

Zhluková analýza : Heterogenita krajín EÚ z pohľadu príjmu a nákladov na život

Cluster analysis: Heterogeneity of EU countries from the perspective of income and cost of living¹

Marko Dávid VATEHA

Abstrakt

Harmonicky dopad jednotnej monetárnej politiky na reálnu ekonomiku je do veľkej miery podmienený homogénnosťou krajín formujúcich spoločný menový blok. V kontexte významných menovo-politických opatrení, ktorými ECB reagovala na zdravotnú krízu z roku 2020, otázka heterogenity krajín EÚ (resp. HMÚ) opäť nabrala na význame. Tento príspevok meria odlišnosti v kontexte príjmov a nákladov medzi členmi Európskej únie pomocou hierarchickej zhlukovej analýzy a vizualizuje výsledky vo forme dendrogramov.

Kľúčové slová: hospodárska a menová únia (HMÚ), heterogenita, zhluková analýza, príjem, štandard kúpnej sily

Abstract

The harmonious impact of a single monetary policy on the real economy is largely conditioned by the homogeneity of the countries forming the common monetary bloc. In the context of significant monetary policy measures by the ECB in response to the health crisis of 2020, the issue of the heterogeneity of EU countries (or EMU) has regained importance. This paper measures differences in the context of income and living costs between members of the European Union using a hierarchical cluster analysis and visualizes the results in the form of dendrograms.

Key Words: Economic and Monetary Union (EMU), heterogeneity, cluster analysis, income, purchasing power standard

JEL Classification: E52, E63, F53, C38

¹ This paper is an output of the science project I-21-104-00 “Analysis of the heterogeneity of euro area countries and its implications for the implementation of the ECB's monetary policy”.

Úvod

Európska únia (EÚ) vznikla v roku 1993 nástupom platnosti Maastrichtskej zmluvy. História tohto spoločenstva sa však začala písať už v 1951 podpisom Parížskej zmluvy, ktorou bolo založené Európske spoločenstva uhlia a ocele (ESUO). Ďalším významným míľnikom v histórii európskeho kontinentu bola Rímska zmluva z roku 1957, podpisom ktorej došlo k vzniku Európskeho hospodárskeho spoločenstva (EHS) a Európskeho spoločenstva pre atómovú energiu (Euratom).

Maastrichtská zmluva, ktorou sme začali tento odstavec má významné konzekvencie pre menovo-politické reálie v regióne. Jej platnosťou vznikla Hospodárska a menová únia (HMÚ), ktorá predstavuje významný krok v integrácii ekonomík EÚ. HMÚ zahŕňa koordináciu hospodárskych a do určitej miery aj fiškálnych politík, spoločnú menovú politiku a spoločnú menu euro. Prvou úrovňou tejto dohody je hospodárska únia, ktorou súčasťou je všetkých 27 členských krajín, niektoré krajiny pokročili v integrácii ďalej a v tretej etape HMÚ prijali euro. Tieto krajiny spolu tvoria eurozónu s centrálnym orgánom menovej politiky vo forme Európskej centrálnej banky (ECB).

Tretia etapa procesu tvorby HMÚ sa začala v roku 1999 a jej jedenásti členovia – Belgicko, Fínsko, Francúzsko, Holandsko, Írsko, Luxembursko, Nemecko, Portugalsko, Rakúsko, Španielsko a Taliansko, preniesli svoje právomoci v oblasti menovej politiky na ECB. Počet zúčastnených štátov sa začiatkom roka 2001 zvýšil na dvanásť, keď sa do tretej etapy pripojilo aj Grécko.

Prvotný, oficiálny politický postoj ECB bol taký, že politické rozhodnutia odzrkadľujú meniace sa ekonomické podmienky menovej únie ako celku a nie jej jednotlivých krajín [1]. Ako primárny cieľ si táto finančná inštitúcia definovala smerom k cenovej stabilite, a to tým, že ročná miera rastu harmonizovaného indexu spotrebiteľských cien v eurozóne v strednodobom horizonte má byť blízka ale nie vyššie ako 2%.

Premisa, na ktorej je postavená celá menová únia a to, že jednotná politika vyhovuje všetkým členom čelila kritike z viacerých strán. Jednou z konkrétnych otázok je, či je spoločná menová politika skutočne účinná pri riadení rôznych národných ekonomík v rámci Únie.

Pomerne bežným prístupom k skúmaniu odlišnosti v prístupe k menovo-politickým otázkam medzi centralizovaným decentralizovaným (historickým) výkonom je porovnávanie realizovanej menovej politiky ECB s preferenciami jednotlivých členských štátov menovej únie vzhľadom na historické správanie ich centrálnych bánk pred rokom 1999. Väčšina týchto štúdií identifikuje rozdiely medzi skutočným správaním ECB a tým, čo by sa stalo, keby tieto národné centrálné banky mali prijímať svoje nezávislé politické rozhodnutia. [2] V prehľade literatúry

Vedecký časopis FINANČNÉ TRHY, Bratislava, Derivat 2022, ISSN 1336-5711, 1/2022

narážame aj na alternatívne prístupy. Keďže centrálné banky jednotlivých štátov prestali vykonávať nezávislú menovú politiku, iné štúdie sa zameriavajú na spôsob, akým ECB vykonáva jednotnú menovú politiku perspektívou založenou na agregovaných údajoch eurozóny ako celku. Tento prístup následne porovnávajú s hypotetickým scenárom, v ktorom by sa centrálna banka opierala o národné údaje a zohľadnila osobitosti jednotlivých ekonomík. Tieto štúdie sa snažia odhaliť potenciálny prírastok efektívnosti menovej politiky zohľadňujúcej aj heterogenitu medzi krajinami. Empirické dôkazy sú podložené často len na malej vzorke štátov menovej únie (Francúzsko, Nemecko a Taliansko). [3] Síce spomínané ekonomiky predstavujú nadpolovičný podiel na celkovom outpute Eurozóny, sú si veľmi podobné a nereprezentujú špecifiká jednotlivých, menších ekonomík a ich monetárne výzvy. Iba úplný model, ktorý zahŕňa všetkých členov eurozóny, by popísal implikácie heterogenity medzi krajinami.

V tomto príspevku nebudeme hodnotiť efektívnosť menovej politiky ECB ale skúmať mieru heterogenity krajín na základe rozdielov v príjmoch a nákladoch na život primárnych subjektov reálnej ekonomiky, teda jednotlivcov a domácností.

Metódy výskumu

Zhluková analýza (alebo „klastrovanie“) je populárna technika, ktorá sa bežne používa v oblasti štatistickej analýzy údajov za účelom identifikácie a zaradenia podobných pozorovaní do jedného zhluku a odlíšiť ich tak od pozorovaní, ktoré sú nepodobné a ich zatriedením to iných zhlukom. [6] Primárnym účelom klastrovej analýzy je vybudovať klasifikačný systém na zoskupenie relatívne homogénnych jednotiek súboru. Skupina takýchto homogénnych pozorovaní sa nazýva zhluk.

V príspevku sa opierame o princípy hierarchických algoritmov (HA), ktoré boli vyvinuté, aby našli zhľady postupne vo vzťahu k už vytvoreným. Hierarchické algoritmy poznáme dvoch typov (i) aglomeratívne alebo (ii) deliace. [5] Prvá kategória z nich predstavuje tzv. prístup „zdola nahor“ a takýto algoritmus aplikujeme v príspevku, kým druhý v poradí začína naopak zhora (z celku) a snaží sa smerovať nižšie na úroveň jednotlivých pozorovaní. Aglomeratívny prístup začína tým, že každé pozorovanie v súbore údajov vytvára vlastný zhluk (zhluk o jednom objekte) a v každej iterácii sa tieto zhľady zväčšujú o najpodobnejšie jednotky, až kým sa všetky pozorovania neocitnú v jednom zhluku. História zoskupovania naznačuje, ktoré prípady sú si podobnejšie ako ostatné.

Ako je spomenuté vyššie, existuje niekoľko bežne používaných zhlukových algoritmov, ale výber algoritmov a techník merania vzdialenosti, ktoré následne definujú postupné

zhlukovanie pozorovaní, je zložitý proces. Algoritmus ako aj metóda výpočtu vzdialenosti by mala závisieť od súboru údajov – závisí to napríklad od toho, či premenné naberajú nominálne alebo ordinálne hodnoty. Zatiaľ čo jedna technika alebo algoritmus môže úspešne klasifikovať jeden typ súboru údajov, v inom type súboru údajov môže zlyhať.

Kľúčovým krokom v hierarchickom zoskupení je výber techniky výpočtu vzdialenosti. Jednoduchým meradlom je manhattanská vzdialenosť, ktorá sa rovná súčtu absolútnych vzdialeností pre každú premennú. Názov pochádza zo skutočnosti, že v prípade dvoch premenných môžu byť premenné vynesené na mriežku, ktorá sa dá prirovnať k uliciam mesta, a vzdialenosť medzi dvoma bodmi je počet blokov, ktoré by človek prešiel.

Na výpočet vzdialeností medzi krajinami v n -rozmernom priestore v tomto príspevku používame štandardnú metriku – euklidovskú vzdialenosť. Sme si vedomí toho, že existujú aj iné metriky ako napríklad spomínaná manhattanská vzdialenosť. [4] Euklidovská vzdialenosť je však považovaná za najvhodnejšiu pre analýzu, pri ktorej údaje sú spojité a správne škálované vo všetkých dimenziách, tak ako v našom prípade. Euklidovská vzdialenosť D_e medzi dvoma pozorovaniami x_i a x_j je definovaná nasledovne. [4]

$$D_e(x_i, x_j) = \left(\sum_{l=1}^n |x_{il} - x_{jl}|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Následným, veľmi dôležitým, rozhodnutím je výber metódy spájania. Znova je dostupných viacero metód spájania pre aglomeratívne zhlukovanie (jednoduché, úplné a priemerné spájanie, vážený a nevážený priemer párovej skupiny, vážené a nevážené ťažisko párovej skupiny, Wardová metóda atď.), pričom vhodnosť ich použitia závisí od typu dát, veľkosti súboru a výskumnej otázky. [9]

Na *obrázku 1* uvádzame výsledky aplikácie štyroch metód spájania, aby sme demonštrovali, že aj odlišné metódy poskytujú podobné závery. Zvyšok príspevku sa spolieha na Wardovu metódu spájania. Pričom vychádzame z literatúry, podľa ktorej Wardová metóda funguje lepšie ako ostatné pod podmienkou, že vo vzorke nie sú žiadne jasné odlahlé hodnoty [7]. Wardová metóda je všeobecný optimalizačný model, ktorý môže sledovať rôzne kritérium a pôvodne navrhnutý bol za účelom, aby minimalizoval rozptyl v rámci klastrov. [10]

$$D(u, v) = \sqrt{\frac{|v| + |s|}{T} * d(v, s)^2 + \frac{|v| + |t|}{T} * d(v, t)^2 - \frac{|v|}{T} * d(s, t)^2} \quad (2)$$

kde s a t označujú zhľuky, ktoré sa v ďalšej iterácii spoja do nového (jediného) klastra u a klaster v je potom v tejto iterácii nepoužitým klastrom, a teda $T = |v| + |s| + |t|$.

Aby bolo rozhodovanie intuitívnejšie, výsledky vizualizujeme vo forme dendrogramu. Dendrogramy graficky predstavujú hierarchiu v stromovej štruktúre [8].

Dáta a sledované krajiny

Príspevok analyzuje dáta prevzate z Eurostat-u. Dáta pochádzajú z prieskumu Európskej únie o príjmoch a životných podmienkach. Cieľom štatistiky EÚ o príjmoch a životných podmienkach (EU-SILC) je zbierať včasné a porovnateľné prierezové a dlhodobé údaje o príjmoch, chudobe, sociálnom vylúčení a životných podmienkach obyvateľov Únie.²

Dáta využité pre účely štatistického modelovania odzrkadľovali hraničné hodnoty v príjmoch upravených o kúpnu silu v krajine (štandard kúpnej sily – ŠKS) pre rôzne príjmové kvartily³ a hodnotu Gini koeficientu⁴ v danej krajine. Údaje boli prierezové a zozbierané v rozpätí rokov 2011-2020.

ŠKS, teda upravený príjem domácností o ceny tovarov a služieb v porovnaní s inými krajinami poskytuje širší obraz o príjmoch domácností a tým pádom aj lepší prehľad o životných štandardoch v krajine. To uľahčuje porovnávanie v čase a medzi krajinami, keď existujú rozdiely alebo zmeny v ekonomických a sociálnych podmienkach. Giniho koeficient naopak slúži na vyjadrenie príjmových nerovností v krajine. Koeficient nadobúda hodnoty medzi 0 až 1 a čím viac sa blíži k vrchnej hranici tým je nerovnosť v spoločnosti väčšia.

Analýza prezentovaná v tomto príspevku sa primárne zameriava na krajiny Eurozóny, teda krajiny, ktoré prijali euro ako zákonne platidlo a ktoré jednotne vykonávajú menovú politiku. Špecifickú pozornosť venujeme následne krajinám, ktoré spoločne so Slovenskom vstupovali do Európskej únie v roku 2004. Na záver pozorujeme vývoj v kontexte EÚ, keďže všetky krajiny sú súčasťou minimálne hospodárskej únie a mnohé z nich sú zaviazané v budúcnosti, po splnení zákonných podmienok, prijať euro a jednotnú menovú politiku. Ku krajinám odkazujeme na grafov pomocou jednotnej metodiky skratiek podľa slovníka pojmom Európskej komisie.⁵

² Viac informácií na <https://ec.europa.eu/eurostat/web/microdata/european-union-statistics-on-income-and-living-conditions>

³ Distribution of income by quantiles - EU-SILC and ECHP surveys. Dostupné a získané k 26. novembru 2021 na odkaze – https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ilc_di01/default/table?lang=en0

⁴ Gini coefficient of equivalised disposable income - EU-SILC survey. Dostupné a získané k 26. novembru 2021 na odkaze – https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_di12

⁵ Skratky krajín je možné dohľadať na odkaze – https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Country_codes

Obdobie medzi rokmi 2011-2020 sme rozdelili na dve 5-ročnice, aby sme mohli zachytiť dynamiku pohybu krajín medzi zhlukmi v čase. Krajiny preto vždy porovnávame v rozmedzí rokov 2011 až 2015 a následne to porovnávame s pomermi v období medzi rokmi 2016 až 2020. Krajina je za sledované obdobie reprezentovaná hraničnými hodnotami príjmových kvantilov (3 hraničné hodnoty, ktoré ohraničujú 4 príjmové kvantily), pričom príjmy sú upravené príslušnou cenovou hladinou v krajine na tzv. štandard kúpnej sily, a Gini koeficientom pre každý rok v danom období. Dostávame tak mnohorozmerný panel dát 4 premenných za 10 rokov (a ten rozdeľujeme na dve päť-ročné obdobia). Panel dát je normalizovaný a škálovaný vo všetkých dimenziách, aby sa zabránilo chybnému správaniu sa zhlukovacieho algoritmu.

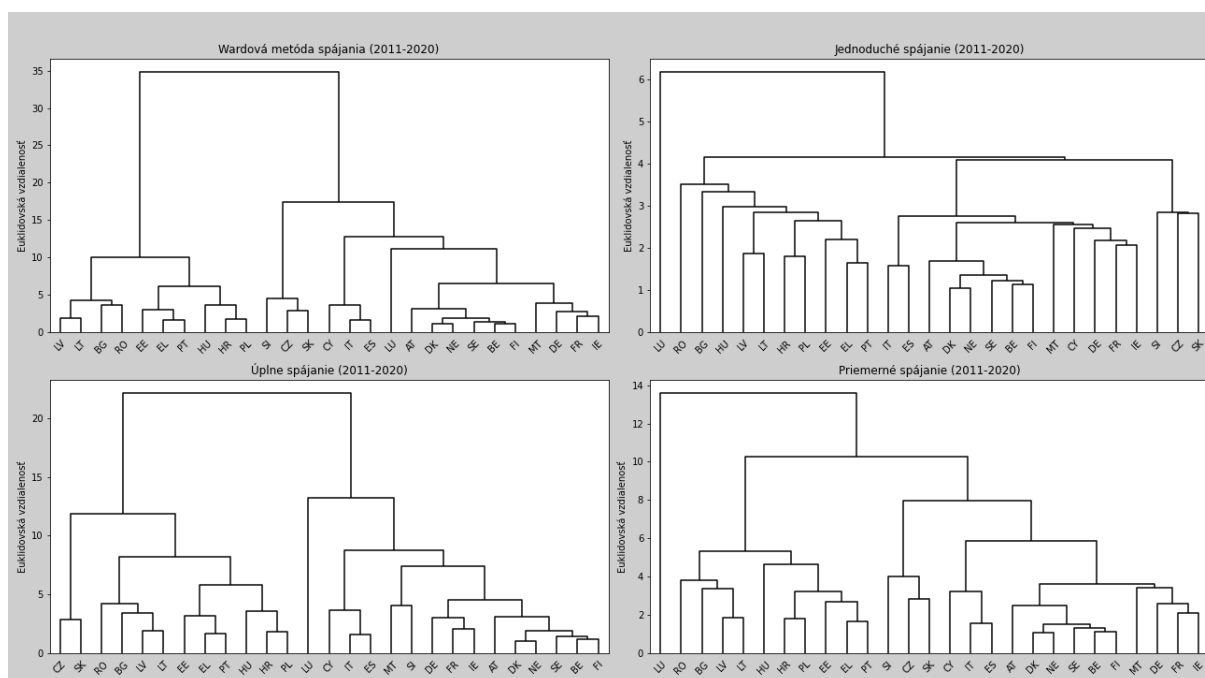
Výsledky výskumu

V tejto kapitole prezentujeme výsledky zhlukovej analýzy krajín EÚ s primárnym dôrazom na členov Eurozóny. V rámci analýzy využívame hierarchické aglomeratívne zhlukovanie a jeho vizualizáciu vo forme dendrogramu. Naším cieľom je odpovedať na dve dôležité otázky:

- či je Európska únia rozdelená do skupín, vo vnútri ktorých si sú krajiny čo najviac podobné, a teda pochopiť mieru homogenity, resp. heterogenity, krajín z pohľadu príjmov a nákladov na život najnákladnejšej jednotky reálnej ekonomiky – domácnosti,
- a či existujú nejaké známky konvergenzie alebo divergenzie v čase, t. j. pozorovanej periódy medzi rokmi 2011-2020, aby sme pochopili, či sa darí túto heterogénnosť vyrovnávať alebo nie.

Zároveň sa snažíme z dát vyčítať dôvody takéhoto rozdelia a pochopiť, prečo sa krajiny spájajú do určitých zhlukov a odlišujú sa od iných krajín v Únii.

Obrázok 1: Prehľad spájacích metód

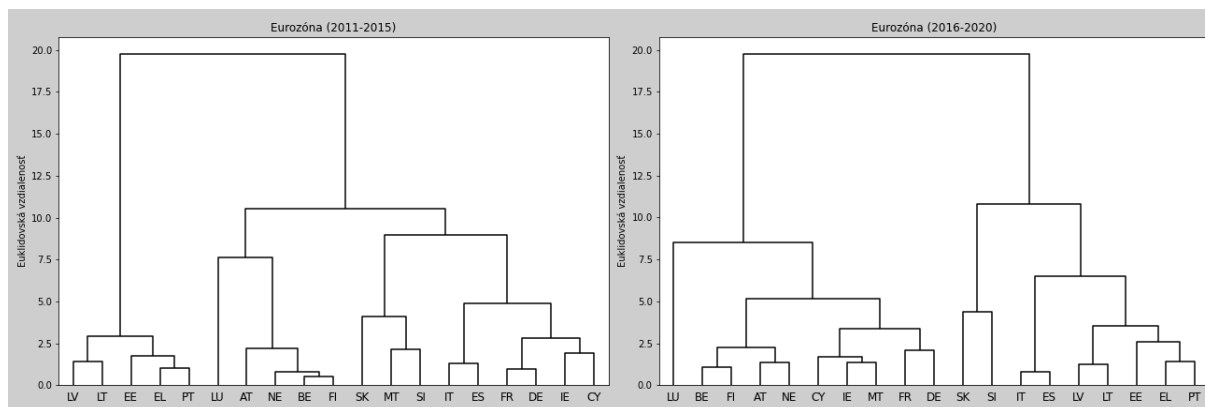


Zdroj: Vlastné kalkulácie v Python 3.8 pomocou knižnice „scipy“, dáta z Eurostat

Ako je viditeľné na *obrázku 1*, štyri metódy zo zoznamu menovaných techník v časti *Metódy výskumu*, poskytujú porovnateľný záver. Algoritmus, ktorý zhlukuje krajiny EÚ v každom podgrafe má tendenciu vytvárať dva hlavné vetvy zhlukov podobného zastúpenia. Veľmi silným spojením sa zdá os Rakúsko-Dánsko-Holandsko-Švédsko-Belgicko-Fínsko, ktorá je charakteristická príjmom, ktorý má vysokú kúpnu silu a relatívne malou hodnotou Giniho koeficientu. Úzko naviazaná na túto skupinu je následne trojica krajín s rovnako vysokým príjmom no o trochu vyšším Giniho indexom, hovoríme konkrétne o republikách Nemecko, Írsko a Francúzsko. Na druhej strane spektra vidíme úzke prepojenie pobaltských krajín, konkrétne Litvy, Lotyšska a Estónska, s krajinami východnej Európy, ako sú Maďarsko, Slovensko, Poľsko a Česko, a rovnako aj s balkánskymi krajinami – Bulharskom, Rumunsko a Chorvátskom. Pre toto pásmo je príznačná menšia kúpna sila príjmu a k fragmentácii na tejto polosi dochádza podobne skôr pričinením rozdielov v hodnote nameraného Giniho indexu. Pomerne stabilným záverom naprieč podgrafy je vyčlenenie Luxemburska, do väčšej či menšej miery, z hlavnej skupiny.

V ďalšej časti príspevku sa zameriame na krajiny Eurozóny (čo je cieľom príspevku), krajiny, ktoré pristúpili do EÚ spoločne v roku 2004 a analýzu zakončíme pohľadom na celú EÚ. Tieto tri vzorky krajín budú testované v dvoch obdobiach za účelom podchytiť štrukturálne pohyby medzi klastrami.

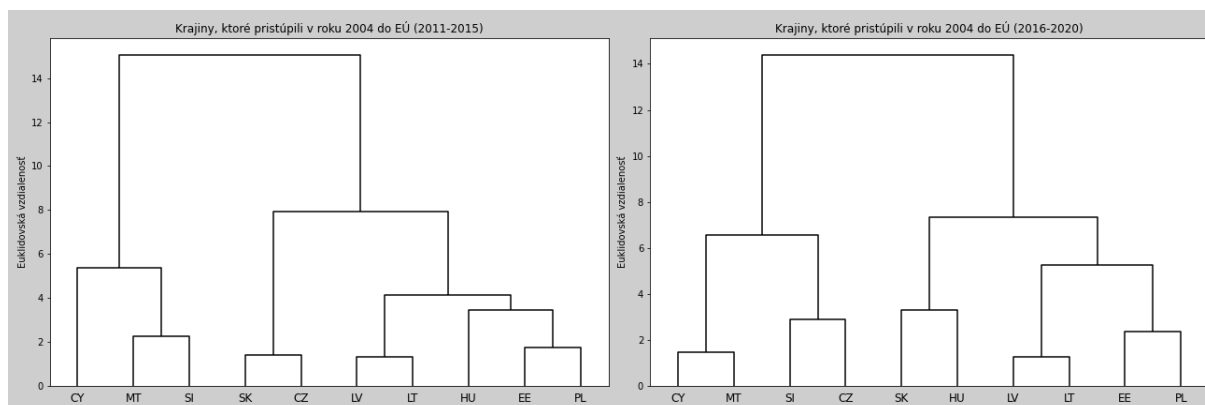
Obrázok 2: Zhuková analýza krajín Eurozóny v dvoch sledovaných obdobiach



Zdroj: Vlastné kalkulácie v Python 3.8 pomocou knižnice „scipy“, dáta z Eurostat

Pri pohľade na krajiny Eurozóny (*obrázok 2*) vidíme silnú bipolárnosť, čo naznačuje výška vetvy prvého rozdelenia štátov (vyjadrená v euklidovskej vzdialenosti na osi y). Porovnaním dvoch definovaných období (rozdelenia krajín vľavo 2011-2015 a vpravo 2016-2020) odhalíme zaujímavý vývoj v Pobaltských krajinách. Lotyšsko, Litva a Estónsko (spolu s Poľskom a Gréckom) boli veľmi významne odlišné od zvyšku Eurozóny v prvom sledovanom období. Miera heterogenity v rámci tejto skupiny v čase vzrástla no zároveň sa im podarilo významnejšie integrovať so zvyškom krajín menovej únie, čo demonštruje graf vpravo. Nový zhluk tieto krajiny tvoria už v spoločnosti krajín – Slovensko, Slovinsko, Taliansko a Španielsko. Pri pohľade do dát vidíme prudký rast príjmov krajinách Pobaltia a v Poľsku, ktorý je sprevádzaný aj rastom kúpnej sily (s výnimkou Grécka, v ktorom kúpna sila stagnuje, až klesá). Spomínaná štvorica (LT, LV, EE a PT) dosiahla takmer zdvojnásobenie ŠKS a skokovito tak dorovnala úrovne namerané v SI, SK, IT a ES.

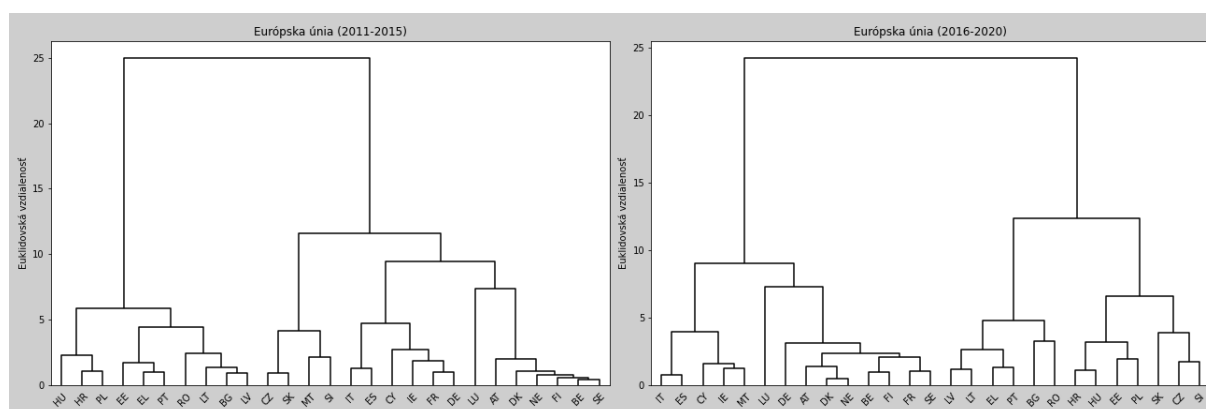
Obrázok 3: Zhľuková analýza krajín, ktoré pristúpili do Európskej únie v roku 2004 v dvoch sledovaných obdobiach



Zdroj: Vlastné kalkulácie v Python 3.8 pomocou knižnice „scipy“, dáta z Eurostat

Rok 2004 bol významným míľnikom v dejinách Slovenska a Európskej únie ako takej. V tomto roku došlo k rozšíreniu Únie o 10 krajín, medzi ktorými bolo aj Slovensko. Z kontextu oboch pohľadov sme sa rozhodli v našej analýze zamerať na vývoj týchto krajín z pohľadu príjmov a nákladov na život. Okrem Maďarska, Poľska a Česka zvyšných 7 krajín prijalo Euro. Na tejto dvojici grafov (*obrázok 3*) sa opäť ukazuje nadštandardná homogénnosť medzi krajinami Litva, Lotyšsko, Estónsko a Poľsko. Tento trend sme vysvetlili v predchádzajúcom texte. Zhluk dvojice krajín – Malty a Cypru – sa vytvára z dôvodu príjmov s nadštandardnou kúpnu silou v porovnaní s ostatnými 8 krajinami. K významnejšiemu navyšovaniu kúpnej sily v týchto krajinách však nedochádzalo, a preto ich pomaly dobieha Česko a Slovensko. Slovensko, Česko a Slovinsko majú tiež jeden významný spoločný menovateľ vo forme relatívne nízkeho Giniho koeficientu. Väzba medzi Slovinskom a Českom je ešte silnejšia v porovnaní so Slovenskom z dôvodu, že kúpna sila príjmu jednotlivcov a domácností za posledných 10 rokov rástla v týchto štátoch významnejšie ako tomu bolo u nás.

Obrázok 4: Zhluková analýza krajín Európskej únie v dvoch sledovaných obdobiach



Zdroj: Vlastné kalkulácie v Python 3.8 pomocou knižnice „scipy“, dáta z Eurostat

Na záver analyzujeme vývoj krajín v čase v rámci celej Únie. Jednotlivým tendenciám sme sa venovali, a preto sa v tomto paragrafe zameriame iba na všeobecné závery o príjmovej a nákladovej heterogenite krajín. Globálna miera heterogenity je v čase bez významnej zmeny, čo dokumentuje na *obrázku č.4* konštantná úroveň prvého rozdelenia (euklidovská vzdialenosť na osi y) medzi obomi grafmi. Heterogenita medzi zhlukmi sa nemení, no heterogenita v rámci zhlukov bola v poslednom desaťročí na vzostupe, čo demonštrujú vyššie úrovne následných bodov rozdelenia – nižšie vetvy dendrogramu v druhom sledovanom období sú v priemere dlhšie.

Tempo zmien ŠKS medzi krajinami je významne heterogénne, čo môže mať významné implikácie smerom k asymetrickosti hospodárskeho cyklu, resp. rôznej amplitúdy tohto cyklu.

Zhrnutie

Empirické výsledky neposkytujú žiadne podporné dôkazy o tom, že by sa krajiny od vzniku menovej únie štrukturálne približovali, aj napriek tomu, že krajiny Pobaltia podobne ako Poľsko sa skokovito približujú. V kontexte štandardu kúpnej sily dokonca predbehli viaceré krajiny, medzi nimi i Slovensko. Rast v spomínaných krajinách ťahá všetky príjmové kvantily a nevedie významne k prejavom príjmovej nerovnosti (napr. Giniho index).

Štúdia ďalej upozorňuje na nepriaznivý vývoj v ŠKS v kontexte Slovenskej republiky. Nie v smere vývoja, ktorý je kladný, ako v jeho intenzite. Dáta ukazujú, že krajiny, s ktorými sme zvykli tvoriť homogénne zhľuky na začiatku 10-tých rokov 21. storočia, nám unikajú.

Štúdia odhaľuje, že projekt európskej jednotnej meny a jednotnej menovej politiky sa vyznačuje heterogenitou svojich členov, čo by malo byť predmetom záujmu politikov najmä v oblasti post-pandemického plánovania a aj v boji s potenciálnym výskytom asynchrónneho hospodárskeho cyklu.

Použitá literatúra:

- [1] DUISENBERG, W. *Some remarks on the euro in a U.S. context Speech by Dr. Willem F. Duisenberg*. President of the European Central Bank, at a Breakfast Meeting of the Council on Foreign Relations, 2001, New York, April.
 - [2] JONDEAU, E. – SAHUC, J.C. *Optimal Monetary Policy in an Estimated DSGE Model of the Euro Area with Cross-Country Heterogeneity*. International Journal of Central Banking, 2008, Vol. 4 No. 2. p. 23-72.
 - [3] JONDEAU, E. – SAHUC, J-G. *Testing heterogeneity within the euro area*. Economics Letters, 2007. p. 191-196
 - [4] KUMAR, V. – CHHABRA, J. K. – KUMAR, D. *Performance evaluation of distance metrics in the clustering algorithms*. INFOCOMP Journal of Computer Science, 2014, 13 (1): p. 38-52.
 - [5] MADHULATHA, T. *An overview on clustering methods*. IOSR Journal of Engineering, 2012, 2(4): p. 719-725.
 - [6] MURTAGH, F. – CONTRERAS, P. *Algorithms for hierarchical clustering: an overview*. WIREs Data Mining Knowl Discov 2012, 2: p. 86–97
 - [7] MILLIGAN, G. W. *An examination of the effect of six types of error perturbation on fifteen clustering algorithms*. Psychometrika, 1980, 45 (3): p. 325-342.
 - [8] PHIPPS, J. B. *Dendrogram topology*. Systematic zoology, 1971, 20 (3): p. 306-308.
- Vedecký časopis FINANČNÉ TRHY, Bratislava, Derivat 2022, ISSN 1336-5711, 1/2022

- [9] SARAÇLI, S. – DOĞAN, N. – DOĞAN, İ. *Comparison of hierarchical cluster analysis methods by cophenetic correlation*. Journal of inequalities and Applications, 2013, 2013.1: 1-8.
- [10] WARD JR, Joe H. *Hierarchical grouping to optimize an objective function*. Journal of the American statistical association, 1963, 58 (301): 236-244.

Kontaktné informácie:

Ing. Marko Dávid Vateha

Katedra bankovníctva a medzinárodných financií

Národohospodárska fakulta

Ekonomická univerzita v Bratislave

Dolnozemska cesta 1

852 35 Bratislava – Petržalka

Slovenská republika

markodavid.vateha@euba.sk