

MIGRATION IN SLOVAKIA - FORECASTING WITH NEURAL NETWORKS

Miroslav Panik – Julius Golej

Abstract

Migration is currently very actual topic, especially in ongoing immigration crisis that punch on several countries of the European Union. To predict the demographic factors that are important in terms of economic development are used different methods - statistical, mathematical, expert estimates. The aim of the article is to create forecasts of immigration SR to three years in advance. The authors used to create an effective forecasting method of artificial intelligence - neural networks.

Key words: immigration, forecast, neural network

JEL Code: C15, D40

Úvod

Imigrácia je dôležitý demografický faktor, ktorý ovplyvňuje ekonomické a sociálne prostredie v každej krajine. Determinuje príjmy a výdavky každého národného hospodárstva. Otázky imigrácie a to najmä nelegálnej sú nanajvýš aktuálne v kontexte prebiehajúcej imigračnej krízy, ktorá zasiahla Európu. Predpovede budúceho vývoja prisťahovalectva v krajinách EU sú momentálne v systéme imigračného chaosu ťažko realizovateľné. Súčasnú predpovede vychádzajú z odhadov odborníkov, ktorí rátajú s viacerými scenármi, alebo zo štatisticko-matematického modelovania, ktoré je však v podmienkach nepredvídateľne sa meniacich vstupných premenných neefektívne.

Cieľom článku je vytvorenie krátkodobej prognózy vývoja legálnej imigrácie na Slovensku pomocou metód umelej inteligencie, konkrétne pomocou umelých neurónových sietí.

1 Imigrácia na Slovensku

Slovensko nepatrí k tradičným cieľovým krajinám migrantov. Je kultúrne homogénnou krajinou, ktorej sa nedotkol dramatický nárast migrácie v priebehu 20. Storočí. Výraznejšie

zmeny priniesol až vstup Slovenska do Európskej únie. V období od roku 2004 v SR poklesla najmä nelegálna a azylová migrácia a trojnásobne sa zvýšila legálna migrácia. Aj napriek tomu, že rast populácie cudzincov na Slovensku bol v rokoch 2004 – 2008 spomedzi všetkých členských štátov EÚ druhý najvyšší, zastúpenie cudzincov v populácii zostáva na nízkej úrovni. Cudzinci dnes v SR tvoria 1,4 percenta populácie a ich počet pomaly rastie (IOM, 2015).

Problém pri odhade migrácie spočíva v tom, že ju viac ako plodnosť a úmrtnosť ovplyvňujú nedemografické faktory. Vývoj imigrácie na Slovensku je vo veľkej miere závislý od priebehu integračných procesov v Európe a od migračnej situácie vo svete. Každopádne sťahovanie obyvateľov z menej vyspelých krajín do vyspelejších je celosvetový trend, ktorý neobíde ani Slovensko. Predpokladá sa, že migračné saldo Slovenskej republiky v budúcnosti ovplyvní hlavne skupina obyvateľov, ktorí budú hľadať uplatnenie vo vyspelých krajinách a skupina prisťahovalcov z rozvojových krajín. U vysťahovalcov pôjde s najväčšou pravdepodobnosťou o mladých a vzdelaných ľudí. Ich odchod bude významne podmienený situáciou na trhu práce vo vyspelých krajinách a vývojom životnej úrovne na Slovensku. Na druhej strane u prisťahovalcov zo zahraničia pôjde skoro výlučne o osoby z východnej Európy a z rozvojových krajín, pričom v mnohých prípadoch to môžu byť také osoby, ktoré sa neuplatnia vo vyspelých krajinách. Dá sa predpokladať, že čím bude na Slovensku priaznivejšia situácia, čím bude vyššia životná úroveň, tým menej obyvateľov bude odchádzať, a tým viac cudzincov bude mať záujem prisťahovať sa. V budúcnosti sa tiež dá očakávať snaha o ovplyvňovanie migračných procesov zo strany štátu v závislosti od konkrétnej situácie. Vo všetkých variantoch vývoja migrácie sa počíta s postupným zvyšovaním migračného prírastku až do roku 2025. Rozdielna úroveň rastu migračného salda zodpovedá rozdielnym scenárom integračného procesu v Európe a zvyšovania životnej úrovne na Slovensku (Infostat, 2002).

Legitímna túžba po lepšom živote nesmie presiahnuť recepčnú schopnosť členských a pristupujúcich štátov EÚ. Imigrácia musí prebiehať zákonnými cestami. Podľa Ženevského dohovoru z roku 1951 je dôležité utečencom poskytnúť rýchlu a účinnú ochranu, pričom treba vytvoriť mechanizmy na zabránenie zneužívania systému a na rýchlejší návrat osôb, ktorým boli zamietnuté žiadosti o udelenie azylu, do krajiny pôvodu. Slovenská republika je tranzitnou krajinou migračných prúdov. Promptné vybavovanie neopodstatnených prípadov bude v budúcnosti nevyhnutnosťou na zachovanie funkčnosti azylového systému. Na základe dostupných údajov je zrejmé, že celkový počet nelegálnych migrantov, ktorým sa podarilo nedovoleným spôsobom prekročiť štátnu hranicu SR a tranzitovať ďalej územím SR až k jej

západnej hranici, je omnoho väčší ako sa všeobecne uvádza. Prognózy vývoja nelegálnej migrácie, ako aj rokovania s pohraničnými vojskami Ukrajiny naznačujú, že nedovolené prekračovanie štátnej hranice bude i naďalej stúpať.

V skladbe nelegálnych migrantov podľa štátnej príslušnosti jednoznačne dominujú migranti z ázijských krajín, ako Afganistan, Irak, Čína, India, Bangladéš, Vietnam, Rusko a Pakistan (Žiláková, 2004).

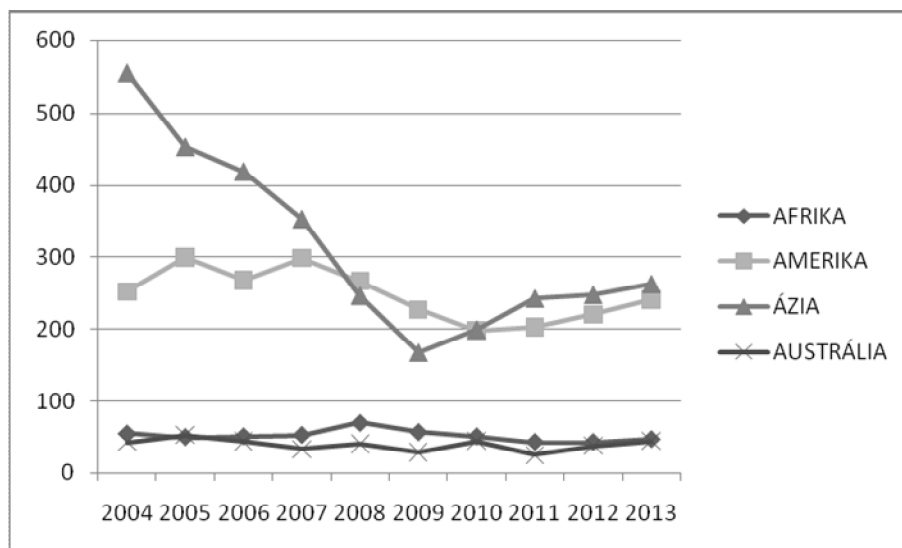
V tabuľke a na obrázku 1 sa nachádzajú štatistické údaje o prisťahovalcoch v SR.

Tab. 1.: Prist'ahovaní podľa krajín na územie SR

	AFRIKA	AMERIKA	ÁZIA	AUSTRÁLIA
2004	55	252	555	43
2005	50	300	453	53
2006	51	268	419	44
2007	53	299	353	33
2008	70	267	247	41
2009	57	227	168	29
2010	51	197	200	45
2011	43	202	243	25
2012	43	220	248	38
2013	47	241	263	45

Zdroj: ŠÚSR

Obr. 1.: Prist'ahovaní podľa krajín na územie SR (graf)



Zdroj: ŠÚSR

2 Materiál a metódy

Na modelovanie a prognózovanie demografického vývoja je vo všeobecnosti možné použiť viacero metód, napr. kvantitatívne matematicko-štatistické metódy, extrapolácia, expertné

odhady a metódu scenárov, alebo zmiešané metódy, ktoré kombinujú rôzne prístupy. Či už sa jedná o diskrétné, spojité stochastické alebo deterministické modely, vždy je potrebné vychádzať z oficiálnych štatistických zdrojov ako je napr. štatistický úrad.

Autori na vytvorenie prognózy vývoja imigrácie v SR na ďalšie tri roky použili neurónovú sieť. Zostrojenie neurónovej siete bolo realizované pomocou softvéru Statistica, modul Neural Networks. Neurónová sieť je matematický model, ktorý patrí k metódam umelej inteligencie. Vzhľadom na rozsiahlosť teórie neurónových sietí uvádzame iba základné informácie, viac pozri Broomhead a Křivan.

Prvý model neurónovej siete zostrojili McCulloch a Pitts, pričom elementárna častica tzv. logický neurón dokázal pracovať na základe symbolickej binárnej logiky v diskrétnych časových intervaloch, pričom hodnoty synaptických váh a prahových funkcií boli fixné. Na McCullocha a Pittsa nadviazal John Hopfield, ktorý vytvoril tzv. model robustnej autoasociatívnej pamäte, v ktorej sú všetky neuróny vzájomne prepojené symetrickou väzbou. Hopfieldove siete sa nedokážu učiť, pretože ich pamäťové stavy sú iba predprogramované v matici synaptických spojení. Tieto neurónové siete sú schopné na základe čiastočnej informácie na vstupe vygenerovať kompletnú informáciu na výstupe. Rosenblatt (1958) ukázal, že McCulloch-Pittsove siete sa dajú natréňovať pomocou modifikácie synaptických váh. Váhové a prahové koeficienty predstavujú parametre modelu, ktoré sa zvoľia pomocou učenia. Tieto siete sa nazývajú perceptróny a zaraďujú sa medzi tzv. neurónové siete s učiteľom. Perceptrón je elementárna forma neurónovej siete, pozostávajúca len zo vstupnej vrstvy, ktorá obsahuje p vstupných neurónov a výstupnej vrstvy, ktorá obsahuje len jeden výstupný neurón. Všeobecne proces určenia vhodnej typológie neurónovej siete, hľadanie váhových a prahových koeficientov, minimalizovanie účelovej funkcie pozostáva z iteračného procesu, ktorý môže mať niekoľko tisíc iterácií (Kvasnička a kol., 1997).

Adaptačný proces môže byť realizovaný pomocou viacerých matematických metód, okrem gradientovej metódy napr. Newtonova metóda, alebo metóda premennej metriky. Z dôvodu náročnosti výpočtu je žiaduce využitie výpočtovej techniky a softvéru na simuláciu neurónových sietí, ako napr. Matlab, SNNS, Statistica, SAS.

Pri vyberaní vhodnej neurónovej siete boli porovnávané koeficienty korelácie a chyby jednotlivých modelov. Najvýhodnejšia zo všetkých porovnávaných bola sieť RBF (Radial basis function) s jednou skrytou vrstvou s štyrmi neurónmi. RBF sieť je druh neurónovej siete, kde sa ako prechodová funkcia používa radiálna bazová funkcia. Radiálna funkcia je špeciálna matematická funkcia, ktorá so zväčšujúcou sa vzdialenosťou od centra monotónne klesá resp. stúpa. Jednovrstvovú RBF sieť môžeme zapísať ako:

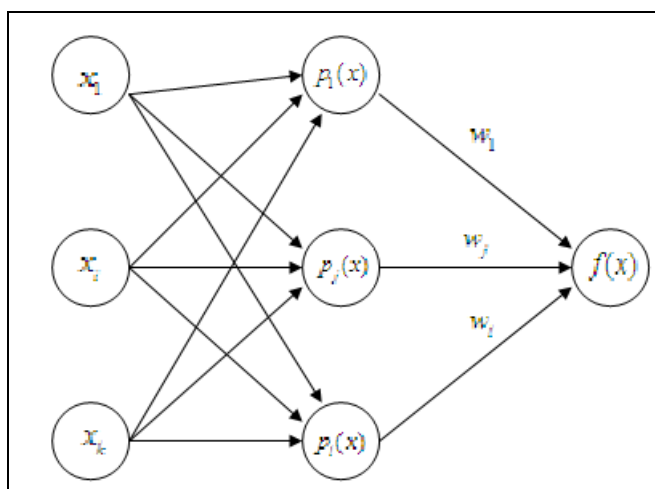
$$f(x) = w_0 + \sum_{i=1}^l w_i p_i(x) \quad (1)$$

Kde w_i – váhy

p_i – prechodové funkcie.

Všetky hodnoty z k vstupujúcich hodnôt vektora x sa použijú ako parameter pre prechodové funkcie p_i , $\forall i \in K$: $0 < i \leq l$. Výstupom siete je $f(x)$, lineárna kombinácia prechodových funkcií a váh. Na obrázku nižšie je zobrazená RBF sieť s jednou skrytou vrstvou.

Obr. 2.: RBF sieť



Zdroj: Autor

Na prognózu imigrácie v SR bola použitá RBF neurónová sieť s jednou skrytou vrstvou s štyrmi neurónmi. Zvolená sieť vykazuje najvyššiu koreláciu (0,977) a najmenšie chyby spomedzi všetkých porovnávaných modelov. Celkovo bolo 10 pozorovaní rozdelených do troch skupín s nasledujúcou početnosťou. Tréningové údaje: 6, verifikačné údaje: 2, testovacie údaje: 2. Ďalšie charakteristiky sú v nasledujúcich tabuľkách.

3 Výsledky

Tab. 2.: Chyby najmenších štvorcov pre jednotlivé skupiny údajov

Charakteristika	Tréningové údaje	Verifikačné údaje	Testovacie údaje
RMS error	0,000639	0,000672	0,000711

Zdroj: Autor

Tab. 3.: Charakteristiky regresie

Charakteristika	Tréningové údaje	Verifikačné údaje	Testovacie údaje
Data Mean	1150,256	1177,167	1222,101
Data S.D.	225,059	250,130	223,300
Error Mean	0,001	6,112	25,758
Error S.D.	43,500	39,154	41,111
Abs E. Mean	30,142	33,078	40,058
S.D. Ratio	0,148	0,199	0,244
Correlation	0,977	0,982	0,983

Zdroj: Autor

Pomocou neurónovej siete je realizovaná prognóza. Prognóza ex-post ukázala, že namodelované dáta uspokojivo vystihujú skutočné napozorované hodnoty imigrácie. Model dokáže zachytiť trend vývoja imigrácie.

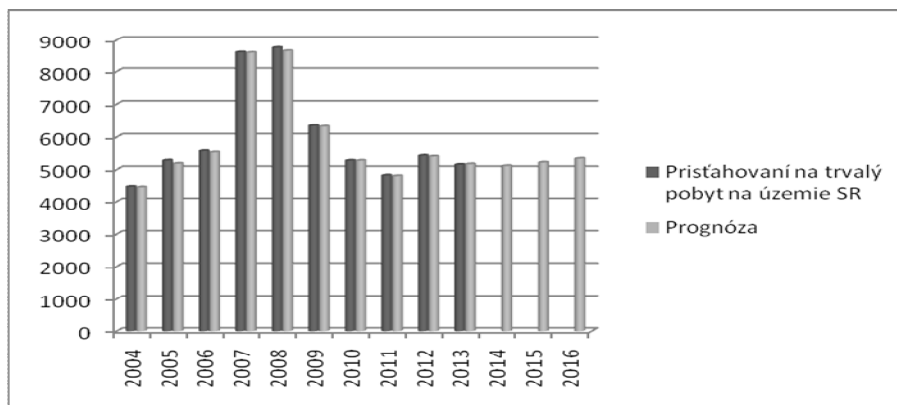
Tab. 4.: Prognózované a skutočné hodnoty imigrácie v SR

Rok	Prist'ahovaní na trvalý pobyt na územie SR	Prognóza
2004	4460	4442
2005	5276	5180
2006	5589	5547
2007	8624	8611
2008	8765	8665
2009	6346	6321
2010	5272	5270
2011	4829	4811
2012	5419	5396
2013	5149	5165
2014		5112
2015		5215
2016		5332

Zdroj: ŠÚSR, Autor

Prognóza ex-ante na tri roky dopredu ukazuje mierny nárast imigrácie v ďalších rokoch.

Obr. 3.: Prognózované a skutočné hodnoty imigrácie v SR



Zdroj: Autor

Záver

Modelované hodnoty sa príliš neodlišujú od skutočných napozorovaných hodnôt imigrácie. Prognóza vytvorená na tri obdobia dopredu ukazuje mierne rastúci trend vývoja imigrácie. Čo je v súlade s očakávaniami, avšak tento nárast by po prepuknutí imigrantskej krízy mohol byť oveľa extrémnejší. Pri použití metódy neurónových sietí nie je potrebné odhadnúť tvar regresnej krivky a taktiež je odstránený problém nelinearity. Prognózu je možné realizovať aj za použitia iba prognózovanej premennej, bez použitia vysvetľujúcich premenných. Výhodou neurónových sietí je tiež možnosť efektívneho prognózovania aj v prípade krátkeho časového radu. Nedostatkom môže byť menšia efektívnosť dlhodobějších prognóz a horšia interpretovateľnosť. Prognózovaná hodnota v roku 2015 je v súlade so skúmaním viacerých autorov, avšak v kontexte existujúcej imigračnej krízy autori pripúšťajú negatívne prekvapenie.

Literatúra

ŠPIRKOVÁ, Daniela - IVANIČKA, Koloman - FINKA, Maroš. 2009. Bývanie a bytová politika : Vývoj, determinanty rozvoja bývania a nové prístupy v nájomnej bytovej politike na Slovensku. Bratislava : STU v Bratislave, 2009. 191 s. ISBN 978-80-227-3173-7.

KŘIVAN, M. 2008.: Úvod do umělých neuronových sítí. Vysoká škola ekonomická v Praze, Nakladatelství Oeconomica. 2008, ISBN 978-80-245-1321-8

BROOMHEAD, S., LOWE, D. 1988. Multivariate functional interpolation and adaptive networks, Complex systems, 2:321-355

IOM, 2015. Dostupné na: <http://www.iom.sk/sk/migracia/migracia-na-slovensku>

KVASNIČKA a kol. 1997. Úvod do teórie neurónových sietí. 285str. IRIS. ISBN 8088778301.

INFOSTAT. 2002. Dostupné na: <http://www.infostat.sk/vdc/pdf/prognoza2050vdc2.pdf>

ŽILÁKOVÁ. 2004. Migrácia a azyl v SR a v EÚ. Slovenská spoločnosť pre zahraničnú politiku (SFPA). Dostupné na: <http://www.euractiv.sk/socialna-politika/analyza/migracia-a-azyl-v-sr-a-v-eu>

Kontakt

Ing. Miroslav Pánik, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Ústav manažmentu

Vazovova 5, 812 43, Bratislava

Ing. Július Golej, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Ústav manažmentu

Vazovova 5, 812 43, Bratislava