

T. BUDIN

**ISPITIVANJE RIZIČNIH OBILJEŽJA SJETVENIH PLANOVA
STANDARDNOM OPTIMALIZACIJOM ORGANIZACIJSKO-
-EKONOMSKOG MODELA**

I Z V O D

Organizacijsko-ekonomskim modelom, izgrađenim na matematičkim osnovama standardnog linearnog programiranja ispituje se i rizičnost sjetvenih planova velikog gospodarstva. Obuhvaćena je rizičnost koja proizlazi iz utjecaja vremenskih prilika na proizvodno-ekonomske rezultate. Pogodnim formulacijama u modelu, varijantni planovi se ispituju s gledišta minimalnog i maksimalnog regreta, minimalne i maksimalne ukupne dobiti i s gledišta variranja dobiti.

**TESTING RISKY PROPERTIES OF CROPPING PLANS BY
STANDARD OPTIMALIZATION OF AN ORGANIZATIONAL-
-ECONOMICAL MODEL**

A B S T R A C T

Risky characteristics of cropping plans caused by the influence of weather conditions on the productional and economical results have been investigated on a large scale farm by an organizational — economical model solvable by standard LP routines. Through appropriate formulations in the model, the variant plans are tested in respect to their minimal and maximal regret, minimal and maximal gross revenue and in respect to the variation of gross revenues.

1.0. UVOD I CILJEVI

Početkom pedesetih godina dotadašnjim metodama agroekonomskih istraživanja i metodama planiranja u poljoprivredi počele su se suprotstavljati metode matematičkog programiranja kao i općenito novi sistematski pristupi problemima. Linearno programiranje kao prva i glavna matematička osnova odgovarajućih modela pokazuje neuporedive veće mogućnosti oponašanja direktnih i indirektnih povezanosti i interakcija u određenim proizvodno-ekonomskim sistemima od klasičnih kalkulativnih pristupa. Obuhvat problema, veličina i oblik modela, te mogućnosti njihovog efikasnog

Doc. dr Tomislav BUDIN, Fakultet poljoprivrednih znanosti Zagreb, OOUR Institut za ekonomiku i organizaciju poljoprivrede

rješavanja bili su u početku ograničenog dosega i okrenuti pretežno jednostavnijim problemima izbora proizvodnje¹⁾.

S današnjeg gledišta, nakon višegodišnjeg razvoja i nepreglednog niza objavljenih rezultata istraživanja i primjene linearnog programiranja, stječe se krivi dojam da je većina toga rečeno i s gledišta kritičkih primjedaba na metodu i s gledišta daljeg razvoja u primjeni te metode i na mikro i makro planu. (Kraći kronološki pregled odabranih dosadašnjih istraživanja koji dajemo u nastavku profiliran je, u određenoj mjeri, u tom smislu).

Naime, vrlo rano je ukazivano na određene nedostatke metode kao što je linearnost, kontinuiranost, statičnost, determinizam, monokriterijalnost, greške agregiranja. Istodobno su predlagane i varijante metode kojima se ti nedostaci mogu otkloniti ili ublažiti (separabilno programiranje, kvadratno programiranje, cjelobrojčano programiranje, parametarsko programiranje, dinamičko linearno programiranje, stohastičko linearno programiranje). No, uz već poznata ograničenja metode kao matematičke osnove, problemi se zacijelo javljaju manje u istraživanju i otklanjanju navedenih ili eventualno drugih metodoloških ograničenja. Oni se više javljaju u pojedinim fazama modeliranja konkretnih problema, u izboru odgovarajućeg problema, teoretsko ekonomskoj analizi, formuliranju modela, njegovoj validaciji, te u interpretaciji rezultata modeliranja. U poljoprivredi se veliki broj problema proizvodno tehnoloških, organizacijskih i investicijskih u osnovi svodi na problem ekonomski optimalnog alociranja ograničenih resursa. U tom djelokrugu problema modeli analogni matematičkoj osnovi linearnog programiranja pružaju vrlo široke mogućnosti pa su pri pravilnom korištenju evidentna preimućstva te metode u odnosu na druge metode, u odnosu na sadašnju praksu i u odnosu na njene »matematičke« nedostatke.

S navedenog gledišta daljnja istraživanja u vezi s linearnim programiranjem mogu biti od interesa s najmanje dva polazišta; (a) kao sredstvo za metodološki jedinstven uvid u ponašanje i vođenje realnih sistema koji se modeliraju i (b) kao istraživanja metode i odgovarajućih modelskih formulacija po sebi.

U ovom radu usredotočujemo pažnju pretežno na prvo navedeni aspekt, a dijelom i na specifičnost mogućih modelskih formulacija u linearnom programiranju. Problemi izbora proizvodne orijentacije na ratarskim gospodarstvima skopčani su, naime, s utjecajem vremenskih prilika na rezultate u ratarskoj proizvodnji i s rizičnošću ili neizvjesnošću pojavljivanja takvog utjecaja. Cilj je ovog rada da uzevši u obzir konkretne prilike jednog velikog gospodarstva modelom ispita ponašanje tog konkretnog sistema u uvjetima varijabilnih proizvodno-ekonomskih rezultata izazvanih utjecajem vremenskih prilika. Odgovarajućom modelskom formulacijom također treba testirati rizična obilježja standardno optimaliziranog organizacijsko-ekonomskog modela, i na taj način donosiocu odluka pružiti jedan dodatni uvid u

1) Peterson (1955) navodi da je za rješavanje početne matrice od 27 nepoznanica i 20 jednadžbi utrošeno svega 25 minuta kompjuterskog vremena. To je svojevrsni kuriozum s današnje perspektive, kada se za optimalizaciju problema s početnom matricom četrdesetak puta većom i u pogledu nepoznanice i jednadžbi troši ispod 5 minuta kompjuterskog vremena. U dogledno vrijeme i ova računaska efikasnost koju danas navodimo vjerojatno će također izazvati čuđenje.

aspekt ponašanja modeliranog ratarskog sistema. Time bi ovim istraživanjem trebalo utvrditi u kojoj mjeri se standardnim formulacijama može ukazati na rizična obilježja varijantnih sjetvenih planova. Problem rizika od vremena u dosadašnjim istraživanjima obuhvaćen je na više načina. Međutim, treba naglasiti da su adekvatnije teoretske formulacije najčešće teško primjenljive u okolnostima koje prevladavaju na velikim ratarskim gospodarstvima. I s tog je razloga poželjno ispitati mogućnosti standardnog linearnog programiranja u tretiranju rizika jer je primjenljivost te metode već svestrano ispitana i poznata.

2.0. PREGLED ODABRANIH DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Ratarska proizvodnja, pa i sistemi ratarenja, odavna privlače pažnju poljoprivrednih istraživača vrlo različitih specijalnosti. Stoga, kad je riječ o literaturnim istraživanjima svaki se takav pokušaj nužno susreće s problemom selekcije i sistematizacije relevantnih tema i radova za koje se značajno direktno ili indirektno oslanjaju nova istraživanja. K tome se pridružuju i jedna univerzalna dilema: da li konfrontirati, apostrofirati ili ne određene istraživačke rezultate koji potvrđuju teoretske ili opće prihvaćene proizvodnje i ekonomske zakonitosti, a čije oblike, ipak, zbog naravi ratarske proizvodnje, u svakom konkretnom slučaju treba nanovo izučiti i utvrditi. Po drugoj strani, u novije vrijeme, uz sav razvoj informatike, svjedoci smo i brojnih paralelnih istraživanja metodološkog i aplikativnog karaktera. Očito dakle, svakom literaturnom istraživanju prijete opasnost od necjelovitosti, pa i one uže nacionalne. Pred mnogobrojnom znanstveno-istraživačkom publicistikom, istraživač je prisiljen racionalno supstituirati potreban utrošak vremena s očekivanim koristima literaturnih istraživanja.

Pod takvim okolnostima odabrali smo za prikaz nekoliko dosadašnjih istraživanja koja nastoje obuhvatiti cjelokupnost bitnih karakteristika sistema proizvodnje pomoću modela temeljenih na osnovama metode linearnog programiranja.

Među prvim radovima koji izvještavaju o mogućnostima primjene linearnog programiranja u poljoprivredi izdvajamo rad Balesa (1955.¹⁾). Linearno programiranje, (zvano activity analiza i matematičko programiranje) trebalo je zamijeniti diferencijalne kalkulacije (budgetting). Koristeći primjer sa šest proizvodnih ograničenja, autor kroz osnovne vektorske operacije približava matematičku i ekonomsku suštinu linearnog programiranja klasičnom kalkulativnom pristupu, te na takav način ističe prednosti nove metode. Peterson (1955) već uspješno primjenjuje simpleks metodu i kompjutorsku tehniku u izboru optimalne kombinacije stočarskih linija uz istodobni izbor najpovoljnijeg plodoređa. Međutim, cjelovitu razradu agroekonomskih i tehničko proceduralnih obilježja linearnog programiranja, kao i različite mogućnost primjene te metode nalazimo kod Headya i Candlera (1958). To je zapravo jedan prvi i pravi udžbenik operacijskih istraživanja u poljo-

1) Jedan od prvih objavljenih radova je rad Waugh F. V. »The minimum — Cost Dairy Feed« Journal of Farm Economics 33,3 Aug. 1951. (Cit. prema Bales ibid.).

privredi, koji osim standardnog linearnog programiranja, obrađuje parametarska programiranja kao i čistu teoriju igara. **Giaever** i **Seagreves** (1960) na primjeru male norveške farme ispituju postupke za formulaciju nelinearnih odnosa u okviru početne matrice linearnog programiranja, budući, da se linearne pretpostavke LP modela kritiziraju naročito s gledišta nelinearnog opadanja prosječnih ukupnih troškova u slučaju povećanja proizvodnje. **Stewart** (1961) istražuje problem obrtnih sredstava kao jednog od ograničenja u primjeni linearnog programiranja u poljoprivredi. Polazeći od važnosti obrtnih sredstava u ranijim kalkulativnim načinima planiranja, autor gradi LP model koji uzima u obzir sezonski karakter toka gotovine u poljoprivredi te koji, po našem mišljenju, ima svojstva modela koji kasnije dobivaju ime dinamično linearno programiranje (npr. **Hutton** 1965, **Barnard** i **Nix**, 1976). **McFarquhar** (1961) u opsežnom radu razmatra posebice kritičke primjedbe u vezi s determinističkim pretpostavkama prisutnim kod utvrđivanja tehničkih koeficijenata, diskutira troškove primjene te metode u odnosu na kalkulativne i općenito praktičnu vrijednost linearnog programiranja u planiranju proizvodnje na obiteljskim farmama. Istraživanje je pokazalo prednosti LP-a u tretiranju sezonskog karaktera poljoprivredne proizvodnje a i preimućstva u pogledu ostalih pomenutih sučeljavanja te metode i klasičnih pristupa. Prema rezultatima ovih istraživanja, korištenje modela s bazom linearnog programiranja, uz upotrebu prosječnih tehničkih koeficijenata nekog područja, ne daje zadovoljavajuće rezultate na konkretnim gospodarstvima. Takve rezultate potvrđuju **Huffman** i **Stanton** (1969), ali ih ne uvažava u potpunosti **Radović** (1978), tražeći optimalne proizvodne planove društvenih gospodarstava na temelju prosječnih strukturnih odnosa dobivenih ispitivanjem većeg broja gospodarstava.

Početakom šezdesetih godina linearno programiranje privlači određenu pažnju i među našim agrarnim ekonomistima (npr. **Vincek**, 1965, **Bubica**, 1966). Interesantna je i jedinstvena u nas, u novijem razdoblju, polemika koju su protagonisti uvođenja nove metode u istraživački rad morali voditi prvenstveno radi nerazumijevanja temeljnih principa linearnog programiranja, npr. **Vincek — Milanović** (Vincek, 1965, Milanović 1966, Vincek, 1966). **Vincek** (1966, 1967) u opširnom istraživačkom radu izvještava o načinu i mogućnostima primjene linearnog programiranja na rješavanju nekih temeljnih problema naših društvenih gospodarstava. Tako se simplex metoda primjenjuje pri minimizaciji troškova kod sastava smjese i pri izboru ratarskog proizvodnog programa, uz različite prirodne uvjete proizvodnje parametrirajući i raspoloživa dodatna investicijska sredstva. U tu svrhu, autor po prvi puta u našoj istraživačkoj praksi, analizira i obrazlaže ekonomsku nužnost i opravdanost posmatranja izbora proizvodnje po bonitetima klasama zemljišta. **Arsovski** (1967) objavljuje rezultate primjene linearnog programiranja pri optimalizaciji proizvodnih kapaciteta u području jednog poljoprivrednog mikro rajona. Iz rezultata istraživanja proizlazi da bi programirane poljoprivredne djelatnosti dale visoku produktivnost i ekonomičnost ukoliko bi se sprovelo koje od varijantnih rješenja.

Mirić i **Krstić** (1969) konstatiraju da mnoga istraživački utvrđene ekonomski optimalna rješenja strukture sjetve, metodom linearnog programira-

nja, ostaju neprimijenjena. Razlog tome oni vide u skromnijim mogućnostima ove metode u odnosu na stvarne potrebe, jer je izbor strukture sjetve sveobuhvatan i dinamičan. Kritički se osvrću i na nepravilnost pri utvrđivanju polaznih parametara. Ispitujući optimalnu strukturu sjetve za šest različitih uvjeta proizvodnje, autori ukazuju na glavni sklop činilaca koji utječu na strukturu sjetve (input output odnosi, ograničenja, funkcija kriterija, agregiranja). **Komluški** (1970) izvještava o načinu i prednostima primjene linearnog programiranja na društvenom dobru s 2160 ha.¹⁾ Rezultatima primjene, autor navodi da su dobiveni odgovori na sva postavljena pitanja u pogledu smjera proizvodnje, investicija i radne snage, uz veliki stupanj realnosti programa. Ističu se velike prednosti ove metode u pogledu lakoće izmjene svih polaznih postavki. **Petrović i Tomić** (1971) modeliraju optimalni program ratarske i stočarske proizvodnje jednog gospodarstva u sastavu poljoprivredno-industrijskog kombinata, s ciljem da se rezultati proizvodnje mogu neposredno primijeniti u procesu proizvodnje²⁾. Kompleksnost proizvodne situacije koju su modelirali zahtijevala je početnu matricu s većim brojem aktivnosti (273) i ograničenja (289) što je, prema navodima, prelazilo kapacitete raspoloživog programa. Autori su izvršili reduciranje matrice i ovaj njihov rad pretežno komparira rezultate optimalizacije za originalnu matricu (riješenu u inozemstvu) i reduciranu matricu. I ovi autori naglašavaju značenje detaljnog proučavanja organizacijsko-tehnoloških problema, prije nego što ih modeliramo.

Daljnji metodološki aplikativni razvoj linearnog programiranja susreće se pored već navedenim problemom linearnosti metode i s problemom grešaka, koje se neophodno javljaju pri agregiranju određenih aktivnosti. **Paris i Rausser** (1973) obavljaju rezultate metodološkog rješenja tog problema nadajući se da će se naći i odgovarajuća računaska procedura koja bi omogućila korištenje njihovih matematičkih uvjeta za agregaciju bez greške. Po drugoj strani **O'Connor et. al.** (1977), smatraju da je greška agregacije neizbježna, ali ju stoga treba unaprijed ukalkulirati i na takav način reducirati njezino značenje. **Erdeljan et. al.** (1974) ispituju primjenu razlomljenog linearnog programiranja u izboru optimalne strukture sjetve s polaznom tezom da je hiperbolna funkcija kriterija fleksibilnija, pa će prema tome takvo programiranje dati realnije rezultate. **Galev** (1976) na primjeru izrade dugoročne razvojne koncepcije agroindustrijskog kombinata sugerira trofazni pristup. Pomoću regresijskog modela, i tako dobivenih dohodovnih elastičnosti, utvrđuje dugoročnu potražnju za poljoprivredno-prehrambenim proizvodima. Input-output modelom usklađuju se prvenstveno međusobni odnosi i utvrđuje samo orijentacijska koncepcija dugoročnog razvoja. Modelom linearnog programiranja optimalizira se skladan razvoj proizvodnje i kapaciteta. **Vincek, Jakovljević** (1977) finaliziraju dio višegodišnjih opsežnih istraživanja mogućnosti i načina korištenja organizacijsko-ekonomskih modela pogodnih za rješavanje kompjuterskim rutinama linearnog programiranja. Na proizvodnim i investicijskim problemima ratarske radne organizacije u cjelini, kao i pojedinih osnovnih organizacijskih jedinica kao njihovim podsistemi-

1) Rad je rađen u zajednici s laboratorijem za ekonomska istraživanja pri INRI-i France, 1967. i 1968.

2) I ovaj rad je rezultat suradnje grupe naših stručnjaka i OECD eksperata.

ma, u okviru ovih istraživanja izrađen je i riješen veliki broj modela za potrebe konkretne radne organizacije. Taj rad međutim ima i metodološku i aplikativnu vrijednost za širu praksu. Posebni doprinos ovog rada je u tome što se u njemu koriste i pokazatelji dualnog rješenja i postoptimalne analize. Teoretska vrijednost dualnog rješenja za donošenje odluka u poljoprivredi je odavno poznata (**Baumol** 1961), no ovdje tek vidimo i neke njegove domete na konkretnoj problematici radne organizacije.

O daljnjem istraživačkom radu, problemima i iskustvima modeliranja određenih proizvodnih problema na krupnim poljoprivrednim organizacijama, isti autori izvještavaju u više navrata (**Vincek** 1979, **Jakovljević** 1979). O potrebi i načinu korištenja LP modela s nužnim djelomičnim cjelobrojčanim rješenjima (mješovito cjelobrojčano programiranje), izvještavaju **Kalpić** i **Budin** (1978). **Danok** et. al. (1978) također koriste model linearnog programiranja dekomponiran u cjelobrojčani i necjelobrojčani (kontinuirani dio), uz istodobni izbor strojeva i priključaka (cjelobrojčani dio), za državnu farmu u Iraku. Neke osnovne ekonomsko teoretske postavke modela slične su onima navedenim u navedenom radu **Vincek**, **Jakovljević** (1977).

Problemi međusobnog, povratnog, utjecaja između izbora optimalne strukture sjetve i izbora vrste strojeva za obavljanje pojedinačnih radnih operacija u okviru tehnologije proizvodnje na izabranoj strukturi sjetve, posebno se manifestiraju u nepovoljnim vremenskim uvjetima. Vremenski uvjeti naročito utječu na proizvodne rezultate i mogućnosti rada strojeva. Uzevši ovaj drugi element u tri determinantske varijante **Jakovljević** (1979) ispituje utjecaj prosječnih nepovoljnih i povoljnih vremenskih uvjeta na izbor strukture proizvodnje, iskorištenje strojeva i ekonomske rezultate. Definirani uvjeti proizvodnje ocijenjeni su na temelju iskustvenih podataka. Definirajući također tri spomenuta uvjeta za proizvodnju i njene pridružene proizvodne rezultate **Rae** (1971) ih razvija stohastički a ne deterministički.

Premda nije neposredno vezano uz ciljeve i zadatke ovih istraživanja, spomenimo samo da se u novijem razdoblju sistemskim determinističkim pristupom sve više ispituje ponašanje makro sistema i podsistema na osnovama metode linearnog programiranja (npr. **Vincek** 1974, **Mulić** 1973, **Kim Van Dong** 1976, **Vincek**, **Budin** 1978, **Buckwell** 1979).

3.0. METODE RADA I IZVORI PODATAKA

Modelsko eksperimentiranje je osnovni metodski pristup u ovim istraživanjima. Matematička formalna osnova modela je linearno programiranje, a standardne kompjutorske rutine simpleks procedure korištene su u procesu optimalizacije. Osnovne karakteristike modela i formalan matematički prikaz dajemo detaljnije u narednom poglavlju. Pored ove metode u radu su korištene i druge metode. Metoda faktorske analize korištena je pri bonitiranju zemljišnih površina, a kalkulativne metode pri utvrđivanju tehnološko-ekonomskih input koeficijenata. Budući da je postavljenim ciljevima prikaz istraživanja i rezultata uže usmjeren, ove metode sada posebno ne obrazlažemo.

Proizvodne, tehnološke i ekonomske kvantifikacije u modelu temelje se na podacima OOUR-a Ratarstvo Bara—Čepin, RO Ratarstvo Osijek, SOUR IPK Osijek. Izvorni podaci dobiveni su pretraživanjem proizvodno-tehnološke evidencije (»knjiga — tabli«), knjigovodstveno-analitičke evidencije, meteoroloških evidencija i dosadašnjih istraživanja u ispitivanoj radnoj odnosno osnovnoj organizaciji.

4.0. ORGANIZACIJSKO-EKONOMSKA STRUKTURA I MATEMATIČKA FORMULACIJA MODELA

Formuliranju i izgradnji modela neophodno prethodi određeni rad na definiranju pretpostavki i ciljeva, te na oblikovanju modelske strukture koja će odražavati proizvodno-organizacijske i ekonomske determinante konkretnog ratarskog sistema. Pretpostavke značajne za stvaranje modelske slike istraživanog ratarskog proizvodnog sistema izviru iz (a) izbora i utvrđivanja ključnih determinanti sistema proizvodnje i (b) ekonomsko-teoretske analize kojim se ključne determinante sistema prilagođavaju pretpostavkama ekonomsko teoretske naravi. Ovdje izdvajamo samo glavna polazna stanovišta i pretpostavke koje se moraju u određenoj formi uključiti u modelsku formulaciju.

Prema poznatim zakonitostima iz opće teorije o komparativnim ekonomskim prednostima, zemljišne površine trebalo bi u modelu izražavati, u resursima i u aktivnostima, u određenim bonitetnim grupama, u onom slučaju kada neka bonitetna grupa zemljišta daje apsolutnu ili relativnu (komparativnu) prednost pojedinoj kulturi. Naša je pretpostavka da će neka kultura imati relativnu ekonomsku prednost na nekom zemljištu, ukoliko je na tom zemljištu njena ekonomska prednost veća u odnosu na druge kulture, ili je pak zaostajanje te kulture u odnosu na druge kulture manje. Analizom prilika na gospodarstvu pokazuje se da je takva pretpostavka i u konkretnom slučaju potrebna (tab. 1).

Tabela 1 — Ilustracija komparativnih ekonomskih prednosti pšenice i šećerne repe na rezultatima ostvarenim u OOUR »Bara« 1976. godine

Table 1 — An illustration of comparative economic advantages of wheat and sugar beet based on the production results in BUAL »Bara« in the 1976.

Grupa parcela Group of plots	Pšenica Wheat	Prinosi dt/ha	Stopa supstitucije		
		Yields 00 kg/ha	Rate of substitution		
		Šećerna repe Sugar beet	Šećer. repe/ pšenica Sugar beet/ wheat	pšenica šeć. repe Wheat/ sugar beet	
I	66,2	580,8	8,77	0,11	
II	64,1	520,3	8,11	0,12	

Izvor: Izračunato iz analitičke evidencije (»knjiga tabli«) istraživanog gospodarstva

Source: Calculated from the analytical book keeping (»the book of plots«) on the investigated farm

Zakon komparativnih ekonomskih prednosti, utvrđuje da I grupa parcela ima apsolutnu ekonomsku prednost za obje kulture, a druga grupa parcela ima relativnu prednost za pšenicu, a što vidimo i iz marginalnih stopa supstitucija. Stoga bi s ekonomskog gledišta bilo povoljnije da se obzirom na rezultate u toj godini i u okvirima svih drugih ograničenja, što više šećerne repe sije na I grupi parcela, a što više pšenice na II grupi parcela. To su razlozi teoretsko-ekonomske naravi, zbog kojih izvor proizvodnje, kao osnovni funkcionalni podsistem modela ratarske proizvodnje, treba sadržavati i problem prostora alokacije kultura na grupe proizvodnih površina na kojima pojedine kulture mogu ispoljiti efekte komparativnih ekonomskih prednosti.

Organizacija rada strojeva u okviru određene tehnologije proizvodnje je drugi značajni funkcionalni podsistem ratarskog proizvodnog sistema. U odnosu na taj podsistem, pretpostavke u modelu su višedimenzionalne i izvire iz karaktera poljoprivredne proizvodnje i teorije troškova (1) Svaka kultura zahtijeva određenu tehnologiju rada (agrotehniku) strojeva i to: u pogledu kvantuma u ovisnosti od njene zastupljenosti u strukturi sjetve, a u pogledu kvalitete i optimalnog roka kako je to agrotehnikom specificirano. Obavljanje nekih poslova moguće je i u susjednim rokovima ili čak daleko izvan optimalnih agrotehničkih rokova, ali to onda izaziva određene ekonomske štete. (2) Pojedine agrotehničke zahvate moguće je obaviti strojevima i priključcima različitih tehničkih karakteristika (tipovi traktora) a da se pri tome ne mijenja kvalitet i rok obavljenih poslova, (3) Broj i struktura raspoloživih strojeva (po tipovima) je zadata i konstantna kroz cijelu godinu. (4) Rad strojeva manifestira se različito na kategoriju varijabilnih, odnosno fiksnih i relativno fiksnih troškova rada, kao što je to poznato u teoriji troškova. Ukupni troškovi s kojima će alternativni stroj teretiti radnu operaciju koju obavi, ovisi i o prosječnim godišnjim fiksnim i varijabilnim troškovima po jedinici učinka. Ta se konačna cijena, međutim, više ne može utvrđivati posmatrajući alternativni stroj ili radnu operaciju izolirano, već ona ovisi o izabranoj strukturi sjetve (dakle, količini ukupnog potrebnog rada svih strojeva), o načinu organizacije i vremenske sinhronizacije rada strojevima (optimalni broj, dinamika i dužina smjena te raspored strojeva na radne operacije) i o mogućnostima rada strojeva u pojedinim rokovima, naročito u kritičnim. Zato za ovaj podsistem u cjelini treba tražiti, uz zadovoljenje svih tehnološko-organizacijskih komponenti, takva ekonomska rješenja kojim se minimizira ukupna suma fiksnih i varijabilnih troškova strojeva.)

Maksimiziranje proizvodno-ekonomskih rezultata ratarskog sistema u cjelini je općenito kriterij za vrednovanje njegove ekonomske efikasnosti. Pretpostavkama i odnosima definiranim u okviru tog podsistema, podređuju se i vrednuju svi ostali odnosi u modelu. Preko tog podsistema model komunicira s egzogenim faktorima osiguravajući društveno-ekonomsku va-

1. Modelsko rješenje u ovom sektoru matrice leži, dakle, na originalnim zamislima koje su prikazane u radovima Vinček, Jakovljević (1977), a koje na određeni način obuhvaća i Danok, McLard (1978).

lorizaciju i priznanje poslova i aktivnosti u modelu i u tom kontekstu najbolje korištenje raspoloživih proizvodnih resursa.

U pogledu kriterija uzimamo da se najveća efikasnost postiže maksimizacijom razlike između društveno priznate ukupne vrijednosti koju sistem stvara i resursa i inputa angažiranih u tom procesu izraženih troškovima proizvodnje. U konkretnom slučaju ne predviđamo mogućnosti povećanja raspoloživih resursa, pa će ta razlika biti najveća ukoliko racionaliziramo postojeće troškove na gospodarstvu i istodobno maksimiziramo vrijednost proizvodnje. U postupku racionalizacije troškova, dio troškova, kao što je poznato, ima fiksni odnosno relativno fiksni karakter, a dio se mijenja u nekoj ovisnosti s izborom proizvodnih kombinacija kojima želimo maksimizirati vrijednost proizvodnje. Kriterij efikasnosti mora u pravilu voditi računa o maksimizaciji samo razlike između vrijednosti proizvodnje i varijabilnog dijela troškova, jer će se i time osigurati i maksimalna razlika između vrijednosti proizvodnje i ukupnih troškova. Osim toga, tim načinom izbjegava se umjetna podjela (po nekom ključu) zajedničkih fiksnih troškova na nosioce troškova, što bi moglo apriori iskriviti stvarne odnose u ekonomičnosti proizvodnje pojedinih proizvoda (bruto dobit).

U stvarnom ratarskom sistemu donosioci odluka raspolažu, naravno, s cijelim repertoarom mogućih mjera za prilagođavanje sistema novonastalim okolnostima. Ističemo u tom repertoaru opoziv prethodno donesene odluke i njenu supstituciju s najpovoljnijom akcijom u novonastalim okolnostima. Konstatiramo da pretpostavke modela konkretnog sistema ratarske proizvodnje ne obuhvaćaju mnoge takve mogućnosti, ali uključuju one glavne kojima se postiže sličnost modelske i faktičke fleksibilnosti rukovođenja jednim sistemom ratarske proizvodnje. U modelu se te mogućnosti prilagođavanja očituju u izboru i prostornoj alokaciji kultura, u tehničkim alternativama u načinu njihove obrade, u mogućnostima prebacivanja radova u susjedne agrotehničke rokove ili čak u vanoptimalne rokove i u različitim mogućnostima kombiniranja rada strojeva u jednoj, dvije ili tri smjene.

Formalno matematički prikaz modela dajemo u pojednostavljenom obliku¹⁾

$$\begin{aligned} & \text{T} \\ & [A] \cdot [X] \leq b \\ \text{Max } Z_g &= [C_g] \cdot [X] \\ g &= (1,8), \text{ pod uvjetima} \\ & \text{gdje je} \end{aligned}$$

X = složeni vektor od površine pod različitim kulturama (u ha), od količina (ha) agrotehničkih operacija obavljenih različitim tipovima strojevima na kulturama i od raspoloživih broja strojeva za rad u godinama $g = (1,8)$.

A = matrica tehničkih koeficijenata, i tehnološko organizacijskih odnosa i veza

b = vektor ograničenja

1) Za detaljniji uvid u strukturu modela vidi Budin (1981). Naime ista je osnovna struktura modela korištena za više varijantnih formulacija s različitim kriterijima optimalizacije.

C_g = bruto dobiti kultura (pozitivni koeficijent), odnosno varijabilni troškovi obrade i fiksni troškovi strojeva (negativni koeficijent) za godine $g = (1,8)$.

Pogodno ustrojenim vezama u modelu u pravcu optimalizacije aktivira se samo jedna od osam funkcija kriterija dok se na ostalim i pomoćnim funkcijama registriraju stanja koja bi vladala u slučaju prihvatanja optimalnog rješenja temeljenog na aktiviranoj funkciji kriterija.

5.0. OSVRT NA ANALIZU I PROJEKTIRANJE MODELSKIH ELEMENATA

Shodno prihvaćenim pretpostavkama i ciljevima te formulaciji modela potrebno je utvrditi veliki broj input-output koeficijenata, proizvodnih ograničenja, pokazatelja odnosa i efektivnosti u konkretnom sistemu ratarske proizvodnje u budućem stanju. U ovom radu su u tu svrhu u cjelini korišteni rezultati prethodnog razdoblja i dostignuti stupanj razvoja ratarskog sistema, budući da je osnovni cilj rada da se odnose i uvjete koji su faktički vladali u sistemu utvrdi mogući domašaj i djelotvornost ispitivanja rizičnih obilježja standardnim optimalizacijama.

Modelska slika budućeg stanja proizvodnog sistema temelji se na analizi povijesnih podataka u razdoblju 1971—1978. godine za one pokazatelje, čija varijabilnost, po pretpostavkama, u krajnjoj liniji objedinjuje rezultate utjecaja nekontroliranih faktora, ili za one pokazatelje koji nisu, u analiziranom razdoblju, bili pod značajnim utjecajem tehničko-tehnološkog razvitka. Tako je pretpostavljeno da je ritam i veličina variranja proizvodnih rezultata i uvjeta za rad strojeva u razdoblju 1971—1978. godine dovoljno dugo i dovoljno kratko razdoblje koje može reprezentirati naredna osmogodišnja razdoblja u pogledu utjecaja vremenskih prilika na te pokazatelje i na ostale faktore koji su s njima u najtješnjoj vezi (zemljište). Na temelju faktičke gnojidbe pojedinih kultura i pojedinih proizvodnih parcela u cijelom razdoblju, utvrđeni su prosječni pokazatelji kao osnova za projektiranje budućeg stanja. Ostvarene prosječne prodajne cijene u razdoblju 1971—1978. godine osnove su za utvrđivanje odnosa cijena između pojedinih kultura, jer u istraživanje nije uključen problem tržišnog rizika.

Dostignuti stupanj razvoja — stanje 1979. godine — modelska je osnova budućeg stanja za slijedeće ulazne podatke: zemljišne površine, organizacija rada i tehnologija proizvodnje i tehnološki normativi, prodajne cijene i troškovi proizvodnje.

Od velikog broja analiza na temelju kojih se utvrđuju elementi modela sistema prikazujem ovdje samo rezultate kretanja bruto dobiti za neke od kultura u modelu (tabela 2 i 3). Kao ključni dio submatrice odlučivanja, ovi elementi, shodno pretpostavkama, zahtijevaju izradu 216 preciznih kalkulacija (27 kultura u 8 godina). U taj dio modela ulaze i odgovarajući fiksni i varijabilni troškovi strojeva, ali po pretpostavkama njihova eventualna varijabilnost u pojedinim godinama ne uzima se u obzir.

Tabela 2 — Projektirane bruto dobiti za 8 stanja prirode (kukuruz sjemen ski, šećerna repa i suncokret) — Cg elementi matrice

Table 2 — Projected gross margins for 8 states of Natur (corn seed, sugar beet and sunflower) — Cg elements of the matrix

000 din/ha

Stanje prirode State of Natur	Kukuruz sjemenski Corn for seed				Šećerna repa Sugar beet				Suncokret Sunflower			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
K (1971)	13,6	3,6	63,2	24,2	27,5	27,0	26,1	21,1	19,1	19,2	20,1	
L (1972)	128,3	8,6	40,0	6,7	41,6	32,4	37,3	-1,3	-0,6	-2,5	-1,4	
M (1973)	4,7	-5,4	25,5	6,5	26,0	23,0	23,1	17,1	10,4	10,0	11,6	
N (1974)	3,1	-11,4	3,9	-5,4	37,1	30,0	40,1	8,3	11,3	10,4	8,0	
Q (1975)	-6,3	0,7	18,0	-3,9	32,9	29,2	29,3	14,8	12,8	12,4	12,4	
P (1976)	35,8	11,8	95,9	24,7	42,5	37,1	47,3	21,2	18,9	18,7	16,5	
R (1977)	18,5	21,3	62,8	39,8	33,8	23,8	32,9	15,8	13,3	15,9	13,1	
S (1978)	57,8	22,2	131,4	21,9	32,7	26,7	34,8	19,3	19,6	19,4	14,4	
Prosječno Average	31,9	6,4	55,1	14,2	34,3	28,6	33,9	14,5	13,1	13,0	11,8	
Standardna devijacija	43,95	11,96	42,62	15,71	5,96	4,62	7,84	7,6	6,66	7,35	6,42	

Izvor: Izračunato na temelju knjigovodstvene i analitičke dokumentacije ispitivanog gospodarstva iz razdoblja 1971—1978. g.
Source: Calculated from the book keeping and analytical documentation of the investigated farm from the period 1971—1978

Tabela 3 — Projektirane bruto dobiti za 8 stanja prirode (pšenica, kukuruz rani i kasni) — Cg elementi ma-
trice

Table 3 — Projected gross margins for 8 states of Nature (Wheat, corn early and late groups) — Cg ele-
ments of the matrix

Usjevi Grupa parcela Group of plots Stanje prirode State of Nature	Pšenica Wheat				Kukuruz rani Corn early				Kukuruz kasni Corn late			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
K (1971)	16,7	16,6	15,8	16,4	15,8	13,1	14,2	14,5	14,7	16,8	15,8	17,7
L (1972)	15,5	15,6	18,5	16,4	12,2	12,4	12,9	12,1	16,3	15,5	16,4	15,7
M (1973)	17,9	16,9	16,6	16,2	15,0	12,3	13,6	12,1	8,8	11,3	13,0	6,8
N (1974)	17,1	20,7	17,1	18,4	18,8	16,1	17,1	15,2	19,9	15,2	17,5	19,4
Q (1975)	12,2	9,5	13,3	14,5	21,5	21,2	23,5	22,1	19,7	20,4	17,4	18,4
P (1976)	21,3	20,4	19,1	21,0	16,4	13,8	14,8	13,8	16,9	17,8	16,8	17,7
R (1977)	17,5	16,7	16,9	18,3	24,9	21,4	22,7	20,7	15,9	20,5	17,9	18,9
S (1978)	16,9	17,3	19,6	16,6	22,8	16,4	19,6	18,9	19,7	20,3	20,2	23,1
Prosječno Average	16,9	16,7	17,1	17,2	18,4	15,8	17,3	16,2	16,5	17,2	16,9	16,5
Standardna devijacija Standard deviation	2,53	3,45	2,02	1,96	4,34	3,70	4,17	3,88	3,69	3,22	2,04	5,08

Izvor: Isto kao tabela 2

Source: The same as in table 2

Tabela 4 — Usporedba bruto dobiti računatih na temelju trogodišnjih, osmogodišnjih i petogodišnjih ostvarenih prinosa
 Table 4 — A Comparison of gross margins calculated on the basis of obtained average yields in three, eight and five years

Usjevi Crops	Grupa parcela Group of plots	ϕ 3 god. Av. 3 y.	ϕ 8 god. Av. 8 y.	ϕ 5 god. Av. 5 y.
Pšenica Wheat	I	18,6	16,9	17,0
	II	18,2	16,7	16,9
	III	18,5	17,1	17,2
	IV	18,6	17,2	17,8
Kukuruz rani Corn-early groups	I	21,4	18,4	20,9
	II	17,2	15,8	17,8
	III	19,1	17,3	19,6
	IV	17,8	16,2	18,1
Kukuruz sjemenski Corn for seed	I	37,3	31,9	21,8
	II	18,5	6,4	8,9
	III	96,7	55,1	62,4
	IV	28,6	14,3	13,3
Šećerna repa Sugar beet	I	36,4	34,3	35,8
	II	29,2	28,6	29,6
Suncokret merkantilni Sunflower	IV	38,3	33,9	36,9
	I	18,7	14,5	15,9
Suncokret merkantilni Sunflower	II	17,2	13,1	15,2
	III	17,9	12,9	15,4
	IV	14,6	11,8	12,9

Izvor: Isto kao tabela 2

Source: The same as in table 2

Definitivna veličina bruto dobiti proizlazi iz razlike ukupne vrijednosti proizvodnje i direktnih obračunatih troškova. Obračun vrijednosti proizvodnje izvršen je u cijenama 1979. godine, koristeći prosječno ostvarene odnose cijena realizacije na gospodarstvu prikazane u tab. 5.

Ovi odnosi cijena znatno su varirali u pojedinim godinama, kao što to pokazuju i varijacije širine.

Izračunate bruto dobiti pokazuju naravno iste tendencije kao i prinosi. Neke razlike u odnosu na prinose izazvali su različiti troškovi gnojidbe. U tabeli 4 prikazujemo i uporedne podatke za neke od izračunatih bruto dobiti na temelju uprosječivanja rezultata, kako to traži standardni linearni program. Česti su, naime, prigovori da pri definiranju matrice odlučivanja sva stanja prirode nisu uključena. Pitanje je također i u konvencionalnom programiranju na koje mi to zapravo prosječne rezultate računamo, premda će u donošenju godišnjih i operacionih odluka prosjek kraćeg razdoblja biti vjerojatno bolji izbor.

Tabela 5 — Odnosi prodajnih cijena na glavne ratarske proizvode (ostvarene u razdoblju 1968—1978. g. i projektirane veličine)
 The relations among farm gate prices for main crops (obtained in the period 1968—1978 y. and projected)

	Prosječno	Variaciona širina	
	Average	min.	max
Pšenica Wheat	1,00	—	—
Kukuruz Corn	0,78	0,66	1,31
Šećerna repa Sugar beet	0,24	0,21	0,28
Suncokret Sunflower	1,96	1,27	2,17
Uljana repica Oil rape	2,07	2,02	2,11

Izvor: Godišnji izvještaj IPK Osijek
 Source: Yearly reports of the farm

Pitanje mogućnosti rada strojeva je također jedna od rizičnih dimenzija ratarskog proizvodnog sistema. Mogućnost rada strojeva je na temelju odgovarajućih analiza kvantificirana, za veći broj bilansnih rokova, u vidu raspoloživih sati za rad strojeva i to za svaku od analiziranih godina baznog odnosa projektnog razdoblja. Ove kvantifikacije unešene su u model kao varijable (S varijable). Istodobnim aktiviranjem svih varijabli (u veličini od $S = 0,125$) simulira se klasična optimalizacija prosječnih uvjeta za rad strojeva. Aktiviranjem samo neke od varijabli ($S_g = 1$) simuliraju se mogućnosti za rad strojeva u toj godini.

6.0. DISKUSIJA REZULTATA MODELIRANJA

Optimalizacija modela temelji se na simpleks procedurama linearnog programiranja, jer osnova svih korištenja modela je matematička forma linearnog programiranja. Zbog toga svako rješenje sadrži sve osobine, u pogledu prednosti i nedostatka, ove metode. Optimalnost se odnosi na točno definirane pretpostavke, uvjete i njihovu konstelaciju u modelskoj formulaciji. Svako rješenje je konzistentno u svim vertikalnim i horizontalnim pokazateljima. Linearna ekonomika ipak omogućava marginalne zakonitosti pri supstituciji ciljeva i faktora proizvodnje,¹⁾ te u rezultatima dualnog rješenja vrednuje marginalni doprinos svakog resursa i marginalne uvjete supstitucije ponuđenih proizvodnih mogućnosti. Kod interpretacije rezultata

1) Kao što je pokazano u Dorfman et al. (1958).

pojedinih rješenja nećemo, međutim, analizirati niti diskutirati te značajne sekundarne ekonomske pokazatelje koje pruža isključivo ova metodologija. Standardno linearno programiranje omogućava ispitivanje različitih modelskih postavki. Odgovarajućom formulacijom i oblikovanjem LP modela ratarskog gospodarstva postignuta je mogućnost ispitivanja rizičnih obilježja sistema u projektnom razdoblju standardnim PL postupkom.

Osnovna karakteristika standardnog pristupa u donošenju optimalnih proizvodnih odluka, u smislu kako ga ovdje koristimo, je u tome da se maksimalizira efikasnost proizvodnog sistema u odnosu na pokazatelje koje sistem iskazuje u jednom stanju prirode. To jedno stanje prirode može biti reprezentativno određenim prosječnim pokazateljima. Eventualno parametrisiranje prosječnih modelskih veličina, tj. primjena parametarskog programiranja i dalje, stoga, zadržava karakteristike standardnog pristupa, kako smo ga ovdje definirali. Donošenje optimalnih odluka o osnovnim proporcijama višegodišnje proizvodne orijentacije u ratarstvu, temeljeno na prosječnim proizvodno-ekonomskim rezultatima u baznom razdoblju odmah se susreće s problemom izbora baznog razdoblja ili bazne godine. Koje, dakle, prosječne rezultate i u našem slučaju prosječne uvjete za rad strojeva, možemo koristiti u optimalizaciji projektnog razdoblja. Da li najbolju godinu, najlošiju godinu, njihov prosjek ili prosjek određenog razdoblja s tehnološkim progresom koji najbolje reprezentira projektno razdoblje i njegovu dužinu. Osnovni pristup može biti različit i razlozi za izbor jednog ili drugog su izvan domašaja ove analize. Međutim s gledišta ovih istraživanja važno je naglasiti nekoliko momenata u vezi standardnog pristupa. (1) Procedurama parametrisiranja i srazmjerno malih modificiranja, uz odgovarajuću formulaciju modela, standardnim programiranjem može se izvršiti opsežna analiza osjetljivosti modeliranog sistema na različite egzogene i endogene utjecaje pa i na vremenske prilike, te na temelju rezultata tih analiza odabrati rješenja koja najbolje odgovaraju s gledišta neizvjesnosti i rizika koja nas očekuju u projektnom razdoblju. (2) Uprosječivanje rezultata pretpostavlja da smo svim stanjima prirode koje čine taj prosjek pridružili jednaku vjerojatnost pojavljivanja što u nedostatku pouzdanih procjena ne mora biti loša pretpostavka. (3) Programiranje na temelju proizvodno-ekonomskih obilježja jedne od godine iz baznog razdoblja, s metodološkog gledišta pretpostavlja i potpuno izvjesnu situaciju u planskom razdoblju. Pretpostavljamo (s vjerojatnošću 1), da će upravo takvo stanje prirode nastupiti u projektnom razdoblju, te je mogućnost pojavljivanja drugačijih prilika isključena. (Ima vjerojatnost 0).

IS do IIIS varijante (tab. 6.) polaze od uobičajenih prosječnih koeficijenata u funkciji kriterija, s tim da je uprosječivanje izvršeno obzirom na ostvarene proizvodno-ekonomske rezultate u 8-godišnjem razdoblju (IS), 3-godišnjem razdoblju (IIS) i 5-godišnjem razdoblju (IIIS), s koeficijentima u funkciji cilja koji su prikazani u tabeli 4. U sve tri varijante sve Sg varijable ($g = 1,8$) fiksirane su na vrijednost 0,125, čime su i uvjeti za rad strojeva u kojima se optimalizira sistem svedeni na prosjek uvjeta koji su vladali u baznom osmogodišnjem razdoblju. Pod takvim stalnim uvjetima za rad strojeva, optimalne odluke o strukturi sjetve bi se ipak razlikovale i to u direktnoj ovisnosti o pokazateljima ekonomske efikasnosti sistema u

Tabela 6 — Osnovni pokazatelji o ponašanju ratarskog proizvodnog sistema u projektnom razdoblju, za različite STANDARDNE pristupe optimalizaciji

Table 6 — Basic indicators on the behaviour of farming system in the projected period according to the various standard approaches to the optimization

Pokazatelji Indicators	dinarski iznos u 000 dinara dinar values in 000 dinars								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Varijante i postavke Variants and assumptions		IS 8 godišnji φ prinosa 8 y. Av. yield S ₁ do S ₈ = 0,125	IIS 3 godišnji φ prinosa 3 y. Av. yield S ₁ do S ₃ = 0,125	IIIS 5 godišnji φ prinosa 5 y. Av. yield S ₁ do S ₅ = 0,125	IV S u Z _g , g=2 in Z _g , g=2	VS u Z _g , g=4 in Z _g , g=4	VIS u Z _g , g=5 in Z _g , g=5	VIIS u Z _g , g=6 in Z _g , g=6	
1. Očekivana bruto dobit s troškovima strojeva (BDT)* Expected gross margin (BDT)*		64.536,0	75.146,0	69.762,0	73.145,0	65.888,0	64.861,0	79.739,0	
2. Troškovi strojeva (očekivani) a) Relativno fiksni Relatively fixed		16.853,0 12.077,0	16.806,0 12.042,7	16.849,0 12.077,0	18.018,0 13.164,6	17.057,0 12.038,1	17.027,0 13.533,6	16.920,0 12.189,3	
b) Varijabilni		4.776,0	4.763,3	4.772,0	4.853,4	4.748,9	3.493,4	4.730,7	
3. Očekivana bruto dobit (1—2)		47.683,0	58.340,0	52.913,0	55.127,0	48.831,0	47.834,0	62.819,0	
4. BDT u najboljoj godini BDT in the best year		77.657,0(S)**	78.259,0(S)	76.414,0(P)	73.145,0(L)	67.483,0(P)	72.925,0(S)	79.739,0(P)	
5. BDT u najlošijoj godini BDT in the worst year		46.757,0(M)	44.859,0(M)	47.310,0(M)	44.822,0(M)	44.003,0(M)	47.029,0(M)	49.627,0(P)	
6. Minimalni »promasaj« (regret) Minimal regret		369,0(S)	269,0(S)	929,0(R)	0 (L)	0 (N)	0 (Q)	0 (P)	

Tabela 6 — nastavak
Table 6 — Sucession

1	2	3	4	5	6	7	8
7. Maksimalni promasaj Maximal regret	10.933,0(L)	13.168,0(L)	12.020,0(L)	8.879,0(S)	13.340,0(S)	19.146,0(L)	16.455,0(L)
8. Prosječna ostvarivana dobit u 8 god. (BDT) Average gross margin in 8 y (BDT)	64.535,0	63.833,0	64.428,0	61.685,0	59.131,0	62.083,0	62.009,0
9. Standardna devijacija dobiti Standard deviation of gross margin	10.287,9	10.974,8	9.992,0	9.773,8	8.271,9	9.341,1	10.549,8
10. Koficijent variranja dobiti % Coefficient of variation (%)	15,9	17,2	15,5	15,8	14,0	15,1	17,0
11. Broj sati rada strojeva godisnje — ukupno Work hours of tractors — total annually — po stroju per tractor	38.028	37.698	38.196	35.864	36.270	38.283	35.286
a) do 59 kW	1.111	1.097	1.118	986	1.021	1.118	958
b) 118 kW	1.193	1.200	1.191	1.299	1.225	1.187	1.290
c) 220 kW	791	776	791	1.135	1.149	906	1.348
12. Rad strojeva u neoptimalnim rokovima — ha Work of machinery in nonoptimal periods	714	712	754	2.148	516	408	551

Tabela 6 — nastavak
Table 6 — Succession

1	2	3	4	5	6	7	8
13. Struktura sjetve u ha							
Crop pattern in hectares							
a) Pšenica	624,36	488,36	624,36	814,03	754,36	337,00	1.354,36
Wheat							
b) Kukuruz rani	321,00	185,00	618,00	—	467,36	1.453,00	333,00
Corn early groups							
c) Kukuruz kasni	1.132,00	1.268,00	835,00	1.293,33	985,64	—	—
Corn late groups							
d) Kukuruz sjemenski	100,00	100,00	100,00	100,00	—	100,00	100,00
Corn for seed							
e) Šećerna repa	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
Sugar beet							
f) Suncokret merkantilni	—	136,00	—	—	—	287,36	390,00
Sunflower							
g) Ostale kulture	79,64	79,64	79,64	49,64	49,64	79,64	79,64
Other crops					15.461	15.336	19.667
14. Dual ograničenja	14.169	13.962	14.967	17.566			
šećerne repe							
Dual accounting price of							
maximum sugar beet							

*) BDT, bruto dobit, koja uključuje i troškove strojeva

BDT gross margin — machinery costs not accounted for (value of production minus all direct cost except machinery costs)

***) U zagradaima označeno, pojavom kojeg stanja prirode bi se u projektnom razdoblju ostvarivali navedeni rezultati

The state of Natur in the projected period which will cause given results

uključenim baznim razdobljima. Tako trogodišnje razdoblje uključuje u strukturu sjetve i suncokret, jer su u tom razdoblju ekonomski rezultati u proizvodnji suncokreta više od 25 % bolji npr. 8 godišnjeg razdoblja. Međutim, prihvaćanjem programa na temelju tako kratkog prethodnog razdoblja, logično je, izlažemo se većem stupnju rizika u narednom razdoblju, a i rezultati pokazuju da ta IIS varijanta ima najlošije rizične karakteristike. Pod pretpostavkom, naime, da će se u projektnom razdoblju ponoviti, u bilo kojem slijedu, stanja prirode iz razdoblja 1971 — 1978. godine, onda bi odlukom za plan IIS u narednih 8 godina ostvarili prosječno godišnje nešto nižu dobit od IS i IIS plana, a dobit bi značajnije varirala (17,2 % prosječno) oko tog prosjeka.

Ukoliko npr. pretpostavimo, s potpunom izvjesnošću, da će jedna od planskih godina imati sva bitna obilježja 1972. ekonomske proizvodne godine (L stanje prirode) onda bi naravno za to stanje prirodne standardni program pružio kvantitativnu bazu za optimalnu odluku. Elemente te kvantitativne baze prikazujemo u IVS varijanti. U slučaju nastupa L stanja prirode optimalno je ne sijati suncokret kao niti rani kukuruz, te obje kulture supstituirati s pšenicom. Zbog srazmjerno loših uvjeta za rad u toku cijele godine, rad strojeva u dvije smjene bit će naglašen (tabela 7), što izaziva i porast relativno fiksnih troškova strojeva. Ukupna bruto dobit (BDT, uključujući troškove strojeva) takvog plana iznosi 73145 tisuća dinara. Međutim, ako se prihvate pretpostavke varijante IIS kao plansko rješenje, a nastupi stanje prirode L, onda će se umjesto ukupne bruto dobiti BDT od 73145 dinara, što je manje za 13168 tisuća dinara ili 4530 dinara po prosječnom hektaru.¹⁾ To je ujedno najveći promašaj (ili regret) koji možemo iskusiti u svih osam (mogućih stanja prirode) prihvaćajući plan IIS, i on je kao jedna od mjera rizika naveden pod rednim brojem 7 u tabeli 6. U zagradi su oznake stanja prirode u kojima se ispoljava obilježje o kojemu je riječ.

Zbog naravi metode linearnog programiranja, s pretpostavkama o potpuno izvjesnim okolnostima u nastupajućoj godini, optimalni bi se planovi za svaku godinu značajno međusobno razlikovali. Jer metoda optimizacije bi za različite prilike uvijek našla najskladnije korištenje raspoloživih proizvodnih procesa, obzirom na asortiman proizvoda koji se nudi, obzirom na proizvodno ekonomske rezultate koji će se ostvariti i obzirom na proizvodne vremenske uvjete koji će omogućavati određenu tehnologiju i organizaciju rada. Za uvjete takve potpune izvjesnosti prikazujemo u tabeli 6 i rezultate modeliranja za prilike N stanja prirode (plan VS), te Q i P stanja (VIS i VIIS varijante). Naravno da s gledišta donošenja jednogodišnjih planova ovi rezultati ne mogu imati praktične vrijednosti jer takve sukcesivne promjene u strukturi sjetve teško da bi, općenito govoreći, bile najpovoljnija rješenja. S modelskog gledišta njihova sukcesija nije ispitivana jer npr. sjetva od 754 ha pšenice za N stanje prirode, prema postav-

1. Ukupnu bruto dobit BDT od 59977 tisuća dinara za strukturu sjetve utvrđenom prema IIS planu i za ekonomske rezultate po kulturama u slučaju nastupa L godine registrirali smo na neaktivnoj funkciji kriterija L godine (Z_{L}).

kama modela, pretpostavlja u toj kalendarskoj godini i žetvu i sjetvu tolike količine pšenice. Međutim, vidimo da bi u uvjetima naredne godine (VIS), optimalna zastupljenost pšenice bila smanjena na 337 ha, što podrazumijeva da bi u prethodnoj godini trebalo zasijati 337 ha a ne 754 ha.

Ispitivanja optimalnosti sistema za konkretno poznato stanje prirode ima ipak, osim metodoloških, i neke praktične vrijednosti u slučaju ako svaki plan prihvatimo kao jedno od mogućih podloga za donošenje višegodišnjih proizvodnih odluka. Za prilike modeliranog gospodarstva svi bi takvi višegodišnji planovi imali uglavnom inferiorne osobine u odnosu na rezultate modeliranja s korištenim prosječnim podacima. U pogledu rizika neizvjesnosti, jedino bi prihvaćanje plana VS u projektnom razdoblju omogućilo relativno stabilnu dobit, ali u prosjeku nižu od svih ostalih. Interesantno je da su vremenske prilike u jesenskom razdoblju upravo u toj godini na kojoj se temelji plan VS bile izuzetno nepovoljne. U strukturi sjetve i u takvim nepovoljnim uvjetima, relativno je visoka zastupljenost pšenice (faktički je posijano te jeseni 483 ha), da bi optimalna količina pšenice u narednoj godini (VIS plan), kada su jesenski uvjeti bili povoljni, opala za 50% u odnosu na optimalni plan s uvjetima prethodne godine. Navodimo ovaj pokazatelj kao ilustraciju određenih pravilnosti koje proizlaze iz analize svih varijanti standardnog pristupa a potvrđuju ih i rezultati nekih drugih izučavanja koje ovdje ne možemo navoditi. Ovo tumačimo sa značajem uloge raspoloživih strojeva i proizvodno-ekonomskih rezultata na izbor optimalnog plana. Naime raspoloživi strojni park u svim uvjetima rada za strojeve koji su se pojavljivali u razdoblju 1971. do 1978, a i u prosjeku za cijelo razdoblje, omogućava onaj izbor proizvodnje, po strukturi i intenzivnosti, koji ograničavaju agrobiološki i svi direktni i indirektni ekonomski efekti sistema. Funkcionalni podsistemi modela, koji ekonomsko-tehnološki povezuje izbor proizvodnje s radom strojeva, nastojat će naravno u svim uvjetima postići ekonomski što intenzivniju proizvodnju uz što niže troškove mehanizacije. Pri tome na izbor strukture sjetve ključni utjecaj pokazuju proizvodno-ekonomski rezultati u određenom stanju prirode, u ekonomskoj supstituciji s potrebnim troškovima strojeva za tu strukturu sjetve, a ne mogućnosti koje nameće materijalni (organizacijsko-tehnološki) bilansni podsistem strojeva. Zbog toga se i događa da supstitucija pšenice s ostalim kulturama koje su na njezinoj razini konkurentnosti, ovisi prvenstveno o odnosima između dobiti u pojedinim godinama. Kao rezultat loše sjetve i drugih loših uvjeta u jesen 1974. godine (N stanje prirode). U 1975. godini su prinosi pšenice bili najnepovoljniji od svih 8 analiziranih godina, pa VIS plan snizuje učešće pšenice na svega 337 hektara.

U vezi s uvjetima za rad strojeva i u vezi s promjenama u strukturi sjetve, mijenjaju se i ukupni troškovi strojeva, odnos fiksnih i varijabilnih troškova, pa u odnosu na te elemente mijenjaju se i prosječni troškovi rada strojeva pa satu. Uvjeti za rad strojeva pri tome imaju odlučujući utjecaj na ukupnu godišnju razinu troškova strojeva, dok će se u okviru odabrane strukture sjetve racionalizirati troškovi eksploatacije i tražiti rješenja s najnižom mogućom cijenom za pojedine radne operacije kao i najpovoljniji odnosi varijabilnih i fiksnih troškova u cjelini.

Tabela 7 — Rad traktora u smjenama u optimaliziranom sistemu za stanja prirode K do S
Table 7 — The work of tractors in shifts in optimized system for the state od Nature K—S

Stanje prirode The state of Nature	u % od ukupnog broja in % of total number											
	Traktori do 59 kW Tractors up to 59 KW			Traktori od 118 kW Tractors 118 KW			Traktori od 220 kW Tractor 220 KW			Traktori od 220 kW Tractor 220 KW		
	I smjena I shift	II smjena II shift	III smjena III shift	I smjena I shift	II smjena II shift	III smjena III shift	I smjena I shift	II smjena II shift	III smjena III shift	I smjena I shift	II smjena II shift	III smjena III shift
K (1971)	62,5	37,5	—	16,7	83,3	—	69,0	31,0	—	—	—	—
L (1972)	39,4	60,6	—	9,7	90,3	—	—	100,0	—	—	—	—
M (1973)	64,2	35,8	—	18,0	82,0	—	69,0	31,0	—	—	—	—
N (1974)	54,5	45,5	—	22,5	77,6	—	—	—	100,0	—	—	—
Q (1975)	58,6	41,4	—	37,6	62,4	—	35,0	65,0	—	—	—	—
P (1976)	68,5	31,5	—	21,4	78,6	—	—	—	100,0	—	—	—
R (1977)	59,5	40,5	—	34,1	65,9	—	0,69	—	—	—	—	0,31
S (1978)	65,0	35,0	—	31,4	68,6	—	0,69	—	—	—	—	0,31

S gledišta mogućnosti definiranja uvjeta za rad strojeva u obliku vjerojatnosti pojavljivanja pojedinih uvjeta, rezultati standardnih optimalizacija ukazuju da je takva pretpostavka realna i nužna. Troškovi strojeva će varirati ovisno o stanju prirode koje nastupi i ovisno o uvjetima koje sobom to stanje nosi. U višegodišnjem nizu potrebno je, međutim, i u pogledu troškova kalkulirati s nekim očekivanim vrijednostima. Rezultati u tabeli 6 pokazuju da su prosječne vrijednosti bolje od pojedinačnih stanja, a ukoliko raspoložemo pouzdanijom distribucijom vjerojatnosti, onda taj aritmetički prosjek možemo samo poboljšati.

7.0. ZAKLJUČCI

Pregled i diskusija dosadašnjih istraživanja metoda linearnog programiranja i njene primjene u poljoprivredi ukazuje na svestranu pogodnost te matematičke osnove u modeliranju organizacijsko-ekonomskih problema. U novije vrijeme primjetan je određeni zastoj u metodološkom razvoju linearnog programiranja. Međutim već poznate matematičke osnove omogućavaju razna modelska istraživanja kojima se u određenoj mjeri prevladavaju čak i određena ograničenja same metode.

U tom pogledu su i ova istraživanja pokazala da se pogodnim formuliranjem standardnog modela linearnog programiranja mogu ispitivati rizična obilježja optimalnih planova dobivenih standardnom LP metodom. Kriterij optimalizacije, nije pri tome minimizacija rizika već se u svakom varijantnom rješenju iskazuje minimalni i maksimalni regret u projektnom razdoblju, te ekonomski rezultati u ekonomski najpovoljnijoj i ekonomski najnepovoljnijoj godini projektnog razdoblja. Dodatnim proračunom iz optimalnog rješenja mogu se ispitati i prosječni ekonomski rezultati kao i koeficijent variranja rezultata i eventualno i druge izvedene veličine. Uvidom u veći broj varijantnih rješenja obzirom na postavke modela i uvidom u navedena rizična obilježja varijantnih rješenja donosilac odluke može odabrati rješenje s odgovarajućom razinom rizika. Pri tome se sadržavaju sve prednosti linearnog programiranja kao najpovoljnije metode za optimalnu alokaciju proizvodnih resursa u poljoprivredi.

S gledišta ispitivanja najpovoljnijih sjetvenih planova i njihovih rizičnih obilježja na konkretnom gospodarstvu ističemo važnost skladne međusobne povezanosti vremenskih uvjeta, rokova, strukture sjetve i racionalizacije u organiziranju strojnog parka. Ali u strukturiranju optimalne višegodišnje proizvodne orijentacije, odlučujuću ulogu ima varijabilnost proizvodno-ekonomskih rezultata.

U uvjetima opremljenosti konkretnog gospodarstva i ostalih specifikacija modela, pokazuje se da bi to gospodarstvo, čak i neovisno od metodologije koju primjenjuje u donošenju višegodišnje proizvodne orijentacije, trebalo koristiti i višegodišnje prosjeke.

Detaljniji rezultati pokazuju također različitost u optimalnoj alokaciji kultura na bonitetne grupe parcela za varijantna standardna rješenja. Te rezultate međutim ne prikazujemo u rezultatima istraživanja.

S U M M A R Y

Short discussion of some properties and developments of linear programming method is given in connection with variant applications of LP in agriculture. Many economical and organizational problems in agriculture could be formulated as resource allocation problems. Therefore advantages of using LP are numerous and generally known. For that reason main goal of this investigation was to use its mathematical base for formulation of an organizational-economical model of large farming system. The model was formulated so to answer on standard productional and organizational problems but also to give an insight into risky properties of variant optimal model solutions. Since variant standard objective functions were used, risk could have not been taken as a criterion of minimization. In the model was only registered minimal and maximal regret in the forecasting period and years with the best and with the worst economical results. Some other indicators of risk can be also derived from an optimal solution such as average expected total gross margins its standard deviation and coefficient of variation.

Economical and theoretical assumption of model are discussed and basic structure as well as mathematical formulation of the model is given. The selected results of the analysis of input-output relations in the investigated farming system are presented together with a review of problem of data gathering and analysis in such a real situation.

Through the model experiments various assumptions were investigated in respect to the possible attitudes of decision makers to the length of forecasting periods included in standard objective functions. For selected variants obtained results are discussed from the point of its risky characteristics and other productional and economical results.

LITERATURA

1. **Arsovski B., (1967):** Optimalno iskorišćenje proizvodnih kapaciteta poljoprivrednog mikrorejona Bitoljsko polje. *Ekonomika poljoprivrede*, Beograd, XIV, br. 10.
2. **Bales N. J., (1955):** Linear Programming and Farm Management Analysis. *Journal of Farm Econ.*, XXXVII, No 1.
3. **Barnard C. S., Nix J. S., (1976):** *Farm Planning and Control*. Cambridge University Press.
4. **Baumol J. W., (1961):** *Economic Theory and Operations Analysis*. Prentice — Hall.
5. **Bubica V., (1966):** Metode utvrđivanja optimalnog plana proizvodnje na poljoprivrednim gazdinstvima s posebnim osvrtom na linearno programiranje, *Ekonomika poljoprivrede*, Beograd, XIII, 4.

6. **Buckwell A. E., Thompson K. Y., (1978):** A Linear Programming Model of the Agricultural sector of Great Britain, II ACAE, Dijon — France.
- 6 a) **Budin T., (1981):** Donošenje ekonomski racionalnih odluka u uvjetima neizvjesnosti i rizika od vremenskih prilika. Disertacija, FPZ, Zagreb, Rukopis.
7. **Danok A., McLard B. et al., (1978):** Machinery Selection and Crop Planning Ona State Farm in Iraq. *Journal of Agr. Econ.*, 60, No 3.
8. **Dong H. K., (1976):** Coordination in Models Representing Different Decisions Making Levels in Agriculture. XVI IGAE, Nairobi — Kenia.
9. **Galev T., (1976):** Primena nekih kvantitativnih metoda u planiranju dugoročnog razvoja OUR agroindustrijskog tipa. *Ekonomika poljoprivrede*, Beograd, XXIII, 7/8.
10. **Giaever H., Seagraves J., (1980):** Linear Programming and Economies od Size. *Journal of Farm Econ.*, XLII, No 1.
11. **Heady O. E., Candler W., (1969):** Linear Programming Methods. The Iowa State University Press, Iowa.
12. **Huffman B. C., Stanton L. A., (1969):** Application of Linear Programming to Individual Farm Planning. *Am. Journal of Agr. Econ.*, 51, No 5.
13. **Hutton F. R., (1965):** Survey and Appraisal. *Journal of Farm Econ.*, 47, No 5.
14. **Jakovljević A., (1979):** Utjecaj vremenskih uvjeta na izbor i ekonomske rezultate ratarske proizvodnje. *Agronomski glasnik*, 5—6.
15. **Kalpić D., Budin T., (1978):** Some experience in application of mixed integer programming in agriculture. ISGP, Proceedings, Bled.
16. **Komluški A., (1970):** Linearno programiranje u AIK »Rada Trnić« — Kikinda. *Ekonomika poljoprivrede*, Beograd, XVII, 9.
17. **McFarquhar A. M. M., (1961):** The Practical Use of Linear Programming in Farm Planning. *The Farm Economist* Vol IX, No 10.
18. **Milanović P., (1966):** Ekonomski uslovi i njihov utjecaj na razvoj i izbor proizvodnje na društvenim gazdinstvima — Čemu vode pogrešno upotrebljeni metodi analize. *Ekonomika poljoprivrede*, Beograd, br. 1.
19. **Mirić S., Krstić B., (1969):** Problemi utvrđivanja optimalne strukture proizvodnje linearnim programiranjem. *Ekonomika poljoprivrede*, Beograd, XVI 6.
20. **Mulić J., (1974):** Prilog metodološkom pristupu za izgradnju interregionalnih modela jugoslavenske poljoprivrede. *Ekonomika poljoprivrede*, Beograd, XXI 3.
21. **O'Connor R., Ross M., et al., (1977):** A Linear Programming model for Irish Agriculture. The Econ. and Social Research Institute, Dublin.

22. **Paris Q., Rausser C. G., (1973):** Sufficient Conditions for Aggregation of Linear Programming Models, *Am. Journal of Agr. Econ.*, 55, No 4.
23. **Peterson G. A., (1955):** Selection of Maximum Profit Combination of Livestock Enterprises and Crop Rotations. *Journal of Farm Econ.*, XXXVII, No 3.
24. **Petrović J., Tomić M., (1971):** Prilog metodi linearnog programiranja u iznalaženju optimalnog modela uz povećanje stepena pouzdanosti u optimalnom programu ratarske i stočarske proizvodnje. *Ekonomika poljoprivrede, Beograd*, XVIII 3.
25. **Rae N. A., (1971):** Stochastic Programming, Utility and Sequential Decision Probleme in Farm Management. *Am. Journal of Agr. Econ.*, 53, No 3.
26. **Radović I., (1978):** Optimalizacija kapaciteta u poljoprivrednim organizacijama. RO INI Agroekonomik — PKB- Beograd.
27. **Stewart J. D., (1961):** Farm Operating Capital as a Constraint. Mimeo-
graf iz nepoznatog časopisa pp. 463—471.
28. **Vincek Z., (1965):** Postojeći ekonomski uslovi za proizvodnju i njihov utjecaj na izbor proizvodnje na društvenim gospodarstvima. *Ekonomika poljoprivrede, 9, Beograd*.
29. **Vincek Z., (1966):** Da li su pogrešno upotrebljene metode analize. *Ekonomika poljoprivrede, Beograd, XIII 4*.
30. **Vincek Z., (1966, 1967):** Primjena linearnog programiranja na društvenim poljoprivrednim gospodarstvima. *Agronomski glasnik, 10, 11*.
31. **Vincek Z., (1974):** Problematika izrade ekonomsko-matematskog modela razvoja poljoprivrede SR Hrvatske do 1985. g., *Ekonomika poljoprivrede, br. 11—12*.
32. **Vincek Z., Jakovljević A., (1977):** Postavljanje i analiza organizaciono-ekonomskih modela u poljoprivredi prilagođenih tehnici linearnog programiranja. FPZ, Zagreb.
33. **Vincek Z., Budin T., (1978):** Some experience of modelling Regional Development of Agriculture in SR Croatia, 2nd ACAE, Dijon.
34. **Vincek Z., (1979):** Donošenje proizvodnih odluka u složenim poljoprivredno-proizvodnim sistemima. *Nauka o proizvodnji, 30—31*.