

Vijeću PMF-a

Ocjena magistarskog rada pod nazivom "Analiza rekorda u atletici primjenom teorije ekstremnih vrijednosti" kandidatkinje Anđele Mijanović

Na sjednici Vijeća PMF-a održanoj 26.09. 2018. godine imenovani smo u Komisiju za ocjenu magistarskog rada pod nazivom "Analiza rekorda u atletici primjenom teorije ekstremnih vrijednosti" kandidatkinje Anđele Mijanović. Vijeću podnosimo sljedeći

Izvještaj

a) Tema rada

Tema magistarskog rada pripada teoriji ekstremnih vrijednosti. Teorija ekstremnih vrijednosti je značajna stohastička disciplina koja se intenzivno razvija u domenu teorije kao i u domenu primjena. Teorija ekstrema se primjenjuje u hidrologiji - procjena najvećeg mogućeg vodostaja u cilju određivanja bezbjedne visine brane; osiguranju sa ciljem ocjene visine reosiguranja; građevinarstvu - ocjene dužine piste koja obezbjeđuje sigurno polijetanje i slijetanje. Teorija se takođe primjenjuje u finansijskoj matematici, tehnologiji, biologiji, sportu. Paralelno sa razvojem teorije ekstrema razvija se i statistika ekstrema.

b) Predmet rada

U radu [4] autori su sproveli statističku analizu najboljih atletskih rezultata u dvanaest muških i dvanaest ženskih disciplina. Analiza je rađena na osnovu rezultata sa zaključno krajem 2005. godine. Cilj rada je bio odgovoriti na sljedeća dva pitanja. Da li se rezultati uklapaju u modele ekstremnih raspodjela i ako je odgovor pozitivan ocijeniti indeks raspodjele tj. parametar γ . Budući da je ocjena parametra γ u svim disciplinama sa izuzetkom muškog skoka u dalj bila negativna, dobijena ocjena je poslužila za ocjenu gornje granice nosača raspodjele obilježja. Drugo pitanje se odnosilo na kvalitet u tom trenutku aktuelnih svjetskih rekorda. Mjera kvaliteta se dobija nakon procjene očekivanog broja bilježenja rezultata koji će biti bolji od trenutnog svjetskog rekorda. Vrijeme je pokazalo da su rezultati analize bili kvalitetni, tj. prognoze su bile odlične. U radu [5] je urađena analiza, za rezultate sprinta

na 100 metara, muškarci i žene; korišćeni su rezultati zaključno sa 2009. godinom. Kako je prošlo 13, odnosno 9 godina od vremena kada su urađena gore navedene analize, nametnula se potreba da se napravi nova analiza uz očekivanje da će se u njenim rezultatima reflektovati nove okolnosti. Nove okolnosti podrazumijevaju nove tehnike u atletskim disciplinama, nove metode treninga, novu sportsku opremu i novi način ishrane koji uključuje i dodatke ishrani. U radu je sprovedena analiza rekorda u sprintu na 100 metara i u bacanju kugle, muškarci i žene; korišćeni su rezultati od 1991. g. (tada je uvedena savremena doping kontrola) zaključno sa 5. julom 2018. Jedan od razloga za izbor upravo ove teme je dostupnost podataka. Naime, na sajtu International Association of Athletics Federations (IAAF) se mogu naći svi potrebni podaci za analizu.

c) Organizacija i sadržaj rada

Rad je napisan na 50 stranica. Sastoji se od uvoda, dvije glave, zaključka i literature sa dvanaest naslova. Rezultati simulacija u R-u su prezentovani u četiri tabele i na dvadeset jednoj slici.

Na početku prve glave su navedeni osnovni pojmovi teorije ekstremnih vrijednosti uključujući teoremu o ekstremalnim tipovima. Kandidatkinja je prilikom pisanja ovog dijela koristila referentne knjige [1] i [6]. U nastavku prve glave su izloženi teorijski rezultati koji se koriste u analizi.

Prvi korak u radu podrazumijeva testiranje hipoteze o primjenjivosti teorije ekstremnih vrijednosti u analizi prikupljenih podataka. U radu je izložena procedura testiranja, korišćeni su izvori [3],[7] i [8].

Sljedeći korak podrazumijeva ocjenjivanje nepoznatog indeksa γ i gornje granice $x^* := \sup\{x : F(x) < 1\}$ gdje je F teorijska funkcija raspodjela obilježja tj. slučajne promjenljive koja generiše rekorde. U radu je data teorijska osnova ocjenjivanja, materijal se oslanja na radove [2] i [6].

Ocjena nepoznatog parametra γ se izražava u funkciji od k , gdje je k broj najboljih rezultata, $k \in \{2, \dots, n-1\}$, n je obim uzorka. Male vrijednosti broja k povlače veliku disperziju ocjene, dok velike vrijednosti impliciraju pristrasnost. Dobre vrijednosti za k se dobijaju primjenom metode bazirane na minimizovanju asimptotske srednje kvadratne greške (AMSE, asymptotic mean-squared error). U prezentovanju teorije je korišćen rad [5].

Na kraju se ocjenjuje kvalitet postojećeg svjetskog rekorda. Kvalitet se mjeri sa $n(F(x^*) - F(y_n))$, gdje je y_n najbolji trenutni rezultat, tj. aktuelni svjetski rekord. U radu je prim-

jenjivana teorija ekstrema u smislu maksimuma. Stoga se u slučaju sprinta rezultat mjeri srednjom brzinom. Teorija na kojoj se zasniva ocjena za $n(F(x^*) - F(y_n))$ je izložena u [6] i [4], kandidatkinja se poziva na te izvore.

U drugoj glavi je urađena analiza rekorda u sprintu na 100 metara i u bacanju kugle. Cilj analize je bio da se odgovori na sljedeća dva pitanje.

1^o. Kolika je gornja granica svjetskog rekorda uz aktuelne tehnike koje se primjenjuju, metode treninga, opremu, ishranu koja uključuje dozvoljene i dostupne suplemente?

2^o. Koliko je dobar svjetski rekord?

U radu su dati odgovori na postavljena pitanja. Korišćenjem programskog jezika R kandidatkinja je realizovala teorijske rezultate. Realizacija je ostvarena pisanjem izvornog koda u R. Rezultati su prikazani kroz tabele i slike.

U svim analiziranim slučajevima potvrđena je hipoteza o primjenjivosti teorije ekstremnih vrijednosti. U svim slučajevima je ocjena nepoznatog parametra γ bila očekivano negativna. Dobijene su ocjene za x^* i odgovarajući intervali povjerenja. I na kraju je dobijen kvalitet svjetskog rekorda.

Rad na temi je zahtijevao visok nivo matematičke pismenosti. Kandidatkinja je usvojila statističke procedure koje su izložene u monografijama [1] i [6] i u radovima [2], [3], [4], [5], [7] i [8].

Literatura

- [1] Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer.
- [2] Dekkers, A. L. M, Einmahl, J. H. J. and de Haan, L. (1989). A moment estimator for the index of an extreme value distribution. *Annals of Statistics* **16**, 1833-1855.
- [3] Dietrich, D., de Haan, L. and Husler, J. (2002). Testing extreme value conditions. *Extremes* **5**, 71-86.
- [4] Einmahl, J. and Magnus, J. (2008). Records in athletics through extreme value theory, *Journal of the American Statistical Association* **103**, 1382-1391.
- [5] Einmahl, J. and Smeets, J. (2011). Ultimate 100-m world records through extreme-value theory, *Statistica Neerlandica* **65**, 32-42.

- [6] de Haan, L. and Ferreira, A. (2006). *Extreme Value Theory: An Introduction*. Springer.
- [7] Husler, J. and Li, D. (2006). On testing extreme value conditions. *Extremes* **9**, 69-86.
- [8] Husler, J. and Li, D. (2007). Testing extreme value conditions with applications, in: Reiss, R.-D. and Thomas, M. (Eds.), *Statistical Analysis of Extreme Values*, 3rd edn., Birkhauser, Basel.

Zaključak

Rad je napisan pismeno, matematički korektno, jasno i pregledno. Postignut je planirani cilj istraživanja.

Predlažemo Vijeću da odobri javnu odbranu magistarskog rada pod nazivom "Analiza rekorda u atletici primjenom teorije ekstremnih vrijednosti" kandidatkinje Andele Mijanović.

U Podgorici, 23. novembar 2018.

dr Siniša Stamatović, redovni profesor, mentor

S. Stamatović

dr Vladimir Božović, vanredni profesor

V. Božović

dr Božidar Popović, docent

Božidar Popović