančního systému, tím křehčí je odhadnutý budoucí růst reálného HDP a tím nižších hodnot v době potenciální recese může dosáhnout.

Odhady z tohoto modelu, resp. odhady z levých konců odhadnutého rozdělení růstu reálného HDP mohou ČNB posloužit pro dva hlavní účely. Zaprvé jako komunikační nástroj, neboť finanční zranitelnost systému může vyjádřit pomocí makroekonomické veličiny známé veřejnosti. Zadruhé podmíněný odhad rozdělení budoucího reálného růstu HDP, zejména pak odhad na 5% kvantilu, je možné alternativně uplatnit i pro ad hoc tvorbu nepříznivého scénáře vstupujícího do zátěžových testů ČNB.

Článek nejprve popisuje tradičně aplikovaný model GaR a jeho nedostatky. Následně je v článku představen přístup ČNB založený na bayesovské kvantilové regresi (model BGaR) a jsou vysvětleny jeho přínosy. Na závěr je pomocí modelu BGaR proveden odhad rozdělení růstu reálného HDP ČR a jsou stručně popsány výsledky.³

II. ODHAD RŮSTU REÁLNÉHO HDP POMOCÍ KVANTILOVÉ REGRESE

Prognóza růstu reálného HDP bývá nejčastěji získána pomocí strukturálních makroekonomických modelů a komunikována formou tzv. *věřířových grafů* (*fan charts*), jejichž pomocí jsou prezentovány intervaly spolehlivosti dané prognózy (ČNB, 2019b). Ty jinými slovy poukazují na nejistotu ve vývoji budoucího růstu HDP. Rozdělení budoucího růstu HDP prezentovaná pomocí *věřířových grafů* by mohla zdánlivě nabídnout určitý prostor i pro znázornění nejistoty vývoje HDP spojené s kumulací finančních rizik v ekonomice, která by se vyjádřila pomocí poklesu dolního intervalu spolehlivosti prognózy.

¹ Milan Szabo, Česká národní banka, sekce finanční stability, milan.szabo@cnb.cz.

Zlatuše Komárková, Česká národní banka, sekce finanční stability, zlatuse.komarkova@cnb.cz.

Martin Časta, Česká národní banka, sekce finanční stability, martin.cast@cnb.cz.

² Například Borio a Lowe (2002), Schularick a Taylor (2012), Jorda et al. (2015), Adrian a Liang (2018), Mian et al. (2017), Salido et al. (2017).

³ Vzhledem k povaze a rozsahu tohoto článku je kladen důraz především na motivaci přístupu a diskusi jeho výhod. Technická část přístupu stejně jako další možné aplikace metody budou součástí připravovaného CNB Working Paper.

K sestavení *věřířových grafů* je však obvykle předpokládáno symetrické normální rozdělení budoucího vývoje růstu reálného HDP s rozptylem odvozeným na základě předchozí chybovosti prognózy.⁴ Toto ovšem přináší tři hlavní omezení pro kvantifikaci budoucího vývoje růstu reálného HDP podmíněného vývojem finančního systémového rizika i určité potíže s následnou komunikací. Zaprvé, z důvodu existence systémového finančního rizika je rozdělení budoucího růstu HDP zešikmené (Adrian et al., 2019), což je evidentní i z příkladu analýzy historických dat reálného růstu HDP v ČR (Graf 1). Zadruhé, délka časového horizontu využívaného ve *věřířových grafech* pro výpočet rozptylu často nekoresponduje s délkou finančního cyklu, v jehož rámci se odehrává kumulace systémových finančních rizik (Borio, 2014). Zatřetí, intervaly spolehlivosti prognózy nereflektují akumulaci měřitelných zranitelností v ekonomice.

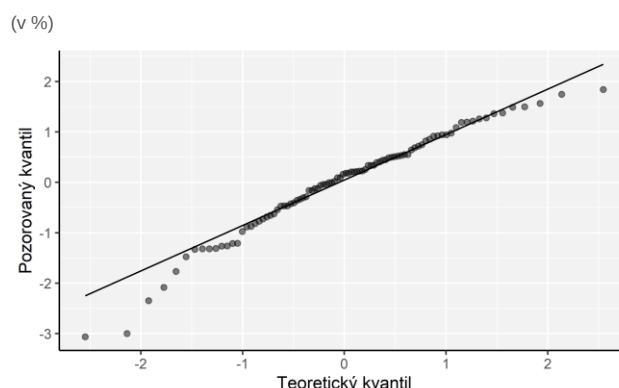
Vzhledem k těmto omezením je pro podmíněný odhad rozdělení budoucího vývoje růstu HDP vhodnější používat modely GaR. U těch je kladen důraz na tzv. „tail“ riziko (jako např. odhad růstu HDP na 5% kvantilu rozdělení), přičemž modelování odhadu růstu je podmíněné vývojem akumulace finanční zranitelnosti v ekonomice. Výsledky z modelů GaR ukazují, že při zvýšených měřitelných rizicích pro finanční stabilitu v dané ekonomice se odhady jejího budoucího růstu HDP nacházejí v dolních kvantilech na nižších hodnotách (Adrian et al., 2019) než výsledky předpokládající symetrické rozdělení.

Počátek modelů GaR je obvykle přisuzován práci Cecchetti a Li (2008), přičemž k hlavní popularizaci došlo jejich využíváním při komunikaci rizik budoucího vývoje růstu HDP centrálními bankami⁵ či nadnárodními institucemi (MMF, 2017; Prasad et al., 2019). Běžný přístup modelu GaR využívá k odhadu ročního růstu reálného HDP klasickou, „frekvencistickou“ kvantilovou regresi (Koenker a Hallock, 2001). Tato statistická metoda odpovídá na otázku „*Jak se změní τ kvantil vysvětlované proměnné, pokud se podmiňující proměnná X změní o jednu jednotku?*“⁶.

Na základě kvantilové regrese byly pro ilustraci provedeny odhady reálného ročního růstu HDP ČR na jednorocím horizontu, a to s využitím dat za období 2004Q1 až 2019Q4 pro jednotlivé kvantily (Graf 2). Výběr proměnných modelu je přiblížen v další části textu (viz rovnice 1). Graf také zobrazuje vývoj oficiální prognózy ČNB zveřejněné ve Zprávě o inflaci vždy jeden rok zpátky. Z výsledků je na první pohled zřejmá nedokonalost běžného přístupu modelování pomocí GaR v podobě tzv. křížení kvantilů. To vzniká z toho důvodu, že odhady parametrů pro jednotlivé kvantily probíhají v tomto přístupu separátně. Jinými slovy, odhad mediánového růstu reálného HDP je proveden nezávisle na odhadu růstu reálného HDP na 25% kvantilu apod. Výsledkem pak může být např. těžko interpretovatelná nižší hodnota budoucího růstu reálného HDP na 25% kvantilu než hodnota odhadnutá na 5% kvantilu. Křížení kvantilů je v našem případě poměrně časté především v případě klíčových *out-of-sample* predikcí⁷, kde nejnižších hodnot dosahuje právě 25% kvantil. Křížení kvantilů je navíc mnohem častější pro bližší kvantily, například 10% a 5%.

Další významnou nedokonalostí tohoto běžného přístupu je, že modelované odhady reálného ročního růstu HDP na jednotlivých kvantilech se mohou neintuitivně vychýlovat od prognóz získaných z hlavních strukturálních makroekonomických modelů. Ze srovnání odhadů reálného růstu HDP ČR provedených pomocí kvantilové regrese s oficiálními prognózami ČNB⁸ jsou tyto odchylky patrné v průběhu roku 2008 a především v letech mimo období, na kterých byl model odhadnut, viz vývoj pro rok 2020 (Graf 2). Nabídnutý průběh odhadů na jednotlivých kvantilech v roce 2020 v porovnání s oficiální prognózou by pak mohl být interpretován tak, že oficiální prognózy růstu reálného HDP jsou příliš optimistické a nachází se v blízkosti odhadů na 95% kvantilu. V průběhu roku 2008 byly oficiální prognózy růstu reálného HDP dokonce vyšší než odhady modelované na 95% kvantilu. Hlavní pozornost je však pochopitelně pro *out-of-samples*.

Graf 1 Kvantil-quantil graf pro růst reálného HDP



Pramen: ČNB ARAD, výpočty autorů

Pozn.: Kvantil-quantil graf pro test normality reálných ročních růstů HDP v České republice za období 2004Q1 až 2019Q4. V případě normality by měly body ležet na přímce 45°, respektive pozorované kvantily by měly být rovny teoretickým kvantilům normálního rozdělení. Graf ukazuje, že růst HDP je zešikmen doleva.

⁴ To je přístup využívaný v řadě centrálních bank včetně ČNB (ČNB, 2008; Franta et al., 2014).

⁵ Například, Banca d'Italia (Piergiorgio et al., 2019), Bank of England (Aikman et al., 2018), Deutsche Bundesbank (2018), Bank of Lithuania (2019), ECB (Deghi et al., 2018).

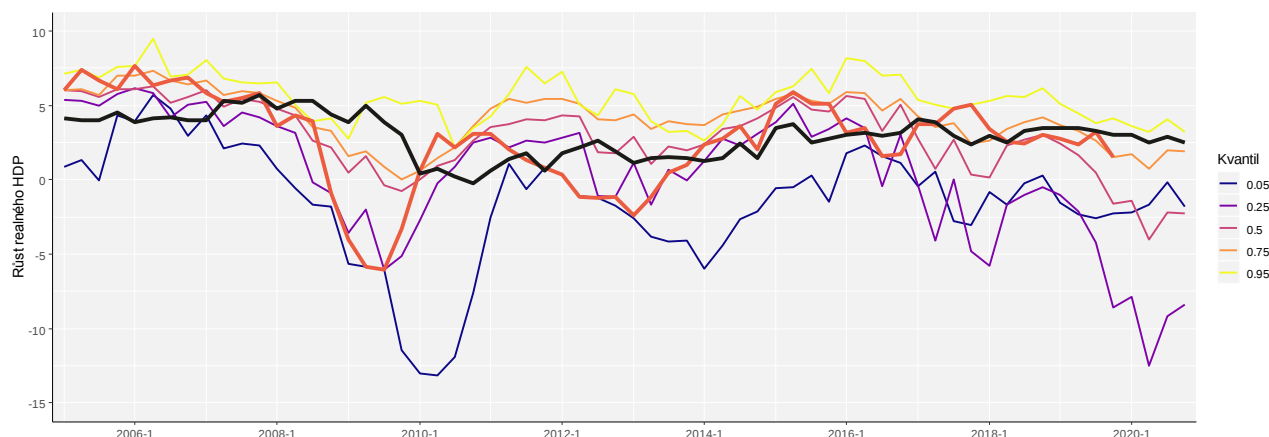
⁶ Například τ rovno 0,5 představuje podmíněný medián vysvětlované proměnné, tedy medián ročního reálného růstu HDP.

⁷ Parametry modelu jsou odhadnuty na základě pozorované skutečnosti ke konci roku 2019. Predikce pro rok 2019 a 2020 je tedy tzv. *out of sample* predikce, při níž model predikuje mimo období, které bylo využito k odhadu parametrů modelu. *Out of sample* predikce jsou využívány k zhodnocení predikční schopnosti modelu.

⁸ Do roku 2008 jsou oficiální predikce získané na základě semistrukturálního modelu QPM (Beneš et al., 2002). Od roku 2008 ČNB pak z plně strukturálního modelu DSGE „g3“, který je postupně zdokonalován (Andrieu et al., 2009; ČNB, 2019a).

Graf 2 Vývoj odhadnutých rozdělí růstu reálného HDP ČR pomocí modelu GaR

(osa y v %, čtvrtletní data)



Pramen: ČNB, výpočty autorů

Pozn.: Modelování jednotlivých kvantilů ročního růstu reálného HDP České republiky čtyři čtvrtletí dopředu. Specifikace proměnných modelu je stejná jako v kapitole IV. Červená tučná čára představuje historický růst reálného HDP. Černá tučná čára je oficiální predikce ČNB na daný rok a čtvrtletí, zveřejněná o rok dříve ve čtvrtletní Zprávě o inflaci. Model je odhadnut na datech k 2019Q4. Znáznorněny jsou i out of sample predikce na 2019Q1–2020Q4. Zbýlé čáry představují vývoj odhadnutých kvantilů (viz legenda) ročního růstu reálného HDP.

Tuto nekonzistenci mezi výsledky z modelu GaR a strukturálního modelu ČNB je možné vysvětlit tím, že zaprvé odhady na jednotlivých kvantilech byly provedeny nezávisle na predikcích ČNB a zadruhé oba modely jsou svým charakterem velmi odlišné. Model GaR je založený na jednoduchých lineárních vztazích, kde jsou odhady růstu reálného HDP na jednotlivých kvantilech podmiňovány předchozími hodnotami tempa růstu a měřenou zranitelností finančního systému. Model DSGE je strukturální model založený na ekonomických vazbách, avšak abstrahující od finančního sektoru a finančního cyklu (Ehrenbergerová a Malovaná, 2019). Je také velmi důležité upozornit, že oficiální prognóza je po celé délce časové řady vždy tzv. *out of sample* predikce, tj. bez znalosti budoucích hodnot, zatímco průběh kvantilů odhadnutých pomocí modelu GaR byl proveden se znalostí celé časové řady do roku 2018.

Z výše uvedených důvodů není žádoucí použít pro odhady rozdělení budoucího růstu reálného HDP ČR podmíněné vývojem systémových finančních rizik běžně známý přístup založený na kvantilové regresi.

ČNB používá pro odhad rozdělení budoucího reálného růstu HDP inovativní přístup k bayesovské kvantilové regresi (Feng et al., 2015). Získaný bayesovský přístup (dále BGAR) umožňuje odhadnout všechny kvantily najednou, čímž je odstraněn nedostatek v podobě jejich křížení. Simultánní odhad kvantilů je klíčový také pro navázání modelu BGAR na oficiální prognózu ČNB pomocí tzv. systémových apriorních informací (blíže například Anderle a Plašil, 2016). Apriorní informace je do modelu BGAR začleněna tak, že jím odhadovaná mediánová hodnota ročního růstu reálného HDP je regulována do blízkosti hodnoty získané z oficiální prognózy ČNB publikované o rok dříve, a to na celém horizontu odhadu včetně posledního publikovaného oficiálního výhledu. Tato vzájemná vazba mezi modely umožňuje zprostředkovat informace odvozené na základě modelovaných strukturálních vztahů, které v modelech GaR nelze zahrnout. Zvolený alternativní přístup představuje pro ČNB informovanější, robustnější, koherentnější a tím i důvěryhodnější odhad rozdělení budoucího růstu reálného HDP.

III. ODHAD RŮSTU REÁLNÉHO HDP ČR POMOCÍ BGAR

Verze modelu BGAR pro potřeby tohoto článku bere v úvahu ta měření finanční zranitelnosti, která ČNB aktuálně využívá a sleduje (rovnice 1).⁹ Podmíněné odhady ročního růstu reálného HDP rok dopředu na jednotlivých kvantilech jsou tak modelovány ve vztahu k následujícím proměnným: aktuální hodnotě souhrnného indikátoru systémové zátěže pro český finanční trh (indikátor CISS), indikátoru finančního cyklu (IFC), indikátoru bankovní obezřetnosti (IBO) a také ročního růstu reálného HDP. Model BGAR je navíc obohacen o proměnnou zachycující globální nejistotu na základě výskytu kombinace slov *hospodářství*, *politika* a *nejistota* ve světových médiích (Baker et al., 2016).

⁹ Specifikace modelu, zejména pak množství a typ vstupujících proměnných, se může časem změnit a je zde pouze pro účel demonstrace modelu. Bližší pohled na výstavbu BGAR modelů bude obsahem připravovaného WP.

Proměnná IFC měří systémové finanční riziko napříč finančním cyklem, a to pomocí vývoje vstupujících subindikátorů jako např. nadměrného růstu cen nemovitostí, úvěrů reálnému sektoru a jeho zadlužení, přičemž v indikátoru je zachycena i vzájemná provázanost subindikátorů (Plašil et al., 2015). Konstrukce indikátoru CISS je založena na metodě z práce Hollo et al. (2012). Indikátor vyjadřuje nejistotu na českém finančním trhu pomocí spreadů a volatilit mezibankovních úrokových sazeb, sazeb úrokových swapů, státních dluhopisů, cen akcií a měnového kurzu. CISS zjednodušeně odráží zhoršující se možnost zprostředkovat tržní financování a diverzifikovat na trhu finanční rizika. Vzhledem k významu bankovního sektoru v českém finančním systému je součástí proměnných i IBO měřený jako podíl úrokové marže a opravných položek na jednotku úvěru domácnostem a podnikům (Pfeifer a Hodula, 2018). Přítomnost ročního růstu HDP za poslední rok je motivována poznatky o větší hloubce recese v případě koincidence hospodářské recese a kontrakcí ve finančním cyklu (Drehmann et al., 2012).

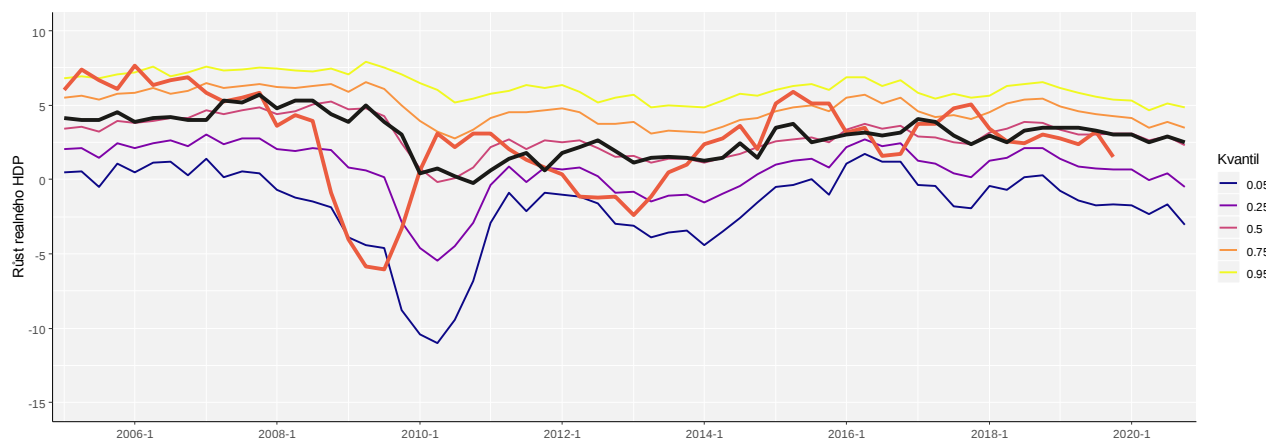
Pro odhady pomocí modelu BGAR byla využita čtvrtletní data za období 2004Q1–2019Q4. Data proměnných s denní, resp. měsíční frekvencí (CISS, resp. index nejistoty), byla transformována na čtvrtletní tak, že byla zahrnuta pouze poslední pozorovaná hodnota v daném čtvrtletí. Odhad růstu HDP na 5% kvantilu mezi 2019Q4 a 2020Q4 lze pak chápat jako lineární funkci růstu HDP mezi 2018Q4 a 2019Q4 a zbylých proměnných pozorovaných k 2019Q4. Zároveň je aplikována zmíněná provázanost mediánu s oficiální predikcí růstu HDP mezi 2019Q4 a 2020Q4 zveřejněnou v 2019Q4. Model tedy nereflexuje události spojené s pandemií COVID-19. Proměnné vstupující do odhadu byly pro všechny kvantily stejné, a proto při abstrahování od značení kvantilů lze model popsat následující rovnicí:

$$HDP_růst_{t;t+4} = \beta_0 + \beta_1 \cdot HDP_růst_{t-4;t} + \beta_2 \cdot CISS_t + \beta_3 \cdot IFC_t + \beta_4 \cdot IBO_t + \beta_5 \cdot index_nejistoty_t \quad (1)$$

Odhadnuté rozdělení růstu reálného HDP ČR pomocí modelu BGAR ukazuje Graf 3. Na první pohled je zde zřejmá větší provázanost odhadů z modelu s oficiální prognózou ČNB vzhledem k častým překryvům hodnot z prognóz s odhady na 50% kvantilu. Skrze tuto vazbu jsou ovlivněny odhady i na ostatních kvantilech. Odhady na jednotlivých kvantilech se nekříží a ukazují stabilnější vývoj i na *out of sample* odhadech pro rok 2020. Odlišnost modelu lze dále demonstrovat posunutím propadu skutečného růstu HDP (červená tučná čára) v důsledku globální finanční krize pod 5% kvantil oproti modelu v Grafu 1. Skutečnost, že události globální finanční krize představují *tail risk* z nižšího kvantilu než 5%, více koresponduje s realitou.

Graf 3 Vývoj odhadnutých rozdělení růstu reálného HDP ČR pomocí modelu BGAR

(osa y %, čtvrtletní data)



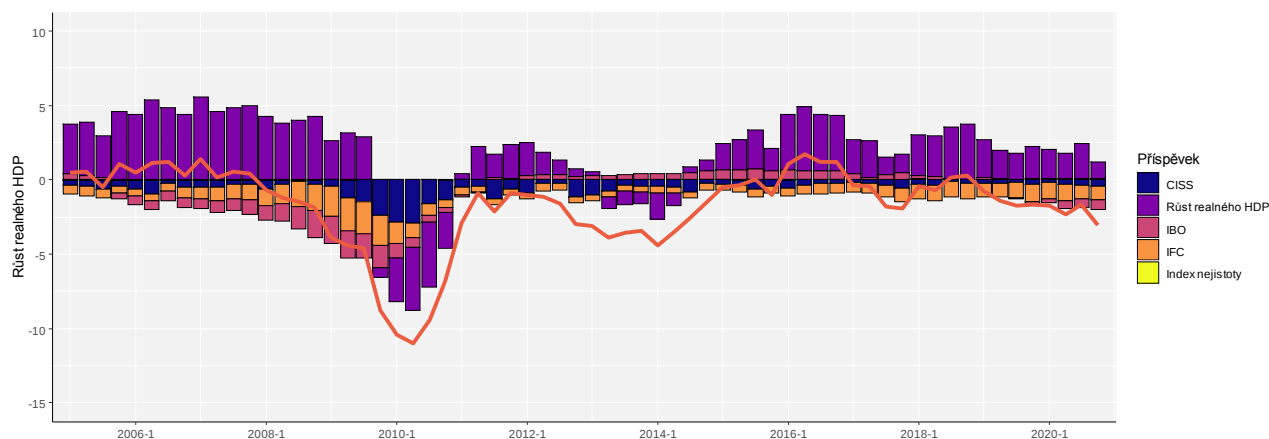
Pramen: ČNB, výpočty autorů

Pozn.: Odhad jednotlivých kvantilů ročního růstu reálného HDP České republiky čtyři čtvrtletí dopředu na základě představeného BGAR modelu. Odhad mediánu je regulován k blízkosti oficiální prognózy. Červená tučná čára představuje historický růst reálného HDP. Černá tučná čára je oficiální prognóza ČNB na daný rok a čtvrtletí, zveřejněná o rok dříve ve čtvrtletní Zprávě o inflaci. Model je odhadnut na datech k 2019Q4. Znáznorněny jsou i *out of sample* predikce na 2020Q1–2020Q4. Zbylé čáry představují vývoj odhadnutých kvantilů (viz legenda) ročního růstu reálného HDP.

Graf 5 ukazuje další možnost prezentace výsledků modelů GaR, přičemž ilustruje posun celého odhadnutého rozdělení budoucího reálného růstu HDP doleva. Je patrné, že na 5% kvantilu došlo k poklesu odhadu budoucího růstu reálného HDP z -1,7 % na téměř -3,2 %. Tento posun nastal mezi 4. čtvrtletím 2019 a 4. čtvrtletím 2020, kdy došlo ke změně oficiální prognózy HDP ve smyslu zpomalení české ekonomiky. Posun měl ovšem ještě další důvod v podobě zvyšující se finanční zranitelnosti v ekonomice, především pak růstu podílu úrokové marže a opravných položek na jednotku úvěru domácnostem a podnikům a zpomalení ekonomické aktivity (Graf 4).

Graf 4 Vývoj příspěvků různých měr zranitelnosti k růstu HDP na 5% kvantilu

(osa y %, čtvrtletní data)



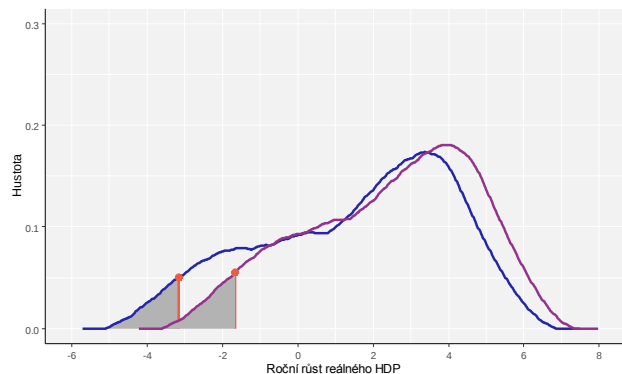
Pramen: ČNB, výpočty autorů

Pozn.: Příspěvky (bez konstanty) k odhadnutému růstu HDP na 5% kvantilu (červená čára) dle BGAR. Pokles 5% kvantilu pro 2020Q4 oproti 2019Q4 je způsoben rostoucím záporným příspěvkem IBO a klesajícím kladným příspěvkem růstu HDP. V malé míře lze identifikovat i rostoucí záporný příspěvek CISS. Index nejistoty nemá signifikantní vliv na 5% kvantil růstu HDP v ČR.

Srovnání odhadů rozdělení ročního růstu reálného HDP pro 4. čtvrtletí 2020 získaných pomocí představeného modelu BGAR a publikovaných v oficiální prognóze ve Zprávě o inflaci z konce roku 2019 nabízí Graf 6. Na grafu lze vidět rozdíl ve flexibilitě modelovaných rozdělení. Model BGAR umožňuje reflektovat akumulaci finanční zranitelnosti v ekonomice, neboť rozdělení je zešikmeno doleva a levý konec je posunut do nižších hodnot růstu reálného HDP (cca -3 až -6 %). Zároveň však zachovává hlavní masu rozdělení v blízkosti oficiální prognózy (okolo 3 %). Oproti výsledkům z modelu BGAR výsledky z oficiální prognózy akumulaci finančního rizika vůbec nezachycují; rozdělení ročního růstu reálného HDP zůstává v symetrickém tvaru, jehož rozpětí je řízeno „pouze“ chybami minulých prognóz.

Graf 5 Posun rozdělení růstu reálného HDP ČR mezi 4. čtvrtletími let 2019 a 2020

(osa x v %)

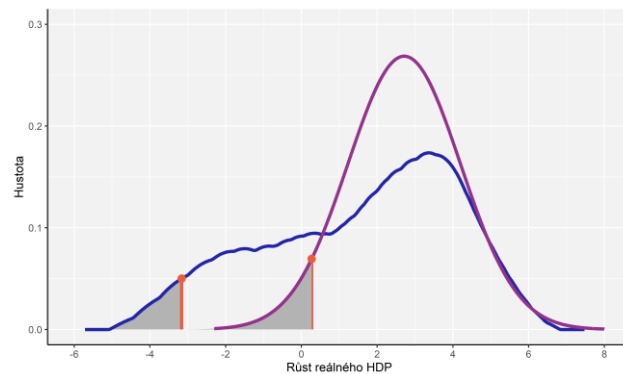


Pramen: ČNB, výpočty autorů

Pozn.: Modře odhadnuté rozdělení pro 2020Q4, fialově pro 2019Q4. Červeně zvýrazněný je 5% kvantil a šedá plocha představuje odhadnutý tail pod 5% kvantilem. Hustota získaná pomocí Epanechnikova kernelu.

Graf 6 Srovnání výsledků z BGAR a oficiální prognózy ČNB pro 4. čtvrtletí 2020

(osa x v %, ČR)



Pramen: ČNB, výpočty autorů

Pozn.: Modře odhadnuté rozdělení pro 2020Q4 pomocí BGAR, fialově rozdělení z oficiální prognózy publikované v prosincové Zprávě o inflaci 2019.

Prezentované výsledky z modelů BGAR je však nutné chápat v kontextu měřitelných rizik reflektujících finanční napětí a uvolněné finanční podmínky. Setrvání růstu reálného HDP ČR na nízkých hodnotách na 5% kvantilu dává uspokojivou, avšak jen částečnou informaci o tom, do jaké míry je či není konkrétní růst reálného HDP v daném čase křehký ve vztahu k vývoji zranitelnosti v českém finančním systému. Hlavní důvod je ten, že rozdělení budoucího růstu reálného HDP v realitě determinují dvě složky: měřitelné riziko a (radikální) neměřitelná nejistota (Knight, 1921). Nejistotě přitom může čelit ekonomika poměrně často, a to i mimo finanční systém. Příkladem je např. aktuální globální šíření koronaviru a jeho velmi nejistý dopad. Dopad takového šoku však může být více nepříznivý v případě zranitelného finančního systému.

IV. ZÁVĚR

Článek představil přístup ČNB založený na modelu BGaR, jehož prostřednictvím provádí ČNB odhady rozdělení budoucího růstu reálného HDP podmíněné vývojem zranitelnosti ve finančním systému české ekonomiky. Představený přístup BGaR je oproti běžným přístupům k odhadu GaR modelů pro ČNB vhodnější. Zejména z hlediska komunikace výsledků, neboť eliminuje tradiční potíže s křížením kvantilů a umožňuje ČNB navázat odhady budoucího růstu reálného HDP na jednotlivých kvantilech získané pomocí modelu BGaR na prognózu růstu HDP odhadnutou pomocí jejího hlavního makroekonomického modelu „g3+“. Tím je zajištěna nejen větší konzistence výsledků získaných z různých modelů používaných ČNB, ale i jejich robustnost a stabilita. Přístup ČNB využívající model BGaR jí navíc umožňuje komunikovat potenciální rostoucí zranitelnost finančního sektoru vedle různých finančních indikátorů (např. v ZFS 2019/2020) i prostřednictvím jednoduše představitelné makroekonomické veličiny, jakou je HDP. Podmíněný odhad rozdělení budoucího reálného růstu HDP, zejména pak odhad na 5% kvantilu, je také možné uplatnit pro tvorbu ad hoc nepříznivého scénáře vstupujícího do zátěžových testů ČNB.

LITERATURA

- Adrian, T., & Liang, N. (2018). Monetary Policy, Financial Conditions, and Financial Stability. *International Journal of Central Banking* 14(1), s. 73–131.
- Adrian, T., Boyarchenko, N., & Giannone, D. (2019). Vulnerable Growth. *American Economic Review*, 109(4), s. 1263–89.
- Aikman, D., Bridges, J., Burgess, S., Galletly, R., Levine, I., O’Neil, C., & Varadi, A. (2018). Measuring Risks to UK Financial Stability. *Technical report, Bank of England*.
- Andrle, M., & Plašil, M. (2016). System Priors for Econometric Time Series. *IMF Working Paper* 16/231.
- Andrle, M., Hlédik, T., Kameník, O., & Vlček, J. (2009). Implementing the New Structural Model of the Czech National Bank. *CNB Working Paper* 2/2009.
- Baker, S. R., Bloom, N., & Davis, S. J. (2016). Measuring Economic Policy Uncertainty. *Quarterly Journal of Economics*, 131(4), s. 1593–1636.
- Bank of Lithuania. (2019). Financial Stability Review.
- Beneš, J., Vávra, D., & Vlček, J. (2002). Střednědobá makroekonomická predikce – makroekonomické modely v analytickém systému ČNB. *Finance a úvěr*, 52(4), s. 197–231.
- Borio, C. (2014). The Financial Cycle and Macroeconomics: What Have We Learnt? *Journal of Banking & Finance*, 45(C), s. 182–198.
- Borio, C. E., & Lowe, P. W. (2002). Asset Prices, Financial and Monetary Stability: Exploring the Nexus. *BIS Working Paper* 114.
- Cecchetti, S. G., & Li, H. (2008). Measuring the Impact of Asset Price Booms Using Quantile Vector Autoregressions. *Brandeis University, Waltham, MA*.
- Česká národní banka. (2008). *Disclosure of Interest Rate Forecasts and Use of Fan Charts in Czech National Bank Communications*. Načteno z https://www.cnb.cz/export/sites/cnb/en/monetary-policy/galleries/forecast/prognoza_sazeb_vejrove_grafy_en.pdf
- Česká národní banka. (2019a). *Introducing the g3+ Extended Projection Model*. Načteno z <https://www.cnb.cz/en/monetary-policy/inflation-reports/boxes-and-annexes-contained-in-inflation-reports/Introducing-the-g3-extended-projection-model/>
- Česká národní banka. (2019b). *Zpráva o inflaci IV/2019*. Načteno z <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2019/>
- Deghi, A., Welz, P., & Żochowski, D. (2018). A New Financial Stability Risk Index to Predict the Near-Term Risk of Recession. *ECB Financial Stability Review, Special features*.
- Deutsche Bundesbank. (2018). Financial Stability Review.

- Drehmann, M., Borio, C., & Tsatsaronis, K. (2012). Characterising the Financial Cycle: Don't Lose Sight of the Medium Term! *BIS Working Papers* 380.
- Ehrenbergerová, D., & Malovaná, S. (2019). Introducing Macro-Financial Variables into a Semi-Structural Model. *CNB Working Paper* 6/2019.
- Feng, Y., Chen, Y., & Xuming, H. (2015). Bayesian Quantile Regression with Approximate Likelihood. *Bernoulli*, 21(2), s. 832–850.
- Franta, M., Baruník, J., Horváth, R., & Šmídková, K. (2014). Are Bayesian Fan Charts Useful? The Effect of Zero Lower Bound and Evaluation of Financial Stability Stress Tests. *International Journal of Central Banking*, 10(1), s. 159–188.
- Geraats, P. M. (2010). Talking Numbers: Central Bank Communications on Monetary Policy and Financial Stability. *5th ECB Statistics Conference*.
- Holló, D., Kremer, M., & Duca, M. L. (2012). CISS – A Composite Indicator of Systemic Stress in the Financial System. *ECB Working Paper* 1426.
- IMF. (2017). Global Financial Stability Report October 2017: Is Growth at Risk?
- Jorda, O., Taylor, A. M., & Schularick, M. (2015). When Credit Bites Back: Leverage, Business Cycles and Crises. *Institute for New Economic Thinking Working Paper* 20.
- Knight, F. H. (1921). *Risk, Uncertainty and Profit*. Courier Corporation.
- Koenker, R., & Hallock, K. F. (2001). Quantile Regression. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), s. 143–156.
- Lopez-Salido, D., Stein, J. C., & Zakrajšek, E. (2017). Credit-Market Sentiment and the Business Cycle. *Quarterly Journal of Economics*, 132(3), s. 1373–1426.
- Mian, A. R., Verner, E., & Sufi, A. (2017). Household Debt and Business Cycles Worldwide. *Quarterly Journal of Economics*, 132(4), s. 1755–1817.
- Pfeifer, L., & Hodula, M. (2018). A Profit-to-Provisioning Approach to Setting the Countercyclical Capital Buffer: The Czech Example. *ESRB Working Paper* 82.
- Piergiorgio, A., Del Vecchio, L., & Miglietta, A. (2019). Financial Conditions and 'Growth at Risk' in Italy. *Banca D'Italia Working Paper* 1242.
- Plašil, M., Konečný, T., Seidler, J., & Hlaváč, P. (2015). In the Quest of Measuring the Financial Cycle. *CNB Working Paper* 5/2015.
- Prasad, A., Elekdag, S., Phakawa, J., Lafarguette, R., Alter, A., Feng, A., & Wang, C. (2019). Growth at Risk: Concept and Application in IMF Country Surveillance. *IMF Working Paper* 19/36.
- Schularick, M., & Taylor, A. M. (2012). Credit Booms Gone Bust: Monetary Policy, Leverage Cycles, and Financial Crises, 1870-2008. *American Economic Review*, 102(2), s. 1029–1061.

Vydává:
ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA
sekce finanční stability
Na Příkopě 28
115 03 Praha 1
Česká republika

Kontakt:
ODBOR KOMUNIKACE SEKCE KANCELÁŘ
Tel.: 224 413 112
Fax: 224 412 179
www.cnb.cz