



Analytický komentár

Modelové prístupy k odhadu krátkodobého výhľadu ekonomickej aktivity (Nowcasting HDP)

Komentár stručne predstavuje ekonometrické modely (8 modelov) používané v NBS pre nowcasting medzištvrtročného tempa rastu reálneho HDP. Súčasťou komentáru je aj vyhodnotenie spoľahlivosti týchto rôznych modelových odhadov, ako aj vážených priemerov vybraných relevantných modelov na minulosti. V komentári sa tiež porovnáva spoľahlivosť čisto modelovej predikcie a tzv. signálneho prístupu, kde je modelová predikcia upravená o odchýlku od posledného publikovaného tempa rastu HDP. Ukazuje sa, že signálny prístup je pre väčšinu modelov vhodnejší, pretože eliminuje vychýlenosť a zvyšuje spoľahlivosť ich predikcie.

Cieľom komentára je objasniť spôsob výpočtu takzvaného nowcastingu - modelového odhadu HDP, ktorý bude NBS pravidelne (do 20. dňa v mesiaci) zverejňovať na webovej stránke, ako aj v rámci jej Mesačného bulletinu.

Úvod

Zmyslom nowcastingu HDP je na mesačnej báze konzistentným spôsobom zohľadniť všetky dostupné mesačné štatistiky a skoncentrovať informácie, ktoré ich vývoj poskytuje do jednej hodnoty v podobe modelového odhadu HDP a túto zrozumiteľnú informáciu poskytnúť verejnosti. Je potrebné si ale zároveň uvedomiť, že takto vypočítaný nowcasting predstavuje čisto technický odhad vývoja HDP, ktorý zohľadňuje len aktuálne dostupné mesačné štatistiky makroekonomického vývoja bez kvalitatívnych zásahov a jednorazových vplyvov. **Nowcasting HDP teda nie je oficiálnou predikciou Národnej banky Slovenska**, ktorá v sebe okrem týchto technických odhadov zahŕňa aj dodatočné predpoklady a expertné úpravy (napríklad čerpanie eurofondov, informácie o vládných opatreniach, o príchode nových investícií, atď.).

Výsledky nowcastingu HDP sa používajú ako jeden z podkladov pri príprave strednodobej prognózy a sú súčasťou aj Mesačného bulletinu NBS. Publikujú sa s mesačnou frekvenciou na webovej stránke NBS a obsahujú vždy odhad pre aktuálny štvrtrok a v prípade, že ešte nie je publikovaná skutočná hodnota HDP, aj pre štvrtrok predchádzajúci. Okrem bodových odhadov, ktoré sú zaťažené určitou mierou neistoty, sa uvádza i pásmo, v ktorom možno očakávať realizáciu skutočnej hodnoty. Pre posúdenie súladu predikcie NBS s nowcastingom HDP treba brať do úvahy skôr interval spoľahlivosti, ako len bodový odhad.

Ako sa počíta nowcasting

Aktuálne sa na nowcasting HDP používa viacero rôznych typov ekonometrických modelov. Prvým prístupom k nowcastingu HDP sú tzv. **dynamické faktorové modely**, konkrétne ich aproximatívny variant.¹ Výpočet predikcie prebieha v troch hlavných krokoch. V prvom kroku sa z databázy mesačných vysvetľujúcich premenných **s použitím metódy hlavných komponentov vypočíta aproximácia latentných faktorov**. V druhom kroku sa prípadne **doprognozuje budúca hodnota faktora** s použitím AR modelu. V poslednom kroku sa **odhadne ARX model pre prognozovanú premennú** s faktorom ako vysvetľujúcou premennou. V závislosti od výberu časových radov v databáze vysvetľujúcich premenných pracujeme s dvoma modelovými variantmi. Variant DFM(Expert) pracuje s 11 expertne vybranými časovými radmi (na základe korelačnej analýzy), zatiaľ čo variant DFM(Statistic) pracuje s 11 premennými vybranými pomocou štatistických metód, ako je stepwise regression alebo LASSO.²

Ďalším prístupom k nowcastingu HDP sú tzv. **bridge modely**. Výpočet začína **doprognozovaním budúcich hodnôt** mesačných časových radov, ktoré vystupujú ako **vysvetľujúce premenné**, a to s použitím ARMA modelov. Nasleduje prepočet vysvetľujúcich premenných na medzikvartálne dynamiky. V ďalšom kroku sa postupne **pre každú z vysvetľujúcich premenných metódou OLS odhadne tzv. bridge rovnica s HDP ako vysvetľovanou premennou** (tiež vyjadrené ako QoQ rast). Z predikcií získaných **z jednotlivých bridge rovníc sa na záver vypočíta vážený priemer**, pričom váhy zohľadňujú presnosť danej bridge rovnice (na základe AIC). V súčasnosti pracujeme s tromi variantmi bridge modelov, ktoré sa líši spôsobom výberu vysvetľujúcich premenných. Variant Bridge(Large) pracuje s relatívne širokou databázou 40 rôznych vysvetľujúcich premenných, Bridge(Expert) pracuje s 11 expertne vybranými premennými (rovnaké premenné ako v modeli DFM(Expert)) a variant Bridge(Statistic) pracuje s 11 premennými vybranými na základe štatistických metód (rovnaké premenné ako v modeli DFM(Statistic)).

Predchádzajúcemu prístupu je podobný i tzv. **OLS prístup**. Oproti bridge modelom sa líši najmä v tom, že **v modelových rovniciach vystupuje viac rôznych vysvetľujúcich premenných naraz**. Konkrétne sme testovali varianty s dvomi a tromi vysvetľujúcimi premennými. Pri výpočte sa **najprv odhadnú modelové rovnice so všetkými možnými kombináciami vysvetľujúcich premenných s rôznym oneskorením**. Uvažujeme 13 expertne vybraných premenných s maximálnym oneskorením päť mesiacov (rádovo tak dostávame stovky až tisícky kombinácií). **Pre každú rovnicu sa spočíta chyba rekurzívnej out-of-sample predikcie**. Jednotlivé **predikcie sa následne zoradia podľa predikčnej chyby a z najlepších sa vypočíta priemer**. Aktuálne používame varianty OLS(Mean10), pri ktorom sa počíta priemer z 10 najlepších rovníc, a variant OLS(Mean100), pri ktorom sa počíta priemer z 100 najlepších rovníc.

¹ V anglickom jazyku „*approximate factor model*.“

² Skratka z anglického „*least absolute shrinkage and selection model*.“

Posledným prístupom k nowcastingu HDP je **prístup založený na ARMAX modeloch**. Modely pracujú s databázou 29 expertne vybraných vysvetľujúcich premenných. S pomocou ARMA modelov sa jednotlivé **premenné naprognózujú na potrebný počet období dopredu**. Následne sa vytvárajú **ARMAX modely** tak, že sa **k optimálnemu ARMA modelu pre medziročný rast reálneho HDP** jednotlivito pridávajú **exogénne indikátory**. **Predikcie z jednotlivých ARMAX rovníc sa napokon spriemerujú**. Pre účely porovnania predikčnej chyby ARMAX prístupu s ostatnými modelovými prístupmi sa následne **predikovaný medziročný rast HDP prepočíta na medzištvrt'ročný rast**.

V tejto kapitole sme len stručne popísali základné princípy prístupov používaných v NBS na nowcasting HDP. Pre **detailnejšie informácie** ohľadom dynamických faktorových modelov a bridge modelov odkazujeme čitateľa na **occasional paper NBS č. 1/2015**.³ Nowcastingom HDP v regióne strednej a juhovýchodnej Európy sa zaoberá aj **working paper NBS č. 4/2015**.⁴

Vyhodnotenie spoľahlivosti modelových predikcií

Jednotlivé modelové prístupy sme porovnali na základe ich **predikčnej chyby na historickom intervale 2013Q2 až 2015Q1**. Počítali sme **rekurzívne out-of-sample predikcie** s použitím **historických vintage**⁵ **údajov za HDP** a aktuálnej databázy vysvetľujúcich premenných, nakoľko k jednotlivým časovým radom vintage údaje nie sú dostupné. Pri výpočtoch sme uvažovali **štyri horizonty predikcie** s odstupom jeden mesiac. Prvá predikcia na daný štvrt'rok ($t-2m$) sa počítala na konci prvého mesiaca daného štvrt'roka, posledná predikcia ($t+1m$) sa počítala na konci prvého mesiaca nasledujúceho štvrt'roka (ide už o tzv. backcast). Dostupnosť dát bola nastavená tak, aby zodpovedala vždy 20. dňu daného mesiaca.

Okrem modelovej predikcie, ktorá je priamym výstupom modelu, sme počítali aj s tzv. signálnym prístupom, pri ktorom sa zohľadňuje chyba predikcie v poslednom známom štvrt'roku.⁶ **Chyba predikcie sa vyhodnocovala v porovnaní s prvým zverejnením HDP za daný štvrt'rok**, t.j. bez vplyvu následných revízií.

Porovnanie chýb modelových predikcií ukazuje tabuľka č. 1. **Najlepšiu modelovú predikciu poskytuje model DFM(Statistic)** a potom OLS prístup. **Najlepšie výsledky v rámci signálneho prístupu dosiahol model Bridge(Large)**. Celkovo možno povedať, že informácia o predikčnej chybe v minulom štvrt'roku je prínosom a že **korekcia v rámci signálneho prístupu vedie k pomerne výraznému zlepšeniu kvality predikcie**.

³ Huček, J., Karšay, A., Vávra, M. (2015). *Short-term forecasting of real GDP using monthly data*. NBS occasional paper, No. 1/2015.

⁴ Feldkircher, M., Huber, F., Schreiner, J., Tirpák, M., Tóth, P., Wörz, J. (2015). *Small-scale nowcasting models of GDP for selected CESEE countries*. NBS working paper, No. 4/2015.

⁵ Pre každé obdobie sme použili vtedy dostupný rad reálneho HDP vrátane histórie. Vintage údaje tiež zohľadňujú flash odhady HDP a následné revízie.

⁶ Ak bola napríklad v minulom štvrt'roku daná modelová predikcia o 0.1 p.b. nižšia než skutočný QoQ rast HDP, bude v tomto štvrt'roku k predikcii pripočítaných 0.1 p.b.

V tabuľke č. 2 je uvedené **porovnanie priemernej vychýlenosti** (tzv. bias) modelových predikcií. Zatiaľ čo **OLS prístup** je relatívne **nevychýlený** (unbiased), DFM(Statistic) a Bridge(Statistic) je už mierne kladne vychýlený a **ostatné modelové predikcie sú výrazne vychýlené pozitívnym smerom** (tzn. nadhodnocujú skutočný rast HDP). **Korekcia v rámci signálneho prístupu vedie k eliminácii problému s vychýlenosťou predikcie.** Tiež vidno, že **signálny prístup viedol k zlepšeniu predikčnej chyby najmä u modelov s najväčšou priemernou odchýlkou**, čiže u Bridge modelov a DFM(Expert) modelu. Kvalitu predikcie OLS prístupu zlepšil signálny prístup len marginálne, čo nie je s ohľadom na jeho neustrannosť prekvapujúce. Prekvapivo nevedol signálny prístup k zníženiu predikčnej chyby ARMAX modelu, aj keď jeho výraznú vychýlenosť sa odstrániť podarilo.

Tabuľka 1: Chyby modelových predikcií v období 2013Q2-2015Q1 (RMSE, p.b. QoQ rastu)

| typ modelu | modelový prístup | | | | signálny prístup | | | |
|-------------------|--------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|
| | horizont predikcie | | | | horizont predikcie | | | |
| | t-2m | t-1m | t | t+1m | t-2m | t-1m | t | t+1m |
| DFM(Expert) | 0.26 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.26 | 0.25 | 0.22 |
| DFM(Statistic) | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.25 | 0.14 | 0.16 | 0.14 |
| Bridge(Large) | 0.39 | 0.40 | 0.41 | 0.43 | 0.15 | 0.10 | 0.11 | 0.12 |
| Bridge(Expert) | 0.37 | 0.40 | 0.43 | 0.45 | 0.25 | 0.19 | 0.21 | 0.17 |
| Bridge(Statistic) | 0.29 | 0.30 | 0.33 | 0.31 | 0.19 | 0.11 | 0.19 | 0.11 |
| OLS(Mean10) | 0.27 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.36 | 0.22 | 0.23 | 0.24 |
| OLS(Mean100) | 0.31 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.31 | 0.17 | 0.16 | 0.16 |
| ARMAX | 0.69 | 0.55 | 0.49 | 0.53 | 0.90 | 0.53 | 0.69 | 0.59 |

Zdroj: Výpočty NBS. Poznámka: Čas t predstavuje 20. deň posledného mesiaca v štvrtroku, pre ktorý sa predikcia počíta. K výpočtu predikcií sa použijú hodnoty vysvetľujúcich premenných, ktoré sú v danom okamihu dostupné.

Tabuľka 2: Vychýlenosť modelových predikcií v období 2013Q2-2015Q1 (v p.b. QoQ rastu)

| typ modelu | modelový prístup | | | | signálny prístup | | | |
|-------------------|--------------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| | horizont predikcie | | | | horizont predikcie | | | |
| | t-2m | t-1m | t | t+1m | t-2m | t-1m | t | t+1m |
| DFM(Expert) | 0.24 | 0.42 | 0.40 | 0.37 | -0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.05 |
| DFM(Statistic) | 0.13 | 0.18 | 0.18 | 0.17 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.03 |
| Bridge(Large) | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.44 | -0.03 | -0.01 | 0.00 | 0.00 |
| Bridge(Expert) | 0.38 | 0.39 | 0.40 | 0.42 | -0.05 | -0.04 | -0.05 | -0.02 |
| Bridge(Statistic) | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.29 | -0.05 | -0.03 | -0.06 | -0.02 |
| OLS(Mean10) | 0.10 | -0.01 | -0.05 | -0.05 | 0.02 | -0.11 | -0.11 | -0.10 |
| OLS(Mean100) | 0.19 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | -0.09 | -0.09 | -0.08 |
| ARMAX | 0.50 | 0.45 | 0.24 | 0.35 | 0.20 | 0.00 | -0.12 | -0.05 |

Zdroj: Výpočty NBS. Poznámka: Čas t predstavuje 20. deň posledného mesiaca v štvrtroku, pre ktorý sa predikcia počíta. K výpočtu predikcií sa použijú hodnoty vysvetľujúcich premenných, ktoré sú v danom okamihu dostupné.

Vo všeobecnosti **signálny prístup vedie k zlepšeniu kvality modelovej predikcie** medzištvrtročného rastu reálneho HDP v oblasti presnosti predikcie aj v oblasti jej vychýlenosti.

Priemerovanie modelových predikcií

Široké modelové portfólio má svoje výhody - niektorý z predikčných modelov môže napríklad indikovať riziká, ktoré ostatné modely nezachytia. **V mnohých situáciách je ale praktickejšie mať len jednu predikovanú hodnotu.** K tejto hodnote možno dôjsť rôznymi spôsobmi. Keďže chceme využiť čo najviac informácií zo všetkých uvažovaných modelových prístupov, rozhodli sme sa pre **vážené priemerovanie na základe chýb modelových predikcií na minulosti.** Váhy sme volili inverzne k predikčnej chybe na základe RMSE, $RMSE^2$, MAE a MAE^2 . Z **priemerovania modelov sme vyradili ARMAX prístup,** ktorý pre medzištvrtročné dynamiky HDP neposkytuje uspokojivé výsledky.

V tabuľke č. 3 je uvedené porovnanie chýb vážených modelových predikcií s rôznymi váhami a tiež jednoduchý priemer. Z porovnania predikčných chýb je vidno **lepšie výsledky signálneho prístupu.** Najlepšie vychádzajú varianty s váhami inverznými k $RMSE^2$, jednoduché priemerovanie je väčšinou skôr horšie než vážené priemery. Vo všeobecnosti **nie sú medzi rôznymi spôsobmi váženého priemerovania veľké rozdiely.**

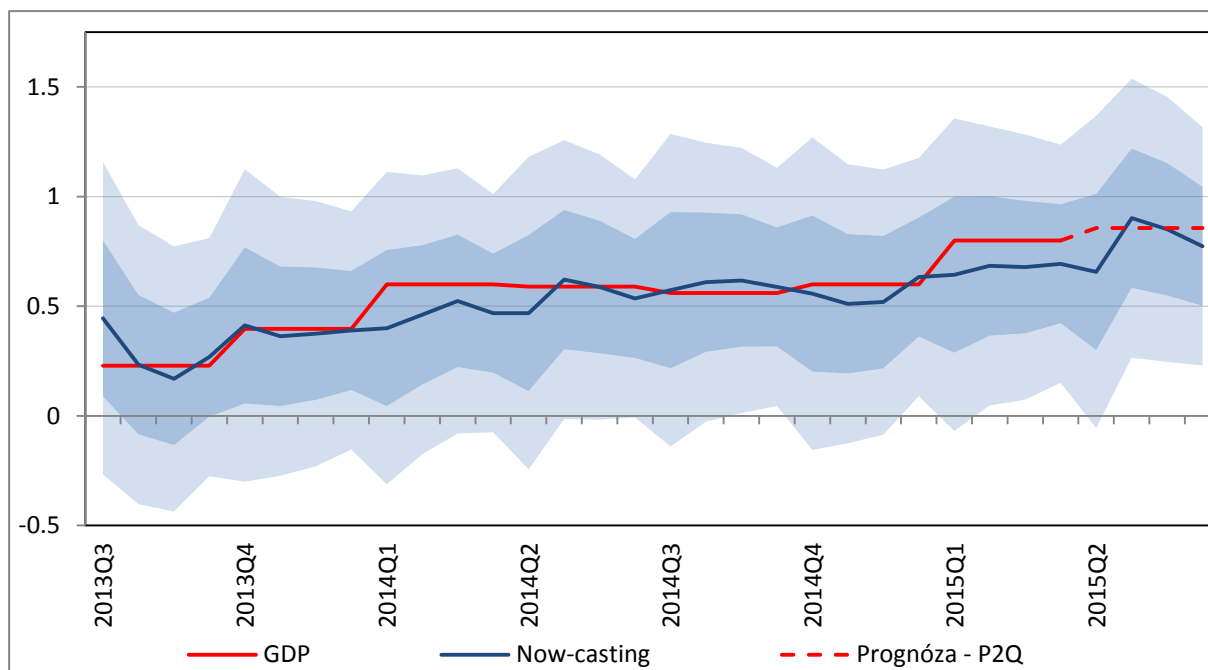
Tabuľka 3: Chyby vážených modelových predikcií v období 2013Q2-2015Q1 (v p.b. QoQ rastu)

| Typ predikcií a spôsob ich váženia | RMSE | | | | MAE | | | |
|--|--------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|
| | horizont predikcie | | | | horizont predikcie | | | |
| | t-2m | t-1m | t | t+1m | t-2m | t-1m | t | t+1m |
| modelový prístup | | | | | | | | |
| jednoduchý priemer | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.23 | 0.24 | 0.24 | 0.24 |
| váhy na základe RMSE | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.19 |
| váhy na základe $RMSE^2$ | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 |
| váhy na základe MAE | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |
| váhy na základe MAE^2 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 |
| signálny prístup | | | | | | | | |
| jednoduchý priemer | 0.22 | 0.13 | 0.13 | 0.09 | 0.16 | 0.10 | 0.10 | 0.07 |
| váhy na základe RMSE | 0.19 | 0.12 | 0.12 | 0.09 | 0.15 | 0.09 | 0.09 | 0.07 |
| váhy na základe $RMSE^2$ | 0.17 | 0.11 | 0.11 | 0.09 | 0.14 | 0.09 | 0.08 | 0.07 |
| váhy na základe MAE | 0.19 | 0.12 | 0.12 | 0.09 | 0.15 | 0.09 | 0.09 | 0.07 |
| váhy na základe MAE^2 | 0.17 | 0.12 | 0.11 | 0.09 | 0.14 | 0.09 | 0.08 | 0.07 |

Zdroj: Výpočty NBS. Poznámka: Čas t predstavuje 20. deň posledného mesiaca v štvrtroku, pre ktorý sa predikcia počíta. K výpočtu predikcií sa použijú hodnoty vysvetľujúcich premenných, ktoré sú v danom okamihu dostupné.

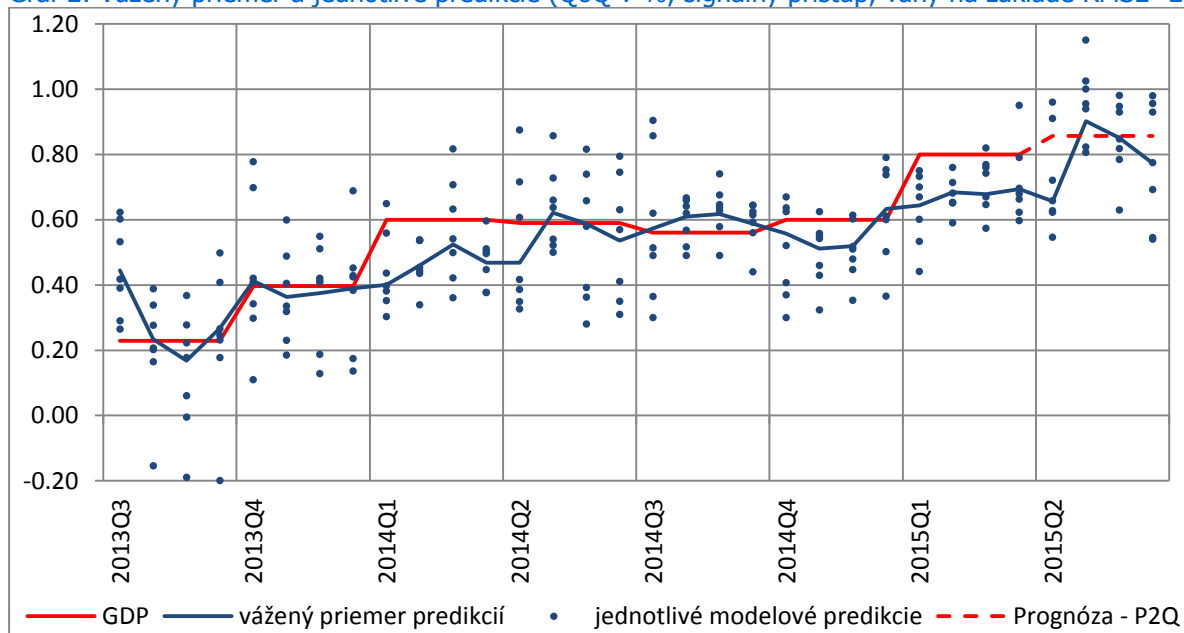
Graf č. 1 zobrazuje výsledný nowcasting medzištvrtročného rastu reálneho HDP vrátane neistoty. **Pre nowcasting HDP bol vybraný priemer predikcií v rámci signálneho prístupu vážený inverzne k $RMSE^2$.** Riziká modelovej predikcie možno posúdiť na základe rozdelenia jednotlivých predikcií okolo váženého priemeru, vid' graf č. 2.

Graf 1: Modelové predikcie vážené na základe $RMSE^2$, vrátane neistoty (QoQ v %, ± 2 a ± 1 RMSE)



Zdroj: Výpočty NBS.

Graf 2: Vážený priemer a jednotlivé predikcie (QoQ v %, signálny prístup, váhy na základe $RMSE^2$)



Zdroj: Výpočty NBS.

Stanislav Tvrz

(analytici@nbs.sk)