

Predikcia inflácie vybranými metódami strojového učenia

Bakalárska práca

Vedúca práce:

Ing. Bc. Anna Dobešová

Nora Číriová

Brno 2015

Pod'akovanie

Rada by som na tomto mieste pod'akovala vedúcej mojej bakalárskej práce, Ing. Bc. Anne Dobešovej, za odborné vedenie, pomoc a cenné pripomienky, ktoré mi vždy ochotne poskytla a tým prispela k vypracovaniu tejto bakalárskej práce.

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som túto prácu: **Predikcia inflácie vybranými metódami strojového učenia**

vypracoval/a samostatne a všetky použité pramene a informácie sú uvedené v zozname použitej literatúry. Súhlasím, aby moje práca bola zverejnená v súlade s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách v znení pozdných predpisov, a v súlade s platnou *Smernicou o zverejňovaní vysokoškolských záverečných prác*.

Som si vedomý/á, že sa na moju prácu vzťahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brne má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy a užitie tejto práce ako školského diela podľa § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Ďalej sa zaväzujem, že pred spísaním licenčnej zmluvy o využití diela inou osobou (subjektom) si vyžiadam písomné stanovisko univerzity o tom, že predmetná licenčná zmluva nie je v rozpore s oprávnenými záujmami univerzity, a zaväzujem sa uhradiť prípadný príspevok na úhradu nákladov spojených so vznikom diela, a to až do ich skutočnej výšky.

V Brne dňa 19. mája 2015

Abstract

Číriová, N. Prediction of inflation by chosen methods of machine learning. Bachelor thesis. Brno: Mendel University in Brno, 2015.

Keywords

Inflation, Orange, prediction of inflation, machine learning methods, statistical learning, regression trees, k nearest neighbours, inflation factors, data mining

The thesis is dealing with the assessment of how effective is the inflation forecast based on chosen indicators of inflation with the help of artificial intelligence in the Slovak Republic and the European Monetary Union. Specifically, it is about two methods of machine learning and those are the method of regression tree and the algorithm of nearest neighbors. Alignment of time series of inflation in the first part of the practical part is carried out by using current values of inflation factors. The second part is intended to equalising time series of inflation lagged values of these factors. Owing to the results we can select factors that have the greatest impact on the inflation.

Abstrakt

Číriová, N. Predikcia inflácie vybranými metódami strojového učenia. Bakalárska práca. Brno: Mendelova univerzita v Brne, 2015.

Práca sa venuje posúdeniu, ako dobre sa darí predpovedať infláciu na základe vybraných inflačných indikátorov za pomoci umelej inteligencie v Slovenskej republike a v Európskej menovej únii. Konkrétne ide o dve metódy strojového učenia a tými sú metóda regresných stromov a algoritmus k najbližším susedom. Vyrovnávanie časových rád inflácie v prvej polovici Praktickej časti prebieha pomocou súčasných hodnôt inflačných faktorov. Druhá polovica je zameraná na vyrovnanie časových rád inflácie oneskorenými hodnotami týchto faktorov. Vďaka výsledkom vieme vybrať faktory, ktoré majú na infláciu najväčší vplyv.

Kľúčové slová

Inflácia, Orange, predikcia inflácie, metódy strojového učenia, štatistické učenie, regresné stromy, k - najbližší susedia, inflačné faktory, dolovanie z dát

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Zoznam obrázkov | 9 |
| Zoznam tabuliek | 11 |
| 1 Úvod | 12 |
| 2 Cieľ práce | 13 |
| 3 Teoretická časť | 14 |
| 3.1 Inflácia | 14 |
| 3.2 Druhy inflácie..... | 14 |
| 3.2.1 Druhy inflácie podľa kvantitatívneho hľadiska..... | 14 |
| 3.2.2 Inflácia otvorená, potlačená a skrytá..... | 15 |
| 3.2.3 Druhy inflácie z hľadiska proporcionality..... | 15 |
| 3.2.4 Druhy inflácie z hľadiska očakávania..... | 15 |
| 3.2.5 Zotrvačná a jadrová inflácia..... | 16 |
| 3.3 Príčiny vzniku inflácie | 16 |
| 3.3.1 Dopytová inflácia..... | 16 |
| 3.3.2 Nákladová inflácia..... | 16 |
| 3.4 Meranie inflácie..... | 17 |
| 3.4.1 Index spotrebiteľských cien..... | 17 |
| 3.4.2 Index cien výrobcov | 18 |
| 3.4.3 Deflátor hrubého domáceho produktu..... | 18 |
| 3.5 Vplyvy inflácie | 18 |
| 3.5.1 Vplyvy inflácie na efektívnosť alokácie zdrojov v ekonomike | 18 |
| 3.5.2 Vplyvy inflácie na rozdeľovanie dôchodkov a bohatstva v spoločnosti..... | 19 |
| 3.5.3 Pozitívne vplyvy inflácie..... | 19 |
| 3.6 Metódy využívané pre analýzu a predikciu inflácie..... | 20 |
| 3.7 Vývoj inflácie v Slovenskej republike | 21 |
| 3.7.1 Vývoj v roku 2006..... | 21 |
| 3.7.2 Vývoj v roku 2007 | 22 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.7.3 | Vývoj v roku 2008..... | 22 |
| 3.7.4 | Vývoj v roku 2009..... | 22 |
| 3.7.5 | Vývoj v roku 2010..... | 23 |
| 3.7.6 | Vývoj v roku 2011..... | 23 |
| 3.7.7 | Vývoj v roku 2012..... | 23 |
| 3.7.8 | Vývoj v roku 2013..... | 24 |
| 3.7.9 | Vývoj v roku 2014..... | 24 |
| 3.8 | Vývoj inflácie v Európskej menovej únii | 25 |
| 3.8.1 | Vývoj v roku 2006..... | 25 |
| 3.8.2 | Vývoj v roku 2007..... | 25 |
| 3.8.3 | Vývoj v roku 2008..... | 26 |
| 3.8.4 | Vývoj v roku 2009..... | 26 |
| 3.8.5 | Vývoj v roku 2010..... | 26 |
| 3.8.6 | Vývoj v roku 2011..... | 26 |
| 3.8.7 | Vývoj v roku 2012..... | 27 |
| 3.8.8 | Vývoj v roku 2013..... | 27 |
| 3.8.9 | Vývoj v roku 2014..... | 27 |
| 3.9 | Hlavné inflačné faktory..... | 28 |
| 3.9.1 | Interné faktory | 28 |
| 3.9.2 | Externé faktory | 32 |
| 4 | Metodika | 34 |
| 4.1 | Zdroje a prepočet dát..... | 34 |
| 4.2 | Štatistické učenie..... | 34 |
| 4.3 | Dôvody štatistického modelovania ekonomických veličín | 35 |
| 4.3.1 | Predpoveď a inferencia..... | 35 |
| 4.4 | Metódy pre odhad funkcie | 35 |
| 4.4.1 | Parametrické metódy | 35 |
| 4.4.2 | Neparametrické metódy..... | 36 |
| 4.5 | Dolovanie z dát..... | 36 |
| 4.6 | Strojové učenie a jeho metódy | 37 |
| 4.6.1 | Strojové učenie..... | 37 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.6.2 | Rozhodovacie stromy | 37 |
| 4.6.3 | Algoritmus k najbližším susedom..... | 38 |
| 4.6.4 | Meranie kvality predpovedi..... | 39 |
| 4.6.5 | Postup vytvorenie modelov | 40 |
| 5 | Praktická časť | 41 |
| 5.1 | Predikcia inflácie súčasnými hodnotami inflačných faktorov | 41 |
| 5.1.1 | Metóda regresných stromov..... | 41 |
| 5.1.2 | Algoritmus k najbližším susedom..... | 44 |
| 5.2 | Predikcia inflácie oneskorenými hodnotami inflačných faktorov | 47 |
| 5.2.1 | Metóda regresných stromov..... | 47 |
| 5.2.2 | Algoritmus k najbližším susedom..... | 50 |
| 5.3 | Predvýber atribútov..... | 52 |
| 5.4 | Čiastkový záver | 53 |
| 6 | Diskusia | 55 |
| 6.1 | Hlavné inflačné faktory v Slovenskej republike | 55 |
| 6.2 | Hlavné inflačné faktory v Európskej menovej únii | 55 |
| 6.3 | Komparácia s predpoveďou Národnej banky Slovenska..... | 56 |
| 6.4 | Odporúčania pre centrálné banky a do podnikovej sféry | 57 |
| 7 | Záver | 59 |
| 8 | Literatúra | 60 |
| | Prílohy | 64 |
| A | Hodnoty modelov | 65 |
| B | Doplnkové grafy k modelom regresných stromov | 69 |
| C | Grafy k predvýberu atribútov | 71 |

Zoznam obrázkov

| | |
|---|-----------|
| Obrázok 1: Vývoj HICP na Slovensku vyjadrený % zmenou oproti minulému obdobiu, Zdroj dát: Makroekonomická databáza NBS | 21 |
| Obrázok 2: Vývoj HICP v Eurozóne vyjadrený % zmenou oproti minulého roku, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse | 25 |
| Obrázok 3: Vývoj HDP v eurozóne (vľavo) a na Slovensku (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse, NBS: Makroekonomická databáza | 29 |
| Obrázok 4: Vývoj miery nezamestnanosti v eurozóne (vľavo) a na Slovensku (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse, NBS: Makroekonomická databáza | 29 |
| Obrázok 5: Vývoj JNC v eurozóne (vľavo) na Slovensku (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse, NBS: Makroekonomická databáza | 30 |
| Obrázok 6: Vývoj cien elektriny a pohonných hmôt v eurozóne (vľavo) a na Slovensku (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse, NBS: Makroekonomická databáza | 31 |
| Obrázok 7: Vývoj M3 agregátu (vľavo), vývoj Euriboru (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse | 32 |
| Obrázok 8: Vývoj cien svetovej poľnohospodárskej produkcie (vľavo) a cien ropy Brent (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Svetová banka, Databáza ECB, datová sada Warehouse | 33 |
| Obrázok 9: Vývoj výmenného kurzu EUR/USD, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse | 33 |
| Obrázok 10: Regresný strom Slovenska, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat | 41 |
| Obrázok 11: Regresný strom Eurozóny, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat | 43 |
| Obrázok 12: Algoritmus 3-NN Slovenska, Zdroj pozorovaných dát: Eurostat | 45 |
| Obrázok 13: Algoritmus 5-NN Eurozóny, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat | 46 |
| Obrázok 14: Regresný strom Slovenska, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat | 47 |
| Obrázok 15: Regresný strom eurozóny, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat | 49 |

| | |
|--|-----------|
| Obrázok 16: Algoritmus 4-NN Slovenska, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat | 50 |
| Obrázok 17: Algoritmus 3-NN eurozóny, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat | 51 |
| Obrázok 18: Graf regresného stromu Slovenska pre súčasné hodnoty inflačných faktorov | 69 |
| Obrázok 19: Graf regresného stromu Slovenska pre oneskorené hodnoty inflačných faktorov | 69 |
| Obrázok 20: Graf regresného stromu eurozóny pre súčasné hodnoty inflačných faktorov | 70 |
| Obrázok 21: Graf regresného stromu eurozóny pre oneskorené hodnoty inflačných faktorov | 70 |
| Obrázok 22: Predvýber atribútov Slovenska (vľavo) a eurozóny (vpravo), Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat | 71 |
| Obrázok 23: Predvýber atribútov Slovenska (vľavo) a eurozóny (vpravo) s oneskorenými hodnotami inflačných faktorov, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat | 71 |

Zoznam tabuliek

| | |
|--|-----------|
| Tabuľka 1: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané | 43 |
| Tabuľka 2: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané | 44 |
| Tabuľka 3: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané | 45 |
| Tabuľka 4: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané | 46 |
| Tabuľka 5: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané | 48 |
| Tabuľka 6: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané | 50 |
| Tabuľka 7: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané | 51 |
| Tabuľka 8: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané | 52 |
| Tabuľka 9: Predvýber inflačných faktorov pre jednotlivé modely K-NN | 52 |
| Tabuľka 10: Porovnanie predpovedaných hodnôt chýb M.S.E. a R.M.S.E. softwarom a skutočne vypočítaných hodnôt chýb M.S.E. a R.M.S.E. modelov pre predvýber atribútov | 53 |
| Tabuľka 11: Porovnanie predpovedaných hodnôt chýb M.S.E. a R.M.S.E. softwarom a skutočne vypočítaných chýb M.S.E. a R.M.S.E. pre modely algoritmov | 53 |
| Tabuľka 12: Komparácia predpovedí jednotlivých modelov a NBS so skutočnou hodnotou miery inflácie v 2. štvrtroku 2014 | 56 |
| Tabuľka 13: Hodnoty regresných stromov pre súčasné hodnoty inflačných faktorov | 65 |
| Tabuľka 14: Hodnoty algoritmov pre súčasné hodnoty inflačných faktorov | 66 |
| Tabuľka 15: Hodnoty regresných stromov pre oneskorené hodnoty inflačných faktorov | 67 |
| Tabuľka 16: Hodnoty algoritmov pre oneskorené hodnoty inflačných faktorov | 68 |

1 Úvod

Inflácia, ako jeden zo základných makroekonomických javov sa stala súčasťou každodenného života ekonomických subjektov – domácností, činnosti podnikov ale i štátu, či už v národnom ale i medzinárodnom poňatí.

V dnešnej dobe je inflácia dennodenne diskutovaná a skloňovaná na každom kroku. Skoro každý subjekt ju dokáže definovať ako nárast cenovej hladiny tovarov a služieb. Väčšina ľudí v nej hľadá len to zlé a považuje ju za sociálne a ekonomické zlo. V súčasnosti inflácia predstavuje jedného z troch hlavných strašiakov, spolu s nezamestnanosťou a oblasťou zdravotníctva, ktorých sa ľudia najviac obávajú. Mnoho ekonómov infláciu vníma ako škodlivý makroekonomický jav, ale stretávame sa aj s názormi opačného charakteru, i keď v menšej intenzite, že inflácia so sebou nesie i pozitívne dôsledky.

Od vstupu Slovenskej republiky do Európskej menovej únie ľudia pociťujú oveľa rýchlejšie tempo inflácie. Oblasť predpovedania inflácie však dosť viazne, ľudia každým rokom infláciu očakávajú, ale presne predpovedať jej vývoj nevedia. Pokiaľ by ľudia boli schopní zvyšovanie cenovej hladiny dopredu predpovedať, značne by im to uľahčilo finančné plánovanie do budúcnosti. Pozitívum by to znamenalo aj pre podnikateľov a rovnako, aj pre štát, pre ktorý by to znamenalo lepšiu schopnosť hospodárenia a zvýšenie kvality monetárnej politiky. Vývoj inflácie môžu pomôcť predvídať faktory, ktoré na infláciu pôsobia. Práve táto práca sa zaoberá faktormi, ktoré majú zásadný vplyv na vývoj inflácie. Pokiaľ subjekty budú poznať tieto faktory, bude sa im lepšie predpovedať vývoj cenovej hladiny a uspôsobia svoje plány a rozhodnutia do budúcnosti.

2 Cieľ práce

Cieľom práce je preskúmať, ako sme schopní infláciu, jeden zo základných makroekonomických problémov, predpovedať na základe vybraných inflačných faktorov. Celkovo sa práca zameriava na 2 geografické oblasti, na Slovenskú republiku a na oblasť Európskej menovej únie, z ktorých budú vybrané hlavné inflačné faktory. Vhodnosť týchto inflačných faktorov pre predpovedanie inflácie je ďalej skúmaná. Práca je zložená z 8 častí a tými sú Úvod, Cieľ práce, Teoretická časť, Metodika, Praktická časť, Diskusia, Záver a zoznam Literatúry. V teoretickej časti je podrobne vysvetlený samotný pojem inflácia, uvedené sú druhy inflácie podľa rôznych hľadísk, spôsoby merania, príčiny a dôsledky tohto javu, metódy využívané pre predikciu a analýzu inflácie a hlavné inflačné faktory pre obe skúmané oblasti. Kapitola sa venuje aj popisu vývoja inflácie v Slovenskej republike v období pred hospodárskou krízou a po hospodárskej kríze. Rovnako je popísaný vývoj aj v oblasti Európskej menovej únie. Informácie sú získavané z výročných správ Národnej banky Slovenska a Európskej centrálnej banky.

Pre praktickú časť sú využité metódy strojového učenia. Konkrétne je to metóda regresných stromov a algoritmus k najbližším susedom. Analýza je realizovaná v programe Orange. V prvej časti tejto kapitoly sú časové rady inflácie vyrovnané súčasnými hodnotami inflačných faktorov. Vzniká jeden regresný strom pre Slovenskú republiku a jeden regresný strom pre oblasť Európskej menovej únie, jeden model K-NN pre Slovenskú republiku a jeden model K-NN pre oblasť Európskej menovej únie. Druhá časť je zameraná na predpovedanie inflácie pomocou oneskorených hodnôt inflačných faktorov. Rovnako ako v prvej časti, aj tu máme odhadnuté 4 modely. Dáta pre Praktickú časť sú získané z databáze Eurostatu, databáze OECD a Svetovej banky. Vybrané štvrťročné dáta spadajú do obdobia od prvého štvrťroku 2009 do tretieho štvrťroku 2014.

Diskusia je venovaná popisu hlavných inflačných faktorov, ktoré sú zistené z Praktickej časti na základe metódy regresných stromov. Ďalej sa diskusia zaoberá ako presne sa darí infláciu predpovedať. Výsledky sú porovnané s predpoveďami Národnej banky Slovenska. Na základe výsledkov sú ďalej dané odporúčania pre centrálnu banku, do podnikovej sféry, je aj zhodnotená vhodnosť použitých metód a určené faktory, ktoré sú zásadné pre predikciu inflácie.

3 Teoretická časť

Teoretická časť sa zaoberá vysvetlením samotného pojmu inflácia. Uvedené sú aj druhy inflácie, možné spôsoby jej merania, príčiny inflácie, pozitívne a negatívne dopady na ekonomické subjekty a popis metód pre analyzovanie a predpovedanie inflácie. Kapitola sa ďalej venuje podrobnému popisu vývoja inflácie v Slovenskej republike a Európskej menovej oblasti. Vybrané inflačné faktory v týchto oblastiach sú rozčlenené a na grafoch je naznačený ich vývoj z pohľadu Národnej banky Slovenska, Európskej centrálnej banky a Svetovej banky.

3.1 Inflácia

Jedným zo hlavných makroekonomických problémov je *inflácia*. Tento sprievodný znak trhových ekonomík znamená znehodnotenie peňažnej jednotky a to sa následne prejaví rastom celkovej cenovej hladiny, nie však jednotlivých cien. Inak povedané, inflácia indikuje nárast agregátnej cenovej hladiny statkov, najmä v peňažnej sfére ale aj vo sfére reálnej ekonomiky. Nie však každé zvýšenie cien sa dá považovať za infláciu. Preto, aby inflácia nastala sa vyžaduje dlhší a postupný priebeh. Kvôli tomuto predpokladu sa za infláciu nepodkladajú jednorázové zvýšenia cien (Táncošová a kol, 2013).

Stav, keď sa miera inflácie znižuje sa označuje *dezinflácia*. Tento úzkosúvisiaci pojem s infláciou predstavuje pomalší rast cenovej hladiny. Proces dezinflácie možno dosiahnuť použitím monetárnej reštrikcie centrálnou bankou. (Lisý a kol., 2007), (Martincová a Čaplánová, 2014).

Pokiaľ cenová hladina klesá, hovoríme o *deflácii*. V porovnaní s infláciou sa deflácia označuje ako komplex opatrení, pomocou ktorých dosahuje ekonomika znížovanie cenovej hladiny. Toto znížovanie cenovej hladiny však neznamená návrat k predošlému stavu ale to, že sa k negatívam spôsobených infláciou pridajú ešte ďalšie novo spôsobené problémy (Lisý a kol., 2007).

Brčák a Sekerka (2010) uvádzajú pojem *stagflácia*. V praxi znamená situáciu, keď súčasne s rastom miery inflácie stagnuje reálny produkt, teda sa nemení. Súčasne dochádza aj k rastu nezamestnanosti čo má za následok fakt, že stagflácia popiera Philipsovu krivku. Autori popisujú aj situáciu, pri ktorej dochádza k nárastu miery inflácie a zároveň k zníženiu reálneho produktu. Táto situácia sa nazýva *slumpflácia*.

3.2 Druhy inflácie

3.2.1 Druhy inflácie podľa kvantitatívneho hľadiska

Mierna inflácia je charakteristická tým, že tempo rastu cenovej hladiny neprekračuje tempo rastu ekonomiky. Typickým je aj fakt, že rastie reálny ale i nominálny produkt. Najčastejšie sa mierna inflácia vyznačuje jednociferným tempom rastu

cenovej hladiny. Tento druh inflácie je akceptovateľný a dá sa ľahko zlúčiť s prirodzeným vývojom ekonomiky (Táncošová a kol., 2013).

Dvojciferný až trojciferný rast cenovej hladiny je charakteristický pre *cválajúcu infláciu*. Spôsobuje veľké ekonomické problémy kvôli tomu, že ceny rastú rýchlejším tempom oproti výkonu ekonomiky. Ovplyvňuje ekonomické subjekty, ktoré sa správajú opatrnejšie a preferujú kratšiu držbu peňazí (Táncošová a kol., 2013).

Za extrémny prípad inflácie sa pokladá *hyperinflácia*. V praxi znamená rozpad peňažného systému a značnú dezorganizáciu ekonomiky. Tento druh inflácie sa prejavil napríklad v Maďarsku po druhej svetovej vojne (Táncošová a kol., 2013), (Spěváček, 2010).

3.2.2 Inflácia otvorená, potlačená a skrytá

Ku otvorenej inflácii dochádza, pokiaľ v ekonomike nastane reálny nárast cenovej hladiny (Fuchs a Tuleja, 2003).

Potlačená inflácia je typ inflácie, pri ktorej štátne orgány zasahujú do rastu cien a tým je tento rast umelo zablokovaný. Aktívne prispieva k rozvoju čierneho trhu. Po určitej dobe trvania je však nutné obnoviť rovnováhu medzi dopytom a ponukou a dôjde k transformácii potlačenej inflácii na infláciu otvorenú. Dôsledkom nesprávneho výberu spotrebného koša dochádza k tomu, že cenové indexy nie sú schopné reálne vyjadrovať rast cenovej hladiny. V tomto prípade hovoríme o inflácii *skrytej* (Brčák a Sekerka, 2010).

3.2.3 Druhy inflácie z hľadiska proporcionality

V prípade, že nastáva rast absolútnej cenovej hladiny, ale vzájomné pomery cien sa nemenia, hovoríme o inflácii *vybilancovanej* tzv. proporcionálnej. Pokiaľ zároveň s rastom absolútnej cenovej hladiny dochádza i ku zmene pomerov medzi cenami jednotlivých tovarov ide o infláciu *nevybilancovanú* tzv. neproporcionálnu. V tomto prípade rastú ceny niektorých tovarov rýchlejšie ako ceny iných tovarov (Táncošová a kol., 2013).

3.2.4 Druhy inflácie z hľadiska očakávania

Každý ekonomický subjekt má vlastné inflačné očakávania, ktoré sú buď správne alebo chybné. Ak sa ukáže, že miera očakávanej inflácie a miera skutočnej inflácie sa zhodujú, znamená to, že očakávania boli správne a takáto inflácia sa nazýva *anticipovaná*, ktorá je predpovedateľná. Tento typ neprináša ekonomike závažné bremeno, pretože subjekty s ňou rátajú a zahrňujú ju do svojich plánov. Naopak, ak očakávania nie sú správne, ekonomické subjekty čiastočne miera inflácie zaskočila, hovoríme o *neanticipovanej* inflácii, ktorá sa nedá predpovedať. Neanticipovaná inflácia má neblahý dopad na ekonomiku. Negatívne pôsobí na firmy, ktoré na základe neschopnosti predpovedať budúci vývoj cien nemajú možnosť vytvoriť si do budúcnosti podnikateľský výhľad (Jurečka, 2011).

3.2.5 Zotrvačná a jadrová inflácia

Ako je aj zo samotného názvu zrejmé, pre zotrvačnú infláciu je charakteristické určité zotrvávanie. Na základe psychologických predstáv ekonomických subjektov, ktoré si na pretrvávajúcu infláciu pomaly zvykajú a istým spôsobom sa jej prispôbujú, môžeme tvrdiť, že takáto inflácia má sklon pokračovať rovnakým tempom v prípade, keď príčiny samotnej inflácie už zanikli. Zmenu cenovej hladiny vyvolanú endogénnymi faktormi označujeme ako infláciu jadrovú. Jadrová inflácia má za účel očistiť infláciu od vplyvu regulovaných cien (Jurečka a kol., 2011).

3.3 Príčiny vzniku inflácie

Toto hľadisko delenia inflácie je úzko späté s mechanizmom inflácie, presnejšie s rastom cenovej hladiny, ktorej príčinou môže byť inflačný impulz buď na strane ponuky alebo dopytu. Na základe týchto príčin delíme infláciu na nákladovú a dopytovú (Táncošová a kol., 2013).

3.3.1 Dopytová inflácia

Stav, keď v ekonomike nastáva kladný agregátny dopytový šok, samotný agregátny dopyt rastie na takú úroveň, kedy sa agregátna ponuka nevie prispôbiť stúpajúcemu dopytu sa nazýva *dopytová inflácia* tzv. inflácia ťahaná dopytom. Nastáva vtedy, keď ekonomika plne využíva výrobné faktory a dosiahla úroveň potenciálneho produktu. Nárast agregátneho dopytu nad túto úroveň má za následok, že firmy sa snažia reagovať na tento nárast tým, že zextenzívnia výrobu a teda na trhu budú tvoriť dodatočný dopyt po výrobných faktoroch. To následne povedie k vyššiemu než optimálnemu využitiu výrobných faktorov a v konečnom dôsledku spôsobí tlak na rast cien týchto faktorov. Medzi zdroje dopytovej inflácie radíme faktory, ktoré spôsobujú nárast ktorejkoľvek časti agregátneho dopytu. Zdrojom môže byť napríklad pokles daňových sadzieb či nárast výdavkov vlády. Dopytovú infláciu môže vyvolať aj tzv. spotrebiteľský optimizmus, kedy domácnosti zvyšujú svoje výdavky, pretože očakávajú do budúcnosti kladný vývoj a práve kvôli tomu nepociťujú potrebu odkladať si peniaze na horšie časy (Martincová a Čaplánová, 2014).

3.3.2 Nákladová inflácia

Nákladmi tlačaná inflácia sa od dopytovej líši tým, že môže nastať i v prípade, že ekonomika nedosahuje úroveň potenciálneho produktu. Tento fakt vyvoláva vznik nákladových šokov. Zdrojom nákladovej inflácie je rast cien vstupov. Nastáva, ak sa nevyskytuje nadmerný agregátny dopyt spojený s inflačnou medzerou. Inflácia nastáva len vtedy, ak je inflačný impulz akomodovaný centrálnou bankou. Tá zvýši zásobu peňazí na základe tohto impulzu. Výskyt tejto inflácie sa vyskytol už v tridsiatych rokoch minulého storočia a po druhej svetovej vojne sa stal bežným javom. Vtedy sa táto inflácia často spájala so zvyšovaním nominálnych miezd a práve preto sa označuje aj ako mzdová inflácia. V roku 1973 a 1979 nastalo prudké zvý-

šenie cien ropy, ktoré je tiež príkladom zdroja nákladovej inflácie. Rovnako i rapidne zvýšenie cien niektorých komodít spôsobené politickými udalosťami môže vyvolať nákladovú infláciu. Ďalšou príčinou tohto druhu inflácie je nedokonalá konkurencia. Oligopolné systémy ekonomík znamenajú, že firmy v oligopolnom či monopolnom postavení ovplyvňujú tržné ceny. Ak nastane zvýšenie ceny niektorou firmou a výrobky tejto firmy sú medziproduktami ostatných firiem, vyvolá to reťazovú reakciu zvýšenia výrobných nákladov ostatných výrobcov (Lisý a kol., 2007).

3.4 Meranie inflácie

V praxi znamená inflácia nárast cenovej hladiny, ktorej mieru zmeny označujeme ako *mieru inflácie*. Cenové indexy nám pomáhajú pri jej meraní. Najviac využívanými indexmi sú (Brčák a Sekerka, 2010):

- Index spotrebiteľských cien
- Index cien výrobcov
- Deflátor hrubého domáceho produktu

V eurozóne sa meria nárast spotrebiteľských cien pomocou harmonizovaného indexu spotrebiteľských cien HICP, ktorý je zostavený Eurostatom a národnými štatistickými úradmi. Do HICP sa zahŕňajú všetky peňažné výdavky domácnosti na spotrebu. Patria medzi napríklad potraviny, noviny benzín, oblečenie, kaderníctvo nájomné či poistné (ECB, 2015).

3.4.1 Index spotrebiteľských cien

Tento najviac využívaný index odráža zmenu nákladov na obstaranie daného koša v dvoch zrovnávaných obdobiach. Veľkou nevýhodou indexu spotrebiteľských cien je, že neberie do úvahy zmeny v kvalite daného koša a zmeny preferencií užívateľov. Vo všeobecnosti môžeme CPI vypočítať ako podiel spotrebiteľského koša vyjadreného v cenách obdobia nasledujúceho a rovnakého spotrebiteľského koša vyjadreného v cenách východzieho obdobia, to celé vynásobené 100 (Spěváček, 2010).

Od januára 2015 sa uskutočnila revízia indexov spotrebiteľských cien na Slovensku. Spotrebný kôš obsahuje 708 reprezentantov. Cenové reprezentanty boli vybrané na základe toho, ako významne sa podieľajú na výdavkoch obyvateľstva. Členenie bolo v súlade s metodikou Eurostatu. Spotrebný kôš sa delí na 12 odborov. Stavba univerzálneho spotrebného koša je pre Slovensko nasledovná (ŠÚ, 2015):

- Potraviny a nealkoholické nápoje
- Alkoholické nápoje a tabak
- Odevy a obuv
- Bývanie, voda, elektrina, plyn a iné palivá
- Nábytok, bytové zariadenie a bežná údržba domu

- Zdravie
- Doprava
- Pošta a telekomunikácie
- Rekreácia a kultúra
- Vzdelávanie
- Hotely, kaviarne a reštaurácie
- Rozličné tovary a služby

3.4.2 Index cien výrobcov

Index cien výrobcov tzv. PPI je menej využívaným cenovým indexom. Jeho hlavnou funkciou je prognózovanie inflácie a meranie vývoja cien vstupov do výroby. Výpočtovo sa podobá indexu spotrebiteľských cien. Jediným rozdielom je, že porovnávané koše neobsahujú statky spotrebné, ale statky produktívne ako sú napríklad energie, suroviny a iné (Jurečka a kol., 2010).

3.4.3 Deflátor hrubého domáceho produktu

Ceny statkov, ktoré utvárajú hrubý domáci produkt zahrňuje deflátor hrubého domáceho produktu tzv. IPD. Práve toto z neho robí najkomplexnejší ukazateľ. Všeobecne vyjadruje IPD podiel hrubého domáceho produktu v bežnom období a hrubého domáceho produktu v minulom období. Mnohokrát sa tento index označuje aj ako implicitný cenový deflátor. Hrubý domáci produkt v bežnom období tzv. nominálny produkt a hrubý domáci produkt v minulom období tzv. reálny produkt sa vypočítajú priamo a implicitne sa z nich odvodzuje zmena cien (Jurečka a kol., 2010), (Brčák a Sekerka, 2010).

3.5 Vplyvy inflácie

3.5.1 Vplyvy inflácie na efektívnosť alokácie zdrojov v ekonomike

Pokiaľ sú ceny nemenné, podniky nemusia meniť cenovky na svojich tovaroch. Naopak, ak ceny vzrastajú dynamickým tempom, dôjde ku snahe podnikov uspokojiť sa komplexnému cenovému vývoju, čo bude mať za následok zvýšenie cien produkcie. Pri zmene cien dochádza ku nákladom ako sú napríklad náklady na označenie cien tovarov, ktoré by za okolností nemeniacich cien mohli využiť iným spôsobom. Tieto náklady označujeme ako *menu náklady* (Martincová a Čaplánová, 2014).

Náklady, ktoré majú vplyv na každý ekonomický subjekt, ktorý drží určitý peňažný ostatok sa v praxi nazývajú ako *náklady drania podrážok*. V čase, keď dochádza k rastu cien sa s držbou peňazí na účtoch spájajú náklady, ktoré súvisia s úpadkom hodnoty týchto aktív. Subjekty sa práve preto snažia držať čo najmenej hotovostných peňazí. Dôležitým faktom je, že ľudia vždy potrebujú určitý hotovostný peňažný objem na zrealizovanie svojich bežných nákupov. Práve kvôli tomu sú ľudia nútení vynakladať dodatočné náklady na čoraz častejšie návštevy banky,

aby disponovali potrebnou hotovosťou a zároveň, aby všetky v danej chvíli nepotrebné zdroje držali v náhradnej forme, ktorá im vyvolá najvyšší zisk. V súčasnosti môžeme predpokladať, že náklady drania podrážok sa budú znižovať s rozvojom elektronického bankovníctva (Martincová a Čaplánová, 2014).

V čase inflácie dochádza aj ku *poklesu informačnej funkcie cien*, čo má za následok stratu alokačnej efektívnosti (Martincová a Čaplánová, 2014).

Pokiaľ ekonomické subjekty vnímajú nominálny rast cien za reálny rast cien, postihuje ich tzv. *inflačná ilúzia*. V prípade zamestnancov môže dôjsť k tomu, že nominálny rast miezd mylne pokladajú za rast reálnych miezd. V dôsledku toho budú prácu považovať za výhodnejšiu a budú odhodlaní pracovať viac. Rovnako aj podniky môžu podľahnúť inflačnej ilúzii a preto začnú vyrábať viac, aby dosiahli vyšší zisk. Môže však nastať situácia, že sa im rovnako zvýšia aj výrobné náklady, čo bude mať za následok dosiahnutie nižšieho zisku, než aký si stanovili (Martincová a Čaplánová, 2014).

3.5.2 Vplyvy inflácie na rozdeľovanie dôchodkov a bohatstva v spoločnosti

Inflačné vplyvy na ekonomiku nie sú rovnako rozložené. Na jednej strane sú skupiny obyvateľov, ktoré inflácia zasiahne viac a na druhej strane sú skupiny obyvateľov, ktoré môže inflácia určitým spôsobom zvýhodniť. Z tohto vyplýva, že inflácia má tzv. *redistribučné dôsledky*. V čase vyššej inflácie majú väčšiu výhodu dlžníci a naopak znevýhodnení sú veritelia. V praxi to znamená, že hodnota dlhu klesá, dlžníci si vzali úver ešte keď mala peňažná jednotka väčšiu hodnotu, avšak splácajú ho už v peňažných jednotkách menšej hodnoty. Inflácia vplýva aj na daňové zaťaženie. Pokiaľ daňový systém nie je zostavený tak, aby mechanicky bral do úvahy vývoj cien, znevýhodňuje poplatníkov daní, keď z aktív vyššej nominálnej, ale zhodnej reálnej hodnoty odvádzajú v podobe daní väčšiu časť svojho dôchodku. Ďalší vplyv, ktorý vytvára inflácia na dôchodky subjektov je, že znehodnocuje úspory a príjmy. Mnoho ľudí prišlo o svoje úspory v období hyperinflácie. V dôsledku rastúcej cenovej hladiny požadovali vyššie mzdy, kvôli ktorým vzrástli výrobné náklady a tým pádom aj ceny. Logicky potom nastal zvrät, ľudia sa začali zbavovať peňazí lebo strácali svoju hodnotu (Martincová a Čaplánová, 2014,) (ECB, 2009).

3.5.3 Pozitívne vplyvy inflácie

Zväčša je inflácia považovaná za veľmi škodlivý makroekonomický jav a za sociálne a ekonomické zlo. Avšak stretávame sa aj s názormi, ktoré označujú infláciu ako priaznivý vplyv na ekonomiku, samozrejme pokiaľ je v miernom tempe. V čase inflácie reálne mzdy pri nemenných nominálnych mzdách klesajú, mierna inflácia tak môže napomôcť jednoduchšiemu usporiadaniu a vytvoreniu rovnováhy na trhu práce. Dokonca, pri miernej inflácii nominálne úrokové miery dosahujú pozitívnych hodnôt. Tento fakt vytvára predpoklady, aby v prípade nutnosti mohla centrálna banka zmenšiť úrokové miery (Jurečka a kol., 2010), (Martincová a Čaplánová, 2014).

3.6 Metódy využívané pre analýzu a predikciu inflácie

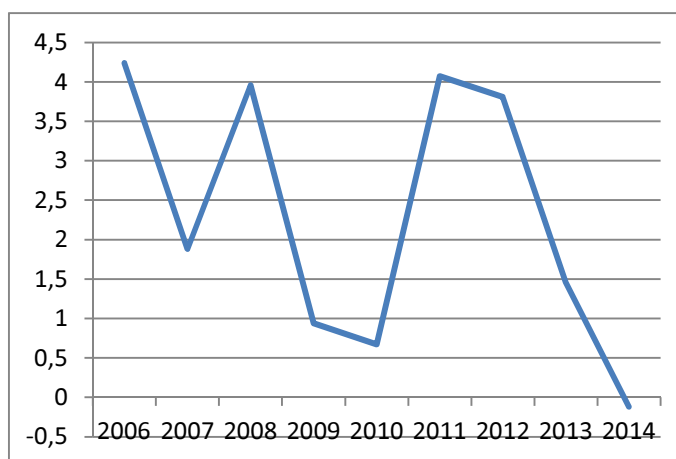
Metódy pre analýzu a predikciu inflácie sa členia na teoretické a empirické. Rozdielom je, že empirické vychádzajú z konkrétnych dát, naopak, teoretické neoperujú s dátami, ale prihliadajú na javy z teoretickej roviny. Medzi metódy, ktoré Elliott a Timmermann (2013) uvádzajú v publikácii radíme napríklad:

- *Priama predikcia* je založená na tom, že pre každý horizont h sprostredkuje regresiu vo forme $\pi_{t+h} = \rho_0 + \sum_{j=1}^p \rho_j \pi_{t-j} + \varepsilon_{t+h}$ a použijeme to pre predpoveď π_{T+h} .
- *Model dynamickej stochastickej všeobecnej rovnováhy (DSGE)* má veľa verzií. Patrí však k najdôležitejším modelom. Európska centrálna banka vyvinula model Smets-Wouters, ktorý sa využíva pre celú eurozónu. Tento model analyzuje ako sa vyvíjajú parametre v čase. Čo je ale dôležité pri tomto modeli, že pracuje pod vplyvom mikroekonomických vplyvov. DSGE modely sa snažia popísať 3 hlavné aspekty a tými sú preferencie, technológie a inštitucionálny rámec. Modelovanie tohto typu modelu je rozšírené, ale je veľmi náročné ho skonštruovať. Problémovým môže byť práve voľba parametrov.
- *Predikcia založená na Phillipsovej krivke* je ekonomicky založený prístup pre predpovedanie inflácie. Pre každý horizont h odhadujeme $\pi_{t+h} = \rho_0 + \sum_{j=1}^p \rho_j \pi_{t-j} + \lambda u_{t-1} + \varepsilon_t$, kde u_{t-1} vyjadruje mieru nezamestnanosti v štvrtroku $t - 1$. Znova to použijeme pre predpoveď π_{T+h} . Predikcia pomocou PC vykazuje širšie využitie, miera nezamestnanosti sa môže zameniť za iné ekonomické aktivity, napríklad nárast priemyselnej produkcie.
- *Metóda náhodnej prechádzky modelom* má 2 varianty. Prvá z nich je čistá náhodná prechádzka modelom berie π_{T-1} ako predpoveď pre π_{T+h} . Naopak, druhá varianta, úzko - súvisiaca predpoveď pre infláciu pozostáva z $\frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 \pi_{T-j}$. To je použité pre predpovedanie π_{T+h} .
- *Rekurzívna autoregresia (RAR)* odhaduje $\pi_t = \rho_0 + \sum_{j=1}^p \rho_j \pi_{t-j} + \varepsilon_t$. Predpoveď h periódy je zostavená rekurzívne jeden krok vpred. Rovnako ako priama autoregresia, aj táto nepredpisuje jednotný základ pre proces inflácie.
- *UCSV* je založený na nepozorovanej súčasti stochasticky nemeniaceho sa modelu. Predpoveď π_{T+h} je daná odhadom τ_T . Stock a Watson považujú tento model za veľmi dobrý, čo sa týka predpovedania inflácie.
- *AR - GAP*, autoregresia v medzere pre každý horizont h odhaduje regresiu $g_{t+h} = \rho_0 + \sum_{j=1}^p \rho_j g_{t-j} + \varepsilon_{t+h}$. Potom to ďalej opakuje pre poskytnutie predpovedi g_{T+h} a pridá späť do predpovede τ_T na predpovedanie inflácie.
- *Predpoveď na báze VAR* s parametrami meniacimi sa v čase, inak povedané TVP-VAR (time varying parameters). Parametre sa prerušia a menia sa v čase. Parametre nasledujú náhodné prechádzky a reziduá vykazujú stochastickú premenlivosť.

Autori vo svojej publikácii konštatujú, že pre predpovedanie inflácie sú vhodnejšie subjektívne metódy. Podľa nich existujú dobré dôvody, prečo subjektívne metódy predčia väčšinu bežných modelov. Za výhodu považujú výber hraničných hodnôt. Ich názor však nie je správny, mnoho raz sú ich subjektívne metódy použité nevhodne. Avšak, je možné využiť i iné modely pre predpovedanie inflácie, napríklad metódy strojového učenia, ktorých vhodnosť pre predpovedanie je predmetom témy tejto práce.

3.7 Vývoj inflácie v Slovenskej republike

Nasledujúci graf demonštruje vývoj inflácie v Slovenskej republike. Keďže výročné správy, ktoré publikuje Národná banka Slovenska sú uvádzané ročne, i graf znázorňuje ročný vývoj inflácie.



Obrázok 1: Vývoj HICP na Slovensku vyjadrený % zmenou oproti minulému obdobiu, Zdroj dát: Makroekonomická databáza NBS

3.7.1 Vývoj v roku 2006

V decembri 2004 si Národná banka Slovenska určila hodnoty pre vývoj inflácie. Pre rok 2006 bola k decembru stanovená hodnota pre medziročnú mieru inflácie na úrovni 2,5 %. V skutočnosti inflácia k decembru dosiahla hodnotu 3,7 %, čo znamenalo prekročenie stanoveného cieľa o 1,2 percentuálneho bodu. Najväčším indikátorom prekročenia inflačného cieľa bola vyššia než očakávaná dynamika cien potravín a energií. Ceny energií ovplyvnil vývoj cien komodít na svetových trhoch. Čo sa týka cien potravín, v nich sa prejavilo zvýšenie spotrebných daní na cigarety. Vyššie medziročné tempo rastu cien priemyselných tovarov bez energií spôsobil rast regulovaných cien v zdravotníctve. Vývoj hrubého domáceho produktu môžeme charakterizovať medziročným nárastom o 8,3 % v stálych cenách. Na trhu práce došlo k poklesu počtu nezamestnaných čo viedlo k poklesu miery nezamestnanosti o 2,9 percentuálneho bodu (NBS, 2006).

3.7.2 Vývoj v roku 2007

Spotrebiteľské ceny, ktoré boli merané harmonizovaným indexom spotrebiteľských cien sa na konci roka 2007 medziročne zvýšili o 2,5 %. Národná banka Slovenska stanovila hodnotu medziročnej inflácie k decembru 2007 pod 2 %. Skutočná hodnota však predstavovala prekročenie stanovenej hodnoty o 0,5 percentuálneho bodu. Toto prekročenie spôsobili predovšetkým faktory mimo menovú politiku. Patria medzi ne zvyšovanie cien energetických komodít a potravinárskych komodít. Oproti roku 2006 sa v cenách potravín prejavil najmä vývoj cien agrokomodít na európskom a svetových trhoch. V cenách agrokomodít sa tiež prejavil i väčší dopyt v dôsledku väčšej výroby biopalív. V súlade s Menovým programom Národnej banky Slovenska bolo medziročné tempo rastu cien priemyselných tovarov bez energií. Hrubý domáci produkt sa v roku 2007 medziročne zvýšil o 10,4 % v stálych cenách. Vďaka dopytu po pracovnej sile sa počet nezamestnaných medziročne znížil o 17,4 %. Rovnako ako v prechádzajúcom roku to viedlo k poklesu miery nezamestnanosti o 2,3 percentuálneho bodu (NBS, 2007).

3.7.3 Vývoj v roku 2008

V decembri roku 2008 sa inflácia meraná harmonizovaným indexom spotrebiteľských cien, ako značí aj obrázok 1, zvýšila. Faktory, ktoré boli určujúce pri cenovom vývoji mali vonkajší charakter. Domácu cenovú hladinu ovplyvnili svetové ceny energetických i poľnohospodárskych komodít. Národná banka Slovenska určila inflačný cieľ ku koncu roka 2008 pod 2 %. Reálna hodnota medziročnej inflácie však bola o 1,5 percentuálneho bodu nad limitom. Tento fakt spôsobilo globálne zvyšovanie cien potravinárskych a energetických komodít. Medziročný rast bol zaznamenaný aj pri hrubom domácom produkte, ktorý vzrástol medziročne o 6,4 % v stálych cenách. Výberové zisťovanie na trhu práce preukázalo medziročný pokles počtu nezamestnaných o 11,8 % (NBS, 2008).

3.7.4 Vývoj v roku 2009

V tomto roku medziročná inflácia meraná harmonizovaným indexom spotrebiteľských cien stagnovala. Pre cenový vývoj boli v roku 2009 určujúce vonkajšie faktory. Domácu cenovú hladinu ovplyvnil pokles ekonomickej aktivity, čo sa následne premietlo do poklesu energetických aj neenergetických svetových cien komodít. V oblasti Slovenskej republiky sa vývoj týchto komodít prejavil najmä v poklese cien pohonných látok aj cien potravinárskych komodít. Strach z budúceho vývoja, ktorý sa týkal zamestnanosti prispel k tomu, že začali klesať ceny priemyselných tovarov, najskôr zahraničných a následne aj domácich. V porovnaní s minulým rokom, kde hrubý domáci produkt vzrástol, v roku 2009 naopak, hrubý domáci produkt medziročne poklesol o 4,7 % v stálych cenách. Rovnako nepriaznivá situácia pretrvávala aj na trhu práce. Počet nezamestnaných sa medziročne zvýšil až o 25,9 %. (NBS, 2009).

3.7.5 Vývoj v roku 2010

Inflácia v roku 2010 priemerne znížila svoju dynamiku na úroveň 0,7 %, pokles zmeny naznačuje aj obrázok 1. Na konci roku dosiahla medziročná inflácia hodnotu 1,3 %. Napriek tomu, že sa ceny potravín výrazne zvýšili, priemerná inflácia sa znížila, práve vďaka poklesu cien energií na začiatku roka. Počas celého roka dochádzalo k postupnému zvyšovaniu cien komodít. Tento fakt viedol k tomu, že sa medziročná dynamika inflácie pomaly zrýchľovala, až nakoniec v decembri 2010 prekročila hodnotu, ktorú dosiahla v decembri 2009. Cenový vývoj bol výrazne ovplyvnený domácimi i vonkajšími faktormi. Domácu cenovú hladinu ovplyvnil rast svetových cien ropy a hlavne domáci dopyt na stagnujúcej úrovni. V porovnaní s prechádzajúcim rokom sa hrubý domáci produkt vyvíjal pozitívnym smerom, medziročne vzrástol o 4,0 % v stálych cenách. Opačná situácia pretrvávala na trhu práce, kde sa aj navzdor snahám o obnovu ekonomiky počet nezamestnaných opätovne zvýšil o 20 % (NBS, 2010).

3.7.6 Vývoj v roku 2011

Dynamika inflácie sa priemerne v roku 2011 zrýchľovala. Medzi konsolidačné opatrenia, ktoré výrazne prispeli k nárastu inflácie približne do 1 percentuálneho bodu, patria zmeny nepriamych daní, konkrétne zvýšenie DPH z hodnoty 19 % na 20 %, zmeny spotrebných daní na cigarety a zavádzanie poplatkov. Prvá polovica roka bola sprevádzaná rastom cien potravín, išlo hlavne o cukry, oleje, tuky a pekárenské výrobky. Koniec roka 2011 sa niesol v znamení rastu farmaceutických výrobkov, obuvi a odevov. V priebehu celého roka zaznamenali nárast ceny mestskej aj regionálnej dopravy. Protiinflačný vplyv však mali ceny výroby dopravných prostriedkov. Hrubý domáci produkt podľa Štatistického úradu Slovenskej republiky medziročne vzrástol o 3,3 % v stálych cenách. Vďaka pozitívnej situácii na trhu práce počet nezamestnaných medziročne klesol o 5,4 % (NBS, 2011).

3.7.7 Vývoj v roku 2012

Národná banka Slovenska zaznamenala spomalenie dynamiky inflácie v roku 2012. Výrazný vplyv na tomto spomalení mal nižší rast regulovaných cien energií a potravín a konsolidačné opatrenia spočívajúce najmä zvýšením spotrebných daní na cigarety. Zľahka sa zrýchľovali i ceny služieb. Toto zrýchlenie bolo spôsobené výrazným zdražením železničnej dopravy. Medziročný rast cien priemyselných výrobcov spôsobili rastúce ceny energií. Rast cien rastlinných výrobkov sa premietol do medziročného rastu cien poľnohospodárskych výrobkov. Rovnako aj hrubý domáci produkt zaznamenal medziročný nárast o 2,0 % v stálych cenách. Počet nezamestnaných sa v roku 2012 zvyšoval (NBS, 2012).

3.7.8 Vývoj v roku 2013

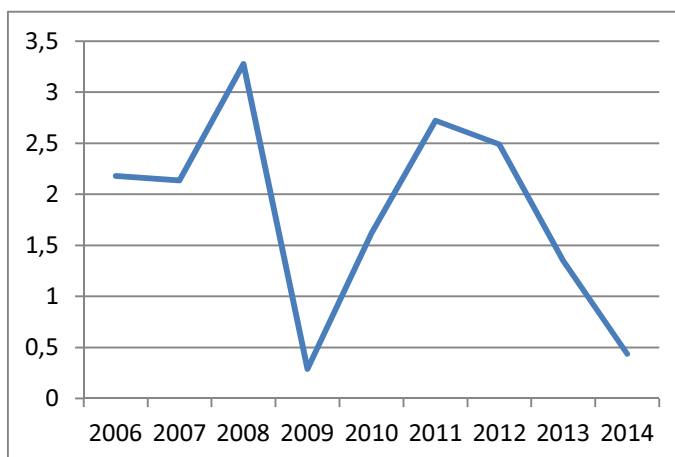
Hlavnými faktormi, ktoré prispeli k spomaleniu priemernej inflácie boli regulované ceny energií, ceny potravín a ceny priemyselných tovarov bez energií a služieb. Oproti predošlému roku sa medziročný rast cien služieb spomalil, čo bolo spôsobené administratívnymi zásahmi. Nárast cien bol zaznamenaný aj v oblasti železničnej dopravy, ktoré malo za následok spomalenie medziročného rastu cien služieb. Ďalší vplyv malo aj ukončenie bankového poplatku. Štatistický úrad potvrdil medziročný nárast hrubého domáceho produktu v roku 2013 o 0,9 % v stálych cenách. Miera nezamestnanosti sa zvýšila medziročne o 0,2 percentuálneho bodu (NBS, 2013).

3.7.9 Vývoj v roku 2014

Podľa Národnej banky Slovenska sa v roku 2014 HICP inflácia spomalila až na rekordných -0,1 %. Pokles zmeny demonštruje aj obrázok 1. Za hlavný dôvod uvádza NBS práve nižšiu dynamiku cien nespracovaných potravín. Ceny energií prudko klesli oproti predchádzajúcemu roku. Medzi faktory, ktoré najviac vplývali na cenovú hladinu NBS zaraďuje ceny ropy a poľnohospodárskych komodít a administratívne zásahy. Ku spomaleniu dynamiky HICP výrazne prispel aj pokles cien elektrickej energie. Druhá polovica roka sa niesla v znamení poklesu cien ropy, čo malo za následok spomalenie dynamiky cien pohonných látok. Ekonomický rast v tomto roku zaznamenal zrýchlenie vďaka oživeniu domáceho dopytu. Pozitívna situácia nastala aj na trhu práce, kde miera nezamestnanosti zaznamenala pokles (NBS, 2014).

3.8 Vývoj inflácie v Európskej menovej únii

Graf na obrázku 2 ilustruje, ako sa vyvíjala inflácia v Európskej menovej únii za posledných 9 rokov. Rovnako, ako v predošlej podkapitole, sú hodnoty v ročnom vyjadrení z dôvodu, že výročné správy Európskej centrálnej banky sú vydávané v ročnej frekvencii.



Obrázok 2: Vývoj HICP v Eurozóne vyjadrený % zmenou oproti minulého roku, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse

3.8.1 Vývoj v roku 2006

Napriek relatívnej stabilite na obrázku 2, ktorú ECB vyhlásila, medziročná miera inflácie ukazuje volatilitu počas roka súvisiacu vo veľkej miere na vývoji cien energií. Zostali tam však aj niektoré dodatočné tlaky spojené najmä s prudkým nárastom pozorovaným vo svetových cenách neenergetických komodít. V súlade s tým, inflácia cien medziproduktov významne rástla v roku 2006. Mierny nárast nákladov práce prispieval k zmierneniu inflačných tlakov, zatiaľ čo zhodnocovanie eura malo podobný efekt. Krátkodobé výkyvy v cenách ropy a základné efekty z minulých vývojov cien energií zreteľne prispeli k profilu celkovej inflácie HICP (ECB, 2006).

3.8.2 Vývoj v roku 2007

Priemer inflácie v roku 2007 je výsledkom dvoch rôznych trendov vo vývoji HICP v priebehu roka: ročná miera inflácie zostala pod 2 % a stabilná do konca leta a potom začala rýchlo rásť. V septembri 2007 inflácia spotrebiteľských cien nepatrne vzrástla nad 2 % po prvýkrát od augusta 2006. Nasledovalo jej zvýšenie a dosiahnutie vrcholu 3,1 % v novembri a decembri. Vývoj HICP inflácie bol z veľkej časti determinovaný ostrým nárastom cien energií a potravín. Popritom bola HICP inflácia značne ovplyvnená nárastom DPH v Nemecku o 3 percentuálne body. Náklady práce zostali mierne do tretieho štvrtroku 2007, ale jednotkové náklady práce pomaly vzrastali vzhľadom k spomaleniu rastu produktivity práce (ECB, 2007).

3.8.3 Vývoj v roku 2008

Inflácie meraná HICP dosiahla v priemere 3,3 %, čo bol v porovnaní s prechádzajúcimi rokmi prudký nárast. Tento nárast je výsledkom dvoch ostro zreteľných trendov vo vývoji HICP počas roka: začínajúc na vysokej úrovni na konci roka 2007 až 3,1 %, ročná miera inflácie ďalej rástla až dosiahla vrchol 4,0 % v júny a júli 2008 potom však nasledoval ústup tohto rýchleho tempa v posledných mesiacoch roka na 1,6 % v decembri. Protismerný vývoj celkovej miery inflácie bol zapríčinený vývojom svetových cien komodít (cien energií, cenami ostatných komodít zahrňujúc jedlo). Náklady práce počas prvej polovice roka 2008 zrýchlili so značným tlakom na jednotkové náklady práce v súvislosti s výrazným cyklickým poklesom v raste produktivity práce (ECB, 2008).

3.8.4 Vývoj v roku 2009

Po dosiahnutí vysokej hodnoty v roku 2008, ročná miera inflácie v roku 2009 sa inflácia v tomto roku značne prepadla nadol. Tento vývoj ostro kontrastuje s prechádzajúcimi rokmi, kedy sa ročná miera inflácie pohybovala od 2,1 % do 2,2 %. Veľmi nízka inflácia bola ovplyvnená nízkymi cenami ropy a cenami ostatných komodít, v porovnaní s vysokými úrovňami pozorovanými v roku 2008. Rast miezd sa v priebehu roka 2009 spomalil, rýchle zhoršenie podmienok na trhu práce začalo vytvárať tlak na znižovanie miezd, čo malo za následok znižovanie pravidelných plátov a nižšie prémie. Okrem toho, závislosť na skracovaní pracovného času napomohlo k rastu odmeny zamestnanca. Napriek ostrému znižovaniu miery rastu odmeny zamestnanca, produktivita na zamestnanca klesala, jednotkové mzdové náklady prudko rástli a vrchol dosiahli v prvom štvrtroku (ECB, 2009).

3.8.5 Vývoj v roku 2010

V roku 2010, ročná miera inflácie v priemere značne vzrástla podľa obrázku 2. Tento nárast predstavuje posun smerom k normalizácii vývoja cien s kladnou ročnou infláciou, ktorá je v rozpore so zápornými hodnotami zaznamenanými v čase od júna do októbra 2009. Nárast HICP počas roka 2010 pramenil predovšetkým z vyšších cien komodít (hlavne ropy), v porovnaní s nízkymi hodnotami evidovanými v predošlom roku. Čo sa týka rastu miezd, sú tam náznaky, že stabilizácia podmienok na trhu práce viedla k postupnému zvyšovaniu dynamiky nákladov práce. Odmena na zamestnanca rástla počas roka tempom, ktoré bolo porovnateľné s tempom predchádzajúceho roka (ECB, 2010).

3.8.6 Vývoj v roku 2011

Od konca roka 2010 sa ročná miera inflácie pohybovala jasne nad 2 %, to bolo poháňané najmä silnými ročnými mierami rastu cien energií a potravín vyplývajúcich z rastu globálnych cien komodít. V niektorých ekonomikách Eurozóny prispel rast nepriamych daní a regulovaných cien k vyššej miere inflácie HICP. Ako naznačoval vývoj priemyselných cien výrobcov a údaje z prieskumov, externé tlaky na ceny

boli obzvlášť silné po celú dobu prvej polovice roka 2011, vzhľadom k nárastu cien ropy a ostatných komodít. Odrážajúc zlepšenie podmienok na trhu práce v prvej polovici roka sa náklady na pracovnú silu postupne zvyšovali. Mzdy rástli výrazne, ale nedosiahli takú úroveň, aká bola pozorovaná v roku 2008. Vzhľadom na výrazné spomalenie aktivity od druhého štvrťroku 2011 sa ročný rast produktivity práce zvyšoval pomalším tempom ako v predošlom roku. Jednotkové náklady práce prudko vzrástli ale po celý rok 2010 boli v zápornom pásme (ECB, 2011).

3.8.7 Vývoj v roku 2012

Ročná miera inflácie bola o čosi vyššia od konca roka 2010 najmä vďaka silnej miere nárastu cien energií ako aj zvýšením nepriamych daní a regulovaných cien v niektorých krajinách eurozóny. Celková HICP inflácia v druhom štvrťroku 2012 poklesla, následne potom v letných mesiacoch mierne stúpila a nakoniec od októbra znova klesla, čo má za následok najmä vývoj cien energií. Údaje z prieskumov a vývoj cien výrobcov dokazujú, že cenové tlaky v ponukovom reťazci sa ďalej oslabovali v prvej polovici roka 2012 čo bolo spôsobené najmä vďaka spomaleniu cien ropy a komodít. Počas roka boli domáce cenové tlaky vyplývajúce z nákladov práce naďalej utlmené. Údaje o mzdách, zahrňujúce odškodnenie na zamestnanca, vykazovali známky spomalenia v porovnaní s rokom 2011, uprostred oslabenej ekonomickej aktivity a rastu stagnácii na trhu práce (ECB, 2012).

3.8.8 Vývoj v roku 2013

Výrazný pokles cenovej hladiny v priebehu roka bol o niečo rýchlejší, než očakávaný, čo odráža predovšetkým silný pokles miery inflácie cien energií a potravín. Cenové tlaky v ponukovom reťazci klesali, ako vyplýva z vývoja cien výrobcov a údajov z prieskumov. Inflácia cien priemyselných výrobcov sa obrátila na mierne zápornú hodnotu -0,2 %. Vývoj cien ropy a ústup prudkého nárastu medzinárodných cien potravín počas leta 2012 boli hlavnými faktormi tohto poklesu. Domáce cenové tlaky vyplývajúce z nákladov práce boli v prvých troch štvrťrokoch utlmené v súlade s pokračujúcim oslabením na trhu práce (ECB, 2013).

3.8.9 Vývoj v roku 2014

Počas roka 2014 celková inflácia meraná harmonizovaným indexom spotrebiteľských cien v eurozóne pokračovala svojím klesajúcim trendom, čo odráža hlavne vývoj cien ropy a potravín. Príspevok od služieb a neenergetických priemyselných tovarov bol viacej stabilný ale nízky. Odrážajú to nízke inflačné tlaky vyplývajúce z domácich zdrojov. Oproti roku 2013 sa inflácia spomalila. Toto spomalenie bolo výraznejšie než bolo očakávané. Možno ho pripísať najmä globálnym faktorom ako napríklad klesajúcim cenám komodít, najmä cenami energií a potravín. Pri pohľade na hlavné zložky inflácie HICP, veľký podiel na poklese celkovej medziročnej inflácie od konca roka 2013 môžeme pripísať najmä zložke energií. Inflácia energií bola skoro v každom mesiaci záporná, predovšetkým kvôli vývoju cien ropy. Nižšie ceny plynu tiež pridali tlaky na ceny energií v roku 2014. Príspevok potravinovej zložky

k poklesu celkovej inflácie HICP bol tiež značný, hlavne kvôli priaznivejšiemu počasiu. Medziročné tempo rastu jednotkových nákladov zostal nízky a jeho mierne zvýšenie odráža slabší rast produktivity (ECB,2014).

3.9 Hlavné inflačné faktory

Táto kapitola sa venuje rozčleneniu inflačných faktorov a popisu ich vývoja z pohľadu Národnej banky Slovenska, Európskej centrálnej banky a Svetovej banky. Vo výročných správach môžeme nájsť delenie inflačných faktorov na externé a interné.

Medzi interné inflačné faktory radíme hrubý domáci produkt, peňažné agregáty, mieru nezamestnanosti, náklady práce, osobitne mzdy, ceny priemyselných výrobcov, ceny služieb, ceny potravín, ceny pohonných hmôt, ceny elektriny, referenčnú sadzbu Euribor, referenčnú sadzbu 3M Pribor, nepriame dane, regulované ceny.

Spomedzi externých sú to napríklad ceny ropy Brent, výmenný kurz, ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie a platobná bilancia.

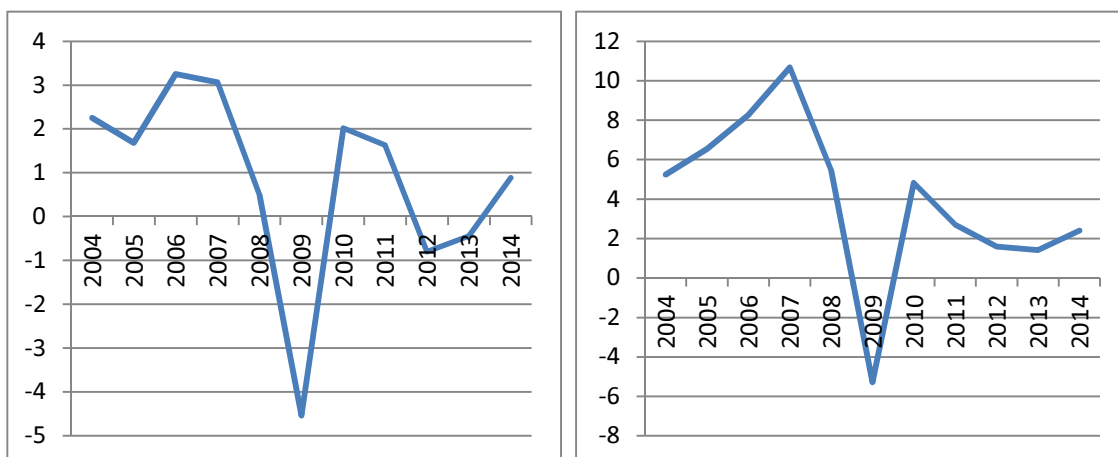
Do práce bolo vybraných 9 inflačných faktorov, ktoré sú ďalej v podkapitole podrobne popísané a je na grafoch je naznačený ich vývoj vo vyjadrení percentuálnej zmeny oproti minulému roku.

3.9.1 Interné faktory

Hrubý domáci produkt meria objem finálnej produkcie vytvorenej výrobnými faktormi pôsobiacimi na území štátu za dané obdobie (Brčák a Sekerka, 2010).

Národná banka Slovenska i Európska centrálna banka sleduje hrubý domáci produkt, kde ich zaujíma, či nárast cenovej hladiny vyvolal nárast produktu. Hrubý domáci produkt ide s infláciou ruka v ruku. Ak v ekonomike budeme vyrábať viac za rovnaké ceny, logicky to povedie k zníženiu miery nezamestnanosti. Následný rast miezd povedie k tomu, že spotrebiteľia minú viac peňazí. Výsledkom je rast HDP doprevádzaný rastom cenovej hladiny (investopedia.com,2015).

Vývoj HDP vidíme na nasledujúcich dvoch obrázkoch. HDP v roku 2004 v Slovenskej republike zaznamenalo najrýchlejšie tempo v porovnaní s prechádzajúcimi ôsmymi rokmi. Jeho rast vysvetľuje NBS vďaka vyššej tvorby pridanej hodnoty. Eurozóna vykazovala rovnako vysoký rast vďaka medzinárodnej obchodnej výmene. Rok 2008 sa na Slovensku niesol v spomalení HDP, k čomu najviac prispel priemysel. Prudké spomalenie rovnako nastalo i v eurozóne, najmä v druhej polovici roka a koniec roka sa niesol v duchu prudkého poklesu najmä kvôli opätovným turbulenciám na finančných trhoch. HDP na Slovensku v roku 2012 vplývali najmä priemysel a niektoré služby. V tomto roku sa v eurozóne vo vývoji HDP odzrkadlil vplyv finančnej krízy a dočasné oslabenie zahraničného dopytu (NBS,2004), (NBS,2006), (NBS, 2012), (ECB,2012).

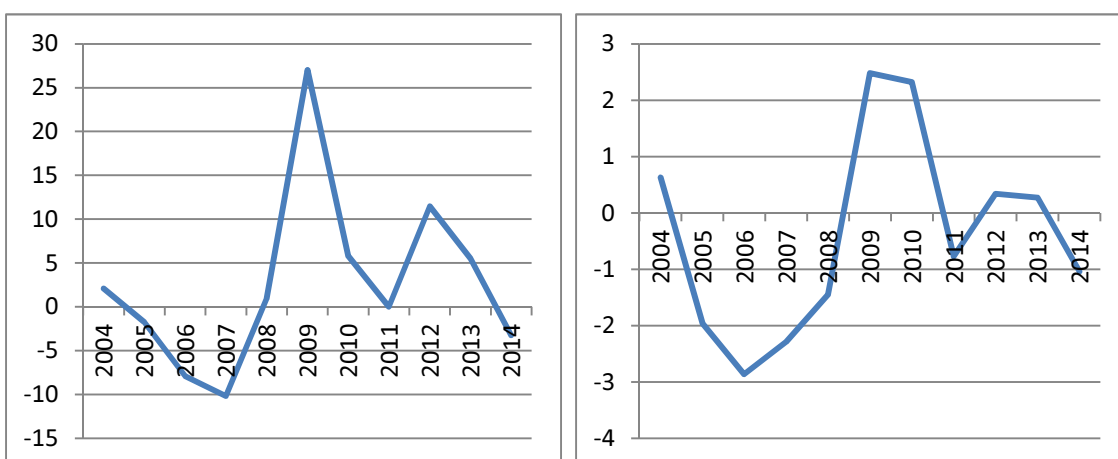


Obrázok 3: Vývoj HDP v eurozóne (vľavo) a na Slovensku (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse, NBS: Makroekonomická databáza

Miera nezamestnanosti vyjadruje podiel medzi zamestnanosťou a celkovým ekonomicky aktívnym obyvateľstvom (NBS, 2005).

Jurečka (2010) definuje vzťah medzi nezamestnanosťou a infláciou ako Philipsovú krivku. poukazuje na inverzný vzťah inflácie a nezamestnanosti.

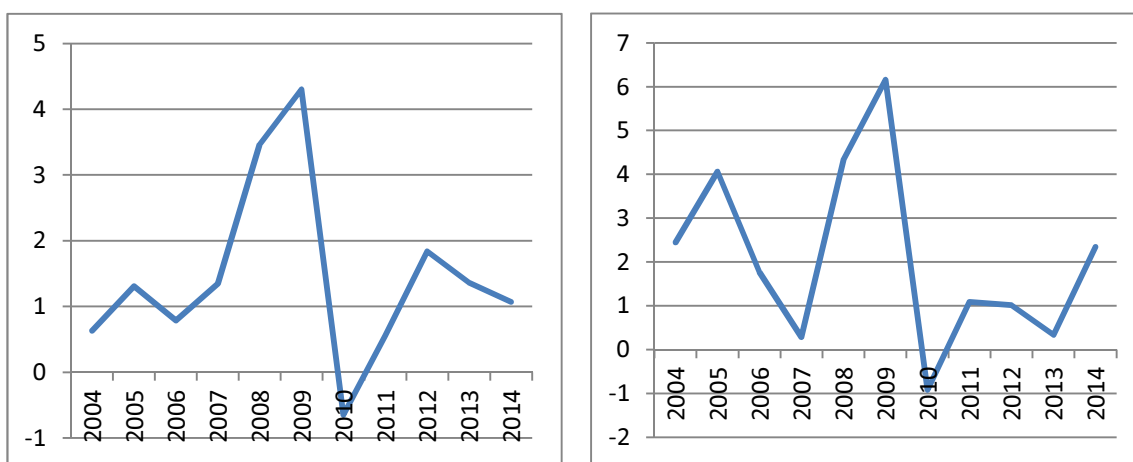
Rok 2004 bol pre Slovensko charakteristický silnou ponukou práce. Zostavovanie pozvoľného hospodárstva sa prejavilo na trhu práce v roku 2013, kde sa vývoj viac menej stabilizoval. Čo sa týka trhu práce v eurozóne, pozitívny vývoj znamenala v roku 2006, kedy bola miera nezamestnanosti ovplyvnená najmä štrukturálnymi reformami v niektorých krajinách eurozóny. Výrazné zhoršenie zaznamenal trh práce v druhej polovici roka 2008. Pripisuje sa na to najmä vývoju hospodárskeho cyklu (NBS,2004), (NBS, 2008), (ECB, 2008).



Obrázok 4: Vývoj miery nezamestnanosti v eurozóne (vľavo) a na Slovensku (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse, NBS: Makroekonomická databáza

Ukazovateľ **nákladov práce** sa považuje za jeden z vrcholových indikátorov ekonomiky. Často ho využívajú zahraničné inštitúcie pri hodnotení hospodárskeho vývoja jednotlivých krajín. Dáva do súvislosti HDP, produktivitu práce, mzdové a iné náklady, ktoré sú spojené s pracovnou silou a v neposlednom rade cenový vývoj. Tým sprostredkováva súhrnný pohľad na kvalitu hospodárskeho rastu. Preto je to jeden z dôležitých faktorov vplývajúci na infláciu (NBS, 2005).

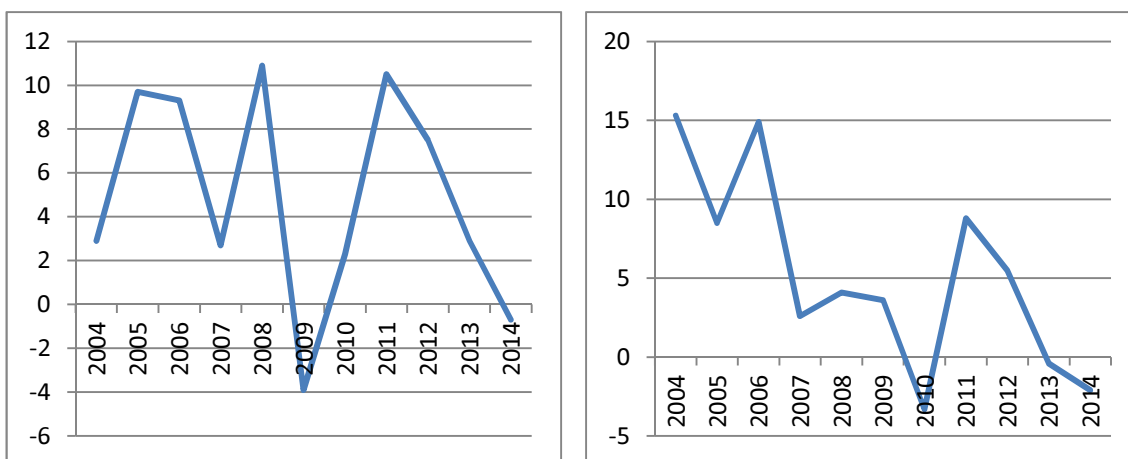
Jednotkové náklady práce na Slovensku vzrástli v roku 2008 hlavne kvôli rýchlejšiemu rastu kompenzácií na zamestnanca. O rok neskôr opäť vykazovali jednotkové náklady práce dobrý vývoj. Podľa obrázka vidieť, že v eurozóne sa rok 2008 javil ako veľmi pozitívny pre ukazovateľ nákladov práce. ECB to zdôvodňuje najmä nedostatkom pracovných síl (NBS, 2008), (NBS, 2009), (ECB, 2008).



Obrázok 5: Vývoj JNC v eurozóne (vľavo) na Slovensku (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse, NBS: Makroekonomická databáza

Ceny elektriny a pohonných hmôt sú veľmi významným inflačným faktorom, o čom svedčia aj výročné správy Národnej banky Slovenska, ktorá ich sleduje s vývojom cenovej hladiny. Rastúce ceny energií vytvárajú inflačné tlaky podľa závislosti krajiny na dovážaných energetických médiách, ako aj podľa celkovej energetickej náročnosti národnej ekonomiky (NBS, 2005).

Vo vývoji cien energií a pohonných hmôt je dôležitý rok 2008, kde aj napriek finančnej kríze ich dynamika zrýchľovala, na slovenskom ale aj na svetovom trhu. Podľa NBS boli ceny energií dôležitým prvkom v cenách tovarov. Pre rok 2013 je charakteristický klesajúci trend energetických komodít. Podľa NBS práve tento vývoj prispel v roku 2013 na vývoj HICP inflácie (NBS,2008) (NBS,2013).



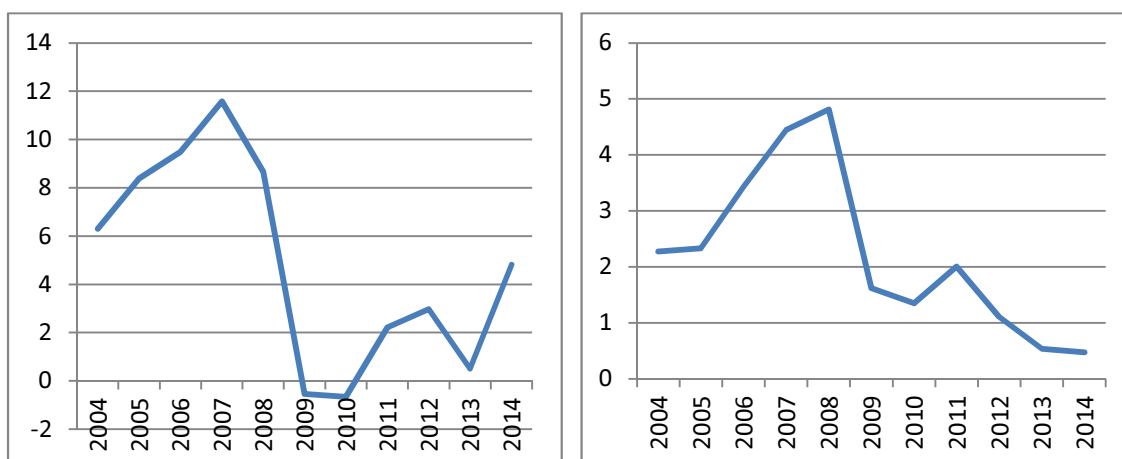
Obrázok 6: Vývoj cien elektriny a pohonných hmôt v eurozóne (vľavo) a na Slovensku (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse, NBS: Makroekonomická databáza

Keďže inflácia je v podstate peňažným javom, dôležitú úlohu v menovej politike ECB má práve peňažná zásoba na udržiavanie cenovej stability. Bol zavedený pojem referenčná hodnota, ktorý slúži na sledovanie tempa nárastu peňažnej zásoby v eurozóne. Táto referenčná hodnota je stanovená **M3 agregátom**. Tento peňažný agregát zahŕňa krátkodobé likvidné pasíva na území eurozóny. Európska centrálna banka ako súčasť menovej analýzy hodnotí aj vývoj menových agregátov. Dôležitým predpokladom pri tejto analýze je fakt, že medzi rastom peňažnej zásoby a infláciou prevláda pozitívna korelácia (NBS, 2000).

Tempo agregátu M3 v druhej polovici roku 2008 spomalilo, vďaka postupnému ústupu inflačných rizík. Záporné hodnoty ročnej miery rastu, ktoré vidieť na obrázku sa vyvíjali v pozadí vysokej úrovne likvidity a zadĺženosti, ktoré sa nahromadili počas rokov pred vypuknutím finančnej krízy. Vplyv dlhovej krízy sa ešte v roku 2012 odrážal vo volatilitate agregátu M3 (ECB, 2008), (ECB, 2009), (ECB, 2012).

Centrálne banky infláciu ovplyvňujú pomocou úrokových sadzieb. Pokiaľ centrálna banka úrokové sadzby zvýši, za následok to bude mať zvýšenie cien úverov a hypoték, teda ľudia budú menej investovať. Jednoducho povedané, čím je vyššia úroková sadzba, tým viac peňazí z trhu odsáva. Sadzba, ktorá pokrýva komplexne trh s eurom sa nazýva **Euribor**. Národná banka Slovenska ju charakterizuje ako medzibankovú referenčnú sadzbu v rámci hospodárskej a menovej únie zavedenú v roku 1999. Je to sadzba, za ktorú sú euro termínové vklady ponúkané jednou bankou inej banke na medzibankovom trhu.

ECB v roku 2006 zvýšila Euribor. Dôvodom tohto zvýšenia bolo zvýšenie inflačných rizík ohrozujúcich cenovú stabilitu, ako napríklad zvýšenie administratívnych cien a nepriamych daní. O dva roky neskôr rada guvernérov zvýšila znova hodnotu tejto sadzby a následne ju znížila. Došlo k finančným turbulenciám. V priebehu ďalších rokov Euribor nevykazoval až takú volatilitu (ECB, 2006), (ECB, 2008).



Obrázok 7: Vývoj M3 agregátu (vľavo), vývoj Euriboru (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse

Tieto dva inflačné faktory vnútorného charakteru považujeme pre obe naše skúmané oblasti rovnaké. Dôvodom je práve fakt, že Slovenská republika vstúpila do Eurozóny a práve od toho obdobia sa skúma vývoj v tejto práci. Uvádza to aj NBS, že od vstupu do Eurozóny je celá metodika zostavovania M3 agregátu zmenená. Vstupom Slovenska do eurozóny k januáru 2009 majú menové agregáty už len charakter národného príspevku Slovenska do menových agregátov publikovaných za celú eurozónu.

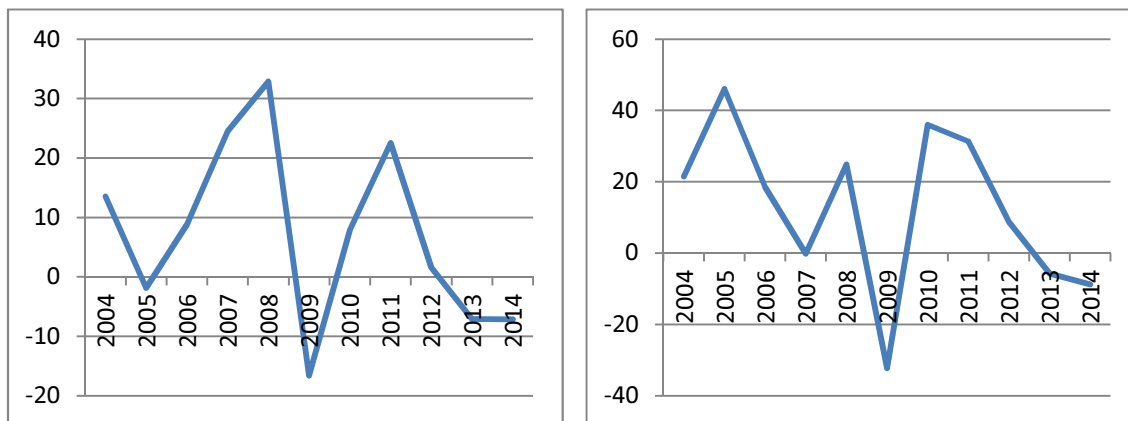
3.9.2 Externé faktory

Súčasný rast **cien svetovej poľnohospodárskej produkcie** má výrazný vplyv na rast inflácie vo viacerých krajinách sveta. Tento nárast spôsobujú faktory, ktoré môžeme rozdeliť na fundamentálne, tie, ktoré pôsobia dlhodobo, a krátkodobé faktory. Rast cien svetovej poľnohospodárskej produkcie sa prejavuje priamym a nepriamym dopadom na infláciu. V prípade priameho dopadu sa jedná o príspevok cien potravín k rastu celkovej inflácie. Naopak, v prípade nepriameho dopadu sa jedná najmä o tlak na rast miezd. V roku 2013 vďaka dobre úrode ceny produkcie poklesli (NBS, 2008) (NBS, 2013).

Rastúci trend cien svetovej poľnohospodárskej produkcie sa začiatkom roka 2008 prejavil v cenách potravín (NBS, 2008).

Ceny ropy Brent ako jeden z externých faktorov vplývajú na infláciu. Tento ukazovateľ je úzko spojený s cenami pohonných látok. Obe centrálné banky sledujú vývoj Brentu o čom svedčia aj výročné správy. Dôkazom je aj Mesačný bulletin NBS z januára tohto roku, v ktorom sa popisuje vplyv cien ropy Brent na infláciu. V druhej polovici roku 2014 sa výrazne prepadli ceny ropy a to napomohlo k medziročnému poklesu cien (NBS, 2015).

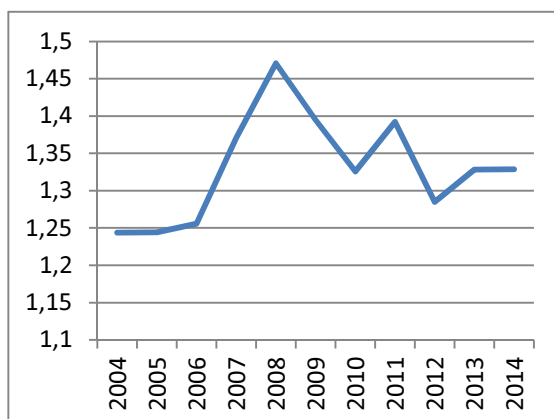
Obrázky demonštrujú vývoj cien ropy Brent. Dôležitý bol rok 2006, kedy boli ceny ovplyvnené špekulatívnymi investormi. Ceny ropy boli rozhodujúcim faktorom, ktorý ovplyvnil cenovú hladinu v roku 2008 na Slovensku. Klesajúce ceny ropy v roku 2013 boli dôvodom pre spomalenie cien pohonných látok (NBS,2006), (NBS,2008), (NBS,2013).



Obrázok 8: Vývoj cien svetovej poľnohospodárskej produkcie (vľavo) a cien ropy Brent (vpravo) v porovnaní s minulým rokom, Zdroj dát: Svetová banka, Databáza ECB, datová sada Warehouse

Výmenný kurz Euro/USD je ostro sledovaný z pohľadu Európskej centrálnej banky ale i Národnej banky Slovenska, keďže Slovenská republika v roku 2009 prijala jednotnú európsku menu, ktorej vývoj voči americkému doláru býva značne volatilný. Znehodnotenie výmenného kurzu vedie ku zvýšeniu inflácie. Inak povedané, zvýhodni sa export voči importu, dochádza k tzv. importovanej inflácii.

Euro voči doláru posilnilo v roku 2006. Hlavným dôvodom apreciačného trendu podľa ECB bol prehlbujúci sa deficit USA. Rok 2008 je charakteristický vo vývoji eura tým, že euro sa znehodnotilo voči doláru, čo bolo spôsobené najmä nárastom neistoty v tom období. Kurz bol aj v nasledujúcich rokoch pomerne volatilný, najmä v roku 2012, kedy reagoval na očakávania trhov s hospodárskym vývojom aj na vývoj rizikových prémie (ECB, 2006), (ECB, 2008), (ECB, 2012).



Obrázok 9: Vývoj výmenného kurzu EUR/USD, Zdroj dát: Databáza ECB, datová sada Warehouse

4 Metodika

4.1 Zdroje a prepočet dát

V Teoretickej časti boli predstavené inflačné faktory a boli rozčlenené na interné a externé podľa vplyvov na ekonomiku. Pre Praktickú časť z nich bolo vybraných práve 9. Hrubý domáci produkt, Miera nezamestnanosti, index Nákladov práce, Ceny elektriny a pohonných hmôt, M3 agregát, Euribor, Ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie, Ceny ropy Brent, Výmenný kurz EUR/USD. Zdrojmi dát Hrubého domáceho produktu, indexu Nákladov práce, Miery nezamestnanosti, referenčnej sadzby Euribor, skúmanej Miery inflácie je databáza Eurostat. Ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie sú čerpané zo Svetovej banky. Ceny ropy Brent, Ceny elektriny a pohonných hmôt a Výmenný kurz EUR/USD sú čerpané z databázy ECB Warehouse. Peňažný agregát M3 z databázy OECD.

Využitá štvrtročné dáta spadajú do obdobia od prvého štvrťroku 2009 do tretieho štvrťroku 2014, vzhľadom k tomu, že posledný štvrťrok roku 2014 ešte nebol dostupný pri všetkých ukazovateľoch. Zvolené obdobie je z dôvodu, že Slovenská republika vstúpila v roku 2009 do eurozóny a vzhľadom k tomu, že nastala v roku 2008 hospodárska kríza, nastal by v dátach zlom. V prípade mesačných dát, boli prepočítané na štvrtročné.

Dáta boli transformované do podoby, aby vyjadrovali relatívnu zmenu oproti rovnakému obdobiu minulého roku alebo sú v podobe miery.

Analýza dát bude prebiehať v programe Orange 2.7. Konkrétne budú využité 2 metódy, metóda regresných stromov a algoritmus k najbližším susedom. Obe metódy sú použité pre regresiu. Metódy sú podrobnejšie opísané v tejto kapitole.

4.2 Štatistické učenie

Štatistické učenie odkazuje na rozsiahlu sadu nástrojov pre porozumenie dát. Tieto nástroje môžu byť klasifikované ako s učiteľom alebo bez učiteľa. Všeobecne povedané, štatistické učenie s učiteľom zahŕňa výstavbu štatistického modelu pre predikciu alebo odhad, výstup je založený na jednom alebo viacerých vstupoch. Štatistické učenie bez učiteľa obsahuje vstupy, ale výstupy bez dohľadu. Napriek tomuto sa však dajú zistiť vzťahy a štruktúra z týchto údajov. Hoci termín štatistického učenia je pomerne nový, mnoho z pojmov, ktoré tvoria jeho základ boli vyvinuté dávno predtým. Na začiatku 19. storočia, Legendre a Gauss publikovali článok o metóde najmenších štvorcov. V roku 1970, Nelder a Wedderburn vytvorili termín tzv. generalizované lineárne metódy pre celú triedu štatistických metód učenia, ktoré zahŕňajú lineárnu a logistickú regresiu ako aj zvláštne prípady. V polovici roka 1980 Breiman, Friedman, Olshen a Stone predstavili klasifikáciu a regresné stromy a boli prví, ktorí demonštrovali tzv. cross-validáciu pre výber modelu. V posledných rokoch zaznamenáva štatistické učenie výrazný pokrok (James a kol., 2014).

4.3 Dôvody štatistického modelovania ekonomických veličín

Existujú dva hlavné dôvody, pre ktoré chceme odhadnúť funkciu vyjadrujúcu závislosť regresantu na regresoroch, a tými sú predpoveď a inferencia. Nasledujúca podkapitola sa venuje ich vysvetleniu.

4.3.1 Predpoveď a inferencia

V mnohých situáciách je sada vstupov X ľahko dostupná, ale výstup Y nemôže byť ľahko získaný. V tomto nastavení môžeme predpovedať Y pomocou

$$\hat{Y} = f(X) \quad (1)$$

kde f predstavuje náš odhad funkcie vyjadrujúcej závislosť regresantu na regresoroch, a \hat{Y} predstavuje výslednú predpoveď k Y . V tomto nastavení je f často považovaná za čiernu skrinku, v tom zmysle, že nie je typicky týkajúca sa konkrétnej podoby f , za predpokladu, že to prináša presné predpovede pre Y (James a kol., 2014).

Často nás zaujíma pochopenie spôsobu, akým je Y ovplyvnené so zmenami X_1 až X_p . V tomto prípade ide o inferenciu a chceme odhadnúť funkciu, ale naším cieľom nie je nutne robiť predpovede pre Y . Namiesto toho chceme pochopiť vzťah medzi X a Y , alebo presnejšie povedané, chceme pochopiť, ako sa Y mení v závislosti na X_1 až X_p . Teraz nemôžeme funkciu považovať za čiernu skrinku, pretože musíme poznať jeho presný tvar. V tomto prípade nás zaujímajú odpovede na nasledujúce otázky (James a kol., 2014):

- Ktoré prediktory sú spojené s odpoveďou?
- Aký je vzťah medzi odpoveďou a každým prediktorom?
- Môže vzťah medzi Y a každým prediktorom byť dostatočne zhrnutý použitím lineárnej rovnice, alebo je vzťah zložitejší?

4.4 Metódy pre odhad funkcie

Väčšinu z metód štatistického učenia možno charakterizovať buď ako parametrické alebo neparametrické. V nasledujúcich podkapitolách ich stručne zhrnieme.

4.4.1 Parametrické metódy

Parametrické metódy zahrňujú prístup modelu založený na dvoch krokoch.

1. Najprv urobíme predpoklad o funkčnej podobe, alebo tvare f . Napríklad, jeden veľmi jednoduchý predpoklad je, že f je lineárna v X :

$$f(x) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p \quad (2)$$

Potom, čo sme predpokladali, že funkcia je lineárna, problém odhadu formy je značne zjednodušený. Namiesto toho, aby bol odhad úplne ľubovoľný p -dimenzionálnej funkcie $f(x)$, stačí odhadovať $P + 1$ koeficienty β_0, β_1 až β_p .

2. Potom, čo bol vybraný model, potrebujeme postup, ktorý používa cvičné dáta, aby sa prispôbili modelu. V prípade lineárneho modelu musíme odhadnúť parametre β_0 , až β_p . To znamená, že chceme nájsť hodnoty týchto parametrov také, že:

$$Y \approx \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p \quad (3)$$

Potenciálnou nevýhodou parametrického prístupu je, že model, ktorý volíme, zvyčajne nezodpovedá skutočnej neznámej forme funkcie. V prípade ak zvolíme model, ktorý bude príliš ďaleko od skutočnej funkcie, bude náš odhad chabý. Tento problém sa môžeme pokúsiť vyriešiť výberom flexibilných modelov, do ktorých sa zmestí veľa rôznych možných funkčných foriem pre funkciu (James a kol., 2014).

4.4.2 Neparametrické metódy

Neparametrické metódy nerobia explicitné predpoklady o funkčnej forme funkcie. Namiesto toho sa snažia odhadnúť funkciu tak, že ho dostanú čo najbližšie k dátovým bodom ako je len možné bez toho, aby bol príliš hrubý alebo skrútený. Tieto prístupy môžu mať veľkú výhodu nad parametrickými: vylúčením predpokladu určitej funkčnej forme, majú potenciál, aby presne zodpovedala širšej škále možných tvarov funkcie. Akýkoľvek parametrický prístup so sebou prináša možnosť, že funkčná forma použitá pre odhad funkcie je veľmi odlišná od skutočnej funkcie, pričom v tom prípade sa výsledný model nehodí na dáta dobre. Neparametrické metódy sa úplne vyhýbajú tomuto nebezpečenstvu, v podstate žiadny predpoklad o forme funkcie tu nie je. Však i neparametrické metódy majú zásadnú nevýhodu, keďže neznižujú problém odhadu funkcie na malý počet parametrov, je nutný veľký počet pozorovaní (oveľa viac ako je typické pre parametrické prístupy), aby sa dosiahlo presného odhadu pre funkciu (James a kol., 2014).

4.5 Dolovanie z dát

Pre dolovanie z dát je typické že, dáta sú uložené v elektronickej podobe a hľadanie je automatizované. Dolovanie z dát je v podstate o riešení problémov na základe analýzy dát už v existujúcej databáze. Ide o proces výberu, prehľadávania a modelovania vo veľkom množstve dát. Rovnako slúži aj k odhaleniu skôr neznámych vzťahov medzi dátami. Proces musí byť automatický alebo častejšie poloautomatický. Objavené vzory musia viesť ku nejakej výhode. Tieto vzory nazývame štrukturálne, pretože zachytávajú štruktúru rozhodnutia v explicitnom spôsobe. (Witten a Frank, 2005) (Klímek, 2008).

4.6 Strojové učenie a jeho metódy

4.6.1 Strojové učenie

Väčšina z techník, ktoré pomáhajú pri zistení a opise štrukturálnych vzorov v dátach sú známe ako *strojové učenie*. Strojové učenie môžeme rozdeliť podľa viacerých kritérií. Prvým kritériom je *znalosť úrovne*. Podľa tohto kritéria delíme strojové učenie na *induktívne*, ktoré z informácií na najnižšej úrovni všeobecnosti vygeneruje všeobecnejšiu znalosť. Naopak, ak je znalosť na veľmi vysokej úrovni všeobecnosti, *deduktívne* učenie vygeneruje znalosť menej zložitú a všeobecnú. Ďalším kritériom je *stupeň kontroly*. Na základe tohto kritéria delíme strojové učenie na kontrolované a nekontrolované. Rozdielom medzi týmito dvoma druhmi je v tom, že *kontrolované* učenie disponuje spätnou väzbou o úspešnosti učenia, pričom *nekontrolované* učenie neposkytuje túto spätnú väzbu. Podľa toho, aký *algoritmus využíva* delíme učenie na inkrementálne a neinkrementálne učenie. *Inkrementálne* učenie využíva algoritmus, ktorý spracováva jeden trénovací príklad za druhým. *Neinkrementálne* učenie využíva algoritmus, ktorý spracováva celú množinu trénovacích príkladov (Machová, 2002).

Pre hodnotenie strojového učenia a algoritmov strojového učenia sa využívajú štatistické testy. Veľmi často vyvstáva otázka, aký je rozdiel medzi strojovým učením a štatistikou? Popravde, by sme nemali hľadať rozdiely medzi týmito dvoma pojmami. V podstate, niektorí zastávajú zručnosti vychádzajúce zo štandardných štatistických kurzov, ostatní sú viac asociovaní so strojovým učením, ktoré sa objavilo z počítačovej vedy. Historicky, majú obe strany rôzne tradície. Jediný rozdiel by mohol byť v tom, že štatistika sa viac zaujíma o testovanie hypotéz a strojové učenie sa zaujíma o formulovanie procesu generalizácie. Zjednodušene povedané, štatistika je oveľa viac než testovanie hypotéz a mnoho techník strojového učenia nezahŕňa žiadne vyhľadávanie (Witten a Frank, 2005).

4.6.2 Rozhodovacie stromy

Prístup k problému učenia z radu nezávislých pozorovaní prirodzene vedie k reprezentácii tzv. *rozhodovacieho stromu*, učenia s učiteľom. Radíme ich medzi neparametrické metódy. Ide o grafovú štruktúru vo forme stromu obsahujúcu koreňový, medzilahlý a listový uzol. Uzly reprezentujú triedu alebo testovací atribút. Hrany prezentujú hodnoty testovacieho atribútu. Zvyčajne test v uzle porovnáva hodnotu atribútu s konštantou. Avšak, niektoré stromy porovnávajú dva atribúty navzájom alebo využívajú funkciu jedného alebo viacerých atribútov. Pokiaľ je atribút číselný, test zvyčajne určuje, či je hodnota väčšia alebo menšia ako vopred stanovená konštanta, dáva dvojsmerné rozdelenie. Alternatívne môže byť použité trojsmerné rozdelenie, kde existuje niekoľko rôznych možností. Ak chýbajúca hodnota je považovaná za hodnotu atribútu, vytvorí sa tretia vetva. Alternatívou pre celo-číselnú hodnotu atribútu môže byť trojsmerné rozdelenie na menšie ako, rovné a väčšie ako. Číselný atribút je mnohokrát testovaný v danej ceste zhora nadol, pričom každý test zahrňuje inú konštantu. Rozhodovacie stromy môžu byť

aplikované na regresné i na klasifikačné problémy (Witten a Frank, 2005) (James a kol., 2014), (Machová, 2002).

Generovanie rozhodovacích stromov zabezpečujú tzv. *Algoritmy induktívneho učenia*. Sú ukážkou prístupu „rozdel' a panuj“, pri ktorom sa delia úlohy na podúlohy. Najznámejší algoritmus, ktorý generuje rozhodovacie stromy práve pomocou metódy zhora nadol sa nazýva *Algoritmus ID3*. Známe je, že rozhodovací strom generovaný algoritmom je:

- *Perfektný* ak klasifikuje všetky tréningové príklady vhodne.
- *Rozmerovo optimálny* ak je rozhodovacia procedúra značne jednoduchá, inak povedané, ak je tam čo najmenší počet testov hodnôt atribútov.

Tento algoritmus používa Shannonovu teóriu informácie. Táto teória využíva na meranie množstva informácie entropiu. Okrem Algoritmu ID3 sa používajú aj iné algoritmy, napríklad ID5R alebo Algoritmus C4.5, ktorý predstavuje vylepšený Algoritmus ID3 (Machová, 2002).

Druhy rozhodovacích stromov a pravidiel, ktoré sme spomínali sú skôr určené pre predpovedanie kategórii než pre číselné množstvá. Existujú aj stromy, ktoré umožňujú predpovedať hodnotu numerického atribútu. Tieto stromy nazývame *regresné stromy*. (Witten a Frank, 2005) (Berka, 2003). Skalská (2010) definuje kľúčové body zostavovania stromu:

- Nájsť procedúru, aby výber optimálneho delenia bol v každom uzle optimálny.
- Rozhodnutie, kedy ukončiť proces. Buď sa delenie končí vtedy, ak je dosiahnuté predom stanoveného obmedzenia alebo ak by sa ďalším delením nedosiahlo väčšej presnosti.
- Nasleduje redukovanie stromu. V tomto kroku je vybraný podstrom, ktorý je optimálny z hľadiska kvality modelu.
- Kvalita delenia sa posudzuje za pomoci funkcie. Priradí sa každému uzlu ale aj celému stromu.
- Hlavné kritéria prediktívnych schopností stromu sú stabilita a jeho chyba.
- Koncové uzly predstavujú rozdelenie priestoru.

4.6.3 Algoritmus k najbližším susedom

Učenie založené na báze najbližšieho suseda je jednoduché a často funguje veľmi dobre. Je to jeden zo základných algoritmov strojového učenia. V podstate ide o to, prijať stratégiu *k - najbližšieho suseda*, kedy nejaké pevné, malé čísla najbližších susedov – napríklad 5 – sú umiestnené a používajú spoločne na určenie triedy test pozorovaní prostredníctvom jednoduchej väčšiny hlasov. Túto metódu radíme medzi neparametrické metódy s učiteľom. Vznikla pred mnohými desiatkami rokov a štatistici analyzovali schémy *k - najbližších susedov* na začiatku roka 1950. V prípade, že počet pozorovaní je veľký, intuitívne to dáva zmysel, že použijeme

viac ako jedného suseda, je jasné, že ak ich je len pár, je to značne nebezpečné. Demonštruje to príklad, keď sa k a číslo inštancií stáva nekonečným, spôsobom $k/n \rightarrow 0$, tak pravdepodobnosť výskytu chyby je teoretické minimum. Metóda najbližšieho suseda bola prijatá ako metóda klasifikačná v roku 1960 a bola široko používaná v oblasti rozpoznávania vzorov viac ako tri desaťročia, rovnako aj v súčasnosti. Proces hľadanie najbližšieho suseda spočíva v tom, že uloží tréningové príklady do databázy. Majú svoje súradnice, takže sú podľa nich zaradené v priestore do určitej triedy. Ak nastane situácia, že prípad nespadá do žiadnej triedy, hľadajú sa najbližší susedia a podľa nich sa zaradí do triedy. V praxi sa väčšinou volí viac susedov, prípad, kde sa volí len 1 sused je špeciálny. Ak máme teda zvolených viac susedov, o priradení do triedy rozhoduje väčšina. Voči neznámemu prípadu sa počítajú vzdialenosti, konkrétne môže byť Euklidova vzdialenosť, Manhattanská vzdialenosť, Mahalanobisova vzdialenosť a Hammingova vzdialenosť. Najčastejšie sa využíva práve Euklidova vzdialenosť (Witten a Frank, 2005).

Veľmi dôležitou metódou, ktorú je treba spomenúť a je využitá aj v Praktickej časti je krosvalidácia. Môže byť použitá pre odhad testovacej chyby spojenou s danou metódou štatistického učenia s cieľom zhodnotiť jej výkon. Ide o metódu prezorkovania, ktorá rozdelí dáta náhodným spôsobom na k častí. Vždy z nich vyberie jednu podmnožinu ako testovaciu, pričom toto zopakuje, až sú nakoniec všetky dáta využité ako testovacie. Na záver je zistená chyba z každého prípadu a je sprimerovaná. Najčastejšie sa krosvalidácia nastavuje na počet 10, teda 9 prípadov tréningových a 1 prípad testovací a proces sa opakuje kým sa všetky podmnožiny nevystriedajú ako testovacie. To je využité aj v tejto práci, nič ale nebráni tomu, aby bola krosvalidácia nastavená na iné číslo (James a kol., 2014).

Ranking alebo predvýber atribútov je metóda, ktorá vyberie, podľa nami zadaných kritérií vhodné atribúty, inak povedané, vytvorí určitý rebríček. Môžu byť vybrané podľa rôznych kritérií. Táto metóda sa využíva aj s mnohých iných odvetviach, nie len v štatistike.

4.6.4 Meranie kvality predpovedí

Pre hodnotenie výkonu metód potrebujeme nejaký spôsob ako ohodnotiť, ako dobre predpovede zodpovedali skutočnú hodnotu. Najviac využívanou metrikou je **stredná štvorcová chyba odhadu M.S.E.** Jej hodnota by sa mala čo najviac približovať k 0, vtedy sú predpovedané hodnoty blízke skutočným (James a kol., 2014), (Skalská, 2013).

$$M.S.E. = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - Y_t)^2}{T} \quad (4)$$

\hat{Y}_t predpovedaná hodnota v období t

Y_t skutočná nameraná hodnota t

T počet pozorovaní

Doplnkovo je využitá hodnota chyba R.M.S.E, čo predstavuje druhú odmocninu z chyby M.S.E.

$$R.M.S.E. = \sqrt{M.S.E.} \quad (5)$$

M.S.E..... stredná štvorcová chyba odhadu

4.6.5 Postup vytvorenie modelov

Praktická časť pozostáva z vytvorenia 12 modelov. Najskôr sa miera inflácie vyrovnáva so súčasnými hodnotami inflačných faktorov. Výslednými modelmi sú regresný strom pre Slovenskú republiku, regresný strom pre Európsku menovú úniu, algoritmus k najbližším susedom pre Slovenskú republiku a algoritmus k najbližším susedom pre Európsku menovú úniu. V tejto časti je počet pozorovaní 23. Pri zostavovaní regresných stromov je nutné nastaviť hodnotu, ktorá značí, aby strom uzol nedelil, pokiaľ je v ňom počet pozorovaní menší, ako nami zadaná hodnota. Podľa tejto hodnoty sa odvíja aj presnosť predpovede. Pre oba regresné stromy, teda pre Slovensko aj pre eurozónu budú vyskúšané modely s rôznym nastavením tejto hodnoty a bude vybraná podľa toho, ako dobre sa podarí infláciu predpovedať. Aj pri zostavení algoritmov k najbližším susedom bude vyskúšaných viac možných variant. V modeloch je využitá Euklidova vzdialenosť. Pri oboch metódach je využitá metóda krosvalidácie. Jej hodnota je nastavená, ako bolo odporúčané aj v odbornej literatúre na 10, teda 9 prípadov tréningových a 1 testovací.

Druhá časť Praktickej časti sa zaoberá zostavením modelov s využitím oneskorených hodnôt inflačných faktorov, na základe ktorých môžeme predpovedať infláciu. Keďže sú hodnoty týchto faktorov oneskorené o jedno pozorované obdobie, sú priradené vždy miere inflácie nasledujúceho obdobia, zmenšil sa nám počet pozorovaní na 22, pretože faktory z posledného sledovaného štvrtroku nemali byť kde oneskorené. Rovnako, ako aj v prvej časti, sú výsledkom 4 modely, 2 regresné stromy a 2 algoritmy k najbližším susedom. Znova sa bude pracovať s rôznymi hodnotami nedelenia uzlov. Tvorba algoritmov k najbližším susedom je založená na Euklidovej vzdialenosti. Znova je využitá krosvalidácia na hodnote 10.

Modely sú vybrané pomocou hodnoty strednej štvorcovej chyby, kde sa prihliadalo na jej veľkosť, aby bola čo najmenšia a najbližšia ku 0. Tieto hodnoty sú odhadnuté pomocou softwaru a sú k nim vypočítané aj skutočné hodnoty tejto chyby. Podľa nich vieme zhodnotiť, nakoľko sú modely presné.

Poslednou podkapitolou je zostavenie 4 modelov pre algoritmy k najbližším susedom s predvýberom atribútov. Atribúty boli zoradené podľa reliéfu, pričom pre nás bolo dôležitých prvých 5. Na základe nich sú zostavené modely. Pre každý model software zoradil a vybral iné atribúty.

5 Praktická časť

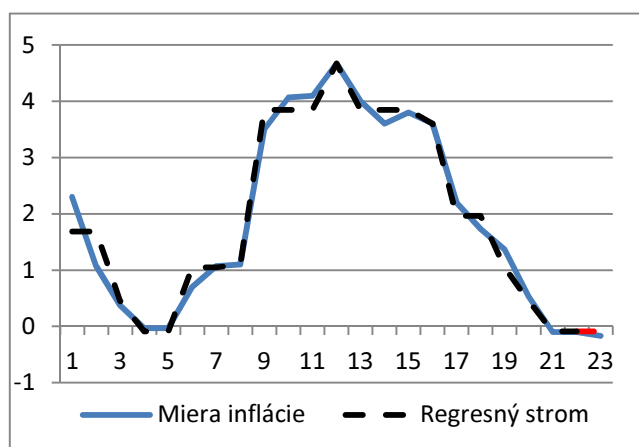
Praktická časť analyzuje, ako sme schopní predpovedať infláciu na základe vybraných inflačných faktorov v Slovenskej republike a v Európskej menovej únii. Časové rady inflácie sú v prvej časti tejto kapitoly vyrovnané súčasnými hodnotami inflačných faktorov a v druhej časti sa hodnoty inflačných faktorov oneskoria o jedno sledované obdobie. Podľa výsledkov budeme vidieť, ako nami využité metódy strojového učenia dokážu vyrovnať časovú radu inflácie, teda budeme schopní určiť, ako dobre sa darí infláciu predpovedať. Na základe výsledkov metódy regresných stromov budeme schopní poukázať na inflačné faktory, ktoré sú pre nás zásadné pri predikcii inflácie. Analýza je prevedená v softwari Orange. Obe využité metódy sú aplikované na regresnej báze. Navyše vypočítame tzv. strednú štvorcovú chybu odhadu M.S.E. a porovnáme ju s hodnotou, ktorú predpovedal software.

5.1 Predikcia inflácie súčasnými hodnotami inflačných faktorov

Táto prvá časť kapitoly je venovaná, ako už bolo vyššie spomenuté, predpovedi inflácie pomocou súčasných hodnôt inflačných faktorov. Všetky vzniknuté modely sú popísané a je ohodnotená presnosť a kvalita predpovedí.

5.1.1 Metóda regresných stromov

V tejto podkapitole sa nachádzajú 2 modely regresných stromov. Ako prvý je zostavený model pre Slovenskú republiku. Nasledujúci graf naznačuje, ako sa podarilo regresnému stromu predpovedať infláciu. Hodnota nedelenia uzlov bola nakoniec zvolená tak, aby uzol nerozdelilo v prípade, že je počet pozorovaní menší ako 5.



Obrázok 10: Regresný strom Slovenska, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat

Podľa obrázku 10 je zjavné, že krivka regresného stromu značne kopírovala líniu inflácie, i keď je krivka regresného stromu miestami pomerne strnulá. Tento fakt

nie je však vôbec problematický, bolo to viac menej očakávané pri tejto metóde. Oveľa viac je zaujímavejšie sledovať vzťahy medzi jednotlivými ukazovateľmi, ktoré nám krásne demonštruje graf regresného stromu na obrázku v Prílohách. Hodnoty inflácie, ktoré predpovedal samotný regresný strom sú tiež k dispozícii v časti Prílohy.

Na obrázku 18 v časti Prílohy sa nachádza graf regresného stromu, ktorý ukázkovo prezentuje, ako samotný regresný strom pracoval a podľa čoho infláciu predpovedal. Vychádza z prvého uzlu, ktorý strom následne rozdelil na základe toho, či je atribút ceny elektriny a pohonných hmôt väčší alebo menší oproti konštante 4,150. Pokiaľ je väčší ako daná konštanta, strom zvolil atribút ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie. Položil podmienku, či sú ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie väčšie oproti konštante -14,998. V prípade, že nie sú, inflácia má hodnotu 1,68, v opačnom prípade strom ďalej pracuje a kladie si podmienku, znova ho zaujíma indikátor cien elektriny a pohonných hmôt. Konkrétne, ak sú tieto ceny väčšie ako 10,025, inflácia dosahuje hodnotu 4,67. Pokiaľ hodnoty tohto indikátoru sú menšie alebo rovné hodnote 10,025, inflácia sa rovná 3,85.

Teraz je nutné pozrieť sa na druhú stranu grafu, kde sú ceny elektriny a pohonných hmôt menšie rovné 4,150. Následne je pre strom dôležitý práve indikátor výmenného kurzu EUR/USD, ktorý je porovnávaný s konštantou 1,325. Ak nastane situácia, že je kurz väčší oproti tejto konštante a zároveň sú ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie väčšie ako 16,682, je inflácia 1,10. Naopak, ak sú ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie sú menšie ako 16,682 a zároveň väčšie ako -9,314, inflácia dosahuje hodnotu -0,09, v opačnom prípade strom určil, že inflácia bude 0,45.

Uzol výmenného kurzu EUR/USD však naznačuje, že ak je menší alebo rovný konštante 1,325, tak v tomto bode strom prichádza k ďalšiemu indikátoru a tými sú znova ceny elektriny a pohonných hmôt. Uzol sa ďalej vetví na dve strany, vpravo graf naznačuje, že strom vypočítal, že v prípade ak je ukazovateľ väčší ako konštanta, úroveň inflácie dosahuje 3,60. Naľavo vidieť, že v opačnom prípade sa strom pozrel na ďalší nami vybraný indikátor a tým je hrubý domáci produkt. Porovnal ho s konštantou 1,355 a prišiel k záveru, že ak je hrubý domáci produkt väčší ako zvolená konštanta, je inflácia na úrovni 1,05, ak nie je väčší, inflácia je 1,97.

Na základe grafu regresného stromu je možné pozorovať podrobne vzťahy, aké prevládajú vo vnútri modelu a môžeme vybrať inflačné faktory, ktoré majú najväčšiu váhu pre vývoj inflácie. Konkrétne to sú v tomto prípade ceny elektriny a pohonných hmôt, ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie, výmenný kurz EUR/USD a v neposlednej rade jeden z najdôležitejších makroekonomických ukazovateľov, a tým je hrubý domáci produkt.

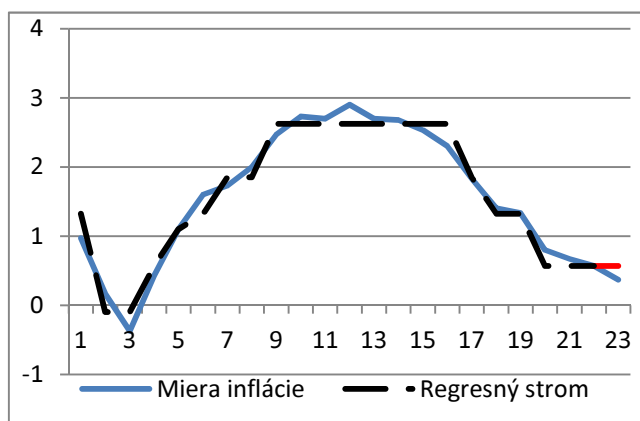
Na záver ostáva vypočítať chybu M.S.E. podľa vzorca, ktorý bol uvedený v časti Metodika. Pre nás hodnota predikcie znamená hodnotu regresného stromu v období t a skutočnú hodnotu reprezentuje nameraná hodnota inflácie v období t . Software nám predpovedal hodnoty chýb na základe vstupných dát, keď ešte nepoznal skutočné predikcie, nasledovne:

Tabuľka 1: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané

| Predpovedané | | Vypočítané | |
|--------------|----------|------------|----------|
| M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| 0,9834 | 0,9917 | 0,0626 | 0,2502 |

Hodnoty sú veľmi nízke, čo je pozitívne. Čím je hodnota bližšie ku 0, tým je náš model lepší a predpovede nesú menšiu chybu. Dokonca, je nami vypočítaná hodnota ešte menšia ako tá, ktorú nám predpovedal software. Tento fakt len potvrdzuje, že predpovede, ktoré poskytol regresný strom sú dôveryhodné a kvalitné.

Ďalšou časťou tejto podkapitoly je zostavenie regresného stromu pre Európsku menovú úniu. Nasledujúci obrázok demonštruje, ako sa regresnému stromu podarilo vyrovnáť krivku inflácie. Opäť sú hodnoty vypočítaného regresného stromu v časti Prílohy.



Obrázok 11: Regresný strom Eurozóny, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat

Na obrázku 11 vidieť, ako regresný strom predpovedal mieru inflácie a aká v skutočnosti bola nameraná. V tomto prípade je evidentná stagnácia predpovede, zodpovedajúca oblasti, kde skutočná miera inflácie stúpala ku hodnote 3 a regresný strom predpovedal dlhodobo konštantnú veľkosť miery inflácie 2,626. Nasledujúce obdobie krivka skutočnej miery inflácie pomaly klesala a krivka regresného stromu prudko spadla. Napriek tomu, že sa stromu nepodarilo vyrovnáť krivku inflácie veľmi dobre, bol tento model zo všetkých zostavených modelov najlepší s hodnotou nedelenia uzlov 5. Znova to nie je prekvapujúce, že regresný strom nepredpovedal hodnoty miery inflácie presne. Preto je nutné analyzovať vzťahy, ktoré vznikli vo vnútri modelu a pokúsiť sa zistiť hlavné inflačné faktory v danej oblasti.

Na obrázku 20 v časti Prílohy je graf regresného stromu. Opäť vychádza z prvého uzlu, ktorý sa vetví na dve strany na základe indikátoru cien elektriny a pohonných hmôt. Porovnáva ich s konštantou, ktorá sa rovná hodnote 3,995. Pokiaľ nastane situácia, že sú ceny väčšie ako porovnávaná konštantna a zároveň sú väčšie ako

konštanta 6,530 značí, že inflácia je rovná 2,63, v opačnom prípade sa hodnota inflácie rovná 1,85.

Vráťme sa späť k prvému uzlu, kde je znázornené, ako regresný strom predpovedal infláciu v prípade, že sú ceny elektriny a pohonných hmôt menšie alebo maximálne rovné 3,995. Strom v tejto situácii ako ďalší indikátor vybral výmenný kurz EUR/USD. Tento uzol ďalej rozvetvil na základe podmienky, či sú hodnoty kurzu väčšie alebo menšie v porovnaní s konštantou 1,325. Za okolnosti, že kurz je menší alebo poprípade rovný konštante, inflácia sa rovná 1,33. Ak to tak nie je, ďalším krokom, ktorý strom podnikol je, že porovnal ceny ropy Brent s konštantou 22,710. Dospel k výsledku, že ak sú Ceny ropy Brent menšie či rovné konštante sa inflácia rovná -0,1. Naopak, ak sú Ceny ropy Brent väčšie oproti konštante a hrubý domáci produkt je zároveň väčší ako konštanta 1,085, predpovedal infláciu na 1,10. Ak nastala opačná situácia, že HDP je menšie než 1,085, strom zvolil ako hodnotu inflácie 0,57.

Opäť je možné vybrať dôležité inflačné faktory, tento raz pre Európsku menovú úniu, ktorými sú ceny elektriny a pohonných hmôt, ceny ropy Brent, výmenný kurz EUR/USD a hrubý domáci produkt. Niektoré faktory sa zhodujú s faktormi, ktoré boli zvolené ako hlavné aj pre Slovenskú republiku.

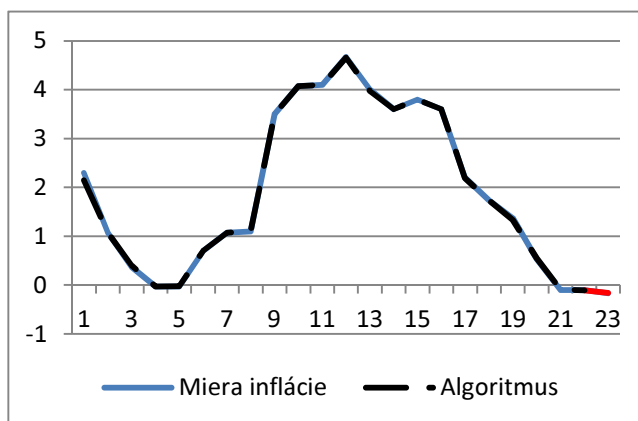
Tabuľka 2: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané

| Predpovedané | | Vypočítané | |
|--------------|----------|------------|----------|
| M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| 0,2561 | 0,5061 | 0,0327 | 0,1809 |

Vidíme, že nami vypočítané hodnoty sú znova veľmi nízke. Tento fakt evokuje, že vytvorený model regresného stromu je aj v tomto prípade správny a vhodný. Nesie malú chybu odhadu, teda sú predpovede dôveryhodné. Oproti hodnotám, ktoré nám predpovedal software, sú naše hodnoty o dosť menšie.

5.1.2 Algoritmus k najbližším susedom

Druhá podkapitola je venovaná zostaveniu modelu algoritmu k najbližším susedom. Opäť, ako aj v predchádzajúcej podkapitole vznikli 2 modely. Jediný rozdiel je v tom, že metóda algoritmu k najbližším susedom neposkytne graf, na ktorom by sme podrobnejšie skúmali vzťahy medzi infláciou a ukazovateľmi.



Obrázok 12: Algorithmus 3-NN Slovenska, Zdroj pozorovaných dát: Eurostat

Obrázok znázorňuje vzniknutý algoritmus k najbližším susedom. Po porovnaní viacerých variánt bola vybraná varianta s 3 najbližšími susedmi. Práve táto možnosť predpovedala skutočnú infláciu priam dokonale. Dôkazom je obrázok, kde čierna línia, ktorá predstavuje nami vytvorený algoritmus krásne kopíruje modrú líniu inflácie, až na prvý bod, kde bola miera inflácie 2,3 a algoritmus ju predpovedal na 2,147. Práve v tom bode sa odhad trochu odchýlil.

Algoritmus pracoval tak, že najskôr nahral tréningové príklady do databázy, ak následne načítal hodnotu, ktorú nevedel presne zaradiť podľa súradníc do triedy, hľadal mu k najbližších susedov, v našom prípade 3. To v praxi znamená, že mu hľadal susedov, ktorí sú mu najviac podobní. Následne susedov spriemeroval a vznikol nám výstup - hodnota, ktorú môžeme nazvať aj ako vlastnosť. Môžeme povedať, že tento algoritmus pracuje na vytvorení určitého vzoru medzi hodnotami.

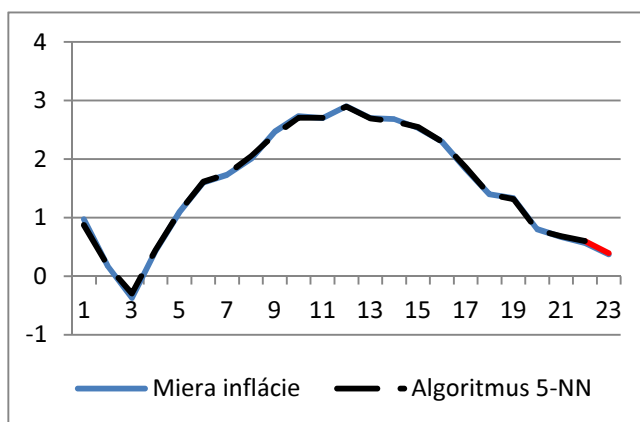
Dôležitá je, ako aj v prechádzajúcej metóde regresných stromov, hodnota chyby M.S.E. Aj v tomto prípade ju v software predpovedal, keď ešte nepoznal predpovedané hodnoty nasledovne:

Tabuľka 3: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané

| Predpovedané | | Vypočítané | |
|--------------|----------|------------|----------|
| M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| 0,2469 | 0,4969 | 0,0012 | 0,035 |

Hodnoty vyšli opäť ukázkovo. Tento výsledok ukazuje celkovú veľkosť chýb predpovedí, ktoré poskytol algoritmus. Číslo blížiac sa k 0 značí, že ide naozaj o minimálne chyby v odhadoch, čo je pozitívne. Môžeme teda považovať nami zvolený model za vhodný.

Poslednou časťou tejto podkapitoly je zostavenie opäť Algoritmu k najbližším susedom, ale tento raz pre Európsku menovú úniu.



Obrázok 13: Algoritmus 5-NN Eurozóny, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat

Opäť sme skúšali viac možných variánt. Obrázok 13 demonštruje nami vybraný model, algoritmus k 5 najbližším susedom.

Znova vidieť, že krivka algoritmu sa miestami vychýlila od skutočných hodnôt. Spočiatku algoritmus vypočítal hodnotu inflácie na 0,871, no v skutočnosti bola inflácia 0,97. Dost' veľkú odchýlku dosiahla predpoveď aj v treťom štvrtroku roku 2009, kde sa odhad odchytil o skoro 0,1. Algoritmus sa odchytil i v posledných dvoch pozorovaných obdobiach, no okrem týchto spomenutých prípadov sa mu podarilo infláciu priam ukázkovo odhadnúť.

Práca algoritmu znovu spočívala v tom, že ak hodnote nevedel jednoznačne určiť triedu, hľadal až 5 najbližších susedov. Týchto susedov znova spriemeroval a vznikla výstupná hodnota.

Na záver, ako aj pri predchádzajúcich 3 modeloch, je nutné zistiť dôveryhodnosť modelu. Porovnanie chýb predpovedaných softwarom a skutočne vypočítaných znázorňuje nasledujúca tabuľka:

Tabuľka 4: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané

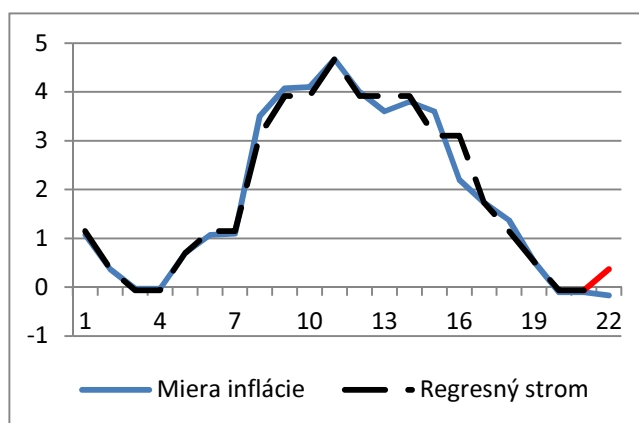
| Predpovedané | | Vypočítané | |
|--------------|----------|------------|----------|
| M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| 0,0838 | 0,2896 | 0,0011 | 0,0334 |

Rovnako, ako pri predošlých prípadoch, sú predpovedané chyby, ktoré popisujú, akú chybu nesú predikcie opäť nízke. Výnimkou nie sú ani nami vypočítané chyby, ktoré sú ešte menšie a bližšie ku 0. Záverom je možné označiť náš model za kvalitný a s minimálne chybnými predpoveďami.

5.2 Predikcia inflácie oneskorenými hodnotami inflačných faktorov

Toto je podkapitola, v ktorej sme sa snažili vyrovnať časovú radu inflácie oneskorenými hodnotami inflačných faktorov, z čoho je možné predpovedanie poslednej hodnoty. Vznikli znova 4 modely, ktoré sú ďalej podrobne popísané.

5.2.1 Metóda regresných stromov



Obrázok 14: Regresný strom Slovenska, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat

Obrázok demonštruje, že regresnému stromu sa podarilo predpovedať hodnoty inflácie v prvej polovici pozorovaní priam dokonalo. Druhá polovica predikcií ukazuje značnú vychýlenosť, regresný strom je v tej časti pomerne kostrbatý, keďže aj samotná miera inflácie v tom období dosť skákala. Najväčší problém mal regresný strom od začiatku roka 2013 až do začiatku roka 2014, keď krivka odhadu prudko klesla. Pomocou inflačných faktorov z druhého štvrťroku 2014 sme sa pokúsili predpovedať infláciu v nasledujúcom štvrťroku. Podľa týchto hodnôt sa však nepodarilo predpovedať infláciu veľmi dobre. Skutočná hodnota a predikovaná sa naozaj dosť líšia. Pri zostavení modelu je využitá znova hodnota nedelenia uzlov 5.

Rovnako, ako v predošlej podkapitole, je oveľa viac zaujímavé sledovať samotný graf regresného stromu, na ktorom vidieť jeho presný postup a je možné odvodiť vzťahy, ktoré medzi ukazovateľmi a infláciou prevládali.

Regresný strom podľa obrázka 19 v Prílohách vychádzal z uzlu, v ktorom hodnota inflácie dosiahla úroveň 1,96. V rovnakom mieste ho zaujímal faktor cien elektriny a pohonných hmôt. Porovnal ho s konštantou 5,910 a na základe toho sa rozvetvil na dve strany. Strom rozhodol, že v prípade dosiahnutia hodnoty väčšej ako daná konštanta a zároveň, ak je index nákladov práce väčší ako konštanta 4,0, bude inflácia 4,67. Ak je index nákladov práce menší maximálne rovný 4,00, inflácia bude 3,91.

Ľavá strana grafu, ako je znázornené, je naozaj veľmi rozvetvená. Model v tejto časti pracoval s viacerými ukazovateľmi. Pozrieme sa späť na prvý uzol, kde

ceny elektriny a pohonných hmôt sú menšie ako porovnávaná konštanta a v tom momente strom vzal výmenný kurz EUR/USD a na základe toho, že ho porovnal s konštantou 1,360 sa rozvetvil na ďalšie dve strany. Ak nastala situácia, že bol kurz väčší ako konštanta, práve vtedy strom vzal indikátor cien elektriny a pohonných hmôt a zaujímalo ho, či sú ceny väčšie alebo menšie rovné proti -3,175. Infláciu predpovedal na úrovni 0,70 práve vtedy, ak sú ceny menšie rovné danej konštante. Uzol, kde sú ceny elektriny a pohonných hmôt väčšie ako -3,175 strom znova rozvetvil na ďalšie dva uzly. Rozhodujúcim ukazovateľom v tomto mieste bol index nákladov práce, ktorý porovnal s konštantou 4,250. Ak je index Nákladov práce väčší oproti konštante je inflácia 0,37, v opačnom prípade je inflácia -0,06.

Opäť sa vrátíme späť, tento raz ku výmennému kurzu EUR/USD, kde v prípade, že je kurz menší alebo rovný porovnáwanej konštante si strom ako ďalší vybral v tomto mieste ukazovateľ cien svetovej poľnohospodárskej produkcie. Porovnal ho s hodnotou 6,583 a pokiaľ boli ceny väčšie oproti tejto hodnote, inflácie je na úrovni 3,10. V opačnom prípade strom stále pracoval ďalej a položil podmienku, či je opäť indikátor výmenného kurzu EUR/USD väčší, tento raz oproti konštante 1,322. Ak nastala situácia, že áno, inflácia je 0,53. Ak výmenný kurz EUR/USD bol menší rovný konštante, strom zaujímalo, či je miera nezamestnanosti väčšia ako 14,535. Pokiaľ je miera nezamestnanosti väčšia než konštanta, inflácia je 1,73, ak je menšia alebo rovná konštante, je inflácia 1,15.

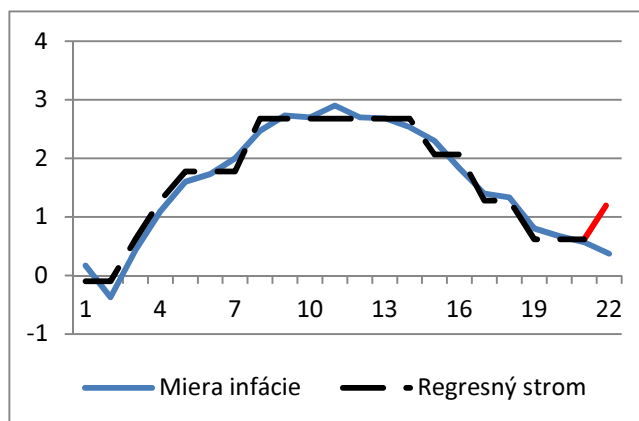
Podľa tohto je možné opäť vyčítať hlavné inflačné faktory pôsobiace na Slovensku. V tomto prípade ide o ceny elektriny a pohonných hmôt, index nákladov práce, znova sa nám objavuje výmenný kurz EUR/USD, ktorý bol v grafe zahrnutý dokonca dva krát, ďalej tam patria aj ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie a nakoniec miera nezamestnanosti.

Nakoniec zostáva vypočítať hodnotu chyby M.S.E. Tento raz sa ale bude výpočet líšiť v jednej veci, tým, že počet pozorovaní je o jedno menší, keďže sa pracovalo s oneskorenými hodnotami inflačných faktorov. Vzorec však ostáva rovnaký.

Tabuľka 5: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané

| Predpovedané | | Vypočítané | |
|--------------|----------|------------|----------|
| M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| 2,8684 | 1,6936 | 0,0799 | 0,283 |

Na prvý pohľad sú hodnoty, ktoré predpovedal software veľmi vysoké. Na základe toho, bolo očakávané, že predpovede budú niest' vysokú chybu. Opäť, po vypočítaní skutočných chýb, môžeme tvrdiť, že opak je pravdou. Skutočné hodnoty sú oveľa menšie a predpovede nesú malú chybu. Záver je pozitívny a model je vhodný pre predpoveď.



Obrázok 15: Regresný strom eurozóny, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat

Obrázok 15 naznačuje krivku miery inflácie, ktorú sa regresný strom pokúšal vyrovnáť. Opäť je zjavné pri Európskej menovej únii, že krivka regresného stromu je pomerne kostrbatá, vykazuje ostré skoky. Rovnako, ako pri modeli regresného stromu v predošlej podkapitole, je evidentná stagnácia krivky regresného stromu v období prvého štvrťroku 2011 až po tretí štvrťrok 2012. Práve v tejto časti strom nebol schopný krivku inflácie vyrovnáť, ani sa jej priblížiť ani za pomoci oneskorených hodnôt. Avšak, aj napriek tomuto nedostatku sa po vyskúšaní viacerých možností javil práve tento model s hodnotou nedelenia uzlov na 5 ako najlepší. Pokiaľ sa táto hodnota zväčšovala, strom sa vychyľoval od skutočných hodnôt v prvej i v druhej polovici sledovaného obdobia. Opäť, ako aj v predošlom prípade, sa pomocou faktorov z druhého štvrťroku 2014 nepodarilo infláciu v nasledujúcom období predpovedať, ani sa jej priblížiť.

Graf na obrázku 21 v Prílohách reprezentuje inflačné faktory, ktoré zvolil regresný strom ako tie najdôležitejšie. Ako prvý faktor zvolil ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie, ktoré porovnal s konštantou $-6,509$. Na základe toho sa graf stromu rozvetvil na dve strany. Podľa ľavej strany grafu je zrejmé, že v prípade ak sú Ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie menšie alebo maximálne rovné porovnávanej konštante a zároveň je M3 agregát väčší ako konštanta $4,125$ je inflácia $-0,10$. Druhá možná situácia indikuje prípad, že M3 agregát je najviac rovný konštante a práve vtedy je inflácia rovná $0,62$.

Pravá strana grafu je o niečo rozsiahlejšie. Strom si vybral 3 ukazovatele, na základe ktorých predpovedal infláciu. Prvý uzol sa zaoberal, ako už bolo vyššie spomenuté cenám svetovej poľnohospodárskej produkcie a v prípade, že sú väčšie ako daná konštanta, sa strom zaujímal o ceny elektriny a pohonných hmôt. Rovnako aj tento uzol sa rozvetvil na dve strany. Ceny elektriny a pohonných hmôt strom porovnal s konštantou $6,040$. Smerom doľava, kedy sú ceny väčšie ako konštanta bol v tomto mieste opäť vybraný indikátor peňažného agregátu M3 porovnávaný s $2,720$. Jedna z možných situácií, ktoré nastali je, že M3 agregát je väčší ako $2,720$. Inflácia sa v tom prípade rovná $2,07$. Opačný prípad označil infláciu na úrovni $2,67$.

Podľa pravej vetvy uzlu cien elektriny a pohonných hmôt, bol tento posledný uzol rozdelený podľa indikátoru cien ropy Brent. Pokiaľ sú ceny ropy Brent väčšie ako $20,725$, je inflácia $1,78$, v opačnom prípade je inflácia $1,28$.

Tento model zvolil za hlavné faktory pôsobiace v Eurozóne ceny elektriny a pohonných hmôt, ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie, ceny ropy Brent a v neposlednom rade vybral dokonca dva krát peňažný agregát M3.

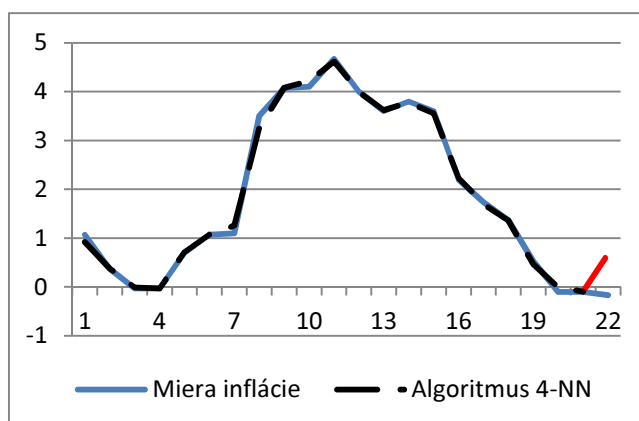
Tabuľka 6: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané

| Predpovedané | | Vypočítané | |
|--------------|----------|------------|----------|
| M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| 0,2675 | 0,5172 | 0,0638 | 0,2525 |

Rovnako, ako v predošlých modeloch, sa aj tu potvrdilo, že chyby, ktoré predpovedal samotný software sú o dosť väčšie než skutočné. Nami vypočítané chyby sa opäť ukážkovo blížia k 0, čo znamená, že model je považovaný ako vhodný pre predikciu inflácie.

5.2.2 Algoritmus k najbližším susedom

Ďalšou podkapitolou Praktickej časti je zostavenie algoritmov k najbližším susedom pre obe sledované oblasti. Ako prvý bude zostavený model pre Slovensko.



Obrázok 16: Algoritmus 4-NN Slovenska, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat

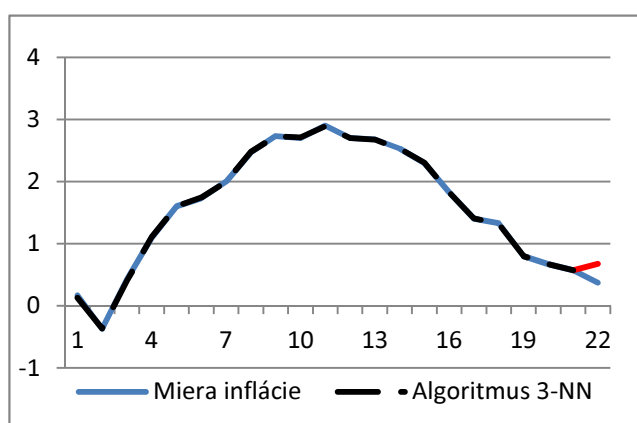
Na obrázku vidíme zostavený model algoritmu k 4 najbližším susedom pre Slovensko, pričom na vyrovnanie časovej rady inflácie boli využité oneskorené hodnoty inflačných ukazovateľov. Najviac prijateľná možnosť sa javila využiť práve model so 4 najbližšími susedmi. Obrázok demonštruje, ako algoritmus kopíroval líniu miery inflácie. Podarilo sa mu to priam dokonale, jediné miesto kde sa však algoritmus vychýlil a predpovedal nárast inflácie až na úroveň 0,683, i keď skutočná miera inflácie bola v zápornej hodnote -0,17 je opäť posledný štvrtrok. Práve v tomto bode algoritmus nevedel predpovedať hodnotu inflácie pomocou hodnôt indikátorov, ktoré boli namerané v prechádzajúcom sledovanom období.

Je vhodné priblížiť, ako algoritmus postupoval pri vytváraní modelu. Znova pracoval na báze hľadania najpodobnejších prípadov. Algoritmus uložil tréningové príklady do databázy a ak zaevidoval hodnotu, ktorej súradnice nespádali do žiadnej triedy, hľadal jej najbližších susedov. V tomto modeli to sú 4 susedia, ktorých následne spriemeroval a podľa toho zaradil hodnotu do určitej triedy.

Tabuľka 7: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané

| Predpovedané | | Vypočítané | |
|--------------|----------|------------|----------|
| M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| 0,556 | 0,7456 | 0,0395 | 0,199 |

Čo sa týka kvality predpovede, ani tento model nie je výnimkou. Hodnoty predpovedané softwarom sú naozaj nízke, no vypočítané hodnoty sú aj v tomto prípade lepšie a bližšie k 0. Kvalita predpovedí je vysoká, nesú malú chybu a je zrejmé, že model bol úspešne vytvorený a je správny.



Obrázok 17: Algoritmus 3-NN eurozóny, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat

Po tom, ako algoritmus načítal nejakú hodnotu, ktorá nespádala do nijakej triedy z existujúcich uložených tréningových príkladov v databáze, sa snažil hľadať čo najviac podobné, príbuzné prípady. Pre náš model to boli 3 takéto podobné prípady, inak povedané, 3 najbližší susedia. Následne týchto 3 susedov spriemeroval a vznikol model, ktorý vidíme na obrázku 17.

Obrázok 17 ilustruje nami zostavený model algoritmu pre eurozónu. Najlepšie sa javil práve model s 3 najbližšími susedmi. Jediné miesto, kde algoritmus zlyhal pri predpovedi je, ako aj v predchádzajúcom modeli pre Slovensko, posledná predpoveď pre tretí štvrtrok 2014. Opäť je zrejmé, že na základe inflačných faktorov z druhého štvrtroku 2014 sa infláciu na nasledujúce obdobie nepodarilo predpo-

vedat'. Model predpokladal, že inflácia dosiahne hodnotu 0,674 no skutočnosť bola iná. Miera inflácie dosiahla v treťom štvrtroku hodnotu 0,37.

Tabuľka 8: Hodnoty chýb predpovedané v softwari a skutočne vypočítané

| Predpovedané | | Vypočítané | |
|--------------|----------|------------|----------|
| M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| 0,0955 | 0,3091 | 0,0043 | 0,0657 |

V porovnaní s predošlým modelom je zrejmé, že predpovede tohto modelu sú na lepšej úrovni, pretože nesú nižšiu chybu. Je to vidieť aj z grafu, kde sa obe línie sa prelínajú priam dokonalo. Už z tohto faktu, bolo možné predpokladať, že model bude kvalitný, čo sa aj potvrdilo, či už predpovedanými ale aj vypočítanými hodnotami.

5.3 Predvýber atribútov

Táto posledná kapitola Praktickej časti je venovaná zostaveniu modelov s predvýberom atribútov. Konkrétne ide o modely algoritmov k najbližším susedom. Cieľom je poukázať, že predpoveď sme schopní ovplyvniť tým, že si preddefinujeme kritéria, podľa ktorých chceme, aby sa naša predpoveď odvíjala. Môžeme tak ale dosiahnuť, že predpoveď bude skreslená, ak model nebude pracovať spontánne podľa seba ale bude ovplyvnený určitým nastavením.

Tabuľka 9: Predvýber inflačných faktorov pre jednotlivé modely K-NN

| Model | Zvolené inflačné faktory podľa reliéfu | | | | |
|----------------|--|----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| SVK | Ceny elektriny a PHM | HDP | Euribor | Ceny Brent | Poľnohospodárska produkcia |
| EA | Ceny elektriny a PHM | Index nákladov práce | HDP | Miera nezamestnanosti | Ceny Brent |
| SVK oneskorené | Ceny elektriny a PHM | Poľnohospodárska produkcia | Euribor | Výmenný kurz | Ceny Brent |
| EA oneskorené | Ceny elektriny a PHM | Euribor | Miera nezamestnanosti | HDP | Ceny Brent |

Tabuľka 9 zobrazuje, ktoré faktory software zahrnul do svojich predpovedí. Hodnota rebríčka je nastavená, aby model zahrnul do predpovede prvých 5 faktorov

podľa kritéria reliéf. Grafy ku uvedeným modelom sú k dispozícii v časti Prílohy. Podľa grafov vieme porovnať, ako sa podarilo vyrovnáť krivku inflácie s predvýberom atribútov a klasickým algoritmom. Je jasné, že predvýber atribútov podstatne zhoršil vyrovnanie miery inflácie. Dôležité ale je, aby sme sa pozreli aj na chyby, ktoré predpovede nesú. Nasledujúca tabuľka ilustruje chyby, ktoré predpovedal software na základe dát pre tieto typy modelov a chyby, ktoré sme vypočítali podľa predikovaných hodnôt.

Tabuľka 10: Porovnanie predpovedaných hodnôt chýb M.S.E. a R.M.S.E. softwarom a skutočne vypočítaných hodnôt chýb M.S.E. a R.M.S.E. modelov pre predvýber atribútov

| Model | Predpovedané | | Vypočítané | |
|----------------|--------------|----------|------------|----------|
| | M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| SVK | 0,7636 | 0,8738 | 0,1433 | 0,3786 |
| EA | 0,1252 | 0,3539 | 0,0225 | 0,1499 |
| SVK oneskorené | 0,5896 | 0,7679 | 0,0866 | 0,2943 |
| EA oneskorené | 0,0946 | 0,3076 | 0,0451 | 0,2124 |

Tabuľka 11: Porovnanie predpovedaných hodnôt chýb M.S.E. a R.M.S.E. softwarom a skutočne vypočítaných chýb M.S.E. a R.M.S.E. pre modely algoritmov

| Model | Predpovedané | | Vypočítané | |
|----------------|--------------|----------|------------|----------|
| | M.S.E. | R.M.S.E. | M.S.E. | R.M.S.E. |
| SVK | 0,2469 | 0,4969 | 0,0012 | 0,035 |
| EA | 0,0838 | 0,2896 | 0,0011 | 0,0334 |
| SVK oneskorené | 0,556 | 0,7456 | 0,0395 | 0,199 |
| EA oneskorené | 0,0955 | 0,3091 | 0,0043 | 0,0657 |

Podľa tabuľky 10 je zrejmé, že predpovedané hodnoty pre predvýber atribútov sú väčšie, ako tie skutočné. Tento fakt, ale nie je vôbec prekvapujúci. Avšak, pri porovnaní s klasickými modelmi algoritmov k najbližším susedom podľa tabuľky 11, je zrejmé, že modely s predvýberom sú na tom s kvalitou predpovedí horšie, či už s predpovedanými softwarom alebo skutočne vypočítanými. Výnimkou je model predpovedaný pre eurozónu s využitím oneskorených hodnôt inflačných faktorov. Skutočnosť, že chyby predpovedí z tabuľky 10 sú väčšie, môže byť spôsobená najmä tým, že sme sami vybrali kritérium, podľa ktorého sa majú predpovede uberať. Môžeme teda tvrdiť, že predvýber atribútov nám môže značne pomôcť ale i uškodiť.

5.4 Čiastkový záver

Na základe výsledkov z Praktickej časti sme schopní sformulovať čiastkový záver. Nami využité metódy, metóda regresných stromov a algoritmus k najbližším suse-

dom, sa javia ako vhodné metódy pre predpovedanie inflácie. Konkrétne pri metóde regresných stromov sa potvrdil vstupný predpoklad, že sa viac hodí na určenie hlavných inflačných faktorov, než na predpovedanie. Pre obe skúmané oblasti strom vybral faktory, ktoré majú najväčší vplyv na vývoj cenovej hladiny. Druhá metóda sa prejavila vhodnejšia pre vyrovnanie časovej rady inflácie, teda má lepšie predpovedacie schopnosti. Pri našich dátach a malom počte pozorovaní sa viac oplátilo voliť menší počet susedov. V druhej časti sa časové rady inflácie vyrovnávali oneskorenými hodnotami ukazovateľov. Na základe výsledkov, ktoré nám poskytli grafy je zrejmý fakt, že poslednú hodnotu inflácie nebol model schopný predpovedať ani v jednom prípade s využitím faktorov z predchádzajúceho obdobia. Pozitívne ale hodnotíme, že predpovede nesú malú chybu vo všetkých prípadoch. Posledná časť tejto kapitola sa venovala metóde predvýberu atribútov, teda faktorov. Napriek tomu, že výber kritéria nezlepšil to, ako daný algoritmus predpovedal infláciu, je zaujímavé pozorovať, ako my sami vieme ovplyvniť presnosť predpovede umelej inteligencie len tým, že presne zadáme určité kritérium.

6 Diskusia

6.1 Hlavné inflačné faktory v Slovenskej republike

Na základe výsledkov z Praktickej časti sme schopní určiť, ktoré faktory mali na vývoj inflácie najväčší vplyv. Ide o faktory cien elektriny a pohonných hmôt, ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie, výmenný kurz EUR/USD, hrubý domáci produkt. Analýza vývoja inflácie pomocou oneskorených inflačných faktorov ukázala, že na vývoj inflácie mali najväčší vplyv opäť ceny elektriny a pohonných hmôt, výmenný kurz EUR/USD, ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie, miera nezamestnanosti a index nákladov práce.

Národná banka Slovenska indikátory eviduje a skúma ich vývoj vo svojich výročných správach. Počas posledných rokov dané faktory vykazovali naozaj vysokú premenlivosť. Bolo to spôsobené hlavne kvôli kríze na finančných trhoch.

Za posledný rok mali ceny energií tendenciu klesať. Rovnaký trend vykazovali aj externé faktory, ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie a ceny ropy. NBS dáva týmto príčinám za následok spomalenie cenovej hladiny (NBS,2014).

ECB vysvetľuje, prečo euro za posledný rok voči doláru značne oslabilo vo svojej poslednej výročnej správe. Znehodnotenie tejto meny bolo spôsobené hlavne vďaka cyklickým pozíciám a rôznych nastavení menových politík významných štátov (ECB,2014).

Positívny vývoj zaznamenal hrubý domáci produkt aj miera nezamestnanosti. Tento kladný vývoj odzrkadľuje najmä zotavujúce sa hospodárstvo a zmena jeho štruktúry. Okrem toho, že hrubý domáci produkt vzrástol, počet nezamestnaných klesal, čo sa prejavilo aj v znížení miery nezamestnanosti, aj náklady práce zaznamenali pozitívnu situáciu, keď sa značne zvýšili. Celkovo NBS hodnotí uplynulý rok prelomovo, vzhľadom k tomu, že nastalo mnoho zmien v činnostiach NBS, hlavne v oblasti spoločnej menovej politiky (NBS,2014).

Zaujímavé je sledovať, ako regresný strom vybral faktory, ktoré mali najväčší vplyv pri predikcii inflácie. Podľa obrázku 18 a 19 v Prílohách je vidieť, že niektoré faktory v procese predikcie boli dôležitými dokonca viac raz. Možno prekvapivým faktom je, že za dôležitý faktor nebol vybraný ukazovateľ referenčnej úrokovej sadzby Euribor, keďže v procese ovládania cenovej hladiny je práve táto úroková sadzba dôležitým nástrojom centrálnych bánk.

Podľa výsledkov je zrejmé, že regresný strom bol úspešný pri predpovedaní inflácie. Avšak, metóda algoritmu k najbližším susedom bola pri predpovedi presnejšia. Regresný strom je vhodnejší na demonštráciu hlavných inflačných faktorov, čo v našom prípade aj splnil.

6.2 Hlavné inflačné faktory v Európskej menovej únii

Infláciu v tejto oblasti najviac ovplyvnili ceny elektriny a pohonných hmôt, výmenný kurz EUR/USD, ceny ropy Brent a hrubý domáci produkt. Po vyrovnaní miery

inflácie oneskorenými hodnotami inflačných indikátorov sme zistili, že na vývoj inflácie mali zásadný vplyv ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie, agregát M3, ceny elektriny a pohonných hmôt a ceny ropy Brent.

Rovnako ako na Slovensku, aj v eurozóne nastal za posledný rok pozitívny vývoj. Postupné zvyšovanie inflácie vystriedalo v druhom polroku jej znižovanie, ku čomu prispel najmä prepád cien ropy. ECB vydala stanovisko, že aj vďaka klesajúcim cenám energií sa podarilo infláciu znížiť. Vývoj eura bol vysvetlený v predchádzajúcej podkapitole, len na pripomenutie, euro sa voči americkému doláru znehodnotilo. Vo vývoji agregátu M3 hrali významnú úlohu zmeny v bankovej regulácii, na základe ktorých došlo k rastu tohto agregátu. Okrem tohto ovplyvnil rast menového agregátu aj znížený záujem o dlhodobé finančné pasíva. Hrubý domáci produkt je charakteristický pozitívnym vývojom (ECB,2014).

Na rozdiel od regresného stromu Slovenska vidíme, že regresný strom pre eurozónu vybral menej faktorov a nepodarilo sa mu mieru inflácie vyrovnáť tak dobre ako pre Slovensko. Problematické bolo predpovedanie miery inflácie hlavne v období po finančnej kríze. Dôvodom môže byť fakt, že v tom období sa jednotlivé ekonomiky eurozóny vyrovnávali s dopadmi tejto krízy rozdielne svojím tempom. Rovnako ako pri predpovedaní pre Slovensko, bola metóda algoritmov úspešnejšia.

6.3 Komparácia s predpoveďou Národnej banky Slovenska

Národná banka Slovenska vydáva štvrtročne Strednodobé predikcie pre vybrané makroekonomické ukazovatele. Centrálné banky využívajú pre predpovedanie rôzne metódy a modely. Napríklad, Európska centrálna banka využíva jeden zo základných modelov DSGE. Táto podkapitola sa venuje porovnaniu predpovedí inflácie NBS s predpoveďami výsledných modelov. Základom je Strednodobá predikcia 2. štvrťroku 2014, z ktorej porovnáme predikciu 2. štvrťroku s hodnotami, ktoré predikovali naše modely. Nasledujúca tabuľka demonštruje ako predpovedali mieru inflácie jednotlivé modely a NBS.

Tabuľka 12: Komparácia predpovedí jednotlivých modelov a NBS so skutočnou hodnotou miery inflácie v 2. štvrťroku 2014¹

| | |
|------------------------------|--------|
| Regresný strom | -0,086 |
| Algoritmus K-NN | -0,106 |
| Regresný strom (oneskorené) | -0,065 |
| Algoritmus K-NN (oneskorené) | -0,097 |
| NBS | -0,2 |
| Skutočná hodnota | -0,1 |

¹ Ide o % zmenu miery inflácie v porovnaní s predchádzajúcim štvrťrokom

Tabuľka demonštruje, že NBS predpovedala zmenu oproti predošlému štvrtroku vo výške -0,2. Vidieť, že naše modely sa priblížili skutočnej hodnote miery inflácie, kdež to predpoveď NBS značne zaostala a vykazuje väčší rozdiel. Pri modeloch, kde sme predpovedali infláciu s oneskorenými hodnotami inflačných ukazovateľov sa opäť javí predikcia NBS horšie. Je vidieť, že nami zvolené metódy strojového učenia sú vhodnejšie ako samotné modely predikcie centrálnej banky.

6.4 Odporúčania pre centrálnu banku a do podnikovej sféry

Podľa vybraných hlavných inflačných faktorov sme schopní sformulovať odporúčanie pre centrálnu banku, ako by mohli bojovať proti zvyšovaniu cenovej hladiny. Výsledky nám demonštrujú, že externé faktory, ktoré boli vybrané do Praktickej časti sa všetky javia ako dôležité pri predikcii. Na druhej strane, nie všetky vnútorné majú zásadný vplyv na vývoj inflácie.

Nie všetky faktory je NBS schopná ovplyvniť, v tomto smere má viac menej zviazané ruky. Keďže Slovensko vstúpilo do eurozóny, všetky menovopolitické rozhodnutia v rámci Eurosystemu robí Rada guvernérov ECB, v ktorej má zastúpenie i Slovensko vo forme guvernéra NBS. Slovenská republika sa teda len čiastočne podieľa na vývoji cenovej hladiny.

Na udržanie cenovej stability je vhodné manipulovať a ovplyvňovať výmenný kurz, teda oslabovať alebo posilňovať menu euro. Tu ale samostatne NBS, ako bolo vyššie spomenuté, zasiahnuť nemôže. Kompetentnou inštitúciou je v tomto prípade Európska centrálna banka. Dôležitým faktorom, ktorý sa objavil v každom modeli, sú ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie. Keďže tento faktor radíme medzi vonkajšie faktory, ich ovplyvnenie je mimo dosah nástrojov centrálnych bánk, avšak samotná NBS i ECB by sa mali zaujímať o ich vývoj a ostro ich sledovať, keďže sa prejavili ako dôležitý inflačný faktor a môžeme tvrdiť, že infláciu ovplyvňujú dlhodobo.

Z faktorov, ktoré sme síce neanalyzovali, ale centrálna banka by teoreticky vedela upravovať peňažnú zásobu pomocou úrokových sadzieb. Tento nástroj patrí medzi tie najčastejšie. Zdvihnutím úrokových sadzieb odčerpá nadbytočné množstvo peňazí z obehu, naopak, znížením dosiahne to, že sa objem peňazí v obehu zvýši. Prvý prípad značí monetárnu reštrikciu a druhý prípade demonštruje monetárnu expanziu. Rozhodnutia o úrokových sadzbách vedie Rada guvernérov ECB. Dôležitou sadzbou, ktorou ECB môže značne ovplyvniť situáciu na peňažnom trhu, i keď sa neprejavila ako veľmi dôležitý faktor na základe výsledkov z Praktickej časti je Euribor.

Ako už bolo spomenuté, počnúc vstupom Slovenska do eurozóny sa podieľa NBS na spoločnej menovej politike. Pilierom tejto spoločnej menovej politiky je udržanie cenovej stability. Dôležitou súčasťou spoločnej menovej politiky je zúčastnenie sa na spoločnom predikčnom procese. Okrem toho si NBS vypracováva predikcie aj mimo spoločnú politiku. Pre predikciu inflácie využívajú rôzne modely. Tieto predikcie majú veľkú váhu na správanie ekonomických subjektov.

Každého podnikateľa, či manažéra by mal zaujímať súčasný, ale aj budúci vývoj cenovej hladiny. Ide o inflačné očakávania, ktoré značne ovplyvňujú rozhodovania subjektov v súvislosti s rastom cenovej hladiny. Napriek tomu, že tento faktor nebol skúmaný, je dôležitým či už v poňatí centrálnej banky, ale aj v podnikovej sfére. V podstate ide o to, že tieto očakávania o budúcom vývoji cenovej hladiny majú zásadný vplyv na to, ako si podniky určia ceny svojich tovarov a služieb a kde alokujú svoje zdroje. Samotní podnikatelia sa spoliehajú na inflačné predikcie NBS, ak sa javia ako správne pripisujú im naozaj vysokú váhu a zohľadňujú ich vo svojich rozhodnutiach. Podniky by mohli využívať i naše metódy a tak by mohli predpovedať infláciu sami. Vzhľadom na porovnanie predikcie inflácie NBS a našich modelov, kde bolo vidieť, že predpovedanie inflácie s využitím metód strojového učenia bolo presnejšie, je možné odporučiť do podnikovej sféry využiť tieto metódy.

Pre podniky je vhodné, aby pri svojich rozhodnutiach o možnom vývoze produktov prihliadali na výmenný kurz. Pokiaľ nastane situácia, že sa euro znehodnotí, ceny by na Slovensku poklesli, bolo by pre nich vhodné, aby svoj tovar vyvážali do zahraničia, mimo eurozónu. Naopak, ak by euro vykazovalo zhodnotenie, tým pádom by ceny na Slovensku porástli rýchlejšie, nemalo by pre nich zmysel vyvážať svoj tovar, bolo by lepšie, ak by ho predali doma za vyššiu cenu.

Na základe tejto podkapitoly je jasné, že menovú politiku NBS značne ovplyvnil a zmenil vstup do eurozóny. Nielen že sa musela prispôbiť menovej politike eurozóny a tým stratila samostatnú menovú politiku, zanikla slovenská koruna, ale NBS nemá plne v rukách vývoj makroekonomických ukazovateľov. Je ale zjavné, že postavenie NBS je aj naďalej silné, hlavne vplyvom na podnikateľské subjekty, ktoré prihliadajú na predikcie NBS ohľadom vývoja cenovej hladiny. Čo sa týka oblasti predpovedania inflácie, bola potvrdená vhodnosť využitých metód, dokonca bolo odporúčané využiť tieto metódy aj pre podnikateľské subjekty i pre NBS.

7 Záver

Táto bakalárska práca sa venovala problematike inflácie. Cieľom bolo posúdiť schopnosť predpovedať tento makroekonomický jav za pomoci inflačných faktorov v Slovenskej republike a v Európskej menovej únii využitím umelej inteligencie. Inflačné faktory, ktoré sú zhrnuté v Teoretickej časti, boli pre obe oblasti vybraté zhodne. Okrem inflačných faktorov sa v Teoretickej časti nachádza vysvetlenie nielen samotnej inflácie ale aj pojmov s ňou úzko spojenými, rozdelenie inflácie na základe rôznych hľadísk, vplyvy na ostatné ekonomické subjekty, metódy pre analýzu inflácie a popis jej vývoja podľa Národnej banky Slovenka a Európskej centrálnej banky. Informácie o vývoji boli získavané z výročných správ týchto dvoch bánk.

Ďalšou kapitolou v práci je Metodika, ktorá vysvetľuje metódy, ktoré boli využité pri predpovedi inflácie. Konkrétne sa jedná o metódu regresných stromov a algoritmus k najbližším susedom. Metódy spadajú pod strojové učenie, ktorého pojem je v tejto kapitole vysvetlený tiež. Vysvetlené sú aj metódy, ktoré sú využité v rámci metód strojového učenia, ako je krosvalidácia a predvýber atribútov.

Praktická časť bola realizovaná v softwari Orange. V prvej časti tejto kapitoly boli časové rady inflácie vyrovnávané pomocou súčasných hodnôt inflačných faktorov v druhej časti sa hodnoty inflačných faktorov oneskorili o jedno pozorované obdobie. Na základe výsledkov z metódy regresných stromov bolo možné určiť hlavné inflačné faktory pôsobiace vo vybraných oblastiach. Naopak, algoritmus k najbližším susedom pomohol dokázať, na akej úrovni je možné samotné predpovedanie inflácie. Vhodnosť modelov nám pomohla určiť stredná štvorcová chyba odhadu M.S.E. Skutočná vypočítaná hodnota tejto chyby bola porovnaná s hodnotou, ktorú nám predpovedal software.

Diskusia naviazala na Praktickú časť. Výsledky určili, že za hlavné inflačné faktory v Slovenskej republike môžeme považovať ceny elektriny a pohonných hmôt, ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie, výmenný kurz EUR/USD, hrubý domáci produkt, index nákladov práce a mieru nezamestnanosti. Na vývoj inflácie v oblasti Európskej menovej únie najviac vplývajú ceny elektriny a pohonných hmôt, hrubý domáci produkt, ceny ropy Brent, výmenný kurz EUR/USD, peňažný agregát M3 a ceny svetovej poľnohospodárskej produkcie. Z uvedeného vyplýva, že na vývoj inflácie vplýva kombinácia vnútorných i vonkajších faktorov. Následne boli dané možné odporúčania pre centrálnu banku a do podnikovej sféry. Podľa výsledkov môžeme považovať nami vybrané metódy strojového učenia za vhodné pri predpovedi inflácie.

8 Literatúra

- [1] BERKA, PETR. *Dobývání znalostí z databází*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, 366 s. ISBN 80-200-1062-9
- [2] BRČÁK, JOSEF. - BOHUSLAV SEKERKA., 2011: *Makroekonomie*. 1. vyd. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-3258-9.
- [3] ECB, 2006: *Annual report 2006*. Nemecko: European central bank. [online]. Dostupné z: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/annrep/ar2006en.pdf> [cit.2015-03-14].
- [4] ECB, 2007: *Annual report 2007*. Nemecko: European central bank. [online]. Dostupné z: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/annrep/ar2007en.pdf> [cit.2015-03-14].
- [5] ECB, 2008: *Annual report 2008*. Nemecko: European central bank. [online]. Dostupné z: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/annrep/ar2008en.pdf> [cit.2015-03-14].
- [6] ECB, 2009: *Annual report 2009*. Nemecko: European central bank. [online]. Dostupné z: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/annrep/ar2009en.pdf> [cit.2015-03-14].
- [7] ECB, 2009: *Prečo je pre Vás dôležitá stabilita cien?* Nemecko: Európska centrálna banka. [online]. Dostupné z: https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/whypricestability_cs.pdf [cit.2015-05-05].
- [8] ECB, 2010: *Annual report 2010*. Nemecko: European central bank. [online]. Dostupné z: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/annrep/ar2010en.pdf> [cit.2015-03-14].
- [9] ECB, 2011: *Annual report 2011*. Nemecko: European central bank.[online]. Dostupné z: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/annrep/ar2011en.pdf> [cit.2015-03-14].
- [10] ECB, 2012: *Annual report 2012*. Nemecko: European central bank. [online]. Dostupné z: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/annrep/ar2012en.pdf> [cit.2015-03-14].
- [11] ECB, 2013: *Annual report 2013*. Nemecko: European central bank. [online]. Dostupné z: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/annrep/ar2013en.pdf> [cit.2015-03-14].
- [12] ECB, 2014: *Annual report 2014*. Nemecko: European central bank. [online]. Dostupné z: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/annrep/ar2014en.pdf?e0dd86a5e7ab86204869c181ad6c1478> [cit.2015-04-26].
- [13] ECB, 2015: *Meranie inflácie*. Nemecko: Európska centrálna banka. [online]. Dostupné z:

- <https://www.ecb.europa.eu/stats/prices/hicp/html/index.en.html> [cit.2015-04-10].
- [14] FUCHS, KAMIL a PAVEL TULEJA., 2003: *Makroekonomie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 283 s. ISBN 80-210-3073-9.
- [15] GRAHAM, ELLIOTT a ALLAN TIMMERMANN., 2013: *Handbook of economic forecasting*. 1. vyd. USA: Elsevier. [online]. 720 s. ISBN 978-0-444-53683-9. Dostupné z: http://books.google.cz/books?id=-_dSuakNHWYC. [cit. 2015-05-08].
- [16] Investopedia. 2015: *Why does inflation increase with GDP growth?* Edmonton: Investopedia. [online]. Dostupné z: <http://www.investopedia.com/ask/answers/112814/why-does-inflation-increase-gdp-growth.asp> [cit. 2015-05-08]
- [17] JAMES GARETH. a kol., 2013: *An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R*, Springer Texts in Statistics, © Springer Science+Business Media New York, ISBN 978-1-4614-7137-0
- [18] JUREČKA, VÁCLAV a kol., 2010: *Makroekonomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 332 s. ISBN 978-80-247-3258-9.
- [19] KLÍMEK, PETR., 2008: *Ekonomické aplikace statistiky a data miningu*. 1. vyd. Bučovice: Martin Stříž, 342 s. ISBN 978-80-87106-10-5.
- [20] LISÝ, JÁN a kol., 2007: *Ekonomía v novej ekonomike*. 2., preprac. a dopl. vyd. Bratislava: Iura Edition, 634 s. *Ekonomía (Iura Edition)*. ISBN 978-808-0781-644.
- [21] MACHOVÁ, KRISTÍNA., 2002: *Strojové učenie: princípy a algoritmy*. Košice: Elfa, 117 s. ISBN 80-89066-51-8
- [22] MARTINCOVÁ, MARTA. - ANETTA ČÁPLÁNOVÁ., 2014: *Inflácia, nezamestnanosť a ľudský kapitál z makroekonomického pohľadu*. 1. vyd. Bratislava: Wolters Kluwer, 132 s. ISBN 978-80-816-8024-3.
- [23] NBS, 2000: *Miesto peňažných agregátov v menovej politike Európskeho systému centrálnych bánk*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z: http://www.nbs.sk/_img/Documents/PUBLIK/2000_Miesto%20penaznych%20agregatov%20v%20menovej%20politike.pdf [cit.2015-04-10].
- [24] NBS, 2005: *Ceny energií jako důležitý faktor vývoja inflácie*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z: http://www.nbs.sk/_img/Documents/PUBLIK/MU/06_05.pdf [cit.2015-04-10].
- [25] NBS, 2005: *Euribor/Eonia*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z: <http://www.nbs.sk/sk/statisticke-udaje/udajove-kategorie-sdds/urokove-sadzby/euribor-eonia> [cit.2015-04-10].
- [26] NBS, 2005: *Globálny rast cien agrokodit a ich vplyv na infláciu a menovú politiku inflácie*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z:

- http://www.nbs.sk/_img/Documents/PUBLIK%5CMU%5CArendas08-8-Biatec.pdf [cit.2015-04-10].
- [27] NBS, 2005: *Jednotkové náklady práce*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z: http://www.nbs.sk/_img/Documents/PUBLIK/MU/pris_01.pdf [cit.2015-04-10].
- [28] NBS, 2005: *Predikcia nezamestnanosti na základe bilancie ekonomickej aktivity do roku 2010*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z: http://www.nbs.sk/_img/Documents/PUBLIK/05_GER1.PDF [cit.2015-04-10].
- [29] NBS, 2006: *Výročná správa 2006*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/VyroчнаSprava/VSNBS06.pdf [cit.2015-03-14].
- [30] NBS, 2007: *Výročná správa 2007*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/VyroчнаSprava/VSNBS07.pdf [cit.2015-03-14]
- [31] NBS, 2008: *Výročná správa 2008*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/VyroчнаSprava/VSNBS08.pdf [cit.2015-03-14]
- [32] NBS, 2009: *Výročná správa 2009*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/VyroчнаSprava/VSNBS09.pdf [cit.2015-03-14]
- [33] NBS, 2010: *Výročná správa 2010*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/VyroчнаSprava/VSNBS10.PDF [cit.2015-03-14]
- [34] NBS, 2011: *Výročná správa 2011*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/VyroчнаSprava/VSNBS11.PDF [cit.2015-03-14]
- [35] NBS, 2012: *Výročná správa 2012*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/VyroчнаSprava/protected/VSNBS12.PDF [cit.2015-03-14]
- [36] NBS, 2013: *Výročná správa 2013*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/VyroчнаSprava/protected/VSNBS13.PDF [cit.2015-03-14]

- [37] NBS, 2014: *Strednodobá predikcia 2.Q 2014*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/PREDIK/2014/P2Q-2014.pdf [cit.2015-05-10]
- [38] NBS, 2014: *Výročná správa 2014*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z : http://www.nbs.sk/_img/Documents/_Publikacie/VyroчнаSprava/protected/VSNBS14.pdf [cit.2015-03-14]
- [39] NBS, 2015: *Mesačný bulletin NBS – Január 2015*. Bratislava: Národná banka Slovenska. [online]. Dostupné z: http://www.nbs.sk/_img/Documents/_MesacnyBulletin/2015/protected/m_b0115.pdf [cit. 2015-05-08]
- [40] PETTINGER, TEJVAN., 2012: *Inflation and exchange rates*. [online]. Dostupné z : <http://www.economicshelp.org/blog/1605/economics/higher-inflation-and-exchange-rates/> [cit.2015-05-08]
- [41] SKALSKÁ, HANA., 2013: *Aplikovaná statistika*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 233 s. ISBN 978-80-7435-320-8.
- [42] SKALSKÁ, HANA., 2010: *Data mining a klasifikační modely*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 154 s. ISBN 978-80-7435-088-7
- [43] SPĚVÁČEK, VOJTĚCH., 2010: *Makroekonomická analýza: magisterský kurz*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 472 s. ISBN 978-80-86730-59-2.
- [44] ŠÚ, 2015: *Spotrebiteľské ceny a ceny produkčných štatistík*. Bratislava: Štatistický úrad Slovenskej republiky. [online]. Dostupné z: http://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/themes/macroeconomic/prices/metadata/6439423e-84ac-4ad9-85b2-7b23f72d6817!/ut/p/b1/hZTHsqM6FEW_5X4AbZFhSM5gcphQgDEmGXAAxNc_364evaQ-LU2kqrVV0j776JSdklN2L9a2KV7tdC-G731G5S6tMTyPcoAhaQA02w8BiHwQaPgHSD8A-MvgwP_0ticBLeDOiqcTKCDIP_ofgG-9oHAqQZsAMKZCAo1TQ491cdwRiT_6vwCAw_-lj09Jl1K7-NQamRPy2yrJpakME23t4mMB2ObUpmc0RoXcrlQ-y8etrua6ujtBby0IA2VlelMYsTnWEilJT1hCdOhetgj1kBSTVPnP0IfE_NZuW6xH omdIFenhS3xvOoP1bUVkahx64cy-eBtiPKhv3LTn3F0B4hrjRcTmxDHvFHJ5pZWfne3qIDW-ZtQzu_ [cit. 2015-05-05].
- [45] TÁNCOŠOVÁ, JUDITA., 2013: *Ekonomía*. 1. vyd. Bratislava: Iura Edition, 295 s. ISBN 978-80-8078-598-7.
- [46] WITTEN, IAN H. – EIBE FRANK., 2005: *Data mining : practical machine learning tools and techniques*. 2. vyd. Amsterdam: Morgan Kaufman, 525 s. Morgan Kaufmann series in data management systems. ISBN 0-12-088407-0.

Prílohy

A Hodnoty modelov

Tabuľka 13: Hodnoty regresných stromov pre súčasné hodnoty inflačných faktorov

| Slovenská republika | | Európska menová únia | |
|---------------------|--------|----------------------|-------|
| Miera inflácie | Strom | Miera inflácie | Strom |
| 2,3 | 1,685 | 0,97 | 1,325 |
| 1,07 | 1,685 | 0,17 | -0,1 |
| 0,37 | 0,45 | -0,37 | -0,1 |
| -0,03 | -0,086 | 0,43 | 0,568 |
| -0,03 | -0,086 | 1,1 | 1,1 |
| 0,7 | 1,047 | 1,6 | 1,325 |
| 1,07 | 1,047 | 1,73 | 1,853 |
| 1,1 | 1,1 | 2 | 1,853 |
| 3,5 | 3,845 | 2,47 | 2,626 |
| 4,07 | 3,845 | 2,73 | 2,626 |
| 4,1 | 3,845 | 2,7 | 2,626 |
| 4,67 | 4,67 | 2,9 | 2,626 |
| 4 | 3,845 | 2,7 | 2,626 |
| 3,6 | 3,845 | 2,68 | 2,626 |
| 3,8 | 3,845 | 2,53 | 2,626 |
| 3,6 | 3,6 | 2,3 | 2,626 |
| 2,2 | 1,965 | 1,83 | 1,853 |
| 1,73 | 1,965 | 1,4 | 1,325 |
| 1,37 | 1,047 | 1,33 | 1,325 |
| 0,53 | 0,45 | 0,8 | 0,568 |
| -0,1 | -0,086 | 0,67 | 0,568 |
| -0,1 | -0,086 | 0,57 | 0,568 |
| -0,17 | -0,086 | 0,37 | 0,568 |

Tabuľka 14: Hodnoty algoritmov pre súčasné hodnoty inflačných faktorov

| Slovenská republika | | Európska menová únia | |
|---------------------|--------|----------------------|--------|
| Miera inflácie | KNN | Miera inflácie | KNN |
| 2,3 | 2,147 | 0,97 | 0,871 |
| 1,07 | 1,069 | 0,17 | 0,173 |
| 0,37 | 0,4 | -0,37 | -0,297 |
| -0,03 | -0,029 | 0,43 | 0,446 |
| -0,03 | -0,022 | 1,1 | 1,104 |
| 0,7 | 0,705 | 1,6 | 1,611 |
| 1,07 | 1,07 | 1,73 | 1,74 |
| 1,1 | 1,096 | 2 | 2,049 |
| 3,5 | 3,502 | 2,47 | 2,418 |
| 4,07 | 4,07 | 2,73 | 2,703 |
| 4,1 | 4,099 | 2,7 | 2,701 |
| 4,67 | 4,655 | 2,9 | 2,895 |
| 4 | 3,966 | 2,7 | 2,692 |
| 3,6 | 3,601 | 2,68 | 2,642 |
| 3,8 | 3,799 | 2,53 | 2,542 |
| 3,6 | 3,601 | 2,3 | 2,301 |
| 2,2 | 2,184 | 1,83 | 1,857 |
| 1,73 | 1,73 | 1,4 | 1,391 |
| 1,37 | 1,331 | 1,33 | 1,317 |
| 0,53 | 0,547 | 0,8 | 0,791 |
| -0,1 | -0,086 | 0,67 | 0,681 |
| -0,1 | -0,106 | 0,57 | 0,598 |
| -0,17 | -0,164 | 0,37 | 0,394 |

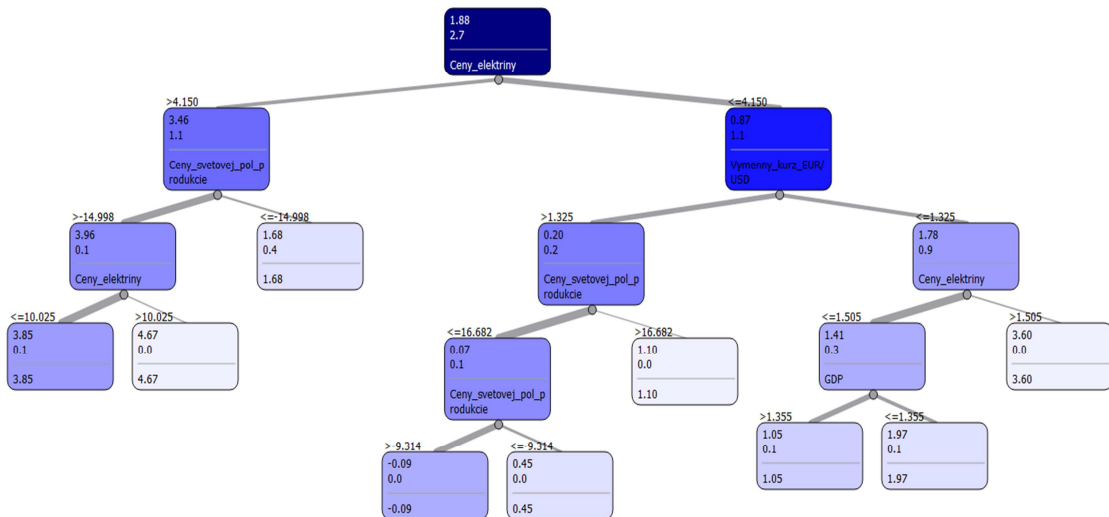
Tabuľka 15: Hodnoty regresných stromov pre oneskorené hodnoty inflačných faktorov

| Slovenská republika | | Európska menová únia | |
|---------------------|--------|----------------------|-------|
| Miera inflácie | Strom | Miera inflácie | Strom |
| 1,07 | 1,153 | 0,17 | -0,1 |
| 0,37 | 0,37 | -0,37 | -0,1 |
| -0,03 | -0,065 | 0,43 | 0,618 |
| -0,03 | -0,065 | 1,1 | 1,277 |
| 0,7 | 0,7 | 1,6 | 1,777 |
| 1,07 | 1,153 | 1,73 | 1,777 |
| 1,1 | 1,153 | 2 | 1,777 |
| 3,5 | 3,1 | 2,47 | 2,673 |
| 4,07 | 3,914 | 2,73 | 2,673 |
| 4,1 | 3,914 | 2,7 | 2,673 |
| 4,67 | 4,67 | 2,9 | 2,673 |
| 4 | 3,914 | 2,7 | 2,673 |
| 3,6 | 3,914 | 2,68 | 2,673 |
| 3,8 | 3,914 | 2,53 | 2,673 |
| 3,6 | 3,1 | 2,3 | 2,065 |
| 2,2 | 3,1 | 1,83 | 2,065 |
| 1,73 | 1,73 | 1,4 | 1,277 |
| 1,37 | 1,153 | 1,33 | 1,277 |
| 0,53 | 0,53 | 0,8 | 0,618 |
| -0,1 | -0,065 | 0,67 | 0,618 |
| -0,1 | -0,065 | 0,57 | 0,618 |
| -0,17 | 0,37 | 0,37 | 1,277 |

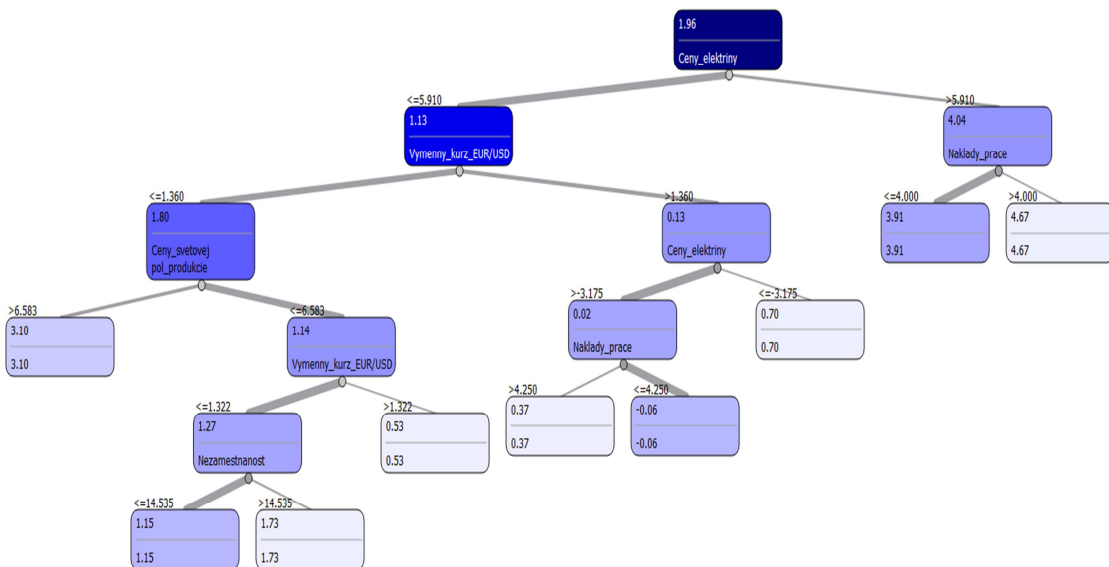
Tabuľka 16: Hodnoty algoritmov pre oneskorené hodnoty inflačných faktorov

| Slovenská republika | | Európska menová únia | |
|---------------------|--------|----------------------|--------|
| Miera inflácie | KNN | Miera inflácie | KNN |
| 1,07 | 0,92 | 0,17 | 0,131 |
| 0,37 | 0,378 | -0,37 | -0,366 |
| -0,03 | -0,012 | 0,43 | 0,406 |
| -0,03 | -0,03 | 1,1 | 1,106 |
| 0,7 | 0,709 | 1,6 | 1,601 |
| 1,07 | 1,07 | 1,73 | 1,739 |
| 1,1 | 1,256 | 2 | 2 |
| 3,5 | 3,253 | 2,47 | 2,478 |
| 4,07 | 4,08 | 2,73 | 2,723 |
| 4,1 | 4,216 | 2,7 | 2,711 |
| 4,67 | 4,615 | 2,9 | 2,892 |
| 4 | 3,992 | 2,7 | 2,7 |
| 3,6 | 3,621 | 2,68 | 2,674 |
| 3,8 | 3,78 | 2,53 | 2,53 |
| 3,6 | 3,555 | 2,3 | 2,302 |
| 2,2 | 2,229 | 1,83 | 1,83 |
| 1,73 | 1,692 | 1,4 | 1,405 |
| 1,37 | 1,362 | 1,33 | 1,317 |
| 0,53 | 0,47 | 0,8 | 0,801 |
| -0,1 | -0,011 | 0,67 | 0,67 |
| -0,1 | -0,097 | 0,57 | 0,573 |
| -0,17 | 0,683 | 0,37 | 0,674 |

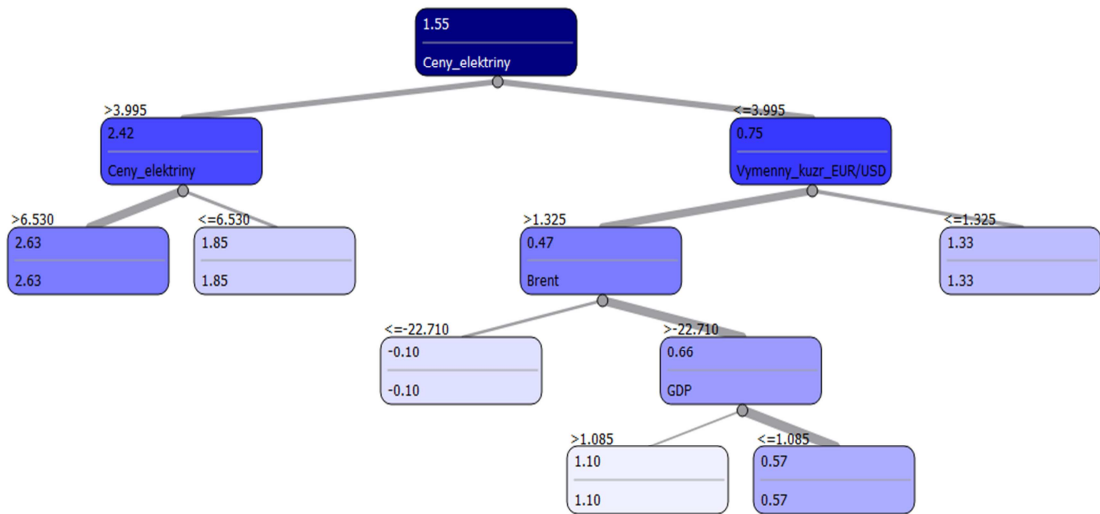
B Doplnkové grafy k modelom regresných stromov



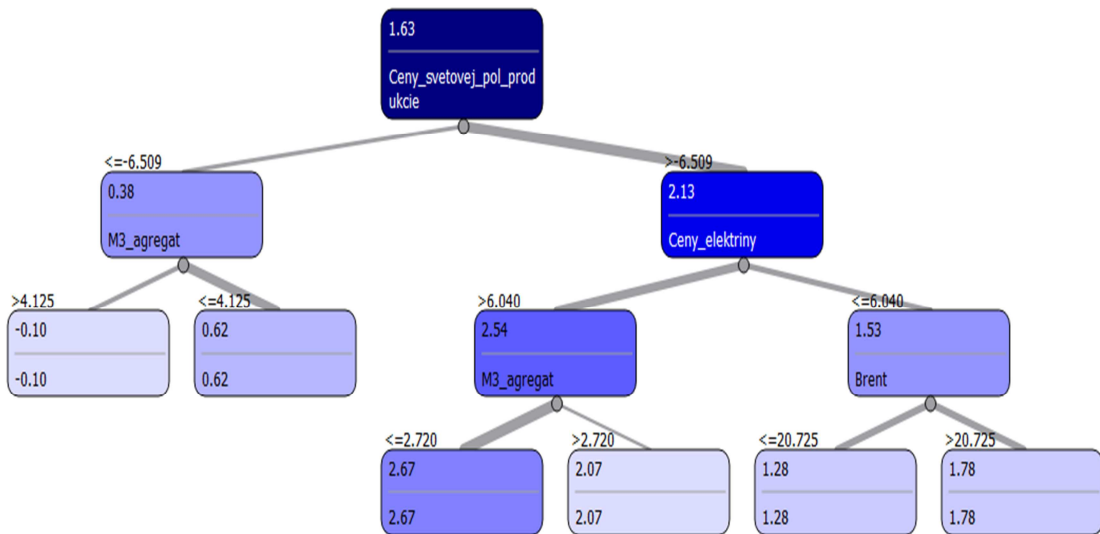
Obrázok 18: Graf regresného stromu Slovenska pre súčasné hodnoty inflačných faktorov



Obrázok 19: Graf regresného stromu Slovenska pre oneskorené hodnoty inflačných faktorov

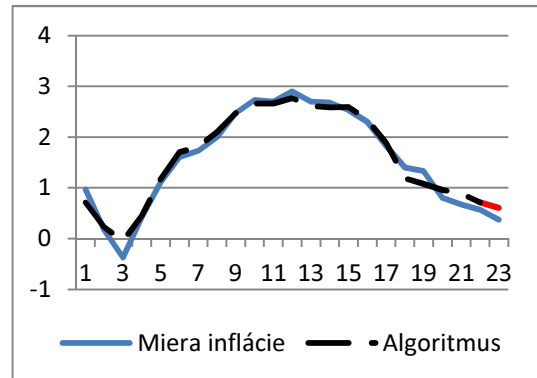
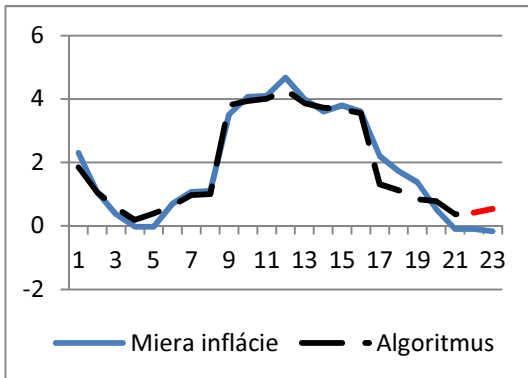


Obrázok 20: Graf regresného stromu eurozóny pre súčasné hodnoty inflačných faktorov

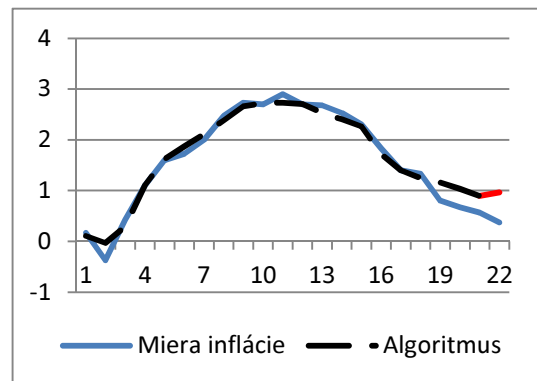
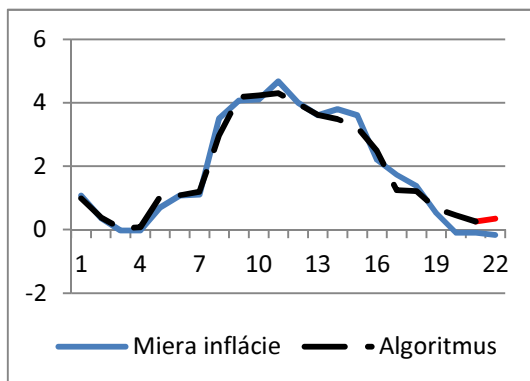


Obrázok 21: Graf regresného stromu eurozóny pre oneskorené hodnoty inflačných faktorov

C Grafy k predvýberu atribútov



Obrázok 22: Predvýber atribútov Slovenska (vľavo) a eurozóny (vpravo), Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat



Obrázok 23: Predvýber atribútov Slovenska (vľavo) a eurozóny (vpravo) s oneskorenými hodnotami inflačných faktorov, Zdroj pozorovaných dát: Databáza Eurostat