HARMONICKÁ ANALÝZA – OPOMÍJENÝ NÁSTROJ ANALÝZY ČASOVÝCH ŘAD EKONOMICKÝCH UKAZATELŮ

K. Gurinová, V. Hovorková Valentová

Technická univerzita v Liberci
Hospodářská fakulta, katedra ekonomické statistiky
Studentská 2, 461 17, Liberec 1, Česká republika
katerina.gurinova@tul.cz
vladimira.valentova@tul.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá možnostmi využití harmonické analýzy pro praktické zkoumání časových řad ekonomických ukazatelů. Jde o koncepci, ve které je stěžejním faktorem faktor frekvenční, nikoli časová proměnná. Tento přístup využívá především matematických metod z oblasti Fourierovy analýzy, základem je tzv. trigonometrický polynom, který umožňuje popsat periodické chování časové řady. Vhodným nástrojem pro detekci periodických složek je periodogram, díky němuž lze získat představu o intenzitě zastoupení jednotlivých frekvencí ve zkoumané časové řadě. Periody, jejichž významnost se podaří exaktně prokázat prostřednictvím některého z testů periodicity, můžeme označit za nositele periodicity v chování sledovaného ekonomického ukazatele. V tomto příspěvku byly metody harmonické analýzy aplikovány na časovou řadu měsíčních údajů o míře inflace za roky 2003-2007.

Úvod

Vzhledem k mimořádnému významu zkoumání dynamiky ekonomických jevů a procesů zaujímá analýza časových řad v ekonomii zcela nezastupitelné místo. Ekonomické časové řady, například časové řady makroekonomických ukazatelů jako je hrubý domácí produkt, míra inflace, míra nezaměstnanosti atd., se vyznačují určitými specifickými rysy, na které je při zpracování třeba brát zřetel. V současnosti existuje velmi široká paleta metod a postupů, pomocí nichž lze chování ekonomických časových řad popisovat a extrapolovat. Kromě klasických metod se postupem času rozvíjejí další nástroje zkoumání časových řad, které jsou často numericky dosti náročné a do značné míry závislé na použití výpočetní techniky. Ke zpracování časových řad je možno přistupovat různým způsobem. Za prvé je to pomocí klasického modelu, který v podstatě popisuje jednotlivé formy pohybu s důrazem na systematickou složku, přičemž ponechává stranou poznání věcných příčin. Další možností je Box-Jenkinsova metodologie, v níž je při konstrukci modelu kladen důraz na složku náhodnou. Odlišným přístupem je harmonická analýza, což je koncepce, při které není stěžejním faktorem časová proměnná, jako v předcházejících dvou případech, ale faktor frekvenční.

1. Principy harmonické analýzy

V harmonické analýze je zkoumaná časová řada y_t, $t = 1, 2, \ldots, n,$ považována za lineární kombinaci sinových a kosinových funkcí s různými amplitudami a frekvencemi. Pomocí speciálních statistických nástrojů, jako je např. periodogram, je pak možno získat představu o intenzitě zastoupení jednotlivých frekvencí ve zkoumané časové řadě. Tato koncepce umožňuje explicitně popsat periodické chování časové řady a zejména identifikovat ty složky periodicity, které se významným způsobem podílejí na věcných vlastnostech analyzovaného ekonomického procesu. Harmonická analýza využívá především matematických metod z oblasti Fourierovy analýzy. Časovou řadu lze popsat goniometrickým způsobem, a to za pomoci Fourierovy řady, která je známa z vyšší matematiky a slouží k vyjádření rozvoje funkcí prostřednictvím goniometrických funkcí sinus a kosinus. Jinak řečeno, Fourierova řada umožňuje zápis jakéhokoli periodického průběhu pomocí sinových a kosinových funkcí. S její pomocí lze rozložit i funkce značně komplikované, které je jinak problematické zobrazit. Matematickým základem výše uvedené koncepce je tzv. trigonometrický polynom, běžně uváděný ve tvaru

$$y_t = \mu_0 + \sum_{j=1}^{H} \alpha_j \sin \omega_j t + \sum_{j=1}^{H} \beta_j \cos \omega_j t + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \ldots, n \,, \tag{1.1}$$

kde $H = \frac{n}{2}$ pro n sudé a $H = \frac{n-1}{2}$ pro n liché,

$\omega_j = \frac{2\pi j}{n}$ pro $j = 1, 2, \ldots, H$ je j-tá frekvence (tzv. úhlová frekvence),

μ_0, α_j, β_j jsou parametry, jejichž hodnoty je třeba určit.

Proces y_t nemusí být tedy vždy vyjádřen pouze v časové doméně, tj. jako proces měnící své hodnoty v závislosti na čase, ale lze ho vyjádřit také v doméně frekvenční (spektrální). Oba přístupy je přitom možno považovat za zcela rovnocenné, spektrální doména je však méně obvyklým pojetím. Proces y_t, vyjádřený vzorcem (1.1), je výsledkem součtu H harmonických členů, tzv. „harmonik“. Jedná se v podstatě o „směs“ vln o různých frekvencích ω_j a různých amplitudách, tedy o proces tvořený velkým počtem prolínajících se goniometrických křivek. Některé z nich se přitom ve svých účincích vzájemně doplňují, jiné naopak eliminují, výsledkem čehož je právě proces y_t.

Frekvence ω_j je udávána v radiánech za časovou jednotku, kterou představuje časový interval mezi dvěma sousedními pozorováními časové řady. Frekvence 2π radiánů za časovou jednotku tedy znamená, že za tuto časovou jednotku proběhne právě jeden cyklus dané funkce, při frekvence π radiánů za časovou jednotku se celý cyklus uskuteční až za dvě časové jednotky. Čím je tedy frekvence větší, tím častěji se v průběhu dané časové řady cykly opakují. Délka periody, tj. doba, během níž proběhne jeden cyklus, má rozměr času t a je označována jako Fourierova perioda $\tau_j = \frac{2\pi}{\omega_j} = \frac{n}{j}$. Příliš vysoké frekvence mohou splývat s jinými a být tak nerozlišitelné, což je jev označovaný jako aliasing. Nejkratší zjistitelná perioda, tedy doba, za kterou proběhne jeden cyklus, je $\tau = 2$, to znamená dvě časové jednotky. Tomu odpovídá tzv. Nyquistova frekvence $\omega = \pi$, což je největší frekvence, která umožňuje zkoumat periodické chování časové řady.

Výraz (1.1) lze rovněž zapsat ve tvaru

$$y_t = \mu_0 + \sum_{j=1}^{H} F_j(t) + \varepsilon_t \,, \tag{1.2}$$

kde $F_j(t) = A_j \sin\{\omega_j t + \varphi\},\ t = 1, 2, \dots, n$, je harmonický člen j-tého řádu, A_j je amplituda kmitu pro j-tou periodu, φ_j je fázový posun. Vzhledem k tomu, že platí vztah

$$\alpha_j^2 + \beta_j^2 = A_j^2\left(\sin^2 \varphi_j + \cos^2 \varphi_j\right) = A_j^2 \,, \tag{1.3}$$

je možno amplitudu kmitu A_j vyjádřit pomocí koeficientů harmonik α_j a β_j. Jednotlivé harmonické členy v (1.1) mají tedy pro celkový popis časové řady tím větší přínos, čím jsou jejich koeficienty α_j, β_j více odlišné od nuly. Pak je totiž větší i amplituda kmitu pro j-tou periodu A_j.

1. 1 Model skrytých period

Je třeba si uvědomit, že pouze některé z Fourierových period jsou významné, zatímco ostatní nikoli. Předpokládáme-li, že prvních $m\ (m \le H)$ Fourierových period τ_j je významných a trend v časové řadě je konstantní, tedy $T_t = \mu_0$, je možno vztah (1.1) zapsat ve tvaru

$$Y_t = T_t + P_t = \mu_0 + \sum_{j=1}^{m} \alpha_j \sin \omega_j t + \sum_{j=1}^{m} \beta_j \cos \omega_j t \ , \quad t = 1, 2, \dots, n \tag{1.4}$$

kde T_t je trendová složka,

P_t je periodická složka (zahrnuje složku sezónní a cyklickou).

Model, vyjádřený vztahem (1.4) označujeme jako model skrytých period s konstantním trendem. Vzhledem k tomu, že se jedná o regresní model lineární v parametrech, lze tyto parametry odhadnout pomocí metody nejmenších čtverců. Po vyřešení soustavy normálních rovnic získáme vzorce

$$m_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} y_t = \overline{y} \ ,$$

$$a_j = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^{n} y_t \sin \omega_j t \ , \quad j = 1, 2, \dots, m \,,$$

$$b_j = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^{n} y_t \cos \omega_j t \ , \quad j = 1, 2, \dots, m \,. \tag{1.5}$$

Pokud trend modelu skrytých period není konstantní, to znamená, že se v čase mění, lze model (1.4) zapsat ve tvaru

$$Y_t = T_t + P_t = T_t + \sum_{j=1}^{m} \alpha_j^* \sin \omega_j t + \sum_{j=1}^{m} \beta_j^* \cos \omega_j t \ , \quad t = 1, 2, \ldots, n \, , \tag{1.6}$$

kde parametry α_j^*, β_j^* jsou vázány na jinou trendovou situaci než parametry α_j, β_j v modelu (1.4). Trend T_t v tomto případě chápeme jako dominantní složku a je třeba provést jeho popis, např. analytické, mechanické či jiné vyrovnání. Tvorba modelu skrytých period s měnícím se trendem je založena na myšlence, že lze provést jednoduchou transformaci takovéto časové řady na řadu s konstantním trendem a dále pak postupovat jako u modelu (1.4).

Při popisu periodického chování časové řady modelem skrytých period je třeba stanovit rozptyl modelových hodnot $\hat{Y}_t$, který nám jednak umožní posoudit kvalitu modelu, jednak je významný pro konstrukci a analýzu periodogramu, kterými se budeme zabývat v dalším textu. Je možno dokázat, že pro tento rozptyl platí

$$\operatorname{var} \hat{Y}_t = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{m} \left(a_j^2 + b_j^2 \right) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{m} A_j^2 \, . \tag{1.7}$$

Na základě znalosti regresní a korelační analýzy je pak možno stanovit hodnotu indexu determinace, který udává, kolik procent celkové variability lze vysvětlit použitým modelem skrytých period, jinak řečeno do jaké míry zkonstruovaný model vysvětluje chování zkoumané empirické časové řady. Vypočteme ho jako

$$I^2 = \frac{\operatorname{var} \hat{Y}_t}{\operatorname{var} y_t} \ , \tag{1.8}$$

kde $\operatorname{var} y_t$ je rozptyl napozorovaných hodnot y_t.

Výše uvedená koncepce modelování periodických výkyvů v časové řadě předpokládá, že příslušná perioda (event. periody) je nám známa a je v systému uvažovaných period významná. Tento předpoklad však v praxi není vždy naplněn, neboť ekonomická realita bývá značně komplikovaná a k příslušnému závěru často nelze dojít intuitivně nebo na základě předcházejících zkušeností. Prioritou se pak stává otázka, zda daná časová řada významnou periodickou složku vůbec obsahuje. Vzhledem k tomu, že v ekonomické oblasti často závisí na správné identifikaci periodického chování zkoumaných procesů velmi zásadní rozhodnutí, jde o velmi závažný problém.

1. 2 Analýza periodogramu

Významné místo mezi objektivními metodami zkoumání periodicity zaujímá již zmíněná analýza periodogramu, která je účinným prostředkem k detekci významných periodických složek časové řady. Praktická forma vyjádření periodogramu bývá nejčastěji grafická či tabulková. Samotná metoda je numericky poměrně náročná, ovšem při použití vhodného statistického softwaru je tato skutečnost nepodstatná. Periodogramem $I(\omega_j)$ dané časové řady $y_1, y_2, \ldots, y_n$ rozumíme přehled všech hodnot teoretických rozptylů, vyjádřených prostřednictvím amplitudy kmitu A_j a je definován jako funkce úhlové frekvence ω_j ve tvaru

$$I(\omega_j) = \frac{1}{2}\left(a_j^2 + b_j^2\right) = \frac{1}{2} A_j^2 \ , \tag{1.9}$$

kde $a_j = \frac{2}{n}\sum_{t=1}^{n} y_t \sin \omega_j t \ , \quad j = 1,2,\ldots,H \ ,$

$$b_j = \frac{2}{n}\sum_{t=1}^{n} y_t \cos \omega_j t \ , \quad j = 1,2,\ldots,H \ .$$

V odborné literatuře se lze setkat i s jinými tvary explicitního vyjádření periodogramu, než je (1.9), např. statistický software STATGRAPHICS, používaný dále v této práci, ještě násobí jednotlivé j-té členy periodogramu počtem empirických pozorování n. Podobné modifikace však nemají na konstrukci periodogramu ani na interpretaci získaných výsledků žádný podstatnější dopad.

1. 3 Testy významnosti period

Vzhledem ke skutečnosti, že při konstrukci periodogramu apriori nerozlišujeme významné a nevýznamné frekvence, je dalším úkolem určit, které ze složek periodogramu lze považovat za dostatečně významné pro vysvětlení celkové velikosti rozptylu hodnot y_t. Periody, jejichž významnost se podaří exaktně prokázat, můžeme pak označit za nositele periodicity v chování zkoumaného ekonomického ukazatele. Kritérií významnosti pro hledání lokálních extrémů periodogramu je celá řada, avšak k nejznámějším z nichž patří Fisherův, event. Siegelův test. Právě testy periodicity představují objektivní metody, jak rozhodnout o významnosti jednotlivých periodických složek.

Fisherův test je založen na testování nulové hypotézy $H_0 : y_t = \varepsilon_t$ proti alternativní hypotéze $H_1 : non\ H_0$. Nulová hypotéza říká, že $y_1, y_2, \ldots, y_n$ je posloupnost nezávislých náhodných veličin, které mají normální rozdělení se střední hodnotou rovnou nule, což znamená, že daná časová řada významnou periodicitu neobsahuje. Proti ní stojící alternativní hypotéza tvrdí opak, tedy že se ve zkoumané časové řadě významná periodicita vyskytuje.

Test vychází z hodnot periodogramu $I(\omega_j)$ řady $y_1, y_2, \ldots, y_n$ vypočtených pro všechny frekvence ω_j, $j = 1,2,\ldots,H$. Za předpokladu, že nulová hypotéza je pravdivá, žádná z hodnot periodogramu by neměla být významně vyšší než ostatní. Nejprve se hodnoty periodogramu normují do tvaru

$$\eta_j = \frac{I(\omega_j)}{\sum_{j=1}^{H} I(\omega_j)} \ , \quad j = 1,2,\ldots,H \ . \tag{1.10}$$

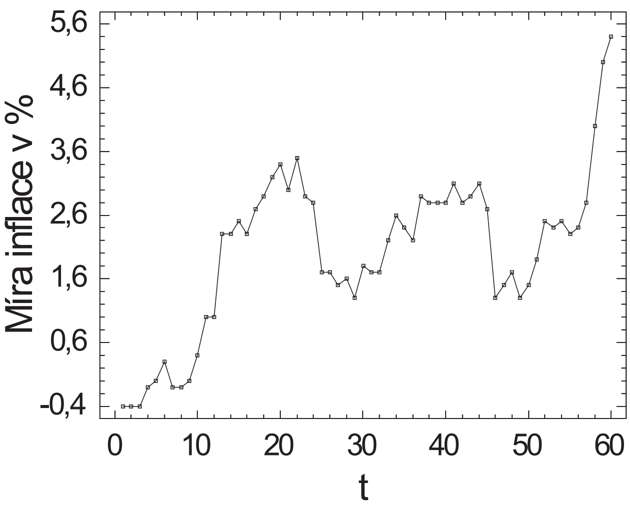
Testové kritérium Fisherova testu má tvar

$$W = \max_j \eta_j \quad , \quad j = 1, 2, \ldots, H . \tag{1.11}$$

Nulová hypotéza se zamítá na hladině významnosti α, pokud $W > g_F(\alpha)$, kde $g_F(\alpha)$ představuje kritickou hodnotu Fisherova testu na zvolené hladině významnosti α. Kritické hodnoty $g_F(\alpha)$ jsou pro různá H tabelovány, např. v [7]. Jestliže se pomocí Fisherova testu prokáže významnost nejvyšší hodnoty periodogramu, pokračujeme testováním významnosti druhé nejvyšší hodnoty atd. Test probíhá analogicky, avšak nejvyšší hodnota periodogramu se vždy vynechá a H se sníží o jednotku. V praxi se ukázalo, že v případě tzv. složené periodicity, kdy v dané časové řadě existuje více významných period, síla Fisherova testu klesá. Za vhodnější pak bývá považován např. Siegelův test, který je modifikací testu Fisherova. Používá jiné testové kritérium (podrobněji např. v [8]) a kritické hodnoty pro Siegelův test jsou tabelovány, např. v monografii [8]. Vzhledem k povaze nulové hypotézy obou výše uvedených testů by empirická data neměla obsahovat trend, neboť jeho přítomnost snižuje citlivost těchto testů. Proto je doporučováno alespoň hrubé předběžné odstranění trendu, což běžně činí i příslušný statistický software.

2. Aplikace analýzy periodogramu na časovou řadu inflace v letech 2003 – 2007

Pro praktickou aplikaci výše uvedených metod byly použity měsíční údaje o míře inflace v % v ČR v letech 2003 – 2007, které jsou znázorněny na obrázku 1.



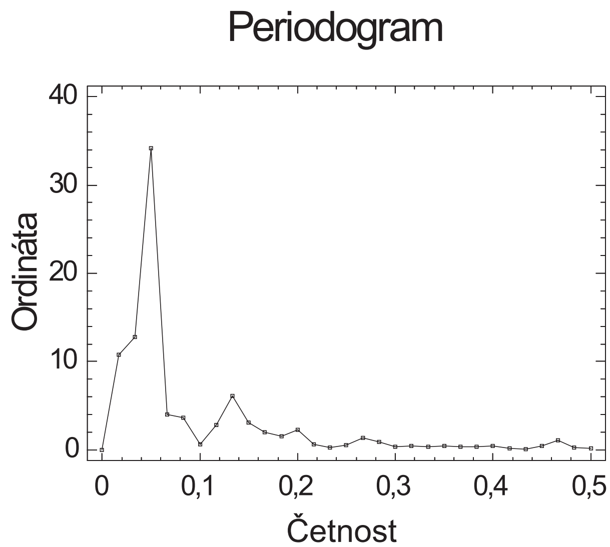
Obrázek 1: Míra inflace (v %) v ČR v jednotlivých měsících let 2003-2007
Zdroj: vlastní, data z www.czso.cz

Za pomoci statistického softwaru STATGRAPHICS Centurion XV byla provedena analýza periodogramu, která poskytuje jak výstup ve formě tabulky – viz tabulka 1, tak i názorné grafické vyjádření – viz obrázek 2.

Hodnoty periodogramu jsou vypočteny pro všechny frekvence ω_j, $j = 1, 2, \ldots, H$, a je proto třeba určit, které z nich jsou statisticky významné. Právě periody, odpovídající takovým frekvencím, jsou nositeli periodicity ve zkoumané časové řadě. Jako kritérium významnosti použijeme Fisherův test. Nejvyšší hodnotě periodogramu 34,193 (pro j = 3) odpovídá perioda 20 měsíců. Podle (1.10) je hodnota $\eta_3 = \frac{34{,}193}{92{,}506} = 0{,}3696301$. V tabulce kritických hodnot Fisherova rozdělení nalezneme pro $H = 30$ hodnotu $g_F(0{,}01) = 0{,}241669$. Protože $W = 0{,}3696301 > 0{,}241669$, zamítáme hypotézu H_0. Na hladině významnosti 1 % jsme tedy prokázali existenci periody 20 měsíců.

Četnost	Ordináta	Četnost	Ordináta	Četnost	Ordináta
0,0166667	10,7537	0,183333	1,51176	0,35	0,435943
0,0333333	12,777	0,2	2,24582	0,366667	0,331248
0,05	34,193	0,216667	0,646831	0,383333	0,338161
0,0666667	4,00002	0,233333	0,294907	0,4	0,408515
0,0833333	3,64421	0,25	0,563333	0,416667	0,130456
0,1	0,625176	0,266667	1,40096	0,433333	0,0804686
0,116667	2,85175	0,283333	0,880338	0,45	0,477748
0,13333	6,08561	0,3	0,347158	0,466667	1,08708
0,15	3,12663	0,316667	0,490659	0,483333	0,225445
0,166667	1,993	0,333333	0,343	0,5	0,216

Tabulka 1: Periodogram časové řady míry inflace (v %) v ČR v letech 2003 – 2007
Zdroj: vlastní výpočet



Obrázek 2: Periodogram časové řady míry inflace (v %) v ČR v letech 2003 – 2007
Zdroj: vlastní

Pokračujeme testováním druhé nejvyšší hodnoty periodogramu 12,777 (pro j = 2), která odpovídá periodě 30 měsíců. Hodnota $\eta_2 = \frac{12{,}777}{58{,}318} = 0{,}2191109$, kritická hodnota $g_F(0{,}01)$ pro $H = 29$, která byla určena lineární interpolací, je 0,248852. Protože $W = 0{,}2191109 < 0{,}248852$, nelze hypotézu H_0 zamítnout, takže perioda 30 měsíců nebyla indikována jako statisticky významná. Fisherův test proto ukončíme, neboť zkoumaná časová řada neobsahuje složenou periodicitu. Na základě provedené analýzy periodogramu je možno učinit závěr, že v měsíční časové řadě míry inflace v letech 2003 – 2007 existuje pouze jediná statisticky významná perioda, jejíž délka je 20 měsíců.

Literatura

[1] ANDĚL, J.: *Statistická analýza časových řad.* SNTL, Praha, 1976. L11-B3-IV-41f/11740
[2] BROWN,R. *Lecture notes: harmonic analysis* [online]. USA, Lexington: University of Kentucky. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW: <http://www.ms.uky.edu/~rbrown/courses/ma773/notes.pdf>
[3] CIPRA, T.: *Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii.* SNTL/Alfa, Praha, 1986. ISBN 99-00-00157-X
[4] HINDLS, R.; KAŇOKOVÁ, J.; NOVÁK, I.: *Metody statistické analýzy pro ekonomy.* Management Press, Praha, 1997. ISBN 80-85943-44-1
[5] KOZÁK, J.; HINDLS, R.; ARLT, J.: *Úvod do analýzy ekonomických časových řad.* VŠE, Praha, 1994. ISBN 80-7079-760-6
[6] PRIESTLY, M. B.: *Spectral Analysis and Time Series.* Academic Press, London, 1983. ISBN 978-0-12-564922-3
[7] SEGER, J.; HINDLS, R.: *Statistické metody v tržním hospodářství.* Victoria Publishing, Praha, 1995. ISBN 80-7187-058-7
[8] SIEGEL, A. F.: *Testing for periodicity in a time series.* J. Amer. Statist. Association, Vol. 75, pp. 345-348, 1980.
[9] *Harmonische Bewegung und Fourier-Analyse periodischer Schwingungen* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupné z WWW: <http://www.gabler.de/freebook/978-3-519-46074-9_1.pdf>

Doručeno redakci: 14.4.2009
Recenzováno: 19.10.2009
Schváleno k publikování: 14.12.2009

DIE HARMONISCHE ANALYSE – AUSSERACHTGELASSENES ANALYSEWERKZEUG DER ZEITREIHEN ÖKONOMISCHER KENNZIFFERN

Der Beitrag handelt über die Nutzung harmonischer Analysen zur praktischen Forschung von Zeitreihen ökonomischer Kennziffern. Es geht um ein Konzept, wo der Hauptfaktor die Frequenz und nicht die Zeitvariable ist. Dieser Ansatz nutzt hauptsächlich mathematischen Methoden der Fourier-Analyse. Der Grund ist ein so genanntes trigonometrisches Polynom. Das ermöglicht die Darstellung des Zeitreihenverhaltens. Ein geeignetes Werkzeug der Detektion der periodischen Komponenten ist ein Periodogramm. Das ermöglicht die Vorstellung der Intensität einziger Frequenzen in der jeweiligen Zeitreihe. Die Perioden, deren Signifikanz exakt durch einen Periodizitätstest nachgewiesen wird, kann man als Träger der Periodizität in der Darstellung der nachgefassten ökonomischen Kennziffer kennzeichnen. In diesem Beitrag wurden die Methoden der harmonischen Analyse für die Zeitreihe der Monatsinflation in den Jahren 2003 – 2007 angewendet.

ANALIZA HARMONICZNA – POMIJANE NARZĘDZIE DO ANALIZY SZEREGÓW CZASOWYCH WSKAŹNIKÓW EKONOMICZNYCH

Artykuł poświęcony jest możliwościom w zakresie wykorzystania analizy harmonicznej do badania szeregów czasowych wskaźników ekonomicznych w praktyce. Dotyczy to koncepcji, w której kluczowym czynnikiem jest czynnik częstotliwości a nie zmienna czasowa. Takie podejście wykorzystuje przede wszystkim metody matematyczne z zakresu Analizy Fouriera. Podstawę stanowi tzw. wielomian trygonometryczny, umożliwiający opisywanie okresowego zachowania szeregów czasowych.. Odpowiednim narzędziem do wykrywania okresowych elementów jest periodogram, dzięki któremu można uzyskać wyobrażenie o intensywności występowania poszczególnych częstotliwości w analizowanym szeregu czasowym. Okresy, których znaczenie uda się wyraźnie potwierdzić za pośrednictwem jednego z badań okresowości, można określić jako nośniki okresowości w zachowaniu badanego wskaźnika ekonomicznego. W niniejszym artykule metody analizy harmonicznej zastosowano do szeregu czasowego danych miesięcznych dotyczących stopy inflacji w latach 2003-2007.

HARMONIC ANALYSIS – A NEGLECTED TOOL IN ANALYSING TIME SERIES OF ECONOMIC INDICATORS

The paper focuses on possibilities of harmonic analysis usage for practical research into time series of economic indicators. It is a method in which a frequency factor is the most important one; it is not a time variable. This approach is based on mathematical methods like Fourier analysis. The basic element is the so called trigonometric polynom, which enables descriptions of periodical properties of time series. A suitable instrument for detection of such periodical components is the periodogram. It allows us to get an idea about the occurence intensity of particular frequencies in a time series. Periods the significance of which are proved exactly by using some test of periodicity can be marked as holders of periodicity in a behaviour of a given economic indicator. In this paper the methods of harmonic analysis were applied on the time series of monthly data about inflation rate in the Czech Republic in 2003 – 2007.