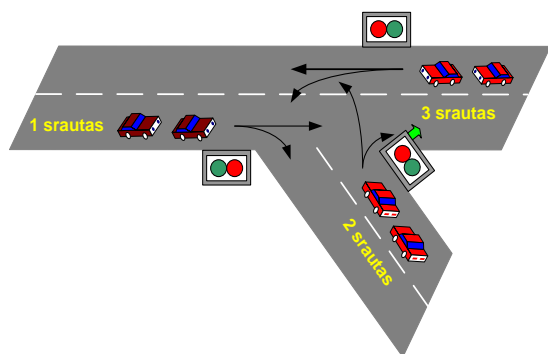


Transporto srautų modelis – trišalė sankryža su šviesoforais

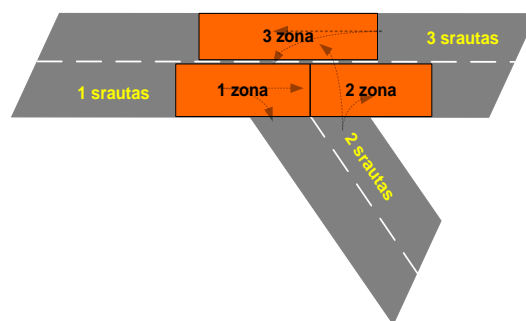
1. KONCEPTUALUSIS MODELIS

Užduotis. Sumodeliuoti verslo procesą, aprašantį trišalę sankryžą su šviesoforais.

Modelis supaprastinamas laikantis taisyklės, kad šviesoforai turi tik raudoną ir žalią signalus. Pirmojo ir trečiojo srauto transporto priemonių eismui reguliuoti pastatytas standartinis šviesoforas, o antrojo srauto mašinoms reguliuoti pastatytas šviesoforas, turintis žalią kortelę, kuri degant draudžiamam šviesoforo signalui leidžia mašinai sukti į dešinę (1 pav.).



1 pav. Trišalė sankryža



2 pav. Sankryžos srautai

Pirmojo ir trečiojo srauto transporto priemonės gali važiuoti tiesiai arba sukti (pirmasis srautas į dešinę, trečiasis – į kairę) degant leidžiamam šviesoforo signalui. Automobiliai stoja į eilę degant draudžiamam šviesoforo signalams. Antrojo srauto transporto priemonės gali sukti į dešinę degant raudonam šviesoforo signalui, jei nėra kliūtis, ir sukti į kairę degant leidžiamam šviesoforo signalui. Jei antrojo srauto mašina negali sukti į dešinę degant raudonam šviesoforo signalui, ji stoja į eilę ir laukia, kol neliks kliūtis. Tarsime, kad:

- mašinos kelyje negali apsisukti ir viena kitos lenkti;
- važiuojamosiose kelio dalyse yra po vieną eismo juostą abiem kryptimis.

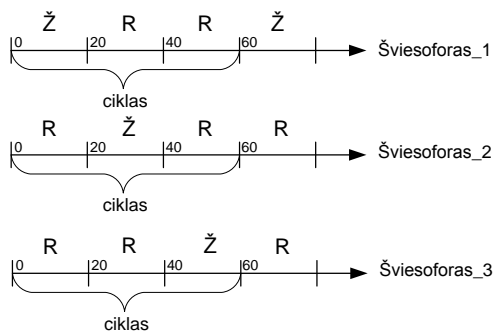
Modelyje susidaro trys atvykstančių automobilių srautai. Jų važiavimo per sankryžą schema nepriklauso nuo to, iš kurio kelio ji atvažiuoja ir kur nori važiuoti, išskyrus tą atvejį, kai automobilis yra iš antrojo srauto ir nori sukti į dešinę. Šioje sistemoje resursas, dėl kurio konkuruoja transporto priemonės, yra vieta sankryžoje, todėl tikslinga ją padalyti į tris zonas (2 pav.). Atskiri srautai turi įvertinti, ar nėra kliūtis jų tikslo maršrute:

1 srautas: jei tiesiai, tai kliūtis galima 1 ir 2 zonose; o jei į dešinę, tai kliūtis galima 1 zonoje.

2 srautas: jei į dešinę, tai kliūtis galima 2 zonoje; o jei į kairę, tai kliūtis galima 2 ir 3 zonose.

3 srautas: jei tiesiai, tai kliūtis galima 3 zonoje; o jei į kairę, tai kliūtis galima 1 ir 3 zonose.

Norint, kad neįvyktų avarija, zonoje vienu metu gali būti tik vienas automobilis. Todėl jei važiuojamosios zonos yra užimtos arba dega neleistas šviesoforo signalas, automobilis stoja į eilę. Eilėje automobilis stovi tol, kol yra patenkinamos sąlygos: prieš jį nėra automobilių, dega leistinas šviesoforo signalas, reikalingos važiuojamosios zonos neužimtos. Iš eilės automobiliai išvažiuoja po vieną eilės tvarka (FIFO principu – *first in first out*). Automobilių lenkimas yra negalimas.



3 pav. Šviesoforų signalų veikimo laikai

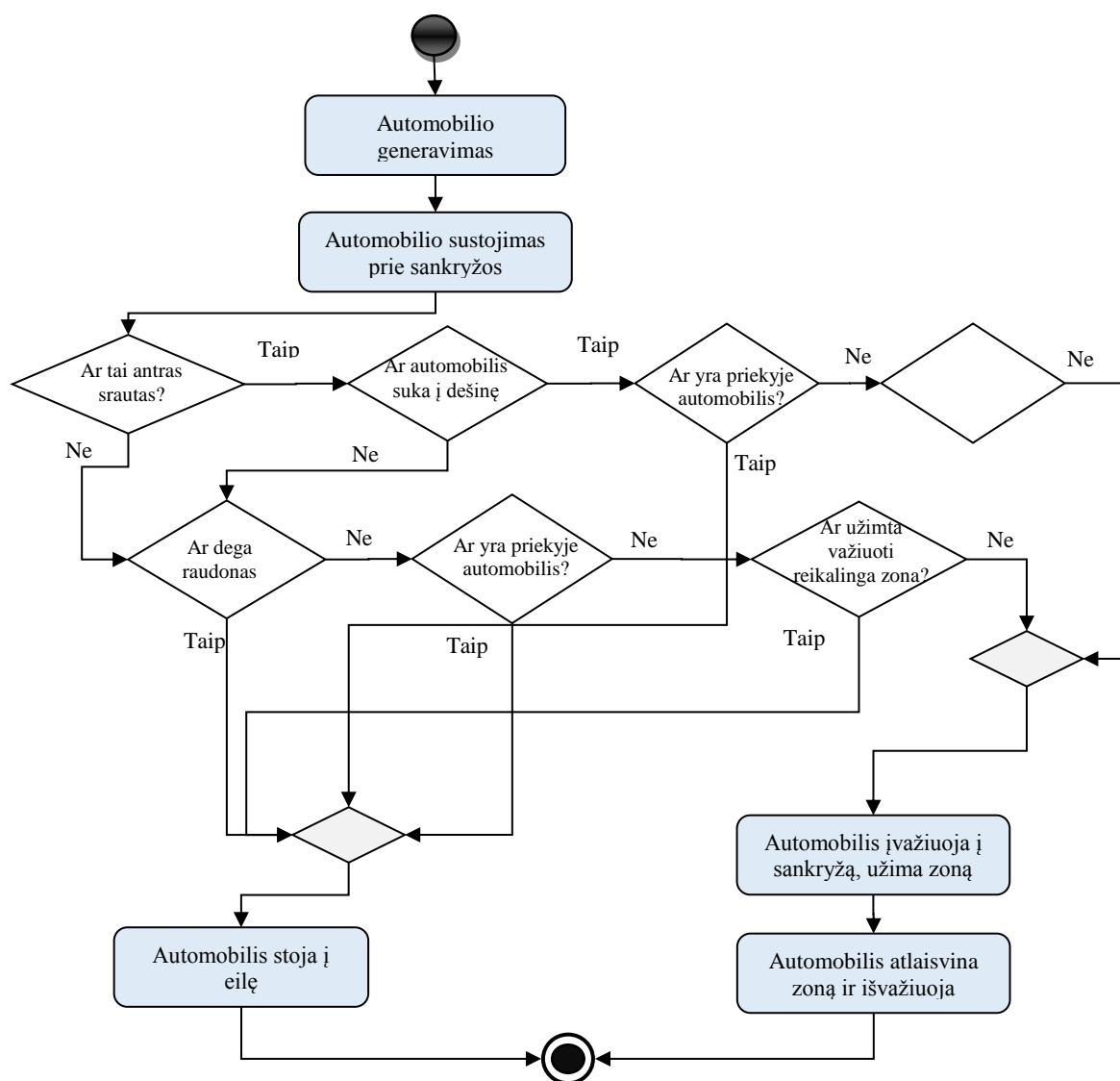
Sankryžoje dega šviesoforai su dviem signalais: raudonu (draudžiama važiuoti) ir žaliu (leidžiama važiuoti). Tarp leidžiamo ir draudžiamo šviesoforo signalų įsijungimo yra 60 pasirinktų laiko vienetų tarpas, t. y. vienas ciklas. Raudonas ir žalias signalai dega po 20 pasirinktų laiko vienetų. 3 pav. laiko ašyse atidėtas kiekvieno šviesoforo signalų įsijungimo laikas.

Imitacinio modelio parametrai: pradinė būsena – visos sankryžos laisvos, automobilių nėra. Imitavimo trukmė yra 1 valanda. Modelio animacija sudaroma atskirai nuo modelio logikos.

Statistika renkama apie automobilių, kirtusių konkrečias sankryžos zonas, skaičių, susidariusias eiles prie šviesoforų.

1.1 Modelio veiklos diagrama

Modelio veiklos apibendrinta visų srautų diagrama pateikta 4 pav. Apibendrinta modelio veiklos diagrama



4 pav. Apibendrinta modelio veiklos diagrama

1.2 Modelio realizavimas modeliavimo sistemoje ARENA

Kad sistema ARENA būtų realizuota, kiekvienam srautui aprašyti reikia 32 struktūrinių modulių, aprašančių:

- šviesoforo veikimą,
- automobilių generavimą,
- atskiras sankryžos zonas,
- tam tikrų zonų užėmimą ir jų atlaisvinimą,

- automobilių eilių didinimą ir mažinimą,
- automobilių pozicijos fiksavimą už kiekvienos zonos.

Taip pat reikalingi duomenų moduliai, aprašantys automobilius, šviesoforo signalus, zonas ir srautų eiles.

Modeliui realizuoti reikalinga tokia veiksmų seka:

1. Atidaromas naujas projektavimo langas.
2. Apsirašomi duomenys: sukuriama šviesoforų, zonų, automobilių srautų ir eilių aibės iš trijų elementų (3 šviesoforai, 3 zonos, 3 transportų srautai ir 3 eilės (eilės prie šviesoforo)):
 - 1) *Basic Process* skydelyje parenkamas *Set* duomenų modulis. Sukuriama *Resource* aibė pavadinimu **Zonos**, kurios elementai **zona_1**, **zona_2**, **zona_3** (5 pav.);

Set - Basic Process			
	Name	Type	Members
1	Zonos	Resource	3 rows
2	Masinos	Entity Type	3 rows
3	Sviesoforai	Resource	3 rows

Double-click here to add a new row.

Members	
	Resource Name
1	zona_1
2	zona_2
3	zona_3

5 pav. Modelio aibių aprašymai


- 2) taip pat sukuriami *Entity Type* aibė pavadinimu **Masinos**, kurios elementai **masina_1**, **masina_2**, **masina_3**;
- 3) sukuriami *Resource* tipo aibė pavadinimu **Sviesoforai**, kurios elementai **Sv_1**, **Sv_2**, **Sv_3**;
- 4) *Advanced Process* skydelyje parenkamas *Advanced Set* duomenų modulis. Sukuriama *Queue* tipo aibė pavadinimu **Eiles**, kurios elementai **1_srauto_eile**, **2_srauto_eile**, **3_srauto_eile** (6 pav.).

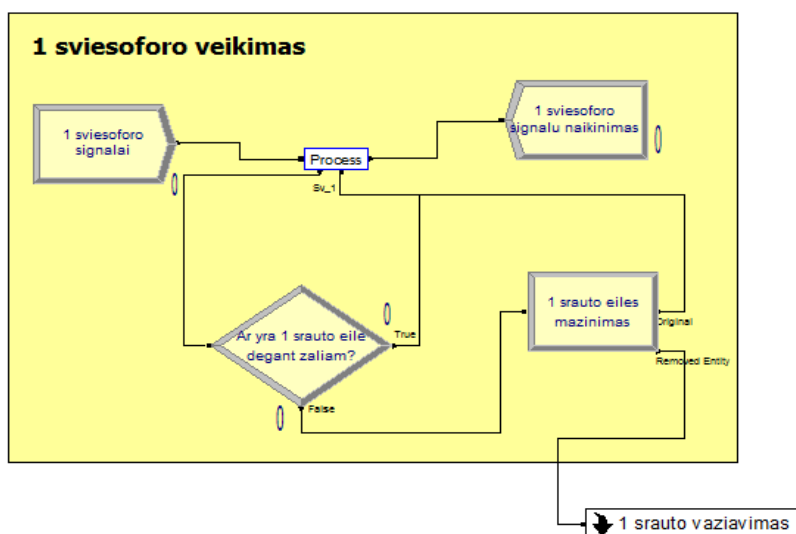
Advanced Set - Advanced Process			
	Name	Set Type	Members
1	Eiles	Queue	3 rows

Double-click here to add a new row.

Members	
	Queue Name
1	1_srauto_eile
2	2_srauto_eile
3	3_srauto_eile

6 pav. Eilių aibės aprašymas

3. Pirmiausia sudaromas modelis pirmojo srauto eismui ir pirmojo šviesoforo žaliai ir raudonam signalams modeliuoti. Kuriamo modelio schema pavaizduota 78 pav. Modelio struktūra sudaroma keliais hierarchijos lygiais. Pirmojo srauto automobilių važiavimo schema sukelia į atskirą submodelį „1 srauto vaziavimas“. Sub modeliui sukurti yra skirtas mygtukas  viršutinėje meniu juostoje. Nurodomos submodelio savybės: 1 įėjimas, 0 išėjimų ir pavadinimas.



7 pav. Pirmojo srauto modelio schema

4. Atvykstančiam pirmajam srautui skirtas 1 šviesoforas (*Sv_1*). Šviesoforo signalams generuoti kas 60 sekundžių iš *Basic Process* skydelio panaudojamas *Create* modulis (8 pav.).

8 pav. Pirmojo šviesoforo signalų modulis

5. Šviesoforui aprašyti panaudojamas *Process* modulis iš *Common* skydelio (9 pav.). Šviesoforas (*Sv_1*) modeliuojamas kaip resursas, kuris yra užimamas (*Seize=1*), kai dega žalias signalas. Šviesoforo signalas dega žaliai 20 sekundžių.
6. Nustatomos kitos *Process* modulio savybės. Prie galimų parinkčių pažymimas *Access External Logic*, kuris reikalingas tam, kad tuo metu, kai resursas užimtas, būtų atliekami tam tikri veiksmai: – kai dega žalias signalas, mašinos atlaisvina eilę.

9 pav. Pirmojo šviesoforo aprašymo modulis

7. Iš *Process* modulio išeinantiems signalams sunaikinti panaudojamas *Dispose* modulis iš *Basic Process* skydelio (10 pav.).

10 pav. Pirmojo šviesoforo signalų panaikinimo modulis

8. *Process* modulio išorinei logikai aprašyti yra įėjimo ir išėjimo simboliai (jungtys) šio modulio apačioje. Išėjimas jungiamas su *Decide* moduliu (11 pav.), kuris skirtas patikrinti, ar prie pirmojo šviesoforo yra automobilių eilė (*1_srauto_eile*).

11 pav. Eilės prie pirmojo šviesoforo patikrinimo modulis

9. *Decide* modulio *tiesos* atveju (kai eilės nėra) joks procesas nevyksta ir signalas grąžinamas į *Process* modulio išorinės logikos įėjimą. *Decide* modulio *netiesos* atveju pirmojo srauto automobilis išimamas iš eilės (*1_srauto_eile*). Tam tikslui panaudojamas *Remove* modulis iš *Advanced Process* skydelio (12 pav.).

12 pav. Automobilio pašalinimo iš pirmos eilės modulis

10. Įterptas modulis *Remove* turi du išėjimus. Pirmasis skirtas originaliam signalui aprašyti. Jis sujungiamas su *Process* modulio išorinės logikos įėjimu. Pašalintas objektas bus sujungtas su įterptu submodeliu „1 srauto vaziavimas“. Gauta šviesoforo (*Sv_1*) modelio schema pavaizduota 78 pav.
11. Atidarius submodelį, sudaromas pirmojo srauto automobilių eismo per sankryžą modelis. Iš *Basic Process* skydelio parenkamas *Create* modulis (13 pav.) pirmojo srauto automobiliams generuoti atsitiktinai pagal eksponentę su vidurkiu kas 10 sekundžių.

13 pav. Pirmojo automobilių srauto generavimo modulis

12. Iš *Advanced Transfer* skydelio panaudojamas modulis *Station* pirmojo srauto automobilių padėčiai nustatyti (13 pav.). Šis modulis reikalingas animacijai aprašyti.

14 pav. Pirmojo automobilių srauto pradinės padėties nustatymo modulis

13. Iš *Basic Process* skydelio įterpiamas *Assign* modulis (15 pav.) pirmojo srauto automobilių kryptčiai generuoti: 50 proc. važiuoja 12 kryptimi (suka į dešinę), o likęs 50 proc. važiuoja 13 kryptimi (tiesiai). Kryptčių paskirstymui aprašyti sukuriamas atributas „kryptis“ (16 pav.).

15 pav. Krypties priskyrimo modulis pirmojo srauto automobiliams

16 pav. Atributo kryptis aprašymas

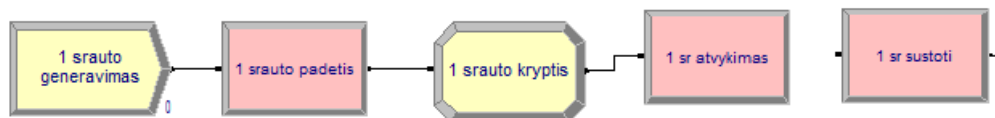
14. Iš *Advanced Transfer* skydelio panaudojamas *Route* modulis, skirtas pirmojo srauto automobilių maršrutui iki šviesoforo aprašyti (17 pav.).

17 pav. Pirmojo srauto automobilių atvykimo iki šviesoforo modulis

15. Iš *Advanced Transfer* skydelio panaudojamas *Station* modulis pirmojo srauto automobilių padėčiai prie šviesoforo nustatyti (18 pav.).

18 pav. Pirmo automobilių srauto padėties iki šviesoforo nustatymo modulis

16. Tarpinė ARENA modelio schema su sujungimais pateikta 19 pav. Reikia atkreipti dėmesį į tai, kad modulio *Route* jungti nereikia, nes nurodoma tikslinė stotelė.



19 pav. Tarpinė modelio schema

20 pav. Pirmojo šviesoforo sąlyginis modulis

17. Visos sąlygos, kurios turi būti patikrintos automobiliui priartėjus prie šviesoforo, surašomos į *Decide* modulį (20 pav.). Modulyje tikrinama, ar yra eilė, ar šviesoforas raudonas, ar zonos, atsižvelgiant į kryptį, užimtos. Tiesos atveju mašinos stoja į eilę. Šiai eilei aprašyti įtraukiamas *Queue* blokas iš *Blocks* skydelio (21 pav.).

21 pav. Pirmojo šviesoforo eilės blokas

18. Visos *Decide* modulio tiesos sąlygos sujungiamos su eilės bloku *Queue*. Netiesos atveju automobilis važiuoja pagal kryptį.
19. Srauto paskirstymui pagal kryptį aprašyti panaudojamas *Decide* modulis (22 pav.).

22 pav. Pirmojo srauto paskirstymo pagal kryptį modulis

20. *Decide* modulio tiesos atveju pirmojo srauto automobiliai užima pirmą zoną. Zonos užėmimui aprašyti panaudojamas *Seize* modulis iš *Advanced Process* skydelio (23 pav.).

23 pav. Pirmojo srauto pirmosios zonos užėmimo modulis

21. Pirmojo srauto padėčiai nukreipti už pirmosios zonos 12 kryptimi naudojamas *Leave* modulis iš *Advanced Process* skydelio (24 pav.). Nurodomas judėjimo laikas *Delay* ir kita stotelė.

Leave

Name: 1 sr palieka 1 zona Allocation: Value Added

Delay: 0 Units: Hours

Logic:

Transfer Out: None

Connect Type: Route Move Time: 5 Units: Second

Station Type: Station Station Name: 1 sr padėtis uz 1 zonos 12 kryptyje

OK Cancel Help

24 pav. Pirmojo srauto nukreipimo modulis 12 kryptimi

22. Nukreipto srauto nustatoma padėtis už pirmosios zonos 12 kryptimi su *Enter* moduliu iš *Advanced Transfer* skydelio (25 pav.).

Enter

Name: 1 sr padėtis uz 1 zonos 12 kryptyje Station Type: Station

Station Name: 1 sr padėtis uz 1 zonos 12 kryptyje Station Properties...

Logic:

Delay: 0 Allocation: Value Added

Units: Hours

Transfer In: None

25 pav. Pirmojo srauto nukreipimo modulis 12 kryptimi

23. Kai pirmasis srautas pravažiuoja pirmąją zoną, ją reikia atlaisvinti. Tam tikslui panaudojamas *Release* modulis iš *Advanced Process* skydelio (26 pav.). Kaip atlaisvinamasis objektas nurodomas pirmąją zoną aprašantis resursas „zona_1“.

Release

Name: 1 sr atlaisvina 1 zoną

Resources: Resource, zona_1, 1

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

Resources

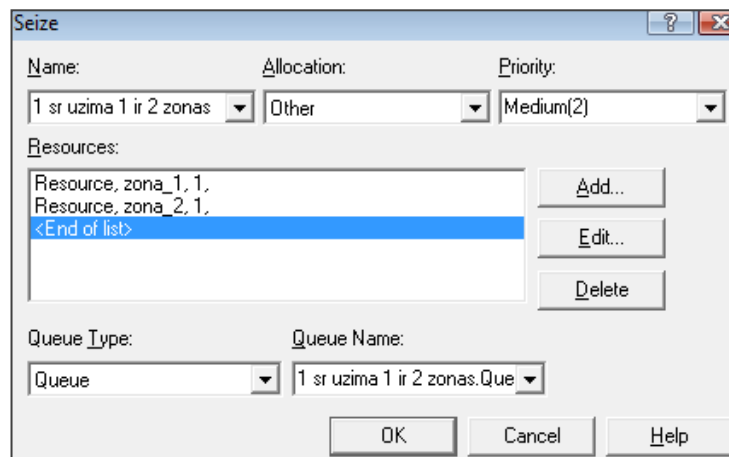
Type: Resource

Resource Name: zona_1 Quantity: 1

OK Cancel Help

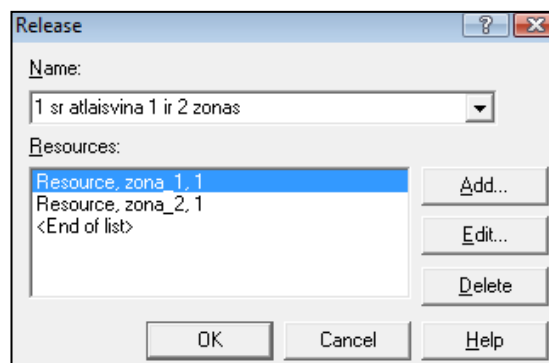
26 pav. pirmosios zonos atlaisvinimo modulis

24. *Decide* modulio „1 sr pagal krypti“ (17 darbo punktas) netiesos atveju visi veiksmai (20–23 punktai) atliekami analogiškai 1 srautui, kuris yra nukreiptas 13 kryptimi (tiesiai). Tik tada yra užimamos dvi zonos, kurios nustatomos *Seize* modulyje (27 pav.).



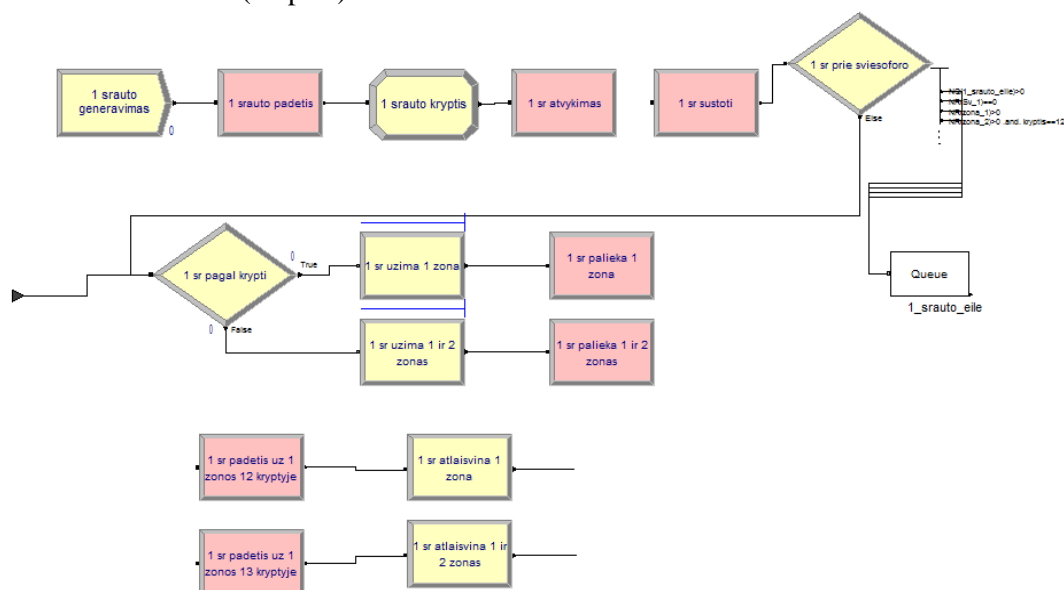
27 pav. Pirmojo srauto pirmosios ir antrosios zonos užėmimo modulis

25. Toliau įtraukiamas *Leave* modulis „1 sr palieka 1 ir 2 zonas“ srautui nukreipti į padėtį už 1 ir 2 zonų 13 kryptimi. Parametrai analogiškai *Leave* moduliui aprašytam 21 darbo punkte. Kaip tikstinė stotelė nurodoma „1 sr padėtis už 1 zonos 13 kryptyje“. Nukreipto srauto padėtis nustatoma už 1 ir 2 zonų 13 kryptimi su *Enter* modyliu „1 sr padėtis už 1 zonos 13 kryptyje“.
26. Kai srautas pravažiuoja 1 ir 2 zonas, jos atlaisvinamos panaudojant *Release* modulį (28 pav.).



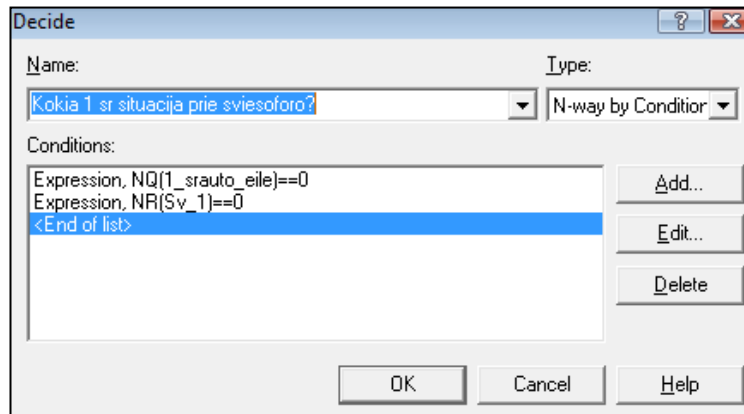
28 pav. Pirmojo srauto pirmosios ir antrosios zonos atlaisvinimo modulis

27. Tarpinė ARENA modelio schema pateikta 100 pav. *Leave* modulių jungti nereikia, nes yra naudojami *Route* moduliai (29 pav.).



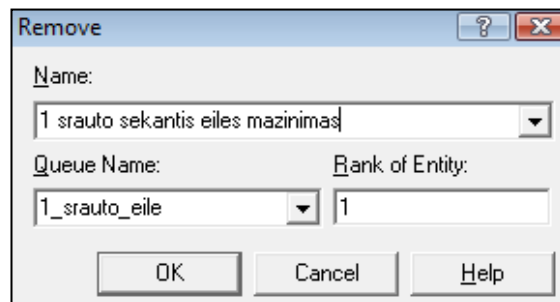
29 pav. Tarpinė submodelio „1 srauto vazivimas“ ARENA realizacijos schema

28. Įterpiamas dar vienas *Decide* modulis, kuriuo patikrinama paskesnė pirmojo srauto situacija prie šviesoforo. Patikrinama eilė prie pirmojo šviesoforo ir šviesoforo signalo spalva (30 pav.).



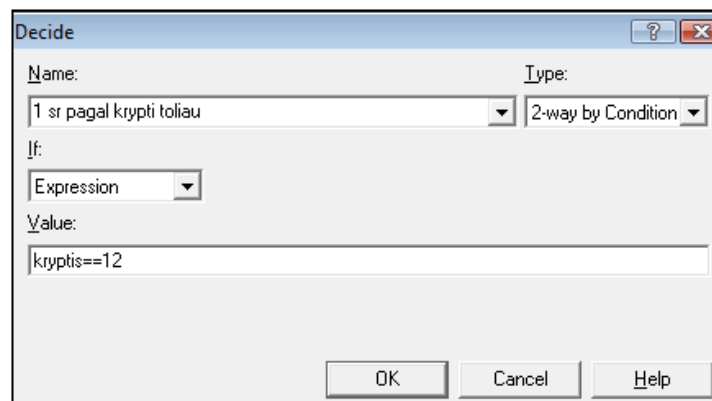
30 pav. Situacijos prie pirmojo šviesoforo patikrinimo modulis

29. *Decide* modulyje netiesos atveju yra pašalinamas automobilis iš eilės panaudojant *Remove* modulį iš *Advanced Process* skydelio (31 pav.). *Remove* modulyje pirmojo išėjimo originalus objektas siunčiamas į *Decide* modulį „1 sr pagal kryptį“.



31 pav. Pirmojo srauto eilės sumažinimo modulis

30. *Decide* modulyje „Kokia 1 sr situacija prie sviesoforo?“ tiesos atvejais ir *Remove* modulyje „1 srauto kitas eiles mazinimas“ originalus objektas yra sujungiami su *Decide* modulyje „1 sr pagal kryptį toliau“ išvažiuojančiam srautui paskirstyti iš modeliuojamos sankryžos (32 pav.).



32 pav. Pirmojo srauto pagal kryptį toliau paskirstymo modulis

31. *Decide* modulyje „1 sr pagal kryptį toliau?“ tiesos atvejis jungiamas su *Leave* modulyje srautui nukreipti į išvažiavimo padėtį už 1 zonos 12 kryptimi (33 pav.). Nukreipto srauto padėtis nustatoma naudojant įterptą *Station* modulį „1 sr isvaziavimas 12 kryptyje“ (34 pav.).

33 pav. Pirmojo srauto išvažiavimo 12 kryptimi modulis

34 pav. Pirmojo srauto padėties 12 kryptimi fiksavimo modulis

32. Statistikos įrašams registruoti apie automobilių, važiuosius 12 kryptimi, skaičių panaudojamas *Record* modulis iš *Basic Process* skydelio (35 pav.).

35 pav. Pirmojo srauto 12 kryptyje statistikos modulis

33. Sukurtiems objektams pašalinti iš sistemos skirtas *Dispose* modulis iš *Basic Process* skydelio (36 pav.).

36 pav. Pirmojo srauto 12 kryptimi naikinimo modulis

34. *Decide* modulis „1 sr pagal krypti toliau?“ netiesos atvejis sujungiamas su *Leave* modulių srautui nukreipti į išvažiavimo padėtį už 1 ir 2 zonų 13 kryptimi (38 pav.). Nukreipto srauto padėtis nustatoma naudojant įterptą *Station* modulį (38 pav.).

Leave

Name: 1 sr isvaziuoja 13 krytyje Allocation: Value Added

Delay: 0. Units: Hours

Logic

Transfer Out: None

Connect Type: Route Move Time: 10 Units: Second

Station Type: Station Station Name: 1 sr isvaziavimas 13 krytyje

OK Cancel Help

37 pav. Pirmojo srauto išvažiavimo 13 kryptimi modulis

Station

Name: 1 sr isvaziavimas 13 kryty Station Type: Station

Station Name: 1 sr isvaziavimas 13 kry

Parent Activity Area: Associated Intersection:

☒ Report Statistics

OK Cancel Help

38 pav. Pirmojo srauto padėties 13 kryptimi nustatymo modulis

35. Statistikos įrašams registruoti apie automobilių, važiavusių 13 kryptimi, skaičių panaudojamas *Record* modulis iš *Basic Process* skydelio (39 pav.).

Record

Name: 1 sr statistika 13 krytyje Type: Count

Value: 1 ☐ Record into Set

Counter Name: 1 sr statistika 13 krytyje

OK Cancel Help

39 pav. Pirmojo srauto 13 kryptimi statistikos modulis

36. Sukurtiems objektams pašalinti iš sistemos įtraukiamas *Dispose* modulis (40 pav.).

Dispose

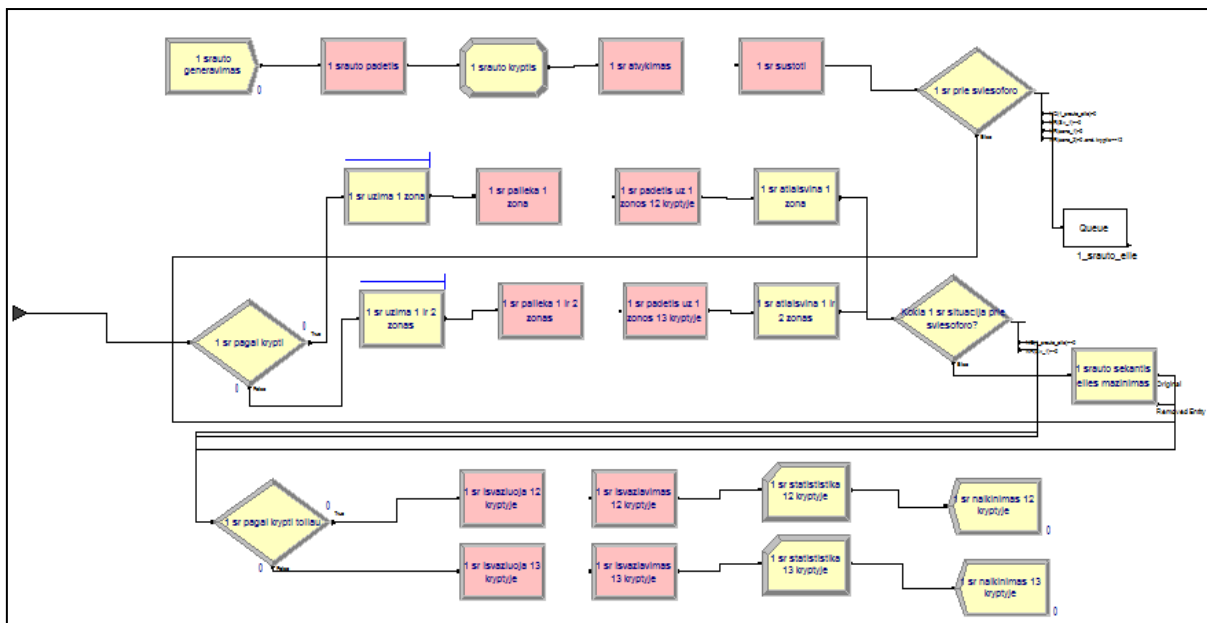
Name: 1 sr naikinimas 13 krytyje

☒ Record Entity Statistics

OK Cancel Help

40 pav. Pirmojo srauto 13 kryptimi naikinimo modulis

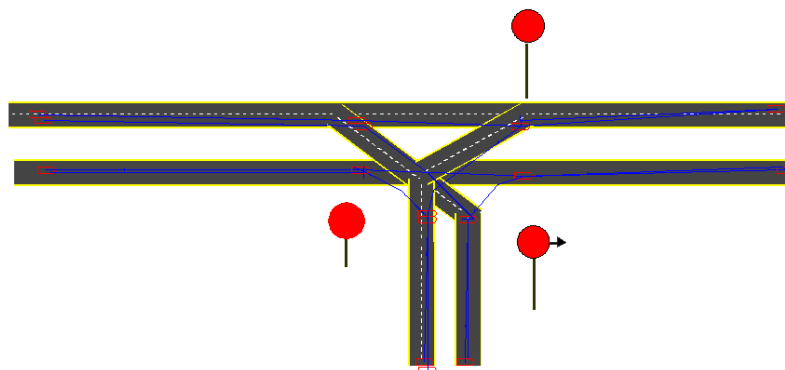
37. Pirmojo srauto ARENA modelio realizacijos schema pateikta 41 pav.




41 pav. Pirmojo srauto važiavimo submodelio realizacijos schema

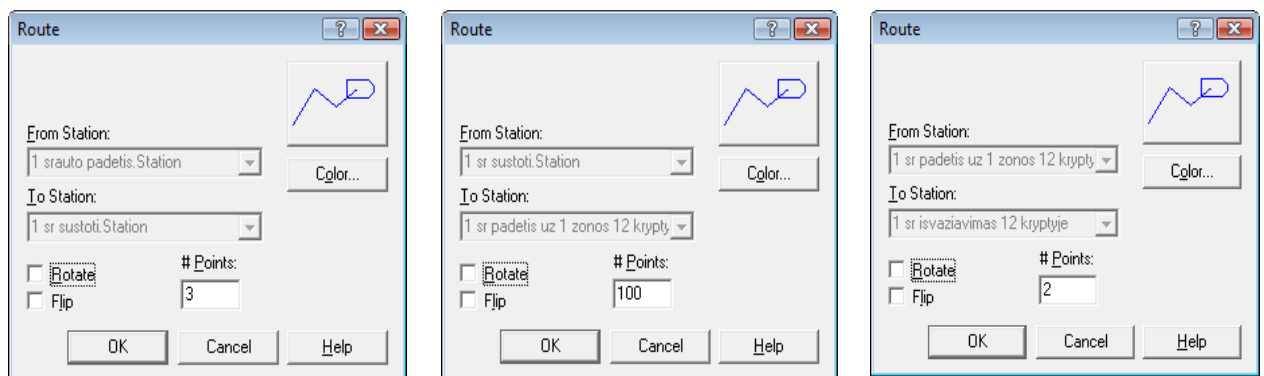
38. Nustatoma imitavimo trukmė – 1 valanda, o pagrindiniai vienetai – sekundės (24 sekundės).

39. Modelio projektavimo lango kitoje vietoje nubraižoma sankryžos forma. Pavyzdys pateiktas 42 pav.





42 pav. Modelio animacija

40. Iš *Animate Transfer* skydelio pasirenkamas  maršrutams nubraižyti. Reikia nurodyti pradžios ir pabaigos taškus. Pavyzdžiui, 1 srauto maršrutui 12 kryptimi nurodomi 3 taškai (43 pav.).



43 pav. Pirmojo srauto maršruto animacijos stotelių aprašymai

41. Panaudojant eilių vaizdavimo mygtuką , nubraižomas eilės ilgis ir forma prie pirmojo šviesoforo.

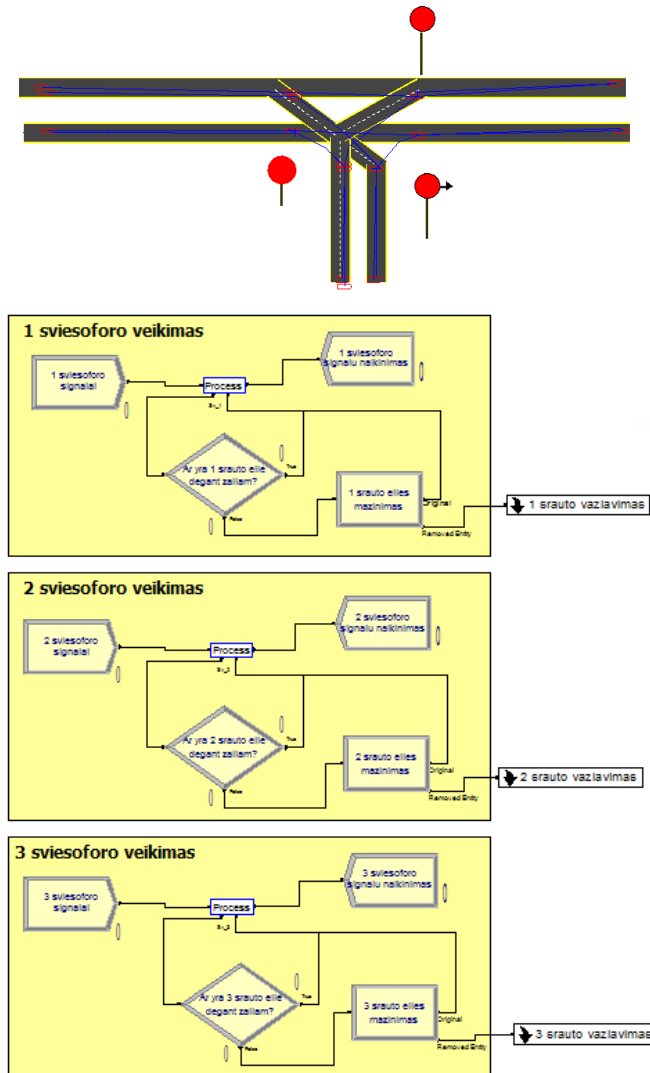
42. Panaudojant resursų vaizdavimo mygtuką , nustatomos ir nubraižomos šviesoforo raudona ir žalia spalvos.

43. Animacijos vaizdai įvardyti įvykdomos komandos *View→Named Views→Add*, nurodomas pavadinimas.

44. Koreguojant kintamuosius, modulių pavadinimus ir sąlygas, yra sudaromi modeliai antrajam ir trečiajam srautams. Tai galima padaryti ir nukopijavus pirmojo srauto ir pirmojo šviesoforo modelius ir juos atitinkamai koreguojant. Antrajam srautui sukuriamas submodelis „2 srauto vaziavimas“, trečiajam srautui – „3 srauto vaziavimas“. Sankryža papildoma atitinkamai dviem šviesoforais ir dvejomis automobilių eilėmis. Bendra visos sankryžos ARENA schema pateikta 44 pav.

1. Papildomos užduotys

- Surinkti statistiką, kaip pasiskirstė mašinų srautai pagal kryptis, kokios vidutiniškai eilės susidarė prie šviesoforų;
- Sukurti pėstijį, kuris eina per perėją, kai dega žalias šviesoforas antrajam automobilių srautui;
- Nurodyti visų šviesoforų gedimus (deganti geltona šviesa) tam tikrais laiko momentais.



44 pav. Bendra ARENA modelio realizacijos schema