



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV MANAGEMENTU

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF MANAGEMENT

STATISTICKÉ METODY PRO POPIS PROVOZU RESTAURACE

STATISTICAL METHODS FOR DESCRIPTION OF RUNNING A RESTAURANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. LENKA NOVOTNÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. RNDr. JIŘÍ KROPÁČ, CSc.

BRNO 2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Novotná Lenka, Bc.

Řízení a ekonomika podniku (6208T097)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává diplomovou práci s názvem:

Statistické metody pro popis provozu restaurace

v anglickém jazyce:

Statistical Methods for Description of Running a Restaurant

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Teoretická východiska práce

Cíl práce, postupy zpracování

Analýza problému a současné situace

Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

KROPÁČ, J. Statistika B. Brno : Fakulta podnikatelská VUT, 2007. ISBN 80-214-3295-0.

CIPRA, T. Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii. Praha : SNTL/ALFA, 1986.

CYHELSKÝ, L., aj. Základy teorie statistiky pro ekonomy. Praha : SNTL/ALFA, 1979.

SEGER, J., aj. Statistika v hospodářství. Praha : ETC Publishing, 1998. ISBN 80-86006-56-5.

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jiří Kropáč, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

L.S.

PhDr. Martina Rašticová, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Anna Putnová, Ph.D., MBA

V Brně, dne 16.05.2010

Abstrakt

Práce je napsána za účelem ukázky využití statistických metod pro popis vývoje ekonomických procesů v podniku.

Je rozdělena do dvou částí. První část je zaměřena na teoretické poznatky o regulačních diagramech a časových řadách. Druhou část tvoří kapitoly zabývající se jejich praktickým využitím. Součástí práce je i drobná aplikace pro tvorbu regulačních diagramů.

Abstract

The diploma thesis is written with a view to illustrate application of statistical methods describing progress of economical processes in company.

The thesis is divided into two separated parts. First part focuses on theoretical pieces of knowledge about control charts and time series. Second part is composed from chapters that are focused on its practical usage. As simple application for control chart making is enclosed.

Klíčová slova

Shewartovy regulační diagramy, Kolmogorov-Smirnovův test, časová řada, sezónní složka, vyrovnání časové řady, regresní přímka.

Key words

Shewart's control charts, Kolmogorov-Smirnov test, time series, seasonal component, time series adjustment, regression line.

Bibliografická citace

NOVOTNÁ, L. *Statistické metody pro popis provozu restaurace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2010, 68 s. Vedoucí diplomové práce doc. RNDr. Jiří Kropáč, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tato práce je mým autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně.
Uvedla jsem všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Brně dne

.....

podpis

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, doc. RNDr. Jiřímu Kropáčovi, CSc., za jeho cenné připomínky, postřehy a vedení během psaní této diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	10
1. Vymezení problému a cíl práce	11
1.1. Vymezení problému a nástin realizace.....	11
1.2. Cíl práce.....	11
2. Časové řady.....	12
2.1. Vymezení základních pojmů	12
2.2. Charakteristiky časových řad	13
2.3. Dekompozice časové řady	15
2.4. Vyhlazení časové řady.....	17
2.5. Modelace sezónní složky.....	19
3. Regulační diagramy	21
3.1. Vymezení základních pojmů	21
3.2. Shewartovy regulační diagramy	22
3.3. Regulační diagramy $(x_i, R_{kl,i})$	24
3.4. Testy nenáhodných seskupení	26
3.5. Kolmogorov-Smirnovův test.....	29
4. Aplikace v praxi.....	30
4.1. Popis podniku	30
4.2. Analýza týdenních tržeb	32
4.2.1. Subjektivní posouzení	33
4.2.2. Určení základních charakteristik.....	33
4.2.3. Test statistické významnosti regresního koeficientu b_2	36
4.2.4. Výpočet reziduí	39
4.2.5. Test normálního rozdělení dat.....	40
4.2.6. Analýza reziduí pomocí regulačních diagramů.....	42

4.3.	Analýza měsíčních tržeb.....	45
4.3.1.	Subjektivní posouzení grafu.....	47
4.3.2.	Určení základních charakteristik časové řady.....	47
4.3.3.	Vyrovnění časové řady.....	50
4.3.4.	Test statistické významnosti koeficientu b_2 od nuly	52
4.3.4.	Určení sezónní složky	53
5.	Metodický postup pro provozovatele podniku	57
5.1.	Příprava a sběr dat	57
5.2.	Práce s aplikací	58
	Závěr	65
	Literatura	66
	Seznam obrázků, grafů a tabulek	67
	Přílohy	68

Úvod

Na veškeré činnosti probíhající na tomto světě působí mnoho vlivů, některé předvídat lze, některé ne. Právě tyto nepředvídatelné vlivy lze označit jako náhodu. Abychom byli schopni některé potřebné procesy zdokonalovat či predikovat, lze využít statistických metod zaměřených na statistickou regulaci a analýzu časových řad.

Jedná se o problematiku, která je probírána v předmětu Aplikovaná statistika na Fakultě podnikatelské Vysokého učení technického v Brně. Práce se soustřeďuje na aplikaci statistických metod využitelných při sledování provozu jakéhokoliv restauračního zařízení. Konkrétně je zde použita problematika časových řad a regulačních diagramů, která je nezbytná pro následné správné zpracování získaných dat, jejich věrnou interpretaci a vyhodnocování. Analýza dat a jejich interpretace tvoří druhou část této práce.

1. Vymezení problému a cíl práce

1.1. Vymezení problému a nástin realizace

Výkonnost jakéhokoliv podniku se obvykle se na první pohled posuzuje dle výše vykázaných tržeb. Jejich mimořádné výkyvy, sezónní výkyvy či dlouhodobý trend jsou jevy, které je vhodné sledovat a analyzovat. Neboť takto se dá určit mnoho příčin, jež ovlivňují tržby podniku a lze tak některé negativní příčiny nejen identifikovat, ale v mnohých případech i následně odstranit.

Práce je rozdělena do dvou částí. První část obsahuje teoretická východiska práce, které jsou důležité pro správné pochopení a zpracování dat. Jsou zde zpracována témata týkající se analýzy časových řad a konstrukce a analýzy regulačních diagramů. Druhá část je tvořena oddíly zabývající se analýzou získaných dat. Jednotlivé podkapitoly tvoří soustavu na sebe navazujících kroků, které celkově vytvářejí metodický postup analýzy. V závěru je popsána drobná aplikace, která je součástí této práce a která může sloužit jako pomůcka pro provozní či majitele podniků.

1.2. Cíl práce

Cílem této diplomové práce je ukázka využití statistických metod pro popis vývoje ekonomických procesů v podniku. Dále pak zpracování ekonomických dat a jejich analýza pomocí regulačních diagramů a časových řad. Dalším cílem je vytvoření metodického návodu, jakým provozovatelé podniku mohou statistické metody používat při analýze dat v praxi.

2. Časové řady

Pro popis statistických dat nejen ekonomických jevů v čase se využívá časových řad. Využití časových řad umožňuje provádět kvantitativní analýzu daných dat a následné prognózování možného vývoje těchto jevů v budoucnosti.

Tato kapitola je zaměřena na jejich definici, popis charakteristik a metod využívaných při prognózování budoucího vývoje.

2.1. Vymezení základních pojmů

Časovou řadou se rozumí posloupnost hodnot určitého statistického znaku (ukazatele) uspořádaných z hlediska času ve směru od minulosti k přítomnosti. Ukazatel musí být věcně a prostorově shodně vymezen po celé sledované období.

Jednotlivé typy časových řad se rozlišují identifikací rozdílností sledovaných ukazatelů a jejich specifickými statistickými vlastnostmi. Pro tuto práci je stěžejním kritériem čas a dle tohoto hlediska můžeme rozčlenit časové řady na tyto dva typy.

Prvním z nich jsou *časové řady okamžikové*, jejichž hodnota ukazatele se plynule mění v čase. Tato řada tedy udává stav ukazatele v určitých okamžicích. Hodnoty stavu nemusí přímo záviset na délkách intervalu mezi odečty, při delším intervalu však může pochopitelně dojít k větší změně. Sčítání hodnot ukazatele tohoto typu řady nemá smysl a tedy ani reálnou interpretaci.

Druhou skupinu tvoří *časové řady intervalové*. Hodnoty ukazatele sledují vznik nebo zánik (udávají přírůstek či úbytek) za časový interval, hodnoty tedy závisejí na délkách intervalů. Z tohoto důvodu by měly být sledované intervaly stejně dlouhé, neboť v opačném případě by mohlo dojít ke zkreslení. Například budeme-li chtít sledovat měsíční tržby podniku, budou tyto hodnoty nesrovnatelné, neboť každý měsíc má jiný počet dní a jiný počet pracovních dní. Tyto nesrovnatelnosti jsou řešeny tzv. kalendářním očišťováním, které spočívá v přepočtu sledovaného intervalu na jednotkový interval. Lze jej vyjádřit vztahem 1.1.

$$y_t^0 = y_t \frac{\overline{k_t}}{k_t} \quad (1.1)$$

y_t^0 očištěná hodnota

y_t hodnota očišťovaného ukazatele

k_t počet kalendářních dní ve sledovaném měsíci

$\overline{k_t}$ pevný časový interval, například 30 dní

Hodnotu ukazatele za delší interval lze získat sčítáním hodnot za dílčí části tohoto intervalu. Sčítání hodnot ukazatele tohoto typu časové řady má smysl a lze jej interpretovat.

2.2. Charakteristiky časových řad

Hodnoty časové řady budu označovat symbolem y_i , kde i představuje hodnoty časového intervalu t_i . y_i tedy značí napozorovanou hodnotu časové řady v časovém bodě i . Celou množinu hodnot časové řady až do časového bodu i potom značíme $y_1, y_2, \dots, y_{i-1}, y_i$. Budu předpokládat, že hodnoty y_i jsou kladné a nabývají hodnot $i = 1, 2, \dots, n$ a intervaly mezi jednotlivými sousedními okamžiky jsou stejně dlouhé.

Při výpočtu průměru okamžikové řady se započítává průměrná hodnota ukazatele na daném úseku. Je označován symbolem $\bar{y}$ a pokud jsou vzdálenosti mezi jednotlivými časovými úseky shodné, nazývá se *chronologický průměr prostý*. Lze jej vypočítat takto:

$$\bar{y} = \frac{1}{n-1} \left[\frac{y_1}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} y_i + \frac{y_n}{2} \right] \quad (1.2)$$

Průměr intervalové řady, taktéž označovaný $\bar{y}$, je dán vztahem pro aritmetický průměr hodnot dané časové řady v jednotlivých intervalech.

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (1.3)$$

Časové řady můžeme popsat pomocí absolutních a relativních ukazatelů. Absolutní ukazatele pracují s rozdíly hodnot. Patří sem *absolutní přírůstky (první difference)*, které lze vypočítat jako rozdíl dvou po sobě jdoucích hodnot v časové řadě. Značí se ${}_1d_i(y)$ a vyjadřují, o kolik se změnila hodnota ukazatele oproti předcházejícímu období.

$${}_1d_i(y) = y_i - y_{i-1}, \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (1.4.)$$

Pokud jsou absolutní přírůstky řady v podstatě konstantní (kolísají nahodile kolem průměru), řada se mění lineárně a tento jev nazýváme lineární trend. Z jednotlivých absolutních přírůstků lze vypočítat *průměr prvních diferencí*, značený $\overline{{}_1d(y)}$, jenž vyjadřuje průměrnou změnu časové řady za jednotkový časový interval.

$$\overline{{}_1d(y)} = \frac{y_n - y_1}{n - 1} \quad (1.5)$$

Relativní ukazatele pracují s poměry hodnot. Umožňují nám určit dynamiku časové řady, tj. zda vývojový trend zrychluje, zpomaluje či udržuje stálé tempo. K tomu využíváme *koeficientů růstu*, označovaných $k_i(y)$, které vypočítáme jako poměr dvou po sobě jdoucích hodnot časové řady. Je dán tímto vztahem:

$$k_i(y) = \frac{y_i}{y_{i-1}}, \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (1.6)$$

Koeficient růstu bývá také nazýván řetězový, neboť se jeho jmenovatel postupně (řetězově) mění. Vyjadřuje nám, kolikrát se za daný okamžik změnila hodnota časové řady oproti minulému období. Kolísají-li tyto koeficienty kolem konstanty, můžeme říci, že trend dané časové řady je exponenciální. Průměrný koeficient růstu $\overline{k(y)}$ pak vyjadřuje průměrnou změnu koeficientů růstu během jednotkového časového intervalu. Lze jej vypočítat jako geometrický průměr těchto hodnot:

$$\overline{k(y)} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} \quad (1.7)$$

Jelikož průměr prvních diferencí a průměr koeficientů růstu závisí pouze na prvním a posledním členu časové řady, lze tyto charakteristiky s úspěchem použít pouze

u časových řad, jejichž vývoj je nějakým způsobem monotónní. V opačném případě nemají přílišnou vypovídající hodnotu.

Cílem analýzy časových řad je určení trendu procesu a následná konstrukce matematického modelu. Sestrojení odpovídajícího modelu nám umožňuje správně identifikovat mechanismus, jehož působením vzniká daná časová řada, podmínky nezbytné pro její vznik, a pochopit vzájemné vazby, jež se na vzniku časové řady podílejí. Na základě změn těchto jednotlivých podmínek lze simulovat a následně predikovat budoucí vývoj.

2.3. Dekompozice časové řady

Ve své práci budu provádět analýzu pomocí dekompoziční metody. Dekompozice si klade za cíl snáze identifikovat pravidelné chování rozložené časové řady, identifikovat a vysvětlit systematické části řady. Tato metoda vychází z předpokladu, že každá časová řada se dá rozložit na čtyři složky:

- Trendovou (T_i)
- Sezónní (S_i)
- Cyklickou (C_i)
- Náhodnou (ε_i)

Trendová složka zachycuje dlouhodobé změny v chování časové řady - zachycuje tedy dlouhodobý růst či dlouhodobý pokles. Trend (jak se většinou zkráceně trendová složka nazývá) vzniká důsledkem působení sil, které působí stejným směrem. Trend lze většinou popsat matematickou funkcí v celé délce časové řady. Při popisu trendu tedy nejde o to, zda časová řada krátkodobě klesá či roste, ale jde skutečně o zachycení tendence pohybu časové řady. Pokud ukazatel časové řady během celého pozorovaného období kolísá kolem jedné hodnoty, mluvíme o časové řadě bez trendu.

Sezónní složka popisuje periodické změny v časové řadě, které se odehrávají v rámci jednoho kalendářního roku a každý rok se opakují. V podstatě by se dalo říci, že sezónnost je důsledkem střídání ročních období. Nejčastěji pozorujeme sezónnost

u čtvrtletních a měsíčních časových řad, proto jsou tato měření pro zkoumání sezónní složky nejvhodnější. Přestože se tato složka pravidelně v časové řadě opakuje, může v průběhu let měnit svůj charakter.

Cyklická složka popisuje dlouhodobé fluktuace kolem trendu. Zachycuje tedy dlouhodobou fázi poklesu či růstu, která je mnohem větší než jeden rok. U ekonomických řad je cyklická složka často spojována se střídáním hospodářských cyklů. Protože působí dlouhodobě, je velmi obtížné ji vysledovat a popsat. Perioda cyklické složky se může pohybovat v násobcích let a proto pokud máme krátkou časovou řadu, nemusí být cyklická složka vůbec rozeznatelná. Taktéž její příčiny nemusí pocházet přímo z ekonomické oblasti. Navíc se charakter této složky může v čase měnit.

Náhodná složka. Zatímco první tři složky časové řady patří mezi systematické, náhodná složka je složka nesystematická a je tvořena náhodnými výkyvy časové řady. Pod tuto složku můžeme zařadit všechny vlivy, které na časovou řadu působí a které nedokážeme systematicky podchytit a popsat. Zbývá nám v časové řadě po odstranění všech předchozích složek. Pro náhodnou složku se zavádějí následující předpoklady:

1. $E(\varepsilon_i) = 0$ pro každé $i=1,2,\dots,n$

Střední hodnota náhodné složky je nulová. Tato podmínka znamená, že náhodná složka nepůsobí systematickým způsobem na hodnoty časové řady y_i .

2. $E(\varepsilon_i) = \sigma^2$ pro každé $i=1,2,\dots,n$

Rozptyl náhodné složky je konstantní. Tato podmínka vyjadřuje, že variabilita náhodné složky nezávisí na hodnotách systematických složek a je rovna neznámé kladné konstantě .

3. ε_i mají normální rozdělení pro každé $i=1,2,\dots,n$.

Pokud náhodná složka splňuje všechny výše uvedené požadavky, hovoříme o ní jako o *bílém šumu*.

Vlastní dekompozici můžeme provést dvěma způsoby, pomocí aditivního a multiplikativního modelu. V *aditivním modelu* se jednotlivé složky sčítají, jsou uvažovány ve svých skutečných napozorovaných hodnotách a jsou měřeny v jednotkách řady y_i . Používá se v případě, že variabilita hodnot časové řady je v čase přibližně konstantní. Hodnoty časové řady lze vyjádřit ve tvaru :

$$y_i = T_i + C_i + S_i + \varepsilon_i \quad (1.8)$$

V *multiplikativním modelu* se jednotlivé složky mezi sebou násobí. Ve své skutečně napozorované hodnotě je uvažována pouze trendová složka, ostatní složky se většinou uvádějí v relativních hodnotách vůči trendu a jsou tedy bezrozměrné. Tento způsob dekompozice se používá v případě, že variabilita řady roste v čase, nebo se v čase mění. Zápis časové řady se provádí dle tohoto vzorce:

$$y_i = T_i \cdot C_i \cdot S_i \cdot \varepsilon_i \quad (1.9)$$

2.4. Vyhlazení časové řady

Pro zkoumání dlouhodobého vývoje časové řady je nezbytné nejprve odstranit nežádoucí vlivy, jež se v časových řadách objevují a způsobují nezřetelnost vývojové tendence. Chceme-li určit trend, je třeba odstranit periodické a nahodilé kolísání. Vyhlazení časové řady lze provést dvěma způsoby:

- Klasickými matematickými (analytickými) metody, například pomocí *regresní analýzy*
- Adaptivními postupy, které dokážou reagovat na změny v charakteru trendu, mezi něž patří *metoda klouzavých průměrů* a *metoda exponenciálního vyrovnnání*

Metoda regresní analýzy má oproti metodě klouzavých průměrů několik výhod. První z nich je možnost vyrovnnání všech pozorovaných dat řady včetně prvků na počátku i na konci a také to, že vhodně zvolenou trendovou funkci můžeme použít pro následnou predikci budoucího vývoje. Úkolem regresní analýzy je pro zadaná data x_i ,

$i = 1, 2, \dots, n$, zvolit co nejvhodnější funkci a odhadnout její koeficienty tak, aby vyrovnaní hodnot y_i touto funkcí bylo co nejoptimálnější. Při výběru vhodné matematické funkce nejčastěji vycházíme z grafického vyjádření časové řady. V této práci budu dále pracovat s lineárním typem trendu.

Lineární trend – je nejčastěji používaným typem trendové funkce. Absolutní přírůstky zde náhodně kolísají kolem konstanty. Regresní funkci $\eta(x)$ zde vyjadřujeme přímkou, pro kterou platí:

$$\eta(x) = \beta_1 + \beta_2 x \quad (1.10)$$

Parametry β_1 a β_2 nazýváme regresní koeficienty. Odhady těchto koeficientů pro zadané dvojice (x_i, y_i) se značí b_1 a b_2 a pro jejich určení se využívá metody nejmenších čtverců. Jejím aplikováním dostaneme pro odhady regresních koeficientů b_1 a b_2 tyto vzorce:

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} \quad (1.11)$$

$$b_1 = \bar{y} - b_2 \bar{x} \quad (1.12)$$

$\bar{x}$ a $\bar{y}$ jsou výběrové průměry, které lze vyčíslit dle vzorců 1.15 a 1.3:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.13)$$

Označíme-li pak odhad regresní přímky $\hat{\eta}(x)$, její rovnice pak vypadá takto:

$$\hat{\eta}(x) = b_1 + b_2 x \quad (1.14)$$

2.5. Modelace sezónní složky

Při analýze časových řad se často setkáme s existencí sezónních vlivů, které jsou v modelu časové řady vyjádřeny sezónní složkou. Ta představuje různé příčiny, které se pravidelně každý rok opakují a ovlivňují tak hodnoty dané řady. Jejich výsledkem jsou pravidelně střídající se výkyvy hodnot vůči běžnému vývoji řady v průběhu let.

Budeme-li vycházet ze vzorce (1.8) a budeme-li se zabývat pouze složkami ovlivňující řadu v době kratší než jeden rok, můžeme časovou řadu vyjádřit tímto vzorcem:

$$y_i = T_i + S_i + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1.15)$$

Průběh časové řady lze rozdělit do M period, jež jsou součástí N období v každé periodě. Sledovaný časový úsek nese označení t_{ij} kde $i = 1, 2, \dots, N$, $j = 1, 2, \dots, M$. Hodnoty časové proměnné pak určíme vztahem (1.16).

$$t_{ij} = 4(j-1) + i \quad (1.16)$$

Má-li časová řada lineární trend, lze sezónní výkyvy vyjádřit předpisem:

$$\eta_{ij} = \beta_1 + \beta_2 t_{ij} + v_i \quad (1.17)$$

kde η_{ij} představuje vyrovnanou hodnotu v i -tém období j -té periody

t_{ij} je časová proměnná i -tého období j -té periody

v_i značí sezónní výkyv i -té periody a budeme předpokládat jeho omezení dané vztahem:

$$\sum_{i=1}^n v_i = 0 \quad (1.18)$$

Pro odhady regresních koeficientů β_1 , β_2 a v_i značených b_1 , b_2 a v_i využijeme taktéž metodu nejmenších čtverců. Nejprve je nutné zavést pomocnou proměnnou c_i , která se využívá pouze pro zjednodušení výpočtu.

$$v_i = c_i - b_1 \quad (1.19)$$

S využitím vzorce (1.18) lze odhad regresního koeficientu b_1 popsat takto:

$$b_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i \quad (1.20)$$

Odhad koeficientu b_2 a hodnoty pomocné proměnné c_i lze vypočítat z této soustavy rovnic:

$$c_i m + b_2 \sum_{j=1}^m t_{ij} = \sum_{j=1}^m y_{ij} \quad (1.21)$$

$$\sum_{i=1}^n c_i \sum_{j=1}^m t_{ij} + b_2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij}^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_{ij} t_{ij} \quad (1.22)$$

Postup při vyšetření sezónní složky je pak následující:

- nejprve ze soustavy rovnic dané vzorci 1.21 a 1.22 vypočítáme hodnoty c_i a odhad regresního koeficientu b_2
- vyčíslíme odhad regresního koeficientu b_1 dosazením vypočtených hodnot do vzorce 1.20
- určíme sezónní výkyvy dle vzorce 1.19

3. Regulační diagramy

Regulační diagramy se využívají ke grafickému znázornění jakéhokoliv procesu v čase a jeho následné analýze. Je základním grafickým nástrojem, jenž nám umožňuje rozlišit variabilitu procesu vzniklou náhodnými a vymezitelnými příčinami.

Náhodné příčiny vytvářejí celý soubor jednotlivě neidentifikovatelných příčin, z nichž každá má na celkovou variabilitu jen velmi malý vliv. Nicméně součet jejich vlivů je měřitelný a je považován za přirozený rys procesu. Jejich působení na proces je trvalé a tedy relativně předvídatelné. Vyvolávají-li variabilitu procesu pouze tyto příčiny, lze jej označit za proces ve *statisticky zvládnutém stavu*.

Vymezitelné příčiny nejsou běžnou součástí procesu a začnou-li na proces působit, je třeba je co nejrychleji odstranit. Můžeme je rozdělit na příčiny nepředvídatelné, které nemůžeme popsat statistickými zákonitostmi. Tyto příčiny vedou k reálné změně procesu, jsou identifikovatelné a obvykle odstranitelné. A na příčiny předvídatelné, jejichž působení lze popsat fyzikálními zákony. Jsou dány fyzikální podstatou procesu, jsou omezené, ale ne zcela odstranitelné. Působí-li na proces tyto vymezitelné příčiny, projeví se to nepřirozeným kolísáním údajů, pomocí nichž variabilitu hodnotíme. Proces není reprodukovatelný a není považován ani za proces ve statisticky zvládnutém stavu.

3.1. Vymezení základních pojmů

Základním stavebním kamenem statistické regulace je *regulační diagram*. Vodorovná osa tohoto grafu představuje čas, svislá pak sledovanou charakteristiku daného procesu, kterou použijeme jako testovací kritérium stability procesu. Získané hodnoty se pak do tohoto grafu nanášejí jako body regulované veličiny v daných podskupinách.

Rozhodnutí o statistické zvládnutelnosti procesu závisí na třech základních čárách rovnoběžných s časovou osou vymezující její rozsah.

- CL se nazývá *střední přímka* a představuje požadovanou hodnotu sledované charakteristiky. Definovat ji můžeme jako nominální hodnotu (například danou

technickým předpisem), jako hodnotu založenou na minulé zkušenosti ve výrobním procesu nebo jako odhad z hodnot regulované veličiny.

- UCL a LCL se nazývají *horní regulační mez* a *dolní regulační mez* a jsou rozhodující pro zjištění statistické zvládnutelnosti procesu, říká se jim také *akční meze*. Tyto dvě čáry představují pásmo, ve kterém působí pouze náhodné příčiny variability procesu, a využívají se při rozhodování, zda učinit zásah do daného procesu či nikoliv. Šíře tohoto pásma (tedy citlivost diagramu) je obvykle ve velikosti $\pm 3\sigma$.

Interpretace regulačního diagramu je pak následující:

- Leží-li všechny body regulačního diagramu uvnitř akčních mezí, je proces pokládán za statisticky zvládnutý a není třeba žádného zásahu.
- Leží-li některý bod mimo akční meze, je proces pokládán za statisticky nezvládnutý a je třeba identifikovat příčiny této odchylky a eliminovat je.

Pro lepší kontrolu procesu lze zavést ještě další meze nazývané *výstražné meze* značené UWL (*horní výstražná mez*) a LWL (*dolní výstražná mez*), které tvoří pásmu vždy užší než pásmo akčních mezí. Jejich vzdálenosti od střední přímky je $\pm 2\sigma$. Využijeme-li je, je mohou nastat ještě i tyto případy:

- Leží-li některé body uvnitř výstražných mezí, je proces pokládán za statisticky zvládnutý a není třeba žádného zásahu.
- Leží-li některý bod uvnitř pásma vyznačeného mezi UWL a UCL, nebo LWL a LCL, je proces i nadále považován za statisticky zvládnutý. Leží-li však dva a více bodů za sebou v těchto mezích, jde o signál, že na proces s velkou pravděpodobností působí vymejitelná příčina a bude nutné vykonat regulační zásah do procesu.

3.2. Shewartovy regulační diagramy

Tyto regulační diagramy byly speciálně vyvinuty pro sledování jednoho konkrétního znaku. Základním předpokladem pro jejich užití je získání dostatečného počtu výběrů za relativně stálých podmínek realizace procesu. Při testování aktuální hodnoty není

brána v potaz minulá hodnota, řadí se proto do skupiny regulačních diagramů bez paměti. Analýza diagramů pak spočívá v posouzení, zda průběh charakteristik sledovaného znaku nesignalizuje působení vymezitelných příčin variability. Za signály působení variabilních příčin se považuje výskyt bodů ležících mimo regulačních mezí a nenáhodná seskupení bodů.

Dle charakteru regulované veličiny je můžeme rozdělit do dvou skupin:

- *regulační diagramy pro regulaci měřením*

Tento typ diagramů se používá pro sledování veličiny, jejíž znaky či technické parametry jsou měřitelné. Aby samotná aplikace diagramů byla správná, je nutné ověřit tyto předpoklady:

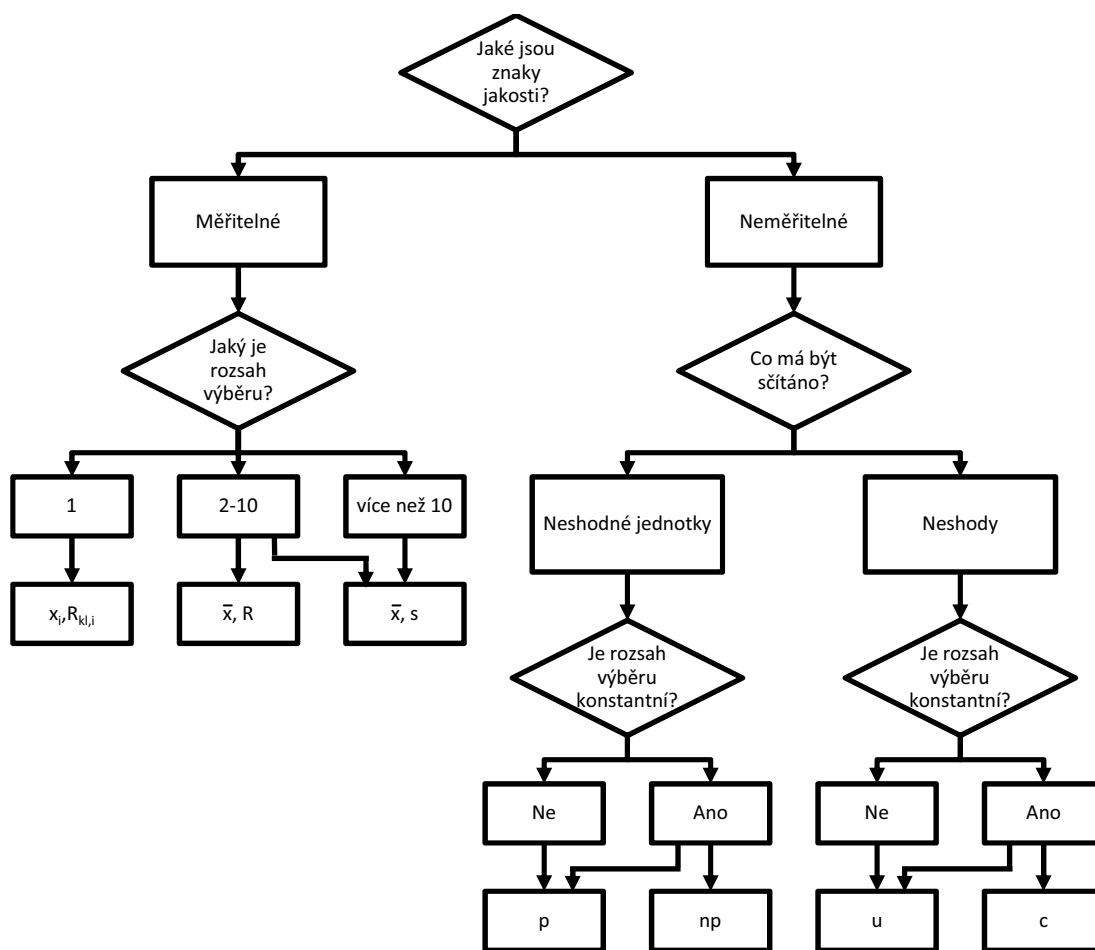
1. regulovaná veličina musí mít normální rozdělení
2. střední hodnota procesu musí být konstantní
3. směrodatná odchylka procesu musí být konstantní
4. naměřené hodnoty jsou na sobě nezávislé

Cílem statistické regulace je v tomto případě udržení procesu ve stavu, kdy je střední hodnota i směrodatná odchylka stabilní, tedy aby byly v souladu s požadovanými hodnotami. Pro tyto účely se používají regulační diagramy $(x_i, R_{kl,i})$, $(\bar{x}, R)$ a $(\bar{x}, s)$.

- *regulační diagramy pro regulaci srovnáváním*

Při sledování počtu neshodných produktů či neshod na těchto produktech, tedy kdy pracujeme s diskrétní náhodnou proměnnou, se používají regulační diagramy pro regulaci srovnáváním. Jejich výběr závisí na tom, zda pracujeme s počty neshod – regulační diagramy u a c , či počtem neshodných jednotek ve výběru – regulační diagramy p a np .

System výběru správného regulačního diagramu je zobrazen na obrázku č.1.



Obr. 1 - Rozhodovací strom pro výběr Shewartova regulačního diagramu

3.3. Regulační diagramy ($x_i, R_{kl,i}$)

V této diplomové práci budeme používat právě tuto dvojici regulačních diagramů. V každé logické podskupině je provedeno právě jedno měření regulované veličiny, neboť se používají v případech, kdy ekonomické či technologické podmínky neumožňují realizovat výběry rozsahu většího než $n = 1$.

Regulační diagram pro individuální hodnoty x_i je velice citlivý na odchylky rozdělení regulované veličiny a proto se doporučuje provádět test normality jeho rozdělení. Protože se v těchto diagramech zjišťuje jen jedna hodnota x_i , využívá se tzv. *klouzavého rozpětí*, což je hodnota měřeného znaku v i -té podskupině.

Regulační diagram pro klouzavé rozpětí R_{kl}

V tomto regulačním diagramu jsou zachyceny hodnoty klouzavého rozpětí $R_{kl,i}$, které vypočteme dle vztahu:

$$R_{kl,i} = |x_i - x_{i-1}|, \quad i = 2, 3, \dots, k. \quad (2.1)$$

Střední přímka a akční meze se stanoví následovně:

$$CL = \bar{R}_{kl} = \frac{1}{k-1} \sum_{i=2}^k R_{kl,i} \quad (2.2)$$

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R}_{kl} = 3,267 \cdot \bar{R}_{kl} \quad (2.3)$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R}_{kl} = 0 \quad (2.4)$$

kde součinitele D_4 a D_3 lze nalézt v Tabulce součinitelů pro $n = 2$ v příloze.

Regulační diagram pro individuální hodnoty x_i

Do tohoto regulačního diagramu se naměřené hodnoty zaznamenávají přímo, proto střední přímka je dána vzorcem:

$$CL = \bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_i \quad (2.5)$$

Pro určení akčních mezí potřebujeme nejprve stanovit odhad směrodatné odchylky ze vztahu

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}_{kl}}{d_2} \quad (2.6)$$

kde $d_2 = 1,128$ je Hartleyova konstanta, kterou lze nalézt v Tabulce součinitelů příloze.

Hodnoty akčních mezí pak lze vypočítat takto:

$$UCL = CL + u_{0,99865} \cdot \hat{\sigma} = \bar{x} + 2,66 \cdot \bar{R}_{kl} \quad (2.7)$$

$$LCL = CL - u_{0,99865} \cdot \hat{\sigma} = \bar{x} - 2,66 \cdot \bar{R}_{kl} \quad (2.8)$$

kde $u_{0,99865} = 3$ je kvantil normovaného normálního rozdělení a jeho hodnotu lze nalézt v příloze.

3.4. Testy nenáhodných seskupení

Testy nenáhodných seskupení umožňují jiným způsobem detekovat poruchy a změny v procesu, které se neprojevují překročením regulačních mezí. Norma ČSN ISO 8258 popisuje 8 základních typů, v každém zde uvedeném případě je nutné hledat přiřaditelné příčiny, případně i nějakým způsobem zasáhnout do procesu.

Pravidlo 1. *Jedna hodnota je mimo regulační meze*

Jedná se o lokální poruchu procesu, chybné měření, výpadek. Mohou být i chybně stanovené regulační meze, malá variabilita uvnitř podskupiny při konstrukci diagramu. Opakuje-li se na téže straně, může jít o posunutí střední hodnoty nebo o asymetrické rozdělení dat. Opakuje-li se na obou stranách, může jít o zvýšení nestability nebo rozptylu dat.

Pravidlo 2. *9 hodnot je na téže straně od centrální linie*

Pravděpodobné posunutí střední hodnoty, snížení variability mezi podskupinami, asymetrie dat, příliš široké nebo neodpovídající regulační meze.

Pravidlo 3. *6 hodnot monotónně roste či klesá*

Autokorelovaný proces, závislá měření. Lineární trend, způsobený opotřebením nebo výpadkem. Příliš široké regulační meze.

Pravidlo 4. *14 alternujících hodnot (pravidelně kolísají nahoru a dolů)*

Preregulovaný nebo nestabilní proces. Autokorelovaná měření. Může také jít o vymyšlená čísla.

Pravidlo 5. *2 ze 3 hodnot je mimo interval $\pm 2s$.*

Varování před možným překročením regulačních mezí.

Pravidlo 6. *4 z 5 hodnot mimo interval $\pm s$ na téže straně centrální linie.*

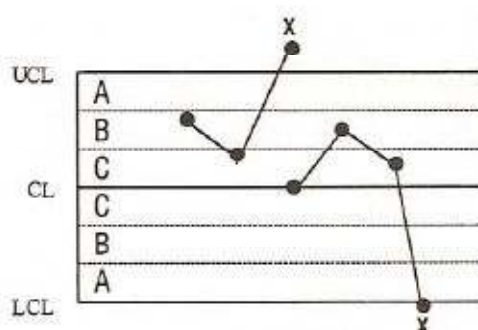
Pravděpodobné posunutí střední hodnoty. Varování před možným překročením regulačních mezí.

Pravidlo 7. *15 hodnot je uvnitř intervalu $\pm s$*

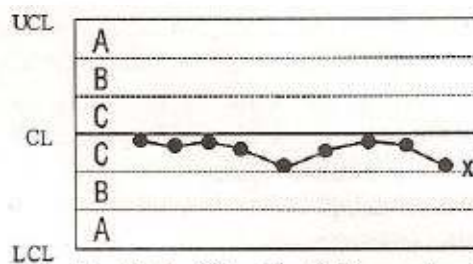
Snížení variability mezi podskupinami. Při opakování uvažovat o nových regulačních mezích. Nesprávná volba regulačních mezí. Podvádění operátorem, vymyšlená čísla.

Pravidlo 8. *8 hodnot je mimo interval $\pm s$ na obou stranách centrální linie*

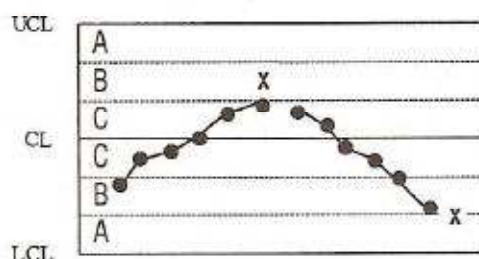
Zvýšení variability mezi podskupinami. Varování před překročením regulačních mezí. Porucha procesu.



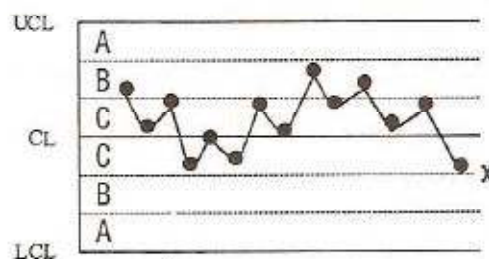
Test 1: Jeden bod leží za zónou A



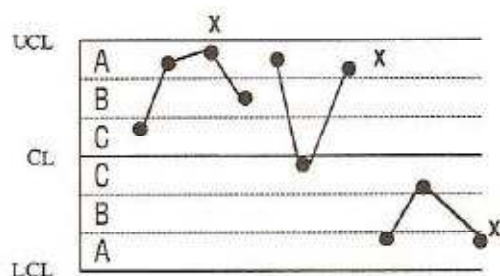
Test 2: Devět bodů v řadě za sebou leží v zóně C nebo za ní



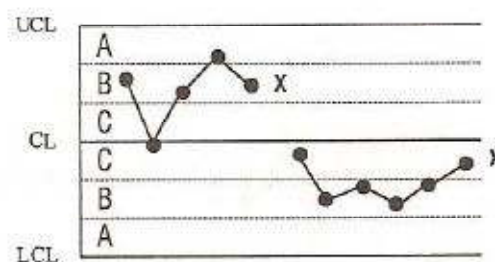
Test 3: Šest bodů v řadě za sebou je plynule stoupajících nebo klesajících



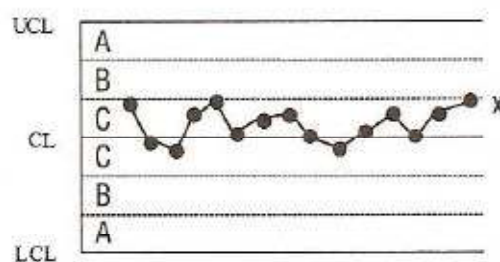
Test 4: Čtrnáct bodů v řadě za sebou pravidelně kolísá nahoru a dolů



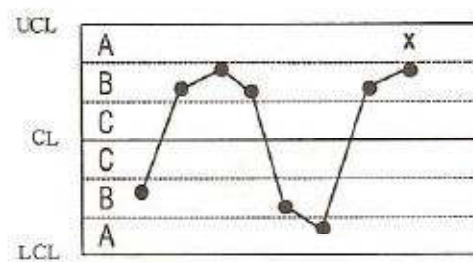
Test 5: Dva ze tří bodů v řadě za sebou leží v zóně A nebo mimo ni



Test 6: Čtyři z pěti bodů za sebou leží v zóně B nebo za ní



Test 7: Patnáct bodů v řadě za sebou leží v zóně C (nad a pod centrální přímkou)



Test 8: Osm bodů v řadě za sebou leží na obou stranách od centrální přímkou, avšak žádný bod neleží v zóně C

Obr.2 – Testy nenáhodných seskupení dle normy ČSN ISO 8258

3.5. Kolmogorov-Smirnovův test

Kolmogorov-Smirnovův test se používá k testování hypotézy o tvaru rozdělení náhodné veličiny pro její jednotlivé naměřené veličiny. Jeho výhodou je, že jej lze použít i pro relativně malý datový výběr.

Pro popis daného rozdělení se využívá distribuční funkce normálního rozdělení $F(x)$. Tato distribuční funkce se nazývá teoretická a slouží k testu nulové hypotézy. Nulová hypotéza vychází z předpokladu, že rozdíly mezi empirickou a teoretickou distribuční funkcí jsou statisticky nevýznamné. Alternativní hypotéza H_1 přepokládá opak.

hypotéza H_0 : rozdělení veličiny je dáno distribuční funkcí $F(x)$

hypotéza H_1 : rozdělení veličiny je dáno jinou distribuční funkcí než $F(x)$

Při testu pak postupujeme tak, že určíme tzv. empirickou distribuční funkci, jež nám slouží jako odhad distribuční funkce sledované veličiny. Pracujeme s hodnotami statistického souboru, máme je však uspořádané dle velikosti od nejmenšího po největší. Empirickou distribuční funkci pak můžeme definovat jako:

$$F_n(x) = \begin{cases} 0 & \text{pro } x < x_{(1)} \\ \frac{i}{n} & \text{pro } x_{(i)} \leq x < x_{(i+1)} \quad i = 1, \dots, n-1 \\ 1 & \text{pro } x \geq x_{(n)} \end{cases} \quad (3.1)$$

V dalším kroku porovnáme hodnoty obou distribučních funkcí a je-li maximální rozdíl těchto dvou funkcí příliš velký, nulovou hypotézu zamítáme. Přesněji řečeno zamítáme hypotézu H_0 , pokud

$$\sup_x |F_e(x) - F(x)| > D_\alpha(n) \quad (3.2)$$

kde $D_\alpha(n)$ je kritická hodnota testované statistiky. Kritické hodnoty pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ lze nalézt v příloze.

4. Aplikace v praxi

Použití statistických metod má rozhodně svůj význam nejen v oblasti řízení jakosti, ale ve všech, kde je nutné či žádoucí procesy analyzovat, zjišťovat jejich správnost, zjišťovat důvody proč a jak k výsledným hodnotám došlo a v neposlední řadě také predikovat jejich budoucí vývoj. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla aplikovat statistické metody na vývoj tržeb podniku.

4.1. Popis podniku

Základní údaje o podniku

IČO	00543136
Obchodní firma	Vysokoškolský klub Terč o.s.
Sídlo	Kolejní 2905/2, 61200 Brno - Královo Pole
Právní forma podnikání	701 - Sdružení
Typ subjektu	právnícká osoba tuzemská
Zahájení činnosti	3.2.1997

Živnosti

Hostinská činnost

druh živnosti: Ohlašovací řemeslná

vznik oprávnění: 3.2.1997

zahájení činnosti: 3.2.1997

Výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona

obory činnosti: Mimoškolní výchova a vzdělávání, pořádání kurzů, školení, včetně lektorské činnosti.

Provozování kulturních, kulturně-vzdělávacích a zábavních zařízení, pořádání kulturních produkcí, zábav, výstav, veletrhů, přehlídek, prodejních a obdobných akcí.

Provozování tělovýchovných a sportovních zařízení a organizování sportovní činnosti.

druh živnosti: Ohlašovací volná

vznik oprávnění: 31.3.1999

zahájení činnosti: 31.3.1999

Hlavní činnosti klubu

- sdružování studentů všelijakých zájmů
- provozování baru
- organizování her pro studenty
- pořádání koncertů, plesů, exkurzí a zájezdů...
- poskytování klubových prostor (školení táborových instruktorů, ...)
- sponzorování (táboru zdravotně postižených dětí, soutěží, plesů)

Organizační struktura

Klub během minulých let prošel mnoha reorganizacemi, v současné době má 23 aktivních členů, z jejichž řad jsou začátkem každého zimního semestru na členské schůzi voleni tyto funkcionáři:

- předseda
- hospodář
- dva správci baru
- organizátor kulturních akcí

Funkce jsou libovolně slučitelné, pouze v případě, že dojde ke sloučení funkce hospodáře a předsedy, je volen ještě statutární zástupce, jehož funkcí je pouze zastupování předsedy v jeho nepřítomnosti. Nejvyšším orgánem klubu je členská schůze.

4.2. Analýza týdenních tržeb

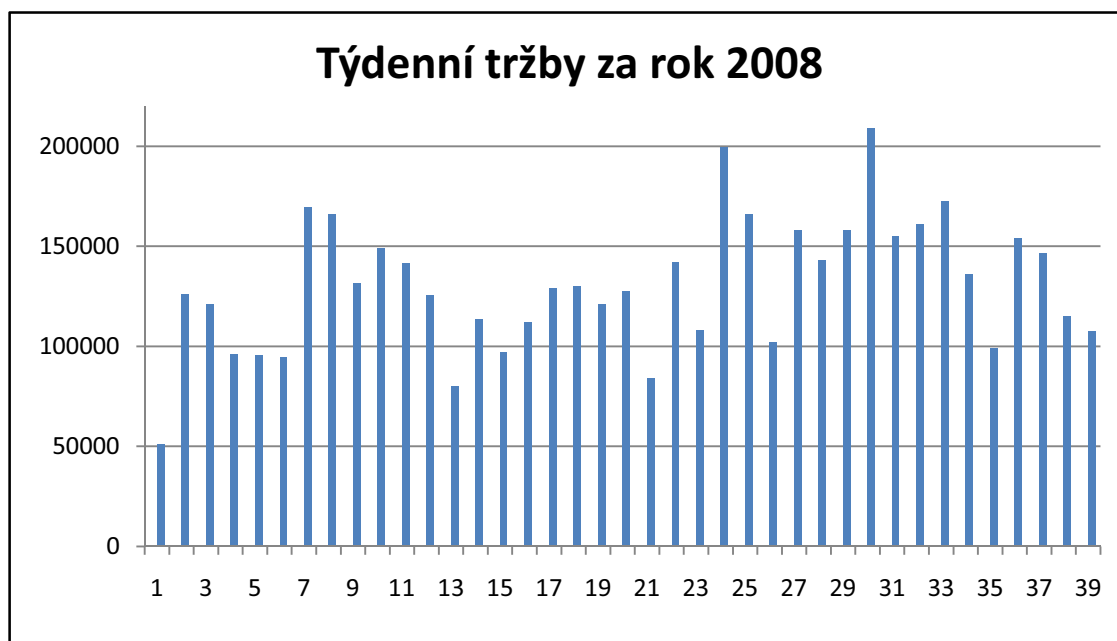
Z hlediska sledování vývoje tržeb v jednotlivých dílčích obdobích roku je vhodné pokusit se analyzovat tržby v krátkých časových úsecích. Za právě takový časový úsek jsem zvolila jeden kalendářní týden.

Pro sledování stejnoměrnosti daných hodnot je vhodné využít regulační diagramy. Nevhodnějším typem pro daný soubor hodnot je regulační diagram klouzavého rozpětí.

Analýzu jsem provedla na týdenních tržbách z roku 2008, obsahující hodnoty tržeb v týdnech 1. – 26. a 39. – 51. Kalendářní týdny v letních měsících 27. až 38. nebudu uvažovat, neboť podnik je přes tuto dobu uzavřen a jejich hodnoty by mohly zkreslit výsledná data.

Týden	Tržba	Týden	Tržba	Týden	Tržba
1	51 313	14	113 961	39	158 305
2	126 242	15	97 282	40	143 359
3	121 145	16	112 237	41	158 164
4	96 221	17	129 121	42	209 256
5	95 852	18	130 121	43	155 209
6	94 616	19	121 298	44	161 178
7	169 553	20	127 439	45	172 750
8	166 011	21	84 224	46	136 151
9	131 570	22	141 946	47	99 287
10	148 923	23	108 327	48	154 248
11	141 516	24	199 856	49	146 880
12	125 478	25	166 065	50	115 255
13	79 940	26	102 364	51	107 609

Tab.1 – Týdenní hodnoty tržeb v roce 2008



Graf 1 – Týdenní hodnoty tržeb v roce 2008

4.2.1. Subjektivní posouzení

Podíváme-li se na předchozí graf, můžeme z něj vyčíst několik informací. První z nich je, že data vykazují mírně rostoucí trend. Pokud tento fakt ověříme, bude nutné jej před samotnou analýzou dat odstranit. Další věc, které si můžeme všimnout, je několik významných výkyvů tržeb v průběhu roku. Jedná se především o 1., 24. a 30. hodnotu. Tyto hodnoty bude jistě zajímavé prozkoumat a zjistit, zda se nejedná o anomálie v daném procesu a jejich příčiny.

4.2.2. Určení základních charakteristik

Prvním krokem analýzy dat je určení jeho základních charakteristik, neboť právě ony nám dávají prvotní představu o jejím průběhu.

Výběrový průměr

Výběrový průměr vyjadřuje, kolem které hodnoty daného souboru dat oscilují. Pro jeho výpočet použijeme vzorec (1.3):

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = 130776 \text{ Kč}$$

Znamená to tedy, že hodnoty týdenních tržeb oscilují kolem hodnoty 130 776,- Kč.

Výběrová směrodatná odchylka

Výběrová směrodatná odchylka charakterizuje rozptýlení hodnot kolem střední hodnoty. Lze ji vypočítat pomocí tohoto vztahu:

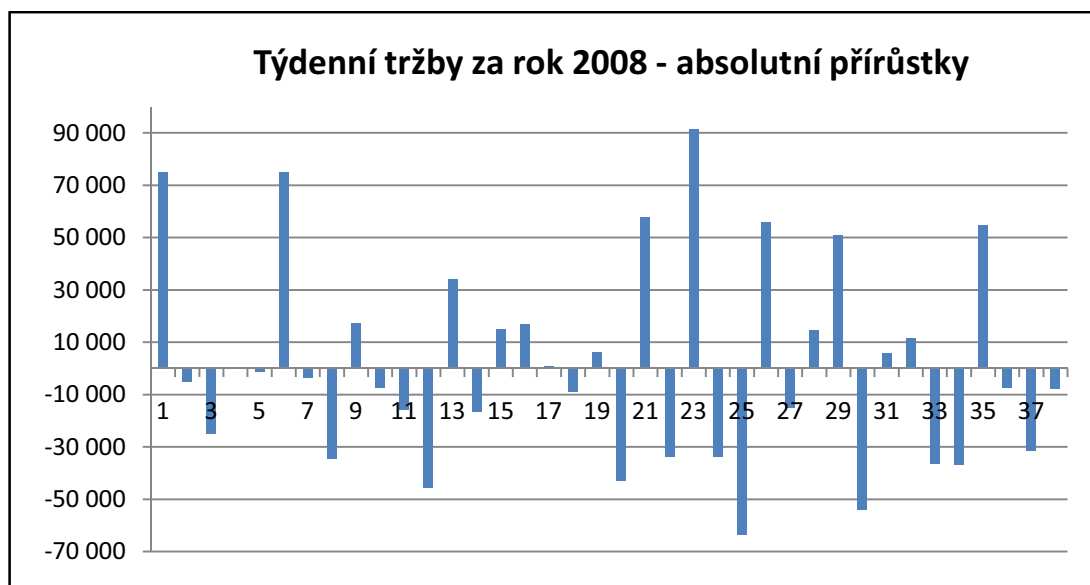
$$s = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)} = 32903 \text{ Kč}$$

Hodnota výběrové směrodatné odchylky je 32 903,- Kč.

Absolutní přírůstky

Výše absolutních přírůstků nám udává, o kolik se průměrně změnila hodnota dané časové řady za jednotkový časový interval. Výpočet hodnot absolutních přírůstků lze provést pomocí vzorce (1.4).

$${}_1d_i(y) = y_i - y_{i-1}, \quad i = 2, 3, \dots, n$$



Graf 2 – Graf absolutních přírůstků týdenních tržeb

Ze sestaveného grafu je zřejmé, že absolutní přírůstky náhodně kolísají kolem konstanty. Lze tedy předpokládat, že časová řada má lineární trend, který můžeme v dalších krocích analýzy popsat.

i	y	d_1
1	51 313	-----
2	126 242	74 929
3	121 145	-5 097
4	96 221	-24 924
5	95 852	-369
6	94 616	-1 237
7	169 553	74 938
8	166 011	-3 543
9	131 570	-34 441
10	148 923	17 353
11	141 516	-7 407
12	125 478	-16 038
13	79 940	-45 538
14	113 961	34 022
15	97 282	-16 679
16	112 237	14 956
17	129 121	16 883
18	130 121	1 000
19	121 298	-8 823
20	127 439	6 141
21	84 224	-43 215
22	141 946	57 722
23	108 327	-33 619
24	199 856	91 529
25	166 065	-33 791
26	102 364	-63 701
27	158 305	55 941
28	143 359	-14 945
29	158 164	14 804
30	209 256	51 092
31	155 209	-54 047
32	161 178	5 969
33	172 750	11 572
34	136 151	-36 599
35	99 287	-36 864
36	154 248	54 960
37	146 880	-7 367
38	115 255	-31 625
39	107 609	-7 646

Tab. 2 – Tabulka hodnot absolutních přírůstků týdenních tržeb

4.2.3. Test statistické významnosti regresního koeficientu b_2

Předpoklady pro použití regulačních diagramů jsou takové, že sledovaná data musí být navzájem nezávislá, nesmí tedy vykazovat ani rostoucí ani klesající trend. Pokud by tomu tak bylo, výsledek analýzy by byl pro reálné využití nepoužitelný.

Je-li zaznamenán trend u dat získaných z nějakého výrobního procesu, jedná se vždy o jev nežádoucí, neboť by to znamenalo vytváření stále větších odchylek a v konečném důsledku i zmetků ve výrobě. Je-li však zaznamenán trend u dat získaných z ekonomické činnosti, lze jej považovat jak za jev žádoucí tak nežádoucí. Například rostoucí trend je žádoucí u tržeb, nežádoucí však u nákladů.

Předpoklad

Data, která zde budu analyzovat, představují týdenní tržby za rok 2008. Předpokládejme, že jsou závislá pouze na počtu zákazníků, kteří ten daný týden přijdou do podniku, a nejsou závislá na čase, tedy že data nevykazují žádný trend. Naopak ze subjektivního posouzení grafu tržeb se zdá, že data mají rostoucí trend. Tento jev tedy budeme nyní testovat.

Testování

K provedení samotného testu je třeba nejprve vyrovnat zadané hodnoty regresní přímkou a spočítat odhady regresních koeficientů. Pro vyrovnání hodnoty využijeme vzorce (1.11) a (1.12):

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} = 1034,04$$
$$b_1 = \bar{y} - b_2 \bar{x} = 110095$$

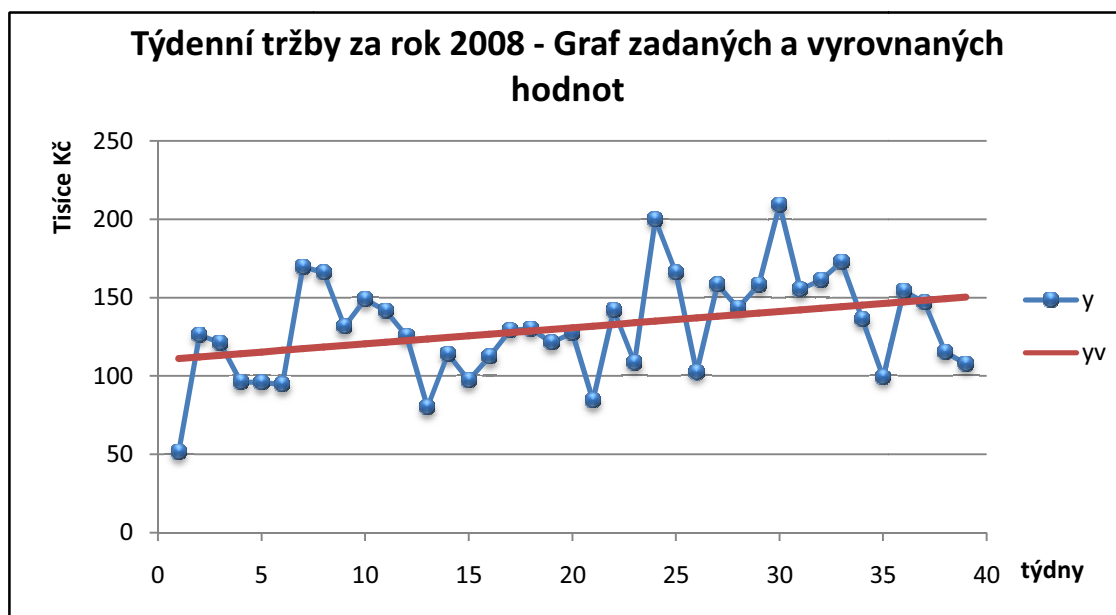
Předpis rovnice pro odhad regresní přímky pak vypadá takto:

$$\hat{\eta}(x) = 110095 + 1034,04 * x$$

Vyrovnané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3 ve sloupci označeném y_v a znázorněny v grafu 3.

i	y	y_v	e_i
1	51 313	111 129	-59 816
2	126 242	112 163	14 079
3	121 145	113 197	7 948
4	96 221	114 232	-18 010
5	95 852	115 266	-19 413
6	94 616	116 300	-21 684
7	169 553	117 334	52 220
8	166 011	118 368	47 643
9	131 570	119 402	12 168
10	148 923	120 436	28 487
11	141 516	121 470	20 046
12	125 478	122 504	2 974
13	79 940	123 538	-43 598
14	113 961	124 572	-10 611
15	97 282	125 606	-28 324
16	112 237	126 640	-14 403
17	129 121	127 674	1 447
18	130 121	128 708	1 413
19	121 298	129 742	-8 444
20	127 439	130 776	-3 337
21	84 224	131 810	-47 586
22	141 946	132 844	9 102
23	108 327	133 878	-25 552
24	199 856	134 912	64 943
25	166 065	135 946	30 118
26	102 364	136 980	-34 617
27	158 305	138 014	20 290
28	143 359	139 048	4 311
29	158 164	140 083	18 081
30	209 256	141 117	68 139
31	155 209	142 151	13 058
32	161 178	143 185	17 993
33	172 750	144 219	28 531
34	136 151	145 253	-9 102
35	99 287	146 287	-47 000
36	154 248	147 321	6 927
37	146 880	148 355	-1 475
38	115 255	149 389	-34 134
39	107 609	150 423	-42 814

Tab. 3 – Tabulka vyrovnaných hodnot a reziduí týdenních tržeb



Graf 3 – Graf zadaných hodnot a hodnot vyrovnaných regresní přímkou

Zvolíme hypotézy:

$H_0: b_2 = 0$ Koeficient b_2 regresní přímky je roven nule, tedy data nemají žádný trend.

$H_1: b_2 \neq 0$ Koeficient b_2 regresní přímky je různý od nuly, tedy data vykazují trend.

Hodnota testového kritéria je 2,335.

Určíme obor kritických hodnot pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$

$$W_{0,05} = \langle -2,026; 2,026 \rangle$$

Závěr

Hodnota testového kritéria je 2,335 a nepatří ho oboru kritických hodnot $\langle -2,026; 2,026 \rangle$ a tedy hypotézu H_0 zamítáme.

Zamítli jsme hypotézu H_0 , že je koeficient b_2 roven nule, tedy data že nemají žádný trend. Přijímáme hypotézu H_1 , a tedy potvrzujeme náš původní předpoklad, že data vykazují lineární trend. Pro další vyhodnocování je třeba tento trend z dat odstranit.

4.2.4. Výpočet reziduí

Rezidua představují odchylky sledovaných hodnot od hodnot vyrovnaných regresní přímkou. Jelikož jsme v předchozí kapitole zjistili, že sledovaná data vykazují rostoucí trend a my, abychom je mohli dále analyzovat pomocí regulačních diagramů, potřebujeme tento trend eliminovat, využijeme právě tyto rezidua pro odstranění trendu.

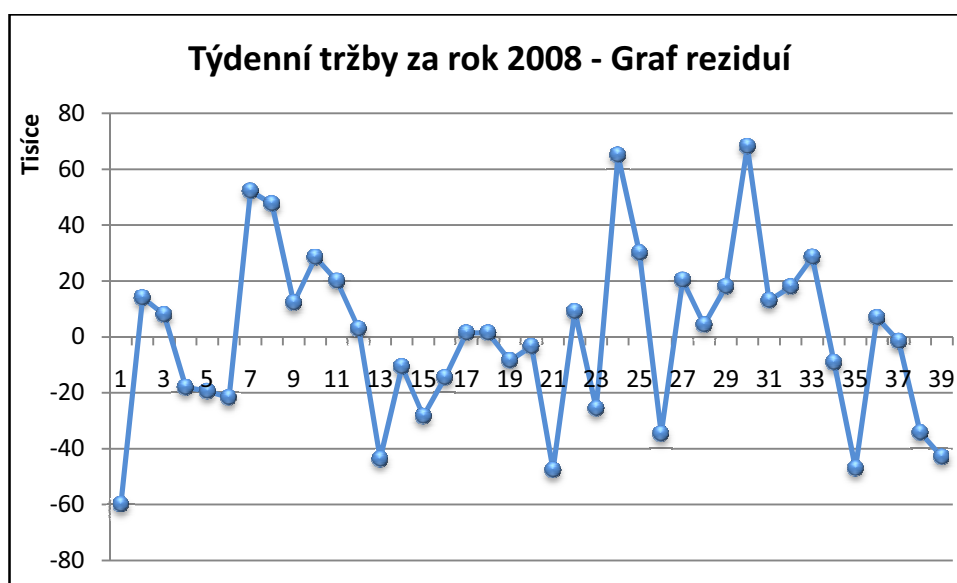
$$e_i = y_i - yv_i \quad (4.1)$$

e_i reziduum

y_i původní hodnota

yv_i vyrovnaná hodnota

Vypočtené hodnoty reziduí jsou uvedeny v tabulce 3 ve sloupci označeném e_i a znázorněny v grafu 4.



Graf 4 – Graf reziduí týdenních tržeb

Subjektivní posouzení grafu

Rezidua náhodně kolísají kolem nuly a jejich rozptyl je konstantní. Předpokládáme tedy, že kolísání hodnot závisle proměnné kolem regresní přímky je dáno normálním rozdělením s nulovou střední hodnotou.

4.2.5. Test normálního rozdělení dat

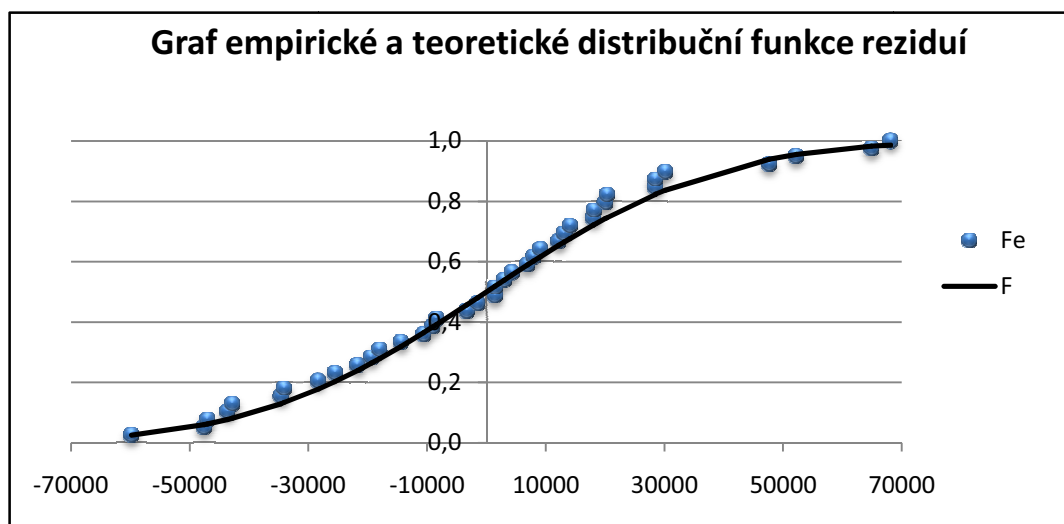
Jako u každého jiného datového souboru je nezbytné před dalším pokračováním analýzy provést test normality rozdělení dat, neboť v případě, že by data neměla normální rozdělení, nelze je použít k sestrojení regulačního diagramu. Došlo by k nedodržení jednoho ze základních předpokladů a výsledná analýza by neměla žádnou vypovídající hodnotu.

Předpoklad

Formulujeme hypotézu, že rezidua mají normální rozdělení

Testování

Pro ověřování normality reziduí jsem využila test Kolmogorova-Smirnova. Je založený na porovnání teoretické a empirické distribuční funkce. Rozdíl mezi nimi je porovnáván s kritickými hodnotami a dle výsledku hypotéza o normalitě dat přijata či zamítnuta.



Graf 5 – Grafický průběh teoretické a empirické funkce testu Kolmogorova-Smirnova reziduí týdenních tržeb

Vypočtené hodnoty teoretické a empirické funkce jsou uvedeny v tabulce 4 a znázorněny v grafu 5.

Rezidua t	Četnosti f	Empir. distr. funkce Fe	Teoretická distr. funkce F	Hodnoty d
-59 816	1	0,026	0,026	0,026
-47 586	1	0,051	0,061	0,035
-47 000	1	0,077	0,063	0,014
-43 598	1	0,103	0,078	0,025
-42 814	1	0,128	0,082	0,047
-34 617	1	0,154	0,130	0,024
-34 134	1	0,179	0,133	0,046
-28 324	1	0,205	0,178	0,027
-25 552	1	0,231	0,203	0,028
-21 684	1	0,256	0,240	0,016
-19 413	1	0,282	0,264	0,018
-18 010	1	0,308	0,279	0,029
-14 403	1	0,333	0,320	0,014
-10 611	1	0,359	0,365	0,032
-9 102	1	0,385	0,384	0,025
-8 444	1	0,410	0,392	0,019
-3 337	1	0,436	0,457	0,046
-1 475	1	0,462	0,481	0,045
1 413	1	0,487	0,518	0,057
1 447	1	0,513	0,519	0,032
2 974	1	0,538	0,539	0,026
4 311	1	0,564	0,556	0,017
6 927	1	0,590	0,589	0,025
7 948	1	0,615	0,602	0,013
9 102	1	0,641	0,616	0,025
12 168	1	0,667	0,654	0,013
13 058	1	0,692	0,665	0,028
14 079	1	0,718	0,677	0,041
17 993	1	0,744	0,721	0,023
18 081	1	0,769	0,722	0,047
20 046	1	0,795	0,743	0,052
20 290	1	0,821	0,746	0,075
28 487	1	0,846	0,823	0,023
28 531	1	0,872	0,823	0,048
30 118	1	0,897	0,837	0,061
47 643	1	0,923	0,940	0,042
52 220	1	0,949	0,955	0,032
64 943	1	0,974	0,983	0,034
68 139	1	1,000	0,987	0,013

Tab. 4 – Tabulka hodnot pro test Kolmogorova-Smirnova reziduí týdenních tržeb

Maximální odchylka teoretické a empirické funkce	0,057
Kritická hodnota	0,218

Závěr

Výchozí hypotéza zněla, že soubor dat má normální rozdělení. Z grafu lze vypožorovat, že empirická a teoretická funkce se od sebe vzájemně příliš neliší. Maximální hodnota odchylky mezi distribučními funkcemi je 0,057, což nepřekračuje kritickou hodnotu. Data tedy můžeme považovat za data s normálním rozdělením a můžeme je použít pro sestavení regulačních diagramů.

4.2.6. Analýza reziduí pomocí regulačních diagramů

Analýza dat pomocí regulačních diagramů spočívá ve vypočtení kontrolních mezí, zanesení napozorovaných hodnot do grafu společně s těmito mezemi a následná interpretace diagramů.

Sestavení regulačního diagramu pro individuální hodnoty x_i

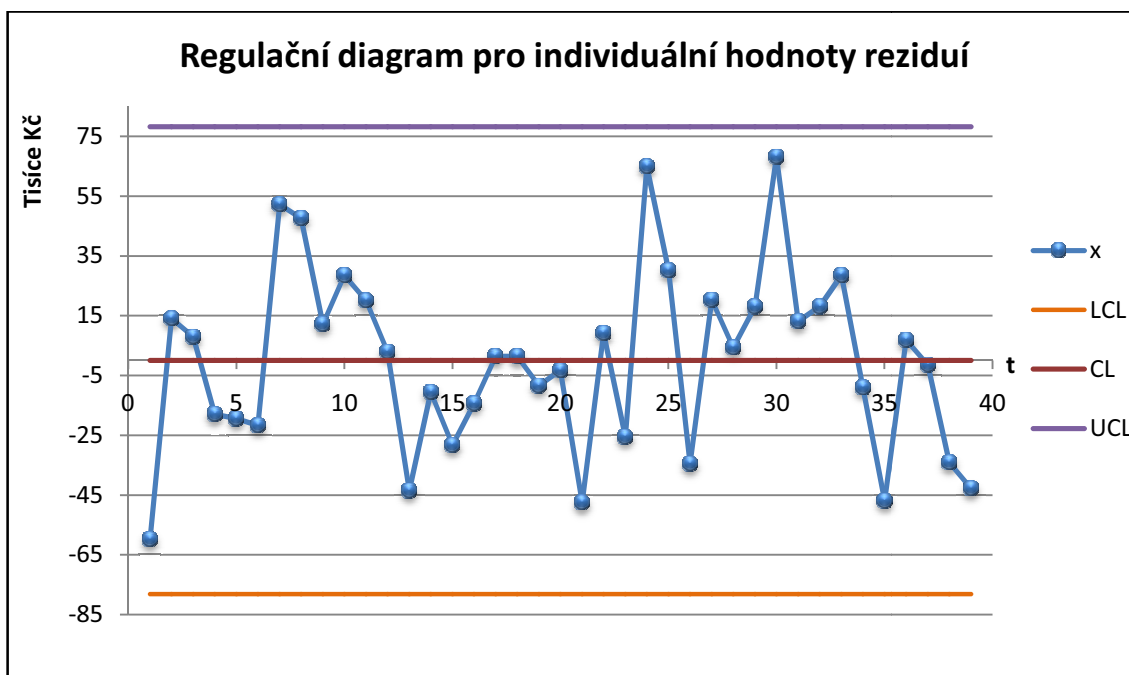
Pro sestavení daného diagramu je potřeba nejprve vypočítat hodnoty kontrolních mezí a střední přímký. K jejich výpočtu použijeme vzorce (2.5), (2.7) a (2.8).

$$CL = \bar{x} = 0 \text{ Kč}$$

$$UCL = 78\,232 \text{ Kč}$$

$$LCL = -78\,232 \text{ Kč}$$

Zanesením jednotlivých hodnot reziduí a kontrolních mezí do grafu získáme regulační diagram.



Graf 6 – Regulační diagram individuálních hodnot reziduí týdenních tržeb

Zhodnocení diagramu individuálních hodnot

Z diagramu pro individuální hodnoty je patrné, že ani jedna hodnota nevybočuje z mezí určených kontrolními mezemi. Zajímavými se však jeví hodnoty 1., 7., 24. a 30.

Příčinu neúměrně nízké tržby lze v prvním týdnu vysvětlit tím, že studenti bydlící na kolejích nedorazili ihned po Vánočních svátcích. Proto byla tržba v prvním týdnu nízká, zato v druhém týdnu se s příjezdem studentů zvýšilo množství zákazníků, kteří podnik navštívili.

Výkyv v sedmém týdnu byl způsoben přesně opačným jevem, než v předchozím případě. V sedmém týdnu totiž končí zkouškové období na většině fakult a studenti (zákazníci) utrácejí v podniku více a mnohdy i vícekrát v týdnu své peníze.

Výkyv ve 24. týdnu lze opět vztáhnout na podmínky dané Vysokou školou, neboť v tomto týdnu probíhaly státní závěrečné zkoušky a důvod nárůstu tržeb je obdobný jako v předchozím případě.

30. hodnota představuje tržbu v 42. týdnu. Během 42. týdne byl proces ovlivněn plánovanou akcí, která přilákala velký počet zákazníků a způsobila následný výkyv v hodnotách. Konkrétně šlo o snížení ceny jednoho druhu alkoholu a to vyvolalo abnormálně vysokou poptávku po něm. A i přes nižší prodejní cenu byla tržba podniku mnohonásobně vyšší, než obvykle.

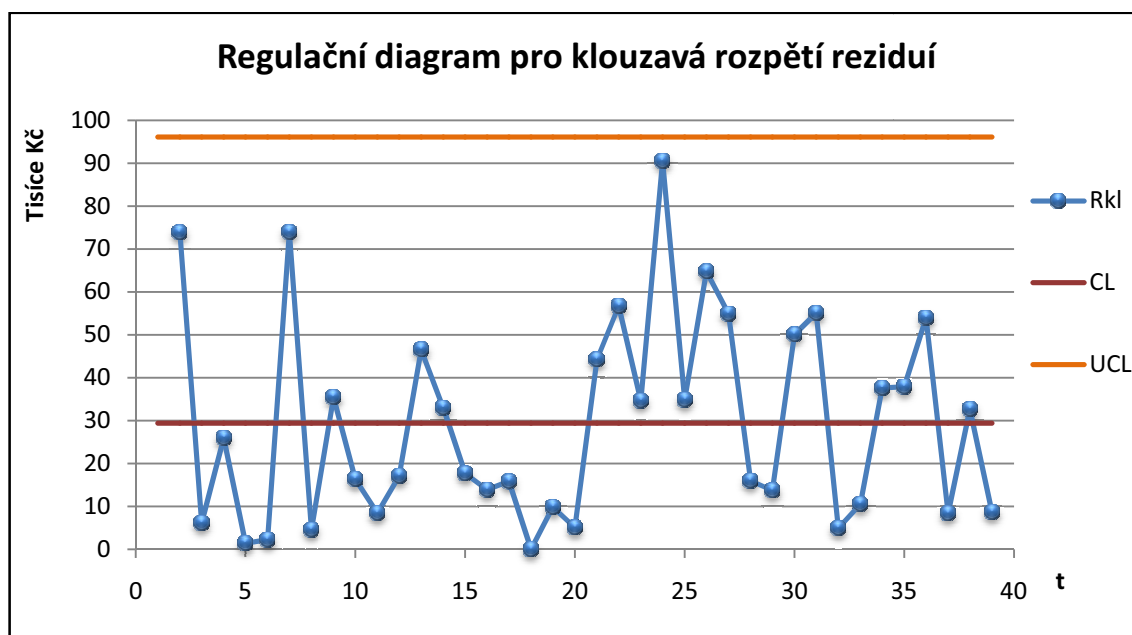
Sestavení regulačního diagramu pro klouzavá rozpětí

Pro sestavení daného diagramu je potřeba nejprve vypočítat hodnoty kontrolních mezí a střední přímkou. K jejich výpočtu použijeme vzorce (2.2), (2.3) a (2.4).

$$CL = \bar{R}_{kl} = 29\,410\text{ Kč}$$

$$UCL = 96\,084\text{ Kč}$$

$$LCL = 0\text{ Kč}$$



Graf 7 – Regulační diagram klouzavého rozpětí reziduí týdenních tržeb

Zhodnocení diagramu klouzavého rozpětí reziduí

Po prozkoumání dat zanesených do grafu pro klouzavé rozpětí můžeme zkonstatovat, že tento proces je z hlediska variability výběrů ve statisticky zvládnutém

stavu, neboť všechny hodnoty leží uvnitř kontrolních mezí. Pokud bychom chtěli tento diagram rozebírat dále, ze statistického hlediska se jeví zajímavá hodnoty v bodech 2, 7 a 24. V těchto týdnech došlo k velmi razantnímu nárůstu tržeb oproti okolním hodnotám. Vysvětlení těchto příčin je stejné jako v případě regulačního diagramu pro individuální hodnoty.

Závěr

Všechny hodnoty obou diagramů leží uvnitř kontrolních mezí. Lze proto o sledovaných hodnotách prohlásit, že jsou součástí statisticky zvládnutého procesu.

Pokud bychom chtěli i nadále sledovat vývoj tržeb v týdenních intervalech, můžeme takto sestavené diagramy použít pro zachycení jejich dalšího vývoje.

4.3. Analýza měsíčních tržeb

Z dlouhodobého hlediska udržení se podniku v konkurenčním prostředí je vhodné analyzovat vývoj jeho tržeb i během delšího časového intervalu. Ideálním nástrojem pro rozbor dat v rámci několika období jsou časové řady.

Samotná analýza spočívá ve zkoumání zákonitostí vývoje ukazatele zobrazeného časovou řadou. Účelem zkoumání je nalezení všech podstatných pravidelností a identifikace všech nepravidelností.

Analýzu tržeb z hlediska měsíčních intervalů jsem zpracovala s daty za roky 2006, 2007 a 2008. Podobně jako v předcházející kapitole je nutné některá data vyřadit a některá zkorigovat tak, aby byla zachována jejich vypovídající hodnota.

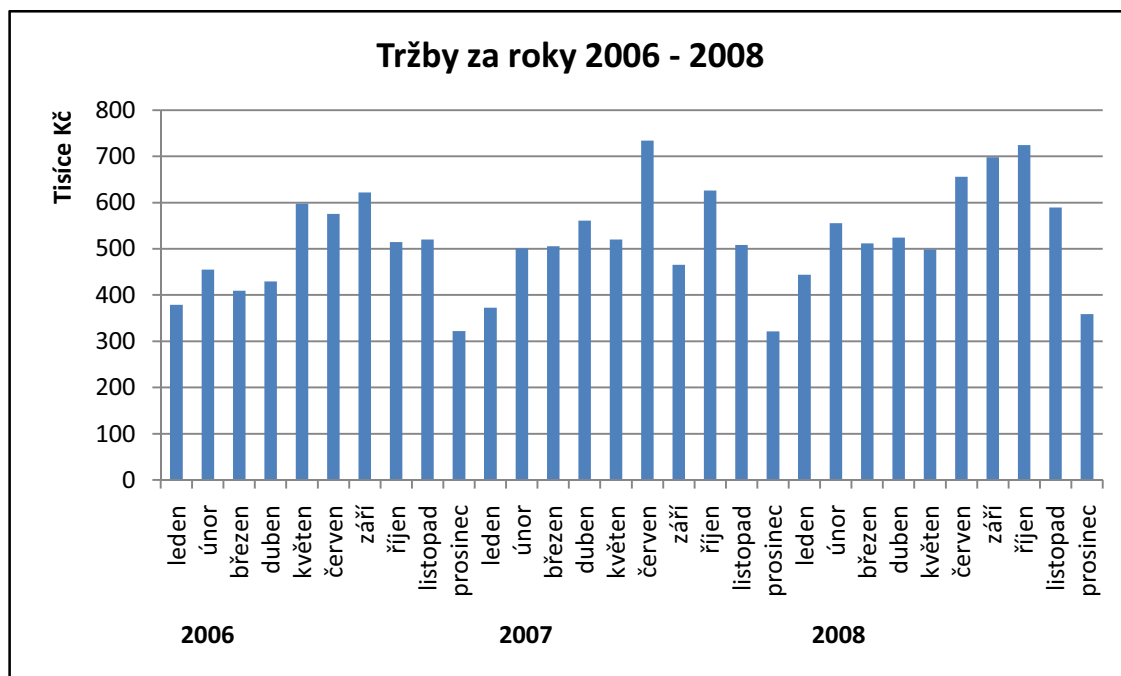
První úpravou, kterou je třeba provést, je přepočítání hodnot tržeb na stejně dlouhý časový úsek. Tedy konkrétně jde o přepočítání tržeb na měsíc, který má přesně 30 dní. Podstatné je to především pro měsíce červen a září, kdy podnik není v provozu po celou dobu. Podnik je uzavřen obvykle od posledního týdne v červnu do posledního týdne v září. Hodnoty za červenec a srpen jsou nulové a z hlediska zachování vypovídající hodnoty datového souboru vyřazeny. Ostatní hodnoty jsou na 30-ti denní interval převedeny dle vzorce (4.2).

$$y_k = \frac{y}{n} * 30 \quad (4.2)$$

Kde y_k představuje zkorigovanou hodnotu, y původní hodnotu a n je reálný počet dní za který tržba vznikla. Tabulka s přepočtenými a vyřazenými hodnotami tržeb je pak následující:

	2006	2007	2008
leden	378 668	372 416	444 102
únor	455 294	500 669	555 577
březen	409 637	505 556	511 555
duben	429 560	561 348	524 030
květen	597 708	519 850	498 878
červen	575 271	733 954	655 875
září	621 722	465 737	698 467
říjen	514 634	626 192	724 580
listopad	520 043	508 724	589 633
prosinec	321 877	321 056	359 051

Tab. 5 – Přepočtené hodnoty tržeb v letech 2006 – 2008



Graf 8 – Graf výše tržeb v letech 2006 – 2008

Vývoj měsíčních tržeb budeme analyzovat z pohledu časových řad. Časovou řadu, kterou tvoří, lze charakterizovat jako řadu intervalovou, neboť se jedná o sumu tržeb získaných za interval jednoho měsíce.

4.3.1. Subjektivní posouzení grafu

Jedná se o intervalovou časovou řadu představující hodnoty tržeb během tří po sobě jdoucích let. Dle pravidelných opakujících se výkyvů je již na první pohled patrné, že časová řada obsahuje sezónní složku. Také se zdá, že z dlouhodobého hlediska řada vykazuje mírně rostoucí trend. Tyto jevy budeme dále testovat.

4.3.2. Určení základních charakteristik časové řady

Prvním krokem v analýze časové řady je určení jejích základních charakteristik, neboť právě ony nám dávají prvotní představu o jejím průběhu.

Průměr intervalové řady

Pro jeho výpočet použijeme vzorec (1.3). Tento průměr vyjadřuje, kolem které hodnoty daného souboru dat oscilují.

$$\bar{y} = 516722 \text{ Kč}$$

Absolutní přírůstky

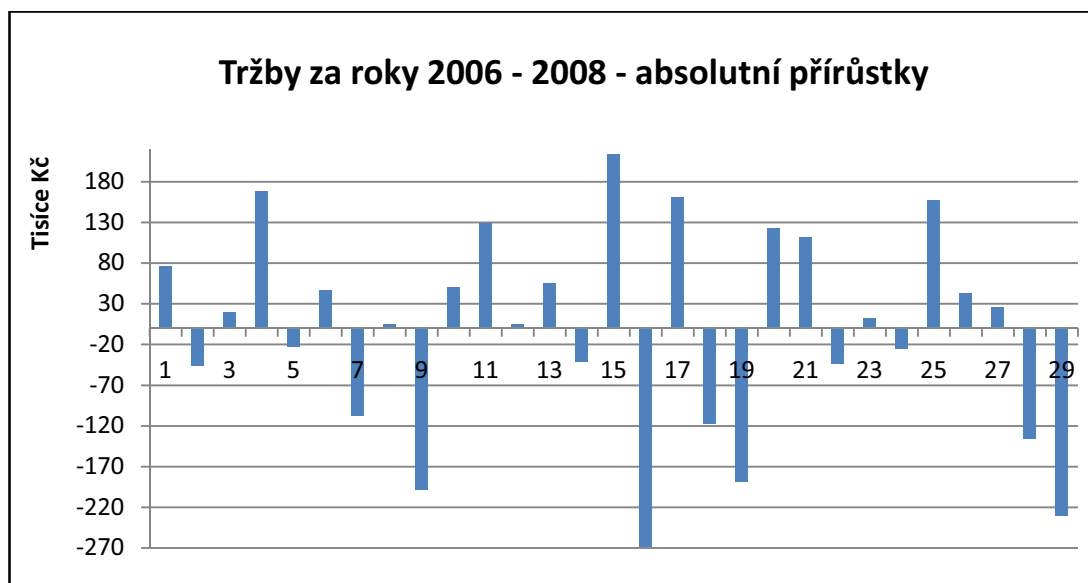
Výše absolutních přírůstků nám udává, o kolik se průměrně změnila hodnota dané časové řady za jednotkový časový interval. Výpočet hodnot absolutních přírůstků lze provést pomocí vzorce (1.4).

$${}_1d_i(y) = y_i - y_{i-1}, \quad i = 2, 3, \dots, n$$

Vypočtené hodnoty absolutních přírůstků jsou uvedeny v tabulce 6 ve sloupci označeném ${}_1d_i$ a znázorněny v grafu 9.

i	t	y	${}_1d_i$	k_i
1	2006	378 668	-----	-----
2		455 294	76 626	1,20
3		409 637	- 45 657	0,90
4		429 560	19 924	1,05
5		597 708	168 148	1,39
6		575 271	- 22 437	0,96
7		621 722	46 451	1,08
8		514 634	- 107 088	0,83
9		520 043	5 409	1,01
10		321 877	- 198 166	0,62
11	2007	372 416	50 539	1,16
12		500 669	128 253	1,34
13		505 556	4 888	1,01
14		561 348	55 792	1,11
15		519 850	- 41 498	0,93
16		733 954	214 103	1,41
17		465 737	- 268 216	0,63
18		626 192	160 455	1,34
19		508 724	- 117 468	0,81
20		321 056	-187 668	0,63
21	2008	444 102	123 046	1,38
22		555 577	111 475	1,25
23		511 555	- 44 021	0,92
24		524 030	12 474	1,02
25		498 878	- 25 152	0,95
26		655 875	156 997	1,31
27		698 467	42 592	1,06
28		724 580	26114	1,04
29		589 633	- 134 947	0,81
30		359 051	- 230 582	0,61

Tab. 6 – Tabulka hodnot absolutních přírůstků a koeficientů růstu měsíčních tržeb



Graf 9 – Graf absolutních přírůstků měsíčních tržeb

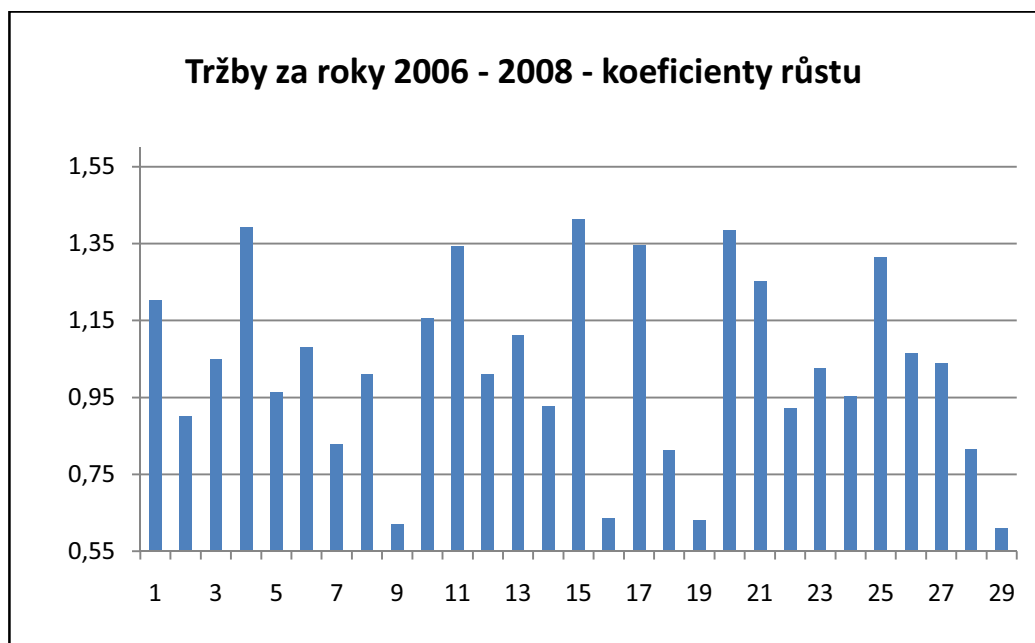
Ze sestaveného grafu je zřejmé, že absolutní přírůstky náhodně kolísají kolem konstanty. Lze tedy předpokládat, že časová řada má lineární trend, který můžeme v dalších krocích analýzy popsat.

Koeficienty růstu

Tato charakteristika vyjadřuje, v jakém poměru jsou hodnoty sledovaného a předchozího období. K výpočtu využijeme vzorec (1.6).

$$k_i(y) = \frac{y_i}{y_{i-1}}, \quad i = 2, 3, \dots, n$$

Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6 ve sloupci označeném k_i a znázorněny v grafu 10.



Graf 10 - Graf hodnot koeficientů růstu měsíčních tržeb

4.3.3. Vyrovnání časové řady

Z předchozí kapitoly věnované základním charakteristikám řady vyplývá, že trend časové řady lze popsat lineární funkcí. Za tuto funkci jsem zvolila přímku. Její předpis je vyjádřen vztahem (1.10) uvedeným v kapitole 2.4. Koeficienty přímky lze vypočítat pomocí vzorců (1.11) a (1.12) uvedených v téže kapitole. Zde je jejich číselné vyjádření:

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} = 3\,807$$

$$b_1 = \bar{y} - b_2 \bar{x} = 457\,719$$

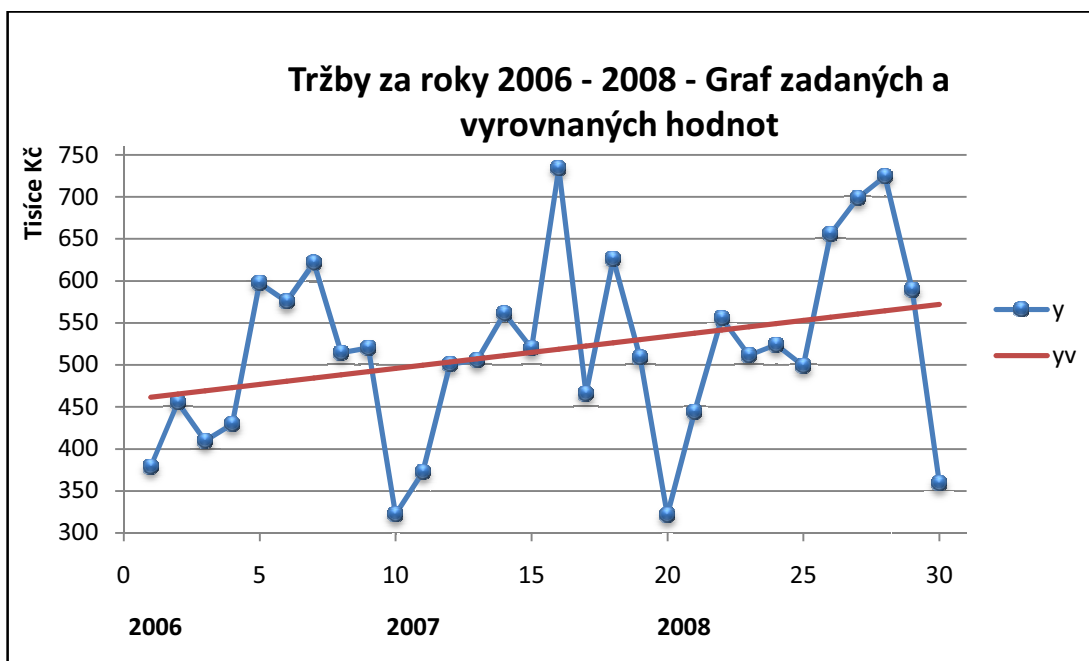
Tedy dostaneme předpis rovnice přímky představující vyrovnané hodnoty řady:

$$\hat{\eta}(x) = 457719 + 3807x$$

Vyrovnané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7 a znázorněny v grafu 11.

i	t	y	yv
1	2006	378 668	461526
2		455 294	465332
3		409 637	469139
4		429 560	472946
5		597 708	476752
6		575 271	480559
7		621 722	484366
8		514 634	488172
9		520 043	491979
10		321 877	495786
11	2007	372 416	499592
12		500 669	503399
13		505 556	507205
14		561 348	511012
15		519 850	514819
16		733 954	518625
17		465 737	522432
18		626 192	526239
19		508 724	530045
20		321 056	533852
21	2008	444 102	537659
22		555 577	541465
23		511 555	545272
24		524 030	549078
25		498 878	552885
26		655 875	556692
27		698 467	560498
28		724 580	564305
29		589 633	568112
30		359 051	571918

Tab. 7 – Tabulka zadaných a vyrovnaných hodnot časové řady měsíčních tržeb



Graf 11 – Graf zadanych (y) a vyrovnaných (yv) hodnot časové řady měsíčních tržeb

Z takto vyrovnané časové řady by se mohlo zdát, že její trend řady je rostoucí. Abychom však toto mohli spolehlivě konstatovat, je nutné ještě provést test statistické významnosti koeficientu b_2 od nuly.

4.3.4. Test statistické významnosti koeficientu b_2 od nuly

Předpoklad

Formulujeme hypotézu, že analyzovaná data představujících měsíční tržby za roky 2006, 2007 a 2008 mají rostoucí trend, tedy že koeficient b_2 regresní přímky je různý od nuly.

Testování

K provedení samotného testu využijeme hodnoty vypočítané v předchozí kapitole.

Zvolíme hypotézy:

$H_0: b_2 = 0$ Koeficient b_2 regresní přímky je roven nule, tedy data nemají žádný trend.

$H_1: b_2 \neq 0$ Koeficient b_2 regresní přímky je různý od nuly, data vykazují trend.

Hodnota testového kritéria je 1,676.

Určíme obor kritických hodnot pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$

$$W_{0,05} = \langle -2,048; 2,048 \rangle$$

Závěr

Hodnota testového kritéria je $1,676 \in \langle -2,048; 2,048 \rangle$ a tedy hypotézu H_0 přijímáme. Přijali jsme hypotézu H_0 , že je koeficient b_2 roven nule. Zamítáme tedy náš předpoklad, že data mají rostoucí trend. Ze statistického hlediska je nárůst tržeb během sledovaných tří let nevýznamný. Dále budeme uvažovat konstantní trend časové řady.

4.3.4. Určení sezónní složky

Pro analýzu sezónní složky časové řady je třeba rozdělit ji do jednotlivých období a sezón. Analyzovaná data představují tržby za rok 2006, 2007 a 2008, jde tedy o tři po sobě jdoucí období. V souladu se značením použitým v kapitole 2.5 označíme proměnnou období M .

$$M = 3$$

Za jednu periodu je považován jeden kalendářní rok, který lze rozdělit do jednotlivých čtvrtletí. Za jednu sezónu tedy budeme považovat tři po sobě jdoucí měsíce v roce. Sezónu označíme písmenem N .

$$N = 4$$

Trend řady a její sezónní výkyvy pak můžeme vyjádřit předpisem:

$$\eta_{ij} = \beta_1 + \beta_2 t_{ij} + \nu_i \quad (4.3)$$

kde $i = 1, 2, 3, 4$

$j = 1, 2, 3$

Nyní můžeme dle vzorců (1.21) a (1.22) sestavit soustavu rovnic:

$$\begin{array}{rclclcl} 3 c_1 & & & + 15 b_2 & = & 4\,133\,472 \\ & 3 c_2 & & + 18 b_2 & = & 5\,096\,474 \\ & & 3 c_3 & + 21 b_2 & = & 1\,785\,926 \\ & & & 3 c_4 & + 24 b_2 & = 4\,485\,789 \\ 15 c_1 & + & 18 c_2 & + 21 c_3 & + 24 c_4 & + 9455 b_2 = 102\,583\,345 \end{array}$$

Řešením této soustavy dostaneme hodnoty jednotlivých koeficientů:

$$c_1 = 1\,376\,173$$

$$c_2 = 1\,696\,844$$

$$c_3 = 592\,997$$

$$c_4 = 1\,492\,622$$

$$b_2 = 330$$

Dosazením do vzorce (1.20) získáme hodnotu koeficientu b_1

$$b_1 = 1\,289\,659$$

Hledaná regresní funkce má dle vzorce (4.3) tento výsledný předpis:

$$\hat{\eta}_{ij} = 1289659 + 330[4(j-1) + i] + \nu_i$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3$$

Kde výkyvy v jednotlivých sezónách vypočteme pomocí vzorce (1.19):

$$v_1 = 86\,514$$

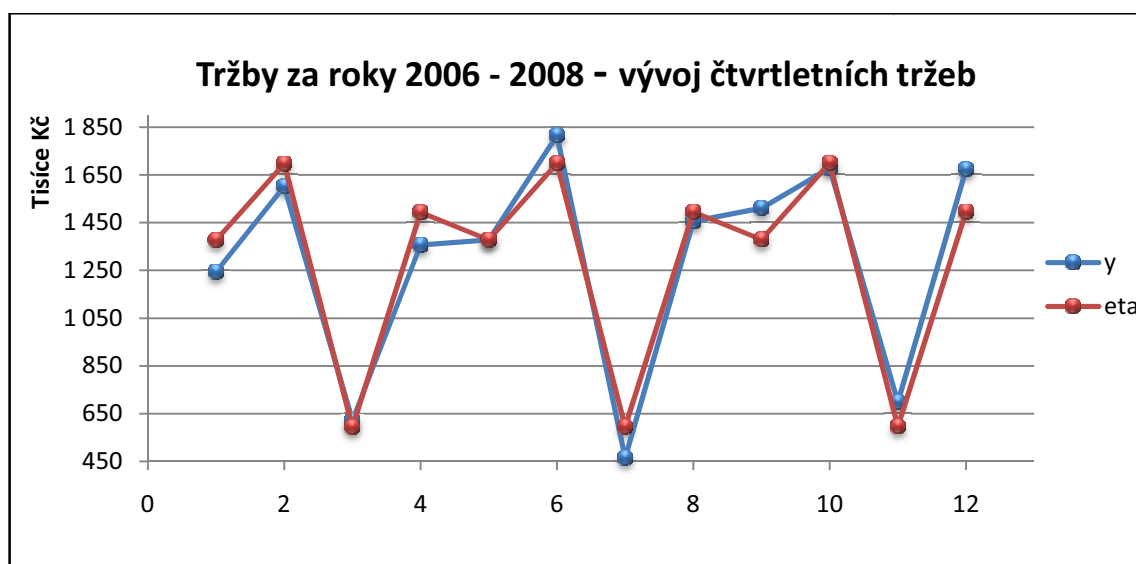
$$v_2 = 407\,185$$

$$v_3 = -696\,662$$

$$v_4 = 202\,963$$

Rok	Období	t	y	$\hat{\eta}$
2009	1	1	1 243 598	1 376 503
	2	2	1 602 539	1 697 504
	3	3	621 722	593 988
	4	4	1 356 553	1 493 942
2007	1	5	1 378 641	1 377 824
	2	6	1 815 153	1 698 825
	3	7	465 737	595 309
	4	8	1 455 971	1 495 263
2008	1	9	1 511 233	1 379 145
	2	10	1 678 783	1 700 145
	3	11	698 467	596 629
	4	12	1 673 265	1 496 584

Tab. 8 – Tabulka původních a vyrovnaných hodnot čtvrtletních tržeb



Graf 12 – Graf původních a vyrovnaných hodnot čtvrtletních tržeb

Zhodnocení grafu

Z vytvořeného grafu je zřejmé, že třetí čtvrtletí je vždy značně podprůměrné. Tento jev je dán skutečností, že je podnik během prázdnin zavřený. Naopak nejvýkonnější je v každém roce vždy čtvrtletí druhé. Pokud bychom chtěli obecným způsobem prognózovat další vývoj, mohli bychom říci, že v každém druhém čtvrtletí budou tržby podniku nadprůměrné, ve třetím čtvrtletí naopak velmi podprůměrné. V předchozích kapitolách jsme ověřili, že řada nemá žádný statisticky významný trend, tedy v budoucích letech můžeme předpokládat výše tržeb na stejné úrovni jako doposud.

5. Metodický postup pro provozovatele podniku

Jedním z cílů této diplomové práce bylo vytvoření metodického postupu, který má sloužit provozovatelům podniku za účelem vyhodnocení vybraného ukazatele, jako jsou tržby podniku, pomocí regulačních diagramů. Z důvodu usnadnění práce, jsem vytvořila nejen metodický postup, ale zároveň i aplikaci v MS Excel, která většinu výpočtů a grafického zpracování provede za ně.

Hlavním přínosem této aplikace je zásadní úspora času uživatele při zpracovávání dat. Aplikace umožňuje provedení všech nutných kroků pro testování získaných dat a následné sestavení regulačních diagramů. Je vytvořena přehledně, její ovládání je jednoduché a intuitivní. Proto nevyžaduje žádné speciální zaškolení, podmínkou užívání je pouze běžná znalost práce v programu MS Excel.

5.1. Příprava a sběr dat

- Nejprve je třeba stanovit parametr, který bude dále představovat regulovanou veličinu. Např. výše tržeb, nákladů aj.,
- Dalším krokem je stanovení časového intervalu, během kterého se budou dané veličiny zjišťovat. Např. týden, měsíc, rok.
- Pokud jsou ve vybraném datovém souboru data, která jsou nějakým způsobem zkreslená změnou vnějších podmínek (např. byl-li podnik z technických důvodů uzavřen), je třeba tyto data ze vzorku vyřadit nebo přepočítat na jednotkový interval. Možný způsob přepočtu je uveden v kapitole 4.3.

5.2. Práce s aplikací

Obsah jednotlivých listů

1. *Obsah*

Tento list obsahuje úvodní informace o aplikaci a obsah jednotlivých listů.

2. *Charakteristiky*

Tento list obsahuje vypočtené základní charakteristiky sledovaného ukazatele. Sem se také vkládají data uživatelem, jsou zde vypočteny absolutní přírůstky, koeficienty růstu a vše je graficky znázorněno.

3. *Trend*

Tento list obsahuje test koeficientu b_2 regresní přímky. Je zde tabulka zadaných i vyrovnaných hodnot a jejich grafické znázornění, také výpočet a zhodnocení testového kritéria. Dále je zde obsažena tabulka s vypočtenými rezidui a také jejich grafické znázornění.

4. *Test KS*

Tento list obsahuje test normality dat sledované veličiny. Je zde tabulka hodnot empirické a teoretické distribuční funkce, jejich grafické znázornění i výpočet a vyhodnocení testového kritéria.

5. *Reg. diagram*

Tento list obsahuje tabulku hodnot potřebnou pro sestrojení regulačních diagramů pro klouzavé rozpětí a individuální hodnoty. Dále jsou zde vykresleny oba dva regulační diagramy.

1. krok – Vložení dat

- Aktivujte si list s názvem „Charakteristiky“ a do sloupce označeného „y“ vložte sledovaná data (znázorněno na Obrázku 3)

	A	B	C	D	E
1	Základní charakteristiky dat				
2					
3	Počet dat		0		
4	Výběrový průměr		0,000		
5	Výběrový rozptyl		0,000		
6	Výb. směr. odchylka		0,000		
7	Minimální hodnota		0		
8	Maximální hodnota		0		
9					
10					
11					
12	i	y	d_1	k1	
13					
14	1				
15	2				
16	3				
17	4				
18	5				
19	6				
20	7				
21	8				
22	9				

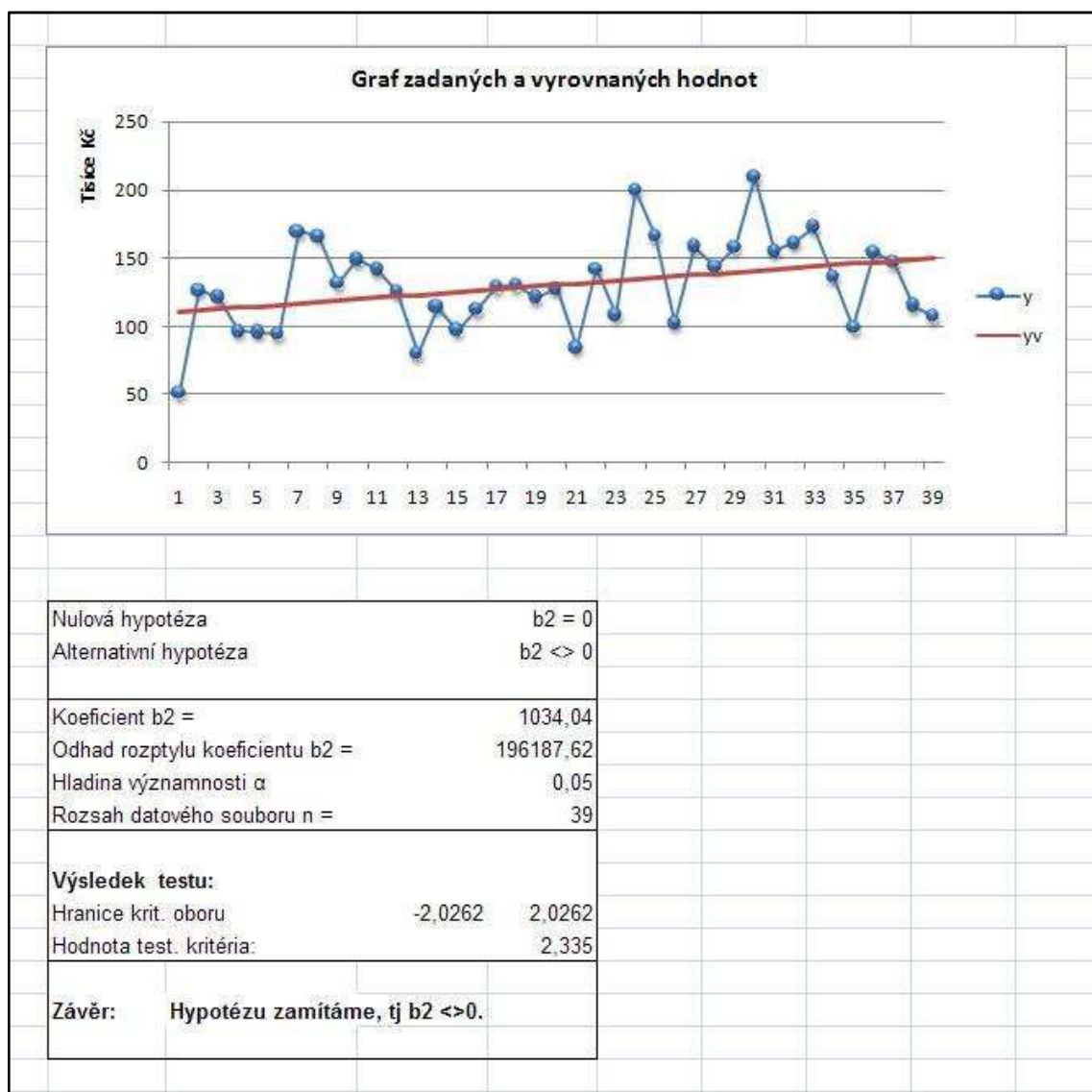
Obr. 3 – Práce s aplikací, vložení dat

2. krok – Vyhodnocení základních charakteristik

- Nejdůležitější charakteristikou datového souboru je výběrový průměr, neboť představuje hodnotu, kolem které všechny ostatní oscilují. Zároveň se také dále využívá při konstrukci regulačního diagramu, kde představuje střední přímkou (CL).
- Další důležitou charakteristikou jsou absolutní přírůstky. Představují rozdíl dvou po sobě jdoucích hodnot časové řady, tedy o kolik se změnila hodnota oproti hodnotě předcházející. Pokud hodnoty kolísají kolem konstanty, lze říci, že řada má lineární trend, který se bude dále analyzovat.

3. krok – Zjištění trendu dat

- Aktivujte list s názvem „Trend“
- Ve sloupci označeném „y“ jsou zkopírovaná data z předchozího listu, představující sledovanou veličinu. V grafu jsou znázorněna modře.
- Ve sloupci označeném „yv“ jsou vypočtené hodnoty regresní přímky, která vyjadřuje trend dat. V grafu je znázorněna červeně.



Obr. 4 – Práce s aplikací, zjištění trendu dat

- Výsledek testu se nachází v tabulce pod grafem.

4. krok – Vyhodnocení testu trendu dat

- Pokud přijmete hypotézu, že data nemají žádný trend (tedy $b_2 = 0$), pokračujte dále testem normality dat na dalším listě.
- Pokud přijmete hypotézu, že data mají trend (tedy $b_2 \neq 0$), je třeba jej analyzovat a hledat příčiny jeho vzniku.

Např. vykazují-li tržby kladný (rostoucí) trend, jedná se o pozitivní jev. V takovém případě může jít o jev způsobený přilákáním většího počtu zákazníků nebo třeba tím, že si zákazníci mohou dovolit utrácet více peněz než v minulosti. Naopak v opačném případě, tedy když identifikujeme klesající trend tržeb, může se jednat o odliv zákazníků nebo také třeba o to, že personál v podniku pracuje s tržbami nečestným způsobem.

V každém případě je nutné před další práci trend z dat odstranit.

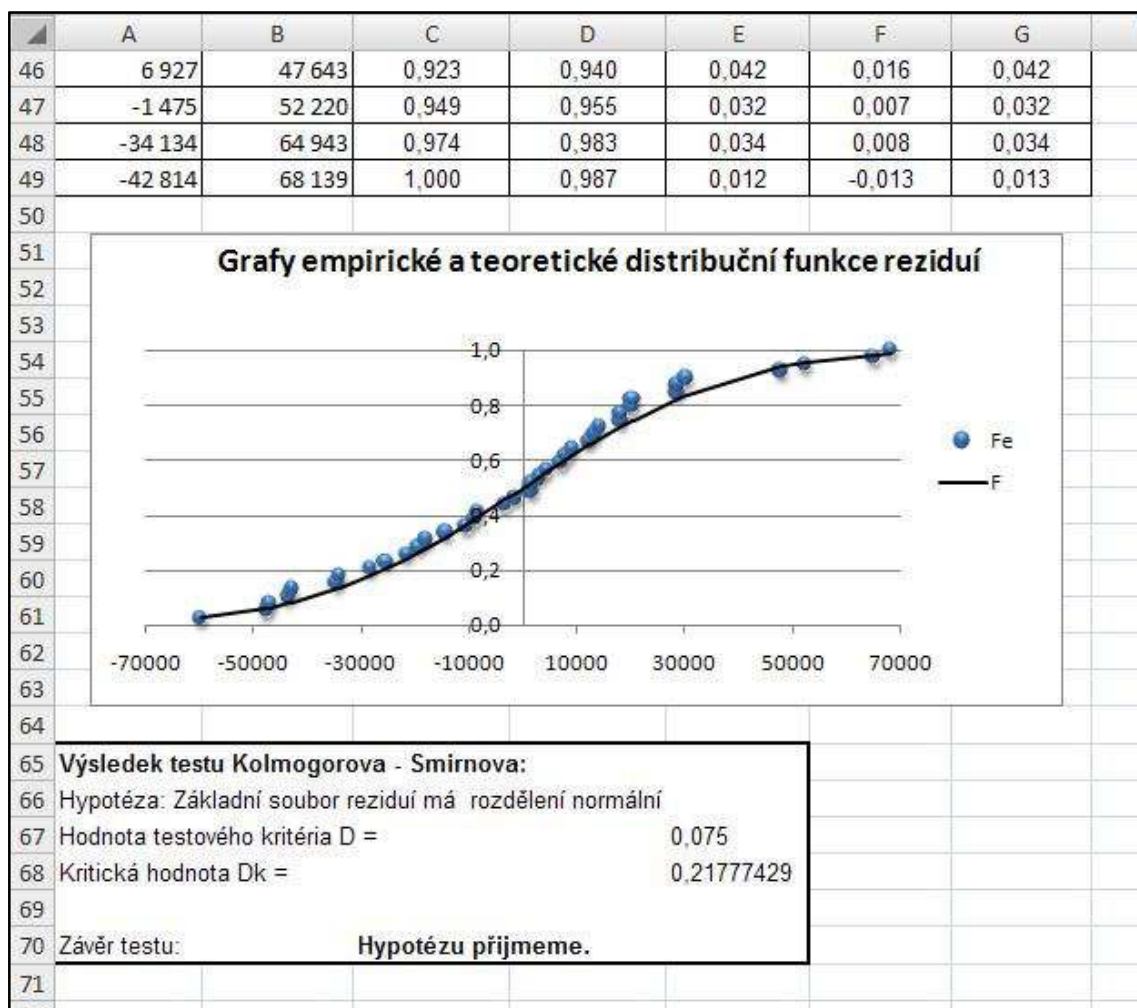
5. krok - Odstranění trendu z dat

- K odstranění trendu dojde automaticky. Pod tabulkou s vyrovnanými hodnotami se nachází další tabulka obsahující vypočtená rezidua. Dále se zde nachází graf těchto reziduí.
- Pokud rezidua náhodně kolísají kolem nuly a mají konstantní rozptyl, můžeme u nich předpokládat normální rozdělení a pracovat s nimi dále.

6. krok – Test normality dat

- Aktivujte list s názvem „Test KS“.
- Pokud byla v kroku č. 4 přijata hypotéza, že data nemají žádný trend, automaticky dojde k nakopírování původních sledovaných hodnot do sloupce „y“. Bude testována normalita těchto dat.

- Pokud byla v kroku č. 4 přijata hypotéza, že data mají lineární trend, automaticky dojde k nakopírování hodnot reziduí do sloupce označeného „y“. Bude testována normalita reziduí.



Obr. 5 – Práce s aplikací, Test normality dat

- Pod tabulkou hodnot se nachází graf teoretické a empirické distribuční funkce, ještě níže pak tabulka s výsledkem testu (viz. obrázek 5).

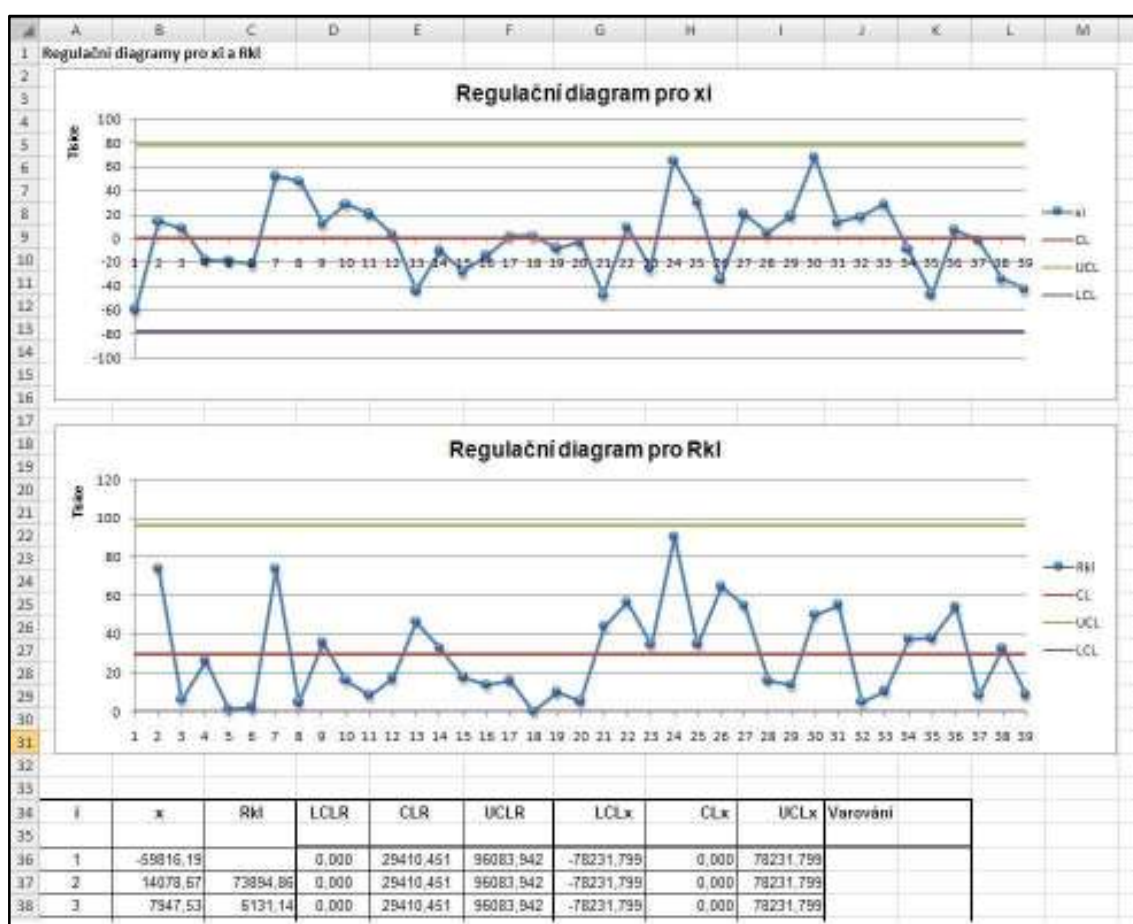
7. krok – Vyhodnocení testu normality dat

- Pokud je přijata hypotéza o tom, že data mají normální rozdělení, pokračujte sestavením regulačních diagramů na následujícím listě.

- Pokud je přijata hypotéza, že data normální rozdělení nemají, nejsou pro další zpracování vhodná a je třeba získat nový soubor dat.

8. krok – Sestrojení regulačních diagramů

- Aktivujte list s názvem „Reg. diagram“.
- Do sloupce s názvem „x“ jsou automaticky nakopírovány hodnoty, které prošly testem normality dat. Jsou zde také automaticky vypočítány hodnoty klouzavých rozpětí a akční meze pro oba dva regulační diagramy.
- Automaticky jsou vygenerovány regulační diagramy pro individuální hodnoty a klouzavá rozpětí. Vše je znázorněno na obrázku 6.



Obr. 6 – Práce s aplikací, Sestrojení regulačních diagramů

9. krok - Analýza regulačních diagramů

- Pozorně prozkoumejte všechny body v regulačním diagramu.
- Leží-li všechny body uvnitř kontrolních mezí regulačního diagramu, lze daný proces považovat za statisticky zvládnutý a daný regulační diagram můžete použít pro další sledování vývoje tržeb. Není třeba nějakého dalšího akutního zásahu do provozu.
- Leží-li všechny body uvnitř kontrolních mezí, ale vykazují-li nějaký typ seskupení uvedených v kapitole 3.4, je třeba zjistit důvod tohoto chování sledované veličiny a zajistit nápravu.
- Leží-li jeden nebo více bodů mimo regulačních mezí, budete na to upozorněni ve sloupečku označeném „Varování“. V takovém případě je třeba nejprve definovat příčinu tohoto jevu. Musíte zjistit, proč se tomu tak stalo.
- V případě, že jde o výkyv způsobený abnormálním nárůstem tržeb (tedy v tomto případě jde o jev pro podnik pozitivní), je dobré zjistit důvod tohoto výkyvu a vzít si z toho nějaké podněty do budoucnosti. V případě, že půjde o rapidní pokles tržeb, je třeba tento jev analyzovat snad ještě důkladněji a následně odstranit jeho příčiny.
- Takto sestrojené diagramy nejsou nyní vhodné pro další sledování vývoje zvolené veličiny. Je tedy nutné vyřadit body, které překračují kontrolní meze a sestavit nové regulační diagramy již bez těchto hodnot. Důležité však je, aby regulační diagram byl sestrojen minimálně z dvaceti hodnot. Pokud jich budete mít vyřazením nějaké hodnoty méně, je nutné je následovně na tento počet doplnit. Pak již můžete vytvořený diagram využívat v budoucnosti pro sledování vývoje veličiny.

Závěr

Tato práce dosáhla svého vytyčeného cíle, jímž bylo ukázat využití statistických metod pro popis provozu restaurace. Dále se zabírala zpracováním získaných dat a jejich analýzou pomocí regulačních diagramů a časových řad. Byl vytvořen metodický postup, kterým se mohou řídit provozovatelé podniků při sledování svých tržeb či jiných ekonomických hodnot.

Pro přehlednost byla práce rozdělena do dvou tematických celků. První část tvoří teoretický základ pro práci s regulačními diagramy a časovými řadami. Druhá část pak sestává ze tří podkapitol. První je analýza týdenních tržeb, na které jsou aplikovány postupy analýzy založené na regulačních diagramech. Druhou část tvoří analýza měsíčních tržeb, která je analyzována pomocí časových řad. Třetí část je věnována metodickému postupu, ve kterém jsou obecně shrnuty všechny potřebné kroky pro analýzu dat pomocí regulačních diagramů. Dále obsahuje návod na práci s aplikací, jejímž účelem je usnadnění výpočtů nutných pro sestavení regulačních diagramů tak, aby je mohl sestavit a využívat každý, kdo o jejich využití v praxi má zájem.

Snahou bylo ukázat, že využití regulačních diagramů a jiných statistických metod má své opodstatnění nejen v oblasti řízení kvality výrobního procesu, ale že jejich využití je mnohem širší, aplikovatelné i do oblasti ekonomie a řízení provozu podniku.

Literatura

- [1] KROPÁČ, J. *Statistika B*. 1. vydání. Brno : Skriptum Fakulty podnikatelské VUT Brno, 2007. 155 s. ISBN 80-214-3295-0.
- [2] CYHELSKÝ, L., KAHOUNOVÁ, J., HINDLS, R. *Základy teorie statistiky pro ekonomy*. Praha : SNTL, 1979. 356 s.
- [3] SEGER, J., HINDLS, R., HRONOVÁ, S. *Statistika v hospodářství*. Praha : ETC Publishing, 1998. ISBN 80-86006-56-5.
- [4] KROPÁČ, J. *Statistika C*. 1. vydání. Brno : Skriptum Fakulty podnikatelské VUT Brno, 2008. 103 s. ISBN 978-80-214-3591-9.
- [5] TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Montanex a.s., 2000. ISBN 80-7225-040-X.
- [6] PLURA, J. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Computer Press, 2001. ISBN 80-7226-543-1.
- [7] ČSN ISO 8258. *Shewartovy regulační diagramy*. Český normalizační institut, 1994.

Seznam obrázků, grafů a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1: Rozhodovací strom pro výběr Shewartova regulačního diagramu	24
Obr. 2: Testy nenáhodných seskupení dle normy ČSN ISO 8258	28
Obr. 3: Práce s aplikací, vložení dat	59
Obr. 4: Práce s aplikací, zjištění trendu dat	60
Obr. 5: Práce s aplikací, Test normality dat	62
Obr. 6: Práce s aplikací, Sestrojení regulačních diagramů	63

Seznam tabulek

Tab. 1: Týdenní hodnoty tržeb v roce 2008	32
Tab. 2: Tabulka hodnot absolutních přírůstků týdenních tržeb	35
Tab. 3: Tabulka vyrovnaných hodnot a reziduí týdenních tržeb	37
Tab. 4: Tabulka hodnot pro test Kolmogorova-Smirnova reziduí týdenních tržeb	41
Tab. 5: Přepočtené hodnoty tržeb v letech 2006 – 2008	46
Tab. 6: Tabulka hodnot absolutních přírůstků a koeficientů růstu měsíčních tržeb	48
Tab. 7: Tabulka zadanych a vyrovnaných hodnot časové řady měsíčních tržeb	51
Tab. 8: Tabulka původních a vyrovnaných hodnot čtvrtletních tržeb	55

Seznam grafů

Graf 1: Týdenní hodnoty tržeb v roce 2008	33
Graf 2: Graf absolutních přírůstků týdenních tržeb	34
Graf 3: Graf zadanych hodnot a hodnot vyrovnaných regresní přímkou	38
Graf 4: Graf reziduí týdenních tržeb	39
Graf 5: Grafický průběh teoretické a empirické funkce testu Kolmogorova-Smirnova reziduí týdenních tržeb	40
Graf 6: Regulační diagram individuálních hodnot reziduí týdenních tržeb	43
Graf 7: Regulační diagram klouzavého rozpětí reziduí týdenních tržeb	44
Graf 8: Graf výše tržeb v letech 2006 – 2008	46
Graf 9: Graf absolutních přírůstků měsíčních tržeb	49
Graf 10: Graf hodnot koeficientů růstu měsíčních tržeb	50
Graf 11: Graf zadanych (y) a vyrovnaných (yv) hodnot časové řady měsíčních tržeb	52
Graf 12: Graf původních a vyrovnaných hodnot čtvrtletních tržeb	55

Přílohy

Tabulka součinitelů pro regulační diagramy

n	d ₂	A ₂	A ₃	B ₃	B ₄	D ₃	D ₄	C ₄
2	1,128	1,880	2,659	0,000	3,267	0,000	3,267	0,7979
3	1,693	1,023	1,954	0,000	3,568	0,000	2,574	0,8862
4	2,059	0,729	1,628	0,000	2,266	0,000	2,282	0,9213
5	2,326	0,577	1,427	0,000	2,089	0,000	2,114	0,9400
6	2,534	0,483	1,287	0,030	1,970	0,000	2,004	0,9515
7	2,704	0,419	1,182	0,118	1,882	0,076	1,924	0,9594
8	2,847	0,373	1,099	0,158	1,815	0,136	1,864	0,9650

Tabulka kritických hodnot $D_{0,05}(n)$

n	D(n)	n	D(n)	n	D(n)
1	0,917	11	0,391	21	0,987
2	0,842	12	0,375	22	0,281
3	0,703	13	0,361	23	0,275
4	0,624	14	0,349	24	0,269
5	0,563	15	0,338	25	0,264
6	0,519	16	0,327	26	0,259
7	0,483	17	0,318	27	0,254
8	0,454	18	0,309	28	0,250
9	0,430	19	0,301	29	0,246
10	0,400	20	0,294	30	0,242

Tabulka hodnot distribuční funkce $F_N(u)$

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,5	0,504	0,508	0,512	0,516	0,520	0,524	0,528	0,532	0,536
0,1	0,540	0,544	0,548	0,552	0,556	0,560	0,564	0,567	0,571	0,575
0,2	0,579	0,583	0,587	0,591	0,595	0,599	0,603	0,606	0,610	0,614
0,3	0,618	0,622	0,626	0,629	0,633	0,637	0,641	0,644	0,648	0,652
0,4	0,655	0,659	0,663	0,666	0,670	0,674	0,677	0,681	0,684	0,688
0,5	0,691	0,695	0,698	0,702	0,705	0,709	0,712	0,716	0,719	0,722
0,6	0,726	0,729	0,732	0,736	0,739	0,742	0,745	0,749	0,752	0,755
0,7	0,758	0,761	0,764	0,767	0,770	0,773	0,776	0,779	0,782	0,785
0,8	0,788	0,791	0,794	0,797	0,800	0,802	0,805	0,808	0,811	0,813
0,9	0,816	0,819	0,821	0,824	0,826	0,829	0,831	0,834	0,836	0,839
1	0,841	0,844	0,846	0,848	0,851	0,853	0,855	0,858	0,860	0,862
1,1	0,864	0,867	0,869	0,871	0,873	0,875	0,877	0,879	0,881	0,883
1,2	0,885	0,887	0,889	0,891	0,893	0,894	0,896	0,898	0,900	0,901
1,3	0,903	0,905	0,907	0,908	0,910	0,911	0,913	0,915	0,916	0,918
1,4	0,919	0,921	0,922	0,924	0,925	0,926	0,928	0,929	0,931	0,932
1,5	0,933	0,934	0,936	0,937	0,938	0,939	0,941	0,942	0,943	0,944
1,6	0,945	0,946	0,947	0,948	0,949	0,951	0,952	0,953	0,954	0,954
1,7	0,955	0,956	0,957	0,958	0,959	0,960	0,961	0,962	0,962	0,963
1,8	0,964	0,965	0,966	0,966	0,967	0,968	0,969	0,969	0,970	0,971
1,9	0,971	0,972	0,973	0,973	0,974	0,974	0,975	0,976	0,976	0,977
2	0,977	0,978	0,978	0,979	0,979	0,980	0,980	0,981	0,981	0,982
2,1	0,982	0,983	0,983	0,983	0,984	0,984	0,985	0,985	0,985	0,986
2,2	0,986	0,986	0,987	0,987	0,987	0,988	0,988	0,988	0,989	0,989
2,3	0,989	0,990	0,990	0,990	0,990	0,991	0,991	0,991	0,991	0,992
2,4	0,992	0,992	0,992	0,992	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993	0,994
2,5	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
2,6	0,995	0,995	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996
2,7	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997
2,8	0,997	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998
2,9	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,999	0,999	0,999
3	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
3,1	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
3,2	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
3,3	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000