ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA EKONOMIKY, MANAŽERSTVÍ A HUMANITNÍCH VĚD

DIPLOMOVÁ PRÁCE

# Srovnání krátkodobých prognóz HDP ČR na základě lineárních regresních a simultánních modelů

Bc. Dana Pochmanová

Vedoucí práce: Ing. Július Bemš

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management, Magisterský

Obor: Ekonomika a řízení a elektrotechniky

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Dana Pochmanová

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management
Obor: ekonomika a řízení elektrotechniky

Název tématu: Srovnání krátkodobých prognóz HDP ČR na základě lineárních regresních a simultánních modelů

Pokyny pro vypracování:

- makroekonomický ukazatel HDP
- lineární regresní modely a simultánní modely
- tvorba vlastního modelu pro krátkodobé prognózy HDP
- využití ekonometrických modelů pro krátkodobé prognózy HDP s využitím software
- porovnání kvality prognóz a modelů, závěry a přínosy práce

Seznam odborné literatury:

Hálová a kol.: Ekonometrie – cvičení, ČZU
Pavelka: Makroekonomie, cvičení, ČZU

Vedoucí diplomové práce: Ing. Július Bemš – ČVUT FEL, K 13116

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2015/2016
L.S.

Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry

Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 28.1.2015

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne

___________________________

Dana Pochmanová

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Júliusovi Bemšovi za odborné vedení, pomoc a cenné rady při zpracování této práce. Děkuji také RNDr. Vlastě Kašové a doc. Ing. Heleně Fialové, CSc. za odborné rady, které mi obě ochotně poskytly.

**Název práce:** Krátkodobé prognózy HDP ČR na základě lineárních regresních a simultánních modelů

**Autor:** Dana Pochmanová

**Vedoucí práce:** Ing. Július Bemš

**Anotace:** Cílem této diplomové práce je porovnat krátkodobé prognózy HDP ČR na základě lineárních regresních a simultánních modelů. Teoretická část si klade za cíl objasnit základní principy v oblasti tvorby ekonometrických modelů, odhadu regresních parametrů pomocí metody nejmenších čtverců a statistické verifikace. Praktická část se zaměřuje na predikce HDP. Základem prognózy je návrh vlastního modelu pro predikci v souladu s ekonomickou teorií a strukturou HDP. Kvalita vlastního modelu bude potvrzena testy vhodnosti modelu. Na základě testů dojde k výběru modelů, z kterých bude prognóza počítána. Hlavním úkolem bude porovnání prognózy z jednotlivých modelů.

**Klíčová slova:** Krátkodobé prognózy, HDP, Lineární regresní model, Model simultánních rovnic, Makroekonomické ukazatele, Ekonometrické modely, Metoda nejmenších čtverců

**Title:** Comparison of short-term GDP forecasting of the Czech Republic on the basis of a linear regression and simultaneous equations models

**Author:** Dana Pochmanová

**Supervisor:** Ing. Július Bemš

**Abstract:** Comparison of short-term GDP forecasting for the Czech Republic based on linear regression and simultaneous equations models is subject of this thesis. The theoretical part is focused on explanation of creation of econometric models, estimates of regression coefficients and statistical verification. The practical part creates its own prediction models according to economic theory. The model appropriateness is verified by testing. Forecasting model is selected based on the result of testing. Final comparison of the forecasts is the main task of the thesis.

**Keywords:** Short-term forecasting, GDP, Linear regression model, Simultaneous equations model, Macroeconomic indicators, Econometrics models, Least square method

# Obsah

# 1. Úvod

Krátkodobé prognózy jsou jednou z nejvyužívanějších metod statistiky a ekonometrie v praxi. Prognózovat je možné na základě trendu, specifických modelů či vlastních modelů na základě principů ekonometrie. Prognostická oblast se zabývá předpovědí endogenních proměnných do budoucna. Tato analýza se též nazývá model ex ante.  U predikce je nutné brát v úvahu, že některé modely, které splňují veškeré nutné předpoklady, které byly uvedeny dříve, nemusí být pro oblast předpovědí vhodné. Oproti tomu model ex post se zabývá jak strukturální analýzou, tak simulací efektů.

V praxi se s prognózováním nejčastěji setkáme u Makroekonomické predikce Ministerstva financí ČR a u prognóz Českého statistického úřadu. V literatuře a v praxi se v souvislosti s prognózováním setkáváme s termíny formulace problému, statistická verifikace, ekonomická verifikace, shoda modelu s daty, Theilův koeficient, Chowův 1. test, kvalita dat a chyba měření.

Pro pochopení teoretických oblastí týkajících se lineárních regresních a simultánních modelů a prognózování, které jsou základem této práce, je stěžejní publikace R. Huška Ekonometrická analýza. Tato publikace komplexně popisuje ekonometrickou problematiku od tvorby modelu přes verifikaci až po testování.

S ohledem na téma práce bude pozornost věnována lineárním regresním a simultánním modelům a statistické verifikaci a s tím spojené interpretaci výsledků a prognóze HDP.

Cílem mé práce bude vytvoření lineárního regresního a simultánního modelu a jejich následné porovnání prognózy hrubého domácího produktu. Tyto prognózy otestuji a interpretuji výsledky z nich získané.

Data, která použiji ke zpracování diplomové práce, jsou získána z webových stránek Českého statistického úřadu a České národní banky.

# 2. Makroekonomický ukazatel HDP

## 2.1. Podstata HDP

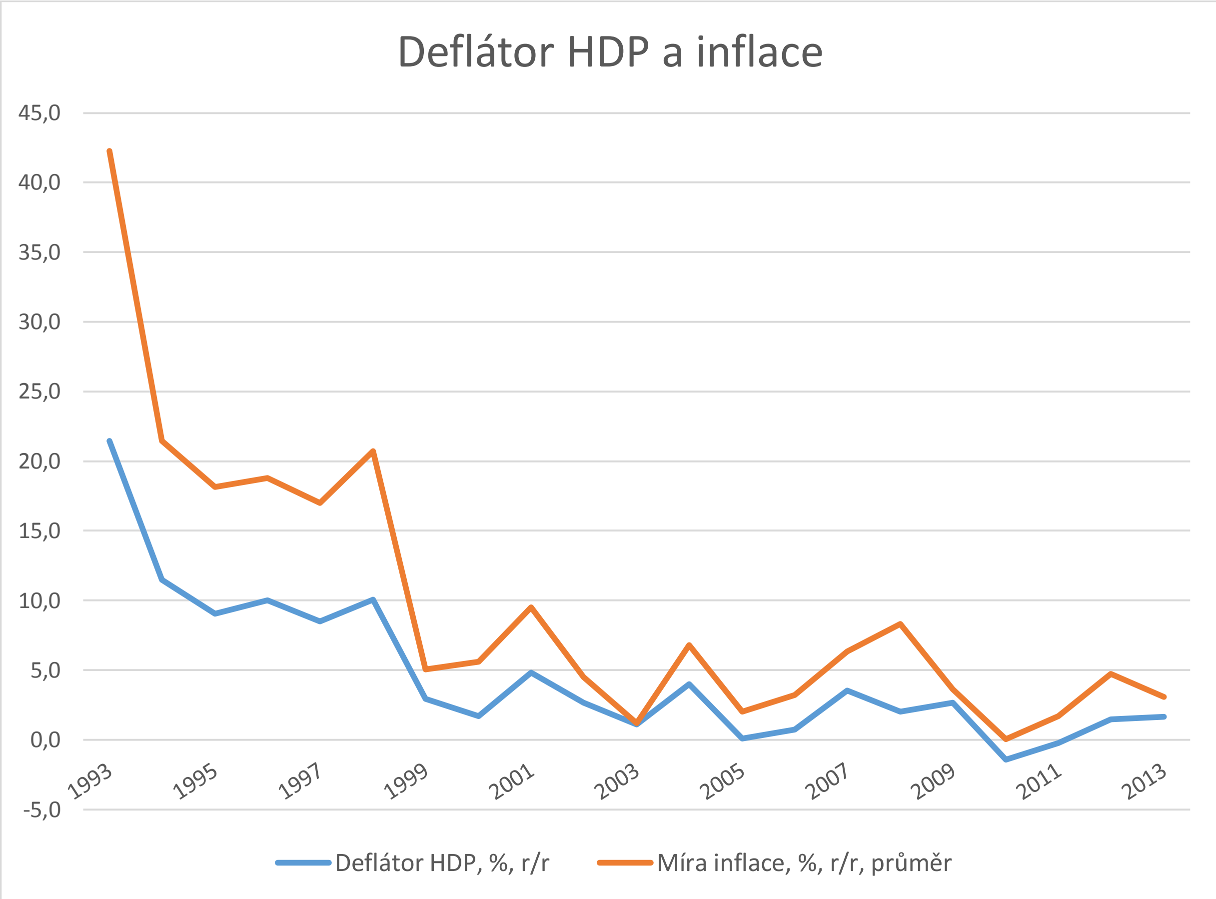
HDP neboli hrubý domácí produkt je jedním ze základních makroekonomických ukazatelů, stejně jako například inflace, saldo obchodní bilance nebo nezaměstnanost. Hrubý domácí produkt nám udává ekonomickou výkonnost země za určitý časový úsek, obvykle z pohledu hodnoty zboží a služeb, které se na daném území vyprodukují a spotřebují, nebo z pohledu statistického, čímž je výstup ze systému národních účtů. HDP vyjadřuje tržní hodnotu všech finálních statků a služeb vyrobených na území dané země za určité časové období. Hrubý domácí produkt je obvykle vyjadřován v peněžních jednotkách nebo v procentech. Obecným problémem tvorby hrubého domácího produktu bývá dvojitého započítávání statků v případě nesprávné oblasti, do které je statek započítáván.

U hrubého domácího produktu se rozlišují dva typy produktu a to nominální a reálný hrubý domácí produkt. Nominální HDP je vyjádřen v cenách běžného období, zatímco reálný HDP zachycuje změnu fyzického objemu produkce a je stanoven ve stálých cenách, což jsou ceny výchozího roku. Jak z výše uvedeného vyplývá, rozdíl mezi jednotlivými druhy HDP je dán změnou cen neboli inflací v jednotlivých letech, což neplatí pro rok výchozí. Aby byly eliminovány tyto cenové změny, využívá se tzv. deflátor, což je cenový index pro všechny podniky, kterým se měří míra cenových změn v dané ekonomice. Deflátor vyjadřujeme následovně:

$$deflátor\ HDP = \frac{nominální\ HDP}{reálné\ HDP} \cdot 100$$

**Rovnice 1: Deflátor HDP**

Výhodou deflátoru je skutečnost, že není postaven na spotřebním koši, ale zahrnuje v sobě komplexní změny cen všech statků napříč ekonomikou. Jak je možné pozorovat na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, podíl nominálního k reálnému HDP od roku 1993 dlouhodobě klesá. Pro porovnání je v grafu uvedena inflace, což je ukazatel, který je například vyjádřen jako průměrný cenový index daného roku. Mezi cenové indexy patří deflátor HDP, proto je průběh inflace a deflátoru tak podobného charakteru, jako index spotřebitelských cen a index cen výrobců.




**Graf 1: Deflátor HDP a inflace 1993-2013, graf sestavila autorka dle dat ČSÚ**

Hrubý domácí produkt se vytváří ve třech sektorech:

- Primární
    - Primární sektor je sektorem prvovýroby, což je např. zemědělství, lesnictví nebo zpracování surovin.
- Sekundární
    - Tento sektor obsahuje především zpracovatelský průmysl, zahrnujeme do něj veškerou průmyslovou výrobu.
- Terciární
    - Terciární sektor zaujímá služby, do kterých řadíme i poskytování finančních prostředků nebo výrobků.

HDP je stanoven Českým statistickým úřadem na základě dat, která jsou získána od vybraných subjektů. Pomocí tohoto vzorku je hrubý domácí produkt odhadován na celém území, tedy za všechny subjekty včetně těch, které data neposkytly. Tato metodika se nazývá systémem národních účtů.

## 2.2. Konstrukce

HDP je možné ekonomicky definovat resp. vyjádřit třemi základními metodami:

1. Produkční metoda (někdy též zvaná výrobní)

$$HDP = Produkce - Mezispotřeba + Daně\ z\ produktů - Dotace\ na\ produkt$$

**Rovnice 2: Výpočet HDP produkční metodou**

Obecně produkční metoda spočívá v součtu přidaných hodnot na jednotlivých stupních produkce v jednotlivých sektorech. Produkce – mezispotřeba se též nazývá hrubá přidaná hodnota. K této hodnotě se přičítají daně. Nakonec odečteme dotace, protože se jedná o opak daní, odliv peněz od státu směrem k soukromým subjektům.

2. Výdajová metoda

$$\begin{aligned} HDP = {} & Výdaje\ na\ konečnou\ spotřebu + Tvorba\ hrubého\ kapitálu \\ & + Vývoz\ výrobků\ a\ služeb - Dovoz\ výrobků\ a\ služeb \end{aligned}$$

**Rovnice 3: Výpočet HDP výdajovou metodou**

U výdajů na konečnou spotřebu sčítáme:

a. Výdaje domácností na spotřebu, což zahrnuje statky krátkodobé (např. potraviny) a dlouhodobé (např. automobil) spotřeby a služby (např. vzdělání),
b. Výdaje vlády na nákupy výrobků a služeb a transfery

Tvorba hrubého kapitálu zahrnuje výdaje na investice, u kterých zohledňujeme investice do fixního kapitálu (např. nové výrobní haly) a investice do zásob.

c. Vývoz výrobků a služeb a dovoz výrobků a služeb dohromady určuje čistý export, který zvyšuje HDP. Import HDP nezvyšuje.

3. Důchodová metoda

$$\begin{aligned} HDP = {} & Náhrady\ zaměstnancům + Daně\ z\ výroby\ a\ z\ dovozu - Dotace \\ & + Čistý\ provozní\ přebytek + Čistý\ smíšený\ důchod \\ & + Spotřeba\ fixního\ kapitálu \end{aligned}$$

**Rovnice 4: Výpočet HDP důchodovou metodou**

Tato metoda výpočtu HDP je složena z pěti položek, pomocí kterých se HDP důchodovou metodou počítá.

a. Náhrady zaměstnancům neboli mzdy.
b. Daně a dotace - postup analogický jako u metody produkční.
c. Čistý provozní přebytek – zisk.

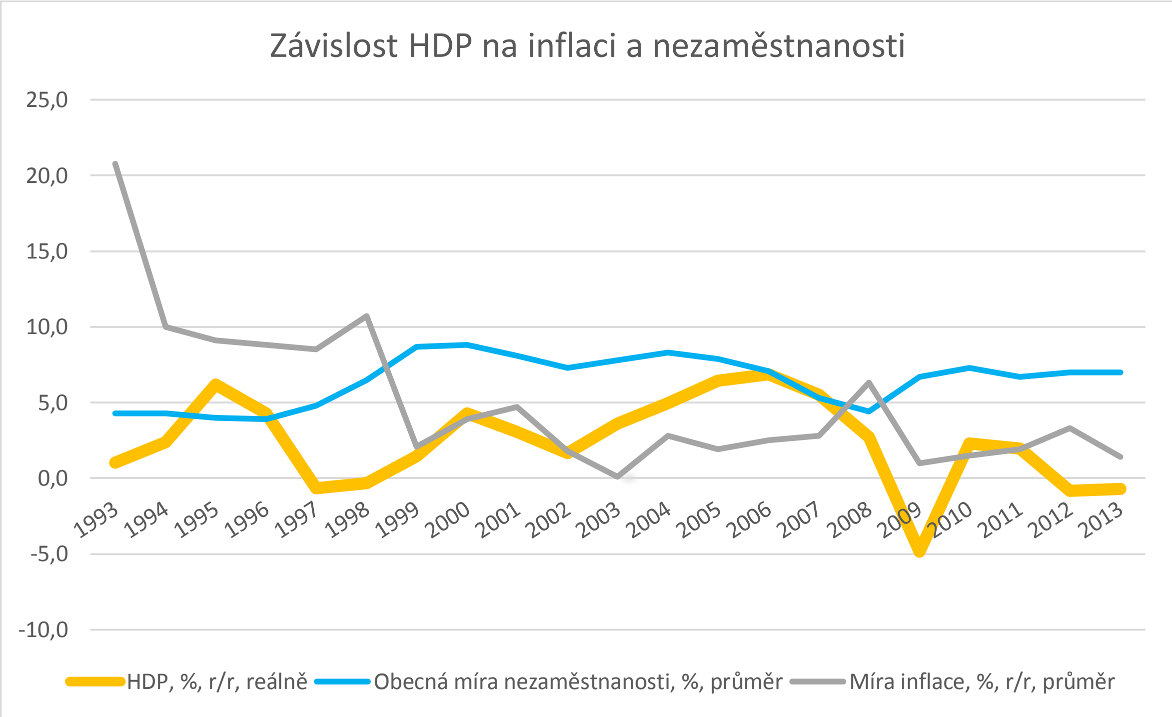
d. Čistý smíšený důchod - renta.
e. Spotřeba fixního kapitálu - opotřebení kapitálu - odpisy, které mohou být jak morální tak fyzické.

Každá z těchto metod využívá pro výpočet ceny, které dělíme na ceny běžného období a stálé ceny. Běžné ceny určují hodnotu statku či služby v období, ve kterém byly vytvořeny. Jsou úzce spojeny s nominálním HDP. Naproti tomu stálé ceny určují hodnotu k základnímu roku a vztahují se k reálnému HDP. I přesto, že důvod rozlišení nemusí být zřejmý na první pohled, běžné ceny jsou očištěny od trendu vyvolaného změnou cenové hladiny, což umožňuje analýzu závislosti na tomto makroekonomickém ukazateli.

HDP je stanoven jednou za čtvrtletí Českým statistickým úřadem. Data ze státního sektoru jsou poskytována Ministerstvem financí ČR, platební bilance je sestavována Českou národní bankou, data týkající se pojištěnců jsou získána z České správy sociálního zabezpečení.

### 2.2.1. Ukazatele ovlivňující HDP

Hrubý domácí produkt je složený makroekonomický ukazatel, což znamená, že je ovlivňován jinými ukazateli a je to zřejmé i z jeho konstrukce a sektorů, ve kterých se vytváří. Vzhledem k tomu, že napříč sektory se utváří i další makroekonomické ukazatele, jako jsou inflace, saldo obchodní bilance a nezaměstnanost, je možné u těchto tří ukazatelů pozorovat jistou vzájemnou závislost. Tyto závislosti též vyplývají z metod výpočtu HDP, kde do výpočtu vstupuje čistý export nebo daně a dotace. V **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** níže je pozorován průběh HDP, inflace a nezaměstnanosti v průběhu posledních 20 let. HDP je uveden ve stálých cenách roku 2010, inflace je definována průměrným růstem resp. poklesem a nezaměstnanost je uváděna jako procentní obecná míra nezaměstnanosti. U inflace nelze jednoznačně určit, zda je vliv na HDP pozitivní či negativní, protože inflace vzniká dvěma různými způsoby, jak je popsáno dále.

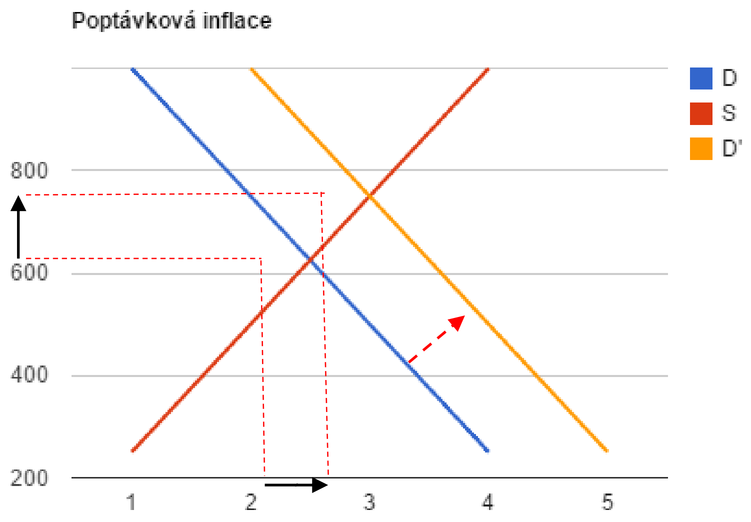



**Graf 2: Závislost HDP na inflaci a nezaměstnanosti, graf sestavila autorka dle dat ČSÚ**

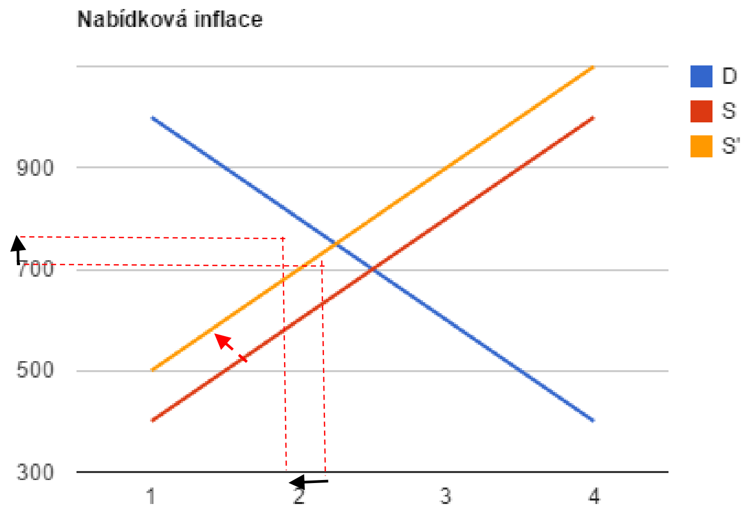
U nezaměstnanosti je možné pozorovat menší výkyvy než u inflace a HDP, což je dáno tím, že stát může do jisté míry regulovat tento ukazatel. Používá k tomu různé prostředky od úpravy vzorku populace, z kterého se průměrná nezaměstnanost vypočítává, až po investice státu do ekonomiky a tím krátkodobého snížení nezaměstnanosti.

Zhruba od roku 1999 je možné v grafu pozorovat zvýšenou závislost HDP na inflaci. Kromě toho je HDP závislý na saldu obchodní bilance a veškerých investicích, které se na daném území v daném čase uskuteční. Zvýšená závislost HDP na inflaci nemusí být pozitivní, jak již bylo zmíněno. Inflaci se dělí na poptávkovou a nabídkovou. Zatímco poptávková inflace je způsobena zvýšením příjmů, tudíž možností více nakupovat, nabídková inflace vzniká ve chvíli, kdy se méně vyrábí, poptávka zůstává stejná, a tudíž dochází k nárůstu ceny zboží a služeb.

Více o aplikaci makroekonomických ukazatelů bude uvedeno v kapitole 8 Tvorba vlastního modelu pro prognózy.




**Obrázek 1: Poptávková inflace, autorka**




**Obrázek 2: Nabídková inflace, autorka**

### 2.2.2. Význam HDP pro ekonomiku

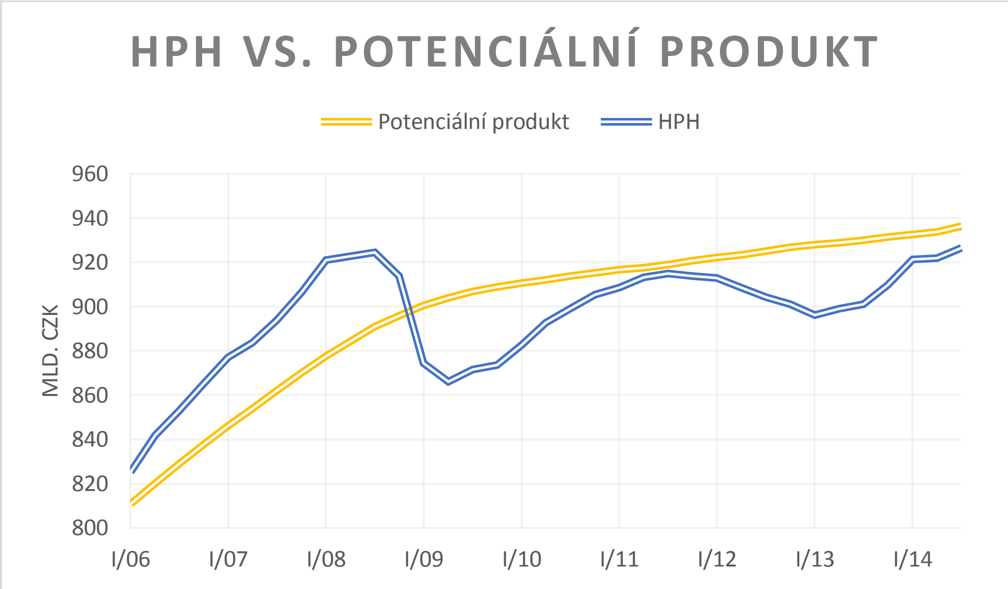
Jako již bylo zmíněno, HDP určuje výkonnost ekonomiky. Obecně lze říci, že vyjadřuje spotřebu ekonomiky, neboli za co daná ekonomika vydává prostředky. HDP nesleduje způsob, jakým do ekonomiky tyto prostředky ke spotřebě přicházejí. Pokud bude HDP přirovnán k podniku, v oblasti zájmu jsou pouze výdaje, tedy provozní výdaje a investice, nikoliv příjmy. Obecně ale nemůžeme mikroekonomický podnik připodobňovat k makroekonomii. I přesto to znamená, že HDP sice ukazuje výkonnost, ale nikoliv bohatství, pouze s dalšími ukazateli je možné relevantně charakterizovat výkonnost příslušné ekonomiky. Pokud si totiž daný stát, domácnost či společnost neustále půjčuje na své výdaje, jejich výkonnost je vysoká, ale není možná do nekonečna. Toto už věděl Tomáš Baťa v roce 1932, který řekl: *„HDP nám říká, co se s přírůstky bohatství stalo a ne co je vytvořilo.“* (1)

Obecně je nutné se zabývat myšlenkou, jaké jsou dopady neznalosti významu HDP a dopady této neznalosti na rozhodování a celou ekonomiku. Rostoucí zadluženost může vést ke vzniku problémů dané ekonomiky, v případě, že je orientovaná pouze na růst HDP. Dalším problémem, který je možné indikovat je fakt, že se do HDP dané ekonomiky započítávají i prostředky, které plynou do zahraničí, pro příklad se jedná především o dividendy. Aby byla informace o významu dopadu HDP kompletní, je nezbytné HDP s něčím porovnávat. Nejvhodnějším ukazatelem k porovnání je potenciální produkt, který udává nejvyšší udržitelný ekonomický výstup při průměrném využití ekonomiky. Ministerstvo financí však ve své Makroekonomické predikci ČR porovnává potenciální produkt s hrubou přidanou hodnotou (HPH). (3) Rozdíl mezi HDP a HPH je minimální, jedná se pouze o rozdíl ve způsobu výpočtu.

$$HPH = Produkce - Mezispotřeba$$

**Rovnice 5: Hrubá přidaná hodnota**

Na rozdíl od HDP počítaného produkční metodou se do HPH nezapočítávají daně z produktů a dotace na produkty. To znamená, že růst není ovlivněn například navýšením spotřební daně nebo změnou DPH.




**Graf 3: HPH vs. Potenciální produkt (3)**

Hrubá přidaná hodnota i hrubý domácí produkt by ve svém růstu respektive poklesu měly kopírovat potenciální produkt. To vychází ze samotné definice hrubé přidané hodnoty. Pokud je HPH resp. HDP nad potenciálním produktem, pak ekonomika produkuje více, než je její nejvyšší udržitelný ekonomický výstup, čímž musí nutně dojít k propadu produkce ekonomiky a tím i HPH a HDP. Z těchto důvodů je jasné, že nestačí, aby rostl hrubý domácí produkt nebo hrubá přidaná hodnota, ale je také nutné aby tento růst výrazně nepřevyšoval potenciální produkt jak absolutně tak z hlediska trendu tohoto růstu.

# 3. Ekonometrické modely

## 3.1. Specifikace ekonometrických modelů

Pojmem ekonometrické modely se rozumí matematicko-statistické modely, které formulují ekonomické hypotézy - každý model se snaží charakterizovat skutečný jev prostřednictvím zjednodušení. Jeho cílem je především vysvětlit a predikovat chování reality. Jednoduše řečeno vyjadřuje vztah závisle proměnné na nezávisle proměnné.

Ekonometrické modely obecně rozdělujeme do dvou skupin:

1. Statické

   Statické modely nepočítají s časovým vývojem, tudíž daný statistický ukazatel je zachycen pro určitý okamžik.

2. Dynamické

   U dynamického modelu se předpokládá časový vývoj, což znamená, že nezávislé proměnné vytváří časovou řadu.

V následujících kapitolách budou popsány principy lineárních regresních modelů obecně, avšak v části aplikace lineárního regresního modelu bude brán důraz na dynamické modely, které se zaměřují na analýzu časových řad, to je i případ hrubého domácího produktu. Jejich popis vychází z obecného lineárního regresního modelu jeho zobecněním. Ekonometrické modely lze také rozlišit z jiného hlediska na:

1. Jednoduché modely

   Mezi jednoduché modely řadíme časové řady, rovnice prvního řádu a produkční funkce, jedná se o jednorovnicový model.

2. Složené modely

   Složenými modely rozumíme vícerozměrné regresní modely, které jsou tvořeny soustavou zdánlivě nezávislých nebo zcela nezávislých rovnic. Složeným modelem ho též nazýváme proto, že každou z rovnic lze zkoumat zcela separovaně jako jednoduchý model.

U všech ekonometrických modelů rozlišujeme čtyři typy proměnných, o některých z nich již byla v této kapitole zmínka. Mezi tyto proměnné patří:

1. Endogenní proměnné, vnitřní proměnné označované jako y
2. Exogenní proměnné, vnější proměnné označované jako x

3. Predeterminované proměnné
4. Stochastické proměnné

### i. Endogenní proměnné

Endogenní proměnné jsou vysvětlovány lineárním regresním modelem a modelem simultánních rovnic, proto jsou též někdy nazývány jako vysvětlované proměnné, případně jako závislé proměnné, což je ve všech případech totéž, protože jejich hodnoty jsou vytvářeny modely na základě vstupů.

- $y_{it}$ – je i-tá proměnná v čase t

U endogenních proměnných by mělo být dodrženo pravidlo, že jejich počet by měl být roven počtu rovnic, které se v modelu vyskytují.

### ii. Exogenní proměnné

Exogenní neboli vnější jsou proměnné, které jsou tzv. vysvětlující, což znamená, že vysvětlují endogenní proměnné. Někdy jsou též nazývány nezávislé proměnné. Exogenní proměnné jsou obvykle označovány písmenem *x*, opět s indexy jako tomu bylo u endogenních proměnných.

- $x_i$ – je i-tá proměnná
- $x_{it}$ – je i-tá proměnná v čase t

### iii. Predeterminované proměnné

Ekonometrické modely lze rozdělit na statické a dynamické. Statické modely nejsou v mnoha případech dostačující, proto dochází k jejich dynamizaci, která může probíhat mnoha způsoby. Jedním z těchto způsobů je využití predeterminovaných proměnných. Predeterminované proměnné jsou exogenní proměnné, zatímco časově zpožděné jsou endogenní proměnné, které jsou využívány např. v simultánních modelech. V praxi to může vypadat tak, že endogenní proměnná je vysvětlována predeterminovanou proměnnou. Zápis by vypadal následovně:

$$y_t = a_0 + a_1 x_{t-1} + u_t,$$

**Rovnice 6: příklad využití predeterminovaných proměnných**

, kde nezávislá proměnná *x* má časové zpoždění 1, např. 1 rok.

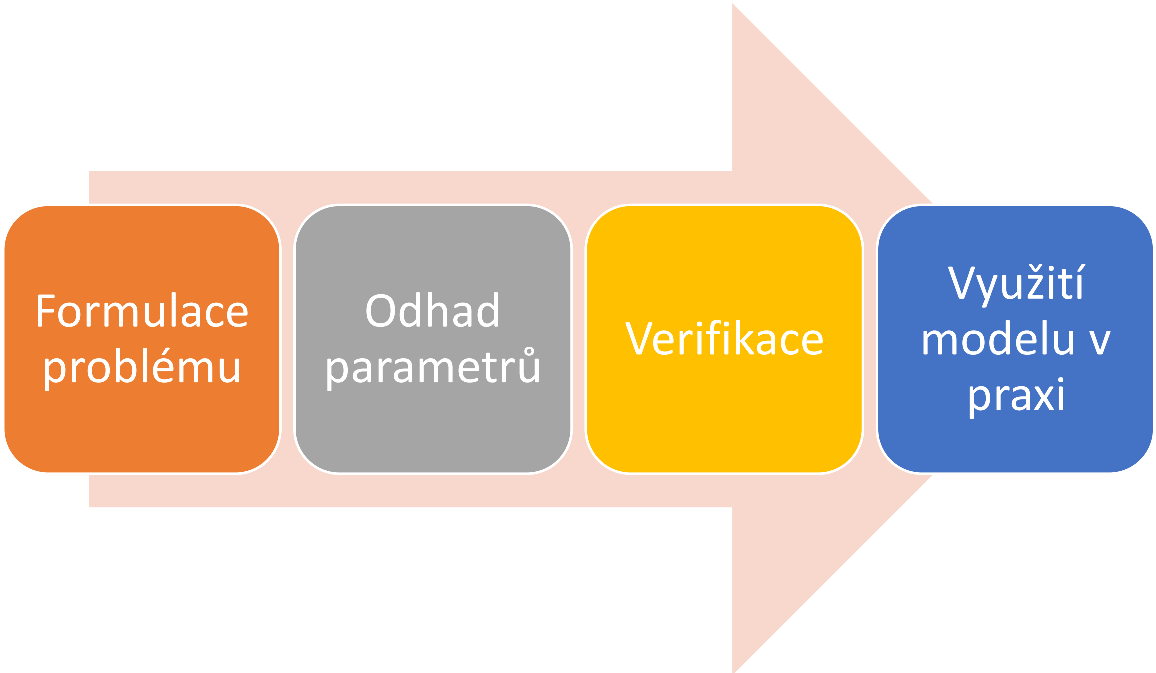
Predeterminovanými proměnnými mohou být zpožděné endogenní i exogenní proměnné.

iv. Stochastické proměnné

Stochastické proměnné jsou často nazývány náhodnými proměnnými nebo náhodnou složkou. V náhodné složce jsou obsaženy veškeré vlivy na endogenní proměnnou, které nejsou v modelu zachyceny. Kromě toho obsahuje další náhodné parametry, jako jsou například volba nevhodného základního souboru při měření a ostatní chyby měření či nevhodný výběr funkcí, které vedou ke zkreslení výsledků. Náhodná proměnná je obvykle označována písmenem *u,* viz Rovnice 6: příklad využití predeterminovaných proměnných.

## 3.2. Postup tvorby a zpracování modelů

Při tvorbě ekonometrických modelů by mělo být postupováno podle následujících pravidel:




**Obrázek 3: Postup vytváření ekonometrického modelu**

i. Formulace problému

U každého matematického modelu je nutné začít formulací problému, což v praxi znamená nejprve myšlenkově nadefinovat, co je cílem modelu a poté tyto myšlenky nadefinovat matematicky. Často se využívá zjednodušení reality, protože není možné do modelu zakomponovat všechny sebemenší složky, které výstup z modelu ovlivňují.

### ii. Odhad parametrů

Dalším krokem po tvorbě modelu je odhadnutí parametrů funkce, pomocí kterých je model vysvětlován. Pro tento odhad se obvykle využívá metoda nejmenších čtverců (MNČ), která bude podrobně rozebrána v následujících kapitolách.

### iii. Verifikace

Verifikace neboli ověření ekonometrického modelu je nezbytné před jeho aplikací. Cílem je posoudit, zda jsou odhadnuté parametry v souladu s výchozími hypotézami. U verifikace se zjišťuje reálnost modelu, statistická významnost parametrů, testují se hypotézy, které se týkají oblasti vlastností proměnných, analytického tvaru modelu nebo např. použitých zdrojů či dat. K tomuto využíváme čtyřkrokovou verifikaci:

1. Ekonomická

   Smyslem ekonomického ověření je zhodnotit správnost hodnot odhadnutých parametrů a působení nezávislých proměnných na závislé proměnné. V případě, že jsou hodnoty odhadnuty správně, lze zhodnotit, že parametry jsou v souladu s ekonomickými předpoklady a ekonometrický model znázorňuje celou nebo zjednodušenou ekonomickou problematiku, která byla předmětem zadání.
2. Statistická

   Krok statistické verifikace přezkoumává významnost a reálnost jak jednotlivých odhadnutých parametrů, tak celého modelu. V rámci ověření modelu je kontrolována jeho shoda s daty. Veškerá ověření probíhají pomocí statistických testů, jako jsou například testy významnosti u koeficientu determinace, Studentův t test nebo test významnosti dvou rozptylů, též známý jako F test.
3. Ekonometrická

   Dalším verifikačním krokem je ekonometrická verifikace, jejíž podstatou je ověřit předpoklady ekonometrických modelů. Smyslem je zhodnotit, zda jednotlivé metody, testy a techniky splňují podmínky nezbytné k úspěšné aplikaci.
4. Matematická

   Posledním verifikačním krokem je matematická verifikace. Smyslem tohoto ověření je zhodnotit, zda jsou vypočtené parametry správné, což je ověřováno tak, že průměrná hodnota endogenní proměnné se rovná teoretické hodnotě. Tuto teoretickou hodnotu dostaneme tak, že do modelu dosadíme průměrné hodnoty exogenních proměnných.

### iv. Využití modelu v praxi

Při tvorbě ekonometrických modelů by se mělo brát v úvahu využití těchto modelů v praxi. Obecně se v posledním kroku tvorby modelu rozhoduje o jeho praktickém využití. V případě, že by model nebyl využitelný v praxi, vracíme se opět na začátek ke tvorbě. Pokud je model prakticky využitelný, pak jej řadíme buď do oblasti prognostické, strukturální analýzy nebo simulace efektů.

Prognostická oblast se zabývá předpovědí endogenních proměnných do budoucna. Tato analýza se též nazývá model ex ante. U predikce je nutné brát v úvahu, že některé modely, které splňují veškeré nutné předpoklady, které byly uvedeny dříve, nemusí být pro oblast předpovědí vhodné.

Oproti tomu model ex post se zabývá jak strukturální analýzou, tak simulací efektů. Pomocí ex post modelu se zkoumá vliv změn a reakce závislých proměnných a je možné určit, s jakou přesností model tyto změny popisuje. Tyto simulace je možné komplexně porovnat s realitou.

Ekonometrické modely ex post i ex ante se zabývají především makroekonomickým modelováním spotřební funkce, analýzou funkcí investičních či dalšího modelování z oblasti fiskální a monetární politiky ke stanovení optimální hospodářské politiky.

V dnešní době je využití ekonometrických modelů čím dál rozšířenější, a to především díky tomu, že existuje celá řada simulačních programů, které usnadňují výpočty při desítkách až stovkách změn vstupů a snadno zanalyzují citlivost změny parametrů, dynamizují modely a mohou vytvářet i scénářové analýzy. Jednotlivé programy a jejich využití budou podrobně rozebrány v kapitolách Lineární regresní model a Simultánní modely.


**Obrázek 4: Časové vyjádření modelů ex post a ex ante**

# 4. Metoda nejmenších čtverců (MNČ)

Metoda nejmenších čtverců je nejčastěji využívanou metodou odhadu parametrů u ekonometrických modelů, jako je lineární regresní model, především s ohledem na svou jednoduchost a přesnost při malých populacích. Další výhodou MNČ je to, že dává základ pro odhad parametrů složitějších ekonometrických modelů.

Cílem metody nejmenších čtverců je bodový odhad parametrů $a_0, a_1, \cdots, a_k$ nebo též níže označených jako $a, b, \dots, z$ pomocí nalezení minimální hodnoty součtů druhých mocnin, neboli čtverců, odchylek teoretických nebo vyrovnaných hodnot závislé proměnné. Pro použití této metody je nezbytné dodržet následující dvě podmínky.

1. Součet rozdílů teoretických a skutečných hodnot závislé proměnné je nulová.

$$\sum_{i=1}^{n}(y_i - Y_i) = 0,$$

**Rovnice 7: První podmínka MNČ**

, kde

$y_i$ … předpokládaná proměnná a

$Y_i$ … skutečná proměnná

2. Součet druhých mocnin odchylek předpokládaných a skutečných hodnot závislé proměnné je minimální.

$$\sum_{i=1}^{n}(y_i - Y_i)^2 = MIN!$$

**Rovnice 8: Druhá podmínka MNČ**

Při metodě nejmenších čtverců odhadujeme parametry nejčastěji pomocí vyrovnání lineární, kvadratickou (paraboly), nelineární exponenciální funkcí, rovnoosou hyperbolou nebo k-transformací. U časových řad není příliš vhodné vyrovnávat logaritmickou funkcí nebo rovnoosou hyperbolou. Po popisu metody nejmenších čtverců u funkcí s jednou nezávislou proměnnou podrobně bude rozebrán postup této metody u lineárního regresního modelu, který obsahuje více exogenních proměnných.

Z podmínky metody nejmenších čtverců, tj. hledáním extrémů pro parametry analytických funkcí dostaneme normální rovnice pomocí dosazení předpisu do předpokladu MNČ a následného výpočtu soustavy parciálních diferenciálních rovnic. Ze soustavy normálních rovnic jsou na závěr vypočítány bodové odhady parametrů.

## 4.1. Lineární funkce

Nejjednodušší funkce, z které odhadujeme parametry, je lineární.

$$Y_i = ax + b$$

**Rovnice 9: Obecný zápis lineární funkce**

Po přepisu lineární funkce dle předpokladů metody nejmenších čtverců dostáváme:

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - y_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} (ax + b - y_i)^2 = MIN!$$

**Rovnice 10: Dosazení lineární funkce do podmínky MNČ**

Při hledání extrému je nutnou a první podmínkou:

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n} (ax_i + b - y_i) \cdot x_i = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial b} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n} (ax_i + b - y_i) \cdot 1 = 0$$

**Rovnice 11: Soustava rovnic prvních parciálních derivací při hledání extrému u lineární funkce**

Získaná soustava normálních rovnic má tvar:

1. $\sum_i y_i x_i = a \cdot \sum_i {x_i}^2 + b \sum_i x_i$
2. $\sum_i y_i = a \cdot \sum_i x_i + n \cdot b$

**Rovnice 12: Soustava normálních rovnic lineární funkce**

Liché centrované momenty jsou nulové.

$$\sum_{i=1}^{n} (x_i - x)^k = 0,$$

, kde $k = 2n + 1, n \in N$

Nejprve provedeme transformaci na časové ose, kde

$y_i$ je hodnota časové řady a

$t_i$ je daný rok

Pak průměrný rok je dán následujícím vztahem:

$$\bar{t} = \frac{\sum_i t_i}{n}$$

**Rovnice 13: Průměrný rok lineární funkce**

Definujeme novou proměnnou $x_i$, kde

$$x_i = t_i - \bar{t}$$

**Rovnice 14: Definování nové proměnné x**

Po návratu k prvnímu předpokladu MNČ, který nám říká, že:

$$\sum_{i=1}^{n} (t_i - \bar{t}) = 0 = \sum_{i=1}^{n} x_i$$

**Rovnice 15: Dosazení nové proměnné do podmínky MNČ**

Pro rovnoměrné uspořádání času pak platí:

$$\sum_{i=1}^{n} (t_i - \bar{t})^3 = \sum_{i=1}^{n} (t_i - \bar{t})^5 = \cdots = \sum_{i=1}^{n} (t_i - \bar{t})^{2n-1} = 0$$

**Rovnice 16: Nulovost lichých centrovaných momentů**

Po vynulování lichých mocnin dostáváme následující tvar:

$$\sum_i y_i x_i = a \cdot \sum_i {x_i}^2$$

$$\sum_i y_i = n \cdot b$$

**Rovnice 17: Zjednodušené normální rovnice pro lineární funkci**

Vyjádřením parametrů a, b získáme odhadované výsledné parametry:

$$a = \frac{\sum_i y_i x_i}{\sum_i {x_i}^2}$$

$$b = \frac{\sum_i y_i}{n}$$

**Rovnice 18: Vzorce pro výpočet parametrů při vyrovnání pomocí lineární funkce**

Bodové odhady mají tvar:

$$a = \frac{\sum_i y_i \cdot (x_i - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

$$b = \frac{\sum_i y_i}{n}$$

**Rovnice 19: Bodové odhady parametrů lineární funkce**

Dosazením exogenní proměnné při známých regresních parametrech dostaneme významné hodnoty.

## 4.2. Kvadratická funkce

Kvadratická funkce má tvar:

$$Y_i = ax^2 + bx + c$$

**Rovnice 20: Obecný zápis kvadratické funkce**

$$F(a,b,c) = \sum_{i=1}^{n}(Y_i - y_i)^2 = \sum_{i=1}^{n}(ax^2 + bx + c - y_i)^2 = MIN!$$

**Rovnice 21: Dosazení kvadratické funkce do podmínky MNČ**

Celý předchozí postup aplikujeme a získáme nejprve následující soustavu rovnic parciálních derivací a poté soustavu normálních rovnic.

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n}(ax_i^2 + bx_i + c - y_i) \cdot x_i^2 = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial b} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n}(ax_i^2 + bx_i + c - y_i) \cdot x_i = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial c} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n}(ax_i^2 + bx_i + c - y_i) \cdot 1 = 0$$

**Rovnice 22: Soustava rovnic parciálních derivací při hledání extrému u kvadratické funkce**

$$\sum_i y_i x_i^2 = a \cdot \sum_i {x_i}^4 + b \sum_i x_i^3 + c \sum_i x_i^2$$

$$\sum_i y_i x_i = a \cdot \sum_i {x_i}^3 + b \sum_i x_i^2 + c \sum_i x_i$$

$$\sum_i y_i = a \cdot \sum_i {x_i}^2 + b \sum_i x_i + c \cdot n$$

**Rovnice 23: Soustava normálních rovnic pro kvadratickou funkci**

Regresí parametry a, b, c paraboly lze stanovit s využitím maticového počtu např. Cramerovým pravidlem.

$$A^T \cdot Ax = \begin{bmatrix} \sum_i x_i^4 & \sum_i x_i^3 & \sum_i x_i^2 \\ \sum_i x_i^3 & \sum_i x_i^2 & \sum_i x_i \\ \sum_i x_i^2 & \sum_i x_i & n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i y_i x_i^2 \\ \sum_i y_i x_i \\ \sum_i y_i \end{bmatrix}$$

**Rovnice 24: Maticový zápis soustavy normálních rovnic pro parabolu**

Transformací do průměru $x_i - x$ získáme:

$$\sum_i y_i x_i^2 = a \cdot \sum_i x_i{}^4 + c \sum_i x_i^2$$

$$\sum_i y_i x_i = b \sum_i x_i^2$$

$$\sum_i y_i = a \cdot \sum_i x_i{}^2 + c \cdot n$$

**Rovnice 25: Zjednodušené normální rovnice pro kvadratickou funkci**

Řešením jsou regresní parametry a, b, c dle vztahů:

$$a = \frac{n \cdot \sum_i x_i^4 \cdot \sum_i y_i - \sum_i x_i^4 \cdot \sum_i y_i}{n \cdot \sum_i x_i^2 \cdot \sum_i x_i^4 - \sum_i x_i^2 \cdot \sum_i x_i^2 \cdot \sum_i x_i^2}$$

$$b = \frac{\sum_i x_i y_i}{\sum_i x_i}$$

$$c = \frac{\sum_i y_i \cdot \sum_i x_i^4 - \sum_i x_i^2 \cdot \sum_i x_i^2 \cdot \sum_i y_i}{n \cdot \sum_i x_i^4 - \sum_i x_i^2 \cdot \sum_i x_i^2}$$

**Rovnice 26: Vzorec pro odhad parametrů kvadratické funkce**

Nyní po úpravě s využitím vlastností matic jako jsou determinant a Cramerovo pravidlo dostáváme výše zmíněné parametry i v maticovém vyjádření.

## 4.3. Exponenciální funkce

Exponenciální funkce má rovnici:

$$Y_i = a \cdot b^{x_i}$$

**Rovnice 27: Obecný zápis exponenciální funkce**

Metoda nejmenších čtverců vyjadřuje lineární funkci z hlediska jejich parametrů. V našem případě toho dosáhneme zlogaritmováním funkce.

$$\log Y_i = \log a + x_i \cdot \log b$$

**Rovnice 28: Zlogaritmovaná exponenciální funkce**

Opět aplikujeme postup, který byl zmíněn v předchozích kapitolách, Lineární funkce a Kvadratická funkce. Hledání volného extrému aplikujeme:

$$F(a,b) = \sum_{i=1}^{n} (\log Y_i - \log y_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} (\log a + x_i \cdot \log b - \log y_i)^2 = MIN!$$

**Rovnice 29: Dosazení exponenciální funkce do předpokladu MNČ**

Úpravou získáme soustavu rovnic parciálních derivací:

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n} (\log a + x_i \cdot \log b - \log y_i) \cdot n = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial b} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n} (\log a + x_i \cdot \log b - \log y_i) \cdot x_i = 0$$

**Rovnice 30: Soustava rovnic parciálních derivací exponenciální funkce**

Z toho získáme:

$$\sum_i \log y_i = \log a \cdot n + \log b \cdot \sum_i x_i$$

$$\sum_i \log y_i \cdot x_i = \log a \sum_i x_i + \log b \cdot \sum_i x_i^2$$

**Rovnice 31: Soustava normálních rovnic pro exponenciální funkci**

Hledáme regresní parametry a, b.

$$\sum_i \log y_i = \log a \cdot n$$

$$\sum_i \log y_i \cdot x_i = \log b \cdot \sum_i x_i^2$$

**Rovnice 32: Soustava zjednodušených normálních rovnic pro exponenciální funkci**

Po vyjádření:

$$\log a = \frac{\sum_i \log y_i}{n}$$

$$\log b = \frac{\sum_i x_i \cdot \log y_i}{\sum_i x_i^2}$$

**Rovnice 33: Vzorec pro odhadnuté parametry exponenciální funkce**

Odlogaritmováním dostaneme:

$$a = 10^{\frac{\sum_i y_i}{n}}$$

$$b = 10^{\frac{\sum_i x_i \cdot \log y_i}{\sum_i x_i^2}}$$

**Rovnice 34: Odlogaritmované parametry exponenciální funkce**

Abychom na závěr ověřili, že vyrovnání exponenciálou bylo vhodnou volbou, otestujeme ho a porovnáme s ostatními volbami. Způsobu testování se budeme věnovat v dalších kapitolách.

## 4.4. K-Transformace

K-transformace umožňuje dle volby transformační konstanty získat celý soubor funkcí. Jejím předpisem je:

$$Y_i = (a + b \cdot x_i)^{\frac{1}{k}}$$

**Rovnice 35: Základní předpis funkce K-transformace**

Prvním extrémem této funkce je, jak jsme zmínili, přímka pro $k = 1$.

$$Y_i = a + b \cdot x_i$$

**Rovnice 36: Přímka - extrém K-transformace**

Druhým zmiňovaným extrémem je exponenciála, pro $k \to 0$.

$$Y_i = a \cdot b^{x_i} \to \log Y_i = \log a + x_i \cdot \log b$$

**Rovnice 37: Exponenciála - extrém K-transformace**

U funkce je důležitým faktorem vhodná volba konstanty k, která by měla být volena dle vlastností časové řady.

| | |
|---|---|
| $k < 0$ | časová řada roste rychleji než exponenciála |
| $k \in (0; 1)$ | časová řada roste rychleji než přímka a zároveň pomaleji než exponenciální funkce |
| $k > 1$ | časová řada roste pomaleji než přímka |

**Rovnice 38: Volba konstanty k**

Než přejdeme ke kroku tvorby soustavy parciálních diferenciálních rovnic, provedeme vhodnou Z-transformaci, abychom odstranili konstantu k.

$$Z_i = Y_i^k, pokud\ k \neq 0$$

**Rovnice 39: Transformace při k různém od 0**

$Z_i = \log Y_i, pokud\ k = 0$

**Rovnice 40: Transformace při k=0**

Nyní přepíšeme předpis funkce do tvaru po transformaci, kde se budeme zabývat pouze transformací z Rovnice 39, protože jak již bylo řečeno, transformace z Rovnice 40 je de facto exponenciálou.

$Z_i = a + b \cdot x_i$

**Rovnice 41: Funkce upravená po transformaci**

Jak nyní můžeme pozorovat, jedná se o přímku, tudíž veškeré další úpravy postupují obdobně, jako je tomu v kapitole 4.1, kde postupnými úpravami dospějeme k normálním rovnicím, které jsou obdobné jako ve zmíněné kapitole.

$$\sum_i z_i = a \cdot n$$

$$\sum_i z_i \cdot x_i = b \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i^2$$

**Rovnice 42: Soustava normálních rovnic K-transformace**

Z normálních rovnic opět dostaneme parametry $a$ a $b$, které jsou stejné jako u lineární funkce.

$$a = \frac{\sum_i z_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum_i z_i \cdot x_i}{\sum_i x_i^2}$$

**Rovnice 43: Odhad parametrů k-transformace**

# 5. Lineární regresní model

## 5.1. Úvod do problematiky

V rámci regresní analýzy je odhadována závislá proměnná a ostatní proměnné jsou předem stanoveny tvůrcem tohoto modelu a nazývají se nezávislé proměnné. Obecně je cílem regresní analýzy stanovení trendu, průběhu či prognózy pomocí co nejvhodnější funkce. Pomocí lineární regrese je možné například odhadovat vývoj nezaměstnanosti, stanovit trend zisků společností apod. V regresní analýze rozlišujeme jednorozměrné a vícerozměrné modely. Mezi vícerozměrné modely patří i lineární regresní model, zkráceně LRM, protože jedna závislá proměnná se vyjadřuje pomocí dvou a více nezávislých proměnných. U všech regresních modelů se pracuje s předpokladem, že všechny proměnné jsou stochastické neboli náhodné.

## 5.2. Zápis LRM

Obecně je možné zapsat lineární regresní model několika způsoby:

1) Maticově

$$Y = X \cdot a + u,$$

**Rovnice 44: Maticový zápis LRM**

Podrobná matice statického modelu je sestavena následujícím způsobem:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{1j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{i1} & \cdots & x_{ij} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_1 \\ \vdots \\ u_i \end{bmatrix}$$

**Rovnice 45: Podrobný maticový zápis LRM**

Kde $x_{ij}$ je i-té pozorování j-té proměnné

2) Obecně jako jednorovnicový model

$$y_i = a_0 + a_1 \cdot x_{i1} + a_2 \cdot x_{i2} + \cdots + a_k \cdot x_{ik}, \text{ kde}$$

**Rovnice 46: Zápis LRM**

$y_i$ závislá proměnná

$x_i$ nezávislá proměnná

$k$ počet nezávisle proměnných

$i$ i-tá napozorovaná hodnota závislé proměnné

$a$ parciální regresní koeficient

$u_i$ náhodná složka

## 5.3. Řešení lineárních regresních modelů

a. Střední hodnota náhodné složky n-rozměrného vektoru je nulová, což znamená, že náhodná složka nepůsobí trvalým způsobem na hodnotu endogenní proměnné.

$E(u_i) = 0$, pro všechna $i=1, 2, \ldots, n$

b. Homoskedasticita náhodné odchylky znamená, že rozptyl náhodných odchylek je konstantní a tudíž nezávislý na hodnotě exogenní proměnné.

$var\ (u_i) = E(u_i) = \sigma^2$, pro všechna $i=1, 2, \ldots, n$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})^2}{n}$$

c. Náhodná složka je nekorelovatelná, z toho vyplývá, že kovariance mezi náhodnými odchylkami je nulová.

$Cov(u_i u_j) = 0$, pro všechna $i, j=1, 2, \ldots, n$

$$Cov(u_i u_j) = \frac{\sum_{i=j}(u_i - \bar{u})(u_j - \bar{u})}{n} = 0$$

d. Exogenní proměnné jsou náhodné neboli stochastické. Matice $X$ je stochastická.

e. Všechny sloupce matice $X$ jsou lineárně nezávislé, z čehož plyne, že žádný sloupec není kombinací žádných dalších sloupců. To znamená, že hodnost matice $X$ je maximální.

$h(X) = k + 1 \leq n$, kde n je počet pozorování

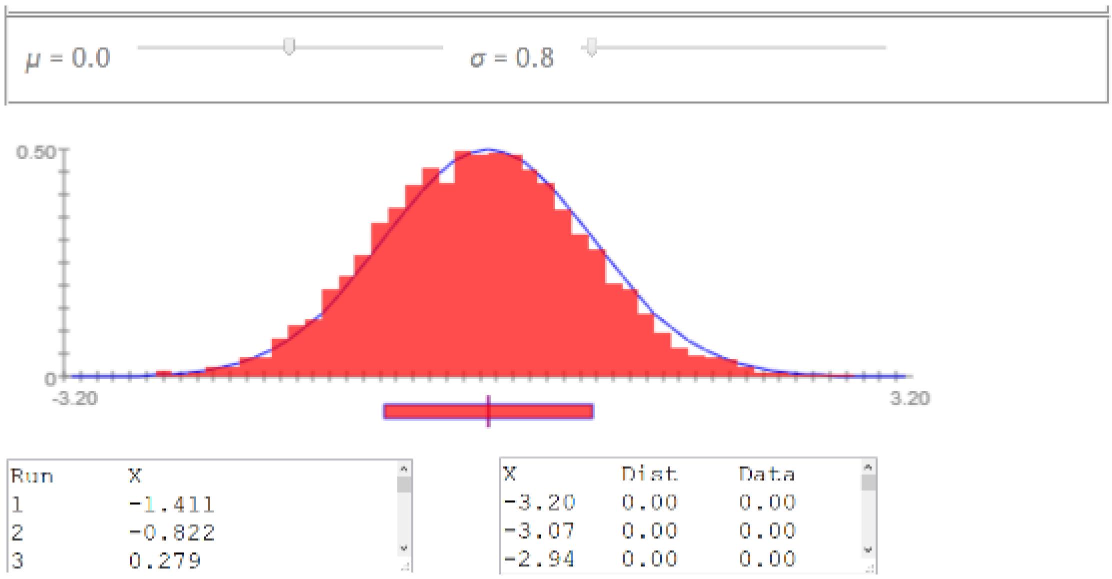
f. Náhodná složka $u_i$ má normální rozdělení

$N(\mu, \sigma^2)$, které platí pro všechna $i=1, 2, \ldots, n$, kde

$\mu$ je střední hodnota normálního rozdělení a

$\sigma^2$ je rozptyl normálního rozdělení

Pro ukázku normálního rozdělení byl zvolen online simulační program (3), u kterého je možné libovolně navolit vstup a počet iterací a výstup pravděpodobnostního rozdělení, kterého se má docílit. Pro zachování podmínky lineárních regresních modelů byl vstup navolen na $N\ (0;0{,}64)$, tedy pro střední hodnotu 0 dle bodu *a* a pro rozptyl 0,64, který je konstantní, což splňuje podmínku *b* o homoskedasticitě. Počet iterací byl nastaven na 10 000.




**Obrázek 5: Simulace normálního rozdělení (4)**

Z výše uvedené simulace jsou patrné odchylky od předpokládaného výsledku. Čím vyšší by byl zvolen počet iterací, tím přesnější by výstup byl. Z časových a kapacitních důvodů byl zvolen výše zmíněný počet iterací, i přesto byla celková doba simulace více než půl hodiny. U červeně zobrazeného rozdělení se vyskytla drobná odchylka v rozptylu, jehož výstupní hodnota je 0,624.

Z deklarované podmínky vyplývá, že normální rozdělení platí i pro endogenní proměnnou $Y$, jejíž náhodný vektor má n-rozměrné N rozdělení, kde vektor středních hodnot je roven $X \cdot a$ a kovarianční matice je na hlavní diagonále rovna rozptylům $\sigma^2$ a na ostatních pozicích jsou nuly, z toho vyplývá, že hodnoty náhodné složky jsou nekorelovatelné po dvojicích

g. Další podmínkou je, že vektor $a_j$ pro všechna $j=1, \dots, k$, může nabývat libovolných hodnot a nejsou na něj kladena žádná omezení.

h. Mimo výše zmíněné podmínky pro použití LRM by měly být dodrženy předpoklady metody nejmenších čtverců, což bylo aplikováno v předchozích kapitolách.

$$\sum_{i=1}^{n} (y_i - Y_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} (y_i - Y_i)^2 = MIN!$$

**Rovnice 47: Podmínky MNČ**

## 5.4. Aplikace MNČ u LRM

Stejně jako tomu bylo u modelů s jednou exogenní proměnnou, tak i u lineárních regresních modelů s dvěma a více nezávislými exogenními proměnnými je možné aplikovat metodu nejmenších čtverců. Aplikace metody je poněkud komplikovanější a místo využití elementárních funkcí využíváme rovin, případně více proměnných nadrovin.

Vícenásobná lineární regresní funkce, tedy stav, kdy na jednu endogenní proměnnou působí větší množství exogenních proměnných, je vyjádřena následujícím vztahem:

$$X_{0.12\cdots m} = a_{0.12\cdots m} + b_{01.2\cdots m} \cdot x_1 + b_{02.13\cdots m} \cdot x_2 + \cdots + b_{0m.12\cdots(m-1)} \cdot x_m$$

**Rovnice 48: Lineární vícenásobná regresní funkce**

$X_{0.12\cdots m}$ vyrovnaná hodnota endogenní proměnné $X_0$

$a_{0.12\cdots m}$ absolutní člen rovnice regresní funkce

$b_{01.2\cdots m}$ parciální regresní koeficient, jehož významem je vyjádření, o kolik se změní hodnota endogenní proměnné, jestliže se příslušná $x_1$ exogenní proměnná zvýší o jednotku a ostatní exogenní proměnné zůstanou nezměněny.

Po dosazení vícenásobné regresní rovnice roviny se dle metody nejmenších čtverců vyjádří normální rovnice.

$$X_{0.12} = a_{0.12} \cdot x_2 + a_{02.1} \cdot x_1 + b_{01.2}$$

**Rovnice 49: Rovnice roviny**

Pro názornost je pracováno s předpokladem, že se v modelu vyskytují tři exogenní proměnné.

$$\sum x_0 = a_{01.23} \cdot \sum x_3 + a_{02.13} \cdot \sum x_2 + a_{03.23} \cdot \sum x_1 + b \cdot n$$
$$\sum x_0 x_1 = a_{01.23} \cdot \sum x_1 x_3 + a_{02.13} \cdot \sum x_1 x_2 + a_{03.23} \cdot \sum x_1^2 + b \cdot \sum x_1$$
$$\sum x_0 x_2 = a_{01.23} \cdot \sum x_2 x_3 + a_{02.13} \cdot \sum x_2^2 + a_{03.23} \cdot \sum x_1 x_2 + b \cdot \sum x_2$$
$$\sum x_0 x_3 = a_{01.23} \cdot \sum x_3^2 + a_{02.13} \cdot \sum x_2 x_3 + a_{03.23} \cdot \sum x_1 x_3 + b \cdot \sum x_3$$

**Rovnice 50: Normální rovnice pro vícenásobnou lineární regresní funkci**

Další úpravy jsou obdobné jako u dvourozměrných funkcí, stejně tak je možné aplikovat transformaci do průměru nebo jiné druhy rovin, například s exponenciálním vyjádřením.

## 5.5. Tvorba a zpracování LRM

V kapitole 3. Ekonometrické modely bylo popsáno, že při tvorbě a zpracování lineárního regresního modelu se vychází z formulace problému, odhadu parametrů, verifikace a zjištění, zda je daný model využitelný v praxi.

V bodě formulace problému, je nezbytné brát v úvahu, zda nebyly opomenuty podstatné nezávislé proměnné a naopak ty nepodstatné byly z modely vypuštěny, aby jej dále nezahlcovaly daty. Nezbytným krokem je vhodná volba správné funkční formy modelu. Při odhadování parametrů je kladen důraz na jejich stabilitu a časovou neměnnost.

Při konstrukci a verifikaci LRM se postupuje podle jednoduchých kroků, které obsahují body, jež budou dále podrobněji popsány.

i. Odhad parametrů lineárního regresního modelu dle metody nejmenších čtverců.
ii. Posouzení ekonomické interpretace výsledků, které byly získány.
iii. Posouzení kvality modelu zjištěním odhadu reziduálního rozptylu a směrodatné odchylky parametrů modelu.
iv. Zhodnocení statistické významnosti parametrů modelu.
v. Určení koeficientu determinace, který vychází z rozkladu rozptylu a charakterizuje procentní vysvětlení endogenní proměnné exogenními.
vi. Otestování koeficientu determinace pomocí testu významnosti dvou rozptylů (F testu).
vii. Stanovení β koeficientů, které nám říkají, jak se změní endogenní proměnná, jestliže se exogenní proměnná změní o jednu směrodatnou odchylku a ostatní exogenní proměnné zůstanou nezměněné.
viii. Otestování výskytu autokorelace, což znamená, že existuje závislost časové řady na jedné nebo více předcházejících hodnotách té samé časové řady. Tento jev je testován pomocí Durbin-Watsonova testu autokorelace.
ix. Otestování homoskedasticity nebo heteroskedasticity náhodné složky pomocí Goldfeld-Quandtova testu.
x. Verifikace je téměř uzavřena a jejím posledním logickým krokem je otestování multikolinearity mezi exogenními proměnnými, čímž zjišťujeme, zda některá z exogenních proměnných není vysvětlována jinou exogenní proměnnou.

### i. Odhad reziduálního rozptylu a směrodatné odchylky parametrů

Pro porovnání kvality vyrovnání, tedy porovnání hodnot napozorovaných a vyrovnaných využíváme nejčastěji různé rozptyly, přičemž každý z nich porovnává něco jiného. Cílem je otestovat, zda je model ve shodě s daty. Kromě reziduálního rozptylu se může pro toto testování též využít rozptyl empirických hodnot y, který porovnává celkový součet čtverců. Další možností je rozptyl a jeho odhad vyrovnaných hodnot, který porovnává vysvětlené součty čtverců. Reziduální rozptyl se zabývá nevysvětleným součtem čtverců a je nejdůležitějším parametrem.

$$\hat{\sigma}_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - Y_i)^2}{n-p}, kde$$

**Rovnice 51: Odhad reziduálního rozptylu základního souboru**

p  počet odhadovaných parametrů

$přímka \quad p = 2$

$parabola \quad p = 3$

Kromě reziduálního rozptylu základního souboru je možné využít výběrového reziduálního rozptylu, který nebere v potaz počet odhadovaných parametrů.

$$s_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - Y_i)^2}{n} = \cdots = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \sum_{i=1}^{n} Y_i y_i}{n}$$

**Rovnice 52: Výběrový reziduální rozptyl**

Parametrem, který pomáhá zjistit kvalitu modelu, je také směrodatná odchylka, která určuje míru přesnosti souběžných výsledků. Směrodatná odchylka je odmocninou z rozptylu, pomocí níž se odstraňují nevýhodné vlastnosti rozptylu. Nevýhodnou vlastností může být například jednotka rozptylu. Pokud analyzovanou veličinou bude HDP v Kč, pak rozptyl bude vyjádřen v Kč$^2$, což není příliš vhodné pro porovnání. Vhodnější je použití směrodatné odchylky, která se vyjadřuje ve stejných jednotkách jako vstup, zde v Kč.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$$

**Rovnice 53: Směrodatná odchylka**

, kde *n* je počet pozorování.

### ii. Koeficient determinace

Koeficient determinace udává, z jaké části vysvětlují změny exogenních proměnných změnu endogenní proměnné. Hodnota koeficientu determinace se pohybuje mezi 0 a 100%. Samotný koeficient vychází z rozkladu rozptylu napozorovaných hodnot endogenní proměnné.

$$n \cdot s_y^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^{n} [(y_i - Y_i) + (Y_i - \bar{y})]^2 = \cdots = n \cdot s_R^2 + n \cdot s_Y^2$$

**Rovnice 54: Rozklad rozptylu**

$$s_y^2 = s_R^2 + s_Y^2 \;\; /\cdot \frac{1}{s_y^2}$$

$$1 = \frac{s_R^2}{s_y^2} + \frac{s_Y^2}{s_y^2} \;\rightarrow\; R^2 = \frac{s_Y^2}{s_y^2} = 1 - \frac{s_R^2}{s_y^2}$$

**Rovnice 55: Výpočet koeficientu determinace**

$s_R^2$ reziduální rozptyl

$s_Y^2$ rozptyl vyrovnaných hodnot endogenní proměnné

$R^2$ koeficient determinace

### iii. Test významnosti dvou rozptylů

Test významnosti dvou rozptylů neboli F test, vychází z předchozí podkapitoly, která se zabývá rozkladem rozptylu a výpočtem koeficientu determinace. F test posuzuje statistickou významnost koeficientu determinace při porovnávání reziduálního rozptylu a rozptylu vyrovnaných hodnot endogenních proměnných.

$$F = \frac{\frac{R^2}{k}}{\frac{(1 - R^2)}{(n - (k + 1))}}$$

**Rovnice 56: Testové kritérium F testu**

$k$ počet nezávisle exogenních proměnných

$n$ počet pozorování

$R^2$ koeficient determinace

$F$ Fisher-Snedecorovo rozdělení je funkcí $F(f_1, f_2, \alpha)$, kde

$f_1$ počet stupňů volnosti v čitateli, značený jako $k$

$f_2$ počet stupňů volnosti ve jmenovateli, značený jako $(n\text{-}(k+1))$

$\alpha$ hladina významnosti

Stejně jako pro jiné testování i zde platí, že nejprve je nezbytné stanovit nulovou hypotézu $H_0$ a poté hodnoty dosadit do nerovnosti:

$$F_{TEST} \geq F_{(\alpha, n-P_p, n-P_q)}$$

Vypočítané hodnoty jsou porovnávány s tabelovanými hodnotami, které jsou kritické. Na základě tohoto porovnání je buď zamítnuta nulová, nebo alternativní hypotéza ve prospěch alternativní resp. nulové hypotézy. Pokud je nulová hypotéza zamítnuta, parametr je statisticky nevýznamný.

iv. Stanovení β koeficientů

β je parciální regresní koeficient, který udává, o kolik směrodatných odchylek se změní endogenní proměnná, jestliže se exogenní proměnná zvýší o jednu směrodatnou odchylku a ostatní exogenní proměnné se nezmění.

Koeficienty β je možné vyřešit pomocí párových korelačních koeficientů, z kterých sestavíme korelační matici. Pokud bude LRM sestaven ze dvou exogenních proměnných, bude korelační matice 2x2, což je ukázáno na příkladu níže.

$$\beta_a = a \frac{s_1}{s_0}$$

$$\beta_b = b \cdot \frac{s_2}{s_0}$$

**Rovnice 57: β koeficient vyjádřený pomocí párových korelačních koeficientů**

$s_0$ směrodatná odchylka endogenní proměnné y

$s_1, s_2$ směrodatná odchylka exogenních proměnných $x_1$ a $x_2$

Pomocí β koeficientů dojde k úpravě normálních rovnic a dále dojde ke znormování exogenních proměnných.

Pokud je přítomna autokorelace, má tvar kovarianční matice následující strukturu:

$$E = \frac{\sigma_e^2}{1-\beta^2} \cdot \begin{bmatrix} 1 & \beta & \beta^2 & \cdots & \beta^{n-1} \\ \beta & 1 & \beta & \cdots & \vdots \\ \beta^{n-1} & \beta^{n-2} & \beta^{n-3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

**Rovnice 58: Kovarianční matice s koeficienty β při autokorelaci**

## v. Autokorelace dat

Autokorelace je jev, kdy po sobě jdou období, která jsou na sobě závislá, tedy jsou zkorelovaná v posloupnosti. Autokorelace může vzniknout z několika důvodů:

a. Exogenní proměnné nejsou navzájem nezávislé.
b. Nevhodná specifikace modelu spočívající například v nevhodné aproximaci.
c. Do náhodné složky je zahrnuta chyba měření endogenní proměnné.
d. Data v modelu jsou zprůměrovaná nebo extrapolovaná, tudíž mohou být pravidelně ovlivňována.

Otestování autokorelace je možné několika způsoby, nejrozšířenější a nejznámější z testů je Durbin-Watsonův test. Základem tohoto testu je předpoklad, že náhodná složka časové řady je modelována autoregresním modelem 1. řádu. Proto se v DW testuje následující vztah.

$$e_i = r_1 \cdot e_{i-1} + u_i$$

**Rovnice 59: Autoregresní model 1. řádu**

, přičemž

$e_i$ je napozorovaná hodnota náhodné složky

$e_i = y_i - Y_i$

$u_i$ je náhodná složka mající obvyklé vlastnosti

Nulová hypotéza $H_0: r_1 = 0$, což znamená, že koeficient autokorelace $r_1 \in \langle -1; 1 \rangle$ je nulou a tudíž hodnoty náhodné složky jsou nezávislé na hodnotě řady předchozího roku.

Alternativní hypotéza má tvar $H_A: r_1 \neq 0$, z čehož plyne, že hodnoty náhodné složky jsou závislé na hodnotě řady předchozího roku, tudíž je přítomna autokorelace 1. řádu, která je významná.

$r_1 > 0$ pozitivní autokorelace

$r_1 < 0$ negativní autokorelace

Testové kritérium, pomocí kterého se autoregresní model ověřuje, vychází ze závislosti hodnot časové řady pro současné a předcházející období.

$$DW = \frac{\sum_i (e_i - e_{i-1})^2}{e_i^2}$$

**Rovnice 60: Durbin-Watsonův test**

Hodnota $DW$ se porovnává s hodnotami dolní ($DW_D$) a horní ($DW_H$) hranice, která se stanovuje z Durbin-Watsonovy tabulky pro daný stupeň volnosti $n - k$, kde $k$ označuje počet nezávislých proměnných modelu.

| | |
|---|---|
| $DW < DW_D$ | přítomnost pozitivní autokorelace |
| $DW_D < DW < DW_H$ | nejednoznačné výsledky testu |
| $DW_H < DW$ | přijímáme nulovou hypotézu – reziduální složky nejsou sériově korelované |

### vi. Homoskedasticita a heteroskedasticita

Homoskedasticitou je vyjádřen fakt, že rozptyl je nezávislý na parametrech, což znamená, že je homogenní. Pokud je rozptyl závislý, pak se jedná o heteroskedasticitu.

$$\begin{bmatrix} \sigma^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sigma^2 \end{bmatrix}$$

**Rovnice 61: Homoskedasticita maticově**

Pokud bude porušena jedna z podmínek MNČ konečného a konstantního rozptylu náhodných složek, dojde ke vzniku heteroskedasticity, jejíž vznik je zapříčiněn z následujících důvodů:

- Nehomogenita souboru dat
- Opomenutí důležité vysvětlující proměnné v lineárním regresním modelu (LRM)
- Mikroekonomická průřezová data nabývají značně rozdílných hodnot
- Chybná specifikace modelu – chybí vysvětlující proměnné
- Kumulace chyb s rostoucí vysvětlovanou proměnnou
- Použití skupinových průměrů

Pro testování homoskedasticity respektive heteroskedasticity se využívá například Golfeld - Quandtův test homoskedasticity.

Prvním krokem je stanovení nulové a alternativní hypotézy.

$H_0: E(u_i) = \sigma^2 = 0$, náhodná složka je homoskedastická.

$H_A$: reziduální rozptyl se mění, náhodná složka je heteroskedastická

Předpoklad je určen a může dojít k samotnému testu.

1. Druhá podmínka MNČ $(y_i - Y_i)^2$ je uspořádána dle velikosti vzestupně.
2. Pro zjednodušení je možné vynechat prostředních *M* členů endogenních proměnných, pro které platí $\frac{(n-M)}{2} > k + 1$, kde

   $k$ počet exogenních proměnných

   $n - M$ sudé číslo, které stanovuje rozdíl mezi všemi členy časové řady a členy, které jsou vynechané
3. Poté co je prostředních *M* členů vynecháno, musí být zbytek časové řady upraven a to tak, že se vytvoří součty $s_1$ a $s_2$ prvních a posledních členů ve tvaru čtverců reziduí, jak bylo uvedeno v bodu 1, kterých je dohromady $n - M$, tedy prvních je $\frac{n-M}{2}$ a stejně tak druhých.
4. Nyní dojde k testu samotnému, tedy k vypočtení testového kritéria.

$$F_{TEST} = \frac{s_2}{s_1}$$

**Rovnice 62: Testové kritérium Golfeld-Quantdova testu**

   Tato hodnota je pak porovnána s kritickou hodnotou F rozdělení na dané hladině významnosti o ($f_1$, $f_2$) stupních volnosti, kde

   $f_1 = f_2 = f = \frac{n-M}{2} - (k + 1)$, což vychází z výše zmíněných předpokladů.
5. V posledním kroku dojde k porovnání kritické a testované hodnoty. Pokud je $F_{TEST} < F_{KRIT}$, pak zamítáme alternativní hypotézu $H_A$ ve prospěch nulové hypotézy $H_0$ na dané hladině významnosti.

### vii. Multikolinearita

Posledním krokem verifikace lineárního regresního modelu je ověření multikolinearity, což znamená, že exogenní proměnná je vyjádřena jednou nebo více exogenními proměnnými, které se v modelu vyskytují. Zkráceně to znamená, že tyto exogenní proměnné na sobě nejsou nezávislé, čímž dojde k porušení předpokladu MNČ, že hodnost matice X je menší než počet nezávislých proměnných.

Multikolinearita je obvykle zjišťována pomocí párových korelačních koeficientů $r_{x_1x_2}$, které jsou u exogenních proměnných menší, než je hodnota totálního korelačního koeficientu, v tom případě multikolinearita není významná.

$$r_{x_1x_2} = \frac{s_{x_1x_2}}{s_{x_1}.s_{x_2}} = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_{1i} - \overline{x_1})(x_{2i} - \overline{x_2})}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{1i} - \overline{x_1})^2}{n}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{2i} - \overline{x_2})^2}{n}}}$$

**Rovnice 63: Párový korelační koeficient při zjišťování multikolinearity**

$r_{x_1x_2} \in \langle -1; 1 \rangle$

$$r_{y \cdot x_1 \dots x_k} = \frac{s_Y}{s_y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}}$$

**Rovnice 64: Totální korelační koeficient**

Nyní dojde k porovnání párového korelačního koeficientu a totálního korelačního koeficientu. Pokud níže zmíněná nerovnost platí, multikolinearita není významná.

$r_{y \cdot x_1 \dots x_k} > r_{x_ix_j} \ \forall i, j$

**Rovnice 65: Porovnání korelačních koeficientů**

# 6. Simultánní modely

Simultánní modely jsou, oproti jednorovnicovému lineárnímu regresnímu modelu vícerovnicové, čímž lépe vystihují reálnou situaci. Jednorovnicový lineární regresní model popisuje proměnné samostatně bez vzájemné vazby mezi jednotlivými oblastmi, jedná se tedy o jednostrannou závislost, zatímco simultánní modely jsou vysvětlovány soustavou rovnic a tudíž popisují chování vzájemných závislých vztahů. Obsahují mezi proměnnými tzv. vazbu zpětnou i dopřednou. To znamená, že vnitřní proměnná není určena pouze proměnnými predeterminovanými, ale i ostatními vnitřními proměnnými. Z toho vyplývá, že některé vysvětlující proměnné mají náhodný charakter. Pokud jsou vnitřní proměnné zároveň vysvětlovanými a vysvětlujícími proměnnými a jsou určeny buď soustavou lineárních rovnic, nebo soustavou nelineárních rovnic, pak se jedná o model simultánních rovnic. Počet lineárně nezávislých simultánních rovnic v modelu je roven počtu vnitřních proměnných, které se v modelu vyskytují, přičemž alespoň jedna rovnice modelu obsahuje více než jednu vnitřní proměnnou.

U modelů simultánních rovnic se tedy rozlišují tři typy proměnných:

1. Predeterminované proměnné
   Predeterminované proměnné jsou všechny závislé proměnné a všechny zpožděné závislé proměnné.
2. Determinované proměnné
   Determinované proměnné jsou takové, které nejsou časově zpožděné a zároveň jsou to proměnné závislé.
3. Simultánně endogenní proměnné
   Simultánně endogenní proměnné jsou takové, jejichž vzájemný vztah se v rámci modelu zkoumá.

Obecně se rozlišují dva příčinné vztahy v modelu simultánních rovnic, které určují způsob vzniku modelu a vztah mezi jednotlivými proměnnými.

1. Interdependentní model simultánních rovnic
   V interdependentních systémech je přítomno přímé či nepřímé zpětné spojení mezi vnitřními proměnnými.

2. Rekurzivní model simultánních rovnic

   U rekurzivních systémů existují pouze jednostranné vazby mezi vnitřními proměnnými a zároveň náhodné složky jednotlivých náhodných rovnic jsou v identických pozorováních vzájemně závislé.

Samotné formy zápisu modelů se dělí na dva základní typy:

1. Strukturální (úplná) forma

   Úplná forma modelu simultánních rovnic je složena z tolika rovnic, kolik se v ní vyskytuje nezávislých (vnitřních) proměnných, přičemž každá z těchto nezávislých proměnných se vyskytuje alespoň v jedné z rovnic modelu. U strukturální formy také platí obecný popis simultánních modelů, že na pravé straně rovnice se mohou vyskytovat jak predeterminované, tak vnitřní proměnné.

   $y' \cdot \mathbb{A} + x' \cdot \mathbb{B} + u' = 0$

   **Rovnice 66: Strukturální tvar**

   $y'$ sloupcový vektor vnitřních proměnných,

   $x'$ sloupcový vektor vnějších proměnných,

   $u'$ sloupcový vektor náhodných složek,

   $\mathbb{A}, \mathbb{B}$ matice koeficientů.

   U strukturální formy simultánních modelů se rozlišují čtyři typy rovnic:

   a. Behaviorální rovnice popisují chování ekonomických systémů, jako jsou individuální spotřebitelé nebo domácnosti.

      $S_t = k + l \cdot Y_t + u_t$, kde

      **Rovnice 67: Stochastická behaviorální spotřební funkce**

      $S_t$ je konečná spotřeba ve stálých cenách,

      $Y_t$ je národní důchod ve stálých cenách,

      $u_t$ je náhodná složka,

      $l$ je mezní sklon ke spotřebě.

   b. Technologické rovnice vyjadřují technické a technologické vazby mezi ekonomickými veličinami.

   c. Institucionální rovnice ukazují vliv společenských skutečností.

d. Definiční rovnice nebo též identita nejčastěji popisuje bilanční a účetní vztahy. Nejznámější definiční rovnicí je odvození národního důchodu, která vyjadřuje, že národní důchod je v každém období roven spotřebě a investicím.

$Y_t = S_t + I_t$, kde

**Rovnice 68: Odvození národního důchodu**

$Y_t$ je národní důchod,

$S_t$ spotřeba,

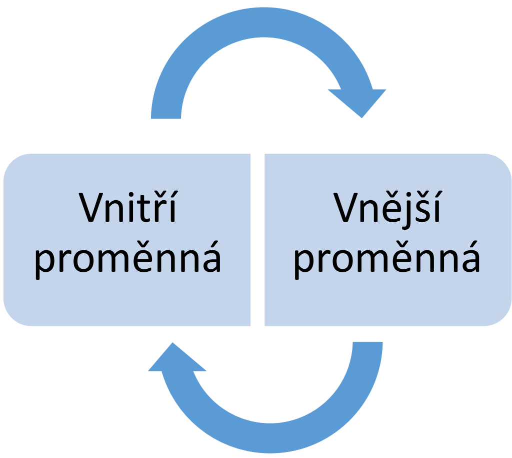
$I_t$ investice,

2. Redukovaný tvar

   Redukovaný tvar modelu simultánních rovnic se získá po vyřešení úplné soustavy rovnic modelu, to znamená, že vyjadřuje závislost vnitřních proměnných pouze na predeterminovaných proměnných.

## 6.1. Interdependentní model simultánních rovnic

Simultánní modely jsou popsány vícerovnicovými soustavami, které vyjadřují vzájemnou závislost mezi jednotlivými proměnnými.




**Obrázek 6: Vzájemný vztah proměnných**

Modely rozdělujeme na vycházející ze statických modelů simultánních rovnic a z dynamických modelů simultánních rovnic.

### 6.1.1. Interdependentní modely vycházející ze statického MSR

Mezi nejznámější lineární modely patří jednoduchý statistický keynesiánský model uzavřené ekonomiky. Tento model je obvykle zapisován ve své strukturní formě, kdy jsou zkoumána různá hlediska vzájemných vztahů daného ekonomického systému, což je ve shodě s úsudkem keynesiánské teorie.

$$S_t = k + l \cdot Y_t + u_t$$

$$Y_t = S_t + I_t,$$

**Rovnice 69: Lineární statistický keynesiánský model uzavřené ekonomiky**

, kde

$S_t$ je agregovaná spotřeba ve stálých cenách, jedná se o vnitřní proměnnou,

$Y_t$ je národní důchod ve stálých cenách, jedná se o vnitřní proměnnou,

$u_t$ je náhodná složka

$I_t$ jsou čisté výdaje na investicích ve stálých cenách, jedná se o vnější proměnnou.

Výše uvedená soustava obsahuje zpětnou vazbu vzhledem k tomu, že $S_t$ vystupuje v první rovnici jako vnitřní proměnná a druhé rovnici jako vnější proměnná, což znamená, že se jedná o interdependentní soustavu. Soustava je vyjádřená ve strukturním tvaru, který po dosazení podmínky rovnováhy $Y_t - I_t = S_t$ převedeme na následující tvar:

$$Y_t - I_t = k + l \cdot Y_t + u_t$$

**Rovnice 70: Keynesiánský model po dosazení podmínky rovnováhy**

Postupnými kroky vyjádříme národní důchodu a zformulujeme keynesiánský model v redukovaném tvaru.

$$Y_t - l \cdot Y_t = k + u_t + I_t$$

**Rovnice 71: Úprava keynesiánského modelu 1**

$$Y_t(1 - l) = k + u_t + I_t$$

**Rovnice 72: Úprava keynesiánského modelu 2**

Pokud nebude porušena podmínka $l \neq 1$, pak konečná podoba lineárního statického keynesiánského makro modelu uzavřené ekonomiky v redukovaném tvaru, kde národní důchod *Y* je vyjádřen lineární funkcí, bude vyjádřena následovně:

$$Y_t = \frac{k}{1 - l} + \frac{u_t}{1 - l} + \frac{I_t}{1 - l}$$

**Rovnice 73: Redukovaný tvar po substituci spotřeby**

Analogickou substituci je možné provést i pro národní důchod $Y_t$ tak, že do rovnice dosadíme opět podmínky rovnováhy $Y_t = S_t + I_t$.

$$S_t = k + l \cdot (S_t + I_t) + u_t$$

**Rovnice 74: Substituce za národní důchod u keynesiánského modelu**

Po analogických úpravách dostaneme následující rovnici v redukovaném tvaru.

$$S_t = \frac{k}{1-l} + \frac{l \cdot I_t}{1-l} + \frac{u_t}{1-l}, l \neq 1$$

**Rovnice 75: Redukovaný tvar po substituci národního důchodu**

U obou rovnic je možné dále substituovat na koeficienty redukovaného tvaru $\alpha = \frac{1}{1-l}$, které se nazývají přímými (běžnými) multiplikátory, protože určují bezprostřední změnu vnitřních proměnných, pokud se vnější proměnná změní o jednotku. Tyto multiplikátory tedy pomáhají porovnat změnu vnitřní proměnné v implikaci změny jedné vnitřní proměnné za jinak neměnných podmínek, což je zřejmé již z toho, že proměnná $l$ je mezní sklon ke spotřebě.

### 6.1.2. Interdependentní modely vycházející z dynamického MSR

Stejně jako u interdependentních modelů vycházejících ze statických modelů simultánních rovnic, tak i u dynamických modelů, je nejrozšířenějším případem makro model s ústřední spotřební funkcí, který je dynamizovaným modelem statickým.

$S_t = k + l \cdot Y_t + u_{1t}$

$I_t = a + b \cdot Y_t + c \cdot Y_{t-1} + u_{2t}$

$Y_t = S_t + I_t + G_t,$

**Rovnice 76: Zjednodušený dynamický model simultánních rovnic uzavřené ekonomiky (4)**

| | |
|---|---|
| $Y_t$ | HDP, |
| $S_t$ | konečná spotřeba, |
| $I_t$ | hrubé investice, |
| $G_t$ | veřejné výdaje |
| $u_{1t}, u_{2t}$ | náhodné složky |
| $l, b, c \in (0; 1)$ | |

Jak je patrné ze soustavy rovnic, spotřeba a investice jsou pouze proměnné vnitřní, HDP vyjadřuje simultánnost modelu. V první rovnici vystupuje HDP jako vnitřní proměnná, zatímco v druhé rovnici je zpožděn o jedno období a stává se z něj proměnná vnější.

Celkově model obsahuje tři vnitřní proměnné a tři rovnice, což znamená, že se jedná o úplný model, pokud jsou tyto tři rovnice lineárně nezávislé. Z toho vyplývá, že veřejné výdaje v modelu představují pouze vnější proměnnou.

V první rovnici dynamického modelu jsou $k, l$ parametry struktury, protože mají přímý vliv na vnější proměnnou. Parametr $l$ vyjadřuje okamžitý mezní sklon ke spotřebě, protože při jeho změně dojde k přímému ovlivnění HDP, neboli o kolik se změní celková spotřeba, pokud se HDP změní o jednotku.

Stejně jako tomu bylo u statického modelu, tak i u dynamického modelu se z třetí rovnice vyjádří konečná spotřeba $S_t = Y_t - I_t - G_t$. Ze třetí rovnice se vyjadřuje proto, že zde není přítomen žádný neznámý parametr.

Po dosazení získáme novou soustavu dvou rovnic ve strukturním tvaru.

$$Y_t - I_t - G_t = k + l \cdot Y_t + u_{1t}$$
$$I_t = a + b \cdot Y_t + c \cdot Y_{t-1} + u_{2t}$$

**Rovnice 77: Soustava dvou rovnic uzavřené ekonomiky**

Z první rovnice vyjádříme HDP.

$$Y_t = \frac{k}{1-l} + \frac{I_t}{1-l} + \frac{G_t}{1-l} + \frac{u_{1t}}{1-l}, l \neq 1$$
$$I_t = a + b \cdot Y_t + c \cdot Y_{t-1} + u_{2t}$$

**Rovnice 78: Upravená soustava rovnic uzavřené ekonomiky**

Pro vyjádření redukovaného tvaru modelu simultánních rovnic nejprve dosadíme do upravených rovnic za $I_t = a + b \cdot Y_t + c \cdot Y_{t-1} + u_{2t}$ do první rovnice a vyjádříme $Y_t$ a poté za $Y_t = \frac{k}{1-l} + \frac{I_t}{1-l} + \frac{G_t}{1-l} + \frac{u_{1t}}{1-l}$ do druhé rovnice a vyjádříme $I_t$.

$$Y_t = \frac{k}{1-l} + \frac{a + b \cdot Y_t + c \cdot Y_{t-1} + u_{2t}}{1-l} + \frac{G_t}{1-l} + \frac{u_{1t}}{1-l}$$
$$I_t = a + b \cdot \left[\frac{k}{1-l} + \frac{I_t}{1-l} + \frac{G_t}{1-l} + \frac{u_{1t}}{1-l}\right] + c \cdot Y_{t-1} + u_{2t}$$

**Rovnice 79: Úprava dynamického modelu na redukovaný tvar – dosazení**

Z první rovnice nyní vyjádříme $Y_t$ a z druhé $I_t$.

$$Y_t \cdot (1 + b - l) = a + k + c \cdot Y_{t-1} + G_t + u_{1t} + u_{2t}$$
$$I_t \cdot \left(\frac{1 - b - l}{1-l}\right) = a + b \cdot \left[\frac{k}{1-l} + \frac{G_t}{1-l} + \frac{u_{1t}}{1-l}\right] + c \cdot Y_{t-1} + u_{2t}$$

**Rovnice 80: Úprava na redukovaný dynamický model – vyjádření**

$$Y_t = \frac{a+k}{1+b-l} + \frac{c \cdot Y_{t-1}}{1+b-l} + \frac{G_t}{1+b-l} + \frac{u_{1t}+u_{2t}}{1+b-l}$$

$$I_t = \frac{a \cdot (1-l) + b \cdot k}{1-b-l} + \frac{b \cdot G_t}{1-b-l} + \frac{c \cdot (1-l) \cdot Y_{t-1}}{1-b-l} + \frac{b \cdot u_{1t} + (1-l) \cdot u_{2t}}{1-b-l}, b+l \neq 1$$

**Rovnice 81: Redukovaný dynamický model uzavřené ekonomiky**

U první rovnice je možné dále substituovat na koeficienty redukovaného tvaru $\alpha_1 = \frac{a+k}{1+b-l}$, $\alpha_2 = \frac{c}{1+b-l}$, $\alpha_3 = \frac{1}{1+b-l}$, které se nazývají přímými (běžnými) multiplikátory. Obdobně můžeme substituovat u druhé rovnice a vyjádřit dynamické, krátkodobé kumulované, střednědobé kumulované, dlouhodobé či celkové multiplikátory. Dynamický multiplikátor vyjadřuje předpokládanou odezvu HDP na změnu veřejných výdajů v minulém období a o jednotku.

## 6.2. Rekurzivní model simultánních rovnic

Speciálním typem metody simultánních rovnic je rekurzivní model, protože vnitřní proměnné neobsahují mezi sebou žádné zpětné vazby nebo interagující náhodné složky (kovariance jsou nulové). To znamená, že systém neobsahuje rovnici, kde proměnná vystupuje jako vnitřní a pak další rovnici, kde stejná proměnná vyjadřuje vnější proměnnou. Z toho plyne, že simultánní role vnitřních proměnných v uspořádaném systému je zdegenerovaná. Rekurzivní model je vyjadřován buď soustavou rovnic, nebo maticově. Pokud jsou vnitřní proměnné uspořádány hierarchicky, pak je matice α strukturních parametrů všech vnitřních proměnných uspořádána trojúhelníkově. Rozptyl náhodných odchylek v matici β je na diagonále, ostatní složky v podobě kovariancí jsou nulové. Rekurzivní modely se dělí na dva typy:

1. Rozsáhlé
2. Blokově rekurzivní

Obecný tvar rekurzivního systému pro normování při *N* vnitřních a *K* predeterminovaných je následovný:

$$Y_1 = \sum_{k=1}^{K} s_{1k} \cdot X_k + u_1$$

$$Y_2 = \sum_{k=1}^{K} s_{2k} \cdot X_k + l_{21} \cdot Y_1 + u_2$$

$$\vdots$$

$$Y_N = \sum_{k=1}^{K} s_{Nk} \cdot X_k + \sum_{n=1}^{N-1} l_{Nn} \cdot Y_n + u_N$$

**Rovnice 82: Rekurzivní model simultánních rovnic**

U rekurzivních modelů lze k řešení využít klasické metody nejmenších čtverců, protože splňuje podmínku nezkorelovatelnosti náhodných odchylek, jak bylo popsáno v kapitole metoda nejmenších čtverců (mnč).

## 6.3. Odhad parametrů vícerovnicových modelů

U modelů simultánních rovnic, až na výjimky, nelze k jejich řešení využít klasickou metodu nejmenších čtverců, neboť simultánní model nesplňuje jeden ze základních předpokladů této metody. Jedná se o nezávislost všech vnějších proměnných na stochastické složce rovnice. Pokud je pro odhad parametrů využita MNČ (4), pak se jedná o nekonzistentní odhad parametrů simultánního modelu a dochází ke vzniku chyby simultánních rovnic. Odhad parametrů alespoň jednou metodou je podmíněn tím, že všechny náhodné strukturní rovnice jsou zjištěné. Strukturní parametry jsou tedy odhadovány jednou ze dvou metod, které stojí na základě:

1. Omezené informace

   Metoda omezené informace poskytuje odhady parametrů z jednotlivých simultánních rovnic.
2. Úplné informace

   Metoda úplné informace umožňuje najednou odhadnout všechny parametry celé soustavy simultánních rovnic.

Pokud je splněna předcházející podmínka a zároveň nelze využít běžnou metodu nejmenších čtverců, pak se pro odhad parametrů běžně využívá jedné z následujících metod:

1. Dvoustupňová metoda nejmenších čtverců (DMNČ)

   Dvoustupňová metoda nejmenších čtverců je nejvyužívanější metodou pro odhad strukturálních parametrů simultánních modelů. Stejně jako metoda nepřímých nejmenších čtverců, je i DMNČ odhadována na principu omezené informace.
2. Třístupňová metoda nejmenších čtverců

Jedna z metod úplné informace je třístupňová metoda nejmenších čtverců, která je, jak i název napovídá, rozšířením dvoustupňové metody nejmenších čtverců. První dva kroky jsou identické jako u DMNČ. Ve třetím kroku jsou všechny strukturní parametry simultánního modelu opakovaně odhadovány pomocí zobecněné metody nejmenších čtverců a s dalším využitím předem daných omezení koeficientů.

3. Metoda nepřímých nejmenších čtverců (redukovaného tvaru)

   Metoda vychází z koeficientů neomezeného redukovaného tvaru, které jsou tím jednoznačně určeny. Rovnice, z kterých jsou parametry stanoveny, jsou jednoznačně identifikovány. Tato metoda dala základ odhadovému principu omezené informace. Dnes se již téměř vůbec nevyužívá, protože odhady pomocí přeidentifikovaných rovnic vytváří vícenásobná řešení.

4. Metoda maximální věrohodnosti s omezenou informací

   Tato metoda je podmíněna strukturou modelu simultánních rovnic, kde náhodné složky mají normální rozdělení a zároveň jsou nezávislé sériově. Při odhadu strukturních parametrů se využívá principu omezené informace.

5. Metoda maximální věrohodnosti s úplnou informací

   I u metody maximální věrohodnosti s úplnou informací musí být splněna podmínka normálního rozdělení náhodných složek ve strukturním tvaru soustavy rovnic. Oproti metodě maximální věrohodnosti s omezenou informací je možné všechny parametry odhadnout současně.

### 6.3.1. Dvoustupňová metoda nejmenších čtverců

Dvoustupňová metoda nejmenších čtverců, nejrozšířenější metoda pro odhad strukturních parametrů, je založena na principu opakovaného použití běžné metody nejmenších čtverců ve dvou krocích. Předtím než mohou být jednotlivé stupně aplikovány, musí být vyjádřena jakákoliv identifikovaná strukturní rovnice nebo sestaveny vektory a matice napozorovaných hodnot pro odhadovanou rovnici:

$$y_i = Y_i \cdot l_i + X_i \cdot s_i + u_i, i = 1, \dots, K$$

**Rovnice 83: Identifikovaná strukturní rovnice**

| | |
|---|---|
| $y_i$ | Sloupcový vektor $m \times 1$ skutečných hodnot vysvětlované vnitřní proměnné |

$Y_i$ Matice, o rozměrech $m \times (N_i - 1)$, napozorovaných hodnot vysvětlujících vnitřních proměnných

$X_i$ Matice $m \times K_i$ predeterminovaných proměnných modelu

$u_i$ Sloupcový vektor náhodných proměnných

$l_i$ Vektor $(N_i - 1) \times 1$ parametrů vysvětlujících endogenních proměnných

$s_i$ Vektor $K_i \times 1$ parametrů vysvětlujících predeterminovaných proměnných

Strukturní rovnici můžeme přepsat do alternativního tvaru následovně:

$$y_i = Z_i \cdot d_i + u_i, i = 1, \dots, K$$

**Rovnice 84: Alternativní zápis identifikované strukturní rovnice**

$$Z_i = (Y_i, X_i), d_i = (l_i, s_i)$$

1. Stupeň

V prvním stupni DMNČ dochází k odhadu teoretických hodnot vysvětlujících vnějších proměnných v konkrétní rovnici. Cílem je nahradit determinované napozorované hodnoty vnějších endogenních proměnných za vyrovnané predeterminované hodnoty, které jsou odhadnuty pomocí regrese na všech predeterminovaných proměnných. To znamená, že vnější proměnné jsou nahrazené proměnnými, které jsou zkorelované s náhodnými složkami predeterminovaných teoretických hodnot vysvětlujících vnitřních proměnných. Díky tomu je splněn předpoklad pro použití běžné metody nejmenších čtverců.

Pro nahrazení musíme nejdříve nalézt vyhovující pomocné proměnné pro vnější proměnné $Y_i$, které jsou s vnější proměnnou korelovány a současně jsou nezávislé na vektoru náhodné složky $u_i$. Tyto pomocné proměnné získáme tak, že aplikujeme běžnou metodu nejmenších čtverců na redukovaný tvar:

$$Y_i = X\Pi_i + V_i, i = 1, \dots, K \quad (5)$$

**Rovnice 85: Redukovaný tvar identifikované strukturní rovnice**

$X$ Matice $m \times K$ pozorování predeterminovaných proměnných obsažených v modelu simultánních rovnic.

$\Pi_i$ Matice $K \times (N_i - 1)$ parametrů neomezeného redukovaného tvaru.

$V_i$ Matice $m \times (N_i - 1)$ náhodných parametrů neomezeného redukovaného tvaru.

Nyní můžeme aplikovat klasickou metodu nejmenších čtverců pro získání konzistentního odhadu.

$$\widehat{Y_i} = X\widehat{\Pi}_i,$$

**Rovnice 86: Konzistentní odhad získaný MNČ**

, přičemž

$$\widehat{Y_i} = (X'X)^{-1}X'Y_i \text{ a } Y_i = \widehat{Y}_i + \widehat{V_i}, \text{ kde}$$

**Rovnice 87: Výstup z prvního stupně DMNČ**

$V_i$ Matice reziduí v odhadnutém neomezeném redukovaném tvaru

$\widehat{Y}_i$ Matice vyrovnaných predeterminovaných hodnot

2. Stupeň

Cílem druhého stupně MNČ je odhad strukturálních parametrů v konkrétní rovnici. Nejprve substituujeme vyrovnané predeterminované hodnoty $\widehat{Y_i}$ za $Y_i$ v rovnici $y_i = Y_i \cdot l_i + X_i \cdot s_i + u_i$, z čehož dosáhneme regrese v následujícím tvaru:

$$y_i = Y_i \cdot l_i + X_i \cdot s_i + u_i = (\widehat{Y}_i + \widehat{V_i}) \cdot l_i + X_i \cdot s_i + u_i = \widehat{Y}_i \cdot l_i + X_i \cdot s_i + u_i^*,$$

**Rovnice 88: Substituce v druhém stupni DMNČ**

kde složená náhodná proměnná je $u_i^* = u_i + \widehat{V_i} \cdot l_i$

Nyní dosadíme Rovnice 84: Alternativní zápis identifikované strukturní rovnice a alternativně vyjádříme druhý stupeň DMNČ následovně:

$$y_i = Z_i \cdot d_i + u_i{}^*, \widehat{Z_i} = [\widehat{Y_i}, Y_i]$$

**Rovnice 89: Alternativní vyjádření substituce ve 2. stupni DMNČ**

V tuto chvíli jsou všechny exogenní proměnné autonomní na náhodné složce $u_i{}^*$, což znamená, že lze aplikovat metodu nejmenších čtverců, z které vyjádříme odhadovanou funkci strukturních parametrů.

$$p_i = \begin{bmatrix} b_i \\ c_i \end{bmatrix} = \left(\widehat{Z_i'} \cdot Z_i\right)^{-1} \widehat{Z_i'} \cdot y_i$$

**Rovnice 90: Odhadovaná funkce DMNČ**

Z postupu, který jsme si výše uvedli, je zřejmé, že funkci pomocných proměnných, představovanou vyrovnanými hodnotami predeterminovaných proměnných, lze interpretovat jako odhadovanou funkci dvoustupňové metody nejmenších čtverců, přičemž tato funkce skýtá, v rámci metody omezené informace, konzistentní a asymptoticky vydatný odhad.

# 7. Softwarové zpracování ekonometrických modelů

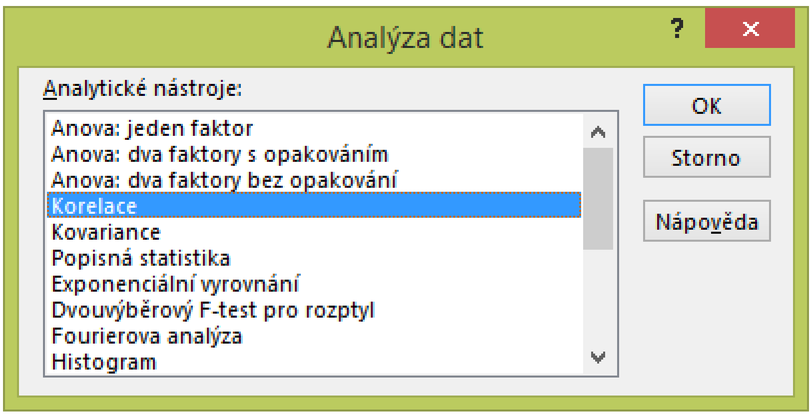
V dnešní době se pro zpracování ekonometrických modelů využívá nejrůznějších softwarů. Tyto sw jsou jak volně dostupné, tak i placené. Mezi nejvyužívanější z nich patří placený tabulkový procesor MS Excel, který v dnešní době nabízí celou škálu rozšíření, zdarma dostupný program Gretl a v omezené míře volně dostupný program SAS. Mimo existuje mnoho další způsobů, jak zpracovat ekonometrické modely softwarově, přičemž nejvyužívanější z nich je programování v jazyce R.

## 7.1. MS Excel

MS Excel patří mezi nejrozšířenější tabulkové procesory vůbec a využívá se nejen ke statistický účelům či zpracování ekonometrických modelů, ale i pro různé matematické či finanční aplikace. Pro statistiku a ekonometrii je hojně využíván doplněk *Analýza dat* v záložce *Data*. Pro ukázku práce v tomto programu byl zvolen Excel 2013 ve studentské verzi.

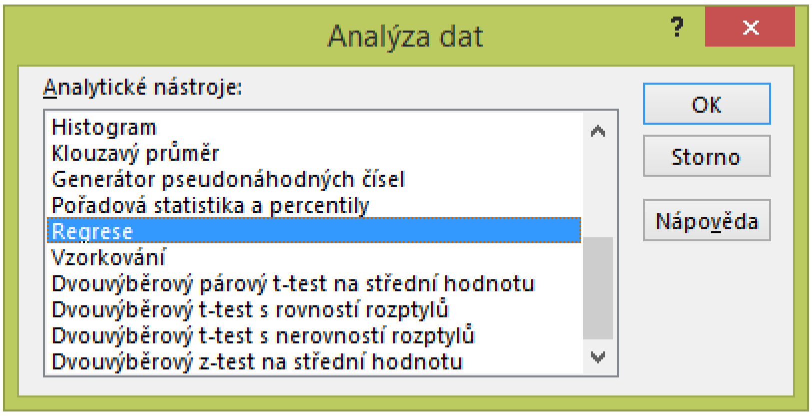

**Obrázek 7: MS Excel - Analýza dat**

Nejčastějšími analytickými nástroji, které jsou v rámci analýzy dat využívány, jsou *Korelace* a *Regrese*, které se využívají pro regresi a lineární regresní model. Nástroj *Korelace* využívá statistickou funkci *Correl*.



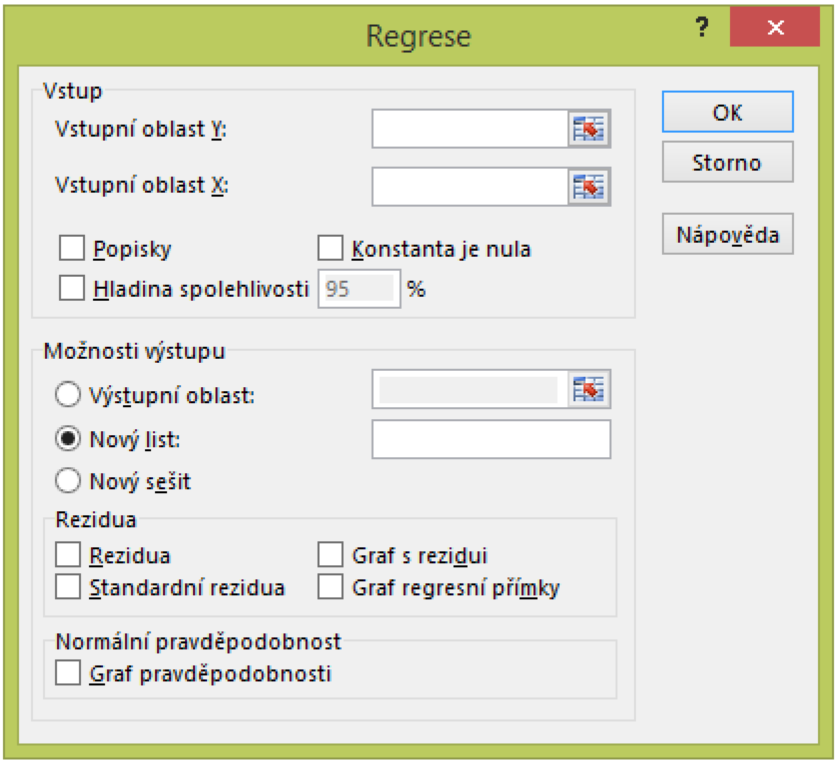

**Obrázek 8: MS Excel - Analýza dat - Korelace**

Nejužitečnější funkcí pro tvorbu a řešení ekonometrických modelů, především lineárního regresního modelu, je nástroj *Regrese*, který využívá statistické funkce *Lingrese*. Tato vypočítá koeficienty modely, aplikuje tedy metodu nejmenších čtverců.



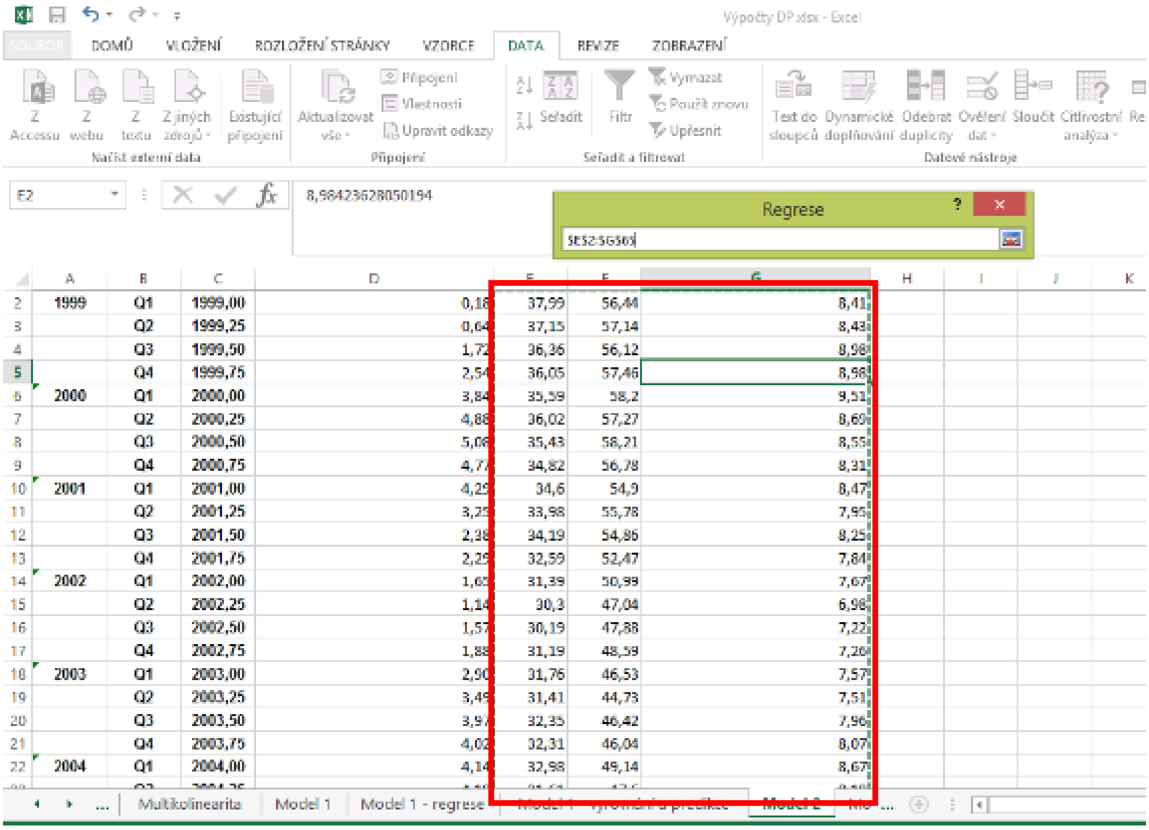

**Obrázek 9: MS Excel - Analýza dat – Regrese**

Pro tvorbu lineárního regresního modelu zvolíme matici $1 \times N$ závisle proměnné jako Vstupní oblast Y a matici $k \times N$ nezávisle proměnných jako Vstupní oblast X. Analytický nástroj nabízí další doplňující možnosti jako např. hladina spolehlivosti, kterou je možné zvolit.



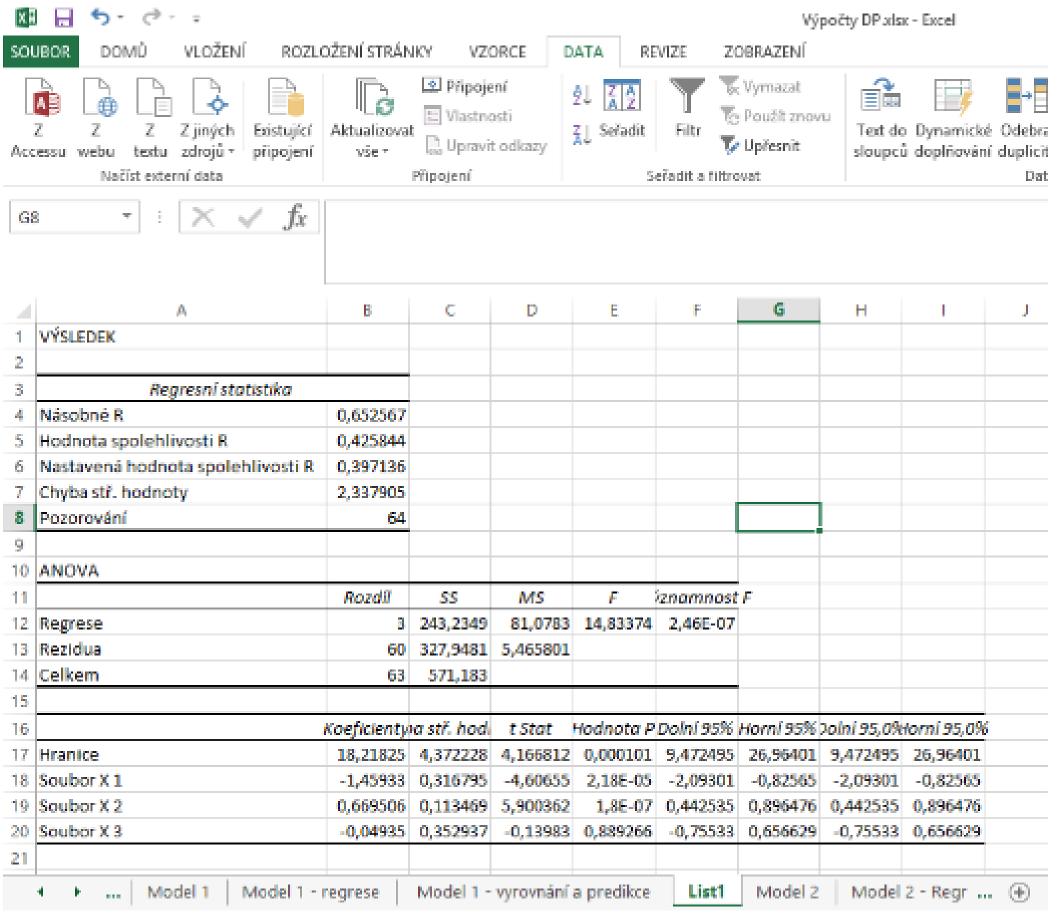

**Obrázek 10: MS Excel - Analýza dat - Regrese vstupy**

Pokud je sestavován lineární regresní model, pak jsou při výběru nezávislých proměnných zvoleny tři sloupce, jako je tomu na obrázku níže.



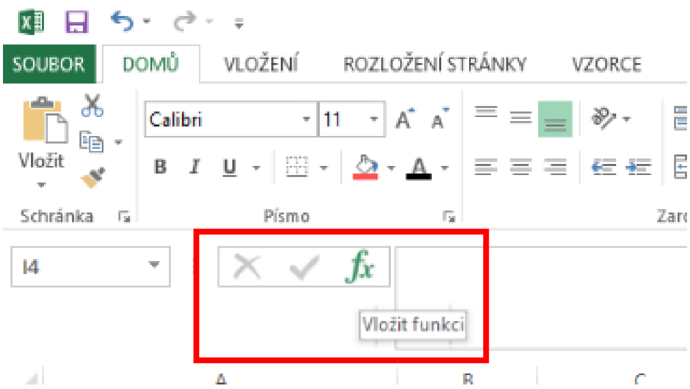

**Obrázek 11: MS Excel - Analýza dat - Regrese - výběr nezávisle proměnných**

Výstupem analytického nástroje jsou koeficienty $a_0, a_1, \dots, a_k$, kde k je počet nezávisle proměnných lineárního regresního modelu, které vznikly aplikací běžné metody nejmenších čtverců. Ve výstupu jsou označeny jako *Hranice*, *Soubor X 1*, *Soubor X 2* a *Soubor X 3*. Další výstupy, které mají význam pro řešení ekonometrických modelů, jsou Násobné R, což udává vícenásobný korelační koeficient, Hodnota spolehlivosti R vyjadřuje koeficient determinace a Chyba střední hodnoty je směrodatná odchylka náhodné veličiny od střední hodnoty. Kromě koeficientů $a_0, a_1, \dots, a_k$ je v tabulce otestována statistická významnost jednotlivých parametrů pomocí tzv. Studentova t-testu a vyznačeny intervaly spolehlivosti, na kterých jsou odhadnuté regresní parametry testovány.



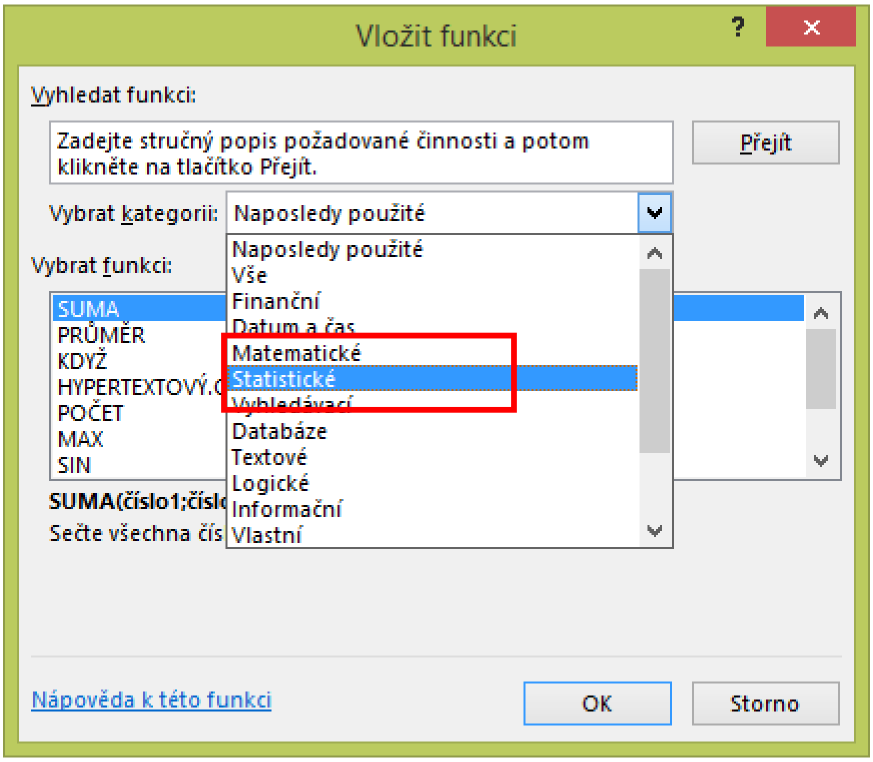

**Obrázek 12: MS Excel - Analýza dat - Regrese – Výstup**

MS Excel také nabízí širokou škálu statistických funkcí, které lze pro zpracování ekonometrických modelů využít. Velmi využívané jsou veškeré funkce pro úpravu matic, jako jsou například *Determinant*, *SOUČIN.MATIC* a *Inverze*. Další nezbytnou součástí jsou funkce pro testování významnosti a kvality *FTEST* a *TTEST*. Excel nabízí širokou škálu statistických a ekonometrických funkcí od průměrů, přes rozdělení pravděpodobnosti až po Pearsonův korelační koeficient. Veškeré funkce lze také najít v hlavním panelu pod volbou Vložit funkci.



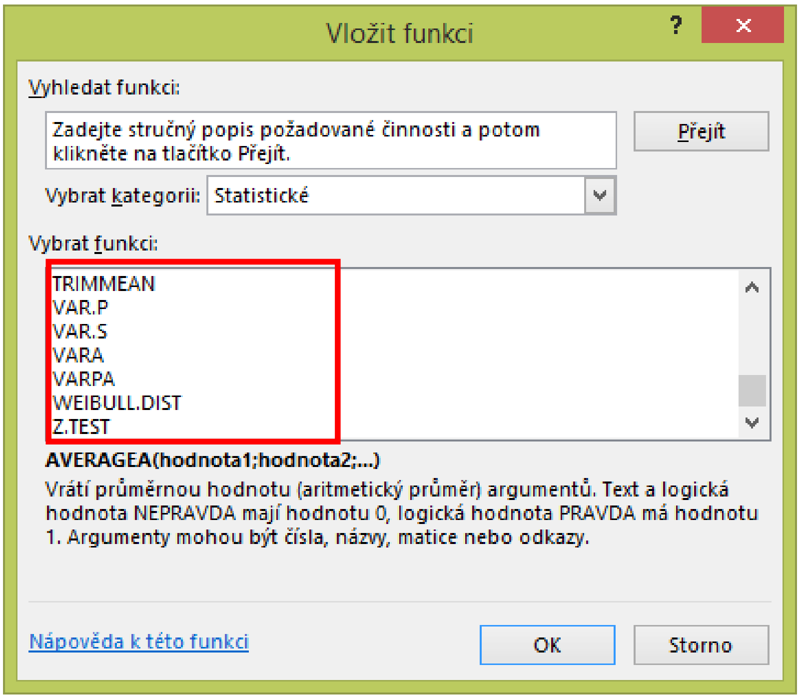

**Obrázek 13: MS Excel - Další statistické a ekonometrické funkce**

V kategorii pak lze vybrat odpovídající volbu. Při zpracování ekonometrických modelů jsou to především statistické a matematické funkce.




Obrázek 14: MS Excel - Volba funkcí

Po výběru jedné z kategorií se otevře menu se všemi funkcemi, které do této kategorie spadají.




Obrázek 15: MS Excel - Statistické funkce – ukázka

### 7.1.1. Výhody využití MS Excel

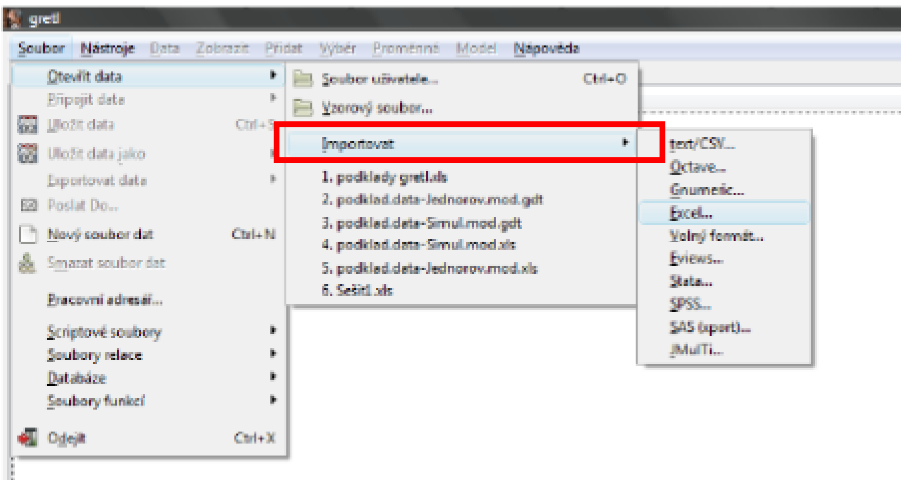
MS Excel je nejrozšířenějším tabulkovým procesorem na světě vůbec, z čehož plynou největší výhody využití této aplikace pro zpracování ekonometrických modelů. MS Excel nabízí širokou nabídku návodů, jak ze strany společnosti Microsoft, tak od běžných uživatelů, z čehož plyne, že výpočty těchto ekonometrických modelů jsou snadno přenositelné. Velkou výhodou je i fakt, že každý uživatel si může Excel doplnit vlastnoručně naprogramovanými doplňky.

### 7.1.2. Nevýhody využití MS Excel

Výraznou nevýhodou je, že Excel není specializovaný ekonometrický či statistický nástroj, tudíž nejsou mnohé výpočty automatizované. Výpočty trvají výrazně déle než v nástrojích, které jsou na to určeny. Další nevýhodou je, že program není zdarma na rozdíl od jiných tabulkových editorů, jako je například Open Office.

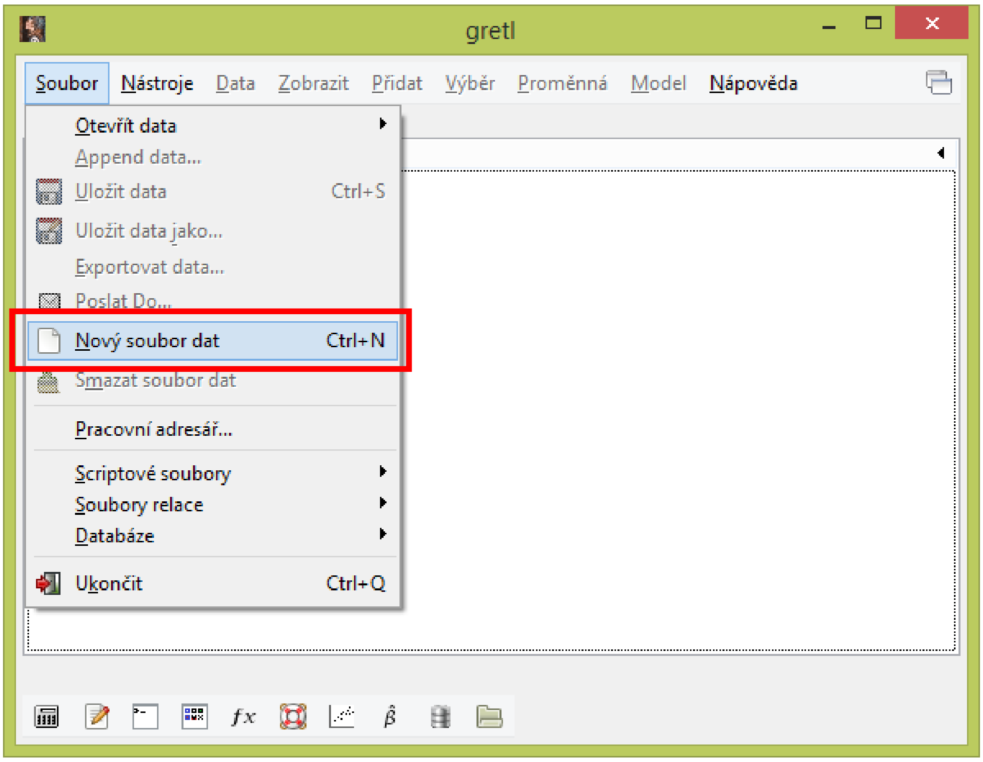
## 7.2. Gretl

Gretl je v dnešní době velmi rozšířená, specializovaná ekonometrická a statistická aplikace, která nabízí širokou škálu možností tvorby modelu, popisných charakteristik, časových řad a testů. Pro ukázku práce v této aplikaci jsme vybrali volně dostupný Gretl (6). Před započetím práce musíme nejprve nahrát data do aplikace. Některé varianty Gretlu dokonce nabízí možnost importu dat z jiných aplikací jako je MS Excel či SAS.



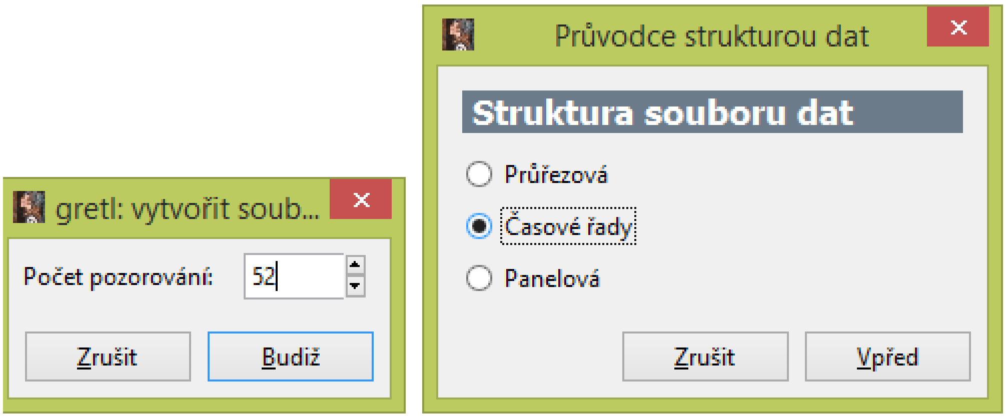

**Obrázek 16: Gretl - Import dat z jiných aplikací (7)**

V námi zvolené variantě aplikace to však není možné a proto budeme data vkládat ručně následujícím způsobem. Nejprve vytvoříme nový soubor dat:



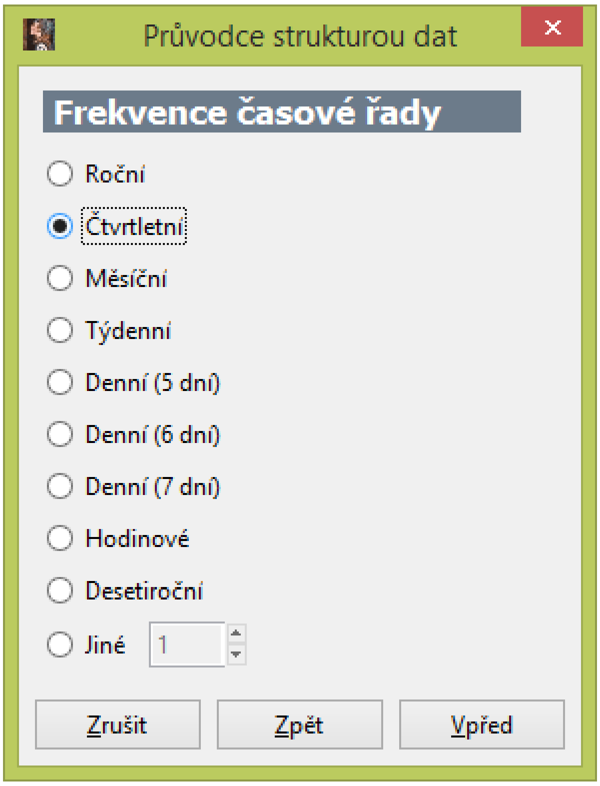

**Obrázek 17: Gretl - vložení dat**

Vložíme počet pozorování, pokud se bude jednat například o roční data 1999 – 2014, pak se bude jednat o 15 pozorování krát počet proměnných. Dále určíme strukturu dat, z kterých budeme sestavovat model a na která budeme aplikovat různé testy.



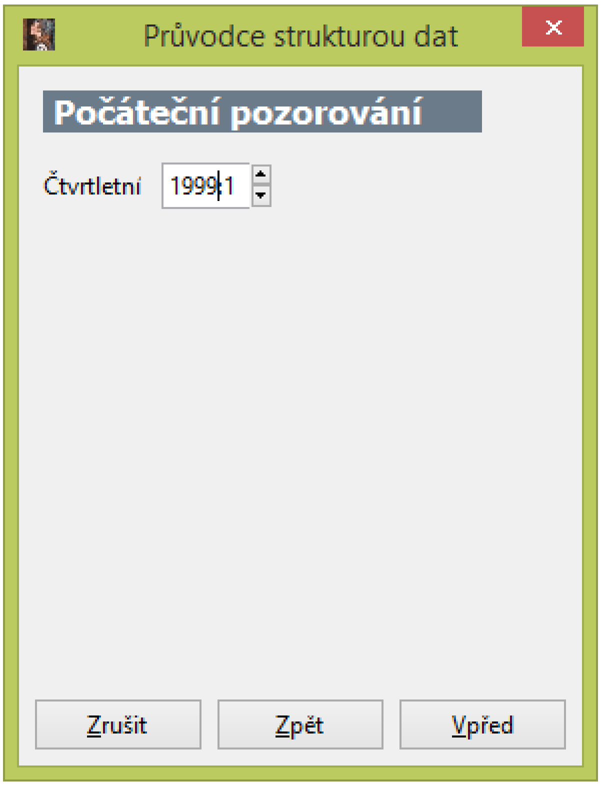

**Obrázek 18: Gretl - Příprava dat**

Dále upřesníme, na jaké bázi jsou data, která budeme vkládat, např. roční, půlroční, čtvrtletní atd.



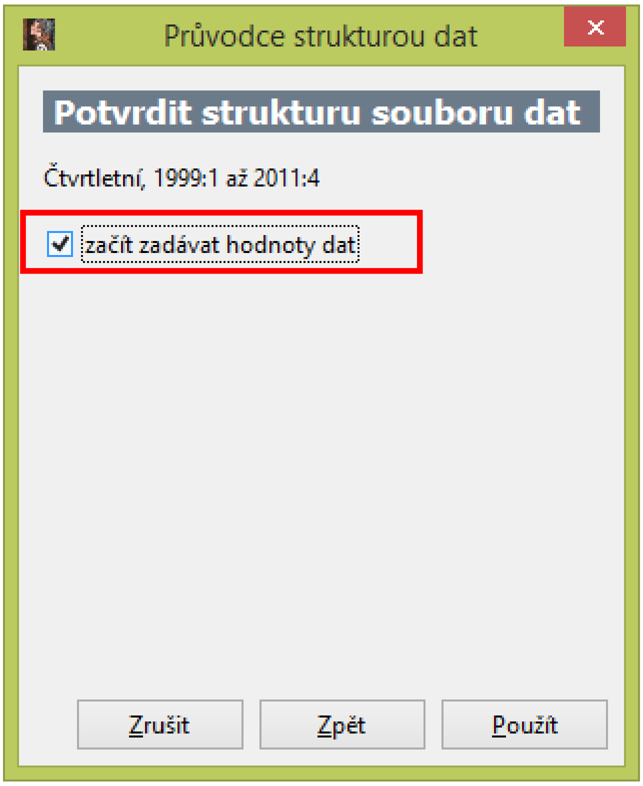

Obrázek 19: Gretl - Vstupní data (báze)

Před samotným zadáváním dat je nutné určit pozorování prvního roku respektive čtvrtletí nebo měsíce, který budeme zadávat.



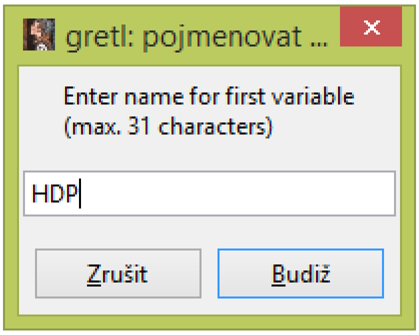

Obrázek 20: Gretl - Počáteční pozorování

Nezapomene zaškrtnout volbu zadávání hodnoty. Pokud to neuděláme, pak nám aplikace sama vygeneruje čísla od 1 do počtu pozorování.



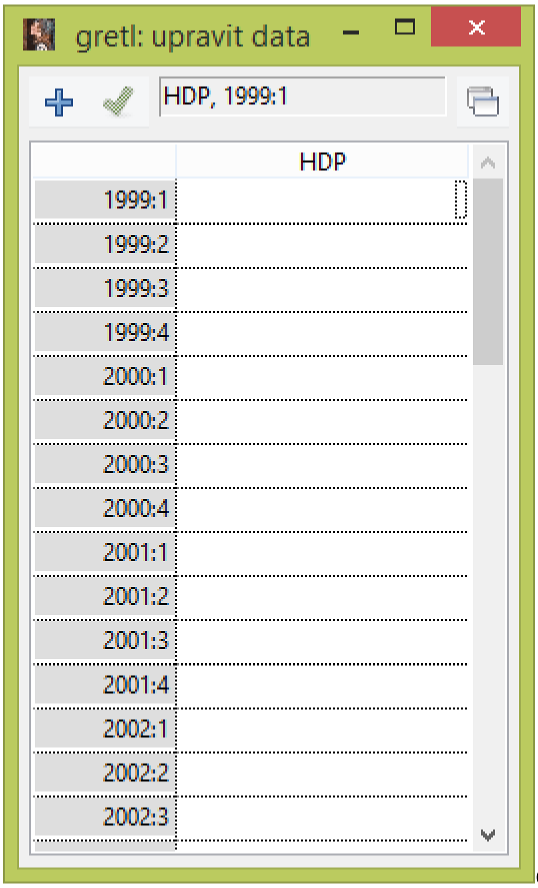

**Obrázek 21: Gretl - Začít zadávat hodnoty**

U každé nové proměnné vložíme nejprve její název nebo označení bez diakritiky a bez mezer.




**Obrázek 22: Gretl - Vložení názvu proměnné**

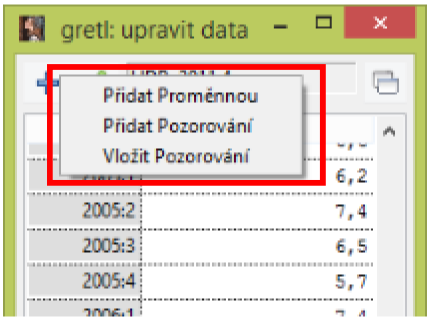
Nyní už můžeme libovolně vkládat data.



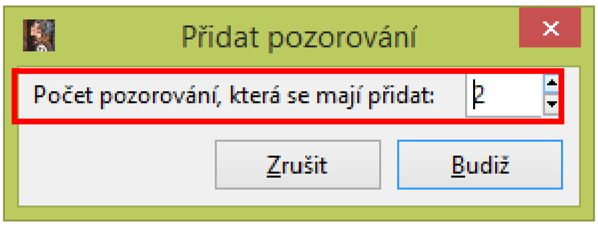
ě

**Obrázek 23: Gretl - Samotné vkládání dat u proměnných**

Pokud nezvolíme vhodný nebo správný počet pozorování, pak můžeme pozorování přidat pomocí volby „+“, přičemž můžeme přidat libovolné množství. Přidáním pozorování se nová pozorování vkládají na konec časové řady. Pokud chceme vložit pozorování mezi dvě existující hodnoty, pak vybereme *Vložit pozorování*.

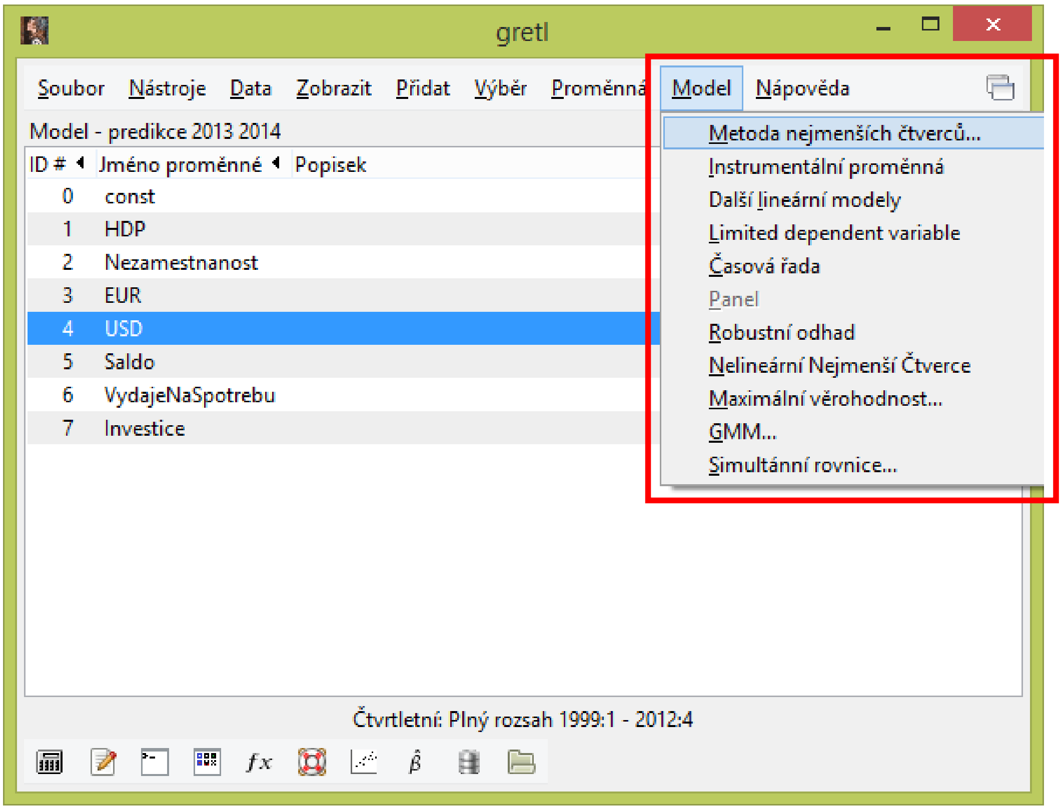



**Obrázek 24: Gretl - Přidání pozorování**



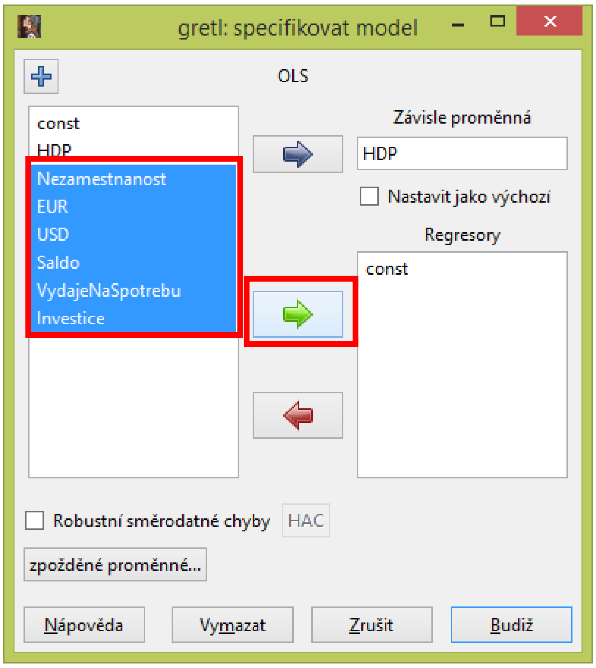

**Obrázek 25: Gretl - Přidání pozorování - počet**

Pro sestavení plnohodnotného modelu nám chybí ještě alespoň jedna proměnná, kterou opět přidáme volbou „+“ a následně v menu vybereme *Přidat proměnnou* a začíná stejný proces jako při vkládání první proměnné. Ve chvíli, kdy máme vloženy všechny potřebné proměnné, můžeme na ně aplikovat veškeré funkcionality, které tato aplikace nabízí. Ve volbě model můžeme rovnou aplikovat například metodu nejmenších čtverců na lineární regresní model nebo sestavit model simultánních rovnic.




**Obrázek 26: Gretl - Volby modelu**

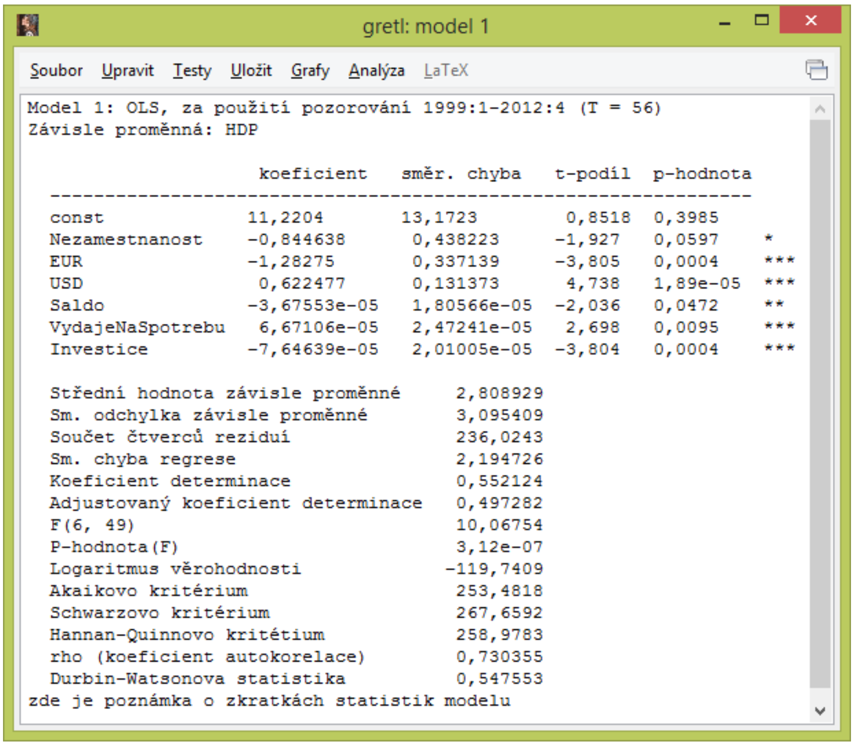
U MNČ pak stačí pouze specifikovat, která z proměnných je závisle proměnná a která nezávisle proměnná a program vše dopočítá automaticky.




**Obrázek 27: Gretl - MNČ - zadávání závisle a nezávisle proměnných**

Výstupem z metody nejmenších čtverců v programu Gretl není pouze hodnota koeficientů v prvním sloupci, ale i směrodatná odchylka, t test, koeficient determinace či Durbin-Watsonův test autokorelace. Hvězdičky v pravé části výstupu pak značí hladinu významnosti jednotlivých regresních parametrů.

| | |
|---|---|
| | regresní parametr je nevýznamný |
| * | regresní parametr je významný na hladině mezi 5% a 10% |
| ** | regresní parametr je významný na hladině mezi 1% a 5% |
| *** | regresní parametr je významný na hladině nižší než 1% |



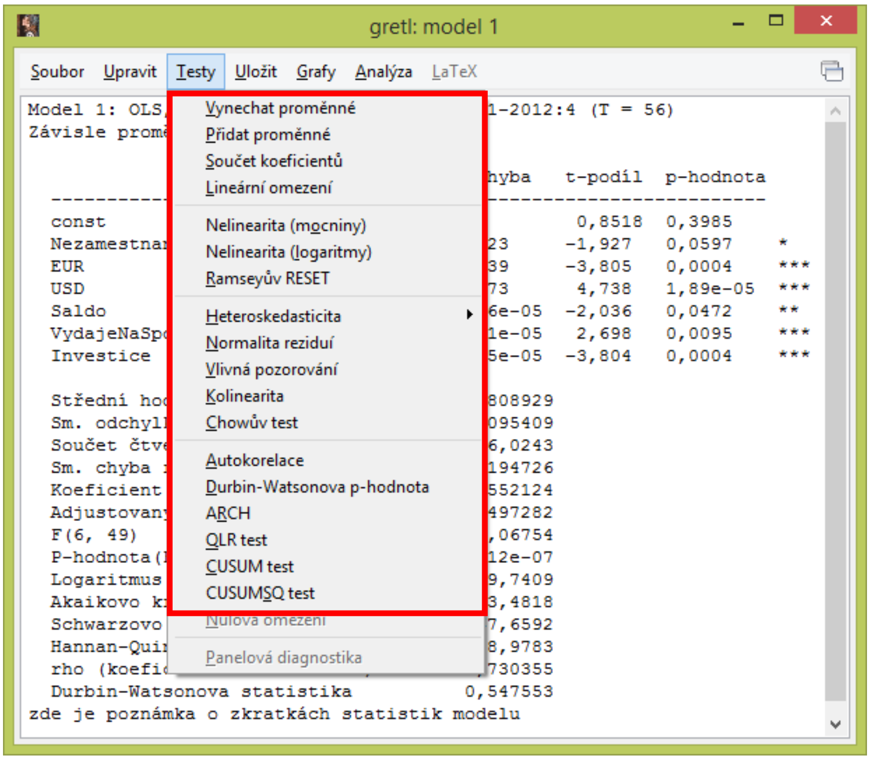

```
Model 1: OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: HDP

                      koeficient    směr. chyba   t-podíl   p-hodnota
  ---------------------------------------------------------------
  const               11,2204      13,1723        0,8518   0,3985
  Nezamestnanost      -0,844638     0,438223     -1,927    0,0597    *
  EUR                 -1,28275      0,337139     -3,805    0,0004    ***
  USD                  0,622477     0,131373      4,738    1,89e-05  ***
  Saldo               -3,67553e-05  1,80566e-05  -2,036    0,0472    **
  VydajeNaSpotrebu     6,67106e-05  2,47241e-05   2,698    0,0095    ***
  Investice           -7,64639e-05  2,01005e-05  -3,804    0,0004    ***

  Střední hodnota závisle proměnné     2,808929
  Sm. odchylka závisle proměnné        3,095409
  Součet čtverců reziduí               236,0243
  Sm. chyba regrese                    2,194726
  Koeficient determinace               0,552124
  Adjustovaný koeficient determinace   0,497282
  F(6, 49)                             10,06754
  P-hodnota(F)                         3,12e-07
  Logaritmus věrohodnosti             -119,7409
  Akaikovo kritérium                   253,4818
  Schwarzovo kritérium                 267,6592
  Hannan-Quinnovo kritétium            258,9783
  rho (koeficient autokorelace)        0,730355
  Durbin-Watsonova statistika          0,547553
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu
```

**Obrázek 28: Gretl - Výstup z MNČ**

Na vytvořený model můžeme dále aplikovat různé testy, které aplikace nabízí. Jedná se například o test heteroskedasticity, autokorelace či multikolinearity. Kromě toho lze generovat velké množství grafů a vytvářet další statistiky či prognózy.

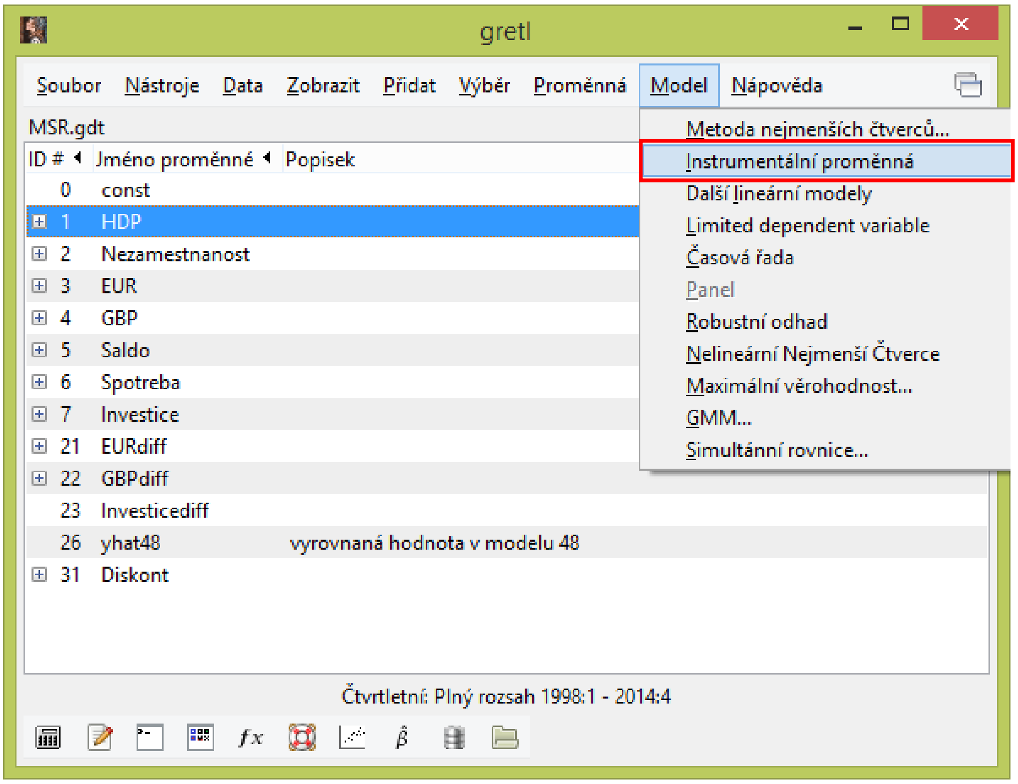
Durbin-Watsonova statistika (test autokorelace) může nabývat hodnot od 0 do 4. Pokud jsou hodnoty menší než dva, pak se jedná o přímou závislost, u které dále zjišťujeme významnost, pokud je vyšší než dva, pak se jedná o nepřímou závislost. Hodnota dva značí, že autokorelace není přítomná.

Multikolinearitu testujeme pomocí nabídky *Kolinearita*. Pokud je hodnota vyšší než 10, pak to indikuje přítomnost multikolinearity.



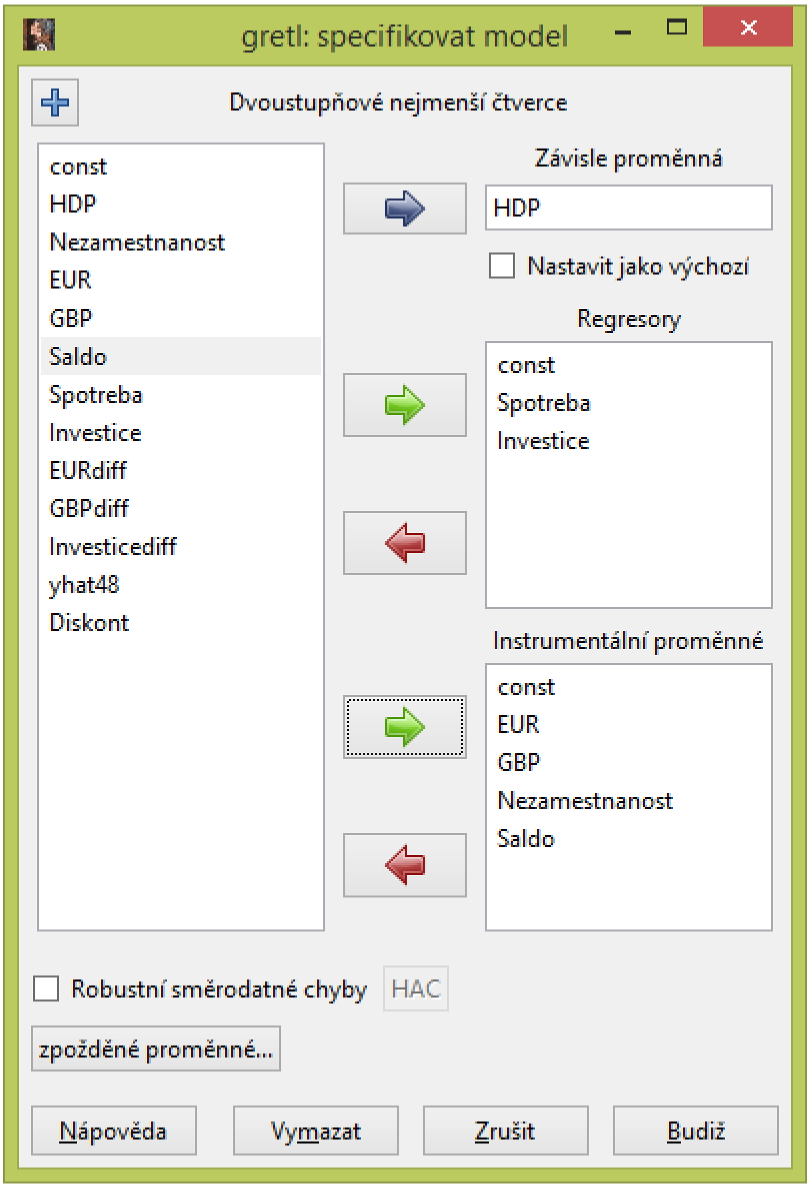

**Obrázek 29: Gretl - Možnosti aplikace testů na model**

Aplikace Gretl též nabízí sestavení modelu simultánních rovnic, ověření podmínek modelů a odhad parametrů dvoustupňové metody nejmenších čtverců.




**Obrázek 30: Gretl - tvorba MSR**

Opakovanou volbou Dvoustupňové metody nejmenších čtverců postupně specifikuji všechny rovnice modelu simultánních rovnic.




**Obrázek 31: Gretl - Specifikace rovnice MSR**

Výstupy jsou stejné, jako je tomu u lineárního regresního modelu. Aplikace sama vypočítá odhad a statistickou významnost jednotlivých parametrů. Na MSR též můžeme aplikovat testy, např. autokorelace nebo normality reziduí.

### 7.2.1. Výhody využití aplikace Gretl

Jak jsme si ukázali, tak aplikace Gretl je specializovaný statistický a ekonometrický program, mezi jehož největší výhody patří, že je zadarmo dostupný a nabízí velké množství analýz, modelů a testů. Aplikace sama dopočítá prognózu dle vstupů na zvolené roky. Značnou výhodou je snadné a velmi intuitivní použití.

### 7.2.2. Nevýhody využití aplikace Gretl

Mezi nevýhody patří, že aplikace není tak rozšířená, jako je tomu například u MS Excel. Jednou z nevýhod je, že se jedná o specializovaný program a pokud potřebujeme výstupy z dat provádět další operace, například finanční, musíme výstupy opět přenést do tabulkového procesoru či jiného vhodného programu.

## 7.3. Další softwary pro zpracování ekonometrických modelů

Dalšími hojně využívaný softwary pro zpracování ekonometrických modelů jsou SAS, Statistica a programování v jazyce R.

### 7.3.1. SAS

SAS je velmi rozšířený software v praxi. Pro studijní účely se využívá v omezeném množství především proto, že plná verze není dostupná zdarma. Po zaregistrování je možné z webových stránek stáhnout akademickou licenci. (9)

Program SAS je poměrně náročný na využití, některé verze mají i tzv. „klikací" verzi, která značně usnadňuje použití tohoto softwaru.

### 7.3.2. Statistica

Jiný využívaný program je Statistica, který je volně dostupný v trial verzi na stránkách společnosti StatSoft (10) na omezenou dobou až šesti měsíců. Program Statistica nabízí širokou škálu funkcí v oblasti statistiky a ekonometrie. Kromě jednorozměrné regrese nabízí též vícenásobnou regresi, postupnou výstavbu modeli či predikování. Aplikace obsahuje velké množství grafů, které je možné vygenerovat a též aplikaci data miningu. Zásadní výhodou je možnost nahrání dat přímo z Excelu nebo z databáze.

# 8. Tvorba vlastního LRM a jeho statistická verifikace

## 8.1. Formulace problému

Cílem této kapitoly je tvorba modelu pro krátkodobou prognózu. Běžně se krátkodobá prognóza aplikuje na trend, nikoliv na model. Mým cílem je porovnání prognózy mnou vytvořených modelů s prognózou Ministerstva financí, s reálnými daty z let 2013 a 2014 a porovnání s potenciálním produktem. Tvorba modelu vychází z teorie o struktuře a využití HDP, kde HDP bude nezávislou proměnnou a ostatní vstupy závislými proměnnými. Modely budu sestavovat na základě pravidel o lineárních regresních a simultánních modelech.

## 8.2. Postup tvorby lineárního regresního modelu

Při tvorbě lineárního regresního modelu budu postupovat následujícím způsobem:

1. Vyberu pět makroekonomických ukazatelů, které do modelu budu postupně zařazovat. Část ukazatelů vytváří HDP a ostatní mají při své změně přímý vliv na vývoj HDP. Jedná se o:
   - Nezaměstnanost
   - Saldo obchodní bilance
   - Výdaje na spotřebu
   - Výdaje investorů
   - Měnový kurz

Jednotlivá data jsou stažena z webových stránek Českého statistického úřadu (8) a České národní banky (9).

2. Vypočítám korelaci mezi všemi nezávislými proměnnými a závislou proměnnou.
3. Dvě nezávislé proměnné, které budou vykazovat nejvyšší míru závislosti, označíme výchozími proměnnými, z kterých vytvořím první model, který posléze otestuji. Mezi nejdůležitější testy bude patřit multikolinearita a statistická významnost koeficientů. Pokud dojdu ke zjištění, že jsou nezávisle proměnné multikolinerovány, pak dojde k vyřazení nerelevantní proměnné.
4. Poté budu postupně přidávat zbývající proměnné ceteris paribus a testovat, zda se kvalita modelu zpřesňuje či nikoliv. Cílem této kapitoly bude ze čtyř vytvořených

modelů vybrat ten, pomocí kterého bude prognózování nejpřesnější, tedy projít prvními třemi fázemi při tvorbě a zpracování modelu.

- Formulace problému
- Odhad parametrů
- Verifikace

5. V další kapitole budu počítat samotnou prognózu a tím budu moci určit, zda je model využitelný v praxi.

## 8.3. Volba dat

Pro sestavení modelu jsem zvolila volně dostupná sekundární data za posledních 14 let (1999 – 2012) respektive 16 let (1999 – 2014) na čtvrtletní bázi v následující podobě. Pro časově zpožděné jsou data od roku 1998.

- HDP v %, sezónně neočištěno, ve stálých cenách
- Nezaměstnanost v %, obecná míra
- Obchodní bilance v mld. CZK, časově zpožděno o 1 rok
- Výdaje na spotřebu v mld. CZK, neobsahuje státní výdaje, sezónně neočištěno, ve stálých cenách
- Výdaje investorů v mld. CZK, celkové, časově zpožděno o 1 rok
- Měnový kurz GBP v CZK/1 GBP, z měsíčních průměrů
- Měnový kurz EUR v CZK/ 1 EUR, z měsíčních průměrů

## 8.4. Tvorba výchozího lineárního regresního modelu

Pro model jsem vybrala výše zmíněné ukazatele, jejichž vstupní hodnoty jsou dostupné v kapitole Přílohy, a spočítala korelaci nezávisle proměnných vůči závisle proměnné. Výdaje na spotřebu a výdaje investorů jsou zpožděné proměnné.

U lineárního regresního modelu budu vytvářet dva typy modelů.

U prvního modelu budou vstupy z let 1999 - 2012 respektive 1998 – 2012 a prognóza bude pro roky 2013 a 2014, stejně tak u druhého typu budou vstupy mezi lety 1999 – 2014 respektive 1998 – 2013 a čas a prognóza bude tvořena zpožděnými proměnnými a časem.

Pro model, který neobsahuje čas jako nezávislou proměnnou, jsem vypočítala korelační koeficient. U vztahů výdaje na spotřebu – obchodní bilance, výdaje investorů – výdaje na spotřebu a měnové kurzy budu očekávat multikolinearitu, kterou budu u těchto vztahů podrobně testovat.

| *Korelační koeficient* | *HDP* | *Nezaměstnanost* | *Obchodní bilance* | *Výdaje na spotřebu* | *Výdaje investorů* | *CZK/EUR* | *CZK/GBP* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *HDP* | X | 0,11 | -0,40 | -0,21 | -0,38 | 0,23 | 0,37 |
| *Nezaměstnanost* | 0,11 | X | -0,45 | -0,71 | -0,78 | 0,72 | 0,67 |
| *Obchodní bilance* | -0,40 | -0,45 | X | 0,53 | 0,39 | -0,64 | -0,65 |
| *Výdaje na spotřebu* | -0,21 | -0,71 | 0,53 | X | 0,90 | -0,93 | -0,93 |
| *Výdaje investorů* | -0,38 | -0,78 | 0,39 | 0,90 | X | -0,82 | -0,83 |
| *CZK/EUR* | 0,23 | 0,72 | -0,64 | -0,93 | -0,82 | X | 0,97 |
| *CZK/GBP* | 0,37 | 0,67 | -0,65 | -0,93 | -0,83 | 0,97 | X |

**Tabulka 1: Korelace mezi proměnnými**

### 8.4.1. Model 1, výchozí model

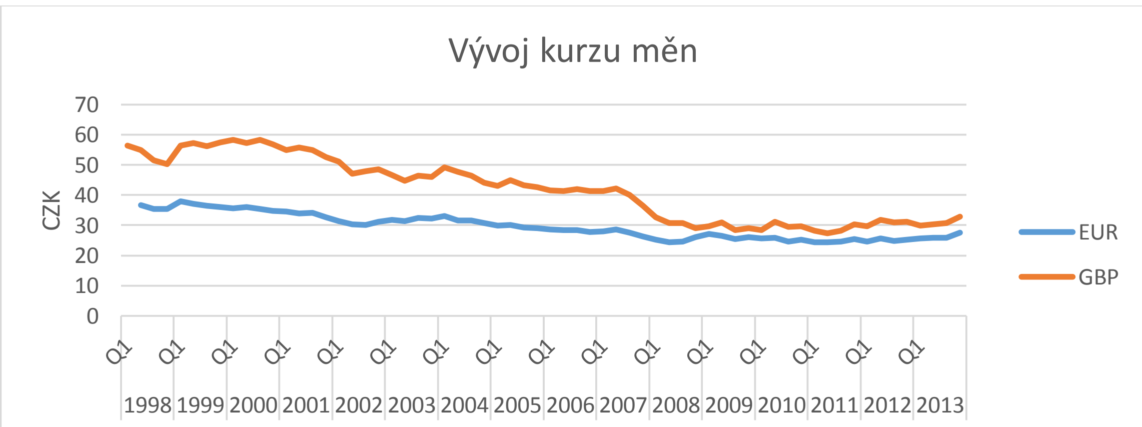
Nejvyšší párová korelace mezi HDP a nezávislými proměnnými vyšla pro měnové kurzy, které budou výchozími proměnnými pro sestavení prvního lineárně regresního modelu s obecným předpisem:

$$y_t = a_0 + a_1 \cdot x_{t1} + a_2 \cdot x_{t2}, \text{ kde}$$

**Rovnice 91: Obecný předpis LRM pro model 1**

$x_{t1}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/GBP a $x_{t2}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/EUR. Ani jedna z nezávislých proměnných nebude zpožděná, protože aktuální měnový kurz ovlivňuje aktuální hodnotu hrubého domácího produktu.

Vzhledem k tomu, že korelace mezi oběma měnovými kurzy je 97%, očekávám přítomnost multikolinearity. Tento fakt ověřím pomocí testu multikolinearity v aplikaci Gretl. Pokud bude multikolinearita prokázána, pak otestuji významnost jednotlivých koeficientů a určím, který měnový kurz je pro model významnější.



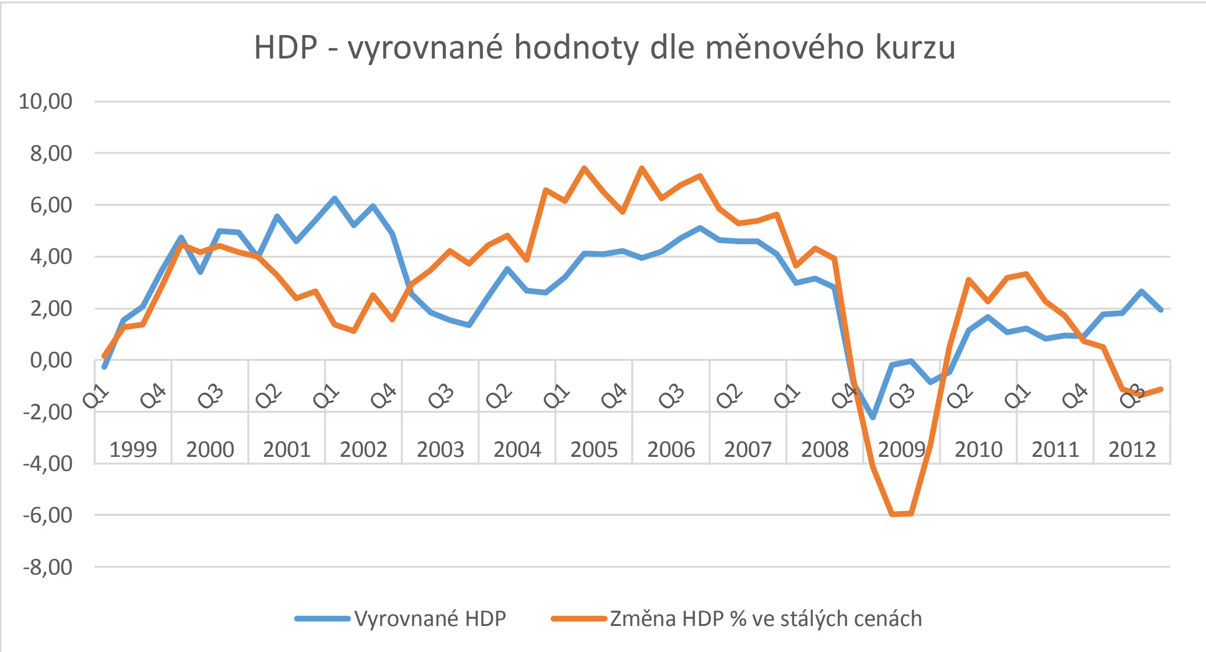

**Graf 4: Vývoj kurzu měn EUR a GBP, graf sestavila autorka dle dat ČSÚ**

Prvním krokem je aplikace metody nejmenších čtverců. Kompletní výstup z aplikace Gretl je Příloha VIII – Model 1 – Výstup z Gretl, MNČ.

8.4.1.1. Model 1 – Odhad regresních parametrů

$$a_0 = 19{,}7391, a_1 = 0{,}7022, a_2 = -1{,}57$$

Na základě těchto koeficientů vypočítám vyrovnané hodnoty nezávislé proměnné. Vyrovnané hodnoty jsou dostupné v Příloha IX – Model 1 – vyrovnané hodnoty HDP.




**Graf 5: Model 1 - HDP, vyrovnané hodnoty, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

8.4.1.2. Model 1 - Korelace

Korelace vyšla 63,8%, což znamená, že HDP je ze 63,8% vysvětleno měnovými kurzy a z 36,2% neznámými faktory.

8.4.1.3. Model 1 - Reziduální rozptyl a směrodatná odchylka

Reziduální neboli celkový rozptyl modelu, který je způsoben neovlivnitelnými deterministickými vlivy, je 5,907. Jedná se o míru variability napozorovaných hodnot kolem modelu. Hodnota výběrového rozptylu je 5,59. Z reziduálního rozptylu odhadnu velikost směrodatné odchylky parametrů, která je rovna odmocnině z rozptylu. Hodnota směrodatné odchylky pro Model 1 činí 2,43.

Reziduální rozptyl je zásadní pro test významnosti regresních parametrů.

#### 8.4.1.4. Model 1 - Test významnosti regresních parametrů

Test významnosti regresních parametrů otestuji dvěma způsoby:

1. Prvním způsobem je výstup z aplikace Gretl v Příloha VIII – Model 1 – Výstup z Gretl, MNČ. Hvězdičky, které jsou uvedeny v řádku u každého regresního parametru, značí jeho významnost. V mém případě to značí významnost regresních parametrů na hladině 1%.
2. Další možností je otestovat významnost parametrů na výstupu z funkce Regrese v Excelu.

| VÝSLEDEK | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |
| *Regresní statistika* | | | | | | | | |
| Násobné R | 0,637557 | | | | | | | |
| Hodnota spolehlivosti R | 0,406479 | | | | | | | |
| Nastavená hodnota spolehlivosti R | 0,384082 | | | | | | | |
| Chyba stř. hodnoty | 2,43042 | | | | | | | |
| Pozorování | 56 | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| ANOVA | | | | | | | | |
| | *Rozdíl* | *SS* | *MS* | *F* | *Významnost F* | | | |
| Regrese | 2 | 214,408 | 107,204 | 18,14882 | 0,0000010 | | | |
| Rezidua | 53 | 313,0678 | 5,906939 | | | | | |
| Celkem | 55 | 527,4758 | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | *Koeficienty* | *Chyba stř. hod.* | *t Stat* | *Hodnota P* | *Dolní 95%* | *Horní 95%* | *Dolní 95,0%* | *Horní 95,0%* |
| Hranice | 19,73814 | 4,619115 | 4,273144 | 0,000081 | 10,47337118 | 29,00292 | 10,47337 | 29,00292 |
| EUR | -1,56989 | 0,320897 | -4,8922 | 0,000010 | -2,213529309 | -0,92625 | -2,21353 | -0,92625 |
| GBP | 0,702104 | 0,124818 | 5,625007 | 0,000001 | 0,451750235 | 0,952458 | 0,45175 | 0,952458 |

Obrázek 32: Model 1 - Výstup regrese, tabulku sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat

Statistickou významnost nejprve ověřím u *Významnost F*. Pokud je hodnota nižší než 0,05 respektive 0,01, pak se jedná o statistickou významnost. Stejné porovnání provedu i s *Hodnotami P* u jednotlivých regresních parametrů. Oba parametry jsou statisticky významné na hladině nižší než 1%.

#### 8.4.1.5. Model 1 - Koeficient determinace

Z výstupu v předchozí kapitole je jasné, že koeficient determinace, který značí kvalitu modelu, vychází 0,4067. Hodnota značí, že 40,65% variability HDP bylo vysvětleno modelem. Hodnoty blízké jedné značí kvalitní model.

#### 8.4.1.6. Model 1 - Test významnosti dvou rozptylů

Test významnosti dvou rozptylů určuje statistickou významnost reziduálního rozptylu. Pokud je testovaná hodnota vyšší než tabelovaná, pak je reziduální rozptyl významný.

| | Hodnota spolehlivosti | Ftest | Hladina významnosti 5% | Hladina významnosti 1% |
|---|---|---|---|---|
| Model 1 | 0,40648 | 19,17611 | 3,16186 | 5,00552 |

**Tabulka 2: Model 1 - Test významnosti dvou rozptylů**

Reziduální rozptyl je statisticky významný na hladině významnosti 5% i 1%.

#### 8.4.1.7. Model 1 - Stanovení β koeficientů

Pro lineární regresní model o dvou nezávislých proměnných stanovím dva β koeficienty:

1. První koeficient pro měnový kurz EUR je 0,911, což znamená, že pokud se exogenní proměnná změní o jednotku, pak se endogenní proměnná změní o 0,911 směrodatné odchylky.
2. Oproti tomu koeficient β u měnového kurzu GBP činí -5,24, tedy vnitřní proměnná se změní o -5,24 směrodatné odchylky, pokud vnější proměnná vzroste o jednotku.

#### 8.4.1.8. Model 1 - Autokorelace

Dále otestuji přítomnost autokorelace na základě Durbin-Watsonova testu. Vzhledem k tomu, že testuji čtvrtletní data, budu testovat autokorelaci pro období (t-4), tedy roční zpoždění.

$$D = 1,6661$$

V tabulkách (13) jsem vybrala kritické hodnoty pro hladinu významnosti 1% a 5%, pro 56 pozorování a 3 proměnné a porovnala mnou vypočítanou hodnotu s tabulkovými.

| Model 1 | D(D) | D(H) | Výsledek testu |
|---|---|---|---|
| Hladina významnosti 1% | 1,32624 | 1,46947 | Není přítomna pozitivní autokorelace. |
| Hladina významnosti 5% | 1,49541 | 1,64295 | Není přítomna pozitivní autokorelace. |

**Tabulka 3: Model 1 – Autokorelace**

Na hladině významnosti 1% i 5% nebyla prokázána pozitivní autokorelace.

#### 8.4.1.9. Model 1 - Homoskedasticita a Heteroskedasticita

Identifikace homoskedasticity respektive heteroskedasticity je možná pomocí aplikace Gretl. P-hodnota pro *Model 1* byla vypočtena $0,1531 > 0,05$, což znamená, že hypotézu $H_0$ nezamítám na hladině významnosti 5% a je potvrzena normalita reziduí. Výstup z aplikace je Příloha XI – Model 1 – Identifikace heteroskedasticity.

#### 8.4.1.10. Model 1 - Multikolinearita

Dále jsem otestovala multikolinearitu a identifikovala její přítomnost mezi měnovými kurzy. Test proběhl pomocí aplikace Gretl, výstup je v Příloha X – Model 1 – Identifikace multikolinearity.

$$Hodnota\ multikolinearity = 15{,}493$$

Pokud je hodnota výstup vyšší než deset, značí to přítomnost multikolinearity, což potvrdilo můj předpoklad u korelační matice. Pozitivní multikolinearita může být způsobena mnoha důvody, v mém případě je důvod zřejmý, měnové kurzy mají tendenci se vyvíjet stejným směrem. I přes silnou multikolinearitu nebudu model žádným způsobem upravovat, protože předpokládám obdobný vývoj vzájemné závislosti v dalších obdobích.

#### 8.4.1.11. Model 1 - Intervalové odhady regresních parametrů

Nakonec ověřím, zda jsou regresní parametry vhodně zvolené, neboli zda spadají mezi horní a dolní mez.

| | Dolní mez | Horní mez | Parametry |
|---|---|---|---|
| Y | 18,9599 | 20,5183 | 19,7391 |
| EUR | 0,6303 | 0,7740 | 0,7022 |
| GBP | -1,6475 | -1,4925 | -1,57 |

**Tabulka 4: Model 1 - intervalové odhady regresních parametrů**

Veškeré hodnoty spadají do intervalových odhadů, což znamená, že parametry jsou vhodné pro model.

## 8.5. Model 2

Vytvořím další modely, které otestuji obdobným způsobem, jako tomu bylo u prvního modelu. Cílem je co nejvíce zpřesnit kvalitu modelu, aby prognóza byla co nejpřesnější. Data jsou opět z let 1999 – 2012. Nyní přidám do modelu nezaměstnanost, která dle korelační tabulky má korelaci 11%.

V tomto modelu opět nebude přítomna žádná časově zpožděná proměnná.

$$y_t = a_0 + a_1 \cdot x_{t1} + a_2 \cdot x_{t2} + a_3 \cdot x_{t3}, \text{ kde}$$

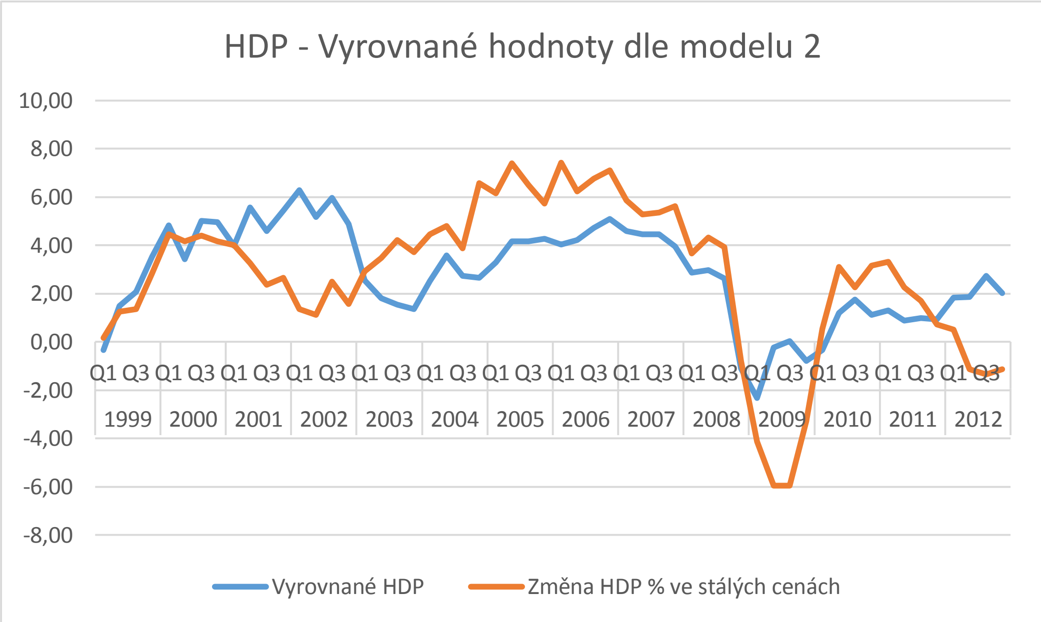
**Rovnice 92: Obecný předpis LRM pro model 2**

$x_{t1}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/GBP, $x_{t2}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/EUR a $x_{t3}$ je nezávislá proměnná pro nezaměstnanost.

### 8.5.1. Model 2 - Odhad regresních parametrů

$$a_0 = 19{,}7934, a_1 = 0{,}7068, a_2 = -1{,}6001, a_3 = 0{,}0894$$

Z těchto regresních parametrů vytvořím graf s vyrovnanými hodnotami.




**Graf 6: Model 2 – HDP, Vyrovnané hodnoty, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

### 8.5.2. Model 2 – Testování

Výstupem z testování druhého modelu je následující tabulka, viz Příloha XII – Model 2 – Výstup z Gretl, MNČ, Příloha XV – Model 2 – Identifikace heteroskedasticity.

| | |
|---|---|
| Korelace | 63,90% |
| Reziduální rozptyl | 5,902 |
| Výběrový rozptyl | 5,586 |
| Směrodatná odchylka | 2,429 |
| Hodnota P – EUR | $3{,}14e^{-05}$ |
| Hodnota P – GBP | $9{,}82e^{-07}$ |
| Hodnota P - Nezaměstnanost | 0,8171 |
| β koeficient EUR | -2,077 |
| β koeficient GBP | 2,359 |
| β koeficient Nezaměstnanost | 0,036 |
| Koeficient determinace | 0,4083 |
| Homoskedasticita, Heteroskedasticita | 0,1636 |

**Tabulka 5: Model 2 - Výstup z testování**

Pro testování statistické významnosti koeficientu determinace jsem použila test významnosti dvou rozptylů.

| | Hodnota spolehlivosti | Ftest | Hladina významnosti 5% | Hladina významnosti 1% |
|---|---|---|---|---|
| LRM | 0,40699 | 12,81098 | 3,16186 | 5,00552 |

**Tabulka 6: Model 2 - Testování významnosti dvou rozptylů**

Dále jsem testovala autokorelaci.

$$D = 1,6741$$

| Model 1 | D(D) | D(H) | Výsledek testu |
|---|---|---|---|
| Hladina významnosti 1% | 1,2905 | 1,509 | Není přítomna pozitivní autokorelace. |
| Hladina významnosti 5% | 1,4581 | 1,683 | Nelze jednoznačně rozhodnout. |

**Tabulka 7: Model 2 – Autokorelace**

Pokud je hodnota multikolinearity vyšší než 10, pak to indikuje přítomnost pozitivní multikolinearity, viz Příloha XIV – Model 2 – Identifikace multikolinearity.

| | Hodnota multikolinearity |
|---|---|
| EUR | 18,247 |
| GBP | 15,892 |
| Nezaměstnanost | 2,126 |

**Tabulka 8: Model 2 - Identifikace multikolinearity**

V poslední části testu jsem intervalově odhadovala regresní parametry.

| | Dolní mez | Horní mez | Parametry |
|---|---|---|---|
| Y | 17,6603 | 21,9265 | 19,7934 |
| EUR | -29,9609 | 26,7607 | -1,6001 |
| GBP | -77,4854 | 78,8990 | 0,7068 |
| Nezaměstnanost | -25,6823 | 25,8611 | 0,0894 |

**Tabulka 9: Model 2 – Intervalové odhady regresních parametrů**

### 8.5.3. Závěry z testování

Korelace pro model 2 je 63,9%, což je pouze o jednu desetinu procenta více než v předchozím modelu. Tudíž se kvalita modelu příliš nezvýšila, což potvrzuje i fakt, že regresní parametr nezaměstnanosti není statisticky významný. Ostatní regresní parametry jsou statisticky významné. Koeficient determinace činí 40,83%, což opět není významný nárůst oproti předchozímu modelu. Koeficient determinace je statisticky významný jak na hladině významnosti 5%, tak 1%. Jednoznačně bylo prokázáno, že v modelu není přítomna heteroskedasticita. U modelu 2 nebyla prokázána přítomnost pozitivní autokorelace na hladině 1%, na hladině významnosti 5% o autokorelaci nelze jednoznačně rozhodnout.

Multikolinearity nebyla prokázána pouze u nezaměstnanosti. Všechny regresní parametry spadají do intervalů.

Z důvodu statistické nevýznamnosti regresního parametru nezaměstnanosti tuto nezávislou proměnnou z modelu vyřadím a do dalších modelů ji zařazovat nebudu.

## 8.6. Model 3

V druhém modelu jsem ověřila, že regresní parametr nezaměstnanosti není statisticky významný, a proto tuto proměnnou v dalším modelu vyřadím. Další nezávisle proměnnou, kterou zařazuji do modelu, jsou výdaje investorů. Tuto exogenní proměnnou do modelu zařadím jako časově zpožděnou a to proto, že investice bývají dlouhodobějšího charakteru, tudíž mají zpožděný vliv na tvorbu HDP.

$$y_t = a_0 + a_1 \cdot x_{t1} + a_2 \cdot x_{t2} + a_3 \cdot x_{(t-1)3}, \text{ kde}$$

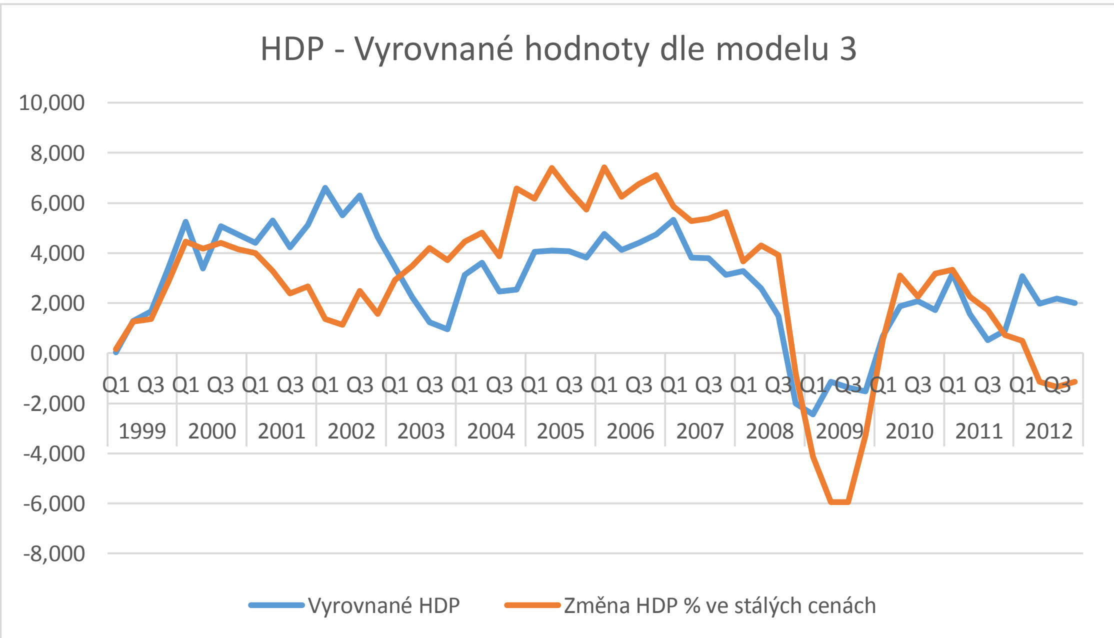
**Rovnice 93: Obecný předpis LRM pro model 3**

$x_{t1}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/GBP, $x_{t2}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/EUR a $x_{(t-1)3}$ je nezávislá proměnná pro výdaje investorů.

### 8.6.1. Model 3 – Odhad regresních parametrů

$$a_0 = 31{,}0881, a_1 = 0{,}6421, a_2 = -1{,}6605, a_3 = -2{,}54577e^{-5}$$

Z těchto regresních parametrů vytvořím graf s vyrovnanými hodnotami.




**Graf 7: Model 3 - HDP, Vyrovnané hodnoty, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

### 8.6.2. Model 3 – Testování

Výstupem z testování třetího modelu je následující tabulka, viz Příloha XVI – Model 3 – Výstup z Gretl, MNČ, Příloha XIX – Model 3 – Identifikace heteroskedasticity.

| | |
|---|---|
| Korelace | 67,08% |
| Reziduální rozptyl | 5,4737 |
| Výběrový rozptyl | 5,1805 |
| Směrodatná odchylka | 2,3396 |
| Hodnota P – EUR | $2{,}58e^{-06}$ |
| Hodnota P – GBP | $4{,}03e^{-06}$ |
| Hodnota P - Investice | 0,0468 |
| β koeficient EUR | -2,1554 |
| β koeficient GBP | 2,1428 |
| β koeficient Investice | -0,3799 |
| Koeficient determinace | 0,4514 |
| Homoskedasticita, Heteroskedasticita | 0,0176 |

**Tabulka 10: Model 3 - Výstup z testování**

Pro testování statistické významnosti koeficientu determinace jsem použila test významnosti dvou rozptylů.

| | Hodnota spolehlivosti | Ftest | Hladina významnosti 5% | Hladina významnosti 1% |
|---|---|---|---|---|
| LRM | 0,4500 | 15,274 | 3,1619 | 5,0055 |

**Tabulka 11: Model 3 - Testování významnosti dvou rozptylů**

Dále jsem testovala autokorelaci.

$$D = 1{,}5279$$

| Model 1 | D(D) | D(H) | Výsledek testu |
|---|---|---|---|
| Hladina významnosti 1% | 1,2905 | 1,509 | Není přítomna pozitivní autokorelace. |
| Hladina významnosti 5% | 1,4581 | 1,683 | Nelze jednoznačně rozhodnout. |

**Tabulka 12: Model 3 – Autokorelace**

Pokud je hodnota multikolinearity vyšší, než 10, pak to indikuje přítomnost pozitivní multikolinearity, viz Příloha XVIII – Model 3 – Identifikace multikolinearity.

| | Hodnota multikolinearity |
|---|---|
| EUR | 15,82 |
| GBP | 16,411 |
| Investice | 3,302 |

**Tabulka 13: Model 3 - Identifikace multikolinearity**

V poslední části testu jsem intervalově odhadovala regresní parametry.

| | Dolní mez | Horní mez | Parametry |
|---|---|---|---|
| Y | 29,7987 | 32,3775 | 31,08810 |
| EUR | -31,0279 | 27,7069 | -1,66047 |
| GBP | -73,4866 | 74,7708 | 0,64209 |
| Investice | -739 031,3807 | 739 031,3807 | -0,00003 |

**Tabulka 14: Model 3 – Intervalové odhady regresních parametrů**

### 8.6.3. Závěry z testování

Model 3 vykazuje vyšší korelace než Model 2 a Model 1, a to 67,08%. Kvalita modelu se zvýšila zanesením výdajů investorů do modelu. Po otestování jsem prokázala, že všechny regresní parametry jsou statisticky významné a proto budou součástí dalšího modelu. Koeficient determinace je 45,14%. Koeficient determinace je statisticky významný jak na hladině významnosti 5%, tak 1%. Byla prokázána Homoskedasticita na hladině významnosti 1%. U modelu 3 nebyla prokázána přítomnost pozitivní autokorelace na hladině 1%, na hladině významnosti 5% o autokorelaci nelze jednoznačně rozhodnout. Multikolinearita nebyla prokázána pouze u investic. U měnových kurzů není multikolinearita významná vzhledem k tomu, že očekáváme podobný vývoj i v budoucnu. Všechny regresní parametry spadají do intervalů.

## 8.7. Model 4

V modelu 4 budu zařazovat proměnnou Saldo obchodní bilance, kterou do modelu zařazuji jako časově zpožděnou. I přesto, že se export významným způsobem podílí na tvorbě HDP, rozhodla jsem se, že do modelu zařadím jeho vliv jako zpoždění proto, že pokud je saldo obchodní bilance aktivní, pak jsou spouštěny další ekonomické mechanismy, které mají v konečném důsledku vliv na HDP. Ovšem každý ekonomický mechanismus nenastane ihned, proto očekávám jisté zpoždění v podobě jednoho roku.

$$y_t = a_0 + a_1 \cdot x_{t1} + a_2 \cdot x_{t2} + a_3 \cdot x_{(t-1)3} + a_4 \cdot x_{(t-1)4}, \text{ kde}$$

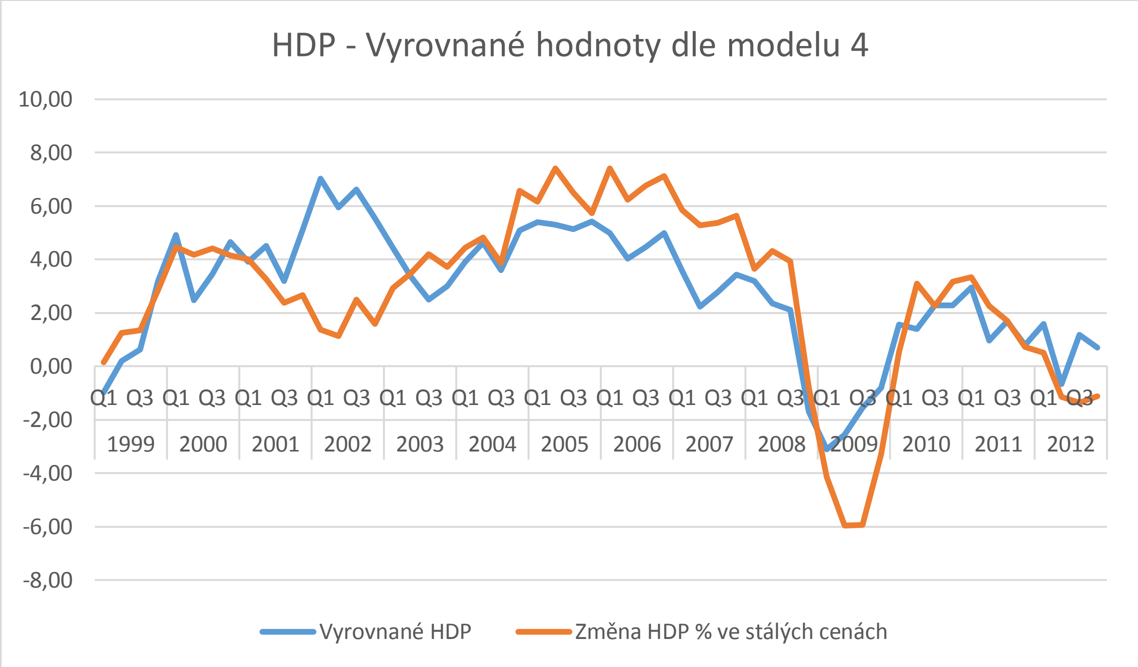
**Rovnice 94: Obecný předpis LRM pro model 4**

$x_{t1}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/GBP, $x_{t2}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/EUR, $x_{(t-1)3}$ je nezávislá proměnná pro výdaje investorů a $x_{(t-1)4}$ je nezávislá proměnná pro saldo obchodní bilance.

### 8.7.1. Model 4 – Odhad regresních parametrů

$$a_0 = 43{,}4944, a_1 = 0{,}5344, a_2 = -1{,}7786, a_3 = -4{,}1545e^{-05}, a_4 = -6{,}6814e^{-05}$$

Regresní parametry dosadím do rovnice a za exogenní proměnné dosadím hodnoty jednotlivých let, pomocí čehož získám vyrovnané hodnoty HDP, které jsem zobrazila v grafu níže.




**Graf 8: Model 4 - HDP , Vyrovnané hodnoty, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

### 8.7.2. Model 4 – Testování

Výstupem z testování čtvrtého modelu je následující tabulka, viz Příloha XX – Model 4 – Výstup z Gretl, MNČ, Příloha XXIII – Model 4 – Identifikace heteroskedasticity.

| | |
|---|---|
| Korelace | 75,2% |
| Reziduální rozptyl | 4,407 |
| Výběrový rozptyl | 4,0922 |
| Směrodatná odchylka | 2,0993 |
| Hodnota P – EUR | 8,34e$^{-08}$ |
| Hodnota P – GBP | 2,70e$^{-05}$ |
| Hodnota P - Investice | 0,0012 |
| Hodnota P - Saldo | 0,0006 |
| β koeficient EUR | -2,3087 |
| β koeficient GBP | 1,7834 |
| β koeficient Investice | -0,6200 |
| β koeficient Saldo | -0,4759 |
| Koeficient determinace | 0,5652 |
| Homoskedasticita, Heteroskedasticita | 0,0028 |

**Tabulka 15: Model 4 - Výstup z testování**

Pro testování statistické významnosti koeficientu determinace jsem použila test významnosti dvou rozptylů.

| | Hodnota spolehlivosti | Ftest | Hladina významnosti 5% | Hladina významnosti 1% |
|---|---|---|---|---|
| LRM | 0,5656 | 18,2254 | 3,1619 | 5,0055 |

Tabulka 16: Model 4 - Testování významnosti dvou rozptylů

Dále jsem testovala autokorelaci.

$$D = 1{,}5636$$

| Model 1 | D(D) | D(H) | Výsledek testu |
|---|---|---|---|
| Hladina významnosti 1% | 1,2543 | 1,5503 | Není přítomna pozitivní autokorelace. |
| Hladina významnosti 5% | 1,4201 | 1,7246 | Nelze jednoznačně rozhodnout. |

Tabulka 17: Model 4 – Autokorelace

Pokud je hodnota multikolinearity vyšší než 10, pak to indikuje přítomnost pozitivní multikolinearity, viz Příloha XXII – Model 4 – Identifikace multikolinearity.

| | Hodnota multikolinearity |
|---|---|
| EUR | 16,026 |
| GBP | 17,547 |
| Investice | 3,809 |
| Saldo | 1,993 |

Tabulka 18: Model 4 - Identifikace multikolinearity

V poslední části testu jsem intervalově odhadovala regresní parametry.

| | Dolní mez | Horní mez | Parametry |
|---|---|---|---|
| Y | 42,4706 | 44,5182 | 43,4944 |
| EUR | -27,9683 | 24,4111 | -1,7786 |
| GBP | -63,8136 | 64,8824 | 0,5344 |
| Investice | -617 628,5191 | 617 628,5190 | $-4{,}15E^{-05}$ |
| Saldo | $-4{,}08E^{+05}$ | $4{,}08E^{+05}$ | $-6{,}68E^{-05}$ |

Tabulka 19: Model 4 – Intervalové odhady regresních parametrů

### 8.7.3. Závěry z testování

U modelu 4 byla prokázána výrazně vyšší korelace než modelu 3, která činí 75,2%. Kvalita modelu se zvýšila přidáním další časově zpožděné proměnné do modelu, salda obchodní bilance. Na základě otestování modelu jsem prokázala, že všechny regresní parametry jsou statisticky významné a proto budou součástí dalšího modelu. Koeficient determinace je 56,52%. Koeficient determinace je statisticky významný jak na hladině významnosti 5%, tak 1%. Byla prokázána heteroskedasticita na hladině významnosti 1% i 5%. Vzhledem k tomu, že jedním z důvodů vzniku heteroskedasticity je neúplnost modelu, budeme s tímto modelem vstupovat do modelu 5 a testovat, zda při zanesení další proměnné bude heteroskedasticita odstraněna. U modelu 4 nebyla prokázána přítomnost pozitivní autokorelace na hladině 1%, na hladině významnosti 5% o autokorelaci nelze jednoznačně rozhodnout. Multikolinearita nebyla prokázána u investic a salda obchodní bilance. U měnových kurzů není multikolinearita významná vzhledem k tomu, že očekáváme podobný vývoj i v budoucnu. Všechny regresní parametry spadají do intervalů.

## 8.8. Model 5

Do modelu 5 zařazuji další proměnnou, spotřebu, která by měla odstranit heteroskedasticitu, která se v předchozím modelu vyskytla. Spotřebu budu zařazovat jako nezpožděnou proměnnou.

$$y_t = a_0 + a_1 \cdot x_{t1} + a_2 \cdot x_{t2} + a_3 \cdot x_{(t-1)3} + a_4 \cdot x_{(t-1)4} + a_5 \cdot x_{t5}, \text{ kde}$$

**Rovnice 95: Obecný předpis LRM pro model 5**

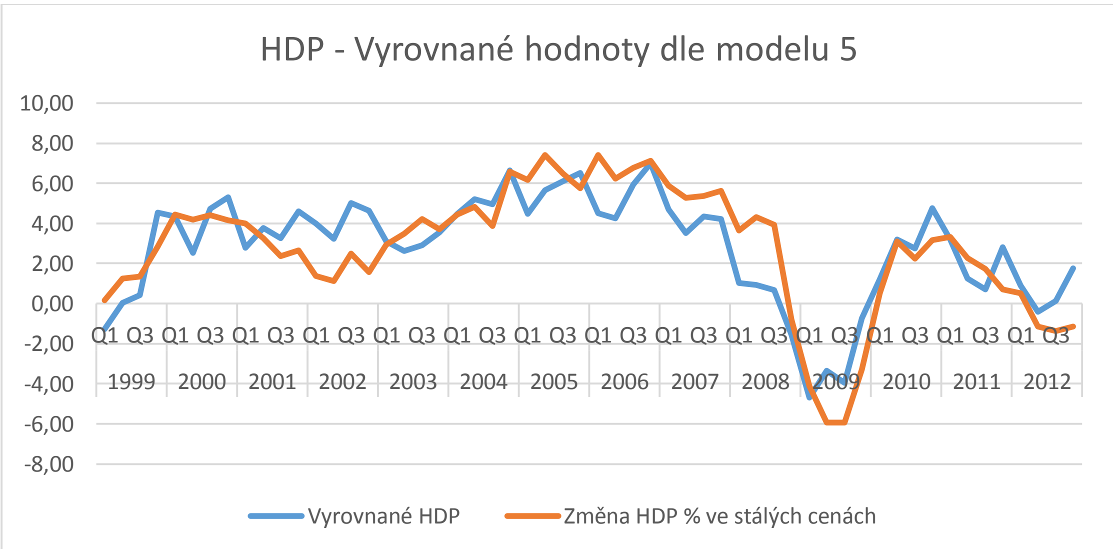
$x_{t1}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/GBP, $x_{t2}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/EUR, $x_{(t-1)3}$ je nezávislá proměnná pro výdaje investorů, $x_{(t-1)4}$ je nezávislá proměnná pro saldo obchodní bilance a $x_{t5}$ je nezávislá proměnná pro spotřebu.

### 8.8.1. Model 5 – Odhad regresních parametrů

$$a_0 = -5{,}2952, a_1 = 0{,}635, a_2 = -1{,}3256, a_3 = -8{,}0995e^{-05},$$

$$a_4 = -6{,}1333e^{-05}, a_5 = 9{,}3386e^{-05}$$

Regresní parametry dosadím do rovnice a za nezávislé proměnné dosadím hodnoty jednotlivých let, pomocí čehož získám vyrovnané hodnoty HDP, které jsem zobrazila v grafu níže.




**Graf 9: Model 5 – HDP, Vyrovnané hodnoty, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

### 8.8.2. Testování

Výstupem z testování pátého modelu je následující tabulka, viz Příloha XXIV – Model 5 – Výstup z Gretl, MNČ:

| | |
|---|---|
| Korelace | 85,27% |
| Reziduální rozptyl | 2,8233 |
| Výběrový rozptyl | 2,5712 |
| Směrodatná odchylka | 1,6803 |
| Hodnota P – EUR | $1{,}48e^{-06}$ |
| Hodnota P – GBP | $1{,}70e^{-08}$ |
| Hodnota P - Investice | $1{,}77e^{-08}$ |
| Hodnota P - Saldo | 0,0001 |
| Hodnota P - Spotřeba | $1{,}64e^{-06}$ |
| β koeficient EUR | -1,7207 |
| β koeficient GBP | 2,1189 |
| β koeficient Investice | -1,2087 |
| β koeficient Saldo | -0,4369 |
| β koeficient Spotřeba | 1,4779 |
| Koeficient determinace | 0,7266 |
| Homoskedasticita, Heteroskedasticita | 0,0293 |

**Tabulka 20: Model 5 - Výstup z testování**

Pro testování statistické významnosti koeficientu determinace jsem použila test významnosti dvou rozptylů.

| | Hodnota spolehlivosti | Ftest | Hladina významnosti 5% | Hladina významnosti 1% |
|---|---|---|---|---|
| LRM | 0,72704 | 29,83198 | 3,16186 | 5,00552 |

**Tabulka 21: Model 5 - Testování významnosti dvou rozptylů**

Dále jsem testovala autokorelaci.

$$D = 1{,}4674$$

| Model 1 | D(D) | D(H) | Výsledek testu |
|---|---|---|---|
| Hladina významnosti 1% | 1,2178 | 1,5933 | Nelze jednoznačně rozhodnout. |
| Hladina významnosti 5% | 1,3815 | 1,7678 | Nelze jednoznačně rozhodnout. |

**Tabulka 22: Model 5 – Autokorelace**

Pokud je hodnota multikolinearity vyšší než 10, pak tato hodnota indikuje přítomnost pozitivní multikolinearity.

| | Hodnota multikolinearity |
|---|---|
| EUR | 18,170 |
| GBP | 18,245 |
| Investice | 5,958 |
| Saldo | 2,002 |
| Spotřeba | 13,545 |

Tabulka 23: Model 5 - Identifikace multikolinearity

V poslední části testu jsem intervalově odhadovala regresní parametry.

| | Dolní mez | Horní mez | Parametry |
|---|---|---|---|
| Y | -11,5866 | 0,9962 | -5,2952 |
| EUR | -1,4683 | -1,1830 | -1,3256 |
| GBP | 0,5794 | 0,6905 | 0,63496 |
| Investice | -8,81E-05 | -7,4E-05 | -0,000081 |
| Saldo | -7,14E-05 | -5,1E-05 | -0,000061 |
| Spotřeba | 8,476E-05 | 0,0001 | 9,3386E-05 |

Tabulka 24: Model 5 – Intervalové odhady regresních parametrů

### 8.8.3. Závěry z testování

Model 5 potvrdil zvýšení přesnosti, což je patrné z grafu vyrovnaných hodnot výše. Korelace se zvýšila na 85,27%, což znamená, že pouze 14,73% HDP je vysvětleno dalšími proměnnými. Reziduální rozptyl se snížil na 2,8233. Zásadní je, že všechny regresní parametry jsou statisticky významné. Dle mého předpokladu u předchozího modelu došlo díky zařazení další proměnné k odstranění heteroskedasticity na hladině významnosti 1%. Koeficient determinace se zvýšil na 72,66%, což je nárůst téměř o 32% oproti výchozímu modelu. Autokorelaci nebylo možné jednoznačně prokázat. Náznak multikolinearity se vyskytuje u Spotřeby, což je pravděpodobně způsobeno tím, že má tendenci se vyvíjet stejným směrem jako ostatní nezávislé proměnné. Všechny regresní parametry spadají do intervalového odhadu.

## 8.9. Model 6

Model 5 vykazuje ve vyrovnání velmi dobré vlastnosti, avšak neobsahuje všechny proměnné, které jsem si na začátku určila. Z tohoto důvodu bude dalším krokem tvorby modelu otestování, zda Nezaměstnanost nemá významnější vliv jako zpožděná vnitřní proměnná.

Nejprve otestuji korelaci HDP a Nezaměstnanost$_{(t-1)}$. Hodnota korelace je 67,85%, což vykazuje o 56,5% vyšší korelaci než u nezpožděné Nezaměstnanosti.

$$y_t = a_0 + a_1 \cdot x_{t1} + a_2 \cdot x_{t2} + a_3 \cdot x_{(t-1)3} + a_4 \cdot x_{(t-1)4} + a_5 \cdot x_{t5} + a_6 \cdot x_{(t-1)6}, \text{ kde}$$

**Rovnice 96: Obecný předpis LRM pro model s časovou proměnnou**

$x_{t1}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/GBP

$x_{t2}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/EUR

$x_{(t-1)3}$ je nezávislá proměnná pro výdaje investorů

$x_{(t-1)4}$ je nezávislá proměnná pro saldo obchodní bilance

$x_{t5}$ je nezávislá proměnná pro spotřebu

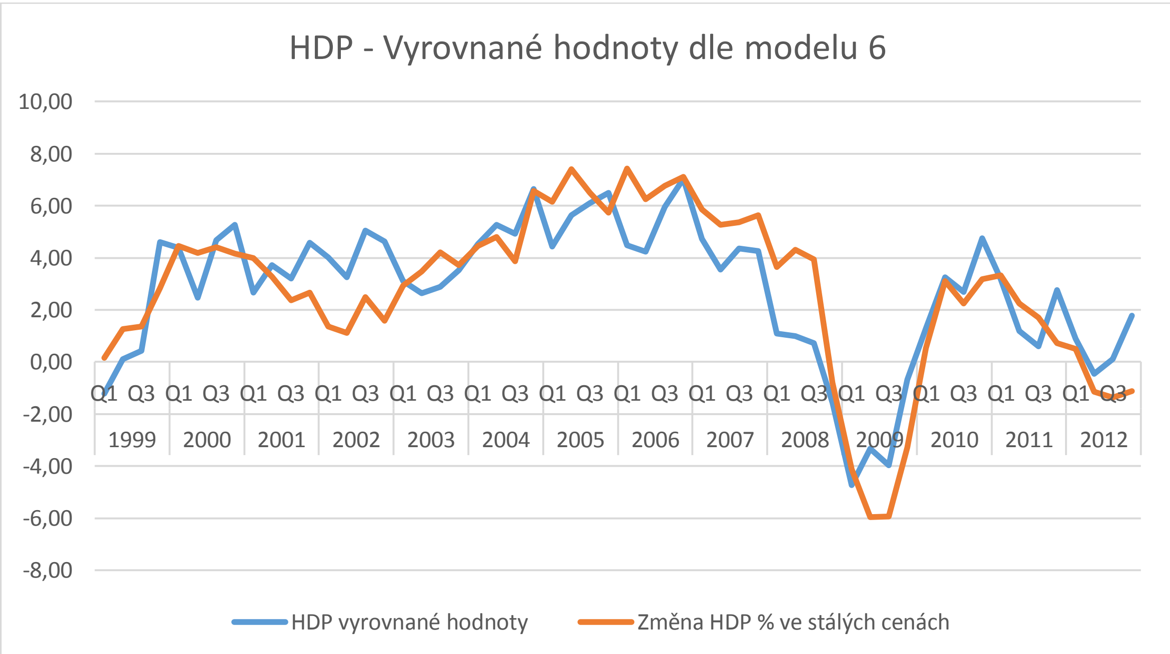
$x_{(t-1)6}$ je nezávislá proměnná pro nezaměstnanost.

### 8.9.1. Model 6 – Odhad regresních parametrů

$$a_0 = -4{,}0587, a_1 = 0{,}6556, a_2 = -1{,}3762, a_3 = -8{,}3572e^{-05},$$

$$a_4 = -6{,}2263e^{-05}, a_5 = 9{,}4801e^{-05}, a_6 = -0{,}0827$$

Regresní parametry dosadím do rovnice a za nezávislé proměnné dosadím hodnoty jednotlivých let, pomocí čehož získám vyrovnané hodnoty HDP, které jsem zobrazila v grafu níže.




**Graf 10: Model 6 - HDP, Vyrovnané hodnoty, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

Pokud nyní porovnám kvalitu vyrovnání dle modelu 5 a modelu 6, pak model 5 vykazuje vyšší kvalitu, což potvrzuje i otestování statistické významnosti regresních parametrů.

Regresní parametr nezaměstnanosti není statisticky významný, viz Příloha XXVIII – Model 6 – Výstup z Gretl, MNČ, proto jej ani jako zpožděný nebudu zařazovat do modelu.

## 8.10. Výstup z tvorby vlastního lineárního regresního modelu

Cílem této kapitoly bylo získat model, který bude vhodný pro prognózu HDP na roky 2013 a 2014. Celkem jsem otestovala šest modelů, přičemž vstupním modelem pro prognózu bude model 5, který po verifikaci vykazoval nejlepší hodnoty. Tento model také bude předlohou pro vstup tvorby druhého lineárně regresního modelu, který nebude vytvářen na principu robustní statistiky. Do modelu bude zakomponována nová nezávislá proměnná, Čas, pomocí které vytvořím model od roku 1999 do roku 2012, a budeme prognózovat HDP na rok 2015. Nakonec tuto prognózu porovnám s Makroekonomickou predikcí Ministerstva financí.

# 9. Tvorba vlastního LRM s časovou složkou

Pro prognózu využiji dva druhy lineárního regresního modelu. První typ modelu jsem testovala v předchozí kapitole, jednalo se o model, který byl postaven na robustní statistice. Druhý model bude postaven na eliminaci času. Pro zjednodušení jeho tvorby použiji jako vstup *Model 5*.

$$y_t = a_0 + a_1 \cdot x_{t1} + a_2 \cdot x_{t2} + a_3 \cdot x_{(t-1)3} + a_4 \cdot x_{(t-1)4} + a_5 \cdot x_{t5} + a_6 \cdot x_{t6}, \text{ kde}$$

**Rovnice 97: Obecný předpis LRM pro model 6**

$x_{t1}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/GBP

$x_{t2}$ je nezávislá proměnná měnový kurz CZK/EUR

$x_{(t-1)3}$ je nezávislá proměnná pro výdaje investorů

$x_{(t-1)4}$ je nezávislá proměnná pro saldo obchodní bilance

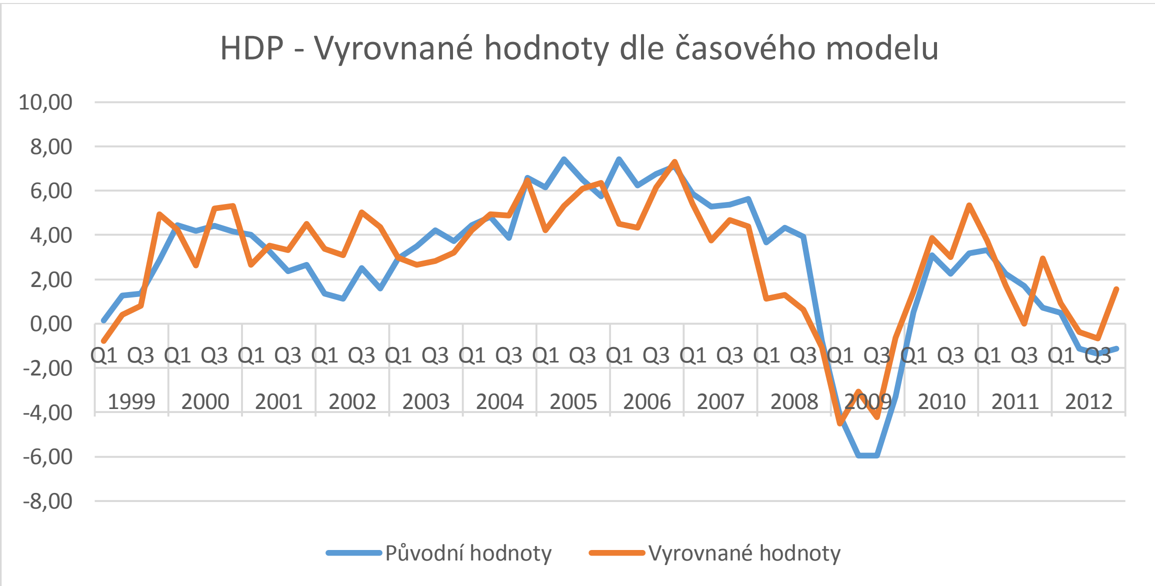
$x_{t5}$ je nezávislá proměnná pro spotřebu

$x_{t6}$ je nezávislá proměnná pro čas.

### 9.1.1. Model 6 – Odhad regresních parametrů

$$a_0 = 665{,}899, a_1 = 0{,}5706, a_2 = -1{,}24514, a_3 = -9{,}1049e^{-05},$$
$$a_4 = -4{,}1876e^{-05}, a_5 = 0{,}0001, a_6 = -0{,}3387$$

Regresní parametry dosadím do rovnice, za nezávislé proměnné dosadím hodnoty jednotlivých let a získám tak vyrovnané hodnoty.




**Graf 11: Model s časem - HDP, Vyrovnané hodnoty, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

Vzhledem k tomu, že čas není statisticky významný, viz Příloha XXIX – Model s časovou složkou – Výstup z Gretl, MNČ, není prognózování pomocí času v tomto případě příliš vhodné. Heteroskedasticita není v modelu přítomna.

Na hladině významnosti 5% jsou kritické hodnoty autokorelace následující:

$$D_d = 1{,}1806;\ D_h = 1{,}63803$$

Testovaná hodnota je 2,5898e$^{-06}$, to znamená, že v modelu je přítomna pozitivní autokorelace. Model jsem též testovala na přítomnost multikolinearity, která byla prokázána nejen v případě měnových kurzů, ale především u časové složky, viz Příloha XXX – Model s časovou složkou – Identifikace multikolinearity. Z těchto důvodů není model vhodný pro prognózu, a proto jej k těmto účelům nebudu využívat.

# 10. Volba vlastního MSR a jeho statistická verifikace

Model simultánních rovnic je dalším z modelů, pomocí něhož budu predikovat HDP České republiky. Model sestavím na základě předpokladů Keynesova modelu, který byl vysvětlen v kapitole Simultánní modely. Pro model nezvolím zcela stejné proměnné, tak jako tomu bylo u lineárního regresního modelu. Důvodem úpravy proměnných je vysoká korelace mezi nezávislými proměnnými, která by zapříčinila převod těchto dat na postupné diference.

Při sestavování modelu simultánních rovnic budu postupovat obdobně jako při tvorbě lineárního regresního modelu. Nezávislými proměnnými budou následující proměnné:

- Nezaměstnanost
- Saldo obchodní bilance
- Měnový kurz CZK/GBP
- Diskontní sazba

Simultánními proměnnými budou:

- Výdaje na spotřebu
- Výdaje investorů
- HDP

Jednotlivá data jsou stažena z webových stránek Českého statistického úřadu (8) a České národní banky (9).

## 10.1. Volba dat

Pro sestavení modelu jsem zvolila volně dostupná sekundární data za posledních 14 let (1999 – 2012) na čtvrtletní bázi v následující podobě:

- Výdaje na spotřebu v mld. CZK, neobsahují státní výdaje, sezónně neočištěno, ve stálých cenách, simultánní proměnná
- Výdaje investorů v mld. CZK, celkové, simultánní proměnná
- HDP v %, sezónně neočištěno, ve stálých cenách, simultánní proměnná
- Nezaměstnanost v %, obecná míra, determinovaná proměnná
- Saldo obchodní bilance v mld. CZK, determinovaná proměnná
- Měnový kurz GBP v CZK/1 GBP, z měsíčních průměrů, predeterminovaná proměnná

- Diskontní sazba v %, z měsíčních průměrů, predeterminovaná i determinovaná proměnná
- Náhodná složka, stochastická proměnná

## 10.2. Tvorba modelu

Model, který budu sestavovat, bude třírovnicový.

$$S_t = a \cdot I_t + b \cdot Y_{t-2} + c \cdot Sa_t + d \cdot N_t + e \cdot D_t + f + u_{1t}$$

$$I_t = k \cdot S_t + l \cdot Y_{t-2} + m \cdot G_{t-1} + r \cdot D_{t-1} + s + u_{2t}$$

$$Y_t = x \cdot S_t + y \cdot I_t + z$$

**Rovnice 98: Model MSR - obecný předpis**

| | |
|---|---|
| $S_t$ | výdaje na spotřebu |
| $I_t$ | výdaje na investice |
| $Y_t$ | HDP |
| $Sa_t$ | saldo obchodní bilance |
| $N_t$ | nezaměstnanost |
| $G_t$ | měnový kurz CZK/GBP |
| $D_t$ | diskontní sazba |
| $u_{1t}, u_{2t}$ | náhodné složky |

Na základě tohoto modelu sestavím korelační matici, která znázorňuje, zda v modelu není přítomna multikolinearita. Data jsou uvedena v Příloha XXXI – MSR – Podkladová data.

| *Korelační koeficient* | *$y_1$* | *$y_2$* | *$y_3$* | *$y_{3(t-2)}$* | *$x_1$* | *$x_2$* | *$x_3$* | *$x_4$* | *$x_{4(t-1)}$* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *$y_1$ - Výdaje na spotřebu* | X | 0,87 | -0,21 | 0,26 | 0,60 | -0,71 | -0,93 | -0,77 | -0,75 |
| *$y_2$ - Výdaje investorů* | 0,87 | X | 0,06 | 0,40 | 0,34 | -0,83 | -0,70 | -0,53 | -0,66 |
| *$y_3$ - HDP* | -0,21 | 0,06 | X | 0,01 | -0,30 | 0,11 | 0,42 | 0,14 | -0,13 |
| *$y_{3(t-2)}$ - HDP* | 0,26 | 0,40 | 0,01 | X | -0,11 | -0,52 | -0,04 | -0,18 | -0,25 |
| *$x_1$-Saldo* | 0,60 | 0,34 | -0,30 | -0,11 | X | -0,36 | -0,72 | -0,48 | -0,44 |
| *$x_2$ - Nezaměstnanost* | -0,71 | -0,83 | 0,11 | -0,52 | -0,36 | X | 0,49 | 0,35 | 0,46 |
| *$x_{3(t-1)}$ - CZK/GBP* | -0,93 | -0,70 | 0,42 | -0,04 | -0,72 | 0,49 | X | 0,80 | 0,65 |
| *$x_4$ - Diskontní sazba* | -0,77 | -0,53 | 0,14 | -0,18 | -0,48 | 0,35 | 0,80 | X | 0,89 |
| *$x_{4(t-1)}$ - Diskontní sazba* | -0,75 | -0,66 | -0,13 | -0,25 | -0,44 | 0,46 | 0,65 | 0,89 | X |

**Tabulka 25: MSR - Identifikace multikolinearity**

Pokud jsou v matici přítomny hodnoty vyšší než je 0,8 a zároveň se nejedná o párový korelační koeficient, pak je identifikována přítomnost multikolinearity. Pokud je tato přítomnost identifikována u nezávislé proměnné, pak je tato závislost v souladu s teorií a převod na postupné diference neproběhne. Tuto přítomnost jsem identifikovala pouze mezi nezávislými proměnnými a mezi závislými proměnnými, které se nenachází v stejné rovnici. Nový model simultánních rovnic zůstane nezměněn.

## 10.3. Identifikace modelu

Při identifikaci modelu ověřím, zda je v jednotlivých rovnicích obsažen dostatečný počet vysvětlujících proměnných.

Model

| | |
|---|---|
| Počet endogenních proměnných | 3 ($y_1$, $y_2$, $y_3$) |
| Počet exogenních proměnných | 6 ($x_1$, $x_2$, $x_{3(t-1)}$, $x_4$, $x_{4(t-1)}$, $y_{1(t-1)}$) |

1. rovnice

| | | |
|---|---|---|
| Počet endogenních proměnných zahrnutých v rovnici | 2 | $En_z$ |
| Počet endogenních proměnných nezahrnutých v rovnici | 1 | $En_n$ |
| Počet exogenních proměnných zahrnutých v rovnici | 4 | $Ex_z$ |
| Počet exogenních proměnných nezahrnutých v rovnici | 2 | $Ex_n$ |

$$Ex_n \geq En_z - 1$$
$$2 \geq 2 - 1$$

Rovnice je dostatečně vyjádřená svými nezávislými proměnnými, je přeidentifikovaná.

2. rovnice

| | | |
|---|---|---|
| Počet endogenních proměnných zahrnutých v rovnici | 2 | $En_z$ |
| Počet endogenních proměnných nezahrnutých v rovnici | 1 | $En_n$ |
| Počet exogenních proměnných zahrnutých v rovnici | 3 | $Ex_z$ |
| Počet exogenních proměnných nezahrnutých v rovnici | 3 | $Ex_n$ |

$$Ex_n \geq En_z - 1$$
$$3 \geq 2 - 1$$

Rovnice je dostatečně vyjádřená svými nezávislými proměnnými, je přeidentifikovaná.

3. rovnice

| | | |
|---|---|---|
| Počet endogenních proměnných zahrnutých v rovnici | 3 | $En_z$ |
| Počet endogenních proměnných nezahrnutých v rovnici | 0 | $En_n$ |
| Počet exogenních proměnných zahrnutých v rovnici | 0 | $Ex_z$ |

| | | |
|---|---|---|
| Počet exogenních proměnných nezahrnutých v rovnici | 6 | $Ex_n$ |

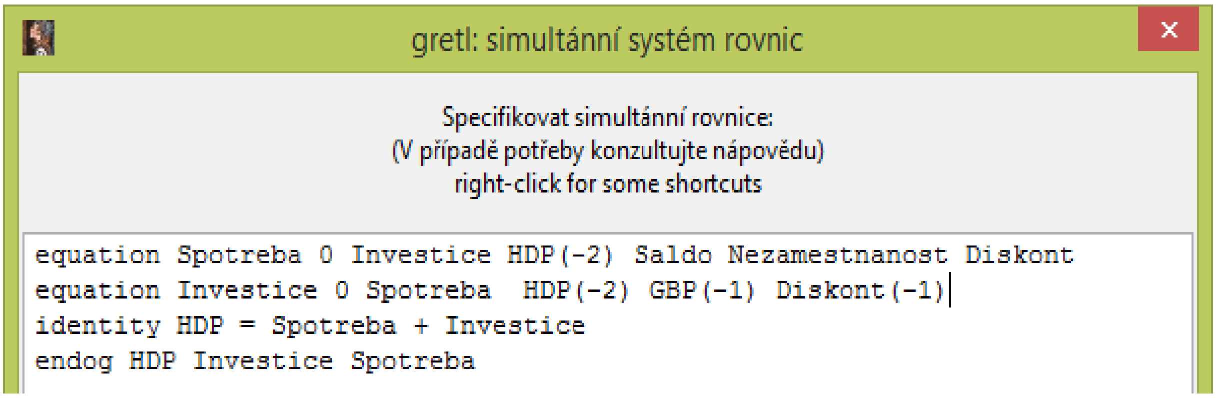
$$Ex_n \geq En_z - 1$$

$$6 \geq 3 - 1$$

Rovnice je dostatečně vyjádřená svými nezávislými proměnnými, je přeidentifikovaná.

## 10.4. Odhad parametrů – DMNČ

Parametry odhadneme pomocí dvoustupňové metody nejmenších čtverců. Parametry byly vypočteny pomocí aplikace Gretl. Odhadovala jsem všechny rovnice najednou pomocí vytvořeného skriptu přímo v aplikaci.




**Obrázek 33: Gretl - Skript DMNČ**

Pro mé další testování jsou významné následující výstupy z aplikace Gretl:

- Odhad parametrů
- Statistická významnost parametrů
- Koeficient determinace
- Adjustovaný koeficient determinace
- Součet čtverců reziduí

Výstupem je následující tabulka:

```
$system
Soubor  Upravit  Testy  Uložit  Grafy  Analýza

Systém rovnic, Dvoustupňové nejmenší čtverce

Rovnice 1: TSLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: Spotreba
Instrumentální proměnné: const HDP_2 Saldo Nezamestnanost Diskont
  GBP_1 Diskont_1

                   koeficient    směr. chyba      z      p-hodnota
  --------------------------------------------------------------
  const           95963,3       62585,8         1,533   0,1252
  Investice           1,14209       0,142157    8,034   9,43e-016 ***
  HDP_2           -3130,11       670,343       -4,669   3,02e-06  ***
  Saldo               0,388036      0,0806386   4,812   1,49e-06  ***
  Nezamestnanost   9936,63       3788,02        2,623   0,0087    ***
  Diskont         -5596,13       1567,27       -3,571   0,0004    ***

  Střední hodnota závisle proměnné     436511,1
  Sm. odchylka závisle proměnné        49009,18
  Součet čtverců reziduí               8,36e+09
  Sm. chyba regrese                    12928,15
  Koeficient determinace               0,942297
  Adjustovaný koeficient determinace   0,936527
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu

Rovnice 2: TSLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: Investice
Instrumentální proměnné: const HDP_2 Saldo Nezamestnanost Diskont
  GBP_1 Diskont_1

               koeficient      směr. chyba      z       p-hodnota
  --------------------------------------------------------------
  const       -594448         106300          -5,592   2,24e-08  ***
  Spotreba          1,59953        0,174196    9,182   4,22e-020 ***
  HDP_2          2294,23         852,300       2,692   0,0071    ***
  GBP_1          2971,63         785,308       3,784   0,0002    ***
  Diskont_1      6095,66        1694,46        3,597   0,0003    ***

  Střední hodnota závisle proměnné     247950,2
  Sm. odchylka závisle proměnné        43786,35
  Součet čtverců reziduí               1,07e+10
  Sm. chyba regrese                    14511,82
  Koeficient determinace               0,903099
  Adjustovaný koeficient determinace   0,895499
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu
```

**Obrázek 34: Výstup DMNČ z Gretl**

V první rovnici je konstanta statisticky nevýznamná, proto ji z modelu vyřadím. Hodnoty pro definiční rovnici jsou uvedeny v Příloha XXXVI – MSR – Definiční rovnice.

Výsledné rovnice MSR tedy budou vypadat následovně:

$$S_t = 1{,}1421 \cdot I_t - 3130{,}11 \cdot Y_{t-2} + 0{,}3880 \cdot Sa_t + 9936{,}63 \cdot N_t - 5596{,}13 \cdot D_t + u_{1t}$$

$$I_t = 1{,}5995 \cdot S_t + 2294{,}23 \cdot Y_{t-2} + 2971{,}63 \cdot G_{t-1} + 6095{,}66 \cdot D_{t-1} - 594448 + u_{2t}$$

$$Y_t = -5{,}8728e^{-05} \cdot S_t + 5{,}2170e^{-05} \cdot I_t + 15{,}5089$$

**Rovnice 99: MSR pro prognózu**

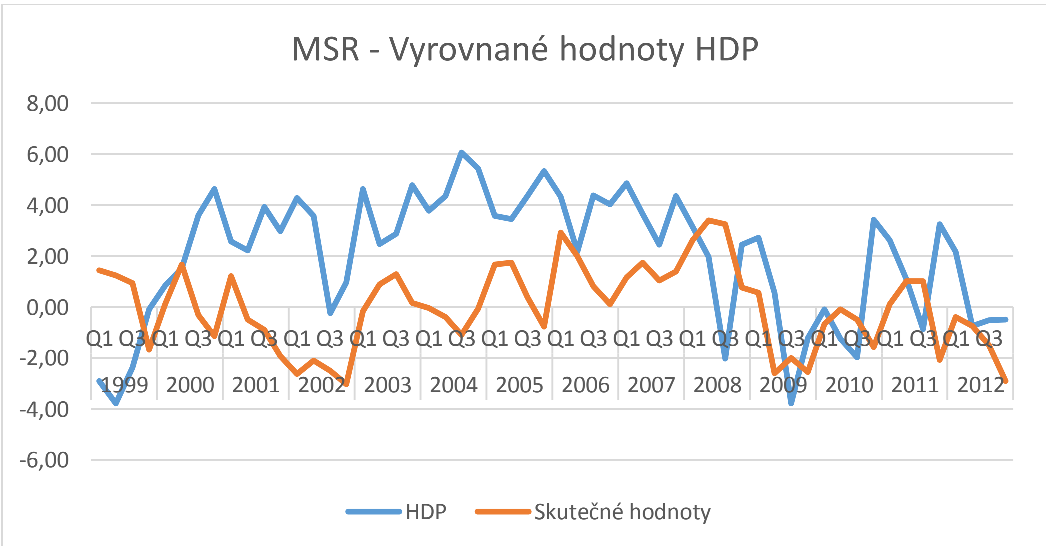
## 10.5. Statistická verifikace

V první rovnici není významný parametr konstanty, ostatní parametry významné na hladině 1%, koeficient determinace je 94,23%, což znamená, že Investice, HDP zpožděné v čase, Saldo obchodní bilance a Diskontní sazba vyjadřují spotřebu z 94,23%, zbylá část je vyjádřena neznámými faktory. V rovnici není přítomna autokorelace na hladině významnosti 5%, viz Příloha XXXIII – MSR – Test autokorelace, první rovnice.

Druhá rovnice vykazuje, že všechny parametry jsou na hladině významnosti 1% statisticky významné. Koeficient determinace je 90,31%. V rovnici není přítomna autokorelace na hladině významnosti 1%, viz Příloha XXXV – MSR – Test autokorelace, druhá rovnice.

Definiční rovnice má koeficient determinace 27,55%, což znamená, že vyrovnané hodnoty nebudou příliš přesné. Směrodatná odchylka činí 3,0954. Nízká hodnota koeficientu determinace značí nižší kvalitu vyrovnání, což potvrzuje i graf níže.

Nižší hodnota koeficientu determinace značí, že i predikce nebude tak přesná jako u lineárního regresního modelu.




**Graf 12: MSR - Vyrovnané hodnoty HDP, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

# 11. Predikce HDP

Predikce jsou dvojího druhu, a to ex post a ex ante. Vzhledem k tomu, že budu predikovat hodnoty na rok 2013 a 2014, bude má předpověď ex post a bude stanovena jako nepodmíněná. Z modelů je možné též předpovídat ex ante, pokud dosadíme pouze některé hodnoty. Při prognózování může vzniknout tzv. chyba předpovědi, která může být způsobena mnoha důvody, mezi které především patří:

- Chybná specifikace modelu
- Náhodná standardní chyba
- Náhodný charakter modelu
- Změna hospodářské politiky

## 11.1. Predikce na základě lineárního regresního modelu

Vstupem pro předpověď bude model 5, který jsem identifikovala jako nejvhodnější. Po výpočtu predikce otestuji přesnost předpovědi, porovnám ji s reálnými daty a nakonec otestuji vhodnost modelu k predikci.

Vstupním modelem pro predikci z lineárního regresního modelu je rovnice modelu 5.

$$y_t = -5{,}2952 + 0{,}635 \cdot x_{t1} - 1{,}3256 \cdot x_{t2} - 8{,}0995e^{-05} \cdot x_{(t-1)3} - 6{,}1333e^{-05} \cdot x_{(t-1)4} + 9{,}3386e^{-05} \cdot x_{t5}$$

**Rovnice 100: Vstupní rovnice pro predikci z LRM**

Pro predikci jsem použila nástroj aplikace Gretl *Předpovědi*. Výstupem jsou hodnoty predikce, intervalové hodnoty na hladině spolehlivosti 95%, chyba předpovědi, Theilův koeficient pro ověření kvality předpovědi a graf zobrazující předpověď samotnou.

Chyba předpovědi je v mém případě 0,1612 a Theilův koeficient činí 0,9659, což značí dobrou kvalitu předpovědi. Pokud je hodnota Theilova U menší než 1, pak se jedná o model, který předpovídá lépe, než pouhým odhadováním, při hodnotě jedna je předpověď modelem stejně kvalitní jako odhadem a pro hodnoty vyšší než jedna je odhad kvalitnější než prognóza modelem. Vysoká kvalita byla očekávána již při sestavování modelu, kdy koeficient determinace byl vypočten 72,66%.

Níže jsou uvedeny hodnoty předpovědi a graf těchto hodnot vůči hodnotám reálným.


**Graf 13: LRM - výstupní graf predikce, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

| *Predikce* | | *HDP* | *předpověď* | *Směrodatná chyba* | *Dolní hranice 95%* | | *Horní hranice 95%* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***2013*** | **Q1** | -2,75 | -1,3 | 1,923 | -5,16 | - | 2,56 |
| | **Q2** | -1,36 | -1,54 | 1,852 | -5,26 | - | 2,18 |
| | **Q3** | 0,32 | -0,06 | 1,811 | -3,69 | - | 3,58 |
| | **Q4** | 0,83 | 0,38 | 1,875 | -3,38 | - | 4,15 |
| ***2014*** | **Q1** | 2,26 | 0,53 | 1,964 | -3,42 | - | 4,47 |
| | **Q2** | 2,13 | 1,07 | 2,053 | -3,05 | - | 5,19 |
| | **Q3** | 2,47 | 1,93 | 1,922 | -1,93 | - | 5,79 |
| | **Q4** | 1,15 | 2,75 | 1,938 | -1,14 | - | 6,64 |

**Tabulka 26: LRM - hodnoty předpovědi**

Pro ověření, zda je model vhodný k predikci, použijeme Chowův 1.test. Výstupem Chowova testu je p hodnota. Pokud je vypočtená hodnota vyšší než tabulková, pak je model vhodný k predikci.

$$p\ hodnota = 0{,}2479 > \alpha = 0{,}05$$

Dle Chowova testu je Model 5 vhodný k predikci a kvalita predikce je podle Theilova koeficientu dobrá, model prognózuje lépe než je pouhý odhad hodnot.

## 11.2. Predikce na základě simultánního modelu

Vstupem pro predikci bude třírovnicový simultánní model, který jsem vytvořila a otestovala v minulé kapitole. Kvalita tohoto simultánního modelu nedosahuje dle koeficientu determinace takové úrovně jako je tomu u lineárního regresního modelu. Model však může být vhodnější pro prognózu, což otestuji po jejím vytvoření. Vstupním modelem simultánních rovnic je následující soustava:

$$S_t = 1{,}1421 \cdot I_t - 3130{,}11 \cdot Y_{t-2} + 0{,}3880 \cdot Sa_t + 9936{,}63 \cdot N_t - 5596{,}13 \cdot D_t + u_{1t}$$

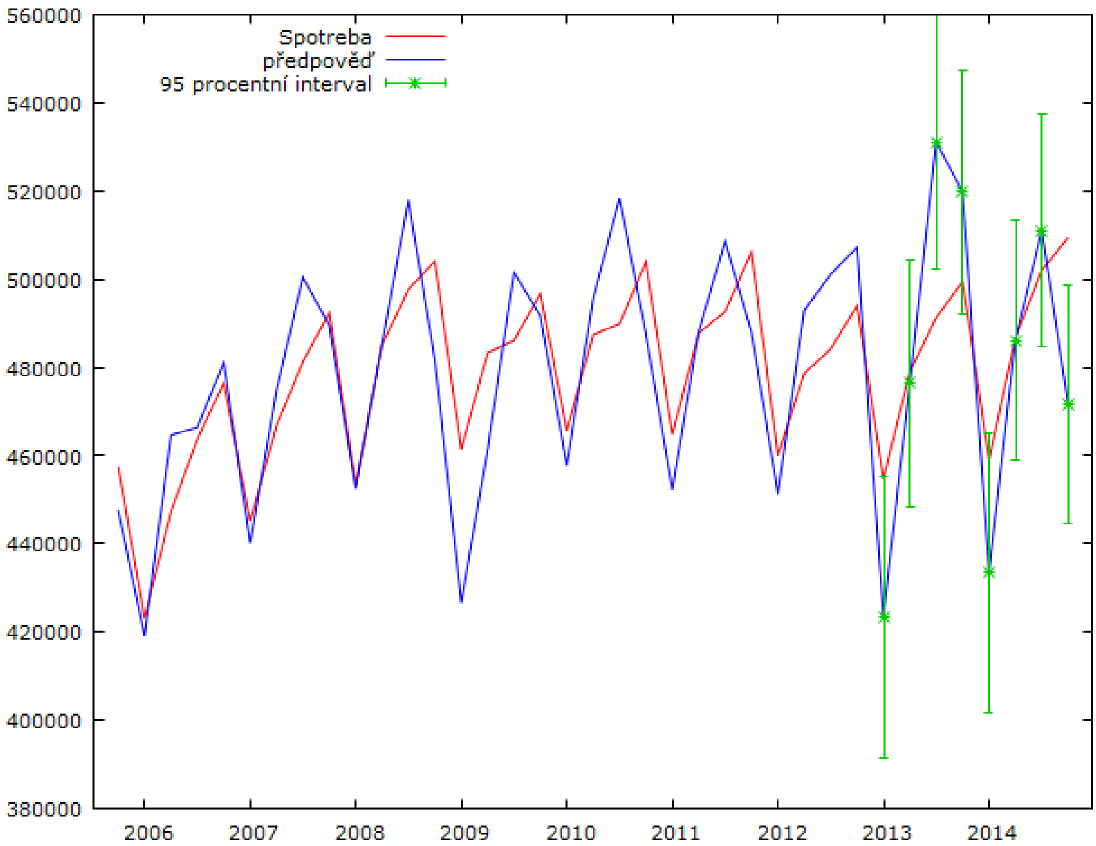
$$I_t = 1{,}5995 \cdot S_t + 2294{,}23 \cdot Y_{t-2} + 2971{,}63 \cdot G_{t-1} + 6095{,}66 \cdot D_{t-1} - 594448 + u_{2t}$$

$$Y_t = -5{,}8728e^{-05} \cdot S_t + 5{,}2170e^{-05} \cdot I_t + 15{,}5089$$

**Rovnice 101: Vstupní soustava rovnic pro predikci z MSR**

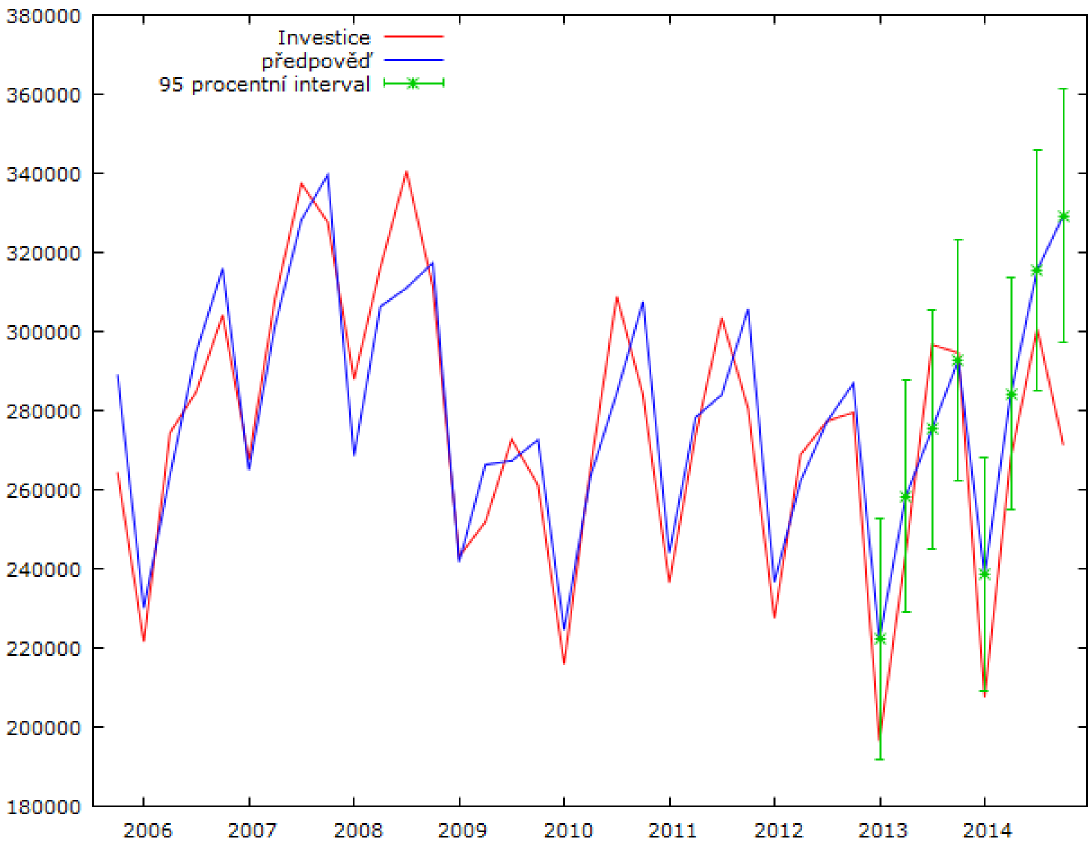
Pro predikci ex post opět použiji nástroj aplikace Gretl *Předpovědi*, přičemž výstup bude obdobný, jako tomu bylo u lineárního regresního modelu.

Nejprve vytvořím předpověď pro Výdaje na spotřebu a Výdaje investorů.




**Graf 14: MSR - Předpověď spotřeba, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

Theilův koeficient pro spotřebu činí 1,0659.




**Graf 15: MSR - Předpověď investice, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

Theilův koeficient pro investice činí 0,48305.

Chyba předpovědi HDP pomocí modelu simultánních rovnic je -0,5695. Theilův koeficient je 1,1314, což je o něco horší kvalita prognózy než u lineárního regresního modelu. Hodnoty predikce jsou v tabulce níže a jsou zaneseny do grafu níže.

| *Predikce* | | *HDP* | *předpověď* | *Směrodatná chyba* | *Dolní hranice 95%* | | *Horní hranice 95%* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***2013*** | **Q1** | -2,75 | 0,00 | 2,929 | -5,74 | - | 5,74 |
| | **Q2** | -1,36 | 0,63 | 2,794 | -4,84 | - | 6,11 |
| | **Q3** | 0,32 | 1,35 | 2,767 | -4,08 | - | 6,77 |
| | **Q4** | 0,83 | 1,48 | 2,761 | -3,94 | - | 6,89 |
| ***2014*** | **Q1** | 2,26 | 0,52 | 2,857 | -5,08 | - | 6,12 |
| | **Q2** | 2,13 | 1,50 | 2,742 | -3,87 | - | 6,88 |
| | **Q3** | 2,47 | 2,26 | 2,76 | -3,15 | - | 7,67 |
| | **Q4** | 1,15 | 1,87 | 2,732 | -3,48 | - | 7,23 |

**Tabulka 27: MSR - hodnoty předpovědi**


**Graf 16: MSR – výstupní graf predikce, graf sestavila autorka dle vlastních a ČSÚ dat**

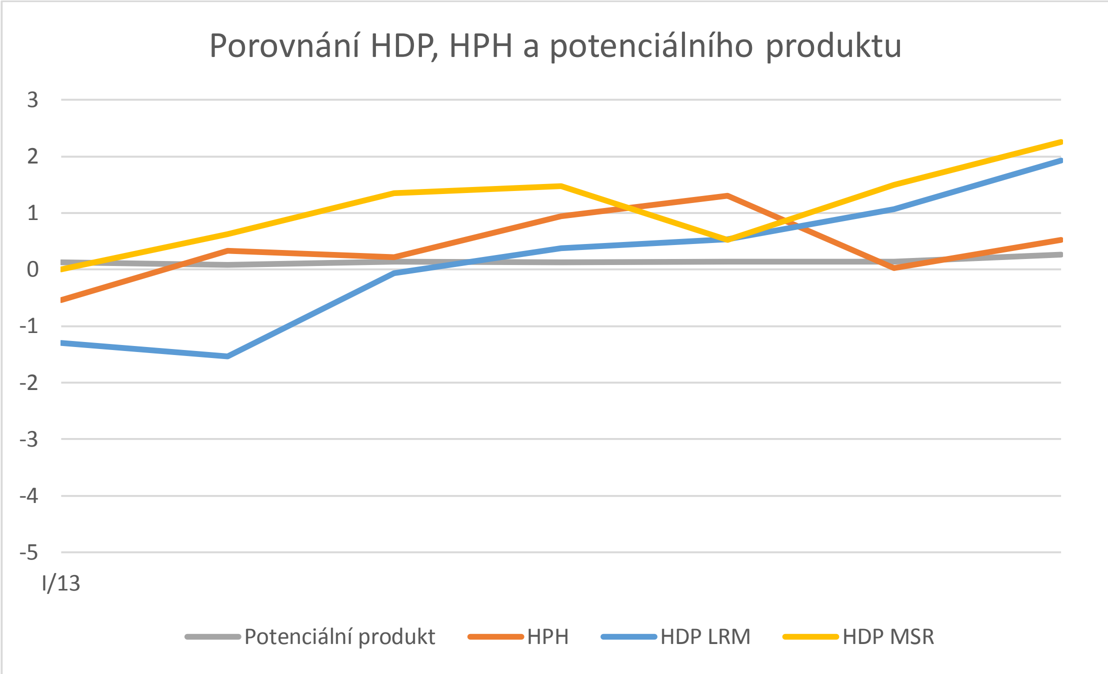
## 11.3. Porovnání prognóz s Makroekonomickou predikcí MFČR

Hodnoty predikce budu porovnávat s Makroekonomickou predikcí MFČR z roku 2013 a 2014 (14).

| *Predikce* | | *HDP* | *HDP LRM* | *HDP MSR* | *HDP MFČR* |
|---|---|---|---|---|---|
| ***2013*** | **Q1** | -2,75 | -1,3 | 0,00 | -1,9 |
| | **Q2** | -1,36 | -1,54 | 0,63 | -0,4 |
| | **Q3** | 0,32 | -0,06 | 1,35 | 1,3 |
| | **Q4** | 0,83 | 0,38 | 1,48 | 0,6 |
| ***2014*** | **Q1** | 2,26 | 0,53 | 0,52 | 2,0 |
| | **Q2** | 2,13 | 1,07 | 1,50 | 2,1 |
| | **Q3** | 2,47 | 1,93 | 2,26 | 2,4 |
| | **Q4** | 1,15 | 2,75 | 1,87 | 0,7 |

**Tabulka 28: Porovnání predikovaných hodnot s predikcí MFČR**

Predikovaný HDP graficky porovnám s HPH a potenciálním produktem. Pokud je hodnota potenciálního produktu nižší než hodnota HDP, pak se růst ekonomiky zpomalí, v extrémním případě nastane krize.




**Graf 17: Porovnání prognózy a potenciálního produktu, graf sestavila autorka dle vlastních a MFČR dat**

## 11.4. Shrnutí kvality prognózy

Cílem této kapitoly bylo porovnat kvalitu prognózy HDP ČR pomocí lineárního regresního modelu a modelu simultánních rovnic. Na základě koeficientu determinace jsem očekávala, že prognóza bude kvalitnější u lineárního regresního modelu ($R^2$ = 72,66%) než u modelu simultánních rovnic ($R^2$ = 27,55%). Tento předpoklad potvrdily hodnoty vyrovnaného HDP a Theilův koeficient $T_{LRM}$ = 0,9659, $T_{MSR}$ = 1,1314.

U prognózy pomocí lineárního regresního modelu jsem též testovala vhodnost modelu k predikci pomocí Chowova 1. testu. Chowův test potvrdil, že mnou vytvořený model je vhodný k predikci.

Testování a predikce potvrdily předpoklady o lepší predikci lineárního regresního modelu než modelu simultánních rovnic, ačkoliv kvalita predikce je jen o málo větší než samotný odhad budoucích hodnot.

Osobně se domnívám, že u lineárního regresního modelu je snazší vytvořit model a postupně jej zlepšovat, proto je kvalita modelu vyšší. Sestavení modelu simultánních rovnic není tak explicitní a nelze jednoznačně rozhodnout, který parametr má jaký vliv.

# 12. Vlastní přínos práce

Za vlastní přínos diplomové práce v teoretické části považuji komplexní shrnutí informací o makroekonomickém ukazateli HDP, ekonometrických modelech, lineárních regresních modelech, modelech simultánních rovnic a především komplexní softwarové zpracování ekonometrických modelů v aplikacích Gretl a MS Excel v českém jazyce.

V praktické části považuji za největší přínos především postupnou tvorbu vlastního lineárního regresního modelu a modelu simultánních rovnic. Především pak specifickou volbu nezávislých proměnných. Za přínos mé práce též považuji porovnání vyrovnaných hodnot a kvality prognózy mezi lineárním regresním modelem a modelem simultánních rovnic.

# 13. Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo porovnat kvalitu prognózy HDP ČR na základě vlastních lineárních regresních a simultánních modelů. Teoretický úvod k tématu jsem zpracovala do prvních pěti kapitol – *Makroekonomický ukazatel HDP*, *Ekonometrické modely*, *Metoda nejmenších čtverců*, *Lineární regresní model*, *Simultánní modely*.

V teoretické části jsem na základě vlastních znalostí a uvedené literatury rozebrala HDP, podstatu ekonometrických modelů a jejich zpracování. Dále jsem se věnovala zpracování ekonometrických modelů pomocí aplikací Gretl a MS Excel.

Na základě těchto poznatků jsem se v praktické části věnovala sestavení předpokladů pro tvorbu modelů. V kapitole Tvorba vlastního LRM a jeho statistická verifikace jsem se zaměřila na maximální zpřesnění modelů a jeho výstupem byl nejvhodnější model pro prognózy. Též jsem se věnovala tvorbě modelu simultánních rovnic. Na základě těchto modelů jsem vytvořila ex post prognózu HDP a otestovala její shodu s reálnými daty.

Po otestování jsem porovnala především koeficienty determinace a Theilovy koeficienty. Koeficient determinace u lineárního regresního modelu 5 byl vypočítán $R^2_{LRM}$ = 72,66%, což je podstatně vyšší hodnota než u modelu simultánních rovnic $R^2_{MSR}$ = 27,55%. Tento předpoklad potvrdily hodnoty vyrovnaného HDP a Theilův koeficient $T_{LRM}$ = 0,9659, $T_{MSR}$ = 1,1314. Chowův 1. test též potvrdil, že Model 5 je vhodný pro prognózování. P hodnota Chowova testu vychází 0,2479 > 0,05, což potvrdilo významnost na hladině významnosti 5%.

Myslím, že výsledky lze považovat za úspěšné, protože jsem porovnala prognózy z obou modelů a vyhodnotila jsem, který z modelů lépe prognózuje. Kvalitnější prognóza byla vytvořena lineárním regresním modelem, bylo ověřeno, že model je vhodný pro prognózu a predikce je kvalitní.

Závěrem lze říci, že práce přinesla konkrétní výsledky a vytvořila prostor pro zpřesňování modelů v této oblasti.

# Reference

1. **Plíva, Rostislav.** Ptolemaiovská teorie růstu versus skutečný význam HDP. *Patria online.* [Online] 29. leden 2013. [Citace: 17. listopad 2014.] http://www.patria.cz/zpravodajstvi/2254150/ptolemaiovska-teorie-rustu-versus-skutecny-vyznam-hdp.html.

2. **Makroekonomická predikce České republiky. *Ministerstvo financí.* [Online] leden 2015. [Citace: 23. březen 2015.] www.mfcr.cz/assets/cs/media/Makro-ekonomicka-predikce_2014-Q2_B-Ekonomicky-cyklus.pdf.**

**3. POCHMANOVÁ, D. Praha : autor neznámý, 2014.**

**4. Normal simulation. *Distribute to me.* [Online] Distributetome.org, 2008. [Citace: 16. listopad 2014.] http://www.distributome.org/js/sim/NormalSimulation.html.**

**5. HUŠEK, R. *Ekonometrická analýza.* Praha : Oeconomica, 2007. ISBN 978-80-245-1300-3.**

**6. KALČEVOVÁ, J. 18EKONS - Ekonometrie. *Jana Kalčevová.* [Online] 2006. [Citace: 14. březen 2015.] http://jana.kalcev.cz/vyuka/index.php?Akce=PredmetP&ID=14.**

**7. Gretl. *Gretl: Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library.* [Online] 04. duben 2015. [Citace: 06. duben 2015.] http://gretl.sourceforge.net/win32/.**

**8. Ilustrační příklad odhadu LRM v SW Gretl. *PEF ČZU Praha.* [Online] 2011. [Citace: 07. duben 2015.] http://pef.czu.cz/~maly/Odhad%20LRM.pdf.**

**9. SAS University edition. *SAS.* [Online] [Citace: 12. duben 2015.] http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html.**

**10. Trial verze STATISTICA. *StatSoft.* [Online] 2015. [Citace: 24. únor 2015.] http://www.statsoft.cz/podpora/ke-stazeni/trial-verze-statistica/.**

**11. Český statistický úřad. [Online] [Citace: 23. září 2014.] http://www.czso.cz/.**

**12. Česká národní banka. *ARAD - systém časových řad.* [Online] 2015. [Citace: 12. březen 2015.] http://www.cnb.cz/cnb/STAT.ARADY_PKG.STROM_DRILL?p_strid=0&p_lang=CS.**

**13. Durbin-Watson Critical Values. *Stanford University.* [Online] [Citace: 13. duben 2015.] http://web.stanford.edu/~clint/bench/dwcrit.htm.**

**14. Makroekonomická predikce 2013. *Ministerstvo financí ČR.* [Online] 12. duben 2013. [Citace: 30. duben 2015.] http://www.mfcr.cz/cs/verejny-**

**sektor/prognozy/makroekonomicka-predikce/2012/makroekonomicka-predikce-2012-8015. 1804-7971.**

**15. Bourne, Murray. The hyperbola. *Interactive mathematics.* [Online] 12. listopad 2014. [Citace: 21. listopad 2014.] http://www.intmath.com/plane-analytic-geometry/6-hyperbola.php.**

**16. HUŠEK, R. *Aplikovaná ekonometrie, Teorie a praxe.* Praha : Oeconomica, 2009. ISBN 978-80-245-1623-3.**

**17. TVRDOŇ, J. *Ekonometrie.* Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2013. ISBN 978-80-213-0819-0.**

**18. ČECHURA, L - HÁLOVÁ, P. - MALÁ, Z. - PETEROVÁ, J. - RUMÁNKOVÁ, L. *Cvičení z ekonometrie.* Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2013. ISBN 978-80-213-2405-3.**

**19. PAVELKA, T. *Makroekonomie: Cvičebnice.* Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. ISBN 978-80-213-1303-X.**

**20. —. *Makroekonomie: Základní kurz.* Praha : MELANDRIUM, 2007. ISBN 978-80-86175-52-2.**

**21. ŘEZÁNKOVÁ, H. - MAREK, L. - VRABEC, M. Regrese a Korelace. *IASTAT - Interaktiví učebnice statistiky.* [Online] [Citace: 17. říjen 2014.] http://iastat.vse.cz/regrese/Regrese5.htm.**

**22. ZMATLÍK, J. Materiály pro výuku předmětu Ekonometrie. Praha : autor neznámý, 2014.**

**23. FIALOVÁ, H. - FIALA, J. *Ekonomický slovník s odborným výkladem česky a anglicky.* Praha : Albera Plus, 2009. ISBN 978-80-903804-4-8.**

**24. MAREK, L. a kolektiv. *Statistika pro ekonomy Aplikace.* Praha : Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-40-5.**

# Seznam rovnic

# Seznam obrázků

# Seznam grafů

# Seznam tabulek

# Seznam zkratek

| | |
|---|---|
| Cov | Kovariance |
| CZK | Česká koruna |
| ČR | Česká republika |
| ČSÚ | Český statistický úřad |
| DMNČ | Dvojstupňová metoda nejmenších čtverců |
| DPH | Daň z přidané hodnoty |
| DW | Durbin-Watsonův test autokorelace |
| EUR | Euro (měna) |
| GBP | Libra (britská, měna) |
| HDP | Hrubý domácí produkt |
| HPH | Hrubá přidaná hodnota |
| LRM | Lineární regresní model |
| MFČR | Ministerstvo financí České republiky |
| mil. | Milion |
| MIN | Minimum |
| mld. | Miliarda |
| MNČ | Metoda nejmenších čtverců |
| MSR | Model simultánních rovnic |
| var | Rozptyl |

# Přílohy

## Příloha I – vstupní data modelu, HDP

| ROK | ČTVRTLETÍ | ZMĚNA HDP % VE STÁLÝCH CENÁCH |
|---|---|---|
| 1999 | Q1 | 0,2 |
| | Q2 | 1,3 |
| | Q3 | 1,4 |
| | Q4 | 2,8 |
| 2000 | Q1 | 4,5 |
| | Q2 | 4,2 |
| | Q3 | 4,4 |
| | Q4 | 4,2 |
| 2001 | Q1 | 4,0 |
| | Q2 | 3,3 |
| | Q3 | 2,4 |
| | Q4 | 2,7 |
| 2002 | Q1 | 1,4 |
| | Q2 | 1,1 |
| | Q3 | 2,5 |
| | Q4 | 1,6 |
| 2003 | Q1 | 2,9 |
| | Q2 | 3,5 |
| | Q3 | 4,2 |
| | Q4 | 3,7 |
| 2004 | Q1 | 4,4 |
| | Q2 | 4,8 |
| | Q3 | 3,9 |
| | Q4 | 6,6 |
| 2005 | Q1 | 6,2 |
| | Q2 | 7,4 |
| | Q3 | 6,5 |
| | Q4 | 5,7 |
| 2006 | Q1 | 7,4 |
| | Q2 | 6,2 |
| | Q3 | 6,8 |
| | Q4 | 7,1 |
| 2007 | Q1 | 5,9 |
| | Q2 | 5,3 |
| | Q3 | 5,4 |
| | Q4 | 5,6 |
| 2008 | Q1 | 3,7 |
| | Q2 | 4,3 |
| | Q3 | 3,9 |
| | Q4 | -0,8 |

| | | |
|---|---|---|
| **2009** | **Q1** | -4,1 |
| | **Q2** | -6,0 |
| | **Q3** | -5,9 |
| | **Q4** | -3,3 |
| **2010** | **Q1** | 0,5 |
| | **Q2** | 3,1 |
| | **Q3** | 2,3 |
| | **Q4** | 3,2 |
| **2011** | **Q1** | 3,3 |
| | **Q2** | 2,3 |
| | **Q3** | 1,7 |
| | **Q4** | 0,7 |
| **2012** | **Q1** | 0,5 |
| | **Q2** | -1,1 |
| | **Q3** | -1,4 |
| | **Q4** | -1,1 |
| **2013** | **Q1** | -2,7 |
| | **Q2** | -1,4 |
| | **Q3** | 0,3 |
| | **Q4** | 0,8 |
| **2014** | **Q1** | 2,3 |
| | **Q2** | 2,1 |
| | **Q3** | 2,5 |
| | **Q4** | 1,2 |

## Příloha II – vstupní data modelu, Nezaměstnanost

| ROK | ČTVRTLETÍ | OBECNÁ MÍRA NEZAMĚSTNANOSTI V % |
|---|---|---|
| **1999** | **Q1** | 8,4 |
| | **Q2** | 8,4 |
| | **Q3** | 9,0 |
| | **Q4** | 9,0 |
| **2000** | **Q1** | 9,5 |
| | **Q2** | 8,7 |
| | **Q3** | 8,5 |
| | **Q4** | 8,3 |
| **2001** | **Q1** | 8,5 |
| | **Q2** | 8,0 |
| | **Q3** | 8,2 |
| | **Q4** | 7,8 |
| **2002** | **Q1** | 7,7 |
| | **Q2** | 7,0 |
| | **Q3** | 7,2 |
| | **Q4** | 7,3 |
| **2003** | **Q1** | 7,6 |
| | **Q2** | 7,5 |

| | | |
|---|---|---|
| | **Q3** | 8,0 |
| | **Q4** | 8,1 |
| **2004** | **Q1** | 8,7 |
| | **Q2** | 8,2 |
| | **Q3** | 8,2 |
| | **Q4** | 8,2 |
| **2005** | **Q1** | 8,4 |
| | **Q2** | 7,8 |
| | **Q3** | 7,8 |
| | **Q4** | 7,8 |
| **2006** | **Q1** | 8,0 |
| | **Q2** | 7,1 |
| | **Q3** | 7,0 |
| | **Q4** | 6,5 |
| **2007** | **Q1** | 6,0 |
| | **Q2** | 5,3 |
| | **Q3** | 5,1 |
| | **Q4** | 4,8 |
| **2008** | **Q1** | 4,7 |
| | **Q2** | 4,2 |
| | **Q3** | 4,3 |
| | **Q4** | 4,4 |
| **2009** | **Q1** | 5,8 |
| | **Q2** | 6,3 |
| | **Q3** | 7,3 |
| | **Q4** | 7,2 |
| **2010** | **Q1** | 8,0 |
| | **Q2** | 7,1 |
| | **Q3** | 7,1 |
| | **Q4** | 6,9 |
| **2011** | **Q1** | 7,2 |
| | **Q2** | 6,7 |
| | **Q3** | 6,5 |
| | **Q4** | 6,4 |
| **2012** | **Q1** | 7,1 |
| | **Q2** | 6,7 |
| | **Q3** | 7,0 |
| | **Q4** | 7,2 |
| **2013** | **Q1** | 7,0 |
| | **Q2** | 6,7 |
| | **Q3** | 6,9 |
| | **Q4** | 6,7 |
| **2014** | **Q1** | 6,8 |
| | **Q2** | 6,0 |
| | **Q3** | 5,9 |
| | **Q4** | 5,7 |

## Příloha III – vstupní data modelu, Saldo obchodní bilance

| ROK | ČTVRTLETÍ | SALDO V MIL. KČ |
|---|---|---|
| 1999 | Q1 | -4 964 |
| | Q2 | -744 |
| | Q3 | 10 184 |
| | Q4 | -13 057 |
| 2000 | Q1 | 1 143 |
| | Q2 | -1 535 |
| | Q3 | 1 916 |
| | Q4 | -8 608 |
| 2001 | Q1 | -6 714 |
| | Q2 | -2 006 |
| | Q3 | -916 |
| | Q4 | -16 602 |
| 2002 | Q1 | -5 844 |
| | Q2 | -10 355 |
| | Q3 | -21 648 |
| | Q4 | -33 863 |
| 2003 | Q1 | -8 211 |
| | Q2 | -14 868 |
| | Q3 | -17 938 |
| | Q4 | -34 308 |
| 2004 | Q1 | -5 733 |
| | Q2 | -14 318 |
| | Q3 | -9 661 |
| | Q4 | -20 035 |
| 2005 | Q1 | 13 151 |
| | Q2 | 10 057 |
| | Q3 | 5 221 |
| | Q4 | 2 409 |
| 2006 | Q1 | 42 659 |
| | Q2 | 24 791 |
| | Q3 | 18 519 |
| | Q4 | 2 373 |
| 2007 | Q1 | 25 575 |
| | Q2 | 22 416 |
| | Q3 | 2 526 |
| | Q4 | 9 459 |
| 2008 | Q1 | 30 719 |
| | Q2 | 33 576 |
| | Q3 | 15 605 |
| | Q4 | 7 271 |
| 2009 | Q1 | 23 239 |
| | Q2 | 36 344 |
| | Q3 | 26 121 |

| | | |
|---|---|---|
| | **Q4** | 21 955 |
| **2010** | **Q1** | 48 245 |
| | **Q2** | 43 804 |
| | **Q3** | 5 226 |
| | **Q4** | 25 243 |
| **2011** | **Q1** | 59 770 |
| | **Q2** | 62 777 |
| | **Q3** | 33 991 |
| | **Q4** | 42 918 |
| **2012** | **Q1** | 81 232 |
| | **Q2** | 69 315 |
| | **Q3** | 56 137 |
| | **Q4** | 44 582 |
| **2013** | **Q1** | 75 865 |
| | **Q2** | 82 481 |
| | **Q3** | 50 131 |
| | **Q4** | 43 350 |
| **2014** | **Q1** | 88 207 |
| | **Q2** | 70 151 |
| | **Q3** | 52 540 |
| | **Q4** | 41 477 |

## Příloha IV – vstupní data modelu, Výdaje a spotřebu

| ROK | ČTVRTLETÍ | V MIL. CZK |
|---|---|---|
| **1998** | **Q1** | 333 088 |
| | **Q2** | 346 859 |
| | **Q3** | 356 649 |
| | **Q4** | 372 127 |
| **1999** | **Q1** | 343 929 |
| | **Q2** | 358 832 |
| | **Q3** | 368 020 |
| | **Q4** | 379 209 |
| **2000** | **Q1** | 349 911 |
| | **Q2** | 363 962 |
| | **Q3** | 376 342 |
| | **Q4** | 383 003 |
| **2001** | **Q1** | 357 666 |
| | **Q2** | 375 572 |
| | **Q3** | 386 597 |
| | **Q4** | 394 864 |
| **2002** | **Q1** | 368 040 |
| | **Q2** | 386 812 |
| | **Q3** | 397 017 |
| | **Q4** | 407 102 |

| | | |
|---|---|---|
| **2003** | **Q1** | 383 949 |
| | **Q2** | 404 538 |
| | **Q3** | 420 176 |
| | **Q4** | 424 483 |
| **2004** | **Q1** | 394 991 |
| | **Q2** | 417 176 |
| | **Q3** | 433 449 |
| | **Q4** | 444 249 |
| **2005** | **Q1** | 408 698 |
| | **Q2** | 432 066 |
| | **Q3** | 446 306 |
| | **Q4** | 457 637 |
| **2006** | **Q1** | 423 132 |
| | **Q2** | 447 341 |
| | **Q3** | 463 823 |
| | **Q4** | 476 409 |
| **2007** | **Q1** | 445 176 |
| | **Q2** | 466 771 |
| | **Q3** | 481 327 |
| | **Q4** | 492 402 |
| **2008** | **Q1** | 453 475 |
| | **Q2** | 485 108 |
| | **Q3** | 497 697 |
| | **Q4** | 504 097 |
| **2009** | **Q1** | 461 441 |
| | **Q2** | 483 307 |
| | **Q3** | 486 137 |
| | **Q4** | 496 784 |
| **2010** | **Q1** | 465 734 |
| | **Q2** | 487 443 |
| | **Q3** | 489 932 |
| | **Q4** | 503 973 |
| **2011** | **Q1** | 464 855 |
| | **Q2** | 487 794 |
| | **Q3** | 492 674 |
| | **Q4** | 506 190 |
| **2012** | **Q1** | 460 066 |
| | **Q2** | 478 684 |
| | **Q3** | 484 184 |
| | **Q4** | 494 071 |
| **2013** | **Q1** | 454 740 |
| | **Q2** | 479 023 |
| | **Q3** | 491 302 |
| | **Q4** | 499 496 |

## Příloha V – vstupní data modelu, Výdaje investorů

| ROK | ČTVRTLETÍ | V MIL. CZK |
|---|---|---|
| **1998** | **Q1** | 165 765 |
| | **Q2** | 188 730 |
| | **Q3** | 199 726 |
| | **Q4** | 185 476 |
| **1999** | **Q1** | 161 782 |
| | **Q2** | 183 137 |
| | **Q3** | 179 024 |
| | **Q4** | 195 680 |
| **2000** | **Q1** | 175 810 |
| | **Q2** | 203 582 |
| | **Q3** | 208 991 |
| | **Q4** | 217 715 |
| **2001** | **Q1** | 200 631 |
| | **Q2** | 215 063 |
| | **Q3** | 212 422 |
| | **Q4** | 229 980 |
| **2002** | **Q1** | 188 443 |
| | **Q2** | 213 230 |
| | **Q3** | 233 837 |
| | **Q4** | 237 876 |
| **2003** | **Q1** | 186 313 |
| | **Q2** | 218 234 |
| | **Q3** | 233 116 |
| | **Q4** | 234 934 |
| **2004** | **Q1** | 204 668 |
| | **Q2** | 234 293 |
| | **Q3** | 240 603 |
| | **Q4** | 257 197 |
| **2005** | **Q1** | 213 983 |
| | **Q2** | 249 807 |
| | **Q3** | 257 154 |
| | **Q4** | 264 473 |
| **2006** | **Q1** | 221 576 |
| | **Q2** | 274 438 |
| | **Q3** | 284 831 |
| | **Q4** | 304 179 |
| **2007** | **Q1** | 267 717 |
| | **Q2** | 308 477 |
| | **Q3** | 337 364 |
| | **Q4** | 327 656 |
| **2008** | **Q1** | 287 902 |
| | **Q2** | 316 116 |
| | **Q3** | 340 604 |

| | | |
|---|---|---|
| | **Q4** | 311 268 |
| **2009** | **Q1** | 243 133 |
| | **Q2** | 251 833 |
| | **Q3** | 272 720 |
| | **Q4** | 261 167 |
| **2010** | **Q1** | 215 930 |
| | **Q2** | 265 509 |
| | **Q3** | 308 928 |
| | **Q4** | 284 010 |
| **2011** | **Q1** | 236 557 |
| | **Q2** | 273 794 |
| | **Q3** | 303 491 |
| | **Q4** | 280 544 |
| **2012** | **Q1** | 227 665 |
| | **Q2** | 268 908 |
| | **Q3** | 277 363 |
| | **Q4** | 279 554 |
| **2013** | **Q1** | 209 785 |
| | **Q2** | 238 497 |
| | **Q3** | 273 529 |
| | **Q4** | 277 824 |

## Příloha VI – vstupní data modelu, Měnový kurz CZK/EUR

| ROK | ČTVRTLETÍ | CZK/EUR |
|---|---|---|
| **1999** | **Q1** | 37,99 |
| | **Q2** | 37,15 |
| | **Q3** | 36,36 |
| | **Q4** | 36,05 |
| **2000** | **Q1** | 35,59 |
| | **Q2** | 36,02 |
| | **Q3** | 35,43 |
| | **Q4** | 34,82 |
| **2001** | **Q1** | 34,6 |
| | **Q2** | 33,98 |
| | **Q3** | 34,19 |
| | **Q4** | 32,59 |
| **2002** | **Q1** | 31,39 |
| | **Q2** | 30,3 |
| | **Q3** | 30,19 |
| | **Q4** | 31,19 |
| **2003** | **Q1** | 31,76 |
| | **Q2** | 31,41 |
| | **Q3** | 32,35 |
| | **Q4** | 32,31 |
| **2004** | **Q1** | 32,98 |

| | | |
|---|---|---|
| | **Q2** | 31,61 |
| | **Q3** | 31,6 |
| | **Q4** | 30,65 |
| **2005** | **Q1** | 29,78 |
| | **Q2** | 30,03 |
| | **Q3** | 29,31 |
| | **Q4** | 28,97 |
| **2006** | **Q1** | 28,65 |
| | **Q2** | 28,39 |
| | **Q3** | 28,38 |
| | **Q4** | 27,78 |
| **2007** | **Q1** | 28,06 |
| | **Q2** | 28,55 |
| | **Q3** | 27,57 |
| | **Q4** | 26,3 |
| **2008** | **Q1** | 25,22 |
| | **Q2** | 24,31 |
| | **Q3** | 24,5 |
| | **Q4** | 26,11 |
| **2009** | **Q1** | 27,23 |
| | **Q2** | 26,55 |
| | **Q3** | 25,35 |
| | **Q4** | 26,08 |
| **2010** | **Q1** | 25,54 |
| | **Q2** | 25,78 |
| | **Q3** | 24,65 |
| | **Q4** | 25,16 |
| **2011** | **Q1** | 24,39 |
| | **Q2** | 24,29 |
| | **Q3** | 24,56 |
| | **Q4** | 25,51 |
| **2012** | **Q1** | 24,68 |
| | **Q2** | 25,64 |
| | **Q3** | 24,73 |
| | **Q4** | 25,22 |
| **2013** | **Q1** | 25,66 |
| | **Q2** | 25,76 |
| | **Q3** | 25,79 |
| | **Q4** | 27,52 |
| **2014** | **Q1** | 27,39 |
| | **Q2** | 27,45 |
| | **Q3** | 27,6 |
| | **Q4** | 27,63 |

## Příloha VII – vstupní data modelu, Měnový kurz CZK/GBP

| ROK | ČTVRTLETÍ | CZK/GBP |
|---|---|---|
| 1999 | Q1 | 56,44 |
| | Q2 | 57,14 |
| | Q3 | 56,12 |
| | Q4 | 57,46 |
| 2000 | Q1 | 58,2 |
| | Q2 | 57,27 |
| | Q3 | 58,21 |
| | Q4 | 56,78 |
| 2001 | Q1 | 54,9 |
| | Q2 | 55,78 |
| | Q3 | 54,86 |
| | Q4 | 52,47 |
| 2002 | Q1 | 50,99 |
| | Q2 | 47,04 |
| | Q3 | 47,88 |
| | Q4 | 48,59 |
| 2003 | Q1 | 46,53 |
| | Q2 | 44,73 |
| | Q3 | 46,42 |
| | Q4 | 46,04 |
| 2004 | Q1 | 49,14 |
| | Q2 | 47,6 |
| | Q3 | 46,38 |
| | Q4 | 44,12 |
| 2005 | Q1 | 43,02 |
| | Q2 | 44,9 |
| | Q3 | 43,26 |
| | Q4 | 42,66 |
| 2006 | Q1 | 41,56 |
| | Q2 | 41,34 |
| | Q3 | 42,05 |
| | Q4 | 41,28 |
| 2007 | Q1 | 41,24 |
| | Q2 | 42,25 |
| | Q3 | 40,06 |
| | Q4 | 36,52 |
| 2008 | Q1 | 32,54 |
| | Q2 | 30,72 |
| | Q3 | 30,65 |
| | Q4 | 28,98 |
| 2009 | Q1 | 29,62 |

| | | |
|---|---|---|
| | **Q2** | 30,98 |
| | **Q3** | 28,5 |
| | **Q4** | 28,99 |
| **2010** | **Q1** | 28,33 |
| | **Q2** | 31,15 |
| | **Q3** | 29,37 |
| | **Q4** | 29,67 |
| **2011** | **Q1** | 28,15 |
| | **Q2** | 27,37 |
| | **Q3** | 28,17 |
| | **Q4** | 30,24 |
| **2012** | **Q1** | 29,57 |
| | **Q2** | 31,82 |
| | **Q3** | 30,98 |
| | **Q4** | 31,05 |
| **2013** | **Q1** | 29,87 |
| | **Q2** | 30,24 |
| | **Q3** | 30,64 |
| | **Q4** | 32,9 |
| **2014** | **Q1** | 32,94 |
| | **Q2** | 34,14 |
| | **Q3** | 34,89 |
| | **Q4** | 35,05 |

## Příloha VIII – Model 1 – Výstup z Gretl, MNČ

gretl: model 2

Soubor Upravit Testy Uložit Grafy Analýza LaTeX

```
Model 2: OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: HDP

              koeficient   směr. chyba   t-podíl   p-hodnota
  ----------------------------------------------------------
  const       19,7391      4,61782        4,275    8,01e-05  ***
  EUR         -1,57000     0,320807      -4,894    9,64e-06  ***
  GBP          0,702158    0,124783       5,627    7,05e-07  ***

  Střední hodnota závisle proměnné     2,802321
  Sm. odchylka závisle proměnné        3,096436
  Součet čtverců reziduí               312,8922
  Sm. chyba regrese                    2,429738
  Koeficient determinace               0,406654
  Adjustovaný koeficient determinace   0,384264
  F(2, 53)                             18,16199
  P-hodnota(F)                         9,83e-07
  Logaritmus věrohodnosti             -127,6348
  Akaikovo kritérium                   261,2695
  Schwarzovo kritérium                 267,3456
  Hannan-Quinnovo kritétium            263,6252
  rho (koeficient autokorelace)        0,836510
  Durbin-Watsonova statistika          0,346749
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu
```

## Příloha IX – Model 1 – vyrovnané hodnoty HDP

| ***Rok*** | **Čtvrtletí** | **HDP % ve stálých cenách** | **Vyrovnané HDP** |
|---|---|---|---|
| ***1999*** | **Q1** | 0,15 | -0,28 |
| | **Q2** | 1,26 | 1,53 |
| | **Q3** | 1,36 | 2,06 |
| | **Q4** | 2,85 | 3,49 |
| ***2000*** | **Q1** | 4,46 | 4,73 |
| | **Q2** | 4,18 | 3,40 |
| | **Q3** | 4,40 | 4,99 |
| | **Q4** | 4,16 | 4,94 |
| ***2001*** | **Q1** | 4,00 | 3,97 |
| | **Q2** | 3,27 | 5,56 |
| | **Q3** | 2,38 | 4,58 |
| | **Q4** | 2,66 | 5,42 |
| ***2002*** | **Q1** | 1,36 | 6,26 |
| | **Q2** | 1,13 | 5,20 |
| | **Q3** | 2,50 | 5,96 |
| | **Q4** | 1,58 | 4,89 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***2003*** | **Q1** | 2,93 | 2,55 |
| | **Q2** | 3,48 | 1,83 |
| | **Q3** | 4,21 | 1,54 |
| | **Q4** | 3,72 | 1,34 |
| ***2004*** | **Q1** | 4,45 | 2,46 |
| | **Q2** | 4,81 | 3,53 |
| | **Q3** | 3,86 | 2,69 |
| | **Q4** | 6,58 | 2,60 |
| ***2005*** | **Q1** | 6,16 | 3,19 |
| | **Q2** | 7,41 | 4,12 |
| | **Q3** | 6,49 | 4,10 |
| | **Q4** | 5,74 | 4,21 |
| ***2006*** | **Q1** | 7,42 | 3,94 |
| | **Q2** | 6,24 | 4,19 |
| | **Q3** | 6,76 | 4,71 |
| | **Q4** | 7,11 | 5,11 |
| ***2007*** | **Q1** | 5,86 | 4,64 |
| | **Q2** | 5,27 | 4,58 |
| | **Q3** | 5,37 | 4,58 |
| | **Q4** | 5,63 | 4,09 |
| ***2008*** | **Q1** | 3,66 | 2,99 |
| | **Q2** | 4,32 | 3,14 |
| | **Q3** | 3,93 | 2,80 |
| | **Q4** | -0,80 | -0,91 |
| ***2009*** | **Q1** | -4,13 | -2,21 |
| | **Q2** | -5,95 | -0,19 |
| | **Q3** | -5,94 | -0,05 |
| | **Q4** | -3,29 | -0,85 |
| ***2010*** | **Q1** | 0,53 | -0,47 |
| | **Q2** | 3,10 | 1,14 |
| | **Q3** | 2,25 | 1,66 |
| | **Q4** | 3,17 | 1,07 |
| ***2011*** | **Q1** | 3,33 | 1,21 |
| | **Q2** | 2,25 | 0,82 |
| | **Q3** | 1,71 | 0,96 |
| | **Q4** | 0,72 | 0,92 |
| ***2012*** | **Q1** | 0,50 | 1,75 |
| | **Q2** | -1,14 | 1,83 |
| | **Q3** | -1,36 | 2,67 |

| | | |
|---|---|---|
| **Q4** | -1,13 | 1,95 |

## Příloha X – Model 1 – Identifikace multikolinearity

gretl: kolinearita

```
Faktory zvyšující rozptyl (VIF)

Minimální možná hodnota = 1.0
Hodnoty > 10.0 mohou indikovat problém kolinearity

         EUR    15,493
         GBP    15,493

VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2), kde R(j) je vícečetný korelační koeficient
mezi proměnnou j a ostatními nezávisle proměnnými

Vlastnosti matice X'X:

 1-norma = 176921,1
 Determinant = 18870006
 Převrácená hodnota = 1,4364335e-006
```

## Příloha XI – Model 1 – Identifikace heteroskedasticity

gretl: LM test (heteroskedasticita)

```
Whiteův test heteroskedasticity
OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: uhat^2

             koeficient   směr. chyba   t-podíl   p-hodnota
  ---------------------------------------------------------
  const      -57,8383     162,590       -0,3557    0,7235
  EUR         -3,57066     21,5380      -0,1658    0,8690
  GBP          5,62189      8,03824      0,6994    0,4875
  sq_EUR       0,480605     0,773010     0,6217    0,5369
  X2_X3       -0,592591     0,607529    -0,9754    0,3341
  sq_GBP       0,141458     0,124542     1,136     0,2614

  Neadjustovaný koeficient determinace = 0,143872

Testovací statistika: TR^2 = 8,056860,
s p-hodnotou = P(Chí-kvadrát(5) > 8,056860) = 0,153130
```

## Příloha XII – Model 2 – Výstup z Gretl, MNČ

gretl: model 2

Soubor Upravit Testy Uložit Grafy Analýza LaTeX

```
Model 2: OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: HDP

                    koeficient   směr. chyba   t-podíl   p-hodnota
  ------------------------------------------------------------------
  const              19,7934       4,67017       4,238    9,24e-05  ***
  Nezamestnanost      0,0893583    0,384407      0,2325   0,8171
  EUR                -1,60016      0,350876     -4,560    3,14e-05  ***
  GBP                 0,706788     0,127368      5,549    9,82e-07  ***

  Střední hodnota závisle proměnné      2,808929
  Sm. odchylka závisle proměnné         3,095409
  Součet čtverců reziduí                311,8151
  Sm. chyba regrese                     2,448764
  Koeficient determinace                0,408304
  Adjustovaný koeficient determinace    0,374168
  F(3, 52)                              11,96100
  P-hodnota(F)                          4,54e-06
  Logaritmus věrohodnosti              -127,5382
  Akaikovo kritérium                    263,0764
  Schwarzovo kritérium                  271,1778
  Hannan-Quinnovo kritétium             266,2173
  rho (koeficient autokorelace)         0,836365
  Durbin-Watsonova statistika           0,347373
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu

Pomine-li se konstanta, p-hodnota byla nejvyšší pro proměnnou 2
(Nezamestnanost)
```

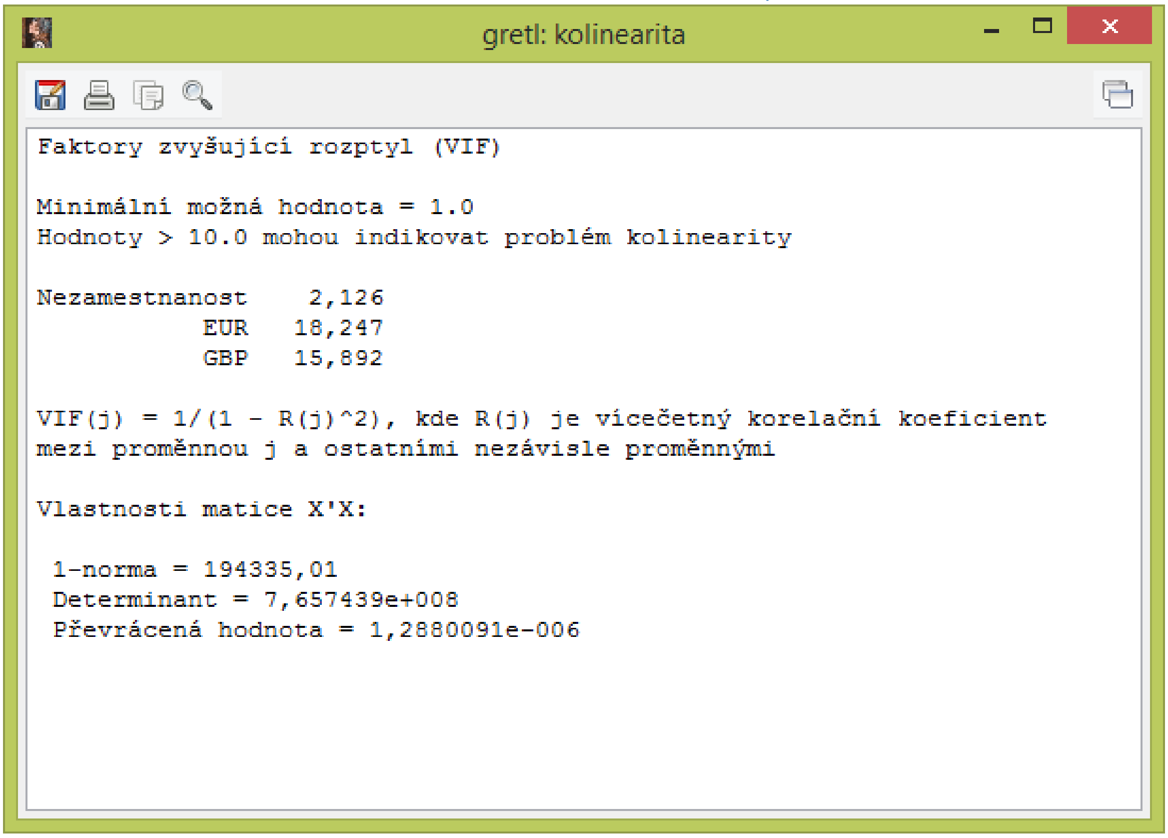
## Příloha XIII – Model 2 - Vyrovnané hodnoty HDP

| *Rok* | **Čtvrtletí** | **HDP % ve stálých cenách** | **Vyrovnané HDP** |
|---|---|---|---|
| ***1999*** | **Q1** | 0,15 | -0,35 |
| | **Q2** | 1,26 | 1,49 |
| | **Q3** | 1,36 | 2,08 |
| | **Q4** | 2,85 | 3,53 |
| ***2000*** | **Q1** | 4,46 | 4,83 |
| | **Q2** | 4,18 | 3,41 |
| | **Q3** | 4,40 | 5,01 |
| | **Q4** | 4,16 | 4,95 |
| ***2001*** | **Q1** | 4,00 | 3,99 |
| | **Q2** | 3,27 | 5,56 |
| | **Q3** | 2,38 | 4,60 |
| | **Q4** | 2,66 | 5,43 |
| ***2002*** | **Q1** | 1,36 | 6,29 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Q2 | 1,13 | 5,18 |
| | Q3 | 2,50 | 5,97 |
| | Q4 | 1,58 | 4,88 |
| ***2003*** | Q1 | 2,93 | 2,54 |
| | Q2 | 3,48 | 1,82 |
| | Q3 | 4,21 | 1,55 |
| | Q4 | 3,72 | 1,36 |
| ***2004*** | Q1 | 4,45 | 2,53 |
| | Q2 | 4,81 | 3,59 |
| | Q3 | 3,86 | 2,74 |
| | Q4 | 6,58 | 2,66 |
| ***2005*** | Q1 | 6,16 | 3,30 |
| | Q2 | 7,41 | 4,18 |
| | Q3 | 6,49 | 4,17 |
| | Q4 | 5,74 | 4,29 |
| ***2006*** | Q1 | 7,42 | 4,04 |
| | Q2 | 6,24 | 4,22 |
| | Q3 | 6,76 | 4,73 |
| | Q4 | 7,11 | 5,10 |
| ***2007*** | Q1 | 5,86 | 4,58 |
| | Q2 | 5,27 | 4,45 |
| | Q3 | 5,37 | 4,45 |
| | Q4 | 5,63 | 3,96 |
| ***2008*** | Q1 | 3,66 | 2,86 |
| | Q2 | 4,32 | 2,98 |
| | Q3 | 3,93 | 2,64 |
| | Q4 | -0,80 | -1,11 |
| ***2009*** | Q1 | -4,13 | -2,33 |
| | Q2 | -5,95 | -0,23 |
| | Q3 | -5,94 | 0,03 |
| | Q4 | -3,29 | -0,80 |
| ***2010*** | Q1 | 0,53 | -0,33 |
| | Q2 | 3,10 | 1,20 |
| | Q3 | 2,25 | 1,74 |
| | Q4 | 3,17 | 1,12 |
| ***2011*** | Q1 | 3,33 | 1,30 |
| | Q2 | 2,25 | 0,87 |
| | Q3 | 1,71 | 0,99 |
| | Q4 | 0,72 | 0,92 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***2012*** | **Q1** | 0,50 | 1,84 |
| | **Q2** | -1,14 | 1,86 |
| | **Q3** | -1,36 | 2,74 |
| | **Q4** | -1,13 | 2,03 |

## Příloha XIV – Model 2 – Identifikace multikolinearity




```
Faktory zvyšující rozptyl (VIF)

Minimální možná hodnota = 1.0
Hodnoty > 10.0 mohou indikovat problém kolinearity

Nezamestnanost    2,126
           EUR   18,247
           GBP   15,892

VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2), kde R(j) je vícečetný korelační koeficient
mezi proměnnou j a ostatními nezávisle proměnnými

Vlastnosti matice X'X:

 1-norma = 194335,01
 Determinant = 7,657439e+008
 Převrácená hodnota = 1,2880091e-006
```

## Příloha XV – Model 2 – Identifikace heteroskedasticity

gretl: LM test (heteroskedasticita)

```
Whiteův test heteroskedasticity
OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: uhat^2

                      koeficient   směr. chyba   t-podíl   p-hodnota
  -------------------------------------------------------------
  const                173,510      222,156       0,7810    0,4388
  Nezamestnanost        -6,53989     22,1382     -0,2954    0,7690
  EUR                  -31,0772      27,2800     -1,139     0,2605
  GBP                   15,4916      10,6095      1,460     0,1510
  sq_Nezamestnanost     -1,79602      1,46621    -1,225     0,2268
  X2_X3                  1,46287      1,73806     0,8417    0,4043
  X2_X4                 -0,211508     0,491056   -0,4307    0,6687
  sq_EUR                 1,19047      0,945560    1,259     0,2144
  X3_X4                 -1,22255      0,761813   -1,605     0,1154
  sq_GBP                 0,267005     0,156153    1,710     0,0940   *

  Neadjustovaný koeficient determinace = 0,231764

Testovací statistika: TR^2 = 12,978756,
s p-hodnotou = P(Chí-kvadrát(9) > 12,978756) = 0,163570
```

## Příloha XVI – Model 3 – Výstup z Gretl, MNČ

gretl: model 2

Soubor Upravit Testy Uložit Grafy Analýza LaTeX

```
Model 2: OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: HDP

                 koeficient    směr. chyba   t-podíl   p-hodnota
  ---------------------------------------------------------------
  const          31,0881       7,16464        4,339    6,61e-05  ***
  EUR            -1,66047      0,314570      -5,279    2,58e-06  ***
  GBP             0,642093     0,124622       5,152    4,03e-06  ***
  Investice_4    -2,54577e-05  1,25003e-05   -2,037    0,0468    **

  Střední hodnota závisle proměnné     2,808929
  Sm. odchylka závisle proměnné        3,095409
  Součet čtverců reziduí               289,0815
  Sm. chyba regrese                    2,357808
  Koeficient determinace               0,451443
  Adjustovaný koeficient determinace   0,419796
  F(3, 52)                             14,26473
  P-hodnota(F)                         6,65e-07
  Logaritmus věrohodnosti             -125,4186
  Akaikovo kritérium                   258,8371
  Schwarzovo kritérium                 266,9385
  Hannan-Quinnovo kritétium            261,9780
  rho (koeficient autokorelace)        0,834151
  Durbin-Watsonova statistika          0,353899
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu
```

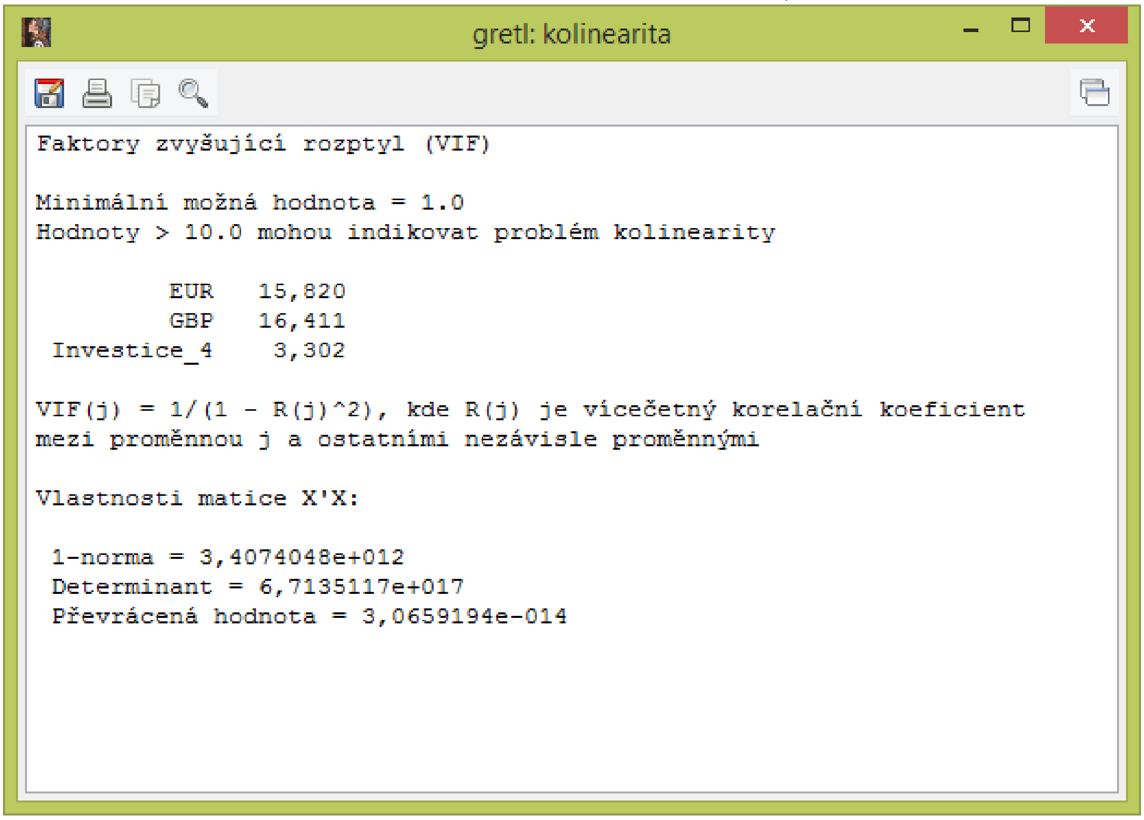
## Příloha XVII – Model 3 – Vyrovnané hodnoty HDP

| *Rok* | **Čtvrtletí** | **HDP % ve stálých cenách** | **Vyrovnané HDP** |
|---|---|---|---|
| ***1999*** | **Q1** | 0,15 | 0,027 |
| | **Q2** | 1,26 | 1,286 |
| | **Q3** | 1,36 | 1,663 |
| | **Q4** | 2,85 | 3,401 |
| ***2000*** | **Q1** | 4,46 | 5,243 |
| | **Q2** | 4,18 | 3,388 |
| | **Q3** | 4,40 | 5,076 |
| | **Q4** | 4,16 | 4,747 |
| ***2001*** | **Q1** | 4,00 | 4,411 |
| | **Q2** | 3,27 | 5,299 |
| | **Q3** | 2,38 | 4,221 |
| | **Q4** | 2,66 | 5,121 |
| ***2002*** | **Q1** | 1,36 | 6,599 |
| | **Q2** | 1,13 | 5,505 |
| | **Q3** | 2,50 | 6,294 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Q4 | 1,58 | 4,643 |
| *2003* | Q1 | 2,93 | 3,431 |
| | Q2 | 3,48 | 2,225 |
| | Q3 | 4,21 | 1,225 |
| | Q4 | 3,72 | 0,945 |
| *2004* | Q1 | 4,45 | 3,135 |
| | Q2 | 4,81 | 3,609 |
| | Q3 | 3,86 | 2,463 |
| | Q4 | 6,58 | 2,543 |
| *2005* | Q1 | 6,16 | 4,052 |
| | Q2 | 7,41 | 4,090 |
| | Q3 | 6,49 | 4,071 |
| | Q4 | 5,74 | 3,828 |
| *2006* | Q1 | 7,42 | 4,754 |
| | Q2 | 6,24 | 4,132 |
| | Q3 | 6,76 | 4,417 |
| | Q4 | 7,11 | 4,733 |
| *2007* | Q1 | 5,86 | 5,334 |
| | Q2 | 5,27 | 3,824 |
| | Q3 | 5,37 | 3,780 |
| | Q4 | 5,63 | 3,123 |
| *2008* | Q1 | 3,66 | 3,289 |
| | Q2 | 4,32 | 2,594 |
| | Q3 | 3,93 | 1,498 |
| | Q4 | -0,80 | -2,000 |
| *2009* | Q1 | -4,13 | -2,437 |
| | Q2 | -5,95 | -1,153 |
| | Q3 | -5,94 | -1,376 |
| | Q4 | -3,29 | -1,527 |
| *2010* | Q1 | 0,53 | 0,681 |
| | Q2 | 3,10 | 1,871 |
| | Q3 | 2,25 | 2,073 |
| | Q4 | 3,17 | 1,713 |
| *2011* | Q1 | 3,33 | 3,167 |
| | Q2 | 2,25 | 1,570 |
| | Q3 | 1,71 | 0,530 |
| | Q4 | 0,72 | 0,916 |
| *2012* | Q1 | 0,50 | 3,072 |
| | Q2 | -1,14 | 1,975 |

| | | |
|---|---|---|
| **Q3** | -1,36 | 2,191 |
| **Q4** | -1,13 | 2,006 |

## Příloha XVIII – Model 3 – Identifikace multikolinearity


gretl: kolinearita

```
Faktory zvyšující rozptyl (VIF)

Minimální možná hodnota = 1.0
Hodnoty > 10.0 mohou indikovat problém kolinearity

         EUR    15,820
         GBP    16,411
 Investice_4     3,302

VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2), kde R(j) je vícečetný korelační koeficient
mezi proměnnou j a ostatními nezávisle proměnnými

Vlastnosti matice X'X:

 1-norma = 3,4074048e+012
 Determinant = 6,7135117e+017
 Převrácená hodnota = 3,0659194e-014
```

## Příloha XIX – Model 3 – Identifikace heteroskedasticity

gretl: LM test (heteroskedasticita)

```
Whiteův test heteroskedasticity
OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: uhat^2

                   koeficient      směr. chyba    t-podíl  p-hodnota
  -----------------------------------------------------------------
  const            775,830         357,638          2,169   0,0353   **
  EUR              -69,3199         27,9851        -2,477   0,0170   **
  GBP               23,0715          8,53890        2,702   0,0096   ***
  Investice_4       -0,00183622      0,000979047   -1,876   0,0671   *
  sq_EUR             1,10010         0,624853       1,761   0,0850   *
  X2_X3             -0,535225        0,471874      -1,134   0,2626
  X2_X4              0,000102950     3,98871e-05    2,581   0,0131   **
  sq_GBP             0,0287018       0,105210       0,2728  0,7862
  X3_X4             -3,66909e-05     1,50270e-05   -2,442   0,0185   **
  sq_Investice_4     7,36809e-010    8,94794e-010   0,8234  0,4145

  Neadjustovaný koeficient determinace = 0,358080

Testovací statistika: TR^2 = 20,052471,
s p-hodnotou = P(Chí-kvadrát(9) > 20,052471) = 0,017591
```

## Příloha XX – Model 4 – Výstup z Gretl, MNČ

gretl: model 3

Soubor Upravit Testy Uložit Grafy Analýza LaTeX

```
Model 3: OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: HDP

                   koeficient    směr. chyba   t-podíl   p-hodnota
  --------------------------------------------------------------
  const          43,4944       7,28129        5,973    2,26e-07  ***
  EUR            -1,77860      0,284631      -6,249    8,34e-08  ***
  GBP             0,534401     0,115845       4,613    2,70e-05  ***
  Saldo_4        -6,68143e-05  1,82898e-05   -3,653    0,0006    ***
  Investice_4    -4,15448e-05  1,20694e-05   -3,442    0,0012    ***

  Střední hodnota závisle proměnné     2,808929
  Sm. odchylka závisle proměnné        3,095409
  Součet čtverců reziduí               229,1266
  Sm. chyba regrese                    2,119594
  Koeficient determinace               0,565213
  Adjustovaný koeficient determinace   0,531112
  F(4, 51)                             16,57469
  P-hodnota(F)                         9,20e-09
  Logaritmus věrohodnosti             -118,9104
  Akaikovo kritérium                   247,8208
  Schwarzovo kritérium                 257,9476
  Hannan-Quinnovo kritétium            251,7469
  rho (koeficient autokorelace)        0,803427
  Durbin-Watsonova statistika          0,395856
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu
```

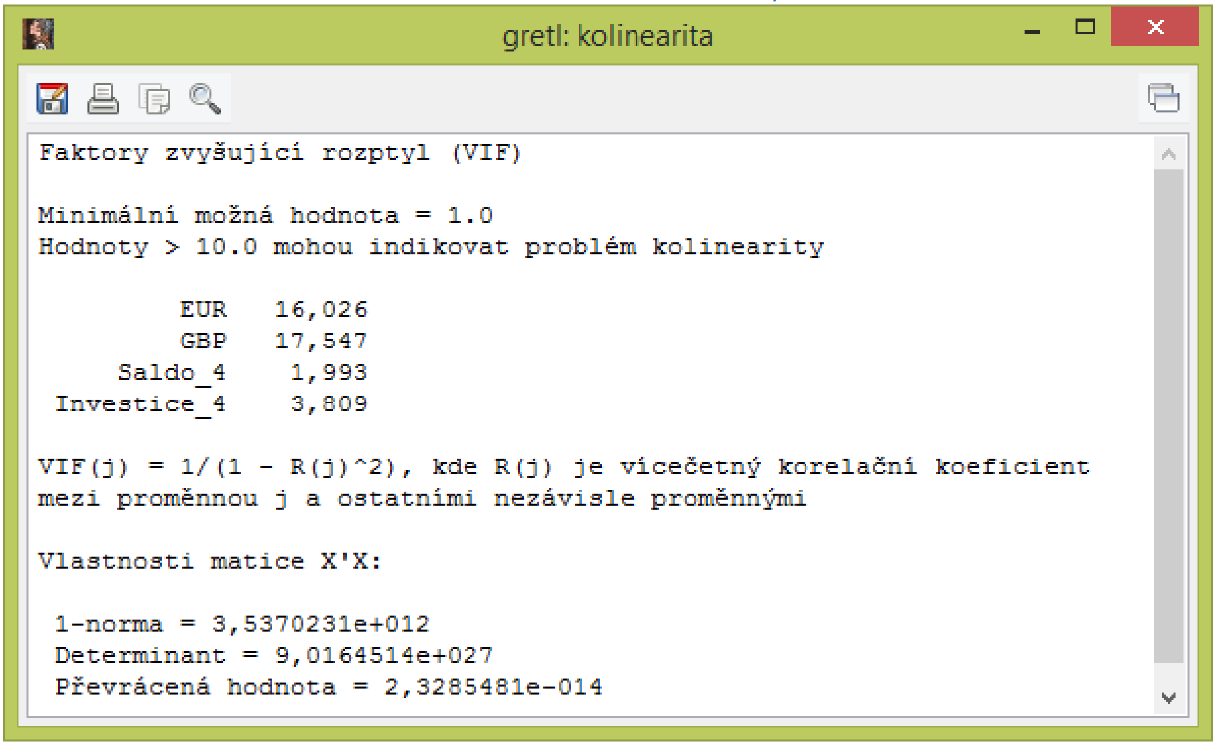
## Příloha XXI – Model 4 – Vyrovnané hodnoty HDP

| *Rok* | **Čtvrtletí** | **HDP % ve stálých cenách** | **Vyrovnané HDP** |
|---|---|---|---|
| ***1999*** | **Q1** | 0,15 | -0,97 |
| | **Q2** | 1,26 | 0,19 |
| | **Q3** | 1,36 | 0,63 |
| | **Q4** | 2,85 | 3,18 |
| ***2000*** | **Q1** | 4,46 | 4,91 |
| | **Q2** | 4,18 | 2,48 |
| | **Q3** | 4,40 | 3,47 |
| | **Q4** | 4,16 | 4,65 |
| ***2001*** | **Q1** | 4,00 | 3,91 |
| | **Q2** | 3,27 | 4,51 |
| | **Q3** | 2,38 | 3,19 |
| | **Q4** | 2,66 | 5,10 |
| ***2002*** | **Q1** | 1,36 | 7,03 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Q2 | 1,13 | 5,94 |
| | Q3 | 2,50 | 6,62 |
| | Q4 | 1,58 | 5,54 |
| ***2003*** | Q1 | 2,93 | 4,43 |
| | Q2 | 3,48 | 3,37 |
| | Q3 | 4,21 | 2,50 |
| | Q4 | 3,72 | 3,01 |
| ***2004*** | Q1 | 4,45 | 3,90 |
| | Q2 | 4,81 | 4,64 |
| | Q3 | 3,86 | 3,59 |
| | Q4 | 6,58 | 5,09 |
| ***2005*** | Q1 | 6,16 | 5,40 |
| | Q2 | 7,41 | 5,30 |
| | Q3 | 6,49 | 5,13 |
| | Q4 | 5,74 | 5,42 |
| ***2006*** | Q1 | 7,42 | 4,98 |
| | Q2 | 6,24 | 4,04 |
| | Q3 | 6,76 | 4,46 |
| | Q4 | 7,11 | 5,00 |
| ***2007*** | Q1 | 5,86 | 3,57 |
| | Q2 | 5,27 | 2,24 |
| | Q3 | 5,37 | 2,80 |
| | Q4 | 5,63 | 3,44 |
| ***2008*** | Q1 | 3,66 | 3,20 |
| | Q2 | 4,32 | 2,36 |
| | Q3 | 3,93 | 2,11 |
| | Q4 | -0,80 | -1,70 |
| ***2009*** | Q1 | -4,13 | -3,12 |
| | Q2 | -5,95 | -2,55 |
| | Q3 | -5,94 | -1,56 |
| | Q4 | -3,29 | -0,82 |
| ***2010*** | Q1 | 0,53 | 1,55 |
| | Q2 | 3,10 | 1,40 |
| | Q3 | 2,25 | 2,27 |
| | Q4 | 3,17 | 2,28 |
| ***2011*** | Q1 | 3,33 | 2,96 |
| | Q2 | 2,25 | 0,96 |
| | Q3 | 1,71 | 1,68 |
| | Q4 | 0,72 | 0,80 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***2012*** | **Q1** | 0,50 | 1,58 |
| | **Q2** | -1,14 | -0,67 |
| | **Q3** | -1,36 | 1,19 |
| | **Q4** | -1,13 | 0,71 |

## Příloha XXII – Model 4 – Identifikace multikolinearity




```
Faktory zvyšující rozptyl (VIF)

Minimální možná hodnota = 1.0
Hodnoty > 10.0 mohou indikovat problém kolinearity

         EUR   16,026
         GBP   17,547
     Saldo_4    1,993
 Investice_4    3,809

VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2), kde R(j) je vícečetný korelační koeficient
mezi proměnnou j a ostatními nezávisle proměnnými

Vlastnosti matice X'X:

 1-norma = 3,5370231e+012
 Determinant = 9,0164514e+027
 Převrácená hodnota = 2,3285481e-014
```

## Příloha XXIII – Model 4 – Identifikace heteroskedasticity

gretl: LM test (heteroskedasticita)

Whiteův test heteroskedasticity
OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: uhat^2

| | koeficient | směr. chyba | t-podíl | p-hodnota | |
|---|---|---|---|---|---|
| const | 1769,02 | 487,596 | 3,628 | 0,0008 | *** |
| EUR | -134,954 | 29,6688 | -4,549 | 4,73e-05 | *** |
| GBP | 35,8773 | 7,71340 | 4,651 | 3,42e-05 | *** |
| Saldo_4 | -0,00215276 | 0,00174699 | -1,232 | 0,2249 | |
| Investice_4 | -0,00397042 | 0,00126764 | -3,132 | 0,0032 | *** |
| sq_EUR | 2,94620 | 0,656615 | 4,487 | 5,74e-05 | *** |
| X2_X3 | -1,80617 | 0,503592 | -3,587 | 0,0009 | *** |
| X2_X4 | 1,79482e-05 | 5,90406e-05 | 0,3040 | 0,7627 | |
| X2_X5 | 0,000128953 | 3,96568e-05 | 3,252 | 0,0023 | *** |
| sq_GBP | 0,310011 | 0,119807 | 2,588 | 0,0133 | ** |
| X3_X4 | 2,29581e-06 | 2,33957e-05 | 0,09813 | 0,9223 | |
| X3_X5 | -2,75152e-05 | 1,34703e-05 | -2,043 | 0,0476 | ** |
| sq_Saldo_4 | 4,54008e-010 | 2,45532e-09 | 0,1849 | 0,8542 | |
| X4_X5 | 5,89915e-09 | 2,80570e-09 | 2,103 | 0,0417 | ** |
| sq_Investice_4 | 2,58542e-09 | 9,93791e-010 | 2,602 | 0,0129 | ** |

Neadjustovaný koeficient determinace = 0,591054

Testovací statistika: TR^2 = 33,099040,
s p-hodnotou = P(Chí-kvadrát(14) > 33,099040) = 0,002788

## Příloha XXIV – Model 5 – Výstup z Gretl, MNČ

gretl: model 1

Soubor Upravit Testy Uložit Grafy Analýza LaTeX

```
Model 1: OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: HDP

                 koeficient    směr. chyba    t-podíl   p-hodnota
  ---------------------------------------------------------------
  const         -5,29523       10,7073        -0,4945   0,6231
  EUR           -1,32564        0,242716      -5,462    1,48e-06  ***
  GBP            0,634955       0,0946030      6,712    1,70e-08  ***
  Saldo_4       -6,13330e-05    1,46822e-05   -4,177    0,0001    ***
  Spotreba       9,33859e-05    1,71885e-05    5,433    1,64e-06  ***
  Investice_4   -8,09950e-05    1,20893e-05   -6,700    1,77e-08  ***

  Střední hodnota závisle proměnné     2,808929
  Sm. odchylka závisle proměnné        3,095409
  Součet čtverců reziduí               144,0721
  Sm. chyba regrese                    1,697481
  Koeficient determinace               0,726611
  Adjustovaný koeficient determinace   0,699272
  F(5, 50)                             26,57791
  P-hodnota(F)                         5,32e-13
  Logaritmus věrohodnosti             -105,9195
  Akaikovo kritérium                   223,8390
  Schwarzovo kritérium                 235,9911
  Hannan-Quinnovo kritétium            228,5503
  rho (koeficient autokorelace)        0,618889
  Durbin-Watsonova statistika          0,760594
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu
```

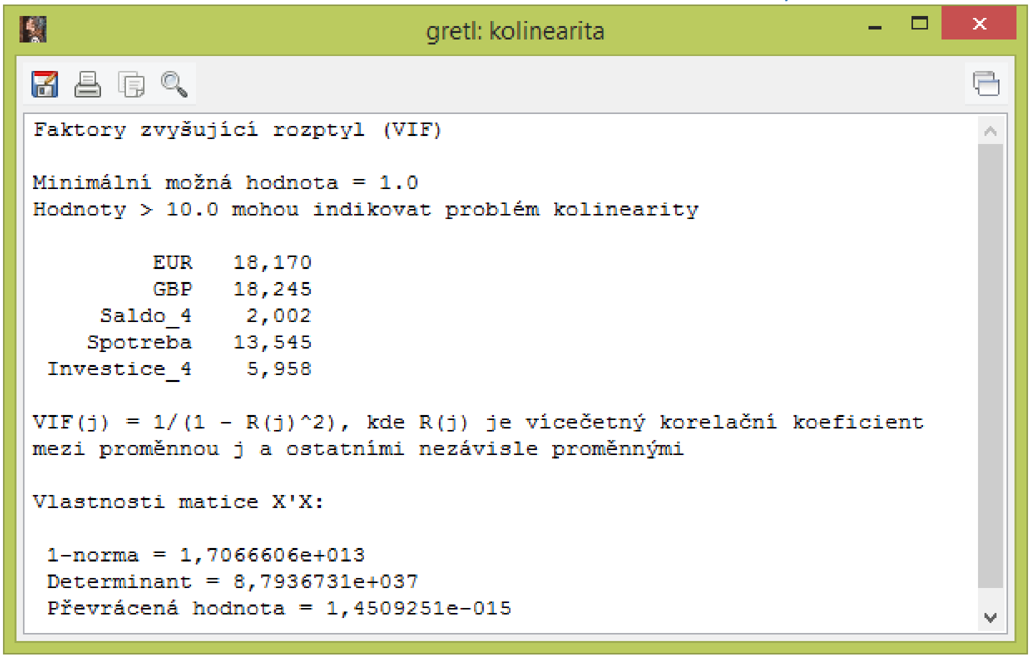
## Příloha XXV – Model 5 – Vyrovnané hodnoty HDP

| *Rok* | **Čtvrtletí** | **HDP % ve stálých cenách** | **Vyrovnané HDP** |
|---|---|---|---|
| ***1999*** | **Q1** | 0,15 | -1,28 |
| | **Q2** | 1,26 | 0,03 |
| | **Q3** | 1,36 | 0,43 |
| | **Q4** | 2,85 | 4,53 |
| ***2000*** | **Q1** | 4,46 | 4,36 |
| | **Q2** | 4,18 | 2,52 |
| | **Q3** | 4,40 | 4,72 |
| | **Q4** | 4,16 | 5,32 |
| ***2001*** | **Q1** | 4,00 | 2,79 |
| | **Q2** | 3,27 | 3,76 |
| | **Q3** | 2,38 | 3,27 |
| | **Q4** | 2,66 | 4,59 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***2002*** | **Q1** | 1,36 | 4,00 |
| | **Q2** | 1,13 | 3,23 |
| | **Q3** | 2,50 | 5,01 |
| | **Q4** | 1,58 | 4,62 |
| ***2003*** | **Q1** | 2,93 | 3,10 |
| | **Q2** | 3,48 | 2,61 |
| | **Q3** | 4,21 | 2,92 |
| | **Q4** | 3,72 | 3,56 |
| ***2004*** | **Q1** | 4,45 | 4,49 |
| | **Q2** | 4,81 | 5,22 |
| | **Q3** | 3,86 | 4,96 |
| | **Q4** | 6,58 | 6,65 |
| ***2005*** | **Q1** | 6,16 | 4,48 |
| | **Q2** | 7,41 | 5,66 |
| | **Q3** | 6,49 | 6,10 |
| | **Q4** | 5,74 | 6,52 |
| ***2006*** | **Q1** | 7,42 | 4,49 |
| | **Q2** | 6,24 | 4,24 |
| | **Q3** | 6,76 | 5,95 |
| | **Q4** | 7,11 | 7,01 |
| ***2007*** | **Q1** | 5,86 | 4,70 |
| | **Q2** | 5,27 | 3,53 |
| | **Q3** | 5,37 | 4,34 |
| | **Q4** | 5,63 | 4,23 |
| ***2008*** | **Q1** | 3,66 | 1,03 |
| | **Q2** | 4,32 | 0,93 |
| | **Q3** | 3,93 | 0,69 |
| | **Q4** | -0,80 | -1,55 |
| ***2009*** | **Q1** | -4,13 | -4,70 |
| | **Q2** | -5,95 | -3,35 |
| | **Q3** | -5,94 | -3,95 |
| | **Q4** | -3,29 | -0,73 |
| ***2010*** | **Q1** | 0,53 | 1,21 |
| | **Q2** | 3,10 | 3,20 |
| | **Q3** | 2,25 | 2,74 |
| | **Q4** | 3,17 | 4,75 |
| ***2011*** | **Q1** | 3,33 | 3,21 |
| | **Q2** | 2,25 | 1,25 |
| | **Q3** | 1,71 | 0,70 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | **Q4** | 0,72 | 2,81 |
| ***2012*** | **Q1** | 0,50 | 0,90 |
| | **Q2** | -1,14 | -0,40 |
| | **Q3** | -1,36 | 0,14 |
| | **Q4** | -1,13 | 1,77 |

## Příloha XXVI – Model 5 – Identifikace multikolinearity




```
Faktory zvyšující rozptyl (VIF)

Minimální možná hodnota = 1.0
Hodnoty > 10.0 mohou indikovat problém kolinearity

         EUR   18,170
         GBP   18,245
     Saldo_4    2,002
    Spotreba   13,545
 Investice_4    5,958

VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2), kde R(j) je vícečetný korelační koeficient
mezi proměnnou j a ostatními nezávisle proměnnými

Vlastnosti matice X'X:

 1-norma = 1,7066606e+013
 Determinant = 8,7936731e+037
 Převrácená hodnota = 1,4509251e-015
```

## Příloha XXVII – Model 5 – Identifikace heteroskedasticity

gretl: LM test (heteroskedasticita)

```
Whiteův test heteroskedasticity
OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: uhat^2

                  koeficient      směr. chyba     t-podíl   p-hodnota
  ---------------------------------------------------------------------
  const           472,656        719,467          0,6570    0,5155
  EUR             -81,6479        26,7403        -3,053     0,0043    ***
  GBP              29,9173         9,74211        3,071     0,0041    ***
  Saldo_4          -0,00191353     0,00176116    -1,087     0,2847
  Spotreba          0,000455927    0,00215250     0,2118    0,8335
  Investice_4       0,000171671    0,00116234     0,1477    0,8834
  sq_EUR            0,919221       0,420989       2,183     0,0358    **
  X2_X3            -0,251794       0,307554      -0,8187    0,4185
  X2_X4             5,74407e-05    3,76271e-05    1,527     0,1359
  X2_X5             0,000103312    3,97698e-05    2,598     0,0136    **
  X2_X6            -3,36380e-05    3,21944e-05   -1,045     0,3033
  sq_GBP           -0,0556496      0,0654859     -0,8498    0,4012
  X3_X4            -1,71032e-05    1,26374e-05   -1,353     0,1846
  X3_X5            -4,68879e-05    1,67289e-05   -2,803     0,0082    ***
  X3_X6             1,22248e-05    1,13062e-05    1,081     0,2870
  sq_Saldo_4       -1,19499e-09    1,30827e-09   -0,9134    0,3673
  X4_X5             2,70846e-09    2,63136e-09    1,029     0,3104
  X4_X6            -8,80471e-010   1,79297e-09   -0,4911    0,6264
  sq_Spotreba      -2,00684e-09    1,83284e-09   -1,095     0,2810
  X5_X6             7,28044e-010   1,86763e-09    0,3898    0,6990
  sq_Investice_4    5,47751e-011   7,92808e-010   0,06909   0,9453

  Neadjustovaný koeficient determinace = 0,599292

Testovací statistika: TR^2 = 33,560351,
s p-hodnotou = P(Chí-kvadrát(20) > 33,560351) = 0,029257
```

## Příloha XXVIII – Model 6 – Výstup z Gretl, MNČ

gretl: model 2

Soubor Upravit Testy Uložit Grafy Analýza LaTeX

```
Model 2: OLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: HDP

                     koeficient     směr. chyba    t-podíl   p-hodnota
  -------------------------------------------------------------------
  const              -4,05870       12,7397        -0,3186   0,7514
  EUR                -1,37619        0,368691      -3,733    0,0005     ***
  GBP                 0,655623       0,147675       4,440    5,12e-05   ***
  Spotreba            9,48006e-05    1,89916e-05    4,992    7,96e-06   ***
  Nezamestnanost_4   -0,0826717      0,450454      -0,1835   0,8551
  Saldo_4            -6,22628e-05    1,56678e-05   -3,974    0,0002     ***
  Investice_4        -8,35721e-05    1,86066e-05   -4,492    4,31e-05   ***

  Střední hodnota závisle proměnné      2,808929
  Sm. odchylka závisle proměnné         3,095409
  Součet čtverců reziduí                143,9731
  Sm. chyba regrese                     1,714126
  Koeficient determinace                0,726799
  Adjustovaný koeficient determinace    0,693346
  F(6, 49)                              21,72583
  P-hodnota(F)                          2,87e-12
  Logaritmus věrohodnosti              -105,9003
  Akaikovo kritérium                    225,8005
  Schwarzovo kritérium                  239,9780
  Hannan-Quinnovo kritétium             231,2971
  rho (koeficient autokorelace)         0,611038
  Durbin-Watsonova statistika           0,776537
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu

Pomine-li se konstanta, p-hodnota byla nejvyšší pro proměnnou 10
(Nezamestnanost_4)
```

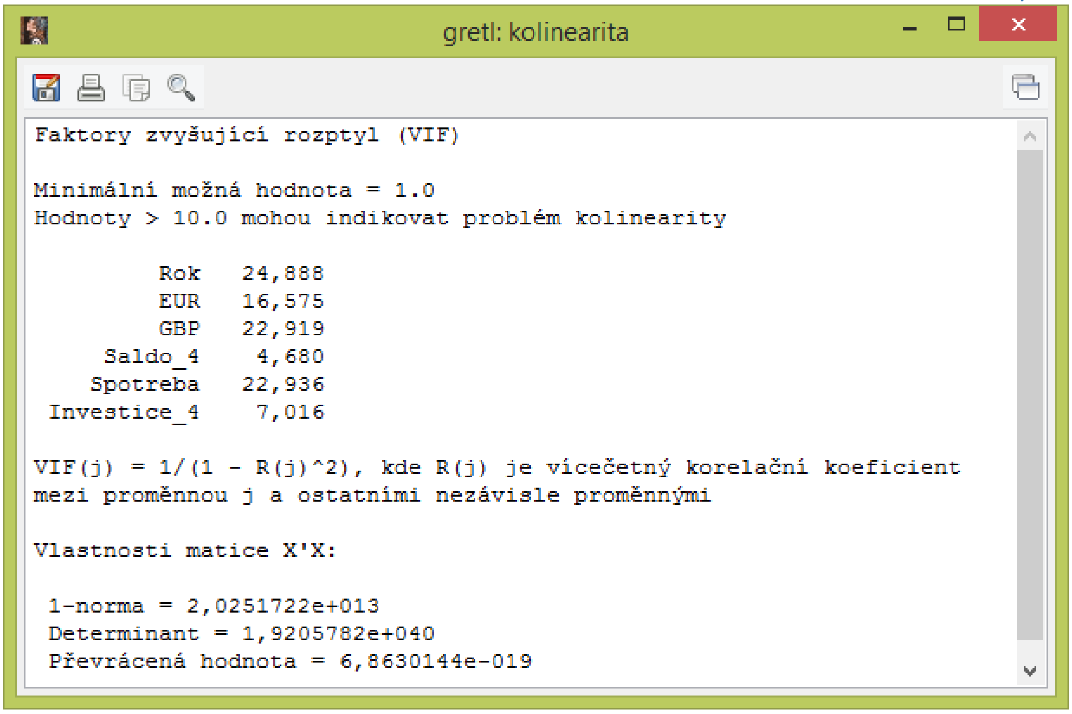
## Příloha XXIX – Model s časovou složkou – Výstup z Gretl, MNČ

gretl: model 3

Soubor Upravit Testy Uložit Grafy Analýza LaTeX

```
Model 3: OLS, za použití pozorování 1999:1-2014:4 (T = 64)
Závisle proměnná: HDP

                 koeficient      směr. chyba    t-podíl    p-hodnota
  ------------------------------------------------------------------
  const         665,899         432,515          1,540     0,1292
  Rok            -0,338682        0,217800      -1,555     0,1255
  EUR            -1,24514         0,213912      -5,821     2,82e-07  ***
  GBP             0,570577        0,0958299      5,954     1,71e-07  ***
  Saldo_4        -4,18764e-05     1,56455e-05   -2,677     0,0097    ***
  Spotreba        0,000118146     1,98475e-05    5,953     1,72e-07  ***
  Investice_4    -9,10487e-05     1,21282e-05   -7,507     4,54e-010 ***

  Střední hodnota závisle proměnné     2,542187
  Sm. odchylka závisle proměnné        3,047601
  Součet čtverců reziduí               148,2981
  Sm. chyba regrese                    1,612985
  Koeficient determinace               0,746558
  Adjustovaný koeficient determinace   0,719880
  F(6, 57)                             27,98390
  P-hodnota(F)                         2,63e-15
  Logaritmus věrohodnosti             -117,7030
  Akaikovo kritérium                   249,4060
  Schwarzovo kritérium                 264,5182
  Hannan-Quinnovo kritétium            255,3594
  rho (koeficient autokorelace)        0,528823
  Durbin-Watsonova statistika          0,936147
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu

Pomine-li se konstanta, p-hodnota byla nejvyšší pro proměnnou 2 (Rok)

Whiteův test heteroskedasticity -
  Nulová hypotéza: není zde heteroskedasticita
  Testovací statistika: LM = 36,7773
  s p-hodnotou = P(Chí-kvadrát(27) > 36,7773) = 0,0993

LM test pro autokorelaci až do řádu 4 -
  Nulová hypotéza: žádná autokorelace
  Testovací statistika: LMF = 10,4455
  s p-hodnotou = P(F(4,53) > 10,4455) = 2,5898e-006
```

## Příloha XXX – Model s časovou složkou – Identifikace multikolinearity

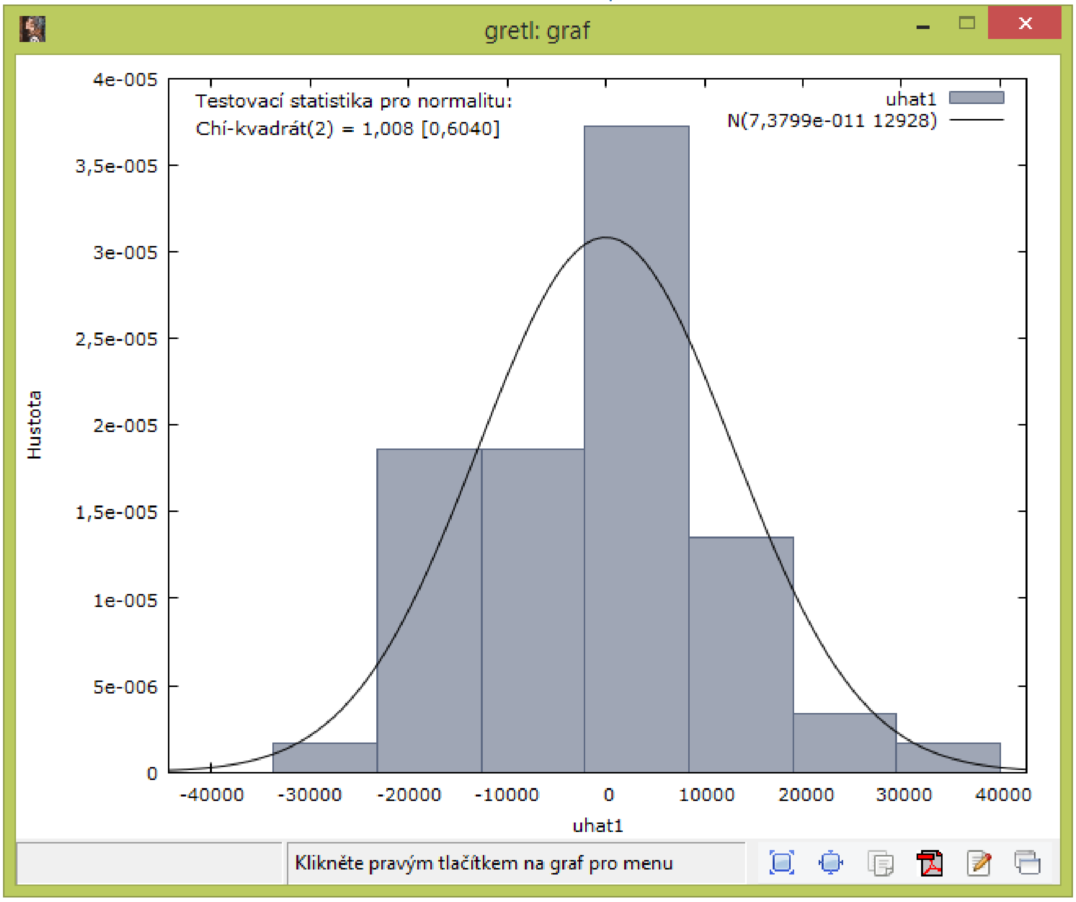



## Příloha XXXI – MSR – Podkladová data

| *Rok* | $y_{1t}$ [mil. Kč] | $x_{2t}$ [mil. Kč] | $y_{3t}$ [%] | $y_{3(t-2)}$ [%] | $x_{1t}$ [%] | $x_{1(t-1)}$ [%] | $y_{2t}$ [mil. Kč] | $x_3$ [Kč] | $x_4$ [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1997,00** | - | - | 0,16 | - | - | - | - | - | - |
| **1997,25** | - | - | -0,04 | - | - | - | - | - | - |
| **1997,50** | - | - | -1,10 | - | - | - | - | - | - |
| **1997,75** | - | - | -1,62 | - | - | - | - | - | - |
| **1998,00** | - | - | -1,00 | - | 5,9 | - | 333 088 | 56,42 | 13 |
| **1998,25** | - | - | -0,80 | - | 5,9 | - | 346 859 | 54,83 | 13 |
| **1998,50** | - | - | -0,30 | - | 6,8 | - | 356 649 | 51,57 | 11,5 |
| **1998,75** | - | - | 0,80 | - | 7,3 | - | 372 127 | 50,2 | 9,4 |
| **1999,00** | 343 929 | -4 964 | 0,15 | 0,16 | 8,4 | 5,9 | 161 782 | 56,44 | 6,59 |
| **1999,25** | 358 832 | -744 | 1,26 | -0,04 | 8,4 | 5,9 | 183 137 | 57,14 | 6 |
| **1999,50** | 368 020 | 10 184 | 1,36 | -1,10 | 9,0 | 6,8 | 179 024 | 56,12 | 5,55 |
| **1999,75** | 379 209 | -13 057 | 2,85 | -1,62 | 9,0 | 7,3 | 195 680 | 57,46 | 5 |
| **2000,00** | 349 911 | 1 143 | 4,46 | -1,00 | 9,5 | 8,4 | 175 810 | 58,2 | 5 |
| **2000,25** | 363 962 | -1 535 | 4,18 | -0,80 | 8,7 | 8,4 | 203 582 | 57,27 | 5 |
| **2000,50** | 376 342 | 1 916 | 4,40 | -0,30 | 8,5 | 9,0 | 208 991 | 58,21 | 5 |
| **2000,75** | 383 003 | -8 608 | 4,16 | 0,80 | 8,3 | 9,0 | 217 715 | 56,78 | 5 |
| **2001,00** | 357 666 | -6 714 | 4,00 | 0,15 | 8,5 | 9,5 | 200 631 | 54,9 | 4 |
| **2001,25** | 375 572 | -2 006 | 3,27 | 1,26 | 8,0 | 8,7 | 215 063 | 55,78 | 4 |
| **2001,50** | 386 597 | -916 | 2,38 | 1,36 | 8,2 | 8,5 | 212 422 | 54,86 | 4,25 |
| **2001,75** | 394 864 | -16 602 | 2,66 | 2,85 | 7,8 | 8,3 | 229 980 | 52,47 | 3,75 |
| **2002,00** | 368 040 | -5 844 | 1,36 | 4,46 | 7,7 | 8,5 | 188 443 | 50,99 | 3,25 |
| **2002,25** | 386 812 | -10 355 | 1,13 | 4,18 | 7,0 | 8,0 | 213 230 | 47,04 | 2,75 |
| **2002,50** | 397 017 | -21 648 | 2,50 | 4,40 | 7,2 | 8,2 | 233 837 | 47,88 | 2 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***2002,75*** | 407 102 | -33 863 | 1,58 | 4,16 | 7,3 | 7,8 | 237 876 | 48,59 | 1,75 |
| ***2003,00*** | 383 949 | -8 211 | 2,93 | 4,00 | 7,6 | 7,7 | 186 313 | 46,53 | 1,5 |
| ***2003,25*** | 404 538 | -14 868 | 3,48 | 3,27 | 7,5 | 7,0 | 218 234 | 44,73 | 1,46 |
| ***2003,50*** | 420 176 | -17 938 | 4,21 | 2,38 | 8,0 | 7,2 | 233 116 | 46,42 | 1 |
| ***2003,75*** | 424 483 | -34 308 | 3,72 | 2,66 | 8,1 | 7,3 | 234 934 | 46,04 | 1 |
| ***2004,00*** | 394 991 | -5 733 | 4,45 | 1,36 | 8,7 | 7,6 | 204 668 | 49,14 | 1 |
| ***2004,25*** | 417 176 | -14 318 | 4,81 | 1,13 | 8,2 | 7,5 | 234 293 | 47,6 | 1,05 |
| ***2004,50*** | 433 449 | -9 661 | 3,86 | 2,50 | 8,2 | 8,0 | 240 603 | 46,38 | 1,5 |
| ***2004,75*** | 444 249 | -20 035 | 6,58 | 1,58 | 8,2 | 8,1 | 257 197 | 44,12 | 1,5 |
| ***2005,00*** | 408 698 | 13 151 | 6,16 | 2,93 | 8,4 | 8,7 | 213 983 | 43,02 | 1,25 |
| ***2005,25*** | 432 066 | 10 057 | 7,41 | 3,48 | 7,8 | 8,2 | 249 807 | 44,9 | 0,75 |
| ***2005,50*** | 446 306 | 5 221 | 6,49 | 4,21 | 7,8 | 8,2 | 257 154 | 43,26 | 0,75 |
| ***2005,75*** | 457 637 | 2 409 | 5,74 | 3,72 | 7,8 | 8,2 | 264 473 | 42,66 | 1 |
| ***2006,00*** | 423 132 | 42 659 | 7,42 | 4,45 | 8,0 | 8,4 | 221 576 | 41,56 | 1 |
| ***2006,25*** | 447 341 | 24 791 | 6,24 | 4,81 | 7,1 | 7,8 | 274 438 | 41,34 | 1 |
| ***2006,50*** | 463 823 | 18 519 | 6,76 | 3,86 | 7,0 | 7,8 | 284 831 | 42,05 | 1,26 |
| ***2006,75*** | 476 409 | 2 373 | 7,11 | 6,58 | 6,5 | 7,8 | 304 179 | 41,28 | 1,5 |
| ***2007,00*** | 445 176 | 25 575 | 5,86 | 6,16 | 6,0 | 8,0 | 267 717 | 41,24 | 1,5 |
| ***2007,25*** | 466 771 | 22 416 | 5,27 | 7,41 | 5,3 | 7,1 | 308 477 | 42,25 | 1,75 |
| ***2007,50*** | 481 327 | 2 526 | 5,37 | 6,49 | 5,1 | 7,0 | 337 364 | 40,06 | 2,25 |
| ***2007,75*** | 492 402 | 9 459 | 5,63 | 5,74 | 4,8 | 6,5 | 327 656 | 36,52 | 2,5 |
| ***2008,00*** | 453 475 | 30 719 | 3,66 | 7,42 | 4,7 | 6,0 | 287 902 | 32,54 | 2,75 |
| ***2008,25*** | 485 108 | 33 576 | 4,32 | 6,24 | 4,2 | 5,3 | 316 116 | 30,72 | 2,75 |
| ***2008,50*** | 497 697 | 15 605 | 3,93 | 6,76 | 4,3 | 5,1 | 340 604 | 30,65 | 2,5 |
| ***2008,75*** | 504 097 | 7 271 | -0,80 | 7,11 | 4,4 | 4,8 | 311 268 | 28,98 | 1,58 |
| ***2009,00*** | 461 441 | 23 239 | -4,13 | 5,86 | 5,8 | 4,7 | 243 133 | 29,62 | 0,75 |
| ***2009,25*** | 483 307 | 36 344 | -5,95 | 5,27 | 6,3 | 4,2 | 251 833 | 30,98 | 0,5 |
| ***2009,50*** | 486 137 | 26 121 | -5,94 | 5,37 | 7,3 | 4,3 | 272 720 | 28,5 | 0,25 |
| ***2009,75*** | 496 784 | 21 955 | -3,29 | 5,63 | 7,2 | 4,4 | 261 167 | 28,99 | 0,25 |
| ***2010,00*** | 465 734 | 48 245 | 0,53 | 3,66 | 8,0 | 5,8 | 215 930 | 28,33 | 0,25 |
| ***2010,25*** | 487 443 | 43 804 | 3,10 | 4,32 | 7,1 | 6,3 | 265 509 | 31,15 | 0,25 |
| ***2010,50*** | 489 932 | 5 226 | 2,25 | 3,93 | 7,1 | 7,3 | 308 928 | 29,37 | 0,25 |
| ***2010,75*** | 503 973 | 25 243 | 3,17 | -0,80 | 6,9 | 7,2 | 284 010 | 29,67 | 0,25 |
| ***2011,00*** | 464 855 | 59 770 | 3,33 | -4,13 | 7,2 | 8,0 | 236 557 | 28,15 | 0,25 |
| ***2011,25*** | 487 794 | 62 777 | 2,25 | -5,95 | 6,7 | 7,1 | 273 794 | 27,37 | 0,25 |
| ***2011,50*** | 492 674 | 33 991 | 1,71 | -5,94 | 6,5 | 7,1 | 303 491 | 28,17 | 0,25 |
| ***2011,75*** | 506 190 | 42 918 | 0,72 | -3,29 | 6,4 | 6,9 | 280 544 | 30,24 | 0,25 |
| ***2012,00*** | 460 066 | 81 232 | 0,50 | 0,53 | 7,1 | 7,2 | 227 665 | 29,57 | 0,25 |
| ***2012,25*** | 478 684 | 69 315 | -1,14 | 3,10 | 6,7 | 6,7 | 268 908 | 31,82 | 0,25 |
| ***2012,50*** | 484 184 | 56 137 | -1,36 | 2,25 | 7,0 | 6,5 | 277 363 | 30,98 | 0,25 |
| ***2012,75*** | 494 071 | 44 582 | -1,13 | 3,17 | 7,2 | 6,4 | 279 554 | 31,05 | 0,05 |

## Příloha XXXII – MSR – Normalita reziduí, první rovnice

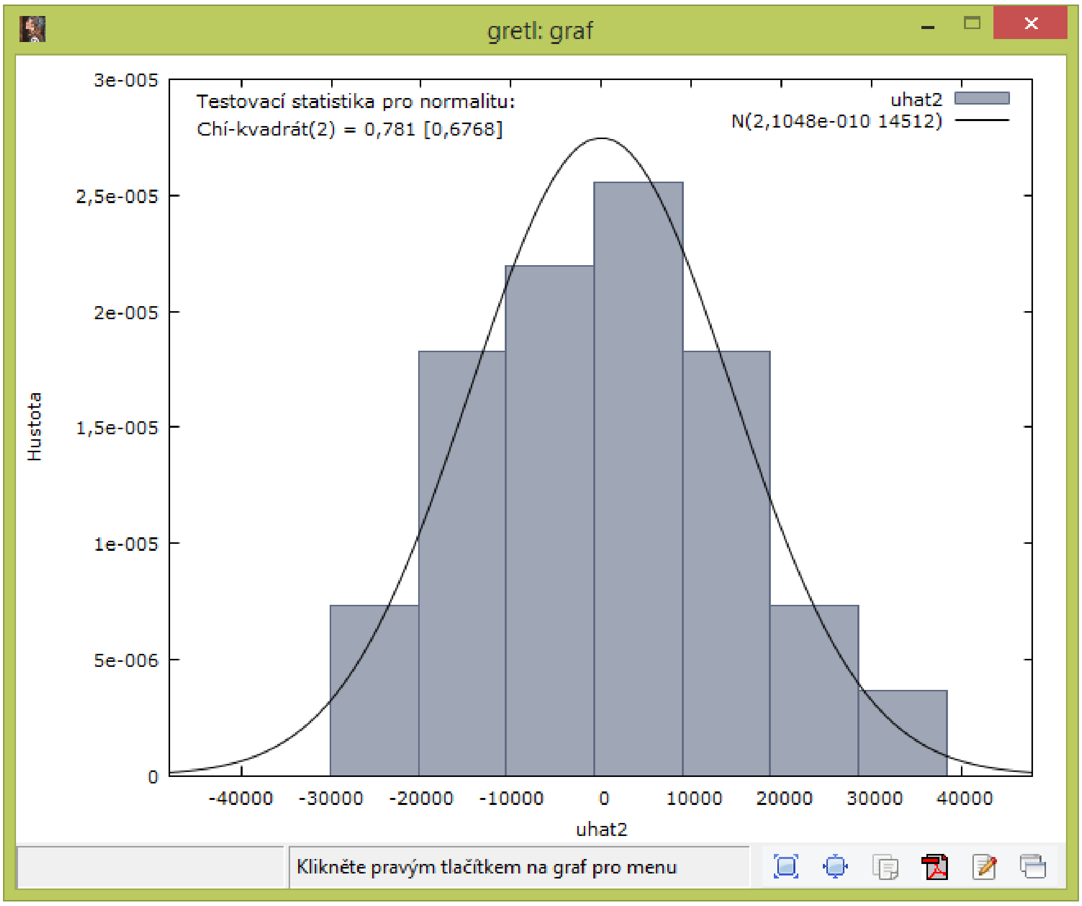



## Příloha XXXIII – MSR – Test autokorelace, první rovnice

gretl: autokorelace

```
Godfreyův test (1994) pro autokorelaci až do řádu 4
TSLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: Spotreba
Instrumentální proměnné: const Diskont Diskont_1 Saldo GBP_1
  Nezamestnanost HDP_2 uhat_1 uhat_2 uhat_3 uhat_4

                 koeficient    směr. chyba     z      p-hodnota
  ---------------------------------------------------------------
  const          80666,2        80094,4        1,007   0,3139
  HDP_2          -3178,87         939,498     -3,384   0,0007    ***
  Investice          1,20055        0,187477   6,404   1,52e-010 ***
  Nezamestnanost 10036,4         4792,19       2,094   0,0362    **
  Saldo              0,328680       0,0832271  3,949   7,84e-05  ***
  Diskont        -5160,98        1678,01      -3,076   0,0021    ***
  uhat_1             0,289557       0,201976   1,434   0,1517
  uhat_2            -0,296250       0,218986  -1,353   0,1761
  uhat_3             0,0447485      0,201679   0,2219  0,8244
  uhat_4             0,319867       0,190449   1,680   0,0930    *

  Neadjustovaný koeficient determinace = 0,949187

Testovací statistika: Pseudo-LMF = 2,267695,
s p-hodnotou = P(F(4,50) > 2,2677) = 0,0763
```

## Příloha XXXIV - MSR – Normalita reziduí, druhá rovnice




## Příloha XXXV – MSR – Test autokorelace, druhá rovnice

gretl: autokorelace

```
Godfreyův test (1994) pro autokorelaci až do řádu 4
TSLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: Investice
Instrumentální proměnné: const Diskont Diskont_1 Saldo GBP_1
  Nezamestnanost HDP_2 uhat_1 uhat_2 uhat_3 uhat_4

                koeficient       směr. chyba       z      p-hodnota
  ---------------------------------------------------------------
  const        -693101           111937          -6,192   5,95e-010 ***
  HDP_2           2209,86           815,508        2,710   0,0067    ***
  Diskont_1       7740,26          1791,29         4,321   1,55e-05  ***
  Spotreba           1,76802          0,184663     9,574   1,03e-021 ***
  GBP_1           3490,90           794,038        4,396   1,10e-05  ***
  uhat_1             0,144867         0,148859     0,9732  0,3305
  uhat_2            -0,0334778        0,145216    -0,2305  0,8177
  uhat_3            -0,0231611        0,147913    -0,1566  0,8756
  uhat_4             0,548436         0,170252     3,221   0,0013    ***

  Neadjustovaný koeficient determinace = 0,916174

Testovací statistika: Pseudo-LMF = 3,279541,
s p-hodnotou = P(F(4,51) > 3,27954) = 0,0188
```

## Příloha XXXVI – MSR – Definiční rovnice

gretl: model 5

Soubor Upravit Testy Uložit Grafy Analýza LaTeX

```
Model 5: TSLS, za použití pozorování 1999:1-2012:4 (T = 56)
Závisle proměnná: HDP
Instrumentováno: Investice Spotreba
Instrumentální proměnné: const Diskont Diskont_1 Saldo GBP_1
  Nezamestnanost

                 koeficient     směr. chyba      z       p-hodnota
  -----------------------------------------------------------
  const          15,5089        3,76020        4,124    3,72e-05   ***
  Investice       5,21703e-05   2,06758e-05    2,523    0,0116     **
  Spotreba       -5,87284e-05   1,73079e-05   -3,393    0,0007     ***

  Střední hodnota závisle proměnné        2,808929
  Sm. odchylka závisle proměnné           3,095409
  Součet čtverců reziduí                  384,2301
  Sm. chyba regrese                       2,692513
  Koeficient determinace                  0,275511
  Adjustovaný koeficient determinace      0,248171
  F(2, 53)                                6,423784
  P-hodnota(F)                            0,003177
  rho (koeficient autokorelace)           0,820158
  Durbin-Watsonova statistika             0,334772
zde je poznámka o zkratkách statistik modelu
```

## Příloha XXXVII – Model 5 – Předpověď

## Příloha XXXVIII – LRM – Výstup z predikce

gretl: předpovědi

Pro 95% konfidenční intervaly, t(50, 0,025) = 2,009

| | HDP | předpověď | směr. chyba | 95% konfidenční interval |
|---|---|---|---|---|
| 2013:1 | -2,75 | -1,30 | 1,923 | -5,16 - 2,56 |
| 2013:2 | -1,36 | -1,54 | 1,852 | -5,26 - 2,18 |
| 2013:3 | 0,32 | -0,06 | 1,811 | -3,69 - 3,58 |
| 2013:4 | 0,83 | 0,38 | 1,875 | -3,38 - 4,15 |
| 2014:1 | 2,26 | 0,53 | 1,964 | -3,42 - 4,47 |
| 2014:2 | 2,13 | 1,07 | 2,053 | -3,05 - 5,19 |
| 2014:3 | 2,47 | 1,93 | 1,922 | -1,93 - 5,79 |
| 2014:4 | 1,15 | 2,75 | 1,938 | -1,14 - 6,64 |

Statistiky vyhodnocující předpověď

| | |
|---|---|
| Střední chyba | 0,16124 |
| Střední kvadratická chyba | 1,1807 |
| Odmocnina střední kvadratické chyby | 1,0866 |
| Střední absolutní chyba | 0,92321 |
| Střední procentuální chyba | 27,525 |
| Střední absolutní procentuální chyba | 65,593 |
| Theilovo U | 0,96586 |
| Zastoupení vychýlení, UM | 0,02202 |
| Zastoupení regrese, UR | 0,00015188 |
| Zastoupení disturbancí, UD | 0,97783 |

## Příloha XXXIX – MSR – Výstup z predikce

MSR - predikce HDP.txt – Poznámkový blok

Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2013:1 | -2,75 | 0,00 | 2,929 | -5,74 - 5,74 |
| 2013:2 | -1,36 | 0,63 | 2,794 | -4,84 - 6,11 |
| 2013:3 | 0,32 | 1,35 | 2,767 | -4,08 - 6,77 |
| 2013:4 | 0,83 | 1,48 | 2,761 | -3,94 - 6,89 |
| 2014:1 | 2,26 | 0,52 | 2,857 | -5,08 - 6,12 |
| 2014:2 | 2,13 | 1,50 | 2,742 | -3,87 - 6,88 |
| 2014:3 | 2,47 | 2,26 | 2,760 | -3,15 - 7,67 |
| 2014:4 | 1,15 | 1,87 | 2,732 | -3,48 - 7,23 |

Statistiky vyhodnocující předpověď

| | |
|---|---|
| Střední chyba | -0,56953 |
| Střední kvadratická chyba | 2,1256 |
| Odmocnina střední kvadratické chyby | 1,458 |
| Střední absolutní chyba | 1,2151 |
| Střední procentuální chyba | -12,486 |
| Střední absolutní procentuální chyba | 102,91 |
| Theilovo U | 1,1314 |
| Zastoupení vychýlení, UM | 0,1526 |
| Zastoupení regrese, UR | 0,11962 |
| Zastoupení disturbancí, UD | 0,72779 |