

Miroslav Pánik¹

APLIKÁCIA VIACVRSTVOVÉHO PERCEPTRÓNU NA PREDIKCIU VÝVOJA CIEN BYTOV

MULTILAYER PERCEPTRON APPLICATION FOR FORECAST OF APARTMENT PRICES

Abstract

Monitoring the development of real estate prices has become very important, especially after the outbreak of the economic crisis, because one of its major causes was disproportionate rise in house prices in the U.S. which meant the formation of real estate bubble and turbulence in global financial markets. This article describes a method of forecasting average prices of apartments in the Slovak Republic. National Bank of Slovakia publishes data of real estate prices quarterly since 2005. For creating a forecast the neural network is used, especially perceptron RBF with seven neurons. Ex-post forecast showed that the modeled data satisfactorily describe the actual value of the average prices of flats. Model can capture the trend in price development. Subsequently, the model is applied and the result is ex-ante forecasts for four periods ahead – year 2014.

Úvod

Ceny nehnuteľností determinuje množstvo ekonomických, sociálnych, politických a demografických faktorov. Vývoj cien nehnuteľností má značný vplyv na hospodárstvo ako celok, pričom hospodársky vývoj a vývoj na realitnom trhu sú vzájomne prepojené. Rozvoj realitného trhu je do veľkej miery závislý na stave ekonomiky v rámci hospodárskeho cyklu. Extrémne tlaky v ekonomike môžu viesť k vzniku krízy na trhu nehnuteľností. Výrazný pokles cien nehnuteľností môže do značnej miery destabilizovať bankový systém a spôsobiť tak rozsiahle ekonomické problémy.

Slovenský realitný trh zaznamenal v roku 2007 relatívny boom, ktorý súvisí hlavne s jeho pomerne neskorým vznikom až zhruba na prelome tisícročí, keď odštartoval aj dynamický rast cien nehnuteľností na bývanie. K výraznému rastu cien domov a bytov prispel podstatnou mierou hlavne priaznivý vývoj slovenskej ekonomiky, ktorý bol základom pre pozitívne očakávania obyvateľstva a rastúcu ochotu obstarávať si bývanie aj pomocou relatívne dobre dostupných úverových zdrojov. Rastúci dopyt po bývaní nebol nasledovaný adekvátnou ponukou, čoho výsledkom bol pomerne dynamický rast cien nehnuteľností na bývanie v posledných rokoch. Zlom nastal v druhom polroku 2008, keď v dôsledku vonkajších a vnútorných vplyvov došlo postupne k stagnácii na realitnom trhu a k poklesu cien nehnuteľností na bývanie.

Na dokonalom realitnom trhu sú ceny nehnuteľností plne určované ponukovými faktormi, ako sú reálne stavebné náklady a ceny pozemkov [1]. Cutler, Poterba a Summers [2] dokázali, že v USA existuje silný štatistický vzťah medzi úrovňou cien nehnuteľností a dopytom po nehnuteľnostiach určených na bývanie. Miles a Pillonca [3] vytvorili jednoduchý ekonomický model, ktorý vysvetľuje ako zmena reálnych príjmov obyvateľstva a rastu populácie ovplyvňuje cenovú úroveň nehnuteľností.

Vytvorenie úspešnej prognózy vývoja cien nehnuteľností však môže byť značne komplikované. Národné realitné trhy sa od seba často líšia, takže nie je možné použiť všeobecné mechanické prístupy. Raymond Y.C. Tse [4] pri analýze realitného trhu Hongkongu použil Box-Jenkinsovu metodológiu tzv. ARIMA modely. Karšay [5] použil na predikciu

¹ Miroslav Pánik, Ing., PhD. Ústav manažmentu STU v Bratislave, Vazovova 5, 812 43 Bratislava

vývoja priemerných cien nehnuteľností určených bývanie v SR kalibrované elasticity cien nehnuteľností.

Ceny nehnuteľností na realitnom trhu ovplyvňuje viacero socio-ekonomických faktorov. Ivanička [6] uvádza, že úroková miera významne ovplyvňuje dopyt, pretože pri nízkych úrokových mierach investori ukladajú peňažné prostriedky do nehnuteľností, naopak keď je úroková miera vysoká, potom investori investujú peňažné prostriedky do finančných a kapitálových produktov. Nízka úroková miera prispieva k znižovaniu nákladov na výstavbu, tým sa zvyšuje ziskovosť, ak je dostatočný dopyt, čo sa prejavuje relatívne vysokou cenou nehnuteľností. Investori predpokladajúci nárast ziskov iniciujú novú výstavbu, čím zvyšujú ponuku a spôsobujú celkový rast fondu nehnuteľností určených na bývanie. Dopyt a ponuka sa následne prejavujú na náraste alebo poklese množstva neobývaných bodov. Ak je miera neobsadenosti vysoká - vyššia než 3 % z celkového fondu nehnuteľností, potom dochádza k poklesu ceny nehnuteľností. Naopak v prípade nedostatku voľných priestorov výrazne ceny rastú, čo predstavuje impulz na začatie novej výstavby [6].

Náklady kupujúceho významne ovplyvňujú príjmy, výška nájomného v prípade prenájmu nehnuteľnosti, dane a subvencie zo strany štátu. Dalším dôležitým faktorom ktorý ovplyvňuje dopyt po nehnuteľnostiach je demografický vývoj, konkrétne populačný rast a vývoj počtu a veľkosť domácností, ktoré vplývajú na dopyt po nehnuteľnostiach [7].

Cár [8] uvádza, že ceny nehnuteľností na bývanie v Slovenskej republike determinujú tieto faktory:

- HDP
- Priemerný počet obyvateľov vo veku 25 - 44 rokov
- Celkový objem poskytnutých úverov domácnostiam
- Objem poskytnutých úverov domácnostiam na bývanie
- Objem stavebnej produkcie bytových budov

Metódy a materiál

Cieľom príspevku je vytvorenie prognózy vývoja priemerných cien bytov v SR na rok 2014 pomocou metódy umelej inteligencie – neurónových sietí.

Neurónová sieť je výpočtový model, ktorý vznikol na základe odvodenia vlastností biologických nervových systémov. Základnou stavebnou časťou siete sú neuróny vzájomne prepojené synapsiami. Elementárna časť tzv. logický neurón dokáže pracovať na základe symbolickej binárnej logiky v diskretných časových intervaloch, pričom hodnoty synaptických váh a prahových funkcií boli fixné [9]. Logický neurón s lineárnou aktivačnou funkciou f je možné zapísať ako:

$$y = f(w^T x + \theta) \quad (1)$$

Kde y je výstup logického neurónu, aktivity prichádzajúce cez n vstupných neurónov tvoria vektor $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$. Synapsie sú ohodnotené pomocou vektora váh $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ a „ θ “ je tzv. prahový koeficient (funkcia aktivácie), ktorým je ohodnotený výstupný neurón [9].

Neurónové siete ktoré sa dokážu učiť sa nazývajú perceptróny a zaraďujú sa medzi tzv. neurónové siete s učiteľom. Perceptróny môžu byť jednoduché alebo viacvrstvové. Viacvrstvové perceptróny majú aj vnútornú skrytú vrstvu v ktorej prebieha učenie sa, tzv. extrakcia poznatkov, pričom je potrebné definovať, ktoré prvky patria do ktorej triedy. Prvky majú najčastejšie sigmoidálnu vstupno-výstupnú prechodovú funkciu.

V súčasnosti sa však viac skúmajú dopredné a rekurentné siete ktorých prvky nemajú sigmoidálnu vstupno-výstupnú prechodovú funkciu, ale radiálnu bázovú funkciu v tvare gausiánu. Tieto siete sa nazývajú RBF siete a často vykazujú lepšie výsledky ako siete

s prvkami, ktoré používajú sigmoidálnu funkciu. Radiálna bázová funkcia je špeciálna matematická funkcia, ktorá so zväčšujúcou sa vzdialenosťou od centra monotónne klesá resp. stúpa [9].

Jednovrstvovú RBF neurónovú sieť potom môžeme zjednodušene zapísať v tvare:

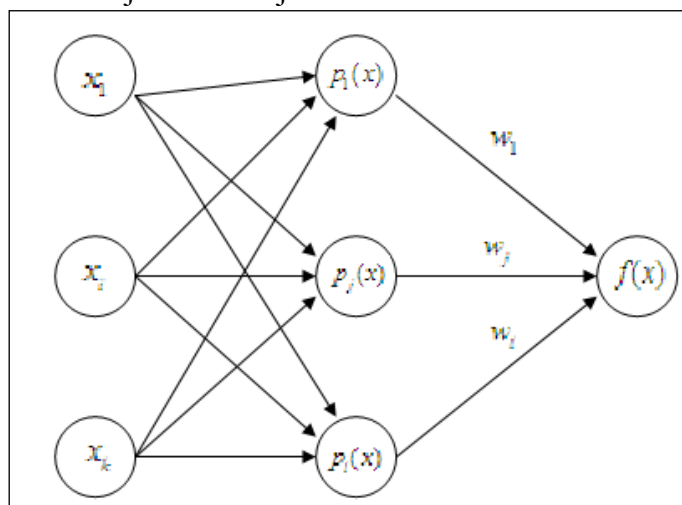
$$f(x) = w_0 + \sum_{i=1}^l w_i p_i(x) \quad (2)$$

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.

Zobrazenie všeobecnej RBF siete je uvedené na obrázku 1.



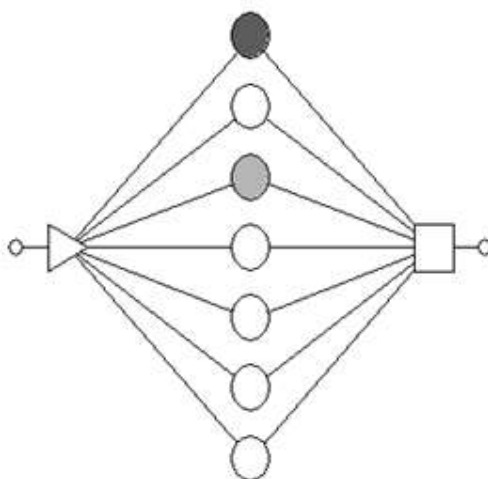
Obrázok 1: Všeobecné zobrazenie RBF siete
(Zdroj: autor)

Zber údajov o cenách nehnuteľností na Slovensku zabezpečuje Národná banka Slovenska v spolupráci s Národnou asociáciou realitných kancelárií. Štvrťročné údaje sú dostupné od prvého štvrťroka 2005 [10].

Vytvorenie predikcie pomocou štandardných ekonometrických postupov poskytuje rozporuplné hodnoty odhadnutých parametrov [5]. Na vytvorenie prognózy vývoja priemerných cien bytov bola aplikovaná neurónová sieť [9]. Pri analýze bola použitá údajová základňa od prvého štvrťroka 2005 po štvrtý štvrťrok 2013. Cieľom príspevku je prognóza vývoja priemerných cien bytov v SR na rok 2014.

Výsledky analýzy a prognóza

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 siedmimi neurónmi (RBF 1:1-7-1:1). Zvolená sieť vykazuje najvyššiu koreláciu (0,999) a najmenšie chyby spomedzi všetkých porovnávaných modelov. Celkovo bolo 36 pozorovaní rozdelených do troch skupín s nasledujúcou početnosťou. Tréningové údaje: 18, verifikačné údaje: 9, testovacie údaje: 9. Ďalšie charakteristiky a výstupy modelovania sú v tabuľkách 1 a 2.



Obrázok 2: Neurónová sieť RBF s jednou skrytou vrstvou s siedmimi neurónmi
(Zdroj: autor)

Optimistické výsledky regresie a chyby najmenších štvorcov potvrdzujú správnosť vybraného modelu neurónových sietí – perceptrón s jednou skrytou vrstvou a siedmimi neurónmi.

| Charakteristika | Tréningové údaje | Verifikačné údaje | Testovacie údaje |
|-----------------|------------------|-------------------|------------------|
| RMS chyba | 0,000344 | 0,000296 | 0,000312 |

Tabuľka 1: Chyby najmenších štvorcov pre jednotlivé skupiny údajov
(Zdroj: autor)

| Charakteristika | Tréningové údaje | Verifikačné údaje | Testovacie údaje |
|------------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Priemer | 1179,312 | 1209,000 | 1198,000 |
| Štandardná odchýlka | 212,265 | 244,124 | 197,505 |
| Priemerná chyba | 0,000 | -6,126 | -11,459 |
| Chyba štandardnej odchýlky | 13,895 | 21,512 | 32,445 |
| Priemerná absolútna odchýlka | 10,322 | 22,077 | 33,117 |
| Pomer štandardnej odchýlky | 0,059 | 0,164 | 0,198 |
| Korelácia | 0,999 | 0,995 | 0,987 |

Tabuľka 2: Charakteristiky regresie
(Zdroj: autor)

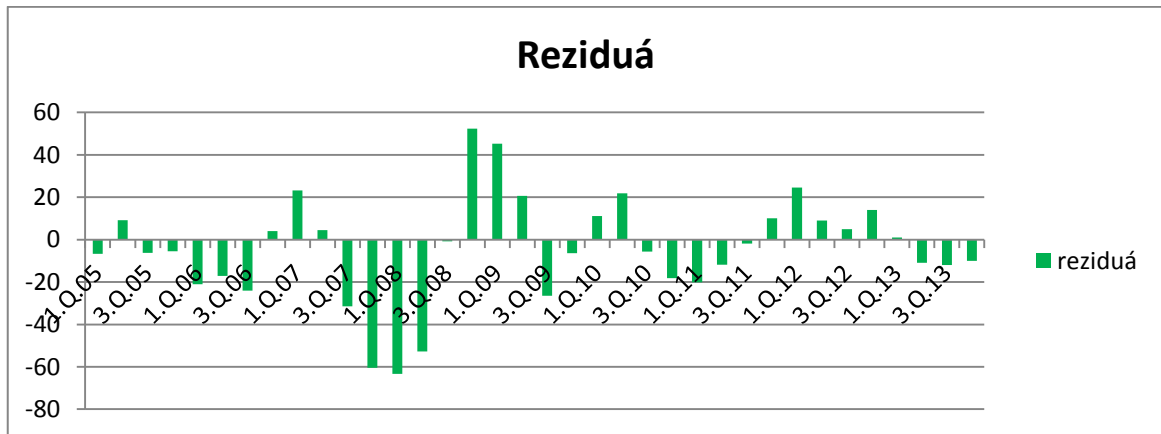
Pomocou zvolenej neurónovej siete bolo realizované modelovanie a prognóza. Prognóza ex-post ukázala, že namodelované dáta uspokojivo vystihujú skutočné napozorované hodnoty priemerných cien bytov. Model dokáže zachytiť trend vývoja cien. Najmenšia odchýlka je v treťom štvrtroku 2008 a to -1 kedy aproximovaná hodnota je 1599 a skutočná napozorovaná hodnota je 1600, resp. v prvom štvrtroku 2013 a to 1, kedy aproximovaná hodnota je 1299 a skutočná napozorovaná hodnota je 1298. Naopak najväčšiu odchýlku pozorujeme v prvom štvrtroku 2008, kedy odchýlka je -63. Skutočné a modelované

hodnoty sú v tabuľke 3 a na obrázku 4.

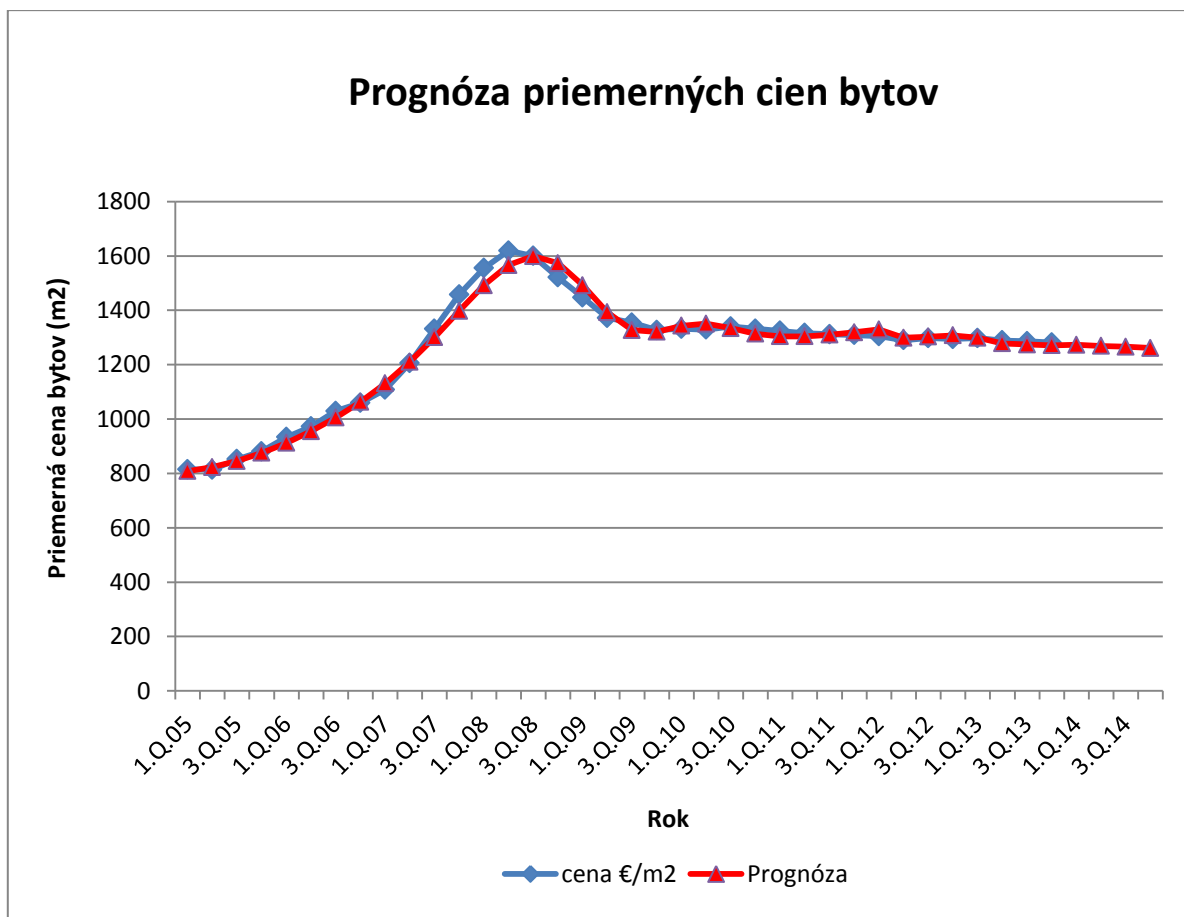
| Štvrťrok | cena €/m ² | Prognóza | reziduá |
|----------|--------------------------|-------------|---------|
| 1.Q.05 | 815 | 808 | -7 |
| 2.Q.05 | 814 | 823 | 9 |
| 3.Q.05 | 852 | 846 | -6 |
| 4.Q.05 | 881 | 876 | -5 |
| 1.Q.06 | 933 | 912 | -21 |
| 2.Q.06 | 972 | 955 | -17 |
| 3.Q.06 | 1 029 | 1005 | -24 |
| 4.Q.06 | 1 059 | 1063 | 4 |
| 1.Q.07 | 1 108 | 1131 | 23 |
| 2.Q.07 | 1 206 | 1210 | 4 |
| 3.Q.07 | 1 332 | 1301 | -31 |
| 4.Q.07 | 1 458 | 1398 | -60 |
| 1.Q.08 | 1 555 | 1492 | -63 |
| 2.Q.08 | 1 619 | 1566 | -53 |
| 3.Q.08 | 1 600 | 1599 | -1 |
| 4.Q.08 | 1 521 | 1573 | 52 |
| 1.Q.09 | 1 447 | 1492 | 45 |
| 2.Q.09 | 1 372 | 1393 | 21 |
| 3.Q.09 | 1 354 | 1327 | -27 |
| 4.Q.09 | 1 327 | 1321 | -6 |
| 1.Q.10 | 1 332 | 1343 | 11 |
| 2.Q.10 | 1 329 | 1351 | 22 |
| 3.Q.10 | 1 340 | 1334 | -6 |
| 4.Q.10 | 1 332 | 1314 | -18 |
| 1.Q.11 | 1 324 | 1304 | -20 |
| 2.Q.11 | 1 316 | 1304 | -12 |
| 3.Q.11 | 1 312 | 1310 | -2 |
| 4.Q.11 | 1 309 | 1319 | 10 |
| 1.Q.12 | 1305 | 1330 | 25 |
| 2.Q.12 | 1 290 | 1299 | 9 |
| 3.Q.12 | 1 298 | 1303 | 5 |
| 4.Q.12 | 1294 | 1308 | 14 |
| 1.Q.13 | 1 298 | 1299 | 1 |
| 2.Q.13 | 1 289 | 1278 | -11 |
| 3.Q.13 | 1 286 | 1274 | -12 |
| 4.Q.13 | 1 281 | 1271 | -10 |
| 1.Q.14 | | 1273 | |
| 2.Q.14 | | 1269 | |
| 3.Q.14 | | 1266 | |
| 4.Q.14 | | 1261 | |

Tabuľka 3: Prognóza cien bytov v roku 2014
(Zdroj: autor)

Na obrázku 3 sú uvedené reziduá v jednotlivých štvrťrokoch, teda odchýlky modelovaných dát od skutočných hodnôt. Model konštruovaný pomocou neurónových sietí má isté rezervy, miestami podhodnocuje, resp. nadhodnocuje realitu. Celkovo je však výsledok uspokojivý.



Obrázok 3: Reziduá modelu (RBF 1:1-7-1:1)
(Zdroj: autor)



Obrázok 4: Modelované a skutočné ceny bytov
(Zdroj: autor)

Prognóza ex-ante na štyri štvrťroky dopredu ukazuje mierny pokles, až stagnáciu cien v roku 2014.

Záver

Ceny nehnuteľností na bývanie ovplyvňuje množstvo ekonomických, sociálnych, politických a demografických faktorov. Medzi najdôležitejšie patria: HDP, úroková miera, populačný vývoj, disponibilný príjem. Prognóza priemerných cien bytov realizovaná pomocou neurónových sietí na štyri štvrt'roky dopredu predpovedá mierne klesajúci trend vývoja cien bytov v roku 2014. Modelované hodnoty sa príliš neodlišujú od skutočných pozorovaných hodnôt cien bytov. Pri použití metódy neurónových sietí nie je potrebné odhadnúť tvar regresnej krivky a taktiež je odstránený problém nelinearity. Výhodou neurónových sietí je tiež možnosť efektívneho prognózovania aj v prípade krátkeho časového radu. Nedostatkom môže byť menšia efektívnosť dlhodobějších prognóz a horšia ekonomická interpretovateľnosť, nakoľko sa jedná o metódu umelej inteligencie.

Použitá literatúra

- [1] Himmelberg, C. - Mayer, C. - Sinai, T. 2005. *Assessing high house prices: Bubbles, fundamentals and misperceptions*. Working Paper 11643. NBER. 2005
- [2] Cutler, D. - Poterba, J. - Summers, L. 1991. Speculative Dynamics. In: *Review of Economic Studies*. roč. 58, s. 529-546.
- [3] Miles, D. - Pillonca, V. 2008. Financial innovation and European housing and mortgage markets. In *Oxford Review of Economic Policy*. 2008, roč. 24, s. 145-175.
- [4] Raymond, Y.C. Tse. 1997. An application of the ARIMA model to real-estate prices in Hong Kong. In *Journal of Property Finance*. 1997, roč. 8, č.2, s. 152 – 163.
- [5] Karšay, A. 2010. Prognóza vývoja cien nehnuteľností na bývanie v prostredí krátkych časových radov. [online]. 2010, [citované: 20.11.2011]. Dostupné na
- [6] Ivanička, K. 2003. Cyklické zmeny hodnoty nehnuteľností na realitných trhoch. In *Investor*. 2003, roč. 4, č.6, s. 30-31.
- [7] Hilbers a kol. 2008. *House Price Developments in Europe*. Working papers WP/08/211. 2008
- [8] Cár, M. 2009. Výber faktorov ovplyvňujúcich ceny nehnuteľností nabývanie na Slovensku. In *Biatec*. ISSN 1335-0900, 2009, roč. 17, č.3, s. 2-8.
- [9] Kvasnička, V. a kol. 1997. *Úvod do teórie neurónových sietí*. Bratislava: IRIS, 1997, s. 262, ISBN 80-88778-30-1.
- [10] Národná banka Slovenska. 2013. Vybrané makroekonomické ukazovatele. [citované: 12. 03. 2014]. online: <http://www.nbs.sk/sk/statisticke-udaje/vybrane-makroekonomicke-ukazovatele/ceny-nehnutelnosti-na-byvanie>