

## POSUDEK VEDOUCÍHO DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Název:** Detection of causality in time series using extreme values

**Autor:** Juraj Bodík

### SHRNUTÍ OBSAHU PRÁCE

V předložené diplomové práci jsou zkoumány kauzální vztahy mezi dvěma časovými řadami. Uvažovány jsou stacionární časové řady, jejichž marginální rozdělení mají těžké chvosty. Konkrétně je pozornost věnována dvourozměrné autoregresní posloupnosti s šumem majícím regulárně se měnící chvosty. Pro takové řady hrají důležitou roli extrémní hodnoty. Zatímco pro kvantitativní popis závislosti (korelace) na základě extrémů bylo v posledních letech navrženo několik užitečných nástrojů (např. extremogram), tak studiu příčinnosti nebyla zatím věnována pozornost. Pro dvojici náhodných veličin byl nedávno definován tzv. *causal tail coefficient*. V této práci je tento koeficient rozšířen na případ dvojice časových řad. Jsou studovány teoretické vlastnosti a jsou odvozeny zajímavé výsledky ohledně vztahu hodnoty koeficientu a směru kauzality. Je navržen přirozený odhadu koeficientu a je demonstrováno chování odhadu na simulovaných datech. Na závěr je představena ilustrace na reálná data z oblasti vesmírného počasí.

### CELKOVÉ HODNOCENÍ PRÁCE

**Struktura práce.** Práce je rozdělena do šesti kapitol. Po úvodu následuje první kapitola, ve které jsou přehledně shrnuty potřebné poznatky z oblastí vícerozměrných časových řad, teorie extrémních hodnot a kauzální analýzy. Ve druhé kapitole je definován *causal tail coefficient* pro dvourozměrnou stacionární časovou řadu. Hlavní vlastní výsledky jsou obsaženy v následujících dvou kapitolách, které jsou věnované vlastnostem navrženého koeficientu a jeho neparametrického odhadu. V posledních dvou kapitolách se nacházejí pomocná tvrzení a důkazy vět. Práce je logicky strukturována a je psána srozumitelně.

**Téma práce.** Zkoumané téma je velmi aktuální. Rozšiřuje některé otázky a problémy z nedávného preprintu Gnecco et al. (2020). Zadání práce bylo úspěšně splněno.

**Vlastní příspěvek.** Největší přínos autora spočívá v dosažených teoretických výsledcích, které jsou popsány v kapitolách 3 a 4 a jejichž důkazy jsou odsunuty do kapitol 5 a 6. Pokud by se zrevidovaly a doladily některé detaily, zformalizovaly některé kroky důkazů a povedlo se přidat důkaz konzistence odhadu, tak by si získané výsledky zasloužily publikaci ve vhodném časopise. Na příkladech je vidět, že navržené postupy mají potenciál být užitečné pro aplikace.

**Matematická úroveň.** Matematická úroveň práce je výborná. Tvrzení jsou korektně zformulována. Práce obsahuje řadu vlastních techničtějších odvození.

**Práce se zdroji.** Použité zdroje jsou řádně citovány.

**Formální úprava.** Formální úprava práce je na velmi dobré úrovni. Práce je psána slušnou angličtinou.

## ZÁVĚR

Juraj pracoval po celou dobu aktivně a velmi samostatně. Prokázal schopnost přehledně sepsat rigorózní matematický text. Jeho práci považuji za velice zdařilou a doporučuji ji uznat jako diplomovou práci na MFF UK.

V Praze, 8. června 2021

doc. RNDr. Zbyněk Pawlas, Ph.D.  
KPMS MFF UK