

Biometrika i eksperimentalna statistika

Nikola Mičić^{1,2}, Gordana Đurić^{1,2}, Božo Vazić¹

¹*Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Banjaluci*

²*Institut za genetičke resurse Univerziteta u Banjaluci*

Rezime

Biometrika je prilikom svog nastanka (Galton, 1901) definisana kao nauka koja treba da se bavi primenom matematičko-statističkih metoda u biološkim naukama. Krajem veka u kome je i nastala, biometrika se našla na raskršću između matematičko-statističkih metoda i eksperimentalnih i instrumentalnih metoda koje su u istom periodu napravile značajne iskorake u biološkim istraživanjima. Danas, međutim, statističari ne pokazuju veliki interes da prate napredak bioloških nauka, a istraživači u biološkim naukama, zaokupljeni novim eksperimentalnim metodama i tehnikama, pribegavaju matematičko-statističkim metodama samo sa ciljem sigurne potvrde dobijenih eksperimentalnih rezultata. Tako, jednostavno, možemo videti da u svim statističkim udžbenicima, stručnim prikazima i naučnim knjigama iz statistike, na našem jeziku, ali i u okruženju, nije dat niti je diskutovan, ni jedan primer u kome se javljaju statistički značajni interakcijski efekti u faktorijalnoj analizi varijanse, a da ne pominjemo AMMI^a, GGE^b i PCA^c model analize interakcijskih efekata u multifaktorijalnoj varijansi [8, 7]. Istovremeno u istom okruženju, u biološkim istraživanjima napravljena su brojna pogrešna uopštavanja ili doneti potpuno pogrešni i besmisleni zaključci koji su potvrđeni obimnim matematičko-statističkim izračunavanjima, a da pritom nije zabeležena ni jedna jedina reakcija statističara na evidentno pogrešno korišćenje ovih metodika. Na osnovu iznetih konstatacija možemo zaključiti da biometrika danas neminovno zahteva drugačiji pristup i odgovornost svih onih koji se bave svakim pojedinim segmentom ove interdisciplinarnе nauke.

Biometrika, kao naučna disciplina u osnovi podrazumeva integralni pristup, matematičko-statističkih, eksperimentalnih i svih drugih metoda i tehnika, kao i njihovu interakciju sa svakim pojedinačnim faktorom u realizaciji istraživanja, a sve sa ciljem omogućavanja istinskog razumevanja rezultata eksperimentalnog rada u biološkim, odnosno, poljoprivrednim naukama.

Ključne reči: Statističke zakonitosti, varijacije, biometričko zaključivanje.

^a Additive Main effects and Multiplicative Interaction

^b Genotype main effects and Genotype × Environment interaction

^c Principal Components Analysis

Uvod

Biometriku kao nauku koja treba da se bavi primenom matematičko-statističkih metoda u biološkim naukama definisali su Francis Galton, Karl Pearson, i Walter Weldon 1901. godine. Svoj zajednički stav potvrdili su pokretanjem naučnog časopisa *Biometrica*^d (1901), kao časopisa za statistiku u kojem je naglasak stavljen na radove koji sadrže originalne teorijske priloge, direktne ili potencijalne vrednosti sa aplikacijama u biološkim istraživanjima. Ovaj entuzijazam bazirao sa na naučnim otkrićima njihovih savremenika kao što je Čarls Darwin ili upravo u to vreme po prvi put shvaćenim Mendelovim zakonima. Ovaj koncept časopisa zadržan je sve od 1930. godine, kada *Biometrika* praktično postaje časopis za čistu statističku teoriju i metodiku [4]. Međutim, značajan razvoj bioloških nauka od sredine XX veka do danas, pitanje odnosa matematičko-statističkih i bioloških nauka vraća ponovo u vreme nastanka *Biometrike* i aktualizuje preispitivanje fundamentalnih ciljeva koje *biometrika* kao naučna disciplina treba da ostvari.

Statistika se danas shvata kao naučna disciplina ili naučna metoda za kvantitativno ispitivanje masovnih pojava. Statistika prikuplja i po definisanim kriterijumima klasifikuje ili sređuje podatke. Matematičko-statistička osnova je matematizacija varijacija i verovatnoće. Eksperimentalna statistika nam sa određenom ili odabranom verovatnoćom daje meru varijacija eksperimentalnih podataka i time sugerise pouzdanost ocene u tendencijama analizirane pojave. Statističke metode značajno su podržale razvoj bioloških i poljoprivrednih nauka. Danas, u našem okruženju, ova podrška više je nego potrebna. Analiza više doktorskih i magistarskih teza i naučnih radova [24, 25, 19, 20] nedvosmisleno pokazuje da se statističke metode sve više koriste šablonski, bez jasnog razumevanja šta primenjene analize pokazuju, a što, u konačnom, za posledicu ima pogrešna uopštavanja i besmislene zaključke.

U duhu razvoja *biometrike* početkom XX veka, prvi udžbenik iz *biometrike* u našem okruženju napisao je Tavčar [32] sa tri definisana poglavlja: I) Varijabilitet, II) *Biometrička* istraživanja kvantitativnih svojstava, i III) *Biometrička* istraživanja kvalitativnih ili alternativnih svojstava. Iako je razvoj statistike posle toga dostigao značajne razmere, pojava prve *Biometrike* u okruženju zaslužuje da se posebno istakne iz razloga što je kasnije udaljavanje statistike od bioloških istraživanja imalo negativne posledice pre svega po razvoj bioloških istraživanja, ali i po razvoj statistike.

Pitanje odnosa eksperimentalne statistike i *biometrike*, danas, ne postavlja se sa ciljem umanjivanja značaja statističkih metoda i znanja koje moraju imati istraživači u biološkim naukama, već u cilju adekvatne upotrebe statističkih znanja i dostignuća i stavljanja statistike u pravilan odnos prema svim drugim faktorima naučno-eksperimentalnog istraživanja. Ovo pitanje sigurno ne može biti rešeno na način kako nam to sugerisu "čisti" statističari [3], već obrazovanjem stručnjaka za *biometriku* koji će jednako znati i matematičko-statističke metode i biološke zakonitosti sa eksperimentalnim metodama i tehnikama i koji će imati dovoljno znanja da promisle interakcijske efekte svih opštih i pojedinačnih faktora čija je rezultanta posmatrana pojava.

Potvrda ovog stava, kao stava do koga je došla i šira naučna i akademska zajednica može se naći i u revidiranom *Frascati manuel-u* [6] u kome je samo teorijska

^d *Biometrica* - Oxford University Press. ISBN 0-19-850993-6.

statistika svrstana u prirodne nauke (sa matematikom), a aplikativne statistike klasifikuju se u odgovarajuće posebne naučne oblasti.

Biometrika i statističko zaključivanje kod nas i u okruženju

Odnos statističara, prema eksperimentalnoj tehnici u poljoprivrednim naukama i istraživanjima u našem okruženju, najbolje možemo videti u navodima Hadživukovića [11]: "Eksperimentalna tehnika primenjena kod postavljanja ogleda, njegovog izvođenja i konačnog dobijanja rezultata ne sme biti činilac uticajan na povećanje eksperimentalne pogreške. Da ne bi došlo do toga potrebno je čitav ogled savesno voditi". Dakle, pitajmo se ko je taj ko treba da da odgovor kako eksperimentalna tehnika primenjena kod postavljanja ogleda treba ili može uticati na rezultate eksperimenta a da pri tome ne dolazi do povećanja eksperimentalne pogreške? Dakle, ko? Statističar ili istraživač koji poznaje eksperimentalnu tehniku i proučava određenu pojavu? Takođe, svakom istraživaču, kao ekspertu za određenu oblast istraživanja, savršeno je jasno da eksperimentalna tehnika jeste činilac eksperimentalne pogreške. U dosadašnjim istraživanjima ovom pitanju nije posvećivana adekvatna pažnja, pre svega zbog obimnih izračunavanja koja se javljaju kao otežavajući faktor. Danas, međutim, obradu velikog broja podataka uspešno rešavaju računari, a pitanja interakcije eksperimentalne tehnike sa uslovima realizacije ekperimenta sve više dobijaju na značaju. Takođe, eksperimenti sve više postaju složeni i uključuju sve veći broj promenljivih. U cilju potpunog razumevanja nedoslednosti citiranog stava, treba reći da pozivanje na savesno vođenje eksperimenta uz ignorisanje adekvatne ocene primenjene eksperimentalne tehnike, jednostavno nema smisla. To potvrđuju i sledeći navodi u poglavlju u kome [11] objašnjava značaj eksperimentalne tehnike u statističkim analizama: "Važan činilac u eksperimentalnom radu je umešnost i iskustvo lica koja sprovode ogled. Ako ogled vodi više lica, stručnu razliku između njih treba svesti na minimum". Ovako potcenjivanje istraživača koji primenjuje određenu eksperimentalnu tehniku i instrumentalne metode, od strane "čistih statističara" sigurno ne stvara perspektivu za doslednu primenu matematičko-statističkih metoda u razvoju naučnih dostignuća u oblasti poljoprivrednih i bioloških nauka. Ovo pitanje u našem okruženju aktuelizovali su [29] ali je reakcija izostala.

Eksperimentalna statistika ili biometrika

Odgovor na ovo pitanje možemo tražiti u kritičkom osvrtu koji je Supek [31] dao na Carnap-ove^e konstatacije o induktivnom i deduktivnom načinu zaključivanja i njihovim mogućnostima da dođu do opštih i sigurnih zakona. Osvrćući se na Carnap-ovu postavku u vezi sa zaključivanjem u biološkim istraživanjima gde se za verovatnoću pojave određene morfološke odlike konstatuje da je *induktivna verovatnoća određene hipoteze*, Supek ističe da se verovatnoća može definisati samo kao odnos primeraka dotične osobine prema ukupnom broju primeraka, ali da sama statistika ne objašnjava zašto se neki događaji javljaju češće a neki ređe, već gde se takvi događaji mogu

^e R. Carnap, *Induktive Logik und Wahrscheinlichkeit*, Beč, 1959.

očekivati (gde se može pogoditi statistička težina tj. relativna učestalost), jer statistički zakoni omogućavaju samo "velika proricanja", a da se ne mora ulaziti u detaljna objašnjavanja zašto je to tako, kao što to zahtevaju biolozi. Saglasno Supeku, Mulić [26] i Jacob [13] konstatuju da je jedna od karakteristika statističke metode promišljeno i sistematsko zanemarivanje pojedinosti.

Biometrika, kao uža naučna oblast poljoprivrednih nauka, nije definisana sa ciljem da otvara mogućnost stvaranja posebnih statističkih zakona u skladu sa naučnim oblastima gde se statistika primenjuje, već da se matematičko-statističke metode koje počivaju na jasnim pretpostavkama adekvatno primene u biološkim istraživanjima (interakcijski efekti eksperimentalnih metoda i definisanih uslova se podrazumevaju).

U oblasti poljoprivrednih i bioloških nauka postoji više primera koji nedvosmileno potvrđuju da je otvaranje pitanja adekvatne primene statističkih metoda u ovim oblastima istraživanja više nego aktuelno.

Analizirajmo samo nekoliko primera iz najnovijih istraživanja u BiH koji su sa matematičko-statističkog stanovišta nesporni, ali su sa stanovišta tumačenja rezultata odbačeni kao pogrešni, što nedvosmileno potvrđuje opravdanost naučnog i kritičkog otvaranja ovog pitanja:

1) Tumačenje aritmetičke sredine i pripadajućih koeficijenata varijacije

Aritmetička sredina bez pokazatelja varijabiliteta za biometriku je neprihvatljiva kao ocena bilo kakvih eksperimentalnih merenja. Aritmetička sredina sa odgovarajućim merama varijabiliteta u biometrici se definiše kao centralna tendencija i kao takva ocenjuje se elementarnim nivoom posmatranja neke pojave ($\bar{X} \pm S_x$). Koeficijent varijacije (V_k) kao relativna mera varijabiliteta važan je pokazatelj koji govori o varijaciji eksperimentalnih podataka u posmatranom skupu. Ako je vrednost ovog koeficijenta veća od 5 %, a manja od 25 %, varijacije eksperimentalnih jedinica u posmatranom skupu smatraju se prihvatljivim. Ako je varijacija iznad 25 %, to znači da u posmatranom skupu postoji neki sistemski uticaj koji ovaj skup deli na dva ili više podskupova i dobijena aritmetička sredina ne može predstavljati centralnu tendenciju svih opaženih eksperimentalnih jedinki u tom skupu. Ako je koeficijent varijacije ispod 5 %, konstatujemo: "da su merenja suviše dobra da bi bila tačna", što znači da je neophodno izvršiti detaljnu proveru eksperimentalne tehnike budući da izvršena opažanja pokazuju izuzetno male varijacije između jedinica posmatranja kao da su merenja vršena na identičnim objektima ili da je izveden izuzetno mali broj merenja.

U svetlu prethodnih konstatacija kao ilustrativan primer da sem statističkih analiza treba uzeti u razmatranje i druge faktore eksperimenta može se navesti istraživanje [18] koje prikazuje rezultate 35 statističkih sredina ispitivane širine zone inhibicije aktivnosti mikroorganizama, a kod kojih je vrednost standardne greške $\pm 0,00$. Ako znamo da je kod hemijskih analiza istih uzoraka izvedenih istim postupkom, istim hemikalijama i instrumentima, i ako ih rade isti laboranti, dozvoljena varijacija 2,0 %, eksperimentalni rezultat sa varijacijom $\pm 0,00$ je apsurdan i sigurno je rezultat pogešnog eksperimentalnog pristupa. Dakle, ako u nekom eksperimentalnom istraživanju u biološkim naukama imamo takvu interpretaciju rezultata da statistička sredina ima varijaciju $\pm 0,00$ onda je sasvim jasno da su takvi rezultati posledica eksperimentalne greške i da to nikako ne može biti rezultat egzaktno izvedenog istraživanja.

Drugi primer odnosi se na statističku sredinu čija je vrednost 0,00 sa standardnom greškom sredine > 0 . Ova relacija sa matematičko-statističkog aspekta je sasvim korektna. Međutim, u biometriji ovakav eksperimentalni rezultat je u konkretnim istraživanjima potpuno nelogičan. Naime, ako istražujemo prisustvo određenih komponenti u određenim uzorcima, apsurdno je doći do zaključka da tih komponenti u uzorcima ima manje od toga da ih tu uopšte nema. Međutim u istraživanju sadržaja pojedinih komponenti u hrani, [30] dolazi do rezultata da je $\bar{X} = 0,00 \pm 0,02$. To znači da je u jednom broju analiziranih uzoraka utvrđena količina analiziranih komponenti bila manja od toga da u tom uzorku one uopšte nisu bile ni prisutne (nisu detektovane). Ovo je više nego očigledan apsurd.

Prednji primeri jasno ukazuju da je za pravilnu ocenu bilo koje pojave koja se želi proučavati u poljoprivrednim i biološkim naukama ključno pitanje precizno definisanje uzorka. Ispravno definisan uzorak iskazan kroz njegovu centralnu tendenciju osnov su istraživanja u navedenim naučnim oblastima.

Kao prilog navedenim konstatacijama ukazaćemo na neka otvorena pitanja u definisanju uzorka u kojima treba da se integriše eksperimentalna tehnika i statistička analiza:

- Za proučavanje efekata primene određenih agrohemikalija, ujednačavanje uslova mora se definisati eksperimentalnom tehnikom ili korekcijom numeričkih vrednosti dobijenih pokazatelja. Prskanje hemijskim sredstvima u primenjenim tretmanima u odnosu na kontrolnu varijantu otvara pitanje istovremenog tretmana kontrolne varijante u cilju ujednačavanja uslova. Npr. ako je tretman određenom agrohemikalijom podrazumevao više aplikacija sa 1000 l/ha, pitanje je u kom stepenu se u odnosu na kontrolnu varijantu opaža uticaj primenjenog sredstva, a u kom primenjene količine vode? Šta sa stanovišta senzibilitnosti primenjenog sredstva i uslova lokaliteta znači primena jednog tretmana pre podne, a drugog u popodnevnom periodu ?;
- Za interakciju fitofarmaceutskih i drugih agrohemikalija koje imaju uticaj na određene metaboličke procese u biljkama, životinjama, insektima itd., nije jednako upotrebljiv rezultat ako se sredstava primenjuju u procentnim (%) ili molarnim rastvorima (*gmol/l*)? Takođe, da li su procentni rastvori pravljene kao masa / masu (*g/g*) ili masa / zapreminu (*g/v*), jer razlike mogu da budu izuzetno velike;
- Proučavanja sadržaja nekih komponenti u materijalima biološkog porekla moraju uzeti u obzir i sadržaj ostalih komponenti koje ulaze u sastav celine koja se posmatra. Na primer, sadržaj hemijskih elemenata u rodnom drvetu voćaka mora da prati odnos mase tkiva drveta i kore. Naime, ista masa kore biće manje ili više razređena različitom masom drveta i obratno. Takođe, sadržaj belančevina u zrnju žitarica mora da prati i odnos mase tkiva endosperma, aleuronskog sloja i egzodermisa međusobno. Naime, ista količina belančevina u ukupnoj masi zrna pokazaće različite varijacije u zavisnosti od količine endosperma u zrnju, a što će na kraju dovesti do pogrešnih zaključaka.

Navedena pitanja ne mogu biti ignorisana i ne mogu se prevazići bilo kojom matematičko-statističkom metodom. Eksperimentalni rezultati koji u sebi nose sistemske greške u definisanju uzoraka, u primeni eksperimentalne tehnike, u lošoj proceni

osnovnih zakonitosti na kojima se temelji očekivani efekat primenjenog tretmana i slično, mogu se zamaskirati ili ostati neprimećeni kao posledica neprimerene matematizacije (Dubić, [5]: "Matematizacija da se opsene prostota"), ali oni sigurno neće dovesti do rezultata koji će predstavljati konkretan doprinos nauci.

2) Izbor funkcije toka proučavane pojave

O problemima pristrasnosti i ograničenjima u primeni linearne regresije i korelacione analize detaljno je pisao Hadživuković [9, 10] i ovo pitanje se neće posebno diskutovati.

Izbor funkcije trenda ili jednačine regresije u biološkim istraživanjima mora biti u skladu sa biološkom, genetičkom, fiziološkom, biohemijskom ili hemijskom zakonitošću, odnosno, određenom zakonitošću fizike, biofizike ili termodinamike itd. Naime, mehaničke ili elektrodinamičke pojave su reverzibilne, mogu se odvijati kako u jednom tako i u drugom pravcu, i, u jednačinama mehanike, znak koji nosi promenljiva vreme ne igra nikakvu ulogu. Termičke ili hemijske pojave su, naprotiv, ireverzibilne, i one dejstvuju uvek u jednom (istom) pravcu i, na primer, ne možemo ništa učiniti da toplota od hladnog teče prema toplom. Dakle, svaka pojava ili biološka funkcija u ovim istraživanjima ima svoju tendenciju, svrhu i logiku, i ona se mora imati u vidu čak i onda kada je proučavana biološka funkcija rezultanta interakcije dve ili više zakonitosti. Ovo je važnije pitanje od toga da li će izračunata funkcija biti samo interpolisana i da li se i pod kojim uslovima u datom istraživanju sme izvoditi ekstrapolacija.

Matematičko-statistički parametri izbora reprezentativne funkcije nisu uvek pouzdani, a veoma često istraživači nastojeći da dobiju statistički značajan nivo korelativne zavisnosti ulaze u "visoke" matematizacije koje se u konačnom svode na improvizaciju ili neprimerenom matematizacijom nametnuto i isforsirano pogrešno zaključivanje.

Čak i ako razumemo argumentovanu sugestiju statističara da funkciju regresije treba posmatrati samo kao interpolaciju u okviru intervala eksperimentalnih podataka [17], u biološkim istraživanjima moguće je izvesti više pogrešnih uopštavanja iako je sam postupak matematizacije sasvim korektan i prihvatljiv sa stanovišta primenjenih matematičko-statističkih metoda. Tako sa povećavanjem stepena funkcije polinoma moguće je izvesti matematičku interpolaciju do postizanja visokog stepena korelacije (vidi formule pod 1) iako je takav tok matematičke funkcije sa stanovišta biološke funkcije posmatranog procesa, apsolutno nelogičan ili potpuno pogrešan.

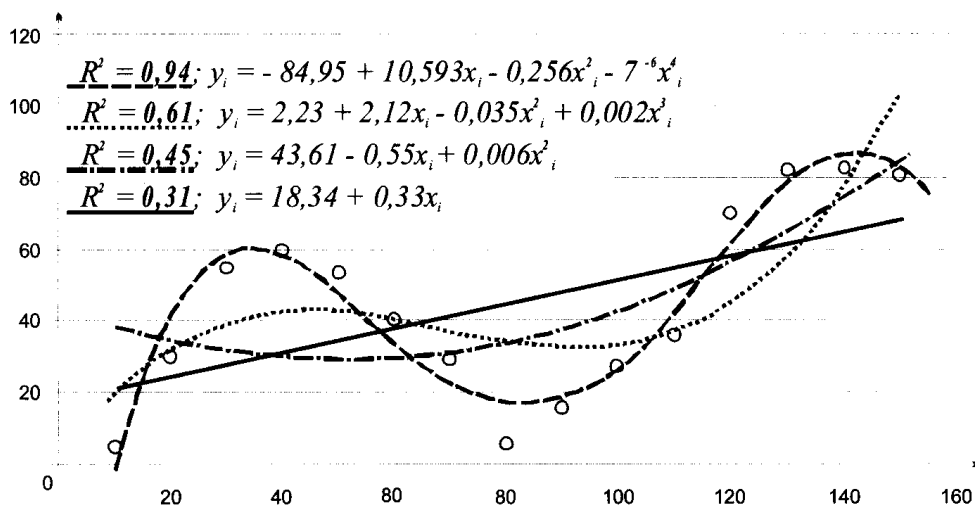
Jednačine polinoma različitog stepena sa hipotetičkim koeficijentima korelacije za istu statističku seriju

1.	$y_i = a + bx_i$	$R_{xy} = 0,25$	
2.	$y_i = a + bx_i + cx_i^2$	$R_{xy} = 0,50$	(1)
3.	$y_i = a + bx_i + cx_i^2 + dx_i^3$	$R_{xy} = 0,75$	
4.	$y_i = a + bx_i + cx_i^2 + dx_i^3 + ex_i^4$	$R_{xy} = 0,95$	

Ova logika primenjena u istraživanju dinamike sadržaja mikroelemenata u rodnom drvetu različitih genotipova breskve [27] prikazuje funkciju polinoma trećeg i četvrtog stepena sa $r_{xy} \geq 0,9$. Dinamika mikroelemenata predstavljena polinomom četvrtog stepena pokazuje visok stepen korelacije ali i veliku amplitudu promene sadržaja mikroelemenata što je apsurd imajući u vidu činjenicu da su analize izvedene u periodu

fiziološkog i ekološkog mirovanja kada je takva metabolička aktivnost apsolutno nemoguća. Ovakav pristup može se oceniti i kao nastojanje da se matematičkim crtanjem prikažu eksperimentalni rezultati (saglasno Lagranževnoj interpolaciji), ali to u biološkim istraživanjima bez čvrste argumentacije može da vodi u improvizaciju.

x_i :	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
y_i :	5	30	55	60	53,1	40	29,7	6	16	27	36,5	70	81,9	82,3	80,7

(2)


Graf. 1. Grafički prikaz pripadajućih funkcija 1., 2., 3. i 4.-og stepena polinoma za statističku seriju pod (2). Sa povećanjem stepena polinoma povećava se vrednost koeficijenta determinacije ali se otvara pitanje koliko je dobijeni tok funkcije saglasan sa stvarnom tendencijom proučavanog procesa koji se eksperimentalno istražuje. Otvoreno je pitanje da li su dobijeni reprezentativni eksperimentalni podaci ako je dobijena matematička funkcija sa reprezentativnim pokazateljima varijacije nelogična sa stanovišta zakonitosti proučavane biološke pojave.

Izbor matematičke funkcije u biološkim i poljoprivrednim istraživanjima mora biti usaglašen sa osnovnim zakonitostima u toku posmatrane pojave. Svako odstupanje mora biti višestruko provereno pre nego što se utvrđena promena sa matematičko-statističkim prilagođavanjem usvoji kao funkcija posmatranog procesa. Dobijeni eksperimentalni podaci moraju biti provereni sa svih aspekata eksperimentalne i instrumentalne metode i tehnike. Naime, ni statistička ni eksperimentalna metoda i tehnika ne mogu imati atribut "subjekta" u donošenju zaključaka ili konačnom opredeljenju kojoj sugestiji dati poverenje u odlučivanju.

Matematičko-statističke funkcije u modeliranju bioloških procesa

Kada se želi izvesti matematičko modeliranje bioloških funkcija, opredeljujući kriterijum za izbor tipa jednačine treba da bude varijacija eksperimentalnih podataka oko matematičke funkcije koja modelira tok procesa, što znači da je ključni parametar izbora standardna greška funkcije regresije, odnosno izračunat koeficijent varijacije [1, 2, 15].

Koeficijent korelacije nije dobar pokazatelj za izbor tipa funkcije u modeliranju bioloških procesa jer često pokazuje visok stepen korelativne zavisnosti i kod onih jednačina regresije gde je standardna greška relativno velika, odnosno gde je rasipanje eksperimentalnih jedinica oko jednačine regresije veće od 30 % (pogledaj primere pod 3 i 4.).

Ako za datu seriju nezavisno (x_i) i zavisno (y_i) promenljivih (pod 3) izračunamo više pripadajućih različitih matematičkih funkcija, možemo konstatovati značajne razlike između nivoa korelativne zavisnosti i koeficijenta varijacije u zavisnosti od tipa matematičke funkcije (vidi pod 4).

	x_i	y_i
1.	1,3	10,5
2.	4,6	6,6
3.	9,6	1,6
4.	15,1	1,3
5.	19,3	1,9
6.	24,6	1,2
7.	29,9	2,5
8.	36,1	2,3
9.	39,2	3,3
10.	45,0	4,5

Funkcije regresije

1. $y_i = a + bx_i$
 2. $y_i = a + bx_i + cx_i^2$
 3. $y_i = AB^x$
 4. $y_i = Ax^b$
 5. $y_i = a + b/x_i$
 6. $y_i = a + bx_i + c/x_i$
- (3)

Izračunate jednačine sa pripadajućim koeficijentima za statističku seriju pod 3.

Funkcije regresije	Standardna greška	Koeficijent korelacije	Koeficijent varijacije
1. $y_i = 5,42 - 0,08x_i$	$S_e = 2,84;$	$r_{xy} = 0,42;$	$V_k = 79,56;$
2. $y_i = 9,52 - 0,67x_i + 0,012x_i^2$	$S_e = 1,47;$	$r_{xy} = 0,89;$	$V_k = 41,32;$
3. $y_i = 3,52 \cdot 0,99^x$	$S_e = 3,05;$	$r_{xy} = 0,65;$	$V_k = 85,69;$
4. $y_i = 7,53x_i^{-0,36}$	$S_e = 2,07;$	$r_{xy} = 0,57;$	$V_k = 57,91;$
5. $y_i = 2,03 + 11,31/x_i$	$S_e = 1,47;$	$r_{xy} = 0,84;$	$V_k = 41,25;$
6. $y_i = 0,44 + 5,63x_i + 13,73/x_i$	$S_e = 1,39;$	$r_{xy} = 0,83;$	$V_k = 39,20;$

(4)

Kada se kod eksperimentalnih istraživanja u biološkim naukama javljaju složene matematičke funkcije, to je jasan znak da u osnovnom skupu postoje sistemski uticaji koji osnovni skup dele na dva ili više podskupova, što mora biti objašnjeno i sa stanovišta samog toka posmatrane pojave i sa stanovišta primenjene eksperimentalne metode i instrumentalne tehnike.

Matematička modeliranja u poljoprivrednim i biološkim naukama, danas, sve više dobijaju na značaju. Algoritmi i matematičke funkcije procesa na određenim koracima, odnosno, koraci u algoritmu sa matematičkim funkcijama koje definišu ograničenja ili uslove za prelazak na naredne korake [23, 21, 14, 16, 12], postaju moćno oruđe u razvoju ekspertskih sistema ili softvera kao stručne pomoći u vođenju različitih procesa proizvodnje ili kao podrške u razvoju i modeliranju visokointenzivnih tehnologija u biotehnologiji, odnosno u poljoprivrednoj proizvodnji.

Upozoravajući primeri interpretacije statističkih metoda

U dostupnoj literaturi postoje i veoma uznemirujuća tumačenja eksperimentalnih rezultata na osnovu primene statističkih metoda. Iako je sasvim jasno da se statistička metoda ovde koristi samo zato da bi se mešavina neznanja i pseudonauke brižljivo upakovala u ambalažu naučnosti, ovi primeri moraju jednako da interesuju (uznemire) i profesionalne statističare i naučnike u naučnim oblastima gde se takvi zaključci verifikuju. Primeri koji su uzeti u razmatranje posebno su uznemirujući zato što iza njih stoje pre svih mentori kao aktuelni univerzitetski profesori, zatim i članovi komisija pred kojima su radovi odbranjeni ili članovi komisija koji su potpisali izveštaje sa pozitivnom ocenom predočenog rada, i na kraju, kao poseban problem deo akademske javnosti koji kritičke osvrte na ove radove odbija u ime "akademske solidarnosti" (čitaj odbijanja mogućnosti šire analize naučnih doprinosa i akreditacija):

1. Magistarska teza odbranjena na fakultetu u BiH:

Izvedeni zaključak - "Komponente u hrani funkcionalno zavise od početnog slova u nazivu hrane" ?

Greška u primeni statističke metode: Za računanje koeficijenta determinacije uzeti su redni brojevi u popisu artikala kao nezavisno promenljiva (x_i), a sadržaj istraživane komponente u artiklu kao zavisno promenljiva (y_i).

2. Magistarska teza oborena na Naučno-nastavnom veću fakulteta u BiH:

Rezultat eksperimentalne analize: Svi embriološki parametri eksperimentalno utvrđeni kod ribe (pastrmke), imaju prosečne vrednosti izvan intervala varijacije.

Greška u primeni statističke metode: Neobjašnjiva (ili statističke analize uopšte nisu rađene a srednje vrednosti su uzete iz literature, ili ...).

3. Magistarska teza oborena na Naučno-nastavnom veću fakulteta u BiH:

Izvedeni zaključak - "Različiti klimatski uslovi u godinama ispitivanja nisu imali nikakav uticaj na broj listova po biljci, kao ni na broj plodova po cvetnoj grani bez obzira na konstatovane značajne razlike u % oprašenih (zametnih) plodova. Svih pet genotipova paradajza imali su identično ponašanje u obe godine posmatranja";

Greška u primeni statističke metode: Koeficijenti varijacije ispod 5 % jasno ukazuju na sistemske greške u definisanju uzorka.

Zaključna diskusija

Donošenje zaključaka o proučavanim pojavama u poljoprivrednim i biološkim naukama koje se baziraju na statističkim metodama nužno moraju da uključuju i sve zakonitosti koje stoje u vezi sa predmetom statističke analize. Dakle, dok se statistika (kao i matematika) kreće isključivo u svetu brojeva koji su u osnovi apstrakcija svih karakteristika predmetnosti posmatranih količina [28], logika zaključivanja u biometriji mora voditi posebnu pažnju o svakoj apstrakciji u odnosu na predmet istraživanja, u protivnom ona gubi tlo pod nogama i najčešće dolazi do besmislenih zaključaka.

Ovde je nužno da se konstatuje kako na biometriku treba gledati kao na matematiku i statistiku realnih vrednosti (količina nečega). Iako se statistika u potpunosti oslanja na matematiku, primena same statističke metode u biometriji je ograničena realnim stanjem posmatranih elemenata proučavane pojave. Tako primena statističke

metode u analizi bioloških procesa nikada ne može do kraja da se osloni na sve apstrakcije koje su prisutne u matematičkim analizama. Dakle, logika biometričkog zaključivanja uvodi brojna ograničenja koja su posledica nemogućnosti u apstrahovanju osobenosti predmeta istraživanja. Objektivno, eksperimenti sa živim sistemima, nikada ne mogu apstrahovati samo stanje tih sistema (strukturu i funkciju) i njihovu interakciju sa stanjem okoline.

Zaključci

Biometričkim pristupom, u oblasti poljoprivrednih nauka, vrši se opažanje, planiranje eksperimenta, ocena pouzdanosti tehnike merenja, sveobuhvatna analiza eksperimentalnih uslova i dobijenih rezultata, procena interakcijskih efekata i tumačenje tendencija i varijacija u dobijenim rezultatima istraživanja. Saglasno prirodi posmatrane pojave i dostupnim eksperimentalnim tehnikama, biometrika osmišljava, planira i izvodi eksperimentalno istraživanje. Matematičko-statističke analize, kao integralni dio biometrike, ocenjuju varijacije i tendencije u razvoju posmatrane pojave i sa odgovarajućom verovatnoćom sugerišu odgovore o dobijenim eksperimentalnim rezultatima. Primena i pravilno korišćenje matematičko-statističkih metoda, kao važnog instrumenta u biološkim i poljoprivrednim istraživanjima, realizuje se upravo kroz biometriku. Na osnovu iznetih konstatacija jasno se može zaključiti da eksperimentalna statistika nije ekskluzivni instrument za donošenje zaključaka u eksperimentalnim istraživanjima u biološkim i poljoprivrednim naukama. Istraživanja u kojima je eksperimentalna statistika dovodi na nivo "subjekta" u izvođenju i donošenju zaključaka, neminovno vode ka pogrešnom uopštavanju.

Biometrika, i eksperimentalna statistika kao njen integralni deo, svoju punu funkciju mogu realizovati isključivo kroz obrazovanje stručnjaka za biometriku koji će imati neophodno znanje iz matematičko-statističke metode kao i iz bioloških zakonitosti, eksperimentalnih i instrumentalnih metoda i tehnika i koji će imati dovoljno znanja da promisle i matematizuju interakcijske efekte svih opštih i pojedinačnih faktora čija je rezultatna proučavana pojava.

Literatura

1. *Cerović R., Mičić N., Đurić Gordana*, (1998): Modelling pollen tube growth and ovule vitality in sour cherry. *Acta Horticulturae* N° 468. pp: 621 – 628.
2. *Čmelik Z., Mičić N.* (1988): Sezonska dinamika sadržaja kalija i efikasnost njegovog iskorištavanja u ishrani šljive. *Radovi Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, God. XXXVI, broj: 40. Str: 157–168.
3. *Čobanović K.* (1995): Iskustva primene statističkih metoda u poljoprivrednim istraživanjima. *Savremena poljoprivreda* Vol. 43, Br 1-2. str:149-154.
4. *Cox D.* (2001): "Biometrika Centenary," *Newsletter of the Bernoulli Society for Mathematical Statistics and Probability*, Vol.8, No.1,
5. *Dubić S.* (1977): Nauka i naučni metod. *Poljoprivredni fakultet Sarajevo*.
6. *Frascati Manual* (2002): Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development. Published by: OECD
7. *Gauch H. G.* (2006): *Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE*. Published in *Crop Sci* 46:1488-1500

8. *Gauch H. G., and R.W. Zobel.* (1996): AMMI analysis of yield trials. In M.S. Kang and H.G. Gauch, Jr. (ed.) Genotype by environment interaction. CRC Press, New York.
9. *Hadživuković S.* (1975): Problemi analize u linearnoj regresiji. *Agroekonomika Novi Sad.* Br. 4. str.: 119 - 127.
10. *Hadživuković S.* (1978): Problemi pristrasnosti u regresionoj analizi. *Agroekonomika Novi Sad.* Br. 7. str.: 69 - 78.
11. *Hadživuković S.* (1991): Statistički metodi. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
12. *Horvat D., Ivezic M.* (2005): Biometrika u poljoprivredi. Gradska i sveučilišna knjižnica Osijek.
13. *Jacob F.* (1970): *La logique du vivant.* Gallimard, Paris.
14. *Jevtić S., Mičić N., Đurić Gordana, Cerović R.* (1997a): Drought to be Modelled Introducing Automatic Meteorological Stations Net. *Proceedings International Symposium DROUGHT AND PLANT PRODUCTION, Belgrade,* 258–270.
15. *Jevtić S., Mičić N., Gordana Đurić and Cerović R.* (1997b): Model of ecological functions of growth and development in potato. *Acta Horticulturae N° 462.* pp: 1019 – 1024.
16. *Jevtić S., Mičić N., Gordana Đurić and Cerović R.* (1997c): Organogenesis of algorithm in potato. *Acta Horticulturae N° 462.* pp: 1015 – 1018.
17. *Lovrić M., Komić J., Stević S.* (2006): Statistička analiza- metodi i primjena. *Ekonomski fakultet Banjaluka - Grafid.*
18. *Marjanović Ž.* (2007): "Ekstrakcija eteričnih ulja četinara (jela, smrča, bor, kleka, duglazija) i analiza njihove antimikrobne aktivnosti" - Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjaluci.
19. *Mičić N.* (2007a): Analiza doktorske disertacije Marjanović Ž: "Ekstrakcija eteričnih ulja četinara (jela, smrča, bor, kleka, duglazija) i analiza njihove antimikrobne aktivnosti" Univerzitet u Banjaluci, Br: 05-327. str.: 5.
20. *Mičić N.* (2007b): Analiza teze: "Uticaj cinka na metabolizam čovjeka". *Stojković S.* Univerzitet u Banjaluci, Br: 01-516. str.: 5.
21. *Mičić N. i Đurić Gordana* (1995): Algoritamska osnova ciklusa organogeneze voćaka. *Jugosl. voćar.* 28, 107–108, str: 67–81.
22. *Mičić N., Đurić G., Jevtić S., Cerović R.* (1997): The algorithm basis of organogenesis cycle in plum. VI International Symposium on Plum and Prune Genetics, Breeding and Pomology. Warszawa, Program and Abstracts p. 46.
23. *Mičić N., Đurić Gordana, Jevtić S., Lučić P.* (1995): The Basis for Defining a Model of Ecological Functions of the Organogenesis in Fruit Crops. *J. Sci. Agric. Res.* 57, 203. p: 89–99.
24. *Mičić N., Đurić Gordana, Jovanović M:* (1994a): Diskusija statističkih pokazatelja u faktorijalnim ogledima u voćarstvu: II Analiza diskusije interakcijskih efekata u aktuelnim radovima iz oblasti voćarstva. *Jugosl. voćar.* Br. 105 – 106. str: 89 – 102.
25. *Mičić N., Đurić Gordana:* (1994): Diskusija statističkih pokazatelja u faktorijalnim ogledima u voćarstvu: I Analiza i diskusija interakcijskih efekata. *Jugosl. voćarstvo* Br. 105 – 106. str. 79 – 88.
26. *Mulić J.* (1969): Eksperimentalna statistika primjenjena u poljoprivredi. Institut za poljoprivredna istraživanja Sarajevo.

27. *Popović R.* (1985): Morfološke i hemijske karakteristike rodnog drveta i korijena breskve u periodu mirovanja. Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
28. *Pauše Ž.* (2007): Matematika i zdrav razum. Školska knjiga. Zagreb
29. *Prodanović T. i Mičić N.* (1996): Naučno istraživanje – metode, procedura, jezik i stil. Agronomski fakultet Čačak i Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija.
30. *Stojković S.* (2003): Uticaj cinka na metabolizam čovjeka. Magistarska teza, Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjaluci.
31. *Supek I.* (1995): Filozofija, znanost i humanizam. Školska knjiga Zagreb.
32. *Tavčar A.* (1946): Biometrika u poljoprivredi. Poljoprivredni nakladni zavod Zagreb.

Biometrics and Experimental Statistics

Nikola Micic^{1,2}, Gordana Đuric^{1,2} i Bozo Vazic¹

¹ *University of Banja Luka Faculty of Agriculture*

² *Genetic Resources Institute, University of Banja Luka*

Summary

Within the agricultural sciences a biometric approach is used for observations, experiment planning, assessment of measurement technique reliability, comprehensive analysis of experimental conditions and results obtained, assessment of interaction effects, as well as interpretation of tendencies and variations within the results obtained during the course of a research. Biometrics is to designs plans and perform the experimental research in accordance with the nature of the observed occurrence and available experimental techniques. Mathematical and statistical analysis as the integral part of biometrics are to assess the variation and tendencies in the development of an observed occurrence, hence suggest the conclusions about the obtained experimental results with the appropriate level of probability. Application and proper use of the mathematical-statistical methods, as an important instrument in biological and agricultural research, is concretized by biometrics. On the basis of the aforementioned, it is clear that the experimental statistics is not the exclusive conclusion forming instrument in the field of experimental research within the biological and agricultural sciences. The researches where the experimental statistics is risen to the level of a subject in the conclusion forming and conclusion making process, inevitably lead to the wrong generalizations.

Biometrics and the experimental statistics as its integral part can fulfill its function exclusively through education of biometrics experts who should possess the necessary knowledge in mathematical-statistical methods as well as deep understanding of the principles of biology, experimental and instrumental methods and techniques and who should be knowledgeable enough to think through and mathematise the interaction effects of both general and individual factors taking part in the observed occurrence.

Key words: statistical regularities, variations, biometrics inference