

EKONOMICKÁ ODOLNOST REGIONŮ A MĚŘENÍ KOMPLEXITY: PŘÍKLAD EVROPSKÝCH REGIONŮ

ECONOMIC REGIONAL RESILIENCE AND MEASURING COMPLEXITY: EXAMPLE OF EUROPIEN REGIONS

Ondřej Svoboda, Martin Ibl, Markéta Břízková

Abstract: *This study aims to validate the relationship between the degree of complexity (e.g. the degree of chaos) in regional time series and economic resilience. The analysis builds on previous studies that tried to prove the relationship between Lyapunov exponent and regional resilience. Unlike previous empirical research, the goal of our investigation is to verify the usefulness of selected indexes of complexity for quantifying regional resilience in the context of the economic crisis of 2008. The research questions formulated in other studies quietly anticipated the existence of stochastic dependence between the degree of complexity and sensitivity of the region to the economic downturn. We will describe an empirical application, in which the resilience of the regional labour market at the level NUTS 2 from 12 EU's countries in the period 1998 - 2014 is going to be investigated by use of an algorithm for business cycle detection and method for complexity measurement. The results suggest that the relationship between the regional resilience and the degree of complexity depends on the selection of the appropriate measure of complexity. In this work has been analysed the relationship of regional resilience with Lyapunov exponent and the generalised Hurst exponent.*

Keywords: *Resilience, Engineering resilience, Ecological resilience, Evolutionary resilience, Spatial economics, Complexity.*

JEL Classification: *B52, O18, R10, R11.*

Úvod

Regionální odolnost byla v posledních letech předmětem výzkumu již v mnoha studiích, které na základě posouzení dopadů velkého spektra negativních šokových jevů usuzovaly na odolnost (nebo neodolnost či zranitelnost) zkoumaných regionů. Obsáhlý přehled uskutečněného empirického výzkumu poskytuje příspěvek od autorů Modica a Reggiani (Modica, Reggiani, 2014) a podrobně seznamuje čtenáře s odlišnostmi i analogiemi v pojetí ekonomické odolnosti. V průběhu let totiž vznikla tři odlišná pojetí odolnosti (resilience), která se liší v úhlu pohledu na to, co je základním charakterem této schopnosti, jejímž nositelem je určitý územně vymezený region.

Na rozdíl od dosavadních empirických výzkumů, které pracují s mírami komplexity jako s ukazateli použitelnými ke kvantifikaci regionální odolnosti z hlediska „ekologického“ či „evolučního“ pojetí, je cílem námi předkládaného výzkumu ověření předpokladu o reálné použitelnosti vybraných měř komplexity časové řady pro účely kvantifikace regionální odolnosti v kontextu hospodářské krize roku 2008. Výzkumné otázky námi předkládaného výzkumu tedy formulují v jiných výzkumech tiše předpokládanou relaci o existenci stochastické závislosti mezi mírou komplexity a citlivostí regionu na hospodářský pokles. Výsledky ukazují, že úspěch měření regionální

odolnosti prostřednictvím měr komplexity časových řad je značně ovlivněn nejen volbou zkoumaného vzorku, ale i volbou metody, která se pro měření komplexity časové řady aplikuje.

Článek nejprve stručně pojednává o třech pojetích regionální resilience. Na základě literární rešerše je poskytnut stručný vhled do této problematiky. V analytické části se text článku věnuje samotné aplikaci vybraných přístupů na příkladu časových řad zaměstnanosti regionů úrovně NUTS2 12 států Evropské Unie v období let 1998 až 2014.

Ekonomická odolnost regionů a její různá pojetí

Výzkum regionální odolnosti souvisí s problematikou regionálního rozvoje¹, jelikož adekvátní regionální odolnost podmiňuje dosažení stabilního regionálního rozvoje. Vymezení pojmu regionální odolnost však není triviální záležitostí. Přes existenci řady formulačně odlišných definic je možné vidět obecnou podstatu tohoto pojmu ve schopnosti regionu dobře odolávat vnějšímu vychýlení. Výstižnou definici ekonomické odolnosti regionu uvádí kupříkladu Hill a kol., kteří ji vymezují jako schopnost ekonomiky regionu (Hill et al., 2011): „...úspěšně se zotavit z otřesů, které vedly k podstatnému odklonu dosavadního vývoje regionu a způsobily hospodářský pokles“. Přes základní shodu o charakteru odolnosti však existují odlišná pojetí odolnosti, jež je možné vnímat jako uchopení téhož z odlišné perspektivy.

Za základní pojetí regionální odolnosti je považováno tzv. pojetí „technické“, které vychází z představy statické rovnováhy regionu vychylované vnější událostí. Podstatnou charakteristikou tohoto přístupu je posouzení schopnosti regionu „vrátit se zpět“ do původní rovnováhy². Přes početný soubor uskutečněných empirických studií využívajících tohoto přístupu (především díky své snadné uchopitelnosti) se aplikace „technického“ pojetí setkala i s nemalou kritikou, která postupně vedla k rozvinutí dalších dvou pojetí. V prvním z nich je odolnost nahlížena z ekologické perspektivy, za jehož autora je považován kanadský ekolog Holling (Holling, 1973). Podstatou tohoto pojetí je kladení důrazu na schopnost regionu odolávat vnějšímu působení díky existenci více rovnovážných stavů, mezi nimiž region postupně přechází.

Další přístup, který bývá v některých studiích považován jen za rozšířenou obdobu „ekologického“ pojetí, je označován jako „adaptivní“ (někdy též „vývojový“ či „evoluční“) - viz např. (Martin, Sunley, 2012). Vznikl v reakci na kritiku některých autorů (např. (Martin, Sunley, 2007)), kteří za slabinu prvních dvou pojetí vidí nedostatečně zahrnuté hledisko vývoje ekonomiky v dlouhodobém časovém horizontu. Odolná ekonomika regionu se dle tohoto přístupu z hlediska své vnitřní struktury neustále proměňuje a minimalizuje tak preventivně dopady destabilizujících jevů. Adaptivní pojetí odolnosti je odvozeno z teorie „komplexních adaptivních systémů“, která je základním paradigmatem „ekologického“ i „adaptivního“ pojetí. Proto není překvapivé, že se za vhodný nástroj pro měření odolnosti (s ohledem na tato dvě pojetí) používají v některých empirických studiích míry komplexity.

¹ Mezi studie zabývající se problematikou spojenou s regionálním rozvojem lze uvést např. (Vahalík, Staníčková, 2014) a (Zdražil, Kraftová, 2016).

² Například se může jednat o návrat tempa růstu zaměstnanosti daného regionu na hodnotu odpovídající předkrizovému období (Martin, Sunley, 2012).

Metodika výzkumu

Cílem výzkumu popsaného v tomto textu je ověření předpokladu o reálné použitelnosti vybraných měř komplexity časových řad pro účely kvantifikace regionální odolnosti v kontextu hospodářské krize roku 2008. Pro naplnění cíle byly stanoveny následující dvě výzkumné otázky:

1) Míra komplexity časových řad regionální zaměstnanosti měřená před počátkem hospodářské krize roku 2008 reprezentovaná největším Lyapunovým exponentem vykazuje kladnou korelační závislost s Indexem citlivosti regionu na hospodářský pokles.

2) Míra komplexity časových řad regionální zaměstnanosti měřená před počátkem hospodářské krize roku 2008 reprezentovaná Hurstovým exponentem vykazuje kladnou korelační závislost s Indexem citlivosti regionu na hospodářský pokles.

Z důvodu ověření výzkumných otázek byla použita čtvrtletní data o regionální zaměstnanosti regionů úrovně NUTS 2 celkem 12 států³ EU v období 1998 – 2014 (data byla získána z Výběrového šetření pracovních sil (ČSÚ, 2016)). Volba vzorku regionů z jednotlivých států byla determinována délkou časových řad regionální zaměstnanosti. Aby bylo možné smysluplně konstruovat ukazatele míry komplexity z dostatečně dlouhých časových řad, byly do výzkumného vzorku zařazeny jen regiony těch států EU, u kterých probíhalo Výběrové šetření pracovních sil před rokem 2004. Volba zkoumaného období byla dále motivována zaměřením výzkumu resp. potřebou ověření formulovaných otázek. Pro zajištění adekvátní analýzy čtvrtletních údajů byla data nejprve ošetřena X12-ARIMA filtrem odstraňujícím sezónní výkyvy. Vyhodnocení platnosti uvedených otázek bylo založeno na výsledcích pořadové korelace (parametrickou verzi korelační analýzy nebylo možné použít z důvodu neprůkaznosti normality použitých dat; test normality byl uskutečněn pomocí Shapiro-Wilkova testu).

S ohledem na formulaci výzkumných otázek bylo v další části analýzy přistoupeno k sestavení potřebných indexů založených na datování bodů zvratu. Metody datování bodů zvratu slouží k identifikaci střídajících se fází růstu (oživení, expanze) a poklesu (recese). Detekce těchto bodů je nutnou podmínkou pro stanovení hodnot indikátorů C_{zam} , LLE, H (viz níže) konstruujících se z časových řad na základě znalosti hospodářského cyklu (datovaného v případě naší studie na časových řadách regionální zaměstnanosti).

Pro tyto účely sestavila Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) doporučení pro tvorbu indikátorů. Dokument (Gyomal, Guidetti, 2012) obsahuje doporučený postup pro identifikaci hospodářského cyklu pomocí Bry-Boschan algoritmu (Bry, Boschan, 1971) resp. jeho modifikované verze pro čtvrtletní data (BBQ algoritmus). Účelem algoritmu je identifikace lokálních minim a maxim na časové řadě vyhlazené Hodrick-Prescott filtrem. V naší studii byl s ohledem na formulaci výzkumných otázek použit pro detekci fáze poklesu regionální zaměstnanosti vyvolané v souvislosti s hospodářskou krizí roku 2008. V rámci BBQ algoritmu jsou na originální časové řadě detekována období začátku a konce fází růstu a poklesu.⁴ Výhodou tohoto

³ BE – Belgie, CZ – Česká republika, EL – Řecko, ES – Španělsko, FR – Francie, HU – Maďarsko, IT – Itálie, NL – Nizozemí, PT – Portugalsko, RO – Rumunsko, SE – Švédsko, UK – Spojené království

⁴ BBQ algoritmus, který byl v rámci našeho výzkumu implementován vývojovým prostředím R studio pomocí knihovny BCDating, pracuje standardně s minimální délkou cyklu (15 měsíců) a minimální

automatizovaného postupu je rychlá a spolehlivá detekce bodů zlomu využitelná při analýze několika časových řad současně.

Pro naplnění cíle výzkumu byla dále použita metodika pro stanovení velikosti citlivosti regionu na hospodářský pokles. Za tímto účelem byl pro každý region ze zkoumaného vzorku stanoven Index citlivosti regionu na hospodářský pokles. Index citlivosti regionu na hospodářský pokles (C_{zam}), který vychází z předchozích výzkumů (např. viz (Martin, 2012)), charakterizuje velikost dopadu negativního hospodářského šoku do oblasti trhu práce daného regionu vůči téže změně měřené však na národní úrovni. Pro každý region je výpočet uskutečněn podle vzorce (1):

$$C_{zam} = \frac{(Z_{R(p1)} - Z_{R(t1)}) / Z_{R(p1)}}{(Z_{N(p1)} - Z_{N(t1)}) / Z_{N(p1)}}, \text{ kde} \quad (1)$$

C_{zam} = Index citlivosti regionu na hospodářský pokles (bezrozměrné číslo),

$Z_{R(t)}$ = úroveň zaměstnanosti daného regionu v čase t (počet osob v tis.),

$Z_{N(t)}$ = úroveň zaměstnanosti na národní úrovni v čase t (počet osob v tis.),

p1 = čas začátku fáze poklesu - stanoven BBQ algoritmem (čtvrtletí),

t1 = čas ukončení fáze poklesu - stanoven BBQ algoritmem (čtvrtletí).

Hodnoty C_{zam} vyšší než jedna indikují významnou citlivost regionu na hospodářský negativní šok (naopak hodnoty nižší než jedna indikují menší citlivost resp. vyšší odolnost regionu vůči hospodářskému negativnímu šoku ve srovnání s celonárodní úrovní).

Dále bylo nutné vyčíslit hodnotu komplexity zkoumaných časových řad. Při výběru vhodné metody pro měření komplexity bylo vycházeno z podobných empirických studií (např. (Modica, Reggiani, 2014)). Za potenciálně vhodnou metodu měření komplexity byl na základě rešerše zvolen největší Lyapunův exponent (LLE) a Hurstův exponent (H). Oba se vztahují k základním vlastnostem komplexních systémů (mezi něž patří například soběpodobnost nebo nelinearita).

Soběpodobnost je jedním ze základních rysů komplexních systémů. Soběpodobnost může být posuzována z hlediska času (autokorelace) nebo rozlišovací úrovně (dimenze). Obecně lze čas považovat za jednu z dimenzí, tj. je možné považovat časovou a prostorovou soběpodobnost za ekvivalentní. Soběpodobnost z hlediska času je obecně spojena s analýzou časových řad (zpravidla jednorozměrných) a naopak prostorová soběpodobnost je spojena s geometrickými útvary, případně s vícerozměrnými objekty. Soběpodobnost lze kvantifikovat pomocí fraktální dimenze. Klasické euklidovské celočíselné dimenze reprezentují, kolik reálných čísel člověk potřebuje k popisu specifického geometrického útvaru (příp. reálného objektu). Pro výpočet fraktální dimenze existuje řada metod, které se historicky vyvíjely v oblasti problematiky řešení délky pobřeží (Mandelbrot, 1983).

Hurstův exponent se používá pro analýzu časových řad s dlouhodobou pamětí. Historicky byl Hurstův exponent spojen s Haroldem Edwinem Hurstem, který prováděl analýzu hladiny řeky Nil, přesněji určoval optimální velikost přehrady na základě historických dat srážek a sucha (Hurst et al., 1965). V oboru fraktální

délkou fáze růstu nebo poklesu (5 měsíců). Z důvodu použití čtvrtletních dat byla minimální délka cyklu stanovena na 5 čtvrtletí a minimální délka fáze na 2 čtvrtletí.

matematiky jej generalizoval Benoît Mandelbrot (Mandelbrot, 1983), čímž vytvořil přímý vztah k fraktální dimenzi D . Zobecněný Hurstův exponent měří behaviorální náhodnost časových řad (Mandelbrot, 2010).

Hodnoty Hurstova exponentu leží z intervalu $\langle 0;1 \rangle$, s tím, že hodnoty z intervalu $\langle 0;0,5 \rangle$ evokují časové řady s dlouhodobou pozitivní autokorelací, načež hodnoty z intervalu $\langle 0,5;1 \rangle$ evokují časové řady, kde se hodnoty pravidelně střídají (oscilují mezi vysokou a nízkou hodnotou). Hodnota Hurstova exponentu 0,5 reprezentuje nekorelovanou časovou řadu. Generalizovaný Hurstův exponent je definován jako $H(q)$, a lze jej určit řešením (např. logaritmováním) následující rovnice (Mandelbrot, 2010):

$$\frac{\langle |x(t+\tau) - x(t)|^q \rangle}{\langle |x(t)|^q \rangle} \sim \tau^{qH(q)}, \quad (2)$$

kde τ reprezentuje časové zpoždění, t reprezentuje čas a $x(t)$ jednotlivé hodnoty časové řady. Pro účely kvantifikace tohoto ukazatele je v tomto příspěvku využita knihovna (Aste, 2013) v prostředí MATLAB.

Dalším populárním nástrojem pro analýzu komplexity je Lyapunův exponent, který se hojně používá při analýze nelineárních časových řad. Pokud je hodnota tohoto ukazatele kladná, značí to situaci, kdy časová řada vykazuje známky chaosu. Pro výpočet Lyapunova exponentu existuje řada metod, např. (Kantz, 1994) nebo (Rosenstein et al., 1993). Pro účely tohoto příspěvku byl Lyapunův exponent kvantifikován na základě Wolfovy metody (Wolf et al., 1985) a postup implementován v prostředí MATLAB (Wolf, 2016).

Pro hodnocení komplexity časové řady regionální zaměstnanosti je konkrétně používán tzv. největší Lyapunův exponent (LLE). Čím je hodnota LLE větší, tím dochází k rychlejší ztrátě predikce dané časové řady. To znamená, že je možné LLE využít pro odhad délky spolehlivé predikce časové řady. Tato vlastnost se nazývá prediktibilita a vyjadřuje kvalitu predikce. Lze ji vypočítat podle následujícího vzorce (Dostál, Rais, Sojka, 2005):

$$P = \frac{1}{LLE}, \quad (3)$$

kde P představuje prediktabilitu (v našem výzkumu vyjádřenou v počtu čtvrtletí).

Výsledky analýzy

Následující tabulky (viz Tab. 1 a 2) obsahují výsledky získané pomocí neparametrické korelační analýzy. Druhý sloupec obou tabulek obsahuje hodnoty Spearmanova koeficientu spočítané pro jednotlivé státy. Třetí sloupec pak obsahuje p -hodnotu pro účely vyhodnocení statistické významnosti. Obě tabulky (Tab. 1 a 2) obsahují kromě uvedených údajů ve čtvrtém a pátém sloupci také počet regionů a následně jejich podíl na celkovém počtu regionů daného státu, pro které bylo možné konstruovat uvedené míry komplexity. Z důvodu příliš krátké délky časových řad regionální zaměstnanosti bylo možné vypočítat Hurstův exponent pouze pro část regionů v případě států Belgie, Španělska, Francie, Itálie, Švédska a Spojeného království.

Tab. 1: Výsledky korelační analýzy⁴ – korelační dvojice: LLE vs. C_{zam}

Stát	Spear. koeficient	p-hodnota	N	% regionů pokrytých výpočtem LLE
BE	0.309	0.355	11	100%
CZ	0.048	0.911	8	100%
EL	0.560	0.046	13	100%
ES	-0.086	0.726	19	100%
FR	0.421	0.051	22	100%
HU	0.321	0.482	7	100%
IT	0.127	0.582	21	100%
NL	-0.448	0.145	12	100%
PT	0.214	0.645	7	100%
RO	0.619	0.102	8	100%
SE	-0.595	0.120	8	100%
UK	-0.167	0.324	37	100%

Zdroj: Vlastní zpracování na základě Výběrového šetření pracovních sil (ČSÚ, 2016)

První výzkumnou otázku je možné potvrdit pouze pro regiony Řecka. U ostatních regionů nebyla prokázána statistická významnost korelačního koeficientu. Mezi státy, u kterých byla nalezena statisticky nevýznamná pozitivní korelace, patří: BE, CZ, FR, HU, IT, PT, RO. Negativní korelace, bez potvrzení statistické významnosti, byla nalezena u států: ES, NL, SE, UK.

Tab. 2: Výsledky korelační analýzy⁵ – korelační dvojice: H vs. C_{zam}

Stát	Spear. koeficient	p-hodnota	N	% regionů pokrytých výpočtem H
BE	-0.418	0.229	10	91%
CZ	0.262	0.531	8	100%
EL	0.159	0.603	13	100%
ES	-0.103	0.694	17	89%
FR	0.200	0.704	6	27%
HU	-0.357	0.432	7	100%
IT	0.500	0.667	3	14%
NL	-0.587	0.045	12	100%
PT	0.179	0.702	7	100%
RO	-0.762	0.028	8	100%
SE	-0.100	0.873	5	63%
UK	0.019	0.919	30	81%

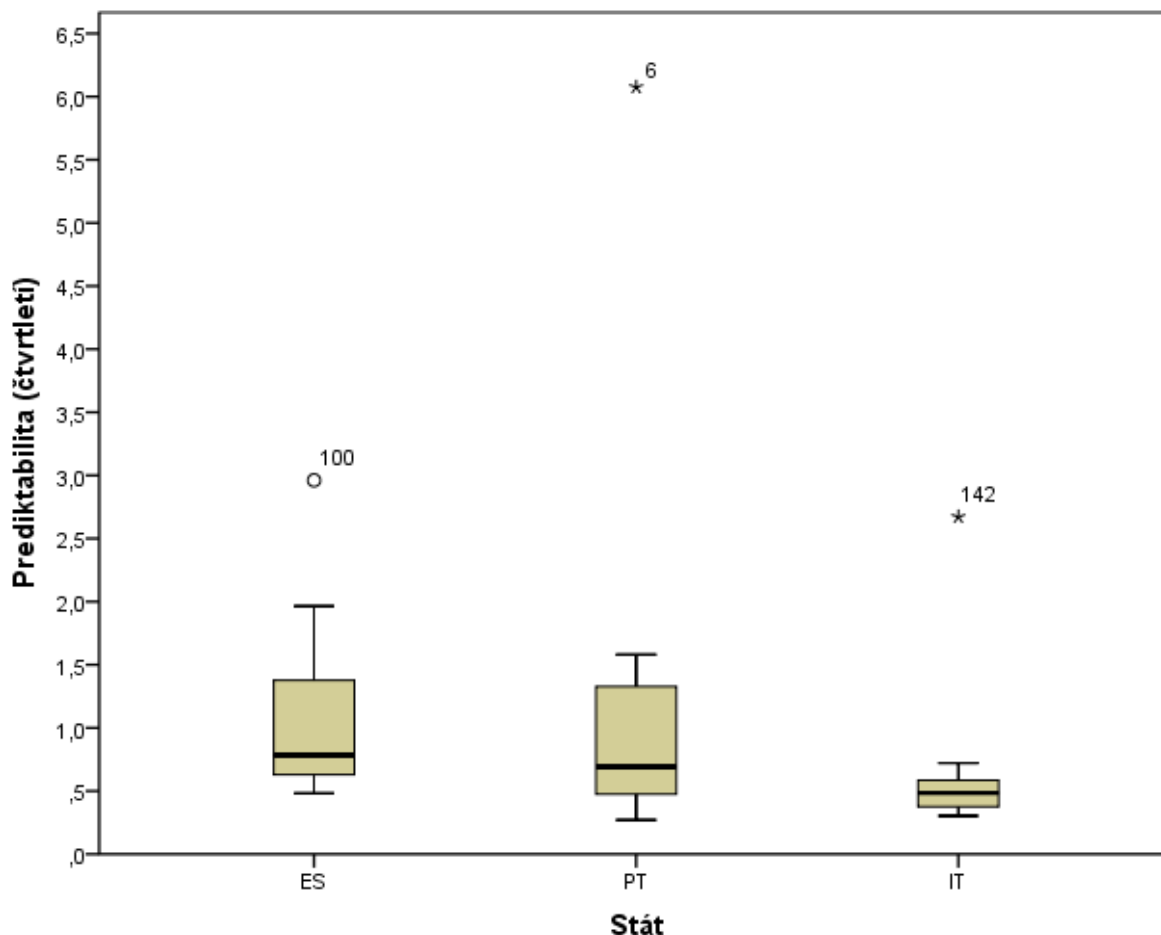
Zdroj: Vlastní zpracování na základě Výběrového šetření pracovních sil (ČSÚ, 2016)

Druhou výzkumnou otázku není možné potvrdit pro regiony žádného ze zkoumaných států (byť byla nalezena pozitivní korelace bez prokázání statistické významnosti pro regiony států CZ, EL, FR, IT, PT, UK). Statistická významnost byla

⁵ šedé podbarvení je použito pro statisticky významné hodnoty, tučně jsou vyznačeny kladné korelační koeficienty

prokázána pouze v případě regionů NUTS 2 v Nizozemí a v Rumunsku. V těchto zemích však pořadová korelace vykazuje opačnou relaci, než která byla na základě předchozích studií očekávána (negativní korelační koeficient).

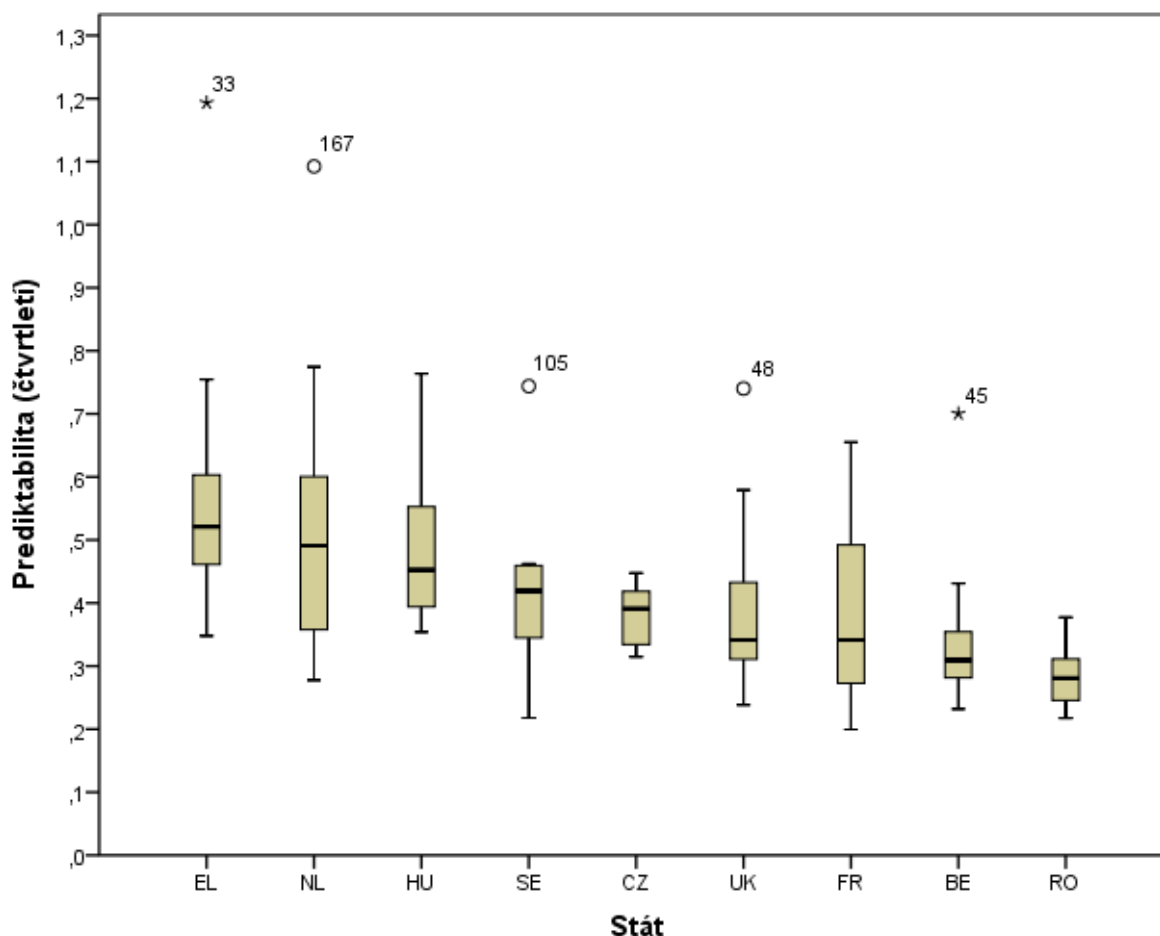
Obr. 1: Box plot – prediktabilita zaměstnanosti regionů NUTS 2 států ES, PT a IT



Zdroj: Vlastní zpracování na základě Výběrového šetření pracovních sil (ČSÚ, 2016)

Graf (viz Obr. 1) znázorňuje střední hodnotu (medián), horní a dolní kvartil, maximum a minimum prediktability regionální zaměstnanosti regionů NUTS 2 Španělska, Portugalska a Itálie. Jedná se o státy s nejvyšší prediktabilitou regionální zaměstnanosti z celého zkoumaného vzorku. Střední hodnota prediktability se v případě regionů zmíněných států pohybuje v intervalu 0,5 až 1 čtvrtletí.

Obr. 2: Box plot – prediktabilita zaměstnanosti regionů NUTS 2 států EL, NL, HU, SE, CZ, UK, FR, BE, RO



Zdroj: Vlastní zpracování na základě Výběrového šetření pracovních sil (ČSÚ, 2016)

Graf (viz Obr. 2) znázorňuje stejné charakteristiky pro zbývající regiony ve zkoumaném vzorku. Z grafu lze odvodit, že median spolehlivé délky predikce regionální zaměstnanosti lze v případě Řecka, Nizozemí, Maďarska, Švédska a České republiky očekávat v rozmezí 0,4 až 0,6 čtvrtletí. Menší délku spolehlivé predikce lze předpokládat u časových řad zaměstnanosti regionů NUTS2 států Spojené Království, Francie, Belgie a Rumunska. Střední hodnota prediktability se v případě regionů zmíněných států pohybuje v intervalu 0,2 až 0,4 čtvrtletí.

Diskuze

Ověření předpokladu o reálné použitelnosti vybraných měř komplexity časových řad pro účely kvantifikace regionální odolnosti v kontextu hospodářské krize roku 2008 bylo hlavním cílem této studie. Dosavadní studie námi testovaný vztah většinou pouze předpokládaly bez adekvátního empirického ověření. Uskutečněný výzkum a nalezené výsledky ověřily existenci statisticky významné stochastické závislosti mezi LLE a C_{zam} pouze v případě regionů Řecka, což je v souladu s výsledky jiných studií (srov. např. (Reggiani et al., 2002)). V případě ostatních zkoumaných regionů nebyl potvrzen kladný statisticky významný korelační vztah mezi uvedenými proměnnými. Výsledky v tabulce č. 1 naopak vypovídají o nejednoznačnosti tohoto vztahu (pro regiony Španělska, Nizozemí, Švédska a Spojeného království byla nalezena nevýznamná negativní korelace). Toto zjištění vede k závěru, že v případě LLE je měření komplexity časové

řady vhodným nástrojem k hodnocení ekonomické odolnosti regionů pouze v případě některých zemí a nelze tento závěr zobecnit pro regiony libovolných států.

V případě druhé výzkumné otázky nebyla nalezena žádná skupina regionů, která by ji umožnila přijmout. Naopak byla nalezena statisticky významná negativní korelační relace v případě regionů Nizozemí a Rumunska. Tento výsledek je však nutné brát jako předběžný, jelikož jej nelze srovnat s žádnou předchozí studií. Celkové zhodnocení výsledky v tabulce č. 2 taktéž neumožňuje dosažení zobecnění pro všechny zkoumané regiony.

Dále byla v rámci analýzy ověřena spolehlivost implementace BBQ algoritmu v jazyce R. Zvolený postup se jeví jako dobře použitelný především pro rozsáhlejší soubor dat. Stejně tak se pro výpočet ukazatelů LLE a H osvědčilo použití již připravených programových balíčků v prostředí MATLAB.

Uvedené výsledky jsou zajímavé i s ohledem na vztah mezi komplexitou ekonomiky a velikostí růstu HDP (podrobněji viz (Hidalgo, Husmann, 2009)). V uvedené studii navržený ukazatel ECI, představující další z alternativních přístupů k měření komplexity, vykazuje neobvykle silnou pozitivní korelaci s ukazatelem ekonomického růstu (a to i ve srovnání s celou řadou jiných indikátorů – podrobněji viz (Hausmann et al. 2014)). Reálná použitelnost vybraných měř komplexity časové řady pro účely kvantifikace regionální odolnosti v kontextu hospodářské krize roku 2008 je silně závislá na volbě míry komplexity i na volbě zkoumaného vzorku regionů. Obecné využití měř komplexity pro predikci hospodářských krizí je proto nejednoznačné.

Závěr

Text příspěvku se věnuje problematice tří odlišných pojetí ekonomické odolnosti regionů. Navazuje na předchozí empirické výzkumy vycházející z „ekologického“ či „adaptivního“ pojetí regionální odolnosti. Smyslem výzkumu bylo ověření předpokladu o existenci stochastické závislosti mezi vybranými mírami komplexity časových řad a citlivostí regionů na hospodářský pokles. Výsledky prokázaly existenci kladného korelačního vztahu mezi hodnotami největšího Lyapunova exponentu (LLE) a Indexem citlivosti regionu na hospodářský pokles (C_{zam}) pouze pro regiony Řecka a nelze jej zobecnit pro regiony ostatních států. Dále nebyl potvrzen předpokládaný korelační kladný vztah mezi hodnotami Hurstova exponentu (H) a ukazatelem C_{zam} . Výsledky ukazují, že úspěch kvantifikace regionální odolnosti v kontextu hospodářské krize roku 2008 prostřednictvím měř komplexity je značně podmíněn volbou metody, která se pro měření komplexity časové řady aplikuje, i zkoumaným vzorkem regionů. Nalezená nejednoznačnost zkoumaných vztahu poskytuje prostor pro další výzkum, který se pokusí ozřejmit rozdílnost ve výsledcích získaných v rámci tohoto výzkumu.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován s podporou IGA Univerzity Pardubice v souvislosti s řešením projektu č. SGS_2017_21.

Reference

Aste, T. (2013) *Generalized Hurst exponent..* Dostupné na: <<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/30076-generalized-hurst-exponent>>.

Bry, G. a C. Boschan. (1971) Standard Business Cycle Analysis of Economic Time Series. In *Cyclical Analysis of Time Series: Selected Procedures and Computer Programs*, , s. 64–150.

Český statistický úřad. (2016) *Výběrové šetření pracovních sil*.. [cit. 2016-09-01]. Dostupné na WWW: <https://www.czso.cz/csu/vyказы/vyberove_setreni_pracovnich_sil>.

Dostál, P., K. Rais a Z. Sojka. (2005) *Pokročilé metody manažerského rozhodování*. Praha: Grada,. ISBN 80-247-1338-1.

Gyomai, G., a E. Guidetti. (2012) *OECD System of Composite Leading Indicators*.. [cit. 2016-09-01]. Dostupné na WWW: <<http://www.oecd.org/std/leading-indicators/41629509.pdf>>.

Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., a Coscia, M. (2014) *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*..

Hidalgo, C. A., a Hausmann, R. (2009) The building blocks of economic complexity. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, ,106(26), s. 10570–10575.

Hill, E., a kol. (2011) Economic shocks and regional economic resilience. In *Working Paper 2011–13. Building Resilient Regions*. Institute of Governmental Studies, University of California, Berkeley,.

Holling, C. S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. In *Annual Review of Ecology and Systematics*, , (4), s. 1-23.

Hurst, H. E., Black, R. P., a Simaika, Y. M. (1965) *Long-term storage, an experimental study*. London: Constable,.

Kantz, H. (1994) A robust method to estimate the maximal Lyapunov exponent of a time series. In *Physics Letters A*, ,185(1), s. 77-87.

Mandelbrot, B. B. (1983) *The fractal geometry of nature* (Updated and augm. ed.). New York: W.H. Freeman,.

Mandelbrot, B. B., a Hudson, R. L. (2010) *The (mis)behavior of markets: a fractal view of risk, ruin, and reward*. New York: Profile Books,.

Martin, R. (2012) Regional Economic Resilience, Hysteresis and Recessionary Shocks. In *Journal of Economic Geography*, Oxford Univ Press, ,12(1), s. 1–32.

Martin, R., Sunley, P. (2007) Complexity Thinking and Evolutionary Economic Geography. In *Journal of Economic Geography*, , s. 573-602.

Modica, M., a A. Reggiani. (2014) Spatial Economic Resilience: Overview and Perspectives. In *Networks and Spatial Economics*, ,15(2) s. 211–233.

Reggiani, A., De Graaff, T., a Nijkamp, P. (2002) Resilience: an evolutionary approach to spatial economic systems. In *Networks and Spatial Economics*, , 2(2), s. 211 – 229.

Rosenstein, M. T., Collins, J. J., a De Luca, C. J. A (1993) Practical Method for Calculating Largest Lyapunov Exponents from Small Data Sets. In *Physica D-Nonlinear Phenomena*, ,65(1-2), s. 117-134.

Vahalík, B., Staníčková, M. (2014) Comparison of regional competitiveness index after EU enlargement in 2013. Scientific Papers of the University of Pardubice, Series D: Faculty of Economics and Administration, 21 (31), s. 83-92.

Wolf, A., J. B. Swift, H. L. Swinney a J. A. Vastano. (1985) Determining Lyapunov exponents from a time series. In: *Physica D: Nonlinear Phenomena.*, 16(3), s.285-317. DOI: 10.1016/0167-2789(85)90011-9. ISSN 01672789. Dostupné na: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0167278985900119>

Wolf, A. (2016) *Lyapunov exponent estimation from a time series..* Dostupné na: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/48084-lyapunov-exponent-estimation-from-a-time-series-documentation-added>.

Zdražil, P., Kraftová, I. (2016) Regional disaggregation of industrial investment: The case of Czech regions. Scientific Papers of the University of Pardubice, Series D: Faculty of Economics and Administration, 23 (37), s. 189-201.

Kontaktní adresa

Ing. Ondřej Svoboda, Ph.D.

Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Ústav regionálních a bezpečnostních věd
Studentská č. 95, 530 09, Pardubice, Česká republika
Email: ondrej.svoboda@upce.cz
Tel. číslo: +420 466 036 175

Ing. Martin Ibl, Ph.D.

Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Ústav systémového inženýrství a informatiky
Studentská č. 95, 530 09, Pardubice, Česká republika
Email: martin.ibl@upce.cz
Tel. číslo: +420 466 036 001

Bc. Markéta Břízková

Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní
Studentská č. 95, 530 09, Pardubice, Česká republika
Email: marketa.brizkova@student.upce.cz

Received: 01. 09. 2016, reviewed: 09. 02. 2017

Approved for publication: 23. 10. 2017