

# Pieno ūkio planavimo modelis

Irma SKARULSKIENĖ (LŽŪU)

el. paštas: ma@nora.lzua.lt

**Reziumė.** Pristatomas trejų metų periodo pieno ūkio optimalaus plano sudarymo ir gamybos prognozavimo matematinis modelis, įvertinantis augalininkystės ir galvijininkystės ryšius. Aprašytas modelis leidžia apskaičiuoti augalininkystės ir galvijininkystės gamybos apimtį, ūkio tiesiogines išlaidas, prekinę produkciją. Maksimizuojamam pelnui rasti naudojamas tiesinio programavimo metodas.

*Raktiniai žodžiai:* pieno ūkis, valdymas, planavimas, matematinis modeliavimas, tiesinis programavimas.

## Įvadas

Pieno ūkiai, panašiomis sąlygomis, pasiekia labai skirtingų ekonominių rezultatų. Ūkio valdymas turi žymią įtaką primelžiamo pieno kiekiui ir gaunamoms pajamoms. Kai kurie ūkininkai sugeba gauti dideles pajamas, gaudami didelius primilžius iš karvės, kiti – gauna papildomų įplaukų už didesnę pagamintos produkcijos kiekį, bet jas viršija papildomos išlaidos dėl galvijų ligų ar didesniems primilžiams gauti naudojami brangūs pašarai. Labai svarbūs yra ūkininko sugebėjimai pasirinkti tinkamus ūkio valdymo sprendimus [1]. Ūkio valdymas tampa vis sudėtingesnis ir svarbesnis, nes vis sudėtingesnė darosi ūkininkavimo aplinka, kyla aplinkos taršos problemų.

Daugelio šalių žemės ūkio valdymas ir sprendimų priėmimas remiasi informacinėmis sistemomis. Mokslininkai, modeliuodami žemės ūkio gamybos veiklą ir procesus, naudoja įvairius matematinio modeliavimo metodus.

Modeliavimas tapo gerai išvystyta disciplina. Žemės ūkio procesų ir veiklos tyrimai, taikant modeliavimą, yra naudojami daugelyje pasaulio šalių [2]. Tiesinio programavimo, ekonometrikos, imitaciniai modeliai naudojami pieno sektoriui planuoti, veiklos įvairių procesų ir poveikio aplinkai modeliuoti [3].

Egzistuoja daug sprendimų priėmimo modelių, kurie gali potencialiai pagerinti ūkio valdymą. Yra aprašyti galvijininkystės planavimo modeliai: raciono formavimo, maitinimo strategijos sudarymo produktyvumui didinti, ganiavos, galvijų veisimo ir pakeitimo, atliekų tvarkymo, galvijininkystės bandos planavimo [4].

Tiesinis programavimas yra modeliavimo metodas, kuris gali padėti rasti tinkamus specifinių problemų sprendimus žemės ūkyje [5, 6]. Tiesinis programavimas ypač naudingas pasirenkant geriausią variantą iš daugelio galimų veiklos krypčių [7]. Šio metodo algoritmas leidžia rasti optimalų sprendimą, todėl yra plačiai taikomas [8].

Šiandien žemės ūkio įmonėms reikia kompleksinių informacinių sistemų, kurios leistų stebėti, planuoti ir prognozuoti gamybinę-finansinę ūkio veiklą. Tokių sistemų kūrimas Lietuvoje dar tik pradedamas. Pradinės būsenos yra ir žemės ūkio įvairių lygių gamybos procesų planavimo valdymo modeliavimas. Nėra darbų, kuriuose įvairios

žemės ūkio gamybos šakos būtų nagrinėjamos kaip susijusios, o gamybos procesai būtų modeliuojami pagal natūrinę ir piniginę išraišką. Lietuvoje pasigendama pieno ūkio optimalaus planavimo modelio.

### Tyrimų metodika ir eiga

Viena iš pagrindinių ūkio lygio informacinių sistemų problemų jų kūrėjams yra nustatyti ūkininkų informacinius poreikius. Šiuos poreikius nulemia ūkininko tikslai ir valdymo strategija. Vageningeno žemės ūkio universiteto ir Mičigano valstijos universiteto darbo grupė atliko tyrimus Olandijos pieno ūkiuose, norėdama nustatyti ūkininkų tikslus, informacinius poreikius ir pieno ūkių valdymo riziką. Svarbiausių verslo tikslų sąrašė apklaustieji kaip svarbiausią nurodė palankiausią skirtumą tarp išlaidų ir gautų pajamų, tai yra gaunamą pelną [9].

Nagrinėjamas pieno gamybos ūkis, kuris pats apsirūpina pagrindiniais pašarais. Reikia pagal ūkyje turimus resursus ir galimybes rasti tokias natūrinės ir piniginės išraiškos gamybos apimtį, kurios leistų ūkiui funkcionuoti esamomis sąlygomis, gaunant maksimalų ir pastovų metinį pelną per pakankamai ilgą planuojamą laikotarpį.

Žinomos ūkio funkcionavimo sąlygos: nustatytos kokybės turimos žemės kiekis; vidutinis auginamų kultūrų derlingumas. Žinoma galvijų bandos pradinė būseną pagal amžiaus grupes. Nustatytos pašarų sunaudojimo normos pagal amžiaus grupes per metus, augimo periodo iki perėjimo į kitą amžiaus grupę ar išbrokavimo. Žinomas per šiuos laikotarpius gaunamo mėšlo kiekis. Žinomas galvijų laikymo rankų ir mechanizuotų darbų imlumas per metus arba iki atitinkamo amžiaus, jei auginimo periodas trumpesnis negu metai. Įvertinta turimų darbo resursų, naudojamų atlikti rankų ir mechanizuotus darbus, esama būseną. Prognozuojamos pašarų rinkos kainos ir savos gamybos pašarų savikaina, taip pat pagaminamos produkcijos paklausa ir jos supirkimo rinkos kainos. Numatomas primilžis iš karvės ūkyje, skerdžiamų galvijų svoris; parduodamų veislei galvijų kaina; ūkyje atliekamų rankų ir mechanizuotų darbų valandos įkainis. Žinomi kasmetinio pagrindinės bandos karvių brokavimo procentai, bandoje gimstančių veršelių kiekis per metus.

Reikia sudaryti tokį trejų metų periodo (kiekvienų metų) ūkio gamybos planą, kad ūkis duotomis gamybos sąlygomis per šį laikotarpį gautų maksimalų pelną.

Modelyje naudojami tokie žymėjimai:

$M$  – planuojamo laikotarpio metų aibė  $m \in M = (1, 2, 3)$ ;

$I$  – turimos žemės rūšių pagal derlingumą aibė  $i \in I$ ;

$Z_{im}$  – turimos  $i$ -tosios rūšies žemės plotas  $m$ -taisiais metais;

$K$  – pašarams auginamų kultūrų aibė  $k \in K$ ;

$d_{ikm}$  –  $k$ -osios kultūros derlingumas  $i$ -osios rūšies žemėje  $m$ -taisiais metais;

$R_{km}$  – realizacijos kaina  $k$ -osios kultūros  $m$ -taisiais metais;

$z_{ikm}$  –  $k$ -tosios kultūros planuojamas plotas  $i$ -tosios žemės rūšies žemėje  $m$ -taisiais metais;

$\alpha$  – veršelių gimstamumo koeficientas (veršelių, gimstančių per metus, ir pagrindinės bandos galvijų skaičiaus santykis);

$\beta$  – pagrindinės bandos galvijų išbrokavimo koeficientas (išbrokuotų pagrindinės bandos galvijų skaičiaus ir bendro pagrindinės bandos galvijų skaičiaus santykis);

$\gamma$  – gimusių veršelių, tinkamų pervesti į pagrindinę bandą, skaičius;

- $F$  – galvijų rūšių aibė  $f \in F = (1, 2, 3, 4)$ ;  
 $S_{fm}$  –  $f$ -tosios rūšies galvijo svoris  $m$ -taisiais metais;  
 $P_m$  – vidutinis primilžis iš karvės  $m$ -taisiais metais;  
 $n_{fkm}$  –  $k$ -tojo pašaro norma  $f$ -tosios rūšies galvijui  $m$ -taisiais metais;  
 $GO_f$  – organinių trąšų kiekis, gaunamų iš vieno  $f$ -tosios rūšies galvijo;  
 $rdi_{fm}$  – rankų darbų imlumas vienam  $f$ -tosios rūšies galvijui išlaikyti  $m$ -taisiais metais;  
 $mdi_{fm}$  – mechanizuotų darbų imlumas vienam  $f$ -tosios rūšies galvijui išlaikyti  $m$ -taisiais metais;  
 $PK_m$  – pieno supirkimo kaina  $m$ -taisiais metais;  
 $MK_m$  – galvijų mėsos gyvojo svorio realizavimo kaina  $m$ -taisiais metais;  
 $BK_m$  – veislinio buliaus realizavimo kaina  $m$ -taisiais metais;  
 $VK_m$  – veislinės telyčios realizavimo kaina  $m$ -taisiais metais;  
 $pk_{km}$  –  $k$ -ojo pašaro kaina  $m$ -taisiais metais;  
 $RDK_m$  – rankų darbų valandos kaina pienininkystėje  $m$ -taisiais metais;  
 $MDK_m$  – mechanizuotų darbų valandos kaina pienininkystėje  $m$ -taisiais metais;  
 $RDR_m$  – rankų darbinių resursų apimtis pienininkystėje  $m$ -taisiais metais;  
 $MDR_m$  – mechanizuotų darbinių resursų apimtis pienininkystėje  $m$ -taisiais metais;  
 $TP_m$  – viršutinė telyčių pardavimo paklausos riba  $m$ -taisiais metais;  
 $BP_m$  – viršutinė bulių pardavimo paklausos riba  $m$ -taisiais metais;  
 $X_{f1}$  – bandos pradinis dydis  $f \in F$ ;  
 $X_{1m}$  – karvių skaičius  $m$ -ųjų metų pradžioje;  
 $X_{2m}$  – telyčių skaičius  $m$ -taisiais metais (amžius nuo 1 iki 2 metų);  
 $X_{3m}$  – penimų antramečių bulių skaičius  $m$ -taisiais metais;  
 $X_{4m}$  – veršelių skaičius  $m$ -tųjų metų pradžioje (iki 1 metų amžiaus).

*Ieškomi dydžiai:*

- $NZ_{im}$  –  $i$ -tosios rūšies žemės nuomojamas plotas hektarais  $m$ -taisiais metais;  
 $a_{km}$  –  $k$ -tosios kultūros gamybos apimtis  $m$ -taisiais metais;  
 $l_{km}$  –  $k$ -tosios kultūros savos gamybos pašarų likučiai, patenkinus savos bandos poreikius  $m$ -taisiais metais;  
 $X_{fm}$  –  $f$ -tosios rūšies galvijų kiekis  $m$ -tųjų metų pradžioje  $m \in M$  ir  $m \neq 1$ ;  
 $RDS_m$  – rankų darbų samdomi resursai pienininkystėje  $m$ -taisiais metais;  
 $MDS_m$  – mechanizuotų darbų samdomi resursai pienininkystėje  $m$ -taisiais metais;  
 $x_m$  – buliukų, parduodamų veislei, kiekis;  
 $y_m$  – telyčių, parduodamų veislei, kiekis;  
 $T_m$  – telyčių, pervedamų į pagrindinę bandą  $m$ -taisiais metais, kiekis.

Auginamų kultūrų apribojimai užrašomi nelygybe:

$$\sum_{k \in K} z_{ikm} - NZ_{im} \leq Z_{im}, \quad i \in I, \quad m \in M. \quad (1)$$

Augalininkystės produkcijos gamybos apimtys  $a_{km}$  užrašomos taip:

$$\sum_{i \in I} d_{ikm} z_{ikm} - a_{km} = 0, \quad k \in K, \quad m \in M. \quad (2)$$

Bandos galvijai skirstomi į augimo ir vystymosi grupes:

- veršeliai iki 1 metų amžiaus;
- penimi buliukai arba telyčios;
- karvės.

Veršeliais laikomi iki 1 metų amžiaus. Po to jie laikomi penimais veršiais iki pusantrų metų, jei jie bus paskersti. Į telyčių grupę pervedami veršeliai, kurie skirti bandai papildyti ar atnaujinti arba pardavimui kaip veisliniai galvijai.

Sunaudojamo pašaro normos nustatytos vienam suaugusiam galvijui per metus. Likusiems guvuliams pašarų normos skirtos laikotarpiui, kuri jie būna pagal amžiaus grupes. Apytiksliai vieną trečdalį metų nereikės maitinti tų telyčių, kurios bus parduotos arba išbrokuotos ir parduotos mėšai, todėl pašarų poreikis ir liekančių savos gamybos pašarų kiekis gali būti apskaičiuotas pagal formulę:

$$\sum_{f \in F} n_{fkm} X_{fm} - \frac{1}{3} n_{2km} (X_{2m} - T_m) + l_{km} - a_{km} = 0, \quad k \in K, \quad m \in M. \quad (3)$$

Bandos pašarų poreikiai turi būti visiškai patenkinti. Priešingu atveju likučiai  $l_{km}$  bus neigiami, ir produkcijos realizavimo pelnas taps pašarų išigijimo išlaidomis. Šis apribojimas susieja pienininkystę su augalininkyste.

Pienininkystės rankų ir mechanizuotų darbų resursų poreikį galima išreikšti per apribojimus:

$$\sum_{f \in F} r d i_{fm} X_{fm} - \frac{1}{3} r d i_{2m} (X_{2m} - T_m) - R D S_m \leq R D R_m, \quad m \in M, \quad (4)$$

$$\sum_{f \in F} m d i_{fm} X_{fm} - \frac{1}{3} m d i_{2m} (X_{2m} - T_m) - M D S_m^m \leq M D R_m, \quad m \in M. \quad (5)$$

Viena trečioji formulėse (4), (5) įvertina, kad dalis telyčių parduodama ar išbrokuojama iki metų pabaigos. Kitais metais, atsižvelgiant į galvijų kritimą, karvių skaičius sumažės dėl išbrokavimo ir padidės dėl telyčių, pervestų į pagrindinę bandą. Tai yra

$$X_{12} - T_1 = (1 - \beta) X_{11}, \quad (6)$$

$$(1 - \beta) X_{12} - X_{13} + T_2 = 0. \quad (7)$$

Veršelių skaičius, kuris bus po metų ir po dvejų metų, apskaičiuojamas:

$$X_{42} - \alpha T_1 = \alpha (1 - \beta) X_{11}, \quad (8)$$

$$\alpha (1 - \beta) X_{12} - X_{43} - \alpha T_2 = 0. \quad (9)$$

Laukiamas telyčių skaičius antrais ir trečiais metais išreiškiamas formulėmis:

$$X_{22} = \gamma X_{41}, \quad (10)$$

$$X_{23} - \gamma \alpha T_1 = \gamma \alpha (1 - \beta) X_{11}. \quad (11)$$

Likę išbrokuotos telyčios ir buliukai bus šeriami parduoti mėšai, o jų skaičius apskaičiuojamas pagal formulę:

$$X_{32} = (1 - \gamma)X_{41}, \quad (12)$$

$$X_{33} - (1 - \gamma)\alpha T_1 = (1 - \gamma)\alpha(1 - \beta)X_{11}. \quad (13)$$

Bandos atnaujinimas gali būti visiškas arba dalinis. Tai priklauso nuo to, ar galima pervesti į pagrindinę bandą tiek telyčių, kiek išbrokuota karvių. Aišku, kad  $T_m$  negali būti daugiau už  $X_{2m}$ , kadangi negalima pervesti į bandą telyčių daugiau negu turima, todėl turi būti taikomas apribojimas:

$$X_{2m} - T_m \geq 0, \quad m \in M. \quad (14)$$

Jei norima bandą atnaujinti nuolatos, į modelį reikia įtraukti šį apribojimą:

$$\beta X_{1m} - T_m \leq 0, \quad m \in M. \quad (15)$$

Laikomų gyvulių kiekis neturi būti didesnis kaip 1,7 GV (kada vienam laikomam gyvuliui per metus tenka 100 kg azoto, kuris paskleidžiamas į laukus) vienam hektarui žemės ūkio naudmenų, todėl turi būti taikomas apribojimas:

$$\sum_{f \in F} X_{fm} \leq \sum_{i \in I} (Z_{im} + NZ_{im}) \times 1,7, \quad m \in M. \quad (16)$$

Bandos kaitos modeliavimas baigtas.

Organinių trąšų kiekis  $BO_m$ , gaunamas iš bandos  $m$ -taisiais metais, išreiškiamas lygybe:

$$BO_m = \sum_{f \in F} GO_f X_{fm} - \frac{1}{3} GO_2 (X_{2m} - T_2), \quad m \in M. \quad (17)$$

Surasime tikslo funkciją, pritaikytą pieno ūkiui. Ūkio pelną sudarys pajamos gautos už pieną, mėsą, veislinių galvijų pardavimą. Veislinių galvijų pardavimas negali viršyti jų paklausos, todėl

$$x_m \leq BP_m, \quad m \in M, \quad (18)$$

$$y_m \leq TP_m, \quad m \in M. \quad (19)$$

Jei veislinių galvijų paklausa didelė, tai turi būti taikomi apribojimai:

$$x_m \leq X_{3m}, \quad m \in M, \quad (20)$$

$$y_m \leq X_{2m} - T_m, \quad m \in M. \quad (21)$$

Įvertinant pieno kvotą  $KV_m$ , pagaminto pieno kiekiui taikomas apribojimas:

$$P_m X_{1m} \leq KV_m, \quad m \in M. \quad (22)$$

Optimizuojamas pelnas  $MP$ , apskaičiuojamas pagal formulę:

$$MP = \sum_{m \in M} (PPG_m - TIG_m), \quad (23)$$

čia pieno ūkio prekinė produkcija  $PPG_m$  randama pagal lygybę:

$$PPG_m = (P_m PK_m + \beta S_{1m} MK_m) X_{1m} + S_{2m} MK_m (X_{2m} - T_m - y_m) + BK_m x_m + VK_m y_m + S_{3m} MK_m (X_{3m} - x_m), \quad m \in M, \quad (24)$$

o tiesioginems išlaidoms  $TIG_m$  apskaičiuoti naudojama lygybė:

$$TIG_m = \sum_{f=1}^4 \sum_k n_{fkm} R_{km} X_{fm} - \frac{1}{3} n_{2km} R_{km} (X_{2m} - T_m) + \sum_{f=1}^4 (RDS_m rdi_{fm} + MDS_m mdi_{fm}) X_{fm} - \frac{1}{3} (RDS_m rdi_{fm} + MDS_m mdi_{fm}) (X_{2m} - T_m), \quad m \in M. \quad (25)$$

Sukurtas pieno ūkio planavimo modelis bus panaudotas kuriant regiono balansinį modelį.

### Išvados

Aprašytas modelis išreikštas tiesinėmis lygtimis ir nelygybėmis ir optimalus sprendinys ieškomas tiesinio programavimo metodu. Modelis įvertina augalininkystės ir galvijininkystės tarpusavio ryšį, turimus resursus, pradinę bandos būklę ir jos kitimą. Pieno ūkio veiklos modelis igalina sudaryti trejų metų periodo (kiekvienų metų) ūkio gamybos planą, kad per šį laikotarpį ūkis gautų maksimalų pelną.

Modelis leidžia planuoti augalininkystės ir galvijininkystės gamybos apimtį, pašarų likučius, gaunamus organinių trąšų kiekius, reikiamos nuomoti žemės plotą, rankų ir mechanizuotų darbų samdomų valandų skaičių, bandos dydį ir struktūrą, ūkio tiesiogines išlaidas, prekinę produkciją.

### Literatūra

1. C.W. Rougoor, F. Mandersloot, W.J.A. Hanekamp, R.B.M. Huirne, A.A. Dijkhuizen, Data analysis to quantify the impact of management on dairy farm performance, in: *Farmers in Small-Scale and Large-Scale Farming in a New Perspective. Objectives, Decision Making and Information Requirements*, Agricultural Economics Research Institute (LEI-DLO), Hague (1996), pp. 61–69 (367).
2. R.M. Peart, R. Bruce Curry (Eds.), *Agricultural Systems Modeling and Simulation*, Marcel Dekker, INC, New York (1998), pp. iii–vi (693).
3. Wil H.G.J. Hennen, *Detector. Knowledge-Based Systems for Dairy Farm Management Support and Policy Analysis. Methods and Applications*, Agriculture Economics Research Institute (LEI-DLO) (1995).
4. P.J.M. Wijngaard, *Scheduling Models in Farm Management: a New Approach*, Wageningen (1988).

5. P. Caskie, J. Davis, M. Wallace, Targeting disadvantage in agriculture, *Journal of Rural Studies*, **17**, 471–479 (2001).
6. A.G. Conway, L. Killen, A linear programming model of grassland management, *Agriculture Systems*, **25**, 51–71 (1987).
7. R.S. Sowell, R.C. Ward, Modeling processes and operations with linear programming, in: R.M. Peart, R.B. Curry (Eds.), *Agricultural Systems Modeling and Simulation*, Marcel Dekker, INC, New York (1998), pp. 113–156.
8. J.T. Sørensen, Modeling and simulation in applied livestock production science, in: R.M. Peart, R.B. Curry (Eds.), *Agricultural Systems Modeling and Simulation*, Marcel Dekker, INC, New York (1998), pp. 475–494.
9. R.B.M. Huirne, M.A.M. Spreuwenberg, S.C. Scheer, A.A. Dijkhuizen, S.B. Harsh, Consistency in goals, information needs and risk management of dutch dairy farmers, in: *Farmers in Small-Scale and Large-Scale Farming in a New Perspective; Objectives, Decision Making and Information Requirements*, The Hague, Agricultural Economics Research Institute (LEI-DLO) (1996), pp. 14–25.

## SUMMARY

### *I. Skarulskienė. The planning model of dairy farm*

The optimal plan creation for each year of three years period and manufacture prognostication mathematical model, which evaluates the relations between plant growing and stockbreeding, is presented. Described model allows counting of the plant growing and stockbreeding manufacturing volumes, the farm direct expenses, and marketable production. The direct programming method is used for finding of maximized benefit.

*Keywords:* dairy farming, management, planning, mathematical modeling, linear programming.