

# GRAUDU PIENĒMŠANAS NODAĻU IMITĀCIJU MODEĻI SIMULATION MODELS OF GRAIN RECEPTION SECTIONS

P. Rivža

LLU Informātikas institūts  
Institute of Informatics, LUA

**Abstract:** Different simulated models of grain reception sections are compared to the analytical model and to the performance of the real grain reception section accordingly to one definite index - the average waiting time in the queue of lorries for the unloader. The safety of the machinery is estimated by taking into consideration the elapsed time between the breakdown of the machines and the time of repairs, both of them are simulated with the normal probability distribution. The simulation models are most susceptible to changes in the intensity of the grain income flow and grain moisture, as well as the safety of the machinery.

**Keywords:** grain primary processing, simulation models.

## 1. Ievads

Pēdējos gados imitāciju modelēšana ir kļuvusi viena no populārākajām un plaši izmantojamām modelēšanas metodēm. Graudu pirmapstrādes uzņēmumu imitācijas modeļi ļauj detalizēti izpētīt esošo vai projektējamo uzņēmumu (B. П. Елизаров, 1977). Rakstā aplūkota graudu pieņemšanas nodaļu imitācijas modeļu sastādīšana, salīdzināšana un modelēšanas rezultāti.

## 2. Imitācijas modeļu sastādīšana

Imitāciju modelēšanai tika izvēlētas divas graudu pirmapstrādes uzņēmumu tehnoloģiskās shēmas. Pirmajā shēmā graudu pieņemšanai no kombainiem ir paredzēts automobiļu sagāzējs GUAR-15. Graudus no tvertnes priekštīrītājam K527A padod transportieris. Otrajā shēmā graudu pieņemšanai ir trīs līnijas, kas aprīkotas ar automobiļu sagāzēju GUAR-15, graudu tvertni, transportieri un priekštīrītāju K527A. Šajā gadījumā iespējams vienlaicīgi pieņemt trīs atšķirīgas graudu plūsmas.

Imitāciju modelēšanai tika izmantota LU Matemātikas un informātikas institūta izstrādātā programmēšanas un modelēšanas sistēma SITA/C (H. Joņins, J. Sedols, 1991). Tika izveidoti 8 graudu pieņemšanas nodaļu imitāciju modeļi. Modelis "Graudu pieņemšana 1SE" ir attiecīgā graudu pieņemšanas nodaļas analītiskā modeļa, t.i., 2-fāzu masu apkalpošanas sistēmas matemātiskā modeļa analogs. Modelī "Graudu pieņemšana 1SN" visi gadījuma lielumu sadalījumi ir normālie. Automobiļu plūsma šajā un arī pārējos modeļos ir stacionāra Puasona plūsma ar intensitāti  $\lambda$ . Imitēto i-tas graudu porcijas masu  $G_{ai}$  automobiļa kravas kastē, mitrumu  $W_i$  un tīrību  $S_i$  ieraksta graudu porcijas pasē kā reālos mainīgos R1, R2 un R3.

Priekštīrītāja apkalpošanas laiku  $T_{pt}$ , t.i. laiku, kurā tiek iztīrīta viena graudu porcija, aprēķina pēc formulas (B. P. Крауцн, 1975):

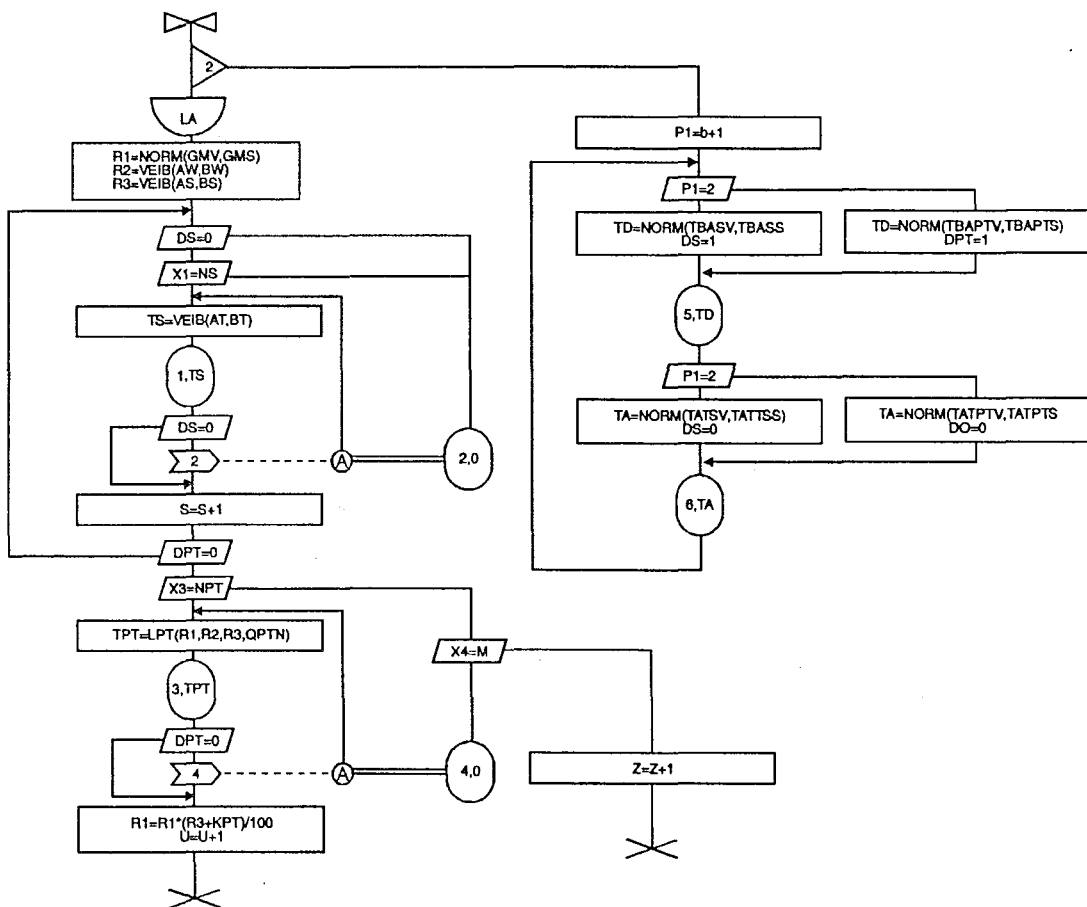
$$T_{pt} = \frac{G_{ai}}{Q_n [1 - 0.05(W_i - 18) - 0.02(93 - S_i)]}$$

kur  $Q_n$  - priekštīrītāja nominālais ražīgums, t/h.

Šī formula ir noprogramēta kā definēta funkcija LPT (R1, R2, R3, QPTN).

Modelī "Graudu pieņemšana 1SR" ir imitēti tie visu gadījuma lielumu sadalījumi, kuri ir vistuvāk reālajiem empiriskajiem sadalījumiem. Automobiļu izkraušanas laiku imitē ar Veibula sadalījumu. Graudu porcijas masu imitē ar normālo sadalījumu, bet graudu mitrumu un tīrību ar Veibula sadalījumu.

Modelī "Graudu pieņemšana 1SRD" mašīnu drošumu ievērtē ar diviem parametriem: bezatteikuma darba laiku un atjaunošanas laiku. Bezatteikuma darba laiku TD imitē 5. stadijā, bet atjaunošanas laiku TA - 6. stadijā (skat. 1. att.). Algoritma sākumā tiek radīti divi procesi (operators CR(2)), kuru pasēs attiecīgi ieraksta: 1. procesam, kas attiecas uz sagāzēju P1=1; 2. procesam, kas attiecas uz priekštīrītāju - P2 = 2. Algoritmā tiek lietoti divi darba vai atjaunošanas rādītāji: automobiļu sagāzējam - DS un priekštīrītājam - DPT.



1.att. Modeļa "Graudu pieņemšana 1SRD" algoritma blokshēma  
 Fig.1. Algorithm block scheme of the model "Grain reception 1SRD"

Piemēram, ja DS = 1, tad sagāzējs ir darba kārtībā, turpretī, ja DS=0, tad sagāzēju remontē un visi automobiļi stāv rindā. Arī šajā modelī tiek ģenerēta stacionāra Puasona automobiļu plūsma ar intensitāti LA (skat. 1. att.). Ja izkraujamo automobiļu skaits ir vienāds ar sagāzēju skaitu, t.i. X1 = NS, tad pienākušais automobiļis stājas rindā (2. stadijā) un gaida. Turpretī, ja sagāzējs ir brīvs, tad automobiļi izkrauj laikā TS 1. stadijā. Pēc tam, no sagāzēja iznākusi graudu porcija "padod" impulsu pirmajam rindā stāvošam automobiļim un tas aizbrauc uz sagāzēju. Savukārt, izkrautā graudu porcija iet tālāk uz priekštīrītāju (3. stadijā), ja tas nav aizņemts (X3 ≠ NPT) un laikā TPT tiek attīrīta no rupjiem piemaisījumiem. Tālāk šī graudu porcija "padod" impulsu graudu porcijai, kas atrodas pirmā rindā graudu tvertnē. Izsauktā graudu porcija aiziet uz priekštīrītāju, bet iztīrītā graudu porcija pamet modeli. Modelī tiek uzskaitītas graudu porcijas, kas nāk no sagāzēja un priekštīrītāja, kā arī tās, kas

Graudu pieņemšanas nodaļas imitācijas modeļu salīdzināšana  
Comparison of the simulation models of grain reception sections

Rādītāja nosaukums Name of an indicator	Analītiskais modelis Analytical model	Imitācijas modeļi Simulation models					Reālais Real section
		Vienkāršais modelis 1SE Simple model	Ar normāliem sadalījumiem 1SN Model with normal distributions	Ar atbilstošiem sadalījumiem 1SR Model with real distributions	Izkraušanas laikam normālais sadalījums 1SRa Unloading time is simulated by normal distribution	Ievērojot drošumu 1SRD Considering safety of machinery	
Vidējais laiks rindā pirms automobiļu sagāzēja Average waiting time before the unloader	2.07	Rezultatīvās daļas garums Data collection period					
		QR = 1000					
		3.75±1.87	1.21±0.79	0.84±0.31	0.75±0.27	5.27±9.52	1.0±0.23
		QR=10 000					
		2.24±0.49	0.87±0.11	0.90±0.10	0.82±0.06	4.68±1.36	
		QR = 100 000					
		2.28±0.11	0.92±0.04	0.91±0.04	0.96±0.07	3.73±0.58	

netiek graudu tvertnē, ja tā ir pārpildīta. Graudu tvertnes (4. stadija) ietilpība ir ierobežota ar M graudu porcijām (mūsu modeļos pieņemts  $M = 2$ ).

Modelis "Graudu pieņemšana 1SRa" atšķirās no modeļa "Graudu pieņemšana 1SR" tikai ar to, ka automobiļu izkraušanas laiku imitē normālais sadalījums. Modelī "Graudu pieņemšana 1SRb" savāc statistisko informāciju par rindas garumu pirms priekštīrītāja un pēc imitācijas seansa datiem uzzīmē šīs rindas garuma histogrammu, no kuras ir redzams, cik procentu gadījumos ir vajadzīga viena vai otra graudu tvertnes ietilpība.

Modelī "Graudu pieņemšana 3SR" ir realizēta otrā graudu pieņemšanas nodaļas tehnoloģiskā shēma ar trim identiskām līnijām. Pienākošais automobilis ar varbūtību V2 let uz 2. līniju, bet ar varbūtību V3 - uz 3. līniju. Graudu masai, tīrībai un mitrumam, kā arī automobiļu izkraušanas laikam saglabāti tie paši sadalījumi, kādi bija modelī "Graudu pieņemšana 1SR". Modelī "Graudu pieņemšana 3SRD" ievērtē automobiļu sagāzēju un priekštīrītāju drošumu.

### 3. Imitācijas modeļu salīdzināšana

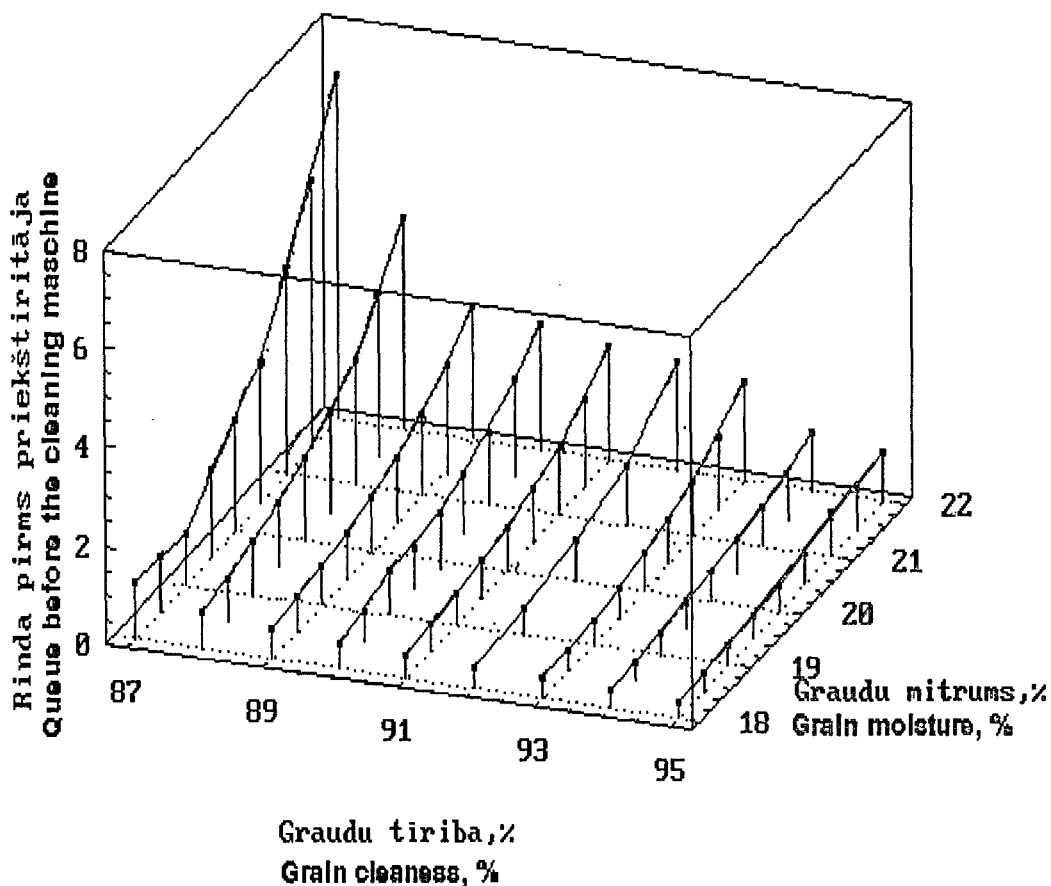
Izveidotie imitācijas modeļi salīdzināti ar reālu graudu pieņemšanas nodaļu pēc viena rādītāja - vidējais laiks rindā pirms sagāzēja. Šo salīdzināšanu var uzskatīt par modeļa validāciju, t.i., adekvātuma pārbaudi. Par reālu graudu pieņemšanas nodaļu ir ņemta Preiļu rajona Riebiņu ciemā izvietotā graudu pirmapstrādes uzņēmuma graudu pieņemšanas nodaļa, kuras darbs pētīts 1976. gada ražas novākšanas laikā. Reālais vidējais laiks rindā pirms sagāzēja ir uz pusi mazāks par to laiku, kas iegūts ar analītisko modeli (skat. 1. tab.). Arī vienkāršais imitācijas modelis ("Graudu pieņemšana 1SE") dod vidējo rindā stāvēšanas laiku, kas vairāk nekā trīs reizes lielāks par reālo (skat. 1. tab.).

Lietojot atbilstošus sadalījuma likumus, starpība starp imitēto un reālo vidējo rindā stāvēšanas laiku ir vismazākā. Jo īpaši tas izteikts pie samērā maza imitācijas rezultativās daļas garuma (skat. 1. tab.). Pieaugot rezultativās daļas garumam, vidējie rindā stāvēšanas laiki dažādiem imitācijas modeļiem kļūst stipri tuvi (izņemot, protams, vienkāršāko imitāciju modeli) un tuvojas reālam rindā stāvēšanas laikam. Salīdzinot pārējos rādītājus ir jāatzīmē, ka līdzīgas atšķirības, kādas bija vidējam laikam rindā, ir vidējam rindas garumam, jo tie ir savstarpēji saistīti, bet pārējiem rādītājiem nav stipri būtisku atšķirību. Protams, ir jāatzīmē, ka būtiski atšķirās visi rādītāji modelim "Graudu pieņemšana 1SRD", kas ievērtē mašīnu drošumu (skat. 1. tab.). Šim modelim arī rindā stāvēšanas laiks pirms sagāzēja ir piecas reizes lielāks, bet tas samazinās pie rezultativās daļas garuma palielināšanās.

### 4. Imitācijas modeļu jutīgums un modelēšanas rezultāti

Lai pārbaudītu graudu pieņemšanas imitācijas modeļa jutīgumu, esošais modelis "Graudu pieņemšana 1SN" tika papildināts ar bezatteikuma darba un atjaunošanas laika imitācijas stadijām. Vispirms tika pārbaudīta graudu plūsmas parametru ietekme uz modeli. Sekojoši, graudu plūsmas parametri tika palielināti par 10 %: automobiļu plūsmas intensitāte, automobiļu izkraušanas laiks, graudu kravas masa, graudu mitrums un graudu tīrība. Rindas garums pirms automobiļu sagāzēja palielinās par 20 %, palielinoties automobiļu plūsmas intensitātei un izkraušanas laikam par 10 %. Rindas garums pirms priekš tīrītāja visbūtiskāk pieaug, pieaugot graudu mitrumam. Palielinoties graudu mitrumam tikai par 10 %, rinda pirms priekštīrītāja palielinās 2.7 reizes. Arī automobiļu plūsmas intensitātes un graudu kravas masas pieaugums tikai par 10 % palielina rindu pirms priekštīrītāja par 54 % (skat. 2. att.). Savukārt, palielinoties graudu tīrībai, rindas garums pirms priekštīrītāja būtiski samazinās (par 69 %) (skat. 2. att.).

Automobiļa sagāzēja un priekštīrītāja noslodzes koeficienti palielinās proporcionāli automobiļu plūsmas intensitātes pieaugumam (attiecīgi 12.5 un 8 %). Automobiļu izkraušanas laika pieaugums par 10 % palielina sagāzēja noslodzes koeficientu par 8.3 %. Graudu kravas masas un graudu mitruma pieaugums



2.att. Priekštīrītāja vidējās rindas garuma atkarība no graudu mitruma un tīrības.  
 Fig.2. Dependence of the average queue length before the grain cleaning machine from the grain moisture and cleanness.

palielina priekštīrītāja noslodzi attiecīgi par 11 % un 18 %. Savukārt, palielinoties graudu tīrībai, priekštīrītāja noslogojums samazinās par 22 %. Kā redzams, graudu pieņemšanas nodaļas modeļi ir izmantojami, lai pētītu graudu plūsmas parametru ietekmi uz šīs nodaļas darba rezultātiem.

Otrkārt, tika pētīta graudu pieņemšanas nodaļas parametru izmaiņas ietekme uz sākotnējiem rādītājiem. Palielinot priekštīrītāja ražību par 10 %, rindas garums pirms tā samazinājās par 36 % un noslodzes koeficients samazinājās par 8 %. Palielinot automobiļu sagāzēju skaitu no 1 līdz 2, rindas garums pirms sagāzēja samazinājās par 96 %, bet noslodzes koeficients - par 50 %. Tas pats novērojams, palielinot priekštīrītāju skaitu. Pieņemot, ka automobiļu sagāzējs un priekštīrītājs sezonas laikā var kaut reizi iziet no ierindas, to atjaunošanas laiku vidējās vērtības attiecīgi ir šādas: 3 un 5 stundas (standartnovirzes attiecīgi 0.5 un 1 stunda), tad 2.6 reizes pieaug rindas garums pirms sagāzēja un par 22 % - pirms priekštīrītāja. Kā redzams, automobiļu sagāzēja un priekštīrītāja drošums ļoti būtiski ietekmē graudu pieņemšanas nodaļas darbu.

## 5. Slēdziens

1. Izveidotos graudu pieņemšanas nodaļu imitāciju modeļus ieteicams lietot inženieriem - konstruktoriem, lai iegūtu papildus informāciju par projektējamo graudu pirmapstrādes uzņēmumu. Šie modeļi var tikt pielietoti esošo graudu pirmapstrādes uzņēmumu analīzei.

2. Imitējot graudu plūsmu, ir jāizmanto gadījuma lielumu sadalījumi, kuri vistuvāk atbilst reālajiem empīriskajiem sadalījumiem. Veibula sadalījums - graudu mitrumam un tīrībai, bet graudu masai automobiļu kravas kastē, graudu temperatūrai un tilpumam, kā arī darba dienas garumam - normālais sadalījums.

3. Visbūtiskāk graudu pieņemšanas nodaļas darba rādītājus ietekmē graudu plūsmas intensitāte, graudu mitrums, tīrība un mašīnu drošums.

## Literatūra

1. Jonin G., Sedols J. (1991). SITA - the language for the description of the teletraffic systems simulation algorithms. ITC - 13, Discussion circles. Copenhagen. 219 -224.
2. Елизаров В.П. (1977). Предприятия послеуборочной обработки и хранения зерна. М.: Колос. 277.
3. Краусп В.Р. (1975). Автоматизация послеуборочной обработки зерна. М.: Машиностроение.150.