

Štrukturálne závislosti národných inovačných systémov: modelovanie nelineárnej dynamiky inštitúcií pomocou neurónových sietí¹

Vladimír BALÁŽ*

Structural Dependencies of the National Innovation Systems: Modelling Non-linear Dynamics of Institutions with Neural Network

Abstract

This paper examines structural dependencies within the national innovation systems of 125 countries in period 2006 – 2008. Some 37 partial indicators from the World Economic Forum and World Bank databases are aggregated into 11 independent and 2 dependent variables. Variable relations account for distinctive non-linear dynamics and are modelled via two-step cluster analysis and artificial neural networks. Overall quality of education system, property rights, law and ethics, and competition forces are identified major predictors for innovativeness. The paper also examines some assumptions by the varieties of capitalism theory on institution complementarities and level of innovativeness. No evidence is found for liberal (coordinated) economies having more efficient innovation systems than mixed ones.

Keywords: national innovation systems, varieties of capitalism, neural networks, varieties of capitalism

JEL Classification: O32, O43, P11

Úvod: inovácie, inštitúcie a ekonomický rast

Moderné ekonomické teórie pokladajú za hlavný zdroj ekonomického rastu nové technológie a poznatky. Víťazom v medzinárodnej konkurencii sa stávajú krajiny, ktoré dokážu vyvinúť komerčne uplatniteľné inovácie a/alebo high-tech

* Vladimír BALÁŽ, Prognostický ústav SAV, Šancová 56, 811 05 Bratislava 5; e-mail: vbalaz@yahoo.com

¹ Tento článok bol podporený grantom VEGA č. 2/0058/10 *Štrukturálna adaptácia malej otvorenej ekonomiky* a Centrom pre rozvoj sídelnej infraštruktúry znalostnej ekonomiky (SPECTRA+) č. 26240120002.

produkty. V súvislosti s novým pohľadom na zdroje rastu narástol aj záujem vedeckej obce o skúmanie princípov tvorby a difúzie poznatkov a technológií. Výskum v tejto oblasti zaznamenal v posledných desaťročiach významný posun v definovaní tém a aplikácii analytických metód. Od pôvodného sústredenia sa na oblasť vedy a techniky sa pozornosť presunula k systémovým otázkam generovania a využívania poznatkov. V tomto smere dochádza k zblížovaniu výskumu o tvorbe a difúzii poznatkov a technológií s kľúčovými otázkami inštitucionálnej ekonómie. Inštitucionálna ekonómia sa vo svojich začiatkoch orientovala hlavne na úlohu štátu pri formulácii národných ekonomických politík. Druhá generácia štúdií v inštitucionálnej ekonomii reagovala na vplyv ropných šokov a vysokej inflácie a nezamestnanosti v 70. a 80. rokoch minulého storočia a sústredila sa na úlohu sociálno-ekonomických aktérov (najmä odborov) pri dosahovaní spoločenského konsenzu (Casper et al., 2005, s. 199). V 80. a 90. rokoch sa záujem presunul na rolu národných inovačných systémov (NIS) pri generovaní ekonomického rastu, a na ciele a nástroje inovačných politík (Lundvall, 1992; Edquist, 1997). Akceptuje sa, že efektívnosť NIS nemožno posudzovať izolovane od širšieho systému sociálnych a ekonomických inštitúcií krajiny, v ktorej tento systém funguje. Zmeny v regulácii podnikateľského prostredia, ochrane vlastníckych práv, reformy vzdelávacej sústavy, nastavenie sústavy daní, otvorenosť krajiny voči toku tovarov, kapitálu a poznatkov, to všetko má významný vplyv na rozvoj inovácií, ľudského kapitálu a v konečnom dôsledku aj na ekonomický rast.

Pojmový a metodologický aparát inštitucionálnej ekonómie našiel široké uplatnenie pri analýze štrukturálnych závislostí NIS. Veľkú popularitu si získala najmä teória variet kapitalizmu (*varieties of capitalism* – VOC), ktorá hľadá súvislosti medzi ekonomickým rastom a štruktúrou inštitúcií regulujúcich trhy práce, kapitálu a poznatkov v moderných kapitalistických ekonomikách. V každej krajine sa spomenuté inštitúcie v dôsledku špecifických vzorov historického vývoja kombinujú osobitným spôsobom. Tória VOC argumentuje, že na ekonomický rast a inovačnú výkonnosť vplyva nielen vyspelosť jednotlivých inštitúcií, ale aj spôsob ich kombinácie v zmysle väčšej či menšej vzájomnej komplementárnosti.

Štúdium štrukturálnych závislostí NIS a variet kapitalizmu sa dlhý čas nieslo v teoretickej rovine, resp. malo podobu prípadových štúdií a kvalitatívnych porovnaní medzi niektorými vyspelými krajinami. Nové impulzy prinieslo vytvorenie merateľných indikátorov kvality inštitúcií vo väčšine krajín sveta cca po roku 2000. Veľkú zásluhu na tom majú medzinárodné organizácie a finančné inštitúcie, najmä Svetové ekonomické fórum (WEF), Svetová banka (SB), Organizácia Spojených národov, Medzinárodná telekomunikačná únia atď. Indikátory sú konštruované jednak vo forme „mäkkých dát“ (reprezentujúcich názory oslovených odborníkov a podnikateľov na kvalitu inštitúcií), jednak vo forme

„tvrdých dát“ (vyjadrujúcich numerické parametre rozličných aktivít na trhu práce, v podnikateľskom prostredí, súdnictve a pod.) a pokrývajú veľmi široký okruh ekonomických a sociálnych inštitúcií vo väčšine krajín sveta.² Lepšia dostupnosť inštitucionálnych indikátorov umožnila uplatniť pri štúdiu NIS a variet kapitalizmu pokročilé metódy matematicko-štatistickej analýzy, napríklad faktorovú analýzu (pozri napr. Hall a Gingerich, 2004; Fagerberg a Srholec, 2008) a modely štrukturálnych rovníc (Chen, 2008). Táto práca sa zaraďuje do prúdu empirického skúmania vzťahov medzi schopnosťou krajín profitovať z generovania a difúzie poznatkov na strane jednej a štruktúrou systému ich ekonomických a sociálnych inštitúcií na strane druhej. Osobitne si kladie za cieľ:

- overiť potenciál moderných matematicko-štatistických metód dolovania dát (*data mining*) pri analýze dynamiky národných sociálnych a ekonomických inštitúcií a NIS na základe súboru dát zo 125 ekonomík sveta;
- otestovať niektoré predpoklady teórie variet kapitalizmu o vzťahu inovatívnosti a komplementárnosti vybraných subsystémov národných systémov inštitúcií.

Štrukturálne závislosti národných inovačných systémov

Podkladové údaje pre charakteristiku štrukturálnych závislostí národných inovačných systémov by mali pokrývať (a) čo najširší rozsah inštitúcií (a efektívnosť ich fungovania), a (b) zároveň čo najväčší počet krajín. Napriek pokroku v kompilácii databáz inštitucionálnych indikátorov nie je jednoduché naplniť obe podmienky súčasne. Problémom je napríklad len čiastková dostupnosť „tvrdých“ ukazovateľov VaV za mnohé krajiny Ázie a Afriky. Pragmatickým riešením je pokrývať vybrané inštitucionálne súvislosti čo najširším počtom dostupných indikátorov tak, aby ich vzájomná kombinácia definovala skúmané súvislosti v rozumnom rozsahu a kvalite. Poznámky k charakteru a dostupnosti dát sú v dátovej a metodologickej prílohe. Táto analýza sa bude opierať o súbor 11 vstupných indikátorov a 2 výstupných premenných.

Vstupné premenné

V literatúre o inováciách panuje zhoda v tom, že premena poznatkov na ekonomickú konkurencieschopnosť závisí predovšetkým od kvality ľudských zdrojov,

² Príkladom „mäkkých dát“ je indikátor WEF *Výdavky podnikov na VaV*. Kladie sa respondentom vo forme otázky s možnosťou hodnotenia: „Podniky vo vašej krajine 1 = nevydávajú peniaze na VaV až 7 = majú vysoké výdavky na VaV, v medzinárodnom porovnaní.“ Indikátor Svetovej banky *Výdavky na VaV v pomere k HDP* je založený na štatistických údajoch členských štátov. Korelačný koeficient medzi „mäkkým“ indikátorom WEF a „tvrdým“ indikátorom SB na rok 2008 bol 0,859. Indikátory nie sú totožné, majú však vysoký stupeň porovnateľnosti a logického súvisu, a možno ich agregovať pri vytváraní kompozitných indikátorov.

rozsahu a kvality infraštruktúry a v neposlednom rade aj od fungovania inštitúcií zabezpečujúcich vlastnícke práva, podnikateľské prostredie a prístup ku kapitálu. Efektívna a transparentná vláda a súdnictvo sú pre tvorbu a difúziu inovácií nenahraditeľné. Podnik vstupujúci na trh s novým výrobkom alebo službou má vyššie náklady a podstupuje vyššie riziko ako jeho konkurenti s etablovanými produktmi. Pri existujúcich výrobkoch a službách je možné posúdiť, ako ich zákazníci prijímajú a ako treba nastaviť pomer ceny, kvality a množstva. Pri nových výrobkoch a službách sa inovujúci podnik ocitá v prostredí neistoty ohľadne akceptácie jeho úžitkových vlastností, ceny a trhového potenciálu. Čím je inovácia radikálnejšia, tým vyšší potenciálny výnos ponúka. Úspešná inovácia sa pre podnik môže stať dočasným zdrojom renty a nadštandardného podielu na trhu.³ Na ochranu renty a podielu na trhu podnik potrebuje určitú minimálnu úroveň právnej istoty a predvídateľnosti správania relevantných aktérov trhu. V neefektívnych a netransparentných režimoch sa renta a nadštandardný podiel na trhu dosahujú inými spôsobmi, ako sú technologické či organizačné inovácie, a takéto režimy rozvoju inovácií neprajú. Veľká časť inovácií sa končí komerčným neúspechom.⁴ V mnohých prípadoch má zlyhanie podobu bankrotu. Je veľmi dôležité, aby sa prostriedky vložené do inovácií neumŕtvili, ale vrátili do podnikania. Nevyhnutnou podmienkou pre hladké fungovanie procesu tzv. kreatívnej deštrukcie je efektívny systém súdov a zákonov regulujúcich bankroty a vymáhanie pohľadávok. Význam inovácií a kreatívnej deštrukcie pre ekonomický rast rozpoznal už J. Schumpeter (1934). Intenzita a vzory inovatívnosti sa menia aj v závislosti od veľkosti a otvorenosti ekonomiky. Najmä malé ekonomiky sa musia špecializovať na produkciu limitovaného počtu produktov a služieb. Poznatky relevantné pre ostatné odvetvia musia inkorporovať prostredníctvom transferu technológií stelesnených v dovážaných tovaroch, službách a zahraničných investíciách. Indikátory sily konkurencie, kreatívnej deštrukcie, ako aj ukazovatele celkovej otvorenosti krajiny voči zahraničnému obchodu a priamym zahraničným investíciám (PZI) teda nemôžu chýbať pri charakteristike inštitucionálneho prostredia vhodného na rozvoj inovácií. Na charakteristiku

³ Prieskum na vzorke 50 globálnych firiem v automobilovom, farmaceutickom, energetickom priemysle, výrobcov spotrebných tovarov o podnikov činných v high-tech a IKT sektoroch napríklad ukázal, že 49 % inovácií prinieslo výnosy 3-násobne vyššie, 18 % výnosy 10-násobne vyššie a 5 % výnosy až 30-násobne vyššie ako vstupné investície v roku 2009 (PDMA, 2010).

⁴ Mierey komerčného úspechu sa rôznia podľa druhu inovácií (inkrementálne verzus radikálne, procesné verzus produktové), fáz inovačného cyklu a typu inovujúcich podnikov. Prieskumy medzi priemyselnými výrobcami v USA naznačujú, že z 3 000 nápadov sa len 125 dostane do fázy výskumných projektov, 9 do podoby prototypov, 2 do štádia produktov uvedených na trh a len 1 sa stane komerčne úspešným projektom (Stevens and Burley, 1997). Ak za mieru úspechu budeme považovať počet úspešných produktov k počtu produktov uvedeným na trh, miera úspechu je cca 50 %. V prípade prototypov je to cca 11 %. Vo všeobecnosti sa približne polovica nových produktov stiahne z trhu do jedného roka od ich uvedenia.

uvedených systémov inštitúcií sú v tomto článku použité indikátory 1 – 7 (charakteristiku indikátorov pozri nižšie).

Menej jasný je vplyv výšky prerozdelenia vytvoreného produktu prostredníctvom verejných financií, ochrany zamestnancov pred prepúšťaním či nákladov potrebných na založenie podniku na rozvoj inovácií. Ekonómovia obhajujúci tzv. neviditeľnú ruku trhu majú v týchto otázkach odlišné názory od zástancov silnej intervencie štátu, pričom obe strany dokážu uvádzať pozitívne príklady z veľmi rozdielnych typov krajín. Význam intervencie štátu na trhoch práce, v podnikateľskom prostredí a pri prerozdeľovaní produktu charakterizujú premenné 8 – 11.

Výstupné premenné

Výstupom dobre fungujúceho systému sociálnych a ekonomických inštitúcií by mal byť efektívny národný inovačný systém. Inovatívnosť má mnoho dimenzií, od intenzity výskumu a vývoja (VaV), cez rozsah kooperácie akademickej a podnikovej sféry až po kvalitatívnu štruktúru exportov. Pravdepodobne najkomplexnejším indikátorom inovatívnosti je *Sumárny inovačný index* (SII) Európskej komisie (EC, 2010), ktorý bol vyvinutý v rámci iniciatívy ProInno Europe – Trendchart a v roku 2009 pokrýval 29 dimenzií inovatívnosti. Bohužiaľ, SII je dostupný len pre obmedzený počet krajín. Kompozitný ukazovateľ inovatívnosti pre väčšinu krajín sveta si musí vystačiť s menším počtom čiastkových indikátorov.

Databázy Svetovej banky poskytujú niektoré kvantitatívne indikátory národných systémov vedy a techniky. Klasickým ukazovateľom inovatívnosti sú výdavky na VaV. Zachytávajú významnú časť, ale zďaleka nie celé úsilie venované na rozvoj inovácií. Inovatívnosť firiem a krajín závisí od celého radu technologických, ale aj organizačných a marketingových inovácií, z ktorých len časť sa realizuje pomocou VaV. Inovácie s nízkou intenzitou VaV sú typické pre väčšinu rozvojových a tranzitívnych ekonomík. Iným často používaným indikátorom inovatívnosti je intenzita patentovej aktivity (v prepočte na 1 mil. obyvateľov). Aj tento indikátor má svoje limity, lebo zďaleka nie všetky inovácie však rezultujú do patentov. Patentová intenzita, navyše, značne kolíše medzi jednotlivými odvetvami a tým aj krajinami, ktoré sa na špecializujú na špecifické odvetvia. Stupeň inovatívnosti krajiny sa odráža aj v štruktúre jej exportov. Môžeme predpokladať, že krajiny s nízkym stupňom inovatívnosti exportujú predovšetkým suroviny a polovýrobky, kým krajiny s vyspelými inovačnými systémami vyvážajú predovšetkým sofistikované tovary a služby. Vzhľadom na celkový posun od priemyslu k službám vo vyspelých ekonomikách by najvhodnejším indikátorom bol podiel poznatkovo intenzívnych služieb na celkových exportoch a objem

a štruktúra technologickej platobnej bilancie. Údaje tohto typu sú dostupné len pre menšinu krajín. Ako náhradné ukazovatele možno použiť indikátory aproximujúce kvalitu štruktúry exportov z hľadiska podielu podiel high-tech výrobkov a informačných a komunikačných technológií (IKT) na celkových exportoch tovarov. Istou nevýhodou tohto indikátora je, že nevystihuje stupeň inovatívnosti tých krajín, ktoré svoje odvetvia high-tech strojárstva a elektronického priemyslu vyviezli do rýchlo rastúcich ekonomík a nahradili ich odvetviami sofistikovaných služieb. Dobre dostupné sú údaje o počtoch internetových serverov, ktoré aproximujú inovačnú infraštruktúru potrebnú na difúziu poznatkov.

Indikátory pokrývajúce intenzitu podnikových výdavkov na VaV, intenzitu spolupráce akademickej a podnikovej sféry, ochotu podnikov inovovať, kvalitu výskumných inštitúcií, a rozsah ľudských a finančných zdrojov (ktoré SII získava v rámci európskeho inovačného prieskumu) možno aproximovať indikátormi pre uvedené dimenzie inovácií z NIS. Korelačná analýza „mäkkých“ a „tvrdých“ indikátorov potvrdzuje ich vysokú previazanosť. Uvedené dimenzie efektívnosti NIS boli pri analýze v tomto článku reprezentované indikátormi 12 – 13 a kompozitným indikátorom „Celková inovatívnosť“.

Aby sa zachytila čo najširšia paleta inštitúcií, väčšina premenných bola konštruovaná na základe agregovania a priemerovania čiastkových premenných. Podmienkou priemerovania premenných bol (a) logický súvis čiastkových indikátorov a (b) vzájomný korelačný koeficient s každým iným priemerovaným čiastkovým indikátorom vyšší ako 0,8. Celkovo 11 agregovaných nezávisle premenných (č. 1 – 11) obsahuje 27 čiastkových indikátorov a 2 agregované závisle premenné (č. 12 a 13) obsahujú 10 čiastkových indikátorov:

1. Vlastníctvo, právo a etika je priemerom ôsmich indikátorov: 1.1 vlastnícke práva, 1.2 ochrana práva duševného vlastníctva, 1.3 korupcia a rozkrádanie verejných fondov, 1.4 nezávislosť rozhodovania súdov, 1.5 selektívne uprednostňovanie korupčných firiem vládou, 1.6 efektívnosť právneho rámca pri riešení sporov podnikov, 1.7 efektívnosť právneho rámca pri odvolávaní sa podnikov proti rozhodnutiam vlády, 1.8 etika správania podnikov voči vládam a iným podnikom.

2. Celková kvalita infraštruktúry

3. Podiel novoprijatých študentov vysokých škôl na populačnom ročníka v %

4. Kvalita vzdelávacieho systému je priemerom štyroch indikátorov: 4.1 celková kvalita vzdelávacieho systému, 4.2 prístup k internetu v školách, 4.3 dostupnosť služieb výskumu a špecializovaného vzdelávania a 4.4 vzdelávanie a rozvoj zamestnancov.

5. Sila konkurencie je priemerom troch indikátorov: 5.1 intenzita konkurencie na miestnom trhu, 5.2 dominancia trhu jedným alebo niekoľkými podnikmi a 5.3 orientácia podnikov na zákazníkov.

6. Význam zahraničného obchodu a PZI je priemerom štyroch indikátorov: 6.1 ochrana domáceho trhu pred dovozom zahraničných výrobkov, 6.2 rozšírenie zahraničného

vlastníctva, 6.3 podmienky pre vstup zahraničného kapitálu a 6.4 byrokratická záťaž pri exportovaní tovarov.

7. Kreativná deštrukcia je priemerom dvoch indikátorov: 7.1 počet rokov potrebných na vyriešenie bankrotu a 7.2 náklady na bankrot ako podiel hodnoty vlastníctva.

8. Náklady založenia podniku vyjadrené v počtoch dní

9. Index rigidity zamestnania vyjadrujúci náklady podnikov na prijímanie a prepúšťanie pracovníkov

10. Celková miera zdanenia podnikov, vyjadrená ako % zisku podnikov

11. Vynútitel'nosť práva vyjadrená v priemernom počte dní potrebných na riešenie sporu

12. Inovačný potenciál je priemerom ôsmich indikátorov: 12.1 inovačná kapacita krajiny (nákup technológií verzus vlastný vývoj), 12.2 kvalita výskumných inštitúcií, 12.3 podnikové výdavky na VaV, 12.4 úroveň spolupráce medzi podnikovou a akademickou sférou, 12.5 dostupnosť vedeckého a technického personálu, 12.6 počet patentov na 1 mil. obyvateľov, 12.7 výdavky krajiny na VaV ako % HDP a 12.8 počet internetových serverov na 1 mil. obyvateľov.

13. High-tech a IKT exporty je priemerom dvoch indikátorov: 13.1 podiel high-tech exportov na celkových exportoch a 13.2 podiel IKT na celkových exportoch.

Kompozitný indikátor „Celková inovatívnosť“ je priemerom premenných 12.1 – 12.8 a 13.1 – 13.2.

Premenné 1, 3, 4, 5, 6 a 12.1 – 12.5 pochádzajú z databázy WEF a sú uvádzané na normalizovanej škále od 1 = najhorší stav, až po 7 = najlepší stav. Premenné 3, 12.6 – 12.8 a 13.1 – 13.2 pochádzajú z online databázy Svetovej banky *World Development Indicators* a premenné 7, 8, 9, 10 a 11 pochádzajú z databázy *Doing Business* tej istej inštitúcie. Indikátory z databáz SB sú „tvrdé dáta“ (vyjadrené v naturálnych jednotkách a %). Pretože indikátory z databáz WEF tvoria dve tretiny celkových indikátorov a sú vyjadrené na normalizovanej škále 1 – 7, aj premenné z databáz SB boli na účely priemerovania premenných a kontextuálnej analýzy prepočítané na tú istú normalizovanú škálu 1 – 7 tak, aby ich bolo možné priamo porovnať s premennými z databázy WEF.

Priemerné normalizované hodnoty agregovaných indikátorov 1 – 13 a kompozitného indikátora *Celková inovatívnosť* pre vybrané krajiny podáva tabuľka 1.

Základné štrukturálne súvislosti národných inovačných systémov a sociálnych a ekonomických systémov pre celú vzorku 125 krajín charakterizuje tabuľka 2, založená na korelačnej analýze. Zreteľne je vidieť vysokú korelovanosť premenných 1 – 7 s premennými charakterizujúcimi inovačný potenciál, high-tech a IKT exporty a celkovou inovatívnosťou, ale aj tesné vzájomné vzťahy medzi týmito nezávisle premennými navzájom. Korelačná analýza slúži ako východiskový bod na určenie základných závislostí medzi niektorými kľúčovými subsystémami národných systémov ekonomických a sociálnych inštitúcií navzájom, ako aj ich vzťahu k NIS. Vstupné premenné, ktoré mali koreláciu s výstupnými

premennými (č. 12 – 13) vyššiu ako 0,5 (t. j. premenné 1 – 7), boli zaradené do ďalšieho kola analýzy využívajúceho modely neuronových sietí.

T a b u ľ k a 1

Postavenie vybraných krajín v rebríčku inovatívnosti a VOC

Premenná	Cz	Hu	Pl	Sk	Fi	Dk	Be	Pt	Gr	min	max
1 Vlastníctvo, právo a etika	3.67	3.85	3.54	3.64	6.11	6.23	5.02	4.62	4.00	1.89	6.28
2 Celková kvalita infraštruktúry	4.42	4.24	2.76	3.96	6.43	6.37	5.89	5.39	4.42	1.50	6.77
3 Podiel prijatých na VŠ	3.82	4.80	4.97	3.55	6.72	5.67	4.93	4.55	6.16	1.04	7.00
4 Kvalita vzdelávacieho systému	4.87	4.09	4.11	4.15	5.84	5.89	5.45	4.21	3.57	1.99	6.01
5 Sila konkurencie	5.00	4.52	4.61	4.82	5.57	5.70	5.69	4.59	4.53	2.90	6.27
6 Význam zahr. obchodu a PZI	5.38	5.31	4.47	5.81	5.86	5.65	5.56	5.25	4.77	2.69	6.45
7 Kreatívna deštrukcia	5.91	3.46	4.08	3.96	1.61	2.49	1.69	2.36	3.23	1.40	6.99
8 Náklady založenia podniku	1.23	1.27	1.27	1.22	1.12	1.05	1.19	1.20	1.33	1.02	7.00
9 Index rigidity zamestnania	2.01	2.92	2.84	2.71	4.19	1.55	2.32	4.35	4.90	1.00	7.00
10 Celková miera zdanenia	2.01	2.15	1.84	2.00	1.99	1.69	2.22	1.92	2.06	1.23	7.00
11 Vymožiteľnosť práva	3.18	2.12	4.10	2.88	1.78	2.27	2.68	2.92	3.73	1.40	7.00
12 Inovačný potenciál	3.52	3.08	2.79	2.82	5.14	4.74	4.14	3.10	2.68	1.80	5.62
13 High-tech a IKT exporty	2.38	3.36	1.52	2.04	2.85	2.06	1.51	1.81	1.58	1.00	7.00
Celková inovatívnosť*	3.29	3.14	2.53	2.66	4.68	4.21	3.62	2.84	2.46	1.66	5.09
<i>Index koordinácie</i>	<i>2.11</i>	<i>2.11</i>	<i>2.51</i>	<i>2.20</i>	<i>2.27</i>	<i>1.64</i>	<i>2.10</i>	<i>2.60</i>	<i>3.00</i>	<i>1.23</i>	<i>4.48</i>

Poznámky: min = minimálne pozorované skóre, max = maximálne pozorované skóre. Škála 1 = najhoršie, 7 = najlepšie je pre premenné 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 13 a 1 = najlepšie, 7 = najhoršie pre premenné 7, 8, 9, 10, 11. Údaje sú priemer Y za roky 2006 – 2008.

Zdroj: Výpočty autora na základe údajov World Bank (2010) a WEF (2010).

Nelineárna dynamika národných inovačných systémov

Analýzy štrukturálnych závislostí národných inovačných systémov sú typické veľkým počtom indikátorov. Snažia sa ich redukovať na menší počet dimenzií pomocou faktorovej analýzy. Následne sa hľadajú súvislosti medzi faktormi pomocou lineárnej regresie, alebo modelmi štrukturálnych rovníc. Výhodou týchto prístupov je prístupnosť interpretácie väzieb na základe regresných vzťahov. Tieto metódy však predpokladajú, že závislosti sú lineárne a skúmané premenné majú normálne rozdelenie. Skutočnosť je odlišná. Vzťahy medzi inovačným potenciálom na strane jednej a významom istoty vlastníckych práv, dodržiavania zákonov a etiky, kvalitou vzdelávacieho systému, silou konkurencie či otvorenosťou voči zahraničnému obchodu a PZI na strane druhej sú lepšie vystihnuté krivkami vyššieho stupňa ako priamkou. V prípade spomenutých ukazovateľov sa vzájomný vzťah najlepšie aproximoval kubickou krivkou (graf 1).

Ďalším problémom je distribúcia početností závisle premenných. Kým „mäkké“ premenné získavané pomocou normalizovaných škál (napr. čiastková premenná 12.1 „inovačná kapacita“) môžu mať rozdelenia blížiacie sa normálnemu, mnoho „tvrdých“ premenných, získaných z medzinárodných štatistík, má rozdelenie výrazne odlišné od normálneho (graf 2).

Tabuľka 2

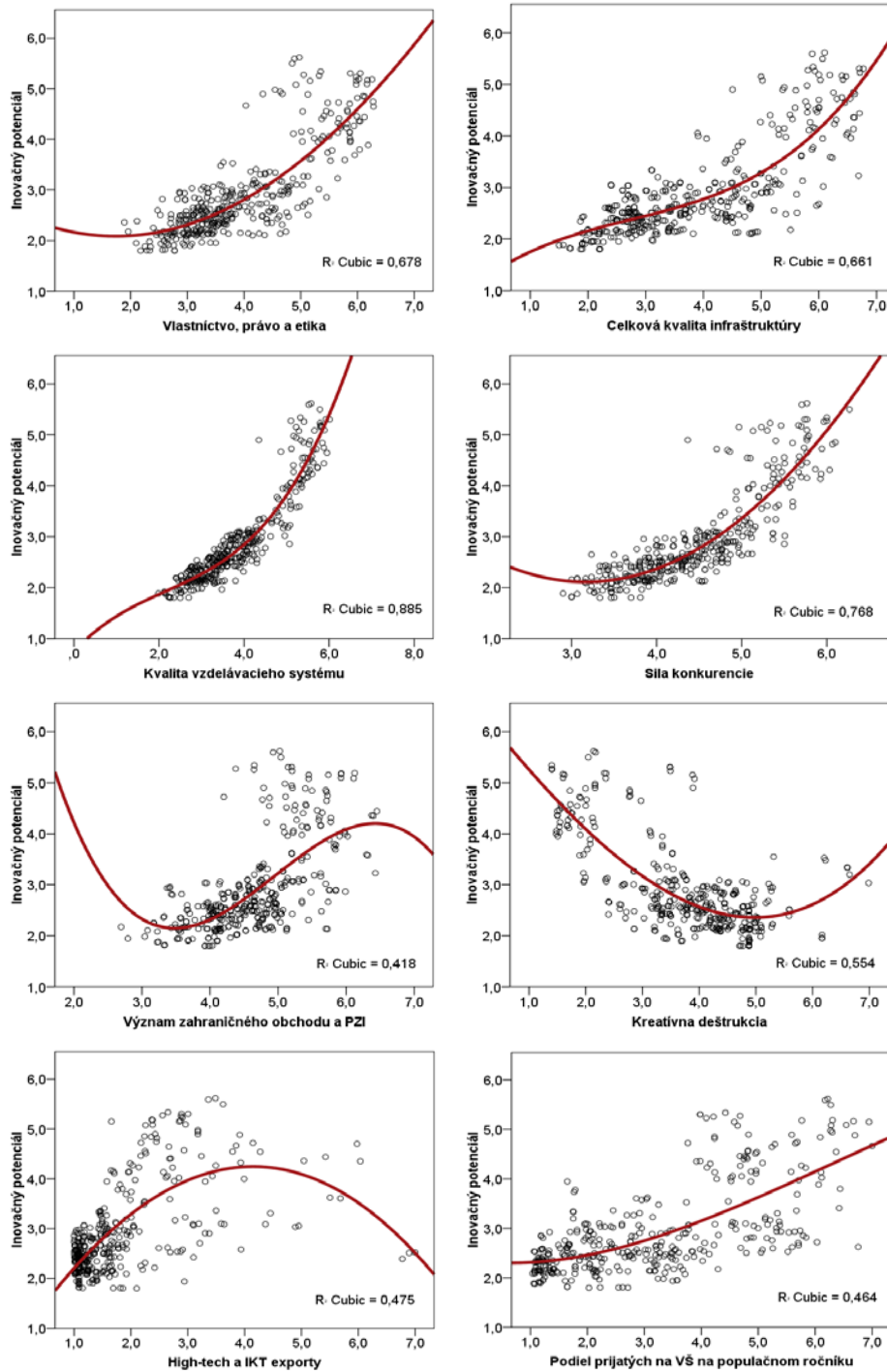
Korelačná analýza závisle a nezávisle premenných

Premenná	Vlastníctvo, právo, etika	Celková kvalita infraštruktúry	Podiel novoprijatých VŠ	Kvalita vzdelávacieho systému	Sila konkurencie	Význam ZO a PZI	Kreatívna deštrukcia	Náklady založenia podniku	Index rigidity zamestnania	Celková miera zdanenia	Vynútiteľnosť zmlúv	Inovačný potenciál	High-tech a IKT exporty
1 – Vlastníctvo, právo, etika	1.000												
2 – Celková kvalita infraštruktúry	0.875	1.000											
3 – Podiel novoprijatých na VŠ	0.490	0.579	1.000										
4 – Kvalita vzdelávacieho systému	0.870	0.867	0.691	1.000									
5 – Sila konkurencie	0.831	0.813	0.571	0.903	1.000								
6 – Význam ZO a PZI	0.807	0.740	0.407	0.753	0.732	1.000							
7 – Kreatívna deštrukcia	-0.671	-0.660	-0.580	-0.652	-0.581	-0.561	1.000						
8 – Náklady založenia podniku	-0.255	-0.246	-0.238	-0.283	-0.252	-0.280	0.309	1.000					
9 – Index rigidity zamestnania	-0.324	-0.288	-0.053	-0.277	-0.240	-0.275	0.246	0.076	1.000				
10 – Celková miera zdanenia	-0.163	-0.176	-0.083	-0.167	-0.105	-0.147	0.116	-0.052	0.143	1.000			
11 – Vynútiteľnosť zmlúv	-0.252	-0.305	-0.314	-0.313	-0.223	-0.242	0.313	0.388	0.055	0.015	1.000		
12 – Inovačný potenciál	0.807	0.783	0.671	0.915	0.840	0.626	-0.656	-0.230	-0.227	-0.121	-0.286	1.000	
13 – High-tech a IKT exporty	0.406	0.401	0.393	0.549	0.447	0.348	-0.352	-0.060	-0.165	-0.045	-0.230	0.541	1.000
Celková inovatívnosť	0.787	0.769	0.660	0.914	0.830	0.630	-0.644	-0.218	-0.238	-0.118	-0.300	0.979	0.689

Poznámka: Závislosti vyššie ako 0,5 sú vyznačené tučne. Závisle premenné (12, 13 a celková inovatívnosť) sú označené tieňovaním.

Zdroj: Výpočty autora na základe údajov World Bank (2010) a WEF (2010).

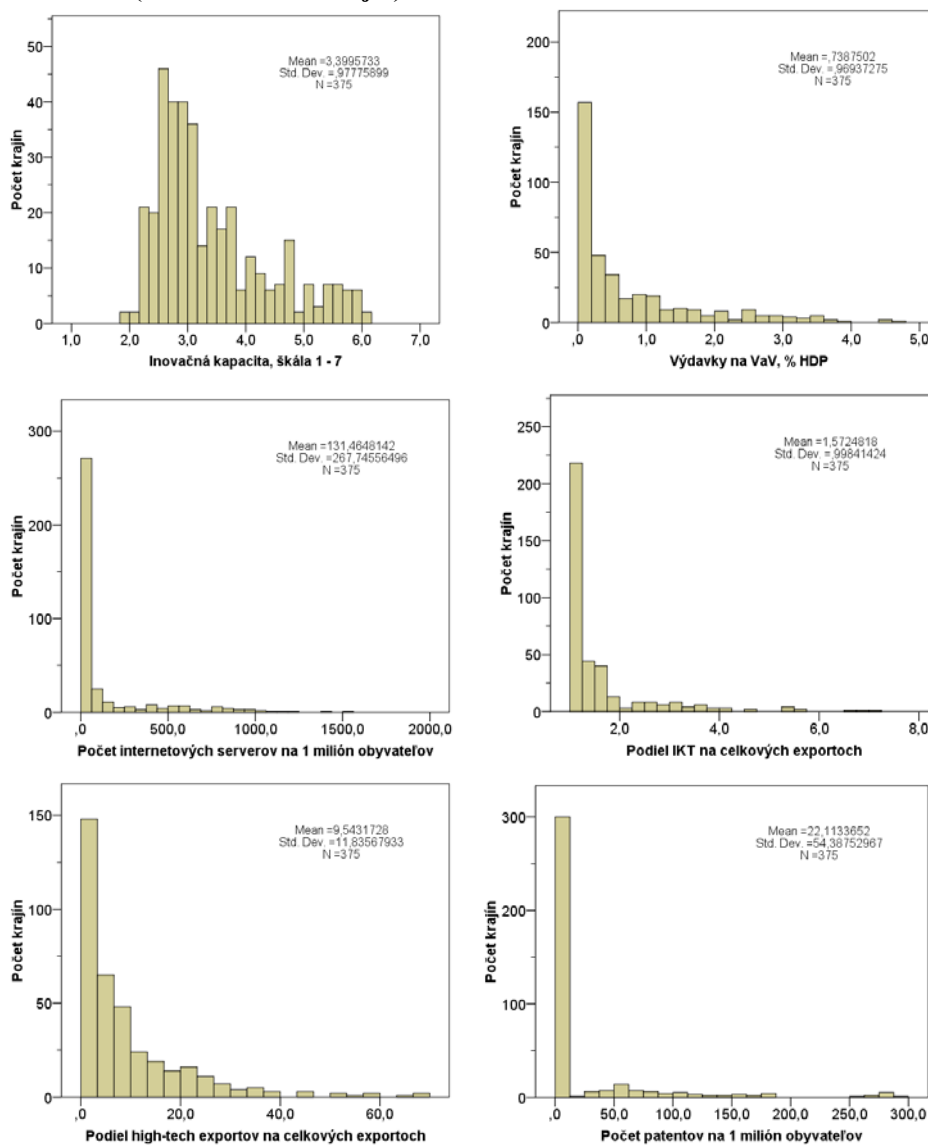
Graf 1
Vybrané súvislosti národných inovačných systémov



Zdroj: Výpočty autora na základe údajov World Bank (2010) a WEF (2010).

Graf 2

Distribúcia vybraných ukazovateľov inovatívnosti podľa krajín v rokoch 2006, 2007 a 2008 (vzorka: 3 x 125 krajín)



Zdroj: Výpočty autora na základe údajov World Bank (2010) a WEF (2010).

Odchýlka od normálneho rozdelenia je niekedy taká veľká, že ju neodstráni ani úprava dát pomocou štandardizácie, resp. ich transformácia použitím logaritmickej alebo mocninových funkcií. Používanie matematicko-štatistických metód vychádzajúcich z lineárnej regresie môže podať skreslený obraz o dynamike inštitucionálnych štruktúr inovačných systémov. Veľkým (a nie vždy

priznaným) problémom regresných metód skúmajúcich závislosť inovatívnosti od súboru vysvetľujúcich premenných je multikolinearita. Mnoho tradične používaných vysvetľujúcich premenných (napr. kvalita vzdelania a infraštruktúry, ochrana vlastníckych práv) je navzájom silne korelovaných (pozri napr. tab. 2). Lineárna regresia založená na súbore 11 nezávisle premenných uvedených v tabuľke 1 a závisle premennej „Celková inovatívnosť“ by napríklad mala *condition index* (ukazovateľ multikolinearity) vo výške 61,5; pričom už hodnoty presahujúce 15 sa považujú za problematické.

Vzhľadom na nelineárnosť závislostí a odchýlky od normálneho rozdelenia pri závisle premenných je vhodné použiť na analýzu dát niektorú z metód, ktorá dokáže tieto obmedzenia prekonať. Táto práca na analýzu nelineárnej dynamiky národných inovačných systémov využíva modely umelých neurónových sietí (*artificial neural networks* – ANN). Veľkou výhodou ANN je, že nevyžadujú zadanie popisu štruktúry závislostí medzi dátami (napr. lineárne, nelineárne). Sieť pri odvodzovaní pravidiel pre vzťahy medzi dátami využíva nelineárne funkcie (obvykle logistickú regresiu) a môže aproximovať veľmi rôzne vzory prepojení dát. Na rozdiel od lineárnej regresie, často využíwanej v ekonomickom výskume, vstupné aj výstupné premenné v ANN môžu byť práve tak kategorické, ordinálne i kontinuálne, pričom ANN môže pracovať s niekoľkými výstupnými (závisle) premennými súčasne (Nisbet, Elder a Miner, 2009).

Siete ANN sa snažia imitovať fungovanie neurónov v ľudskom mozgu. Neurónová sieť sa učí na základe veľkého množstva dát a pravidiel pre vzťahy medzi dátami. Vstupné dáta z nezávisle premenných sa najprv kombinujú (najčastejšie pomocou sumačnej funkcie) a potom sa používajú ako vstupy do určitého typu aktivačnej funkcie, ktorá produkuje výstupné dáta. V procese učenia sa aktualizujú hodnoty váhových spojení. Výstupné dáta sa porovnávajú s očakávanými hodnotami a nastavenie siete sa optimalizuje dovtedy, kým sa pomocou procesu spätného učenia (*backpropagation*) nedosiahne najmenšia možná chyba a optimálne prepojenie medzi vstupmi a výstupmi (Larose, 2005). Existuje viacero druhov ANN, ktoré sa líšia hlavne svojou architektúrou. V tejto práci sme použili typ ANN nazývaný mnohvrstvový perceptrón (*multilayer perceptron* – MLP), ktorý pracuje s tromi vrstvami uzlov (neurónov): vstupná vrstva, skrytá vrstva/vrstvy a výstupná vrstva (pozri dátovú a metodologickú prílohu).

Charakter modelov ANN

Na analýzu dynamiky vzťahov medzi vstupnými a výstupnými premennými sme použili dva typy modelov ANN. Prvý model ANN využíva transformáciu kompozitného indikátora „Celková inovatívnosť“ na kategorickú (binárnu) závisle premennú pomocou klastrovacieho mechanizmu. Krajiny sa najprv podľa

stupňa inovatívnosti zaradia do klastrov, ktoré sú považované za kategorické závisle premenné. Druhým model ANN používa kompozitný indikátor „Celková inovatívnosť“ priamo ako kontinuálnu závisle premennú. Výhodou prvého modelu je, že nám umožňuje (a) klasifikovať krajiny do skupín podľa stupňa ich inovatívnosti len na základe čiastkových závisle premenných, (b) identifikovať čiastkové závisle premenné diferencujúce krajiny v rámci každej skupiny krajín a (c) overiť, v akej miere je klasifikácia do skupín previazaná so súborom vstupných premenných. Výhodou druhého modelu ANN je predovšetkým jemnejšia rozlišovacia škála krajín z hľadiska ich inovatívnosti. Na zaradenie krajín do klastrov sme použili čiastkové premenné kompozitného indikátora „Celková inovatívnosť“, t. j. premenné 12.1 – 12.8 a 13.1 – 13.2. Ako nezávisle premenné boli použité len tie, ktoré mali korelačný koeficient so závisle premennou vyšší ako 0,5 (t. j. premenné 1, 2, 3, 4, 5, 6 a 11). Všetky premenné boli normalizované na škále 1 – 7.

Použitie ANN vyžaduje, aby boli v testovaných vzorkách určité minimálne početnosti pozorovaných premenných. Pretože počet krajín sveta je konečný a kvalitné dáta sú dostupné za obmedzený počet krajín, v analýze boli zohľadnené dáta osobitne za roky 2006, 2007 a 2008, čo pri počte 125 krajín vytvorilo celkovú vzorku 375 pozorovaných prípadov.

Klastrovací algoritmus funguje najlepšie pre kontinuálne nezávisle premenné s normálnym rozdelením, ale dobré výsledky dosahuje aj s dátami, ktoré normálne rozdelenie nemajú. Optimálny počet klastrov bol 2, t. j. v ANN bolo možné použiť binárnu závisle premennú. Vzorka krajín a ich roztriedenie do klastrov na „inovatívne“ a ostatné“ sú uvedené v dátovej a metodologickej prílohe.

V oboch klastroch sa ukázali ako štatisticky významné všetky použité premenné (hodnoty Studentovho t boli významne vyššie ako tabuľkové hodnoty). Existovali však podstatné rozdiely medzi klastrom inovatívnych a klastrom ostatných krajín.

- V klastrí ostatných krajín sa ako premenné najviac prispievajúce k rozdielom medzi krajinami ukázali počty patentov a internetových serverov na 1 milión obyvateľov, plus výdavky na VaV v pomere k HDP. Klaster zahŕňal krajiny, ktoré v spomenutých ukazovateľoch vykazovali relatívne vysoké rozdiely. Napríklad prvých 50 % krajín malo menej ako 0,25 patentov na 1 milión obyvateľov, no ďalších 25 % už 3,20 patentov. V klastrí ostatných krajín teda na vysoký rozdiel medzi krajinami stačil relatívne malý nárast v intenzite patentovej aktivity. Na porovnanie: v klastrí inovatívnych top krajín 10 % krajín vykazovalo intenzitu 80,5 až 298,4 patentov na 1 milión obyvateľov. Naopak, „mäkké“ premenné charakterizujúce kvalitu výskumných inštitúcií, inovačnú kapacitu, úroveň spolupráce medzi podnikovou a akademickou sférou a dostupnosť vedeckého

a technického personálu boli v klastrí ostatných krajín hodnotené ako uniformne nízke, s relatívne malými rozdielmi medzi krajinami.

- V klastrí inovatívnych krajín k diferenciacii najviac prispievali spomenutí „mäkké“ premenné (najmä úroveň spolupráce medzi podnikovou a akademickou sférou a kvalita výskumných inštitúcií), pretože rozdiely v intenzite patentovania, výdavkov na VaV a vybavenosti internetovými servermi boli medzi vyspelými krajinami relatívne nižšie.

Výsledky modelov

Konštrukcia modelov v MLP spravidla využíva tri druhy vzoriek: učiacu sa (*training sample*), testovaciu (*testing sample*) a overovaciu (*holdout sample*). Základný výpočet sa koná na dátach z učiacej sa vzorky. Testovacia vzorka sa používa na účely otestovania poznatkov získaných v procese učenia siete a optimalizáciu siete v procese spätného učenia. Kvalita predikcií sa potom ešte overuje na nezávislej (overovacej) vzorke. Veľkosť chyby v troch vzorkách môže byť rôzna, ale nemala by sa zásadne líšiť. Vzhľadom na odlišný typ použitej závisle premennej spoľahlivosť modelov nemôže byť totožná, no v oboch prípadoch bola veľmi vysoká:

- Model ANN využívajúci kategorickú (binárnu) závisle premennú je pochopiteľne presnejší, pretože klasifikuje len to, či daná krajina je, alebo nie je inovatívna, nerozlišuje však stupeň inovatívnosti. Najväčšia relatívna chyba (4,5 %) sa vyskytla v testovacej vzorke, čo je ale spôsobené malou veľkosťou tejto vzorky. Celkovo však bol stupeň relatívnej chyby veľmi nízky, len 2,9 %. Sieť v priemere nesprávne klasifikovala len 10,9 z 375 prípadov, t. j. menej ako 4 z celkového počtu 125 krajín (tab. 3).

- Model ANN využívajúci kontinuálnu závisle premennú vykázal priemernú relatívnu chybu 10,0 %. Najmenšia chyba bola v učiacej vzorke (9,4 %), najväčšia v overovacej (14,0 %). Graf 3 porovnávajúci pozorované a predpovedané prípady indikuje veľmi dobrú zhodu modelu so skutočnosťou.

Hlavným výsledkom modelov ANN je schopnosť predikcie výsledného stavu na základe setu nezávisle premenných. V prípade prvého modelu ANN to napríklad znamená, že ak by sme do súboru 125 krajín pridali ďalšiu krajinu, sieť by ju správne klasifikovala ako inovatívne alebo ostatnú v 97,1 % v prípadoch. V druhom modeli by bol stupeň inovatívnosti určený s presnosťou na 90 %. Model založený na kategorickej závisle premennej má vyššiu presnosť, no nižšiu „rozlišovaciu schopnosť“ a nižší stupeň zovšeobeciteľnosti. Model založený na kontinuálnej závisle premennej rozlišuje inovatívnosť krajín na jemnejšej škále, má vyšší stupeň zovšeobeciteľnosti, no vyššiu pravdepodobnosť nesprávnej klasifikácie.

Tabuľka 3

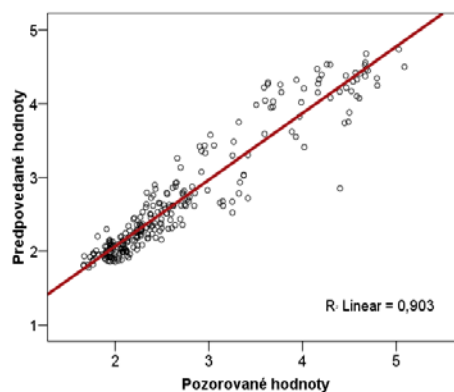
Výsledky klasifikácií a spoľahlivosti modelu pre kategorickú závisle premennú

Vzorka	Pozorované	Predpovedané		
		ostatné	inovatívne	správne predpovede, %
Učiaci sa N: 208 (55,5 %)	ostatné	163.5	1.5	99.1
	inovatívne	2.7	40.3	93.7
	celkový podiel, %	79.9	20.1	98.0
Testovacia N: 51 (13,6 %)	ostatné	37.5	1.5	96.1
	inovatívne	0.8	11.2	93.7
	celkový podiel, %	74.9	25.1	95.5
Overovacia N: 116 (30,9 %)	ostatné	91.3	1.7	98.2
	inovatívne	2.7	20.3	88.1
	celkový podiel, %	81.1	18.9	96.2
Spolu N: 375 (100 %)	Ostatné	292.3	4.7	98.4
	inovatívne	6.2	71.8	92.1
	celkový podiel, %	79.6	20.4	97.1

Poznámky: Celkový počet členov 375. Priemer 50 simulácií. Alokácie do vzoriek sú priemerné. Rozdelenie celkovej vzorky sme vykonali pomocou Bernoulliho funkcie tak, aby základná a testovacia vzorka tvorila cca 70 % celkového počtu. Testovacia vzorka sme zvolili v pomere jednej štvrtiny zo základnej vzorky.

Zdroj: Výpočty autora na základe údajov World Bank (2010) a WEF (2010).

Graf 3

Predpovedané a pozorované hodnoty kontinuálnej závisle premennej „Celková inovatívnosť“

Zdroj: Výpočty autora na základe údajov World Bank (2010) a WEF (2010).

Najväčšou nevýhodou neurónových sietí je nepriehľadnosť. Model MLP obsahuje jednu i viac skrytých vrstiev a funguje ako „čierna skrinka“ (Witten a Frank, 2005). Neurónové siete síce umožňujú formulovať modely a testovať relevantnosť ich výsledkov, ale napríklad, na rozdiel od regresných modelov, ne-generujú vnútornú štruktúru a vzťahy medzi vstupnými a výstupnými premennými. Čiastočnú kompenzáciu tejto nevýhody poskytuje analýza citlivosti výsledku na

zmeny vo veľkosti vstupných premenných (*sensitivity analysis*). Nedokážeme síce odvodzovať regresné koeficienty pre vzťahy medzi nezávisle a závisle premennými, no analýza citlivosti pomáha identifikovať vstupnú premennú s najväčším vplyvom na výsledok modelu. Význam ostatných premenných sa potom vyjadruje ako percento významnosti najsilnejšej premennej. Model MLP pracoval na základe náhodného výberu a priradenia dát do vzoriek. Každý náhodný výber preto môže generovať odlišné hodnoty vysvetľovacích premenných. Význam vysvetľovacích premenných sme preto analyzovali na základe 50 simulácií. Priemerné normalizované hodnoty nezávisle premenných pre kategorickú i kontinuálnu premennú sú uvedené v tabuľke 4.

T a b u ľ k a 4

Analýza citlivosti pri kategorickej a kontinuálnej závisle premennej. Normalizovaný význam nezávisle premených (% významu hlavnej premennej)

	Binárna premenná	Kontinuálna premenná
Kvalita vzdelávacieho systému	100.0	100.0
Vlastníctvo, právo a etika	35.6	10.9
Sila konkurencie	28.4	13.3
Kreatívna deštrukcia	23.8	7.8
Význam zahraničného obchodu a PZI	21.8	12.6
Podiel prijatých VŠ na populačnom ročníku	20.3	5.0
Celková kvalita infraštruktúry	14.9	11.4

Zdroj: Výpočty autora na základe údajov World Bank (2010) a WEF (2010).

Modely ANN pracovali s odlišne definovaným druhom závisle premennej (kategorická verzus kontinuálna) a ich výsledky preto nemusia byť identické. Ako najsilnejšia premenná sa ukázala „Kvalita vzdelávacieho systému“. Premenná bola neobyčajne robustná a ako najvýznamnejšia sa ukázala vo všetkých 50 simuláciách v oboch typoch modelov. Oba typy modelov ako relatívne významné zhodne identifikovali aj premenné „sila konkurencie“ a „vlastníctvo, právo a etika“. Tieto premenné mali najvyššiu vysvetľovaciu schopnosť aj v korelačnej analýze.⁵

Variety kapitalizmu a národné inovačné systémy

Predchádzajúca analýza naznačila, že výkonnosť inovačného systému úzko súvisí s kvalitou fungovania širšieho systému národných inštitúcií regulujúcich trhy práce, kapitálu a poznatkov. Existujú názory, že pre efektívnosť národného

⁵ V modeloch s nízkou úrovňou parametizácie, vrátane ANN, nie sú hodnoty individuálnych váh podstatné. Modely ANN preto netrpia problémami s multikolinearitou, čo sa týka ich generalizovateľnosti a interpretovateľnosti. Multikolinearita však ovplyvňuje analýzu citlivosti a môže zodpovedať za časť rozdielov v poradí relatívnej významnosti nezávisle premenných vo vzťahu ku kategorickej, resp. kontinuálnej závisle premennej.

inovačného systému nie je dôležitá len vyspelosť jednotlivých subsystémov ekonomických a sociálnych inštitúcií, ale aj ich typ (liberálna verus koordinovaná spoločnosť a ekonomika) a vzájomná komplementárnosť subsystémov. Na tieto otázky sa zameriava viacero škôl inštitucionálnej ekonómie. Veľkú pozornosť získala napríklad teória variet kapitalizmu (VOC, pozri Hall a Soskice, 2001).

Teória VOC charakterizuje dva formálne typy ekonomík moderného kapitalizmu. V liberálnych trhových ekonomikách (LTE) sú interakcie medzi podnikmi sprostredkované flexibilnými a konkurenčnými tržmi. Podniky v LTE sa orientujú predovšetkým na základe trhových signálov, akými sú najmä ceny a spotrebiteľský dopyt. Podniky v LTE majú veľa minoritných akcionárov (penzijné a podielové fondy, individuálnych investorov), ktorí ich tlačia do okamžitej maximalizácie zisku. Podniky v takomto prostredí nutne potrebujú aj flexibilný trh práce, bez rigidnej regulácie. Namiesto kolektívnych zmlúv vyjednaných medzi zástupcami odborov a zamestnávateľov uprednostňujú individuálne dohody. Pre podniky v LTE je v rámci jedného odboru charakteristická viac súťaž ako spolupráca. Sústava inštitúcií v LTE sa vyformovala tak, aby trhy boli transparentné, flexibilné a umožňovali rýchlu mobilizáciu finančných zdrojov a pracovnej sily prostredníctvom trhov cenných papierov a trhu práce s nízkymi bariérami pre prijímanie a prepúšťanie pracovníkov. Pracovná sila v LTE často mení zamestnanie, a preto investuje najviac do všeobecných schopností a menej do znalostí špecifických pre konkrétny podnik či odvetvie. Podniky v koordinovaných trhových ekonomikách (KTE) sa okrem trhových signálov orientujú aj na vzájomnú strategickú koordináciu aktivít v mnohých sférach ekonomiky. Základným zdrojom kapitálu nie sú trhy cenných papierov, ale banky a niektoré nefinančné inštitúcie, ktoré sú s podnikmi prepojené hustou sieťou krížového vlastníctva a členstvom vo vplyvných zamestnávateľských a/alebo odvetvových združeniach. Podniky v KTE majú vyššiu stabilitu akcionárov a môžu uprednostňovať dlhodobé ciele v riadení firmy pred okamžitými výsledkami. Pre KTE je typická spolupráca zamestnávateľov s odbormi, spoluúčasť na odbornej príprave pracovnej sily či spoločný transfer a/alebo vývoj technológií. Typickými príkladmi LTE sú anglosaské ekonomiky. Ako príklady KTE sa uvádzajú najmä Taliansko, Nemecko, Francúzsko a Španielsko. Väčšina krajín má však štruktúru inštitúcií kombinujúcu prvky LTE a KTE. Inštitucionálne subsystémy regulujúce trhy práce, kapitálu a tovarov a služieb, formujú vývoj politicko-ekonomických systémov a navzájom sa posilňujú (Hacké, Rhodes a Thatcher, 2007, s. 3). Teória VOC tvrdí, že pokiaľ sú tieto subsystémy komplementárne, efektívnosť inštitucionálneho a politicko-ekonomického rámca je vyššia, ako keď sú tieto subsystémy nesúrodé (napríklad ak má krajina liberálny trh kapitálu, no rigidný trh práce).

Čo sa týka inovačných systémov, VOC predpokladá, že podniky v LTE pôsobia v prostredí likvidného finančného trhu, ktorý ich núti orientovať sa na maximalizáciu krátkodobého zisku. Požiadavka na flexibilnú adaptáciu na rýchlo sa meniace prostredie trhu sa odráža aj v tom, že podniky majú menej priestoru na vlastné vzdelávanie pracovnej sily a vývoj technológií. Tieto služby sa zabezpečujú nákupom od externých dodávateľov, ako sú univerzity, súkromné výskumné centrá, vlastníci patentov a licencií a pod. V LTE sú trhy práce a kapitálu komplementárne. Logika komplementárnosti inštitúcií vedie k tomu, že LTE sa musia sústreďovať viac na radikálne inovácie, ako inkrementálne. Radikálne inovácie môžu mať vyšší trhový potenciál a generovať vyšší zisk, aj v podobe dočasnej monopolnej renty. Radikálne inovácie však so sebou nesú aj vyššie riziko, že ich trh neprijme. Podniky pôsobiace v KTE vlastnené strategickými investormi (často aj štátom) nie sú tlačené finančnými trhmi do dosahovania okamžitých ziskov. Môžu si dovoliť aj rigidnejší trh práce, s kolektívnym vyjednávaním a vyššou ochranou zamestnanca. Komparatívnou výhodou trhu práce v KTE je, že zamestnanci sa môžu viac sústreďovať na vybudovanie špecializovaných znalostí vyžadujúcich dlhodobú prípravu. Stabilné prostredie viac prospieva pokroku zameranému na inkrementálne inovácie. Vyššia inštitucionálna podpora zo strany aktérov trhu (aj štátu) tiež znižuje straty pre rizikových investíciách do nových technológií.

VOC nepredpokladá že LTE fungujú lepšie KTE (resp. naopak) a zdôrazňuje, že oba „čisté druhy“ systémov čerpajú svoje konkurenčné schopnosti z výrazne odlišných zdrojov komparatívnej inštitucionálnej výhody. Na exogénne šoky budú reagovať odlišnými, no pritom rovnako účinnými spôsobmi adaptácie. Takýmto šokom bola napríklad technologická zmena, ktorá sa podpísala na znížení významu priemyslu a zvýšení významu sektora služieb (Iversen, 2007, s. 290). Hoci v sektore služieb sa vytvoril veľký počet pracovných miest, zručnosti vyžadované v službách sú zvyčajne veľmi odlišné od tých, ktoré sa vyžadujú v priemysle. V LTE sa flexibilné trhy práce podpísali na expanzii sektora služieb s nízkymi nákladmi, ale aj nižšou pridanou hodnotou. Aktivity s vysokou pridanou hodnotou sa koncentrovali do vybraného sektora špecializovaných high-tech firiem a do odvetví poradenských, dizajnerských a finančných služieb. V KTE sa koordinovanosť trhu práce prejavila na koncentrácii činností s vysokými nákladmi a pridanou hodnotou do exportne orientovaných odvetví priemyslu (Casper a Soskice, 2004).

Podľa VOC by hybridné inovačné systémy (prítomné napr. v Škandinávii a krajinách strednej a východnej Európy) mali byť menej výkonné ako čisté systémy v LTE (v Spojených štátoch amerických a vo Veľkej Británii), resp. v KTE (v Nemecku a Francúzsku).

Predpoklady VOC sa testujú na súboroch indikátorov, ktoré popisujú stupeň koordinovanosti prislúchajúci jednotlivým inštitucionálnym subsystémom, ako je napríklad trh práce, finančný systém, regulácia trhov tovarov a služieb, celková úloha štátu v ekonomike a pod. Vzhľadom na vysoký stupeň vzájomnej korelovanosti premenných opisujúcich jednotlivé inštitúcie je preferovaným postupom faktorová analýza, ktorá umožňuje agregovať navzájom súvisiace elementy jednotlivých subsystémov inštitúcií. Faktorové skóre potom slúži ako základ na konštrukciu indexu koordinovanosti, ktorý charakterizuje postavenie krajiny na škále od čistého modelu LTE až po čistý model KTE. Hall a Soskice (2001) napríklad vo svojej seminálnej (základnej) práci o VOC použili na charakterizovanie stupňa koordinácie (a) trhovú kapitalizáciu akcie ako % HDP a (b) index ochrany zamestnanosti. Neskoršie práce (napr. Hall a Gingerich, 2004) využili na konštrukciu indexu koordinácie aj ukazovatele charakterizujúce práva akcionárov, stupeň koordinácie vyjednávania miezd, resp. počet dní potrebných na založenie podniku, počet dní potrebných na vyriešenie bankrotu (Knell a Srohlec, 2007) a pod. Výpočet indexu koordinácie na základe faktorového skóre aplikuje aj táto analýza. Veľký počet krajín v analýze obmedzuje výber ukazovateľov, ktoré sú na tento účel k dispozícii: počet dní potrebných na založenie podniku, počet dní potrebných na vyriešenie súdneho sporu (vymožiteľnosť práva), celková miera zdanenia (v percentách zisku podniku) a index rigidity zamestnania. Faktorová analýza zoradila tieto ukazovatele do dvoch faktorov. Prvé dva ukazovatele charakterizujú stupeň regulácie trhov tovarov a služieb zo strany štátu, druhé dva stupeň zasahovania štátu do ekonomiky (v zmysle prerozdelenia vytvoreného HDP) a úroveň rigidity trhu práce.

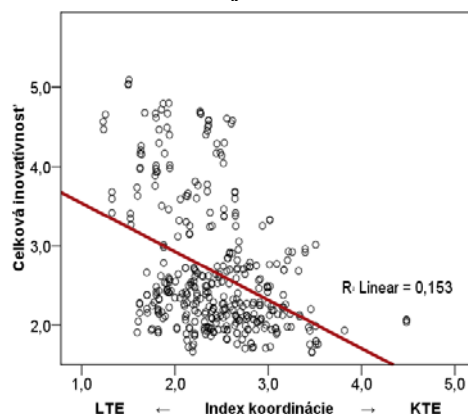
Každý z faktorov pozostáva z dvoch premenných, pričom *eigenvalues* oboch faktorov majú veľmi podobnú veľkosť. To umožňuje vyjadriť index koordinácie ako kompozitný indikátor v zmysle jednoduchého súčtu hodnôt premenných pre oba faktory. Dosiahnuté faktorové skóre bolo normalizované na škále 1 – 7, aby bolo priamo porovnateľné s indexom celkovej inovatívnosti (graf 4). Hodnoty indexu koordinácie pre vybrané krajiny podáva tabuľka 1. Istým obmedzením výpočtu indexu koordinácie je, že premenné vstupujúce do faktorovej analýzy majú rozdelenie len približne podobné normálnemu rozdeleniu. Výsledky preto treba hodnotiť s istou opatrnosťou.

V zhode s podobnými prácami na tému VOC sa ideálu čistej LTE najviac blížia anglosaské ekonomiky (USA, Veľká Británia, Kanada, Nový Zéland, Austrália) a niektoré ázijské ekonomiky založené na britskom práve (Singapur, Hongkong), ktoré mali úroveň indexu koordinovanosti 1,2 až 1,7 (nachádzajú sa v ľavej hornej časti grafu 4). Nemecko a Francúzsko dosahovali úroveň 2,4 až 2,6. Česko, Maďarsko a Slovensko sa pohybujú v pásme 2,1 až 2,2 (tab. 1).

Vysoký stupeň koordinovanosti vykazovali v Európe Španielsko (2,8), Grécko (3,0) a Taliansko (3,2). Najviac zaťažené štátnou reguláciou boli niektoré štáty Latinskej Ameriky (Surinam: 4,5, Venezuela: 3,3), Afriky (Gambia: 3,8) a Ázie (India: 3,2).

G r a f 4

Porovnanie Indexu koordinácie a celkovej inovatívnosti



Zdroj: Výpočty autora na základe údajov World Bank (2010) a WEF (2010).

Porovnanie indexu koordinovanosti s indexom celkovej inovatívnosti (graf 4) poukazuje na veľkú disperziu najmä v pásme LTE. Teoreticky sa dá vysledovať nepriama úmera medzi stupňom koordinácie a celkovej inovatívnosti. Celkový stupeň závislosti je však dosť nízky ($R^2 = 0,153$) a ovplyvnený počtom ázijských a afrických krajín s prebujenou byrokraciou a nízkou kvalitou vzdelania, výskumu a exportov. V hornej strednej časti grafu je viacero štátov, ktoré majú takmer rovnaký stupeň celkovej inovatívnosti ako USA, ale vo svojej podstate sú koordinovanými ekonomikami (Nemecko, Francúzsko). Vysokú efektívnosť národných inovačných systémov vykazujú aj Belgicko, Fínsko a Švédsko, ktoré sú uprostred škály medzi LTE a KTE.

Minimálne na základe súčasne dostupných údajov pre väčšinu krajín sveta nie je možné tvrdiť, že (a) LTE sú viac inovatívne ako KTE a (b) komplementárnosť subsystémov inštitúcií, z hľadiska stupňa koordinovanosti, sa prejaví vo vyššej efektívnosti národného inovačného systému.

Diskusia a záver

Slovenská ekonomika patrí k najmenej inovatívnym v rámci Európskej únie. Preto je prirodzené, že zníženiu technologického zaostávania sa venuje veľká pozornosť. Národná inovačná stratégia (Vláda SR, 2007) za hlavné slabiny

slovenského systému inovácií považuje nízke výdavky na VaV, nedostatočný počet pracovníkov v sektore VaV, ako aj nedostatok inovačných nástrojov a organizácií zameraných na podporu inovácií. K zlepšeniu situácie má prispieť hlavne zvýšenie výdavkov na VaV, ktoré v SR patria k najnižším v Európe. Slovensko v programovom období 2007 – 2013 čerpá vyše 11 mld. eur zo štrukturálnych fondov. Do poznatkovej ekonomiky, IKT a ľudských zdrojov alokuje sedem operačných programov 4,6 mld. eur. Postačí tento, nesporne imponantný objem finančných prostriedkov na vytvorenie poznatkovej ekonomiky v Slovenskej republike?

Ako naznačujú výsledky modelov ANN za 125 krajín sveta, NIS nemožno chápať izolovane od ostatných systémov inštitúcií regulujúcich vzdelávanie obyvateľstva, vlastnícke práva, konkurenciu a efektívnosť procesov kreatívnej deštrukcie. Tieto systémy sú navzájom vysoko korelované, a pravdepodobne nie je možné dosiahnuť kvalitatívny posun v jednom systéme (napr. v rámci NIS) bez posunu v iných systémoch. Ku kritickým miestam v širšom systéme inštitúcií veľmi dôležitých pre NIS patria v SR najmä inštitúcie regulujúce vlastnícke práva, transparentnosť aktivít vlády, efektívnosť práce súdov, etické otázky a procesy bankrotov podnikov. Hodnoty ukazovateľov pre tento okruh inštitúcií sú v SR podobné ako v Česku, Maďarsku a Grécku a podstatne nižšie ako vo vyspelých krajinách EÚ (pozri tab. 1). Len o niečo menšie je zaostávanie SR v kvalite infraštruktúry. Relatívne dobrá je pozícia Slovenskej republiky (aj Česka a Maďarska) v oblasti konkurencie na vnútornom trhu a otvorenosti voči zahraničnému obchodu a PZI.

Kvalita vzdelávacieho systému sa ukázala ako jednoznačne najvýznamnejší prediktor celkovej inovatívnej krajiny v korelačnej analýze i v oboch modeloch neurónových sietí. Podiel novoprijatých študentov VŠ na populačnom ročníku mal podstatne nižšiu vypovedaciu silu. Tento výsledok indikuje že: (a) kvalita vzdelania je dôležitejšia ako počty študujúcich; (b) kvalitu vzdelania nemožno stotožňovať len s vysokými školami, ale s celkovou úrovňou vzdelania v krajine vrátane základného a stredného; (c) konštrukcia ukazovateľa naznačuje, že pojem *kvalita vzdelania* obsahuje aj úroveň prístupu k internetu v školách, dostupnosť služieb výskumu a špecializovaného vzdelávania a vzdelávanie a rozvoj zamestnancov. Kvalita vzdelávacieho systému je slabým miestom Slovenska. Na základe hodnotení WEF je nižšia ako v Česku a Portugalsku a podstatne nižšia ako vo väčšine krajín EÚ 15. Vzhľadom na vysokú silu tohto indikátora pri vysvetlení stupňa inovatívnej a mieru zaostávania môžu investície do kvality vzdelania priniesť podstatne vyšší efekt ako investície do iných subsystémov NIS, napríklad stupňa otvorenosti či sily konkurencie (ktoré sú v malej a otvorenej ekonomike SR vysoké už teraz).

Ako druhý najperspektívnejší subsystém z hľadiska investícií do zvyšovania inovatívnosti sa javí regulácia vlastníckych práv, efektívnosť práce súdov a etiky vzťahov medzi podnikmi.

Na vytvorenie výkonnej ekonomiky založenej na poznatkoch a technológiách nie je nutné, aby krajina vybudovala typovo čistý súbor inštitúcií a bola buď výrazne liberálnou, alebo koordinovanou ekonomikou. Krajiny môžu dospieť k špičkovej, poznatkovo založenej ekonomike veľmi rozmanitými cestami. K najviac inovatívnym krajinám sveta patrí práve tak Singapur s liberálnou ekonomikou, ako Francúzsko s koordinovanou ekonomikou, resp. Fínsko a Švédsko s prechodnými formami ekonomiky. V tomto smere sa potvrdili závery zo štúdií Fagerberga a Srhola (2008) a Taylora (2004). Pre Slovensko z toho vyplýva, že nie je nutné, aby kopírovalo nejaký špecifický model rozvoja inovácií a inštitucionálneho systému. Viac ako „čistota“ či komplementarita jednotlivých subsystémov inštitúcií moderného kapitalizmu je dôležitá ich efektívnosť v lokálnych podmienkach.

Modelovanie štrukturálnych závislostí národných inovačných systémov si získava čoraz väčšiu pozornosť. Zvýšený záujem o túto problematiku je daný jej významom pre pochopenie princípov konkurencieschopnosti krajín v globalizovanom svete, lepšou dostupnosťou merateľných indikátorov a rozšírením nových metód vhodných na analýzu nelineárnych interakcií v inštitucionálnych systémoch. Je pravdepodobné, že časom bude k dispozícii čoraz viac a kvalitnejších indikátorov inovatívnosti a ich korelátov, ako napríklad technologická bilancia, výdavky podnikov na VaV, počet a štruktúra zamestnancov VaV a pod. Použitie takýchto indikátorov, ktoré sú dnes produkované len menšinou krajín sveta, môže významným spôsobom spresniť kvalitu a použiteľnosť modelov efektívnosti národných inovačných systémov. Zvlášť zaujímavé môže byť sledovanie (a) súvislostí medzi opatreniami inovačnej politiky a politikami na podporu hospodárskeho prostredia, (b) efektívnosti systémov vládnej podpory VaV a inovácií a (c) efektívnosti difúzie poznatkov a inovácií v štátoch s menej rozvinutým vlastným systémom VaV. Pokrok pri skúmaní tejto problematiky môže priniesť aj vývoj nových metód analýzy nelineárnej dynamiky vzťahov v NIS. Použitie modelov ANN umožňuje prekonať niektoré obmedzenia, ktoré vykazujú metódy vyžadujúce lineárnosť závislostí a normálnosť rozdelenia premenných. Výhodou modelov ANN je vyššia presnosť klasifikácie a schopnosť zovšeobecnenia predikcií charakteru NIS. Modely ANN však majú oproti klasickým regresným metódam aj niektoré nevýhody. Zatiaľ nie sú schopné znázorniť smer a elasticitu závislostí medzi vstupnými a výstupnými premennými. Vhodným postupom pri ďalšej analýze štrukturálnych závislostí NIS môže byť kombinácia lineárnych a nelineárnych analytických metód.

Literatúra

- CASPER, S. – HOLLINGSWORTH, J. R. – WHITLEY, R. (2005): Varieties of Capitalism: Comparative Institutional Approaches to Economic Organisation and Innovation. In: CASPER, S. and WAARDEN, F. van (eds): *Innovation and Institutions: A Multidisciplinary Review of the Study of Innovation Systems*. Kap. 7, s. 193 – 228. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- CASPER, S. – SOSKICE, D. (2004): Sectoral Systems of Innovation and Varieties of Capitalism: Explaining the Development of High-Technology Entrepreneurship in Europe. In: MALERBA, F. (ed.): *Sectoral Systems of Innovation in Europe*. Kap. 10, s. 348 – 387. Cambridge: Cambridge University Press.
- HALL, P. A. – SOSKICE, D. (2001): An Introduction to Varieties of Capitalism. In: HALL, P. A. and SOSKICE, D. (eds): *Varieties of Capitalism*, s. 1 – 68. Oxford: Oxford University Press.
- HALL, P. – GINGERICH, D. W. (2004): Varieties of Capitalism and Institutional Complementarities in the Macroeconomy: An Empirical Analysis. [MPIfG Discussion Paper 04/5.] Köln: Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung. Dostupné na: <http://www-management.wharton.upenn.edu/guillen/Hall/Hall.MPIfGSpaper.pdf>.
- HANCKÉ, B. – RHODES, M. – THATCHER, M. (2007): Introduction: Beyond Varieties of Capitalism. In: HANCKÉ, B., RHODES, M., and THATCHER, M. (eds.): *Beyond Varieties of Capitalism: Conflict, Contradiction, and Complementarities in the European Economy*. Kap. 1, s. 3 – 38. Oxford: Oxford University Press.
- EDQUIST, C. (1997): *Systems of Innovation, Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter Publishers.
- EC (2010): *European Innovation Scoreboard 2009. Technical Annex. Chapter 8. DG Enterprise and Industry. ProInno Europe*. Dostupné na: <http://www.proinno-europe.eu/repository/8-technical-annex>.
- FAGERBERG, J. – SRHOLEC, M. (2008): National Innovation Systems, Capabilities and Economic Development. *Research Policy*, 37, č. 9, s. 1417 – 1435.
- CHEN, Chih-Kai (2008): Causal Modelling of Knowledge-based Economy. *Management Decision*, 46, č. 3, s. 501 – 514.
- IVERSEN, T. (2007): Economic Shocks and Varieties of Governments Responses. In: HANCKÉ, B., RHODES, M., and THATCHER, M. (eds): *Beyond Varieties of Capitalism: Conflict, Contradiction, and Complementarities in the European Economy*. Kap. 10, s. 278 – 303. Oxford: Oxford University Press.
- KNELL, M. – SRHOLEC, M. (2007): Diverging Pathways in Central and Eastern Europe. In: LANE, D. and MYANT, M. (2007): *Varieties of Capitalism in Post-Communist Countries*. Kap. 2, s. 40 – 62. New York: Palgrave MacMillan.
- LAROSE, D. T. (2005): *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining*. London: Wiley-Interscience.
- LUNDVALL, Å (1992): *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publishers.
- NISBET, R. – ELDER, J. – MINER, G. (2009): *Handbook of Statistical Analysis & Data Mining – Applications*. Amsterdam: Elsevier.
- PDMA (Product Development and Management Association) (2010): *Global Innovation Trend Study, Innovating in a Crisis*. Dostupné na: [http://www.prtm.com/uploadedFiles/Strategic_Viewpoint/Articles/Article_Content/PRTM_Global_Innovation_Trends_2009\(1\).pdf](http://www.prtm.com/uploadedFiles/Strategic_Viewpoint/Articles/Article_Content/PRTM_Global_Innovation_Trends_2009(1).pdf).
- SCHUMPETER, J. A. (1934): *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital Credit, Interest and the Business Cycle*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- STEVENS, G. A. – BURLEY, J. (1997): 3,000 Raw Ideas = 1 Commercial Success! *Research Technology Management*, 40, č. 3, s. 16 – 27.
- WITTEN, I. H. – FRANK, E. (2005): *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques (Second Edition)*. Amsterdam: Morgan Kaufmann.
- TAYLOR, M. Z. (2004): Empirical Evidence against Varieties of Capitalism's Theory of Technological Innovation. *International Organization*, 58, č. 3, s. 601 – 631.

- VLÁDA SR (2007): Návrh Inovačnej stratégie SR na roky 2007 až 2013 – upravené nové znenie. Uznesenie Vlády SR č. 265/2007 zo 14. marca 2007.
- WORLD BANK (2010): Data. Indikátory dostupné na <<http://data.worldbank.org/>>.
- WORLD BANK (2010): Doing Business. Indikátory dostupné na <<http://www.doingbusiness.org>>.
- WEF (World Economic Forum) (2010): The Global Competitiveness Reports, 2006 – 2009. Geneva: World Economic Forum.

Dátová a metodologická príloha

Zdroje a charakter dát

Výročné správy o svetovej konkurencieschopnosti (Global Competitiveness Reports – GCR) produkuje Svetové ekonomické fórum (WEF, 2006 – 2009). Správa GCR rozdeľuje indikátory konkurencieschopnosti do 12 pilierov, od kvality inštitúcií a infraštruktúry až po inovatívnosť. Originálnym vkladom GCR do databázy svetových indikátorov sú „mäkké dáta“ získavané na základe prieskumov riaditeľov podnikov, ktoré v každej krajine zabezpečujú partnerské inštitúcie (obchodné komory a zväzy podnikateľských subjektov, univerzity a výskumné ústavy). V rokoch 2006 – 2008 GCR pokrýval 130 až 133 krajín. Skupina SB publikuje každoročne správu o stave podnikateľského prostredia Doing Business (World Bank, 2010). Správa sa zameriava na meranie, reguláciu biznisu, náklady na podnikanie, reguláciu pracovného trhu a ochranu vlastníckych práv najmä v malých a stredných podnikoch. Údaje sa získavajú každoročne na základe expertných analýz vykonávaných partnerskými inštitúciami. Analýzy prezentujú indikátory v podobe „tvrdých dát“ charakterizujúcich napríklad počet dní potrebných na založenie podniku či priemerné trvania a náklady súdnych sporov. Správa v rokoch 2006 – 2008 pokrývala 183 krajín. Svetová banka poskytuje aj interaktívnu databázu pokrývajúcu 339 indikátorov technologického, ekonomického a sociálneho rozvoja pre 210 krajín. Na účely tejto práce sme z databázy čerpali indikátory o výdavkoch na VaV, internetových serveroch, štruktúre exportov. Prienik spomenutých databáz umožnil získať set údajov za 125 ekonomík sveta. V prípade, že niektoré indikátory pre určité krajiny chýbali, boli imputované na základe (kubickej) regresie charakterizujúcej vzťah medzi súborom korelátov a príslušným indikátorom. Takýmto spôsobom bolo imputovaných cca 8 % údajov o výdavkoch na VaV a 3 % údajov o exportoch high-tech tovarov a IKT.

Dvojstupňová klastrová analýza

Dvojstupňová klastrová analýza je metóda vhodná na spracovanie veľkého množstva dát. V prvom kroku sa prípady klasifikujú do tzv. pre-klastrov, ktoré sa v druhom kroku združujú podľa algoritmu hierarchického klastrovania (tradičné metódy hierarchického a *k-means* klastrovania sú vhodné pre menšie sady dát). Dáta sú pred klastrovaním štandardizované. Na prevenciu šumu a distorzie výsledku extrémnymi hodnotami sme počas výpočtu uplatnili možnosť vytvorenia klastru vybočených hodnôt (25 % *outlier cluster*), nebolo však potrebné ju využiť. Optimálny počet klastrov (2) bol stanovený pomocou Schwarzovho bayesiovského informačného kritéria. Klastre zahŕňali nasledovné krajiny:

• **Inovatívne krajiny:** Austrália, Belgicko, Česká republika, Dánsko, Fínsko, Francúzsko, Holandsko, Hongkong, Írsko, Island, Izrael, Japonsko, Kórea, Kanada, Luxembursko, Malajzia, Nemecko, Nórsko, Nový Zéland, Rakúsko, Singapur, Švédsko, Švajčiarsko, USA, Veľká Británia.

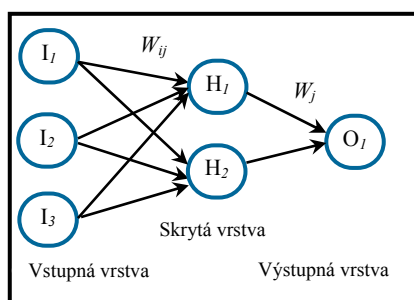
• **Ostatné krajiny:** Albánsko, Alžírsko, Argentína, Arménsko, Azerbajdžan, Bahrajn, Bangladéš, Benin, Bolívia, Bosna a Hercegovina, Botswana, Brazília, Bulharsko, Burkina Fasso, Burundi, Čad, Čierna Hora, Čile, Čína, Dominikánska republika, Ekvádor, Egypt, El Salvador, Estónsko, Etiópia, Filipíny, Gambia, Grécko, Gruzínsko, Guatemala, Guyana, Honduras, Chorvátsko, India, Indonézia, Jamajka, Jordánsko, Južná Afrika, Kambodža, Kamerun, Kazachstan, Keňa, Kirgizsko, Kolumbia, Kostarika, Kuvajt, Qatar, Litva, Lesotho, Lotyšsko, Macedónsko, Madagaskar, Maďarsko, Mali, Maroko, Mauretánia, Maurícius, Mexiko, Mongolsko, Mozambik, Namíbia, Nepál, Nigéria, Nikaragua, Omán, Pakistan, Panama, Paraguaj, Peru, Poľsko, Portugalsko, Portoriko, Rumunsko, Rusko, Saudská Arábia, Senegal, Srbsko, Slovensko, Slovinsko, Spojené arabské emiráty, Srí Lanka, Surinam, Sýria, Španielsko, Taliansko, Taiwan, Tadžikistan, Tanzánia, Thajsko, Timor, Trinidad a Tobago, Tunisko, Turecko, Uganda, Ukrajina, Uruguaj, Venezuela, Vietnam, Zambia, Zimbabwe.

Na testovanie relevantnosti individuálnych premenných sme použili Studentovo t , ktoré porovnáva priemer premennej v klastri k celkovému priemeru. Testovacie štatistiky všetkých premenných spadali do intervalu spoľahlivosti 95 %.

Neurónová sieť

Použitá sieť typu MPL mala tri vrstvy: vstupnú (so vstupnými uzlami I_i), skrytú (s uzlami H_i) a výstupnú (s uzlami O_i). Schematický príklad MLP s tromi vstupnými, dvoma skrytými a jedným výstupným uzlom podáva obrázok 1.

O b r á z o k 1



Výhody MLP sa ukážu pri vkladaní skrytej vrstvy uzlov (resp. neurónov, angl. *nodes*) medzi vstupnú a výstupnú vrstvu. Váhy W_{ij} priradené každému spojeniu uzlov vo vstupnej, skrytej a výstupnej vrstve majú schopnosť modelovať nelineárne spojenia medzi vstupnými a výstupnými premennými. Čím je viac uzlov v skrytej vrstve (a čím viac skrytých vrstiev), tým vyššia je kapacita siete na aproximovanie nelineárnych vzťahov. No s rastúcim počtom uzlov v skrytej vrstve/vrstvách rastie aj riziko, že sieť sa „preučí“

a popíše všetky vzťahy medzi dátami (tzv. *overfitting*). Takáto sieť je priveľmi špecifická pre jeden súbor dát, no nedokáže generalizovať poznatky pre iné sady dát. V modelovaní dát neuronovými sieťami sa viac ako presnosť predikcie pre špecifickú vzorku hodnotí schopnosť zovšeobecnenia modelu, aj za cenu vyššej relatívnej chyby. Na aproximáciu modelu sa použilo 50 simulácií. Všetky simulácie sa uskutočnili s jednotným nastavením parametrov. Výpočet sa vykonal v softvéri SPSS 17.0, pričom sa použila automatická selekcia architektúry vhodnej pre danú neuronovú sieť (aktivačná funkcia pre skrytú vrstvu: hyperbolická tangenta, aktivačná funkcia pre výstupnú funkciu: *softmax*). Vzhľadom na malý počet vstupných premenných sa použila len jedna skrytá vrstva uzlov. Nízky počet skrytých vrstiev umožňuje zmenšiť riziko preučenia siete. Počet vstupných uzlov sa rovnal počtu premenných (7). Približné pravidlo hovorí, že počet uzlov v skrytej vrstve by nemal presiahnuť jednu pätinu počtu členov v testovacej vzorke (Nisbet, Elder a Miner, 2009). Počet uzlov v skrytej vrstve sa v jednotlivých simuláciách menil od 3 do 6, pričom testovacia vzorka mala 51 členov. Počet uzlov vo výstupnej vrstve pre binárnu závisle premennú bol 2 (inovatívne verzus ostatné ekonomiky).

Faktorová analýza

Do faktorovej analýzy boli zahrnuté len premenné s rozdelením blížiacim sa normálnemu. Faktorová analýza využila ako metódu extrakcie analýzu hlavných komponentov. Použitou rotačnou metódou bol Varimax s Kaiserovou normalizáciou. Matica rotovaných komponentov identifikovala nasledovné faktory:

T a b u ľ k a A

Matica rotovaných komponentov vo faktorovej analýze

Faktor	1	2
Náklady založenia podniku	0.835	-0.020
Vynútiteľnosť práva	0.817	0.056
Celková miera zdanenia podnikov	-0.115	0.777
Index rigidity zamestnania	0.148	0.732