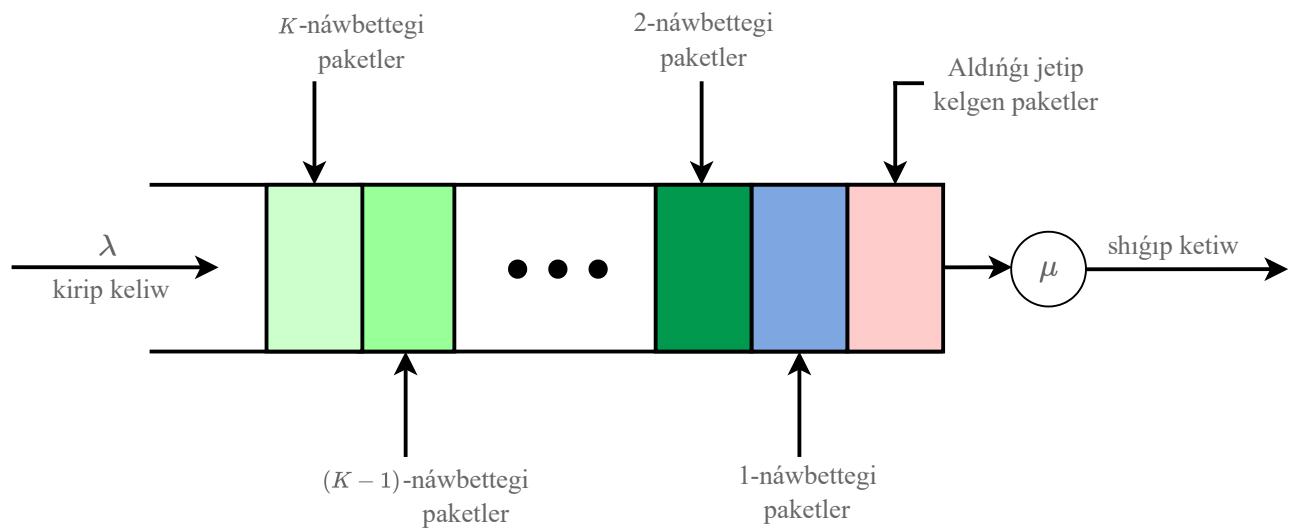


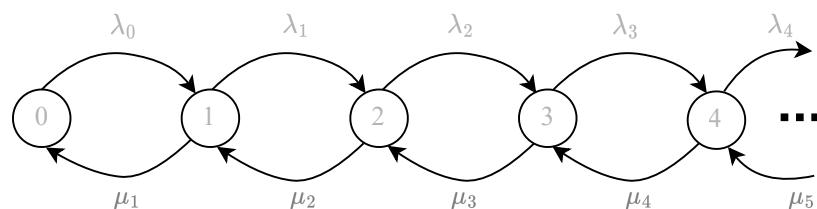
KUANISHBAY SADATDIYNOV



“BAYLANÍS SISTEMALARÍN MODELLESTIRIW HÁM SIMULYACIYALAW”

páninen
ámeliy shınıǵıwlardı AnyLogic ortalığında orınlaw boyınsha

METODIKALÍQ KÓRSETPE



ÓZBEKSTAN RESPUBLIKASI CIFRLÍ TEXNOLOGIYALAR MINISTRIGI

**MUHAMMED AL-XOREZMIY ATINDAĞÍ TASHKENT
INFORMACIYALÍQ TEXNOLOGIYALARÍ UNIVERSITETI
NÓKIS FILIALÍ**

**TELEKOMMUNIKACIYA TEXNOLOGIYALARI HÁM KÁSIPLIK TÁLIM
FAKULTETI**

“Telekommunikaciya injiniringi” kafedrası

Kuanishbay Sadatdiynov

**“BAYLANÍS SISTEMALARÍN MODELLESTIRIW HÁM
SIMULYACIYALAW”**

páninen ámeliy shınıǵıwlardı AnyLogic ortalığında orınlaw boyınsha

METODIKALÍQ KÓRSETPE

Nókis 2023

Avtor: t.i.d., Sadatdiynov Kuanishbay Ernazarovich. “Baylanıs sistemaların modellestiriw hám simulyaciyalaw” páninen ámeliy shınıǵıwlardı AnyLogic ortalığında orınlaw boyınsha metodikalıq kórsetpe – Nókis: Muhammed al-Xorezmiy atındaǵı TITU Nókis filiali. 2023. - 86 b.

Zamanagóy modellestiriw sistemeları informaciyalıq texnologiyalarınıń derlik tolıq imkaniyatlarından, atap aytqanda modellerdi jaratiw ushın grafikalıq aynalardan paydalaniw, shıǵıwshı nátiyjelerdiń interpretaciyası, animaciya, multimedia qurallarınan real waqt dawamında ámelge asırıw, obektke baǵdarlangan dástúrlew hám basqa imkaniatlardı da qollay aladı. Usı qollanbada AnyLogic ortalığında model quriw usılları beriledi.

Metodikalıq kórsetpe “Baylanıs sistemaların modellestiriw hám simulyaciyalaw” páni boyınsha 5350100 - Telekommunikaciya texnologiyaları (Telekommunikaciyalar) tálim baǵdari studentlerine mólsherlengen.

Metodikalıq kórsetpe Muhammed al-Xorezmiy atındaǵı Tashkent informaciyalıq texnologiyaları universiteti Nókis filiali Ilimiy-metodikalıq Keńesiniń qararı boyınsha baspadan shıǵarılǵan (2023 jıl “19”“may”“5” – sanlı bayanı).

Bul metodikalıq qollanbaniń elektron PDF formatta tómendegi silteme ýaki QR kodtı skanerlew arqalı júkep alıwińız mümkin.

https://github.com/Sadatdiynov/AnyLogic_practice/blob/main/Practice.pdf



Muhammed al-Xorezmiy atındaǵı Tashkent informaciyalıq texnologiyaları universiteti Nókis filiali, 2023 jıl

KIRISIW

AnyLogic paketi – imitaciyalıq modeldi islep shıǵıw ushın mólsherlengen professional jańa áwlad quralı bolıp tabıladı. Onıń islep shıǵarıwshısı “AnyLogic Company” (elektron mánzili: www.anylogic.com) esaplanadı.

AnyLogic informaciyalıq texnologiyaları, parallel qatnasta bolatuǵın processler teoriyası hám gibríd sistemalar teoriyalarınıń jańa idealarına súyenip islep shıǵılǵan. Usı idealar sebepli quramalı modellerdi quriw processi keskin ápiwayılastı, sonday-aq bunda túrli modellestiriw usılların qollaw imkaniyatı da bar.

AnyLogic baǵdarlamalıq quralı obektke baǵdarlanǵan koncepciyaǵa tiykarlanadı [1-3]. Basqa bir tiykarǵı koncepciya bolsa modeldi parallel isley alatuǵın hám óz-ara baylanısta bolǵan halatlar toplamı sıpatında qarawǵa tiykarlanadı. AnyLogicte aktiv obekt – bul jeke funkcionallıqqa iye hám sırtqı ortalıq penen baylanıs qılıwshı obekt esaplanadı. Ol óz ishine qálegenshe basqa aktiv obektlerdi birlestiriwi múmkin.

Modeldi islep shıǵıw processinde visual grafikalıq elemenlerinen: halatlar diagramması (statechart), signallar, hádiyseler, portlar, hádiyselerdi sinxron hám asinxron rejelestiriw, aktiv obektler bibliotekalarınan paydalaniw múmkin. Qolay interfeys hámde AnyLogictegi kóp sanlı modellerdi islep shıǵıw quralları tek ǵana paydalaniwda emes, al bul ortalıqta kompyuter imitaciyalıq modellerdi jaratıw processin de ańsatlastırıdı.

AnyLogicte modellerdi islep shıǵıwda imitaciyalıq modellestiriwdiń bir neshe tradiciyalıq jónelis koncepciyaları hám qurallarınan paydalaniw múmkin. Dinamikalıq sistemalar, diskret-hádiyseli modellestiriw, dinamika sistemaları, agent-modellestiriw metodikası usılar qatarına kiredi. Bunnan tısqarı AnyLogic bir neshe usıllardı integraciyalaw (birlestiriw) arqalı túrli quramalı process baylanısların modellestiriwge imkaniyat beredi.

1-ÁMELIY SHÍNÍGÍW

ANYLOGIC SIMULYACIYALÍQ QURALÍNÍN QOLLANÍLÍWÍ HÁM IMKANIYATLARI

Jumistan maqset: Sistemalardı simulyaciyalawda AnyLogic dásturin qollaw, onıń interfeysi menen tanısıw hám onda qollanılatuǵın obektler menen tanısıwdan ibarat.

Teoriyalıq maǵlıwmatlar

Modellestiriwdiń eki fazası. AnyLogic model quriw hám onı analizlew quşaǵan imitaciyalıq modellestiriwdiń eki fazasınan ibarat. Modeldi quriw AnyLogic grafikalıq redaktöründə kóp sanlı quriwdı ápiwayılastırıwshı qurallar járdeminde ámelge asırıladı hám qurılǵan model AnyLogic kompilyatorı járdeminde islew ushın júklenedi. Modeldi islew processinde paydalaniwshı processti gúzetiw, model parametrlerin ózgertiw, taǵı da nátiyjelerdi túrli kórinislerde shıǵarıw hám model ústinde hár túrli tájiriybelerdi ótkeriw imkaniyatına iye boladı.

Arnawlı esaplawlardı ámelge asırıw hám obektlerdi ózin tutıw halatın túsindiriw ushın AnyLogic zamanagóy Java tili imkaniyatlarından paydalaniwı da mûmkin [4].

Aktiv obektler, olardıń klassları hám kórinisleri. Aktiv obektler AnyLogictiń tiykarǵı quriwshı blogı bolıp esaplanadı hám real ómirdiń qálegen obektin modellestiriwge imkaniyat beredi.

Klasslar dástúrlewdiń áhmiyetli quralı bolıp, quramalı sistemani strukturalawǵa imkaniyat beredi. Klass shablondı aniqlaydı hám soǵan sáykes onıń basqa kórinisleri súwretlenedi.

Aktiv obekt *Klassıń* kórinişi esaplanadı. AnyLogicte model jaratıw ushın dáslep, aktiv obekt klassları jaratıldı (yáki AnyLogic bibliotekası qoramındaǵı

obektlerden paydalanyladi) hám óz-ara baylanis shártleri kiritiledi. AnyLogic aktiv obektlerdiń grafikli klassların Java klasslarǵa interpretaciyasın ámelge asıradı, sol sebepli modellestiriwshi bul processste modellestiriwdiń obektke baǵdarlangan usılınan paydalana aladı.

Aktiv obektler ishki obektlerge iye bolıwı múmkin hám bul jaǵdayda olardıń sanı sheklenbegen. Bul bolsa óz náwbetinde qálegen detalizaciya dárejesi ushın dekompoziciyayı ámelge asırıwdi támiynleydi.

Aktiv obektler anıq belgilengen qatnas interfeysine iye. Olar basqa obektler menen usı interfeysler arqalı baylanıstırıldı.

Bul quramalı strukturalı sistemalardı jaratıwdı ańsatlastırıdı hám aktiv obektlerden qayta paydalaniwǵa imkaniyat beredi. Aktiv obekttiń klasın jaratqannan soń siz usı klassqa tiyisli bolǵan qálegenshe obekt nusxaların jaratıwińız múmkin.

Hár bir aktiv obekt struktura (oǵan tiyisli bolǵan aktiv obektler jiyındısı hám óz-ara baylanısı)ǵa, hámde ózgeriwshi parametrler, halatlar kartası hám basqalarǵa iye. Aktiv obekttiń hár bir nusxası óz qásiyetine iye, yaǵníy óz muǵdar paremetrlerine iye hám basqa obektlerden jeke ráwishte isleydi hámde sırtqı ortalıq penen baylanısta boladı.

Modeldi visual ráwishte quriw. Model quriw processinde visual jaratıw quralları (halatlardıń kiritilgenligi hám halatlardıń ótiwleri, ózgeriwshiler piktogramması hám taǵı basqalar), parametrlerdiń sanlı mánisleri, ózgeriwshiler ushın analitikalıq qatnasiqlardı kírgiziw qusaǵanlardan paydalanyladi. AnyLogicte dástúrlewdiń tiykarǵı texnologiyası bolıp vizual dástúrlew, yaǵníy grafikli obektler hám struktura ierarxiyası piktogrammaları, sonday-aq aktiv obekttiń ózin tutıw halatları járdeminde dástúrlew esaplanadı.

Ishki (dástúr quramındaǵı) Java tili. AnyLogic obektke baǵdarlangan zamanagóy Java tili ústinde qurılǵan dástúr bolıp, paydalaniwshi tárepinen grafikli redaktor járdeminde qurılǵan barlıq obektler Java tili konstrukciyasına kompilyaciya qılınadı, soń bunday barlıq dástúrler Javada júklenedi. Dástúrlew

jumısları minimal dárejede kemeytirilgen bolsa da, izleniwshi ushın bul til haqqındaǵı bazıbir túsiniklerge iye bolıw (mısıl ushın durıs sintaktik konstrukciyalardı biliw) talap etiledi.

Obektler halatın súwretlew quralları. Obektler halatın súwretlewshi qurallar bolıp ózgeriwshiler, halatlar diagrammaları hám hádiyseleri xızmet etedi. *Ózgeriwshiler* obektiń ózgeretuǵın xarakteristikaların ańlatadı. *Hádiyseler* túrli waqıt intervallarında júz beredi hám belgilengen háreketler ámelge asırıladı. *Halatlar diagrammaları (Statechart)* obektiń qandayda bir shárt yáki hádiyse tásirinde ózin tutıw halatın vizual súwretlewge imkan beredi, olar halatlardıń hám ótiwlerdiń grafikalıq kórinislerinen ibarat. Qálegen quramalı logikalıq baylanıslardı usı qusaǵan halatlar diagrammaları kombinaciyaları kórinisinde, differencial hám algrebralıq teńlemeler, ózgeriwshiler, taymerler hám Java tilindegi dásúr kodı kórinisinde ańlatıw múmkin. Bunda algebralıq hám differencial teńlemeler analitikalıq kórinisinde súwretlenedı.

Modellestiriw waqtı. Modellestiriw waqtı imitaciyalıq modellestiriwde tiykarǵı túsinik esaplanadı. Modellestiriw waqtı – bul modeldiń barlıq obektleri halatı anıqlanatuǵın shártli logikalıq waqıt birligi bolıp esaplanadı. AnyLogic modellerinde obekt halatı differencial teńlemeler arqalı ańlatılsa modellestiriw waqtı úzliksiz, kerisinshe bolsa diskret esaplanadı.

Izleniwshi modellestiriw waqtın qálegen waqıt aralığında: sekund, minut, saat yáki jıl kórinisinde interpretaciya qılıwı múmkin. Bunda tek barlıq waqıtqa baylanıslı processler birdey birliklerde ańlatılıwı kerek.

Fizikalıq processlerdi modellestiriwde de barlıq parametrler hám teńlemeler birdey birliklerde ańlatılıwı kerek.

Model interpretaciyası kompyuterde ámelge asırıladı. Processor tárepinen modellestiriw waqıt birligi ishinde orınlaniwı lazım bolǵan háreketlerdi ámelge asırıw ushın ketetuǵın fizikalıq waqıt kóp gana faktorlarǵa baylanıslı. Sol sebepli fizikalıq hám modellestiriw waqtı túsinikleri bir birine sáykes kelmeydi.

AnyLogic ortalığında modellerdiń jükleniwi ushın eki rejim bar:

- Virtual waqt rejimi
- Real waqt rejimi

Virtual waqt rejiminde processor fizikalıq waqtqa baylanıslı bolmaǵan jaǵdayda maksimal tezlikte modellestiriwdi ámelge asıradı.

Bul rejimnen modeldiń faktorlı analizi, statistika alıp bariwda, model parametrlerin optimizaciyalawda hám basqalarda paydalanyladi.

Animaciya hám basqa gúzetiw aynaları modeldi interpretaciyalaw tezligin kemeytedi, sol sebepli tezlikti asırıw maqsetinde bunday aynalardı jabıw kerek.

Real waqt rejiminde paydalaniwshı modellestiriw waqtı hám fizikalıq waqtı arasındağı baylanıslılıqtı kiritedi, yaǵníy model interpretaciyası ushın processor tezligine sheklew kiritedi. Bul rejimde bir sekund dawamında processor tárepinen ámelge asırılatuǵın modellestiriw waqtı muǵdarı kiritiledi. Ádette bunday rejim sistemanıń real halatta gúzetiliwin támiyinlew ushın hámde modelde júz berip atırǵan processler tiykarın túsiniw ushın kerek boladı.

Fizikalıq hám modellestiriw waqtı arasındaǵı qatnasiqtı tómendegı misalda kórsetiw mümkin:

Tezleniw koefficienti 4 bolǵan jaǵdayda, eger processor barlıq operaciyalardı 1 sekundtan kem waqt dawamında orinlawǵa úlgerse, ol jaǵdayda sekund waqtı tamamlanıwın kútedi, kerisinshe jaǵdayda bolsa, kútiw intervalı bolmaydı hám tezleniw koefficienti paydalaniwshı tárepinen belgilengen mánisten kishi boladı.

Model halati animaciyası. AnyLogicte modellestirilip atırǵan sistemanıń islewin gúzetiw ushın qolay qurallar bar hám olar quramalı sistemanıń “ózin tutıw halatlari”n ómirdegede kóriniste dinamikalıq animaciya halatında gúzetiwge imkaniyat beredi.

Prosesstiń vizualizaciyası modellestilip atırǵan sistemanıń adekvatlığın tekseriwde, kiritilip atırǵan logikadaǵı qáteliklerdi aniqlawǵa imkaniyat beredi. Animaciya quralları izleniwshi tárepinen kiritilgen dinamikalıq parametrler, teńlemeler hám modellestirilip atırǵan obektti virtual álem (memosxemanı

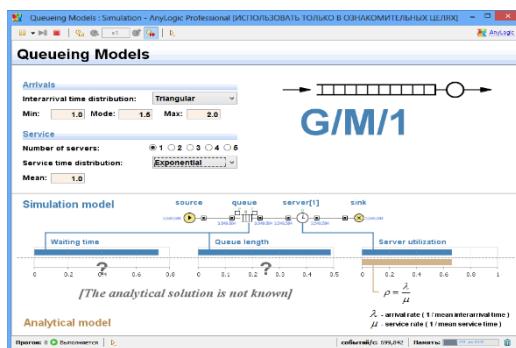
ańlatıwshı grafikalıq kórinisler jiyındısı) kórinisinde ańsat ańlatıwǵa imkaniyat jaratadı.

Animaciyaǵa kiritilgen grafikalıq elementler dinamikalıq dep júritiledi, sebebi olardıń barlıq parametrleri, yaǵníy kórinisi, reńi hám taǵı basqalardı modeldiń parametrleri hámde ózgeriwshi mánislerine sáykes jaǵdayda ózgeriwin támiyinlew mûmkin.

AnyLogicte vizual texnologiyalar járdeminde qálegen qıyıñshılıqtaǵı interaktiv animaciyalardı jaratiw mûmkin, solardıń ishinde grafikalıq obektlerdi baylanıstırıw imkaniyatı da bar.

Model kibi animaciya da dinamikalıq ózgeriwshi ierarxiyalıq strukturaǵa iye bolıp esaplanadı. Bunda bir animaciya arqalı bir qansha dárejedegi detallastırıwlardı ámelge asırıw mûmkin.

Bul dástúriy qural járdeminde eki ólshemli hám úsh ólshemli animaciyalardı da jaratiw mûmkin.



a) G/M/1 túrindegi ǵXKS modeli



b) Kárhanada qutqarıw xızmetin modellestiriw

1.1-súwret. AnyLogic dástúriy kompleksi járdeminde modellestiriwge tiyisli misallar

Modeldiń interaktiv analizi. Kóp ǵana modellestiriw sistemaları model parametrlerin tek ǵana onıń jükleniwinen aldın ózgertiwge imkan beredi. AnyLogic bolsa model iskerligine aralasıwǵa, taǵı da onıń islew dáwirinde mánislerin ózgertiwge sharayat jarata aladı. Bunday qurallarǵa misal retinde animaciya aynasına kiritiw mûmkin bolǵan “slayder”lerdi keltiriw mûmkin.

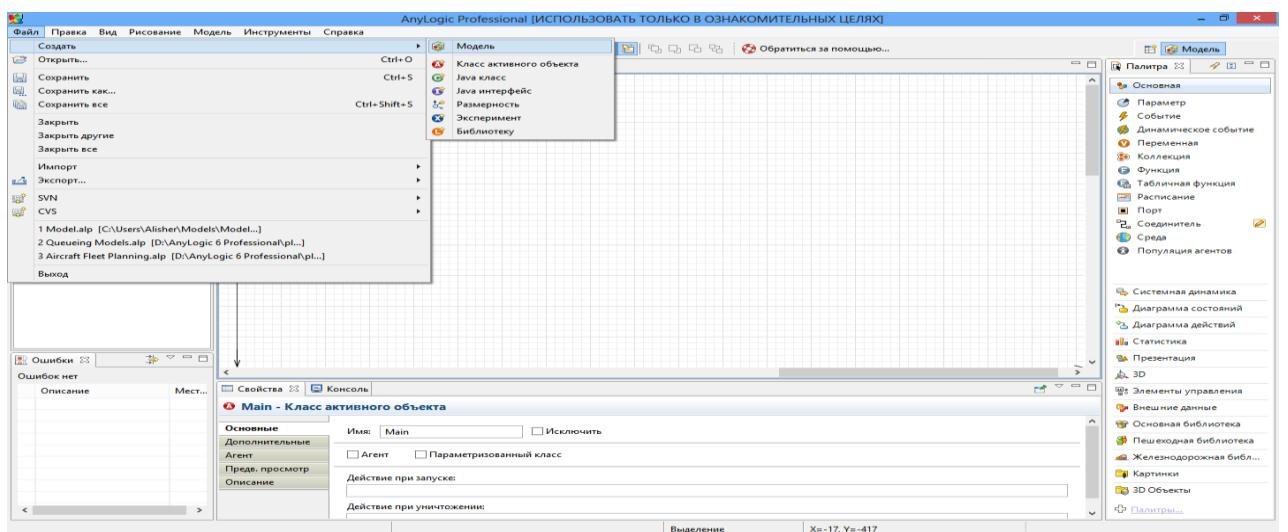
Paydalaniwshı interfeysi. AnyLogic júklengeninen keyin jumısshı ayna ashıladı, bunda jańa proektti jaratiw ýaki eski projektlerdi ashiw ámelge asırılıwı mümkin.

AnyLogic 6.4 versiyasınan baslap, izertlewshige yaǵníy modellerdi quriw ushın shablonlardan paydalaniw imkaniyatı tuwıldı [4].

Jumıstı orınlaw tártibi

Jańa proektti jaratiw ushın úskener panelindegi sáykes túymeni basıw ýaki **Fayl** menyusindegi Jańa proektti jaratiw “**Создать проект**” punkti tańlanadı hám astqı menyuden **Model** punkti tańlanadı. Nátiyjede “**Новая модель**” dialog aynası ashıladı. Soń modeldi jaratiw masterleri kórsetpeleri boyınsha is alıp barıladi. Modeldi jańadan dúziw ýaki shablonlardan paydalaniw mümkin.

Proektti ashiw processinde (jańa ýaki eski projekt) AnyLogic turaqlı projektlerdi islep shıǵıw quralı – modellerdiń grafikalıq redaktorın ashadı (1.2-súwret).



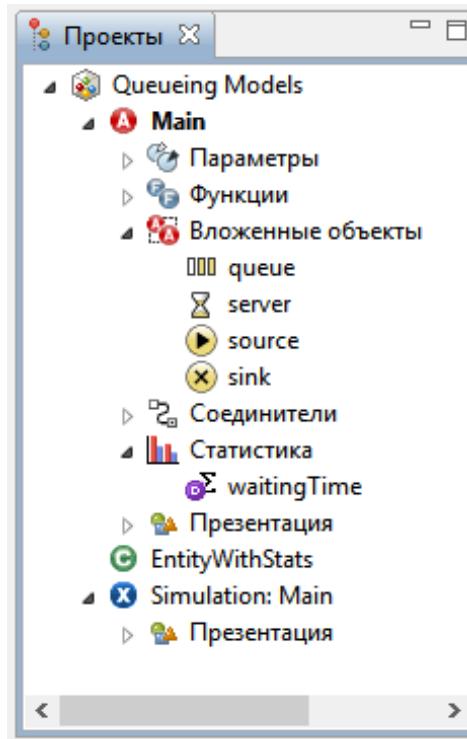
1.2-súwret. AnyLogictıń jumısshı maydanı

Bul redaktordıń tiykargı quramın kórip shıǵamız.

Proekt aynası paketler, klasslar kibi projekt elementleri boyınsha qolay navigaciyanı támiyinleydi. Projekt ierarxiyalıq tárizde shólkemlestirilgenligi sebepli ol terek kórinisinde súwretlenedi. Projekt terektiń joqarı qatlamań iyeleydi, paketler

keyingi qatlamda, soń bolsa aktiv obektler klassları hám xabarlar tárzinde ierarxiyalıq kórinisinde súwretlenedi.

Obektler tereginen jumıssı proektti basqarıp, ańsat ógana qálegen elementti qosıw, kóshiriw hám joq etiw mûmkin.



1.3-súwret. Projekt quramındaǵı elementlerdiń ierarxiyalıq strukturası

Simulaton: Main (Tájiriybe) projekt tereginde túyinlerden biri bolıp esaplanadı. Ol modeldi ózgertiwde qollanılatuǵın sazlamalar toplamın ózinde saqlaydı. Projekt jaratılǵan waqıtta avtomatikalıq ráwıshte bir “tájiriybe” punkti ashıladı. Kóp jaǵdaylarda ápiwayı tájiriybe qollanıladı. Bunnan tısqarı hár túrli modellestiriw máselelerin sheshiwde basqa “tájiriybe”lerden paydalaniw mûmkin.

Strukturalı diagramma. Modeldi jaratiwda onıń strukturasın kiritiw (yaǵníy qaysı elementlerden dúzilgenin túsındırıw) lazım. AnyLogicte modeldiń strukturasın aktiv elementler qurayıdı. Aktiv obekt strukturaǵa hám ózin tutıw (поведение) qábiletine iye. Struktura elementleri – usı obekttiń quramındaǵı basqa aktiv obektler hám strukturada olardıń óz-ara baylanısı esaplanadı.

Aktiv obektler tómendegilerden quralǵan bolıwı mûmkin: hádiyse, halatlar diagramması, ózgeriwshiler, funkciya, teńlemeler, parametrler.

Aktiv obektiń strukturası strukturalıq diagrammada grafikalıq kóriniste ańlatıladi. Model ózin tutıwı bolsa halatlar diagramması arqalı hám sırtqı tásirlerge aktiv obektiń reakciyası arqalı belgilenedi.

Halatlar diagramması (yáki *statechart*) – sistemada ótiw grafları bolıp esaplanadı. Halatlar diagramması bir halattan basqa halatqa ótiw shártlerin, taǵı da ózgergen halatqa hádiyselerdi ańlatıw ushın xızmet etedi.

Halatlar diagramması UML (Unified Modeling Language) standartına sáykes keledi. Olar grafikalıq kórinisti, atributlardı hám ámelge asırıw processi semantikasın saqlaydı.

AnyLogic tómendegi túrdegi hádiyselerdi qollay aladı [4]:

- *signal* - obekt tárepinen basqa basqa obektke ne haqqındadur xabar jiberiw;
- *timeout (pauza)* – halat diagrammasında belgilengen waqıt dawamında hesh nárse júz bermeydi;
- *hádiyse* - Bull algebrasında ańlatpa “RAS” halattı iyelegende orınlanaǵın jumıslar.

Bunnan tısqarı redaktor aynasında modelde waqıt boyınsha júz berip atırǵan processlerdi ańlatıw ushın eki ólshemli hám úsh ólshemli animaciyalıq kóriniste qálidestiriw mûmkin.

Usı aynada modellestirilip atırǵan sistemanıń ózin tutıwın imitaciyalıq súwretlew ámelge asırılıdı.

Animaciyalıq kórinis elementleri ózgeriwshiler menen baylaw hám model parametrlerin ózgertiw ushın óz parametrlerine iye. Waqıt dawamında model ózgeriwshileri mánisi ózgeriwi grafikalıq kórinistiń ózgeriwine alıp keledi hám óz gezeginde izertlewshi ushın kórgezbeli súwretlew arqalı dinamikalıq ózgeriwshi grafikalıq úyreniwge járdem beredi.

Qásiyetler aynası. AnyLogic redaktöründe hár bir belgilengen obekt ushın óz qásiyetler aynası bar. Olarda bul elementtiń parametrleri kórsetiledi. Redaktör

aynasında qandayda bir element belgilengende tómengi bólümide onıń parametrlerin ańlatıwshı qásiyetler aynası payda boladı. Qásiyetler aynası bir neshe qosımsha aynalardan ibarat bolıp, hár bir ishki aynalar basqarıq elementi, kiritiw maydanı, bayraqshalar, ózgertirgishler, túymeler quşaǵan element qásiyetlerin kóriw ýáki ózgertiwdi támiyinleytuǵın qurallardan quralǵan boladı.

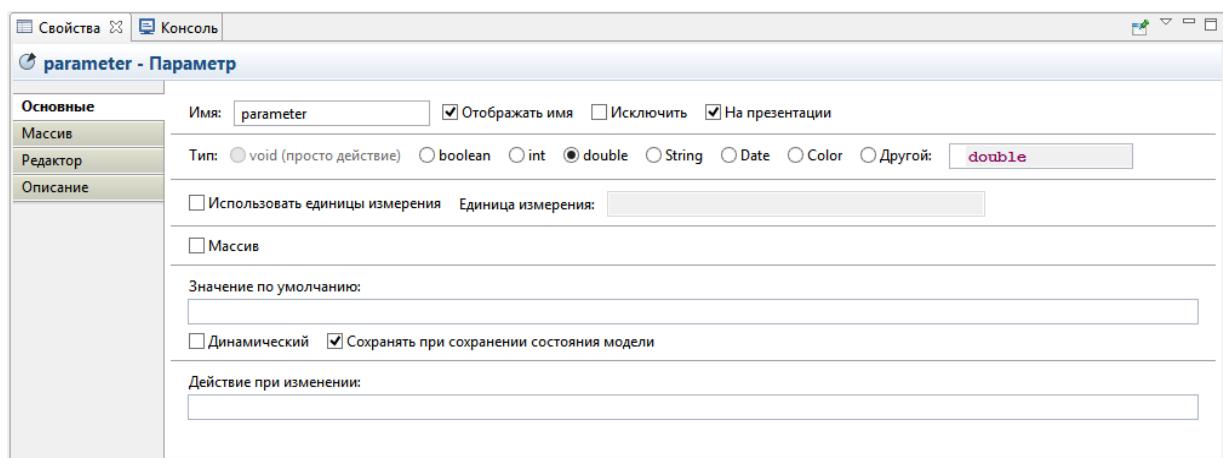
Ishki aynalar sanı hám olardıń sırtqı kórinişi belgilengen element túrine baylanıslı bolıp tabıladı.

Palitra aynası. Strukturalıq diagrammaǵa kirgiziw mûmkin bolǵan elementler (grafikalıq obektler) den quraladı. Elementler túrli ishki aynalarda súwretlenetuǵın toparlarǵa ajıratılǵan. Diagrammaǵa **Palitra** obektin qosıw ushın dáslep **Palitra** daǵı elementler basıldı, soń diagrammaǵa ústine basıldı.

Parametrler. Aktiv obektler parametrine iye boladı. Parametrler ádette obekt xarakteristikaların kirgiziw ushın paydalanıladı. Izertlewshi hár túrli xarakteristikadaǵı bir qıylı ózin tutatuǵın obektlerdi úyreniw ushın bir klasstaǵı bir neshe obektler parametrleri ushın hár túrli mánislerdi kiritiwi mûmkin.

Qálegen Java-klasslar ushın parametrlerdi túsindiriw mûmkin.

Aktiv obekttiń klass parametlerin jaratıw ushın (1.4-súwret) **Проект** aynasında aktiv obekt klası ústinde tıshqansha túymesı basıldı. Qásiyetler aynasında *Новый параметр* túymesı tańlanıp, ashılǵan dialog aynasında parameter qásiyetleri kiritiledi.



1.4-súwret. *Parameter* elementiniń qásiyetleri

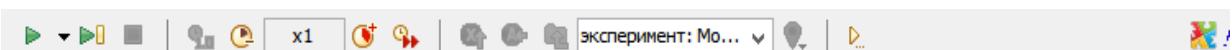
Ózgeriwshiler. Aktiv obekt ózgeriwshilerge iye bolıwı, ózgeriwshiler bolsa ishki ýaki interfeys ózgeriwshileri kórinisinde bolıwı mümkin. Sonday-aq aktiv obekt modellestiriw processinde waqt dawamında ózgeriwshi mániske iye bolıwı mümkin. Ózgeriwshiler aktiv obekt interfeyske kiritiliwi hám basqa aktiv obektler ózgeriwshileri menen baylanıwı mümkin. Bunday jaǵdaylarda bir ózgeriwshi mánisi ózgergende oǵan baylanıslı bolǵan basqa obektlerdiń ózgeriwshileri mánisleri de ózgeredi. Bul mexanizm obektlerdiń úzliksız hám/yáki diskret ózara tásirin támiyinleydi.

Xabar uzatiw. AnyLogic arnawlı informaciya paketleri – xabarlar járdeminde bir obektten basqasına maǵlıwmat uzatadı. Xabar uzatiw járdeminde basqarıw sistemadan komandalar ýaki signallar arqalı esletpe xabarlar jiberiledi. Buniń járdeminde buyırtpalar aǵımın da modellestiriw mümkin, bul jaǵdayda xabar sıpatında xızmet kórsetiletuǵın, qayta islenetuǵın hám basqa modellestiriw processin áňlatatuǵın tásirlerge ushıraytuǵın buyırtpa – obektler kóriledi.

Xabar aktiv elementlerdiń arnawlı elementi – port arqalı uzatıladı hám qabil etiledi. Xabar almasıw tek ǵana portlar arasında, jalǵaw elementleri, xabar jolin aňlatıwshı basqa elementler menen ámelge asırıladı.

Redaktorǵa kiritilgen obektlerdiń portların jalǵaw ushın úskener panelinde “Соединитель” túymesı basılıp, soń izbe-iz ráwishte eki port belgilenedi. Iyiliw noqatların payda etiw ushın úskener panelinde “Редактировать” túymesı basılıdı hám noqatlar halatı ózgertiledi.

Modeldi júklew hám gúzetiw. Modeldi júklew hám toqtatıw ushın arnawlı Model menyusinen ýaki úskúneler panelinen paydalanıladı.



1.5-súwret. Modeldi júklew hám toqtatıw paneli

Model júklengende Java tilinde ámelge asırılatuǵın kompilyator iske túsedı, modeldi kompilyaciyasın orınlap, modeldi júkleydi hám islewin támiyinleydi.

Modeldi iske túsiriw ushın “Выполнить” túymesi basıldı, soń dizim quramınan tájiriybe tańlanadı hám nátiyjede prezentaciya aynası ashıladı.

Stoxastikalıq modellestiriw. Stoxastikalıq halatlardı ańlatıwshı bir neshe túsindiriw usılları bar:

Hádiyseler arasındaǵı waqıttı ańlatıwda túrli bólístiriliw nızamlıqlarınan hám statistikadan paydalaniw;

Determinikalıq bolmaǵan (turaqlı emes) algoritmlerden paydalaniw, misal ushın buyurtpalardı joytıw itimallığı. Bir neshe hádiyseler bir waqıtta ámelge asırılıwı kerek bolǵan jaǵdayda, bul hádiyse ushın tegis bólístiriliwden paydalanyladi.

AnyLogic Stat: Fit – statistikanı qayta islewshi hám bar tańlanbadıǵı bólístiriwdi ańlatıwshı arnawlı baǵdarlamalıq qural bolıp esaplanadi.

AnyLogicte stoxastikalıq modellerdi islep shıǵıw quralların kórip shıǵamız. AnyLogicte 37 keń ushıraytuǵın: tegis, eksponencial, Bernulli, Binomial qusaǵan tosınnanlı sanlar bólístiriliwleri bar. Olardıń túsindirmelerin AnyLogictegi paydalaniwshı kórsetpelerinde hám ayırımların usı metodikalıq qollanbaniń qosımshasında kórip shıǵamız.

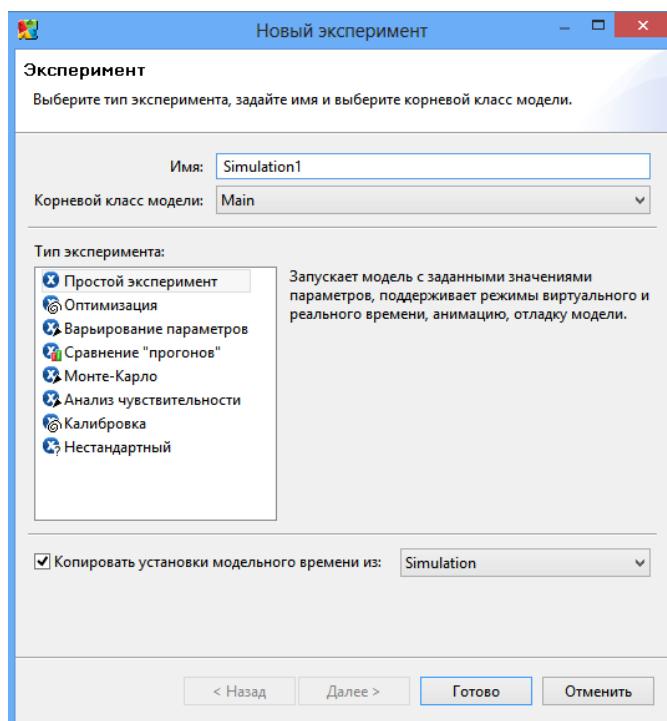
Barlıq itimalılıq bólístiriliwleri Distr. klassınıń áwladları esaplanadı hám olar DistrExponential, DistrChi, DistrNormal hám basqalar kibi ataladı. Distr. klassı tek ǵana bir tosınnanlı sandı bólístiriliw nızamı boyınsha ańlatıwshı get() abstrakt metodqa iye. Paydalaniwshı óziniń bólístiriliw nızamın jaratiwı mümkin, bunda tek bólístiriliwdi Distr tiykargı klasstan áwladın jaratıp, ámelge asırıwı kerek boladı. Bólístiriliwdiń klasslar metodi AnyLogicte klasslar maǵlıwmatnamasında keltilip ótilgen [8].

Metodtu shaqırıw ańsat, misal ushın sáykes túrde generaciyalawshı nızamlıqlar: exponencial(0.6) ýáki uniform(-1,1).

Ulıwma jaǵdayda tosınnanlı bólístiriliw tek anıq mánislerge iye bolǵan informaciyalardi emes, al avtomatikalıq tárizde statistikalıq xarakteristikalar: ámelge asırıwlar sanı, ortasha, minimal, maksimal mánis, ortasha kvadratlıq awısıw,

ortasha mánis ushın isenim intervalı qusaǵanlardı esaplaw arqalı ańlatılıdı. Stoxastikaliq model shıǵıwında bolsa bul parametrlerdi gistogramma kórinisinde súwretlew múnkin.

Tájiriybelerdi ótkeriw. Tájiriybeler arqalı modeldiń qásiyetleri kiritiledi. AnyLogic Ápiwayı tájiriybe, Parametrlerin ózgertiw ushın tájiriybe, Optimizaciyalaw tájiriybesi kibi bir neshe tájiriybelerdi qollay aladı. 6-súwrette tájiriybelerdi tańlaw aynası keltirilip ótilgen. Bunda kiris *Файл-Создать-Эксперимент* baǵıtı arqalı ámelge asırıladı.



1.6-súwret. Tájiriybelerdi tańlaw aynası.

Ápiwayı tájiriybe. Imitaciyalıq modellestiriwdegi “ne-ejer” túrindegi tapsırmalar ápiwayı tájiriybe arqalı sheshiledi. Proektti jaratiw waqtında *Simulation* atlı ápiwayı tájiriybe avtomatikalıq tárizde dúziledi. Ol modeldi animaciya, grafikalıq (diagramma) hám basqalar járdeminde vizuallastırıwǵa sharayat jaratadı. Biznes-grafikler bazası (Business Graphics Library) arqalı informaciyalardı súwretlewdiń keń imkaniyatları bar.

Máselen, ózgeriwshiniń waqıtqa baylanıslılıq grafigin quriw ushın animaciya aynasınań dáslep grafiki tıpkı súwretlew ushın tórtmúyeshlik tańlanıp, redaktordıń

qálegen jerinde “*Business Graphics Library*”dín ChartTime obektiniń nusxası kóshirilip, obekttiń qásiyetler aynasında liniyanıń qalınlığı hám reńi, súwretlenetuǵın ózgeriwshiler atın, tekst reńin tańlaw mümkin.

Ápiwayı tájiriyye arqalı kiriwshi mánisleri hár túrli bolǵan bir neshe tájiriybelerden birin tańlap, izertlew imkaniyatı da bar.

Parametrlerdi ózgertiw arqalı ámelge asırılatuǵın tájiriybeler. Modeldiń sezgirligi analizi. Modeldiń sezgirligi analizi – kiriwshi gipoteze hám mánislerdiń modeldiń shıǵıwshi kórsetkishlerine tásirin bahalawshı process bolıp esaplanadı.

Ádette bunday tájiriybeler modeldiń tiykarında jatqan parametrlerniń onıń shıǵıwına qanshelli tásir kórsetiwin boljaw hám bahalaw ushın kerek boladı.

Sezgirlikti anıqlaw processinde ádette tásir qılıwshi faktorlar mánislerin bólek úyreniw maqsetke muwapiq boladı, bul olardıń nátiyje kórsetkishlerine tásirin bahalawda paydalanyladi.

AnyLogic tańlangan parametrlerdiń mánislerin belgilengen mártebe avtomatikalıq jükleniwdi támiyinlewshi mexanizmge iye – bul parametrlerdi ózgertiw tájiriyyesi bolıp tabıladı. Usı tájiriyye júklengende paydalaniwshı grafikler arqalı modeldiń túrli parametrler ushın ózin tutıwın kóriwi hám salıstırıw imkaniyatına iye boladı.

Bunday tájiriybelerdi júklew ushın tómendegiler ámelge asırıladı:

- Parametrlerdi ózgertiw ushın tájiriyye jaratiw;
- Tájiriyybeni konfiguraciyalaw, usı tájiriyybeniń qásiyetler aynasında belgilengen tájiriybeler sanı dawamında modelde ózgeretuǵın kiris parametrleriniń mánisleri kiritiledi;
- Usı modeldi úyrenilip atırǵan usı aktiv model sıpatında júklew.

Bunday türdegi tájiriybeler animaciyalar arqalı modeldi súwretley almaydı.

Optimizaciyalawshı tájiriybeler. Muǵdarlıq analiz máselelerin (misal ushın sistemaniń ónimdarlıǵı kórsetkishlerin) sheshiw ushın paydalanyladi.

Faktorlar sheshimlerin alternativ mánisleri variantın tabıw imitaciyalıq modellestiriwdiń keri processi delinedi. Keri process bar sheshimler arasında

sistemanıń maksimal ónimdarlıǵın támiyinlewshi sheshimlerin kórsetiw máselelerine juwap beredi.

Keri máseleni sheshiw ushın tuwrı tapsırma bir neshe márte esaplanadı. Sheshimler varianları sanı úlken bolmaǵan hallarda keri process barlıq sheshimlerdi ápiwayı “qoyıp kóriw” usılınan paydalaniw arqalı qoyıp, olardı optimal sheshimdi tabıw ushın óz-ara salıstıradı.

Eger barlıq sheshimlerdi qoyıp kóriw imkaniyatı bar bolmasa, ol jaǵdayda *evristikanı qollaw arqalı tańlawǵa tiykarlangan usillar* qollanıladı. Bunda optimal yáki optimal sheshimge jaqın bolǵan sheshimler izbe-iz ámelge asırılıwshı bir neshe qádemlerden soń tabıldadı (Tuwrı taspsırmanıń sheshimin tabıw hám hár bir kiris parametri ushın shıǵıwshı nátiyjeler vektorı payda etiledi). Tuwrı tańlangan evristika tájiriybene hár qádemde optimal sheshimge jaqınlastırıp keledi.

Shıǵıw nátiyjeleri kórsetkishlerin jazıp bariw blogi sıpatında hám optimizaciyaǵa jánde erisiw ushın paydalaniwshı qálegen sırtqı optimizatordı yáki paket quramındaǵı OptQuest optimizaciyalaw dástúrinen paydalaniwı múmkin.

OptQuest optimizatori izlewdiń metaevristikalıq shashılıwı (scatter search)nan “tabu” izlew metodı (tabu search)nan paydalanadı. Házirgi kúnde usı optimizator professional optimizaciyalaw pakerleri arasında quramalı optimizaciyalaw máselelerin sheshiwde eń jaqsılarınan biri esaplanadı.

OptQuest tuwrıdan-tuwrı modeldi islep shıǵıw ortalığında iske túsiriledi. Optimizaciyani sazlaw ushın AnyLogicte tómendegilerdi ámelge asırıw lazım.

- 1) Islep shıǵılǵan model ushın optimizaciyalaw tájiriybesin jaratiw;
- 2) Optimizaciyalaw parametrleri hám olardiń ózgeriw aralıǵın kiritiw;
- 3) Hár bir iske túsiriwden soń modellestiriwdi toqtatıw shártin kiritiw. Bul waqt boyınsha toqtatıw yáki model ózgeriwshileri mánislerine qoyılǵan shártler arqalı ámelge asırılıwı múmkin;
- 4) Móljeldegi, yaǵníy sistema reakciyası úyreniletuǵın funkciyanı kiritiw;
- 5) Hár bir iske túsiriw juwmaǵında kútiwshi vektor mánisiniń sáykesligi aniqlanatuǵın sheklewlerdi tańlaw;

6) Tájiriybeni toqtatıw shártlerin kiritiw.

Model júklengenenin soń optimizaciyalaw tájiriybesi berilgen funkciyaǵa tiykarınan minimal ýáki maksimal bolǵan alternativ kiriwshi parametrlerdi tańlaydı.

Esabat quramı

Esabatta ǵalabalıq xızmet kórsetiw sistemasi haqqında qısqasha teoriyalıq maǵlıwmat, jumistiń maqseti, AnyLogic imitaciyalıq ortalığı haqqında, ortalıq ornatılatuǵın kompyuterge hám oǵan ornatılatuǵın operaciyalıq sistemäge qo kompyuterge hám oǵan ornatılatuǵın operaciyalıq sistemäge qoyılatuǵın talaplar, AnyLogictiń baylanıs sistemaların imitaciyalıq quriwdağı imkaniyatları súwretleniwi kerek.

Qadaǵalaw sorawlari

1. Modellestiriw túsinigine táriyp beriń.
2. Analitikalıq hám imitaciyalıq modellerdiń parqın túsindiriń.
3. Imitaciyalıq modellestiriw ortalığınıń abzallıqları nede?
4. Imitaciyalıq modellestiriw nátiyjeleri anıqlıǵı nelerge baylanıslı?
5. AnyLogic imitaciyalıq ortalığınıń baylanıs sistemaların modellestiriwde basqa ortalıqlardan abzallıǵı nede?

2-ÁMELIY SHÍNÍGÍW BIR KANALLI NÁWBET SÍYÍMLÍLÍGÍ SHEKSIZ ǵALABALÍQ XIZMET KÓRSETIW SISTEMELARÍN ANYLOGICTE SIMULYACIYALAW

Jumıstan maqset: Bir kanallı ǵalabalıq xızmet kórsetiw sistemasınıń (GXKS) náwbet sıyımlılığı sheksiz bolǵanda sistema parametrleriniń ózgeriwin úyreniw hám onıń baylanıs sistemalarına baylanıslılığın úyreniw, baylanıs sistemaları parametrleriniń eń jaqsı mánislerin tabıwda imitaciyalıq modellestiriwdi qollawdı úyreniwden ibarat.

Teoriyalıq maǵlıwmatlar

M/M/1 túrindegi GXKSda buyırtpalar arasındań interval hám buyırtpalarǵa xızmet kórsetiw waqtı eksponencial bólistikiliwge boysınadı. Onıń kiris aǵımı Puasson (ápiwayı) aǵımı dep ataladı.

Kiris aǵımı ápiwayı bolǵanı ushın hár momentte náwbetke tek ǵana bir talapnama qosılıwı mümkin, xızmet kórsetiw qurılması birew bolǵanı ushın waqıttıń qálegen momentinde tek bir buyırtpaǵa xızmet kórsetiliwi yaǵníy náwbetten tek bir ǵana buyırtpa shıǵıp ketiwi mümkin. Bunda sistemanıń náwbet sıyımlılığı sheksiz. Kórip shıǵılıp atırǵan GXKS “kóbeyiw-joǵalıw” klassı processine tiyisli boladı. Analiz qılıw ushın sistema parametrlerin anıqlastırıw zárúr.

Halatlar itimalılığın tómendegi differencial teńlemeler járdeminde ańlatıw mümkin [5]:

$$\begin{aligned}\frac{dp_0(t)}{dt} &= -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t), \\ \frac{dp_1(t)}{dt} &= -\lambda p_0(t) + (\lambda + \mu) p_1(t) + \mu p_2(t), \\ &\dots, \\ \frac{dp_n(t)}{dt} &= -p_n(t)(\lambda + \mu) + \lambda p_{n-1}(t) + \mu p_{n+1}(t).\end{aligned}$$

Ornatılǵan (stacionar) halatta $\frac{dp_i(t)}{dt} = 0$. Ol jaǵdayda tómendegi algebralıq teńlemeler sistemasına iye bolamız:

$$-\lambda p_0 + \mu p_1 = 0,$$

$$\lambda p_0 - (\lambda + \mu) p_1 + \mu p_2 = 0,$$

.....

$$\lambda p_{n-1} - (\lambda + \mu) p_n + \mu p_{n+1} = 0$$

Teńlemeňi sheship, tómendegi nátiyjeni alamız:

$$p_k = p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{\mu} = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k ; k \geq 1 .$$

Barlıq itimalılıqlar jiyindisi 1 ge teń boliwdı esapqa alıp, sistemaniń bos bolıw itimalılığın tabamız:

$$p_0 = 1 / \left[1 + \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \right] = \frac{1}{1 + \frac{\lambda/\mu}{1 - \lambda/\mu}} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \rho .$$

Solay etip, halatlar itimalılıqları tómendegi formula járdeminde aniqlanadı [6]:

$$p_k = (1 - \rho) \rho^k, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Sistemadaǵı buyırtpalardıń ortasha sanı:

$$\bar{N} = \sum_{k=0}^{\infty} k p_k = (1 - \rho) \sum_{k=0}^{\infty} k \rho^k = \frac{\rho}{1 - \rho} .$$

Buyırtpańıń sistemada kútiw waqtı:

$$T = \frac{\bar{N}}{\lambda} = \left(\frac{\rho}{1 - \rho} \right) \left(\frac{1}{\lambda} \right) = \frac{1/\mu}{1 - \rho} .$$

Jumıstı orınlaw tártibi

Ámeliy jumıslar AnyLogic dástúriniń 6.x versiyaları ushın mólsherlengen.

AnyLogic modeli faylı paydalaniwshı tárepinen berilgen at hám .alp keńeytpe menen ańlatılıdı. Jańa modeldi jaratıw processinde dáslep model jaylasatuǵın jol, yaǵníy katalog atı kórsetiledi. Ámeliy jumıstı orınlaw processinde AnyLogicte Enterprice Library paketi járdeminde diskret-hádiyseli modellerdi jaratıw kónlikpelerine iye bolınadı. Buniń ushın “**Справка**” menyusinen maǵlıwmat qollanbasın alıw múmkin.

Enterprice Libraryda model jaratıw haqqında qısqasha maǵlıwmat.

Jańa modeldi jaratıw ushın “**Создать проект**” túymesı basıladı. Soń fayl atı hám saqlanatuǵın jeri kórsetiledi.

AnyLogic jumısshı aynasın kórip shıǵamız. Jumısshı maydanniń shep bóleginde “**Проект**” paneli jaylasqan. Bul panel házirgi waqıtta ashıq bolǵan model elementleri ústinde ańsat navigaciyanı alıp bariw ushın isletiledi. Model ierarxiyalıq dúzilgeni sebepli, ol terek kórinisinde ańlatılıdı. Modeldiń ózi terektiń joqarı baǵanasında, tájiriybeler, aktiv obektler, Java-klasslar keyingi baǵanalarda sáwlelendiriledi. Aktiv obekt quramına kiriwshi elementler aktiv obekt tereginin qosımsha shaqaları sıpatında sáwlelendiriledi.

Jumıs maydanınıń oń bóliminde “**Палитра**” paneli jaylasqan, tómengi bóliminde bolsa “**Свойства**” qásiyetler paneli jaylasqan. “**Палитра**” paneli toparlar boyınsha ajıratılǵan hám aktiv obekt ýaki tájiriybege kiritiliwi múmkin bolǵan elementler toplamınan ibarat. Qásiyetler paneli házirgi waqıtta belgilengen element(ler) qásiyetlerin kóriw hám ózgertiw ushın paydalanyladi. AnyLogic jumısshı maydanınıń orayında **Main** aktiv obektiniń redaktori jaylasqan. Model blok sxemasına obektti qosıw ushın Палитра aynasınan obekt tańlap, tıshqansha járdeminde onı jumısshı maydanǵa jıljıtıw talap etiledi, bul jaǵdayda onıń qásiyetleri “**Свойства**” panelinde sáwlelendiriledi. Bul aynada model talaplarına sáykes element qásiyetlerin ózgertiw múmkin. Keyinala bolsa obektti jumısshı maydanda ýaki proekt tereginde belgilew arqalı qásiyetlerin ózgertiw imkaniyatı bar.

Obektler bir-biri menen óz-ara baylanısta bolıwı lazım, sol sebepli olardı bir-birine jalǵaw kerek boladı. Buniń ushın bir obekttiń portı belgilenip, ekinshi obekt

portına jalǵaw mûmkin, bul processte arnawlı “Соединитель” quralınan da paydalaniw mûmkin. Iymeklik noqatın jaratıw ushın bolsa úskener panelinen “Редактировать точки” túymesin basıp, noqatlardı jıljıtıw arqalı jaratıladı.

Ámeliy jumısı ushın tapsırma.

Enterprise Library bibliotekası arqalı náwbet sıyımlılığı sheksiz bolǵan bir kanallı ǵalabalıq xızmet kórsetiw modelin jaratamız.

ǵalaba xızmet kórsetiw modeli buyırtpalardı generaciya qılıwshı generator, bufer, xızmet kórsetiw qurılması hám buyırtpalardı joq etiwshi elementlerdi ózinde jámleydi.

1. Jańa modeldi jaratıw

Jańa model jariatıń hám Main klassınıń atın Model kórinisinde ózgertiń. Simulation tájiriybe qásiyetlerinde modeldi real waqıt rejiminde islewin kórsetiń, buniń ushın modellestiriw waqıt birligin 1 sekund dep belgileń.

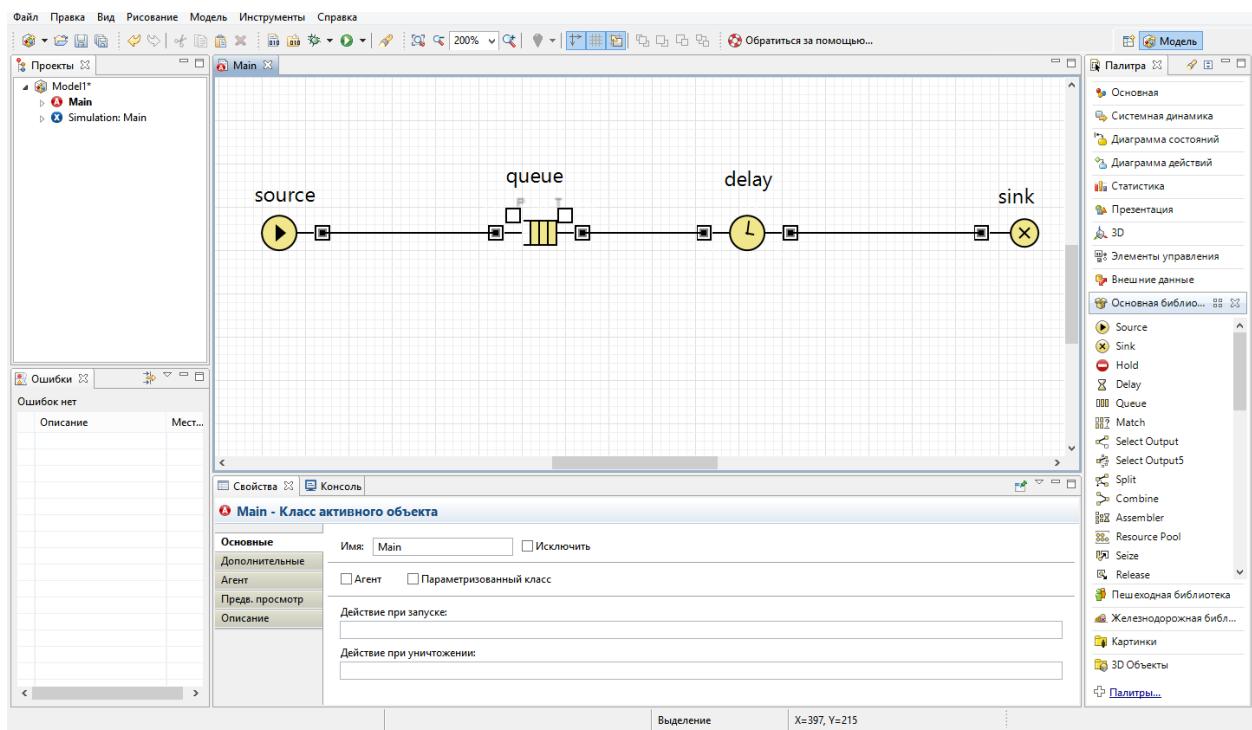
2. Blok-sxemanı jaratıw

Blok sxemanı jaratıw ushın 2.1-súwrettegi obektlerdi qoyıw hám jalǵaw talap etiledi.

Bir kanallı náwbet sıyımlılığı sheksiz ǵalabalıq xızmet kórsetiw sistemasınıń modelin quriwdı tómendegi elementlerden paydalanyladi:

- ✓ Source – buyırtpalar generatorı;
- ✓ Queue – xızmet kórsetiwdı kútip atırǵan buyırtpalar náwbeti;
- ✓ Delay – xızmet kórsetiw túyinin modellestiriwshi element;
- ✓ Sink – xızmet kórsetiw buyırtpaların joq qılıwshı element.

Source obekti berilgen intervallar arasında buyırtpalar (entities)dı generaciyalaydı. Buyırtpalar islep shıgarılatuǵın, qayta islenetuǵın, xızmet kórsetiletuǵın hám qandaydur tásirler sebepli modellestiriwge tásir kórsetetuǵın obektler bolıp esaplanadı. Bul xızmet kórsetiw tarawında klientler, islep shıgarıw tarawında detallar, hújjetler almasıwında hújjetler, baylanıs sistemalarında paketler kórinisinde júzege keledi.

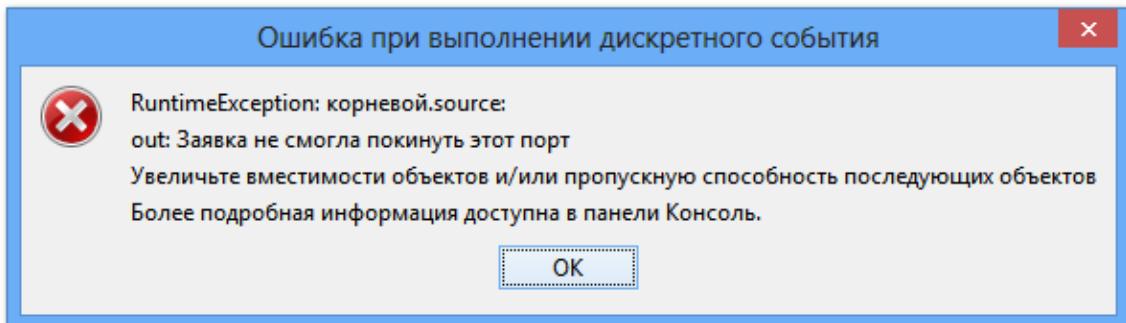
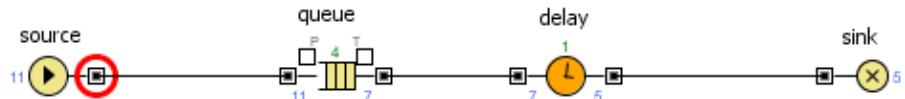


2.1-súwret. Bir kanallı GXKSniń jumışshı maydanı

Queue obekti buyırtpalardıń xızmet kórsetiliw maqsetinde náwbette turıwın modellestiredi. **Delay** obekti keshigiw (irkılıp qalıw) lerdi ámelge asıradı. Biziń misalda bul element xızmet kórsetiw qurılması wazıypasın orınlayıdı yaǵníy buyırtparı bir neshe waqıt birligine keshigiwin támiyinlegeni sebepli, onı xızmet kórsetiw processinde bolǵan dep qaraw múmkin. **Sink** obekti blok sxemanıń aqırın ańlatadı (ol GPSS World ortalıǵındağı TERMINATE komandası kibi isleydi).

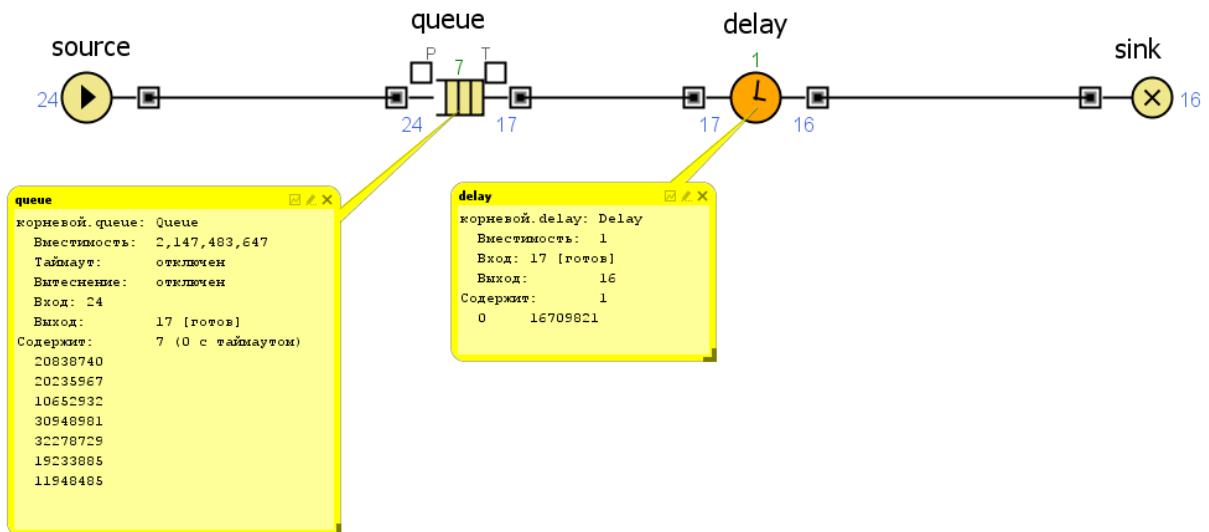
3. Modeldi iske túsiriw

Bazı obektler ushın buyırtpalardı qaysı halatta qabil qılıw haqqında qaǵıydarlar bar. Bazıları obektlerdi ózinde uslap turadı, bazıları bolsa joq. Obektler ushın tómendegi qaǵıya ámel qıladı: Buyırtpa bir obektti taslap ketiwi lazım bolǵanda (máselen Source) hám náwbettegi qurılma (Queue) buyırtpaǵa xızmet ete almasa, ol bloklar arasında kútip tura almaydı hám model qáte menen toqtatıldı (2.2-súwret). Tómendegi misalda qáte buyırtparıń Queue blogine kire almaǵanı ushın kelip shıqqan. Sebebi ol jerde náwber sıyımı (bufer) 5 ke teń. Sol sebepli Queue bloginiń qásiyetlerin ózgertiw kerek, yaǵníy bufer sıyımin arttıriw ýáki bufer tolǵanda buyırtpalardıń taslap jiberiliwi rejimini qosıp qoyıw kerek.



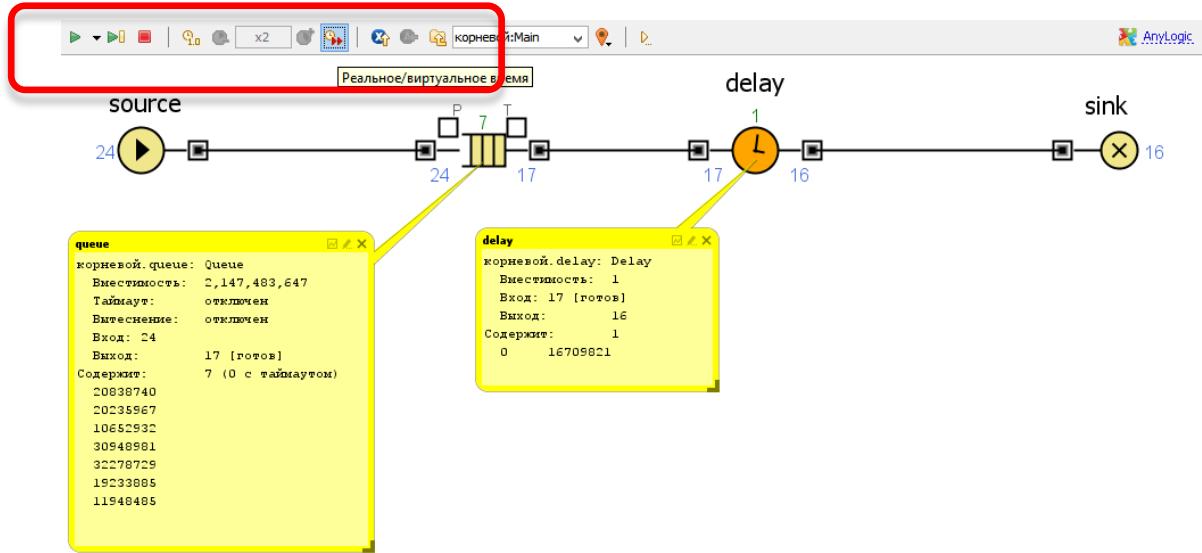
2.2-súwret. Model qáte sebep toqtatıldı.

Modeldi iske túsıriw ushın “Запустить” túymesı basıladı. Nátijede júklengen prezantaciya aynası ashıladı. Dástúriy paket tárepinen hár bir ápiwayı tájiriybe (Main) ushın model bas beti hám júklew túymesı generaciya qılınadı. Sol túyme basıladı. Sonnan soń AnyLogic modeldiń islew rejimine ótedi. Vizuallasqan blok sxema arqalı paydalaniwshı náwbette turǵan buyırtpalar sanın, házirgi waqıtta xızmet kórsetilip atırǵan buyırtpalar sanın hám basqa kórsetkishlerin kóriwi mümkin.



2.3-súwret. Náwbet sıyımlılıǵı sheksiz bir kanallı GXKS modeli

Joqarıda súwrette náwbette 7 dana buyırtpa turǵanın hám 17 dana buyırtpa náwbetten (Queue blogi) shıqqanın hám olardan 16 danasına xızmet kórsetilgeni (Sink blogi), sonday-aq xızmet kórsetiw qurılmasında (Delay blogi) 1 dana buyırtpa turǵanın kóriw múmkin.



2.4-súwret. Modeldi islew processin tezlestiriw ýáki páseytiw aynası

Úskeneler paneli arqalı modeldi islew processin tezlestiriw ýáki páseytiw múmkin. Model iske túskennan waqıtta qálegen blok ushın process diagrammasın hám halatın gúzetiw múmkin. Buniń ushın blok ústine tishqanshanıń shep túymesi basılıp, gúzetiw aynası ashıladı. Gúzetiw aynasında belgilengen obekt ushın tiykargı informaciyalar orın algan. Misal ushın, Queue blogi ushın gúzetiw aynası náwbetler sıyımlılığı, hár bir porttan ótken buyırtpalar sanı kibi informaciyalardı usınadı.

4. Model mánislerin ózgertiw.

Jaratılǵan obektlerdiń qásiyetlerin ashıladı hám olardıń parametrleri mánisi ózgertiledi (2.5-súwret).

Source obektiniń interarrivalTime qásiyetinde buyırtpalardıń kelip túsiw intensivligi bólistiriliwi – *exponential(0.67)* kiritiledi.

Bul jaǵdayda buyırtpalardıń kelip túsiw intervalı eksponencial nızamlılıqqa boyısınadı hám ortasha 1.5 modellestiriw waqtına teń boladı.

$$t = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.67} \approx 1.5 \text{ (birlik)}$$

source - Source

Основные	Имя: <input type="text" value="source"/> <input checked="" type="checkbox"/> Отображать имя <input type="checkbox"/> Исключить <input type="checkbox"/> На верхнем уровне <input checked="" type="checkbox"/> На презентации <input type="button" value="Создать презентацию"/>
Параметры	Тип: Source<T extends Entity> Класс заявки: <input type="text" value="Entity"/>
Статистика	
Описание	<p>Заявки прибывают согласно <input type="button" value="Времени между прибытиями"/></p> <p>Время между прибытиями <input type="text" value="exponential(0.67)"/></p> <p>Количество заявок, прибывающих за один раз <input type="text" value="1"/></p> <p>Ограниченнное количество прибытий <input type="checkbox"/></p> <p>Новая заявка <input type="text" value="new Entity()"/></p> <p>Действие при выходе <input type="text" value="C"/></p> <p>Фигура анимации заявки <input type="text" value="D"/></p> <p>Уникальная фигура для каждой заявки <input type="checkbox"/></p> <p>Разрешить вращение <input type="checkbox"/></p> <p>Пакет: <input type="text" value="com.xj.anylogic.libraries.enterprise"/></p> <p><input type="checkbox"/> Реплицированный</p> <p>Начальное количество объектов: <input type="text"/></p>

2.5-súwret. Source bloginiń qásiyetleri

Itibar beriń exponential() funkciyasınıń argumenti 0.67 ge teń, sebebi argument sıpatında buyırtpalardıń kelip túsiw intensivligi qaraladı.

Exponential() funkciyası tosinnanlı sanlar generatorınıń standart funkciyası esaplanadı. Bunnan tısqarı AnyLogic normal, tegis, úshmúyesh kibi túrli bólistiklerdi kiritiwdi de kózde tutadı. Funkciyalar hám olardıń parametrleri ushın anıǵıraq túsiniklerge iye bolıw ushın “**Справка**” bólümünden maǵlıwmatnamasınan *Func* klassınıń xarakteristikaların qarań.

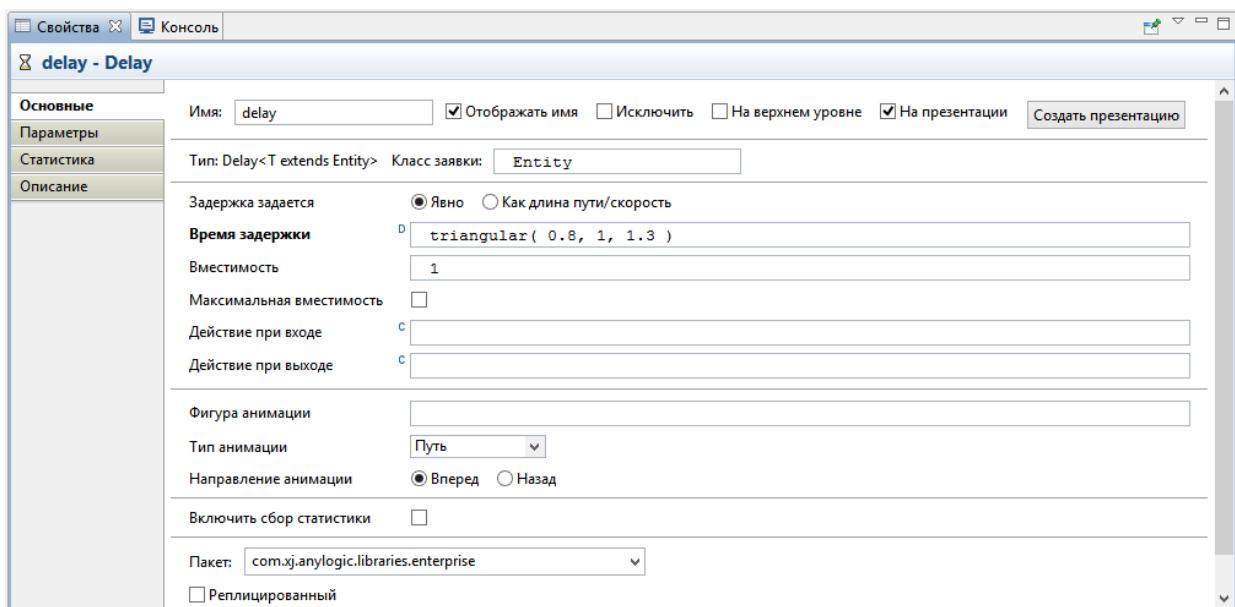
Queue obektiniń *capacity* qásiyetinde (2.6-súwret) náwbettiń maksimal uzınlıǵıń kiriń. Máselen: Náwbet sıyımlılıǵıń sheklenbegen dep belgileymiz.

queue - Queue

Основные	Имя: <input type="text" value="queue"/> <input checked="" type="checkbox"/> Отображать имя <input type="checkbox"/> Исключить <input type="checkbox"/> На верхнем уровне <input checked="" type="checkbox"/> На презентации <input type="button" value="Создать презентацию"/>
Параметры	Тип: Queue<T Extends Entity> Класс заявки: <input type="text" value="Entity"/>
Статистика	
Описание	<p>Максимальная вместимость <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Действие при входе <input type="text" value="C"/></p> <p>Действие при подходе к выходу <input type="text" value="C"/></p> <p>Действие при выходе <input type="text" value="C"/></p> <p>Разрешить уход по таймауту <input type="checkbox"/></p> <p>Разрешить вытеснение <input type="checkbox"/></p> <p>Фигура анимации <input type="text"/></p> <p>Тип анимации <input type="button" value="Путь"/></p> <p>Направление анимации <input checked="" type="radio"/> Вперед <input type="radio"/> Назад</p> <p>Включить сбор статистики <input type="checkbox"/></p> <p>Пакет: <input type="text" value="com.xj.anylogic.libraries.enterprise"/></p> <p><input type="checkbox"/> Реплицированный</p>

2.6-súwret. Queue bloginiń qásiyetleri

Delay obektiniň DelayTime qásiyetinde keshigiw (xızmet kórsetiw) waqtı kiritiledi. Máselen: *triangular(0.8, 1, 1.3)*.



2.7-súwret. Delay bloginiň qásiyetleri

Bunday sharayatta buyırtpaǵa xızmet kórsetiw waqtı 1 sekundtı qurap, úshmúyesh bólistikiliwi tiykarında ortasha 1 sekund xızmet kórsetiw waqtı hám bul waqıttıň minimal 0.8 sekund hám maksimal 1.3 sekund mánisleri kiritiledi.

Modeldi iske túsıriń hám islewin bahalań.

5. Statistikanı jiynaw.

AnyLogic quramalı statistikanı jiynawdı ámelge asırادы. Buniń ushın obektte statistikanı jiynaw funksiyası jaǵılıwı kerek. Ulıwma jaǵdayda modeldi islewin tezlestiriw ushın usı opciya aktiv bolmaǵan halatta boladı. Sistemada Queue bloginde náwbet uzınlığı (length) boyınsha, Delay bloginde xızmet kórsetiw túyinin paydalaniw koefficienti boyınsha (utilization coefficient) statistikasın alıp barıw mümkin. Statistika jiynawdı aktiv halatqa ótkeriw ushın **“Основные свойства объекта”** aynasında **“Включить сбор статистики”** tańlawı belgilenedi.

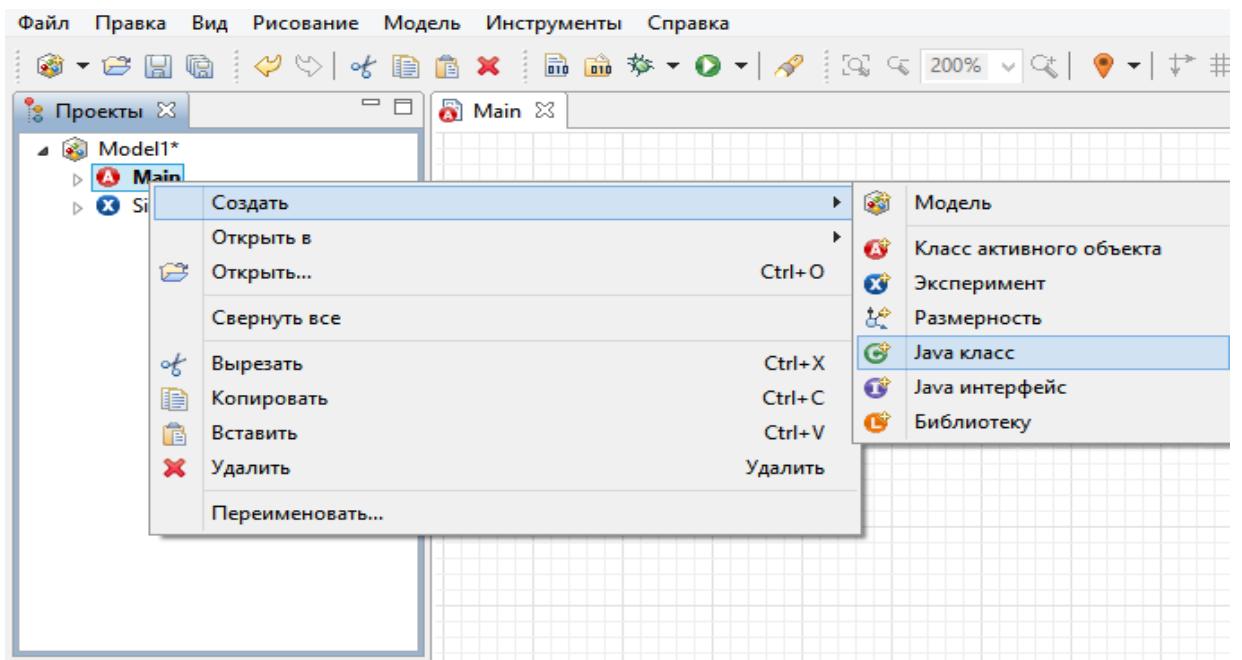
Modeldi iske túsıriw hám gúzetiw aynasında Queue hám Delay blokları ushın statistikalardı analiz qılıń. Jiynalǵan statistikanı grafik ýaki diagramma kórinisinde shıǵarıw imkaniyatı da bar.

6. Sistemada bolıw waqtı haqqındaǵı statistikalardı alıw.

Buyırtpańı sistemada qansha waqıt bolıwı hám náwbette kútiw waqtın anıqlaw ushın arnawlı statistikanı jiynawshı obektlerden paydalanamız hám histogramma járdeminde buyırtpalarǵa xızmet kórsetiw waqtınıń bólistiriliwin súwretleymiz.

“Buyırtpa” atlı xabar klassıñ jaratamız. Bul klasstaǵı xabarlar sistemadaǵı buyırtpalardı ańlatadı. Tiykarǵı klass sıpatında Entity (xabar) dı tańlaymız. Zárúriy parametrler haqqındaǵı informaciyalardı saqlaymız:

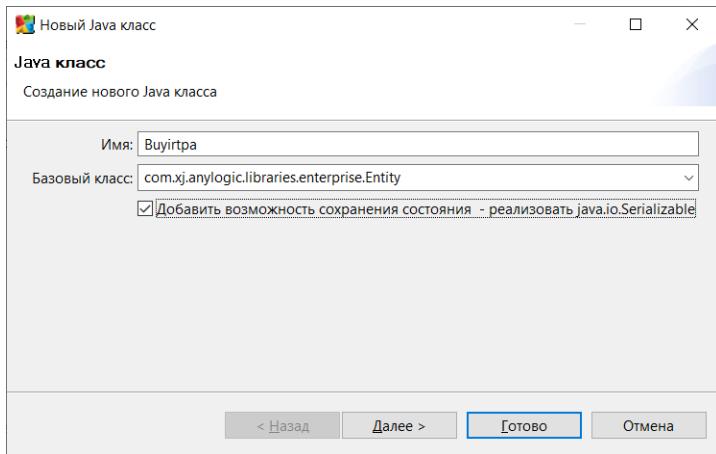
Proekt panelinde óń túymeni basıp, kontekst menyude “Создать | Java класс” tańlanadı.



2.8-súwret. Java-klassıñ jaratıw izbe-izligi

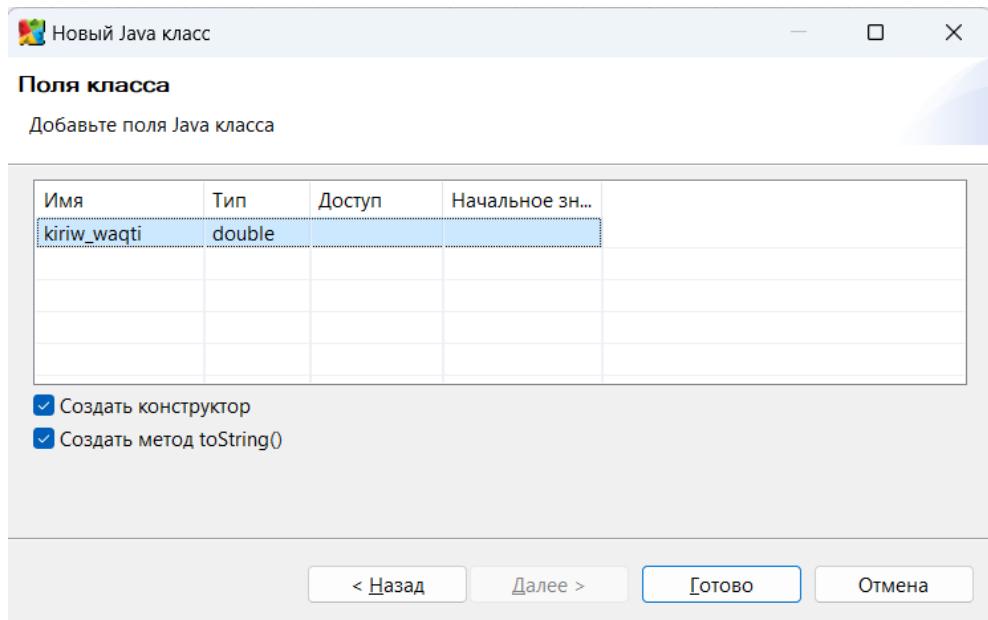
2) “Новый Java класс” atlı dialog aynası ashıladı. Имя maydanına jańa klass atı “Buyirtma” kiritiledi.

3) Sonday qılıń, usı klass Entity atlı klasstiń miyrasxorı bolsın (2.9-súwret). Buniń ushın ashılǵan dizimler arasınan usı klasstiń tolıq atın tańlań: com.xj.AnyLogic.libraries.enterprise.entity (yáki basqa versiyalarında Entity);



2.9-súwret. Java klassıñ jaratıw aynası

4) Tıshqansha járdeminde Далее túymesin basıń. “**Master**”diń ekinshi betinde jaratılıp atırǵan Java-klassınıň parametrleri kiritiledi.



2.10-súwret. Jaratılıp atırǵan Java-klassınıň parametrlerin kirgiziw aynası

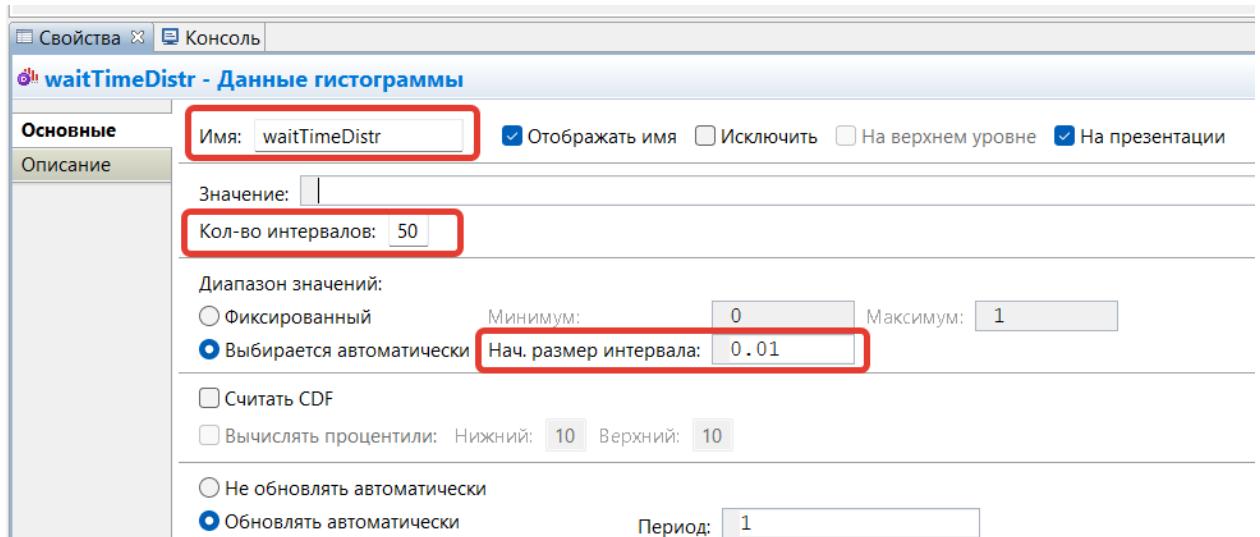
Tómendegishe parametr jaratıń:

- Buyırtpa sistemaǵa kelgen waqıt momentin saqlaw ushın *double* tipindegi *kiriw_waqtı* parametrin kirgiziń;

5) Tıshqansha járdeminde “**Готово**” túymesin basin. Bunda siz jaratılǵan klass ushın redaktor aynası ashılǵanın kóresiz. Onı atı turǵan qatarda jabıw túymesi arqalı jabıwińız mümkin.

Soń sistemada buyırtpalardıń bolıw waqtın hám náwbette turıw waqtın esaplaymız. Buyırtpalardıń kútiw waqtı hám buyırtpalardıń sistemaǵa keliw waqtı statistikaların jıynaw elementin kirgizemiz. Bul elementler hár bir buyırtpa ushın sáykes waqıt mánislerin saqlaydı hám paydalaniwshıǵa standart kórinistegi statistikalıq informaciyanı usınadı: ólshengen mánisler arasında ortasha, minimal hám maksimal mánisleri, ortasha kvadratlıq awısıw, ortasha mánis ushın isenim intervalı hám basqalar.

- 1) Diagramma ushın gistogrammaniń informaciya jıynawshı obektin qoyıw ushın Statistika palitrasınan “**Данные гистограммы**” elementin tishqansha járdeminde jumıs maydanına jılıstırıń.
- 2) Element qásiyetlerin kiritiń (2.11-súwret).
 - Atın *waitTimeDistr* kórinisinde ózgertiń;
 - Intervallar sanın kiritiń: 50;
 - Intervallardıń baslangısh ólshemin kiritiń: 0.01.

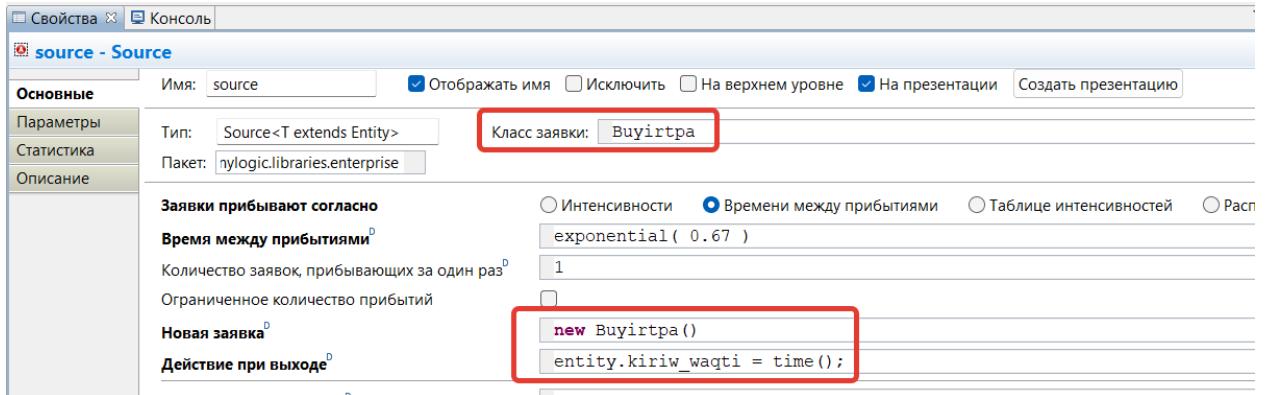


2.11-súwret. “Данные гистограммы” elementi aynası

- 3) Gistogramma informaciyalardı jıynawshı jáne bir elementti qoyıń (Ctrl túymesi járdeminde joqarıda jaratılǵan histogramma informaciyaları obekti (*waitTimeDistr*)niń nusxasın alıń. Bul elementtiń atın bolsa *timeInSystemDistr* dep atań. Joqarıdaǵı izbe-izliktegi kibi izbe-izlikte onıń da qásiyetlerin kirgiziń.

Diagramma (model) qásiyetlerin usı parametrlerge sáykeslestiremiz:

- 1) *Source* bloginiń qásiyetinde “**Класс заявки**” maydanında *Buyirtpa* dep kiritiń. “**Новая заявка**” maydanında – *new Buyirtpa()* dep kiritiń. Bul dinamikalıq parametrlerdiń Buyırtpa atlı klassqa tiyisli ekenligin kórsetedi.



2.12-súwret. Buyırtpalar klasınıń jańa klasqa ózgertiliwi

“**Действие при выходе**” maydanında *entity.kiriw_waqtı = time();* dep kiritiń. Bul kod *kiriw_waqtı* ózgeriwshisine Buyırtpa atlı klassqa tiyisli buyırtpalardıń payda bolıw waqtın jazıp baradı.

time() funkciyası model waqtınıń (usı) házirgi mánisin beredi.

- 2) *Queue* bloginde **Класс заявки** maydanında *Buyirtpa* dep kiritiń hám maydan parametrlerin kiritiń:

Действие при выходе: *waitTimeDistr.add(time() - entity.kiriw_waqtı);*

Usı kod *waitTimeDistr* obektine buyırtpańıń kútiw waqtı haqqında maǵlıwmatlardı uzatadı.

- 3) *Delay* bloginde de **Класс заявки** maydanında *Buyirtpa* dep kiritiń.
- 4) *Sink* bloginde **Класс заявки** maydanında *Buyirtpa* dep kiritiń hám buyırtpańıń sistemadan shıǵıw waqtın tabıw ushın tómendegi kodı kiritiń:

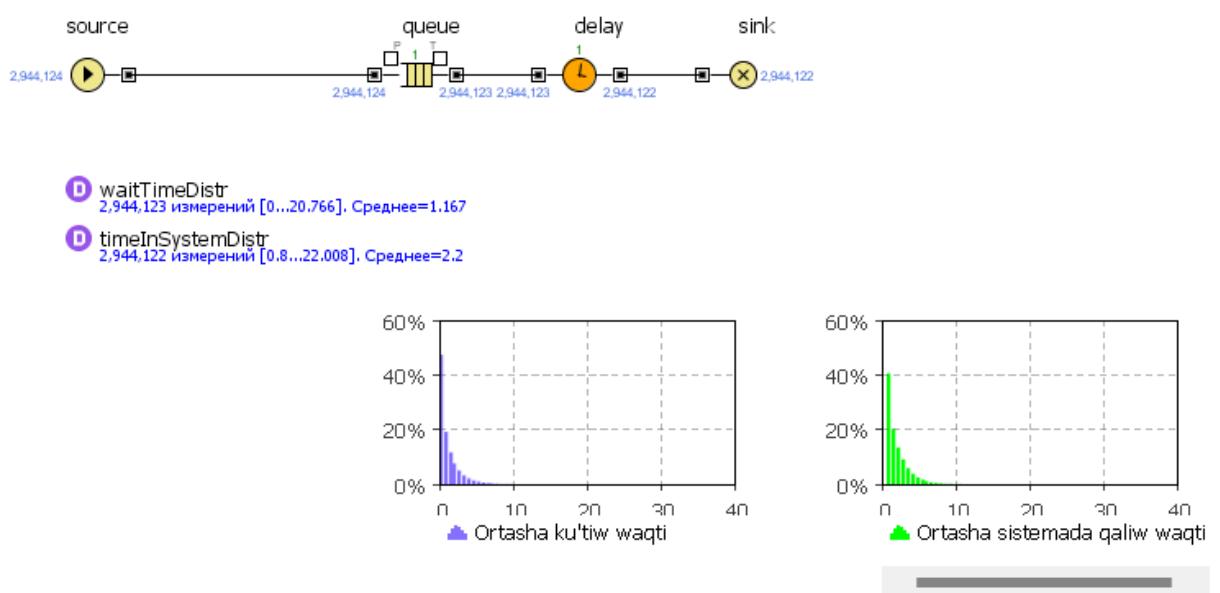
Действие при входе: *timeInSystemDistr.add(time() - entity.kiriw_waqtı);*

Usı kod buyırtpańıń sistemaǵa kelip túskennan waqtın hám sistemadan shıǵıw waqıtlarınıń parqın ańlatadı. Ol *timeInSystemDistr* gistogrammasında buyırtpańıń sistemada bolıw waqtı haqqında informaciya beredi.

Buyırtpańıń sistemada bolıw waqtı hám kútiw waqtı histogrammasında sáwlelendiriliw ushın jumısshi maydanǵa eki histogramma qosamız. Buniń ushın aktiv obekt diagramması (model) tárepine “**Статистика**” palitrasınan Histogramma elementin alıp keliń. “**Добавить данные**” túymesin tishqansha járdeminde basin hám atın kiritiń: *waitTimeDistr*.

Usı tárizde jáne bir histogrammanı onıń tómengi bólmine jaylastırıń. Onıń atın *timeInSystemDistr* kórinisinde ózgertiń.

Modeldi júkleń. Virtual waqıt rejimin qosıń hám buyırtpalardıń sistemada kútiw waqtın, hámde sistemada bolıw waqtı bólstırıwlerin bahalań.



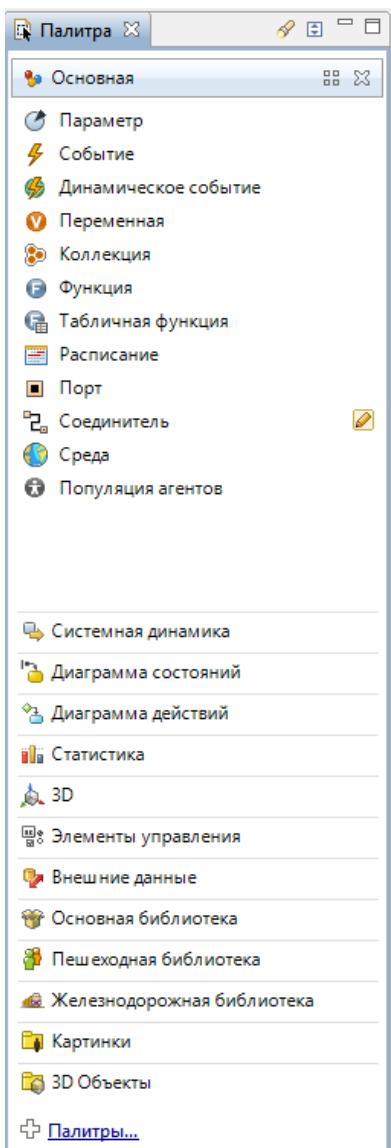
2.13-súwret. Jumısshi maydanniń kórinisi

Model halatın analiz qılıń. Ózgeriwshilerdiń grafikleri hám histogrammaların jasań hám esabatqa jaylastırıń. Grafikalıq diagrammalardı jaratıw ushın “**Статистика**” palitrasınan paydalaniń.

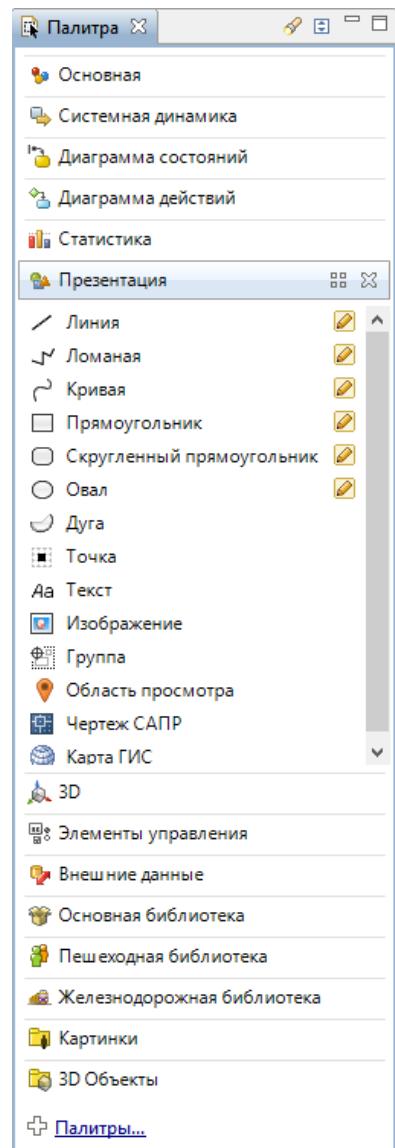
Modelge animaciya kiritiw.

Buyırtpalarǵa xızmet kórsetiw processinde náwbette turǵan buyırtpalardı tómendegi súwrettegi kibi animaciya kórinisinde ańlatamız.

Xızmet kórsetiwshi qurılmanı sheńber formasında súwretleymiz. Qashandur xızmet kórsetiw qurılmasına buyırtpalar kelip tússe, onı qızıl reńde, bos bolǵan jaǵdayda bolsa jasıl reńde súwretleymiz.



“Палитра” paneli



“Презентация” aynası

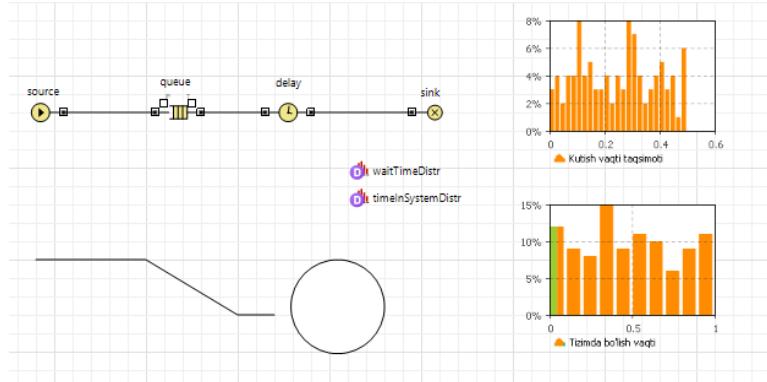
2.14. AnyLogic aynaları.

“Презентация” palitrasındaǵı “Овал” elementi sheńberdi sizip alamız hám onda *Point* dep at beremiz. Sheńberdiń ishki bólimi reńi dinamikalıq ráwiske ózgeriwi lazım, sol sebepli formanıń dinamikalıq punkti ishindegi forma reńi (“Цвет заливки”) maydanında tómendegi kodtu kiritemiz:

```
delay.size()>0 ? Color.red: Color.green
```

Bul jerde `size()` – Delay obektiniń parametri bolıp, xızmet kórsetiw qurılmasındaǵı buyırtpalar sanın ańlatadı.

Náwbetti sáwlelendiriw ushın “Презентация” palitrasındaǵı “Ломанная” sıniq sıziq obekti sizıldadı (2.15-súwret).



2.15-súwret. “Презентация” palitrası arqalı sizilǵan iymek sıziq hám sheńber.

Sıziw rejimine piktogramma ústine eki márte tıshqanshanıń shep túymesи basıw arqalı ótiledi. Liniyanı sıziw buyırtpalardıń payda bolıwinan xızmet kórsetiw qurılması tárepke baǵdarlandırılıdı (shepten ońga).

Iymek sıziqqa `GoToService` dep at beremiz. Elementler jaratılǵanınan soń prezentaciyada bir qansha ózgerisler kiritiw kerek. Náwbet elementi (Queue) bloginiń qásiyetler aynasın ashıp, parametrler tómendegi súwrettegi kibi ózgertiledi.



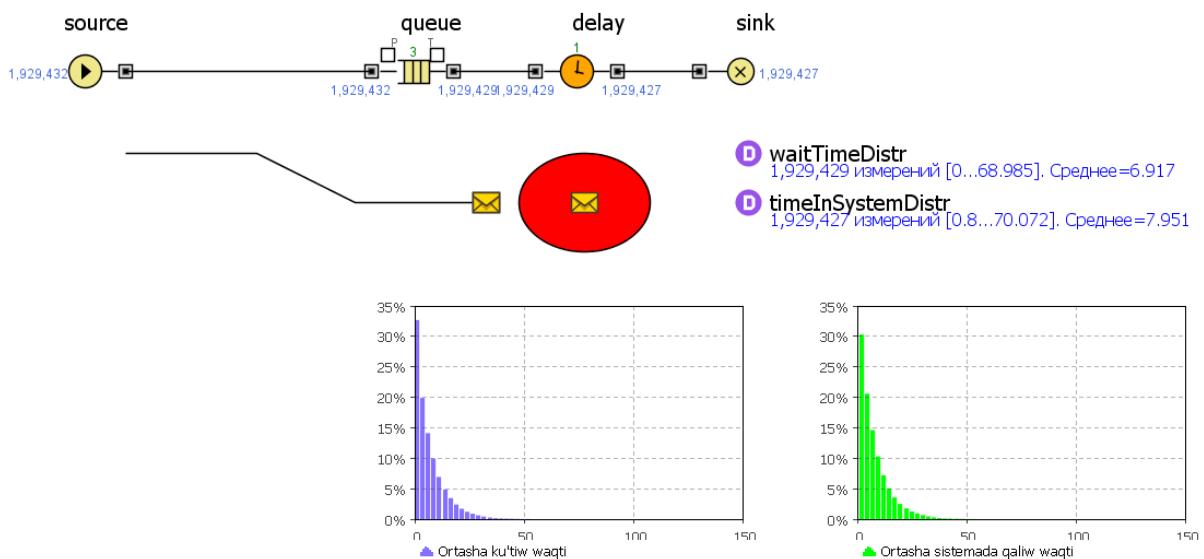
Xızmet kórsetiw qurılması – Delay elementin belgilep, “Основные” aynasına sazlawlar kiritiledi:

Фигура анимации: *Point*

Тип анимации: *Одиночная*

Generaciya etilip atırǵan buyırtpalardı xabar (paket) kórinisinde ańlatıw mümkin. Bul ushın “Картинки” palitrasınan Message di jumıs maydanınan alıp keliń hám atın *Paket* dep ózgertiń. Source blogindegi “Фигура анимации заявки” maydanına *Paket* dep jazıń.

Náwbet uzınlığın, buyırtpalar jetip keliw intensivligi xızmet kórsetiw intensivligin ózgertip, modeldi testten ótkeriń. 2.16-súwrette modeldiń islewi kórsetilgen.



2.16-súwret. Animaciyalı model kórinisi

Grafiklerdi jaylastırıw

Xızmet kórsetiw qurılmasınıń júkleniwi (загрузка) hám náwbet uzınlığın ańlatıw ushın eki grafiki jaylastırıramız. Birinshi grafik buyırtpalardıń náwbettegi ortasha sanın ańlatadı, ekinshisi bolsa xızmet kórsetiw qurılmasında xızmet qılıńǵan buyırtpalar sanın ańlatadı.

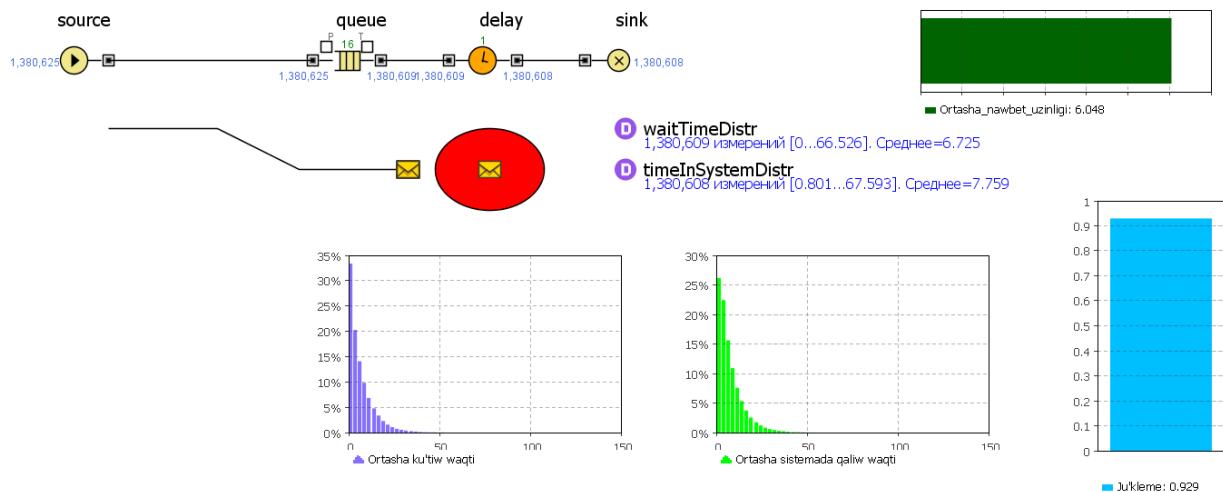
Grafiklerdi jaylastırıw ushın “**Статистика**” palitrasınan “Столбиковая диаграмма” elementi tańlanıp, jumıs maydanına jılıjtıladı (2.17-súwret).

Birinshisin náwbet astına jaylastırıń. Oǵan at beriń: Ortasha na’wbet uzınlığı.

Dinamikalıq mánis sıpatında `queue.statsSize.mean()` yaǵníy ortasha náwbet uzınlığı dep kiritiń. Bul jerde `mean()` – náwbettiń ortasha uzınlığın esaplaydı.

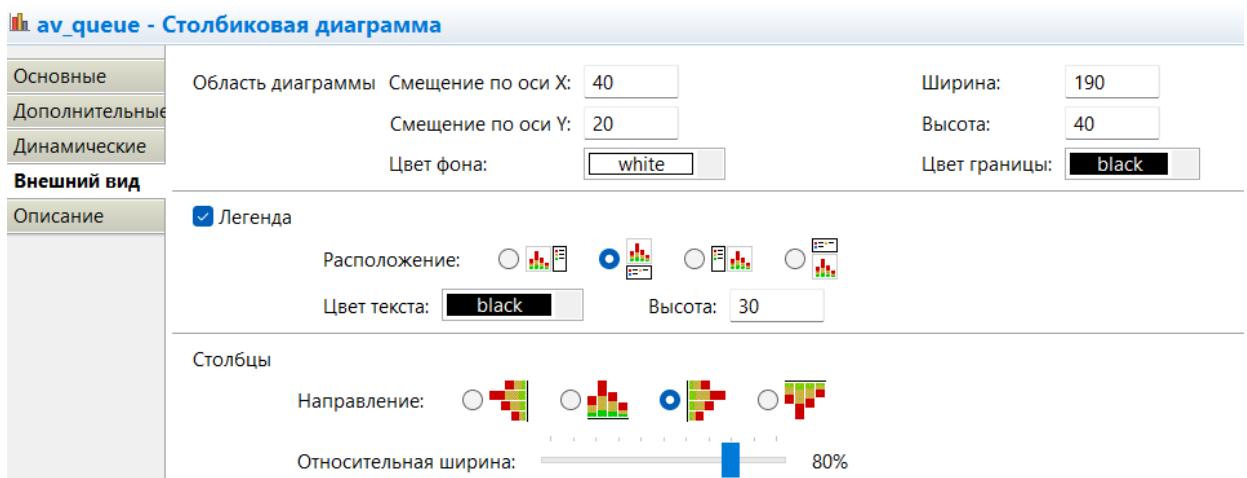
Queue bloginde statistikalardı jiynaw punkti aktiv ekenligin tekseriń.

Ańlatpalar kiritilip atırgan processte AnyLogic járdemshisinen paydalaniw mûmkin. Buniń ushın “.” dan soń CTRL+SPACE túymeleri basılıwı há kerekli jazıwdı tańlaw kerek.



2.17-súwret. Baǵana diagrammalarınıń súwretleniwi

Ańlatpa jazılǵanınan keyin grafikiň jaylasıwın ózgertiw mûmkin. Buniń ushın “Внешний вид” aynası ashılıp, baǵanalardıń baǵıtı ózgertiledi (2.18-súwret).



2.18-súwret. Baǵanalardıń baǵıtı

Ekinshi diagrammanı xızmet kórsetiw qurılması qasına jaylastırıp, “Хızмет кórsetiw” dep atań. Oǵan mánis sıpatında qurılmadaǵı ortasha júkleniw koefficientin ańlatıw ushın tómendegilerdi kiritiń:

`delay.statsUtilization.mean()`

Baǵana baǵıtın vertikal dep tańlań.

Esabat quramı

Esabatta bir kanallı ǵalabaliq xızmet kórsetiw sisteması haqqındaǵı qısqasha teoriyalıq maǵlıwmat, jumıstıń maqseti, AnyLogic ortalığında qurılǵan bir kanallı náwbet sıyımlılıǵı sheksiz ǵalabaliq xızmet kórsetiw sisteması imitaciyalıq modeli, onıń járdeminde alıńǵan ortasha náwbet uzınlığı, ortasha kútiw waqtı, sistemaniń paydalanılıw koefficienti quşaǵan sistema parametrlerin grafikalıq yáki keste kórinisinde sáwlelendirili kerek.

Qadaǵalaw sorawları

1. Bir kanallı náwbet sıyımlılıǵı sheksiz ǵalabaliq xızmet kórsetiw sistemasına mısal keltiriń.
2. Bir kanallı náwbet sıyımlılıǵı sheksiz ǵalabaliq xızmet kórsetiw sisteması analitikalıq modellestiriwde sistema parametrleri qanday ańlatpalar menen tabıladı?
3. Bir kanallı náwbet sıyımlılıǵı sheksiz ǵXKSda ortasha náwbet uzınlığı qaysı parametrlerge baylanıslı?
4. AnyLogic imitaciyalıq ortalığında buyırtpalardıń náwbette ortasha kútiw waqtı qanday tabıladı?

Usı ámeliy jumısta islengen modeldi tómendegi silteme yáki QR kod arqalı júklep alıwińız mümkin:

https://github.com/Sadatdiynov/AnyLogic_practice/blob/main/Practice_2.zip



3-ÁMELIY SHÍNÍGÍW
BIR KANALLÍ NÁWBET SÍYÍMLÍLÍGÍ SHEKLENGEN ĞALABALÍQ
XÍZMET KÓRSETIW SISTEMASÍN SIMULYACIYALAW

Jumistan maqset: Bir kanallı xızmet kórsetiw sistemasınıń náwbet sıyımlılığı sheklengen bolǵanda sistema parametrleriniń ózgeriwin úyreniw hám onı baylanıs sistemalarına baylanıslığın úyreniw, baylanıs sistemaları parametrleriniń eń jaqsı mánislerin tabıwda imitaciyalıq modellestiriwdi qollawdı úyreniwden ibarat.

Teoriyalıq maǵlıwmatlar

M/M/1/L türdegi ˊGXKSda L – náwbet ushın ajıratılǵan buferdiń kólemi bolıp, sistemada maksimal N ($N=L+1$) dana buyırtpa bolıwı múmkin, yaǵniy L dana buyırtpa buferde (náwbette) hám 1 dana buyırtpa xızmet kórsetiw qurılmasında bolıwı múmkin.

Halatlar itimalılıqları tómendegishe tabıladı:

$$\begin{aligned} p_k &= p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{\mu}, \quad k \leq N, \\ p_k &= p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k, \quad k \leq N, \\ p_k &= 0, \quad k \geq N. \end{aligned}$$

Sistemanıń bos bolıw itimalılığı:

$$p_0 = \left[1 + \sum_{k=1}^N \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \right]^{-1} = \left[1 + \frac{(\lambda / \mu)(1 - (\lambda / \mu)^N)}{1 - (\lambda / \mu)} \right]^{-1} = \frac{1 - \lambda / \mu}{1 - (\lambda / \mu)^{N+1}}.$$

Solay etip, halatlar itimalılıqları tómendegi formula járdeminde tabıw múmkin:

$$p_k = \begin{cases} \frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}} \rho^k, & 0 \leq k \leq N, \\ 0, & k < 0 ; k > N. \end{cases}$$

Usı sistemanıń eń áhmiyetli kórsetkishi buyırtpalardıń joǵalıw (blokirovka) itimalılığı bolıp esaplanadı. Joǵalıw processi buferdiń tolıp qalıwı menen júz beredi, yaǵníy sistemanı *k* halatta bolıw itimalılığı buyırtpanıń joǵalıw itimalılığın beredi [7]:

$$p_B = p_k(k = N) = \frac{(1-\rho)\rho^N}{1-\rho^{N+1}}$$

Jumıstı orınlaw tártibi

Bir kanallı náwbet sıyımlılığı sheklengen ǵalabalıq xızmet kórsetiw sistemasın modellestiriw ushın tap aldıńǵı model kibi jumıssı maydan jaratıldı. Bul processte tek ǵana bazibır sazlawlardı ámelge asırıw talap etiledi.

- 1) Sıyımlılıqqa kóre model parametrlerin ózgertiw:

Modelde bufer sıyımin sheklew hám artıqsha buyırtpalardı qabillamawdı ámelge asırıwı kerek boladı. Bufer sıyımin sheklew bolsa sistemada buyırtpalardıń generatordan shıǵıwı hám buferge náwbette tura almaǵanı ushın sistema qátelikti beredi.

Onday bolsa AnyLogic quralı arqalı qabillamawdı (отказ) náwbet sıyımlılığın sheklew arqalı ámelge asırıw mümkinbe? Buniń ushın bir qansha jolları bar. Olardan birin qollanıp sistemaǵa ózgerisler kiritemiz.

Queue obekti buyırtpalardı keyingi obektke uzatıw hám buyırtpalar náwbetin modellestiriw ushın xızmet etedi.

Zárúriyat tuwilǵanda siz buyırtpanıń náwbette maksimal turiw (kútiw) waqtın belgilewińiz mümkin. Jazılǵan baǵdarlama kodı arqalı buyırtpanıń náwbettiń qálegen jerinen shıǵarıp taslaw imkaniyatına iyesiz. Ulıwma jaǵdayda buyırtpa *Queue* obektin túrli jollar arqalı shıǵıp ketiwin modellestiriw mümkin.

- 1) Tradiciyalıq usıl arqalı, yaǵníy **Out** portı arqalı keyingi qabil qılıwshı qurılma buyırtpanı qabil qılıwǵa tayar bolǵan halatında bolǵanda;
- 2) *outTimeout* usılı arqalı: eger buyırtpa náwbette belgilengen waqt dawamında turǵan bolsa, ol obektten shıǵıp ketedi (eger *timeout* rejimi qosılǵan bolsa).

- 3) *outPreempted* portı arqalı: bufer tolğannan keyin kelip túsken buyırtpa obektten shıgıp ketedi (eger qısıp shıgariw rejimi jaǵılǵan bolsa);
- 4) “*Qol járdeminde*” yaǵníy *remove()* yáki *removeFirst()* funkciyaların shaqırıw arqalı buyırtpa joq qılınadı.

Birinshi jaǵdayda náwbettiń basında (0-poziciyada) turǵan buyırtpa obekti taslap ketedi. Eger bufer tolğanınan keyin kelip túsken buyırtpa *OutTimeout* yáki *outPreempted* portına baǵdarlangan bolsa, ol jaǵdayda ol obektten sol momentte shıgıp ketedi.

Eger qısıp shıgariw rejimi qosılǵan bolsa, **Queue** blogi turaqlı buyırtpalardı qabil etedi, kerisinshe jaǵdayda bolsa, yaǵníy náwbet uzınlığı tolǵanda buyırtpa qabil qılinbaydı hám obektten shıgıp ketedi.

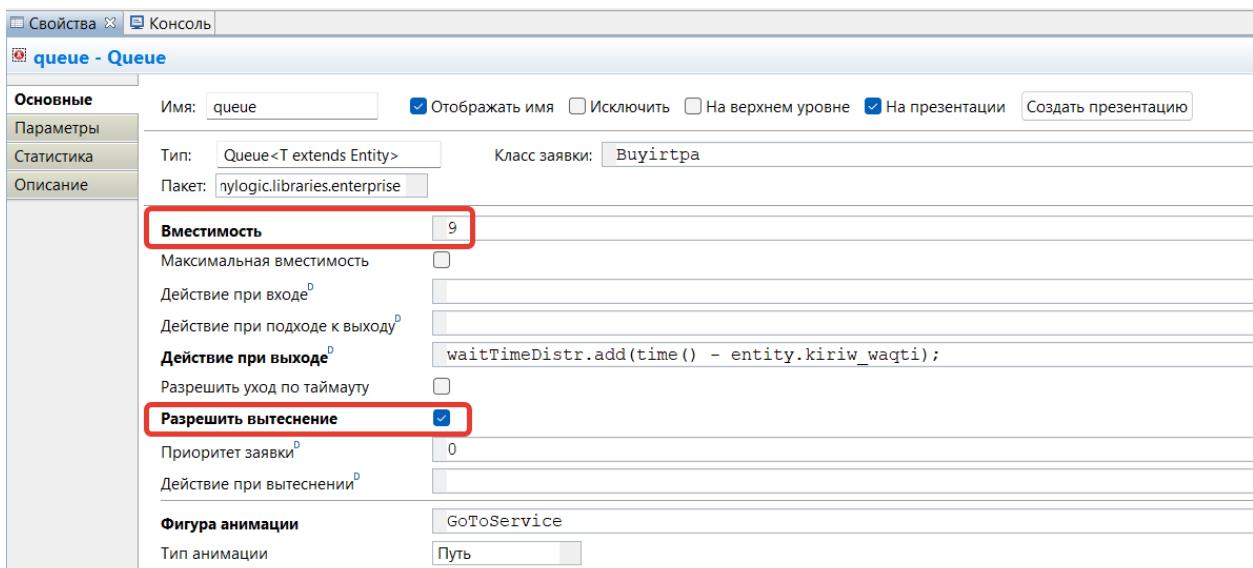
Kelip túsip atırǵan buyırtpalar anıq belgilengen tártip boyınsha: FIFO qádesine tiykar yáki jenillikke tiykar jaylastırıldı. Jeńillik buyırtpada aldınnan berilgen boliwı mümkin yáki sırtqı tásir sebep islep shıǵılıwı mümkin.

Jeńillikli náwbette qoyıw usılında hár jańa kelip túsken buyırtpa ushın jeńillik islep shıǵıladı hám jeńilligine sáykes náwbetke jaylastırıdı. Eger náwbet tolıp qalsa, jańa buyırtpa kelip túskende, aqırında turǵan buyırtpa *outPreempted* portı arqalı obektten shıgıp ketedi. Eger jańa kelip túsken buyırtpańı jeńilligi náwbet aqırında turǵan buyırtpaǵa salıstırǵanda joqarı bolmasa, ol jaǵdayda kelip túsken buyırtpa obektten shıgıp ketedi.

Tapsırmada qoyılǵan shártlerdi orınlaw ushın aqırǵı qısıp shıgariw usılınan paydalananız. **Source** generatorı arqalı islep shıgarılıp atırǵan buyırtpalar bir qıylı jeńillikke iye hám sol sebepli (N uzınlıqtığı) bufer tolğanınan keyin aqırǵı kelip túsken buyırtpa sistemadan shıgıp ketedi.

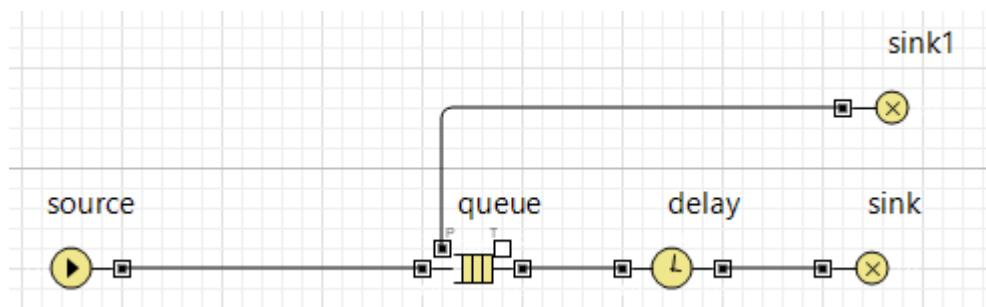
Modelde tómendegi ózgerislerdi kiritemiz:

1. **Queue** obektin belgileymiz. Tiykarǵı paneldiń qásiyetler aynasında berilgen tapsırmaga tiykar sheklengen bufer uzınlığın belgileymiz.
2. Sol aynanıń ózinde qısıp shıgariw rejimin aktiv halatqa keltiremiz.



3.1-súwret. Queue blogi qásiyetleri

3. Joytılǵan buyırtpalardı sanaw ushın jáne bir (palitra aynasında jaylasqan **Sink** blogi arqalı) **sink1** atlı blogin qosamız.



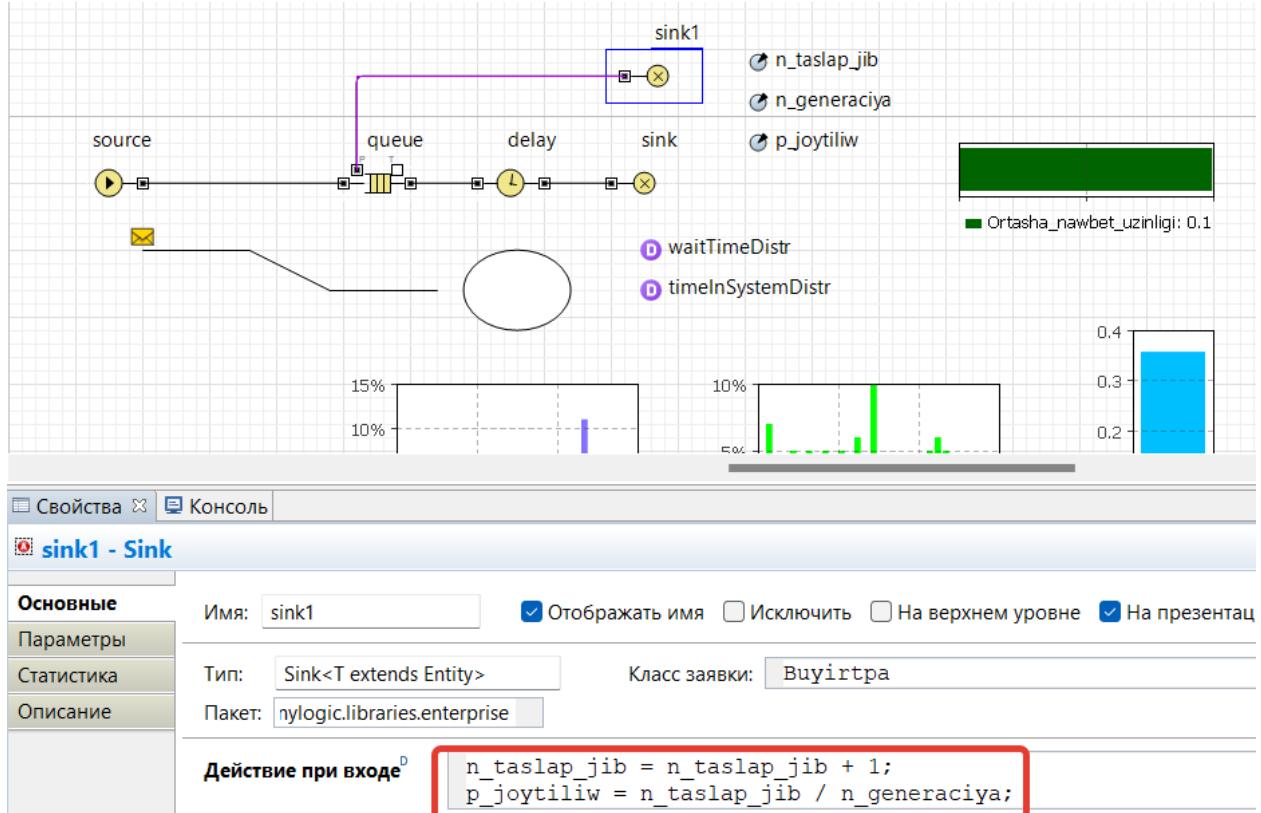
3.2-súwret. Bufer sıyimliliǵı sheklengen bir kanallı GXKS modeli

4. **Queue** bloginiń *outPreeempted* portın **sink1** bloginiń InPort atlı portına jalǵaymız. Olardı jalǵaw ushın qálegen port ústine tishqanshanıń shep túymesin eki márte basıw arqalı belgilep, ekinshi obekt portın kórsetip, jáne tishqanshanıń shep túymesin eki márte basamız.

5. Ekinshi port penen jalǵanǵanın aniqlaw ushın sıniq sızıq belgilenedi hám eki obekt portları jasıl reńde bolsa, ol jaǵdayda olar jalǵanǵan, keri jaǵdayda bolsa sıniq sızıq ushların port tárepke jılıstırıwıńız kerek boladı.

Bunday halatta bufer tolǵanınan soń kelip túskenn buyırtpalar obektten shıǵıp ketedi hám náwbetke qoyılmayıdı. Usı modelde sistemanı taslap ketken buyırtpalar

sanı **sink1** esaplaǵışında sáwlelendiriledi. Paketlerdiń joytılıw itimalılıǵı bolsa, taslap jiberilgen buyırtpalar sanınıń generaciya qılınǵan buyırtpalar sanına qatnasi arqalı tabıladı. Bul ushın 3 parametr jumısshi maydanına alıp kelinedi hám sáykes atlar menen ataladı. Keyin **source** hám **sink1** bloglarında sáykes kodlar jazıldır.

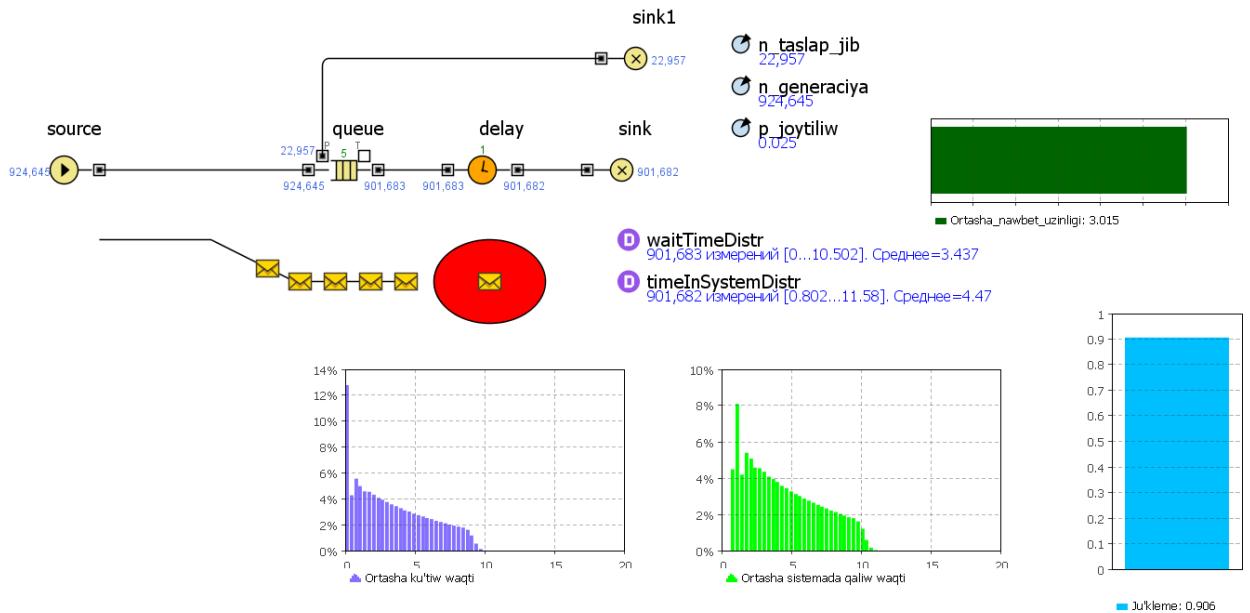


3.3-súwret. Sink1 bloginde taslap jiberilgen paketler sanın hám joǵaltılǵan buyırtpalar úlesin esaplaw.

6. Ózgertilgen modeldi iske túsiriń hám onıń jumisın gúzetiń.

Esabat quramı

Esabatta bir kanallı GXKS haqqındaǵı qısqaşa teoriyalıq maǵlıwmat, jumistiń maqseti, AnyLogic ortalığında qurılıǵan bir kanallı nawbet sıyımlılıǵı sheklengen GXKS imitaciyalıq modeli, onıń járdeminde alıńǵan ortasha nawbet uzınlığı, ortasha kútiw waqtı, sistemaniń paydalanylıw koefficienti, joytılıǵan buyırtpalar úlesi kibi sistema parametrleri grafikalıq ýáki keste kórinisinde sáwlelendiriliwi kerek.



3.4-súwret. Qoyılǵan tapsırmaǵa tiykar modeldiń islewi

Qadaǵalaw sorawlari

1. Bir kanallı nawbet sıyımlılığı sheklengen GXKSda sistema parametrlerinin aniqlaw imkaniyatın beretuǵın matematikaliq formulalardı keltiriń.
2. AnyLogic ortalığında GXKSniń nawbet sıyımlılığın sheklew qanday ámelge asırıladı?
3. AnyLogic ortalığında sistemada joytılǵan buyırtpalar úlesi qanday tabıladı?
4. Sistemada joǵaltılǵan buyırtpalar úlesi qaysı parametrlerge baylanıslı?

Usı ámeliy jumısta islengen modeldi tómendegi silteme ýáki QR kod arqalı júklep alıwińız mümkin:

https://github.com/Sadatdiyynov/AnyLogic_practice/blob/main/Practice_3.zip



4-ÁMELIY SHÍNÍGÍW

KÓP KANALLÍ NÁWBET SÍYÍMLÍLÍGÍ SHEKSIZ HÁM SHEKLENGEN ĞALABALÍQ XÍZMET KÓRSETIW SISTEMASÍN SIMULYACIYALAW

Jumistan maqset: Kóp kanallı ǵalabalıq xızmet kórsetiw sistemaların (GXKS) modellestiriwdi AnyLogic ortalığı járdeminde úyreniw, model arqalı baylanıs sistemaları qásiyetlerin úyreniw.

Teoriyalıq maǵlıwmatlar

Náwbet sıyımlılığı sheksiz sistema. $M/M/m$ túrindegi GXKSda kanallar sanı m ge teń. Náwbet sıyımlılığı sheksiz. Ótiw parametrleri:

$$\lambda_n = \lambda, n = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu, & 0 \leq n \leq m \\ m\mu, & m \leq n \end{cases}$$

“Joǵalıw-kóbeyiw” processi halatlar itimalılıqların tabamız:

$$p_k = \begin{cases} p_0 \frac{(m\rho)^k}{k!}, & k \leq m \\ p_0 \frac{\rho^k m^m}{m!}, & k \geq m \end{cases}$$
$$\rho = \frac{\lambda}{m\mu} = \frac{A}{m} < 1.$$

Sistemanıń bos bolıw itimalılığı:

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^{m-1} \left(\frac{(A)^k}{k!} \right) + \frac{(m\rho)^k}{m!} \frac{1}{1-\rho} \right]^{-1}.$$

Joqarıda alıńǵan formulalar sistemanıń sapa kórsetkishlerin esaplawǵa járdem beredi, biz sistemaǵa kelip túsetuǵın buyırtpalardıń náwbetke jaylasıwı itimalılığın anıqlawǵa járdem beretuǵın bir formulanı keltirip ótemiz. Buyırtpańı náwbetke alıw itimalılığı Erlangnıń S-formulası járdeminde tabıladı [7]:

$$C(m, \lambda / \mu) = \frac{\left(\frac{(A)^m}{m!}\right) \left(\frac{1}{1-A/m}\right)}{\left[\sum_{k=0}^{m-1} \frac{(A)^k}{k!} + \left(\frac{(A)^m}{m!}\right) \left(\frac{1}{1-A/m}\right)\right]}, A = \frac{\lambda}{\mu}$$

Náwbet sıyımlılığı sheklengen sistema. $M/M/m/0$ túrindegi GXKSda m dana xızmet kórsetiw qurılması bar, náwbet ushın bolsa yad (bufer) joq. Kanallar kommutaciyası tiykarında qurılğan qurılmalardı usı $M/M/m/0$ sisteması járdeminde modellestiriw mûmkin. Ótiw parametrleri tómendegishe:

$$\begin{aligned}\lambda_n &= \begin{cases} \lambda, & n < m \\ 0, & n \geq m \end{cases} \\ \mu_n &= n\mu, \quad n = 1, 2, 3, \dots, m.\end{aligned}$$

Halatlar itimalılıqların tabamız:

$$p_k = p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{(1+i)\mu} = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{1}{k!}, \quad k \leq m,$$

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^m \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{1}{k!} \right]^{-1}.$$

Buyırtpalardıń joǵalıw itimalı Erlangtiń V-formulası járdeminde tabıladı [7]:

$$P_B = E_B(m, A) = p_m = \frac{\frac{A^m}{m!}}{\sum_{k=0}^m \frac{A^k}{k!}}, \quad A = \frac{\lambda}{\mu}$$

Jumıstı orınlaw tártibi

Kóp sanlı xızmet kórsetiw qurımasın modellestirip, buyırtpalarǵa xızmet kórsetiw ushın zárúr bolatuǵın resurslar (kanallar) sanın iyeleydi, buyırtpanı bir qansha müddetke keshiktirip, soń iyelengen resurslardı bosatadı.

Kóp kanallı xızmet kórsetiw procesin eki usılda shólkemlestiriw mûmkin. Birinshisi aldińǵı jumıstaǵı kibi *Delay* blogi arqalı model quriw hám bul blokta

“Реплицированный” qásiyetin belgilep xızmet kórsetiwshi qurılmalar sanın kirgiziw mûmkin. Ekinshi usıl bolsa *Service* blogi arqalı ámelge asırıladı.

Bul blokta kanallar sanı Access portı arqalı *Service* blogine jalǵanǵan *ResourcePool* blogi arqalı grafikalıq kóriniste ańlatılıwı ýáki usı bloktiń ózinde kiritiliwi mûmkin.

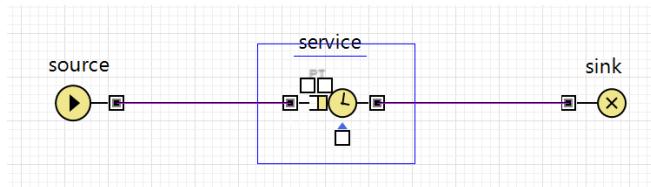
Seize, Delay, Release izbe-izligi tiykarında qurılǵan bul modelde usı bloklardıń barlıq paremetrlerin kiritilgen.

Itibarǵa alıń, buyırtpaǵa xızmet kórsetiw procesinen soń barlıq resurslar emes, bálkim tek ǵana usı iyelengen resurs bosatıldı.

Process modelin quriw ushın tómendegi bloklardan paydalanyladi:

- Source
- Service
- Sink

1. **Service** obektin jumıs maydanına alıp keliń.



4.1-súwret. *Service* blogi arqalı jalǵanǵan GXKS modeli

2. Obekt qásiyetlerin kirgiziń:

Barlıq xızmet kórsetiw qurılmaları (resurs) ushın birden-bir náwbet shólkemlestirilgen. “Вместимость очереди” punktine 20 dep kirgiziń hám nátiyjede bul bufered 20 dana buyırtpa sıyıwın kórsetedi.

Eger náwbet sıyımlığı sheksiz GXKS dep qaralsa, ol jaǵdayda “Максимальная вместимость в очереди” punkti tańlanadı.

Aytayıq, xızmet kórsetiw waqtı úshmúyeshli bólistiriliw nızamına boysınsın. Bul parametrde xızmet kórsetiw qurılması usı bólistiriliw boyınsha minimal – 2.5, ortasha – 6 hám maksimal – 11 sekund dawamında xızmet kórsetiwin ańlatıwshı

mánislerin kirgizemiz. “Время задержки” punktine: triangular(2.5, 6, 11) dep kirgizemiz.

4.2-súwret. Service bloginiń qásiyetler aynası

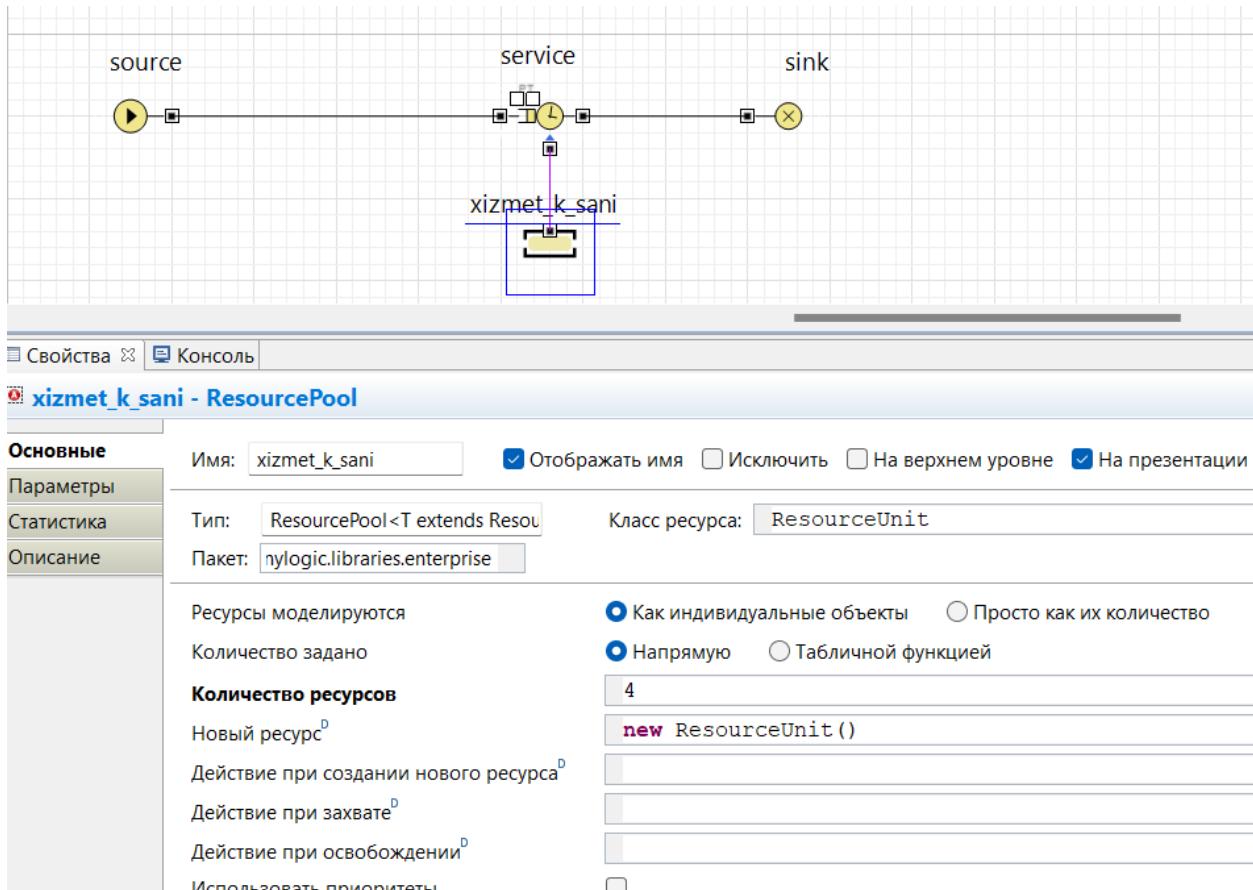
4. Xızmet kórsetiwshi qurılmalar sanın kórsetiw ushın “**ResourcePool**” obektinen paydalanamız. Bul sistemadaǵı kanallar sanın ańlatadı.

5. Obektti *xizmet_k_sani* dep atań. Resurslar sanın misal ushın 4 dep belgileń (4.3-súwret). **Количество ресурсов:** 4

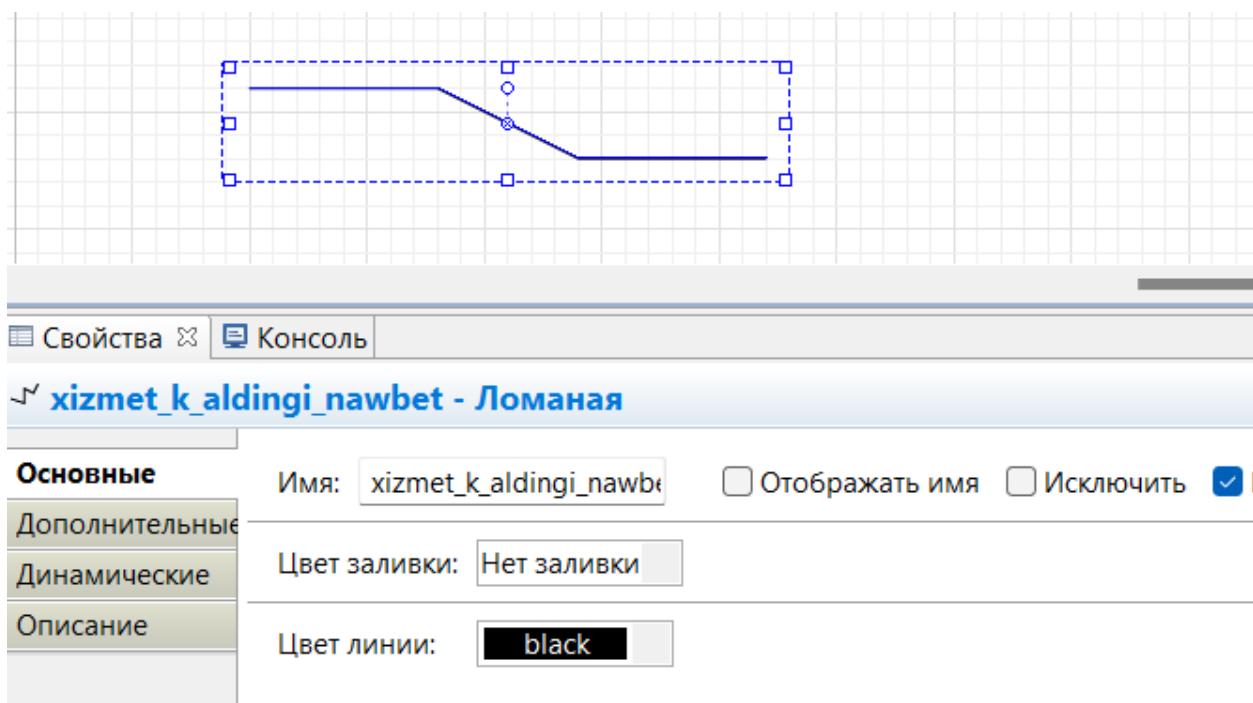
6. Bloklardı izbe-iz tárizde jalǵań. Buniń ushın port ústine tishqanshanıń shep túymesin eki márte basin hám ekinshi porttı kórsetip, onıń da ústine eki márte basıń. Nátiyjede jalǵaǵış sızıq payda bolǵanın kóresiz.

Model animaciyasın jaratiw

1. Xızmet kórsetiliwin kútıp atırǵan buyırtpalar náwbetin ańlatıw ushın sızıq sızıq sızamız hám onı *xizmet_k_aldingi_nawbet* dep ataymız (4.4-súwret).

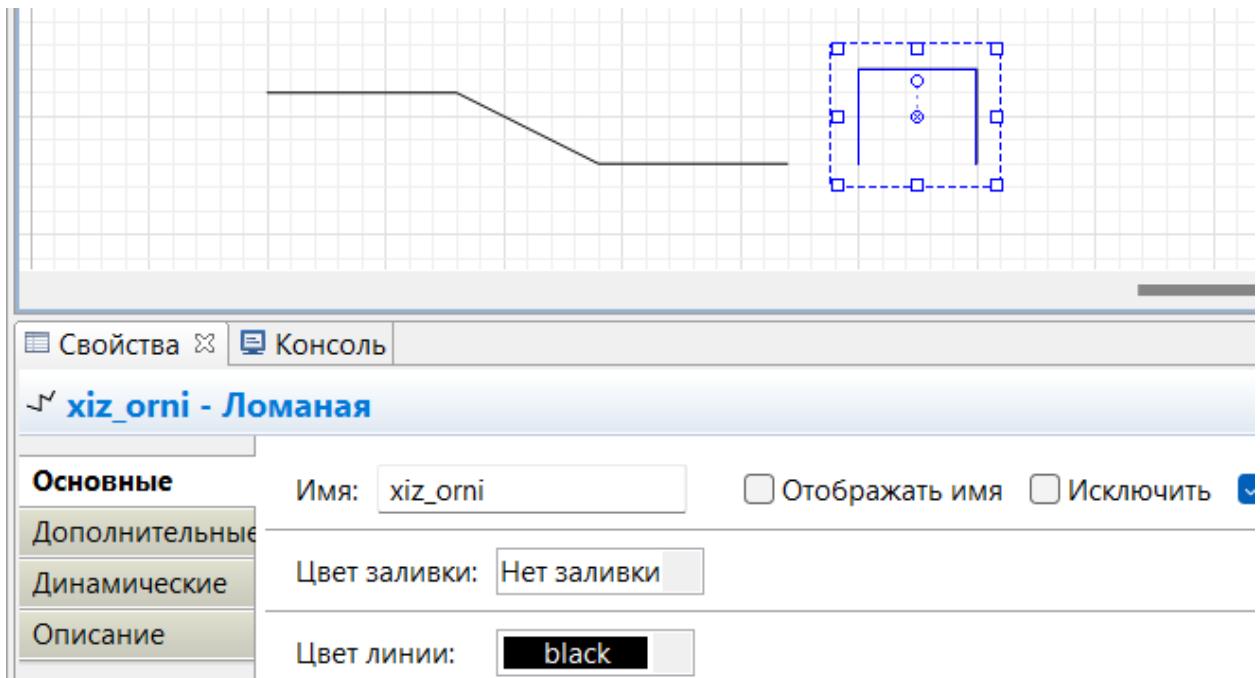


4.3-súwret. *ResourcePool* obektiniń qásiyetleri hám jumıssħı model



4.4-súwret. Iymek sızıq hám onıń qásiyetler aynası

2. Sınıq sızıqtıń oń tárepinde 4 dana xızmet kórsetiw qurılması jaylasqanın ańlatıwshı (joqaridaǵı mísalda xızmet kórsetiw qurılması sanı 4 dana dep alınganı ushın) sınıq sızıqlar sızamız hám *xiz_orni* dep ataymız.

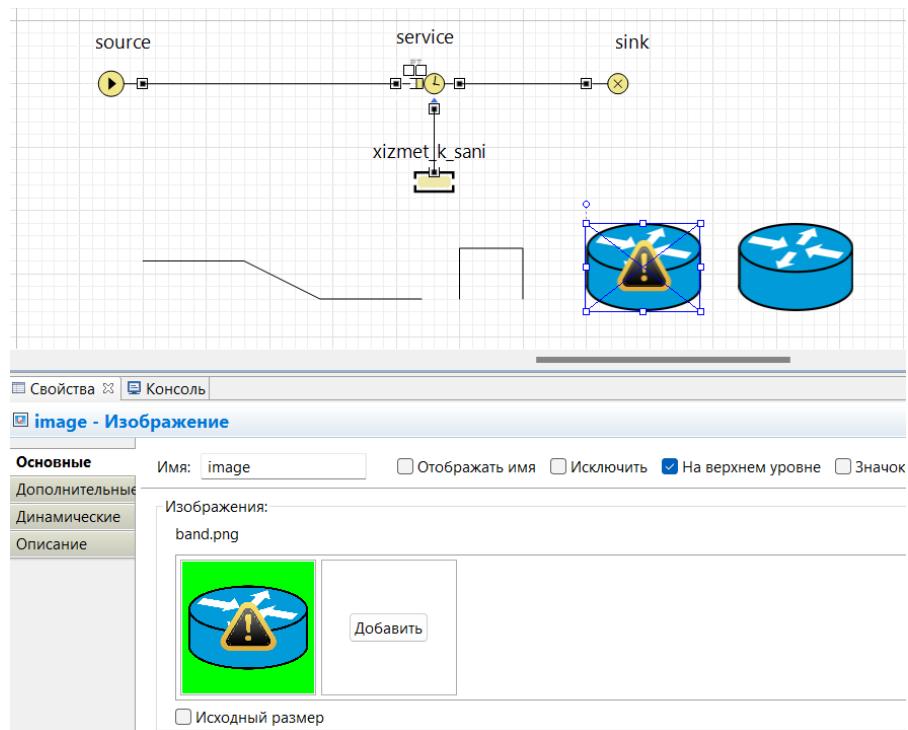


4.5-súwret. *xiz_orni* atlı sınıq sızıq

Soń xızmet kórsetiwhiler qurılmalarınıń prezentaciyasın sızamız. Olardı eki súwret kórinisinde ańlatıw múnkin: birinshisi xızmet kórsetiwhi qurılmanıń bánt halatta boliwı, ekinshisi bánt bolmaǵan halatta bolıwın ańlatadı.

Xızmet kórsetiwhi qurılmalar súwretin jaylastırıw

1. Презентация palitrasınan Изображение elementin jumıs maydanına alıp kelemiz, ol modelde kók súwret kórinisinde jaylasadı (4.6-súwret).
2. Qásiyetler paneline ótemiz. Atı sıpatında súwretti *busy_xizm* dep ataymız.
3. Soń usı forma kórinisinde súwretleytuǵın súwretti tańlaymız. “Добавить” túmesin basıp, qurılma bánt bolǵanda kórsetiletuǵın súwretti tańlaymız. Fayldı tańlaǵanıńızda ol dáslepki kórinis aynasında kórsetiledi.
4. Fayldıń dáslepki ólshemlerin saqlap qalıw ushın “Исходный размер” bayraqshası ornatılıwı múnkin.



4.6-súwret. Súwretlerdiń qásiyetler aynası

5. Usı tárizde jáne bir súwretti júklep, onı *idle_xizm* dep atań hám sistema bos turatuǵın jaǵdaydaǵı súwretti belgileń.

Endi model bloklarınıń animaciyalıq qásiyetlerin kırnezip shıǵıw lazım.

Model bloklarınıń animaciyalıq qásiyetlerin ózgertiw

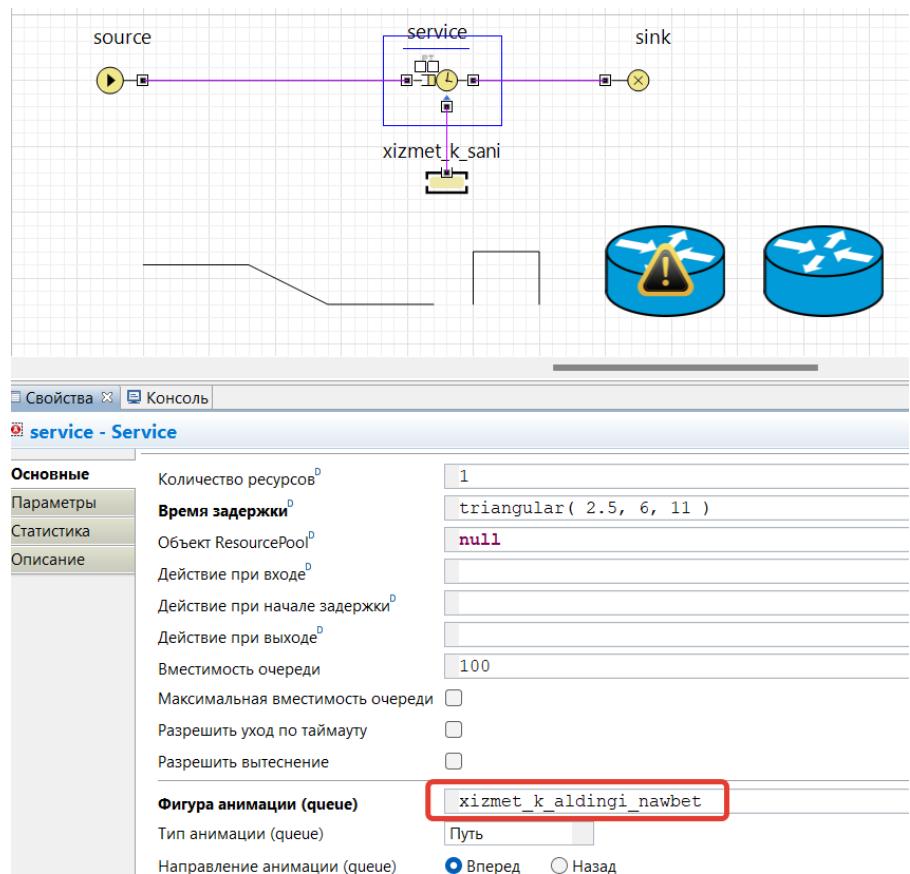
1. *Service* bloginiń Queue formasi animaciyası sıpatında *xizmet_k_aldingi_nawbet* atlı sızıq atın kórsetiń (4.7-súwret).

Фигура анимации (queue): *xizmet_k_aldingi_nawbet*

2. Xızmet kórsetiwhi qurılmalar animaciyasında biz kórsetken tárizde ańlatılıwı ushın *xizmet_k_sani* obekti ushın tómendegi qásiyetlerdi belgileń (4.8-súwret).

- “**Фигура анимации**” (delay) maydanında xızmet kórsetiwhi qurılma ornın ańlatılıwshı sıniq sızıq atın kırnezini: *xiz_orni*
- **Тип анимации** tańlanbası toplamınan “**Набор**” parametrin tańlań.

ResourcePool blogi qásiyetlerinde qurılmalar ushın súwretlew qásiyetlerin kórsetiń.



4.7-súwret. Service blogi qásiyetleri

Properties (Свойства) - xizmet_k_sani - ResourcePool

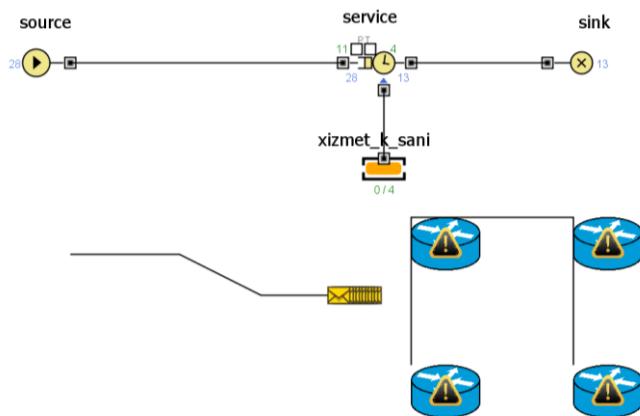
- Основные (Основные)**
 - Имя: xizmet_k_sani Отображать имя Исключить На верхнем уровне На презентации Создать презентацию
 - Тип: ResourcePool<T extends Reso Класс ресурса: ResourceUnit
 - Пакет: nylogic.libraries.enterprise
 - Ресурсы моделируются Как индивидуальные объекты Просто как их количество
 - Количество задано Напрямую Табличной функцией
 - Количество ресурсов: 4
Новый ресурс: new ResourceUnit()
 - Действие при создании нового ресурса:
 - Действие при захвате:
 - Действие при освобождении:
 - Использовать приоритеты:
 - Фигура анимации свободного ресурса: idle_xizm
 - Фигура анимации занятого ресурса: busy_xizm
 - Уникальная фигура для каждого ресурса:
 - Разрешить вращение:
 - Фигура анимации: xiz_orni
 - Тип анимации: Набор
 - Включить сбор статистики:

4.8-súwret. ResourcePool blogi qásiyetleri

- **Bos resurslar animaciyası forması** aynasında bos xızmet kórsetiw qurılmasın ańlatıwshı súwret atın kórsetiń: *idle_xiz*

- **Bánt resurslar animaciyası formasы** aynasında bánt xızmet kórsetiw qurılmasın ańlatıwshı súwret atın kórsetiń: *busy_xiz*

2. Modeldi iske túsiriw hám túrlı bólistiriliw parametrleri ushın onıń islewin analizlewińiz múmkin.



4.9-súwret. Náwbet sıyimliliǵı sheklengen ($N=20$), buyırtpalar kelip túsiw waqtı 1.65 hám xızmet kórsetiw waqtı bólistiriliwi *triangular* (2.5, 6, 11) bolǵan
GXKS modeli

Usı modelde xızmet kórsetiwhı resurslar sanı ózgermeydi hám turaqlı mániske iye. Onı modellestiriw processinde ózgertiw imkaniyatı bolıwı ushın AnyLogic basqarıw elementlerinen paydalaniwımız múmkin.

Prezentaciya aynasına sanlı ózgeriwhilerdi hám parametrlerde ózgertiwge mólscherlengen arnawlı basqarıw elementi – “**Бегунок**” tı alip keliń. Biziń jaǵdayda bul elementten xızmet kórsetiw qurılmaları sanı qanday bolǵanda kelip túsip atırǵan buyırtpalar aǵımına xızmet kórsetiwdi qanaatlandıra alatuǵın optimal xızmet kórsetiw qurılmaları sanın tekseriwge járdem beredi.

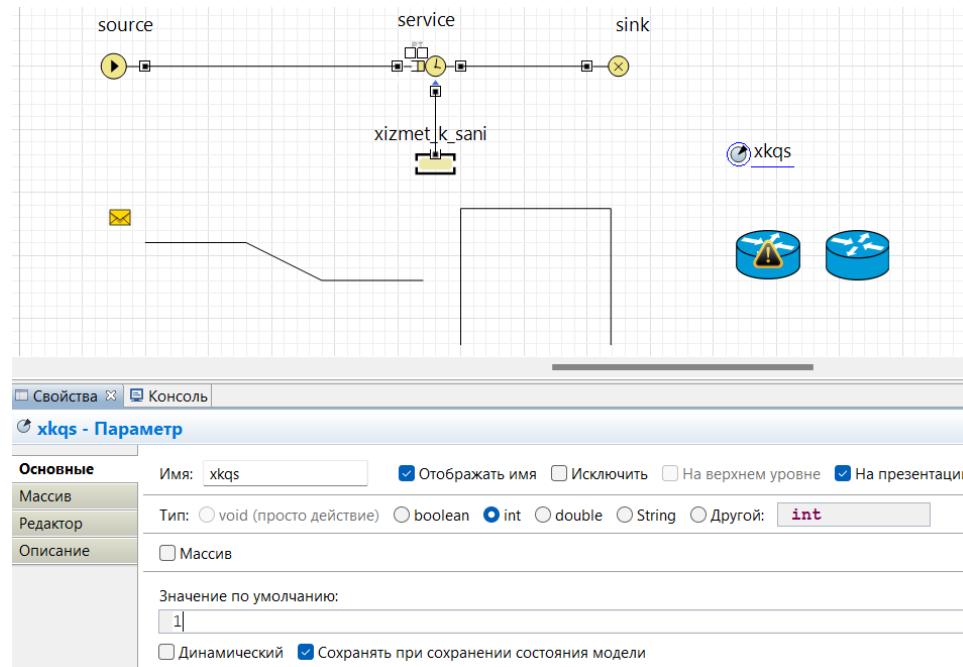
Resurslar sanın ańlatıwshı “**Бегунок**” tı jaylastırıw

1. “**Элементы управления**” palitrasın ashıp, “**Бегунок**” elementin jumıs maydanına alıp keliń.

2. Onı “ResourcePool” obektiniń tómengi jaǵına jaylastırıń (logikalıq jaqtan usı qurılma parametrin ózgertiwi túsinikli bolıwı ushin).

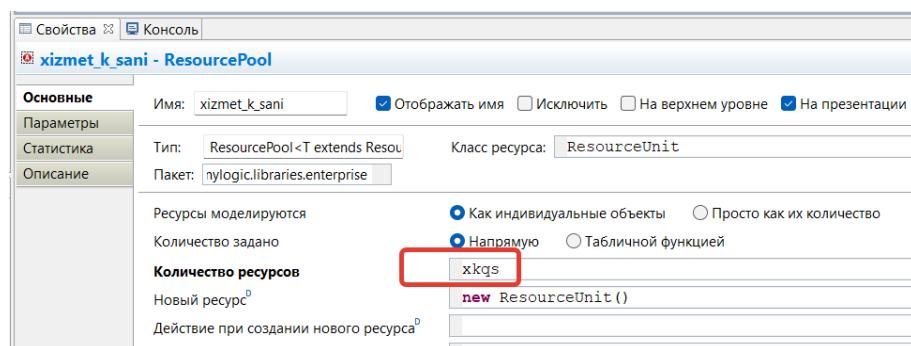
3. Xızmet kórsetiwshi qurılmalar sanı 1÷4 aralıǵında bolsın dep shárt kiriteyik. Sol sebepli maksimal hám minimal san mánislerin kiritemiz.

2. Jumissıhı maydanǵa “Параметр” dep atalıwshı ózgeriwshini kiritemiz hám onı *xkqs* dep ataymız. Qabil qıla alatuǵın mánisi sıpatında *int* yaǵníy pútin sanlar rejimin belgileymiz.



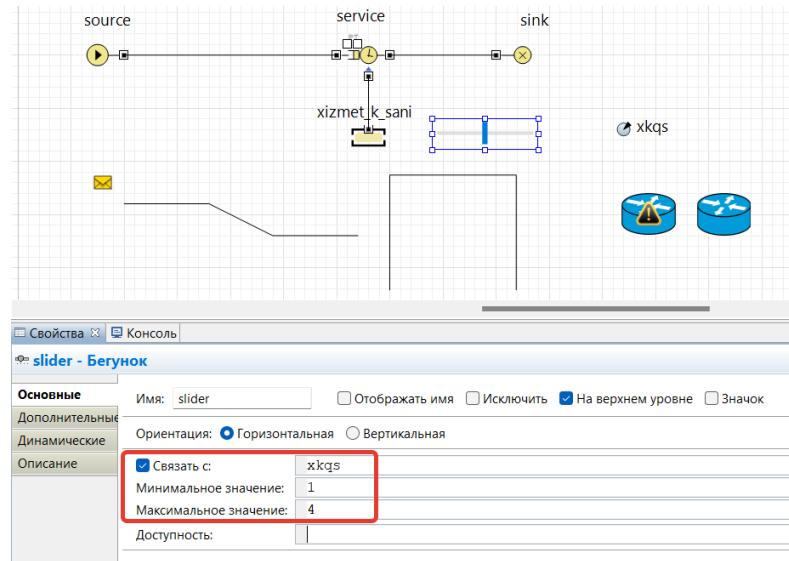
4.10-súwret. “Параметр” elementiniń qásiyetleri

3. “ResourcePool” bloginde resurslar sanı sıpatında joqarıdaǵı parametr atı (yaǵníy *xkqs*) kirgiziledi.



4.11-súwret. ResourcePool bloginiń qásiyetleri

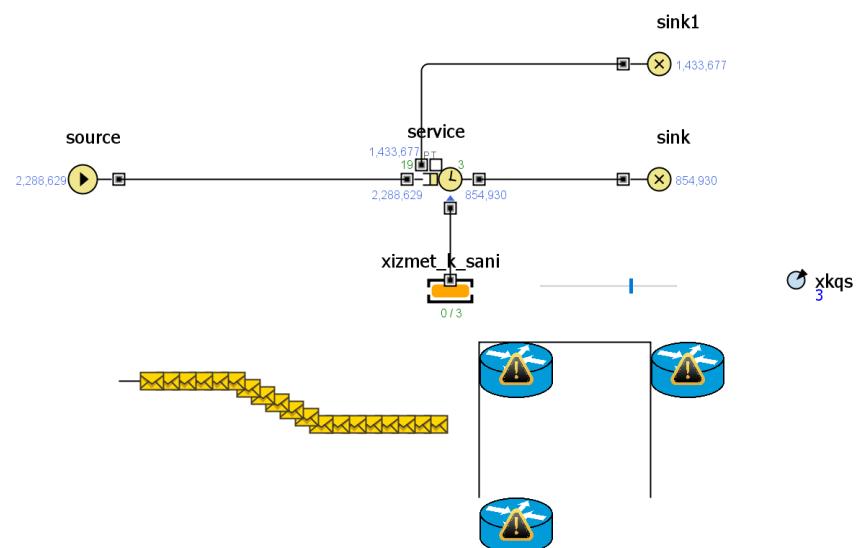
Slider qásiyetlerinde bolsa *xkqs* parametri menen baylaniw rejimin hám minimal, maksimal tańlanatuǵın mánislerdi ornatiń.



4.12-súwret. “Бегунок” elementiniń qásiyetleri

Modeldi iske túsiriń hám nátiyjelerdi analiz qılıń. Bunda modeldiń tómengi jaǵında dinamikalıq xızmer kórsetiwshi qurılmalardıń halatı ózgeriwin de kóriwińiz mûmkin.

Náwbet sıyımlılıǵı sheksiz bolǵan kóp kanallı GXKS modeli bunnan aldińǵı jumıstaǵı kórsetpeler tiykarında qurıladı. Onıń ulıwma kórinisi 4.13-súwrettegidey boladı.



4.13-súwret. Náwbet sıyımlılıǵı sheksiz kóp kanallı GXKS modeli

Analiz waqtında siz xızmet kórsetiwshiler sanın ózgertiwińiz mûmkin hám kelip túsip atrǵan buyırtpalar ushın neshe xızmet kórsetiw qurılması zárúrligi haqqında juwmaq shıǵarıwińiz mûmkin.

Esabat quramı

Esabatta kóp kanallı GXKS haqqındaǵı qısqaşa teoriyalıq maǵlıwmat, jumistiń maqseti, AnyLogic ortalığında qurılǵan kóp kanallı GXKS imitaciyalıq modeli, onıń járdeminde alıngan ortasha náwbet uzınlığı, ortasha kútiw waqtı, sistemaniń paydalanylıw koefficienti kibi sistema parametrlerin grafikalıq yáki keste kórinisinde sáwlelendiriliwi kerek.

Qadaǵalaw sorawları

1. Kóp kanallı GXKS na mísal keltiriń.
2. Baylanıs sistemalarında qaysı processler kóp kanallı GXKS bolıwı mûmkin?
3. Kóp kanallı GXKS parametrlerin bahalaw ushın usınılgan matematikalıq formulalardı túsindiriń.
4. AnyLogic ortalığında kóp kanallı GXKS qaysı bloklar járdeminde qurıladı?
5. Kanallar sanınıń artıwı qaysı parametrlerge tásir qıladı?

Usı ámeliy jumısta islengen modeldi tómendegi silteme yáki QR kod arqalı júklep alıwińiz mûmkin:

https://github.com/Sadatdiynov/AnyLogic_practice/blob/main/Practice_4.zip



5-ÁMELIY SHÍNÍGÍW

SALÍSTÍRMALÍ JEÑILLIKLI ÓALABALÍQ XÍZMET KÓRSETIW

SISTEMASÍN SIMULYACIYALAW

Jumistan maqset: Jeñillikli óalabalıq xızmet kórsetiw sistemaların modellestiriw hám xarakteristikaların analiz qılıw, baylanıs sistemalarında jeñillikli ÓXKS sín qollaw imkaniyatların úyreniw.

Teoriyalıq maǵlıwmatlar

Xızmet kórsetiw tártibi – náwbettegi qaysı talapqa xızmet kórsetiliwi lazım ekenligin aniqlaw joli esaplanadı. Sheshim, tómendegi keltirilgen xarakteristikalardıń biri ýáki olardıń málım bir toplamına tiykarlanıwı mûmkin.

1. Kórip shıǵılıp atırǵan buyırtpañıń náwbetke kelip túsiwi waqtınıń salıstırmalı ólshemi;
2. Xızmet kórsetiwge kerek bolatuǵın ýáki qabil qılınatuǵın waqıt ólshemi;
3. Buyırtpañı bir toparǵa ýáki basqa bir toparǵa tiyisliligin belgileytuǵın funkciya.

Xızmet kórsetiw tártibine misal sıpatında turaqlı isletiletuǵın model “birinshi kelenge – birinshi xızmet kórsetiw” (FCFS). Usı jerde xızmet kórsetiliw tártibin túrlerin sanap ótemiz:

- kelip túsiw tártibi boyınsha xızmet kórsetiw (FCFS);
- keri tártipte xızmet kórsetiw, aqırǵı kelip túskен sorawǵa birinshi xızmet kórsetiw (LCFS);
- birinshi náwbettegi xızmet kórsetiw talapları qısqa müddetli, xızmet kórsetiwden aldıńǵı (SRPT);
- birinshi náwbettegi xızmet kórsetiw talapları ortasha qısqa müddetler menen (SEPT);

- birinshi náwbettegi xızmet kórsetiw talapları májbúriy qısqa waqıt penen (SIPT).

Túrli xızmet kórsetiw tártipleri ushın predmet sıpatında náwbette ortasha kútiw waqtiniń esabın ýáki sistemadaǵı ortasha bolıw waqtiniń esabın alıwımız múmkin boladı.

Aytayıq, buyırtpalar P túrdegi hár túrli jeńillikler klassına tiyisli bolsın, olardıń indeksleri sáykes ráwishte $p=1,2,3,\dots,P$. Hár bir buyırtpa ushın, sistemadaǵı t moment waqtı ushın sáykes ráwishte $q_p(t)$ jeńillikli funkciya belgilengen bolsın. Usı funkciyanıń mánisi qansha úlken bolsa, buyırtpańıń jeńilligi de sonsha joqarı bolaberedi. Xızmet kórsetiw ushın hár sapar buyırtpa tańlawda, jeńillikli funkciyanı eń úlken mániske qarap buyırtpalar paydasına qarap tańlaw ámelge asırılıdı. Ápiwayı jaǵdayda buyırtpa talap jeńilligi qanshelli bálent bolsa, klasslardıń cífr sanı sonshelli artıp baradı. Ulıwma modeldi kórip shıǵamız, M/G/1 sistemaǵa tiykarlangan. Aytayıq, p jeńillikli talaplar sekundına λ_p intensivligindegi Puasson ağımın payda etip atırǵan bolsın. Hár bir buyırtpańıń xızmet kórsetiw waqtı ushın usı klasstan saylap alınadi. Bunda $b_p(x)$ ortasha mánisi itimalılıq tıǵızlıǵına baylanıslı bolmaǵan jaǵdayda boladı.

$$\overline{x_p} = \int_0^\infty xb_p(x)dx$$

Keyingi teńliklerdi kiritemiz:

$$\begin{aligned}\lambda &= \sum_{p=1}^P \lambda_p, \\ \bar{x} &= \sum_{p=1}^P \frac{\lambda_p}{\lambda} \bar{x}_p, \\ \rho_p &= \lambda_p \bar{x}_p, \\ \rho &= \lambda \bar{x} = \sum_{p=1}^P \rho_p.\end{aligned}$$

bul jerde p waqittiń bir bólegi sıpatında interpretaciya etiledi. Xızmet kórsetiwshi qurılma (server) bul waqıt dawamında bánt boladı ($p>1$). Hár bir porcial koefficientler p_p –waqıt bir bólegi sıpatında yaǵníy server bul waqitta p nomerli jeńillikli klasstaǵı buyırtpalarǵa xızmet kórsetip atırǵan boladı.

Eger buyırtpa xızmet kórsetilip atırǵan processte serverden óshiriletuǵın bolsa hám úlkenirek jeńillikli buyırtpa kelip túskende náwbette qaytarılsa, sistema absolyut jeńillik penen islep atır delinedi. Eger serverdegi hár qanday buyırtpaǵa xızmet kórsetiwdi toqtatıp bolmasa bunday ǵalabalıq xızmet kórsetiw sisteması salıstırmalı jeńillik penen islep atır dep aytıladı.

$W_p - p$ jeńillikli klasstaǵı buyırtpanıń náwbette turǵan ortasha kútiw waqtın hámde tap usı klasstaǵı buyırtpa ushın sistemadaǵı ortasha bolıw waqtı - T_p tómendegi teńlik arqalı belgileniwi mümkin:

$$T_p = W_p + \bar{x}_p$$

Tiykarǵı itibardı salıstırmalı jeńillikke iye bolǵan sistemalarǵa qaratamız. p klasstaǵı jeńillikli buyırtpanı kelip túsiw momentinen baslap kórip shıǵamız. Endi bolsa bul buyırtpanı belgilengen (“меченный”) dep atap baslaymız. Belgili buyırtpanıń kútiw waqtın qurawshısı serverdegi usı waqtı momentinde bar bolǵan buyırtpalarǵa górezli. Bul qurawshı basqa xızmet kórsetilip atırǵan buyırtpanıń qaldıq waqtına teń boladı. Belgilep alamız hám bunı keyinshelik taǵı isletemiz. Belgilengen buyırtpanıń ortasha keshigiwi W_0 basqa bir xızmet kórsetilip atırǵan buyırtpa menen baylanıslı ekenligin kóriwimiz mümkin. Hár bir klass ushın qońsı kiriwshi buyırpalardıń waqtı bólístiriliwlerin bilgen jaǵdayda, barqulla bul mánisti esaplawımız mümkin. Biziń shamalaw ushın bolsa hár bir klasstaǵı Puasson bólístiriliwli ágımlardı tómendegishe jazıwımız mümkin boladı [5]:

$$W_0 = \sum_{i=1}^P \rho_i \frac{\overline{x_i^2}}{2x_i} = \sum_{i=1}^P \frac{\lambda_i \overline{x_i^2}}{2}$$

Belgilengen buyırtpa ushın ekinshi kútiw waqtı bólístiriliwi, hár bir belgilengen buyırtpadan aldın basqa buyırtpalarǵa xızmet kórsetiledi, yaǵníy bunda belgilengen buyırtpa náwbette turǵan buyırtpanı ushıratıwı lazım boladı. i klassındaǵı buyırtpalar sanın belgilep alamız. Bunda p klassındaǵı belgilengen buyırtpa náwbette bolǵan buyırtpanı ushıratqan boladı hám onnan aldın N_{ip} ge xızmet

kórsetilgen dep alındı. Usı sanniń ortasha mánisi kútiw bólistiriliwiniń ortasha mánisin ańlatadı.

$$\sum_{i=1}^P \bar{x}_i \overline{N}_{ip}$$

Úshinshi qurawshı buyırtpalar menen baylanıslı bolıp, belgilengen buyırtpa kelip túskennen keyin, bunda xızmet kórsetiw aldınıraq ámelge asırılğan boladı. Bunday talaplardı M_{ip} dep belgileymiz. Bunday qurawshınıń ortasha keshigiwin tómendegi formula arqalı anıqlaymız:

$$\sum_{i=1}^P \bar{x}_i \overline{M}_{ip}$$

Úsh qurawshını jámlep, belgilengen buyırtpa ushın náwbettegi ortasha kútiw waqtınıń formulasın payda etemiz:

$$W_p = W_0 + \sum_{i=1}^P \bar{x}_i (\overline{N}_{ip} + \overline{M}_{ip}), \quad p = 1, 2, \dots, P$$

Xızmet kórsetiw sistemاسınan biyǵarez talaplar sanı N_{ip} hám M_{ip} sistemada tártipsiz bola almaydı, sonıń ushın stavkalar toplamı bar. Olar jeńillikke iye bolǵan buyırtpalardı bir-biri menen baylanıstıradı. ÓXKS ları ushın usı baylanıslardı “saqlanıw nızamı” dep atawımızǵa alıp keledi. Eger sistema konservativ bolatuǵın bolsa (buyırtpalar sistemaniń ishinde joǵalıp ketpeydi hám server de náwbetti kútip turmaydı yaǵníy bos bolmaydı), irkılıp qalıwlar ushın saqlanıw nızamınıń tiykargı faktoru bul - ÓXKS daǵı tamamlanbaǵan jumıs processi túrli intervallardaǵı xızmet kórseriwdegi izbe-izlikke baylanıslı emesligin kórsetedi. Kútiw waqtınıń bólistiriliwin bolsa sezilerli dárejede xızmet kórsetiwdiń tártibine baylanıslı boladı. Eger xızmet kórsetiw tártibi buyırtpalardı xızmet kórsetiw waqtına baylanıslı bolmaǵan jaǵdayda alsa, buyırtpalardıń bólistiriliwi hám sistemadaǵı kútiw waqtı xızmet kórsetiw tártibin invariantlığı tiykárında alıp barıladı. $M/G/1$ túrindegi ÓXKS ushın xızmet kórsetiw tártibin tómendegishe belgilep beriwimiz mümkin boladı:

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \bar{U} - W_0$$

Usı teńlemeňiň ulıwma mánisi tómendegishe: irkilip qalıwlar waqtiniň ulıwma summası bir qıylı bolıp qala beredi, sebebi óň tárępte orınlap bolınbaǵan jumıs parqı hám xızmet kórsetiw ushın qalǵan waqıt keltirilgen. Eger kiris aǵımın Puasson xarakterli dep oylasaq, orınlap bolınbaǵan jumıs ushın teńlemeňi tómendegishe jazsaq boladı:

$$\bar{U} = \frac{W_0}{1 - \rho}$$

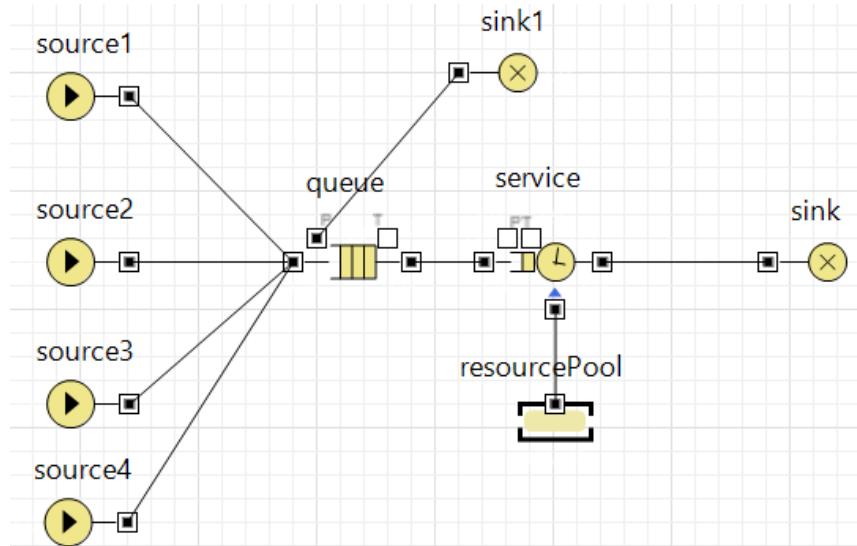
Onı aldıńǵı teńlik ornına qoyatuǵın bolsaq, aldıńǵı $M/G/I$ tipli ǵXKS niň saqlanıw nızamı kelip shıqqanın kóremiz.

Maǵlıwmat uzatıw sistemaları tárępinen qayta islenetuǵın bir qansha buyırtpalar basqalarına salıstırǵanda jeńillikke iye boladı. Mısal ushın bunday buyırtpalardı qayta islewde keshigiw waqtı úlken boliwı artıqsha qárejetlerge alıp keliwi múmkin hám sol sebepli jeńillikli buyırtpalardıń keshigiw waqtın imkanı barınsha kemeytirgen maqlı.

Ulıwma jaǵdayda jeńilliklerdi absolyut hám salıstırmalı túrlerge ajıratiw múmkin. Salıstırmalı jeńillikli sistemada kelip túsken buyırtpa aldıńǵı xızmet kórsetilip atırǵanday buyırtpa ushın úzilis payda etpeydi hám tek náwbette onıń ornı ózgeredi. Xızmet kórsetiw qurılmazı bosaǵannan keyin bolsa náwbette turǵan buyırtpalar arasında jeńilligi eń joqarı bolǵan buyırtpa tańlanıp, oǵan xızmet kórsetiledi. Absolyut jeńillikli sistemalarda bolsa kelip túsken joqarı jeńillikli buyırtpa xızmet kórsetiw qurılmásındaǵı kishi jeńillikli buyırtpańı toqtatıp, jeńilligi joqarı buyırtpaǵa xızmet kórsetiw hám soń toqtatılǵan xızmet kórsetiwdi jáne dawam ettiriw arqalı xızmet kórsetiwge tiykarlanadı.

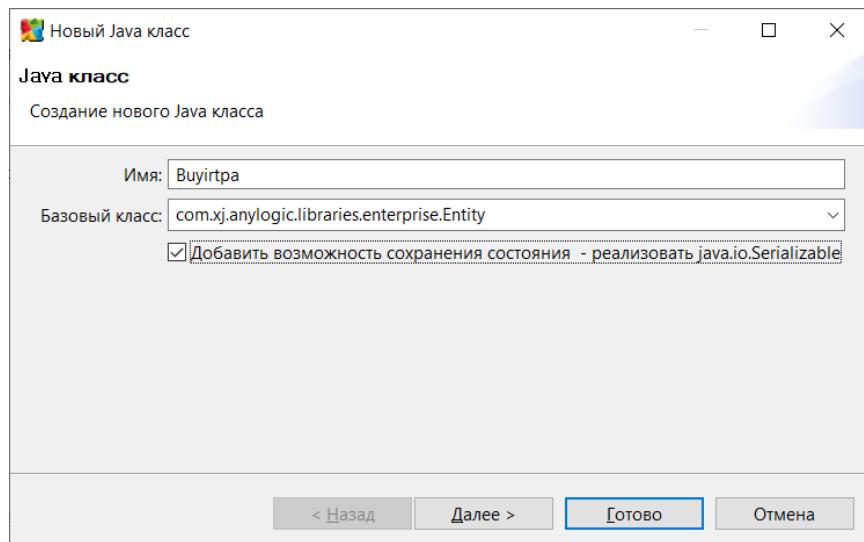
Jumıstı orınlaw tártibi

AnyLogic ortalığında salıstırmalı jeńillikli GXKS lardı quriw ushın jańa model payda etilip, onda tómendegi elementlerden paydalananız.



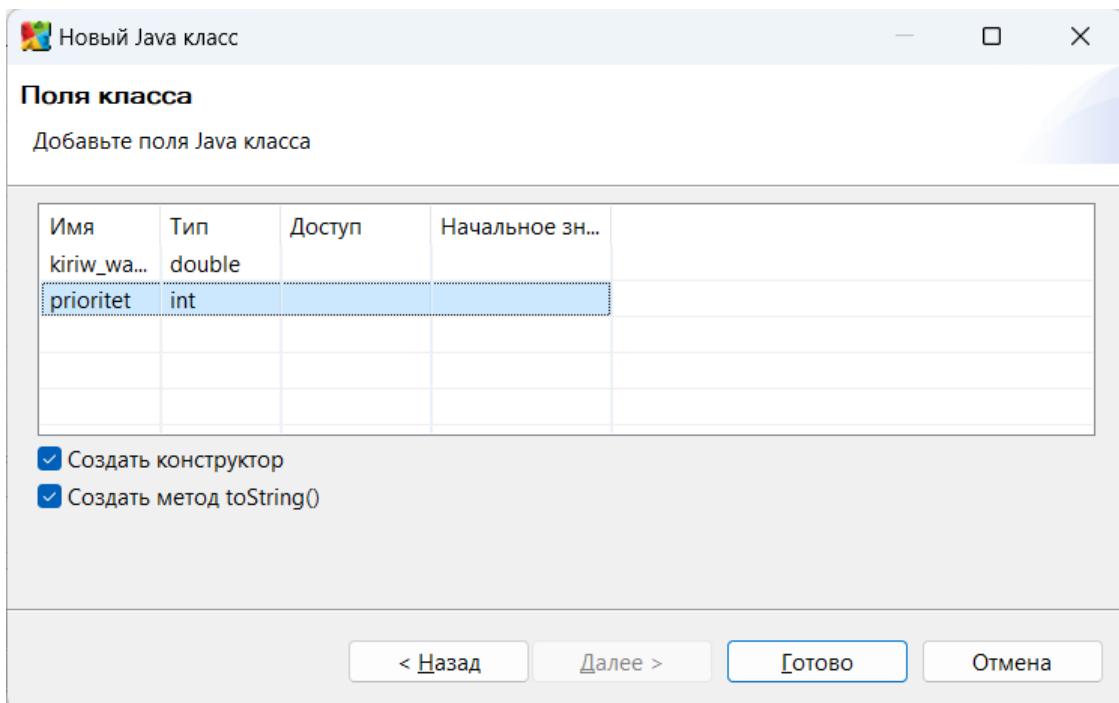
5.1-súwret. Salıstırmalı jeńillikli GXKS modeli

Galabaliq xızmet kórsetiw sistemalarında jeńillikti engiziw ushın jańa “Buyırtpa” dep atalǵan java-klass jaratamız.



5.2-súwret. Java klasstı jaratıw aynası

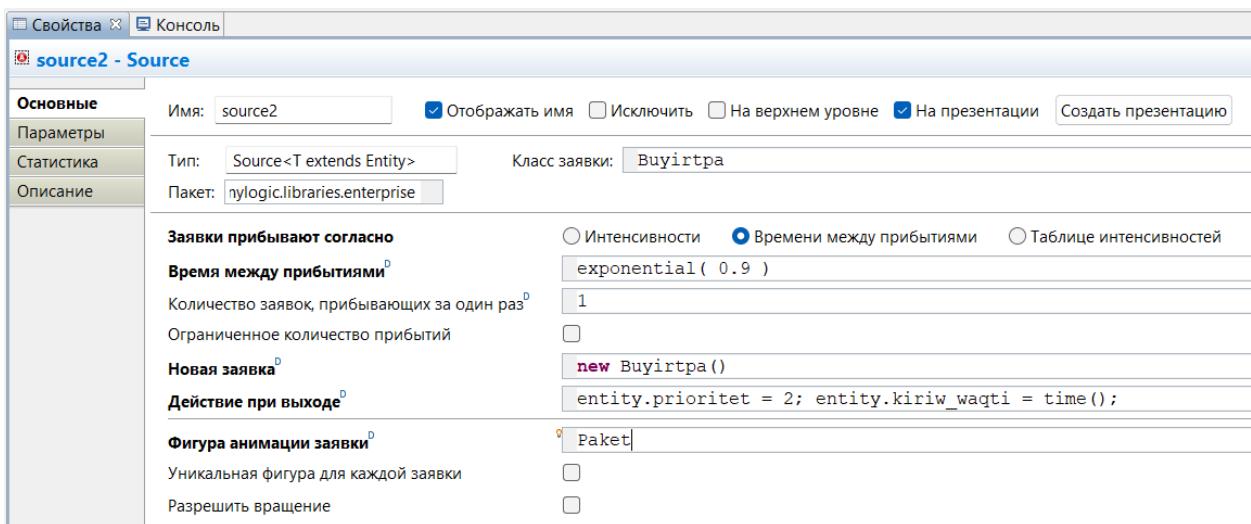
Soń oǵan tómendegi súwrettegi kibi parametrlerdi kiritemiz hám olardı “double” hám “int” túrine tiyisli dep belgileymiz:



5.3-súwret. Klass ushın parametrlerdi kiritiw aynası

Source blokları, yaǵníy generatorlar ushın buyırtpalardıń jeńilligin engizemiz hám onı “Buyırtpa” atlı klassqa tiyisli dep belgileymiz.

a)

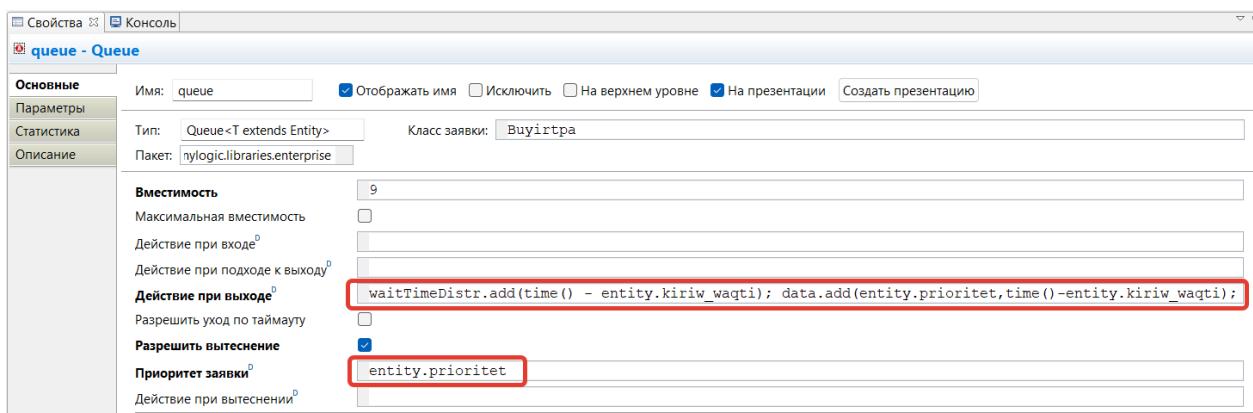


b)

5.4-súwret. *Source1* (a) hám *Source2* (b) blokalarınıń qásiyetler aynası

Joqaridaǵı súwretlerde buyırtpa generatordan shıǵıwı menen oǵan jeńillik san mánisi berilmekte (*entity.priority=1*, *entity.priority=2*). Jeńillik san mánisi qansha úlken bolsa, onıń jeńilligi joqarı boladı.

Queue bloginde de náwbetke qoyılǵan buyırtpalar ushın kútiw waqtın esaplawshı hám jeńillik qaysı funkciya arqalı ámel qılıwın keltirip ótemiz.



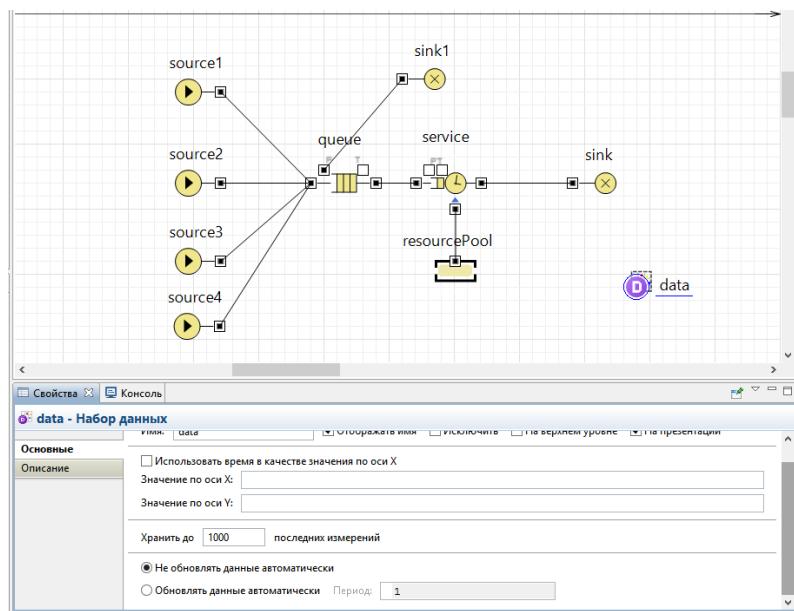
5.5-súwret. *Queue* blokinde jeńillikiń esapqa alınıwı

Bloktan shıǵıw processinde hár bir buyırtpa ushın náwbette bolıw waqtın esaplaw ámelge asırıladı. Hár bir jeńillikli buyırtpa náwbette qansha waqıt turǵanın biliw ushın bolsa, “*data*” maǵlıwmat jıynawshısınan paydalanyladi.

waitTimeDistr.add(time() - entity.kiriw_waqti);

data.add(entity.prioritet, time()-entity.kiriw_waqtı);

Jumıs maydanına “Статистика” palitrası arqalı “Набор данных” elementin tańlaymız hám oǵan “data” dep at beremiz.



5.6-súwret. “Набор данных” elementi qásiyetleri

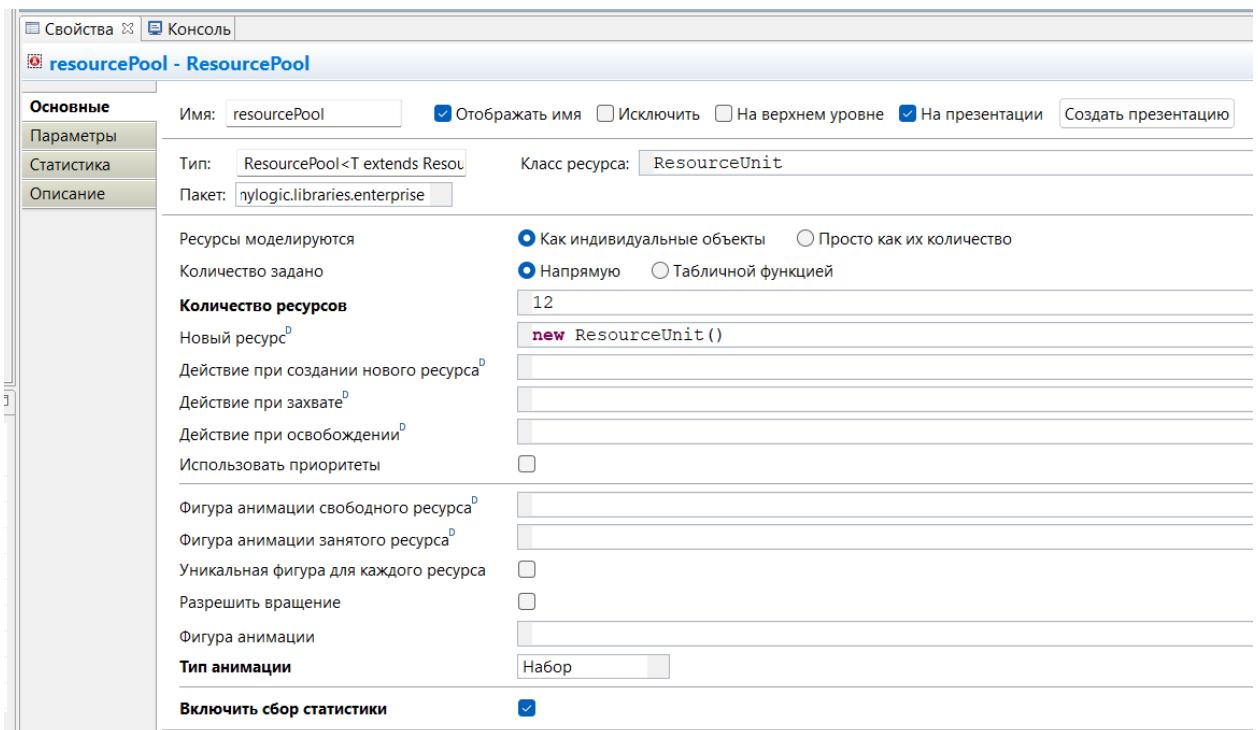
Data elementi ushın aqırǵı 1000 dana ólshew nátiyjelerin esaplaw rejimin kiritemiz.

Buyırtpalarǵa xızmet kórsetiw nızamlılıǵın tańlap, tómendegidey onı da “Buyırtpa” atlı klassqa tiyisli ekenligin kiritemiz:

service - Service	
Основные	Имя: <input type="text" value="service"/> <input checked="" type="checkbox"/> Отображать имя <input type="checkbox"/> Исключить <input type="checkbox"/> На верхнем уровне <input checked="" type="checkbox"/> На презентации <input type="checkbox"/> Создать презентацию
Параметры	Тип: <input type="text" value="Service<T extends Entity>"/> Класс заявки: <input type="text" value="Buyırtpa"/>
Статистика	Пакет: <input type="text" value="nylogic.libraries.enterprise"/>
Описание	<p>Количество ресурсов <input type="text" value="1"/></p> <p>Время задержки <input type="text" value="triangular(2.5, 6, 11)"/></p> <p>Объект ResourcePool <input type="text" value="resourcePool"/></p> <p>Действие при входе <input type="text"/></p> <p>Действие при начале задержки <input type="text"/></p> <p>Действие при выходе <input type="text"/></p> <p>Вместимость очереди <input type="text" value="1"/></p> <p>Максимальная вместимость очереди <input type="checkbox"/></p> <p>Разрешить уход по таймауту <input type="checkbox"/></p> <p>Разрешить вытеснение <input type="checkbox"/></p> <p>Фигура анимации (queue) <input type="text" value="xızmet_k_aldingi_nawbet"/></p> <p>Тип анимации (queue) <input type="text" value="Путь"/></p> <p>Направление анимации (queue) <input checked="" type="radio"/> Вперед <input type="radio"/> Назад</p>

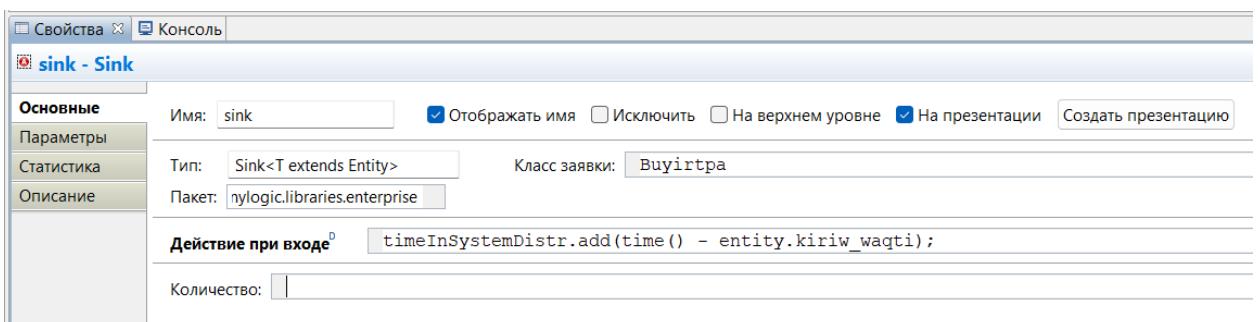
5.7-súwret. “Service” blogi qásiyetleri

ResourcePool arqalı xızmet kórsetiwshi qurılmalar sanın kirgizemiz. Usı model ushın ol 12 ge teń dep alıngan.



5.8-súwret. “ResourcePool” elementi qásiyetleri aynası

Aldıńǵı jumıslardaǵı kibi “sink” bloginde buyırtpańıń sistemada bolıw waqtın jazamız: `timeInSystemDistr.add(time() - entity.kiriw_waqtı);`

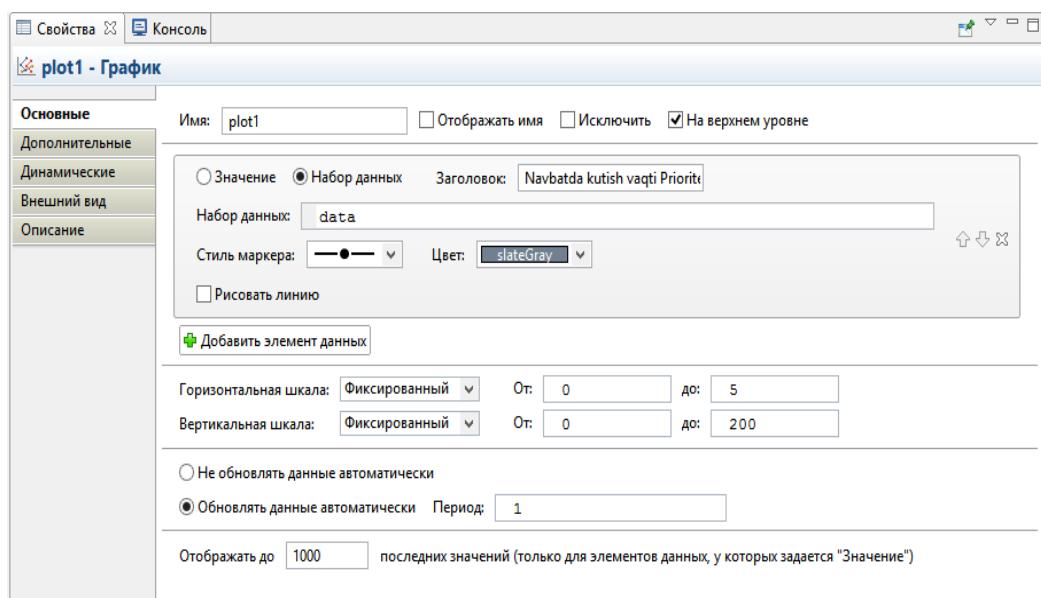


5.9-súwret. “sink” blogi qásiyetleri

“Статистика” palitrasınan 2 dana “Данные гистограммы” atlı elementlerin alıp, olarǵa `waitTimeDistr` hám `timeInSystemDistr` dep at beremiz. Soń usı palitradan jáne 2 dana “Столбиковая диаграмма” elementlerin alıp, olardıń mánisi

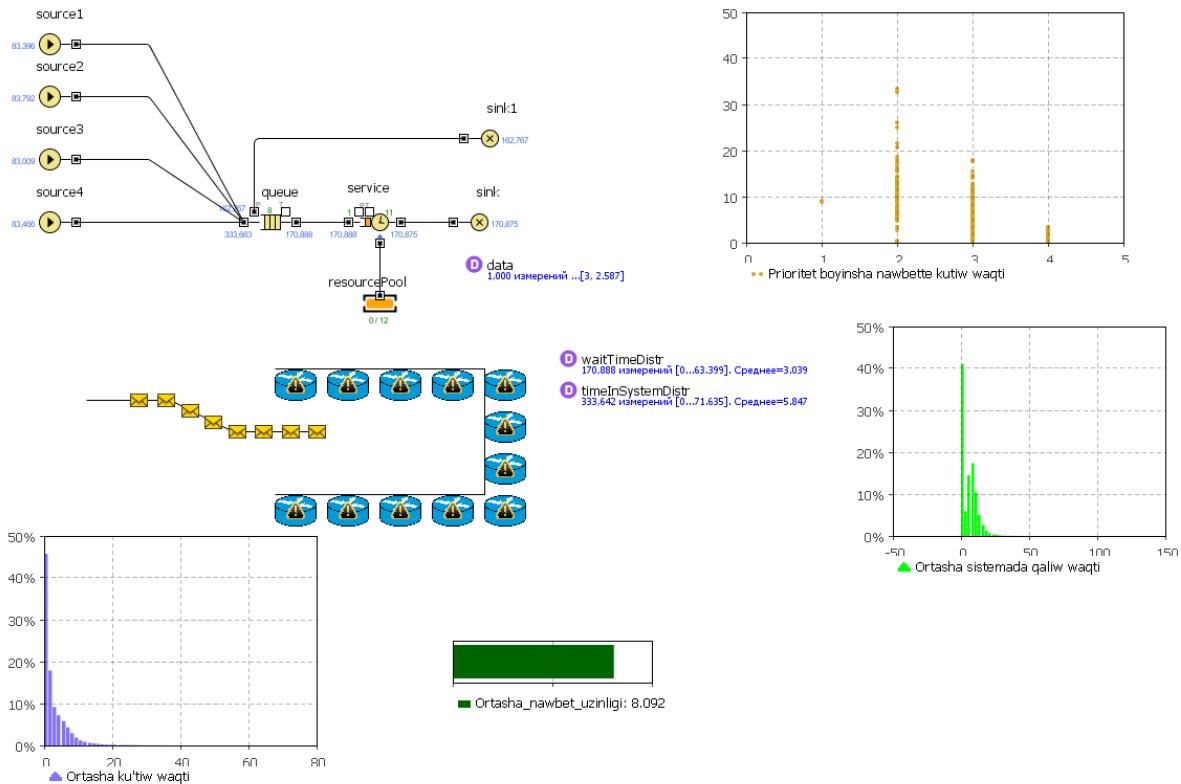
sípatında sáykes túrde **waitTimeDistr** (náwbette kútiw waqtı) hám **timeInSystemDistr** (sistemada bolıw waqtı) dep kiritemiz.

Usı waqıtta hár bir jeńillikli buyırtpa náwbette qansha waqıt turǵanın biliw ushın tómendegi grafikiq quramız. “Статистика” bóliminen “График” elementin tańlap, jumıs maydanına alıp kelemiz. Parametrlerin bolsa tómendegishe ózgertemiz:



5.10-súwret. “График” elementi qásiyetleri

Modeldi iske túsiremiz hám hár bir jeńillikli buyırtpa ushın náwbette turıw waqtı, buferde ortasha kútiw waqtı, sistemada bolıwdıń ortasha waqtı quşaǵan xarakteristikalardı bahalaw mümkin. Hár bir jeńillikli buyırtpa ushın buferde kútiw waqtı **data** massivinde súwretlenedi hám jumıs processinde onıń ústine tıshqanshanı basıw arqalı eki baǵanalı (jeńillik nomeri, kútiw waqtı) kestege iye bolamız. Hár bir jeńillikli buyırtpa ushın ortasha kútiw waqtın bahalaw bolsa usı nátijelerdi kóshirip alıw hám basqa baǵdarlamalar (máselen, Excel, MatLab quşaǵan) járdeminde qayta islew hám statistikalıq maǵlıwmatlarǵa iye bolıw mümkin (*Massivlerdi qayta islew AnyLogicte Java baǵdarlamalastırıw tilin qollanıp ta ámelge asırılıwi mümkin*).



5.11-súwret. AnyLogic ortalığında salıstırmalı jeńillikli GXKS

Usı súwrette animaciya forması aldińǵı jumislardaǵı kibi qurılǵan bolıp, hár bir Source (derek) ushın bólek (máselen aq reńli xabar – 1,2-jeńillikli generatorǵa, sarı reńli xabar 3 ke, jasıl reńli xabar 4-jeńillikke sáykes túrde) tańlanǵan hám blok qásiyetinde animaciya forması aynasında atı keltirilgen. Bul jerde bunday vizual kórinisti shólkemlestiriw jeńillikli buyırtpalardıń qaysı tártipte xızmet kórsetiliwin gúzetiw ushın paydalı boladı.

Esabat quramı

Esabatta jeńillikli GXKS haqqında qısqaşa teoriyalıq maǵlıwmat, jumistiń maqseti, AnyLogic ortalığında qurılǵan jeńillikli GXKS imitaciyalıq modeli, onıń járdeminde alıńǵan ortasha náwbet uzınlığı, ortasha kútiw waqtı, sistemaniń paydalanılıw koefficienti qusaǵan Sistema parametrleri grafikalıq ýáki keste kórinisinde súwretleniwi kerek.

Qadaǵalaw sorawları

1. Jeńillikli xızmet kórsetiw tártibi delingende neni túsinesiz?
2. Baylanıs sistemalarında jeńillikli xızmet kórsetiwden gózlengen maqset ne?
3. Jeńillikke iye hár bir aǵım ushın sistema parametrlerin anıqlawda qollanılatuǵın matematikalıq ańlatpalardı aytıń.
4. AnyLogic sistemasında jeńillikli xızmet kórsetiw tártibi qanday ornatılıdı?

Usı ámeliy jumista islengen modeldi tómendegi silteme ýáki QR kod arqalı júklep alıwıńız mûmkin:

https://github.com/Sadatdiynov/AnyLogic_practice/blob/main/Practice_5.zip



6-ÁMELIY SHÍNÍGÍW ĞALABALÍQ XÍZMET KÓRSETIW TARMAĞÍN SIMULYACIYALAW

Jumistan maqset: Ğalabalıq xızmet kórsetiw tarmaǵın modellestiriwdi úyreniw, bunday modeler járdeminde maǵlıwmat uzatıw tarmaqlarınıń xarakteristikaların izzertlewdi úyreniw.

Teoriyalıq maǵlıwmatlar

Ğalabalıq xızmet kórsetiw tarmaǵı bir neshe túyinlerden ibarat boladı. Hár bir i –túyinge sırttan γ_i intensivlik penen buyırtpalar túsedı. Buyırtpalar i túyinnen j túyinge p_{ij} itimalılıq penen ótedi. Balans teńlemesi tómendegishe jazıladı:

$$\lambda_i = \gamma_i + \sum_{j=1}^n \lambda_j p_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Túyindegi buyırtpa xızmet kórsetilgennen keyin, tarmaqtı taslap ketiw itimalılığı tómendegige teń boladı

$$1 - \sum_{j=1}^n p_{ij}.$$

Hár bir túyinniń Markov modeli ergodikligi¹ shártlerin orınlaw ushin $\lambda_i < \mu_i$ shártı orınlaniwı kerek.

Djekson teoreması boyınsha tarmaqtaǵı buyırtpalar sanınıń bólisteriliwi tómendegishe anıqlanadı [6]:

$$p(k_1, k_2, \dots, k_n) = p_1(k_1)p_2(k_2)\dots p_N(k_n).$$

Tarmaq parametrleri:

tarmaqtaǵı túyinler sanı n ;

tarmaq túyinlerinde xızmet kórsetiw qurılmaları sanı: K_1, \dots, K_n ;

¹

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C>

uzatıwlar itimalılıqları matricası: $P = [p_{ij} | i, j = 0, 1, \dots, n]$, bul jerde $p_{ij} - i$ túyinnen j túyinge buyırtpalardı uzatıwlar itimalılığı;

tarmaq túyinlerinde buyırtpalarǵa xızmet kórsetiw waqtınıń ortasha mánisi b_1, \dots, b_n .

Uzatıw matricası tómendegishe shártti qanaatlandırıwı kerek:

$$\sum_{i=0}^n p_{ij} = 1 \quad (j = \overline{0, n}).$$

Bul shártler sonı sáwlelendiredi, bazıbir túyinlerdi taslap ketken hár qanday buyırtpa, álbette 1 itimalılıq penen qaysıbir túyinge ótedi. Buyırtpanı nol túyinge ótiwi buyırtpa tarmaqtı taslap ketkenligin bildiredi.

Tarmaq xarakteristikaları:

barlıq túyinler júklemesiniń jiyındısı,

$$R = \sum_{i=1}^n \rho_i ;$$

tarmaqta náwbette turǵan buyırpalardıń ortasha sanı,

$$L = \sum_{i=1}^n l_i ;$$

bunda l_i – túyindegi náwbette turǵan buyırpalardıń ortasha sanı.

Tarmaqta buyırtpalardı kútiwdıń ortasha waqtı:

$$W = \sum_{i=1}^n \alpha_i w_i ,$$

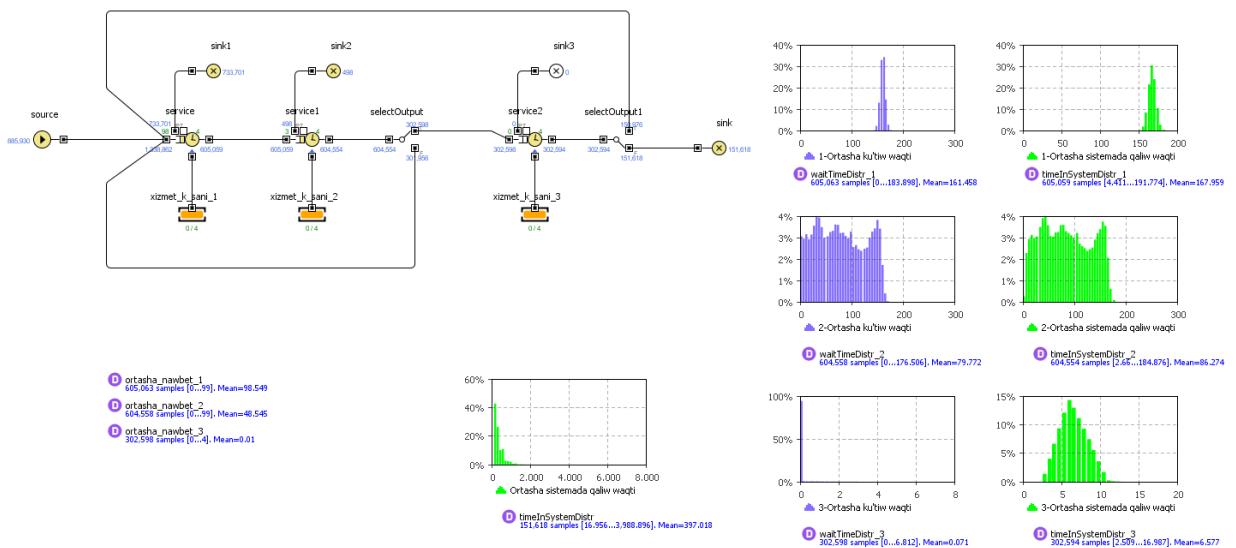
bunda w_i – túyinde buyırtpanı kútiwdıń ortasha waqtı; i ; $\alpha_i = \lambda_i / \lambda_0$ -túyinge uzatıw koefficienti, $\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$.

Tarmaqta buyırtpalardıń ortasha bolıw waqtı [7]:

$$U = \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i$$

Jumıstı orınlaw tártibi

Ógalabaliq xızmet kórsetiw tarmaqların izzertlewdi tómendegi sxemaǵa uqsas bolǵan sistemanı modellestiriw arqalı ámelge asırıw múmkin. Bunda bir túyin (xızmet kórsetiwshi qurılma) niń shıǵısı ekinshi túyinniń kirisi esaplanadı. Hár bir túyinde buyırtpalarǵa xızmet kórsetiw processin kirgiziw arqalı bunday parametrler ushın statistikalıq tájiriybelerdi (kiris aǵımı, shıǵıs aǵımı, kútiw waqtı, sistemada bolıw waqtı gistogrammaları, ortasha kútiw waqtı disperciyası, variyaciyası, matematikalıq kútilmesi qusaǵanlar) bahalaw múmkin.



6.1-súwret. Ógalabaliq xızmet kórsetiw tarmaǵınıń modeli

Buyırtpalarǵa bir túyinnen basqasına qanday itimalılıq penen ótkeriliwi nızamlılıǵı yáki muǵdar mánisin *Select Output* elementi (ekewden kóp shıǵıs bolsa *Exit* hám *Enter* elementlerinen paydalaniw múmkin) arqalı kiritiledi hám shıǵıs portları náwbettegi túyinniń kiris portlarına jalǵanadı. Hár bir túyinde zárúrlı esaplawlar (kútiw waqtı, sistemada bolıw waqtı, buyırtpalar kelip túsiw aralıqları) aldińǵı jumislarda arttırlıǵan tájiriybeler tiykarında alıp barılaǵı.

Esabat quramı

Esabatta ǵalabaliq xızmet kórsetiw tarmaǵı haqqındaǵı qısqasha teoriyalıq maǵlıwmat, jumistiń maqseti, AnyLogic ortalığında qurılǵan ǵalabaliq xızmet kórsetiw tarmaǵınıń imitaciyalıq modeli, onıń járdeminde alıńǵan ortasha náwbet uzınlığı, ortasha kútiw waqtı, sistemaniń paydalanılıw koefficienti kibi sistema parametrleri grafikalıq yáki keste kórinisinde sáwlelendiriliwi kerek.

Qadaǵalaw sorawlari

1. ǵalabaliq xızmet kórsetiw tarmaǵına misallar keltiriń.
2. Tarmaq kórsetkishleri qanday tabıladı?
3. Baylanıs sistemalarında qaysı processler ǵalabaliq xızmet kórsetiw tarmaǵı tiykarında modellestiriw mûmkin?
4. AnyLogic ortalığında ǵalabaliq xızmet kórsetiw tarmaǵı qaysı bloklar járdeminde qurıladı?

Usı ámeliy jumista islengen modeldi tómendegi silteme yáki QR kod arqalı júklep alıwıńız mûmkin:

https://github.com/Sadatdiynov/AnyLogic_practice/blob/main/Practice_6.zip



ÁDEBIYATLAR DİZİMİ

1. Wehrle K., Gunes M. Modeling and Tools for Network Simulation.- Springer –Verlag Berlin Heiderberg, 2010.- p.537.
2. Guizani M., Rayes A. Network Modeling and Simulation.- John Wiley & Sons, Ltd, 2010.- p.273.
3. Michel C.Jeruchim Simulation of Communication Systems. – New York, Kluwer Academic Publishers, 2002.
4. Мезенцев К.Н. Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1. Часть 2. – М.: МАДИ, 2011, 103 с.
5. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и её приложения. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания», перевод с английского – М.: Машиностроение, 1979
7. Клейнрок Л. Вычислительные сети с очередями, перевод с английского – М.: Мир, 1979
8. Боев В.Д. Исследование адекватности GPSS WORLD и ANYLOGIC при моделировании дискретно-событийных процессов. – Санкт Петербург: Военная Академия Связи, 2011.- 404 с.

Enterprise Library bibliotekasınıń elementleri



Source

Qollanılıwi: GXKS kirisine buyırtpalardı generaciyalap beriw: dáslepki jaǵdayda Entity.

Metodları:

void inject(int n) - N dana buyırtpanı payda etedi;

int count() - Obekt tárepinen payda etilgen buyırtpalar sanın usınadı.

Qásiyetleri:

int arrivalType - (Buyırtmalardı generaciyalaw usulı). Buyırtpalar tómendegi usıllar arqalı generaciyalanadı:

- Belgilangan intensivlik (tezlik) te. Intensivlik buyırtmalar arasındań ortasha waqıtqa ekvivalent esaplanadı.
- Buyırtpalar arasındań waqıttı kiritiw arqali. Bul periodlı tárizde buyırtpalardı generaciyalaw ushın kerek boladı.

int entitiesPerArrival. Bir waqıttı kelip túskenn buyırtpalar sanı. Buniń mánisi baslangısh halatta 1 ge teń.

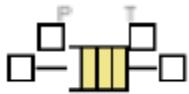
Buyırtpa animaciysi forması. Bul obekt arqalı payda etilip atırǵan buyırtpaǵa ekvivalent esaplańgan hám prezentacyada kórsetiletuǵın animaciya forması.

double rate (Buyıtpalardıń kelip túsiw intensivligi). Dáslepki jaǵdayda 1 ge teń.

Entity newEntity (Jańa buyırtpa). Bul baslangısh halatta *new Entity()* klasına tiyisli boladı.

void onExit (Shıǵıs processindegi háreket). Buyırtpanı GXKS ushın generaciyalaw processinde ámelge asırılǵan kod.

Queue



Qollanılıwi: Buyırtpalar náwbetin modellestiriw

Metodları:

int size() – Usı waqıt momentinde náwbette turǵan buyırtpalar sanın sáwlelendiredi.

boolean canEnter() – Eger náwbetke jáne bir buyırtpa kelip túsiwi imkaniyatı bar bolsa, *true* mánisin kórsetedi.

Qásiyetleri:

int capacity – náwbet sıyımı;

boolean enableTimeout – waqıtqa qarap taslap ketiw;

double timeout – kútiw waqıtı tamam bolıwı, taymaut;

void onExitTimeout – taymautqa ótiw processindegi háraket;

boolean enablePreemption – qısıp shıǵarıwǵa ruxsat etiw;

double priority – buyırtpa jeńilligi;

void onExitPreempted – qısıp shıǵarıw processindegi háraket;

void onEnter – kiris processindegi háraket. Obektke buyırtpa kelip túskenn halatta orınlanaǵıın kod.

void onExit – shıǵıs processindegi háraket. Obektten buyırtpa shıǵıp ketip atırǵan jaǵdayda orınlanaǵıın kod.

Delay



Qollanılıwi: Xızmet kórsetiw processin modellestiriw

Metodları:

int size() – Usı waqıt momentinde uslap qalıńǵan buyırtpalar sanın kórsetedi.

`boolean canEnter()` – Obekt jáne bir buyırtpanı qabil qila alsa, *true* mánisine iye boladı.

Qásiyetleri:

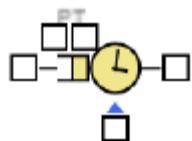
`int capacity`. Delay obektiniń sıyımlılığı. Bir waqıtta obektte jaylasıwı mümkin bolǵan buyırtpalar sanı. Dáslepki jaǵdayda onıń mánisi 1 ge teń boladı.

`void onEnter` (Kiriw halatındaǵı háreket). Obektke buyırtpa kelip túsken halatta orınlanaǵın kod.

`void onExit` (Shıǵıs halatındaǵı háreket). Obektten buyırtpa shıǵıp ketip atırǵan halatta orınlanaǵın kod.

`double delayTime` (Buyırtpanıń kelip túsiw waqtı).

Service



Qollanılıwi: Paydalanatuǵın resurslarǵa kóre náwbetke xızmet kórsetiw (kóp kanallı GXKS)

Metodları:

`int queueSize()`. Ishki ornatılǵan Queue obektine jaylastırılǵan buyırtpalar sanın kórsetedi.

`int delaySize()`. Ishki ortnatılǵan Delay obektine jaylastırılǵan buyırtpalar sanın kórsetedi.

Qásiyetleri:

`int quantity` (Resurslar sanı). Házirgi momenttegi buyırtpa ushın talap etiletuǵın resurslar sanın esaplaydı. Baslangısh jaǵdayda 1 ge teń.

`void onEnterDelay` (Keshigiwdiń dáslepki processindegi háreket). Buyırtpa ishki Delay obektine kelip tuskende ámelge asırılıwshı kod.

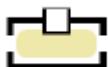
ResourcePool Buyırtpaǵa talap etiletuǵın resurslar obekti (ResourcePool) atın ańlatadı. Eger maydan bos bolsa, usı Service obektiniń Access portı arqalı jalǵanǵan ResourcePool obektinen paydalanadı. Baslangısh halatta *null* mánisine iye.

int quantity (buyırtpa tárepinen iyelengen resurslar sanı).

double delayTime (buyırtpa ushın esaplanǵan keshigiw waqtı)

Obekt kiriw halatında hám shıǵıw halatları ushın kodlardı jazıw qásiyetine de iye.

ResourcePool



Qollanılıwi: Resurslardı modellestiriw.

Metodlari:

int idle(). Bos resurslar sanın kórsetedi.

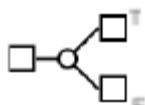
int busy(). Bánt resurslar sanın kórsetedi.

Xossalari:

boolean unitsAreObjects (Resurslar modellestilip atır). Resurslar qanday modellestirilip atırǵanlıǵın aniqlaydı: individual obektler sıpatında ýaki olardıń sanı boyınsha. Baslangısh jaǵdayda “Individual obektler sıpatında” rejimi boyınsha isleydi. Eger resurslar muǵdarǵa kóre qaralsa, ol jaǵdayda prezentaciyada olardı sáwlelendirip bolmaydı.

int capacity (Resurslar muǵdarı). Bul qásiyet resurslar sanı anıq kórsetilgende ámel qıladı. Baslangısh jaǵdayda sanı 1 ge teń.

SelectOutput



Qollanılıwi: Modellestiriw processinde GXKS kanalın tańlaw ushın xızmet etedi.

Qásiyetleri:

boolean conditionIsProbabilistic (TRUE shıǵısı tańlanadı). Buyırtpalar marshrutizaciyası qay tárizde alıp barılıwı aniqlanadı: shárt unamlı orılanganda ýaki [0...1] itimalılıq penen buyırtpalar TRUE shıǵısına baǵdarlantırıladı.

boolean condition (shárt). Eger TRUE shıǵısı shárt tiykarında tańlansa, bul qásiyet ámel qıladı. Bul kiriwshi buyırtpa ushın esaplanatuǵın shárt. Eger ol orınlansa (TRUE ýa teń), ol jaǵdayda buyırtpa outT portı arqalı, keri jaǵdayda OutF portı arqalı shıǵıp ketedi. Baslanǵısh jaǵdaydaǵı mánisi randomTrue(0.5), yaǵníy teń itimalılıq penen buyırtpalar aǵımın eki jóneliske ajıratadı.

code onEnter (Kiriw processindegi háraket). Buyırtpa obektke kelip túskende ámelge asırılatuǵın kod. Sintaksis:

code onExitType (TRUE shıǵıs halatındaǵı háraket). Buyırtpa outT portı arqalı shıǵıs processinde ámelge asırılatuǵın kod.

code onExitFalse (FALSE shıǵıs halatındaǵı háraket). Buyırtpa outF portı arqalı shıǵıs processinde ámelge asırılatuǵın kod.

Sink



Qollanılıwı: GXKS kanalınan shıǵıwda buyırtpalardı óshiriw

Metodı:

int count() - Sink obekti arqalı óshirilgen buyırtpalar sanın kórsetedi.

Qásiyetleri:

void onEnter (Kiriw halatındaǵı háraket). Obektke buyırtpa kelip túskenn waqıtta orınlantuǵın kod.

Statistikani jiynaw

"Данные гистограммы" (HistogramData) obekti

Metodları:

public abstract void add(double val) - histogramma maǵlıwmat toplamlarına mánis kirgiziw;

public int count() – toplamdaǵı maǵlıwmatlar sanı;

public double mean() – maǵlıwmatlardıń ortasha mánisi;

public double max() – toplamnıń maksimal mánisi;

public double min() – toplamnıń minimal mánisi;

public double deviation() – toplamnıń ortasha kvadratlıq awısıwi.

Queue obekti

Obekt statSize qásiyetinen paydalanyadı. Onıń járdeminde náwbettiń statistikalıq kórsetkishlerin esaplaw mûmkin:

max() – náwbettegi maksimal buyırtpalar sanı;

min() – náwbettegi minimal buyırtpalar sanı;

mean() – ortasha buyırtpalar sanı;

variance() – disperciya.

Mısal ushın:

double var;

var = queue.statSize.variance();

Bul usıllardan tek ǵana blok qásiyetinde statistikanı jiynaw rejimi qosılǵan bolsa paydalanyw mûmkin.

Delay obekti

Bul blok statistikası *statUtilization* qásiyetine mûrâjáát etiw arqalı ámelge asırılıdı. Bul usılları shaqırıp, waqıt xarakteristikaların aniqlaw mûmkin:

Maksimal ýáki minimal keshigiw waqtı, ortasha keshigiw waqtı, keshigiw waqtı disperciyası, ortasha kvadratlıq awısıwi.

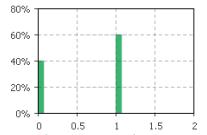
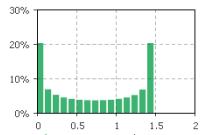
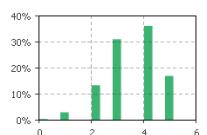
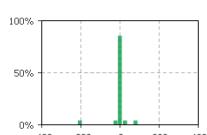
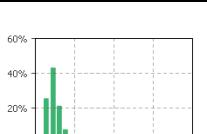
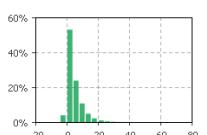
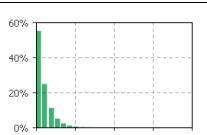
Mısal ushın:

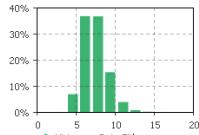
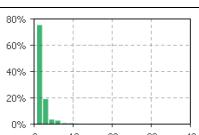
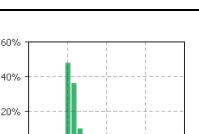
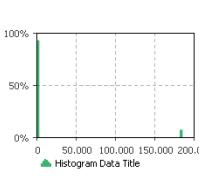
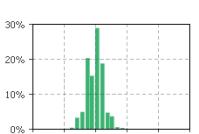
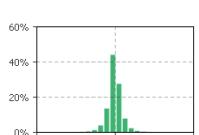
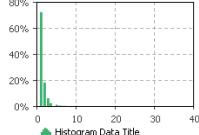
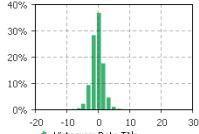
double mean;

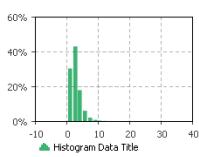
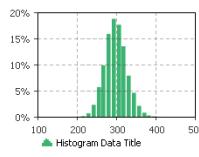
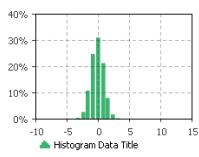
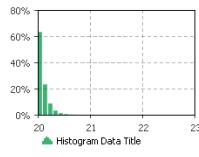
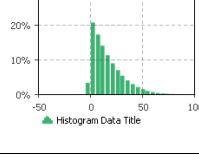
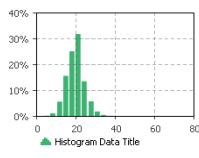
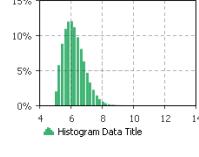
mean=delay.statUtilization.mean();

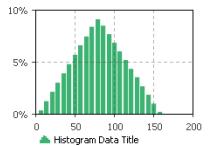
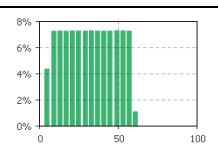
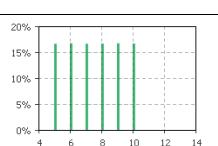
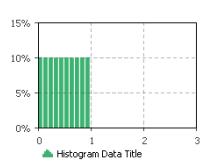
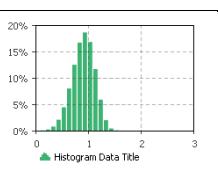
Bul usıllardan tek ǵana blok qásiyetinde statistikanı jıynaw rejimi qosılǵan bolsa paydalaniw mümkin.

Bólistiriliw nızamlıqları funkciyaları

Bernulli	beroulli(double p)	p itimalılıq penen 1 sanın, 1-p itimalılıq penen 0 sanın generaciya qıladı beroulli(0.6)	
Beta	beta(double p, double q, double min, double max)	Beta bólistiriliw boyinsha generaciya qıladı. $p > 0$ tómengi shegeralıq mánis, $q > 0$ joqarı shegeralıq mánis beta (0.4, 0.4, 0, 1.5)	
Binomial	binomial(double p, int n)	p-halattıń júz beriw itimalılığı, n-urınıslar sanı binomial (0.7, 5)	
Koshi	cauchy(double lambda, double theta)	Koshi teńlemesine tiykarlanıp generaciyalayıdı. $\lambda > 0$ – forma parametri, theta - oraylıq maksimum jaylasıwı. cauchy(1, 0)	
Xi-kvadrat	chi2(double nu, double min)	Xi kvadrat bólistiriliwi tiykarında generaciyalayıdı, nu-forma kórinişi. chi2(5, 5)	
Erlang	erlang(double beta, int m, double min)	beta>0 masshtab parametri, m-forma parametri (oń pútin san) erlang(5, 1, 0)	
Eksponencial	Exponential(double lambda, double min)	Eksponencial bólistiriliwge kóre generaciya qıladı. lambda	

		- forma parametri, exponential(1, 0)	
Gamma	gamma(double alpha, double beta, double min)	alpha>0 forma parametri, beta>0 masshtab parametri, gamma(9, 0.5, 3)	
Geometriyalıq	geometric(double p)	p-hádiyseniń júz beriw itimalı, geometric(0.5)	
Gumbel 1	Gumbel1(double a, double b)	Birinshi tur Gumbel bólistiriliwine kóre generaciya qıladı, gumbel1(1, 2)	
Gumbel 2	Gumbel2(double a, double b)	Ekinshi tur Gumbel bólistiriliwine kóre generaciya qıladı gumbel2(1, 2)	
Gipergeometri yalıq bólistiriliw	hypergeometric(int ss, int dn, int ps)	ss – saylanba toplam ólshemi, dn – toplamdaǵı defektler sanı, ps – toplam ólshemi hypergeometric(30, 100 0, 3000)	
Laplas bólistiriliw	laplace(double phi, double theta)	phi – masshatblaw parametric, theta – oraylıq maksimum jaylasıwı, laplace(30, 1)	
Logarifmlik bólistiriliw	logarithmic(double theta)	theta – masshtab/forma parametri, logarithmic(0.5)	
Logistikaliq bólistiriliw	logistic(double beta, double alpha)	beta>0 masshtab parametric, alpha – jılıjıw parametri, logistic(1, 0)	

Lognormal	<code>Lognormal(double mu, double sigma, double min)</code>	<code>mu – ortasha mánis, sigma – ortasha kvadratlıq awısiw, lognormal(1, 0.5, 0)</code>	
Teris binomial	<code>negativeBinomial(dou ble p, int n)</code>	<code>Teris binomial bólistiriliw boyınsha generaciya qıladı. p-hádiyse júz beriw itimalı, n-júz beretugın hádiyse sanı, negativeBinomial(0.4, 200)</code>	
Normal	<code>Normal(double sigma, double mean)</code>	<code>sigma – ortasha kvadratlıq awısiw, mean – matematikaliq kútilme normal(1, 0)</code>	
Pareto	<code>Pareto(double alpha, double min)</code>	<code>alpha>0 masshtab parametri, pareto(200, 20)</code>	
PERT	<code>pert(double min, double max, double mode)</code>	<code>mode – x tiń joqarı itimalı mánisi, pert(0, 100, 0.4)</code>	
Puasson	<code>Poisson(double lambda)</code>	<code>lambda – payda bolıw jiyiliği, poisson(20)</code>	
Tosınnanlı FALSE	<code>randomFalse(double p)</code>	<code>p – generaciya etilgen mánis FALSE bolıw itimalı</code>	
Tosınnanlı TRUE	<code>randomTrue(double p)</code>	<code>p – generaciya qilingan mánis TRUE bolıw itimalı</code>	
Reley	<code>Rayleigh(double sigma, double min)</code>	<code>sigma>0 masshtab parametri, rayleigh(1, 5)</code>	

Úshmuyeshli	<code>Triangular(double min, double max, double mode)</code>	mode – x tiń joqarı itimalı mánisi, <code>triangular(5, 160, 80)</code>	
Tegis	<code>uniform(double min, double max)</code>	min – minimal mánis, max – maksimal mánis , <code>uniform(5, 60)</code>	
Tegis diskret	<code>Uniform_discr(int min, int max)</code>	min – minimal mánis, max – maksimal mánis, <code>uniform_discr(5, 10)</code>	
Oń tegis bólistiriliw	<code>Uniform_pos()</code>	(0;1) intervalda tegis bólistiriliw tiykarında tosinnanlı oń sanlardı generaciyalaydı, <code>uniform_pos()</code>	
Veybul	<code>Weibull(double alpha, double beta, double min)</code>	alpha>0 forma parametri, beta>0 masshtab parametri	

MAZMUNÍ

<u>Kirisiw</u>	3
1. <u>AnyLogic simulyaciyalıq quralınıń qollanılıwı hám imkaniyatları</u>	4
2. <u>Bir kanallı náwbet sıyımlılığı sheksiz ǵalabalıq xızmet kórsetiw sistemaların AnyLogice simulyaciyalaw</u>	19
3. <u>Bir kanallı náwbet sıyımlılığı sheklengen ǵalabalıq xızmet kórsetiw sistemasın simulyaciyalaw</u>	38
4. <u>Kóp kanallı náwbet sıyımlılığı sheksiz hám sheklengen ǵalabalıq xızmet kórsetiw sistemaların simulyaciyalaw</u>	44
5. <u>Salıstırmalı jeńillikli ǵalabalıq xızmet kórsetiw sistemasın simulyaciyalaw</u>	56
6. <u>ǵalabalıq xızmet kórsetiw tarmaǵın simulyaciyalaw</u> <u>Ádebiyatlar dizimi</u>	69
<u>1-qosımsha. Enterprise Library bibliotekasınıń elementleri</u>	73
<u>2-qosımsha. Statistikani jiynaw</u>	74
<u>3-qosımsha. Bólistiriliw nızamlılıqları funkciyaları</u>	79
<u>Mazmuni</u>	81
	85

“Baylanıs sistemaların modellestiriw hám simulyaciyalaw” páninen ámeliy shınıǵıwlardı AnyLogic ortalığında orınlaw ushin metodikalıq kórsetpe 5350100-Telekommunikaciya texnologiyaları (Telekommunikaciyalar) tálim baǵdari studentleri ushin

“Telekommunikaciya injiniringi” kafedrası májilisinde kórip shıǵıldı hám baspaǵa ruxsat etildi

2023 jıl 18 may degi «22» sanlı bayanı

TITU NF metodikalıq keńesi májilisinde kórip shıǵıldı hám baspaǵa ruxsat etildi

2023 jıl 19 may degi «5» sanlı bayanı

Avtor: t.i.d., K.E. Sadatdiynov

Sıń beriwshiler:

TITU NF, t.i.d., doc., R.I. Oteniyazov

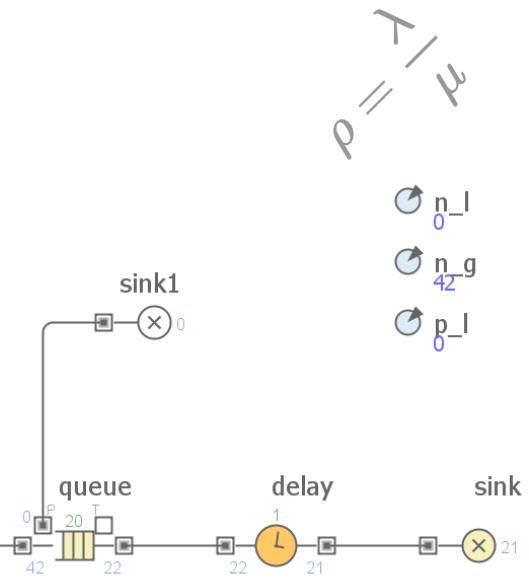
QMU, PhD., doc., K.M. Reymov

TITU NF, PhD., B.A. Fayzullaev

$$L = \lambda W$$

lambda
 service_time

source



$$L_q = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$$



$$L = \frac{\rho}{1 - \rho}$$