

1. LINEARNO PROGRAMIRANJE – METODOLOGIJA

1.1. Opšti model linearnog programiranja

Osnovna metoda kojom se u praksi želi rešiti pitanje optimalnog planiranja proizvodnje u poslovnom sistemu u poljoprivredi, prehrambenoj industriji, ili nekom drugom proizvodnom subjektu je metoda linearnog programiranja.

U matematičkom smislu linearno programiranje je metoda koja se sastoji u iznalaženju optimuma (odnosno minimuma ili maksimuma) linearne funkcije sa "n" nezavisno promenljivih veličina X_i ($i=1,2,\dots,n$) koje su povezane linearnim relacijama (jednačinama ili nejednačinama), odnosno ograničavajućim uslovima.

Opšti problem linearnog programiranja se matematički može predstaviti na sledeći način:

1. Funkcija kriterijuma optimalnosti.

$$\sum_{i=1}^n c_i X_i = Z \rightarrow \max(V \rightarrow \min)$$

X_i = nepoznata (nezavisno promenljiva) veličina

$i = 1(1)n$

n = broj nepoznatih veličina u modelu

c_i = koeficijenti funkcije kriterijuma.

Z = maksimalna vrednost funkcije kriterijuma

V = minimalna vrednost funkcije kriterijuma

2. Matrica ograničavajućih uslova

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} X_{ij} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} A_j$$

$j = 1(1)m$,

m = broj ograničenja u modelu

a_{ij} = tehnički koeficijent nezavisne promenljive " X_i " u " j -tom" ograničenju

A_j = raspoloživi resurs (ograničenje)" j "

3. Uslov nenegativnosti

$$X_i \geq 0$$

Osnovni problem je u određivanju vrednosti nepoznatih X_i , koje će zadovoljiti postavljena matematička ograničenja u matrici ograničavajućih uslova (i uslov nenegativnosti) uz istovremeno ostvarivanje ekstremne vrednosti (minimuma ili maksimuma) linearne funkcije kriterijuma (ciljne funkcije).

U ekonomskom smislu linearno programiranje je metod za raspoređivanje ili angažovanje raspoloživih resursa na najbolji način, odnosno da se postigne unapred definisan cilj u vidu maksimizacije ili minimizacije neke ekonomske kategorije.

1.2. Elementi modela linearnog programiranja

Osnovni elementi svakog problema linearnog programiranja (kao što se to može videti u opštem modelu) su: nepoznate veličine (nezavisno promenljive) u modelu: (X_i) , koeficijenti funkcije kriterijuma (c_i) , tehnički koeficijenti (a_{ij}) i vektor ograničenja (A_j) .

Nepoznate (nezavisno promenljive) u modelu su realne veličine čije se vrednosti dobijaju rešavanjem problema linearnog programiranja. Ako je, na primer, problem određivanja optimalne strukture setve, onda nepoznate u modelu mogu predstavljati površine zemljišta pod određenim usevima.

Koeficijenti funkcije kriterijuma su najčešće neke ekonomske kategorije koje se žele maksimirati, ili minimirati. Tako, na primer, koeficijenti funkcije kriterijuma mogu biti: vrednost proizvodnje, ukupan prihod, dohodak, dobit, neto prihod, ili troškovi proizvodnje.

Koeficijenti funkcije kriterijuma su veličine koje se uvek odnose na jedinicu nepoznate (nezavisno promenljive, aktivnosti) u modelu linearnog programiranja. Ako je aktivnost u nekom modelu površina određenog useva u hektarima, onda koeficijent funkcije kriterijuma može predstavljati (u zavisnosti od toga šta se želi maksimirati ili minimirati) vrednost proizvodnje po hektaru određenog useva (d/ha), ili troškove proizvodnje po hektaru (d/ha). Zbir proizvoda funkcije kriterijuma treba da obezbedi ekstremnu vrednost (minimum ili maksimum) cilja koji je postavljen (npr. maksimalna vrednost proizvodnje, ili minimalni troškovi proizvodnje). Zbog toga se funkcija kriterijuma još naziva i "ciljna funkcija".

Tehnički koeficijenti su poznate veličine u modelu linearnog programiranja koje se nalaze uz aktivnosti (nepoznate) u matrici ograničavajućih uslova. Njihova osnovna funkcija je da povezuju nepoznate u linearnim relacijama leve strane jednačina (nejednačina) sa desnom stranom, odnosno ograničenjima raspoloživih resursa u matrici ograničenja. Tehnički koeficijenti predstavljaju neke realne vrednosti. Obično su to neki tehnički standardi, koji se kao i koeficijenti funkcije kriterijuma odnose na jedinicu aktivnosti. Tako, na primer, u ograničenju plasmana pojedinih poljoprivrednih proizvoda, tehnički koeficijenti predstavljaju planirani prosečan prinos useva po hektaru.

Ograničenja modela, odnosno desna strana linearnih jednačina, ili nejednačina u matrici ograničavajućih uslova, predstavljaju u modelu realna ograničenja u originalnom sistemu. Ukoliko je u pitanju optimiranje strukture neke proizvodnje, onda vektor ograničenja u modelu definiše sva relevantna ograničenja proizvodnih faktora i internih, ili eksternih uslova proizvodnje. Ako je, na primer, problem određivanja optimalne strukture setve, onda je ukupno raspoloživa površina za setvu (ha) svakako jedno od stvarnih ograničenja koje se mora uvrstiti i u model linearnog programiranja.

Ono što je bitno u modeliranju problema linearnog programiranja je da tehnički koeficijenti i ograničenja na desnoj strani nejednačina u matrici ograničenja moraju biti u analognim jedinicama mere. Rešavanjem problema linearnog programiranja dobijaju se sledeće informacije:

- vrednosti nepoznatih u modelu (X_i) ,
- ekstremna vrednost funkcije kriterijuma (minimum ili maksimum),
- stepen iskorišćavanja pojedinih ograničenja,

- resursi koji su u potpunosti iskorišćeni i koji u konkretnom modelu predstavljaju stvarna ograničenja postizanja još boljih vrednosti funkcije kriterijuma,
- rezerve pojedinih resursa koji nisu u potpunosti iskorišćeni,
- informacije o granicama koeficijentata funkcije kriterijuma u kojima važe dobijene vrednosti nepoznatih u optimalnom rešenju, i
- informacije o granicama kretanja veličina pojedinih ograničenja, u kojima važi optimalna struktura nepoznatih u modelu.

2. PRIMENA LINEARNOG PROGRAMIRANJA

2.1. Ograničenja i nedostaci metode i mogućnosti njihovog prevazilaženja u praksi

Osnovni nedostaci metode linearnog programiranja su *STATIČNOST* metode i pretpostavljena *LINEARNOST RELACIJA*.

Statičnost metode podrazumeva optimiranje sa tačno određenim parametrima, bez mogućnosti njihove promene, ili definisanja intervala u kojima oni mogu da se kreću tokom optimiranja. To praktično znači da je za svaku promenu ulaznih elemenata modela potrebno ponoviti proces optimiranja i da optimalna rešenja važe za striktno definisane ulazne elemente. S obzirom na to da je proizvodni proces u poljoprivredi relativno dugačak i da preorijentisanje proizvodnje nije moguće u kratkom periodu, statičnost linearnog programiranja nema praktične negativne posledice u poljoprivredi, jer se ono najčešće koristi za planiranje, odnosno optimiranje proizvodnje, bilo u vidu godišnjeg planiranja, bilo u vidu planiranja razvoja.

Problem zahtevane linearnosti relacija u poljoprivredi je daleko značajnije pitanje. Budući da kretanje visine prinosa u zavisnosti od ulaganja varijabilnih faktora najčešće nije linearno, u modelu LP polazi se od definisanog, po mogućnosti, takođe optimalnog nivoa ulaganja faktora proizvodnje. Ovaj optimalni nivo intenzivnosti proizvodnje može se relativno egzaktno utvrditi na bazi duže serije podataka o ostvarenim prinosima pojedinih linija proizvodnje iz ranijih godina (iz evidencije knjige istorije polja) i planskih cena autputa i inputa proizvodnje, primenom odgovarajućih proizvodnih funkcija. Ono što je bitno za model je to da se za svaku jedinicu kapaciteta pretpostavlja jednaki nivo ulaganja i kvalitet faktora proizvodnje. Ovo se relativno uspešno može obezbediti nizom ograničavajućih uslova u modelu, kojima se osiguravaju jednaki uslovi proizvodnje za svaki usev i svaku jedinicu kapaciteta. Tako, na primer, uvođenjem planiranog fonda časova rada radnika i pojedinih kategorija sredstava mehanizacije u pojedinim mesecima radnih vrhova, kao posebnih ograničenja u modelu LP, obezbeđuje se mogućnost sprovođenja svih planiranih radnih operacija u optimalnim (planiranim) rokovima, bez obzira na zastupljenost pojedinih linija proizvodnje, jer se obezbeđuju uslovi za jednak "kvalitet" radova za sve linije i na celokupnim kapacitetima.

Problem nelinearnosti u poljoprivrednoj proizvodnji, kada je u pitanju kretanje proizvodnih i ekonomskih rezultata pojedinih linija proizvodnje u zavisnosti od promene obima proizvodnje, promenom kapaciteta, u osnovi leži u nejednakosti samih jedinica kapaciteta. Naime, zbog delovanja sklopa pre svega prirodnih faktora, koji imaju stohastički karakter, na kapacitete u poljoprivredi (zemljište i grla stoke), objektivno postoje razlike u potencijalima pojedinih jedinica kapaciteta. Na primer, svaki hektar obradivog zemljišta

u okviru jedinstvenog zemljišnog kompleksa nekog poljoprivrednog preduzeća u određenom stepenu je specifičan po svojim fizičkim i hemijskim osobinama, vodnom i vazdušnom režimu, bogatosti, plodnosti, ekspoziaturi, itd. U stočarstvu, grlo stoke kao jedinica kapaciteta u najvećoj meri definisana je genetskim nasleđem. Zbog ovakvih, individualnih razlika, kapacitete u poljoprivredi potrebno je grupisati prema kriterijumu sličnosti njihovih proizvodnih potencijala. Svakako da će i pored toga postojati individualne razlike u jedinicama kapaciteta, jer prilikom grupisanja nije moguće uvažiti sve determinirajuće faktore. Međutim, za utvrđivanje grupe kapaciteta definišu se neke prosečne karakteristike u smislu prosečnih prinosa, ili potrebnog nivoa ulaganja faktora proizvodnje. Najčešće se kao kriterijum za grupisanje zemljišta uzimaju pedološke i katastarske kategorije zemljišta, a u stočarstvu rase stoke.

Iz svega navedenog može se zaključiti da metoda linearnog programiranja podrazumeva određeni, tolerantni stepen aproksimacija (što je karakteristično za sve druge metode planiranja). Što je stepen aproksimacija manji, to su dobijena planska rešenja bliža stvarnosti, a samo planiranje realnije.

Individualne razlike u jedinicama kapaciteta u biljnoj proizvodnji su daleko manje nego u stočarstvu. To je ujedno i jedan od razloga što se ova metoda više primenjuje u biljnoj proizvodnji (naročito ratarstvu).

2.2. Karakteristike primene linearno programiranja u agrobiznisu

U veoma kratkom periodu nakon formulisanja matematičkih osnova linearnog programiranja, ova metoda je našla svoju primenu u poljoprivredi. Najveće zasluge za to pripadaju profesoru O.E. Heady-ju sa Državnog Univerziteta u Ajovi. Nakon Hedija, niz drugih naučnika i stručnjaka u našoj zemlji i inostranstvu bavili su se problematikom primene i razvoja metoda i modela linearnog programiranja u poljoprivredi. Različiti modeli linearnog programiranja, se koriste za različite probleme optimiranja poljoprivredne proizvodnje, počev od optimiranja godišnjeg plana ratarske proizvodnje na seljačkim gazdinstvima, pa do optimiranja plana razvoja nacionalne poljoprivrede. Kao zajedničke karakteristike mogu se navesti sledeće:

a) Za *funkciju kriterijuma optimalnosti* najčešće se uzima razlika između vrednosti proizvodnje (ili prodajnih cena) i varijabilnih troškova, koja se definiše kao neto prihod ("gross margine", bruto finansijski rezultat ili marža pokrića). Uzimanjem neto prihoda kao kriterijuma optimalnosti eliminiše se negativan uticaj (ili nemogućnost) raspodele fiksnih troškova na pojedine aktivnosti, koja bi mogla prouzrokovati dobijanje nekorektnih i izopačenih rešenja (što je objašnjeno u prethodnoj tački).

U praktičnim primerima ponekad se kao varijabilni troškovi tretiraju direktni troškovi proizvodnje, a kao fiksni indirektni (opšti) troškovi. Za aktivnosti koje definišu "međuproizvode", odnosno fazne proizvode, koji su ulazni elementi drugih "viših" proizvodnih faza, a koji su, takođe, kao aktivnosti uvršteni u model LP, kao koeficijenti funkcije kriterijuma uzimaju se varijabilni troškovi sa negativnim predznakom. Na taj način ovi proizvodi se tretiraju kao troškovi proizvodnje. Druga mogućnost je da se ti troškovi ne uzimaju u obzir prilikom izračunavanja neto prihoda proizvoda viših faza u čiju su proizvodnju "međuproizvodi" inkorporirani. Uzimanjem neto prihoda kao kriterijuma optimalnosti se, u stvari, maksimizira ekonomska efektivnost.

Kao ciljevi optimiranja, pored maksimiziranja efektivnosti, mogu se definisati i obezbeđenje stoke voluminoznim hranivima, ili očuvanje dugoročne plodnosti zemljišta, ali se ti ciljevi najčešće ne uvrštavaju u funkciju kriterijuma, već se njihovo ostvarivanje obezbeđuje nizom ograničavajućih uslova.

b) U zavisnosti od *odnosa biljne i stoarske proizvodnje*, modeli za optimiranje poljoprivredne proizvodnje mogu se, u osnovi, definisati na dva načina:

Prema *prvom*, optimiranje proizvodnje direktno obuhvata i optimiranje stočarstva, pri čemu se u ograničenjima definišu međuzavi-snosti biljne i stočarske proizvodnje, koje obezbeđuju podmirivanje stočarskih bilansa sopstvenom stočnom hranom iz biljne proizvodnje (u prvom redu krmnog bilja). Prema *drugom* načinu, optimira se biljna proizvodnja, dok se potrebe stočarstva za definisane kapacitete uključuju u model kao ograničenja. Prvi način modeliranja karakterističan je za optimiranje plana razvoja, znači srednjoročno, ili dugoročno planiranje poljoprivrede, a drugi, za godišnje planiranje proizvodnje u poljoprivredi.

c) *Sa aspekta vremena* na koji se odnose, modeli za optimiranje poljoprivredne proizvodnje mogu se podeliti na modele za planiranje proizvodnje u kratkom roku (jedna ekonomska godina), odnosno za izradu godišnjeg optimalnog plana proizvodnje, i na modele za srednjoročno i dugoročno planiranje.

U prvom slučaju, radi se o planiranju funkcionisanja poslovnog sistema, za koji se pretpostavlja nepromenljivost faktora proizvodnje, odnosno kapaciteta, i visok stepen detaljnosti modela. U drugom slučaju, reč je o planiranju razvoja poslovnog sistema za koji se pretpostavlja promena faktora proizvodnje, veći stepen aproksimacija u modeliranju i potreba uključivanja ograničavajućih faktora razvoja, na prvom mestu investicionih sredstava.

d) *Prema stepenu detaljnosti*, modeli se mogu podeliti na *agregirane* i *neagregirane*. *Agregirani* modeli podrazumevaju veći stepen opštosti, uz smanjenje gabarita modela. Ovo se postiže agregiranjem srodnih aktivnosti, ili srodnih ograničenja. Na primer, pojedine kategorije stoke mogu figurisati u modelu kao posebne aktivnosti, ali je moguće i njihovo agregiranje u samo jednu aktivnost, tzv. "strukturno grlo". To se postiže prevođenjem, odnosno integrisanjem svih potreba i efekata pratećih kategorija stoke na "finalnu" kategoriju, odnosno glavnu liniju proizvodnje. To se realizuje pomoću koeficijenata odnosa pojedinih kategorija u okviru predviđene organizacione strukture stada. Druga mogućnost agregiranja je "spajanje" pojedinih ograničenja. Na primer, ograničenja rada radnika ili sredstava mehanizacije moguće je definisati za periode duže od perioda operativnog planiranja. *Neagregirani* modeli su znatno većih gabarita, što može stvarati probleme prilikom njihovog rešavanja. Međutim, oni su znatno detaljniji, precizniji i tačniji i u postoptimalnoj analizi obezbeđuju daleko više informacija za potrebe planiranja.

Koliki će biti stepen "agregiranja" u konkretnom modelu, zavisice od cilja optimiranja, veličine i složenosti originala i raspoloživosti ulaznih informacija.

e) *Grupe ograničenja*, koje najčešće figurišu u matrici ograničavajućih uslova u modelima za optimiranje poljoprivredne proizvodnje su:

U biljnoj proizvodnji:

- ograničenja zemljišta u redovnoj i naknadnoj setvi,
- ograničenja radne snage i pojedinih kategorija sredstava mehanizacije u pojedinim periodima radnih vrhova,
- agrotehnička ograničenja plodoreda,
- potrebe za stočnom hranom,
- ograničenja tržišta (plasmata i nabavke) i
- ograničenja prerađivaih kapaciteta.

U stočarstvu:

- osnovno stado,
- stajski prostor,
- reprodukcija stada, i

- sopstvena proizvodnja kabastih hraniva.

2.3. Faze procesa optimiranja

Svaki proces optimalnog planiranja proizvodnje, bez obzira da li se radi o optimiranju proizvodnje na seljačkom gazdinstvu, poljoprivrednom, preduzeću, preduzeću prehrambene industrije, ili optimiranju razvoja nacionalne poljoprivrede, mora obuhvatiti sledeće korake (faze):

1. Analizu sistema koji se modelira, sa akcentom na analizi proizvodne i organizacione strukture sistema, i analizu odnosa sistema sa svojim okruženjem.
2. Formulisanje logičkog modela,
3. Formulisanje matematičkog modela,
4. Rešavanje modela,
5. Postoptimalnu analizu dobijenih rezultata i
6. Implemenataciju modela.

2.3.1. Analiza poslovnog sistema

Prvi korak u izradi optimalnog plana proizvodnje je analiza poslovnog sistema. Svrha analize je da se, u skladu s ciljem planiranja, (izradom optimalnog plana proizvodnje), uoče i kvantifikuju svi relevantni faktori, uslovi i relacije u poslovnom sistemu, kao i odnosi poslovnog sistema sa okruženjem i ograničenja i uslovi koje okruženje nameće poslovnom sistemu. Analiza sistema je osnova predviđanja ključnih parametara u definisanju planskih elemenata i njihovoj kvantifikaciji.

U analizi sistema neophodno je primeniti sistemski pristup. Sistemski pristup je sintetički način razmišljanja baziran na uočavanju i definisanju međuzavisnosti i sinergije elemenata sistema. Polazi od integralnosti poslovnog sistema, uz uvažavanje specifičnosti pojedinih delova - podsistema. Analiza poslovnog sistema, usmerena na optimalno planiranje proizvodnje poljoprivrednog sistema, prevashodno treba da bude orijentisana na:

- analizu horizontalne i vertikalne proizvodne strukture sistema,
- analizu organizacione strukture sistema, i
- analizu odnosa poslovnog sistema sa njegovim okruženjem, odnosno, analizu dela okruženja koje je od bitnog uticaja na ponašanje (poslovanje) poslovnog sistema.

Osnovna pretpostavka za uspešnu analizu sistema je dobra informaciona osnova. U tom smislu informacioni sistem poslovnog sistema je osnovni i najvažniji faktor od uticaja na kompletnost, efikasnost i uspešnost analize sistema.

Informacione osnove optimiranja

Informacione osnove planiranja definisane su odgovarajućim informacionim zahtevima i čine bazu iz koje se primenom određenih algoritama može doći do informacija koje predstavljaju neophodne planske elemente za izradu planova i odgovarajuće planske dokumentacije. Informacioni zahtevi determinisani su sadržajem planova i planske dokumentacije. Baza podataka za optimalno planiranje

proizvodnje u poljoprivredi može se strukturisati na osnovu više kriterijuma. Sa vremenskog aspekta informacione osnove mogu se podeliti u tri grupe:

1. informacije o proizvodnji u prošlosti,
2. informacije o postojećim proizvodnim potencijalima, i
3. informacije i procene o parametrima u planskom periodu.

Prvu grupu čine informacije o utrošcima faktora proizvodnje i ostvarenim proizvodnim rezultatima u ranijim godinama. Ove informacije dobijaju se iz različitih evidencija putem kojih se prati proces proizvodnje. Najveći broj potrebnih informacija dobija se iz knjige istorije polja, matične evidencije stočarske proizvodnje i pogonskog knjigovodstva. Ova grupa informacija značajna je za definisanje nezavisno promenljivih veličina u modelu i tehničkih koeficijenata koji se odnose na proizvodna ograničenja. Ukoliko je duža vremenska serija i visok stepen pouzdanosti ove grupe podataka, utoliko su veće mogućnosti za realnije planiranje proizvodnih rezultata i utvrđivanje validnih proizvodnih funkcija za pojedine linije proizvodnje, pomoću kojih se može planirati ekonomski optimalni nivo intenzivnosti, odnosno nivo ulaganja pojedinih važnijih proizvodnih faktora. Osim toga, detaljno vođene analitičke evidencije stvaraju mogućnost za precizno definisanje nezavisno promenljivih veličina u modelu, odnosno omogućavaju da se u obzir uzme što više parametara od kojih su one zavisne. Precizno definisanje aktivnosti u modelu je prvi značajni uslov kojim se smanjuje stepen entropije i rizika u planiranju i značajno poboljšava njegova realnost.

Informacije o postojećim proizvodnim potencijalima su informacije o stanju sistema u trenutku planiranja. Ovim informacijama definišu se ograničenja proizvodnje koja su limitirana raspoloživim proizvodnim potencijalima sistema. Ovu grupu čine informacije o raspoloživim zemljišnim kapacitetima grupisanim prema načinu korišćenja i bonitetu zemljišta, podaci o stajskim kapacitetima po vrstama i kategorijama stoke, postojeće brojno stanje stoke po vrstama i kategorijama, reproduktivno stanje i mogućnost osnovnog stada, podaci o sistemu za navodnjavanje, raspoloživim sredstvima mehanizacije, njihovoj strukturi i kvalitetu, podaci o proizvodnoj radnoj snazi po kvalifikacijama i delatnostima, i drugi podaci o raspoloživim proizvodnim potencijalima po organizacionim jedinicama. Osim ovih, u ovu grupu informacija ulaze i informacije o ugovorenim proizvodnim obavezama. Ove obaveze mogu predstavljati direktne donje ili gornje limite za pojedine linije proizvodnje. Navedene informacije značajne su za formulisanje desne strane u matrici ograničavajućih uslova modela za optimalno planiranje proizvodnje.

Treća grupa informacija dobija se na bazi procena i predviđanja o pojedinim planskim parametrima u budućnosti. Kao takve, informacije iz ove grupe su najmanje pouzdane i od njihove realne procene u najvećoj meri zavisi tačnost planiranja, odnosno stepen odstupanja ostvarenih ciljeva od planiranih. Najznačajnije informacije koje pripadaju ovoj grupi su informacije o vrednosnim pokazateljima, i to kako cenama inputa proizvodnje, tako i cenama pojedinih autputa, jer se one za veliki broj poljoprivrednih proizvoda i faktora proizvodnje ne znaju u trenutku izrade godišnjeg proizvodnog plana. Zbog toga ih je potrebno definisati na bazi predviđanja, koja mogu biti za pojedine elemente manjeg ili većeg stepena tačnosti.

Problem pouzdanosti ovih informacija postoji u bilo kojem planiranju proizvodnje. U poljoprivredi, ovaj problem je naročito izražen zbog relativno dugog proizvodnog procesa. U ovu grupu podataka, zasnovanih na predviđanju, pored vrednosnih spadaju i drugi podaci bazirani na predviđanju o mogućnostima realizacije pojedinih proizvoda koji nisu ugovoreni, mogućnostima angažovanja sezonske radne snage u pojedinim periodima radnih vrhova, asortimanu i mogućnostima blagovremene nabavke mineralnih đubriva, stočne hrane i drugog repromaterijala.

Iz navedenog može zaključiti da postoje dve vrste faktora od kojih zavisi nivo tačnosti i stepen pouzdanosti planskih elemenata koje zahteva model za optimalno planiranje. To su subjektivni faktori, odnosno kvantitet i kvalitet praćenja i analize proizvodnog procesa, i objektivni faktori, koji se nalaze van posmatranog sistema, a koje čine podaci o ekonomskim uslovima proizvodnje.

Za uspešno planiranje proizvodnog procesa u poljoprivredi, bez obzira koja metoda se koristi, neophodno je permanentno i objektivno praćenje procesa proizvodnje, maksimalno moguće ugovaranje realizacije pre početka proizvodnog procesa i blagovremeno poznavanje ekonomskih uslova proizvodnje. Praćenje procesa proizvodnje prema kriterijumima koje zahteva model u današnje vreme podrazumeva primenu informatičke tehnike.

2.3.2. Formulisanje logičkog modela

Model za optimiranje proizvodnje, kao i svaki model linearnog programiranja, mora da sadrži matricu ograničavajućih faktora (matricu tehničkih koeficijenata i vektor ograničavajućih resursa) i funkciju kriterijuma optimalnosti (ciljnu funkciju). Budući da model treba da posluži kao osnova za optimiranje proizvodnje u realnom sistemu, mora da sadrži sve bitne elemente i relacije koje u njemu objektivno postoje i koje su relevantne za proces planiranja. U prvom redu, model mora da odražava sve postojeće horizontalne i vertikalne proizvodne relacije, zatim specifičnosti pojedinih organizacionih podistema, i konačno zahteve i ograničenja koje okolina nameće sistemu kao celini. Zadatak logičkog modela sastoji se upravo u tome da uoči i definiše sve specifičnosti i relacije koje objektivno postoje u nekom proizvodnom sistemu. Prilikom opisa logičkog modela za optimiranje proizvodnje poslovnog sistema u agrobiznisu neophodno je razmotriti i definisati:

- nezavisno promenljive veličine (aktivnosti),
- matricu ograničavajućih faktora (tehničke koeficijente i ograničavajuće resurse) i
- funkciju kriterijuma optimalnosti.

Nezavisno promenljive veličine

S obzirom na to da linije proizvodnje u poljoprivredi, koje predstavljaju potencijalne nezavisno promenljive veličine u modelu za optimiranje strukture proizvodnje, zavise od niza različitih faktora, prilikom njihovog definisanja potrebno je razmotriti pojedinačne uticaje tih faktora na ponašanje linija proizvodnje i njihove specifičnosti.

U zavisnosti od procene značajnosti uticaja pojedinih faktora na linije proizvodnje, donosi se odluka o tome da li ih uzeti u obzir pri definisanju nezavisne promenljive, ili ne. Činjenica je da se linije proizvodnje u ratarskoj proizvodnji i u stočarstvu bitno razlikuju, kako po svom biološkom i proizvodnom karakteru, tako i po faktorima koji na njih deluju. Zbog toga je neophodno posebno razmotriti aktivnosti u ratarstvu, a posebno aktivnosti u stočarstvu.

Osnovnu aktivnost u modelu linearnog planiranja, kada je u pitanju ratarska proizvodnja, predstavlja površina pojedinog useva (linije proizvodnje) u hektarima. Međutim, iste linije proizvodnje (isti usevi) mogu se međusobno bitno razlikovati prema proizvodnim i ekonomskim efektima koje ostvaruju. Ove razlike posledica su dve grupe faktora: prirodnih i organizaciono-ekonomskih. Kako je realno pretpostaviti da u okviru jednog proizvodnog sistema vladaju isti klimatski uslovi, kao najznačajniji prirodni faktori

koji dovode do proizvodnih razlika, u okviru iste linije proizvodnje mogu se izdvojiti: bonitet zemljišta i sortiment. Ukoliko se u okviru jednog proizvodnog sistema bonitet zemljišta toliko razlikuje, da se u značajnoj meri odražava na razlike u prinosu iste linije proizvodnje, pri istim ostalim uslovima neophodno je ovaj faktor uvažiti prilikom formulisanja nezavisne promenljive. Isto važi i za sortiment. Ukoliko se dve ili više sorti istog useva, pod istim ostalim uslovima, značajno razlikuju po prinosima, ili po kvalitetu proizvoda (što izaziva značajne razlike u ceni proizvoda, pa time i u ekonomskim efektima proizvodnje), neophodno je da takve sorte figuriraju u modelu kao zasebne aktivnosti. Međutim, ukoliko ne postoje značajne razlike u prinosima i kvalitetu proizvoda, izazvane različitim tipovima zemljišta i različitim sortimentom, ne postoji ekonomska svrha njihovog uključivanja u model, jer bi se time on značajno usložio, povećali troškovi pripreme ulaznih podataka i troškovi rešavanja modela, a ekonomski efekti bili bi zanemarljivi, ili nikakvi. Pitanje "značajnosti" razlike je subjektivno pitanje planera, a njegova odluka u velikoj meri zavisi i od informacione osnove kojom raspolaže po tom pitanju.

Kada su u pitanju organizaciono-ekonomski faktori, od najvećeg značaja za definisanje nezavisno promenljivih veličina su primenjene tehnologije proizvodnje i nivo intenzivnosti proizvodnje. Ukoliko se u posmatranom poljoprivrednom sistemu zajednički koriste raspoloživi resursi rada i sredstava mehanizacije, za pretpostaviti je da se i tehnološki nivo proizvodnje ne razlikuje znatno u pojedinim organizacionim delovima. Međutim, u okviru istih ili različitih organizacionih delova značajne su razlike u tehnologiji proizvodnje u suvom ratarenju i u uslovima navodnjavanja. Ove tehnološke razlike manifestuju se kako u proizvodnim rezultatima, tako i u ekonomskim efektima.

Problem intenzivnosti proizvodnje svodi se, u suštini, na problem utvrđivanja ekonomski optimalnog nivoa intenzivnosti pojedinih linija proizvodnje, ili drugim rečima na problem utvrđivanja ekonomski optimalnog prinosa za date uslove. Kako se proizvodni, a naročito organizaciono-ekonomski uslovi pojedinih organizacionih jedinica mogu bitno razlikovati, tako se i njihov optimalni nivo intenzivnosti može razlikovati za pojedine useve. To prouzrokuje i razlike u proizvodnim i ekonomskim rezultatima, te se takve specifičnosti organizacionih jedinica moraju imati u vidu prilikom definisanja nezavisno promenljivih u ratarstvu.

Znatno je teži problem utvrditi nezavisno promenljive veličine u stočarstvu. Naime, zbog specifičnosti stočarske proizvodnje, pored finalne linije proizvodnje (kategorija stoke koja predstavlja, ili daje finalni, odnosno tržišni proizvod) postoji niz pratećih kategorija. Kod izbora aktivnosti u stočarstvu postoje dve mogućnosti:

- Prva je da svaka kategorija određene vrste stoke predstavlja zasebnu aktivnost i da se izražava apsolutnim, ili uslovnim brojem grla.
- Druga mogućnost je da u modelu figurišu samo finalne kategorije pojedinih vrsta stoke, a da se relevantni pokazatelji (proizvodni zahtevi i ekonomski efekti) pratećih kategorija kumulativno iskažu kroz finalnu kategoriju.

Finalne kategorije mogu u modelu da figurišu kao kapacitet (apsolutni broj ili broj uslovnih grla) ili kao količina gotovih proizvoda, što je u osnovi isto. Ovako prikazana finalna kategorija naziva se "strukturno" grlo stoke, jer je "opterećena" svim zahtevima i efektima pomoćnih kategorija stoke. S obzirom na značajne individualne razlike kapaciteta (grla) u stočarstvu, aproksimiranje, odnosno određivanje prosečnih "vrednosti" nezavisno promenljivih nužno sadrži izvesni nivo pogreške. Ovaj nivo greške u bilo kojem planiranju nije moguće izbeći. Međutim, da bi se nivo greške usled utvrđivanja prosečnih veličina smanjio na minimum, odnosno uglavnom sveo na individualne razlike grla, potrebno je razmotriti i eventualno uvažiti ostale prirodne i organizacione uslove, kao i u biljnoj proizvodnji.

Što se tiče prirodnih uslova, značajne razlike u proizvodnim i ekonomskim efektima u okviru iste linije proizvodnje mogu nastati usled razlika u rasama stoke. Od organizaciono-ekonomskih uslova najznačajniji za definisanje nezavisno promenljivih veličina u stočarstvu su način držanja stoke i nivo intenzivnosti proizvodnje, koji u najvećoj meri zavisi od nivoa i kvaliteta ishrane stoke. Slično kao u biljnoj proizvodnji, i ovde je, u zavisnosti od konkretnih uslova i odnosa cena, potrebno ići na ekonomsko optimalni nivo intenzivnosti ishrane stoke.

Na kraju, potrebno je napomenuti da su ovde obuhvaćeni samo oni faktori za koje se smatra da mogu biti od dominantnog uticaja za formulisanje nezavisno promenljivih veličina u modelu, a da u stvarnosti postoji čitav niz drugih faktora koji utiču na nezavisno promenljive veličine. Sve njih ni model linearnog programiranja, ni bilo koji drugi simulacioni model, nije u stanju da obuhvati, što zbog njihovog nepredvidivog uticaja, što zbog ekonomske neelishodnosti.

Matrica ograničavajućih faktora

Na matrici ograničavajućih faktora u modelu za optimiranje proizvodnje mogu se uočiti pet karakterističkih grupa ograničenja, u zavisnosti od njihove obuhvatnosti. Svaka od ovih grupa ograničenja ima za cilj da u modelu obuhvati i predstavi određene realne relacije, u složenom poljoprivrednom sistemu.

Prva grupa ograničavajućih faktora proizvodnje odnosi se na ograničenja koja su specifična za pojedine organizacione jedinice (podsisteme). Broj ovakvih ograničenja u prvom redu zavisi od organizacione strukture poljoprivrednog poslovnog sistema koji se modelira. U ovu grupu ograničenja spadaju ograničenja kapaciteta organizacionih jedinica, i to u prvom redu, ograničenja zemljišnih kapaciteta i kapaciteta za primarnu preradu. Ukoliko je sistem koji se modelira organizovan po teritorijalnom principu, i ukoliko nije moguća, ili ekonomski nije racionalna zajednička upotreba određenih kategorija sredstava mehanizacije za više organizacionih jedinica (u prvom redu misli se na pojedine kategorije traktora), tada u ovu grupu ograničenja spadaju i ona sredstva mehanizacije koja se koriste samo za potrebe pojedinih organizacionih jedinica. U ovu grupu ograničenja mogu da uđu i ograničenja koja nisu striktno vezana za pojedine organizacione podsisteme, već za pojedine proizvodne specifičnosti. Tako, ova ograničenja mogu da se odnose na kapacitete pojedinih tipova zemljišta, ili drugih specifičnih uslova (sistema za navodnjavanje) koji u određenom proizvodnom smislu predstavljaju podsisteme u kojima se odvija proizvodni proces više linija proizvodnje. Ograničenja prve grupe predstavljaju u modelu delove horizontalne proizvodne strukture, koji povezuju pojedine elemente u okviru pojedinih organizacionih, ili specifičnih proizvodnih podsistema. Što je broj ovakvih ograničenja u modelu manji, to je veća mogućnost za racionalnije korišćenje raspoloživih kapaciteta i omogućen je viši nivo postizanja optimalnih ekonomskih rezultata.

Druga grupa ograničavajućih faktora odnosi se na pojedine aktivnosti u okviru pojedinih organizacionih jedinica. Ovu grupu ograničenja čine, prema svojoj svrsi i nameni, heterogeni faktori. U ratarskoj proizvodnji ova ograničenja uslovljena su specifičnim biološkim zahtevima pojedinih useva, iz kojih proističu organizaciono-ekonomski zahtevi za poštovanje plodosmene i plodoreda. Uvrštenjem ovih zahteva u model za izradu godišnjeg optimalnog plana proizvodnje u poljoprivredi obezbeđuje se kontinuitet planiranja u narednim godinama, jer se ovim ograničenjima trajno obezbeđuju jednako povoljni uslovi proizvodnje. Eliminisanje ovakvih uslova iz modela u datoj godini planiranja, stvorilo bi daleko veće mogućnosti optimiranja, ali bi u narednim godinama moglo da ima negativne posledice, jer bi se ili potpuno eliminisale mogućnosti za proizvodnju pojedinih useva, ili bi se zbog nepoštovanja plodosmene to drastično odrazilo na smanjenje prinosa. Ova ograničenja naročito su značajna za useve koji su osetljivi na bolesti i štetočine (suncokret, šećerna repa). Budući da se ovim ograničenjima

obežbeđuju i osnove plodoreda, njima se regulišu i mogućnosti za uspešno organizovanje proizvodnog procesa. Ova grupa ograničenja karakteristična je i za stočarstvo, jer su u njoj obuhvaćena i ograničenja stajskih kapaciteta koja se odnose na pojedine vrste, ili kategorije stoke.

Dok su prethodne dve grupe ograničenja predstavljale parcijalna ograničenja pojedinih podsistema, ili elemenata u okviru podsistema, naredne tri grupe ograničenja imaju za cilj da povežu pojedine podsisteme, ili elemente više podsistema. Ta ograničenja u modelu definišu relacije koje sistem čine sistemom, odnosno relacije koje povezuju pojedine podsisteme i elemente u sistem kao celinu.

Jednu vrstu ograničenja *treće grupe*, koja u modelu povezuju iste linije proizvodnje različitih podsistema, čine ograničenja plasmana pojedinih proizvoda. Naime, usled specifičnosti poljoprivredne proizvodnje (da je sezonskog karaktera, da čini sirovinsku osnovu prehrambene industrije i da predstavlja stratešku privrednu oblast) karaktera pojedinih poljoprivrednih proizvoda (da ih nije moguće, ili nije ekonomski opravdano skladištiti) i tržišnih uslova, pojedini putevi iz poljoprivrede su često ograničeni u smislu minimalno zahtevanih, maksimalno mogućih, ili striktno definisanih količina. Posebnu vrstu treće grupe ograničenja, koja povezuju iste linije proizvodnje različitih podsistema, čine ograničenja kapaciteta pojedinih sredstava mehanizacije, koja su specifična za određene linije proizvodnje, ili se u određenom periodu vremena isključivo koriste za određene linije proizvodnje (kombajni).

Ograničenja *četvrte grupe*, koja povezuju pojedine različite aktivnosti, proističu iz faznog karaktera poljoprivredne delatnosti. Ovim ograničenjima u modelu definišu se vertikalne proizvodne strukture sistema i njihove povratne veze. U primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji ovim ograničenjima povezuju se ratarska i stočarska proizvodnja. Ova veza ostvaruje se kroz usklađivanje proizvodnje krmnog bilja sa potrebama stočarstva. U zavisnosti od načina formiranja organizacione strukture, ovim ograničenjima povezuju se različiti elementi u okviru jednog, ili više organizacionih podsistema.

Ograničenja *pete grupe*, koja su zajednička za sve elemente u okviru više podsistema, ili za sve elemente sistema, su ona koja u modelu predstavljaju prave horizontalne strukture. Njima se povezuju rad i sredstva, koji se zajednički koriste za sve, ili veći broj linija proizvodnje u složenom poljoprivrednom sistemu. Suprotno broju ograničenja prve grupe, sa kojima su komplementarna, sa povećanjem broja ograničenja iz ove grupe povećavaju se mogućnosti za racionalnije funkcionisanje sistema i postizanje višeg nivoa optimalnih ekonomskih rezultata.

Imajući u vidu sve navedeno, može se zaključiti da su u modelu obuhvaćene sve relevantne relacije za funkcionisanje složenih poslovnih sistema u poljoprivredi. Kako je karakter tih relacija takav da neke od njih egzistiraju samo u okviru pojedinih podsistema, a druge su zajedničke za sve, ili više elemenata svih, ili više podsistema, model nužno ima višenivosku formu, odnosno formu za koju je karakteristično postojanje ograničenja na nivou delova sistema i ograničenja na nivou sistema kao celine.

Tehnički koeficijenti

Tehnički koeficijenti u modelu za optimiranje složenog pos-lovnog sistema u poljoprivredi imaju dvojak ulogu, koja proističe iz višenivoskog karaktera modela i postojanja vertikalnih proizvodnih struktura u sistemu. *Prva uloga* tehničkih koeficijenata jednaka je kao i kod svih modela linearnog programiranja i sastoji se u povezivanju nezavisno promenljivih veličina u linearnim relacijama leve strane jednačina (nejednačina) u matrici ograničavajućih faktora sa desnom stranom, odnosno ograničavajućim resursima. *Druga uloga* tehničkih koeficijenata je specifična za višenivoske modele

optimiranja i sastoji se u povezivanju "nižih" i "viših" proizvodnih faza. Drugim rečima, tehnički koeficijenti u modelu za optimiranje proizvodnje složenog poljoprivrednog sistema prikazuju relacije koje u realnom sistemu čine osnovne vezivne elemente vertikalnih proizvodnih struktura.

Ograničavajući resursi

Vektor ograničavajućih resursa u matrici ograničenja modela linearnog programiranja za optimiranje poljoprivredne proizvodnje čine realna ograničenja proizvodnje i plasmana. Ova ograničenja u zavisnosti od lokacije, mogu se grupisati u interna i eksterna ograničenja. Interna ograničenja proizvodnje su ograničenja u okviru poslovnog sistema koji se modelira (kapaciteti, stalna radna snaga, zemljište, obrtna sredstva). Eksterna ograničenja proizvodnje su ona koja sistemu nameće okruženje (mogućnosti plasmana, obezbeđenje sezonske radne snage, kredita, nabavke repromaterijala, itd.). Sa aspekta samog karaktera, ograničenja proizvodnje se mogu grupisati u: proizvodna, biotehnička, finansijska i tržišna ograničenja.

U *proizvodna ograničenja* spadaju:

- zemljište,
- sredstva mehanizacije,
- direktna radna snaga,
- stajski kapaciteti i
- kapaciteti za preradu.

U *biotehnička ograničenja* spadaju:

- potrebe plodoreda i plodosmene,
- potrebe za krmnim biljem, i
- reprodukciona sposobnost stada.

Finansijska ograničenja proizvodnje čine:

- sopstvena obrtna sredstva,
- mogućnosti kreditiranja proizvodnje,
- sopstvena investiciona sredstva, i
- tuđa sredstva za razvoj.

U grupu *tržišnih ograničenja* spadaju mogućnosti plasmana gotovih proizvoda i mogućnosti obezbeđenja određenih vrsta repro-materijala, sredstava za rad i sezonske radne snage.

Funkcija kriterijuma optimalnosti

U uslovima tržišne ekonomije, osnovno merilo efektivnosti proizvodnje predstavlja *profit (dobit)* odnosno razlika između vrednosti proizvodnje i ukupnih troškova. Uvrštavanje dobiti u funkciju kriterijuma optimalnosti u modelu linearnog programiranja nije celishodno, zbog toga što se pri određivanju ove obračunske kategorije moraju uzeti u obzir i fiksni troškovi, koji ne zadovoljavaju traženu linearnost kretanja. Osim toga, ukoliko bi se i eliminisali direktni fiksni troškovi, ostaje problem raspodele varijabilnog dela opštih troškova na pojedine linije proizvodnje prilikom utvrđivanja koeficijenta u funkciji kriterijuma.

U cilju prevazilaženja navedenih problema, kao kriterijum optimiranja u modelu linearnog programiranja koristi se neto prihod (u nekim izvorima bruto-finansijski rezultat, bruto-neto prihod, ili marža pokrića) koji predstavlja teorijsku ekonomsku kategoriju. Neto prihod se definiše kao razlika između vrednosti proizvodnje i varijabilnih troškova. Kako fiksni troškovi nemaju uticaja na određivanje optimalnog plana proizvodnje, jer je njihova veličina indiferentna u odnosu na promenu strukture proizvodnje, nema smetnji za njihovu eliminaciju pri utvrđivanju maksimalne efektivnosti. Svakako da ova konstatacija važi samo u kratkom intervalu posmatranja, odnosno u toku jednog procesa proizvodnje, što u poljoprivredi uglavnom odgovara periodu godišnjeg (kratkoročnog) planiranja. Dugoročno posmatrano, odnosno posmatrano sa aspekta razvoja sistema, dolazi do izražaja relativna fiksnost, kao karakteristika svih faktora proizvodnje, pa se u tom periodu svi troškovi mogu tretirati kao varijabilni, te su, kao takvi, od uticaja na optimalno struktuiranje proizvodnje.

Kada su u pitanju opšti troškovi, koje u najvećem iznosu čine troškovi neproizvodnih funkcija i obaveze koje poljoprivredna organizacija izdvaja za zajedničke i opštedruštvene potrebe (a koji su najčešće budžetirani na godišnjem nivou) najcelishodnija je njihova eliminacija, jer bi svaka njihova (u osnovi subjektivna) raspodela neopravdano dovela do nejednakog ekonomskog položaja pojedine linije proizvodnje. Imajući u vidu navedeno, neto prihod se u modelu linearnog programiranja za optimiranje proizvodnje može odrediti kao razlika između vrednosti proizvodnje i direktnih varijabilnih troškova.

U zavisnosti od toga koji će se direktni varijabilni troškovi uzeti u obzir, *neto-prihod*, kao teorijska ekonomska kategorija, može biti jednako povoljan indikator za određivanje strukture proizvodnje koja obezbeđuje maksimalni dohodak, odnosno maksimalnu dobit. Ukoliko se prilikom utvrđivanja neto-prihoda uzmu u obzir svi direktni varijabilni troškovi, onda je utvrđivanje maksimalnog neto-prihoda indikator maksimalne dobiti poljoprivredne organizacije. Ako se od vrednosti proizvodnje oduzmu samo direktni varijabilni materijalni troškovi, u tom slučaju određeni neto-prihod predstavlja indikator maksimalnog dohotka.

Teoretski posmatrano, maksimalni dohodak ne mora da obezbeđuje maksimalnu, pa čak ni zadovoljavajuću dobit poslovnog sistema. S obzirom na to da definisani model prvenstveno respektuje ciljeve poslovnog sistema, a ne ciljeve šire društvene zajednice, u njemu je celishodnije korišćenje neto-prihoda kao indikatora maksimiranja ukupne dobiti. Ovo ne važi za poljoprivredna gazdinstva, kod kojih njihov sopstveni rad nije trošak, već zarada – korist za vlasnika. Zbog toga se kod optimiranja proizvodnje na poljoprivrednim gazdinstvima neto prihod koristi kao indikator maksimalno dohotka gazdinstva.

Minimiziranje troškova, kao mogući kriterijum optimiranja, ne doprinosi racionalnom korišćenju raspoloživih fiksnih faktora, niti je u funkciji razvoja, pa je kao takav, suprotan kriterijumima maksimalne efektivnosti. Zbog toga se minimiziranje troškova koristi samo izuzetno, kada se definisana struktura i obim proizvodnje žele ostvariti uz minimum troškova.

2.3.3. Formulisanje matematičkog modela

Krajnji cilj modeliranja proizvodnje složenog poljoprivrednog sistema je definisanje matematičkog modela, odnosno prevođenje stvarnih relevantnih relacija u posmatranom objektu istraživanja u skup logičkih relacija definisanih matematičkim simbolima. Postavka matematičkog modela predstavlja osnovu za rešavanje definisanog problema optimiranja strukture poljoprivredne proizvodnje, primenom egzaktnih matematičkih metoda.

Na ovom mestu biće prezentiran opšti matematički model za optimiranje strukture proizvodnje složenog poljoprivrednog sistema, koji obuhvata sve ranije definisane elemente za utvrđivanje nezavisno promenljivih veličina, matrice ograničavajućih uslova i funkciju kriterijuma.

U kom stepenu će konkretni model usvojiti sve navedene parametre za definisanje nezavisno promenljivih veličina, ograničavajućih uslova i funkcije kriterijuma, zavisice od raspoložive informacione osnove, procene značaja pojedinih parametara od uticaja na nezavisn promenljive veličine i pojedina ograničenja, kao i od konkretnog cilja optimiranja.

Takođe, sama postavka matematičkog modela u konkretnom slučaju zavisice i od postojeće organizacione strukture sistema, u tom smislu što se neka ograničenja, koja su u opštem modelu postavljena za sistem u celini, mogu u konkretnom slučaju javiti kao ograničenja koja se definišu na nivoima organizacionih podsistema.

a) Nezavisno promenljiva veličina (aktivnost)

$$X_{ijkl} \geq 0 \quad i = 1(1)m; \quad j = 1(1)n; \quad k=1(1)o; \quad l=1(1)p$$

X_{ijkl} = površina useva (broj grla kategorije stoke) "i", "j-te" sorte (rase), u uslovima proizvodnje (u uslovima držanja) "k", u organizacionoj jedinici "l"

m = broj linija proizvodnje

n = broj sorti (rasa) pojedinih linija proizvodnje

o = broj različitih uslova proizvodnje (tipova zemljišta, mogućnosti navodnjavanja, načina držanja stoke)

p = broj organizacionih jedinica sistema.

b) Ograničavajući uslovi

1) Ograničenja zemljišnih i stajskih kapaciteta

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijkl} = A_{kl}$$

A_{kl} = raspoloživa površina zemljišta sa datim uslovima proizvodnje "k", u organizacionoj jedinici "l" u hektarima, odnosno raspoloživi kapacitet stajskog objekta "k", u organizacionoj jedinici "l"

Maksimalni mogući broj ove vrste ograničenja u modelu iznosi "o" puta "p".

2) Biotehnička ograničenja

$$\sum_{j=1}^n X_{ijkl} \leq c_i A_{kl}$$

c_i = koeficijent maksimalnog učešća useva X_i u "k"-tim uslovima proizvodnje u organizacionoj jedinici "l" s obzirom na zahteve plodoreda i plodosmene.

3) Maksimalna (minimalna) ograničenja plasmana

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^0 \sum_{l=1}^p P_{ijkl} X_{ijkl} \leq P_i$$

P_i = maksimalno moguća (minimalno potrebna) količina proizvoda "i" koja se može plasirati na tržište

P_{ijkl} = tehnički koeficijent, koji označava prinos useva "i", sorte "j", u uslovima proizvodnje "k" u organizacionoj jedinici "l".

4) Ograničenja kapaciteta sredstava mehanizacije koja se koriste samo za jednu liniju proizvodnje

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^0 \sum_{l=1}^p s_{ijkl} X_{ijkl}^t \leq S_i^t$$

S_i^t = kapacitet specifičnog sredstva mehanizacije koje se koristi u proizvodnji useva X_i u periodu vremena "t"

s_{ijkl}^t = tehnički koeficijent, koji označava potrebnu količinu rada specifičnog sredstva mehanizacije po jedinici kapaciteta useva "i", sorte "j", u uslovima proizvodnje "k", u organizacionoj jedinici "l", u periodu vremena "t".

5) Ograničenja koja povezuju međuzavisne linije proizvodnje

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^0 \sum_{l=1}^p P_{(n-a)jkl} X_{(n-a)jkl} - \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^0 \sum_{l=1}^p P_{(n-b)jkl} X_{(n-b)jkl} = 0$$

$$a > n; \quad b < n; \quad a \neq b$$

$P_{(n-a)jkl}$ = tehnički koeficijent, koji označava prinos usev $X(n-a)$, "j", u uslovima proizvodnje "k", u organizacionoj jedinici "l"

$C_{(n-b)jkl}$ = tehnički koeficijent, koji označava potrebnu količinu proizvoda $X(n-a)$, za jedinicu kapaciteta linije proizvodnje $X(n-b)$, sorte (rase) "j", u uslovima proizvodnje "k", u organizacionoj jedinici "l".

6) Ograničenja direktne radne snage

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^0 \sum_{l=1}^p r_{ijkl}^t X_{ijkl} \leq R^t$$

R^t = ukupni raspoloživi fond časova rada direktnih radnika u periodu vremena "t"
 r_{ijkl}^t = tehnički koeficijent, koji označava potreban broj časova rada po jedinici kapaciteta linije proizvodnje "i", sorte (rase) "j", u uslovima proizvodnje "k", u organizacionoj jedinici "l", u periodu "t".

7) Ograničenja pogonskih sredstava mehanizacije

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \sum_{l=1}^p s_{ijkl}^{tq} X_{ijkl} \leq S^{tq}$$

S^{tq} = ukupni raspoloživi fond časova rada kategorije pogonskog sredstva mehanizacije "q", u periodu vremena "t"
 s_{ijkl}^{tq} = tehnički koeficijent, koji označava potreban broj časova rada kategorije pogonskog sredstva mehanizacije "q", po jedinici kapaciteta linije proizvodnje "i", sorte (rase) "j", u uslovima proizvodnje "k", u organizacionoj jedinici "l", u periodu "t"

c) *Funkcija kriterijuma optimalnosti*

Maksimalna efektivnost proizvodnje

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \sum_{l=1}^p np_{ijkl} X_{ijkl} = NP \rightarrow \max$$

np_{ijkl} = planirani neto prihod po jedinici kapaciteta linije proizvodnje "i", sorte (rase) "j", u uslovima proizvodnje "k", u organizacionoj jedinici "l"

NP = maksimalni planirani neto prihod složenog poljoprivrednog sistema

2.3.4. Rešavanje modela

Samo rešavanje modela LP, odnosno određivanje optimalne strukture proizvodnje koja pod datim ograničenjima obezbeđuje ekstremnu vrednost (maksimum ili minimum) ciljne funkcije sprovodi se simpleks metodom. U praksi se za rešavanje modela koristi računarska tehnika (personalni računar) i odgovarajući programski paket. Najčešće korišćen programski paket za rešavanje modela LP u našoj praksi je LINDO, koji se koristi za linearno, celobrojno i kvadratno programiranje. Svaki programski paket ima striktno formalizovanu strukturu za unos podataka.

Programski paket LINDO zahteva prvo unošenje funkcije kriterijuma, pri čemu se prioritarno unosi indikator ekstremne vrednosti (MIN - za minimiziranje, ili MAX - za maksimiziranje ciljne funkcije), a u nastavku sama funkcija kriterijuma. Po unošenju funkcije kriterijuma unosi se oznaka "ST" (SUBJECT TO = pod ograničenjima), što označava početak unošenja ograničavajućih uslova. Oznake indikatora ograničenja u matrici ograničavajućih uslova; > ili < u programskom paketu LINDO podrazumevaju: veće ili jednako, odnosno, manje ili jednako. Po završetku unošenja ograničavajućih uslova u poslednji red

unos se oznaka "END", što označava završetak unošenja modela. Programsko rešavanje modela inicira se naredbom "SOLVE".

Rešavanjem unetog modela programski paket LINDO daje podatke o:

- ekstremnoj vrednosti ciljne funkcije (minimumu, ili maksimumu),
- broju iteracija (postupaka) koji je učinjen do dobijanja optimalnog rešenja, i
- vrednosti nezavisno promenljivih u modelu.

Pored ovih elementarnih podataka rešavanjem modela dobijaju se i elementi za postoptimalnu analizu dobijenog rešenja.

2.3.5. Postoptimalna analiza

Samo optimalno rešenje strukture poljoprivredne proizvodnje ima kvantitativni karakter. Kvalitet dobijenog optimalnog rešenja određuje se u postupku postoptimalne analize. Pod kvalitetom optimalnog rešenja podrazumeva se niz informacija koje govore o mogućnosti primene dobijenog rešenja, praktičnim implikacijama koje ono u sebi nosi, stvarnim ograničenjima procesa proizvodnje, neiskorišćenim proizvodnim potencijalima, stepenu njegove pouzdanosti i granicama u kojima ono važi, te pravcima daljeg razvoja poljoprivredne proizvodnje. U tom smislu, postoptimalna analiza se može podeliti u tri dela.

U prvom delu sprovodi se analiza iskorišćenosti pojedinih raspoloživih proizvodnih potencijala i uslova, odnosno analiza stepena zadovoljenja ograničavajućih resursa definisanih u modelu. Ovom analizom utvrđuju se stvarna ograničenja, kao i neiskorišćeni proizvodni potencijali. Narocito je značajna analiza stepena iskorišćenosti raspoloživog fonda časova rada direktnih radnika i pojedinih kategorija sredstava mehanizacije u pojedinim periodima radnih vrhova. Ukoliko su neka od ovih ograničenja u potpunosti iskorišćena, dovodi se u pitanje mogućnost sprovođenja planiranih radnih operacija u optimalnom vremenu, a time i mogućnost realne primene dobijenog optimalnog rešenja. Osim toga, utvrđeni planirani fond časova rada radnika i sredstava mehanizacije u nekom periodu radnih vrhova predstavlja značajan pokazatelj za operativno planiranje. Ukoliko postoje značajne rezerve časova rada radnika, ili sredstava mehanizacije, to može da znači da je precenjen potreban broj sezonskih radnika, ili da postoje mogućnosti za pružanje usluga sredstvima mehanizacije drugim korisnicima van sistema.

Dugoročno posmatrano, analiza stepena iskorišćenosti pojedinih kategorija sredstava mehanizacije je značajni indikator za strateško planiranje, odnosno optimalno projektovanje broja i strukture sredstava mehanizacije. U poljoprivrednim organizacijama sa dobro projektovanom mehanizacijom i radnom snagom, optimalna rešenja uglavnom zadovoljavaju stepen njihovog korišćenja u periodima radnih vrhova. Ukoliko se ipak dogodi da optimalno rešenje u potpunosti iskoristi raspoložive fondove rada radnika i sredstava mehanizacije, potrebno je ispitati mogućnost angažovanja sezonske radne snage, ili usluga mehanizacije "sa strane."

Drugi i treći deo postoptimalne analize čini senzitivna analiza (analiza osetljivosti) optimalnog rešenja. Prvi deo senzitivne analize odnosi se na analizu osetljivosti koeficijenata u funkciji kriterijuma. Ova analiza pokazuje u kojim granicama se može kretati koeficijent funkcije kriterijuma, a da se ne promeni vrednost nezavisne promenljive u optimalnom rešenju, ili za koliko je potrebno da se promeni vrednost koeficijenta funkcije kriterijuma, pa da se ta aktivnost uvrsti u optimalno rešenje. S obzirom na to da u

trenutku planiranja nisu poznati ekonomski elementi proizvodnje, već da se oni samo procenjuju, senzitivna analiza koeficijenata funkcije kriterijuma je indikator stepena pouzdanosti optimalnog rešenja.

Ukoliko su granice optimalnosti koeficijenata šire, utoliko je dobijeno rešenje pouzdanije, jer pretpostavlja veću mogućnost pogrešne procene. Ova analiza takođe ukazuje i na linije proizvodnje koje su jedna drugoj konkurentne, jer donja granica osetljivosti jedne linije proizvodnje predstavlja istovremeno gornju granicu druge linije proizvodnje. Analiza osetljivosti ograničavajućih resursa je značajna sa aspekta razvoja poljoprivredne proizvodnje, jer daje informacije o tome kakve bi promene u optimalnoj strukturi proizvodnje mogle nastati proširenjem pojedinih kapaciteta (zemljišnih površina, sistema za navodnjavanje, stajskih objekata, itd.). Dugoročno posmatrano, ova vrsta postoptimalne analize je jedan od značajnih indikatora za strateško planiranje proizvodnje, rasta i razvoja složenog poljoprivrednog sistema uopšte.

2.3.6. Implementacija

Poslednja faza procesa optimalnog planiranja poljoprivredne proizvodnje je implementacija, odnosno definisanje i prihvatanje optimalnog plana proizvodnje i njegova realizacija u praksi. Faza implementacije optimalnog planiranja poljoprivredne proizvodnje bazira se na matematičkim rešenjima dobijenog modela i rezultatima postoptimalne analize. Ovako dobijena i analizirana matematička rešenja u fazi implementacije podložna su sitnim korekcijama - da bi mogla biti realno primenljiva. Nužnost tih korekcija proističe iz činjenice da logičkim i matematičkim modelom nisu mogla biti obuhvaćena sva realna ograničenja proizvodnje, što zbog veličine samog modela, što zbog nemogućnosti kvantifikacije svih proizvodnih ograničenja. Ovim ograničenjima, kao što su na primer veličine proizvodnih parcela, stanje parcela po skidanju prethodnog useva, teritorijalni razmeštaj proizvodnje krmnog bilja u neposrednom okruženju stočarskih objekata, pogodnost parcela za pojedine useve i slično, neznatno se koriguju optimalna matematička rešenja, kako bi bila primenljiva u konkretnoj situaciji. Ova sitnija odstupanja od optimalnih rešenja ne bi trebalo bitnije da utiču na ekonomske efekte optimalne strukture proizvodnje, a obezbeđuju maksimalnu mogućnost realizacije planirane setvene strukture, a time i strukture poljoprivredne proizvodnje u celini.

Nakon usaglašavanja optimalnih matematičkih rešenja sa nekvantifikovanim realnim ograničenjima, usvaja se setveni plan i plan proizvodnje, i na bazi njega se sastavljaju ostali planski dokumenti, kao što su:

- plan potreba semena, đubriva i zaštitnih sredstava,
- plan potreba pomoćnog materijala,
- plan utroška i troškova rada sredstava mehanizacije,
- plan utroška i troškova radne snage,
- planska kalkulacija ratarstva,
- planske kalkulacije po proizvodima,
- dinamika naturalnih i vrednosnih ulaganja rada i sredstava po mesecima i
- dinamika prihoda i troškova po mesecima (*CASH-FLOW*)

