
Elektroninių detalių apdorojimas ir testavimas

1. KONCEPTUALUSIS MODELIS

Užduotis. Sumodeliuoti verslo procesą, aprašantį skirtingų rūšių detalių gamybos, surinkimo ir testavimo procesus.

Modelyje yra dviejų rūšių detalės – **A detalė** ir **B detalė**. Detalės iš gamybos cecho pristatomos į surinkimo ir testavimo cechus. **A detalė** pristatoma atsitiktinai pagal eksponentės dėsnį su vidurkiu $(1/\lambda) = 5$ minutės. Šio tipo detalių apdorojimo trukmė atsitiktinė pagal trikampio dėsnį su parametrais $(1,4,8)$ minutės. Apdorotos detalės siunčiamos testuotojui. Detalių testavimo trukmė atsitiktinė pagal trikampio dėsnį su parametrais $(1,3,4)$ minutės. 91 proc. visų detalių pereina testavimą. Šios yra supakuojamos ir transportuojamos. Likusios detalės yra perdirbamos vidutiniškai pagal eksponentę su vidurkiu $(1/\lambda) = 45$ minutės. Iš jų 80 proc. pavyksta suremontuoti, o 20 proc. yra sunaikinamos. Suremontuotos detalės yra transportuojamos.

B detalė yra apdorojama atskirai nuo **A detalės**. **B detalė** pristatoma siuntomis po 4 detales iš karto atsitiktinai pagal eksponentės dėsnį su vidurkiu $(1/\lambda) = 30$ minučių. Šio tipo detalių apdorojimo trukmė atsitiktinė pagal trikampio dėsnį su parametrais $(3,5,7)$ minutės. Apdorotos detalės siunčiamos testuotojui. Detalių testavimo trukmė atsitiktinė pagal *Veibulo* dėsnį su parametrais $(2,5, 5.3)$ minutės. 91 proc. visų detalių pereina testavimą. Jos supakuojamos ir transportuojamos. Likusios detalės yra perdirbamos vidutiniškai pagal eksponentę su vidurkiu $(1/\lambda) = 45$ minutės. Iš jų 80 proc. pavyksta suremontuoti, o 20 proc. yra sunaikinamos.

Imitacinio modelio parametrai: pradinė būsena – įrenginiai laisvi, detalių nėra. Imitavimo trukmė – 2 pamainos (dienos) po 8 valandas.

Statistika renkama apie apdorojimo įrenginio darbą, susidariusias eiles, transportuojamų ir sunaikinamų detalių skaičių, detalių prabuvimo sistemoje suminį laiką.

1.1 Modelio veiklos diagrama

Modelio veiklos diagrama pateikta žemiau 1 pav.

1.2 Modelio realizavimas modeliavimo sistemoje ARENA

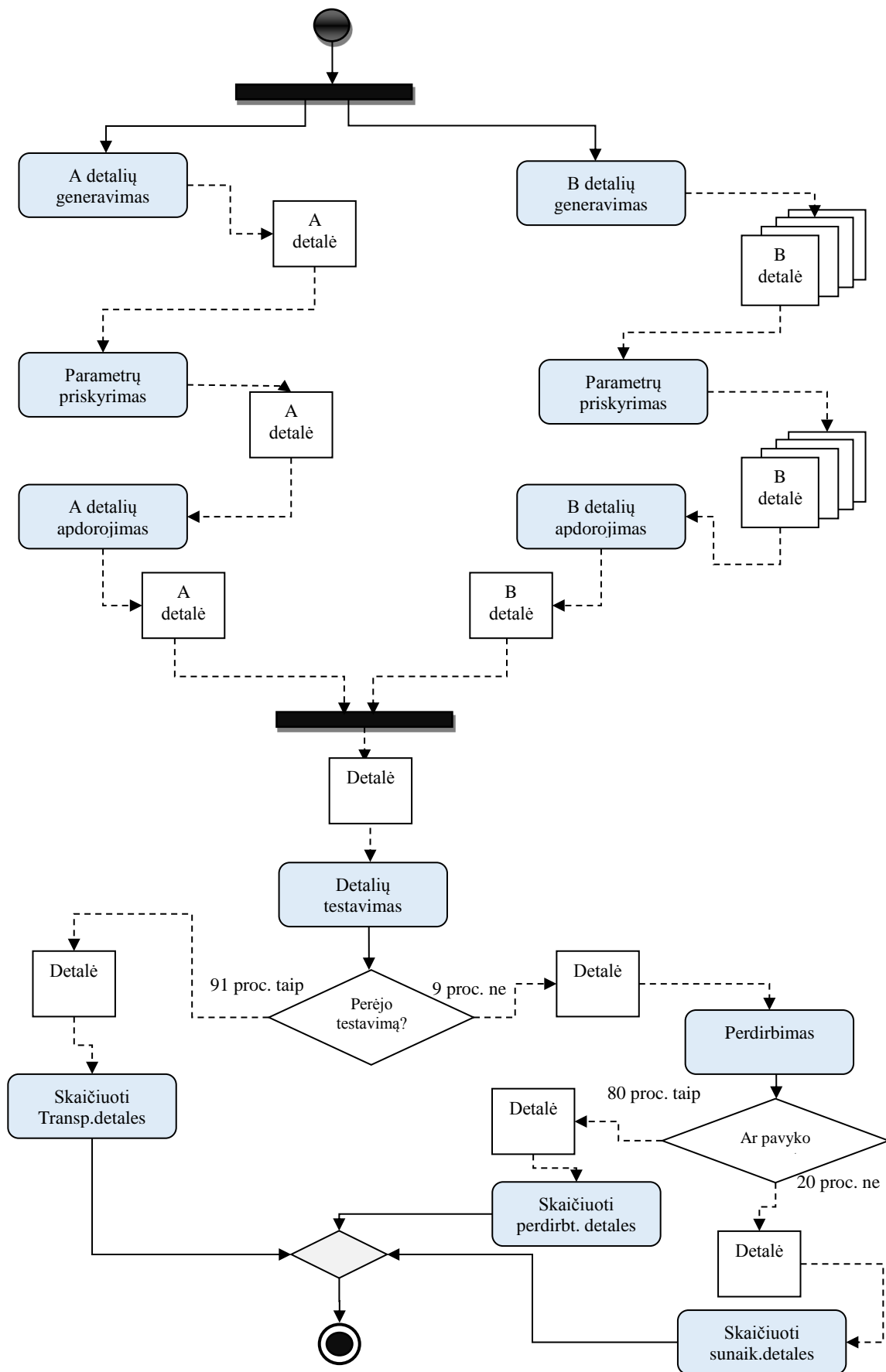
Sistemai realizuoti ARENA aplinkoje reikia toliau išvardytų struktūrinių modulių, aprašančių:

- kiekvienos rūšies detalių generavimą,
- kiekvienos rūšies detalių apdorojimą,
- detalių testavimą ir perdirbimą,
- detalių paskirstymą (procentiškai),
- detalių apdorojimo procesų pabaigą,
- kiekvienos rūšies detalių priskirtus atributus,
- apdorotų detalių statistiką (transportuotų, suremontuotų, sunaikintų detalių skaičių).

Taip pat reikalingi duomenų moduliai:

- dviejų tipų detalės,
- aptarnavimo resursai – testuotojas, projektuotojas, A įrenginys, B įrenginys,
- visų modelio procesų eilės.

Modeliui realizuoti reikalinga veiksmų seka išvardyta 47 paveiksle.



1 pav. Veiklos diagrama

1. Atidaromas naujas projektavimo langas.
2. Iš *Basic Process* skydelio panaudojami du *Create* moduliai A ir B detalių generavimui aprašyti (2 pav., 3 pav.). Trukmė tarp detalių atvykimo nustatoma pagal užduotį. Vieno atvykimo metu A detalių atvyksta po vieną vienetą, B detalių – po keturis vienetus iš karto.

2 pav. A detalių generavimo modulis

3 pav. B detalių generavimo modulis

3. Iš *Basic Process* skydelio panaudojamas *Assign* modulis (4 pav.) tam, kad būtų užfiksuoti A detalių atributai: pristatymo momentas ir testavimo trukmė. Pristatymo momentas yra laiko momentas, kai detalė atvyksta į modulį, t. y. esamas laiko momentas, kurio išraiška yra *TNOW*. Testavimo trukmė yra atsitiktinis dydis pagal trikampio dėsnį su parametrais (1,3,4) minutės.

4 pav. A detalių atributų priskyrimo modulis

4. Kaip ir A detalių atributai, analogiškai įterpiant dar vieną *Assign* modulį, yra nustatomi ir B detalių atributai: pristatymo momentas ir testavimo trukmė (5 pav.).

5 pav. B detalių atributų priskyrimo modulis

5. A detalių generavimo modulis sujungiamas su A detalių atributų priskyrimo modeliu, B detalių generavimo modulis – su atitinkamu B detalių atributų priskyrimo modulių (9 pav.).
6. A detalių apdorojimo procesui aprašyti panaudojamas *Process* modulis iš *Basic Process* skydelio „A detalių apdorojimas“ (6 pav.). Kaip proceso resursas yra sukuriamas „A irenginys“.

Process

Name: A detaliu apdorojimas Type: Standard

Logic:

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource, A irenginys, 1
<End of list>

Delay Type: Triangular Units: Minutes Allocation: Value Added

Minimum: 1 Value (Most Likely): 4 Maximum: 8

☒ Report Statistics

OK Cancel Help

Resources

Type: Resource

Resource Name: A irenginys Quantity: 1

OK Cancel Help

6 pav. A detalių apdorojimo modulis

7. Iš *Basic Process* skydelio panaudojamas *Process* modulis B detalių apdorojimo procesui aprašyti (7 pav.).

Process

Name: B detaliu apdorojimas Type: Standard

Logic:

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource, B irenginys, 1
<End of list>

Delay Type: Triangular Units: Minutes Allocation: Value Added

Minimum: 3 Value (Most Likely): 5 Maximum: 7

☒ Report Statistics

OK Cancel Help

Resources

Type: Resource

Resource Name: B irenginys Quantity: 1

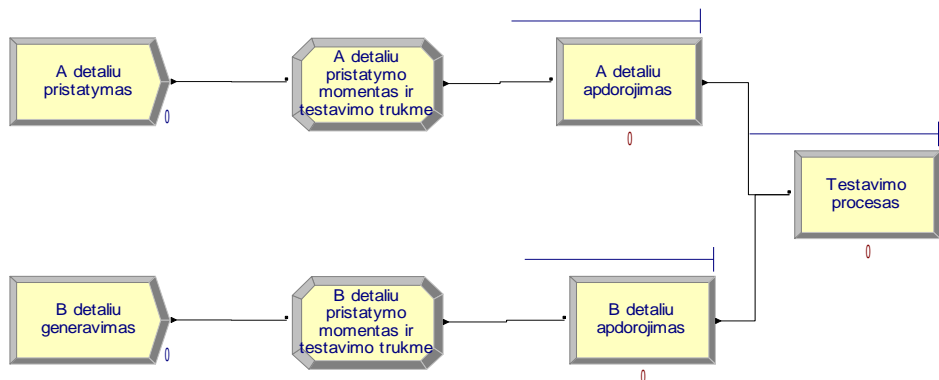
OK Cancel Help

7 pav. B detalių apdorojimo modulis

8. A ir B detalių testavimas aprašomas vienu bendru *Process* moduliu „Testavimo procesas“ (8 pav.). Kaip proceso resursas yra nurodomas *Testuotojas*.

8 pav. Detalių testavimo modulis

9 pav. pateikta tarpinė modelio realizacijos schema,



9 pav. Tarpinė modelio realizacijos schema

9. A ir B detalių procentiniam paskirstymui pagal testavimo rezultatą yra panaudojamas *Decide* modulis (10 pav.). Paskirstymui aprašyti parenkamas dviejų galimybių modulio tipas *2 way by Chance*. Nurodomas testavimo neperėjusių detalių procentas – 9 proc. Sukurtasis *Decide* modulis sujungiamas su testavimo modulių „Testavimo procesas“.

10 pav. Testavimo rezultatų paskirstymo modulis

10. Abiejų detalių perdirbimo procesui aprašyti panaudojamas *Process* modulis (11 pav.), įtraukiant vieną resursą *Perdirbėjas*.

Process ? x

Name: Type:

Logic:

Action: Priority:

Resources:

Resource, Perdirbejas, 1	Add...
<End of list>	

Edit...
Delete

Delay Type: Units: Allocation:

Expression:

☒ Report Statistics

OK Cancel Help

Resources ? x

Type:

Resource Name: Quantity:

OK Cancel Help

11 pav. Perdirbimo proceso modulis

11. Modulis *Decide* (12 pav.) panaudojamas detalių procentiniam paskirstymui aprašyti pagal perdirbimo rezultatą (nurodomas suremontuoti nepavykusių detalių procentas, t. y. 20 proc.).

Decide ? x

Name: Type:

Percent True (0-100): %

OK Cancel Help

12 pav. Perdirbimo rezultatų paskirstymo modulis

12. Iš *Basic Process* skydelio panaudojami trys *Record* moduliai statistikos registravimui aprašyti apie transportuojamas, perdirbtas ir sunaikintas detales. Visuose moduliuose skaičiuojamas laiko intervalas nuo *Pristatymo momento* iki atitinkamo *Record* modulio (13 pav.).

Record ? x

Name: Type:

Attribute Name: ☐ Record into Set

Tally Name:

OK Cancel Help

Record ? x

Name: Type:

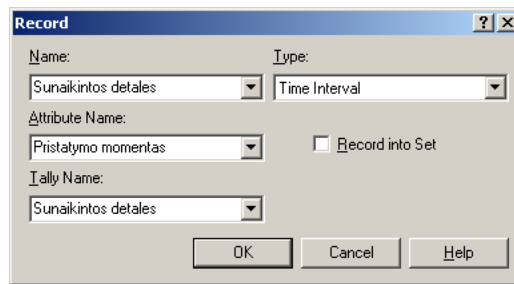
Attribute Name: ☐ Record into Set

Tally Name:

OK Cancel Help

a

b



Record

Name: Sunaikintos detales Type: Time Interval

Attribute Name: Pristatymo momentas ☐ Record into Set

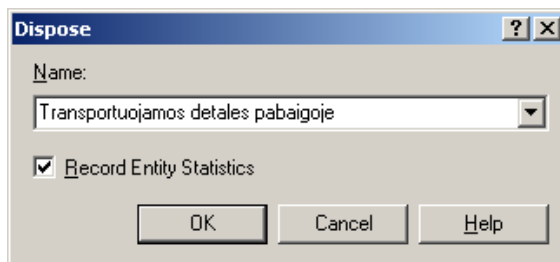
Tally Name: Sunaikintos detales

OK Cancel Help

c

13 pav. Statistikos moduliai apie: a – transportuojamas, b – perdirbtas, c – sunaikintas detales

13. Taip pat panaudojami trys *Dispose* moduliai visų esybių (A ir B detalių) išėjimui iš sistemos aprašyti (14 pav.).



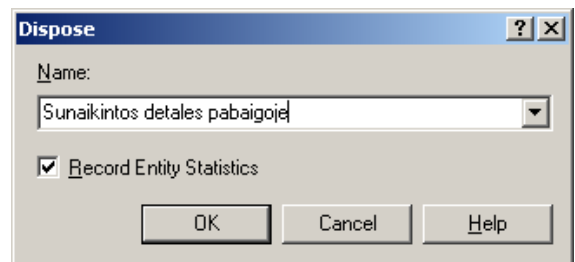
Dispose

Name: Transportuojamos detales pabaigoje

☒ Record Entity Statistics

OK Cancel Help

a



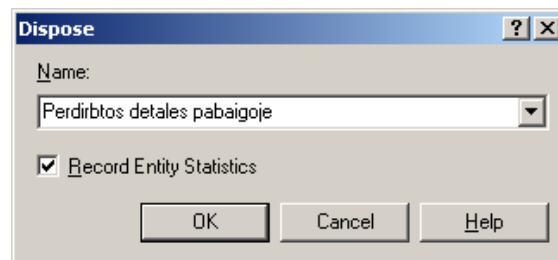
Dispose

Name: Sunaikintos detales pabaigoje

☒ Record Entity Statistics

OK Cancel Help

b



Dispose

Name: Perdirbtos detales pabaigoje

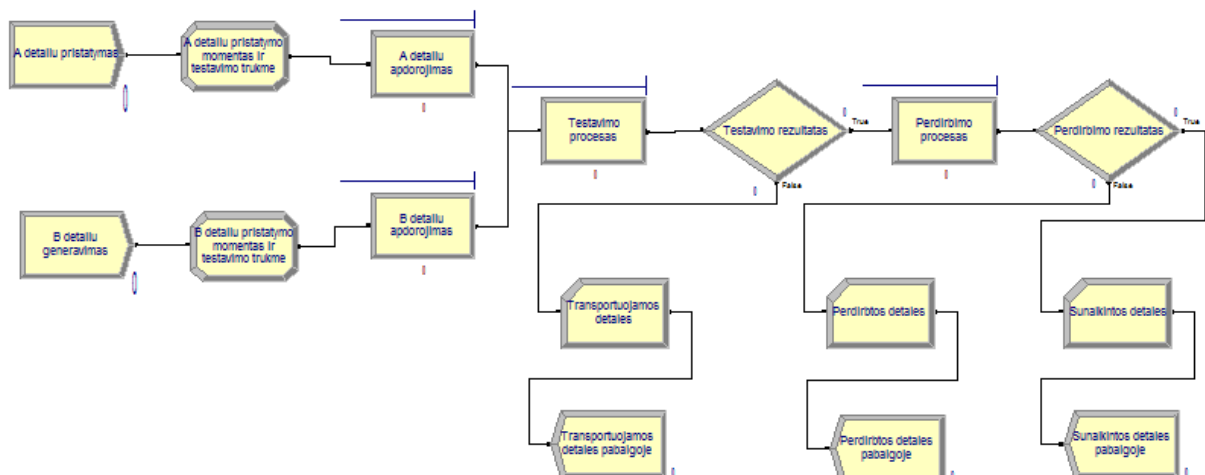
☒ Record Entity Statistics

OK Cancel Help

c

14 pav. Išėjimo moduliai, apibrėžiantys: a – transportuojamas, b – perdirbtas, c – sunaikintas detales

14. 15 pav. pateikta modelio ARENA realizacijos schema.



15 pav. Modelio ARENA realizacija

15. Modelio tikrinimas, ar nėra klaidų, atliekamas įvykdžius komandas *Run* → *Check Model*. Nagrinėjamo pavyzdžio imitavimo nustatymai pateikti 16 pav. Prie statistinių parametrų duomenų reikia pažymėti punktą *Queues*, t. y. reikalingi statistiniai duomenys apie modelyje panaudotas eiles. Taip pat gali būti nurodomas projekto pavadinimas.

16 pav. Modelio imitacijos nustatymai

16. Įtraukiama A ir B detalių animacija. Modelyje A ir B detalių paveiksliukai turi būti skirtingi. Projektavimo juostoje parenkamas *Entity* duomenų modulis ir *Initial.Picture* parenkami skirtingi paveiksliukai. Jei esamų paveiksliukų neužtenka, tuomet įvykdžius komandas *Edit/Entity Pictures* gali būti parenkami nauji ar redaguojami esami paveiksliukai.
17. Atlikus modelio imitaciją ir animaciją, matyti, jog ilgos eilės susidaro ties perdirbimo procesu. Todėl reikia įvesti pagalbinį darbuotoją perdirbėjui, t. y. detalių perdirbimo procesas turės du perdirbėjus. Sudaromas tvarkaraštis, kuriame nurodoma, kaip dirbs perdirbėjai. Vienoje pamainoje dirbs vienas perdirbėjas, kitoje pamainoje – abu perdirbėjai. Projektavimo juostoje parenkamas *Resource* duomenų modulis ir ties resursu „Perdirbėjas“ nurodoma, kad šis dirbs pagal grafiką „Tvarkaraštis perdirbimo procesui“ (17 pav.).

Resource - Basic Process						
	Name	Type	Capacity	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour
1	A irenginys	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0
2	B irenginys	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0
3	Testuotojas	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0
4	Perdirbėjas	Based on Schedule	Tvarkaraštis perdirbimo procesui	Tvarkaraštis perdirbimo procesui	Ignore	0.0

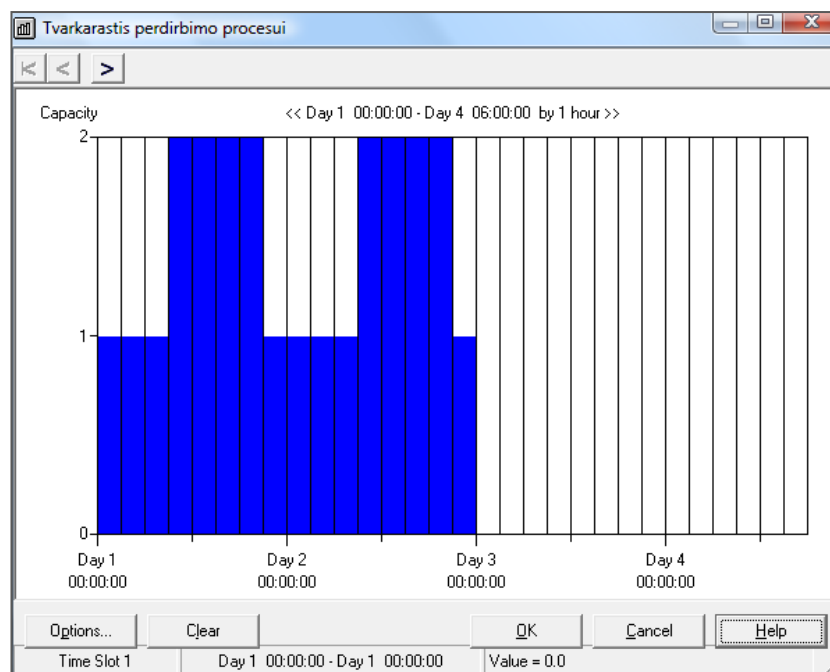
17 pav. Perdirbėjo resurso tvarkaraščio įtraukimas

Galimos trys grafiko laikymosi *Schedule Rule* taisyklės:

- *Wait* – tvarkaraštis nekeičiamas tol, kol nebaigiamas aptarnauti objektas,
 - *Ignore* – tvarkaraštis pakeičiamas nekreipiant dėmesio į tai, ar objektas aptarnaujamas;
 - *Preemt* – objektas yra užlaikomas, jei keičiamas tvarkaraštis.
18. *Basic Process* skydelyje parenkamas *Schedule* duomenų modulis, kuriame matomi tvarkaraščių parametrai (18 pav.). Paspaudus mygtuką *Durations*, atidaromas grafinis tvarkaraščio sudarymo langas. Nurodomi 5 darbo intensyvumo lygiai, pagal kuriuos nustatoma, kiek perdirbėjų *Capacity* dirba nurodytomis dienos valandomis (19 pav.).

Schedule - Basic Process						
	Name	Format Type	Type	Time Units	Scale Factor	Durations
1	Tvarkaraštis perdirbimo procesui	Duration	Capacity	Hours	1.0	5 rows

18 pav. Perdirbėjo tvarkaraščio aprašas



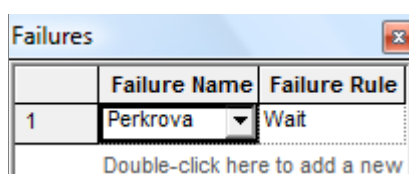
19 pav. Perdirbimo proceso tvarkaraštis

19. Modelyje taip pat gali būti nustatomi įrenginio gedimai ir kaip elgtis jiems įvykus. Modeliuojamoje sistemoje reikia nustatyti testuotojo gedimus. Testuotojas kaip resursas gali turėti 4 būsenas:

- *Idle* – laisvas;
- *Busy* – objektas užima resursą (šio modelio atveju, testuotojas tikrina detales). Jei dirba du ar daugiau testuotojų, tai resursas bus užimtas, jei nors vienas testuotojas yra užimtas.
- *Inactive* – resursas nepasiekiamas, t. y. jo pajėgumas lygus nuliui.
- *Failed* – resursas sugedęs. Gedimams modeliuoti yra dvi sąvokos:
 - ✓ *Failure* – sugedo visas įrenginys;
 - ✓ *Downtime* – sugedo tik įrenginio kuris nors operatorius.

Šios sąvokos sutampa, kai įrenginyje vienas operatorius (capacity=1).

20. *Resource* duomenų modulyje prie resurso „Testuotojas“ parenkamas *Failures* mygtukas ir atsivėrusiame lange nurodomas įrenginio gedimo pavadinimas „Perkrova“ bei klaidos taisyklė *Wait* (20 pav.).



20 pav. Testuotojo klaidos nurodymas

21. Iš *Advanced Process* skydelyje parenkamas *Failure* duomenų modulis ir nustatomos savybės: gedimo tipas yra *Time*, eksponentiškai 140 minučių testuotojas dirba ir paskui įrenginys yra perkraunamas. Tai užtrunka eksponentiškai 4 minutes (21 pav.).

Failure - Advanced Process						
	Name	Type	Up Time	Up Time Units	Down Time	Down Time Units
1	Perkrova	Time	EXPO(140)	Minutes	EXPO(4)	Minutes



21 pav. Testuotojo klaidos nustatymai

22. Iš *Advanced Process* skydelyje parenkamas *Statistic* duomenų modulis. Modulyje galima surinkti 5 rūšių statistiką: *time persistent*, *counter*, *output*, *tally*, *frequency*. Tarkime, kad reikia kaupti statistiką apie vidutinį eilės ilgį prie testuotojo. *Output File* skiltyje nurodomas *.dat failo, kuriame bus kaupiama statistika, vardas. Šis failas sukuriamas automatiškai imitavimo metu (22 pav.)

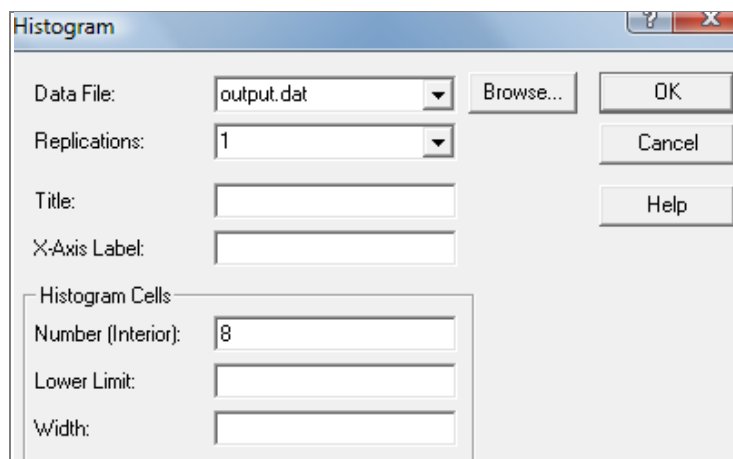
Statistic - Advanced Process					
	Name	Type	Expression	Report Label	Output File
1	Eilė prie testuotojo	Time-Persistent	NQ(Testavimo procesas.Queue)	Eilė prie testuotojo	C:\Users\Owner\Desktop\Arena lab\tracias\output.dat

22 pav. Statistikos kaupimas faile

23. Sukaupta statistika yra analizuojama naudojant ARENA paprogramę *Output Analyzer*. Išsaugotas failas atidaromas su *Output Analyzer (All Programs / Rockwell Software / Arena / Output Analyzer)*.

Atsivėrusiame lange spaudžiamas mygtukas *New* . Tuomet atidaromas duomenų langas, kuriame paspaudus mygtuką *Add* reikia pridėti išėjimo duomenų failą, nurodytą testavimo eilės statistikai kaupti. Kai reikiamas failas atsiranda duomenų lange, galima braižyti įvairius grafikus iš viršutinio lango skydelio .

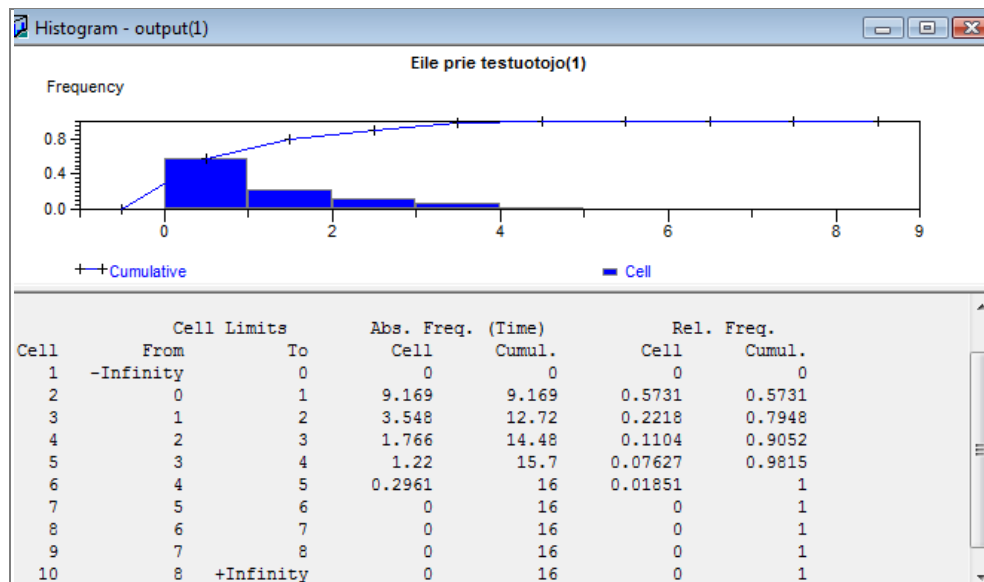
24. Nubraižoma testavimo eilės sukaupytų duomenų histograma. Atsivėrusiam histogramas lange nurodomas failo pavadinimas. Taip pat gali būti nurodomi ir kiti histogramos parametrai. Šiuo atveju nurodomas tik vidinių intervalų skaičius, kuris lygus 8 (23 pav.). Kiti parametrai pasilieka tokie, kokie numatyti. Paspaudus *Ok* nupiešiama histograma (70 pav.)



The dialog box 'Histogram' contains the following fields and buttons:

- Data File:** A text box containing 'output.dat' and a 'Browse...' button.
- Replications:** A dropdown menu showing '1'.
- Title:** An empty text box.
- X-Axis Label:** An empty text box.
- Histogram Cells:** A section containing:
 - Number (Interior):** A text box containing '8'.
 - Lower Limit:** An empty text box.
 - Width:** An empty text box.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'Help' on the right side.

23 pav. Histogramos parametrų nustatymo langas

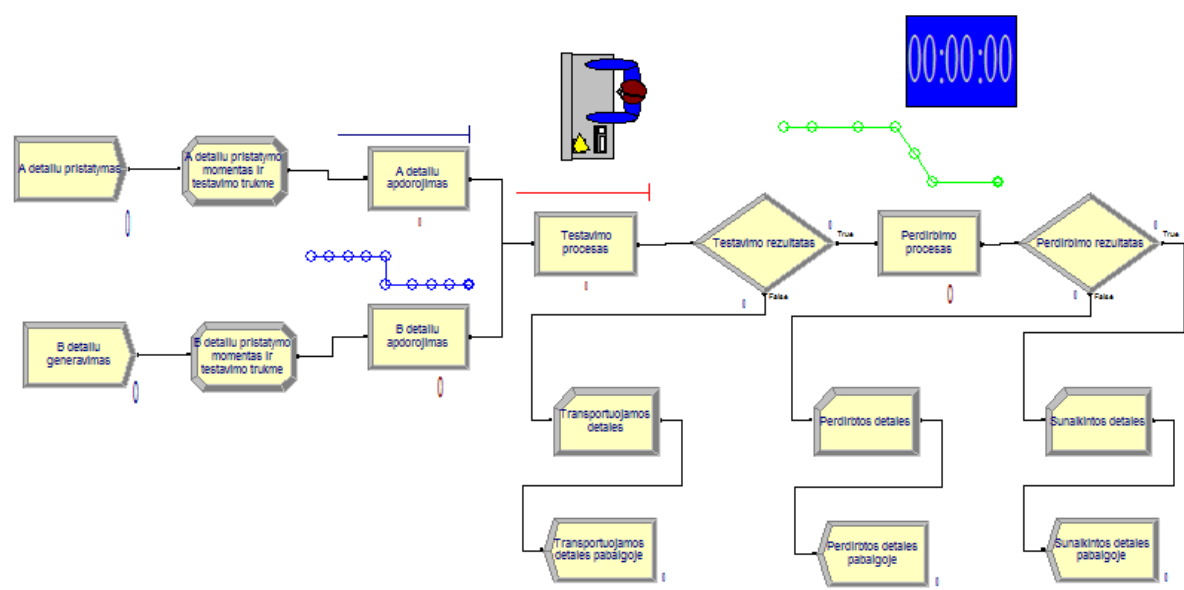


24 pav. Eilės prie testuotojo histograma

25. Papildomos užduotys:

- pridėti eilių animaciją (ilgis, išsidėstymas). Eiles pavaizduoti skirtingais vaizdavimo būdais: spalvas, ilgius, tipą ir pan. (25 pav.);
- testuotojo būsenoms (*idle*, *busy*, *failed*) priskirti paveikslukus (25 pav.);

- į atskirus failus sukaupti statistiką apie A ir B detalių apdorojimo laiką (bendrą išbuvimo laiką sistemoje);
- paskirti pertraukų laikus testuotojui ir perdirbėjui (3 lentelė).



25 pav. Modelio ARENA realizacija

1 lentelė. Testuotojo ir perdirbėjo pertraukų lentelė

Varianto Nr.	Testuotojas			Perdirbėjas		
	Dirba, min	Pertrauka, min	Tipas	Dirba, min	Pertrauka, min	Tipas
1	Expo(300)	Expo(10)	Wait	Expo(200)	Expo(10)	Wait
2	UNIF(200,270)	Expo(12)	Ignore	Expo(250)	Expo(8)	Wait
3	Expo(120)	Expo(8)	Wait	UNIF(150,300)	Expo(15)	Ignore
4	Expo(320)	Expo(6)	Ignore	Expo(120)	Expo(5)	Wait
5	Expo(90)	UNIF(2, 5)	Wait	UNIF(210,250)	Expo(9)	Ignore
6	Expo(60)	Expo(3)	Wait	Expo(90)	Expo(4)	Wait
7	UNIF(120,220)	Expo(5)	Ignore	Expo (310)	Expo(7)	Wait
8	Expo(30)	Expo(1)	Ignore	UNIF(45,60)	Expo(3)	Ignore
9	Expo(240)	UNIF(4,7)	Wait	Expo(360)	Expo(2)	Wait
10	Expo(35)	Expo(1)	Wait	Expo(150)	Expo(6)	Ignore