

Výsledky dotazníku: „Role predikčních makroekonomických modelů v prognostickém procesu centrální banky“

L. Komárek*, P. Polák, M. Ryšavá, Česká národní banka

Článek přináší souhrnné anonymizované vyhodnocení dotazníkového šetření. Zpracovatelé sestavili a na konci letošního jara oslovili 22 centrálních bank (CB) cílujících inflaci s žádostí o vyplnění dotazníku „**Role predikčních makroekonomických modelů v prognostickém procesu centrální banky**“. Odpovědi byly obdrženy od všech 22 CB, přičemž do souhrnných výsledků byly autory zahrnuty také výsledky pro Českou národní banku. Článek má tři části, přičemž úvodní část obsahuje základní informace k dotazníku, druhá odpovědi relevantní pro všechny CB a třetí odpovědi relevantní pro CB využívajících souběžně více modelů ve svém prognostickém procesu. Jeho součástí jsou rovněž dvě přílohy, které přinášejí podrobné informace od jednotlivých CB ohledně jejich organizace přípravy prognózy a popisu stručného individuálního příběhu o využívání modelů v predikčním procesu dané CB.

1. Úvod

Zúčastněné CB (23): Austrálie, Brazílie, ECB, Chile, Česko, Island, Izrael, Japonsko, Jižní Afrika, Jižní Korea, Kanada, Kolumbie, Maďarsko, Mexiko, Norsko, Nový Zéland, Polsko, Rumunsko, Švédsko, Švýcarsko, Uruguay, USA a UK.

Cíl dotazníku: Navázat na dotazníkové šetření ČNB z podzimu 2023 „*Měnověpolitické rozhodování a role modelů*“ s cílem blíže porozumět interním procesům a externí komunikaci stojícími za tvorbou modelové prognózy CB, zejména pokud je připravována pomocí několika predikčních makroekonomických modelů (definice viz box).

Struktura dotazníku: V části relevantní pro CB s 2 a více modely jsme se dotazovali na: rovnocennost modelů při tvorbě prognózy a scénářů, interní MP procesy, externí komunikaci modelových prognóz, vznik prognózy CB z pohledu míry nezávislosti práce dílčích prognostických týmů, provádění ex post vyhodnocování přesnosti prognóz, vytváření (ne)podmíněných prognóz, způsob kompilace (dílčích) prognóz jednotlivých modelů, identifikaci typu používaného modelu (DSGE, QPM, jiný).

Box: Predikční makroekonomický model

Predikčním makroekonomickým modelem (dále jen model) rozumíme **komplexní model (tzv. full scale)** samostatně generující vzájemně konzistentní trajektorie hlavních makroekonomických veličin. Jde tedy o model, jehož výstupem je střednědobá prognóza klíčových domácích ekonomických veličin, jako je inflace, HDP, měnový kurz, úrokové sazby (i ve variantě exogenních úrokových sazeb) a dalších. Typicky se jedná o modely typu DSGE (Dynamic Stochastic General Equilibrium), gapový QPM (Quarterly Prediction Model), resp. strukturální makroekonomické modely. Nejde tedy o dílčí modely prognózující jen jednu či úzkou skupinu makroekonomických proměnných, jako je např. (rovnovážný) měnový kurz nebo oblast trhu práce, platební bilance nebo fiskálu. Nejde ani o modely NTF (Near Term Forecast), jejichž výstupy jsou do predikčního makroekonomického modelu v průběhu tvorby prognózy integrovány. Rovněž nemáme na mysli použití „krabicových“ makroekonomických strukturálních modelů typu NiGEM (NIESR) nebo GPM6 (IMF), které jsou dle našich informací spíše používány pro tvorbu exogenních předpokladů (obvykle zahraničí) při tvorbě predikcí domácích ekonomických veličin.

Pro všechny CB (ať již používají jeden či více modelů) byly pak společné otázky na: využívání modelu pro další prognostická cvičení (např. pro účely útvarů finanční stability), délku modelového horizontu měnové politiky (MP) a případně na četnost jeho změn, dobu konvergence modelu k dlouhodobé rovnováze (*steady state*), roli modelu při formulaci MP doporučení, původ modelu (interně vytvořený pracovníky CB či outsourcovaný), velikost modelářských týmů a délku časového období nezbytnou pro vytvoření prognózy, častost recalibrace modelu, existenci systému zdokonalování modelového rámce a jeho vývoj, ovlivnění modelového rámce covidovou zkušeností, styl komunikace modelových trajektorií (např. vějířové grafy) včetně dotazu na možnost zavedení „Dot-plotu“ sumarizujícího individuální výhledy tvůrců MP (à la Fed), využívání

* Korespondenční autor: lubos.komarek@cnb.cz

umělé inteligence (AI) při modelování ekonomických jevů, ustálenost jejich současného modelového rámce (tj. zda uvažují o jeho změně/modifikaci) a popis jejich vlastního „příběhu“ s využíváním modelů v MP procesu.

2. Souhrnné výsledky dotazníku relevantní pro všechny CB

Tabulka: Počet predikčních makroekonomických modelů a využití DSGE modelů při tvorbě prognózy

		Využití DSGE modelu pro tvorbu prognóz	
		Používají DSGE	Nepoužívají DSGE
Počet predikčních makroekonomických modelů	Jeden model	4 CB	4 CB
	Dva a více modelů	14 CB (z toho 7 CB používá 2 a více modelů, přičemž jeden z těchto modelů je typu DSGE)	1 CB

Většina CB (15) ze vzorku 23 dotazovaných zemí vytváří makroekonomickou prognózu pomocí 2 a více predikčních makroekonomických modelů, zatímco zbylá zhruba třetina (8) pracuje pouze s jedním modelem. Pro tvorbu makroekonomické prognózy je navíc typické využití DSGE modelu, což uvedlo celkem 18 centrálních bank. Avšak jen pro 11 CB je DSGE model hlavním modelem pro zpracování prognózy.

Typy modelů

Většina dotázaných CB (18) má mezi svými nástroji pro tvorbu makroekonomické prognózy dynamický stochastický model všeobecné rovnováhy (DSGE), byť ne vždy se jedná o model hlavní (7 CB), resp. využívaný v procesu tvorby jejich makroekonomické prognózy. Navíc více jak polovina CB (12) disponuje DSGE modely pro specifické použití, ať už jde o tvorbu alternativních scénářů a simulací či otázky politiky v oblasti změny klimatu. Jak již bylo řečeno, téměř polovina (7) z celkem 15 centrálních bank disponujících 2 a více makroekonomickými modely, pak používá DSGE model jako hlavní typ modelu. Zbylých 8 centrálních bank s 2 a více modely, které nepoužívají DSGE model jako svůj hlavní model, pak často využívají semi-strukturální modely, přičemž 3 CB uvedly konkrétněji používání čtvrtletních projekčních modelů typu QPM.

10.2 Využíváte ve vaší CB pro tvorbu makroekonomické prognózy DSGE model?



10.3 Disponujete ve vaší CB alternativními DSGE modely, které jsou oproti jádrovému DSGE modelu připraveny pro specifické použití, ale které se přitom rutinně nepoužívají?

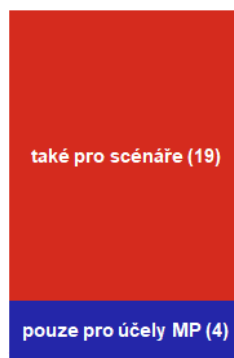


Využití modelů v rámci dalších oblastí

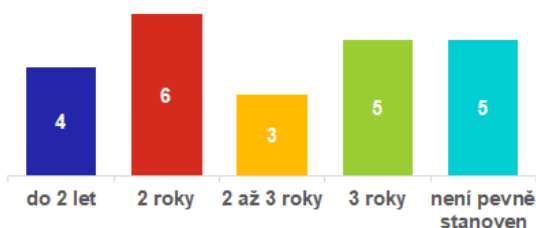
Necelá pětina centrálních bank používá makroekonomický prognostický model nebo modely pouze pro účely měnové politiky, tedy pro přípravu domácích makroekonomických prognóz (inflace, HDP, úrokových sazeb, směnného kurzu atd.). Většina centrálních bank (19) používá model také k přípravě makroekonomického rámce pro scénáře finanční stability. Zhruba třetina centrálních bank (8) navíc disponuje predikčním modelem speciálně vyvinutým pro účely makroekonomických zátěžových scénářů finančního sektoru.

11.1 Makroekonomické predikční modely (nebo model) a jejich využití v rámci dalších oblastí.

11.2 Disponuje vaše CB makroekonomickým predikčním modelem speciálně vyvinutým pro účely makroekonomických zátěžových scénářů finančního sektoru?



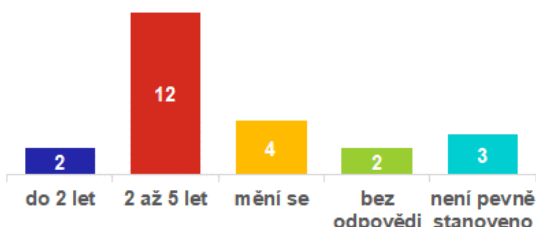
12.1 S jakým horizontem měnové politiky (horizontem nejúčinnější transmise) pracujete?



Horizont měnové politiky

Nejčastějším horizontem měnové politiky (horizontem nejúčinnější transmise) jsou přesně 2 roky. Často CB nemají horizont měnové politiky pevně stanovený, a může se měnit dle aktuální situace. Kratší než dvouletý horizont není častý. Doplňující informací je, že přes 70 % dotázaných CB (17) nezměnilo horizont měnové politiky v posledních 5 letech. Z našeho vzorku 23 CB však nelze formulovat závěr, že by se délka měnověpolitického horizontu lišila mezi těmi, kteří používají DSGE, a těmi, kteří jej nepoužívají.

13.1 Za jak dlouho (počet čtvrtletí) se vaše modely (nebo model) přiblíží do blízkosti steady state, resp. rovnovážného stavu?



Doba konvergence modelu k rovnováze

Modely dotázaných CB se ve zhruba polovině případů (12) přibližují do blízkosti dlouhodobé rovnováhy (*steady state*) v rozmezí 2 až 5 let. Výjimečně dosahují modely rovnovážného stavu do 2 let. Některé centrální banky uvedly, že záleží na šocích, a nelze tudíž pevně specifikovat dobu konvergence.

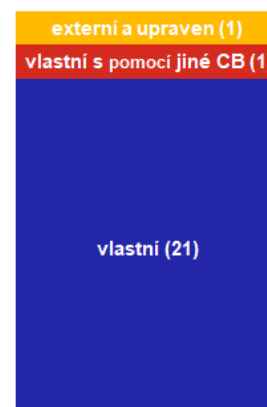
Role modelu při formulaci měnověpolitického doporučení

Centrálních bank jsme se rovněž tázali, jaká je obvyklá odchylka modelové trajektorie úrokových sazeb a jejich finálního měnověpolitického doporučení ohledně nastavení úrokových sazeb. Na otázku odpovědělo celkem 14 CB, tj. 13 CB připravujících nepodmíněnou prognózu úrokových sazeb a 1 CB sestavující podmíněnou prognózu. Z uvedených 13 CB používajících nepodmíněnou prognózu jich 9 uvedlo, že rozdíly jsou obvykle do výše jedné „standardní změny“ úrokových sazeb, tj. do 25 b. b., 3 CB uvedly, že rozdíly jsou obvykle vyšší než 25 b. b. a 1 CB uvedla, že to může být méně i více než 25 b. b.

Vlastní model nebo outsourcing

V drtivé většině dotazovaných zemí byl model (či modely) vyvinuty pracovníky dané CB. Výjimky jsou pouze dvě. U první z nich kromě pracovníků domácí CB technicky s vývojem původní verze základního modelu pomohly též jiné centrální banky. Druhá výjimka používá zakoupený model od externího poskytovatele, který vlastními silami následně modifikovala.

15.1 Vaše makroekonomické predikční modely (nebo model):

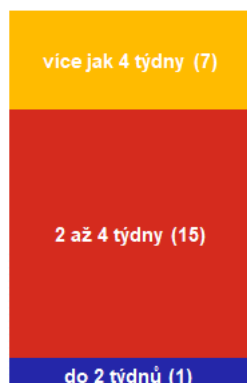


Velikost týmů operujících model v rámci prognostického cvičení

16.1 Kolik FTE (full time equivalent) operuje hlavní predikční model?

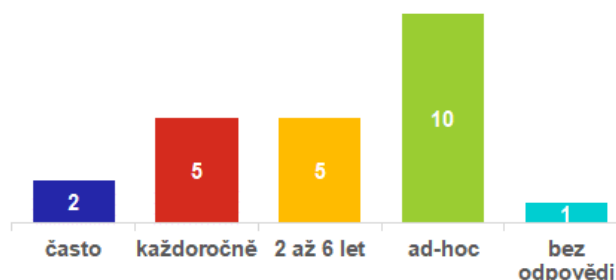


16.2 Kolik dní v průměru trvá vytvoření prognózy od tzv. kick-off meetingu po schválení prognózy?



Celkem 10 centrálních bank tvořících cca 40 % dotázaných zemí má do 5 FTE (*full time equivalent*) operujících hlavní predikční model a o jednu CB méně (tedy 9 CB) má od 5 do 10 FTE. Početnější tým s více jak 11 FTE operujícími model mají jen čtyři CB z 23 dotazovaných zemí. V těchto počtech pak v průměru trvá vytvoření prognózy od tzv. *kick-off meetingu* po schválení prognózy u dvou třetin dotázaných CB zhruba 2 až 4 týdny. Rychleji, tedy do 2 týdnů, zvládá prognózu vytvořit pouze jedna CB. Více jak měsíc trvá tento proces zbývajících necelé třetině centrálních bank.

17.1 Jak často provádíte recalibraci parametrů vašeho/vašich predikčních makroekonomických modelů?



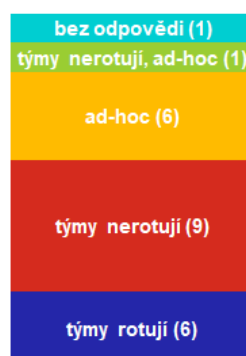
Rekalibrace modelů

Více jak 40 % CB provádí recalibraci parametrů predikčního makroekonomického modelu (modelů) na ad-hoc bázi, tedy většinou pokud je k tomu nějaký explicitní důvod či impuls. Další nemalá část bank recalibraci provádí s určitou pravidelností, ať již každoročně (5 CB) nebo jednou za 2 až 6 let (5 CB). Dvě centrální banky uvedly, že model recalibrují často. Pokud CB využívají i další modely (mimo model hlavní), též je recalibrují na ad-hoc bázi, resp. v období 2 až 6 let.

Zdokonalování a vývoj modelového rámce

U necelých dvou třetin CB (15) je pro zdokonalování modelového rámce typická existence stálého týmu, jehož jedna část připravuje makroekonomickou prognózu a druhá část pracuje na údržbě modelu (modelů), ověřování stávajících modelových vazeb a na zapracování vazeb nových. Tyto týmy pak buď rotují (6 CB) nebo nerotují (9 CB). U zbytku zemí vzorku dochází ke zdokonalování jejich modelového rámce příležitostně (na ad hoc bázi), kdy se obvykle sestaví tým, který zapracovává nové nebo ověřuje stávající modelové vazby modelu či modelů. Týmy vyvíjející modely v daných CB jsou pak většinou umístěny v útvaru, který připravuje makroekonomickou prognózu. Více jak pětina zemí (5) má tyto týmy v útvaru ekonomického výzkumu a dvě CB v jiné organizační jednotce oproti zmíněným dvěma skupinám zemí.

18.1 Jaký systém zdokonalování modelového rámce je charakteristický pro vaši CB?



19.1 V jakém útvaru je tým vyvíjející modely ve vaší CB umístěn?

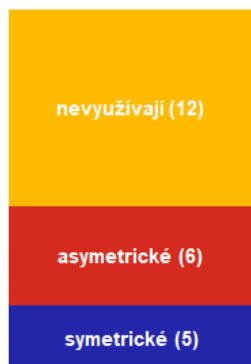


Covidová krize, budoucnost

Nadpoloviční většina CB (13) uvedla, že turbulentní doba tohoto desetiletí (covidová a energetická krize) nevedla k zavádění nebo plánování zavést do modelového rámce další či komplementární predikční makroekonomický model. Ke změnám modelového rámce již přistoupilo nebo je plánuje provést 10 CB.

Komunikace modelových trajektorií

21.1 Využíváte pro komunikaci modelových trajektorií základních predikovaných veličin (inflace, HDP, případně dalších) tzv. vějířové grafy?



21.3 Uvažujete o zavedení tzv. „Dot-plot“?



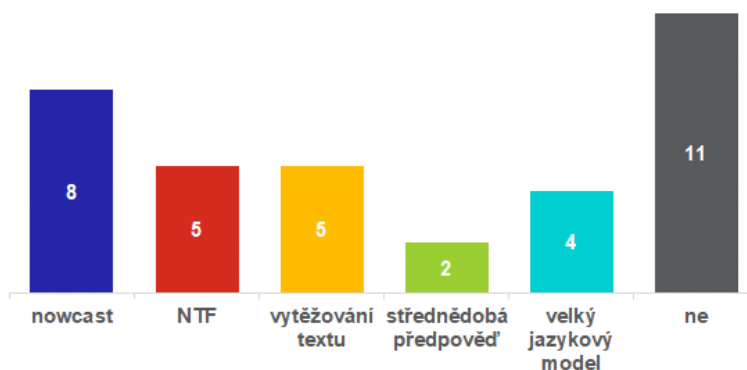
Celkem 11 z 23 dotázaných CB využívá pro komunikaci modelových trajektorií základních predikovaných veličin (inflace, HDP, případně dalších) tzv. vějířové grafy. Celkem 5 z nich využívá symetrické vějířové grafy a zbylých 6 grafy asymetrické. Zbylých 12 CB vějířové grafy pro komunikaci vůbec nepoužívá. Centrální banky při nastavování intervalů spolehlivosti prognóz využívají různé přístupy, přičemž nejčastěji se jedná o zohlednění historických chyby předpovědí.

Drtivá většina dotázaných centrálních bank (19) neuvažuje o zavedení komunikačního nástroje podobného tzv. „Dot-plot“. Pouze 1 CB uvedla, že již podobný komunikační nástroj používá a v případě dvou CB v této oblasti zřejmě probíhá diskuse k jeho možnému zavedení.

Umělá inteligence (AI)

Více jak polovina (12) dotazovaných CB již využívá nástroje umělé inteligence v prognostickém procesu. Při podrobnějším pohledu na tyto CB se nejčastěji jedná o využití metod strojového učení sloužících k přípravě nowcastu (8 CB). Oblíbené je též využití možností AI k přípravě krátkodobé prognózy (NTF) (5 CB) či k tzv. *text miningu* (5 CB). Pro tvorbu střednědobé předpovědi se ve vzorku zemí AI používá minimálně (2 CB). Velké jazykové modely, jako jsou ChatGPT či Gemini, jsou prozatím též v začátcích jejich používání mezi tázanými CB (4 CB). Nejvíce, tedy s několika (alespoň třemi) nástroji AI zároveň pracuje celkem 5 CB. Oblast AI se však velmi dynamicky vyvíjí.

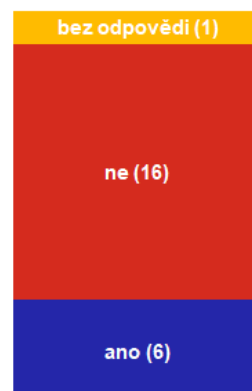
22.1 Využíváte nástroje umělé inteligence (AI) v prognostickém procesu?



Budoucnost modelového rámce

Téměř 70 % dotázaných CB (16) nevnímá svoji současnou modelovou výbavu (tedy jeden nebo více modelů) jako ustálenou. Centrální banky v dané oblasti nejčastěji plánují v horizontu 2 až 5 let různá vylepšení jejich stávajícího modelového rámce, spíše než jeho nahrazení. Případně, pokud to bude relevantní, tak i představení dalšího „nového“ modelu. Vzhledem k rychlému tempu změn v oblasti automatizace, zpracování velkých datových souborů a umělé inteligence též CB předpokládají nové možnosti pro své modelové rámce. Celkem 6 CB hodnotí svou situaci relativně ustáleně.

23.1 Vnímáte váš současný stav (jeden model nebo více modelů) jako ustálený? Jaké jsou vaše plány v této oblasti do 2 a 5 let?



3. Výsledky pro centrální banky využívající více modelů

Více modelů a motivace pro jejich existenci

1.2 Jaká byla vaše motivace pro implementaci 2 a více predikčních makroekonomických modelů?



Jak bylo uvedeno, více než jeden komplexní (tzv. *full-scale*) model při přípravě makroekonomické prognózy používají téměř dvě třetiny (15) z 23 dotázaných CB, a tak následující popis přibližuje situaci právě v těchto 15 CB.

Všech 15 CB uvádí jako důvod pro implementaci více modelů využití více alternativních ekonomických konceptů a pro většinu (11) poskytuje alternativní model i jinou míru detailu. Mezi ostatní důvody implementace patří např. zvýšení robustnosti předpovědí, použití jiného pohledu na nabídku, poptávku nebo zaměření na určité nejistoty. Více modelů je rovněž používáno pro alternativní scénáře, zaměření na konkrétní ekonomické otázky či ověření výsledků hlavního modelu.

Šestice CB se pozitivně vyjádřila v otázce, zda „zrušili nebo případně uvažují o zrušení jednoho nebo více alternativních predikčních modelů“, ale z doprovodných komentářů vyplývá, že je to dáno spíše vývojem nových modelů nebo organizačními důvody, než nevhodností dosavadního uspořádání.

Rovnocennost modelů (tvorba prognózy a scénářů) a interní měnověpolitické procesy

Z hlediska rovnosti je u CB používajících 2 a více modelů nejčastěji (celkem v 10 případech) jeden hlavní model a další je (jsou) chápány jako modely vedlejší. Za rovnocenné z pohledu využití v predikčním a rozhodovacím procesu považuje modely zbylá třetina CB. Postavení modelů je rovněž většinou komunikováno navenek i odborné veřejnosti, avšak ne ve všech případech tak, jak jsou modely používány a vnímané CB.

Pokud CB používají více modelů a jeden považují za hlavní (10 CB), pak pro naprostou většinu z nich (9 CB) slouží vedlejší modely primárně pro kontrolní účely, případně pro ladění základního scénáře. Jak vyplývá z dotazníku, vedlejší model mívá tedy především podpůrnou funkci a jeho prognóza nebývá připravena ve stejném detailu, jako je tomu u hlavního modelu. V případě rovnocenných modelů pak jejich jednotlivé projekce přímo tvoří základní scénář prognózy a ten bývá získán jejich průměrováním (aritmetický průměr nebo vážený průměr, kde váhami je nejčastěji odborný (expertní) úsudek).

Je vhodné dodat, že 2 CB nicméně pro svůj základní scénář neberou výsledek modelu jako závazný, ale v jejich případě se jedná spíše o expertní úsudek postavený více či méně na modelovém výstupu. Z tohoto pohledu pak celkem 5 CB uvedlo, že přímé výstupy modelu veřejně nepublikuje.

Při tvorbě scénářů celkem 10 CB uvedlo, že používá oba modely a zbylých 5 CB používá pro jejich tvorbu pouze model hlavní.

2.1 Jaké je postavení modelů z hlediska rovnosti



Komunikace modelových prognóz směrem k bankovní radě

Výstupy vedlejšího nebo vedlejších modelů jsou nejčastěji komunikovány bankovní radě (MPC) v hlavním textu popisujícím prognózu, případně v příloze a jsou srovnány s výsledky hlavního modelu. Některé CB výsledky vedlejších modelů nekomunikují pravidelně či z důvodu, že mohou sloužit jen jako podklady pro základní scénář či jako vstupy pro průměrování (viz výše).

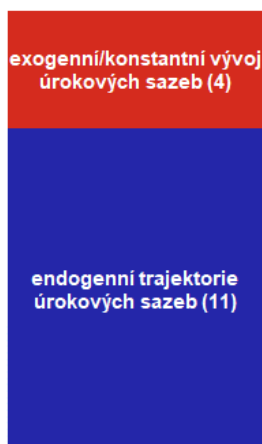
Vznik modelových prognóz a jejich přesnost

Modelová prognóza vzniká při používání více modelů nejčastěji v jednom týmu a jen 3 CB mají pro své modely nezávislé týmy. Ve většině CB jsou pak při vzniku prognózy použity nejen stejné datové předpoklady, ale také počáteční podmínky¹ tedy např. vnímání nabídkového a poptávkového pohledu na inflační tlaky.

Vyhodnocení přesnosti prognóz probíhá nejčastěji pouze interně a to u celkem 8 CB, přičemž 6 CB pak vyhodnocení publikuje. Pouze jedna CB přesnost prognóz nevyhodnocuje. Více jak polovina CB (8) používá při vyhodnocení pouze statistická kritéria, 2 CB pak pouze na základě vývoje jednotlivých exogenních faktorů pomocí tzv. *counter-factual* simulací a 3 CB pak používají oba přístupy.

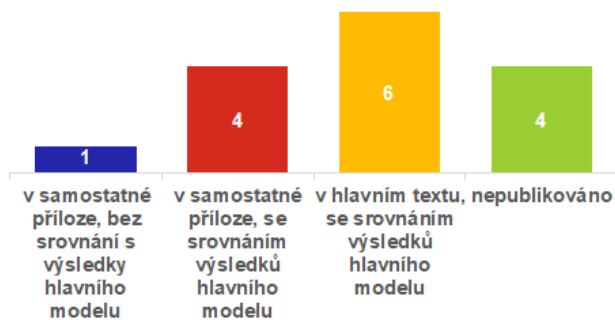
Podmíněnost prognóz úrokových sazeb

8. Podmíněnost prognóz



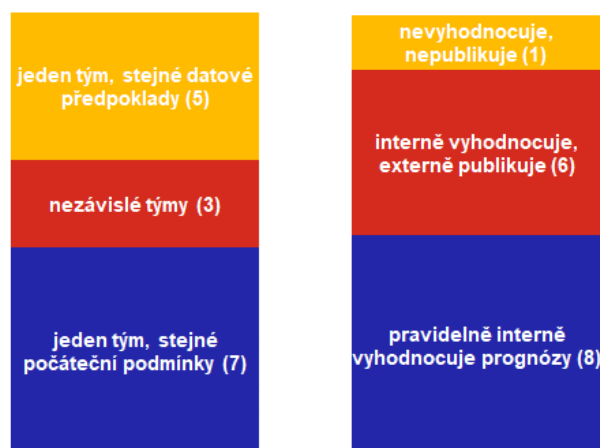
Z pohledu podmíněnosti prognózy používají CB využívající více než dva modely především endogenní trajektorii vývoje úrokových sazeb (celkem 11 CB), nicméně 4 CB pak k této dimenzi prognózy přistupují jinak a používají exogenní nebo konstantní vývoj úrokových sazeb. 2 CB fixují úrokovou sazbu po celý projekční horizont.

2.3 Jak jsou výsledky vedlejších modelů prezentovány boardu v rámci měnověpolitického rozhodování?



6. Vznik modelových prognóz

7. Přesnost modelových prognóz



¹ Otázka rozlišovala mezi „shodnými datovými předpoklady“ a „shodnými počátečními podmínkami“ s vysvětlením: Shodné vstupní datové předpoklady = shodná informační množina a odpočet vstupních dat k určitému datu. Shodné počáteční podmínky = shodné vstupní datové předpoklady doplněné o shodu na interpretaci dat, na základě které se nastaví nepozorované modelové veličiny na počátku prognózovaného horizontu (např. přibližná shoda na vyhodnocení inflačních tlaků jako poptávkových či nabídkových, apod.)