

PIIMAFARMI INFOSÜSTEEM JA SELLE ALAOSAD

O. Põldmaa

Ülevaade kirjandusest

Arvutustehnika kasutamine põllumajanduses algas tõuaretus- ja ökonoomiliste andmete töötlusega (Ernst, Tsalitis, 1988). Hiljem lisandusid sellele zootehnilise ja veterinaarse kontrolli andmed. Tavaliselt toimus andmetöötlus suurtes arvutuskeskustes.

Infosüsteemide kasutamise algusaastaks loomakasvatuses võiks lugeda 1970. aastat, kui USA-s California osariigis hakati looma andmepanka piimalehmade kohta. Praegu teenindab osariigi farmereid pidevalt uuenevate andmetega infosüsteem "AGRIDATA", mis hõlmab ligikaudu 40 000 näitajat ja üle 700 programmi (Rõ, 1987). Saksamaa Põllumajanduspalati infosüsteem teenindab 28 600 piimafarmi. Sellega on haaratud rohkem kui 762 000 lehma näitajad, samuti hõlmab see pullide tõuaretuse, lehmade tõuraamatu ja raamatupidamise. Infosüsteemi andmed on kättesaadavad 39 800 farmerile (Koehler, 1987; Kübler, 1987).

Praeguseks on farmidesse jõudnud arvutid ja mikroprotsessoriga juhitud automatika-seadmed. Seoses sellega on loomakasvatuse arengus kujunenud põhimõtteliselt täiesti uus situatsioon, kuna arvutite kasutuselevõtuga on piimafarmi tehnoloogias juurde tekkinud kõrgem tasand – infotehnoloogia tasand.

Piimakarjakasvatuse tulevikku mõjutavad märkimisväärselt bio- ja informatsiooni-tehnoloogia edusammud. Kui biotehnoloogia muudab söödatöötlusprotsessi lihtsamaks, siis infotehnoloogia võimaldab omandada teadmisi ning juhtida ja optimeerida automatikasüsteemide kaudu protsesse. Infotehnoloogia efektiivsemaks kasutamiseks farmis tuleb sellega haarata kogu tootmisprotsess, alates söötadest kuni orgaaniliste väetisteni. Tähelepanu keskmes on lehm individuaalse söödavajadusega, toodanguga ja kogu oma andmestikuga.

Infotehnoloogia tulekuga farmi kerkib üles kommunikatsiooni- ja standardiseerimise probleem. Kui farmi kompuuter on ühendatud arvutivõrku, siis muutuvad farmi andmebaasis sisalduvad andmed kättesaadavaks kõikidele võrku ühendatud arvutite kasutajatele. Kui erinevates farmides kasutatavad süsteemid ei ole ühilduvad, kujuneb see suureks takistuseks ühtse infosüsteemi loomisel. ISO tasandil on kehtestatud standard (ISO TC23/SC19/WG3) loomade identifitseerimissüsteemide kohta. Samuti on olemas standard looma numbri koodi kohta (ISO/DIS 11784), kuid seda tuleks täiendada (Artmann, 1993).

Piimafarmi automatiseeritud tehnoloogiaid ja piimakarja veterinaarse ning zootehnilise kontrolli süsteeme on käsitletud paljudes teaduslikes artiklites (Schön jt., 1989; Doluschitz, 1990; Spahr, 1990; de Mol jt., 1993; Lescourret jt., 1994). Automatiseeritud söötmissüsteemid tasuvad end ära siis, kui farmis on vähemalt 30 lehma. Loomade toodangu ja tervise kontroll annab tuntavat kasu siis, kui mitmesuguseid parameetreid mõõdetakse ja salvestatakse automaatselt ning tulemusi kasutatakse komplekselt. 90-ndate aastate lõpul on oodata lüpsirobotite ilmumist farmi. Lüpsiroboti kasutuselevõtt on mõeldav juhul, kui farmis on üle 40 lehma. Vabapidamisega laudas saab lehm jõusööta selvekünast, lüps toimub lüpsirobotiga lüpsiplatsil. Eelkatsetega on kindlaks tehtud, et lehmadel kujuneb välja "lüpsirütm" 4 korda päevas, kusjuures toodang suureneb kuni 12 % aastas ning märkimisväärselt vähem esineb udarahaigusi. Karjakontrolli zootehniliste näitajate kõrval tuleks pidevalt registreerida ka loomade psühholoogilisi ja etoloogilisi muutusi.

R. M. de Mol jt. (1993) soovivad looma tervise automaatse monitooringu ja haiguste diagnoosimise aluseks võtta järgmised parameetrid: lehma aktiivsus, piimatoodang, piima temperatuur, piima elektrijuhtivus ja jõusööda tarbimine. Nende parameetrite automaatne registreerimine on suhteliselt lihtne.

Looma aktiivsust saab defineerida kui sammude arvu teatud perioodi jooksul. Pedomeetri näit loetakse automaatselt iga kord, kui lehm käib jõusöödaboksis söömas või lüpsiplatsil. Piimatoodangu näitajad mõõdetakse lüpsiplatsil ning automatiseeritud jõusöödasüsteem võimaldab registreerida iga looma poolt tarbitud jõusööda koguse. Looma

tervisliku seisundi hindamisel kasutatakse saadud andmeid komplekselt, neid saab võrrelda andmebaasis olevate näitajatega.

Kristev jt. (1988) iseloomustavad piimafarmi kompleksse automatiseeritud süsteemi loomise põhimõtteid järgmiselt: süsteem peab olema suletud (autorid peavad siin arvatavasti silmas tagasisidet) ning võimaldama informatsiooni automaatset kogumist ja tehnoloogiliste protsesside lokaalset juhtimist. See nõue tuleneb põhiliste piimatoodangut mõjutavate faktorite omavahelisest seosest, mis iseloomustavad piimakarja pidamise efektiivsust:

- geneetilise toodanguvõime täielik ärakasutamine,
- tasakaalustatud söötmine vastavalt toodangule ja bioloogilisele arengule,
- stabiilne tervislik seisund,
- söötmis- ja lüpsiprotsessi automatiseerimine.

Põhilised kompuutertehnoloogial baseeruvad valdkonnad piimafarmis on (Schön jt, 1989):

- loomade söötmine,
- loomade toodangu ja tervise monitooring,
- lüpsmine,
- karjakontroll.

Üheks esimeseks automaatikasüsteemiks, mis hakkas levima just vabapidamisega lautades, oli mikroprotsessorikontrolleriga juhitud jõusööda jagamise süsteem. Piimakarja käsitsi söötmisel antakse loomadele segajõusööta tavaliselt kaks korda päevas. Seetõttu saavad kõrgetoodangulised lehmad korraka sellise koguse segajõusööta, mis kutsub esile looma vatsa füsioloogilistes näitajates negatiivseid muutusi (Rüütel, Lihu, 1984).

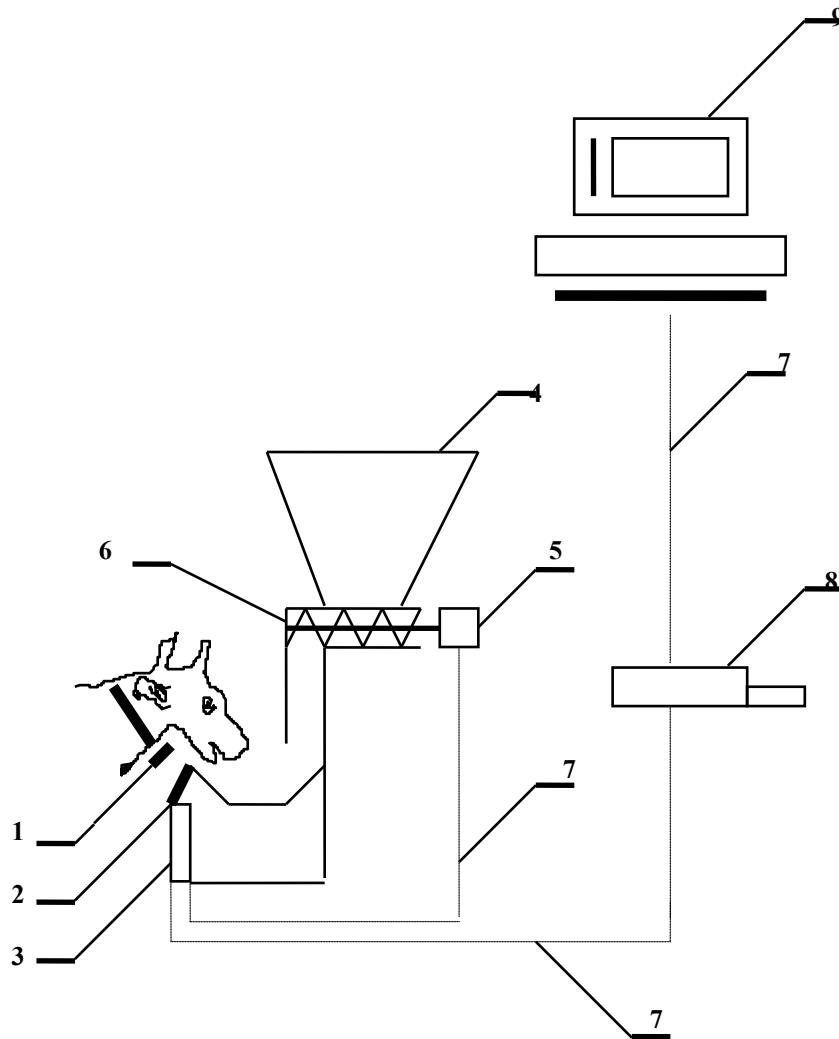
Automatiseeritud söötmissüsteeme (ASS) toodavad paljud firmad, näiteks DEC (Dairy Equipment Company) ja Surge (USA), Alfa Laval (Rootsi), Nedap-Poiesz, Gasgoine Melotte (Holland). ASS võimaldab loomale ettenähtud jõusöödakoguse söötmise jaotada ajaliselt ja koguseliselt kogu söötispäevale, kusjuures söömiskordade arvu valib iga loom ise. ASS peab kindlustama seda, et iga loom saaks jõusööta vähemalt 4 korda päevas. ASS-i mikroprotsessorikontroller juhivad jõusööda jagamist vastavalt etteantud algoritmidele. Erinevad firmad ja autorid on välja töötanud mitmesuguseid algoritme (Pärnoja jt., 1995). Algselt oli automatiseeritud jõusöödaseadmetes kasutusel nn. tsükliline algoritm. Tsüklilise algoritmi korral jagatakse söötispäev mõtteliselt kolmeks, neljaks või enamaks osaks. Viimasel ajal on kasutusele võetud mitmeid täiustatud algoritme, kuid ka neil esineb mõningaid puudusi. Näiteks firma Nedap-Poiesz kasutab algoritmi, kus on määratud: 1) maksimaalne korraka lubatud jõusöödakogus, 2) aeg, mille jooksul päevane kogus lubatakse loomale ära süüa, 3) jõusööda annus (grammides), mille võrra lubatud kogus hakkab peale söömist taastuma, 4) taastuvate portsjonite summaarne arv. Nende andmete põhjal arvutatakse aeg, mille jooksul taastub üks aste sööta. Näiteks valides söötmissüsteemi, kus söötispäeva pikkuseks on 12 tundi, päevane kogus jõusööta 10 kg, korraka lubatud maksimaalne kogus 2,5 kg, taastuv annus 500 g ning portsjonite arv 72, saame ühe annuse taastumisaegaks:

$$12 \times 60 / 72 = 10 \text{ min.}$$

Selline algoritm on paindlikum kui tsükliline, kuid autori arvates loomakasvatajale ebaülevaatlik ja ebapraktiline.

Materjal ja meetodika

1990. aastal katsetati EPMÜ Eerika Öppe-katsetalu laudas täiustatud segajõusööda automatiseeritud söötmissüsteemi. Järgnevalt on toodud selle söötmissüsteemi kirjeldus. See koosneb järgmistest osadest (joon. 1). Tunnusti (responder) (1) – elektrooniline plaat, mis asetseb hermeetilises karbis ning ripub looma kaelarihma küljes. Tunnusti ei oma toiteallikat, tema skeem saab energiat induktor-vastuvõtja (I-V) (3) antennide (2) poolt tekitatud elektromagnetvälja kaudu. Igasse tunnusti skeemi on kodeeritud erinev number (1...999).



Joonis 1. Automatiseeritud jõusöödasüsteem
Figure 1. Computer-feeding system of concentrates

I-V on monteeritud selveküna esipaneeli alla sellise arvestusega, et looma tulekul jõusöödaboksi satub tunnusti induktor-vastuvõtja antennipoolidele (2) võimalikult lähedale. I-V tekitab selveküna antennide läheduses (15..20 cm) kõrgsagedusliku (125 kHz) elektromagnetvälja. Päevane segajõusööda tagavara asub punkris (4). Dosaatorsõlm koosneb tigu-dosaatorist (6) ja mootorist (5). Mikroprotsessorkontrolleri (8) püsimalus on segajõusööda jaotamise programm. Muutmällu saab sisestada loomade numbrid, iga konkreetse looma päevase segajõusööda koguse ja söötmissreñiimi parameetrid kõikide loomade ja iga jõusöödaboksi jaoks eraldi. Kontrolleri mälus säilitatakse iga looma poolt söödud ja söömata jäänud segajõusööda kogused ning käitumisandmed nii jooksva kui ka eelmise päeva kohta. Neid andmeid on võimalik igal hetkel kontrolleri indikatsioonitabloole või personaalarvuti (9) ekraanile välja tuua. Controller on kaabli (7) kaudu ühendatud jõusöödaboksi automaati-kaplokiga, võttes vastu sealt tuleva tunnusti koodi ja andes tagasi vastava doseerimiskäsu. Kord tunnis edastab controller andmed personaalarvutisse.

Katselautade automatiseeritud söödajagamissüsteemides kasutati enne täiustamist algoritmi, mille puhul söötmispäev oli jaotatud järgmiselt: kas 4 neljatunnist tsüklit ja 8-tunnine paus või 3 neljatunnist ja üks 12-tunnine tsükel (ilma pausita). Vastavalt sellele jagati lehmale määratud päevane segajõusöödakogus neljaks võrdseks osaks nii, et loom saaks iga tsükli ajal kätte maksimaalselt ühe neljandiku päevasest jõusöödakogusest.

Seadet katsetati Eerika katselaudas mitme aasta vältel. Esialgu taheti vastust saada järgmistele küsimustele: 1) kuidas loomad kohanevad automatiseeritud jõusöödaboksiga ning kui pikk on kohanemisperiood; 2) milline on jõusöödaboksi külastatavus ja kasutamise intensiivsus söötmisspäeva kestel. Looma kohanemise hindamise kriteeriumiks võeti söömata jäänud segajõusööda kogus päeva lõpuks. Katses oli kokku 32 lehma (4 gruppi à 8 lehma). I grupi loomi jälgiti 15 päeva jooksul ööpäevaringselt, II, III ja IV grupi loomi aga 12 tundi kella 8-st kuni 20-ni. Loomade käitumise kronometreerimiseks ja registreerimiseks kasutati isekirjutajat H 3020-I, mille lint liikus konstantse kiirusega 0,1 mm/s, olles seega ka ajamõõtja. Vaatluse alla võeti looma 15 võimalikku tegevust, millest 8-le märgiti juurde ajaline kestus.

Esimese katsepäeva lõpuks ei olnud ükski katselehm kogu lubatud segajõusöödakogust ära söönud. Teise päeva lõpuks ei olnud jääke 38 %-l (12 looma), kolmandal päeval 50 %-l (16 lehma), neljandal päeval 75 %-l (24 lehma) ning alates viiendast päevast söid kõik loomad lubatud jõusöödakoguse päeva jooksul ära. Jõusöödaboksi külastatavus peale adapteerumist oli keskmiselt 6 korda 12 tunni jooksul ning ühe külastuse kestus keskmiselt 7 minutit. Need näitajad varieerusid küllaltki suurtes piirides ning sõltusid konkreetse looma kohast grupi hierarhias, närvitübist ja talle ettenähtud segajõusöödakogusest. Kohanemise esimestel päevadel langes katselehmade piimatoodang söömata jäänud segajõusööda tõttu keskmiselt 2 kg. Toodangu langus oli kõige suurem katse teisel päeval, alates kolmandast päevast algas toodangu taastumine.

Katsete käigus selgusid tsüklilise algoritmi mitmed puudused. Olulisemana neist võib nimetada seda, et teatud juhul ületas ühekordne segajõusööda kogus füsioloogilise normi piiri. See juhtus siis, kui loom tuli esimest korda sööma kas tsükli või siis söötmisspäeva lõpul.

Autori poolt väljatöötatud uus söötmissalgoritm lähtub lehma seedefüsioloogiast ja EPMÜ Eerika Öppe-katsetalu laudas läbiviidud katsete tulemuste põhjal tehtud järeldustest. Algoritm on arvestatud: 1) loomale maksimaalselt lubatud ühekordset segajõusööda kogust, 2) söötmisspäeva algusest antud ajahetkeni lehma poolt söödud segajõusööda kogust ja 3) arvutuslikku, looma seedetraktis seedunud segajõusööda kogust.

Lehma vatsasisaldise biokeemilistest näitajatest arvestatakse kõigepealt vatsavedeliku pH-d, sest pH muutustest sõltub oluliselt mikrobiaalsete ja keemiliste protsesside suund. Katsetega on kindlaks tehtud (Rüütel, Lihu, 1984), et vatsavedeliku pH püsib normi piires, kui lehmale sööta korraga mitte rohkem kui 2,5...3,0 kg kontsentraate. Sellist kogust võib nimetada füsioloogiliseks normiks. Maksimaalne ühekordselt doseeritav kogus ei tohiks seda suurus ületada.

Lehma organism on võimeline tarbima ööpäeva jooksul sööda kuivainet koguses, mis moodustab 4 % tema kehamassist (Oll jt., 1987). Seega 600-kilogrammiga lehm võib tarbida maksimaalselt 24 kg sööda kuivainet ööpäevas e. 1 kg tunnis. Seda tuleb arvestada ühekordse jõusöödakoguse ja taastumiskiiruse K määramisel. Allpool on toodud sellise söötmissalgoritmi matemaatiline kirjeldus.

Antud ajamomendil t_i loomale lubatud jõusöödakoguse l_i saab leida järgmise võrrandi abil:

$$l_i = L - S_i + R_i, \quad (1)$$

kus L – maksimaalne ühekordne jõusöödakogus;
 S_i – söötmisspäeva algusest antud ajamomendini t_i söödud kogus;
 R_i – söötmisspäeva algusest antud momendini vastavalt tegurile K seedunud (taastunud) kogus jõusööta; (K on kalkulaatiivne seedekiiruse tegur, mis valitakse vahemikus $K = 0,1 \dots 1,0$ kg/h),

Arvestades, et

$$\begin{aligned} S_i &= \sum s_j, \\ R_i &= \sum r_j, \\ r_j &= \Delta t_j \times K, \end{aligned}$$

saab välja tuua järgmise seose:

$$l_i = L - \sum s_j + \sum r_j = L - \sum s_j + K \times \sum \Delta t_j, \quad (2)$$

kus s_j – ajamomendil t_j lehma poolt söödud jõusööda kogus;
 r_j – ajavahemikul t_j seedunud (taastunud) jõusööda kogus;
 P – päevane lubatud jõusööda kogus (seejuures $\Delta t_j = t_j - t_{j-1}$);

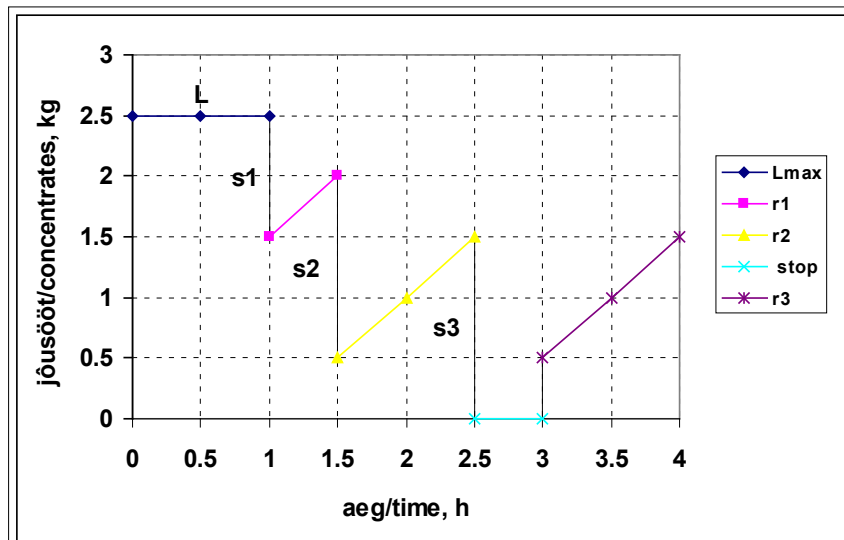
tingimusel, et:

- $l_i \leq L$ – antud ajamomendil t_i doseeritav jõusööda annus ei tohi ületada sellele lehmale määratud maksimaalset ühekordset jõusöödakogust L ;
- $s_j \leq L$ – mistahes ajamomendil t_j söödud jõusöödakogus ei saa olla maksimaalsest ühekordsest lubatud kogusest L suurem;
- $r_j \leq L$ – arvutuslik taastunud segajõusööda kogus on alati väiksem või võrdne sellele lehmale määratud maksimaalse ühekordse jõusöödakogusega L ;
- $S_i \leq P$ – loom ei saa päeva jooksul ära süüa rohkem jõusööta kui talle selleks päevaks ette nähtud on;

kui $l \leq 0 \dots +0,5$ kg, siis loomale jõusööta ei anta, st. pärast seda, kui loom on söönud ära ühekordse maksimaalse jõusöödakoguse L , doseeritakse talle jõusööta uuesti siis, kui arvutuslik taastunud jõusöödakogus l on vähemalt 500 g.

On võimalik valida kahe doseerimisreeži iimi vahel, mis erinevad selle poolest, et esimeses režiimis algab taastumine kohe peale esimese portsjoni doseerimist. Teises režiimis ei alga taastumine enne, kui lehm on maksimaalselt korraga lubatud jõusöödakoguse L täielikult ära söönud.

Joonisel 2 on graafiku kujul näidatud lehma võimalik söömiskäitumine I doseerimisreeži iimi puhul. Graafikult nähtub, et esimese tunni jooksul see lehm jõusööta ei söönud. Teise tunni alguses, ajamomendil $t_1=1$, sõi lehm osa maksimaalsest ühekordsest jõusöödakogusest – 1 kg (lõik s_1), mis hakkab kohe taastuma kiirusega $K = 1$ kg/h. Poole tunni pärast, lehma teistkordsel boksikülastusel ajamomendil $t_2=1,5$, on taastunud (seedunud) 0,5 kg jõusööta (r_1) ja lubatud kogus $l_2 = 2$ kg. Sellest sõi lehm ära 1,5 kg. Kolmanda söömiskäigu ajaks ($t_3=2,5$) on taastunud 1 kg jõusööta ja lehm sõi kogu lubatud koguse l_3 (1,5 kg) ära ning nüüd ei doseerita talle jahu enne, kui on taastunud vähemalt 0,5 kg, s.o. antud juhul, mil taastumistegur $K=1,0$, mitte enne kui poole tunni pärast.



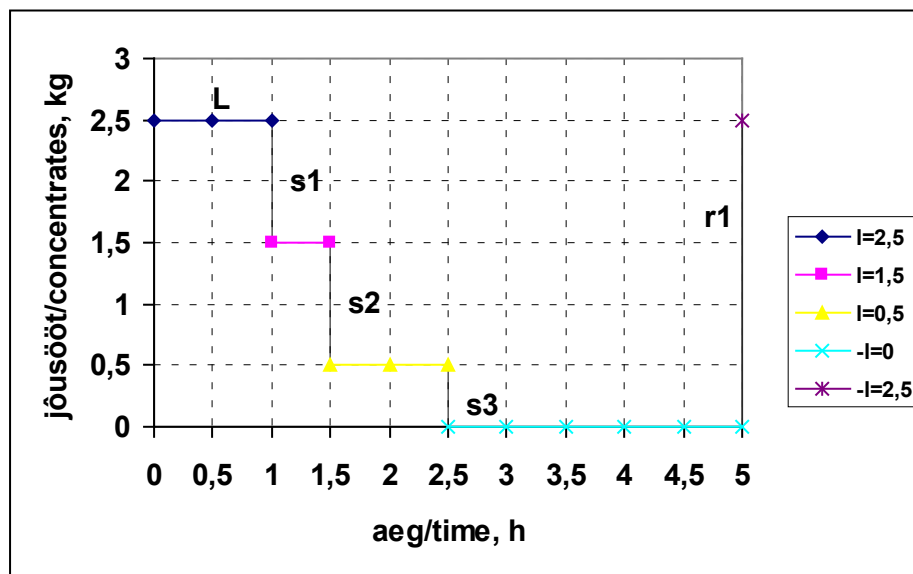
Maksimaalne ühekordne jõusöödakogus, $L=2,5$ kg / Maximum one time amount of concentrates, $L=2,5$ kg

Taastumiskiirus, $K=1,0$ kg/h / Restoring speed, $K=1,0$ kg/h

Joonis 2. Lehma söömiskäitumine I doseerimisreeži iimi korral
Figure 2. Behavior of the cow on the 1st dosing regime

Joonisel 3 on näidatud lehma söömiskäitumine teisest doseerimisreeži iimist lähtudes. Graafikult nähtub, et kuigi boksikülastuste vahel olid samad ajavahemikud, nagu esimese doseerimisreeži iimi puhul, sai loom jõusööta 1,5 kg vähem ning doseerimine algas uuesti alles

2,5 tunni pärast. Selline doseerimisrežiim on ette nähtud tugevamatele lehmadele, vältimaks nende liiga sagedasi boksikülastusi.



Maksimaalne ühekordne jõusöödakogus, $L=2,5$ kg / Maximum one time amount of concentrates, $L=2,5$ kg

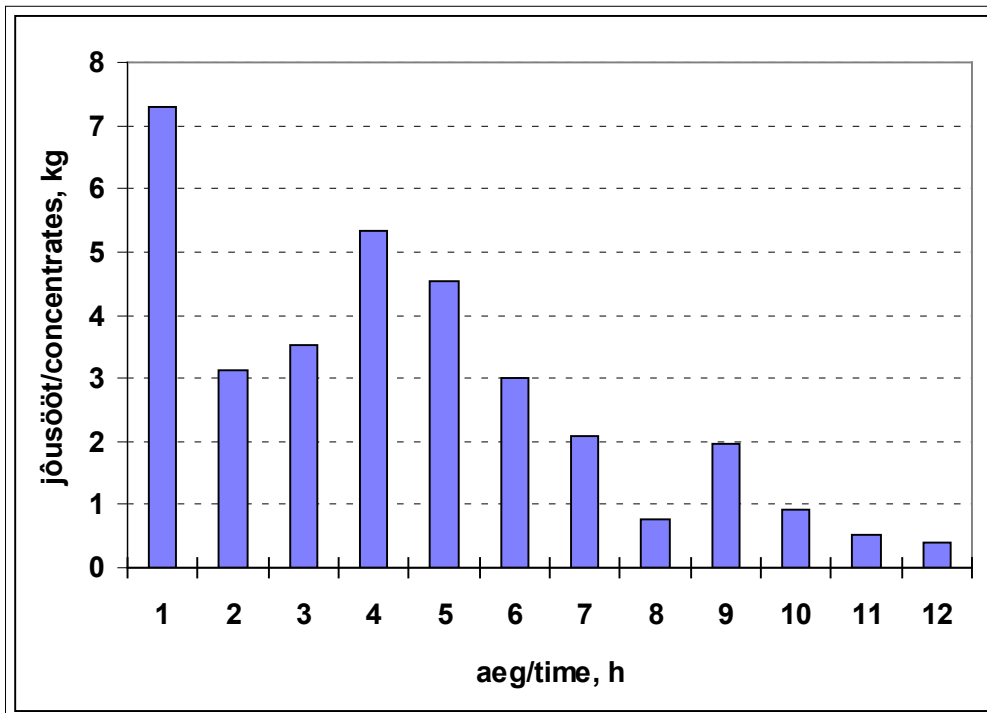
Taastumiskiirus, $K=1,0$ kg/h / Restoring speed, $K= 1,0$ kg/h

Joonis 3. Lehma söömiskäitumine II doseerimisrežiimi korral
Figure 3. Behavior of the cow on the 2nd dosing regime

Katsetulemused ja nende arutelu

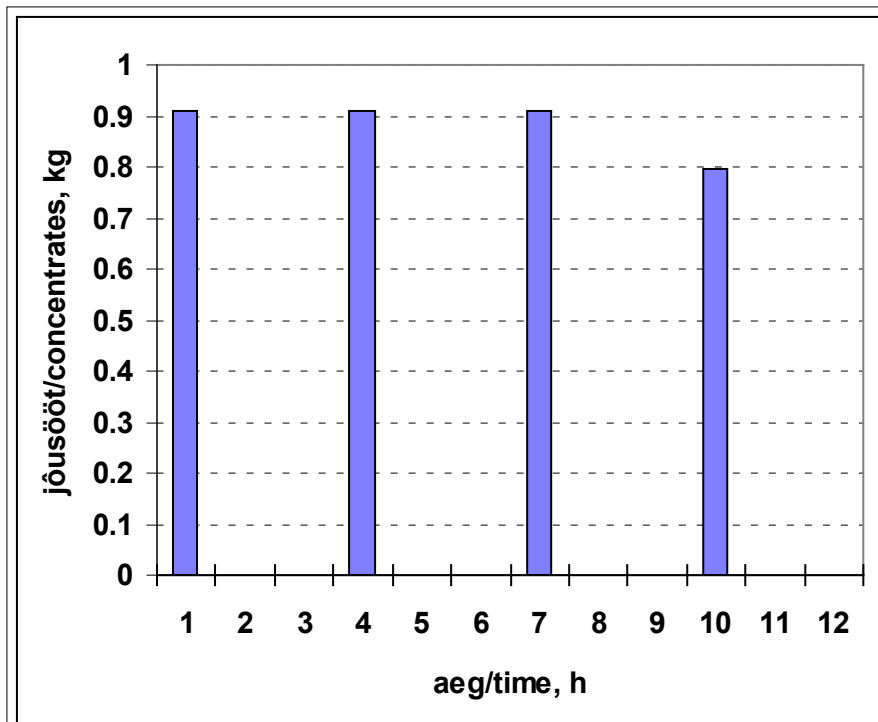
Algoritmi katsetati Eerika katselaudas alates 15.03.1991 kuni 8.05.1991. Katses oli 24 looma. Kogu informatsioon söötmise kulgemise kohta, s.o. loomade söömis- ja käitumisandmed, salvestati automaatselt personaalarvuti andmekettale. Katse üheks eesmärgiks oli uurida, kas uus doseerimise algoritm kindlustab kõikidele loomadele ühtlase ja täieliku jõusööda saamise söötmispäeva jooksul.

Üks söötmisalgoritmi iseloomustav näitaja on loomagrupi poolt keskmiselt tunnis tarbitud jõusöödakogus. Katseandmete analüüsist selgus, et loomagrupi jõusööda tarbimine oli päeva jooksul tõusude ja langustega (joonised 4, 5, 6). Joonistelt nähtub, et pärast söötmispäeva esimest tundi on kõikidel graafikutel langus ning jõusööda tarbimine suureneb alles neljandal tunnil. See on tingitud asjaolust, et päeva algul söövad tugevamad lehmad oma ühekordse maksimaalselt lubatud koguse ära ning teatud aja jooksul neile jõusööta ei doseerita. Samal ajal kui nõrgemad lehmad lähevad sööma, segavad tugevamad loomad neid ega lase lubatud jõusöödkogust ära süüa. Seda tõendab ilmekalt ka tugeva ja nõrga lehma söömisgraafikute võrdlus (joonised 5 ja 6). Jõusööda tarbimine väheneb ka põhisöötade söötmise ajal. See on vatsafüsioloogia seisukohalt positiivne nähe, kuna paljud põhisöötad (näiteks silo) tõstavad vatsavedeliku happesust. Katseandmete töötlemiseks kasutati matemaatilise statistika meetodeid. Tulemused näitasid, et katse käigus jõusööda tarbimine suurenes vastavalt loomade kohanemisele automatiseeritud selvekünaga. Näiteks katsegrupi poolt tunnis söödud jõusöödakoguse (kg/h) aritmeetiline keskmine suurenes 12 päeva jooksul 1,49-lt 3,90 kg-ni, kaalutud keskmine suurenes sama aja jooksul 2,43-lt 4,94 kg-ni.



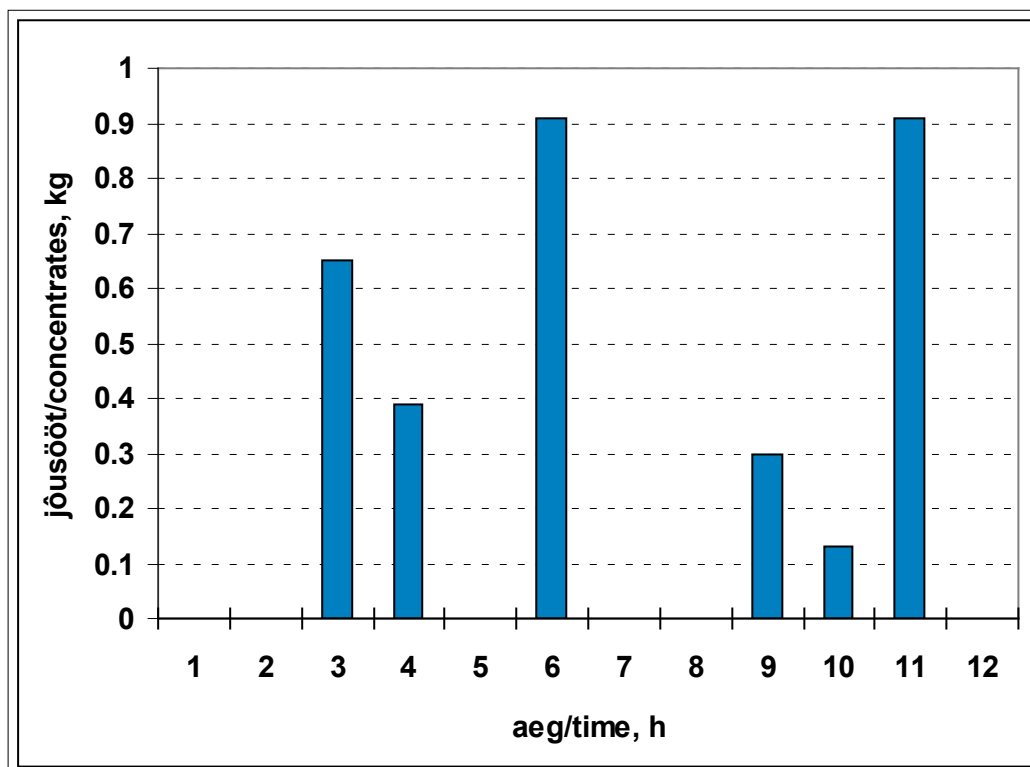
Joonis 4. Katserühma söömisgraafik

Figure 4. Consumption of concentrates by the test group



Joonis 5. Tugeva lehma jõusööda söömisgraafik

Figure 5. Actual intake of concentrates by vigorous cow



Joonis 6. Nõrga lehma jõusööda söömisgraafik

Figure 6. Actual intake of concentrates by weak cow

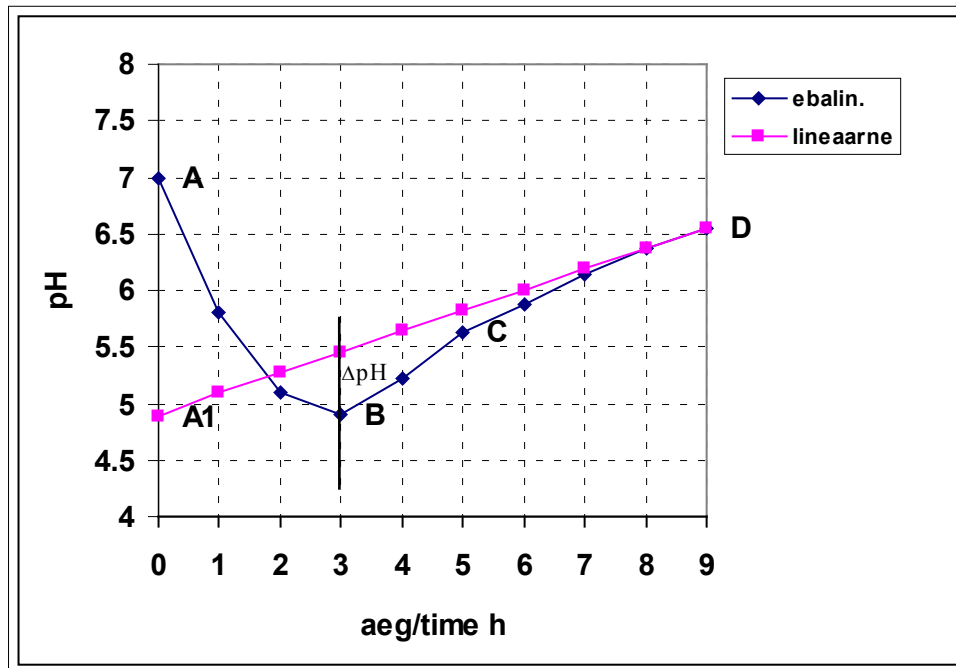
Teiseks olulisemaks näitajaks söötmissüsteemi ja üldse automatiseeritud söötmissüsteemi iseloomustamisel on tühikäikude arvu suhe söömiskäikude arvusse. Ideaalne on olukord siis, kui tühikäikude arv on null. See näitab, et looma söömiskäitumise stereotüüp on kujunenud välja vastavalt jõusööda doseerimise algoritmile. Katsed näitasid aga, et tühikäikude arv oli suhteliselt suur. Tühikäikude arvu suhe söömiskäikude arvusse varieerus piirides $N=1...3$. Selle põhjuseks on asjaolu, et kirjeldatud algoritmil puudub selgepiiriline ajaline rütm, nagu seda on tsüklilisel algoritmil. Kirjeldatud algoritmil on rütm määratud kaudselt taastumiskiiruse kaudu ja seetõttu loomale raskemini tajutav.

Võrrandi 1 analüüsimisel nähtub, et see kirjeldab lineaarset protsessi. Tegelik pH muutumine lehma vatsas ei ole aga lineaarne. Seda peab söötmissüsteemi koostamisel arvestama, eriti siis, kui tahetakse loomale korraga sööta 3 kg ja rohkem jõusööta. Joonisel 7 on toodud vatsavedeliku pH muutused 4,5 kg-se jõusöödakoguse korraga tarbimisel. Andmed pärinevad Suttoni jt. (1986) artiklist ja Eerika katselaudas läbiviidud katsete tulemustest (kõver ABCD). Võrdluseks on toodud graafik (sirge A1D), mille alusel arvutatakse taastunud jõusöödakogus lineaarset algoritmi kasutades (taastumiskiirus $K = 0,5$ kg/h). Jooniselt nähtub, et graafikute erinevused on küllaltki olulised. Graafikud liginevad alates punktist C. Graafikute võrdlemisest võib järeldada, et pikad vaheajad söömiskäikude vahel muudavad lineaarse ja mittelineaarse algoritmi erinevuse väikeseks. Kui loom tuleb sööma näiteks kolmandal tunnil ($t_1=3$), siis on erinevus $\Delta pH=0,52$ ühikut. Kui valida kalkulaatiivseks taastumiskiiruseks $K = 1,0$ kg/h, siis erinevus suureneb. Eeltoodust järeldub, et lineaarne algoritm ei jaga kõikidel ajamomentidel jõusööta õigesti, praktikas tuleks kasutada mittelineaarset algoritmi.

Kõver ABC on lähendatav parabooli kujule, mille võrrand on üldjuhul:

$$pH(t) = at^2 + bt + c \quad (3)$$

kus pH – happearv,
 t – söömise algusest t_0 möödunud aeg,
 a,b – kordajad,
 c – vabaliige.



Joonis 7. Vatsasisaldise pH muutumine peale jõusööda söömist
Figure 7. Variations of rumen pH after feeding of concentrates

Toodud andmete põhjal on võimalik leida vatsavedeliku pH muutumise võrrand. Ruutvõrrandi kordajate a ja b leidmiseks kasutatakse deformeeruva hulknurga simpleksiotsimise meetodit (Nelder, Meader, 1964). Meetod seisneb selles, et minimeeritakse n sõltumatu muutujaga funktsioon, kasutades $n+1$ deformeeruva hulknurga tippu. Antud juhul on tarvilik minimeerida kahe muutujaga funktsioon ning hulknurgaks on kolmnurk. Ülesanne lahendati BASIC-keeles koostatud programmi kasutades. Kõvera ABC võrrand kujunes järgmiseks:

$$\text{pH}(t) = 0,2515t^2 - 1,4506t + 7,0 \quad (4)$$

ning mittelineaarse algoritmi võrrand vastavalt:

$$l_i = L - \Sigma s_j + \Sigma r_j = L - \Sigma s_j + C \times K \times \Sigma \Delta t_j \quad (5)$$

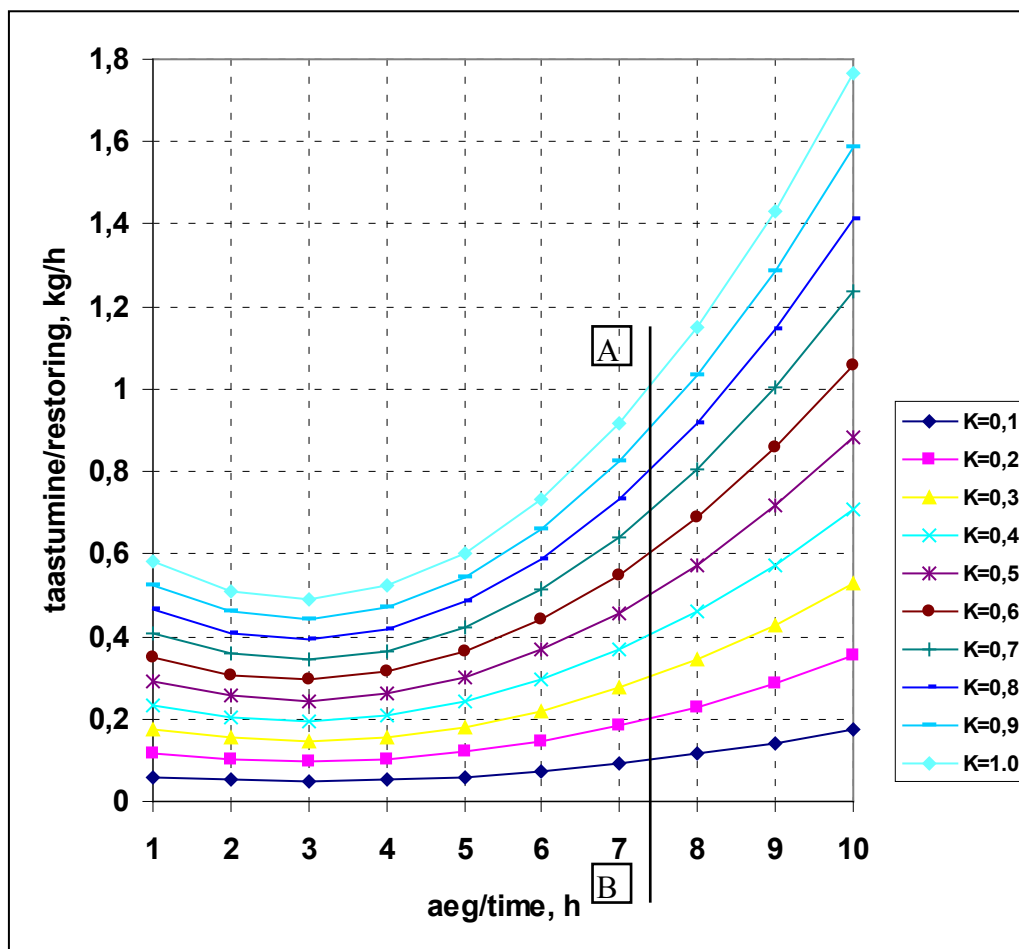
kus C on koefitsient, millega on vaja korrutada valitud taastumistegurit K :

$$C = 0,1 \times (0,2515t^2 - 1,4506t + 7,0) \quad (6)$$

See võrrand kehtib 2,5...5 kg jõusööda söömisel. Võrrandi (3) vabaliige c tähistab sisuliselt pH väärtust söömise algmomendil t_0 . Vatsavedeliku pH varieerub mingites piirides sõltuvalt ratsioonist ja eelmisest söömisest möödunud ajavahemikust. Seetõttu on konstant c valitud võrdseks 7,0-ga (võrrand 6), mis väljendab looma vatsavedeliku tendentsi neutraalsuse suunas, juhul kui lehm süüa ei saa.

Seega, kui anname lehmale korraga 2,5 kg või vähem jõusööta, siis võib kasutada lineaarset taastumiskoguse arvutusvõrrandit 2, kui aga lehm saab 2,5 kg ja rohkem jõusööta korraga, siis oleks täpsem mittelineaarne võrrand 5.

Joonisel 8 on näidatud taastumiskiiruse muutused sõltuvalt jõusööda söömisest möödunud ajast, arvestades koefitsienti C . Jooniselt nähtub, et olenemata valitud taastumiskiirusest K , võrdsustuvad lineaarse ja mittelineaarse algoritmi järgi arvatud taastunud jõusöödakogused alles pärast seitsmendat tundi (sirglõik AB).



Joonis 8. Mittelineaarne taastumine

Figure 8. Nonlinear restoring

Kokkuvõte ja järeldused

1. Automatiseeritud söötmissüsteem on oluline osa piimafarmi kompleksse automatiseerimise süsteemist, seda saab rakendada autonoomselt, lisades järk-järgult juurde lüpsiplatsi automaatika, looma kaalu, karja- ja tervisekontrolli süsteemid jne., vähendamaks korraga vajaminevat investeeringut.

2. Automatiseeritud söötmissüsteemi on võimalik kasutada ka piimafarmi infotehnoloogilise süsteemi osana.

3. Autori poolt väljatöötatud jõusööda jagamise algoritm on tunduvalt paindlikum kui eespool kirjeldatud tsükliline algoritm. See võimaldab täpsemalt arvestada looma individuaalseid omadusi, produktiivsust ja laktatsioonifaasi ning seega kindlustada kõikidele loomadele nende määratud jõusöödakoguse kättesaamise.

4. Võrreldes eespool refereeritud firma Nedap-Poiesz algoritmiga on autori koostatud algoritm arusaadavam ja kergemini kasutatav, kuna siin ei ole midagi eelnevalt vaja arvutada.

5. 3 kg ja suurema jõusöödaannuse korral tuleks kasutada mittelineaarset algoritmi, kuna sel juhul lineaarne algoritm ei jaga kõikidel ajamomentidel jõusööta õigesti.

Kirjandus

Artmann, R. Requirements for control systems in automatized dairy farms, XXV CIOSTA CIGR V Congress, p. 295...306, 1993.

- Doluschitz, R. Expert systems for management in dairy operations. Computers and electronics in Agriculture, vol. 5, p. 17...30, 1990.
- Ernst, Tsalitis: Эрнст Л. К., Цалитис А. А. Концепция работ по электронизации животноводства. — Электронизация животноводства, Материалы международной конференции по электронизации животноводства. — Рига, с. 3...11, 1988.
- Koehler: Кэлер С. И. Использование ЭВМ в информационном обеспечении фермеров (ФРГ). — РЖ, 1987, nr. 4, lk. 30.
- Kristev jt.: Кристев Кр., Градинаров В. Компьютерная система управления кормлением в молочном скотоводстве. — Электронизация животноводства, Материалы международной конференции по электронизации животноводства. — Рига, с. 45...53, 1988.
- Kübler: Кюблер Н. Опыт применения ЭВМ в животноводстве (ФРГ). — РЖ, 1987, nr. 1, lk. 42.
- Lescourret, F., Dunaud, P., Barnouin, J., Chassagne, M., Faye, B. Computerized Representation of feeding regimes in monitored dairy herds, Computers and Electronics in Agriculture 10, p. 151...166, 1994.
- de Mol, R. M., Maatje, K., Rossing, W., van Zonneveld, R. T. Tools for automated monitoring and diagnosis of reproduction and health of dairy cows, XXV CIOSTA CIGR V Congress, p. 287...294, 1993.
- Nelder, J. A., Mead, R. Computer J., 7, 1964. — 308 p.
- Põllumajandusloomade uued söötmissnormid koos selgitustega. Koost. Ü. Oll, V. Sikk ja J. Tõlp. — ENSV Agrotööstuskomitee IJV, 1987. — 96 lk.
- Pärnoja, A., Veermäe, I., Miil, M. Lehmade söötmine automaatse söötmissüsteemi abil: tsüklilise ja intervallprogrammi efektiivsus jõusööda jagamisel – Agraarteadus, nr. 2, lk. 160...168, 1995.
- Rõ : Автоматизированная информационная система для обслуживания сельскохозяйственного производства (США). — РЖ, 1987, nr. 5, lk. 39.
- Rüütel, Lihu: Рюйтель А. Ф., Лиху М. Я. Биохимические и микробиологические показатели содержимого рубца высокопродуктивных коров при респондерной системе содержания. — Проблемы технологий при интенсивном производстве молока (тезисы докладов научно-технической конференции). — Тарту, с. 51...53, 1984.
- Schön, H, Artman, R., Jahns, G., Schlünsen, D., Schillingmann D. Latest developments in computer-based dairy cattle management, 4th International DLG-Symposium on “Modern Cattle Production”, p. 301...333, 1989.
- Spahr, S. L. Integration of feeding, milking and individual animal records into a knowledge-based management system. Proceedings from the Dairy Feeding Systems Symposium, Harrisburg, Pennsylvania, USA, p. 243...247, 1990.
- Sutton, J. D., Hart, I. C., Broster, W. H., Elliott, R. J., Schuller, E. Feeding frequency for lactating cows: effects on rumen fermentation and blood metabolites and hormones, British Journal of Nutrition, 56, p. 181...192, 1986.

DAIRY FARM INFORMATION SYSTEM AND IT'S MAIN PARTS

O. Põldmaa

Summary

For the most effective results of information system in dairy farm, the entire process of milk production is to be observed and extended this concept to the full range of data analysis. The main items for computer-based process control in dairy farming have been classified as

- animal feeding,
- monitoring of animal performance and health,
- milking and
- herd management.

Computerized feeding of concentrates to loose housing dairy cattle include automatized fed station, automatic animal identification system, special microprocessorcontroller and computer.

The new algorithm for distribution of concentrates during feeding day to dairy cows is given. The allowed one time amount of concentrates for any cow is estimated by:

$$I_i = L - S_i + R_i = L - \sum s_j + \sum r_j = L - \sum s_j + K \times \sum \Delta t_j.$$

L – maximum one time amount of concentrates ($L = 0 \dots 2.5$ kg),

S_i – amounts of concentrates the cow has eaten at the beginning of feeding day,

R_i – amounts of calculative restoring of rumen concentrates at the beginning of feeding day,

s_j – amount of concentrates the cow has eaten at time t_j ,

r_j – amount of calculative restoring of concentrates over time interval $t=t_j-t_{j-1}$ and

K – calculative restoring factor ($K=0.1 \dots 1.0$ kg/h).

When maximum one time amount of concentrates is more 2.5 kg ($L=2.5 \dots 5$), the non-linear variation of rumen pH is to be considered and calculative restoring of concentrates is estimated by:

$$R_i = K \times C \times \sum \Delta t_j = K \times 0,1 \times (0.2515t^2 - 1.4506t + 7.0) \times \sum \Delta t_j$$

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОЛОЧНОЙ ФЕРМЫ И ЕЁ ПОДЧАСТИ

О. Пылдмаа

Резюме

Информационная система молочной фермы должна охватывать все технологические операции процесса производства молока, начиная с кормления и до утилизации навоза. В этом случае отдельные автоматизированные технологические линии образуют единую инфотехнологическую систему, откуда информация постоянно принимается в общую базу данных, обрабатывается и результаты анализа выводятся на экран дисплея, печатаются принтером на бумагу или компьютер прямо подаёт управляющие сигналы к автоматике технологических узлов.

Основные процессы, управляемые компьютером на молочной ферме следующие:

- кормление животных
- мониторинг продуктивности и состояния здоровья животных,
- доение и
- управление стадом.

Автоматизированная система для индивидуальной раздачи концентрированных кормов при беспривязном содержании животных включает в себе автоматизированную кормушку, систему автоматического распознавания животного, специальный микропроцессорный контроллер и персональный компьютер.

Автором предлагается новый алгоритм раздачи концентрированных кормов в течении кормового дня. Разрешённое корове в данный момент времени количество концентрированных кормов можно рассчитать по формуле (2). Новый алгоритм основывается на процессе изменения pH содержания рубца животного во время употребления концентрированных кормов.

Если установленное данной корове максимальное разовое количество концентрированных кормов превышает 2,5 кг ($D = 2,5 - 5,0$ кг), то надо учитывать нелинейный характер изменения pH в рубце животного (формула 5).