

## Posudek oponenta disertační práce

Název: **Neparametrický odhad spolehlivosti a odhad trendové složky**

Autor disertační práce: Ing. Tomáš Āoupal

Oponent: Ing. Pavel Nový, Ph.D., KIV FAV ZČU v Plzni

---

Pan Ing. Tomáš Āoupal se ve své disertační práci zabývá úlohou odhadu neznámých parametrů z teorie spolehlivosti. Konkrétně, využitím neparametrických jádrových odhadů hustoty a neparametrických jádrových odhadů distribuční funkce v problematice analýzy spolehlivosti nebo selhání pro dvourozměrné náhodné veličiny v tzv. reálných situacích.

Rozsah původního textu předložené práce je 130 stran, je členěna do 6 kapitol, tematicky pak do 4 částí, obsahuje seznam použité literatury v rozsahu 43 odkazů, seznam publikovaných prací autora v časopisech a sbornících v rozsahu 9 publikací, tištěnou přílohu a elektronickou přílohu na CD-ROM. Elektronická příloha obsahuje kromě textu disertační práce uživatelský program vytvořený v softwaru MATLAB 2010a.

První tematická část práce „Spolehlivost“ obsahuje vysvětlení pojmu spolehlivosti, přehled typů spolehlivosti, popis jevu rizikové události a model rizikové události, založeném na bilančním vztahu. Vzhledem k charakteru dále používaných dat jsou definovány dva stochastické procesy obsahující systematickou a náhodnou složkou. Pro tento dvourozměrný model jsou uvedeny příklady pravděpodobnostních modelů a neparametrický model spolehlivosti. Druhá tematická část práce „Neparametrické jádrové odhady“ se zabývá problematikou neparametrických jádrových odhadů hustot a distribučních funkcí s použitím jádrových funkcí. Autor práce zde velmi podrobně popisuje jak jednorozměrné tak dvourozměrné jádrové odhady. Uvádí zde základní vlastnosti neparametrického jádrového odhadu hustoty a distribuční funkce, z množiny možností uvádí výběr čtyř typů jádrových funkcí a diskutuje odhad vyhlazovacího parametru při znalosti a neznalosti funkce hustoty. Problematiku vyhlazovacího parametru dále popisuje pro případ distribuční funkce, je-li znám soubor reálných pozorování, u kterého chybí dostačující apriorní informace o pravděpodobnostním rozdělení. Takto uspořádané teoretické poznatky a vztahy autor využívá pro modely neparametrických jádrových odhadů a pro jejich aplikaci na spolehlivost. Pro odhad spolehlivosti používá dva typy jádrových funkcí, Parzenovu a Gaussovu. V třetí tematické části „Využití modelů v aplikační sféře“ je popisována aplikace navrhovaných modelů na soubor reálných pozorování získaných z platební, resp. obchodní bilance České republiky. Pro případ nestacionárního chování použitých reálných dat, resp. pozorování, kdy je nutné uvažovat se zkreslením např. typu inflace a kurzových změn, je autorem navržen model pro aproximaci neznámé trendové složky. K tomu využívá aditivní heuristický model časové řady a transformace zdrojové soustavy na ortonormální systém tak, aby zajistil numerickou stabilitu výpočtů a hlavně využil vhodné vlastnosti takového systému pro výpočty a dokazování zvoleného modelu. Tato část práce dále obsahuje rozbor problematiky tzv. „retrospektivního“ a „prediktivního“ trendu, odhad spolehlivosti s použitím systematické trendové složky a modelování nezápornosti (kladného salda) platební bilance pomocí spolehlivosti. Obchodní bilance je prezentovaná v aktuálních a kumulovaných hodnotách. Čtvrtá část „Konkrétní prezentace a ověření“ obsahuje testování navrhovaných vztahů a modelů na generovaných datech (rozsah 100 hodnot) a na souboru reálných pozorování (rozsah 113 měsíčních pozorování), vždy pro jednorozměrný a dvourozměrný soubor. Reálná



pozorování jsou ověřována jak pro aktuální hodnoty tak pro hodnoty kumulované. Výsledky testů jsou v textu práce podrobně popsány a zdůvodněny. Součástí je také popis ověřovacího systému. Poslední část textu disertační práce „Závěr“ shrnuje cíle práce, dosažené výsledky a také možnosti rozšíření práce do budoucna včetně podnětných námětů pro další možný výzkum v této oblasti.

Shrnutí hodnocení disertační práce:

- a) Zhodnocení významu disertační práce pro obor  
Jedná se o aplikaci metod jádrových odhadů do problematiky spolehlivosti, zejména pak v aplikaci na stacionární a nestacionární časové řady pozorování. Dále se jedná o metody určení spolehlivosti v případech, kdy není známé apriorní rozdělení pravděpodobnosti. Prezentované výsledky jsou proto bezesporu přínosem v daném oboru.
- b) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle  
Stanovené cíle práce byly splněny. Bylo jich dosaženo na základě systematického a dobře strukturovaného přístupu, zpracováním velkého rozsahu informací, viz použitá literatura a citace v textu práce, utříděním řady metod s logickým vyústěním v definované vztahy a modely.
- c) Stanovisko k výsledkům práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele  
Jedná se o praktickou aplikaci původního přístupu autora na reálných datech, spec. obchodní bilance České republiky. Tato pozorování mají obecně charakter nestacionární časové řady. Proto lze aplikaci metody jádrových odhadů na neparametrické odhady spolehlivosti považovat za původní.
- d) Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě jazykové úrovně práce  
Předložený text plně odpovídá rozsahem, strukturou, systematickostí a jazykovou úrovní kvalitní disertační práci.  
*Poznámka:* ke kvalitě práce, ale zejména k okamžitému dalšímu využití generovaných a reálných dat by jistě přispělo vložení zmiňované aplikace MS Excel s generovanými výsledky včetně zdrojových datových souborů pro jednotlivá pozorování do elektronické přílohy na CD-ROM.
- e) Vyjádření k publikacím autora  
Autor v seznamu publikovaných prací uvádí 9 původních prací v časopisech a sbornících a 2 aplikační práce klasifikované jako *poloprovoz*. Z tohoto celkového počtu 11 je 7 prací uvedeno v Rejstříku informací o výsledcích – RIV v rozsahu období „od 2009 do 2012“. Tento publikační rozsah považuji za plně postačující.
- f) Vyjádření oponenta  
Předložená disertační práce pana Ing. Tomáše Ťoupala dokazuje schopnost samostatné tvůrčí práce autora a obsahuje původní myšlenky.  
Práci proto doporučuji k obhajobě.

Plzeň 28. června 2013

  
Pavel Nový

# Posudek oponenta na disertační práci

Ing. Tomáš Āoupal

## NEPARAMETRICKÝ ODHAD SPOLEHLIVOSTI A ODHAD TRENDOVÉ

### SLOŽKY

Předložená disertační práce se zabývá problematikou spolehlivosti pro dvourozměrné náhodné veličiny užitím neparametrických jádrových odhadů. Tato problematika je velmi aktuální a její výsledky mají bezprostřední použití v praxi.

Práce obsahuje šest kapitol a jednu přílohu. V úvodní kapitole jsou popsána různá pojetí spolehlivosti a jejich souvislosti. Dále jsou uvedeny tři obecné přístupy k tvorbě dvourozměrných pravděpodobnostních modelů a je popsán neparametrický model zvoleného pojetí spolehlivosti. Další kapitola pojednává o jádrových odhadech hustot a distribučních funkcí. Tyto odhady patří mezi velmi efektivní neparametrické odhady. Pokud jde o jádrovou funkci, autor používá Parzenovu a Gaussovou jádrovou funkci. Nejdůležitějším parametrem v jádrových odhadech je vyhlazovací parametr, ale jeho volba je zásadním problémem v těchto odhadech. Autor uvádí jeden možný způsob odhadu tohoto parametru. Využití jádrových odhadů pro spolehlivost je popsáno v poslední části této kapitoly. Čtvrtá kapitola je věnována využití navržených modelů v aplikační sféře. Nejdříve je popsán soubor získaných dat z platební bilance České republiky. V případě nestacionárního charakteru dat je navržen model pro možnou aproximaci neznámé trendové složky z předpokládaného aditivního heuristického modelu časové řady. Nalezená trendová složka je podrobně popsána a je uvedeno, jak ji lze odhadnout na základě vygenerovaného ortonormálního systému. Další část kapitoly pojednává o tzv. „retrospektivním“ a „prediktivním“ trendu. V závěru kapitoly se autor zaměřuje na nezápornost platební bilance modelované spolehlivosti a na platební bilanci obecně, jak v aktuálních hodnotách, tak i v kumulacích. Kapitola pátá popisuje konkrétní prezentace a ověření navrhovaných vztahů a modelů na souborech vygenerovaných i reálných dat. Je uvedeno celkové shrnutí práce a popis ověřovacího systému tj. vytvořeného uživatelského programu v software MATLAB 2010a. V poslední šesté kapitole je uvedeno možné budoucí rozšíření práce a některé další otevřené otázky. V příloze práce jsou uvedeny důkazy tvrzení týkajících se jádrových odhadů hustot.

Přeložená disertační práce má po formální stránce dobrou úroveň. Ale někdy je výklad příliš podrobný (např. v kap.4) a některé části se zbytečně opakují. Také mohla být věnována větší pozornost některým formulacím.

Následující připomínky se týkají především jádrových odhadů a lze je považovat za možné další pokračování výzkumu.

1. Str. 32- vztah (3.41) není správný.

2. Str. 35- vztah (3.53); tento odhad parametru  $h$  není vhodný, neboť podle (3.49) by parametr  $h$  měl být řádu  $n^{-1/5}$ ; je vhodné použít Scottovo pravidlo:  $h = s_n n^{-1/5}$ . Toto pravidlo lze použít i při odhadech dvourozměrných hustot.

3. Str. 37- vztah (3.56) – v poslední rovnosti se jedná o odhad.

4. Str. 93- Parzenova jádrová funkce není příliš vhodná, neboť výsledný odhad není dostatečně hladká funkce. Vhodnější a často používané je Epanečnikovo jádro (str. 23,  $a=1$ ).



**Závěr.** Ing. Tomáš Ťoupal ve své práci popsal současný stav problematiky spolehlivosti a rozšířil ji do oblasti neparametrických jádrových modelů jak pro stacionární, tak pro nestacionární charakter dat. Získané výsledky pak aplikoval na reálná data. Přednost uvedených přístupů spočívá v získání spolehlivosti bez apriorní znalosti pravděpodobnostního rozdělení pro daný dvourozměrný soubor dat v případě stacionárního charakteru dat a ve zlepšení „kvality“ vytvořených modelů v případě nestacionárního charakteru dat. Dosazené výsledky přispívají k výzkumu v oblasti spolehlivosti.

Předložená disertační práce splňuje předepsané cíle, přináší výsledky, které mají uplatnění v praxi a jasně prokazuje, že ing. T. Ťoupal má předpoklady k samostatné tvůrčí práci.

Seznam publikací odpovídá požadavkům kladeným na publikační činnost doktoranda.

Doporučuji disertační práci k obhajobě.

26.5.2013

Prof. Ivana Horová  
oponent

## Oponentní posudek dizertační práce

**Název práce:** Neparametrický odhad spolehlivosti a odhad trendové složky

**Doktorand:** Ing. Tomáš Ťoupal

**Oponent:** Doc. RNDr. Zdeněk Karpíšek, CSc.

Předložená dizertační práce má celkem 153 stran, z toho je 138 stran vlastního textu. Sestává z 10 oddílů, které tvoří identifikační úvodní část, 6 kapitol (včetně úvodu a závěru), literatura, příloha se dvěma oddíly a seznam publikovaných prací autora.

Práce se zabývá problematikou a aspekty stanovení spolehlivosti pro dvourozměrné náhodné veličiny pomocí neparametrických jádrových odhadů, využívajících několik vybraných jádrových funkcí. Odvozené metody prezentuje autor pro získání spolehlivosti jednak z vygenerovaného (simulovaného) souboru dat, jednak z časové řady dat popisujících vývoj platební bilance České republiky v daném časovém období. Jde o odhad spolehlivosti této platební bilance vyjádřené pravděpodobností, že celková výše výdajů nepřesáhne celkovou výši příjmů za celé časové období, což vede na odhad trendové složky dané časové řady pomocí nově navržené metody založené na vytvoření vhodného ortonormálního systému.

Dizertační práce svým zaměřením a stanovenými cíly zcela odpovídá oboru doktorského studia Aplikovaná matematika, tj. respektuje jak rozvoj matematické teorie, tak i aplikační aspekty získaných výsledků.

Postupy řešení problémů popsané v dizertaci sice vycházejí z tradičních jádrových odhadů a ortonormálních modelů, ale jsou v dané oblasti původní a jsou nesporně přínosem pro matematické modelování daných reálných stochastických jevů.

Prezentované výsledky dokládají, že doktorand splnil stanovené cíle dizertace. Jde zejména o tyto výsledky:

- navržený neparametrický model spolehlivosti,
- jednorozměrné a dvourozměrné neparametrické jádrové odhady hustoty a distribuční funkce, jejich vlastnosti a volba vyhlazovacího parametru,
- využití modelů v aplikační sféře pomocí vytvořeného softwaru.

Text předložené dizertační práce je vzhledem k popisovaným metodám v obecně rozsáhlé problematice v potřebné míře výstižný, kompaktní, jazykově poměrně čistý a dostatečně stručný. Přehlednosti textu by však prospělo zřetelné oddělování textových odstavců. Práce je velmi dobře vybavena ilustrativními obrázky, avšak některé jsou zbytečně malé, a jejich komentáři. Přehled literárních zdrojů a publikací odpovídá v zásadě normám ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2(01 0197), avšak chybí ISBN nebo ISSN. V dizertační práci jsem nenašel zásadní chyby ani v popisu metod, ani v důkazech tvrzení. K práci mám některé formální připomínky, zejména:

- str. 17: chybí předpoklad  $X \neq Y$ ,
- odstavec 3.4.1: nevlastní integrál je zapisován bez mezí,



- kap. 3: někdy je značena náhodná veličina velkým písmenem, jindy malým písmenem,
- str. 42 a dále: statistický soubor je netradičně vyjádřen pomocí složených závorek jako množina,
- str. 44 i jinde: nadbytečné závorky v nerovnostech,
- str. 48: chybí označení konce důkazu Tvzení 3.3,
- str. 49: Definice 3.3 a 3.4 nerespektují případnou závislost složek náhodného vektoru,
- kap. 4: definice obecných pojmů z ekonomických časových řad nejsou definice matematických pojmů,
- str. 64: chybí, že uvedená „vzdálenost“ se také nazývá „metrika“,
- str. 65: není jasné, proč absolutní hodnota  $a_i$ ,
- str. 67: nejde o důkaz, protože chybí tvrzení,
- str. 70: nadbytečné tučné písmo,
- str. 75: místo „Euklidovský normy“ má být „Euklidovy normy“,
- str. 75: nejde o „sedlový bod“, ale o „stacionární bod“,
- str. 76 a 77: zbytečné důkazy, protože jde o citace,
- odstavec 4.11.1: odvozené výsledky nejsou formulovány jako tvrzení,
- str. 108 a 111: z obrázků to není bez komentářů moc jasné.

Uvedené připomínky však nesnižují významně celkovou úroveň velmi dobré dizertační práce a byly pravděpodobně způsobeny různými literárními zdroji, složitostí studované problematiky a snahou o stručnost.

K práci mám tyto dotazy:

1. Jakou další metriku by bylo vhodné zvolit, aby byla ještě méně citlivá na extrémně odchýlené hodnoty než metrika ve vztahu 4.82 na str. 86?
2. Co se rozumí „prvním lokálním minimem“ na str. 89?
3. Co způsobuje lichoběžníkový průběh na obr. 12, 13 a 14 (str. 94 a 95) při použití Parzenova jádra?
4. Jaký generátor pseudonáhodných čísel pro rozdělení  $N(0;1)$  byl použit?
5. Jak je definována hodnota  $m$  v Definici 5.2 na str. 107?
6. Byla provedena predikce spolehlivosti platební bilance ČR „in placebo“, tj. z menší historie řasových řad a porovnána se skutečností?
7. Jak je vytvořený software flexibilní pro jiné než ekonomické časové řady a jaké požadavky klade na uživatele?

Práce prokazuje, že doktorand na velmi solidní úrovni zvládl náročnou metodiku stanovení spolehlivosti pomocí jádrových odhadů rozdělení pravděpodobnosti a predikci trendu časových řad založenou na ortonormálních systémech, získal nové teoretické výsledky, vyvozené postupy úspěšně implementoval v prostředí Matlab do softwaru pro řešení reálných úloh z dané oblasti a aplikoval je na reálných ekonomických datech.

Cíle dizertační práce byly zaměřeny na řešení moderní a důležité problematiky jak z teoretického, tak i aplikačního hlediska. Postup řešení není rutinní, získané výsledky jsou rigorózní, a jsou původním přínosem doktoranda v dané oblasti odhadů spolehlivosti a trendu časových řad. Jsou cenná také pro další praktické aplikace, např. v provozní spolehlivosti, modelování energetických

časových řad, statistickém řízení výrobních procesů apod. V této souvislosti oceňuji také autorem vytvořený software a jeho použití pro odhady z konkrétních datových souborů.

Většinu dosažených výsledků autor již publikoval a jejich ohlas ve vědecké komunitě je pozitivní.

Konstatuji, že předložená doktorská dizertační práce splňuje podmínky kladené § 47, odst. 4 a 5, zákona č. 111/98 Sb. Doktorand prokázal schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu, je způsobilý k tvůrčí vědecké práci, ovládá moderní vědecké metody, má široké teoretické znalosti a ve své práci přinesl nové poznatky. **Doporučuji proto disertační práci k obhajobě a po její úspěšné obhajobě udělit doktorandovi akademický titul „doktor“ (Ph.D.).**

V Brně dne 20. srpna 2013.



Doc. RNDr. Zdeněk Karpíšek, CSc.  
Odbor statistiky a optimalizace  
Ústav matematiky  
Fakulta strojního inženýrství  
Vysoké učení technické v Brně  
Technická 2/2896  
616 69 Brno  
E-mail: karpisek@fme.vutbr.cz