



ANALÝZY A ŠTÚDIE

ŠTRUKTURÁLNE ZÁVISLOSTI
VÝSKUMU A VÝVOJA V
INOVAČNOM SYSTÉME SR

AUTOR
PETER ADAMOVSKÝ

ISBN 978-8088823-91-9



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky fond
regionálneho rozvoja



OPERAČNÝ PROGRAM
VÝSKUM A INOVÁCIE

SIEA
SLOVENSKÁ INOVAČNÁ
A ENERGETICKÁ AGENTÚRA



Obsah

Úvod.....	4
Teoretické východiská	4
Empirický model a dáta	6
Maticová analýza	7
Rozšířená analýza o technologické toky	8
Dáta	10
Hypotézy	9
Výsledky	10
Záver	14
Literatúra	14

Úvod

Inovácie sú dnes nenahraditeľným faktorom ekonomického rastu. Pre ich správny rozvoj je však nutné, aby neostali vyslovenou individualistickou doménou podnikateľských subjektov. Naopak, tieto subjekty by podľa súčasných znalostí mali pri ich tvorbe kooperovať so širokým spektrom ďalších subjektov, inštitúcií a organizácií. Koncept týchto prepojení ovplyvňujúcich inovačnú tvorbu a schopnosti národnej ekonomiky sa začal skúmať na prelome 80-tych a 90-tych rokov 20. storočia autormi Freeman (1987), Lundvall (1992) a Nelson (1993) pod teoretickým názvom Inovačný systém.

V rámci problematiky Národného inovačného systému, ktorý predstavuje vymedzenie inovačného systému iba na územie konkrétneho štátu, je dôležité nielen sledovať vplyv inovácie a jej podpory na individuálne ekonomické ukazovatele podnikateľských subjektov, ale zároveň aj štrukturálne zmeny ekonomiky, ktoré odzrkadľujú sekundárne vplyvy spôsobené inováciou, resp. jej podporou. Výskumno-vývojové aktivity sú základom procesu inovovania. Rozvoj týchto aktivít úzko súvisí s ich financovaním, ktoré môže byť zabezpečované zo súkromných, ako aj verejných zdrojov. Verejné financovanie pokrýva spoločenskú potrebu inovácie ako verejného statku, čím slúži na zvyšovanie ekonomickej výkonnosti a konkurencieschopnosti podnikateľských subjektov v krajine.

Cieľom nášho výskumu je identifikovanie štrukturálnych vzťahov a technologických tokov v slovenskej ekonomike a štruktúr, ktoré definujú jadro slovenského Národného inovačného systému podľa Schnabl (1995), v roku 2015. Na identifikáciu uvedených poznatkov a zodpovedanie hypotéz spojených s našim výskumom využívame dve metódy rozšírenej Input-Output analýzy – Analýza technologických tokov a Analýza minimálnych tokov. Aplikovaný súbor dát obsahuje *Symetrickú Input-Output tabuľku* za domácu výrobu na Slovensku v roku 2015 a slovenské *Výdavky na VaV* za rok 2015.

Teoretické východiská

Kým ešte v druhej polovici 20. storočia bol výskum a vývoj (VaV) skôr vyslovenou doménou podnikateľských subjektov, koncom toho storočia a začiatkom ďalšieho sa už na teoretickej a empirickej báze pracovalo s kooperáciou podnikateľov medzi sebou a s ďalšími subjektmi, inštitúciami a organizáciami. Základom tejto spolupráce sa stal systémový prístup, založený na prepojení všetkých prvkov, súvislostí a ich vplyvov na konečný výsledok. Lundvall (2010) definoval systém ako súbor hráčov a diskretných prvkov, vzájomne na seba pôsobiacich pri tvorbe, šírení a využívaní ekonomicky užitočných znalostí. Inovačný systém počíta s množstvom aktérov, ktorí sa zapájajú do tvorby ideí, realizácie invencie prostredníctvom VaV aktivít a jej komercializácie v podobe inovácie. Aktérmi inovačného systému sú nielen podnikateľské subjekty ako nositelia inovácie, ale aj univerzity, verejné inštitúcie, klastre, technologické inkubátory, centrá technologického transferu a mnohé ďalšie subjekty. V tomto zmysle je dôležité hovoriť predovšetkým o Národnom inovačnom systéme (NIS), aj keď existujú aj ďalšie formy inovačného systému¹. Dnes sa vo vedeckých kruhoch hovorí dokonca o Globálnom inovačnom systéme (Binz a Truffer, 2017).

Ak sa pozrieme konkrétne na problematiku NIS, Lundvall (2010) definoval tento pojem ako súhrn prvkov a vzťahov, ktoré ovplyvňujú produkciu, difúziu a využívanie nových, ekonomicky využiteľných znalostí, ktoré sú vnorené v rámci hraníc určitého štátu. NIS sa skladá zo systematických vzťahov a tokov medzi podnikateľskými subjektmi, ktoré vykonávajú VaV, vedeckými a technologickými organizáciami (vrátane akademického sektora)

¹ Medzi iné skúmané formy inovačných systémov patria Regionálny inovačný systém (Cooke, 2004), Technologický systém (Carlsson, 1991) alebo Sektorový systém (Malerba, 2002).

a inštitúciami verejného sektora. Invencia realizovaná v kooperácii v rámci NIS má vyššiu pravdepodobnosť premeny v inováciu, ako iba na úrovni individuálneho subjektu. Samotná inovácia následne zvyšuje konkurencieschopnosť týchto subjektov, ako aj celého NIS, vďaka tomu, že umožňuje odlíšenie subjektov od iných. Efekty inovácie sa však prejavujú aj na výkonnosti iných subjektov v odvetví a mimo odvetvia – stakeholderov² – vďaka tzv. technologickému a znalostnému prelievaniu³.

Krajiny Európskej únie (EÚ) sa dnes môžu podľa vyššie uvedených definícií považovať za nezávislé NIS, hoci previazanie aktérov v tomto zoskupení v mnohom presahuje hranice jednotlivých krajín. Zároveň inovačné politiky krajín EÚ sú čiastočne kooperované na úrovni zoskupenia práve z dôvodu vzťahu medzi inováciou a ekonomickým rastom a snahy o dobiehanie inovačne najvýkonnejšieho regiónu sveta – Severnej Ameriky⁴.

Výkonnosť NIS sa dá dnes merať viacerými spôsobmi. Pred realizáciou týchto meraní je dôležité poznať, akí aktéri v ňom zohrávajú hlavnú úlohu a aké sú vzťahy a finančné toky medzi nimi. Keďže merať vzťahy medzi konkrétnymi aktérmi je komplikované a kvôli obmedzenosti verejne dostupných dát (v mnohých prípadoch kvôli potrebe dodržať anonymitu subjektu) často nemožné, určitú úroveň poznania poskytuje meranie vzťahov medzi odvetviami ekonomiky.

Medzi bázické kvantitatívne metódy slúžiace na analýzu vzťahov medzi odvetviami patrí Input-Output (I-O) analýza. Autorom analytického konceptu je rusko-americký ekonóm Wassily Leontief, ktorého cieľom bolo popísanie vzájomnej závislosti rôznorodých častí ekonomického systému. Vo svojom prelomovom diele Leontief (1936) autor nadviazal na teoretické koncepty F. Quesnaya, venované znázorneniu prepojení troch odvetví v ekonomike (produkčná trieda, trieda vlastníkov a sterilná trieda), a teóriu všeobecnej ekonomickej rovnováhy L. Walrasa. Leontiefov model je „najjednoduchšou formou Walrasovej všeobecnej rovnováhy, ktorú možno aplikovať“ (Luptáčík, 2010, s. 13). Okrem formulovania I-O modelu sú dôležitými prínosmi autora aj praktická aplikácia modelu v americkej realite daného obdobia a následná snaha o prepojenie ekonomiky ako otvoreného systému.

Od publikovania prvého textu o tomto type analýzy sa jej štruktúra a použitie zásadne rozšírilo. Súčasné modifikácie modelu pokrývajú napr. medziregionálne toky produktov, energetickú spotrebu, environmentálne znečistenie, zamestnanosť, príjmové rozdeľovanie, štrukturálne efekty a i. (Luptáčík, 2010). Rôznorodé exogénne efekty na štruktúru ekonomiky umožňujú merať špecifické multiplikátory, napr. v oblasti zamestnanosti a príjmov, pridanej hodnoty, regionálnych závislostí (Miller a Blair, 2009), ale aj financovania VaV (Schnabl, 1995; Dietzenbacher a Los, 2002; Brzica a kol., 2011). Posledné menované multiplikátory konkrétne sledujú toky finančných prostriedkov investovaných do VaV, ktoré smerujú nielen k priamym prijímateľom, ale aj ďalším subjektom v slovenskej ekonomike.

Empirický model a dáta

Základom našej analýzy je upravená verzia I-O modelu, zahŕňajúca VaV multiplikátory a iné parametre, ktoré umožňujú merať vplyvy VaV výdavkov na ekonomiku. Bázickou publikáciou, využitou pri tvorbe analýzy, je Brzica a kol. (2011). Autori v nej okrem

² Stakeholderi môžu byť na primárnej (zákazníci, dodávatelia, odberatelia a i.) a sekundárnej (verejnosť, štát, komunity, aktivisti, médiá a i.) úrovni.

³ Medzi významných autorov zaoberajúcich sa problematikou technologického a znalostného prelievania (spillovers) patria Arrow (1962) a Romer (1986).

⁴ Podľa metodiky ročenky The Global Innovation Index 2018 dosiahli regióny Severná Amerika 56 bodov, Európa 47 bodov a Juhovýchodná Ázia, Východná Ázia a Oceánia 44 bodov.

teoretického definovania a zhodnotenia spolupráce aktérov v technologickom a inovačnom rozvoji na Slovensku identifikujú jadro NIS za roky 2000 a 2005, pričom okrem identifikácie stavu sledujú aj jeho zmeny v čase. Identifikácia je založená na aplikácii metódy *Analýzy technologických tokov* a na ňu nadväzujúcej metódy *Analýzy minimálnych tokov*⁵. V úvode našej štúdie je dôležité teoreticky a empiricky zdefinovať základný I-O model, z ktorého uvedené metódy vychádzajú.

I-O model v základnej forme predstavuje súbor lineárnych rovníc, ktoré vysvetľujú rozdelenie produktu vytvoreného v konkrétnom odvetví do celej ekonomiky (Miller a Blair, 2009). Rovnice bývajú zvyčajne aplikované na dáta pre konkrétnu geografickú oblasť (krajina, kraj, okres a i.) Každé odvetvie v ekonomike predstavuje nielen výrobcu tovaru alebo poskytovateľa služby, ale aj nákupcu výrobných zdrojov nevyhnutných pre výrobu tovaru alebo poskytovanie služby. Vzťahy medzi jednotlivými subjektmi v ekonomike, zachytávané v rovniciach, môžu byť priame, nepriame alebo indukované. V prípade priamych vzťahov ide o transakcie, ktoré sa priamo dotýkajú sledovaných subjektov. Nepriame vzťahy zachytávajú medzi-odvetvové transakcie, týkajúce sa predovšetkým nákupov zdrojov. Indukované vzťahy sa týkajú zmien v príjmoch domácností, teda predovšetkým nákupu výrobného faktora práca. Aktuálne rozdelenie odvetví v I-O tabuľkách vychádza z Klasifikácie ekonomických činností NACE Rev. 2.

Jednotlivé odvetvia ekonomiky produkujú špecifické produkty a služby. Celková produkcia ekonomiky potom predstavuje súčet produkcie všetkých produktov a služieb produkovaných vo všetkých odvetviach ekonomiky. Základný model využíva zjednodušenie ekonomiky, kde platí rovnosť celkovej produkcie odvetvia a celkovej produkcie produktov a služieb (spolu nazývaných aj komodity). Definícia I-O modelu pracuje s použitím tejto celkovej produkcie v dvoch oblastiach – medzispotrebe a konečnom použití (Brzica a kol., 2011). Medzispotreba predstavuje tú časť produkcie, ktorá sa využíva v ďalšom procese spracovania v inom odvetví a tvorí novú hodnotu. Konečné použitie zahŕňa produkciu, ktorá neslúži na ďalšiu výrobu, ale je spotrebovaná v rámci ekonomiky alebo vyvezená. Konečné použitie sa člení na konečnú spotrebu domácností, konečnú spotrebu neziskových organizácií slúžiacich domácnostiam, konečnú spotrebu verejnej správy, tvorbu hrubého fixného kapitálu, zásob a cenností a vývoz.

Maticová analýza

I-O model⁶ je založený na formulácii tzv. *Leontieffovej inverznej matice (L)*. Tá sa dá odvodiť zo symetrickej I-O tabuľky prostredníctvom niekoľkých medzi-krokov. Pri odvodzovaní matice *L* cez medzi-kroky vychádzame z diela Menbere Workie Tiruneh a kol. (2011).

Ako už bolo spomenuté, ekonomiku tvorí niekoľko *n* odvetví, pričom aktivity každého podnikateľského subjektu v ekonomike sú priradené ku konkrétnemu odvetviu. Produkcia komodity *j* vyprodukovaná odvetvím *i* v určitom období sa označuje ako x_i a celková produkcia ako stĺpcový vektor x . Konečné použitie komodity *j* sa označuje y_j a celkové konečné použitie ako stĺpcový vektor y .

Medzispotreba je zachytená v rámci *matice medzispotreby (Z)*, zloženej z riadkov *i* a stĺpcov *j*. Prvky matice sa označujú ako z_{ij} a udávajú spotrebu komodity *i* v odvetví *j* na produkciu ďalších komodít. Diagonála matice predstavuje vnútornú spotrebu odvetvia⁷. Zápis

⁵ Z angl. *Subsystem Minimal Flow Analysis (SMFA)*.

⁶ Odvodenie I-O modelu je v tejto publikácii prezentované vo veľmi skrátenej forme. Pre širšiu špecifikáciu a ďalšie súvislosti pozri napr. Miller a Blair (2009).

⁷ Ide o spotrebu vlastných produktov z predchádzajúcej výroby.

použitia celkovej produkcie na medzispotrebu a konečné použitie vyzerá nasledovne: $x = Z \cdot e + y$, kde e predstavuje stĺpcový jednotkový vektor.

Z matice Z je možné vyrátať *maticu technických koeficientov* (A), pomocou ktorej sa dá určiť štruktúra vzťahov a množstvo priamych vstupov komodít potrebných pre produkciu jednej jednotky v odvetví j . Prvky matice, ktoré konkretizujú uvedený objem, sa označujú ako $a_{ij} = z_{ij}/x_j$, pričom samotná matica A má nasledovný matematický zápis: $A = Z \cdot \hat{x}^{-1}$, kde \hat{x}^{-1} predstavuje inverznú maticu k diagonálnej matici vytvorenej z x .

Keďže platí vzťah: $x = A \cdot x + y$, po dosadení a niekoľkých maticových úpravách dostávame: $x = (I - A)^{-1} \cdot y = L \cdot y$, kde L predstavuje *Leontiefovú inverznú maticu*. Prvky matice sa označujú ako l_{ij} a špecifikujú objem komodity i potrebný na dodanie jednej jednotky komodity j do konečného použitia. Konečné použitie sa člení na konečnú spotrebu domácností (y^{ksd}), neziskových organizácií slúžiacich domácnostiam (y^{knisd}) a verejnej správy (y^{kvs}), tvorbu hrubého fixného kapitálu, zásob a cenností (y^{thk}) a vývoz (y^{ex}).

Rozšírená analýza o technologické toky

Samotnú *Analýzu technologických tokov* zakladáme na dvoch publikáciách Schnabl (1995) a Brzica a kol. (2011). Prvým krokom je identifikácia priamych VaV koeficientov, ktoré vysvetľujú toky prostriedkov priamo idúce na produkciu jednej jednotky sledovaného odvetvia. Priame koeficienty (\hat{w}) rátame ako:

$$\hat{w} = \hat{e} \cdot \hat{x}^{-1},$$

kde striedka predstavuje diagonálne matice pripravené z vektorov VaV výdavkov e a celkovej produkcie x , ktorej hodnoty sú zároveň v inverznej podobe. Následne je matica priamych koeficientov násobená maticou L , vďaka čomu dostávame maticu technologických tokov v štandardnej štruktúre Z^s :

$$Z^s = \hat{w} \cdot L = \hat{w} \cdot (I - A)^{-1} = \hat{e} \cdot \hat{x}^{-1} \cdot (I - A)^{-1}.$$

Matica popisuje technické vzťahy medzi jednotlivými odvetviami v ekonomike bez ohľadu na aktuálnu štruktúru produkovanej hodnoty a dopytu v ekonomike. Ide predovšetkým o medzikrok vo výpočtoch. Prvky v tejto matici zachytávajú VaV výdavky v prvom odvetví, ktoré sú potrebné pri produkcii jednej jednotky produktu druhého odvetvia. Dôležité je poznamenať, že nejde o priame toky, ale o toky v rámci celého výrobného procesu, ktoré začínajú v jednom sledovanom odvetví a končia v druhom bez ohľadu na prelievanie cez rôzne iné odvetvia. Na popis aktuálnych technologických tokov slúži jej upravená verzia, matica technologických tokov v aktuálnej štruktúre Z^a , ktorú dostávame vynásobením pôvodnej matice vektorom konečného použitia y v diagonálnej verzii:

$$Z^a = \hat{w} \cdot L \cdot \hat{y} = \hat{w} \cdot (I - A)^{-1} \cdot \hat{y} = \hat{e} \cdot \hat{x}^{-1} \cdot (I - A)^{-1} \cdot \hat{y}.$$

V tomto prípade už je možné hovoriť o identifikácii reálnej významnosti technologických tokov medzi odvetviami, ktoré súvisia s efektami prelievania. Prvky v tejto matici zachytávajú VaV výdavky prvého odvetvia, ktoré sú potrebné pri produkcii aktuálnej hodnoty produkovanej druhým odvetvím v danom časovom momente. Podobne ako pri predchádzajúcej matici ide o toky v rámci celého výrobného procesu. Okrem identifikácie najväčších technologických tokov na jednotku produkcie, resp. na aktuálnu hodnotu produkcie,

model umožňuje identifikovať dodávateľov a prijímateľov technológií. Ak súčet v riadku matice Z^s , resp. Z^a sledovaného odvetvia je väčší ako súčet v stĺpci matice Z^s , resp. Z^a sledovaného odvetvia, ide o dodávateľa technológií. Analogicky, ak je súčet v riadku menší ako súčet v stĺpci, ide o prijímateľa technológií.

Vyššie uvedené kroky *Analýzy technologických tokov* neumožnili identifikovať toky na jednotlivých úrovniach procesu či najvýznamnejšie obojstranné toky. Tieto poznatky sa dajú získať až realizáciou *Analýzy minimálnych tokov*, ktorá identifikuje jadro NIS v zmysle technologických tokov ako súbor rastových bipólov, teda odvetví, ktoré sa navzájom podnecujú k rastu podľa Schnabl (1995). Metóda je založená na filtrovaní jednotlivých vrstiev výrobného procesu podľa presne stanoveného filtra F_{opt} . Filter je možné stanoviť na základe metód prezentovaných napr. v Luptáček *et al.* (2006), Titze, Brachert a Kubis (2008) a Brzica a kol. (2011).

Pri tvorbe každej vrstvy sa vychádza z matice L vo forme súčtu nekonečného geometrického radu podľa Miller a Blair (2009):

$$(I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots,$$

pričom formálny zápis výpočtu vrstvy v štandardnej štruktúre (kde n predstavuje poradie vrstvy) vyzerať nasledovne:

$$Z_n^s = \hat{e} \cdot \hat{x}^{-1} \cdot A^n$$

a aktuálnej štruktúre nasledovne:

$$Z_n^a = \hat{e} \cdot \hat{x}^{-1} \cdot A^n \cdot \hat{y}.$$

Prvá vrstva (Z_1) zachytáva toky medzi výrobcami a dodávateľmi prvej úrovne, druhá (Z_2) toky medzi dodávateľmi prvej a druhej úrovne a tretia (Z_3) toky medzi dodávateľmi druhej a tretej úrovne. Následne porovnávame vrstvy v štandardnej aj aktuálnej štruktúre s prislúchajúcimi F_{opt} , na základe čoho získavame pre každú vrstvu binárnu maticu W_n , ktorá identifikuje filtrovaný počet tokov na tejto vrstve. Ak je hodnota prvku v matici Z_n väčšia alebo rovná hodnote F_{opt} , matica W_n bude mať na jej mieste hodnotu 1, v opačnom prípade 0. Pre identifikáciu vzťahov medzi vrstvami využívame boolovské (*) násobenie⁸ susediacich matíc:

$$W^n = W_n * W^{n-1}.$$

Uvedeným násobením dostávame matice W^n v počte matíc o jednu menej ako bolo matíc W_n v predchádzajúcom kroku. Ďalšou matematickou operáciou je výpočet matice závislosti D a k nej transponovanej matice D^T . Matica D , ktorá popisuje priame alebo nepriame toky prekračujúce hodnotu F_{opt} sa ráta cez boolovský súčet (+ #) matíc W^n :

$$D = W^1 + \#W^2 + \#W^3 + \dots$$

Tradičným súčtom matíc D a D^T dostávame konečnú maticu H :

$$H = D + D^T,$$

⁸ Metóda násobenia logických hodnôt 0 a 1, analogická s funkciou *and*.

ktorá hovorí o vzájomnej previazanosti odvetví, a ktorej prvky nadobúdajú hodnoty 0, 1 a 2. Ak prvok matice nadobudol hodnotu 0, odvetvia i a j nemajú spoločné technologické vzťahy, ak 1, odvetvia i a j majú medzi sebou aspoň jednosmerný tok a ak 2, odvetvia i a j sú bilaterálne previazané z hľadiska technologických tokov.

Dáta

Bázičným zdrojom dát pre realizáciu analýzy štrukturálnych tokov a vplyvu výdavkov na VaV na ekonomiku je symetrická I-O tabuľka. I-O tabuľku je možné odvodiť z tabuliek dodávok a použitia, ktoré, na rozdiel od kompletných I-O tabuliek, tvoria štandardnú súčasť národných účtov. Odvodenie symetrických I-O tabuliek z tabuliek dodávok a použitia môže byť založené na dvoch verziách – produkt x produkt, resp. odvetvie x odvetvie.

Tabuľky produkt x produkt vysvetľujú štruktúru vstupov homogénnych odvetví z hľadiska skupín produktov a pridanej hodnoty a takisto konečného použitia podľa kategórií týchto skupín produktov.

Tabuľky odvetvie x odvetvie opisujú trhové vzťahy, vrátane sprostredkovateľských dodávok medzi štatistickými jednotkami zoskupenými do odvetví podľa hlavnej činnosti ich podnikania, pridanej hodnoty týchto odvetví a ich dodávok do kategórií konečného dopytu. V tomto prípade vstupná štruktúra odvetvia ostáva nemenná bez ohľadu na produktový mix – vstupná štruktúra produktu v zmysle ostatných produktov je váženým priemerom vstupných štruktúr odvetví, kde je produkt tvorený v rámci hlavnej alebo vedľajšej činnosti.

V rámci našej analýzy pracujeme s domácou *Symetrickou I-O tabuľkou SR* za rok 2015 a ukazovateľom *Výdavky na VaV SR* podľa NACE Rev 2. za rok 2015, ktoré poskytol Štatistický úrad SR. Sledovaný rok 2015 je zatiaľ posledným rokom, za ktorý sú na úrovni štátov EÚ pripravované I-O tabuľky podľa platnej legislatívy. I-O tabuľky sú pripravené metódou produkt x produkt. Štatistický úrad SR zároveň poskytol tabuľky zachytávajúce samotnú domácu produkciu, ako aj samotný dovoz a domácu produkciu + dovoz. Vzhľadom k tomu, že dáta o výdavkoch na výskum a vývoj pokrývajú iba výdavky vynakladané na území SR, pre reálnosť výsledkov pracujeme iba s I-O tabuľkou domácej produkcie. Okrem uvedeného, dáta obsahujú aj vypočítané matice L a A a ďalšie príslušné koeficienty pre jednotlivé formy tabuliek. Všetky údaje sú vyjadrené v bežných cenách roku 2015.

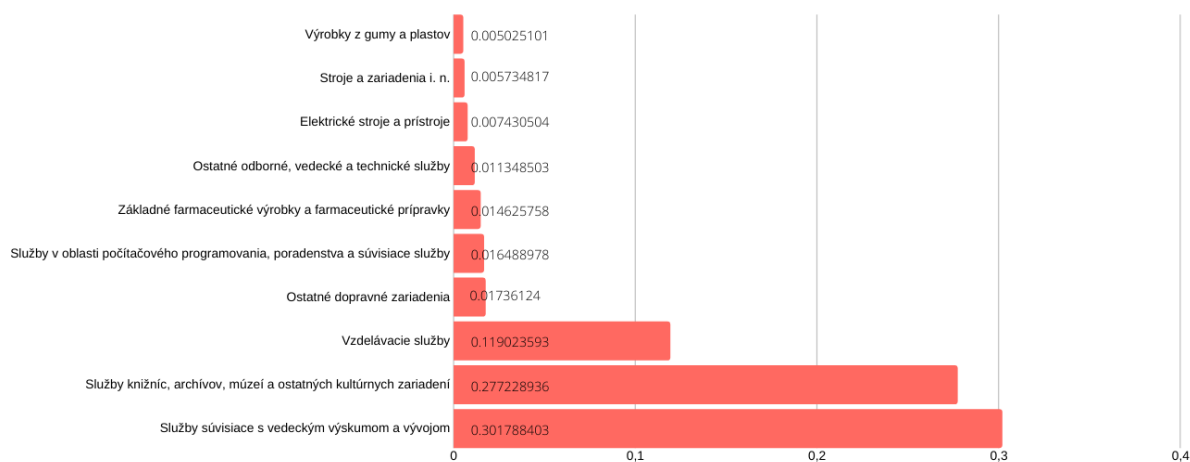
Hypotézy

Výskumné úlohy tejto štúdie obsahujú okrem identifikácie technologických tokov a zdefinovania jadra NIS podľa Schnabl (1995) potrebu potvrdiť alebo vyvrátiť nasledovné hypotézy:

1. *Technologický sektor je významne ovplyvnený aktuálnymi potrebami priemyslu.*
2. *Tvorba inovácií vyžaduje vyspelú infraštruktúru a dostatočný prístup k informáciám.*

Výsledky

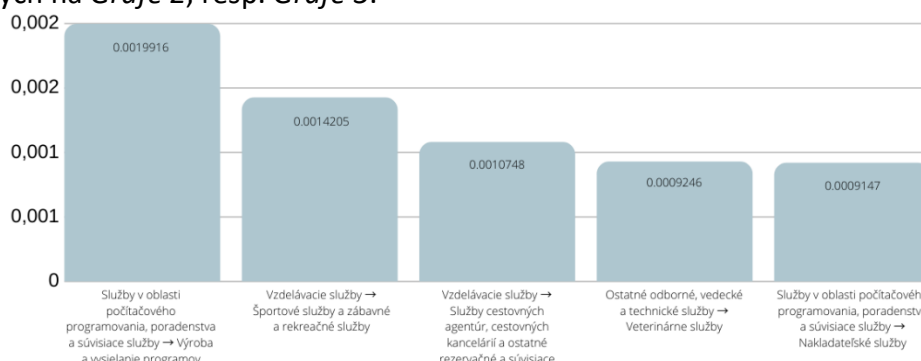
Prostredníctvom I-O analýzy a jej rozšírenia o meranie vplyvu VaV výdavkov sme identifikovali technologické toky medzi odvetviami slovenskej ekonomiky. Najvýznamnejších 10 priamych tokov, vyjadrujúcich VaV výdavky priamo idúce na produkciu jednej jednotky daného odvetvia, je znázornených na *Grafe 1*.



Graf 1 Najvýznamnejšie priame koeficienty výskumu a vývoja za rok 2015 (tis. €). Zdroj: vlastné spracovanie.

Podľa našich predpokladov, najviac priamych VaV výdavkov ide do odvetvia *Služieb súvisiacich s vedeckým výskumom a vývojom*. Na jednu jednotku produkcie tohto odvetvia bolo v roku 2015 potrebné vynaložiť 301,78 € VaV výdavkov. Významné priame toky idú aj do odvetvia *Služieb knižníc, archívov, múzeí a ostatných kultúrnych zariadení* (277,22 €) a do odvetvia *Vzdelávacích služieb* (119,02 €). V ďalších odvetviach sú toky významne menšie.

Ako bolo uvedené v časti *Empirický model a dáta*, matica technologických tokov v štandardnej štruktúre vyjadruje technické vzťahy medzi odvetviami bez odrzkadľovania aktuálneho dopytu. Ide o medzikrok v analýze, ktorý nepopisuje realitu ohľadne technologických tokov. Zatiaľ čo aplikovaná metóda identifikovala všetky technické vzťahy medzi odvetviami, pre potreby analýzy sme vybrali iba 10 najvýznamnejších vzťahov, znázornených na *Grafe 2*, resp. *Grafe 3*.



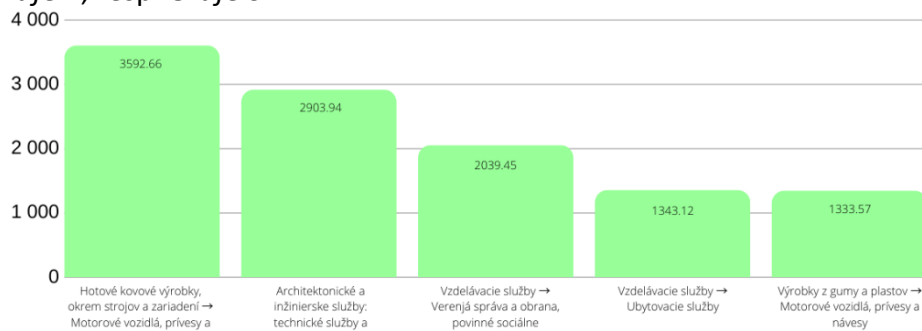
Graf 2 Najvýznamnejšie technické vzťahy v štandardnej štruktúre medzi odvetviami slovenskej ekonomiky v roku 2015 (tis. €). Zdroj: vlastné spracovanie.



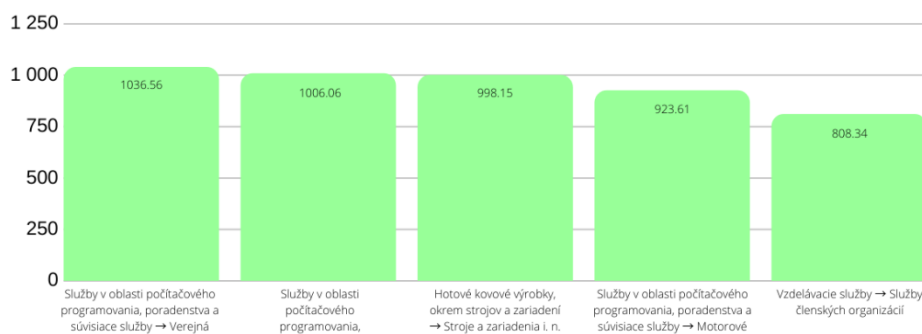
Graf 3 Ďalšie významné technické vzťahy v štandardnej štruktúre medzi odvetviami slovenskej ekonomiky v roku 2015 (tis. €). Zdroj: vlastné spracovanie.

Najvýznamnejší technický vzťah v štandardnej štruktúre medzi dvoma rozličnými odvetviami sme zaznamenali medzi odvetviami *Vzdelávacie služby* a *Ubytovacie služby*. Na produkciu jednej jednotky odvetvia *Ubytovacie služby* bolo potrebné vynaložiť 3,8617 € VaV výdavkov v odvetví *Vzdelávacie služby*. Podobné výsledky indikujú vzťahy medzi odvetvím *Vzdelávacie služby* a ďalšími odvetviami (v druhom, treťom, siedmom a ôsmom najvýznamnejšom prípade). Zároveň vzdelávacie služby boli následnou analýzou riadkov a stĺpcov matice identifikované ako dodávateľ technológií, čo potvrdzuje vyššie interpretované výsledky. Zaujímavé je sledovať vzťahy, v ktorých sa objavujú odvetvia *Služby v oblasti počítačového programovania, poradenstva a súvisiacich služieb* a *Služby knižníc, archívov, múzeí a ostatných kultúrnych zariadení*. Oba sektory vyšli prostredníctvom porovnania riadkov a stĺpcov matice ako dodávateľia technológií, čo potvrdzuje druhú hypotézu o závislosti dnešnej tvorby inovácie od informačno-komunikačných technológií (IKT) a databáz informácií.

Aktuálny stav technologických tokov na Slovensku lepšie popisujú výsledky hodnotenia technologických tokov v aktuálnej štruktúre. Výsledky 10 najvýznamnejších tokov je možné vidieť na *Grafe 4*, resp. *Grafe 5*.



Graf 4 Najvýznamnejšie technologické toky v aktuálnej štruktúre medzi odvetviami slovenskej ekonomiky v roku 2015. Zdroj: vlastné spracovanie.



Graf 5 Ďalšie významné technologické toky v aktuálnej štruktúre medzi odvetviami slovenskej ekonomiky v roku 2015. Zdroj: vlastné spracovanie.

Slovenská ekonomika je naďalej významne závislá od produkcie motorových vozidiel. Ide o základný sektor priemyslu, ktorý zahŕňa nielen samotnú skladbu vozidiel v štyroch slovenských závodoch (Volkswagen, PSA Peugeot Citroën, Kia Motors a Jaguar Land Rover), ale i množstvo dodávateľov, vrátane kovovýroby, gumárskeho priemyslu a IKT. Ak sa pozrieme na výsledky hodnotenia technologických tokov v aktuálnej štruktúre v roku 2015, práve odvetvie *Motorové vozidlá, prívesy a návesy* patrilo medzi najvýznamnejších prijímateľov technológií (v prvom, druhom, piatom a deviatom najvýznamnejšom prípade). Porovnanie riadkov a stĺpcov matice taktiež dokázalo významnú orientáciu odvetvia na prijímanie technológií, čo potvrdzuje našu prvú hypotézu.

Čo sa týka poradia, model identifikoval najvýznamnejší tok medzi odvetviami *Hotové kovové výrobky, okrem strojov a zariadení* a *Motorové vozidlá, prívesy a návesy*. V absolútnej hodnote sa tok dá interpretovať nasledovne: na uvedenie 20 031 027 € hodnoty vyprodukovanej v odvetví *Motorové vozidlá, prívesy a návesy* do konečného použitia bolo potrebné vynaložiť 3 592 660 € VaV výdavkov v odvetví *Hotové kovové výrobky, okrem strojov a zariadení*. Pre hlavné prijímacie odvetvie na Slovensku je podľa našej analýzy dôležité takisto vynakladať veľké množstvo prostriedkov na VaV v odvetví *Architektonické služby a inžinierske služby, technické skúšky a analýzy*. Tento tok súvisí s potrebou vysokej úrovne technického vývoja a analýz pre tvorbu takých komplexných strojov, akými sú automobily.

V ďalšej fáze analýzy sme zisťovali, či a do akej miery existovali na Slovensku v roku 2015 významné bipóly v štandardnej a aktuálnej štruktúre. Na výpočet optimálnej hodnoty filtra F_{opt} pre analýzu minimálnych tokov sme využili metódu testov približne 40 hodnôt filtrov

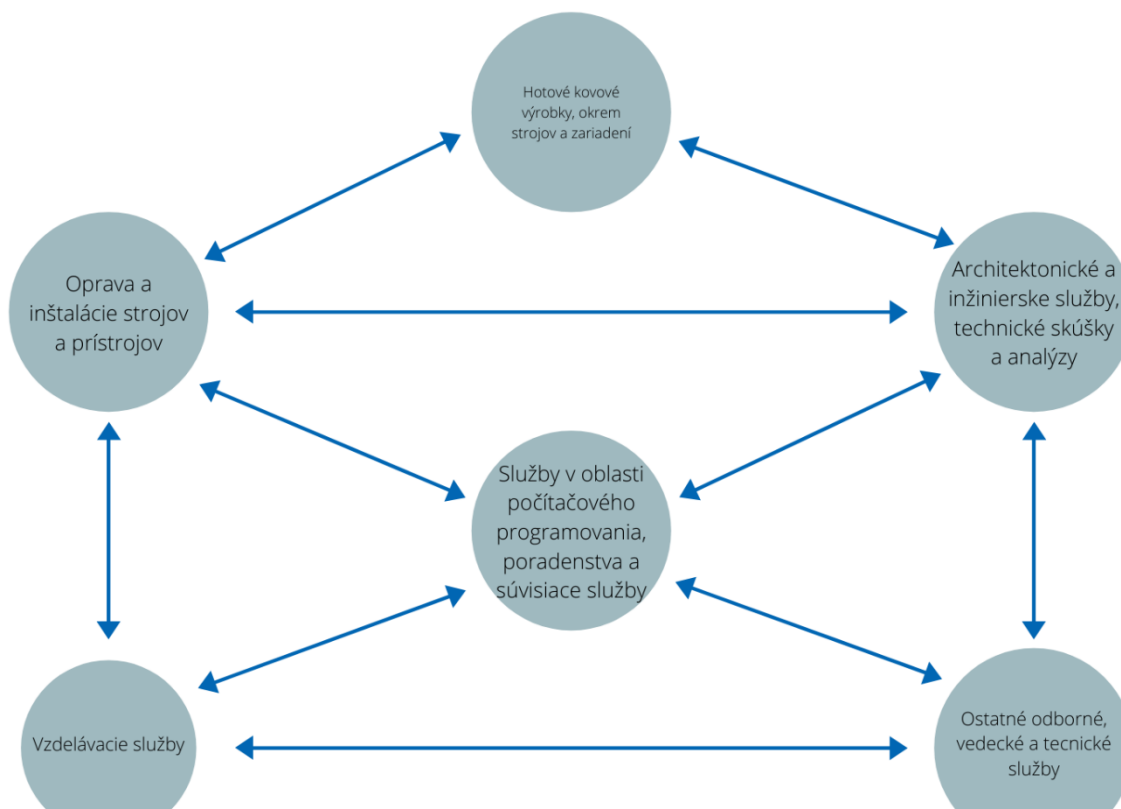


Schéma 1 Najvýznamnejšie slovenské technologické bipóly v štandardnej štruktúre v roku 2015. Zdroj: vlastné spracovanie.

podľa pravidla $m=10$, teda nájdania presne 10 konkrétnych bipólov⁹. Podobnú metódu odporúčali autori Luptáčík *et al.* (2006).

Schéma 1 znázorňuje 10 najvýznamnejších slovenských technologických bipólov v štandardnej štruktúre za rok 2015. Až tri odvetvia ekonomiky – *Oprava a inštalácie strojov a prístrojov, Služby v oblasti počítačového programovania, poradenstva a súvisiace služby a Architektonické služby a inžinierske služby; technické skúšky a analýzy* – mali po štyri obojstranné prepojenia. Umiestnenie týchto odvetví poukazuje na vysokú závislosť IKT a vysoko-sofistikovaných technológií od VaV aktivít, ako aj dôležitosť tvorby analýz a projektovania v dnešnom svete. Ďalšie významné bipóly boli identifikované pre odvetvia *Vzdelávacie služby, Ostatné odborné, vedecké a technické služby a Hotové kovové výrobky, okrem strojov a zariadení*.

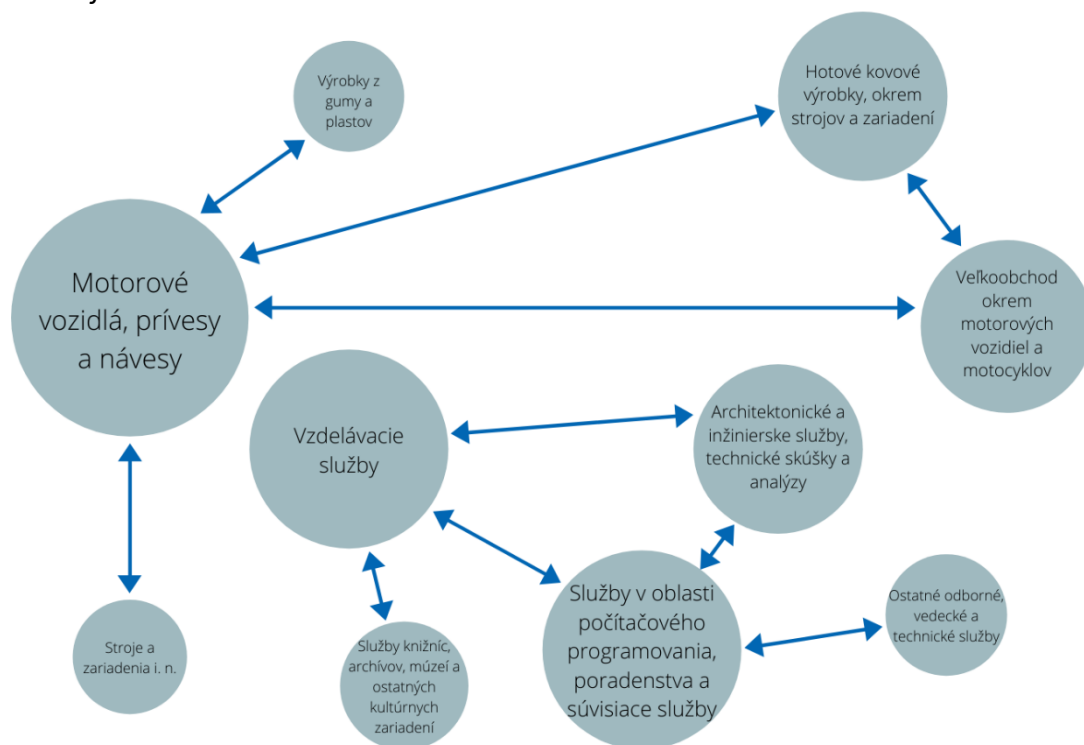


Schéma 2 Najvýznamnejšie slovenské technologické bipóly v aktuálnej štruktúre v roku 2015. Zdroj: vlastné spracovanie.

Podobne ako pri *Analýze technologických tokov*, aj *Analýza minimálnych tokov* v aktuálnej štruktúre potvrdila najvyššiu dôležitosť automobilového priemyslu v slovenskom NIS (viď *Schému 2*). Odvetvie *Motorové vozidlá, prívesy a návesy* tvorilo v sledovanom roku prvý zväzok bipólov (môžeme ho nazývať aj „zväzok produkcie“) práve s dodávateľskými odvetviami ako sú *Výrobky z gumy a plastov, Hotové kovové výrobky, okrem strojov a zariadení, Veľkoobchod okrem motorových vozidiel a motocyklov a Stroje a zariadenia i. n.* Druhý zväzok bipólov (môžeme ho nazývať aj „zväzok služieb“), ktorý viac odzrkadľuje prepojenia v štandardnej štruktúre, závisel predovšetkým od odvetvia *Služby v oblasti počítačového programovania, poradenstva a súvisiace služby*, na ktoré boli napojené odvetvia *Architektonické služby a inžinierske služby; technické skúšky a analýzy, Ostatné odborné,*

⁹ Testovanie identifikovalo hodnoty filtra F_{opt} 0,000005 pre štandardnú štruktúru, resp. 7 pre aktuálnu štruktúru.

vedecké a technické služby a Vzdelávacie služby. Posledné menované odvetvie malo obojstranný vzťah aj s odvetvím Služby knižníc, archívov, múzeí a ostatných kultúrnych zariadení, čo opäť potvrdzuje druhú hypotézu o potrebe dostupnosti informácií pre VaV.

Záver

Základným prínosom predkladanej štúdie je vedomosť o štruktúrnych vzťahoch a technologických tokoch v slovenskej ekonomike a štruktúrach, ktoré definujú jadro slovenského Národného inovačného systému podľa Schnabl (1995), v roku 2015. Na identifikáciu vzťahov, tokov a štruktúr a zodpovedanie preddefinovaných hypotéz boli použité metódy rozšírenej Input-Output analýzy – *Analýza technologických tokov* a *Analýza minimálnych tokov* v štandardnej a aktuálnej štruktúre.

Prvá z použitých metód analýzy identifikovala vzťah medzi odvetviami *Vzdelávacie služby* a *Ubytovacie služby* v štandardnej štruktúre a technologický tok medzi odvetviami *Hotové kovové výrobky, okrem strojov a zariadení* a *Motorové vozidlá, prívesy a návesy* v aktuálnej štruktúre ako najdôležitejšie v sledovanom roku. Viacero odvetví bolo významne technologicky naviazaných na odvetvie *Motorových vozidiel, prívesov a návesov*, ktoré je dnes najväčším ťahúňom slovenskej ekonomiky. Tento poznatok viedol k potvrdeniu prvej hypotézy (*Technologický sektor je významne ovplyvnený aktuálnymi potrebami priemyslu.*) Dôležitý technický vzťah odvetví *Služieb v oblasti počítačového programovania, poradenstva a súvisiacich služieb* a *Služieb knižníc, archívov, múzeí a ostatných kultúrnych zariadení* naopak potvrdil druhú hypotézu (*Tvorba inovácií vyžaduje vyspelú infraštruktúru a dostatočný prístup k informáciám.*)

Druhá z použitých metód analýzy zadefinovala jadro Národného inovačného systému SR v štandardnej štruktúre okolo jedného zhluku odvetví – *Oprava a inštalácie strojov a prístrojov, Služby v oblasti počítačového programovania, poradenstva a súvisiace služby* a *Architektonické služby a inžinierske služby; technické skúšky a analýzy*. V aktuálnej štruktúre išlo o dva zhluky – zväzok produkcie okolo odvetvia *Motorové vozidlá, prívesy a návesy* a zväzok služieb okolo odvetví *Služby v oblasti počítačového programovania, poradenstva a súvisiace služby* a *Vzdelávacie služby*.

Literatúra

1. Arrow, K.J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies*, 29(3), s. 155-173.
2. Binz, Ch., Truffer, B. (2017). Global Innovation Systems – A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts. *Research Policy*, 46(7), s. 1284-1298.
3. Brzica, D. a kol. (2011). *Spolupráca aktérov v technologickom a inovačnom rozvoji*. VEDA, vydavateľstvo SAV, Bratislava, 2011. ISBN 978-80-7144-189-2
4. Carlsson, B. (1991). *Technological systems and economic performance: the case of factory automation*. Kluwer Academix Publishers, Boston, Dordrecht and London. ISBN 978-94-011-0145-5
5. Cooke, P. (2004). The role of research in regional innovation systems: new models meeting knowledge economy demands. *International Journal of Technology Management*, 28, Nos. 3/4/5/6, s. 507-533.
6. Dietzenbacher, E., Los, B. (2002). Externalities of s Expenditures. *Economic Systems Research*, 14(4), s. 407-425
7. Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. Pinter Publishers, London. 155 s. ISBN 978-0861879281

8. Cornell University, INSEAD, WIPO (2018). *The Global Innovation Index 2018: Energizing the World with Innovation*. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. ISBN 979-10-95870-09-8
9. Leontief, W. (1936). Quantitative Input-Output Relations in the Economic System of the United States, *Review of Economics and Statistics*, 18 (3), s. 105-125.
10. Lundvall, B.-Å. (1992). *National innovation system: towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers, London. 342 s. ISBN 1-85567-063-1
11. Lundvall, B.-Å. (2010). *National innovation system: towards a theory of innovation and interactive learning*. Anthem Press, London. 388 s. ISBN 978-1-84331-882-8
12. Luptáček, M., Koller, W., Mahlberg, B., Schneider, H.W. (2008). Growth and Employment Potentials of Chosen Technology Fields. *AUCO Czech Economic Review*, 2 (2008), s. 41-75.
13. Luptáček, M. (2010). *Mathematical Optimization and Economic Analysis*. Springer, New York. ISBN 978-0-387-89551-2
14. Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31 (2002), s. 247-264.
15. Miller, R.E., Blair, P.D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge University Press, Cambridge. ISBN 978-0-511-65103-8
16. Nelson, R.R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press, Oxford. 540 s. ISBN 0-19-507616-8
17. Romer, P.M. (1986). Increasing Returns and Long Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), s. 1002-1037.
18. Schnabl, H. (1995). The Subsystem-MFA: A Qualitative Method for Analyzing National Innovation Systems – The Case of Germany. *Economic Systems Research*, 7(4), s. 383-396.
19. Štatistický úrad SR (2018). Symetrická Input-Output tabuľka za rok 2015.
20. Štatistický úrad SR (2018). Výdavky na výskum a vývoj podľa NACE Rev. 2 za rok 2015.
21. Titze, M., Brachert, M., Kubis, A. (2008). The Identification of Regional Industrial Clusters Using Qualitative Input-Output Analysis. IWH Discussion Papers, No. 13/2008. Dostupné na: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/29999/1/597999821.pdf>
22. Workie Tiruneh, M., Lábaj, M., Dujava, D. (2011). *Štruktúra ekonomiky a ekonomický rast: Ako naplniť teóriu číslami*. Iris, Bratislava, 269 s. ISBN 978-80-8925-666-2