

Dr Stana Barić,  
Poljoprivredni fakultet Zagreb

### PRILOG POZNAVANJU PRIMJENE LATINSKOG KVADRATA U ISTRAŽIVANJIMA U GOVEDARSTVU KOD POJAVE NAKNADNOG DJELOVANJA

Prilikom primjene plana pokusnog rada po sistemu latinskog kvadrata u govedarstvu, odnosno stočarstvu, pojedina grla formiraju, najčešće kolone pa tako svako grlo pokusom prolazi sve periode i sva tretiranja. U slučaju pojave produženog tj. naknadnog djelovanja pojedinog tretiranja na rezultate slijedeće periode, podaci su pojedinih perioda rezultat djelovanja tretiranja koje se ispituje u tom periodu, kao i djelovanja tretiranja u prijašnjem periodu. Sasvim je jasno da pojava produženog djelovanja otežava istraživanja i efikasnost latinskog kvadrata. To je opazio Williams (Cit. po Cochran-Cox), Cochran i Cox (2), te Lucas (6) koji su razradili pokusni plan i metodu analize rezultata istraživanja za slučajeve kad postoji takvo djelovanje. Williams, a nakon toga Cochran-Cox, razradili su pokusni plan sa izbalansiranim latinskim kvadratima, koji sadrže isti broj kolona i redova. Lucas je razradio plan latinskog kvadrata s dodatnim periodom, te je njegova shema kompliciranija i skuplja od primjene običnog plana latinskog kvadrata, ali bi trebala biti efikasnija. Obzirom na povećanje problema koji nastaje kod primjene Lucasove sheme, kao i povećanje efikasnosti, potrebno je podrobnije proučiti njegovu shemu.

Lucasov plan eksperimentalnog rada s dodatnim periodom (6) razrađen je za slučajeve kada postoji produženo djelovanje, bez obzira na tretiranje u slijedećem periodu. U stočarskim i fiziološkim se pak istraživanjima, pojavljuju slučajevi, kad se naknadno djelovanje očituje samo ako je u periodu naknadnog djelovanja tretiranje drugačije, nego u periodu direktnog tretiranja. U tim slučajevima ne bi se očekivalo naknadno djelovanje u dodatnom periodu, pa bi za te slučajeve trebala ispitati prikladnost Lucasove sheme pokusnog plana.

U tu ću svrhu istražiti kod primjene plana pokusa po latinskom kvadratu bez naknadnog i s naknadnim djelovanjem, primjenu uobičajene analize, analize po Cochran-Cox, te opravdanosti primjene Lucasove sheme u slučajevima kada se naknadno djelovanje očituje na svim tretiranjima, kao i u slučajevima kada se naknadno djelovanje ne očituje u periodu ponavljanja istog tretiranja, što Lucas nije predvidio.

#### MATERIJAL I METODA ISTRAŽIVANJA

Ispitivanja pokusnog plana po sistemu latinskog kvadrata te metode analize naknadnog djelovanja izvršila sam na taj način da sam podatke za mliječnost 6 krava svrstanih u 2 latinska kvadrata obradila na uobičajeni način, po sistemu Cochran-Cox, te sam dodala i naknadnu periodu i obradila po sistemu Lucasova.

U shemi 1 prikazat ću primijenjeni pokusni plan s 2 latinska kvadrata  $3 \times 3$  i to s uravnoteženim kolonama, obzirom na naknadno djelovanje, po kojemu se vršila analiza metode po Cochran-Cox.

Pojedino tretiranje označeno je slovima A, B i C, direktno djelovanje simbolom »d«, naknadno djelovanje slovom »n«, grla slovima a, b, c... f, dok su periode označene brojevima 1, 2 i 3.

Shema 1

	a	b	c		d	e	f
1	$d_A$	$d_C$	$d_B$	1	$d_A$	$d_C$	$d_B$
2	$d_C+n_A$	$d_B+n_C$	$d_A+n_B$	2	$d_B+n_A$	$d_A+n_C$	$d_C+n_B$
3	$d_B+n_C$	$d_A+n_B$	$d_C+n_A$	3	$d_C+n_B$	$d_B+n_A$	$d_A+n_C$

Analiza metode pokusnog plana prema Lucasu izvršila se na temelju podataka pokusnog plana prikazanog u shemi 2, koji je napravljen tako da se planu prikazanom u shemi 1 dodala još jedna perioda u kojoj se ponavlja isto tretiranje kao i zadnjem redu uobičajenog latinskog kvadrata. Naknadno se djelovanje pojavljuje u svim periodama.

Shema 2

	a	b	c		d	e	f
1	$d_A$	$d_C$	$d_B$	1	$d_A$	$d_C$	$d_B$
2	$d_C+n_A$	$d_B+n_C$	$d_A+n_B$	2	$d_B+n_A$	$d_A+n_C$	$d_C+n_B$
3	$d_B+n_C$	$d_A+n_B$	$d_C+n_A$	3	$d_C+n_B$	$d_B+n_A$	$d_A+n_C$
4	$d_B+n_B$	$d_A+n_A$	$d_C+n_C$	4	$d_C+n_C$	$d_B+n_B$	$d_A+n_A$

U shemi 3 prikazan je opet primijenjeni pokusni plan po Lucasu a razlikuje se od plana prikazanog u shemi 2, po tome što se u dodatnoj 4. periodi ne pojavljuje naknadno djelovanje, jer se pretpostavilo da nema naknadnog djelovanja tretiranja u periodi koja slijedi period u kojem je tretiranje isto.

Shema 3

	a	b	c
1	$d_A$	$d_C$	$d_B$
2	$d_C+n_A$	$d_B+n_C$	$d_A+n_B$
3	$d_B+n_C$	$d_A+n_B$	$d_C+n_A$
4	$d_B$	$d_A$	$d_C$

	d	e	f
1	$d_A$	$d_C$	$d_B$
2	$d_B+n_A$	$d_A+n_C$	$d_C+n_B$
3	$d_C+n_B$	$d_B+n_A$	$d_A+n_C$
4	$d_C$	$d_B$	$d_A$

Da bih dobila bazu za diskusiju o tačnosti metode analize po Cochran-Cox, te Lucasu, prvo ću u tabeli 1 prikazati primjer s rezultatima istraživanja dobivenim na temelju pokusnog plana iznesenog u shemi 1, ali bez naknadnog djelovanja. Podaci o prosječnoj dnevnoj mliječnosti prikazani su u pojedinim poljima unutar latinskog kvadrata.

Tabela 1 — Prosječna dnevna mliječnost (kg) 6 krava (a, b, c...f) svrstanih u 6 latinska kvadrata, koje su bile podvrgnute tretiranjima A, B, C (bez naknadnog djelovanja) kroz 3 periode (1, 2 i 3)

	a	b	c
1	A 15,2	B 14,6	C 15,5
2	C 14,1	A 13,7	B 14,6
3	B 12,1	C 11,7	A 12,1

	d	e	f
1	A 17,1	C 16,1	B 15,6
2	B 15,6	A 15,2	C 14,4
3	C 13,6	B 13,2	A 12,7

Iz navedenih podataka izračunat ćemo aritmetičke sredine pojedinih tretiranja, njihove diferencije i signifikantnost diferencija uobičajenim metodama. Te ćemo podatke upotrijebiti u cilju komparacije s podacima dobivenim na temelju modela primjera latinskog kvadrata, primijenjenog u istraživanjima u kojima tretiranja imaju naknadno djelovanje, a analizirat ćemo ih po metodi Cochran i Coxa te Lucasa.

U tu ću svrhu svakom podatku za mliječnost, prikazanom u tabeli 1, koji slijedi tretiranje A, pribrojiti vrijednost 0,6, podacima za mliječnost iza tretiranja B pribrojiti 0,1 a podacima koji slijede tretiranju C odbiti vrijed-

nost 0,3. Na taj sam način formirala primjer u kojem je naknadno djelovanje tretiranja A + 0,6, tretiranja B + 0,1 i tretiranja C — 0,3. Navedeni primjer je prikazan u tabeli 2, i bit će baza za tumačenje tačnosti analize vršene po metodi Cochran i Coxa (2), i Lucasa (6).

Tabela 2 — Prosječna dnevna mliječnost (kg) 6 krava (a, b, c...f) svrstanih u 2 latinska kvadrata, koje su bile podvrgnute tretiranjima A, B, C kroz 3 periode (1, 2 i 3). Naknadno djelovanje tretiranja A + 0,6 B + 0,1 i C — 0,3

	a	b	c		d	e	f
1	A 15,3	C 14,6	B 15,5	1	A 17,1	C 16,1	B 15,6
2	C 14,7	B 13,4	A 14,7	2	B 16,2	A 14,9	C 14,5
3	B 11,8	A 11,8	C 12,7	3	C 13,7	B 13,8	A 12,4

Da bi model odgovarao Lucasovom planu navedenom u shemi 2, nadopunila sam primjer iz tabele 2 s još jednom dodatnom periodom i to u slučaju kada se naknadno djelovanje očituje i u dodatnoj 4. periodu, (tabela 3.1). U tabeli 3.2) prikazan je model po shemi 3 i u njemu se naknadno djelovanje ne očituje u zadnjem 4. periodu, tj. u periodu u kojem tretiranje slijedi isto tretiranje pređašnje periode. Kod toga je, logično, direktno djelovanje tretiranja jednako onom prikazanom u tabeli 1.

Tabela 3 — Prosječna dnevna mliječnost (kg) 6 krava (a, b, c...f) svrstanih u 2 latinska kvadrata, koje su bile podvrgnute tretiranjima A, B i C kroz 4 periode (1, 2, 3 i 4).

3.1) U 2, 3. i 4. periodu naknadno djelovanje tretiranja A + 0,6 B + 0,1 C — 0,3

	a	b	c		d	e	f
1	A 15,3	C 14,6	B 15,5	1	A 17,1	C 16,1	B 15,6
2	C 14,7	B 13,4	A 14,7	2	B 16,2	A 14,9	C 14,5
3	B 11,8	A 11,8	C 12,7	3	C 13,7	B 13,8	A 12,4
4	B 11,4	A 11,4	C 10,9	4	C 12,5	B 12,3	A 12,5

3.2) U 2. i 3. periodu naknadno djelovanje tretiranja  $A + 0,6 B + 0,1$  i  $C - 0,3$

	a	b	c		d	e	f
1	A 15,3	C 14,6	B 15,5	1	A 17,1	C 16,1	B 15,6
2	C 14,7	B 13,4	A 14,7	2	B 16,2	A 14,9	C 14,5
3	B 11,8	A 11,8	C 12,7	3	C 13,7	B 13,8	A 12,4
4	B 11,3	A 10,8	C 11,2	4	C 12,8	B 12,2	A 11,9

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 4 prikazana je analiza varijance, aritmetičke srednje vrijednosti, razlike srednjih vrijednosti i njihove signifikantnosti i to za podatke prikazane u tabeli 1, obrađene na uobičajeni način pomoću analize varijance latin-skog kvadrata.

Tabela 4 — Analiza varijance, aritmetičke srednje vrijednosti, njihove razlike i signifikantnost razlika za podatke tretiranja A, B i C iz tabele 1.

4.1) Analiza varijance

Izvor varijancije	Stupanj slobode	Suma kvadrata	Varijanca
Kvadrati	1	5,336	5,336
Redovi unutar kvadrata	4	30,382	7,596
Kolone unutar kvadrata	4	3,002	0,751
Tretiranje	2	0,241	0,121
Greška	6	0,037	0,006
Ukupno	17	38,998	

4.2) Aritmetičke srednje vrijednosti, njihove razlike i signifikantnost razlika (\*\* P < 0,01 \* < 0,05)

Tretiranje	$\bar{x}$	$\bar{x} - 14,150$	$\bar{x} - 14,283$
A	14,433	0,283**	0,150*
B	14,283	0,133*	
C	14,150		

Podaci navedeni u tabeli 4 poslužit će nam za procjenu tačnosti aritmetičkih srednjih vrijednosti, njihovih razlika i signifikantnosti razlika za podatke tretiranja A, B i C iz tabele 2, dobivenih primjenom uobičajene metode analize latinskog kvadrata te analize pomoću metode Cochran—Cox. Također će podaci u tabeli 4 biti baza za procjenu tačnosti analize aritmetičkih srednjih vrijednosti, njihovih razlika i signifikantnosti razlika za podatke tretiranja A, B i C iz tabele 3, i to analiziranih po metodi Lucasa.

Sasvim je jasno ukoliko kod postojanja naknadnog djelovanja možemo primijeniti uobičajeni način obrade i testiranja (tj. kao da nema naknadnog djelovanja), morali bismo dobiti iste rezultate testa kao i u slučaju kada nema naknadnog djelovanja (tabela 4).

Rezultati analize i testiranja opravdanosti razlika između tretiranja A, B i C dobiveni na temelju uobičajene analize po pokusnom planu latinskog kvadrata u slučaju kada postoji naknadno djelovanje (podaci iz tabele 2) prikazani su u tabeli 5.

Tabela 5 — Aritmetičke srednje vrijednosti, njihove razlike i signifikantnost razlika za podatke tretiranja A, B i C iz tabele br. 2 (\*\*  $P < 0,01$  \*  $P < 0,05$ )

Tretiranje	$\bar{x}$	$\bar{x} - 14,367$	$\bar{x} - 14,383$
B	14,383	0,016	0
C	14,383	0,016	
A	14,367		

Uspoređenjem podataka navedenih u tabeli 4 i 5 zaključujemo da kod istog direktnog djelovanja tretiranja, test signifikantnosti efekata tretiranja proveden na uobičajeni način, kod postojanja i nepostojanja naknadnog djelovanja ne daje iste rezultate. Kako u slučaju primjene uobičajene metode analize rezultata, koji su posljedica direktnog i naknadnog djelovanja tretiranja, nismo dobili signifikantnost razlika između aritmetičkih srednjih vrijednosti, pa se čak njihov poredak po veličini promijenio, u poređenju s istim primjerom bez naknadnog djelovanja, to jasno izlazi da primjena uobičajenog računa analize latinskog kvadrata kod postojanja naknadnih efekata ne zadovoljava.

Za te su slučajeve, Williams (cit. po 2) a zatim Cochran—Cox (2) primijenili specifičnu analizu čiju ćemo prikladnost ispitati i na našem primjeru iz tabele 2, kako bismo dobili teoretski odgovor na pitanje, koju metodu analize upotrijebiti kada se predviđa naknadno djelovanje.

Rezultati primjene navedene metode analiza prikazani su u tabeli 6.

Taebila 6 — Analiza varijance i test signifikantnosti za primjer sa naknadnim djelovanjem tretiranja A + 0,6, B + 0,1 i C — 0,3 (tabela br. 2)

6,1) Analiza varijance

Izvor varijacije	Stupanj slobode	Suma kvadrata	Varijanca
Kvadrati	1	5,3356	
Redovni unutar kvadrata	4	28,1956	
Kolone unutar kvadrata	4	5,0222	
Direktno djelovanje (nepročišćeno)	2	0,0012	
Naknadno djelovanje (pročišćeno)	2	1,0219	0,5109
Naknadno djelovanje (nepročišćeno)	2	0,8416	
Direktno djelovanje (pročišćeno)	2	0,1815	0,0907
Greška	4	0,0347	0,0087
Ukupno	17	39,6112	

6.2) Razlike i signifikantnosti razlika za direktno i naknadno djelovanje

(\*\* P < 0,01 \* P < 0,05)

Tretiranje	Direktno djelovanje	D. D.— — 14,240	D. D.— — 14,377	Naknadno djelovanje	N. D + + 0,429	N. D + + 0,017
1	2	3	4	5		
A	14,515	0,275*	0,138	+ 0,446	0,875**	0,463**
B	14,377	0,137		— 0,017	0,412**	
C	14,240			— 0,429		

Iz prikazanih podataka proizlazi da su znatno poboljšani rezultati analiza signifikantnosti diferencija efekata tretiranja koja imaju naknadno djelovanje, kada se primijenila metoda analize po Cochran-Cox. Navedenom metodom utvrdili smo signifikantnost razlika između direktnog djelovanja tretiranja A i C ( $P < 0,05$ ), a signifikantnost razlika između direktnog djelo-

vanja tretiranja AB i BC iznosi  $P < 0,10$ . Signifikantnosti za iste diferencije kada nema naknadnog djelovanja (tabela 4.2) iznose za aritmetičke sredine tretiranja A i C  $P < 0,01$  a za aritmetičke sredine AB i BC  $P < 0,05$ . Kako vidimo na temelju podataka iznesenih u tabeli 6.2 utvrđena je signifikantnost  $P < 0,01$  za razlike naknadnog djelovanja pojedinog tretiranja što potvrđuje potrebu da se primijeni i specifična metoda analize.

Autori primjenjuju terminologiju, koju sam i ja primijenila u tabeli 6.2, pa za izračunate vrijednosti pojedinog tretiranja kažu da su rezultati »direktnog« i »naknadnog« djelovanja. Međutim, analiza podataka iz tabela 1, 2 i 6 pokazuje da je tzv. »direktnom« efektu uklopljeno i naknadno djelovanje.

Tako je prosjek svih tretiranja u primjeru bez naknadnog djelovanja (tabela 1) 14,29 kg mlijeka, u primjeru sa naknadnim djelovanjem (tabela 2) 14,38 kg a i prosjek »direktnog« djelovanja (tabela 6.2) također iznosi 14,38 kg. Na taj način rezultati označeni kao efekti »direktnog djelovanja« u sebi sadrže i rezultate naknadnog djelovanja, te se ne mogu upotrijebiti za procjenu efekata pravog direktnog djelovanja dotičnog tretiranja. Također i dobiveni rezultati naknadnog djelovanja ne mogu poslužiti za procjenu vrijednosti naknadnog djelovanja pojedinog tretiranja. Iz toga se zaključuje da je neadekvatna terminologija upotrebljena po Cochran-Cox.

Međutim, diferencije između pojedinih tzv. »direktnih« djelovanja (tabela 6.2 kolona 3) i naknadnih djelovanja (tabela 6.2, kolona 5) vrlo dobro procjenjuje stvarne diferencije. Na temelju podataka prikazanih u tabeli 4.2 (primjer bez naknadnog djelovanja) znamo da je diferencija između A i B tretiranja 0,150, A i C tretiranja 0,283 i između B i C tretiranja 0,133. Procjene diferencije na temelju analize u tabeli 6.2 iznose za diferencije direktnog djelovanja A i B tretiranja 0,138, A i C tretiranja 0,275, te B i C tretiranja 0,137. Ako svaku procijenjenu diferenciju izrazimo u postotku stvarne diferencije, njihov će prosjek iznositi 97,28%. Te su veličine gotovo identične.

Kod analiziranog primjera znamo na temelju podataka iz tabele 2 da je naknadno djelovanje tretiranja A uvijek + 0,6, tretiranja B + 0,1 i tretiranja C -0,3. Na temelju navedenoga izlazi da je razlika između naknadnog djelovanja tretiranja A i B 0,5, tretiranja A i C 0,9 i tretiranja B i C 0,4. Procijenjene razlike između naknadnih djelovanja istog primjera prikazane u tabeli 6.2 iznose za tretiranja AB 0,463, tretiranja AC 0,875 i za tretiranja BC 0,412 tj. u prosjeku 97,61% pravih razlika.

Na osnovu iznesenog zaključujemo da procjena diferencija kako direktno tako i naknadno djelovanje zadovoljava kod analiza vršenih po metodi Cochran-Cox, dok navedena analiza ne daje bazu za procjenu aritmetičkih sredina populacije pojedinih tretiranja.

Procjenu direktnog, naknadnog i permanentnog efekta po metodi Lucasa prikazat ću na temelju podataka mliječnosti krava prikazanih u tabeli 3. Prvo ću dati rezultate analize primjera u kojem se naknadno djelovanje očituje u svim periodama (tabela 3.1). Rezultati analize prikazani su u tabeli 7.



Tabela 7 — Analiza podataka iz tabele 3.1

7.1) Analiza varijance

Izvor varijacije	Stupanj slobode	Suma kvadrata	Varijanca
Ukupno	23	71,0984	
Kvadrati	1	7,4817	
Periode unutar kvadrata	6	57,3433	
Kolone unutar kvadrata	4	3,4617	
Direktno djelovanje	2	0,3155	0,1578
Naknadno djelovanje	2	2,4344	1,2172
Greška	8	0,0618	0,0077

7.2) Direktno, naknadno i permanentno djelovanje, njihove razlike, te signifikantnost razlika (\*\*  $P < 0,01$  \*  $P < 0,05$ )

Tretiranje	Direktno djelovanje	D. D.— 13,598	D. D.— 13,738	Naknadno djelovanje	N. D.+ 0,439	N. D.+ 0,022
A	13,888	0,290**	0,150*	0,461	0,900**	0,483**
B	13,738	0,140*		—0,022	0,417**	
C	13,598			—0,439		

  

Tretiranje	Permanentno djelovanje	P. D.— 13,159	P. D.— 13,716
A	14,349	1,190**	0,633**
B	13,716	0,557**	
C	13,159		

Na temelju analize podataka po metodi Lucasa utvrdili smo signifikantnost između direktnog djelovanja tretiranja AB, AC i BC i to signifikantnost na istom nivou kao što smo je dobili i kod tretiranja diferencija aritmetičkih sredina tretiranja AB, AC i BC, kada nije bilo naknadnog djelovanja (tabela 4).

Za procjenu tačnosti diferencija između direktnog djelovanja poslužit će nam opet podaci iz tabele 4.2, po kojoj razlika između direktnog djelovanja A i B tretiranja iznosi 0,150, A i C tretiranja 0,283 te B i C tretiranja 0,133. Baze za procjenu diferencija naknadnih djelovanja opet su prema primjeru

izloženom u tabeli 2 za A i B tretiranja 0,5 za A i C tretiranja 0,9 i za B i C tretiranja 0,4. Za procjenu tačnosti ocjene diferencije permanentnih djelovanja, te sam na taj način dobila diferenciju permanentnog djelovanja A i B tretiranja 0,650, A i C tretiranja 1,183 te B i C tretiranja 0,533.

Vrijednosti diferencija direktnih, naknadnih i permanentnih djelovanja iz tabele 7.2 izražene u postocima vrijednosti koje su uzete za bazu procjene, iznose za direktno djelovanje 102,44%, naknadno djelovanje 100,42% i permanentno djelovanje 100,71%. Očito je da je procjena diferencija kako direktnog djelovanja tako i naknadnog i permanentnog vrlo tačna.

U svojim analizama Lucas navodi izraz »direktno« djelovanje makar je i u njegovoj analizi kao i kod analizi po metodi Cochran i Coxa uklopljeno u »direktno« djelovanje i naknadno. Srednja vrijednost tzv. direktnih djelovanja jeste srednja vrijednost efekata koja su nastala uslijed direktnog i naknadnog djelovanja pojedinih tretiranja, te ne mogu poslužiti za procjenu vrijednosti direktnog djelovanja pojedinog tretiranja. Rezultati naknadnog djelovanja također ne mogu poslužiti za procjenu vrijednosti naknadnog djelovanja pojedinog tretiranja. Međutim, na temelju rezultata permanentnog djelovanja može se vršiti procjena permanentnog djelovanja pojedinog tretiranja.

Kako sam spomenula u uvodu u eksperimentalnom radu srest ćemo se i sa slučajevima kada pojedina tretiranja imaju naknadno djelovanje samo na tretiranja koja nisu ista kao i njihova, te ću zato prikazati analizu primjera iz tabele 3.2, i to po metodi Lucasa.

U tabeli 8 prikati ću rezultate analize varijance i testiranja opravdanosti razlike za direktno, naknadno i permanentno djelovanje.

*Tabela 8 — Analiza podataka iz tabele 3.2*

### 8.1) Analiza varijance

Izvor varijacije	Stupanj slobode	Suma kvadrata	Varijanca
Ukupno	23	74,5984	
Kvadrati	1	7,4817	
Periode unutar kvadrata	6	60,4767	
Kolone unutar kvadrata	4	5,2717	
Direktno djelovanje	2	0,0455	0,0228
Naknadno djelovanje	2	1,0811	0,5405
Greška	8	0,2417	0,0302

**8.2) Direktno, naknadno i permanentno djelovanje, njihove razlike te signifikantnost razlike (\*\* P < 0,01 \* P < 0,05)**

Tretiranje	Direktno djelovanje	D. D.— 13,652	D. D.— 13,712	Naknadno djelovanje	N. D.+ 0,294	N. D.+ 0,011
A	13,762	0,110	0,050	0,305	0,599**	0,316*
B	13,712	0,060		—0,011	0,283*	
C	13,652			—0,294		

Tretiranje	Permanentno djelovanje	P. D.— 13,357	P. D. 13,700
A	14,067	0,710**	0,367*
B	13,700	0,343*	
C	13,357		

Procjenjene diferencije direktnog, naknadnog i permanentnog djelovanja pojedinog tretiranja, dobivene Lucasovom metodom analize prikazane u tabeli 8.2, iznose 39,02% direktnog djelovanja, 66,93% naknadnog djelovanja i 60,24% permanentnog djelovanja od stvarnih vrijednosti dobivenih na temelju podataka iz tabele 1 i 2. Prema tome tačnost procijenjenih diferencija za direktno, naknadno i permanentno djelovanje ne zadovoljava.

Radi bolje komparacije tačnosti metode analize efekata tretiranja u slučajevima kada postoji naknadno djelovanje dat ću u tabeli 9 sumarni pregled podataka tačnosti ocjene razlika direktnog, naknadnog i permanentnog djelovanja za pojedina tretiranja dobivenih na temelju uobičajene metode analiza, analiza po Cochran-Cox, te Lucasu.

Kao što sam prije napomenula kao temeljni podaci za komparaciju (izraženi sa 100%) uzete su vrijednosti diferencija aritmetičkih sredina dobivenih na temelju analize iz primjera datog u tabeli 1, dakle, primjera bez naknadnog djelovanja. Baza za ocjenu diferencija naknadnog djelovanja dobivena je na temelju diferencije naknadnih djelovanja pojedinih tretiranja prikazanih u tabeli 2, a baza za ocjenu permanentnog djelovanja pojedinih tretiranja dobivena je zbrajanjem diferencija direktnih i naknadnih djelovanja.

*Tabela 9 — Diferencije između efekata pojedinih tretiranja izražene u postocima temeljnog podatka*

Metoda analize	Primjer	Direktno djelovanje	Naknadno djelovanje	Permanentno djelovanje
Po Cochran— —Cox	Kvadrati 3 × 3 u 2. i 3. periodi naknadno (tabela 2)	97,28%	97,61%	
Po Lucasu	Kvadrati 3 × 4 u 2. 3. i 4. periodi naknadno (tabela 3.1)	102,44%	100,42%	100,71%
	Kvadrati 3 × 4 u 2. 3. i 4. periodi naknadno (tabela 3.2)	39,02%	66,93%	60,24%

Usporedba metoda analiza (tabela 9) podataka dobivenih na temelju eksperimentalnog rada po planu latinskog kvadrata u kojima svako tretiranje ima naknadno djelovanje i u svakoj slijedećoj periodi istraživanja pokazuje, da su najtačnije procjene djelovanja tretiranja dobivene Lucasovom metodom po planu: »Extra period Latin Square Change-over Designs« od plana rada i obrade po metodi Cochran-Cox. Međutim, ukoliko pojedina tretiranja nemaju naknadno djelovanje i na svoje tretiranje, bolja je primjena metode po Cochran-Cox nego li Lucasova metoda.

Međutim, obje metode omogućuju samo procjenu opravdanosti diferencija direktnog i naknadnog djelovanja, a metoda Lucasa i permanentnog djelovanja, ali ne omogućuju procjenu aritmetičke sredine populacije pojedinog tretiranja. Ukoliko nam je cilj da utvrdimo direktno djelovanje za svako tretiranje a postoji naknadno djelovanje, ne možemo primijeniti pokusni plan po sistemu latinskog kvadrata u kojemu bi kolone bile grla, već bi svako grlo moralo biti kroz čitav pokus tretirano istim pokusnim tretiranjem, a redove i kolone bi formirali faktori koji uzrokuju povećanje varijabiliteta pokusnih podataka.

#### ZAKLJUČAK

U slučajevima kada pojedino tretiranje ima naknadno djelovanje na rezultate slijedeće periode ispitivanja, tj. na rezultate tretiranja koje slijedi, ukoliko je eksperimentalni plan rada bio latinski kvadrat, uobičajena analiza podataka neće zadovoljiti.

Usporedba rezultata dobivenih na temelju podataka eksperimenta po planu latinskog kvadrata u kojima su pojedina tretiranja imala naknadno djelovanje za svaku periodu koja slijedi pokazala su da je metoda plana rada i analize po Lucasu preciznija od metode po Cochran-Cox. Međutim, ukoliko pojedino tretiranje nema naknadno djelovanje na rezultate u slijedećoj periodu ako je slijedi isto tretiranje, nego se naknadno djelovanje pojedinog tretiranja pojavljuje samo ako ga u idućoj periodu slijedi različito tretiranje, Lucasova metoda ne odgovara, te je mnogo bolja metoda po Cochran-Cox.

Prilikom analize podataka pojedinih tretiranja s naknadnim djelovanjem, a pokusni plan je latinski kvadrat, te grla formiraju kolone, ne može se utvrditi direktno djelovanje niti naknadno djelovanje, nego se može samo izvršiti test opravdanosti razlika između pojedinih direktnih i naknadnih djelovanja. Ocjena permanentnog djelovanja po metodi Lucasa zadovoljava.

U slučaju pojave naknadnog djelovanja pojedinog tretiranja, a cilj je istraživanja dobiti procjenu direktnog djelovanja pojedinog tretiranja, pojedino grlo ne smije formirati kolonu u latinskom kvadratu, već mora biti kroz čitav pokus tretirano na isti način. Kolone i redove u tom slučaju formiraju drugi izvori varijabiliteta.

## CONTRIBUTION TO A KNOWLEDGE OF A APPLICATION OF LATIN SQUARE IN TREATMENTS WITH RESIDUAL EFFECTS

### Summary

Application of latin square in experiments with cattle could be very efficient. But in the cases in which there are residual effects of treatments a conventional analysis of data does not give correct estimates of the direct effects of treatments.

In order to solve this problem, Williams, Cochran-Cox, and Lucas, have made a modification of latin square design and have worked out the analysis of variance for these cases. Lucas modified latin square design for the treatments with residual effects by adding one more period in which the treatments were the same as in the period that preceded to it. He suppose that the residual effects were the same, irrelevant of the treatments applied in periods in which the residual effects appeared.

In order to test their method of analysis of data (Williams, Cochran-Cox) collected in the experiments in which latin square or modified latin square (Lucas) were used, it is studied the precision of the estimate of direct, residual and permanent effect. The study showed that analysis of variance by Cochran-Cox and Lucas of the results of the investigations of the treatments with residual effects enable us to test the significancy of the differences of the direct and residual effects of any treatment, but not the estimates of the parameter (means) of population for direct and residual effects. The estimate of permanent effects made by Lucas has been found as satisfactory.

Besides the mentioned investigations of the application of the method of analysis of data collected by latin square design there has been investigated the case, in which the residual effects appear only when the treatments in subsequent periods are different and when the treatments are the same the residual effects do not appear. The results of these investigations showed that in this case the application of modification of latin square modified by Lucas is not efficient and that, for this case the Cochran-Cox design is more efficient.

From the results of this investigation follows that, when we have to find the direct effects of the treatments that have residual effects, there must be applied latin square design in which every animal shell be treated during total experiment by the same treatment and columns and rows shell be formed by the two additional known source of variation.

### LITERATURA

1. Cox C. P.: Latin-Square Designs with Individual Gradients in One Direction, Great Britain, Knight and Co., Nature, Vol. 177, 1956.
2. Cochran W. G., Cox G. M.: Experimental Designs, John Wiley, New York 1968. god.

3. Fisher R. A.: The Design of Experiments, Oliver and Boyd, Edinburgh, 1960. god.
4. Fisher R. A., Yates F.: Statistical Tables, Oliver and Boyd, Edinburgh 1938. god.
5. Li C. C.: Introduction to Experimental Statistics, McGraw-Hill, 1964. god.
6. Lucas H. L.: Extra-Period Latin Square Change — over Designs, J. Dairy Sci. 1957. god.
7. Pearce S. C.: Biological Statistics an introduction, McGraw-Hill, 1965. god.
8. Snedecor G. W., Cochran W. G.: Statistical Methods, the IOWA State University Press, Ames, IOWA, U.S.A. 1967. god.
9. Steel R. G. D., Torrie J. H.: Principles and producers of Statistics McGraw-Hill, 1960. god.

#### LITERATURA

1. Cox D. R.: Latin-Square Designs with Individual Gradients in One Direction, British Journal for the Philosophy of Science, Vol. 17, 1956.
2. Cochran W. G., Cox G. M.: Experimental Designs, John Wiley, New York 1957. god.