

TREND GODIŠNJIH I SEZONSKIH KOLIČINA PADAVINA NA KLIMATOLOŠKOJ STANICI LOZNICA

Uroš Durlević¹, Marko Sedlak², Nikola Čorović³

Apstrakt: Usled porasta trenda količine padavina u zapadnoj Srbiji, broj prirodnih nepogoda u ovom kraju Srbije se tokom poslednjih nekoliko decenija povećava. Cilj ovog rada je analiza trenda godišnjih i sezonskih količina padavina tokom dva klimatološka perioda, 1961-1980. i 1981-2019. godine. Za prepoznavanje trenda korišćen je Mann-Kendall test, dok je za ocenu krivine nagiba linearnog trenda primenjivan Senov test procene. Primenom standardne devijacije određene su sušne i vlažne godine tokom istraživanog perioda. Na osnovu obrađenih podataka i dobijenih rezultata, može se zaključiti da je trend godišnjih i sezonskih količina padavina na primeru klimatološke stanice Loznica u porastu. Statistički značaj utvrđen je za godišnji trend padavina (nivo 0,1) i zimski period godine (nivo 0,1). Poznavanje trenda količine padavina je izuzetno važno sa aspekta zaštite životne sredine i biodiverziteta, jer je klimatološki faktor jedan od najznačajnijih u analizi prirodnih hazarda, poljoprivrednih aktivnosti, vodnih resursa itd.

Cljučne reči: trend, Loznica, Mann-Kendall test, signifikantnost

TREND OF ANNUAL AND SEASONAL PRECIPITATION AT THE CLIMATOLOGICAL STATION LOZNICA

Abstract: Due to the increasing trend of the precipitation amounts in western Serbia, the number of natural disasters in this part of Serbia has been increasing over the last few decades. The aim of this paper is to analyse the annual and seasonal trend of precipitation during the two climatological periods: 1961-1980. and 1981-2019. years. The Mann-Kendall test was used to identify the trend, while Sen's estimation test was used to estimate the slope of the linear trend. Dry and wet years were determined during the research period using the standard deviation. Based on the processed data and the obtained results, it can be concluded that the trend of the annual and seasonal amount of precipitation on the climatological station Loznica is increasing. Statistical significance was determined for the annual precipitation trend (level 0,1) and the trend of the winter season (level 0,1). Knowing the trend of precipitation is very important from the aspect of environmental protection and biodiversity because the climatological factor is one of the most important during the analysis of natural hazards, agricultural activities, water resources, etc.

Key words: trend, Loznica, Mann-Kendall test, statistical significance

1 Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 3/III, durlevicuros@gmail.com

2 Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 3/III, maresedlak1@gmail.com

3 Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 3/III, corovic.nikola.nc@gmail.com

UVOD

Usled porasta globalne temperature na Zemlji i intenziviranja ljudskih aktivnosti, promene u količini padavina imaju veliki uticaj na **životnu** sredinu, globalni biodiverzitet, ekonomiju, poljoprivredu, vodne resurse itd (Unkašević & Tošić, 2011; Milovanović et al., 2017; Dai et al., 2018; Anđelković et al., 2018; Fang et al., 2019; Zuo et al., 2021). Prema istraživanjima Nacionalne vazduhoplovne i svemirske administracije (NASA), trenutni klimatski modeli ukazuju da **će** porast temperatura pojačati vodni ciklus Zemlje, povećavajući isparavanje. Povećano isparavanje rezultiraće **češćim** i intenzivnim olujama, ali **će** takođe doprineti procesu aridizacije na nekim kopnenim površinama. Kao rezultat toga, područja pogođena olujom imaće porast količine padavina i povećani rizik od poplava. Na teritoriji Srbije, obrađivani su prostorno-vremenski obrasci padavina za period 1946-2012. godine. Iako su identifikovane tri različite podregije, analiza linearnog trenda srednjih godišnjih padavina pokazala je trend porasta za stanice smeštene u Srbiji (Gocic & Trajkovic, 2014).

Za adekvatnu kvalitativnu i kvantitativnu analizu promene vrednosti količine padavina, odnosno uočavanje trenda, potrebna je baza podataka sa meteoroloških stanica sa dužim vremenskim nizom od, minimum 50 godina. U ovom radu korišćeni su podaci sa meteorološke stanice u Loznici sa vremenskim opsegom od 1961. do 2019. godine. Metoda koja je korišćena u radu jeste Mann-Kendall test, kako bi se utvrdilo postojanje trenda u dva klimatološka perioda: 1961-1980. i 1981-2019. godine. Padavine su, uz temperature, najvažniji klimatski element, tako da je veoma važno utvrditi da li se njihova količina na istraživanom prostoru povećava ili smanjuje. Prema karti regionalnog rasporeda suše, Loznica se nalazi na prelazu umereno sušne u umereno vlažne oblasti (**Драгићевић и Филиповић**, 2009).

Imajući u vidu gore navedene informacije, cilj ovog rada je postizanje detaljnijih i preciznijih saznanja o raspodeli padavina i trendovima u istraživanom području za period od 59 godina (1961-2019). Izdvajanje rezultata koji imaju statistički značaj moglo bi da omogući adekvatnije i efikasnije upravljanje **životnom** sredinom od strane lokalnih službi odgovornih za zaštitu prirode i upravljanje vanrednim situacijama.

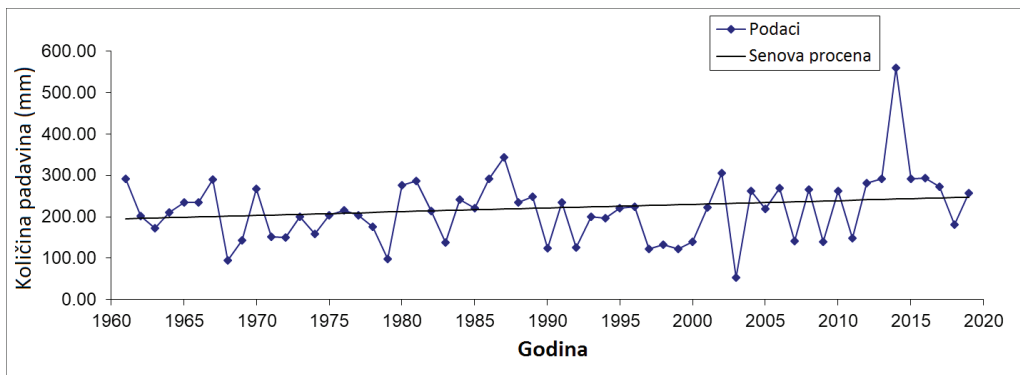
MATERIJALI I METODE

Loznica je grad u zapadnom delu Srbije u koji se, zbog izraženog maritimnog uticaja sa Jadrana, izluči velika godišnja količina padavina (800-1000 mm). Padavinska stanica nalazi se na 121 m n.v. U ovom istraživanju, metoda koja je korišćena za otkrivanje trendova padavina jeste Mann-Kendall test (Mann, 1945; Kendall, 1975), koji polazi od pretpostavke da su vremenske serije nezavisne (Mustafić, 2012). Test pripada grupi neparametarskih statističkih trendova koji tretira serije koje nisu normalno distribuirane, a korišćenje pomenutog testa zasniva se na višegodišnjim nizovima podataka (Douglas, 2000; Sun et al., 2016; Langović et al., 2017).

Korišćeni su podaci Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZS) za vremenski period 1961-2019. godine prikazani kroz sezonske i godišnje vrednosti količine padavina za Loznicu. Na osnovu poređenja relativnih magnituda promene podataka, test identifikuje trend niza. Ukoliko se utvrdi da je vrednost trenda manja od 0, tada se u vremenskoj seriji javlja opadajući trend, a ukoliko je vrednost trenda veća od 0, konstatuje se rastući trend (Yue & Wang, 2004; Langović et al., 2017; Manojlović et al., 2021). U Mann-Kendall testu postavljena je nulta hipoteza pod pretpostavkom da u vremenskoj seriji nema monotonog trenda. Za testiranje nulte hipoteze koristi se kontrolna statistika (Kendall, 1962). Za procenjivanje nagiba, odnosno krive linearnog trenda, upotrebljava se Senov test procene (Sen estimate). Vrednosti u Senovom testu prikazuju prosečan porast/pad sezonske i godišnje količine padavina.

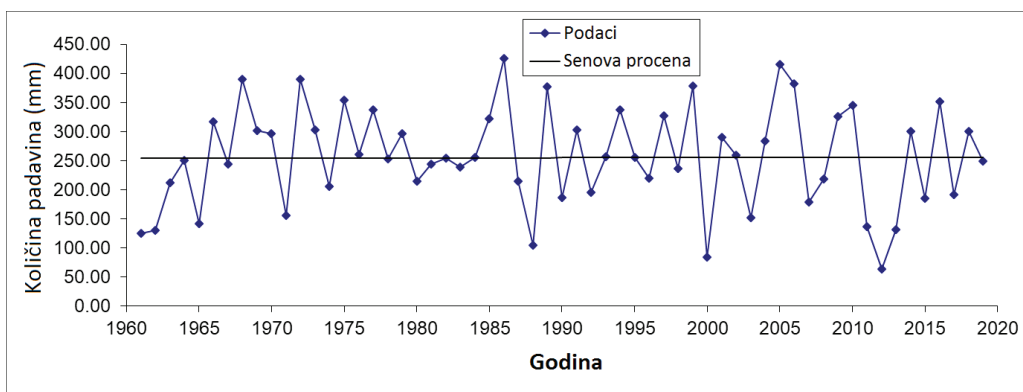
REZULTATI I DISKUSIJA

Upotrebom Mann-Kendall testa, dobijeni su rezultati promene vrednosti količine padavina tokom sezonskih perioda. Ova analiza podrazumevala je obradu podataka prema klimatološkim godišnjim dobima: proleće (mart, april, maj), leto (jun, jul, avgust), jesen (septembar, oktobar, novembar) i zima (decembar, januar, februar). Da bi se dobili kompletni rezultati za period od 59 godina, korišćene su i vrednosti količine padavina za decembar 1960. godine.



Slika 1: Trend količine padavina tokom proleća

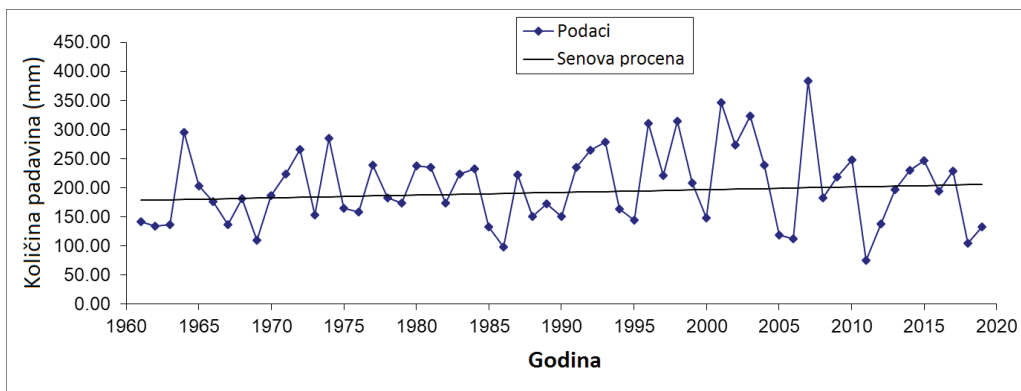
Za prolećni period karakterističan je porast trenda bez statističkog značaja. Najmanja količina padavina zabeležena je tokom proleća 2003. godine (52,9 mm), a maksimalna u proleću 2014. godine (559,6 mm). Prosečne sezonske vrednosti u prvom klimatološkom periodu su manje (210,5 mm) u odnosu na drugi (222 mm).



Slika 2: Trend padavina tokom leta

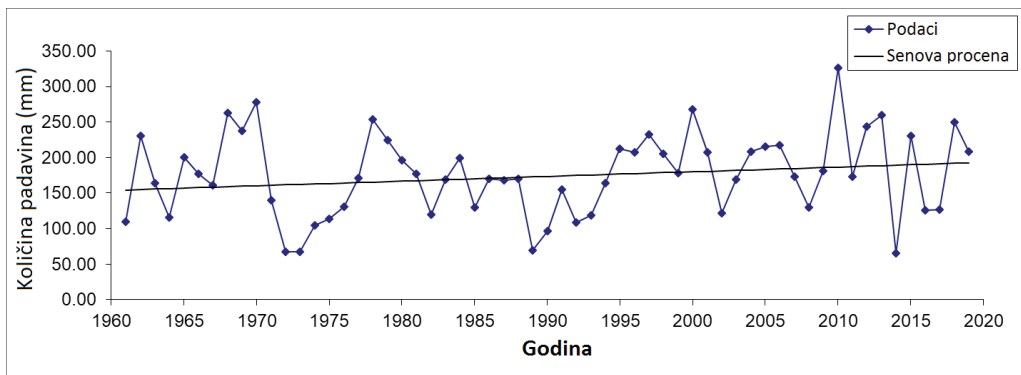
Za letnji period konstatovana je stagnacija trenda bez statističke značajnosti, odnosno vrednost trenda (Z) je 0. Minimum padavina sa 63,2 mm zabeležen je 2012. godine, dok je maksimum zabeležen 1986. godine sa 425,6 mm padavina. Prosečna sezonska količina padavina u prvom periodu bila je veća (260,1 mm) u odnosu na drugi (253,5 mm).

Trend godišnjih i sezonskih količina padavina na klimatološkoj stanici Loznica



Slika 3: Trend padavina tokom jeseni

Porast trenda bez statističkog značaja zabeležen je i za jesenji period. Najmanja količina padavina od 74,9 mm zabeležena je 2011. godine, dok je maksimum zabeležen 2007. godine sa 383,9 mm padavina. Prosečna sezonska količina padavina u drugom periodu je bila veća i iznosila je 216,5 mm u odnosu na prvi period (185,8 mm).



Slika 4: Trend padavina tokom zime

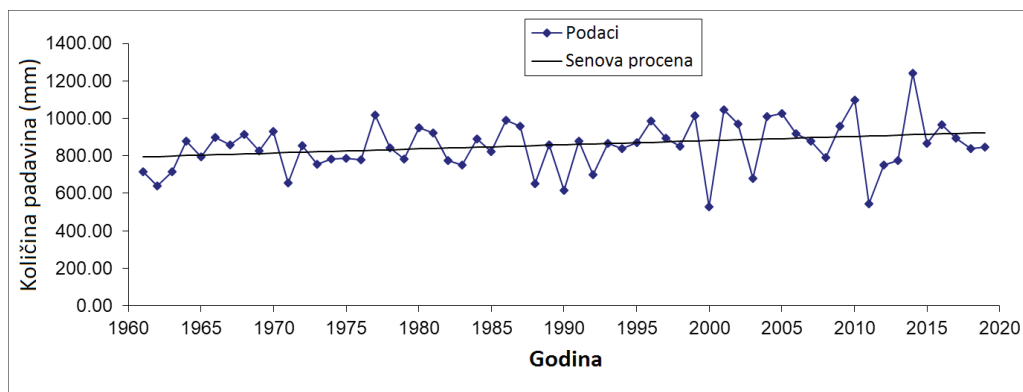
Za zimski period konstatovan je porast trenda sa blagim statističkim značajem (nivo 0,1). Minimum padavina javio se 2014. godine sa 65 mm padavina. Najveća količina padavina zabeležena je 2010. godine i iznosila je 325,9 mm. Prosek sezonskih padavina u drugom periodu (189 mm) veći je u odnosu na prvi (165,2 mm).

Tabela 1: Rezultati MannKendal testa za sezonske vrednosti u Loznici, period 1961-2019. godine

Klimatološko godišnje doba	Z - vrednost trenda	B - Senova procena	α - nivo značajnosti
Proleće	1,51	0,890	-
Leto	0	0,016	-
Jesen	0,75	0,47	-
Zima	1,72	0,657	+

U Loznici je za istraživani period zabeležen porast trenda tokom proleća, jeseni i zime, a statistički značaj ima samo zimski period gde je konstatovana signifikantnost od 0,1, tako da se u zimskoj sezoni beleži porast količine padavina za 0,657 mm/god. Najveći porast beleži se tokom proleća (0,89 mm/god), tokom leta on je neznatan i iznosi 0,016 mm/god, a tokom jeseni količina padavina raste za 0,47 mm/god.

Što se tiče godišnjih vrednosti, kako bi se identifikovale vlažne i sušne godine, prosečna godišnja količina padavina, koja za ispitivani period iznosi 849,9 mm se sabira/oduzima sa polovinom standardne devijacije koja za godišnje sume padavina iznosi 66,5.



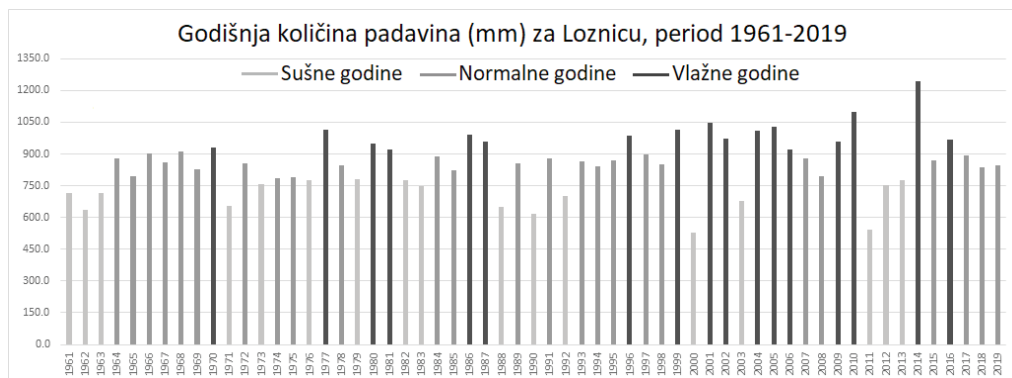
Slika 5: Trend godišnje količine padavina

Na godišnjem nivou konstatovan je porast trenda sa statističkim značajem (nivo 0,1). Vrednost trenda (Z) iznosi 1,92 dok je Senova procena 2,223, što znači da se količina padavina povećava za 2,223 mm/god. Godina sa najmanjom količinom padavina bila je 2000. sa 529,2 mm padavina, dok je najkišovitija bila 2014. godina sa 1242,4 mm padavina. Prosečna godišnja količina padavina bila je veća u drugom klimatološkom periodu (880,7 mm) u odnosu na prvi (820,2 mm). Tokom istraživanog perioda od 59 godina, utvrđeno je 17 vlažnih godina sa količinom padavina većom od 916,6 mm i 17 sušnih godina sa sumom padavina manjom od 783,4 mm.

Tabela 2: Prikaz vlažnih i sušnih godina u Loznici

Tipovi	Godina
Vlažne godine	2014, 2010, 2001, 2005, 1977, 1999, 2004, 1986, 1996, 2002, 2016, 1987, 2009, 1980, 1970, 1981, 2006.
Sušne godine	2000, 2011, 1990, 1962, 1988, 1971, 2003, 1992, 1963, 1961, 1983, 2012, 1973, 1982, 2013, 1976, 1979.

Analizom godišnjih padavinskih minimuma i maksimuma, dolazi se do zaključka da je više vlažnijih godina bilo u drugom klimatološkom periodu (11) u odnosu na prvi (6), a da je više sušnih godina bilo u prvom periodu (11) u odnosu na drugi (6).



Slika 6: Godišnja suma padavina i klasifikacija godina

Najduži sušni periodi bili su 1961-1963. i 2011-2013. godine i sastojali su se od po tri uzastopne sušne godine. U vremenskom periodu od 13 godina (1971-1983) zabeleženo je šest sušnih godina. Što se tiče najvlažnijeg perioda, to je 2004-2006. i sastojao se od 3 uzastopne vlažne godine. U intervalu 1996-2010. godine (15 godina) zabeleženo je devet vlažnih godina.

ZAKLJUČAK

U radu su, primenom Mann-Kendall testa, analizirani trendovi sezonskih i godišnjih padavina na primeru klimatološke stanice Loznica. Na sezonskom nivou, u Loznici je tokom tri godišnja doba zabeležen porast trenda osim letnjeg perioda gde je identifikovan stagnirajući trend, a statistički značaj ima samo trend tokom zimskog perioda (nivo 0,1). Kada se radi o trendovima za godišnje sume padavina, zaključuje se da je količina padavina takođe u porastu na ispitivanom prostoru. Konstatovan je statistički značaj (nivo 0,1), a količina padavina povećava se za 2,2 mm/god. Tokom drugog klimatološkog perioda broj vlažnih godina (11) se značajno povećao u odnosu na prvi (6), dok se broj sušnih godina (6) smanjio u odnosu na prvi klimatološki period (11).

Poznavanje promena vrednosti količine padavina veoma je značajno kako bi se omogućilo adekvatno upravljanje geoprostorom. Dobijeni rezultati za promenu trendova omogućiće lokalnim samoupravama, službama za zaštitu prirode i sektoru za upravljanje vanrednim situacijama da na jasan i efikasan način definišu mere održivog upravljanja poljoprivrednim parcelama, zaštitu vodnih i šumskih resursa i mere zaštite životne sredine od prirodnih nepogoda u kojima padavine, njihova učestalost i intenzitet predstavljaju značajan faktor.

Zahvalnica: Istraživanje je sprovedeno na Univerzitetu u Beogradu – Geografski fakultet, finansirano sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

Anđeković, G., Jovanović, S., Manjlović, S., Samardžić, I., Živković, Lj., Šabić, D., Gatarić, D. & Džinović, M. (2018). Extreme Precipitation Events in Serbia: Defining the Threshold Criteria for Emergency Preparedness. *Atmosphere*, 9, 188.

Dai, A., Zhao, T. & Chen, J. (2018). Climate Change and Drought: a Precipitation and Evaporation Perspective. *Current Climate Change Reports*, 4, 301-312.

Драгићевић, С. & Филиповић, Д. (2009). Природни услови и непогоде у планирању и заштити простора. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.

Douglas, E. M., Vogel, R. M. & Kroll, C. N. (2000). Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. *Journal of Hydrology*, 240 (1-2), 90-105.

Fang, W., Huang, S., Ren, K., Huang, Q., Huang, G., Cheng, G. & Li, K. (2019). Examining the applicability of different sampling techniques in the development of decomposition-based streamflow forecasting models. *J. Hydrol.*, 568, 534-550.

Gocic, M. & Trajkovic, S. (2014). Spatio-temporal patterns of precipitation in Serbia. *Theor Appl Climatol.*, 117, 419-431.

Kendall, M.G. (1975). *Kendall Rank Correlation Methods*. Griffin: London, UK, pp. 1-202.

Langović, M., Manojlović, S. & Čvorović, Z. (2017). Trends of mean annual river discharges in the Zapadna Morava river basin. *Bulletin of Serbian Geographical Society*, 97 (2), 19-45.

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.

Manojlović, S., Sibinović, M., Srejić, T., Hadud, A. & Sabri, I. (2021). Agriculture Land Use Change and Demographic Change in Response to Decline Suspended Sediment in Južna Morava River Basin (Serbia). *Sustainability*, 13, 3130.

Milovanović, B., Schuster, P., Radovanović, M., Ristić Vakanjac, V. & Schneider, C. (2017). Spatial and temporal variability of precipitation in Serbia for the period 1961–2010. *Theor Appl Climatol*, 130, 687-700.

Mustafić, S. (2012). *Geografski faktori kao determinantne intenziteta erozije na primeru sliva Nišave*. Doktorska disertacija. Београд: Универзитет у Београду, Географски факултет, 1-427.

Sun, S., Barraud, S., Castebrunet, H., Aubin, J. B. & Marmonier, P. (2016). Long – term trend evolution of the temperature of the groundwater upstream and downstream a stormwater infiltration basin. *Conference Novatech*.

Unkasevic, M. & Tosic, I. (2011). A statistical analysis of the daily precipitation over Serbia: trends and indices. *Theor Appl Climatol*, 106, 69-78.

Yue, S. & Wang, C. (2004). The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. *Water resources management*, 18, 201-218.

Zuo, D., Hou, W., Wu, H., Yan, P. & Zhang, Q. (2021). Feasibility of Calculating Standardized Precipitation Index with Short-Term Precipitation Data in China. *Atmosphere*, 12, 603.

Kendall, M. (1962). *Rank correlation methods*. New York: Hafner Publishing Company.