

# 1

Február 2016  
Ročník 24

ODBORNÝ  
BANKOVÝ  
ČASOPIS



# BILITEC



NÁRODNÁ BANKA SLOVENSKA



# Strieborná zberateľská minca k 150. výročiu narodenia Ladislava Nádašiho-Jégého

Pri príležitosti 150. výročia narodenia Ladislava Nádašiho-Jégého, popredného predstaviteľa slovenskej literatúry, vydala Národná banka Slovenska 19. januára 2016 striebornú zberateľskú mincu v nominálnej hodnote 10 eur.



Minca realizovaná podľa návrhu Asamata Baltaeva, DiS.

Ladislav Nádaši-Jégé je jedným z ťažiskových autorov slovenskej medzivojnovnej literatúry a kľúčovým predstaviteľom slovenského literárneho naturalizmu. Narodil sa 12. februára 1866 v Dolnom Kubíne. Vyštudoval lekársku fakultu v Prahe a ako lekár pôsobil takmer celý život v Dolnom Kubíne, kde 2. júla 1940 aj zomrel. Prvé obdobie jeho tvorby z prelomu osemdesiatych a deväťdesiatych rokov 19. storočia predstavujú satirické prózy *Žart*, *Vada*, *Výhody spoločenského života*, *Omyl*, *Kúra*, *Pomsta*. Druhé obdobie tvorby v dvadsiatych a tridsiatych rokoch 20. storočia charakterizuje príklon k historizmu a postupný prechod od poviedok a noviel k románom – *Wieniawského legenda* (1922), *Adam Šangala* (1924), *Kuruci* (1925), *Magister rytier Donč*, *Horymír* (1926), *Svätopluk* (1928). Okrem prózy písal aj divadelné hry, zdravotno-osvetové články a venoval sa literárnej publicistike. V románe *Cesta životom* (1930) sa vrátil k aktuálnejšej téme, k obrazu malomeštiackej slovenskej spoločnosti od deväťdesiatych rokov 19. storočia do roku 1918 a rozvinul v ňom svoje pesimistické a ironické vnímanie sveta. Osobitné miesto v Jégého diele majú humoristické prózy z dedinského prostredia z posledných rokov jeho tvorby.

Na výtvarný návrh mince vyhlásila Národná banka Slovenska v decembri 2014 verejnú anonymnú

súťaž, do ktorej predložilo trinásť autorov trinásť výtvarných prác. Komisia na posudzovanie výtvarných návrhov pamätných mincí a zberateľských mincí ich hodnotila vo februári 2015. Jej odbornou poradkyňou bola Mgr. Dana Hučková, CSc., riaditeľka Ústavu slovenskej literatúry Slovenskej akadémie vied.

Na základe odporúčenia odbornej komisie schválila Banková rada NBS na realizáciu výtvarný návrh autora Asamata Baltaeva, DiS., ktorému bola udelená znížená prvá cena. Komisia vyhodnotila jeho návrh ako najlepšie vystihujúci zadanú tému po obsahovej i výtvarnej stránke a ocenila aj mimoriadnu kompozičnú zrodu medzi averzom a reverzom. Dominantu mincového poľa tvorí na oboch stranách na výšku vložený obdĺžnik. Na averze tvorí knihu a je vyplnený názvami Jégého diel, pričom ako koncovka knižnej strany je vložená historická postava sediaceho bojovníka. Na reverze je v rámci výstižný portrét spisovateľa v mladšom veku. Na šírku základne nadväzuje v spodnej časti v troch riadkoch text. Oba prvky, portrét i písmo, výrazne vystupujú z hladkej plochy pozadia.

Druhú cenu získal akad. soch. Ivan Řehák. Jeho návrh komisiu zaujal kvalitným a zaujímavým

(Pokračovanie na 3. str. obálky)



## Strieborná zberateľská minca k 150. výročiu narodenia Ladislava Nádašeho-Jégého

(Pokračovanie z 2. str. obálky)

sochárskym spracovaním. Plocha averzu zahŕňa pootvorenú knihu s hlavami dvoch historických postáv z literárnych diel spisovateľa na jej čelnej strane. Prakticky celej ploche reverzu dominuje zobrazenie Jégého z profilu. Na oboch stranách kompozíciu dotvárajú harmonicky umiestnené texty.

V súťaži boli udelené dve tretie ceny. Jednu z nich získal Mgr. art. Peter Valach. Autor na averze pracuje s vedutou historického námestia v Dolnom Kubíne, celoživotného pôsobiska spisovateľa. V dolnej časti výjavu sú umiestnené okuliare ako Jégého charakteristický atribút. Na reverze je portrét spisovateľa, pričom mincové pole je rozdelené rámovaním. Za hranicou rámu sú zobrazené symboly Jégého aktivít ako spisovateľa a lekára – písacie brko a had. Ďalšia tretia cena

bola udelená Mgr. art. Miroslavovi Hricovi, ArtD. Na averze si vybral motívy z historického románu Adam Šangala – jazdca na vzpínajúcom sa koni a hrad na brale. Na reverze stvárnil portrét spisovateľa doplnený faksimile podpisu.

Strieborná zberateľská minca s priemerom 34 mm a hmotnosťou 18 g bola vyrazená zo striebra s rýdzosťou 900/1000 v Mincovni Kremnica. Na hrane je razbou do hĺbky uvedený nápis PROZAİK – PUBLICISTA – LITERÁRNY KRITIK. Zo schváleného limitovaného počtu 11 000 kusov mincí bolo vyrazených 3 200 kusov v bežnom a 5 600 kusov v proof vyhotovení.

Dagmar Flaché  
Foto: Štefan Fröhlich



2. cena  
akad. soch. Ivan Řehák



3. cena  
Mgr. art. Peter Valach



3. cena  
Mgr. art. Miroslav Hric, ArtD

ILLIAB



## BIATEC

Odborný bankový časopis  
Február 2016

### Vydavateľ:

Národná banka Slovenska  
Imricha Karvaša 1  
813 25 Bratislava  
IČO: 30844789

### Redakčná rada:

doc. Ing. Jozef Makúch, PhD. (predseda)  
Mgr. Júlia Čillíková  
Ing. Juraj Jánošík  
Ing. Renáta Konečná  
PhDr. Jana Kováčová  
Mgr. Martin Šuster, PhD.

### Redakcia:

Ing. Alica Polónyiová  
tel.: 02/5787 2153  
fax: 02/5787 1128  
e-mail: biatec@nbs.sk

Počet vydaní: 6-krát do roka

Cena výtlačku pre predplatiteľov: 2 €

Ročné predplatné: 12 €

Poštovné hradí predplatiteľ.

### Objednávky na predplatné v SR

#### a do zahraničia, reklamácie, distribúcia:

VERSUS, a. s., Expedičné stredisko,  
Pribinova 21, 819 46 Bratislava  
tel.: 02/5728 0368, fax: 02/5728 0148  
e-mail: expedicia@versusprint.sk

Termín odovzdania rukopisov: 3. 2. 2016

Dátum vydania: 15. 2. 2016

Evidenčné číslo: EV 2817/08

ISSN 1335 – 0900

Grafický návrh: Bedrich Schreiber

Typo & lito: AEPRESS, s.r.o.

Tlač: i+i print, spol. s r.o.

Časopis je dostupný v elektronickej  
forme na internetovej stránke  
Národnej banky Slovenska:  
<http://www.nbs.sk>

Niektoré príspevky môžu byť publikované  
v inom ako slovenskom jazyku. Anotácie  
príspevkov v anglickom jazyku sú uvedené  
na poslednej strane časopisu.

Všetky práva sú vyhradené. Akékoľvek  
reprodukcie tohto časopisu alebo jeho časti  
a iné publikovanie vrátane jeho elektronickej  
formy nie sú povolené bez predchádzajúceho  
písomného súhlasu vydavateľa.

## NA AKTUÁLNU TÉMU

Očakávaný makroekonomický vývoj SR ..... 2  
(Odbor ekonomických a menových analýz NBS)

Vybrané aspekty finančného trhu Číny ..... 4  
(Miroslava Kosáková)

## CURRENT ISSUES

Internationalisation of the Chinese Currency: Towards a Multipolar  
International Monetary System? ..... 7  
(Lucia Országhová)

## CENA GUVERNÉRA NBS

Vyhlásenie výsledkov súťaže o cenu guvernéra NBS ..... 12

Meta-Regression Analysis in Economics: Lessons Learned ..... 13  
(Zuzana Havránková)

Modelovanie finančných sietí ..... 18  
(Jakub Danko)

Využitie prostriedkov umelej inteligencie na akciových trhoch ..... 25  
(Martin Jakubčí)

## POISŤOVNÍCTVO

Náčrt udržateľného dôchodkového systému na Slovensku  
Ako by mal vyzerat' náš dôchodkový systém o 10 rokov? ..... 30  
Miroslav Čamek

## ENGLISH SUMMARY

English summary ..... 32



# Očakávaný makroekonomický vývoj SR

Slovenská ekonomika vzrástla v 3. štvrtroku 2015 vďaka silnému investičnému dopytu o 0,9 %. V nasledujúcich štvrtrokoch sa očakáva pokračovanie pozitívneho vývoja, najmä v domácej časti ekonomiky podporenej rastom reálnych príjmov a súkromných investícií. Tempo rastu ekonomiky by malo dosiahnuť 3,2 % v roku 2016 a 3,3 % v roku 2017. Už v roku 2016 by sa mal prejavíť pozitívny vplyv príchodu novej automobilky. Príspevok k rastu HDP v rokoch 2016 a 2017 bol odhadnutý na 0,3 percentuálneho bodu. V horizonte predikcie by mal byť rast ekonomiky vyvážený, keď v roku 2017 by mal výraznejšie prispievať k rastu export. Priaznivý vývoj v reálnej ekonomike by mal vytvárať nové pracovné miesta a miera nezamestnanosti by mala klesnúť k 9 % ku koncu horizontu predikcie. Vývoj cien by mal byť determinovaný najmä nízkymi cenami energií. Aj v tomto roku sa predpokladá nízkoinflačné prostredie. Inflácia by mala dosiahnuť 0,4 % v roku 2016 s následným zrýchlením na 1,8 % v roku 2017 vplyvom obnoveného dopytu a vyššej dovezenej inflácie.

- 1 Potreba aktualizácie decembrovej strednodobej predikcie vychádza z dôvodu pôsobenia NBS vo Výbore pre makroekonomické prognózy, ktorý na základe ústavného zákona o rozpočtovej zodpovednosti je povinný vypracovať makroekonomickú a daňovú prognózu do 15. februára.
- 2 Predikcia je založená na údajoch dostupných k 8. januáru 2016.
- 3 Podľa makroekonomického modelu NBS by takáto investícia, na základe spresnených predpokladov, mohla zrýchliť rast HDP kumulatívne o 1,8 percentuálneho bodu a vytvoriť celkovo dohruba 9 tisíc nových pracovných miest ku koncu horizontu.

## AKTUALIZÁCIA DECEMBROVEJ STREDNODOBEJ PREDIKCIE P4Q-2015<sup>1</sup>

Pri aktualizácii decembrovej predikcie sa vychádzalo zo spresnených údajov o štruktúre rastu ekonomiky v 3. štvrtroku 2015 a z nových údajov o výraznejšom čerpaní fondov EÚ v roku 2015. Ďalej sa zohľadnili aktuálne mesačné ukazovatele z reálnej ekonomiky vo 4. štvrtroku 2015 a vývoj predstihových indikátorov<sup>2</sup> naznačujúcich smerovanie ekonomiky v krátkodobom horizonte.

V rámci technických predpokladov došlo k najvýznamnejšej revízii v porovnaní s predchádzajúcou predikciou pri cenách ropy. Vplyvom pozitívneho ponukového šoku by malo dôjsť k zlepšeniu dopytu po slovenskom exporte, tento vývoj je však vykompenzovaný negatívnejším výhľadom čínskej ekonomiky. Zahraničný dopyt sa tak v porovnaní s decembrovou predikciou nezmenil.

Aktuálny vývoj naznačil, že v roku 2015 došlo k mimoriadne vysokému rastu investičného dopytu, ktorý vychádzal z rýchleho dočerpávania fondov EÚ. Tento pozitívny efekt má jednorazový charakter a ovplyvnil odhad rastu ekonomiky za minulý rok. V dôsledku toho bol rast HDP revidovaný mierne nahor. V aktuálnom roku by mal pokles využívania fondov EÚ na štandardnú úroveň naopak pôsobiť tlmiačo na rast HDP, vďaka nižšej inflácii to však vykompenzuje začiatok výstavby novej automobilky a vyššia súkromná spotreba. V roku 2016 by mala ekonomika vzrásť o 3,2 % a v roku 2017 o 3,3 %. V obidvoch rokoch by mal byť rast ekonomiky nepochybne rýchlejší ako v decembrovej predikcii.

V rámci štruktúry rastu ekonomiky došlo k prehodnoteniu domáceho dopytu v roku 2016 smerom k mierne vyššiemu rastu. Pozitívnym impul-

zom zrýchlenia súkromnej spotreby by mala byť najmä nižšia inflácia, ktorá by sa mala prejavíť vo vyšších reálnych príjmoch. V roku 2017 by už mal odznieť pozitívny ponukový šok vyplývajúci z prepadu cien komodít a tým nižšej inflácie. Výhľad súkromnej spotreby sa preto v porovnaní s predchádzajúcou predikciou výraznejšie nemení.

Odhad vývoja investícií bol revidovaný v roku 2015 smerom nahor, a to vplyvom rýchlejšieho čerpania eurofondov. Keďže tento výrazný jednorazový efekt sa nebude v roku 2016 opakovať, došlo k významnejšiemu prepadu dynamiky verejných investícií v tomto roku. Toto však bolo čiastočne vykompenzované súkromnými investíciami aj zakomponovaním príchodu novej automobilky na Slovensko. Priamy efekt príchodu novej automobilky<sup>3</sup> spočíva v roku 2016 najmä v stavebných prácach a v roku 2017 aj v investičnom dovoze technológií. Nepriame impulzy by mali predstavovať subdodávateľské investície a vyšší domáci dopyt. Mali by sa naplno prejavíť najmä v roku 2017, keď sa očakáva výraznejšia obnova investičného dopytu.

V exportnej výkonnosti dochádza v aktualizácii predikcie v 1. štvrtroku 2016 napriek nezmenenému zahraničnému dopytu k miernej korekcii smerom nadol, čo vychádza z aktuálnej situácie v hutníckom odvetví. Celkovo však nedochádza v horizonte predikcie k zmenám v exportnej výkonnosti ani v získavaní trhových podielov. Na strane dovozu by sa mal prejavíť začiatkom roku 2016 bázický efekt nižších investičných dovozov z fondov EÚ, preto sa predpokladá nižší rast dovozu v porovnaní s predchádzajúcou predikciou.

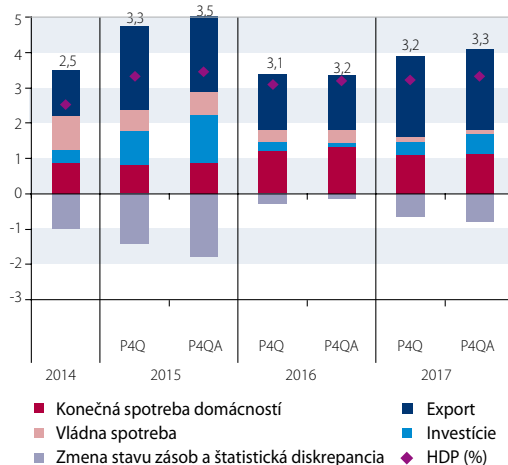
V aktuálnom pozitívnom vývoji na trhu práce v poslednom štvrtroku 2015 sa premietol okrem fundamentov aj dočasný faktor, a to dočerpávanie fondov EÚ. Zamestnanosť tak rástla pomerne rýchlo a predpokladá sa, že v roku 2016 sa spomalí na 1,4 % a v roku 2017 na 1,0 %. Predikcia zamestnanosti sa prehodnotila mierne smerom nahor vplyvom zlepšenia domáceho dopytu, rastu zamestnanosti vo verejnom sektore, ako aj v súvislosti s príchodom novej automobilky. Mzdový

## Predikcia tvorby hrubého fixného kapitálu P4QA-2015 (medziročná zmena v %, s. c.)

	2014	2015	2016	2017
Tvorba hrubého fixného kapitálu spolu	3,5	12,9	0,8	4,9
– súkromný sektor	0,2	6,2	9,0	6,7
– verejný sektor	22,4	44,9	-27,6	-4,0



Vývoj HDP<sup>4</sup> (medziročný rast v %, príspevky v p. b.)



Zdroj: ŠÚ SR, NBS.

vývoj zostáva nezmenený, v reálnom vyjadrení by však príjmy domácností mali vzrásť.

Okrem zakomponovania príchodu novej automobilky došlo v aktualizácii predikcie k najväčšej zmene v cenovom vývoji. Pomalší rast cien o 0,3 percentuálneho bodu v roku 2016 vyplýva z ďal-

šieho poklesu cien ropy, ktorý sa prejaví v znížení cien pohonných látok a čiastočne odzrkadľuje aj pomalší ako predpokladaný vývoj cien v decembri 2015 (najmä potravín). Zároveň bol do predikcie zakomponovaný výraznejší prenos zníženia DPH na vybrané potraviny<sup>5</sup>. Efekt nízkych cien energetických komodít by sa mal premietnuť do cien aj v roku 2017, keď by regulované ceny energií mali poklesnúť ešte výraznejšie ako v predchádzajúcej predikcii. Celková inflácia by sa však nemala výraznejšie zmeniť v porovnaní s predchádzajúcou predikciou, keďže pokles cien energií by mal byť eliminovaný rastom cien ostatných zložiek inflácie vplyvom rastu dovezenej inflácie a rastu spotrebiteľského dopytu.

Riziká pre HDP sú z hľadiska vonkajších faktorov vyvážené (pozitívny príjmový efekt z nižšej ceny ropy by mal byť vykompenzovaný rizikom horšieho ekonomického vývoja rozvíjajúcich sa ekonomík). Z domácich faktorov je v roku 2015 prorastové riziko vyšších investícií financovaných z eurofondov. Vplyvom bázičného efektu by potom výraznejší prepad verejných investícií predstavoval riziko smerom nadol v roku 2016. V inflácii pretrvávajú riziká smerom k nižšiemu rastu vplyvom pokračujúceho poklesu cien ropy.

4 Štruktúra rastu HDP je vypočítaná ako príspevky rastu jednotlivých komponentov HDP po odrátaní ich dovozných náročností. V našom prípade sa vychádzalo z konštantnej dovozných náročností jednotlivých zložiek HDP (konečná spotreba domácností 30 %, vládna spotreba 7 %, investície 50 % a export 62,5 %). Zvyšok dovozu bol zaradený do zmeny stavu zásob a štatistickej diskrepancie.

5 P4Q-2015 predpokladala prenos z príspevkov do inflácie na úrovni -0,12 percentuálneho bodu, zatiaľ čo aktualizácia na úrovni -0,17 percentuálneho bodu.

## INVESTÍCIA SPOLOČNOSTI JAGUAR LAND ROVER NA SLOVENSKU

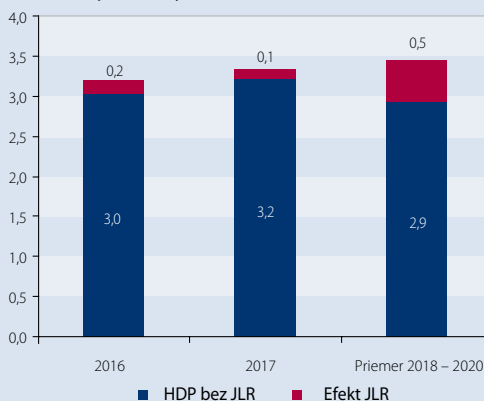
Spoločnosť Jaguar Land Rover (JLR) potvrdila svoj zámer vybudovať novú automobilku na Slovensku v horizonte 5 rokov (2016 – 2020) a reinvestovať 1,4 mld. €. Zo spresnenia predpokladov investície JLR vyplýva, že do roku 2020 by mali vyrobiť 150 tisíc áut ročne, pričom v nasledujúcich rokoch je možné ďalšie rozšírenie produkcie. Podľa makroekonomického modelu NBS by takáto investícia, na základe spresnených predpokladov, mohla zrýchliť rast HDP kumulatívne o 1,8 percentuálneho bodu a vytvoriť celkovo do zhruba 9 tisíc nových pracovných miest ku koncu horizontu.

V modelovom odhade je zahrnutý impulz vo forme priameho vplyvu výstavby a výroby automobilky a dodatočná nepriamo generovaná, ako aj indukovaná produkcia. Výroba áut na seba viaže dodávateľov autopríslušenstva a násobí dopyt v samotnom automobilovom priemysle. Ten vytvára spomedzi všetkých odvetví najvýznamnejší dopyt po dodávkach iných odvetví, a teda nepriamo generuje produkciu najmä výroby kovov, elektroniky, gumy a plastov, textílií, energií, dopravných a obchodných služieb. Zvýšená produkcia naprieč celou ekonomikou prináša aj dodatočne zarobené mzdy, vďaka ktorým rastie dopyt po spotrebných tovaroch a službách, z dvoch tretín produkovaných doma. Dodatočné mzdy sú zdrojom indukovanej produkcie.

Pri odhade priameho vplyvu na HDP a zamestnanosť predpokladáme etapovitú realizáciu investície, v roku 2016 koncentrovanú na stavebné investície

s podporným vplyvom na domáce stavebníctvo. Obdobie rokov 2017 a 2018 považujeme za ťažiskovú investičnú etapu s prelínaním stavebných a dovezených strojových investícií a know-how. To zvýši nároky na dovozy, síce v momente dovozu bez vplyvu na HDP, avšak v strednodobom horizonte s vplyvom na rast produktivity. Nábeh produkcie prvého modelu auta bol načasovaný na základe dostupných informácií na september 2018 a druhého modelu na jún 2019. Priamo v automobilke má byť ku koncu horizontu zamestnaných 2 800 zamestnancov. Príchod novej automobilky bol zakomponovaný do rastu potenciálneho produktu a rovnako priamo a aj čiastočne nepriamo by vytvorené nové pracovné miesta mali mať dopad na potenciálnu zamestnanosť.

Odhad dynamiky rastu HDP s JLR (v %)



Zdroj: Výpočty NBS.



# Vybrané aspekty finančného trhu Číny

Miroslava Kosáková  
Národná banka Slovenska

*Čínska ekonomika sa po rokoch mimoriadne intenzívneho rastu stala jedným zo zásadných prvkov svetovej ekonomiky. Pochyby, či už pozitívne alebo, naopak, negatívne, zvyčajne ovplyvnia svetové trhy, a tak je vývoj v tejto exportne najproduktívnejšej krajine s obrovským dopytom predmetom sústredenej pozornosti.*

Čína zaznamenala za posledných 30 rokov prudký ekonomický rast v priemere na úrovni 10 %, čím sa z nej stala celosvetovo najrýchlejšie rastúca ekonomika s kombináciou kolektívnych a trhových princípov. Podľa MMF je celosvetovo druhou najväčšou krajinou v tvorbe nominálneho HDP a svetovo najväčšou krajinou v HDP v parite kúpnej sily. Je to tiež krajina s najrýchlejšie rastúcim spotrebiteľským trhom a druhá najväčšia krajina v importe tovarov. Čína má spolu s USA (tzv. G2) významné postavenie v celosvetovom obchode a ich ekonomické aktivity majú vplyv prekračujúci hranice týchto dvoch krajín. V roku 2001 sa Čína stala členom WTO a v roku 2010 podpísala obchodnú dohodu s ASEAN. Ekonomický rast a rovnováha medzi domácim a zahraničným dopytom po čínskych tovaroch a službách zohráva významnú úlohu aj pri menovo-politických rozhodovaniach mimo teritória Číny. Čína má totalitné politické usporiadanie s vládou Komunistickej strany Číny.

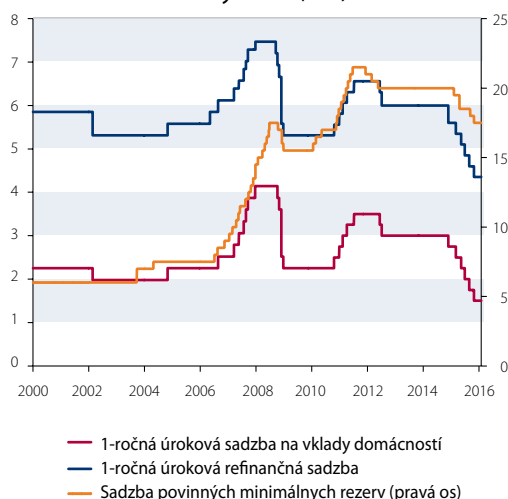
Menovú politiku Číny vykonáva jej centrálna banka People's Bank of China (PBoC). PBoC má v držbe celosvetovo najvyššiu sumu finančných aktív, a po Federálnom rezervnom systéme USA (Fed) je druhou krajinou s najvyššou sumou celkových bankových aktív. Menovú politiku navrhuje a implementuje pod riadením Štátnej rady. Najvýznamnejším cieľom menovej politiky je udržiavať finančnú stabilitu a hodnotu meny v záujme stimulovania ekonomického rastu (súčasný cieľ 7 %). Medzi jej ďalšími cieľmi je riadenie peňazí v obeh, regulácia medzibankového peňažného a dlhopisového trhu, riadenie devízových rezerv a rezerv v zlate, zaznamenávanie a regulácia devízových transakcií a riadenie Štátnej pokladnice.

Politika PBoC sa vyznačuje sporadickými vyhláseniami, ktoré banka vydáva neočakávane a nepredvídateľne, často počas víkendov bez predchádzajúceho ohlásenia. Pre PBoC sú charakteristické náhle zmeny najmä v riadení čínskej meny. Poskytuje veľmi málo informácií, vysvetlení a dôvodov jej krokov, čo často necháva trhových účastníkov v prekvapení a neistote. Na porovnanie, napr. v júni 2014 čínska centrálna banka dodala do čínskeho finančného systému 1,8 bilióna CNY (294 miliardy USD) v záujme podporiť ekonomický rast. Táto suma je viac ako 3-mesačné

nákupy Fedu v rámci programu kvantitatívneho uvoľňovania (QE). PBoC však o takomto významnom kroku informovala až v novembri, a tým len potvrdila, že takýto krok uskutočnila. Podľa trhových analytikov dôvodom, prečo centrálna banka neposkytuje takmer žiadne informácie, je, že pomáha len vybraným bankám dostať sa k lacnejšiemu kapitálu. Takýto nekonvenčný prístup je predmetom kritiky s požiadavkou prehodnotiť tento prístup. Sporadickými a prekvapujúcimi intervenciami na finančnom trhu banka údajne poškodzuje finančný systém, a tým narúša stabilizáciu čínskej ekonomiky. V záujme dosiahnutia stabilného ekonomického rastu musí banka začať efektívnejšie komunikovať s verejnosťou, keďže jej dôležitou úlohou nie je len výkon menovej politiky, ale aj vytváranie dôveryhodného prostredia s dostatočne jasným cieľom.

V súčasnosti PBoC uplatňuje expanzívnu menovú politiku, najmä z dôvodu nízkej spotrebiteľskej miery inflácie, ktorá sa v roku 2014 aj 2015 nachádzala pod 2 %. Cieľ vlády, resp. Štátnej rady, je inflácia na úrovni 3 %, pričom jej nízka hodnota môže narúšať jej ciele ekonomický rast. V novembri 2014, viac ako po dvoch rokoch, opäť pristúpila ku zníženiu kľúčových sadzieb, a zároveň

Graf 1 Kľúčové sadzby PBoC (v %)



Zdroj: Bloomberg.



niekoľkokrát znížila mieru povinných minimálnych rezerv.

Oficiálnou čínskou menou je renminbi (RMB). Mena vznikla v roku 1949 a odvtedy prešla viacerými režimami výmenného kurzu z ekonomických a politických dôvodov. Jeho účtovnou jednotkou je čínsky yuan s oficiálnou skratkou CNY, resp. CNH. Rozdiel medzi týmito dvoma skratkami je v tom, že CNY je menový symbol používaný v krajine (onshore) a CNH je menový symbol používaný mimo krajiny (offshore). V snahe pokročiť v liberalizácii obchodu, no zároveň ponechať určité kapitálové kontroly, Čína v roku 2010 zaviedla tzv. offshore market, na ktorom sa kótuje CNH.

Pokiaľ ide o kurzový režim, PBoC od roku 1994 uplatňovala riadený floating RMB oproti americkému doláru. V roku 2005 Čína oznámila prechod na režim riadeného floatingu založeného na trhovom dopyte a ponuke s naviazaním na kôš mien (nezverejnený) so snahou o reformu meny. Denné rozpätie pre pohyb meny oproti americkému doláru bolo najprv na úrovni  $\pm 0,3\%$ , od roku 2007  $\pm 0,5\%$  a od roku 2012  $\pm 1,0\%$ . Rozpätie bolo naposledy rozšírené v roku 2014 na  $\pm 2,0\%$ . Reforma režimu devízového kurzu Číny bola vnímaná veľmi pozitívne, keďže krajina zohráva dôležitú úlohu v medzinárodnom meradle. Globálna finančná kríza 2007 – 2008 však prerušila reformu, keď sa Čína vrátila k naviazaniu renminbi na americký dolár. Počas tohto obdobia výmenný kurz americký dolár/renminbi ostal takmer nezmenený. V júni 2010 PBoC oznámila opätovný návrat k prerušenej reforme a zdokonalila flexibilitu výmenného kurzu. Významným aspektom vo vývoji meny bolo vytvorenie offshore trhu renminbi v roku 2010, ktoré bolo po prvýkrát obchodované v Hongkongu, neskôr aj v Londýne, Singapure a New Yorku. Medzi týmito dvoma sadzbami dochádza k cenovým odchýlkam oproti americkému doláru. Tieto odchýlky vznikajú najmä dôsledkom liberalizácie kapitálového trhu Číny, likvidity a všeobecných trhových podmienok.

Napriek prebiehajúcej reforme ostáva CNY vysoko regulovanou menou. Vstup na CNY trh ostáva len domácim bankám a finančným spoločnostiam a domácim dcérskym bankám zahraničných bánk. Fixing CNY stanovuje PBoC ako záverečnú sadzbu medzibankového devízového trhu predchádzajúceho dňa so započítaním ponuky a dopytu na devízovom trhu a pohybu výmenného kurzu oproti košu mien. Na rozdiel od onshore trhu je offshore trh (CNH) voľným trhom, dostupným pre všetkých účastníkov globálneho finančného trhu. Výmenný kurz je určený výlučne trhovými podmienkami, nie je obmedzený žiadnymi rozpätiami a je nezávislý od intervencií PBoC či Hong Kong Monetary Authority (HKMA). Na podporu vývoja CNH bol v júni 2011 zavedený fixing meny, ktorý stanovuje Treasury Market Association v spolupráci s HKMA. Fixing sa počíta ako priemer stredných kotácií po odpočítaní najvyššieho a najnižšieho kurzu z údajov poskytnutých kontribútormi. Keďže je aj kurz CNH ovplyvňovaný rovnakými veličinami ako CNY, pohybuje

sa približne pri rovnakých hodnotách ako CNY. CNH sa však vyznačuje značne vyššou volatilitou v denných pohyboch v porovnaní s CNY a oveľa širším obchodným pásmom.

Od roku 2010 sa výmenný kurz renminbi oproti americkému doláru významne posilňoval, ročne o 3 – 4 %, a to až do konca roku 2013, keď sa začal oslabovať. Od zavedenia CNH tento kurz tesne nasledoval vývoj kurzu CNY. Od roku 2014 sa mena nachádza v depreciačnom trende, najmä z dôvodu spomaľovania rastu ekonomiky, klesajúceho exportu Číny a kapitálových odlevov. V auguste 2015 PBoC prekvapila trhy, keď prostredníctvom troch intervencií devalvovala renminbi o 3 % oproti americkému doláru. Kým trhoví ana-

#### Porovnanie onshore a offshore renminbi

	Trh CNY	Trh CNH
Produkt	Spot, forward, swap a opcie	Spot, forward, swap a opcie
Trhoví účastníci	Centrálne banky, domáce banky, finančné spoločnosti a domáce dcérske spoločnosti zahraničných bánk	Exportéri, importéri, offshore finančné inštitúcie a hedžové fondy
Režim výmenného kurzu	Riadený floating	Voľný floating
Intervencie centrálnej banky	áno	nie
Povolené pásmo oscilácie	$\pm \%$	žiadne
Denné obraty v apríli 2013		
Spot	20,0 mld. USD	13,9 mld. USD
Forwardy	2,6 mld. USD	8,4 mld. USD
Priemerné rozpätie ponuka – dopyt	17 bázičných bodov	33 bázičných bodov

Zdroj: BIS Triennial Survey, apríl 2013.

lytici odôvodňovali tento krok ako snahu Číny posilniť export a podporiť slabnúci ekonomický rast, centrálna banka indikovala, že uskutočnená devalvácia je súčasťou reformy meny v snahe posunúť sa viac k trhovu orientovanej ekonomike. Toto odôvodnenie uvítal najmä Medzinárodný menový fond, ktorý pri predchádzajúcej revaluácii kompozície koša SDR v roku 2010 zamietol yuan z dôvodu, že mena nie je voľne použiteľná. Pri poslednej revaluácii koncom roka 2015 bol čínsky yuan zahrnutý do skupiny mien tvoriacich kôš SDR s odôvodnením, že Čína tvorí mimoriadne významnú časť globálnej ekonomiky.

V posledných mesiacoch PBoC aktívnejšie intervenovala prostredníctvom štátom vlastnených bánk s cieľom zmierniť prudké oslabovanie renminbi. To sa prejavilo aj na viditeľnom poklese devízových rezerv banky. V záujme stabilizácie meny taktiež zaviedla v januári 2016 povinné minimálne rezervy na domáce depozitá offshore bánk. Ak budú musieť offshore banky držať viac



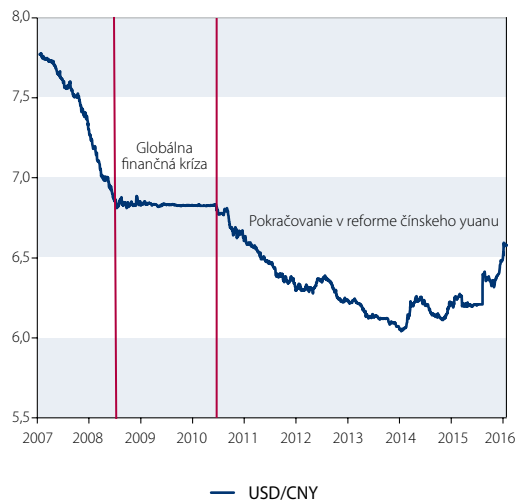


Graf 2 CNY (onshore) a CNH (offshore) renminbi



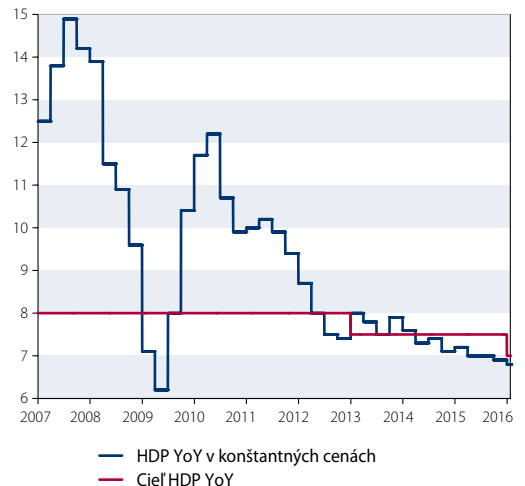
Zdroj: Bloomberg.

Graf 3 USD versus renminbi



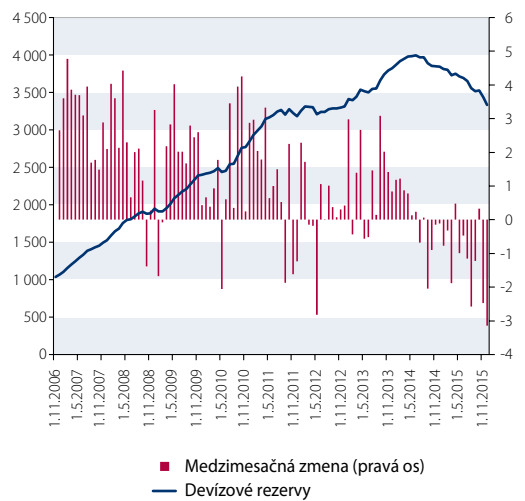
Zdroj: Bloomberg.

Graf 4 Vývoj HDP na ročnej báze v stálych cenách verzus cieľné HDP (v %)



Zdroj: Bloomberg.

Graf 5 Vývoj devízových rezerv PBoC (v mld. USD)



Zdroj: Bloomberg.

Zdroje:  
 Cui, Y. (2014). Revisiting China's Exchange Rate Regime and RMB Basket: A recent Empirical Study. *International Journal of Economics and Finance*, Vol. 6, No. 2/2014.  
 Funke, M., Shu, Ch., Cheng, X., Eraslan, S. (2015). Assessing the CNH-CNY pricing differential: role of fundamentals, contagion and policy. *BIS Working Papers*, No. 492/2015.  
 Michaels, R. Chinese Monetary Policy. International Banker. Link: <http://internationalbanker.com/comment/chinese-monetary-policy/>  
 Web page: Central Bank of China. Link: <http://www.pbc.gov.cn/english/130721/2982463/index.html>  
 Bloomberg

rezerv v centrálnej banke, odčerpá tak z trhu určitú likviditu, a čiastočne tým zabráni špekulačným presunom meny z a do krajiny.

V júni 2015 došlo k prudkému prepadu na čínskom akciovom trhu, napriek zásahom vlády na podporu trhu. Za jeden mesiac stratila šanghajská akciová burza viac ako tretinu svojej hodnoty, po prudkom raste zaznamenanom za predchádzajúcich osem mesiacov. Prasknutie bubliny sa prejavilo po tom, čo čínske autority zastihol výrazný nárast iracionálnych predajov akcií. Na zamedzenie ďalších prepadov prerušila takmer polovica z 2 800 zaregistrovaných firiem obchodovanie so svojimi akciami. Podobný scenár zaznamenal čín-

sky akciový trh aj v úvode roka 2016, reagujúc na pokračujúci pokles aktivity v čínskom spracovateľskom priemysle a na oslabujúcu čínsku menu, ktoré predstavujú ďalšie riziko spomalenia rastu svetovo druhej najväčšej ekonomiky. Čínska vláda po prvý raz aktivovala mechanizmus, ktorým prerušila obchodovanie na čínskej akciovej burze. Tento mechanizmus zaviedla ako reakciu na prepady akcií v roku 2015 a v prvom týždni tohto roku dvakrát využila pozastavenie obchodovania, čím sa vyhlá ďalším prudkým prepadom akcií. Podľa odbornej verejnosti pokles čínskeho trhu predstavuje aj riziko ďalšieho spomalenia hospodárskeho rastu Číny a riziko ďalšej finančnej krízy.



# Internationalisation of the Chinese Currency: Towards a Multipolar International Monetary System?

Lucia Országhová<sup>1</sup>

*As China establishes itself as the world's second largest economy and top trading nation, its currency, the renminbi (RMB), is also gaining popularity around the world. This article reviews the motivation and different measures undertaken by Chinese authorities for accelerating the RMB internationalisation process. We argue that the recent decision by the IMF to recognise the Chinese currency as fully convertible and to include it into the SDR basket will provide further impetus in increasing the international relevance of the Chinese currency.*

## CHINA'S JOURNEY TO CURRENCY INTERNATIONALISATION

In the past, the renminbi (RMB) could only be held inside China. The Chinese currency had little to no exposure to the international markets because of strict controls that prohibited almost all export of the currency or its use in international transactions. Therefore, transactions between Chinese companies and foreign entities were generally denominated in USD.<sup>2</sup>

Chinese authorities initiated the process towards greater international use of RMB already in 1993. At that time, the government committed itself to achieve full currency convertibility by the end of the century. The following year it started removing capital account restrictions and established current account convertibility by 1996. However, following the Asian financial crisis in 1997, the Chinese authorities abandoned the original target of full convertibility by the end of the century.

## RENMINBI OR YUAN?

The official name of the currency in China is the renminbi, which means 'the people's currency'. It was introduced in December 1948 with the establishment of the People's Bank of China.

The yuan is the name of the basic unit of the Chinese currency, but it is often wrongly used to refer to the Chinese currency generally, especially in international context. An analogy can be drawn with "sterling", the official name of the British currency, and "pound", its primary unit.

The ISO code for the Chinese currency is CNY, but its official abbreviation when traded offshore is CNH. The abbreviation as RMB and the symbol ¥ are also very common.

A difference between onshore and offshore market for RMB has to be made. Offshore RMB (often denoted as CNH) refers to any RMB used outside of mainland China.

The global financial crisis, however, forced the Chinese authorities to revisit the idea of convertibility of their currency. The proximate reason to internationalise RMB was the collapse of trade financing during the global crisis, which resulted in a double-digit fall of Chinese exports. Furthermore, the post-crisis US monetary policy has created strong externality to China and the country was made aware of the instability of the existing international monetary system.

As a consequence, the RMB internationalisation agenda has become one of the main aspects of the country's economic policy, as expressed in the 12<sup>th</sup> Five-Year Plan (for the period 2011-2015). The plan supports the expansion of the cross-border use of RMB and the gradual liberalisation of the capital account. Furthermore, it foresees the development of Hong Kong as a major offshore RMB market. The ultimate goal of the Chinese strategy is to make the currency fully convertible.

Over the last few years, the Chinese government has undertaken an extensive process to liberalise and internationalise its currency, slowly relaxing rules and expanding the use of RMB for global trade settlement, encouraging a robust offshore RMB environment, and more recently, also relaxing rules and liberalising access to onshore RMB accounts.

## RMB CROSS-BORDER TRADE SETTLEMENT

The Chinese currency plays an important role in trade settlement and bank loan business. With the rapid development of China's foreign trade, the magnitude of RMB in circulation has increased significantly.

Since 2009, a pilot program for RMB settlement of trade with foreign partners was launched. It was initially limited to five cities (Shanghai and four other cities in Guangdong province) and to the trade of Chinese residents with Hong Kong, Macao and ASEAN countries. This established the first legal framework for using RMB to settle current account transactions. The program was later expanded to 20 provinces (out of 32) in mainland

- <sup>1</sup> *Národná banka Slovenska and University of Economics in Bratislava. The article should not be reported as representing the views of Národná banka Slovenska or any other institutions the author has been associated with. The views expressed and mistakes made remain of the author.*
- <sup>2</sup> *Furthermore, the bulk of China's foreign exchange reserves were also denominated in USD.*



China and geographically, it covered the trade with the rest of the world. In 2011, cross-border trade settlement was expanded further to the whole country.

Furthermore, China has signed agreements with several countries, e.g. Russia, Vietnam, Thailand, Japan, Australia and South Africa, allowing the trade with those countries to be settled directly in RMB, instead of requiring conversion to USD.

### RMB OFFSHORE MARKET

China encouraged actively a robust offshore RMB environment. The offshore market for RMB is critical in order to overcome the limited convertibil-

ity of the Chinese currency, given the ongoing capital account restrictions. Furthermore, it helps broadening the use of RMB outside mainland China. A number of offshore RMB "centres" around the world have been created. The first and still the most important offshore RMB centre is Hong Kong, which was created by the Chinese authorities already in 2003. Other offshore markets have expanded in particular in financial centres, such as Singapore, London or Tokyo.

Further initiative to facilitate the development of the local RMB market worldwide comprises the nomination of official RMB "clearing bank". The "official" status grants the clearing bank a more di-

Table 1 Swap Arrangements, RMB Clearing Centers and RQFII

#	Country	Swap		RMB Clearing Center	RQFII
		Year *	Amount ** (RMB billion)		
1	Indonesia	2009 (2013)	100		
2	Hong Kong	2009 (2014)	400	YES	
3	Korea	2009 (2014)	360		
4	Argentina	2009 (2014)	70		
5	Belarus	2009 (2015)	7		
6	Malaysia	2009 (2015)	180	YES	
7	Iceland	2010 (2013)	3,5		
8	Singapore	2010 (2013)	300	YES	
9	Pakistan	2011 (2014)	10		
10	Thailand	2011 (2014)	70	YES	
11	Kazakhstan	2011 (2014)	7		
12	Mongolia	2011 (2014)	15		
13	New Zealand	2011 (2014)	25		
14	Uzbekistan	2011	0,7		
15	Australia	2012 (2015)	200	YES	YES
16	Ukraine	2012 (2015)	15		
17	Turkey	2012 (2015)	12		
18	UAE	2012 (2015)	35		
19	UK	2013 (2015)	350	YES	
20	EU/ECB	2013	350		
21	Albania	2013	2		
22	Hungary	2013	10		
23	Brazil	2013	190		
24	Canada	2014	200	YES	YES
25	Qatar	2014	35	YES	YES
26	Russia	2014	150		
27	Sri Lanka	2014	10		
28	Switzerland	2014	150	YES	YES
29	South Africa	2015	30		
30	Armenia	2015	1		
31	Suriname	2015	1		
32	Chile	2015	22		
		<b>Total</b>	<b>3 311,2</b>		

Source: People's Bank of China, central banks of respective partner countries and author's compilation.

Note: Swap lines and RMB clearing centers of the EU countries are highlighted in blue.

All bilateral swap agreements are signed for three years, however they have been renewed and the amount expanded several times.

\* Year of the first swap agreement (year when the agreement was renewed the last time).

\*\* Only the most recent value is presented. Some renewed agreements were signed for a different amount.



rect access to China's domestic payment system, including an access to RMB liquidity from the Chinese central bank. As such, it facilitates transactions in RMB with mainland China. There are around 15 clearing banks worldwide, all of which are offshore branches of Chinese banks. The first official clearing bank was established in Hong Kong (2003), followed by Macau (2004), later Taipei and Singapore (2013). Financial centres in advanced countries, such as London, Frankfurt, Luxembourg, Paris and Seoul, were also added recently (2014).

It shall be noted that liquidity can move freely between the offshore centres, but there are measures in place to keep the offshore flows away from the onshore market. Given the capital account restrictions, the flow of RMB between the onshore and offshore markets has been primarily the result of trade-related cross-border transactions between Chinese residents and non-residents.

### LIBERALISATION OF THE CHINESE CAPITAL ACCOUNT

The Chinese authorities have continued to make significant progress in liberalising China's financial system. In addition to domestic financial market reform, the partial liberalisation of China's exchange rate and cross-border capital flows have been key elements of the reform process.

While cross-border trade flows have been subject to relatively few restrictions for some time, China's cross-border capital flows have been managed much more closely. In recent times, however, restrictions on direct investment flows have been relaxed, and the capital account liberalisation process has been extended. In particular, the Chinese authorities have started to open up China's debt and equity markets to foreign investment and also, they have allowed Chinese residents to invest more freely in offshore markets.

A dedicated RQFII program<sup>3</sup> with a system of quota was developed. The program allows approved foreign investors to buy and sell designated assets in China's onshore financial markets, using RMB obtained in the offshore market. As such, the scheme provides investors with greater access to China's capital markets. Therefore, the RQFII scheme can be seen as a part of China's broader capital account liberalisation process as well as an initiative, which is designed to encourage broader participation in the offshore RMB market. Access to this program is obtained in two steps: first, the authorities in a given jurisdiction obtain an investment quota for that jurisdiction; and second, individual financial institutions which are domiciled in that jurisdiction apply to the Chinese authorities for an individual portion of the overall quota.

The RQFII program was initially made available to Hong Kong-domiciled investors, with a quota of RMB 20 billion granted in 2011. Hong Kong's quota has since been raised to RMB 270 billion in a number of steps. Since the middle of 2013, RQFII quotas have also been granted to several countries, including the United Kingdom, France and Germany (see Table 1).

### CENTRAL BANK INITIATIVES: BILATERAL CURRENCY SWAP LINES

Traditionally, the currency swap agreements are used to help countries overcome short-term liquidity difficulties with foreign exchange in times of crisis.<sup>4</sup> In the case of China, however, these agreements are not only used to stabilise the international financial markets. Their primary goal, as also stated by official authorities, is to promote and facilitate cross-border trade and investments, in particular in local-currency terms, and thus to promote the international use of RMB. In other words, the bilateral swap agreements allow the central bank to curb the dependence of China and its trade partners on USD for invoicing and settling trade.

Broadly, China has imposed restrictions on capital transactions between the mainland and the rest of the world. As the country limits the amount of its currency available to settle trade and as foreigners cannot access RMB on international markets, swap agreements represent an alternative approach towards increasing the international flow of RMB. In other words, swap agreements serve to expand the use of Chinese currency without introducing substantial changes to the capital account.

China has been the most active extender of bilateral swap lines since the 2009 global financial crisis. Since then, China has gradually increased the number and volume of bilateral currency swap agreements (see Figure 1).

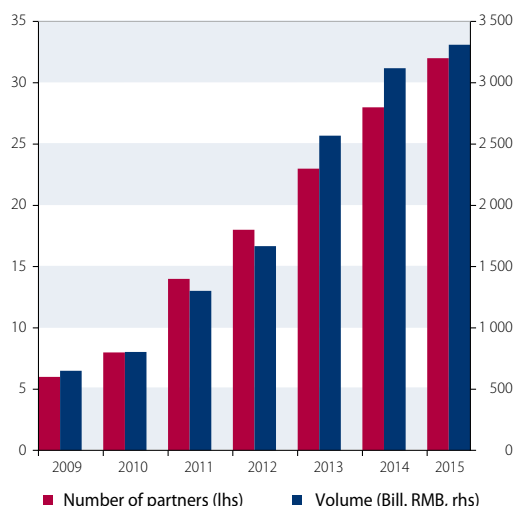
In 2015, it has signed more than 30 bilateral currency swap agreements in a total amount surpassing RMB 3.3 trillion. What is worth noticing is that all these swap agreements are denominated in RMB and the local currency of the counterparty countries, thus they bypass USD.

Geographically, China has signed bilateral swap agreements with a diverse group of countries. Neighbouring countries and countries with

3 RMB Qualified Foreign Institutional Investor.

4 An example of this kind of agreement is the network of bilateral currency swap agreements under the framework of the Chiang Mai Initiative (CMI), which China entered into together with other Asian countries (ASEAN, Japan and Korea) following the 1997 Asian financial crisis. In 2010, The CMI initiative was multilateralised, thus converted into a single agreement, and it was linked to an IMF programme. Furthermore, the size of the agreement was doubled from \$120 billion to \$240 billion in 2014. Contrary to bilateral currency swap agreements China signed after the 2008 global financial crisis, the CMI swap agreements are denominated in USD (not RMB).

Figure 1 Bilateral Currency Swap Agreements



Sources: People's Bank of China and author's compilation.



- 5 As pointed by Zhu (2015), there is a strong correlation between the volume of the bilateral trade and the size of the swap agreement.
- 6 The RMB's share of spot turnover was somewhat lower at 0.8% in 2013.
- 7 Despite some shortcomings (in particular in terms of coverage of the SWIFT network), SWIFT represents high-frequency source of foreign exchange volumes, based on inter-institution back office messages for confirming details of a foreign exchange transaction.
- 8 The Special Drawing Rights (SDR) is an international reserve asset, used and managed by the IMF.

strong economic and trade links have been front-runners.<sup>5</sup> However, in the recent years one could observe an increasing number of central banks of advanced economies entering into bilateral swap agreements with China (see Table 1). This indicates that the counterparty central banks all around the world recognise the growing importance of China in the global economy and show an increasing interest to hold RMB in their reserves, e.g. to finance bilateral trade. In this respect, several central banks, e.g. Australian central bank, announced their intention to invest a portion of their foreign currency reserves in RMB-denominated assets.

So far, the RMB swap lines have not been activated much. The only reported cases were Hong Kong in 2010 and Korea in 2013, both activating the swap line to settle trade. In addition, Argentina used the swap line to stabilise its foreign exchange reserves, following a default on its debt in 2014. Similarly, the swap agreement with Russia in 2014 was regarded as a way to support the Russian economy in the wake of the commodities turmoil.

### HOW GLOBAL IS THE CHINESE CURRENCY?

It might be premature to provide a comprehensive assessment of the RMB internationalisation. However, the recent effort has already brought a rapid increase in the use of RMB in trade and investment settlement and in trade credit. It is highly expected that the use of RMB as a trading, investment and reserve currency will continue to grow. The substantial effects of China's trade liberalisation process on the global economy suggest that China's ongoing capital account liberalisation process will also have significant implications for the global financial system.

A broad range of indicators could be used to evaluate the increasing international use of the Chinese currency. According to the IMF survey on official foreign currency assets, 38 countries reported holdings of RMB-denominated assets in 2014 (as compared to 127 holding USD and 108 countries holding EUR). The official foreign currency assets in RMB represented approximately 1.1% of all official foreign exchange reserves in 2014, up from 0.7% in the precedent year. In both years, RMB held 7<sup>th</sup> place (out of 16 currencies).

The most exhausting data source on global FX market turnover is the BIS Triennial Central Bank Survey. This data source shows that the RMB's share of FX turnover has surged between 2010 and 2013. It represented 1.1% of global FX market turnover in 2013 (with USD 120 billion traded each day), up from 0.4% in 2010 (or USD 34 billion).<sup>6</sup> This catapulted the Chinese currency to top ten most traded currencies (9<sup>th</sup> place) in 2013, up from 17<sup>th</sup> place in 2010. Also, BIS Quarterly Review on issuance of debt securities shows a rise of the RMB's share to 1.4% of the total in 2014, up from 0.1% in 2010. As a consequence, RMB ranked 6<sup>th</sup> in 2014.

Data from SWIFT,<sup>7</sup> the global financial messaging service provider, also points to an impressive development and the continued expansion of RMB as a trade settlement currency. Accord-

ing to SWIFT data on cross-border payments, the RMB's importance is growing exponentially. It covered 1% of all cross-border transactions in 2015, compared to 0.2% two years earlier. The Chinese currency ranked eight in 2015.

In the absence of data on the currency invoicing of trade, SWIFT data on trade finance, namely on the currency denomination of letters of credit, could provide some idea of the RMB internationalisation in trade (trade finance covers roughly one sixth of total trade). In mid-2015, RMB belonged to three most used currencies in global trade finance (together with USD and EUR). It accounted for almost 4% of the total amount.

As indicated above, the international use of the Chinese currency is rapidly becoming common across a range of instruments. The use and trading of RMB has increased substantially in the recent years, although from a very low base. At the same time, the other currencies have not experienced any substantial changes in their relative position, which underscores the impressive developments of the Chinese currency.

Geographically, the use of RMB is rising in particular in Asia. The Chinese currency has already overtaken USD as the exchange rate anchor currency in East Asia. Although more than 100 countries used RMB for payments in mid-2015, more than 90% of flows are concentrated in a few countries. Hong Kong is the world's largest offshore RMB centre, processing more than 70% of all RMB payments.

### IMPLICATIONS FOR THE INTERNATIONAL MONETARY SYSTEM

An important milestone for the RMB internationalisation was provided in November 2015, when the Executive Board of the International Monetary Fund (IMF) decided to include RMB in the SDR basket as of October 2016.<sup>8</sup> The Chinese currency will become the fifth currency in the basket, alongside the U.S. dollar (USD), the euro (EUR), the Japanese yen (JPY), and the British pound (GBP, see Table 2). Moreover, the SDR interest rate, which forms the basis for the cost of borrowing from the IMF, will also include an RMB instrument starting in October 2016.

The inclusion of RMB into the SDR basket was subject of the IMF Executive Board discussion already in 2010, during the previous 5-year review of the SDR basket. At that period, it was concluded

Table 2 Currency weights in the SDR basket

	Current basket	As of 1 October 2016
USD	41,9	41,73
EUR	37,4	30,93
JPY	9,4	8,33
GBP	11,3	8,09
RMB	N.A.	10,92

Source: IMF.



that RMB does not fulfil the criteria; in particular it was not considered as a freely usable currency. Five years later, the IMF's Executive Board concluded that China and its currency met the two criteria for inclusion into the SDR basket. Namely, China belongs to one of the largest exporters in the world and its currency, the renminbi, is "freely usable". A currency is determined to be freely usable when it is widely used to make payments for international transactions and widely traded in the principal exchange markets.

This decision could be understood as recognition of the progress made by the Chinese authorities in reforming country's monetary and financial system. Moreover, it reflects major shifts in the global economy, making SDR more representative of the world's major currencies. Furthermore, it represents a confirmation that the RMB trading activity in foreign exchange markets can now accommodate transactions of the magnitude involved in IMF operations. As a freely usable currency, it is expected that RMB will play an important role in the IMF operations (given the fact that the bulk of the lending activities by the IMF takes place in freely usable currencies).

### CONCLUSIONS: TOWARDS A TRIPOLAR MONETARY SYSTEM?

Following the current financial crisis, China is seeking a bigger financial role. The recent steps to internationalise its currency have reinforced

the positioning of China as a new centre of gravity for the world economy. RMB has increased its international relevance and it has become one of the global reference currencies, along with USD and EUR.

The patterns are changing in favour of RMB, despite still dominant positions of USD and EUR globally. The Chinese currency is considered an important anchor currency in East Asia and the Philippines, weakening thus the position of USD in the region.<sup>9</sup> If China intensifies its efforts, these developments could lead to further currency diversification and an emergence of a tripolar global currency system between Asia, Europe and the USA. Deeper integration of RMB is an opportunity to create a more robust international monetary and financial system that may better fit the underlying forces shaping the global redistribution of power.

However, there is still a long way to go. So far, China has designed and pursued an RMB-based trade policy to spread the international use of its currency. As such, the internationalisation of RMB has taken a very limited form, in particular as an invoicing and settlement currency in trade and a vehicle currency in swap agreements. In order to fully utilize its role as an international currency,<sup>10</sup> further reforms need to be undertaken, in particular with respect to financial market developments, exchange rate flexibility and capital account liberalisation.

- 9 According to Campanella (2014), the role of USD as a reference currency in Asia is now limited to Hong Kong (due to a peg), Vietnam and Mongolia. Furthermore, according to her, RMB represents the dominant reference currency also in Chile, India and South Africa as well as in FYR Macedonia, Israel, and Turkey.
- 10 According to Chinn and Frankel (2005), an international currency is considered to play the role of a store of value, a medium of exchange and a unit of account for both residents and non-residents.

#### References:

- Eichengreen, B. (2013). ADB Distinguished Lecture: Renminbi Internationalization: Tempest in a Teapot? Asian Development Review. Vol. 30, No 1, pp. 148-164.
- Aizenman, J. (2015). The internationalization of the RMB, capital market openness, and financial reforms in China. BOFIT Discussion Papers, No. 4/2015.
- Zhu, Y. (2015). Swap Agreements & China's RMB Currency Network. Link: <http://cogitasia.com/swap-agreements-chinas-rmb-currency-network/>
- Chinn, M. and Frankel, J. (2005). Will the euro eventually surpass the dollar as leading international reserve currency? NBER Working Paper No 11510.
- Campanella, M. (2014). The internationalization of the renminbi and the rise of a multipolar currency system. ECIPE Working Paper No 01/2014.
- IMF (2015). Review of the method of the valuation of the SDR – Initial considerations.
- BIS (2013). Triennial Central Bank Survey.

## INFORMÁCIE

### Ponuka podujatí Inštitútu bankového vzdelávania NBS, n. o., na marec 2016



Názov vzdelávacieho podujatia	Dátum konania
Rozvoj analytických zručností	1. – 2. 3. 2016
Novela zákona o kolektívnom investovaní	3. 3. 2016
Úverová analýza 3D – modul II	7. – 8. 3. 2016
Spotrebiteľské rozhodcovské konanie – aktuálne otázky	8. 3. 2016
Školenie ICM TARGET2	9. 3. 2016
CRD IV/CRR	14. 3. 2016
Realitný trh a ohodnocovanie nehnuteľností	14. 3. 2016
Riadenie bezpečnostných rizík vo finančných inštitúciách	15. 3. 2016
Riadenie projektov vo finančnej inštitúcii od A po Z	16. 3. 2016
Overovanie pravosti dokumentov/dokladov	16. 3. 2016
LinkedIn pre finančný sektor	17. 3. 2016



# Vyhlásenie výsledkov súťaže o cenu guvernéra NBS

*Guvernér Národnej banky Slovenska Jozef Makúch udelil koncom uplynulého roka cenu guvernéra NBS autorom dvoch dizertačných prác a jednej diplomovej práce.*

Guvernér NBS udelil prvú cenu s odmenou 1500 eur PhDr. Zuzane Havránkovej, Ph.D., za dizertačnú prácu na tému Six Essays on Meta-Regression Analysis. Druhú cenu s odmenou 1000 eur získal Ing. Jakub Danko za diplomovú prácu Modelovanie finančných sietí a na treťom mieste s odmenou 500 eur sa umiestnil Ing. Mgr. Martin Jakubéci s dizertačnou prácou Využitie prostriedkov umelej inteligencie na akciových trhoch.

Guvernér NBS Jozef Makúch počas odovzdávania cien vyjadril potešenie, že môže na pôde Národnej banky Slovenska privítať mladých talentovaných ekonómov, keďže kvalitné vzdelanie je jedným z kľúčových faktorov dlhodobého rozvoja krajiny.

**PhDr. Zuzana Havránková, Ph.D.**, absolventka Inštitútu ekonomických štúdií Karlovej univerzity v Prahe, vo svojej práci využívala meta-regresnú analýzu na získanie robustných odhadov parametrov zo širokého spektra predošlých štúdií. Zaoberala sa odhadmi medzičasovej substitúcie, vplyvom hraníc na medzinárodný obchod, vplyvom zahraničných investícií na domácu konkurenciu a iné domáce firmy, cenovou elasticitou dopytu po palivách a sociálnymi nákladmi znečistenia.

**Ing. Jakub Danko** z Ekonomickej fakulty Technickej univerzity v Košiciach skúmal štruktúru kapitálového trhu v USA. Pomocou metódy najmenšej kostry grafu rozdelil jednotlivé sektorové

subindexy DJIA do skupín so spoločnými črtami, ktoré ďalej charakterizoval.

**Ing. Mgr. Martin Jakubéci** je absolventom Fakulty managementu Univerzity Komenského v Bratislave. Vo svojej dizertačnej práci skúmal evolučné algoritmy na hľadanie optimálneho zloženia portfólia, ktoré by zabezpečilo ideálny pomer výnosu a rizika. Ukazuje, že riešenia z genetického programovania spolu s využitím nových zdrojov údajov z internetového vyhľadávania sú schopné prekonať zaužívané investičné stratégie.

Všetci traja ocenení autori spracovali svoje práce do príspevkov, ktoré prinášame v tomto čísle časopisu BIATEC.

Súťaž o cenu guvernéra NBS pre študentov vysokých škôl za najlepšiu dizertačnú, prípadne diplomovú prácu v oblasti ekonómie, vyhlásila centrálna banka po tretíkrát. Do súťaže sa mohli zapojiť študenti univerzít na Slovensku, ale aj slovenskí občania študujúci v zahraničí. V roku 2015 bolo možné prihlásiť práce obhájené v školskom roku 2014/2015, a to najmä dizertačné práce v oblasti menovej ekonómie, makroekonómie, finančnej ekonómie a finančnej stability, ktoré majú výnimočnú kvalitu a sú originálnym prínosom k vedeckému poznaniu. Práce vyhodnocovala päťčlenná porota zložená zo zástupcov akademickej obce a Národnej banky Slovenska.

*Guvernér NBS s autormi ocenených prác (zľava):  
M. Jakubéci, Z. Havránková,  
guvernér NBS J. Makúch,  
riaditeľ odboru výskumu NBS  
M. Šuster a J. Danko*



Foto: Roman Benický



# Meta-Regression Analysis in Economics: Lessons Learned<sup>1</sup>

Zuzana Havránková

Institute of Economic Studies, Charles University, Prague

## 1. INTRODUCTION

In this paper I provide a non-technical summary of six papers on macroeconomics, international economics, and energy economics. All the papers are tied together by the use of meta-regression analysis, which is essential for the derivation of robust policy-relevant conclusions from often conflicting results presented in the empirical literature. I use meta-analysis to quantitatively synthesize the reported research results on various topics; the technique has been known and applied in medical science for many decades, but only spread to economics in the 1990s. For each topic I correct the literature for publication selection bias and filter out the effect of various misspecifications present in some primary studies.

My results can be summarized as follows: (1) The elasticity of intertemporal substitution in consumption, a key input to all dynamic models in finance and macroeconomics, varies significantly across countries. The differences can be explained by the level of stock market participation, when countries with higher participation exhibit larger values of the elasticity; the mean reported elasticity is 0.5. (2) The effect of borders on international trade, which most authors find to be surprisingly large, can be explained away by innovations in methodology introduced in the last decade. When these innovations are taken into account jointly, the border effect disappears for developed countries, and is relatively small for developing countries. (3) When all published estimates of the effect of foreign investment on local firms in the same industries are considered and corrected for publication bias, the literature indicates a zero effect. (4) Publication bias is present also in the literature estimating the effect of foreign investment on local firms in different industries, but here the corrected effect is positive and large. (5) The mean reported price elasticity of gasoline demand is exaggerated twofold due to publication bias. (6) Finally, I also find that publication bias distorts the literature estimating the social cost of carbon emissions, because researchers tend to preferentially report large estimates.

The differences between individual chapters of the dissertation, discussed in detail in the next section, demonstrate the development of meta-regression methods in recent years. I discuss the evolution of meta-analysis methods and my take on best-practice approaches in the field, focusing on selection of primary studies, tests of publica-

tion bias, selection of variables, robustness checks, and the role of judgement in meta-analysis.

## 2. EMPIRICAL APPLICATIONS OF META-ANALYSIS IN ECONOMICS

### 2.1 Do Borders Really Slash Trade? A Meta-Analysis

First chapter of the dissertation thesis focuses on the effect of international borders on trade; the paper is co-authored with Tomas Havranek (Havranek & Irsova 2015). The paper is currently at the revise-and-resubmit stage at the IMF Economic Review. The finding that international borders significantly reduce trade, first reported by McCallum (1995), has become a stylized fact of international economics. A high ratio of trade within national borders to trade across borders, after controlling for other trade determinants, implies large unobserved border barriers, an implausibly high elasticity of substitution between domestic and foreign goods, or both. Dozens of researchers have attempted to shrink McCallum's original estimates but the average in the literature is still close to those estimated by McCallum (1995): regions are likely to trade with foreign regions about fifteen times less than with regions in the same country. Using previously reported results we construct a large synthetic study that estimates the border effect, but corrects for potential publication or misspecification biases.

We collect 32 aspects of studies, such as the characteristics of data, estimation, inclusion of control variables, number of citations, and information on the publication outlet. To explore how these characteristics affect the estimates of the border effect, we employ Bayesian model averaging (Raftery et al. 1997). The method addresses model uncertainty inherent in meta-analysis by estimating regressions comprising the potential subsets of the study aspects and weighting them by statistics related to the goodness of fit.

Our results suggest that many innovations in estimating the gravity equation systematically affect the reported border effect: for example, the use of disaggregated data, consistent measure of within and between-country distance, data on actual road or sea distance instead of the great-circle distance, control for multilateral resistance, and the use of the Poisson pseudo-maximum likelihood estimator. When we put these influences together and compute a general equilibrium impact of borders conditional on best practice

<sup>1</sup> This article is a summary of a dissertation entitled "Six Essays on Meta-Regression Analysis" defended at the Institute of Economic Studies, Charles University in Prague. The dissertation was granted first place in the NBS Governor's Award for an outstanding dissertation thesis or diploma thesis in the area of monetary economics, macroeconomics, or financial economics, and is available freely at <http://ies.fsv.cuni.cz/default/file/download/id/27497>. I use my maiden name, Iršová, in all of my publications.





methodology, we find that borders reduce international trade by only 28% worldwide. The border effects differ significantly across regions – we obtain large estimates for developing and transition countries, but estimates close to zero for most OECD countries. Finally, we find little evidence of publication bias in the literature: researchers do not preferentially report positive or statistically significant estimates of the border effect.

## 2.2 A Meta-Analysis of Intra-Industry FDI Spillovers

The second chapter of the dissertation presents a meta-analysis of the empirical literature on horizontal productivity spillovers from foreign direct investment (FDI) – the effect of foreign presence on the productivity of domestic competitors. It is a joint work with Tomas Havranek published in the Czech Journal of Economics and Finance (Havranek & Irsova 2010). We gather a sample of 97 models from 67 studies published either in academic journals or as working papers. Using the vote-counting method, we find that the spillover effect does not seem to be statistically significant in general; employing the approach of Djankov & Murrell (2002), on the other hand, we find evidence that positive spillovers from FDI might exist. Nevertheless, this is not the case of the narrower sample of studies that were published in the best economics journals or that use panel and firm-level data – their combined *t* statistics is insignificant almost in any case. Once publication selection bias is accounted for, the aggregated effect is insignificant. Therefore, we argue that there is no persuasive empirical evidence on intra-industry spillovers. If there are any horizontal spillover effects, their signs and magnitudes vary from country to country and from industry to industry.

We further investigate which study aspects affect the reported significance and polarity of spillovers. We employ robust methods as well as pseudo-panel data methods (Meyer & Sinani 2009) and probability models (Wooster & Diebel 2006). We find that, in general, study results are predictably affected by its design, namely by the usage of cross-sectional or panel data, industry- or firm-level aggregation, and specification of the proxy of foreign presence in the industry. Our results suggest that cross-sectional studies tend to report excessively high spillovers, as well as models with industry-level aggregation and employment as a proxy for foreign presence do. However, this pattern appears to become weaker over time, suggesting that newer studies may suffer from such a bias less. Following Card & Krueger (1995), we test for publication bias in the spillover literature. We do not find evidence of publication bias employing this methodology. When the preferred funnel asymmetry test (Doucouliagos & Stanley 2009) is used, however, moderate publication bias is identified in the literature.

Contrary to Gorg & Strobl (2001), our meta-regression analysis shows that the definition of

the proxy for foreign presence is important as well and can also bring predictable results. But many studies do not report sensitivity analysis with respect to the definition of foreign presence. When they do, as for instance Gersl (2008), they often find that the spillover effect is not robust. Such pattern of predictability is widespread in economics research (more in Stanley 2001). It is natural that heterogeneous research brings heterogeneous results. Researchers should, however, be aware of the predictability pattern, best identified by meta-regression analyses, and report thorough robustness checks.

## 2.3 Demand for Gasoline Is More Price-Inelastic than Commonly Thought

The chapter on the price elasticity of gasoline demand is a joint work with Karel Janda and Tomas Havranek and was published in Energy Economics (Havranek et al. 2012). For the purposes of government policy concerning energy security, optimal taxation, and climate change, precise estimates of the price elasticity of gasoline demand are of principal importance. For example, if gasoline demand is highly price-inelastic, taxes will be ineffective in reducing gasoline consumption and the corresponding emissions of greenhouse gases. During the last 30 years the topic has attracted a lot of attention of economists who produced a plethora of empirical estimates of both short- and long- run price elasticities. Yet the estimates vary broadly.

Two international meta-analyses of the elasticity of gasoline demand have been conducted (Espey 1998; Brons et al. 2008). These meta-analyses examine carefully the causes of heterogeneity observed in the literature. The average short- and long- run elasticities found by these meta-analyses were -0.26 and -0.58 (Espey 1998) and -0.34 and -0.84 (Brons et al. 2008). None of the meta-analyses, however, corrected the estimates for publication selection bias. We employ recently developed meta-analysis methods to test for publication bias and estimate the corrected elasticity beyond. The mixed-effects multilevel meta-regression takes into account heteroscedasticity, which is inevitable in meta-analysis, and between-study heterogeneity, which is likely to occur in most areas of empirical economics. We do not, however, investigate heterogeneity explicitly, as this issue was thoroughly examined by the two previous meta-analyses. Although our estimates of average elasticity are not directly comparable with Espey (1998) and Brons et al. (2008), we argue there is a strong case for the presence of publication bias in favor of larger negative estimates of elasticities in the literature.

We find the publication bias to be strong in this literature; when we correct for the bias, we obtain estimates of short- and long-run elasticities that are approximately half, compared to the results of the previously published meta-analyses and also to the simple mean of all estimates in our sample of literature. If the simple mean reflects our pro-



profession's impression about the magnitude of the price elasticity of gasoline demand, the impression exaggerates the true elasticity twofold. The estimated elasticities corrected for publication bias, -0.09 for the short run and -0.31 for the long run, are average across many countries, methods, and time periods; we report them as reference values. A similar pattern of publication bias, however, is likely to appear in any subset of the literature. Thus large negative estimates of price elasticities should be taken with a grain of salt.

#### 2.4 Publication Bias in the Literature on FDI Spillovers

Here I focus on spillovers from foreign direct investment to local firms; it is a joint work with Tomas Havranek published in the *Journal of Development Studies* (Havranek & Irsova 2012). Policy makers, especially in transition and developing countries, usually encourage inward FDI in expectation that domestic firms in the same sectors benefit from know-how brought by foreign investors. Moreover, many of such policy makers believe those firms in supplier sectors benefit from direct knowledge transfers from foreigners, and perhaps also that firms in customer sectors benefit from higher-quality intermediate inputs produced by foreigners. The search for spillovers has given rise to a burgeoning stream of empirical literature in development economics, and we investigate 57 such papers in this meta-analysis.

In contrast to the earlier meta-analyses on FDI spillovers (Gorg & Strobl 2001; Meyer & Sinani 2009), we examine backward and forward spillovers in addition to horizontal spillovers. Using a large data set, we employ modern meta-analysis methods developed by Stanley (2005; 2008) to estimate the underlying spillover effects and the magnitude of publication bias. We present individual surveys for each country inspected in the literature and construct a unique cross-country data set of estimated spillovers. Furthermore, we retrieve estimates of publication bias for each study and examine how the intensity of publication selection depends on the characteristics of the authors, such as affiliation, experience, and tenure pressure.

Our results suggest that the average effect of foreign affiliates on the productivity of their local competitors (horizontal spillover) is economically insignificant. The effect of foreign affiliates on their local customers (forward spillover) is likewise negligible. On the other hand, we detect a statistically significant and economically meaningful effect of foreign affiliates on their local suppliers (backward spillover). Specifically, a 10-percentage-point increase in foreign presence is associated with a 1.2% boost to the productivity of domestic firms in supplier sectors. Such a spillover effect is consistent with subsidies for FDI. While the average backward spillover is robustly positive, it differs significantly across countries. The degree of economic development plays an important role in explain-

ing the difference, but it is not the only one. In a companion paper (Havranek & Irsova 2011) we examine in detail what causes the differences in the reported FDI spillovers.

#### 2.5 Cross-Country Heterogeneity in Intertemporal Substitution

This chapter focuses on the cross-country heterogeneity in intertemporal substitution; it is a joint work with Roman Horvath, Tomas Havranek, and Marek Rusnak (Havranek et al. 2015a). The paper was published in the *Journal of International Economics*. The elasticity of intertemporal substitution in consumption (EIS) reflects households' willingness to substitute consumption between time periods in response to changes in the expected real interest rate. Therefore it represents a crucial parameter for a wide range of economic models involving intertemporal choice, from modeling the behavior of aggregate savings and the impact of fiscal policy to computing the social cost of carbon emissions, and has been estimated and used by hundreds of researchers. Most of them would agree with Ai (2010, p. 1357), who starts his discussion of calibration by noting that "empirical evidence on the magnitude of the EIS parameter is mixed."

In this paper we collect 2,735 estimates of the elasticity of intertemporal substitution reported in 169 studies and review the literature quantitatively using meta-analysis methods. While controlling for differences in methodology, we focus on explaining country-level heterogeneity. The studies in our sample provide us with estimates of the EIS for 104 countries, and we show that the mean values reported for the countries vary substantially. We build on the vast amount of literature that explores the heterogeneity in the EIS at the micro level.

The mean estimate of the elasticity of intertemporal substitution reported in empirical studies is 0.5, but we show that cross-country differences are important. Since it is often unclear which aspects of methodology should matter for the magnitude of the estimated EIS, we include all 30 that we collect and employ Bayesian model averaging (Raftery et al. 1997) to deal with the resulting model uncertainty. Our findings suggest that a larger EIS is associated with higher per capita income of the country, and especially with higher stock market participation. According to our baseline model, a 10-percentage-point increase in the rate of stock market participation is associated with an increase in the EIS of 0.24. Moreover, wealth and asset market participation are also important at the micro level: studies estimating the EIS using a sub-sample of rich households or asset holders find on average an EIS larger by 0.21.

#### 2.6 Selective Reporting and the Social Cost of Carbon

The last chapter focuses on social costs of carbon emissions; it is a joint work with Tomas Havranek, Karel Janda, and David Zilberman and



was published in *Energy Economics* (Havranek et al. 2015b). The social cost of carbon (SCC) is a key parameter for the formulation of climate policy. If the SCC was pinned down precisely, policy makers could use the parameter to set the optimal carbon tax. For this reason, dozens of researchers using different families of models have estimated the SCC – but their findings and the resulting policy implications vary greatly. Several previous studies have offered quantitative surveys of the literature (Tol 2005; 2013), focusing especially on the characteristics of study design that may influence the reported estimates, but no study has discussed nor tested for the potential selective reporting bias in the estimates of the social cost of carbon.

In contrast to most subjects of meta-analysis in economics, the SCC is not estimated in a regression framework. Rather, it is a result of a complex calibration exercise, and the uncertainty surrounding the estimates is usually determined via Monte Carlo simulations. Therefore the literature lacks the usual suspects when it comes to potential selective reporting: specification search across models with different control variables, choice of the estimation technique, and the selection of the data sample. On the other hand, the authors have the liberty to choose among many possible values of the parameters that enter the computation and influence both the estimated magnitude of the SCC and the associated uncertainty. Despite the difficulty in computing the SCC, we believe it is worth trying to pin down this crucial parameter. Testing for the potential selective reporting bias represents a part of this effort.

We examine 809 estimates of the SCC reported in 101 primary studies. We employ meta-regression methods commonly used in economics and other fields to detect potential selective reporting in the literature. Our results suggest that, on average, the authors of primary studies tend to report preferentially estimates for which the 95% confidence interval excludes zero, which creates an upward bias in the literature. In other words, we observe that small estimates of the SCC are associated with less uncertainty (expressed as the approximate standard error used to compute the lower bound of the confidence interval) than large estimates. The finding suggests that some small estimates with large uncertainty – that is, not ruling out negative values of the SCC – might be selectively omitted from the literature. Our results also indicate that selective reporting tends to be stronger in studies published in peer-reviewed journals than in unpublished manuscripts.

### 3. CONCLUSION: LESSONS LEARNED

The papers included in the dissertation and summarized on the previous pages use many different meta-analysis methods, which might puzzle the reader. One of the reasons for the differences is the time when these papers were published, which reflects the evolution of meta-regression methods; sometimes, however, the choice of

a particular meta-analysis technique depends on the specific data set or research question under examination. Up-to-date guidelines for conducting meta-regression analysis in economics are provided by Stanley et al. (2013), but I still consider it useful to briefly summarize my take on best-practice methods in the field and provide practical details that are missing in other guidelines. I structure the discussion into several paragraphs according to the issues that meta-analysts face.

**Selection of primary studies.** The first problem that a meta-analyst faces is which studies to include in the meta-analysis. The typical recommendation (Stanley 2001) is to use all studies estimating the parameter in question, if possible. Sometimes, however, such an approach is not feasible because hundreds or even thousands of papers exist on the topic. In this dissertation it is the case of, for example, the literature estimating the elasticity of intertemporal substitution in consumption. Rather than selecting a random sample of studies, I argue it makes sense to focus on published studies only. Published studies can be, *ex ante*, expected to be of higher quality, are better typeset (which makes data collection easier and reduces the danger of typos), and unlike working papers, for published studies there is only one version available (which makes it easier to date the study). Moreover, several meta-analyses show that there is little difference between published and unpublished studies in the extent of publication bias (Rusnak et al. 2013).

**Tests of publication bias.** I prefer the funnel asymmetry test discussed by Stanley (2005), because it has been shown to perform well in Monte Carlo simulations and is very intuitive. The test is based on the realization that in the absence of publication bias there should be no systematic relation between estimates and their standard errors. The authors of primary studies usually report *t*-statistics for their estimates, which means that they assume that the ratio of the estimates to their standard errors have a *t*-distribution, which in turn implies that estimates and standard errors should be statistically independent quantities. If, on the other hand, researchers prefer to publish estimates with a particular sign or statistical significance, estimates will be correlated with standard errors. The regression is heteroskedastic, so weighted least squares (with inverse of the variance as the weight) should be used. If possible, researchers should use study-level fixed effects and cluster standard errors at the study level. I also recommend using the inverse of the square root of the number of observations as an instrument for the standard error. If the meta-analyst fails to control for a method choice that affects the estimates and their standard errors in the same direction, he or she obtains biased estimates of the extent of publication bias. The inverse of the square root of the number of observations is usually a valid instrument, because it is obviously correlated with the standard error, but not correlated with most method choices.



**Selection of variables.** Most applications of meta-analysis involve dozens of variables that may potentially affect the magnitude of the parameter in question. It is not clear which variables should be selected in the baseline model, because for many of them we have little theoretical guidance (for example, the effect of the number of observations), but we still want to control for these aspects of study design. I recommend not to use sequential t-tests and remove the least significant variables one by one; such an approach is not statistically valid. Instead, meta-analysts should use Bayesian model averaging, which is a method that formally addresses model uncertainty in meta-analysis. The method runs millions of regressions with different combinations of all explanatory variables and makes a weighted average over them (with weights being approximately proportional to the goodness of fit of the individual models).

**Robustness checks.** It is a matter of taste whether to use weighted least squares in meta-analysis when other explanatory variables than the standard error are included. Tom Stanley argues to always use weighted least squares, because of the heteroskedasticity problem and because weighting always gives priority to more precise results. I prefer not to weight the regression by precision if the regression contains variables defined on the study level, like the number of citations. Because precision differs for each esti-

mate within a study, weighting by precision introduces artificial variation in these variables. Since both approaches often yield very different results, it might be a good idea to report the results of the other approach as a robustness check. Moreover, if the meta-analyst cannot use study-level fixed effects when estimating publication bias (for example, because many studies report only one estimate), it is advisable to report both simple OLS estimates and mixed-effects estimates (which give each study approximately the same weight even though different studies report a different number of estimates).

**Judgment in meta-analysis.** Although meta-analysis is a formal method of literature surveys, it does not mean that it is judgment-free. I argue that a good meta-analysis should discuss which method choices in the primary studies are preferable and, if possible, it should try to construct an estimate of the mean effect corrected for both publication bias and misspecifications in primary studies. In practical terms, the estimate is derived as a linear combination from the final specification, when the meta-analyst plugs in the preferred values for each variable (for example, "1" for the dummy variable that reflects whether the primary study controls for endogeneity by instrumenting the explanatory variable). Such "best practice" estimation is often controversial, but I believe it is the principal value added of any meta-analysis.

#### References

- Ai, H. (2010): Information Quality and Long-Run Risk: Asset Pricing Implications. *Journal of Finance* 65(4): pp. 1333-1367.
- Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E. & Rietveld, P. (2008): A meta-analysis of the price elasticity of gasoline demand. A SUR approach. *Energy Economics* 30(5): pp. 2105-2122.
- Card, D. & Krueger, A. B. (1995): Time-Series Minimum-Wage Studies: A Meta-analysis. *American Economic Review* 85(2): pp. 238-43.
- Djankov, S. & Murrell, P. (2002): Enterprise Restructuring in Transition: A Quantitative Survey. *Journal of Economic Literature* 40(3): pp. 739-792.
- Doucouliagos, H. & Stanley, T. D. (2009): Publication Selection Bias in Minimum-Wage Research? A Meta-Regression Analysis. *British Journal of Industrial Relations* 47(2): pp. 406-428.
- Espey, M. (1998): Gasoline demand revisited: an international meta-analysis of elasticities. *Energy Economics* 20(3): pp. 273-295.
- Gersl, A. (2008): Productivity, Export Performance, and Financing of the Czech Corporate Sector: The Effects of Foreign Direct Investment. *Czech Journal of Economics and Finance* 58: pp. 232-247.
- Gorg, H. & Strobl, E. (2001): Multinational Companies and Productivity Spillovers: A Meta-analysis. *The Economic Journal* 111(475): pp. F723-39.
- Havranek, T., Horvath, R., Irsova, Z. & M. Rusnak (2015a): Cross-Country Heterogeneity in Intertemporal Substitution. *Journal of International Economics* 96(1): pp. 100-118.
- Havranek, T. & Irsova, Z. (2010): Meta-Analysis of Intra-Industry FDI Spillovers: Updated Evidence. *Czech Journal of Economics and Finance (Finance a uver)* 60(2): pp. 151-174.
- Havranek, T. & Irsova, Z. (2011): Estimating Vertical Spillovers from FDI: Why Results Vary and What the True Effect Is. *Journal of International Economics* 85(2): pp. 234-244.
- Havranek, T. & Irsova, Z. (2012): Survey Article: Publication Bias in the Literature on Foreign Direct Investment Spillovers. *Journal of Development Studies* 48(10): pp. 1375-1396.
- Havranek, T. & Irsova, Z. (2015): Do Borders Really Slash Trade? A Meta-Analysis. CNB Working paper 1/2015, Czech National Bank, Prague.
- Havranek, T., Irsova, Z. & K. Janda (2012): Demand for Gasoline is More Price-Inelastic than Commonly Thought. *Energy Economics* 34(1): pp. 201-207.
- Havranek, T., Irsova, Z., Janda, K. & Zilberman, D. (2015b): Selective Reporting and the Social Cost of Carbon. *Energy Economics* 51, pp. 394-406.
- Jarrell, S. B. & Stanley, T. D. (1990): A meta-analysis of the union-nonunion wage gap. *Industrial and Labor Relations Review* 44(1): pp. 54-67.
- McCallum, J. (1995): National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns. *American Economic Review* 85(3): pp. 615-23.
- Meyer, K. E. & Sinani, E. (2009): When and where does foreign direct investment generate positive spillovers? A meta-analysis. *Journal of International Business Studies* 40(7): pp. 1075-1094.
- Raftery, A. E., Madigan, D. & Hoeting, J. A. (1997): Bayesian Model Averaging for Linear Regression Models. *Journal of the American Statistical Association* 92: pp. 179-191.
- Rusnak, M., Havranek, T. & R. Horvath (2013): How to Solve the Price Puzzle? A Meta-Analysis. *Journal of Money, Credit and Banking* 45(1): pp. 37-70.
- Stanley, T., Doucouliagos, H., Giles, M., Heckemeyer, J. H., Johnston, R. J., Laroche, P., Nelson, J. P., Paldam, M., Poot, J., Pugh, G., Rosenberger, R. S. & Rost, K. (2013): Meta-Analysis of Economics Research Reporting Guidelines. *Journal of Economic Surveys* 27(2): pp. 390-394.
- Stanley, T. D. (2001): Wheat from Chaff: Meta-analysis as Quantitative Literature Review. *Journal of Economic Perspectives* 15(3): pp. 131-150.
- Stanley, T. D. (2005): Beyond Publication Bias. *Journal of Economic Surveys* 19(3): pp. 309-345.
- Stanley, T. D. (2008): Meta-Regression Methods for Detecting and Estimating Empirical Effects in the Presence of Publication Selection. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 70(1): pp. 103-127.
- Tol, R. S. J. (2005): The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties. *Energy Policy* 33(16): pp. 2064-2074.
- Tol, R. S. J. (2013): Targets for global climate policy: An overview. *Journal of Economic Dynamics and Control* 37(5): pp. 911-928.
- Wooster, R. B. & D. S. Diebel (2006): Productivity Spillovers from Foreign Direct Investment in Developing Countries: A Meta-Regression Analysis. Working paper, Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=898400>.



# Modelovanie finančných sietí<sup>1</sup>

Jakub Danko

Ekonomická fakulta Technickej univerzity v Košiciach

<sup>1</sup> Článok je zhrnutím diplomovej práce s rovnakým názvom, za ktorú získal autor druhú cenu v súťaži o cenu guvernéra NBS pre študentov univerzít za výnimočnú dizertačnú, prípadne diplomovú prácu v oblasti menovej ekonomie, makroekonomie alebo finančnej ekonomie.

## Úvod

Kapitálový trh predstavuje mechanizmus a súbor inštitúcií a transakcií, prostredníctvom ktorých sa stretávajú ponuka a dopyt po peňažnom kapitáli. Analýza kapitálových trhov sa často zovšeobecňuje a zjednodušuje iba na analýzu konkrétneho burzového indexu, napríklad DJIA alebo DAX. Toto jedno bezrozmerné číslo následne popisuje vývoj trhu ako celku, pričom len veľmi ťažko môže zachytiť komplexnejšie väzby v rámci tohto zložitého systému. Cieľom práce je preto analýza štruktúry kapitálového trhu na báze sektorových subindexov konkrétneho indexu (v našom prípade DJIA). Takto identifikovaná štruktúra dáva možnosť sledovať vzťahy aj vo vnútri trhu, a nielen jeho vývoj ako celok, čo považujeme v súčasnom ekonomickom vývoji charakterizovanom vysokým stupňom zložitosti za veľký prínos.

## POUŽITÁ METODOLÓGIA

Práca sa venuje hľadaniu štruktúry amerického kapitálového trhu s využitím sektorových subindexov amerického burzového indexu DJIA prostredníctvom metódy najmenej kostry (Minimum Spanning Tree), prvýkrát použitej profesorom Mantegna (1999). Celá analýza je vykonaná v prostredí štatistického programovacieho jazyka R. V práci sú použité nasledujúce matematicko-štatistické metódy:

- Metóda hľadania najmenej kostry grafu (Minimum Spanning Tree)
- Zhluková analýza s využitím Wardovej metódy a metódy K-means
- Využitie modelu GARCH(1, 1) na identifikáciu rezíduí
- Využitie klasických korelačných matíc
- Analýza premenných na časových oknách
- Metóda podmienených dynamických korelácií (Dynamic Conditional Correlations)
- Analýza rôznych typov vzdialeností
- Matice prechodu a využitie Markovových reťazcov
- Analýza rozptylu (ANOVA)
- Výpočet hodnoty v riziku VaR (Value at Risk)

## VYUŽITIE NAJMENŠÍCH KOSTIER GRAFU A KORELAČNÝ PRÍSTUP PRI SIEŤOVEJ ANALÝZE

Základy metodológie najmenej kostry grafu s cieľom pochopenia štruktúry kapitálových trhov položil Rosario Mantegna (1999). Onnela a Chakraborti (2003) tiež vychádzajú z výpočtu minimálnej kostry grafu, na rozdiel od predchádzajúceho prístupu však má funkcia mapujúca korelácie medzi vrcholmi na vzdialenosti nelineárny priebeh. Túto novú sieťovú štruktúru nazvali dynamickým grafom akcií. Bonanno a Caldarelli (2004) sa zaoberali vplyvom časového horizontu na výnosnosť finančných inštrumentov a zistili, že s klesajúcim časovým ho-

rizantom sa štruktúra grafu reprezentujúceho trh postupne mení z komplexnej na jednoduchú. Zaoberali sa tiež volatilitou časových radov cien akcií a finančnými trhami z globálneho pohľadu. Následne autori začali využívať pri analýze pokročilejšie metódy teórie grafov, napríklad reprezentáciu trhu planárnymi grafmi (grafy, ktorých hrany sa nepretínajú). Podobná metodika sa začala využívať aj pri analyzovaní trhu s menovými pármí, teda pri analýze výmenných kurzov – Mizuno, Takayasu (2005), Naylor, Rose, Moyle (2007). Medzi najnovšie analýzy patria práce autorov Kenett, Tumminello, Mantegna (2010), kde sa autori zaoberajú takzvanými parciálnymi koreláciami. Tieto parciálne korelácie následne využívajú ako nástroj na nájdenie najrelevantnejších hrán v grafe. Taktiež vychádzajú z planárných grafov a v práci popisujú aj nový typ závislej siete, pri ktorej zahrnutie hrán, respektíve prepojenie, závisí od stredných hodnôt a štandardných odchýlok jednotlivých uzlov (vrcholov) tejto siete. Vyššie uvedení autori pri svojich analýzách prevažne využívajú údaje z New York Stock Exchange (NYSE), jedna z analýz vychádzala aj z Tel Aviv Stock Exchange (TASE).

## CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH ÚDAJOV

Americký burzový index DJIA (Dow Jones Industrial Average) obsahuje sektorové subindexy, ktoré sú uvedené v tab. 1.

Tabuľka 1 Subindexy ako vybrané sektory americkej ekonomiky

Skratka (označenie) subindexu	Celý názov subindexu
A1ENE	DOW JONES AMERICAS ENERGY STOCK INDEX
A1BSC	DOW JONES AMERICAS BASIC MATERIALS STOCK INDEX
A1IDU	DOW JONES AMERICAS INDUSTRIAL STOCK INDEX
A1NCY	DOW JONES AMERICAS CONSUMER NON-CYCLICAL STOCK INDEX
A1TLS	DOW JONES AMERICAS TELECOMMUNICATIONS INDEX
A1UTI	DOW JONES AMERICAS UTILITIES STOCK INDEX
A1FIN	DOW JONES AMERICAS FINANCIAL STOCK INDEX
A1TEC	DOW JONES AMERICAS TECHNOLOGY STOCK INDEX
A1HCR	DOW JONES AMERICAS HEALTHCARE STOCK INDEX



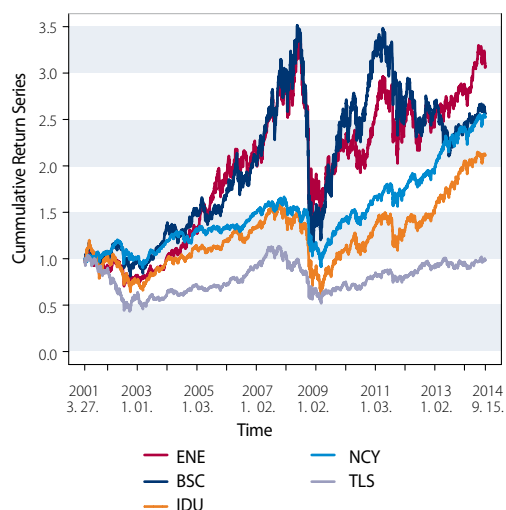
Časové rady uzatváracích cien týchto deviatich subindexov sme analyzovali v období od 27. 3. 2001 do 15. 9. 2014. Počas tohto obdobia sme získali takmer 3 500 údajov o uzatváracích cenách. Pre každý zo subindexov sme vypočítali logaritmické denné výnosnosti dané vzťahom:

$$r_t = \ln \frac{I_t}{I_{t-1}} = \ln I_t - \ln I_{t-1} \quad (1)$$

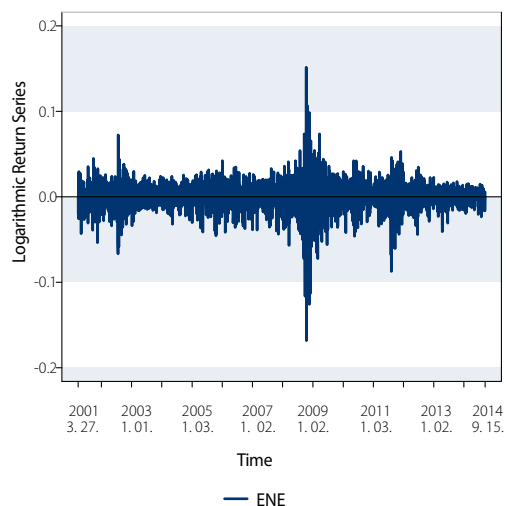
kde  $I_t$  je hodnota burzového subindexu v čase  $t$ .

Pre ilustráciu kumulatívny tvar výnosností prvých piatich subindexov uvádzame na obr. 1, pričom na obr. 2 je uvedená logaritmická výnosnosť subindexu ENE. Z grafu je jasne viditeľné, že nestabilita a turbulentný vývoj na trhu sú zjavné najmä v krízovom roku 2008, keď na obr. 1 sledujeme pri všetkých piatich subindexoch výrazný pokles, čo sa na obr. 2 prejavilo vysokou volatilitou konkrétneho subindexu.

**Obrázok 1** Kumulatívna denná výnosnosť vybraných subindexov DJIA, vlastné spracovanie v programe R



**Obrázok 2** Logaritmická výnosnosť subindexu ENE, vlastné spracovanie v programe R



V prvom kroku analýzy sme testovali logaritmické výnosnosti na prítomnosť jednotkového koreňa. Využili sme rozšírený Dickeyov-Fullerov test. Vo všeobecnosti uvažovaný predpoklad o tom, že logaritmické výnosnosti stacionarizujú časový rad sa potvrdil, keďže v každom časovom rade sme na základe p-hodnôt testov zamietli nulovú hypotézu o prítomnosti jednotkového koreňa. Po splnení predpokladov, ktoré sa vyžadujú na časové rady, analýza pokračuje s využitím korelačných matíc, pričom bol využitý dvojaký prístup. Prvým je využitie časových okien, pri ktorom sa využívajú klasické korelačné matice. Druhý prístup využíva podmienené dynamické korelácie. Oba prístupy a výsledky z nich sú uvedené v nasledujúcich kapitolách.

### MODELOVANIE FINANČNÝCH SIETÍ NA NEPREKRÝVAJÚCICH SA ČASOVÝCH OKNÁCH

Na databáze denných logaritmických výnosností boli vytvárané neprekrývajúce sa časové okná dĺžky 20. Dĺžka časového okna bola štandardne zvolená, približne sa rovnala počtu pracovných dní v mesiaci. Cieľom využitia neprekrývajúcich sa časových okien bolo odstránenie krátkodobej pamäti z časového radu. Týmto spôsobom nám vzniklo 174 neprekrývajúcich sa časových okien dĺžky 20. Na týchto časových oknách sme vypočítali krížové korelácie medzi výnosnosťami daných subindexov. Pearsonov korelačný koeficient medzi  $i$ -tým a  $j$ -tým subindexom je daný vzťahom:

$$\rho_{i,j} = \frac{\text{cov}_{i,j}}{\sigma_i \cdot \sigma_j} \quad (2)$$

kde čitateľ predstavuje kovarianciu medzi  $i$ -tým a  $j$ -tým subindexom a v menovateli je uvedený súčin štandardných odchylov týchto subindexov.

Tieto korelačné koeficienty sme s cieľom zachovania základných axiém vzdialeností pretransformovali v súlade s metodikou profesora Mantegna (1999) podľa vzťahu:

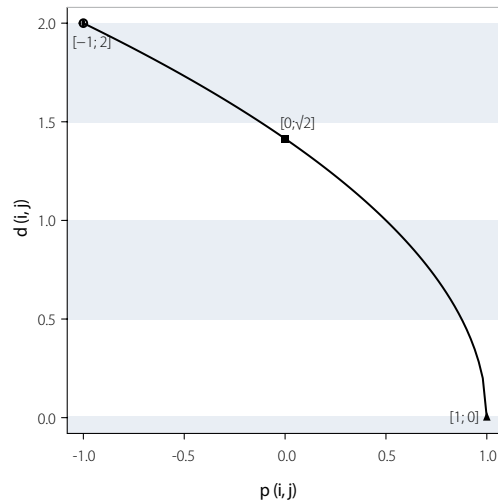
$$d(i,j) = \sqrt{2 \times (1 - \rho_{i,j})} \quad (3)$$

kde  $d(i,j)$  predstavuje vzdialenosť medzi  $i$ -tým a  $j$ -tým subindexom a  $\rho(i,j)$  korelačný koeficient medzi týmito subindexmi. Závislosť medzi nami vypočítanou vzdialenosťou a korelačným koeficientom uvádzame na obr. 3.

Z korelačných matíc sme týmto spôsobom vytvorili matice vzdialeností. Získali sme 174 matíc vzdialeností. Tieto matice sú symetrické, s rozmerom  $9 \times 9$  (9 subindexov), na hlavnej diagonále majú nuly a hodnota v  $i$ -tom riadku a  $j$ -tom stĺpci predstavuje vzdialenosť  $i$ -tého a  $j$ -tého subindexu. Takto definované matice už môžu byť reprezentované kompletnými grafmi s deviatimi vrcholmi a 36 hranami (každý z deviatich vrcholov je spojený s každým). Získali sme takto 174 kompletných grafov, ktoré ilustrujú vzdialenosti medzi subindexmi za dané časové okno. Celá analýza prebieha v prostredí progra-



**Obrázok 3 Graf závislosti vzdialenosti vypočítanej na základe rovnice (3) od korelačného koeficientu, vlastné spracovanie**



2 Stupeň vrcholu predstavuje počet hrán, ktoré z neho vychádzajú.

mu  $R$ , ktorý pre prácu s grafmi používa knižnicu *igraph*.

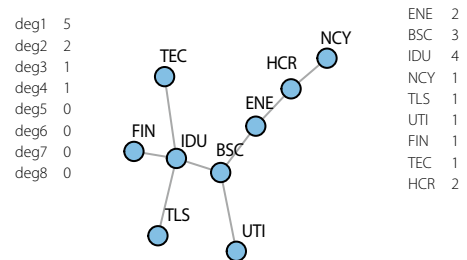
Ak je graf reprezentovaný maticou vzdialenosti, dá sa v ňom vypočítať najmenšia kostra. Vychádzame pritom z toho, že každý súvislý graf má kostru, pričom táto kostra predstavuje taký „podgraf“ grafu, ktorý obsahuje všetky vrcholy (je faktorom), je súvislý a nemá kružnice (je stromom). Ak graf má nejaké hranové ohodnotenie (v našom prípade dĺžka hrany), potom určite musí v grafe existovať aspoň jedna taká kostra, ktorá má minimálny súčet hranových ohodnotení, a takúto kostru budeme nazývať minimálna. Existuje viacero algoritmov na hľadanie najmenšej kostry grafu reprezentovaného maticou vzdialenosti, napríklad Kruskalov alebo Primov algoritmus. Knižnica *igraph* pri výpočte minimálnej kostry využíva Primov algoritmus na hranovo vážených grafoch (reprezentovaných maticou vzdialenosti). Algoritmus je nasledovný: v prvom kroku zvolíme ľubovoľný vrchol a do kostry pridáme hranu s minimálnym ohodnotením, ktorá s týmto vrcholom inciduje. Takto nám vznikne strom. Následne v ďalších krokoch k aktuálnemu stromu pridáme hranu, ktorej jeden vrchol leží v strome a druhý leží mimo stromu, a to takú, ktorá má minimálne ohodnotenie. Minimálna kostra súvislého grafu s  $n$  vrcholmi teda predstavuje graf s  $n$  vrcholmi a  $n - 1$  hranami.

Zo 174 kompletných hranovo ohodnotených grafov sme si vypočítali 174 minimálnych kostier. Príklad minimálnej kostry prvého časového okna spolu s možnosťami jej reprezentácie (postupnosťou stupňov jednotlivých vrcholov a stupňami<sup>2</sup> jednotlivých vrcholov) je na obr. 4, pričom, ako sme uviedli, ide o graf s deviatimi vrcholmi (subindexmi) a s ôsmimi hranami (minimálnymi vzdialenosťami medzi nimi).

Vzhľadom na výpočtovú náročnosť spracovania týchto najmenších kostier pomocou matic susednosti alebo vzdialeností sme sa rozhodli re-

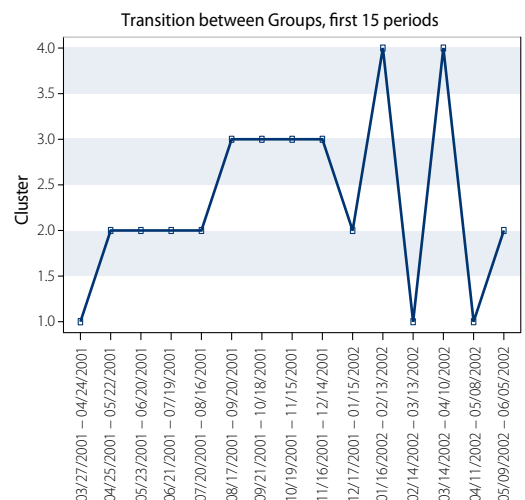
**Obrázok 4 Reprezentácia najmenšej kostry grafu prvého časového okna**

Minimum Spanning Tree from 03/27/2001 – 04/24/2001



prezentovať ich vektorom, ktorý obsahuje početnosti vrcholov (obr. 4 vľavo). Na takto definovanej reprezentácii bola následne aplikovaná zhluková analýza (využívali sme Euklidovskú vzdialenosť) s cieľom identifikovať určité skupiny najmenších kostier, ktoré majú rovnakú, respektíve veľmi podobnú štruktúru. Takto sme identifikovali určité trhové režimy, ktoré vychádzajú z empirických pozorovaní, keď napríklad v prípade veľkých poklesov na trhu majú výnosnosti tendenciu skorelovať a teda byť pri sebe veľmi blízko, čo by malo v našej najmenšej kostre vytvoriť tvar hviezdy (taký graf, ktorý má jeden vrchol stupňa  $n-1$  a  $n-1$  vrcholov stupňa jeden). Na druhej strane empirické pozorovania poukazujú na to, že v prípade stabilného trhu sa výnosnosti akcií vyvíjajú každá vlastným smerom, preto tam nepredpokladáme, že akcie budú až tak veľmi blízko seba, teda uvažujeme, že v našich najmenších kostrách sa začnú objavovať dlhšie cesty. Čo sa týka časového vývoja príslušnosti ku konkrétnemu zhluku, ktorý sledujeme na prechode medzi jednotlivými zhlukmi na obr. 5, pozorujeme, že nami vypočítané štruktúry majú tendenciu chvíľu ostávať v jednom režime (zo začiatku), pričom zaznamenávajú aj rýchlo sa meniaci vývoj (ku koncu).

**Obrázok 5 Prechod medzi jednotlivými režimami trhu reprezentovanými štyrmi zhlukmi, prvých 15 časových okien**





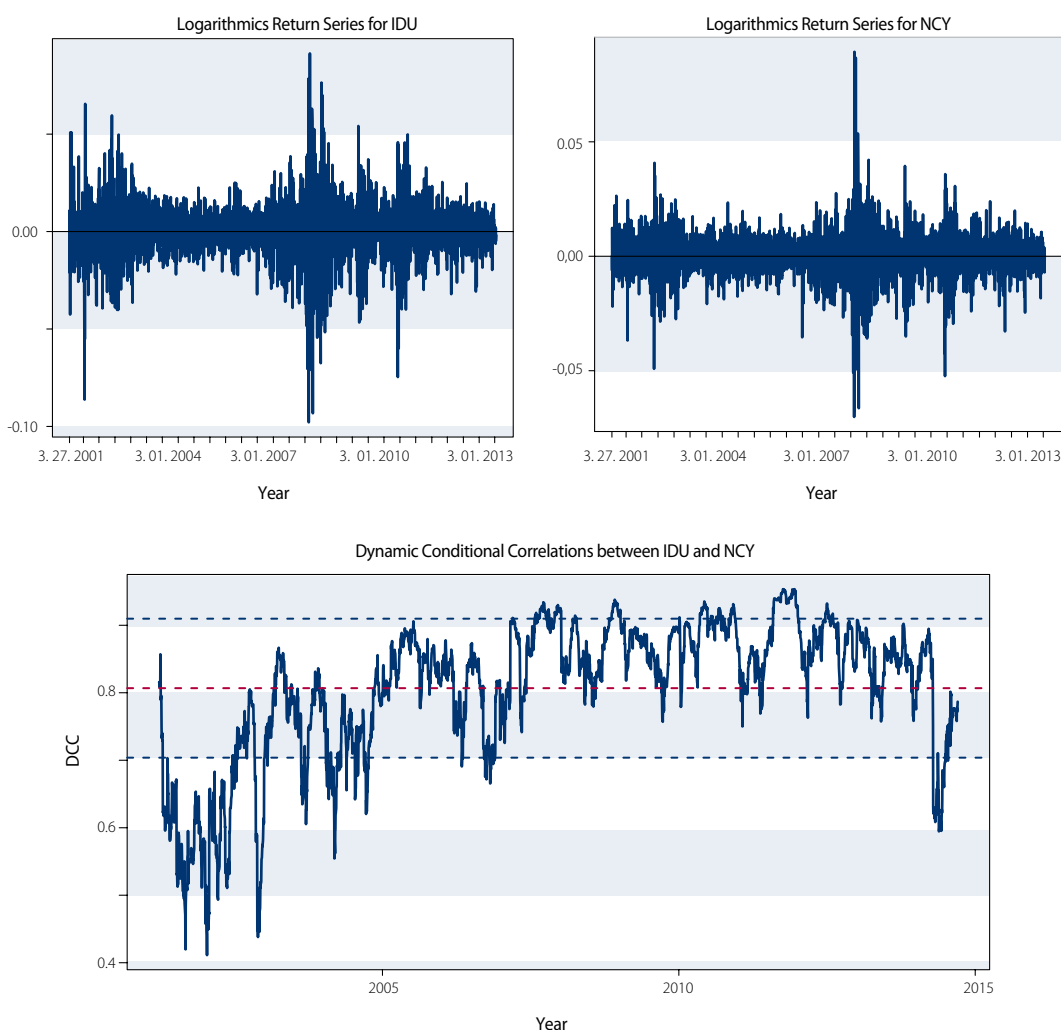
## MODELOVANIE FINANČNÝCH SIETÍ S VYUŽITÍM PODMIENENÝCH DYNAMICKÝCH KORELÁCIÍ

Jadro diplomovej práce tvorilo pri aplikácii metódy najmenej kostry využitie podmienených dynamických korelácií, preto sa tejto téme budeme venovať podrobnejšie ako predchádzajúcej možnosti využívajúcej časové okná. Aj pri tejto analýze sme vychádzali z deviatich subindexov amerického burzového indexu DJIA. Na rozdiel od predchádzajúcej analýzy sme už nevyužívali časové okná, ale vychádzali sme z rezíduí modelu GARCH(1, 1), z ktorých sme následne počítali podmienené dynamické korelácie pre každú dvojicu subindexov. Najprv sme rovnako ako v predchádzajúcej analýze vypočítali logaritmické výnosnosti jednotlivých subindexov. Z týchto sme odhadli modelom GARCH(1, 1) rezíduá a z nich sme vypočítali podmienené dynamické korelácie. Príklad logaritmických výnosností subindexov IDU a NCY a následne vývoj ich podmienených dynamických korelácií uvádzame na obr. 6. Ako môžeme vidieť, logaritmické výnosnosti oboch sledovaných subindexov sa vyvíjajú podobne,

preto aj ich podmienené dynamické korelácie sú relatívne vysoké. Pri grafe podmienených dynamických korelácií je červenou horizontálnou osou označená stredná hodnota podmienenej dynamickkej korelácie za celé sledované obdobie a modré horizontálne čiary predstavujú súčet, respektíve rozdiel strednej hodnoty a štandardnej odchýlky týchto korelácií.

Na rozdiel od predchádzajúcej časti, v ktorej sme korelačné matice počítali z neprekrývajúcich sa časových okien dĺžky 20 a dátovú základňu tvorilo „iba“ 174 korelačných matíc, vďaka prístupu s využitím podmienených dynamických korelácií máme k dispozícii takmer 3 500 korelačných matíc (jednu za každé jedno časové pozorovanie). Keďže model GARCH(1, 1) považujeme za filter, ktorý časové rady očisťuje od krátkodobej pamäte, predpokladáme, že z analyzovaných časových radov sa nám aspoň z časti podarilo odstrániť krátkodobú pamäť. Následne sme rovnako ako v predchádzajúcej kapitole vypočítali z korelačných matíc matice vzdialenosti, z nich kompletne grafy, ktoré slúžili na výpočet najmenších kostier. Ďalej sme tieto kostry reprezentované binárnymi

Obrázok 6 Logaritmické výnosnosti a podmienené dynamické korelácie medzi subindexmi IDU a NCY







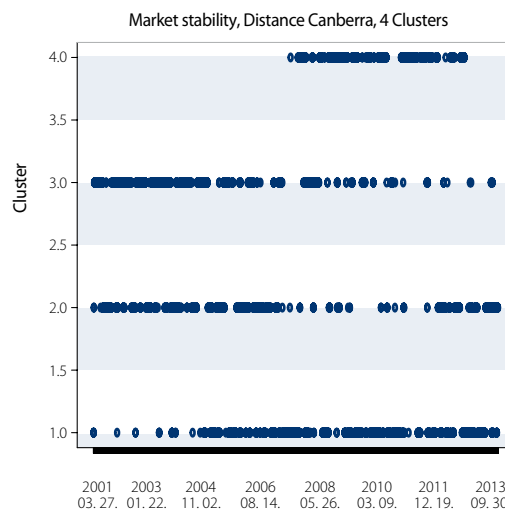
3 Slučka je hrana vedúca z vrcholu do neho samotného (v našom prípade to možno interpretovať pravdepodobnosťou, že režim trhu ostane aj v nasledujúcom období stabilný, ostane v rovnakom režime a nepreskočí do iného režimu).

maticami susednosti zhluovali pomocou Wardovej metódy aj metódy K-means pri porovnávaní rôznych typov vzdialeností a podobne. Podrobnú analýzu prekrytia v závislosti od typu zvolenej vzdialenosti a počtu identifikovaných zhlukov môže čitateľ nájsť v diplomovej práci.

Analýza následne pokračovala výpočtom takzvaných matic prechodu. Nami identifikovaný konkrétny zhluk predstavuje podľa nášho predpokladu konkrétny režim nachádzajúci sa na trhu. Ak predpokladáme, že americké burzové indexy vďaka svojej obrovskej likvidite predstavujú trhy blízke efektívnym trhom, potom môžeme prijať predpoklad o neexistencii pamäte tohto trhu a výnosnosti považovať za realizácie Markovovho procesu. Pri prijatí tohto predpokladu uvažujeme o matici prechodu, ktorá predstavuje štvorcovú maticu rozmeru  $k \times k$  (kde  $k$  predstavuje počet identifikovaných zhlukov). Táto matica v  $i$ -tom riadku a  $j$ -tom stĺpci vyjadruje počet režimov trhu, ktoré boli v určitom pozorovaní v  $i$ -tom a v nasledujúcom pozorovaní v  $j$ -tom zhluku. Súčet prvkov na hlavnej diagonále tejto matice predstavuje počet režimov, ktoré ostali v rovnakom zhluku aj v nasledujúcom období. Čím väčší je počet prvkov na hlavnej diagonále tejto matice, tým je trh v sledovanom období stabilnejší (režimy ostávajú stabilné a nie sú pozorované časté prechody medzi nimi). Tieto prechodové matice sme vypočítali pre každý druh vzdialenosti a rôzne počty zhlukov. Z výsledkov našej analýzy vyplýva, že trhy sú väčšinou relatívne stabilné, keďže vo väčšine uvažovaných druhov vzdialeností so zohľadnením rôzneho počtu zhlukov tvorí hlavná diagonála týchto matic prechodu najväčšiu časť hodnôt. Znamená to, že ak sa trh nachádza v konkrétnom režime, je najväčšia pravdepodobnosť, že v tomto režime aj zostane. Ako príklad v článku uvádzame štyri zhluky pre vzdialenosť Canberra, pri ktorej až 3 121 (súčet prvkov na hlavnej diagonále) z 3 498 pozorovaní ostalo v nasledujúcom období v rovnakom zhluku. Tento vývoj je zobrazený aj na obr. 7, kde sme pre lepšiu prehľadnosť vymazali úsečky reprezentujúce prechody medzi zhlukmi (čím dlhšia a plnšia je modrá elipsa, tým dlhšie bol trh v rovnakom režime).

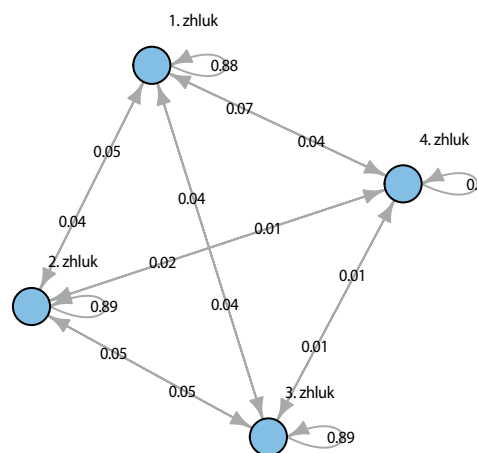
Z matice prechodu sme následne odhadli maticu pravdepodobnosti prechodu z jedného zhluku do iného. Táto matica je zostrojená predelením konkrétnej hodnoty matice prechodu riadkovým súčtom matice prechodu, kde sa daná hodnota nachádza. Interpretácia tejto matice je nasledovná: hodnota v  $i$ -tom riadku a  $j$ -tom stĺpci predstavuje pravdepodobnosť, že ak sa trh nachádza v režime  $i$ , v nasledujúcom období sa bude nachádzať v režime  $j$ . Čím väčší je počet režimov trhu, ktoré boli v nejakom pozorovaní v  $i$ -tom a v nasledujúcom pozorovaní v  $j$ -tom zhluku, tým väčšia je aj pravdepodobnosť prechodu medzi  $i$ -tým a  $j$ -tým zhlukom. Táto matica pravdepodobnosti prechodu medzi zhlukmi sa najčastejšie graficky zobrazuje pomocou orientovaných grafov so slučkami<sup>3</sup>, ktorých vrcholy predstavujú zhluky a hranové odhodnotenie predstavuje pravdepodobnosť pre-

Obrázok 7 Vývoj príslušnosti ku konkrétnemu zhluk, vzdialenosť Canberra, štyri zhluky



chodu medzi danými vrcholmi (zhlukmi). Pre prípad nami uvažovanej vzdialenosti Canberra v prípade štyroch zhlukov je uvedená grafická reprezentácia (obr. 8), kde naozaj môžeme sledovať najvyššiu pravdepodobnosť stabilného, nemeniaceho sa trhu, vzhľadom na vysoké pravdepodobnosti uvedené v slučkách. Možno tu tiež sledovať aj to, ako preskakujú režimy medzi sebou. Veľmi málo napríklad medzi sebou preskakujú režimy medzi 3. a 4. zhlukom (1 % pravdepodobnosť), častejšie medzi 1. a 4. zhlukom (7 a 4 % pravdepodobnosť).

Obrázok 8 Orientovaný graf so slučkami reprezentujúci pravdepodobnostnú maticu prechodu pre vzdialenosť Canberra a štyri zhluky



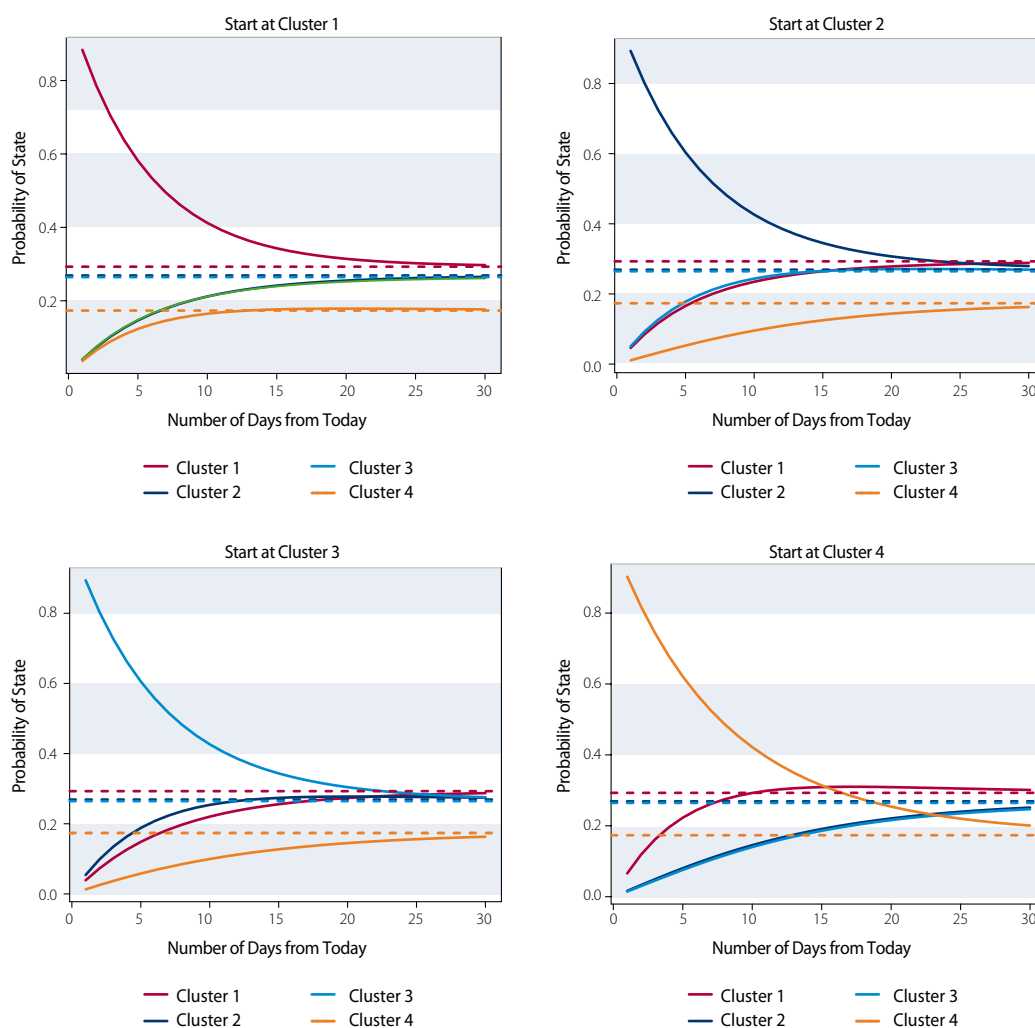
Ďalšou témou diplomovej práce bola realizácia Markovových reťazcov, na základe ktorých autor simuloval vývoj trhu do budúcnosti. Pri týchto reťazcoch sa vychádza z vyššie uvedených pravdepodobnostných matic a uvažuje sa o tom, že ak poznáme pravdepodobnosti prechodu medzi



režimami v rámci nasledujúcich období, vieme odhadnúť, ako sa bude trh správať v budúcnosti. Buď skonverguje k nejakému konkrétnemu režimu, alebo bude nejaký režim na trhu z dlhodobého hľadiska dominovať. Túto simuláciu vývoja pravdepodobnosti sme vykonali pre spomínanú vzdialenosť Canberra so štyrmi zhlukmi, ktorej pravdepodobnostná matica je graficky reprezentovaná na obr. 8. Simuláciu počas prvých 30 dní sme vykonali pre trh „štartujúci“ v každom zo štyroch uvedených

režimov a jej výsledky sú uvedené na obr. 9. Ako môžeme vidieť, pravdepodobnosť, že sa aj v nasledujúcich dňoch bude trh nachádzať v režime, v ktorom sa začal, postupne klesá, pričom pravdepodobnosť ostatných režimov rastie. Následne bola vypočítaná dlhodobá predpoveď konvergencie pre jednotlivé režimy, ktorá vychádza práve z aplikácie Markovových reťazcov. Na obr. 9 sú tieto vypočítané hodnoty uvedené čiarkovanou čiarou a je zrejmé, že aj simulácia sa k nim postupne blíži.

**Obrázok 9** Simulácia vývoja pravdepodobnosti príslušnosti k zhluku prvých 30 dní od identifikácie trhového režimu pre vzdialenosť Canberra a štyri zhluky

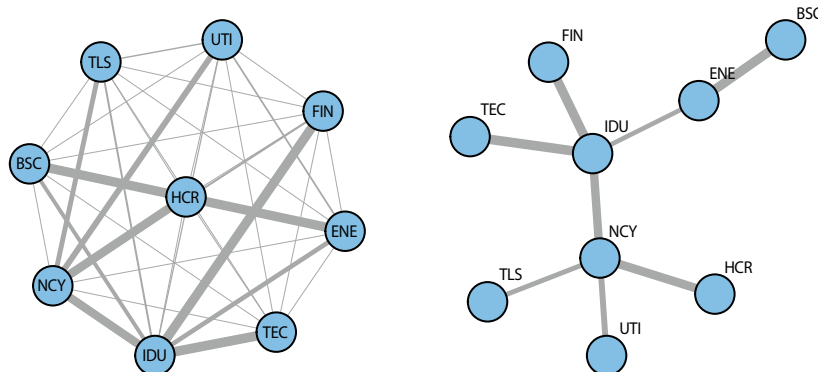


Našou ambíciou v závere analýzy bolo popísať na základe grafových charakteristík každý identifikovaný zhluk (trhový režim) pre každú vzdialenosť. Vychádzali sme z toho, že zhluky sú identifikované na základe najmenších kostier, preto je logické hľadať nejakú reprezentatívnu najmenšiu kostru za jednotlivé zhluky. Vypočítali sme ich tak, že sme spočítali za každý zhluk matice susednosti jednotlivých najmenších kostier. Podstata je taká, že ak jednotka v matici susednosti predstavuje hranu medzi dvojicou vrcholov a ak tieto hrany

spočítame, v novovzniknutej matici budú mať najväčšie hodnoty hrany, ktoré sa v danom zhluku vyskytujú najčastejšie. Príkladom môže byť tentokrát vzdialenosť Minkowski so štyrmi zhlukmi, ktorú pre prvý zhluk uvádzame na obr. 10. Vľavo na tomto obrázku je graf, ktorý vznikne súčtom matíc susednosti najmenších kostier prvého zhluku. Hrúbka hrany predstavuje počet spoločných hrán v zhluku. Vpravo je z tohto grafu vypočítaný reprezentant najmenšej kostry prvého zhluku na základe hrúbky hrán (najhrubšie hrany). Následne



Obrázok 10 Vzdialenosť Minkowski, štyri zhluky: grafická reprezentácia grafu vytvoreného súčtom matic susednosti najmenších kostier prvého zhľuku (vľavo) a reprezentant najmenšej kostry prvého zhľuku (vpravo), hrúbka hrany predstavuje počet spoločných hrán v zhľuku



sme porovnávali tieto reprezentatívne najmenšie kostry prostredníctvom grafových charakteristík. Zhľuky zastupovali reprezentatívne najmenšie kostry a porovnávali sme nasledujúce grafové charakteristiky:

- stupne vrcholov v reprezentatívnej najmenšej kostre,
- postupnosť stupňov vrcholov v reprezentatívnej najmenšej kostre,
- excentricitu vrcholov v reprezentatívnej najmenšej kostre,
- polomer reprezentatívnej najmenšej kostry,
- priemer reprezentatívnej najmenšej kostry.

Podarilo sa nám identifikovať určité malé rozdiely medzi uvažovanými zhľukami. Predpokladáme, že čím menší je polomer a priemer grafu, tým volatilnejší trh zhľuk reprezentuje, keďže v tomto prípade majú burzové indexy tendenciu skorelovať a približovať sa k sebe. Naopak, väčšie polomery a priemery grafu hovoria o dlhších cestách, a teda o stabilnejších režimoch trhu. Z pohľadu analýzy excentricít jednotlivých subindexov mô-

žeme povedať, že počas väčšiny sledovaného obdobia bol centrom trhovej štruktúry subindex *IDU*. Detailnejšie výsledky a porovnanie jednotlivých grafových charakteristík sa nachádza v predmetnej diplomovej práci.

## ZÁVER

V príspevku sme prezentovali časť diplomovej práce, ktorá bola venovaná modernej matematickej disciplíne, teórii grafov. Z pohľadu autora ide o jednu z možností, ktorou sa v budúcnosti bude uberať analýza štruktúry kapitálových trhov. Najväčší dôraz bol v práci kladený na metódu hľadania najmenšej kostry grafu, ktorá predstavuje takú štruktúru prvkov v rámci skupiny, pri ktorej majú tieto prvky k sebe najbližšie. Metóda bola aplikovaná na sektorových subindexoch amerického burzového indexu DJIA a využili sa pri nej mnohé matematicko-štatistické metódy. Každou realizovanou analýzou sa v práci otvárali ďalšie možnosti pre následnú analýzu a problematika si žiada ďalšie hlbšie skúmanie.

### Použitá literatúra:

- BONANNO, G. – CALDARELLI, G. – LILLO, F. – MICCICHÉ, S. – VANDEWALLE, N. – MANTEGNA, R. N. 2004. Networks of Equities in Financial Markets. In: The European Physical Journal B.
- CZAP, J. 2013. Teória grafov. Nepublikované študijné materiály zverejnené v MOODLE, EkF TU v Košiciach.
- DEMEL, J. 2002. Grafy a jejich aplikace. Praha: Academia. ISBN: 80-200-0990-6.
- DJIA. Dow Jones Global Indices. [online]. [cit. 21. 04. 2015]. Dostupné na: <<http://www.djindexes.com/globalfamily/>>.
- FINANCIAL NETWORK ANALYTICS (FNA). A Short History of Correlation Networks Research. [online]. [cit. 11. 04. 2015]. Dostupné na: <<http://www.fna.fi/blog/2012/07/06/a-short-history-of-correlation-networks-research>>.
- KENETT, D. – TUMMINELLO, M. – MADI, A. – GERSHGORIN, G. – MANTEGNA, R. N. – BEN-JACOB, E. 2010. Dominating Clasp of the Financial Sector Revealed by Partial Correlation Analysis of the Stock Market. In: PLOS ONE.
- KNOR, M. 2008. Teória grafov. Bratislava: Vydavateľstvo STU. ISBN: 978-80-227-2879-9.
- KRÁL, P. – KANDEROVÁ, M. – KAŠČÁKOVÁ, A. – NEDELOVÁ, G. – VALENČÁKOVÁ, V. 2009. Viacrozmerné štatistické metódy so zameraním na riešenie problémov ekonomickej praxe. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela. ISBN: 978-80-8083-840-9.
- MANTEGNA, R. N. 1999. Hierarchical structure in financial markets. In: The European Physical Journal B, s. 193-196.
- MIZUNO, T. – TAKAYASU, H. – TAKAYASU, M. 2005. Correlation Networks Among Currencies. In: Cornell University Library.
- NAYLOR, M. – ROSE, L. – MOYLE, B. 2007. Topology of Foreign Exchanges Markets Using Hierarchical Structure Methods. In: Physica A.
- ONNELA, J. P. – CHAKRABORTI, A. – KASKI, K. – KERTÉSZ, J. – KANTO, A. 2003. Asset Trees and Asset Graphs in Financial Markets. In: Physica Scripta, s. 48-53.
- STANKOVIČOVÁ, I. – VOJTKOVÁ, M. 2007. Viacrozmerné štatistické metódy s aplikáciami. Bratislava: Iura Edition. ISBN: 978-80-8078-152-1.



# Využitie prostriedkov umelej inteligencie na akciových trhoch<sup>1</sup>

Martin Jakubčí

Fakulta managementu Univerzity Komenského v Bratislave

## Úvod

Akciové trhy sú terčom záujmu mnohých investorov, ktorí chcú dosiahnuť zisk, ale tiež vedcov, ktorí sa snažia nájsť poriadok v týchto zložitých systémoch. Množstvo interakcií a vzťahov to robí veľmi náročným. Existuje mnoho modelov a stratégií, ktoré si často protirečia. Ak sa zameriame na investorov, ktorí vyberajú akcie do portfólia, tento problém je možné chápať ako viackriteriálny. Medzi kritériá najčastejšie patrí výnos a riziko. Je zrejme, že tieto kritériá si protirečia: vysoký výnos znamená aj vysoké riziko a naopak nízke riziko znamená nízky výnos. Pri viackriteriálnej optimalizácii sa preto nedá nájsť jedno optimálne riešenie, ale hľadajú sa Pareto optimálne riešenia (tzv. Pareto front), pre ktoré nie je možné zmenou riešenia dosiahnuť lepšie plnenie niektorého kritéria bez zhoršenia v plnení iného kritéria.

Rozvoj informačných technológií umožnil aj rozvoj počítačových riešení pre takéto problémy. Na riešenie problémov na počítači potrebujeme algoritmy, teda postupnosti krokov. Pri niektorých problémoch však nie je táto postupnosť známa. V týchto prípadoch môžeme využiť algoritmy strojového učenia. Patria sem aj evolučné algoritmy, ktoré využívajú operátory inšpirované evolučnou teóriou. Jedným z evolučných algoritmov je genetické programovanie, ktoré využíva stromovú reprezentáciu riešenia. Táto reprezentácia sa hodí aj pre investičné pravidlá, ktoré rozhodujú o akciách zaradených v portfóliu.

Genetické programovanie je evolučný algoritmus na automatické hľadanie riešení, kde riešenie je program, ktorý je zväčša reprezentovaný stromovou štruktúrou. Na začiatku je vytvorená prvá generácia, teda populácia náhodných programov (riešení). Z nej potom stochastickou transformáciou vznikajú ďalšie generácie, pričom vždy dúfame, že každá ďalšia generácia je lepšia. To znamená, že obsahuje programy, ktoré lepšie riešia daný problém. Na vyhodnotenie kvality riešenia sa používa tzv. fitness funkcia. Nové generácie vznikajú aplikáciou genetických operácií, ktoré sú inšpirované evolučnou teóriou, a to výberu, mutácie a kríženia [19]. Na kombináciu viacerých kritérií existujú rôzne modifikácie evolučných algoritmov [9].

Pri hľadaní riešení sú potrebné údaje, na ktorých sa dané pravidlá testujú. Tieto údaje slúžia ako vstup. Najčastejšie sa používajú historické ceny akcií, ale aj rôzne fundamentálne a technické indikátory. Výskum sa však orientuje aj na iné

druhy údajov. Keďže internet používajú miliardy ľudí, dajú sa v ich aktivite nájsť vzťahy. Preto spôsobili tieto údaje (napr. o popularite rôznych pojmov na internete) záujem a boli aplikované aj v oblasti akciových trhov [16] [21] [22]. Evolučné algoritmy sú vhodné na hľadanie rôznych kombinácií týchto údajov. Aplikáciou evolučných algoritmov na finančných trhoch sa zaoberá veľké množstvo publikácií [1] [2] [3] [4] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [13] [14] [15] [17] [18] [20] [23].

Pre overenie riešení nájdených algoritmom je potrebné porovnanie s inými stratégiami. Väčšina publikácií sa orientuje len na porovnanie s trhovým indexom, zaujímavé je však aj porovnanie s inými stratégiami, ktoré využívajú investori. Ide o stratégie založené napr. na technickej alebo fundamentálnej analýze.

Cieľom dizertačnej práce bolo preskúmať možnosti viackriteriálnej optimalizácie pomocou evolučných algoritmov a ich využitia pri hľadaní investičných stratégií. Ako zdroj údajov sú použité zdroje z internetu. Okrem štandardne používaných údajov o cenách a rôznych indikátorov boli použité aj údaje o aktivite na internete:

- zo služby Google Trends (<https://www.google.com/trends>),
- počty videní stránok Wikipedia (<http://stats.grok.se>).

Výsledná implementácia bola porovnaná s inými rôznorodými stratégiami.

## METÓDY

Na hľadanie hodnotiacich pravidiel akcií bol použitý algoritmus viackriteriálneho genetického programovania. Vstup takého pravidla pozostáva z historických údajov o firme a výstupom je číselný index. Tento index slúži ako odporúčanie investovať do akcií danej firmy. Nájdené pravidlá sa následne overovali v investičnej stratégii, podľa ktorej boli nakúpené akcie 10 firiem s najvyšším indexom a predané akcie 10 firiem s najnižším indexom.

Na hodnotenia jednotlivých pravidiel v investičnej stratégii sa použili nasledujúce kritériá:

- Priemerná denná miera návratnosti

$$\mu = \frac{1}{T} \left( \sum_{t=1}^T \frac{R_t - R_{t-1}}{R_{t-1}} \right),$$

kde  $R_0$  je počiatočná hodnota portfólia,  $R_t$  je výsledná hodnota portfólia v čase  $t$  a  $T$  je počet období.

<sup>1</sup> Článok je zhrnutím dizertačnej práce s rovnakým názvom, za ktorú získal autor tretiu cenu v súťaži o cenu guvernéra NBS pre študentov univerzít za výnimočnú dizertačnú, prípadne diplomovú prácu v oblasti menovej ekonomie, makroekonomie alebo finančnej ekonomie.



- Štandardná odchýlka denných výnosov

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{T} \left( \sum_{i=1}^T (r_i - \mu)^2 \right)},$$

kde  $T$  je počet období,  $r_i$  je miera návratnosti v čase  $i$  a  $\mu$  je priemerná miera návratnosti.

Na kombináciu kritérií sa použil algoritmus SPEA2, ktorý využíva externý archív pre uchovávanie najlepších riešení a pozostáva z týchto krokov [24]:

1. Inicializácia – vygeneruj náhodnú populáciu riešení a prázdny archív, nastav  $t = 0$ .
2. Priradenie fitness – vypočítaj fitness hodnoty v populácii aj archíve.
3. Environmentálny výber – skopíruj nedominované riešenia z populácie a archívu do nového archívu. Ak veľkosť nového archívu presiahne definovanú veľkosť, využije sa zmenšovacia operácia. Ak je veľkosť nového archívu menšia, naplní sa dominovanými riešeniami.
4. Ukončenie – ak  $t \geq T$  alebo je splnené iné kritérium na ukončenie. Výstupom je množina nedominovaných riešení z archívu.
5. Výber – vykonaj turnajový výber z archívu pre vytvorenie množiny riešení pre kríženie a mutácie.
6. Variácia – aplikuj kríženie a mutáciu pre vytvorenie novej populácie. Inkrementuj číslo generácie  $t = t + 1$  a pokračuj krokom 2.

Algoritmus bol implementovaný v jazyku C# na platforme Microsoft .Net, s použitím knižnic MetaLinq na prácu so stromami výrazov a Microsoft Automatic Graph Layout na vizualizáciu riešení.

Výsledky boli porovnané s rôznorodými investičnými stratégiami:

- Lotériové obchodovanie, ktoré vykonáva náhodné rozhodnutia, čiže ho implementujeme ako hodnotiace pravidlo, ktoré vracia náhodné hodnotenie akcie.
- Náhodná stratégia využívajúca náhodné hodnotiace pravidlo. Také sa vytvárajú v prvej generácii tréningu genetického programovania.
- Pre preskúmanie veľkého množstva náhodných stratégií bolo použité náhodné prehľadávanie riešení.
- Bezriziková investícia je reprezentovaná trojročnými vládnymi dlhopismi USA.
- Stratégia kúp a drž znamená, že aktívum je kúpené na začiatku obdobia a predané na konci obdobia. Aplikujeme ju na DJIA index.
- Stratégia Psy z Dow investuje do 10 firiem s najvyšším dividendovým výnosom spomedzi firiem indexu DJIA [5].
- Jednoduché plávajúce priemery (skratka SMA, z angl. simple moving averages) sa rátajú ako priemer predošlých dní. Ak cena rastie nad plávajúci priemer, akcia sa má kúpiť, ak klesne pod plávajúci priemer, má sa predáť [12].
- Exponenciálne plávajúce priemery (skratka EMA, z angl. exponential moving averages) sú

podobné SMA, ale s klesajúcim vplyvom starších dní pri výpočte [12].

- Konvergencia a divergencia plávajúcich priemerov (skratka MACD, z angl. moving average convergence divergence) sa ráta ako rozdiel medzi 26-dňovým EMA a 12-dňovým EMA – keď pretne signalizačnú čiaru (EMA z MACD) zdola, je to nákupný signál [12].

## VÝSLEDKY

Počas experimentov sa použili údaje 30 firiem, ktoré sú súčasťou indexu DJIA. Historické údaje boli vybrané z obdobia rokov 2008 až 2014, rozdelené na rôzne obdobia. Staršie údaje nebolo možné použiť, lebo údaje o počte videní na Wikipedii sú k dispozícii od decembra 2007. Tieto údaje však obsahujú finančnú krízu rokov 2008 a 2009, keď trh prudko padal, a tiež aj prudko rastúce pokrízové obdobie. Údaje boli rozdelené na niekoľko období v dvoch nastaveniach, každé s dvomi vyhodnocovacími obdobiami:

- tréningové obdobie 2010 až 2012, validačné obdobie 2013, vyhodnocovacie obdobie prvá polovica 2014 a 2008 až 2009,
- tréningové obdobie 2008 a 2009, validačné obdobie 2010, vyhodnocovacie obdobie 2011 až 2012 a 2013.

Tréningové obdobie sa použilo na hľadanie riešení, validačné obdobie na výber tých najlepších z Pareto frontu a vyhodnocovacie obdobie sa použilo na vyhodnotenie (simuluje to vlastné využitie v budúcnosti). Použité boli aj dve nastavenia transakčných nákladov, a to nulové a na úrovni 0,5 % hodnoty transakcie. Skúšali sme aj tri nastavenia vstupných údajov:

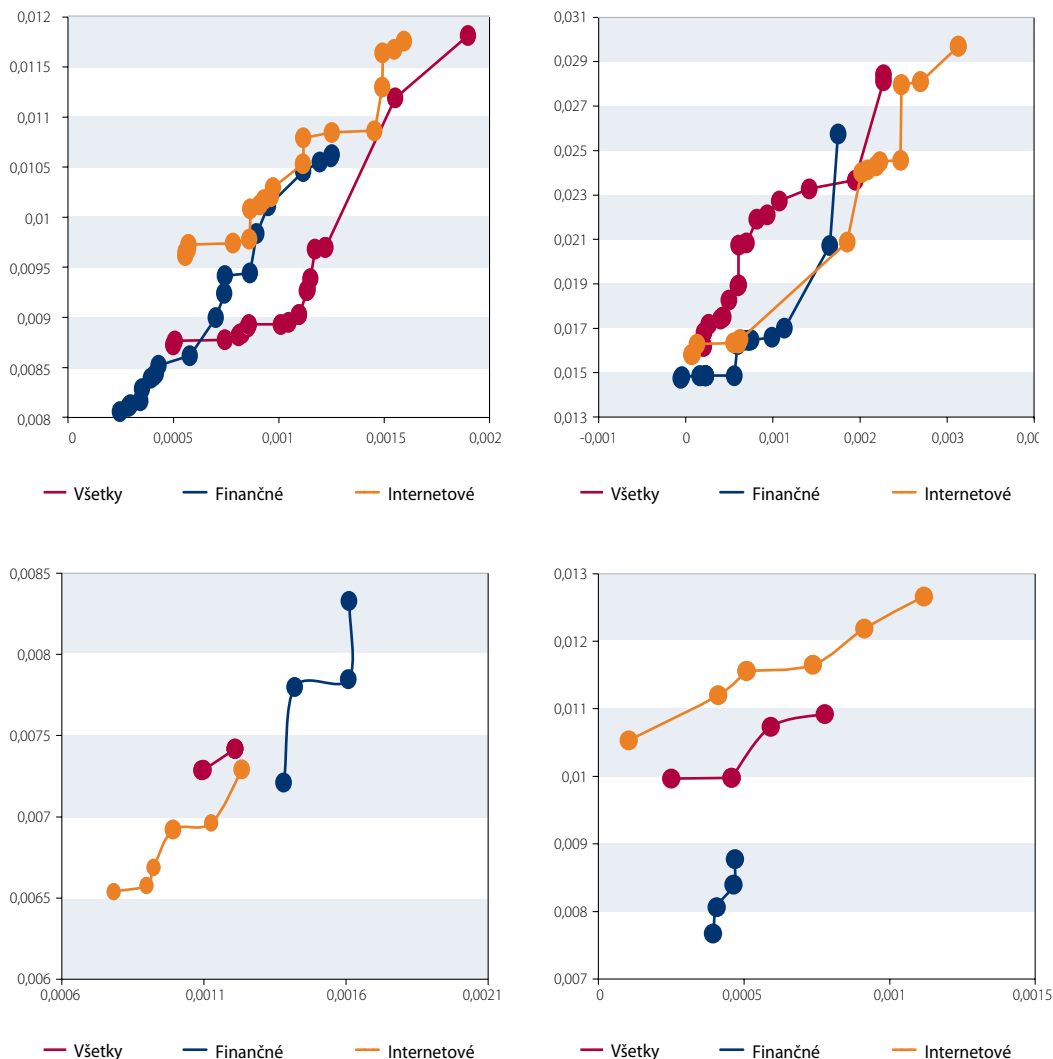
- iba historické ceny akcií,
- iba údaje o internetovej popularite (Google a Wikipedia),
- kombináciu oboch.

Obchody sa vykonávali na dennej báze, so začiatočným kapitálom 100 000, pričom sa nedržala žiadna hotovostná rezerva, čiže celá suma sa vždy investovala do akcií. Investovalo sa do 10 akcií s najlepším hodnotením a ak boli vlastnené niektoré z 10 akcií s najhorším hodnotením, tak sa predali. Časové okno pre údaje bolo 50 dní, čiže pri rozhodovaní o akciách v daný deň boli k dispozícii údaje za 50 dní dozadu. Pre genetické programovanie sa použilo vždy 300 generácií, veľkosť populácie 50 riešení, veľkosť archívu 20 riešení a maximálna hĺbka stromu bola 8.

Výsledky boli zobrazené vizuálne na dvojrozmerných grafoch. Na osi x sa nachádza priemerná denná miera návratnosti a na osi y je smerodajná odchýlka miery návratnosti. Hodnoty na osi x maximalizujeme a na osi y minimalizujeme, to znamená, že najlepšie riešenia sa nachádzajú v pravej spodnej časti. Zobrazené sú buď Pareto fronty riešení, alebo body, ktoré reprezentujú konkrétnu stratégiu, alebo priemer naprieč riešeniami. Pri Pareto frontoch z tréningového a overovacieho obdobia ide o ukážkové behy. Pri priemeroch, ktoré sú porovnávané s inými stratégiami, ide o priemery z 10 behov simulácie.



**Obrázok 1** Ukážkové Pareto fronty bez transakčných nákladov: pre tréningové obdobie 2010 až 2012, tréningové obdobie 2008 až 2009, validačné obdobie 2013 a validačné obdobie 2011

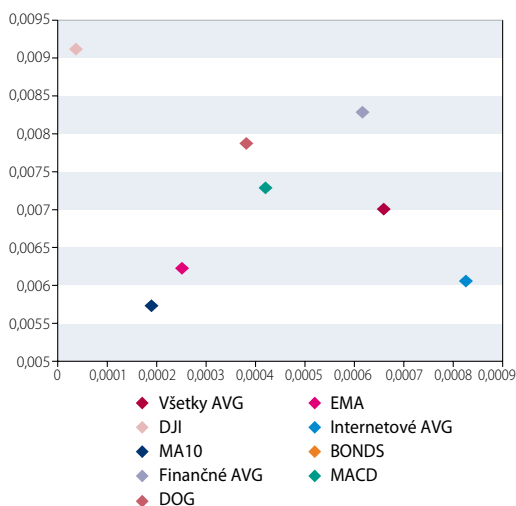


Zdroj: Vlastné výpočty.

Z experimentov nám vyšli Pareto fronty, teda množiny najlepších riešení, ktoré vidieť na obr. 1. V tréningovom období tvorilo Pareto front vždy viac riešení a tvorili pekný front. Vo validačnom období boli preriedené. Na obrázku tiež vidieť, že najlepšie výsledky sú dosiahnuté zapojením oboch druhov údajov. Vidieť tiež, že v krízovom období sa dosahovali nízke výnosy a vysoké odchýlky. Na obr. 2 vidíme ukážku porovnania v jednom z vyhodnocovacích období. Jednoznačne tu dominujú riešenia z genetického programovania a v rámci nich tie so zapojením internetových údajov.

Prí experimentoch bolo nájdené množstvo rôznorodých pravidiel. Ukážku pravidla vidíme na obr. 3. Vidíme tu priamu úmernosť s popularitou na Wikipedii a Googli z predošlého dňa (označené ako lastWiki a lastGoogle). Ďalej tu vidíme nepriamu úmernosť s popularitou na Googli z dňa predtým (Lag 49, teda posun o 49 dní, pričom časové okno je 50 dní). Nepriama úmernosť je daná

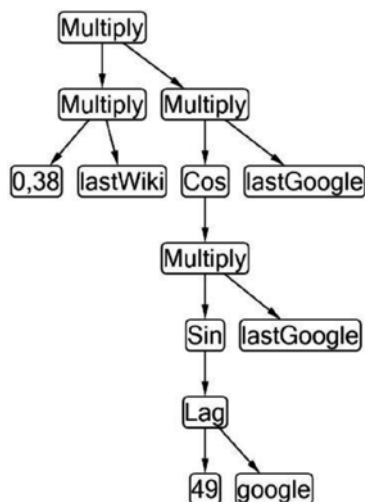
**Obrázok 2** Porovnanie vo vyhodnocovacom období 2014



Zdroj: Vlastné výpočty.



Obrázok 3 Ukážka nájdeného hodnotiaceho pravidla s využitím iba internetovej popularity



Zdroj: Vlastné výpočty.

operáciou kosínus. V prípade tohto modelu to môžeme interpretovať ako odporúčanie kupovať akciu, kým popularita rastie, a predávať, keď klesá. Atraktivita akcie je pritom tým vyššia, čím je tento

rast väčší. Toto odporúčanie je v protiklade s výsledkami Preisa a kol. [21] Môže to byť ale dané rôznou frekvenciou obchodov, Preis a kol. ich vykonávali týždenne, my denne. Je však zrejmé, že genetické programovanie je schopné nájsť zložité modely, ktoré by sa ťažko nachádzali inými postupmi.

## ZÁVER

Vo vyhodnotení sme porovnali stratégiu založenú na hodnotiacich pravidlách s inými stratégiami. Tieto pravidlá slúžia na ohodnotenie atraktivity akcie a boli vytvorené genetickým programovaním s dvomi kritériami, a to priemerným denným výnosom a smerodajnou odchýlkou. Vytvorili sa tri typy pravidiel, a to s využitím iba historických cien akcií, iba údajov o internetovej popularite a s využitím oboch druhov údajov. Pravidlá sa tvorili na tréningovom období, filtrovali sa na validačnom období a overovali sa na dvoch vyhodnocovacích obdobiach. Použili sme dve rôzne nastavenia týchto období a tiež overovanie bez transakčných nákladov, ako aj s transakčnými nákladmi na úrovni 0,5 %, ktoré sa rátali z hodnoty obchodu.

Ukázalo sa, že genetické programovanie je schopné dosahovať zaujímavé výsledky, ktoré vo väčšine prípadov porážajú trh a aj iné stratégie.

Tabuľka porovnania priemerných denných výnosov

		Finančné	Internetové	Všetky	DJI	DOG	Bonds	Random	ma10	ema	macd
<b>Bez trans. nákladov</b>											
Tréningové	2010-2012	0,000673	0,001029	<b>0,001033</b>	0,000531	0,000574	2,03E-05	0,000400	0,000575	0,000560	0,000369
Validačné	2013	<b>0,001505</b>	0,000899	0,001172	0,001234	0,001228	1,48E-05	0,000682	0,000817	0,000941	0,001098
Overovacie	2014	0,000617	<b>0,000826</b>	0,000659	3,67E-05	0,000381	2,11E-05	-0,002425	0,000190	0,000251	0,000420
Overovacie	2008-2009	0,00029	0,0003	<b>0,00033</b>	-0,000112	-0,000266	4,99E-05	-0,000510	0,000145	0,000268	0,000299
Tréningové	2008-2009	0,000557	<b>0,001607</b>	0,000815	-0,000112	-0,000266	4,99E-05	0,00001	0,000145	0,000268	0,000299
Validačné	2010	0,000470	0,000383	0,000506	0,000632	<b>0,000742</b>	3,01E-05	0,000195	0,000552	0,000505	0,000402
Overovacie	2011-2012	0,000317	<b>0,000764</b>	0,0007	0,000427	0,000329	1,04E-05	0,000224	0,000269	0,000278	0,000114
Overovacie	2013	0,001492	0,0014	<b>0,0015</b>	0,001234	0,001228	1,48E-05	0,000682	0,000817	0,000941	0,001098
<b>S trans. nákladmi</b>											
Tréningové	2010-2012	0,000770	0,000620	<b>0,000831</b>	0,000531	0,000574	2,03E-05	-0,003061	0,000578	0,000562	0,000371
Validačné	2013	0,000964	<b>0,001378</b>	0,000845	0,001234	0,001228	1,48E-05	0,000380	0,000819	0,000943	0,001102
Overovacie	2014	0,000279	<b>0,000528</b>	0,000505	3,67E-05	0,000381	2,11E-05	0,001849	0,000190	0,000252	0,000421
Overovacie	2008-2009	0,00029	0,00031	<b>0,00033</b>	-0,000112	-0,000266	4,99E-05	-0,002261	0,000147	0,000270	0,000302
Tréningové	2008-2009	0,000557	0,000536	0,000777	-0,000112	-0,000266	4,99E-05	-0,002261	0,000147	0,000270	0,000302
Validačné	2010	0,000471	<b>0,000744</b>	0,000281	0,000700	0,000745	3,00E-05	-0,015736	0,000552	0,000499	0,000388
Overovacie	2011-2012	0,000205	0,000428	<b>0,000450</b>	0,000427	0,000329	1,04E-05	0,002564	0,000270	0,000280	0,000115
Overovacie	2013	0,0013	0,00135	<b>0,0014</b>	0,001234	0,001228	1,48E-05	0,000380	0,000819	0,000943	0,001102
Priemer za všetky		0,000672	<b>0,000819</b>	0,000758	0,000488	0,000494	2,64E-05	-0,001180	0,000439	0,000502	0,000513
Priemer za overovacie		0,000599	<b>0,000738</b>	0,000734	0,000396	0,000418	2,40E-05	6,30E-05	0,000356	0,000435	0,000484
Počet víťazstiev za všetky		1	6	7	0	1	0	0	0	0	0
Počet víťazstiev za overovacie		0	3	5	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj: Vlastné výpočty.



Zapojenie údajov o internetovej popularite tieto výsledky ešte zlepšuje. Z hodnotiacich pravidiel je jednoduché, vďaka prehľadnej stromovej reprezentácii, extrahovať zložité nelineárne modely. Jedným z takýchto extrahovaných modelov je pozitívne hodnotenie akcie podľa rastúcej popularity vo vyhľadávачi Google a na encyklopédii Wikipedia.

Bolo tiež overené, že napriek tomu, že tréningovanie sa vykonávalo na rastúcom trhu pokrízových rokov, dobré výsledky sa dosiahli aj na klesajúcom trhu krízových rokov. A platilo to aj naopak. Transakčné náklady ovplyvnili negatívne výsledky genetického programovania, ale stále bolo schopné vo väčšine prípadov poraziť ostatné stratégie.

Čo sa týka ostatných stratégií, dlhopisy sa potvrdili ako bezriziková investícia s nízkym a stabilným výnosom, čo bolo zaujímavé najmä v krízových rokoch. Technická a fundamentálna analýza je schopná dosiahnuť zaujímavé výnosy,

v niektorých prípadoch porovnateľné s genetickým programovaním. Jednoduchá stratégia kúp a drž aplikovaná na trhovú index je veľmi jednoduchá a stále výnosná, najhoršie výsledky dosiahla, pochopiteľne, v krízových rokoch. Náhodné stratégie neboli schopné dosiahnuť zaujímavé výsledky. Prehľad priemerných denných výnosov pre rôzne stratégie, nastavenia a obdobia vidieť v tab. 1, genetické programovanie s údajmi o internetovej popularite vyhralo v ôsmich z ôsmich overovacích období.

V budúcnosti je potrebný ďalší výskum v tejto oblasti. Dajú sa zapojiť aj ďalšie druhy údajov (sociálne siete), je však ťažké dostať sa k týmto údajom. Zaujímavé by bolo tiež porovnanie na ďalších časových obdobiach. To ale komplikuje dostupnosť údajov o internetovej popularite len zhruba za posledných 10 rokov. Porovnanie by tiež bolo možné rozšíriť o ďalšie stratégie a vytvoriť tak štandardizovanú platformu pre vyhodnocovanie stratégií.

#### Použitá literatúra:

- Allen, F., Karjalainen, R.: Using genetic algorithms to find technical trading rules. In: Journal of Financial Economics, vol. 51, pp. 245-271 (1999).
- Becker, L. A., Seshadri, M.: GP-evolved technical rules can outperform buy and hold. In: Proceedings of the 6th International Conference on Computational Intelligence and Natural Computing, pp. 26-30 (2003).
- Becker, Y. L., Fei, P., Lester, A.: Stock Selection – An Innovative Application of Genetic Programming Methodology. In: Genetic Programming Theory and Practice IV, pp. 315-334 (2007).
- Briza, A. C., Naval, P. C.: Design of stock trading system for historical market data using multiobjective particle swarm optimization of technical indicators. In: Proceedings of the 2008 GECCO conference companion on Genetic and evolutionary computation, pp. 1871-1878 (2008).
- Domiana, D. L., Loutonb, D. A., Mossman, C. E.: The rise and fall of the Dogs of the Dow. In Financial Services Review, vol. 7, no. 3, pp. 145-159 (1998).
- Chen, S. S., Huang, CH. F., Hong, T. P.: A Multi-objective Genetic Model for Stock Selection. In: The 27th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (2013).
- Chen, S. S., Huang, CH. F., Hong, T. P.: An Improved Multi-Objective Genetic Model for Stock Selection with Domain Knowledge. In: Technologies and Applications of Artificial Intelligence, Lecture Notes in Computer Science, vol. 8916, pp. 66-73 (2014).
- Chen, S. H., Navet, N.: Failure of Genetic-Programming Induced Trading Strategies: Distinguishing between Efficient Markets and Inefficient Algorithms. In Computational Intelligence in Economics and Finance, vol. 2, pp. 169-182 (2007).
- Ghosh, A., Dehuri, S.: Evolutionary Algorithms for Multicriterion Optimization: A Survey. In: International Journal of Computing & Information Sciences, vol. 2, no. 1, pp. 38-57 (2005).
- Hassan, G. N. A.: Multiobjective genetic programming for financial portfolio management in dynamic environments. (Doctoral dissertation). University College London (2010).
- Huang, C. F., Chang, C. H., Chang, B. R., Cheng, D. W.: A Study of a Hybrid Evolutionary Fuzzy Model for Stock Selection. In: Proceeding of the 2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, pp. 210-217 (2011).
- Kirkpatrick, Ch., Dahlquist, J.: Technical analysis. New Jersey : FT Press (2010).
- Lohpetch, D., Corne, D.: Discovering effective technical trading rules with genetic programming: Towards robustly outperforming buy-and-hold. In: World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing, pp. 431-467 (2009).
- Lohpetch, D., Corne, D.: Outperforming buy-and-hold with evolved technical trading rules: Daily, weekly and monthly trading. In: Proceedings of the 2010 international conference on Applications of Evolutionary Computation, vol. 6025, pp. 171-181 (2010).
- Lohpetch, D., Corne, D.: Multiobjective algorithms for financial trading: Multiobjective out-trades single-objective. IEEE Congress on Evolutionary Computation, pp. 192-199 (2011).
- Moat, H. S., Curme, CH., Avakian, A., Kenett, D. Y., Stanley, H. E., Preis, T.: Quantifying Wikipedia Usage Patterns Before Stock Market Moves. In: Scientific Rep, 3, 1801 (2013).
- Mullei, S., Beling, P.: Hybrid evolutionary algorithms for a multiobjective financial problem. In: Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 4, pp. 3925-3930 (1998).
- Neely, CH.: Risk-adjusted, ex-ante, optimal technical trading rules in equity markets. In: International Review of Economics and Finance, vol. 12, pp. 69-87 (1999).
- Poli, R., Langdon, W. B., McPhee, N. F.: A Field Guide to Genetic Programming. Retrieved from: <http://www.gp-field-guide.org.uk> (2008).
- Potvin, J. Y., Soriano, P., Vallée, M.: Generating trading rules on the stock markets with genetic programming. In: Computers & Operations Research, vol. 31, no. 7 (2004).
- Preis, T., Moat, S. H., Stanley, H. E.: Quantifying Trading Behavior in Financial Markets Using Google Trends. In: Sci Rep, 3, 1684 (2013).
- Ruiz, J. E., Hristidis, V., Castillo, C., Gionis, A., Jaimes, A.: Correlating Financial Time Series with Micro-Blogging Activity. In: Proceedings of the fifth ACM international conference on Web search and data mining, pp. 513-522 (2012).
- Tapia, G. C., Coello, C. A.: Applications of Multi-Objective Evolutionary Algorithms in Economics and Finance: A Survey. In: IEEE Congress on Evolutionary Computation, pp. 532-539 (2007).
- Zitzler, E., Laumanns, M., Thiele, L.: SPEA2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm. In: Evolutionary Methods for Design, Optimization, and Control. In CIMNE, pp. 95-100 (2001).





# Náčrt udržateľného dôchodkového systému na Slovensku<sup>1</sup>

## Ako by mal vyzerat' náš dôchodkový systém o 10 rokov?

Miroslav Čamek

Slovenská asociácia poisťovní

*Po predchádzajúcich argumentoch o tom, že slovenský dôchodkový systém potrebuje zásadné zmeny, je férové ponúknuť aj návrh riešenia. Slovenská asociácia poisťovní teda predkladá nasledujúci návrh konečnej podoby dôchodkového systému. V tejto fáze nie je možné poskytnúť detailný návrh, domnievame sa však, že aj návrh principiálneho nastavenia má veľký význam. Skôr než predstavíme samotný návrh, je potrebné upozorniť, že reforma sa má plne týkať mladých ľudí – budúcich zamestnancov, čiastočne týkať tých, ktorí už v pracovnom procese dnes sú (v starobe by sa ich čiastočne týkali oba dôchodkové systémy, dnešní i navrhovaný), a vôbec sa netýka dnešných dôchodcov a tých, ktorí sa nimi v najbližších rokoch stanú (tí by mali plne ostať v starom systéme).*

- <sup>1</sup> Príspevok nadväzuje na príspevok autorov J. Žáková a M. Čamek s názvom Prečo je potrebné reformovať náš dôchodkový systém, uverejnený v časopise BIATEC, roč. 23, číslo 10/2015 < [http://www.nbs.sk/\\_img/Documents/\\_PUBLIK\\_NBS\\_FSR/Biatec/Rok2015/10-2015/biatec\\_10\\_2015\\_zakova.pdf](http://www.nbs.sk/_img/Documents/_PUBLIK_NBS_FSR/Biatec/Rok2015/10-2015/biatec_10_2015_zakova.pdf) >.
- <sup>2</sup> Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2003/41/ES o činnostiach a dohlade nad inštitúciami zamestnaneckého dôchodkového zabezpečenia (IORP).

Vychádzame zo základnej podmienky, že celý dôchodkový systém a jeho štruktúra sa bude musieť upraviť do štandardnej podoby, teda tak, aby bol kompatibilný a porovnateľný s ostatnými európskymi systémami. Čo by teda jeho jednotlivé prvky mali obsahovať, ako by mali byť financované a čo by mali budúcim dôchodcom poskytovať?

### PRVÝ PILIER – ZÁKLADNÝ DÔCHODOK

Táto časť systému by mala byť *organizovaná štátom a mala by byť povinná* pre každého človeka v aktívnom veku. Financovanie vychádza buď z odvodov (štátne dôchodkové poistenie), alebo – za predpokladu ich zrušenia – priamo z daní z príjmov. Časť týchto príspevkov by sa mala použiť na financovanie solidárnej dôchodkovej dávky a druhá časť na zásluhovú časť dávky, pretože dôchodok z neho by mal byť rozdelený na dve obsahovo čisté časti: solidárnu (fixnú) a zásluhovú (pohyblivú).

Solidárna časť znamená, že štát by z dôchodkových odvodov (prípadne priamo z daní, ak by odvody boli zrušené) vyplácal základnú dôchodkovú dávku, a to v rovnakej výške pre všetkých dôchodcov, resp. s prihliadnutím na vstupný vek a počet odpracovaných rokov. V praxi by to vyzeralo tak, že každý občan by po dovŕšení veku 65 rokov dostával od štátu napríklad mesačne 250 eur (resp. sumu, ktorú je možné z objemu príspevkov vyplácať bez toho, aby štát vytváral deficit) za predpokladu, že odpracoval minimálne 30 rokov (ak odpracoval menej, bola by jeho dávka alikvotne krátená).

Zásluhová časť priamo závisí od výšky príspevkov (vymeriavacieho základu alebo, zjednodušene, od výšky dlhodobých príjmov), a bola by teda pre každého dôchodcu iná, rádovo od pár desiatok až po niekoľko sto eur. Druhá časť príspevkov by sa teda akumulovala a investovala v rámci osobného dôchodkového účtu a po odchode

na dôchodok by bol kapitál použitý na kúpu doživotného dôchodku, t. j. zásluhovej časti. Tento systém de facto funguje už v súčasnosti a voláme ho druhý pilier: miesto jeho rušenia je tak možné plne ho zakomponovať aj do nového dôchodkového systému.

Základný dôchodok z prvého piliera by teda bol povinne dvojzložkový, skladajúci sa z fixnej a pohyblivej časti. Predpokladáme, že rozdiely vo výške jednotlivých dôchodkov by neboli veľké (záleží od nastavenia pomeru príspevkov do štátneho rozpočtu a do DSS), no tento základný dôchodok z prvého piliera (štát plus prvý pilier bis) by vhodne v sebe spájal solidaritu, ako aj fakt, že jednotliví občania doň prispievali v rôznej miere. Úlohou tohto piliera by nebolo zabezpečenie „švajčiarskych dôchodkov“, ale iba to, aby každý občan SR po odpracovaní daného počtu rokov a dosiahnutí určitého veku mal do konca života zabezpečený *stály a udržateľný príjem na zabezpečenie základných potrieb* (nákladov na bývanie, stravu či lieky). Jeho celková výška by bola závislá od výšky stanovených príspevkov a pomeru, akým by sa delili medzi oboma zložkami. Vzhľadom na vyššie uvedené čísla by tak bolo možné napríklad dosiahnuť dôchodok rádovo vo výške zhruba 270 až 450 eur pre všetkých dôchodcov za predpokladu, že odpracovali minimálny počet rokov. Je to málo? Na prežitie asi nie, na dôstojný život však asi áno. Je to však užitočná informácia pre každého budúceho dôchodcu, že ak si bude chcieť užžiť jeseň života, bude musieť rozmyšľať nad vstupom do druhého alebo tretieho piliera (prípadne oboch).

### DRUHÝ PILIER – ZAMESTNANECKÝ DÔCHODOK

V Európe je silne rozšírený systém dôchodkového sporenia organizovaného zamestnávateľmi, podľa pravidiel smernice IORP<sup>2</sup>. Tento systém zabezpečuje



čuje dodatočný dôchodkový príjem (nad úroveň základného dôchodku) z individuálneho účtu.

Rešpektujúc existujúcu situáciu na Slovensku, silný druhý pilier by bol ideálny pre zamestnancov s nižším a stredným vzdelaním, ktorí väčšinu aktívneho života pracujú pre 1 – 2 zamestnávateľov a ktorí nemajú široký prehľad o investičných možnostiach v treťom pilieri, resp. im vyhovuje, ak tieto otázky za nich vyrieši zamestnávateľ. Vstup do tohto druhého piliera by mal byť dobrovoľný, pričom jeho financovanie by bolo participatívne, časť príspevku by platil zamestnanec a časť zamestnávateľ (otázkou je pomer, napríklad 1 : 1, prípadne 2 : 1 a pod.). Oba príspevky by boli oslobodené od dane. Takýmto spôsobom by budúci dôchodcovia mohli získať k základnému dôchodku dodatočný príjem rádo vo výške niekoľkých desiatok až stovák eur mesačne. Výplatu dôchodku odporúčame premeniť buď na doživotný dôchodok, alebo na dočasný dôchodok v trvaní minimálne napr. 10 či 15 rokov. Možno uvažovať aj o zavedení možnosti čiastočného výberu nasporenej sumy, samozrejme, po splnení určitých podmienok.

Popri existujúcom doplnkovom dôchodkovom sporení, kde si však momentálne sporí iba relatívne malá časť zamestnancov, by mali mať ostatní zamestnanci a zamestnávatelia možnosť využívať aj iné formy prispievania zamestnávateľov na dôchodkové zabezpečenie svojich zamestnancov, ako napríklad *rámcové dôchodkové poisťné zmluvy* (ktoré sa hojne využívali v 90-tych rokoch, keď zamestnávatelia uzavierali poisťné zmluvy s bežným, ale často aj s jednorazovým poisťným pre zamestnancov odchádzajúcich do dôchodku s tým, že benefitom pre zamestnanca bola doživotná alebo dočasná anuita), či *iné, štátom uznané druhy finančných produktov a schém*.

V rámci tohto piliera bude dôležité vyriešiť aj dohľad nad zamestnávateľmi prevádzkujúcimi dôchodkové schémy, resp. nad spoločnosťami, ktoré ich spravujú, a najmä problematiku presunu nasporeného kapitálu v prípade zmeny zamestnávateľa.

### TRETÍ PILIER – SÚKROMNÝ DŮCHODOK

Na rozdiel od druhého piliera, ktorý má prevažne kolektívnu povahu, je tretí pilier založený na *individuálnej báze*. V praxi to znamená, že sa sporiteľ rozhodne, že každý mesiac či rok usporí ľubovoľnú sumu, ktorú následne vloží do vybraného produktu – *životného poisťenia, sporiacej schémy v podielových fondoch, formou investície do cenných papierov* (akcie, dlhopisy, ETF atď.), v rámci ktorého sa mu jeho úspory postupne zhodnocujú. Tento pilier je tak financovaný iba samotným sporiteľom, príspevky sú však plne oslobodené od dane. Nasporená suma sa pri odchode na dôchodok použije na kúpu doživotného dôchodku,

prípadne dočasného dôchodku na minimálnu dobu (10 až 15 rokov). Je možné povoliť aj výber časti nasporenej sumy v hotovosti, napríklad tak, že 20 % je voľných, zvyšok je možné vybrať iba po dodatočnom dodaní, (resp. po vrátení poskytnutej daňovej úľavy. Pri správnom nastavení a optimálnej miere príspevkov, pre ktorú sa sporiteľ rozhodne, je možné z tohto piliera získať dodatočný doživotný (alebo dlhodobý) príjem vo výške až niekoľkých stovák eur mesačne.

Úlohou takéhoto druhého a tretieho piliera je *získať k základnému dôchodku dodatočný príjem*, ktorý má na rozdiel od prvého piliera (základné životné potreby) za cieľ poskytnúť krytie nadštandardných nákladových položiek dôchodcu – napríklad zabezpečenie lepšej zdravotnej či sociálnej starostlivosti, financovanie dovoleniek a liečebných pobytov, príjem na výpomoc deťom či vnukom a pod.

### ZÁVER

Uvedomujeme si, že také rozsiahle zásahy do dôchodkového systému nie sú krátkodobou záležitosťou a že ich nemôže navrhnúť či presadiť jeden subjekt. V súvislosti s týmto návrhom sa určite budú dostávať do popredia mnohé otázky, ktoré pôjdu viac a viac do detailov – napríklad ako nastaviť parametre jednotlivých pilierov, resp. na ktorý z nich klásť väčší či menší dôraz. Vzhľadom na opakovane spomínané výzvy v súvislosti s demografickou krízou však jednoznačne odporúčame sústrediť sa najmä na druhý a tretí pilier tak, aby sa v ideálnom prípade príjem z nich podieľal na celkovom dôchodkovom príjme 40 až 60 percentami. To však predpokladá zmenu postoja k súkromnému sporeniu na dôchodok a jeho plnú podporu, a to nielen pomocou finančných benefitov, napríklad daňových úľav, ale najmä prostredníctvom dlhobodej cieľenej kampane na podporu súkromných dôchodkov a na vysvetľovanie nevyhnutnosti zmien celého systému širokej verejnosti.

Návrh Slovenskej asociácie poisťovní na komplexnú reformu dôchodkového systému nemá ambíciu byť individuálnou agendou poisťného trhu. Myslíme si však, že čas na principiálne zmeny v tejto oblasti už nastal, a ponúkame spoluprácu a pomoc aj ďalším subjektom, ktorých sa táto téma z odbornej stránky týka. Ako prvý krok navrhujeme zriadiť spoločnú platformu, ktorá by spájala ľudí, ktorí sa tejto téme na Slovensku dlhodobo venujú, sú ochotní venovať čas svojho vzácneho času na túto aktivitu a veria, že spoločným postupom sa podarí veci naozaj zmeniť. Cieľom tejto platformy by malo byť jednak vypracovanie uceleného návrhu na zmenu dôchodkového systému, ale súčasne aj komunikácia so širokou (laickou) verejnosťou. Jej pochopenie nevyhnutnosti zmien je totiž v tomto procese kľúčové.



## EXPECTED MACRO-ECONOMIC DEVELOPMENTS IN SLOVAKIA

Economic and Monetary Analyses Department of NBS

The Slovak economy grew by 0.9% in the third quarter of 2015 on the basis of strong investment demand. The growth trend is expected to continue in the quarters ahead, thanks largely to a domestic side of the economy buoyed by increasing real incomes and private investment. Annual GDP growth is projected to average 3.2% in 2016 and 3.3% in 2017. As work begins on a new car plant in Slovakia, the positive impact of that investment on GDP growth should start being seen in 2016 and its cumulative impact in 2016 and 2017 is estimated at 0.3 percentage point. Economic growth over the projection horizon is expected to be balanced, with the contribution of exports forecast to increase significantly in 2017. The strengthening of the real economy should boost job creation, and the unemployment rate is forecast to fall to 9% by the end of the projection horizon. Low energy prices are expected to be the main determinant of the inflation path. The average inflation rate is expected to remain low in 2016, at 0.4%, before rising to 1.8% in 2017 amid recovering demand and higher imported inflation. (p. 2)

## SELECTED ASPECTS OF THE CHINESE FINANCIAL MARKET

Miroslava Kosáková, Národná banka Slovenska

After years of exceptionally strong growth, the Chinese economy has become one of the most important components of the world economy. Since world markets tend to react to uncertainty, whether on the upside or downside, close attention is paid to what is happening in a country that is the world's largest exporter and a source of huge demand. The importance of the Chinese currency has also increased and the renminbi is now among the world's most traded currencies. Under the socialist market economy, the economic model applied in China, the Chinese government intervenes in the country's monetary policy and exchange rate, with the aim of gradually liberalising its capital market. Nevertheless, the country's economic variables remain subject to various restrictions and controls. (p. 4)

## INTERNATIONALISATION OF THE CHINESE CURRENCY: TOWARDS A MULTIPOLAR INTERNATIONAL MONETARY SYSTEM?

Lucia Országhová

As China establishes itself as the world's second largest economy and top trading nation, its currency, the renminbi (RMB), is also gaining popularity around the world. This article reviews the motivation and different measures undertaken by Chinese authorities for accelerating the RMB internationalisation process. We argue that the recent decision by the IMF to recognise the Chinese currency as fully convertible and to include it into the SDR basket will provide further impetus in increasing the international relevance of the Chinese currency. (p. 7)

## META-REGRESSION ANALYSIS IN ECONOMICS: LESSONS LEARNED

Zuzana Havránková, Institute of Economic Studies, Charles University, Prague

This article is based on my dissertation thesis of six papers that span the fields of macroeconomics, international economics and energy economics and are linked together by the methodology of meta-regression analysis. I use meta-analysis to quantitatively synthesise the reported research results on a given topic, correct the literature for publication selection bias, and filter out the effect of various misspecifications present in some primary studies. My results show that: 1) substantial cross-

country differences exist in the elasticity of intertemporal substitution in consumption; 2) the effect of borders on international trade can be explained away by innovations in methodology introduced in the last decade; and 3) there is significant publication bias in the literature on the social cost of carbon, price elasticity of gasoline demand, and the effect of foreign investment on local firms. I offer insights into best-practice methods in meta-analysis and discuss practical details missing in other guidelines. (p. 13)

## FINANCIAL NETWORK MODELLING

Jakub Danko, Faculty of Economics, Technical University of Košice

This article is based on my dissertation on financial network modelling, the aim of which was to monitor the financial market structure identified using the minimum spanning tree (MST) method (Montagna, 1999). As a discipline of discrete mathematics/graph theory, the MST method has in recent years been applied in the modelling of many structures, not just economic ones. This study focused on the US capital market, defined here by sectoral subindices of the Dow Jones Industrial Average (DJIA). The minimum spanning trees of the graph are estimated using overlapping time windows of 20 days for subindex returns between March 2001 and September 2014 and also using dynamic conditional correlations obtained from a GARCH (1,1) model. By applying a cluster analysis, the MSTs are subsequently grouped according to similarity of graphical representation of the capital market, and then they are analysed. In this article we look only at the most important and interesting findings from the analysis, whereas the original dissertation includes detailed examination of the theoretical framework and many partial analyses. (p. 18)

## APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS TO FINANCIAL MARKETS

Martin Jakubéci, Faculty of Management, Comenius University in Bratislava

In putting together a portfolio of stocks, investors face what can be described as a 'multi-objective optimisation problem' and their main considerations are revenue and risk. One of the algorithms that may be used to address this problem is genetic programming, which uses evolutionary operators to find solutions in a tree structure. The most common input data are historical stock prices. A new trend in this area is the incorporation of terms on the basis of their popularity in internet search-engine results. Evolutionary algorithms are effective at discerning which combinations of these data should be used as investment rule inputs. The solutions need to be validated by comparison with other strategies. Comparisons are typically made with market indices, but there are other interesting alternatives. This dissertation shows that genetic programming solutions based on search-engine results can compete with popular investment strategies and that they outperform them in most cases. (p. 25)

## OUTLINING A SUSTAINABLE PENSION SYSTEM FOR SLOVAKIA

Miroslav Čamek, Slovenská asociácia poisťovní

Having previously put the case for an overhaul of the Slovak pension system, the author outlines what the reformed the pension system should look like in the view of the Slovak Insurers' Bureau. Although it is not possible at this stage to provide a detailed proposal, the outline for the core aspects is a major step. The basic premise is that the whole pension system and its structure need to be converted into a standard form that will be compatible with, and similar to, the pension systems of other European countries. (p. 30)

