

POSUDEK DIZERTAČNÍ PRÁCE

Název dizertační práce:

Tests of statistical hypotheses in measurement error models

Autor: Mgr. Radim Navrátil

Dizertační práce Mgr. Radima Navrátila pojednává o takových testech hypotéz a odhadech parametrů v modelech s chybou měření, které jsou založeny na pořadích. Pozornost je věnována zejména lineárnímu regresnímu modelu a modelu s parametrem posunutí. Přestože modelům s chybou měření již byla věnována ve statistice pozornost a vznikly i specializované monografie (např. Buonaccorsi, 2010), autor se zaměřil na řešení některých důležitých otevřených problémů. Dosud totiž nebyla v tomto kontextu věnována dostatečná pozornost neparametrickým metodám založeným na pořadích. V této oblasti dizertační práce přináší řadu originálních výsledků, které se týkají pořadových testů a R-odhadů.

Úvodní kapitola dizertační práce přináší motivaci pro studium daného tématu. Kapitola 1 shrnuje známé výsledky týkající se chování testové statistiky pořadového testu i testové statistiky založené na regresních pořadových skórech v modelu s chybami měření. Přitom upozorňuje na potíže existujících metod a ilustruje je na numerické studii. Další kapitoly pak již obsahují původní teoretické výsledky.

Nové testy hypotéz pro regresní model s chybami měření autor navrhuje a studuje v kapitole 2. V kapitole 2.1 rozvíjí myšlenky prof. H.L. Koula, který uvažoval odhady regresních parametrů založené na empirických procesech. Jejich myšlenku přenáší do kontextu testování hypotéz a odvozuje zde i asymptotické rozdělení testové statistiky. V kapitole 2.2 je zkonstruován test o absolutním členu v lineárním regresním modelu s chybami měření založený na pořadích reziduí. Ten je získán jako tzv. *aligned rank test*, v němž je směrnice jakožto rušivý parametr odhadnuta pomocí R-odhadu.

Kapitola 3 se věnuje R-odhadům v lineárním regresním modelu s chybami měření. R-odhady v tomto kontextu již byly studovány (Saleh *et al.* (2012)), ale bez upozornění na jejich vychýlení. Naproti tomu předložená dizertace pečlivě odvozuje jejich asymptotické rozdělení včetně explicitního vyjádření pro jejich vychýlení. Vychýlení je i vhodně ilustrováno v numerických simulacích.

Kapitola 4 nahlíží na lineární regresní model s heteroskedasticitou jako na speciální případ modelu s chybami měření. Studuje test heteroskedasticity založený na regresních pořadových skórech v situaci, kdy je heteroskedasticita vyjádřena konkrétním speciálním modelem. V kapitole je také navržen a studován test o regresních parametrech za přítomnosti rušivé heteroskedasticity založený na statistice pořadového testu i jiný test založený na regresních pořadových skórech.

Následující kapitoly jsou věnovány modelu s parametrem posunutí, který představuje zjednodušení regresního modelu na situaci bez regresorů. Konkrétně kapitola 5 studuje pořadové testy symetrie pro různě formulované modely s chybami měření. Zde autor také diskutuje vliv chyb měření na jednotlivé testy, což ilustruje na simulacích i příkladu s reálnými daty. Kapitola 6 pak systematicky prochází obdobné modely s chybami měření a studuje v nich R-odhady parametru posunutí.

Hlavní přínos dizertační práce jsou teoretické výsledky v kapitolách 2, 3 a 4. Zde autor prokázal, že je velmi dobře obeznámen s existujícími výsledky v oblasti statistické analýzy modelů s chybami měření, a navíc dokázal na tyto poměrně čerstvé výsledky úspěšně navázat. Konkrétně přináší řadu nových výsledků v oblasti testování hypotéz a teorie odhadu v modelech s chybami měření. Pečlivě dokázal jednotlivá tvrzení, přičemž použil řadu složitých teoretických nástrojů, které vycházejí z teorie pořadových testů, teorie odhadu a asymptotické statistiky. Nově navrhl některé testy hypotéz a nejen pro ně odvodil chování testových statistik v modelu s chybami měření za platnosti nulové hypotézy či za platnosti lokálních alternativ. U R-odhadů studuje jejich asymptotické rozdělení či asymptotickou relativní eficienci.

Autor doplnil každou ze svých kapitol simulační studií. Jeho vhodně provedené simulace lze zhodnotit jako dobrý doplněk teoretických výsledků, protože ověřují chování asymptotických metod při konečných rozsazích výběrů. Současně ze simulací vyplývá, jaký vliv vůbec mají chyby měření na pořadové testy či R-odhady. Autor formuluje své závěry vždy korektně, je si vědom předpokladů nebo omezení jednotlivých postupů. Nicméně u některých simulací své závěry komentuje příliš stručně či jen odkazuje na tabulku výsledků (např. na straně 59 a 60). V některých simulacích věnuje pozornost pouze metodám založeným na pořadích, aniž by je dostatečně srovnával s jinými (klasickými) postupy, což by mohlo umožnit zformulování praktičtějších a obecnějších závěrů.

Mgr. Radim Navrátil ve své dizertační práci přináší řadu hodnotných teoretických výsledků v oblasti pořadových testů hypotéz a odhadů pro různé modely a přináší i argumenty ve prospěch nově navržených metod. Zobecňuje přitom výsledky z nedávné doby, které publikovali např. Jurečková, Picek & Saleh (2010). Zdá se, že autor dobře využil své zkušenosti získané během svých zahraničních pobytů na prestižních zahraničních univerzitách. Z formálního hlediska považuji práci za velmi zdařilou. Práce je dobře strukturovaná, přehledná a působí uceleným dojmem. Je napsaná srozumitelně a obsahuje jen malý počet drobných překlepů. Ze všech těchto důvodů doporučuji přijmout dizertační práci Mgr. Radima Navrátila k obhajobě.

RNDr. Jan Kalina, Ph.D.
Ústav informatiky AV ČR, v.v.i.
Pod Vodárenskou věží 2
182 07 Praha 8
kalina@cs.cas.cz

24.6.2014