

**saqarTvelos teqnikuri universiteti
samSeneblo fakulteti
M**

mamuka onezaSvili

**wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis meTodologiis
SemuSaveba**

wardgenilia doqtoris akademiuri xarisxis mosapoveblad

**Tbilisi, 0175, saqarTvelo
2017 weli**

**saavtoro ufleba 2017, onezaSvili mamuka
saqarTvelos teqniki universiteti
samSeneblo fakulteti**

**Cven, qvemoT xelismomwerni, vadasturebT, rom gavecaniT mamuka onezaSvilis mier
Sesrulebul sadisertacio naSroms saxelwodebiT:**

**“wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis meTodologiis SemuSaveba”
Dda vaZlevT rekomendacias saqarTvelos teqniki universitetis samSeneblo fakultetis
sadisertacio sabWoSi doqtoris akademiuri xarisxis mosapoveblad mis ganxilvas.**

2017

xelmZRvanelebi: emeritus prof. zaur cixelaSvili

prof. daviT gurgeniZe

recenzenti: prof. guram soselia

recenzenti: emeritus prof. nodar CxeiZe

**saqarTvelos teqniki universiteti
2017**

avtori: mamuka onezaSvili
dasaxeleba: “wyalmomargebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis meTodologiis SemuSaveba”.

fakulteti: samSeneblo
xarisxi: doqtori
sxdoma Catarda:

individualur pirTa an institutebis mier zemomoyvanili dasaxelebis disertaciis gacnobis mizniT moTxovnis SemTxvevaSi misi arakomerciuli mizniT kopirebisa da gavrclebis ufleba miniWebuli aqvs saqarTvelos teqnukur universitets.

avtoris xelmowera

avtori inarCunebis danarCen sagamomcemlo uflebebs da rogorc mTliani naSromis, iseve misi calkeuli komponentebis gadabeWdva an sxva raime meTodiT reproduqcia dauSvebelia avtoris werilobiTi nebarTvis gareSe.

avtori irwmuneba, rom naSromSi gamoyenebuli saavtoro uflebebiT daculi masalebze miRebulia Sesabamisi nebarTva (garda im mcire zomis citatebisa, romlebic saWiroeben mxolod specifikur mimarTebas literaturis citirebaSi, rogorc es miRebulia samecniero naSromebis Sesrulebisas) da yvela maTganze iRebs pasuxismgeblobas.

reziume

sistemur-logistikuri organizaciis midgomis gamoyenebiT SemuSavebulia wyalmomargebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis uzrunvelyofis meTodologia, romelic realuri drois Sesabamisad wyalmomargebis moqmedi sistemis operatiul-

sadispeCero marTvis procesSi mimdinare rTuli sainJinro da Znelad formalizebadi amocanebis kompleqsuri gadawyvetis saSualebas iZleva momxarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis pirobebSi, kerZod:

* SemuSavebulia momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis cvalebadobis arastacionaluri xasiaTis dadgenis erTiani meTodika maTematikuri molodinis, saSualo kvadratuli gadaxrisa da korelaciuri funqciis Sesabamisad;

* SemuSavebulia wyalmomargebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis sistemur-logistikuri organizaciis meTodologia, romelic saSualebas iZleva, realuri drois Sesabamisad, agebul iqnas momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis operatiul-sadispeCero marTvis gadawyvetilebebis miRebis „damxmare-mrCevoli“ sainformacio-kompiuteruli sistema;

* SemuSavebulia wyalmomargebis moqmedi sistemebSi sainformacio-logistikuri integrirebuli marTvis gadawyvetilebaTa miRebis „damxmare-mrCevoli“ sistemis agebis SesaZlebloba, romelic kompleqsurad uzrunvelyofs rogorc sistemis sameurneo-saabonento-servisuli xasiaTis amocanebis, aseve realuri drois mixedviT mimdinare efeqtur operatiul-sadispeCero marTvis amocanis gadawyvetas momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis Sesabamisad.

* miRebuli Sedegebi SeiZleba dainergos saqarTvelos qalaqebis wyalmomargebis moqmed sistemebSi maTi efeqturi funqcionirebis uzrunvelyofis mizniT.

Summery

By use of logistical-system organization's approach, is developed operational water supply effective functioning endure methodology, which in accordance of real time, operational water supply system's operative-dispatching current management process allows to solute hard engineering and difficult fronted tasks based on non-stationary technology character water supply provided by consumer, in particular:

- There is designed consumer providing water supply technological process variability, non-stationary characters determination's common methodology accordingly to mathematical expectation, mean quadratic deviation and correlation function.
- There is designed an operational water supply systems' effective functioning methodology for logistical-system organization, which gives an opportunity accordance to a real time,

provided water supply by consumer, to be built a non-stationary character technical process of operational-dispatching manager for decision making like - "Supporting-Advisor" informational-computer system.

- Informational-logistical integrated manager for decision making "Supporting-Advisor" system's built ability is also designed in an operational water supply systems, which provides complex economic-subscription-service character tasks, also, according to a real time, current effective operational-dispatching manager task solving respectively to a consumer providing water supply non-stationary character technological process.
- The obtained results is possible to implement in Georgia's cities current water supply systems for effective functioning purpose.

Sinaarsi

Sesavali da naSromis saerTo daxasiaTeba;gv.9-12

Tavi 1. wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis sistemur-logistikuri organizaciis meTodologiuri aspektebi;gv. 12-16

1.1 wylis miwodebisa da ganawilebis sistemis operatiul-sadispetCero marTva "pasiuri" da "aqtiuri eqsperimentebis" funqcionirebis procesSi.gv.17-19

Tavi 2. momxmarebelTa mier damyarebuli wylismoxmarebis procesis arastacionarulo bis analizis erTiani meTodika maTematikuri statistikis parametruli da araparametruli kriteriumebis gamoyenebiT.gv.20-54

Tavi 3. wylis miwodebisa da gadanawilebis sistemebis rTuli ierarqiuli sqemebis funqcionirebis xarixis kompleqsuri Sefaseba dispetCerul-koordinirebuli marTvis procesSi;gv.54-58

3.1. wyalmomaragebis, rogorc teqnikuri sistemis, operatiul-sadispetCero marTvis gadawyvetilebebis miReba aramkafio simravleTa Teoriis maTematikuri aparatis gamoyenebiT;gv.59-64

3.2. წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის სისტემის აგების პრინციპი „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ ს დესკრიფციული მოდელირების ბაზაზე (თბილისის მაგალითზე) გვ.65-75

3.3. wylis miwodebisa da gadanawilebis sistemebis rTuli ierarqiuli sqemebis funqcionirebis xarixis kompleqsuri Sefaseba operatiul-dispetCerul-koordinirebuli marTvis procesSi (operatiuli Sefasebisa da prognozirebiszogadi modelis Sedgena deskრიციული modelirebis safuZvelze - sademonstracio magaliTi. gv.75-76

3.4. wyalmomaragebis sistemebis operatiul- sadispetCero marTvis gadawyvetilebebis miRebis kompiuteruli programis blok-sqemis aRwera momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis damyarebul procesSi fiqsirebuli dawnevebis Sefasebisa da prognozirebis Sesabamisad. gv.77-81

Tavi 4. wyalmomaragebis sistemSi, realuri drois Sesabamisad, momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis saimedობის donis amaRlebis sakiTxebi;gv.81-85

4.1. saeqsperto Sefasebebis safuZvelzewyalmomaragebis avtomatizebuli marTvis sistemis efeqtუობის kvleva.gv.86-88

5. Sedegebi da maTi gansja.gv.89-96

6. daskvna.gv.96-97

7. gamoyenebuli literatura.gv.97--102

naxazebis nusxa:

- 1. wyalmomaragebis sistemebis operatiul-sadispetCero marTvis pocesSi pasiuri da aqtiuri eqsperimentebis Catarebis blok-sqema.gv.19**
- 2. wyalmomaragebis sistemebSi wylis moxmarebis procesis kvlevis principuli logikuri sqema. gv.22**
- 3. wylis miwodebisa da ganawilebis sistemis SesaZlo funqcionirebadi ierarqiuli sqema. gv.57**
- 4. ბლოკ-სქემა „არამკაფო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენება წყალმომარაგების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვაში (წყლით უზრუნველყოფიდან დამყარებულ ტექნოლოგიურ პროცესში) გვ.69**
- 5.ქ. თბილისის წყალმომარაგების სისტემის წყლის მიწოდების ქვემარშრუტი გვ.70**
- 6. ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის სათავე ნაგებობების ერთ-ერთი ქვემარშრუტის ოპერატიული მართვის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების დიაგრამა გვ.72**
- 7. ქ. თბილისის წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების დამხმარე სისტემის სტრუქტურული სქემა გვ.73**

8. **wyalmomaragebis qselSi fiqsirebuli faqtobrivi dawnevebis operatiuli Sefasebisa da prognozirebis procesis modelirebis xarixobrivi-kriteriuli Sefasebis uganzomilebo skala. gv.76**

9. **operatiul-sadispetCero marTvis kompiuteruli programis blok-sqema Sesabamisi aRweriT. gv.78-79**

cxrilebis nusxa:

- გბრ.1.**wylismoxmarebis procesis realizaciis kvlevis qveS srsebuli ansamblebis statistikuri maxasiaTeblebi. gv. 28**
- გბრ. 2. **gaangariSebaTa Sedegebi t da r kriteriumebis mixedviT. gv.29**

- გბრ. 3. **gaangariSebaTa Sedegebi Fda GG kriteriumebis mixedviT. gv.30...**

Sesavali da naSromis saerTo daxasiaTeba

naSromis aqtualuroba. qveynis Tanamedrove sabazro ekonomikis ganviTarebis pirobebSi, mimdinare etapze, Zireuli mniSvneloba unda daeTmos mosaxleobis komunaluri momsaxurebis uzrunvelyofis sferos gaumjobesebas wyalmomarageba-wyalarinebis, gazmomaragebisa da eleqtromomaragebis dargebSi.

komunaluri momsaxurebis aRniSnuli sfero wyalmomaragebis dargSi unda daeqvemdebaros marTvis iseT strategias, romelic orientirebuli iqneba sistemur-logistikuri marTvis Tanamedrove teqnologiebisa da meTodologiuri midgomebis gamoyenebasze. kerZod, aseT SemTxvevaSi wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionireba daemyareba rogorc erTiani logistikuri organizaciis sameurneo-saaboneto-servisuli xasiaTis amocanebis, aseve realuri drois Sesabamisad momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis normaluri teqnologiuri procesis SenarCunebas operatiul-sadispetCero marTvis pirobebSi.

aRniSnul konteqstSi wyalmomaragebis moqmed sistemebSi sistemur-logistikuri organizaciis meTodologiuri midgomis aspeqtების gamoyeneba gamiznulia Tavad wyalmomaragebis sistemis operatiul-sadispetCero marTvis efeqtur organizaciasTan kompiuteris gamoyenebasa da momxmarebelTa mier damyarebulი wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis

SenarCunebisTvis, rac Sedegad, realuri drois Sesabamisad, momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis normaluri procesis msvleloba-SenarCunebis garantias iZleva. Tu gaviTvaliswinebT, rom momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesi xasiaTdeba droSi cvalebadobis garkveuli arastacionalurobiT (maTematikuri molodinis, saSualo kvadratuli gadaxris, korelaciuri funqciis mimarT), maSin winamdebare disertaciis Sesabamisad wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis meTodologiis SemuSaveba qmediT aqtualobas iZens da mas gaaCnia rogorc samecniero, aseve praqtikuli Rirebuleba.

samuSaos mizani da kvlevis amocanebi emyareba wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis misaRwevad dasmuli Semdegi sainJinro amocanebis gadawyvetas, romlebic dakavSirebulia rogorc sistemur-logistikuri organizaciis meTodoloiuri midgomis principebis, aseve efeqturi operatiul-sadespeCero marTvis SemuSavebasTan momxmarebelTa mier realuri drois Sesabamisad damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis Sesabamisad, kerZod:

* SemuSavebulia realuri drois Sesabamisad moqmedi wyalmomaragebis sistemebis operatiul sadispeCero marTvis sistemuri meTodologia maTi efeqturi funqcionirebis mizniT da Sesabamisad, sistematizebulia sainformacio (kompiuteruli)-logistikuri marTvis sistemis agebis SesaZlebloba;

* dasabuTebulia wyalmomaragebis moqmedi sistemebis operatiul-sadispeCero marTvis sainformacio kompiuteruli sistemis agebis SesaZlebloba momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis cvalebadobis arastacionaluri xasiaTis gaTvaliswinebiT;

* SemuSavebulia realuri drois Sesabamisad moqmedi wyalmomaragebis sistemebis momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis saimedobis donis amaRlebis SesaZlebloba.

mecnieruli siaxle. SemuSavebulia wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis sistemur-logistikuri marTvis meTodologia, romlis Tanaxmad kompleqsurad ganixileba da wydeba am sistemebis logistikuri organizaciis sameurneo-saabonento-servisuli

xasiaTisa da mimdinare operatiul-sadispeCero marTvis amocanebi, realuri drois Sesabamisad momxmarebelTa mier damyarebuli arastacionaluri wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis pirobebSi.

kvlevis perspeqtivi obieqtobi: saqarTvelos qalaqebis wyalmomaragebis sistemebi (Tbilisi, baTumi da a.S.) avtomatizebuli marTvis sistemebis funqcionirebis pirobebSi.

kvlevis meTodi. sistemur-logistikuri Teoriis meTodologia, deskripcivi modelirebis meTodi, rogorc gadawyvetilebaTa miRebis instrumentuli saSualeba.

samuSaos praqtikuli Rirebuleba da Sedegebis realizacia. miRebuli Sedegebi SeiZleba perspeqtivaSi realizebul iqnas saqarTvelos msxvili qalaqebis wyalmomaragebis sistemebSi (Tbilisi, baTumi da a.S.) avtomatizebuli marTvis sistemebis funqcionirebis pirobebSi.

daskvna da praqtikuli rekomendaciebi. sistemur-logistikuri organizaciis midgomis gamoyenebiT SemuSavebulia wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis uzrunvelyofis meTodologia, romelic realuri drois Sesabamisad wyalmomaragebis moqmedi sistemis operatiul-sadispeCero marTvis procesSi mimdinare rTuli sainjinro da Znelad formalizebadi amocanebis kompleqsuri gadawyvetis saSualebas iZleva momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis pirobebSi, kerZod:

* SemuSavebulia momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis cvalebadobis arastacionaluri xasiaTis dadgenis erTiani meTodika maTematikuri molodinis, saSualo kvadratuli gadaxrisa da korelaciuri funqciis Sesabamisad;

* SemuSavebulia wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis sistemur-logistikuri organizaciis meTodologia, romelic saSualebas iZleva, realuri drois Sesabamisad, agebul iqnas momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis operatiul-sadispeCero marTvis gadawyvetilebebis miRebis „damxmare-mrCeveli“ sainformacio-kompiuteruli sistema;

* SemuSavebulia wyalmomaragebis moqmedi sistemebSi sainformacio-logistikuri integrirebuli marTvis gadawyvetilebaTa miRebis „damxmare-mrCevoli“ sistemis agebis SesaZlebloba, romelic kompleqsurad uzrunvelyofs rogorc sistemis sameurneo-saabonento-servisuli xasiaTis amocanebis, aseve realuri drois mixedviT mimdinare efeqtur operatiul-sadispetCero marTvis amocanis gadawyvetas momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis Sesabamisad.

* miRebuli Sedegebi SeiZleba dainergos saqarTvelos qalaqebis wyalmomaragebis moqmed sistemebSi maTi efeqturi funqcionirebis uzrunvelyofis mizniT.

samu.Saos aprobacia Catarda studentTa 84-e Ria saerTaSoriso studentTa samecniero konferenciaze (Tbilisi, saqarTvelos teqnikuri universiteti 02/06/2016 w.)

Tavi 1. wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis sistemur-logistikuri organizaciis meTodologiuri aspeqtebi

qveynis Tanamedrove sabazro ekonomikis ganviTarebis pirobebSi, mimdinare etapze, Zireuli mniSvneloba unda daeTmos mosaxleobis komunaluri momsaxurebis uzrunvelyofis sferos gaumjobesebas wyalmomarageba-wyalarinebis, gazmomaragebis da eleqtromomaragebis dargebSi.

komunaluri momsaxurebis aRniSnuli sfero wyalmomaragebis dargSi unda daeqvemdebaros marTvis iseT strategias, romelic orientirebuli iqneba marTvis Tanamedrove teqnologiebisa da midgomebis gamoyenebasTan. kerZod, aseT SemTxvevaSi wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionireba daemyareba rogorc erTiani logistikur organizaciis sameurneo marTvis qmediTi meqanizmebis gamoyenebas, aseve momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis normaluri procesis SenarCunebas operatiul-sadispetCero marTvis pirobebSi realur drois Sesabamisad. aRniSnul konteqstSi wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionireba SeiZleba miRweul iqnas SemoTavazebuli logistikuri organizaciis midgomis principebis gamoyenebiT [1,2].

amasTan unda aRiniSnos, rom wyalmomaragebis moqmed sistemebSi sistemur-logistikuri organizebis meTodologiuri midgomis principebis gamoyeneba mimarTulia Tavad

wyalmomargebis sistemis operatiul-sadispeCero marTvis efeqtur organizaciasTan kompiuteris gamoyenebiT realuri drois Sesabamisad, rac momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis SenarCunebis garantias izleba. Tu gaviTvaliswinebT, rom momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis procesi xasiaTdeba droSi cvalebadobis garkveuli arastacionalurobiT [5]. maSin naTeli iqneba aRniSnuli amocanis gadawyvetis rogorc Teoriuli, aseve praqtikuli mniSvneloba.

dasmuli amocanis realizacia wyalmomargebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis misaRwevad moicavs Semdegi amocanebis gadawyvetas, romelic dakavSirebulia rogorc sistemur-logistikuri organizebis midgomebis, aseve operatiul-sadespeCero marTvis principebis SemuSavebiT, kerZod [1,2]:

* Seswavlil iqnas wyalmomargebis moqmedi sistemebis operatiul sadispeCero marTvis arsebuli meTodologia da daisvas sakiTxi sainformacio logistikuri marTvis Sesaxeb;

* Sedgenil iqnas wyalmomargebis moqmedi sistemebis operatiul sadispeCero marTvis gadawyvetilebis miReba, operatiul sadispeCero marTvis sainformacio sistemis agebis SesaZlebloba momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiur procesSi;

* SemuSavdes wyalmomargebis moqmedi sistemebis sainformacio lojistikuri integrirebis sistema, romelic erTdroulad uzrunvelyofs, rogorc momavlis teqnologiuri procesis efeqtur marTvas, aseve momxmarebelTa (abonentTa) momsaxureobis servissac;

* aRniSnuli amocanebis speqtrTan, qvemoT warmodgenilia wyalmomargebis moqmedi sistemis operatiul-sadispeCero marTvis logistikuri sistemebis meTodologia da arsebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesi deskrifciuli modelirebis safuZvlebze;

* SemoTavazebuli logistikuri sistemuri meTodologiis Tanaxmad, mizani da kvlevis amocana emyareba wyalmomargebis moqmedi sistemebis efeqturi operatiul-sadispeCero marTvis gaxorcielebas, realuri drois masStabSi damyarebuli wyliT uzrunvelyofis procesis Sesabamisad. am SemTxvevaSi realuri wyalmomargebis sistema (wylis miwodebis da ganawilebis sistema) Sedgenilia garkveuli element-nagebobiT da maTi erToblivi moqmedebis reglamentic cnobilia.

amave dros, realuri situaciis mixedviT sistemis funqcionireba SeiZleba Seesabamebodes sxvadasxva saproeqto funqcionirebis xarisxs, kerZod:

- * sistema ver akmayofilebs moTxovnil miznebs;
- * sistema ver uzrunvelyofs saprognozo Sedegebs;
- * sistema ver funqcionirebs ise, rogorc es Tavdapirvelad iyo dagegmili.

CamoTvliL situaciur mdgomareobaTa gamosakvlevad SemoTavazebul meTodologiaSi gamoyenebulia daproeqtetebis „sistemuri paragegmis“ midgoma, romelic xorcieldeba e.w. „introspeqciis gziT“. es niSnavs, rom drois mocemul momentSi wyalmomaragebis moqmedi sistemis funqcionirebis xarisxis dadgenisaTvis vsazRvravT sistemis calkeuli Semadgeneli elementis (an elementTa erTobliobis) maxasiaTebeli parametrebis sidides da winaswar Sedgenili deskripciuli modelebis bazis Sesabamisad viRebT operatiuli marTvis efeqtur gadawyvetilebebs gasaxorcieleblad. aqve aRsaniSnavia, rom situaciur mdgomareobaTa daproeqtetebis introspeqciis midgomiT SesaZlebelia ganisazRvros drois mocemul momentSi damyarebuli wyliT uzrunvelyofis normaluri an gadaxrili „mdgomareobis veqtori“, Sesabamis moqmed elementTa funqcionirebis „aqtiuri reJimebi“, romlebic uzrunvelyofen momxmarebelTa wylis moxmarebis moTxovnil raJims. aRniSnulis gasaxorcieleblad mizanSewonili iqneba e.w. azrobrivi „aqtiuri eqsperimentebis“ Catareba deskripciuli (aRniSnuli) modelebis safuZvlebze kompiuteruli eqsperimentebis daxmarebiT, es saSualebas mogvcems, deskripciuli modelebis daxmarebiT xelovnurad CavataroT „aqtiuri eqsperimentebi“ manamde, sanam ar mivaRwevT manawilebel qselsa da sistemis sxva elementebSi teqnologiuri parametrebis sasurvel mdgomareobas. aq umTavresi isaa, rom sistemis sasurveli mdgomareoba miRweul unda iqnas e.w. „dabalansebis“ principis aucilebeli dacviT, kerZod, operatiul -sadispeCero marTvis pirobebSi, uzrunvelyofili iqnas wylis miwodebisa da ganawilebis sistemis funqciur sqemebSi teqnologiuri parametrebis (dawnevebis, rezervuarebSi wylis dgomis simaRleebis da sxva) SenarCuneba iseTi diapazonis farglebSi, rom ar dairRves momxmarebelTa normaluri (Seuferxebeli) wyliT uzrunvelyofa drois nebismier momentSi. praqtikulad es imas niSnavs, rom drois mocemul momentSi mowodebuli wylis xarji toli unda iyos momxmarebelTa mier daxarjuli wylis moculobisa. Tu avRniSnavT, rom momxmarebeli Tavad ayalibebis moTxovnas wyalze, cxadi xdeba dasmuli

amocanis gadawyvetis praqtikuli gadawyvetilebis mniSvnelobs drois mocemuli momentis Sesabamisad.

SemoTavazebuli sistemuri meTodologia, rogorc pasiuri, aseve aqtiuri eqsperimentebis SemTxvevaSi. zogadad misaRebia rogorc wyalmomaragebis Cveulebriv pirobebSi moqmedi sistemebisaTvis, aseve wyalmomaragebis sistemebisaTvis, romlebic funqcionireben marTvis avtomatizirebuli sistemebis pirobebSi [6].

wyalmomaragebis Cveulebriv pirobebSi funqcionirebis drois Semdgeni elementebi funqcionireben operatiul-sadispeCero personalis intuiciisa da gamocdilebis mixedviT, anu pasiuri elementebis Sesabamisad. am SemTxvevaSi gamoricxulia sistemis momuSave elementebis efeqturi reJimi, amasTan, dispeCeri operatiuli marTvis procesSi mimarTavs e.w. „pasiur eqsperiments“ „mosinjva-Secdomis principis Sesabamisad“. am SemTxvevaSi SeiZleba dafiqsirdes marTvis gadawyvetilebis miReba xangrZlivi periodis Sesabamisad. sul sxva mdgomareoba fiqsirdeba marTvis avtomatizirebuli sistemis funqcionirebis pirobebSi. am SemTxvevaSi dispetCeri drois raime momentSi iRebs informacias sistemaSi moqmedi elementebis Sesaxeb-atarebs e.w. „aqtiur eqsperimentirebas“- gamoricxavs intuiciuri marTvis SesaZleblobas.

wyalmomaragebis sistemis marTvis avtomatizebuli sistemis funqcionirebis pirobebSi SesaZlebelia sistemis Semadgeneli elementebidan gadamowmebiT miRebuli informacia damuSavdes sakontrolo-maxasiaTebeli wertilebisaTvis winaswar Sedgenili deskrficiuli modelebis bazaze da Sesabamisad, miRebul iqnas operatiuli marTvis gadawyvetileba, rogorc calkeulad aRebuli elementebisaTvis, aseve elementTa erTobliobisaTvis. Sedgenili deskrficiuli modeleb iT SesaZlebelia Sedges operatiuli marTvis instrumentuli baza, romelic realizirebuli iqneba sadispeCeros kompiuteris saSualebiT.

1.1 wylis miwodebisa da ganawilebis sistemis operatiul-sadispetCero marTva ‘pasiuri’ da ‘aqtiuri eqsperimentebis’ funqcionirebis procesSi

wina qveTavSi ganxiluli iyo sistemur-logistikuri aspeqtobi wyalmomaragebis erTiani sistemis funqcionirebis maxasiaTebeli teqnologiuri parametrebis cvlilebebis Sesaxeb. informacia sistemis Semadgeneli elementebis (wyalmimRebi, gamwmendi sadguri, sadawneo

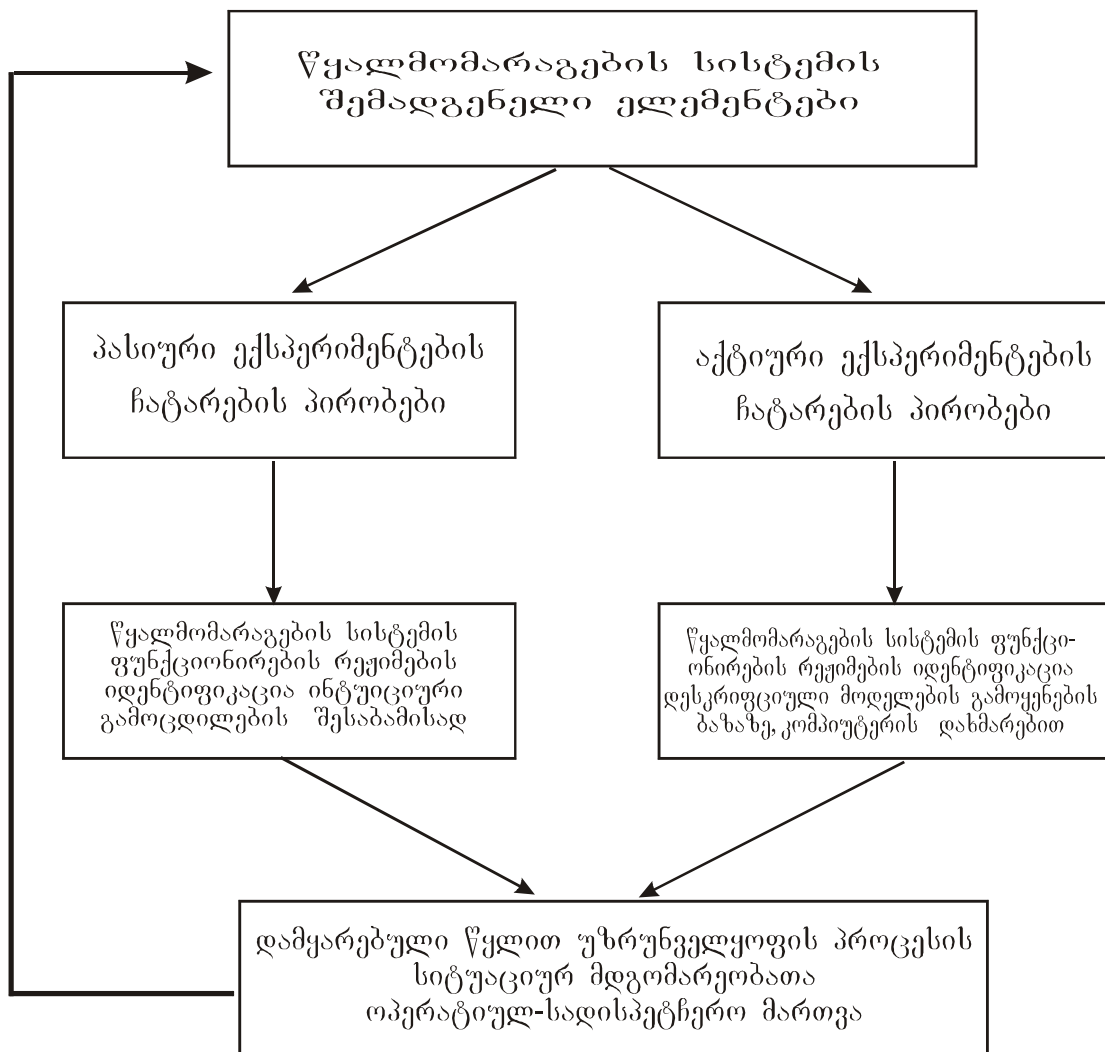
rezervuari, manawilebeli qseli) funqcionirebis xarisxis Sesaxeb realur droSi (vTqvaT wuTebSi - avtomatizebuli sistemis SemTxvevaSi da aTeulobiT wuTebSi-Cveulebriv moqmed sistemis SemTxvevaSi) gadaewodeba sadispetCero marTvis pults. amis Semdeg dispeCeri (moqmedi operatori-specialisti) aanalizebs miRebul informacias da iRebs marTviT gadawyvetilebas momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis situaciuri mdgomareobidan gamomdinare [15].

cxadia, Cveulebriv moqmed sistemaSi informacia miiReba da gaanalizdeba operator-dispetCeris intuiciuri gamocdilebis safuZvelze, rac dakavSirebuli araefeqtur marTvasa da denisa da wyliS aramwarmoeblur danaxarjebTan. aqedan gamomdinare, Cveulebriv moqmedi wyalmomaragebis sistemebis mizani unda iyos samomavlod gadavides marTvis avtomatizebuli funqcionerebis pirobebSi.

marTvis avtomatizebuli sistemis funqcionerebis SemTxvevaSi sawyisi saanalizo informaciis miReba da Sesabamisi marTvis gadawyvetilebis SemuSaveba xdeba mcire drois intervalSi. amave dros, uzrunvelyofilia situaciuri mdgomareobis mixedviT momuSave elementebis muSaobis efeqturi reJimebic [6].

rogorc aRvniSneT, wyalmomaragebis sistemis Cveulebriv pirobebSi funqcionirebis dros Semadgeneli elementebi funqcionireben operatiul-sadispetCero personalis intuiciisa da gamocdilebis safuZvelze, anu „pasiuri eqsperimentis” Sesabamisad. am SemTxvevaSi gamoricxulia sistemis momuSave elementebis efeqturi reJimebis SerCeva da momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis procesis normaluri situaciis Sesabamisad SenarCuneba. dispeCeri am SemTxvevaSi atarebs e.w. „pasiur eqsperiments” `mosinjva-Secdomis~ principis Sesabamisad. sul sxva mdgomareoba fiqsirdeba marTvis avtomatizebuli sistemis funqcionirebis pirobebSi, dispeCeri am SemTxvevaSi iRebs ra informacias drois raime momentSi sistemis Semadgeneli elementebis funqcionirebis Sesaxeb, atarebs e.w. „aqtiur eqsperimentirebas”. aqtiuri eqsperimentebis organizaciisaTvis dispetCeri gamoricxavs intuiciuri marTvis SesaZleblobas da momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis procesis modelirebas amyarebs sakontrolo- sakarnaxo wertilebSi fiqsirebuli dawnevebis ganawilebaze. am mizniT saWiroa SemuSavebuli meTodologiis safuZvelze winaswar ganisazRvros sakontrolo-sakarnaxo wertilebis amsaxveli deskripciuli modelebis algoritmuli baza, da mis safuZvelze aigeba sadispetCero marTvis instrumentuli baza, romelic realizdeba operatiuli marTvis kompiuteris daxmarebiT [8,9].

rogorc “pasiuri”, aseve “aqtiuri eqsperimentebis” Sesabamisad mogvyavs wyalmomaragebis sistemebis operatiul-sadispetCero marTvis pocesi pasiuri da aqtiuri eqsperimentebis Catarebis blok-sqema (nax. 1).



ნახ. 1. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში “პასიური” და “აქტიური ექსპერიმენტების” ჩატარების ბლოკ-სქემა [2,15].

Tavi 2. momxmarebelTa mier damyarebuli wylismoxmarebis procesis arastacionarulobis analizis erTiani meTodika maTematikuri statistikis parametruli da araparametruli kriteriumebis gamoyenebiT.

წყლისმოხმარების რეჟიმების დღემდე ჩატარებული კვლევების ანალიზმა უჩვენა, რომ წყლის მოხმარების პროცესი აშკარად არასაკმარისად არის შესწავლილი [5,7]. არ არსებობს წყალმომარაგების სისტემებში წყლისმოხმარების ტექნოლოგიური რეჟიმების ცვლილებების კანონზომიერების (წყლის მომარაგების პროცესის) კვლევის ერთიანი მეთოდიკა. არსებული შემუშავებების ეფექტურობის მცირე ხარისხი წყალმომარაგების ავტომატიზირებული სისტემის ოპერატიული მართვის ეფექტური ქვესისტემების შექმნის მიზნით მათი გამოყენების საშუალებას არ იძლევა.

ოპერატიული მოკლევადიანი (საათობრივი და სადღეღამისო) პროგნოზირების სარწმუნო მოდულების შესაქმნელად, დეტალური კვლევების ჩატარებას საჭიროებს, შესასწავლ სისტემაში წყლისმოხმარების ტექნოლოგიური პროცესის შესწავლასთან ერთად, წყლის მოხმარების რეჟიმებთან დაკავშირებით არსებული მრავალწლიანი კვლევების შედეგებსა და სტატისტიკურ მონაცემებზე (ე.ი. წყლის მოხმარების საათობრივი და სადღეღამისო რეჟიმების რეალიზაციის ანსამბლების წინასტორიაზე) დაყრდნობით.

წარმოდგენილ ქვეთავში განხილულია წყლისმოხმარების პროცესის არასტაციონარულობის ანალიზის ერთიანი მეთოდიკის და წყლის მოხმარების პროცესების რეალიზაციის ანსამბლის თვისებების კვლევის შემადგენელი საკითხები.

ნახაზზე მოცემულია ლოგიკური სქემა, რომლის საფუძველზეც ხორციელდება წყალმომარაგების სისტემებში წყლისმოხმარების პროცესის კვლევა.

მრავალი ფიზიკური პროცესის, მათ შორის წლისმოხმარების პროცესის გამოკვლევის საფუძველზე, გვიწევს არასტაციონარული შემთხვევითი პროცესების კვლევასთან შეხება. დროში წყლის ყოველდღიური და საათობრივი ხარჯების განხილულ თანმიმდევრულობათა (რეალიზაციის ანსამბლები) მარტივი ვიზუალური ანალიზი

უჩვენებს, რომ რეალიზაციის ფიქსირებული ანსამბლები შეიძლება არასტაციონარული დროითი სერიების ფორმით იქნას წარმოდგენილი [1].

ქვემოთ მოცემულია მიზეზები იმისა, რომ წყლის მოხმარების პროცესი არ განიხილება როგორც არასტაციონარული შემთხვევითი პროცესი:

- წყლის მოხმარების პროცესი იქმნება მრავალი ფაქტორის ზემოქმედების ქვეშ (მოსახლეობა და მათი კეთილმოწყობის დონე, სამრეწველო და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ობიექტები და მათი ტექნოლოგიური აღჭურვილობა, მოცემული რეგიონის კლიმატური პირობები, სეზონურობა და სხვ.), რომელთა მოქმედებათა ცალკე გამოყოფა მთლიანობაში ჩამოყალიბებულ წყლის მოხმარების პროცესში შეუძლებელია დროში მათი სპეციფიკაციური ხასიათის (რეჟიმის) ცვალებადობის გამო [5,7]:

- მტკიცებულება წყლის მოხმარების არასტაციონარული პროცესის შესახებ ნეგატიურად აღიქმებოდა - უბრალოდ როგორც სტაციონარულობის არარსებობის კონსტატაცია.

- არ არსებობდა წყლის მოხმარების მოცემული კლასის პროცესის არასტაციონარულობის ანალიზისა და კვლევის ერთიანი მეთოდოლოგია;

- არ არსებობდა წყლის მოხმარების რეჟიმების შესახებ სანდო სტატისტიკური მასალების სათანადო რაოდენობა.

ქვემოთ მოცემულია წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის ანსამბლის თვისებების ანალიზისა და კვლევის მეთოდოლოგია, რომელიც [5,7]-ის შესაბამისად განიხილება. პირველ რიგში უნდა გაანგარიშდეს შემთხვევითი განხილული პროცესის სტატისტიკური შეფასებები $Q(t)$, $D[Q(T)]$ (ცხრილი 1). წყლის მოხმარების პროცესი შეიძლება წარმოდგენილ იქნას როგორც რამოდენიმე დროითი ფუნქცია $(Q_k(T))_{k \in \Omega}$, რომელიც შეიძლება რამოდენიმე სტატისტიკური მახასიათებლით იქნას აღწერილი. აქ Ω არის ინდექსური სიმრავლე, რომელიც რეალიზაციის ანსამბლის მოცულობას უჩვენებს. ინდექსი k განსაზღვრავს დროითი ფუნქციის ნომერს, რომელიც წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის მოცემულ ანსამბლს განეკუთვნება

ქვემოთ მოყვანილია წყალმომარაგების სისტემებში წყლის მოხმარების პროცესის კვლევის პრინციპული ლოგიკური სქემა (ნახ.2):

წყალმომარაგების სისტემის წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის ანსამბლის თვისებების ანალიზისა და შესწავლის ერთიანი მეთოდიკა

A
კვლევის საკითხის მდგომარეობა და დასაბუთება.

B
წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის ანსამბლის თვისებების სტატისტიკური კვლევის მეთოდოლოგიური მითითებები

B.I
ტექნიკური დამოუკიდებლობის (ან თანხვედრის) შემთხვევითობის ჰიპოთეზის შემოწმება წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის ანსამბლის გამოსავალი მონაცემებით კრიტერიუმების სერიების გამოყენებით (რომლებიც ემყარება შერჩევით მეთოდს) „აბზეს კრიტერიუმების“ გამოყენებით.

B.II
წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის ანსამბლის სტატისტიკური მახასიათებლების განსაზღვრება, მათემატიკური აღწერა, დისპერსია, კორელაციური ფუნქცია, ალბათობის განაწილების დიფერენციალური კანონი.

B.III
წყლის მოხმარების შემთხვევითი პროცესის არასტაციონარობის დონის შეფასების ზომები სტატისტიკასთან დაკავშირებით.

B.III.a
ორი საშუალო მაჩვენებლის სტატისტიკური განსხვავების ფაქტი დადგენა

B.III.b
დისპერსიის ორი შეფასების სტატისტიკური განსხვავების ფაქტის დადგენა

B.III.c
წყლის მოხმარების შემთხვევითი პროცესის არასტაციონარულობის ზომის დადგენაკორელაციურ ფუნქციასთან მიმართებაში (საშუალოკვადრატული მაჩვენებელი)

B.III.d
განაწილების კანონების შეფასების სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავების ფაქტის დადგენა.

დასკვნა წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის გამოსაკვლევი ანსამბლის არასტაციონარულობის (ან სტაციონარულობის) შესახებ

მთლიანობაში, ისე როგორც ადრე, წყლისმოხმარების პროცესის რეალიზაციის ანსამბლის თვისებების ანალიზისა და კვლევისათვის აუცილებელია გაანგარიშდეს მათი სტანდარტული სტატისტიკური მახასიათებლები (მათემატიკური მოლოდინი, დისპერსია, საშუალოკვადრატული გადახრა, ავტოკორელაციური ფუნქციები, ერთგანზომილებიანი ან მრავალგანზომილებიანი გადანაწილების ალბათობები) დროის დისკრეტულ მომენტებში T_i . ამასთან, რიგ შემთხვევებში განხილული პროცესის რეალიზაციის ანსამბლის თვისებების შესწავლისას, შეიძლება შემოვიფარგლოთ მხოლოდ რამოდენიმე სტატისტიკური მახასიათებლის გაანგარიშებით: მათემატიკური მახასიათებლები, დისპერსია, ალბათობებისა და ავტოკორელაციური ფუნქციების ერთგანზომილებიანი განაწილები. ამ მახასიათებლების გათვლის სტანდარტული პროცედურა (შემდგომში სტატისტიკებად წოდებული) მოყვანილია [5,7]-ში და სხვა ლიტერატურაში. ამიტომ აქ არ გთავაზობთ მათ კალკულაციებს.

[7]-ში მოცემულია განსაზღვრება, რომლის თანახმადაც არასტაციონარული შემთხვევითი პროცესი ხასიათდება სხვადასხვა საშუალო მნიშვნელობებით, დისპერსიით, კორელაციური ფუნქციებით და ალბათობების განაწილების კანონებით, რომლებიც განისაზღვრება დროის სხვადასხვა მომენტებში T_i და T_j .

სტატისტიკის შეფასებას, რომლებიც დროის მომენტზეა დამოკიდებული, წარმოვადგენთ რამოდენიმე სიმბოლოს გამოყენებით - $\langle F[Q(T)] \rangle$. [3]-ს თანახმად, შემთხვევითი პროცესის T_i და T_j მომენტებში მათი სტატისტიკების ინვარიანტულობის მიხედვით კლასიფიკაციისთვის აუცილებელია განსაზღვრული საშუალოების შერჩევა და მათი შეფასების განსხვავების დაშვებული საზღვრების დადგენა. სტატისტიკასთან $\langle F[Q(T)] \rangle$ მიმართებაში არასტაციონარულად მივიჩნევთ ისეთ შემთხვევით პროცესს, რომელშიც სტატისტიკათა შეფასებებში სხვაობა აღემატება შერჩეული ზომის საზღვარს.

განვიხილოთ [7]-ში მიღებული სიდიდეები წყლისმოხმარების შემთხვევითი პროცესის არასტაციონარულობის დონის შეფასებისთვის $\langle F[Q(T)] \rangle$ სტატისტიკასთან დაკავშირებით. თუ გამოვლინდება ორი საშუალო მნიშვნელობის შეფასების განსხვავება $\langle Q[Q(T_i)] \rangle$, $\langle Q[Q(T_j)] \rangle$, მაშინ მათი არასტაციონარულობის დონის შეფასების საზომად

(არასტაციონარობა საშუალო მაჩვენებელთან მიმართებაში) გამოიყენება სიდიდე δQ , რომელიც გაანგარიშდება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\delta Q = |(\langle Q(Q(T_i)) \rangle - \langle Q(Q(T_j)) \rangle) / \max \langle Q(Q(T)) \rangle|.$$

ორი საშუალო შეფასების სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავების არსებობის ფაქტის დადგენა შეიძლება განხორციელდეს t კრიტერიუმის [8-10] გამოყენების გზით, თანაბარი $n_1 = n_2 = n$, სადაც n_1 არის პირველი დამოუკიდებელი შერჩევის მოცულობა, ხოლო n_2 - მეორე დამოუკიდებელი შერჩევის მოცულობა [8]-ის მიხედვით. გარდა ამისა, მოწმდება რამდენად მნიშვნელოვანია განსხვავების სიდიდე კვლევის ქვეშ მყოფი Q_1 და Q_2 საშუალო მაჩვენებლებს შორის, ე.ი. შეიძლება თუ არა ჩაითვალოს t კრიტერიუმით განსხვავება არსებითად ან არიან თუ არა ისინი არსებითად არაგანსხვავებული. ეს პირობა მოწმდება z -კრიტერიუმით [7-10]. ორი საშუალო მაჩვენებლის სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავების ფაქტის დადგენა შეიძლება განხორციელდეს განაწილების ორი ცენტრის განსხვავების შესახებ ჰიპოთეზის შემოწმების გზით.

თუ დისპერციის ორ მაჩვენებელს ($\langle D(Q(T_i)) \rangle$ და $\langle D(Q(T_j)) \rangle$) შორის განსხვავება სტატისტიკურად მნიშვნელოვანია, პროცესის არასტაციონარულობის დონის შეფასების საზომად დისპერსიასთან მიმართებაში მიიღება δD სიდიდე, რომელიც შემდეგი ფორმულით გაანგარიშდება:

$$\delta D = |(\langle D(Q(T_i)) \rangle - \langle D(Q(T_j)) \rangle) / \max \langle D(Q(T)) \rangle|$$

დისპერსიის შეფასებათა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავების ფაქტის დადგენა შეიძლება განხორციელდეს ფიშერის კრიტერიუმის (F -კრიტერიუმი) გამოყენებით [7,8]. დისპერსიის შეფასებათა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავების ფაქტის დადგენა ასევე შესაძლებელია კორნის კრიტერიუმითაც [7-10] მოხდეს.

შემთხვევითი პროცესის სტაციონარულობის საზომად კორელაციურ ფუნქციასთან მიმართებაში ასევე გამოიყენება საშუალოკვადრატული სიდიდე $\Delta B(\tau)$ [7]. პროცესის ანალიზის დროს τ -ბიჯთან დაკავშირებით კორელაციური ფუნქციის კლების შენელების შემთხვევაში, განხილული პროცესი კორელაციურ ფუნქციასთან მიმართებაში შეიძლება კლასიფიცირებულ იქნას როგორც არასტაციონარული.

განაწილების კანონების შეფასებათა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი განსხვავების ფაქტის დადგენა შეიძლება შესრულდეს შეთანხმების კრიტერიუმების გამოყენებით: პირსონის კრიტერიუმი (χ^2 -კრიტერიუმი) [7], კოლმოგოროვის კრიტერიუმი (D_n -კრიტერიუმი) [7], სმირნოვის კრიტერიუმი (S_n -კრიტერიუმი) [7], კოლმოგოროვი-სმირნოვის შეთანხმების კრიტერიუმი [7].

საბოლოოდ უნდა აღინიშნოს, რომ შემოთავაზებული ლოგიკური სქემა საერთოა პროცესების კვლევის დროს და ყოველთვის შეიძლება ასევე გამოყენებულ იქნას სტატისტიკურად სტაციონარული პროცესების შეფასებისთვის.

შედეგად, ბლოკების B.III.a, B.III.b, B.III.c, B.III.d ბლოკების ანალიზის მონაცემების საფუძველზე, შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა კვლევის ქვეშ მყოფი პროცესის არასტაციონარულობის (ან სტაციონარულობის) შესახებ (ნახ. ბლოკი C).

წარმოვადგინოთ წყლისმოხმარების პროცესის რეალიზაციის ანსამბლის ფუნქციების არასტაციონარულობაზე კვლევის სადემონსტრაციო მაგალითი (აღებულია: ქ.ზელენოგრადისწყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემის წყლისმოხმარების რეჟიმის რეალიზაციები), განხილულ იქნა [15]:

- ბუნებრივი წლიური რეალიზაციის ანსამბლი მოცულობით $T=365$ დღე;
- ბუნებრივი ნახევარწლიანი (I-V თვეები) რეალიზაციის ანსამბლი მოცულობით $T=150$ დღე;
- სამუშაო დღეების (ზაფხულის პერიოდის გარდა) წლიური რეალიზაციის ანსამბლი მოცულობით $T=223$ დღე;
- დასვენების და სადღესასწაულო დღეების (ზაფხულის პერიოდის გარდა) წლიური რეალიზაციის ანსამბლი მოცულობით $T=72$ დღე;

წყლისმოხმარების ამ თანმიმდევრული რეჟიმების წინასწარი ვიზუალური ანალიზი უჩვენებს, რომ წარმოქმნილი დროითი რიგები აშკარად ხასიათდება არასტაციონარულობით, ე.ი. პროცესის ყველა სტატისტიკური მახასიათებელი დამოკიდებულია დროზე. ამასთან, ჩვენი მიდგომის დასამტკიცებლად საჭიროა კვლევის ჩატარება ზემოთ განსზღვრული მეთოდის შესაბამისად ზემოთ მოყვანილი ლოგიკური სქემა შესაბამისად.

ანალიზის ერთიანი მეთოდის თანახმად არასტაციონარობის შემოწმების პროცესი სრულდება შემდეგი თანმიმდევრობით [7]:

პირველ რიგში სრულდება დაკვირვებისთვის აღებული რეალიზაციების შემთხვევითობისა და სტოქასტიკური (სტატისტიკური) დამოუკიდებლობის H_0 -ჰიპოთეზის შემოწმება ალტერნატიულ ჰიპოთეზასთან H_1 (H_1 -კრიტერიუმის თანახმად. ამასთან დგინდება, რომ ყველა მომდევნო დაკვირვება დადებითად ურთიერთობს მომდევნოსთან) მიმართებაში ხორციელდება ახეს კრიტერიუმის მიხედვით (ბლოკი B.I.).

მაგალითად, H_1 -ჰიპოთეზა დადასტურდა ბუნებრივი $T=150$ დღიანი რეალიზაციის ანსამბლის კვლევის დროს. აქ საანალიზოდ აღებული რეალიზაცია შესადარებლად წინასწარ იქნა გაყოფილი ორ ნაწილად: პირველი ნაწილი $-T=75$ დღე და მეორე ნაწილი $-T=75$ დღე. რეალიზაციის პირველი ნაწილისთვის მიღებულია კრიტერიუმის მაჩვენებელი ($\alpha=0.05$ სარწმუნოების დონის შესაბამისი თავისუფლების ხარისხით) $\gamma(75)=0,288 < \gamma_{\min(0.05)}=1.189$ და მეორე ნაწილისთვის - $\gamma(75)=0,795 < \gamma_{\min(0.05)}=1.189$. მოცემული კრიტერიუმის გაანგარიშების პროცედურა მოცემულია [7]-ში. ასევე იგივე შედეგები დადასტურდა ავტოკორელაციური ფუნქციის მიღებული მნიშვნელობებით ($r_1=0.51$, $r_2=0.3$).

ამგვარად, უარყოფილია ჰიპოთეზა წყლის მოხმარების ორი თანმიმდევრული პროცესის სტოქასტიკური დამოუკიდებლობის შესახებ.

აგრეთვე უნდა გაანგარიშდეს წყლის მოხმარების პროცესების გამოკვლეული კლასის რამოდენიმე სტატისტიკური მონაცემი. გათვლების შედეგები მოცემულია [7]-ში.

წყლის მოხმარების შემთხვევითი პროცესის არასტაციონარულობის დონის შესაფასებლად, $\langle F[Q(T)] \rangle$ სტატისტიკასთან (ბლოკი B.III) მიმართებაში პირველ რიგში მოწმდება ჰიპოთეზა სტატისტიკების სტაციონარულობის შესახებ დაკვირვების თანმიმდევრულ ინტერვალებში (ჰიპოთეზა საშუალო მაჩვენებლების ერთგვაროვნების შესახებ - t და r კრიტერიუმები (ცხრილი 2) და ჰიპოთეზა დისპერსიის ერთგვაროვნების შესახებ - ფიშერის F -კრიტერიუმი და კოკნერის G -კრიტერიუმი). ამ მიზნით, დაკვირვების მთლიანი ინტერვალი $(0-T)$ მოცულობის რეალიზაცია იყოფა შედარებით მოკლე ω ინტერვალებად ხანგრძლივობით T_i , (ზოგადად T_i ინტერვალების სიდიდე განსხვავებულია). როგორც მთლიანად T -მოცულობის კვლევის ქვეშ არსებული

ინტერვალის, ისე T_1 -ინტერვალის ხანგრძლივობის განსაზღვრის დროს, განხილულ შემთხვევაში გათვალისწინებულია აპრიორი მონაცემები წყლის მოხმარების ყველაზე გამოკვლევადი პროცესის ფიზიკური ხასიათის შესახებ (კვლევების ინტერვალის შემოთავაზებული დაყოფა, რომლებიც წარმოდგენილია წყლისმოხმარების რეალიზაციის ანსამბლებით მოცემულია [7]-ში).

გაანგარიშებათა შედეგები, რომლებიც ჩატარდა t და z კრიტერიუმების დახმარებით შერჩეული ინტერვალების თანახმად, მოცემულია [3]-ში (ცხრილი 2), ხოლო F და G კრიტერიუმების გაანგარიშებების შედეგები მოცემულია [3]-ში (ცხრილი 3).

δQ და δD სიდიდეების მაჩვენებლები, რომლებიც განისაზღვრება ნახაზზე მოცემული ბლოკების B.III.a და B.III.b შესაბამისად, იქნება: 3, 3 და 3, $b-\delta Q=0.027$; 4, 4.a და 4.b -სთვის - $\delta Q=0.01$; 3.3 და 3.b - თვის - $\delta D=0.29$; 4.4 და 4.b-სთვის=0.21.

კვლევებმა, რომლებიც ჩატარდა B.III.c და B.III.d ბლოკების თანახმად წარმოაჩინა $R(r)$ კორელაციური ფუნქციების ბიჯთან მიმართებაში ნელი ვარდნა, ასევეაშკარა სტატისტიკური განსხვავება აღინიშნა წყლისმოხმარების განხილული პროცესების განაწილების კანონების შეფასებებს შორის.

cxrili 1. wylismoxmarebis procesis realizaciis kvlevis qveS arsebuli ansamblebis statistikuri maxasiaTeblebi

| წყლის მოხმარების პროცესში რეალიზაციის ანსამბლის სახელწოდება | მათემატიკური მოლოდინი (საშუალო) Q(T) | დისპერსია D[Q(T)] |
|---|--|----------------------|
| 1. ბუნებრივი წლიური რეალიზაცია, T=365 | 42669 | 14944088 |
| 2. ბუნებრივი ნახევარწლიანი რეალიზაცია (ზაფხულის დღეების გამოკლებით), T=150: | | |
| a) 1-ლი ნაწილის რეალიზაცია, T=75 | 32814 | 4491564 |
| b) მე-2 ნაწილის რეალიზაცია, T=75 | 43743 | 4308137 |
| 3. სამუშაო დღეების წლიური რეალიზაცია (ზაფხულის პერიოდის გამოკლებით) T=223: | | |
| a) 1-ლი ნაწილის რეალიზაცია, T=86 | 44671 | 4923599 |
| b) მე-2 ნაწილის რეალიზაცია, T=86 | 43328 | 2404766 |
| | 44538 | 967818 |
| 4. დასვენების და სადღესასწაულო დღეების წლიური რეალიზაცია (ზაფხულის პერიოდის გარეშე), T=72: | | |
| a) 1-ლი ნაწილის რეალიზაცია, T=36 | 4405 | 3900695 |
| b) მე-2 ნაწილის რეალიზაცია, T=36 | 4364 | 4789211 |
| | 4421 | 2888465 |

ცხრილი 2. gaangariSebaTa Sedegebi t da r kriteriumebis mixedviT

| გამოკვლევითი რეალიზაციები [7] მონაცემების მიხედვით | განგარიშება t და r კრიტერიუმების მიხედვით | დასკვნა |
|--|---|--|
| 2a. T ₁ =75 2b. T ₂ =75 | როდესაც f=T ₁ +T ₂ - 2=148 t _{დაკ.} = 2,721 > t _{0,05,148} =1.96 c _{დაკ.} = 12,72 > c _{კრ} =1.96 | საშუალო მაჩვენებლების ტოლობის ჰიპოთეზა უარყოფილია ანუ საშუალო მაჩვენებლების განსხვავება არსებითია - შერჩევითი საშუალო მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან. |
| 3a. T ₁ =86 3b. T ₂ =86 (T ₁ =T ₂ =86) | როდესაც f=T ₁ +T ₂ - 2=170 t _{დაკ.} = 6,11 > t _{0,05,130} =1.96 c _{დაკ.} = 6,11 > c _{კრ} =1.96 | იგივე |
| 3a. T ₁ =223 3b. T ₂ =86 (T ₁ ≠T ₂) | როდესაც f=T ₁ +T ₂ - 2=307 t _{დაკ.} = 5,146 > t _{0,05,307} =1.96 | იგივე |
| 4a. T ₁ =72 4b. T ₂ =86 (T ₁ ≠T ₂) | როდესაც f=T ₁ +T ₂ - 2=107 t _{დაკ.} = 0,976 > t _{0,05,107} =1.98 | დასტურდება საშუალო მაჩვენებლების ტოლობის ჰიპოთეზა |
| 4a. T ₁ =36 4b. T ₂ =36 (T ₁ =T ₂ =36) | როდესაც f=T ₁ +T ₂ - 2=70 t _{დაკ.} = 1,67 > t _{0,05,70} =1.99 | იგივე |

ცხრილი 3. განგარიშება T და G კრიტერიუმების მიხედვით

| გამოკვლევითი რეალიზაციები [7]-ის მონაცემების მიხედვით | განგარიშება F და G კრიტერიუმების მიხედვით | დასკვნა |
|---|---|---------|
|---|---|---------|

| | | |
|--|--|--|
| 2a. $T_1=75$ 2 b. $T_2=75$ | როდესაც $\alpha=0.05$; $K_1=T_1-1=74$ და $K_2=T_2-1=74$ $F_{\text{დაკვ}}=1,0287 < F_{\text{კრ}}=1,46$ | განსხვავება ორ დისპერსიას შორის უმნიშვნელოა, ე.ი. სრულდება ჰიპოთეზა - H_0 : $D[Q(T_1)]=D[Q(T_2)]$ |
| 3 a. $T_1=86$ 3 b. $T_2=86$ ($T_1=T_2=86$) | როდესაც $\alpha=0.05$; $K_1=T_1-1=85$ და $K_2=T_2-1=85$ $F_{\text{დაკვ}}=2,48 < F_{\text{კრ}}=1,4$ | განსხვავება ორ დისპერსიას შორის უმნიშვნელოა, ე.ი. სრულდება ჰიპოთეზა - H_0 : $D[Q(T_1)]=D[Q(T_2)]$ |
| 3. 3 a, 3 b | $t=3$ $G_{\text{დაკვ}}=1,46 > G_{\text{კრ}}=0,43$ | ჰიპოთეზა უარყოფილია, ე.ი. შესწორებული დისპერსიები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან |
| 4 a,b | როდესაც $\alpha=0.05$; $K_1=T_1-1=35$ და $K_2=T_2-1=35$ $F_{\text{დაკვ}}=1\ 658\ 48 < F_{\text{კრ}}=1,75$ | განსხვავება ორ დისპერსიას შორის უმნიშვნელოა, ე.ი. სრულდება ჰიპოთეზა - H_0 : $D[Q(T_1)]=D[Q(T_2)]$ |
| 4. 4 a, 4 b. | $t=3$ $G_{\text{დაკვ}}=0,7054 > G_{\text{კრ}}=0,4748$ | ჰიპოთეზა უარყოფილია, ე.ი. შესწორებული დისპერსიები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან |

О јегмоТ wina TavSi aRniSnulTan erTad wyalmomaragebis sistemebSi erTiani sameurneo-teqqnologiuri operatiul sadispetCero saxis logistikuri amocanebis gadasawyvetad, adamianis mizandasaxuli moRvaweobis procesSi ekologiuri usafrTxoebis uzrunvelyofis interesebis Sesabamisad, SeiZleba gadawyvetil iqnas Semdegi amocanebi [36]:

- ekologiyuri, bunebrivi da teqnoqmedebis Sedegad Camoyalibebuli, ekologiyuri riskis mecnierulad dasabuTebul minimalur doneze SenarCuneba. es garemoeba miRweul unda iyos mimdebare garemos xarixsis regulirebiTa da dacviT, efeqturi strategiebis gamomuSavebiTa da realizaciis gziT;

***exlandeli da Semdgomi Taobebis mimarT calkeuli mavne zemoqmedebis gamoricxva da saerTod xalxis janmrTelobis SenarCunebis uzrunvelyofa.**

am amocanebis gadasawyvetad saWiroa organizaciuli, teqnikuri, ekonomikuri, normatiul-samarTlebrivi, sameniero-kvleviTi da mTeli rigi sxva RonisZiebebis Catareba. es RonisZiebebi maTi xasiaTis, Sinaarsis, Catarebis pirobebis da sxvaTa mixedviT yalibdeba da struqtuirdeba garkveuli sistemis CarCoebSi, rac ekologiyuri usafrTxoebis uzrunvelyofis Semdeg RonisZiebaTa kompleqss moicavs:

- bazuri RoniZiebaTa kompleqsi, romelTa Sesruleba ganpirobebis garkveul doneze SevinarCunoT meTodebi, saSulaebebi, ekologiyuri usafrTxoebis uzrunvelyofis organizacia da saerTod sworad ganisazRvros usafrTxoebis da ekologis TvalsazrisiT teritoriul-sameurneo struqtirebis socialur-ekonomikuri ganviTareba;
- preventuli, regularuli da operatiuli RonisZiebebi, romelTa Catareba uzrunvelyofs ekologiyuri mdgomareobis normalizaciasa da SenarCunebas ekologiyuri riskis miRebuli donis Sesabamisad.

aRniSnuli RonisZiebebis pirvel kompleqss Tavis mxriv aerTianebs iseT RonisZiebebs rogoricaa:

- yvela saxis anrtopogenuri zemoqmedebisa da dtvirTvis ekologiyuri normirebis RonisZiebebi, romlebic vrceldeba biosferos obieqtbze ekologiyuri riskebis misaRebi doneis dasabuTebiT;
- ekologiyuri usafrTxoebis uzrunvelyofis dargSi normatiul-samarTlebrivi bazisa da Tanamedrove doneze samecniero codnis RonisZiebebis damuSaveba;
- sameurneo moRvaweois sferoSi licenzirebisa da ekologiyuri eqspertizis RonisZiebebi;

***samecniero kvlevebis Catareba ekologiyuri usafrTxoebis xaziT ekonomikuri da socialuri aspektebis CarTviT.**

*** samecniero moRvaweoebis mimarTulebiT ekologiyuri usafrTxoebis programebis damuSaveba qveynis samrewvelo raionebisa da sxva sameurneo-teritorialur struqtirebis socialur-ekonomikuri ganviTarebis TvalsazrisiT;**

*** mosaxleobis da profesili muSakebis ekologiyuri momzadeba ekologiyuri usafrTxoebis riskebis mixedviT da agreTve ekologiyuri uzrunvelyofis aucilebeli RonisZiebaTa Sesaxeb.**

RonisZiebaTa meore kompleksi Tavis msxriv moicavs iseT RonisZiebebs rogoricaa:

- yvela saxis ekologiuri usafTxoebisa da riskis Sefasebis, analizisa da identifikaciis RonisZiebebi globaluri komponentebis CaTvliT (ekologiuri riski ozonis Sris darRveva, biomravalfervnebis kargva da sxva);
- kompleksuri ekologiuri monitoringis organizaciisa da ganxorcielebis RonisZiebebi transsasazRvro transregionaluri mavne zemoqmedebebis gaTvaliswinebiT;
- bunebisdacviTi RonisZiebebi da agreTve is RonisZiebebi, romelic Seexeba mimdebare garemos xarisxis aRdgenas da ekologiuri riskis marTvas organizaciul-teqnikuri, ekonomikuri, samarTlebrivi da sxva meqanizmebis gamoyenebiT;
- samrewvelo da sameurneo-sayofacxovrebo narCenebis Sekrebis, Camarxvis, utilizaciis organizaciul teqnikuri RonisZiebebi, agerTve sasmeli da samrewvelo wyalmomargebisTvis wylis gawmenda, Camdinare wylebis gawmenda da a.S.;
- adamianTa normaluri sicocxlisunarianobisa da janmrTelobis SenarCunebis RonisZiebebi, agreTve calkeuli zemoqmedebibis gamoricxva axlandeli da momavali TaobebisaTvis antropognuri zemoqmedebis da datvirTvis pirobebSi, agreTve ekologiuri arasasurvelobisa da siRatakis gaTvaliswinebiT;
- ekologiuri, bunebrivi da teqnogenuri xasiaTis sagangebo ekologiur da sxva eqstremalur situciebSi ekologiuri mdgomareobis normalizaciis RonisZiebebi, agreTve ekositemebSi mimdinare bunebrvi procesebis TviTrgulirebisa da harmonizaciis aRdgenis RonisZiebebi;

aRsaniSnavia, rom CamoTvliili RonisZiebebidan rigi RonisZiebebis atarebs preventulxasiaTs da maTi Catareba aucilebelia im miznT raTa Tavidan acilebul iyos ekologiuri mdgomareobis gauaresebis SesaZlebloba da SenarCunebul iqnas maTi maxasiaTebeli parametrebi dasaSveb mniSvnelobebSi. sxva RonisZiebebis gatareba gaTvaliswinebulia regularulad (mudmiv safuZvelze, garkveuli periodulobiT, operatiuli rigiT), rogorc sapasuxo reaqcia ekologiuri garemos mimdinare cvlilebebze. magram unda aRiniSnos, rom aseTi dayofa rig SemTxvevebSi atarebs pirobiT xasaTs. saqme imaSia, rom zogierTi RonisZieba amave dros preventulia da atarebs ormag xasiaTs, xolo rigi RonisZiebebisa erTdroulad miCneulia regularobisa da operatiulobis niSniT.

Pprevenciuli RonisZiebebis magaliTs warmoadgens organisacia da ekologiuri monitoringis ganxorcieleba im raionebSi, romelmac gamoiwvia garkveuli xifaTi ekologiuri mdgomareobis gauaresebis azriT. amasTan erTad unda aRiniSnos, rom xSir semTxvevebSi ekologiuri 30onitoring organizdeba regularul safuZvelze.

Operatiuls miekuTvneba bunebsdacviTi da sxva RonisZiebebi, romlebic vlindeba avariuli antropogenuri zemoqmedebis Sedegad. Amasve ganekuTvneba is RonisZiebebi, romlebic sagangebo situaciebSi ekologiuri riskis SemcirebasTanaa dakavSirebuli [36].

D qasasruls unda aRiniSnos, rom ekologiuri usafrTxoebis uzrunvelyofis moqmedebaTa da RonisZiebaTa sistemis Seqmna Tanamedrove pirobebSi SeiZleba sasargeblo iyos qveynis socialur-ekonomikuri mdgradi ganviTarebis, agreTve avariebis likvidaciis im normatiul-samarTlebrivi aspeqtების TvalsazrisiT, rodesac ekologiuri usafrTxoebis mdgomareoba klasificirdeba krizisuli an katastrofuli kategoriis saxiT.

qvemoTmoyvanilia wyalmomaragebis sistemebis operatiul-sadispetCero marTvis procsSi maTematikuri modelirebis midgomis gamoyenebis winapirobebi da zogadi principebi.

adamiani uxsovari droidan cdilobda rTuli procesebisa da movlenebis Seswavlas, cdilobda da aviTarebda axali nagebobebis konstruirebs da a.S; risTvisac iyenebda fizikuri da analogiuri saxis modelebs [2]. modeli am SemTxvevaSi adamianis warmodgeniT Sedgenili materialuri obieqtia, romelic SemecnebiTi Seswavlis procesebSi enacvleba sakvlev obieqt-originals da romelic ZiriTadad inarCunebs Tavis zogierT aucilebel tipur Tvisebas.

ufro metic, zogierTi obieqti ar SeiZleba Seswavlil iqnas uSualo saxiT, mag, qveynis ekonomikis eqsperimentebi SemecnebiTi miznebiT; principulad ganuxorcielebelia eqperimentebi warsulze anda, vTqvaT, mzis sistemis planetebze da a. S.

meore mxriv, modelis, aranakleb mniSvnelovani daniSnuleba imaSi mdgomareobs, rom misi saSualebiT vlindeba obieqtis yvelaze arsebiTi faqtorebi, romlebic ayalibebs obieqtis ama Tu im Tvisebas, ramdenadac TviTon modeli asaxavs Tavdapirveli obieqtis mxolod zogierT ZiriTad maxasiaTebels.

modeli aseve izleva obieqtis sworad marTvis saSualebas, gamocdis ra marTvis sxvadasxva variantebs am obieqtis modelze. am mizniT eqsperimentireba realur obieqtze, ukeTes SemTxvevaSi, uxerxulia, xolo xandaxan-mavne, anda saerTod, SeuZlebeli mTeli rigi mizezebis gamo (eqperimentis didi xangrZlivoba, obieqtis moyvana arasasurvel an Seuqcevad mdgomareobaSi da a. S.).

Tu kvlevis obieqts aqvs dinamikuri maxasiaTeblebi, e. i. droze damokidebuli maxasiaTeblebi, gansakuTrebul mniSvnelobas izens aseTi obieqtis sxvadasxva faqtorebis zemoqmedebiT gamowveuli mdgomareobis dinamikis prognozirebis amocana. am amocanis gadawyvetisas, aseve, fasdaudebeli daxmareba SeiZleba gagviwios modelebis gamoyenebam.

amgvarad, SeiZleba SevajamoT da vTqvaT: modeli saWiroa imisTvis, rom [13]:

- gavigoT, rogoraa mowyobili konkretuli obieqti misTvis maxasiaTebeli teqnologiuri procesiT-rogoria misi struqtura, ZiriTadi Tvissebebi, ganviTarebisa da garemomcvel samyarosTan urTierTobis kanonebi;
- viswavloT obieqtis (procesis) marTva da ganvsazRvroT marTvis saukeTeso xerxebi mocemuli miznebisa da kriteriუმebis daSvebisas.
- movaxdinoT mocemuli xerxebis realizaciisa da obieqtze zemoqmedebis formebs pirdapiri da iribi Sedegebis prognozireba.

kargad agebul models gasaocari Tvisseba aqvs: misi Seswavla raRac axal codnas iZleva original obieqtze. es, ra Tqma unda, Zalian mniSvnelovani Tvissebaa, romelic metad mimzidvelia maTTvis, vinc dakavebulia modelebis SeswavliT.

modelis agebis process modelireba ewodeba. arsebobs modelirebis ramdenime xerxi, romlebic, pirobiTad, SeiZleba gavaerTianoT or did jgufad: materialuri (sagnobrivi) da idealuri modelireba. materialur modelirebas ganekuTvneba modelirebis iseTi xerxebi, romelTa drosac kvleva mimdinareobs iseT modelze, romelic imeorebs Sesaswavli obieqtis ZiriTad geometriul, fizikur, dinamikur da funqciur maxasiaTeblebs [14].

materialuri modelirebis ZiriTadi saxeobebia fizikuri da analoguri modelireba.

fizikur modelirebad iwodeba modelireba, romlis drosac realur obieqts upirispirdeba misi gadidebuli an dapataravebuli asli, romelic iZleva kvlevis (rogorc wesi, laboratoris pirobebSi) nebas Sesaswavli procesebisa da movlenebis Semdgomi gadataniT modelidan obieqtze msgavsebis Teoriaze dayrdnobiT. fizikuri modelis: ramdenime magaliTia: astronomiaSi-planetariumi, hidroteqnikaSi-wyliani lotebi, rogorc mdinareebisa da wyalsacavebis modelebi, arqiteqturaSi-Senobebis maketebi, TviTmfrinavT mSeneblobaSi - mfrinavi aparatebis modelebi daa. S.

analoguri modelireba efuZneba sxvadasxva fizikuri bunebis, magram, formalurad, erTnairad aRwerili (erTi da imave maTematikuri gantolebebiT, logikuri sqemebiT da a.S.) procesebisa da movlenebis analogias. amis yvelaze martivi magaliTia-meqanikuri rxevebis Seswavla imave diferencialuri gantolebebiT aRwerili eleqtruli sqemiT.

SevniSnavT, rom materialuri modelirebis orive tipis SemTxvevaSi modelebi warmoadgendnen Tavdapirveli obieqtis materialur gamosaxulebas da dakavSirebulni iyvnen masTan Taviant geometriuli, fizikuri da sxva maxasiaTeblebiT. Tanac, kvlevis procesi mWidrod ukavSirdeboda materialur zemoqmedebas, e.i. xdeboda bunebrivi eqsperimenti. amgvarad, sagnobrivi modelireba, Tavisi bunebiT, eqsperimentuli meTodia.

sagnobrivi modelirebisgan principulad gansxvavdeba idealuri modelireba, romelic emyareba obieqtisa da modelis ara materialur analogias, aramed-idealur, moazrebul analogias.

idealuri modelireba atarebs Teoriul xasiaTs.ganasxvaveben intuiciur da niSnobriv idealurmodelirebas.

intuiciurSi igulisxmeba gamosakvlevi obieqtis intuiciur warmodgenaze, damyarebuli modelireba, romelic ar emorCileba formalizacias an ar sWirdeba is. magaliTad, SeiZleba moviyvanoT yoveli adamianis cxovrebiseuli gamocdileba.

niSnobrivad iwodeba modelireba, romelic iyenebs modelad ama Tu im saxis niSnobriv gardaqmnebs: sqemebs, grafikebs, naxazebs, formulebs, simboloebis anakrebebs da a.S., aseve, moicavs im kanonTa erTobliobas, romlebiTac SesaZlebelia arCeuli niSnobrivi gardaqmnebiTa da maTi elementebiT operireba.

niSnobrivi modelirebis umniSvnelovanes saxeobad iTvleba maTematikuri modelireba, romlis drosac obieqtis gamokvleva xorcieldeba maTematikis enaze formulirebuli modeliT da ama Tu im maTematikuri meTodis gamoyenebiT. maTematikuri modelirebis klasikur magaliTad iTvleba maTematikis saSualebiT niutonis meqanikis ZiriTadi kanonebis aRwera da kvleva.

saidan Cndeba modelebi-ra Tqma unda, amaze erTmniSvnelovani pasuxi ar arsebobs. Cven mecnierebasa da praqtikas modelebiT vukavSirdebiT. aq SevCerdebiT or wyaroze, romlebic mudmivad asazrdoveben mecnierebasa da praqtikas modelebiT.

erTi wuTiT warmovidginoT, rom araferi viciT Tanabarsworxazovni moZraobis Tvisebebis Sesaxeb; fizikis yvela formula daviwyebulia da ai, am rTul situaciaSi gaCnda qvemoT mocemuli amocanis amoxsnis aucilebloba.

gadavideT sakiTxis gadawyvetaze. vmsjelobT Semdegnairad: ueWvelia, rom S gavlili gza damokidebulia v siCqareze da t moZraobis droze. $S = f(v, t)$. Tu moxerxeboda f funqciis saxis gansazRvra, es iqneboda maTematikuri modeli, romelic aRwerda Tanabarsworxazovani moZraobis mniSvnelovan Tvisebas. rogor gavakeToT es?

eWvs ar iwvevs, rom, rac ufro didia v mniSvneloba, miT ufro didia S (fiqsirebuli t-s pirobebSi) da rac ufro didia t-s mniSvneloba, miT ufro didia S (fiqsirebuli v -s pirobebSi). ioli gasaazrebelia, rom CamoTvliil pirobebs akmayofilebs Semdegi saxis f funqcia:

$$f(v, t) = VmTn, \quad m > 0, n > 0. \quad (1)$$

m da n ise unda SeirCes, rom isini Seesabamebodes qveiT mgzavrze dakvirvebis Sedegebs. aviRoT, mag. m = 1 da n = 3. es, formula(1)-Tan erTad, hipotezaa, romelsac

vayenebT. davakvirdebiT qveiT mgzavrs ramdenime xnis ganmavlobaSi. dakvirveba unda gagrZeldes 10 wuTi $t = 0$ – dan $t = 10$ - mde; grafikze, erTi wuTis intervalebiT gamoisaxeba gavlili gzis sidide-faqtobrivi da saangariSo. SevararT Sedegebi. gasagebia, rom saangariSo mrudi Zalian cicabod adis maRla da cudad Seesabameba dakvirvebis Sedegebs. es niSnavs, rom miRebuli hipoTeza cudia. mis gasaumjobesebladan m unda gavadidoT, an n unda SevamciroT. aviRoT, vTqvaT, $n = 2$ da gavimeoroT faqtobrivi da saangariSo sidideebis Sedareba. isev cudi Sesabamisobaa. SeiZleba gavagrZeloT m-is dan-is SerCeva ”cdebisa da Secdomebis” aseTi meTodiT, anda SeiZleba am sidideebis Zebna daviyvanoT garkveuli maTematikuri amocanis amoxsnaze, kerZod:

S-iT aRvniSnoT qveiTi mgzavris miert droSi gavlili gza. maSin, Tu amovxsniT amocanas

$$\min_{m, n} \{S - V_m T_n\},$$

e.i. figurul frCxilebSi mocemuli gamosaxulebis minimumis povniTa da m-isa da n-is mniSvnelobad im sidideebis aRebiT, romelzec miiRweva es minimumi, napovni iqneba saZebni funqcia.

es Sedareba saWiroa imisTvis, rom davrwmundeT modelis adekvaturobaSi sandod miviCnioT modelur gaangariSeba, raTa gamoviyenoT is.

Tu aRmoCndeba, rom angariSis Sedegebs araferi saerTo aqvT realur sinamdvilesTan, unda davubrundeT modelis agebas- SeiZleba mas gaumjobeseba sWirdeba.

aseve, SesaZlebelia Secdomebis daSveba algoriTmSi daan eleqtronuli gamomTvleli manqanisprogramaSi. aseTi ganmeorebiTi daTvalierebebi grZeldeba manam, sanam gaangariSebis Sedegebi ar daakmayofilebs mkvlevars. amis Semdeg modeli mzadaa gamosayeneblad.

amgvarad, kompiuters, arc maTematikur models, arc misi kvlevis algoriTms cal-calke ar SeuZliaT amoxsnan es rTuli sawyisi amocana, magram erTad isini warmoadgenen im Zalas, romelic saSualebas iZleva, SevicnoT garemomcveli samyaro da vmarToT is adamianTa interesebis Sesabamisad.

sayuradReboa agreTve deskripciuili da imitaiuri modelirebis midgomis arsis daxasiaTeba, romelic moyvanilia winamdebare TavSi:

deskripciuili modeli momdinareobs inglisuri sityvidan ”description”, rac niSnavs ”aRweras”. am klasis maTematikuri modelebi, rogorc es saxelwodebidanac gamomdinareobs, gankuTvnilia sxvadsxva procesebis aRsawerad. mniSvnelovania imis aRniSvna, rom es procesebi ganekuTvneba codnis sxvadasxvagvar dargebs, rogorc zemoT iyo naTqvami-

svadasxva "kvlebs", xolo maTi maTematikuri aRweriloba erTi klasisaa, amitom aqac da Semdgom TavebSic moyvanilia magaliTebi codnis svadasxva sferodan [10].

disertaciaSi ganxilulia momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis procesis aRwera swored deskripciuili modelebis safuZvelzea agebuli.

zemoT aRvniSneT, rom "maTematikizaciis" done svadasxva mecnierebaSi svadasxvaa. amas mravali mizezi aqvs-mecnierebis specifika, masSi maTematikis meTodebis gamoyenebis dro da a.S. am mxriv erT-erT winwasul mecnierebad iTvleba Teoriuli meqnika, sadac maTematika warmatebulad gamoiyeneba ukve ramdenime aseuli welia.

imitaciuri modelirebis midgoma. yvela aqamde ganxilul models gaaCnda Zalian mniSvnelovani saerTo maxasiaTeblebi. yoveli samodelo situaciisTvis cnobili iyo mizani (anda ramdenime mizani), romlis miRwevac iTvleboda sasurvelad. magram yvela situacia aseTi araa. gansakuTrebiT mravladaa isini gamoyenebiTi kvlevis Tanamedrove etapze, roca saqme gvaqvs rTul sistemebTan, romlebSic ara marto Cndeba miznobrivi funqciebis simravle, aramed mTlad garkveulic ar aris am funqciis raodenobrivi gamosaxuleba. aq SeiZleba, saerTod, laparakia ara imdenad optimizaciuri amocanebis gadawyvetaze (Tumca esec aris), ramdenadac rTuli sistemebis gamokvlevaze, maTi momavali mdgomareobis prognozirebaze marTvis SerCeul strategiasTan mimarTebiT.

praqtikam daJinebiT moiTxova rTuli sistemebis kvleva. am mizniT gamoyenebad models ewoda "imitaciuri modelireba", rac warmoadgens sityvasityviT Targmans inglisuri gamoTqmisa "Simulation Modeling".rogorc iolad vrwundebiT, Targmani arcTu kargadaa Sesrulebuli, radganac garkveulwilad tavitologiuria. miuxedavad amisa, termini "imitaciuri modelireba" ukve ise farTodaa gavrclebuli, rom naklebad savaraudoa, cvlileba ganicados. vecdebiT, ukeT gavigoT, ra igulisxmeba am terminiT.

davaxasiaToT "imitaciuri modelirebis" saerTo Tvisebebi.

"imitaciuri modelirebis" arsi mdgomareobs imaSi, rom rTuli sistemebis fuqcionirebis procesi warmodgenilia garkveuli algoritmis saxiT, romelic realizdeba kompiuterze. realizaciis Sedegebis mixedviT SeiZleba gamotanil iqnas esa Tu is daskvna sawyis procesze.

sanam gadavidodeT "imitaciuri modelirebis" aRweraze, vecadoT, mokled SevajamoT is ZiriTadi principebi, romlebic safuZvlad udevs maTematikuri modelebis agebas, gavmijnoT maTematikuri modelirebisa nakli da upiratesobebi.

daviwoT ori zogadi saxis SeniSvniT. yvela rTuli sistema, romlis modelsac Cven vqmniT, Tavisi fuqcionirebisas eqvemdebareba garkveul kanonebs-fizikurs, qimiurs, biologurs da sxv. amasTan, sruliad SesaZlebelia (es aucileblad unda aRiniSnos), rom

CvenTvis yvela es kanoni arcTu cnobilia. SemdgomSi ganixileba iseTi sistemebi, romlebisTvisac kanonebis codna gvTavazobs cnobil raodenobriv Tanafardobas, romelic samodelo sistemis ama Tu im maxasiaTebels akavSirebs.

yvela saxis modeli iqmneba erTi mizniT-gaeces pasuxi garkveuli raodenobis kiTxvebs samodelo obieqtis orgvliv. sxvanairad rom vTqvaT, vinteresdebiT ra garkveuli sistemis funqcionirebasTan dakavSirebuli kiTxvebis nakrebiT, mas unda miudget sruliad garkveuli "xedvis kuTxiT". es arCeuli "xedvis kuTxe" gansazRvravs kidec modelis SerCevas.

am erTob zogadi SeniSvnebis Semdeg gadavideT rTuli sistemebis maTematikuri modelis agebis aRwerilobaze, rac SeiZleba warmovadginot, Semdeg etapebad:

* amovayaliboT sistemis qcevis is ZiriTadi kiTxvebi, romlebzec pasuxi unda miviRoT modelis saSualebiT;

* sistemis qcevis marTvis mravali kanonidan gaviTvaliswinoT isini, romelTa gavlenac arsebiTia dasmul kiTxvebze pasuxebis Zebnisas (aq vlindeba modelioris xelovneba).

am kanonebze dayrdnobiT, Tu saWiroa sistemis an misi calkeuli nawilebisTvis, iqmneba funqcionirebis garkveuli hipoTezebi. rogorc wesi, es hipoTezebi samarTliani Cans im gagebiT, rom SeiZleba moyvanil iqnas Teoriuli mtkicebulebebi maT sasargeblod (aq vlindeba rogorc modelior-specialistis, ise samodelo sistemis funqcionirebis aRweris xelovneba).

hipoTezebi, iseve, rogorc kanonebi, gamoisaxeba garkveuli maTematikuri fardobiT, romlebic erTiandebian modelis garkveul aRweraSi [10].

amiT mTavrdeba kidec maTematikuri modelis agebis procesi. amas Semdeg moyveba am proporciebis kvleva analitikuri an gamoTvliTi meTodebis saSualebiT, rasac sablood miyvarT modelisaTvis wayenebul kiTxvebze pasuxis moZebnamde. Tu modeli kargia, misi saSualebiT napovni pasuxebi, rogorc wesi, Zalian axlosaa pasuxebTan imave kiTxvebze samodelo sistemis Sesaxeb gacemul pasuxebTan, ufro metic, am SemTxvevaSi, nawilobrivi, modelis daxmarebiT, xerxdeba pasuxis gacema zogierT manamde dausmel kiTxvebze, aseve, realur sistemaze warmodgenas farTovdeba. Tu modeli cudia, e. i. arasakmarisad adekvaturad aRwers sistemas misTvis dasmuli kiTxvebis TvalsazrisiT, is eqvemdebareba gaumjobesebas an Secvlas. adekvaturobis kriteriumia praqtika, romelic adgens, rodic SeiZleba damTavrdes modelis gaumjobesebis procesi. cxadia, es kriteriumebi araa formulirebuli da yovel konkretul SemTxvevaSi specialur kvlevas moiTxovs.

ra aris am meTodis nakli da Rirseba? cxadia, Rirsebad unda CaiTvalos is faqti, rom modeli aris formalizebuli Canaweri bunebis ama Tu im kanonisa, romlebic marTavs sistemis

funcionirebas aseve, hipoTezebisa, romelTa namdviloba yoveli SemTxvevisTvis SeiZleba gaxdes calke ganxilvis sagani. obieqtis Sesaxeb Sinaarsiani gamonaTqvamebis daskvna SeiZleba iyos maTematikurad mkacrad daxvewili an es daskvna gamotanili iyos formalizebuli upi robo mtkicebebis (aqsiomebis) Zalian SezRuduli ricxvidan. zustad aseTi daxvewilobis mqonea evklides geometriis Teoremebi, Teoriuli meqanikis modelebi da bevri sxva, romlebic ukve klasikis kuTvnilibaa.

Tumca, miuxedavad mTeli am mimzidvelobisa, aRweril meTods dReisTvis Sesaswavli rTuli sistemebSi gamoyenebisas aqvs garkveuli uaryofiti mxareebi, romlebsac axla CamovTvlit:

upirvels yovlisa, garkveuli siZneleebi SeiZleba gaCndes maTematikuri modelis agebisas rTuli sistemisTvis, romelic Seicavs mraval kavSirs elementebS Soris, mravalgvar araxazovan SezRudvebs, parametrebis did ricxvs da a. S. ufro sworad, modelis proporciebis gamoyvana xerxdeba im SemTxvevasic ki, roca mocemul momentSi kvlevisTvis saWiro maTematikuri aparatis ararseboba sruliad usargeblos xdis mas (models). SesaZloa jer kidev ar aris samodelo sistemisTvis SemuSavebuli mwyobri Teoria, romelic axsnida misi funcionirebis yvela aspeqtis, rac aZnelebs ama Tu im namdvilis msgavsi hipoTezis formulirebas. aseve, realuri sistemebi nawilobrivad, eqceva sxvadasxva SemTxveviTi faqtorebis gavlenis qveS, da am faqtorebis aRricxva analitikurad dakavSirebulia did, zogjer gadaulaxav (maTi raodenobidan gamomdinare) siZneleebTan. da bolos, aseTi midgomis dros modelis da originalis Sepirispirebis SesaZlebloba arsebobs mxolod dasawyisSi (miRebuli gadawyvetilebebis Semowmeba) da Sesabamisi maTematikuri aparatis gamoyenebis Semdeg, ramdenadac Sualeduri gaangariSebis Sedegebs SeiZleba ar gaaCndeT Sesabamisi analogebi realur sistemaSi, es garemoeba gansakuTrebulad aZnelebs modelis verifikacias.

yvela CamoTvli ma siZnelem, gansakuTrebit pirvelma orma, romlebic sistematurad Cndeba rTuli sistemebis Seswavlisa, gvaiZula gveZebna da gvepova modelirebis ufro moqnili meTodi-imitaciuri modelireba. am meTodis safuZvelSi devs sruliad gasagebi idea-maqsimalurad iqnas gamoyenebuli mkvlevris xelT arsebuli yvela informacia sistemis Sesaxeb, raTa SesaZlebeli gaxdes analitikuri siZneleebis gadalaxva da.

pasuxi gaeces samodelo sistemis Sesaxeb kiTxvebs.

imitaciuri modelirebis danarTebis are ganisazRvreb, erTi mxriv, Sesaswavli obieqtis specifikiT-es rTuli sistema unda iyos, da meore mxriv-am obieqtze arsebuli CvenTvis saintereso kiTxvebis specifikiT, Tu es kiTxvebi ganekuTvneba ara realuri sistemis dinamikis ganmsazRvrel fundamentur kanonebsa da mizezebs, aramed sistemis qcevis analizs, romelic

Sesrulebulia, rogorc wesi, praqtikuli miznebiT, maSin misi gamoyeneba Zalian sasurvelia [10].

mivyveT etapobrivad, rogor realizdeba es axali meTodi, raTa ukeT gavigoT misi gansxvaveba zemoaRwerili klasikuri maTematikuri modelisgan. aqac, rogorc rTuli samodelo sistemis qcevis Sesaxeb, ganisazRvreba ZiriTadi kiTxvebi, romlebzec gvinda pasuxis miReba. bevri am kiTxvaTagani saSualebas gvaZlevs, davadginoT sistemis damaxasiaTebeli mravali parametric-mdgomareobis veqtori (aq, garda modelioris xelovnebis, moiTxoveba realuri samodelo sistemis Rrma codna).

am mizniT xorcieldeba sistemis dekompozicia (dayofa) ufro martiv nawilebad-blokebad. erT blokSi erTiandeba saerTo niSnis mqone `komponentebi~, e.i. msgavsi wesebis mixedviT gardaqmnadi komponentebi mdgomareobis veqtorisa da maTi gardamqmneli procesebi (moiTxoveba realuri samodelo sistemis Rrma codna). formulirdeba kanonebi da "marTals mimsgavsebuli" hipoTezebi rogorc mTeli sistemis, ise misi calkeuli nawilebis qcevis Sesaxeb. amasTan, mniSvnelovania imis aRniSvna, rom yovel blokis aRwerisas masSi SeiZleba gamoyenebul iqnas sakuTari, blokisTvis yvelaze mosaxerxebeli maTematikuri aparati (algebruli diferencialuri gantolebebi, maTematikuri programireba da a. S.). zustad es blokuri principi gvaZlevs saSualebas, imitaciuri modelis agebiT davadginoT aucilebeli saWiro proporciebi yovel blokis aRweris sizustes, misi informaciiT uzrunvelyofasa da modelirebis miznis miRwevis aucileblobas Soris.

mkvlevarTa winaSe dasmulu amocanebisda mixedviT SemoRebulia e. w. "sistemuri dro", romelic axdens drois msvlelobis modelirebas realur sistemaSi.

formalizebuli saxiT mocemulia sistemis da misi calkeuli nawilebis fenomenaluri Tvisebebi. arc Tu iSviaTad, es Tvisebebi SeiZleba saerTod ar iyos dasabuTebuli codnis Tanamedrove donis pirobebSi da eyrdnobodes sistemaze xangrZliv dakvirvebas. zogjer ki, CvenTvis saintereso kiTxvebze pasuxis miRebis TvalsazrisiT, fenomenaluri Tviseba ekvivalenturia mravali rTuli maTematikuri proporciisa da wamatebiT cvlis maT (am punktSi moiTxoveba samodelo sistemis Rrma codna, Tu, ra Tqma unda, gvinda miviRoT maRali xarisxis modeli, adekvaturi realuri obieqtis mimarT).

SemTxveviT parametrebs, romlebic figurirebs modelSi, Seexameba zogierTi maTi realizaciebi, romlebic SenarCundeba sistemuri drois erT an ramdenime taqtSi. Semdgom iZebneba axali realizaciebi.

ramdenadac zemoT CamoTvili etapebis ganxorcieleba yvelaze iolia kompiuteris daxmarebiT, imitaciur samodelo sistemaSi (imitaciuri sistema), Cveulebriv, esmiT kompiuteris daxmarebiT programebis kompleksis gamoyeneba, romelic aRwers sistemis

calkeuli blokebis funqcionirebas da maTi urTierTqmedebis wesebs. SemTxveviTi sidideebis realizaciebis gamoyeneba aucilebels xdis eqserimentis mravaljerad Catarebas imitaciur sistemasTan (angariSi kompiuterze Sesabamisi programebiT) da miRebuli Sedegebis Semdgom statistikur analizs [10].

aRsaniSnavia agreTve Semdegi: cnobilia, rom dReisaTvis sityvebi "maTematikuri modeli" TiTqmis sinonimuria sxvadasxvagvari sistemebis, procesebis, movlenebis modelebisa. Tu maTematikuri modelis traektoria, Tundac odnav, hgavs realuri sistemis traektorias, maTematikaSi kargad gaucnobierebel gamoyenebiTi dargis mraval specialists uCndeba survili, dauyovnebliv gamoiyenos es modeli praqtikuli miznebisTvis (aseTi swrafva aranakleb saSiSia, vidre saerTod modelirebis ignorireba. amitom Zalian mniSvnelovania, rom modeli realur sistemasTan axlos iyos ara marto xarixobrivad, aramed raodenobrivadac. realuri sistemis qcevis sakmaod Rrma codnisa da modelis fenomenologiur informaciaze swori warmodgenisas imitaciuri modelebi xasiaTdeba, realur sistemasTan ufro didi siaxloviT, vidre maTematikuri modeli. didwilad es siaxlove ganpirobebulia imiT, rom imitaciuri modelebis agebis blokuri principi (gaxleCis principi) iZleva TiToeuli blokis verificirebis saSualebas mis sarTo modelSi CarTvamde, aseve, imis wyalobiT, rom mas SeuZlia CarTos ufro rTuli xasiaTis damokidebulebebi, romlebic ar aRiwereba ubralo maTematikur gamosaxulebaTa TanafardobaSi.

saimitacio sistemaze muSaoba eqsperimentia, romelic ganxorcielebulia kompiuteris daxmarebiT da bevri ramiT is enaTesaveba fizikur eqsperiments. am eqsperimentisas varirebs egzogenuri cvladebi, modelis parametrebi, srulyofili xdeba misi struqtura da sistemis calkeuli nawilebis qcevaze daSvebuli hipoTezebi. muSaobis aseTi specifikiT saimitacio sistema, Cveulebriv, kiTxvebze pasuxs mxolod statistikuri Tvalsazrit iZleva, rac aucileblobad unda iqnes miCneuli rTul sistemasTan muSaobis procesSi da aseve, miCneuli iqnas saqmis arsTan ufro Sesafarisadac.

amgvarad, saimitacio sistemis CamoTvlili Rirsebebi bevrad ganapirobebs missave naklovanebebs. rogorc wesi, saimitacio sistemis ageba ufro xangrZlivi, ufro Zneli da ufro Zviria, vidre maTematikuri modelisa. saimitacio modelirebis es minusebi uaresdeba imiT, rom saimitacio sistemasTan muSaobisas aucilebelia klasSi kompiuteris gamoyeneba, radgan Sedegebis miReba, xSirad SeuZlebelia analitikuri gziT.

SeiZleba daibados kiTxva: "xom ar cvlis saimitacio modelireba optimizaciis meTodebs?" pasuxi sruliad calsaxaa: "ara, ar cvlis, magram warmatebiT srulyofs maT". ganvmartoT, rogor xdeba es sinTezi.

rogorc aRvniSneT, saimitacio modeli SeiZleba warmovidginoT, rogorc programa, romelic axdens kompiuterze romeliRac algoriTmis realizebas. misi muSaobis ramdenime taqtze gamoiyeneba parametrebi, romlebic arCeulia gadawyvetilebaTa mimRebi piris mier e.w. mmarrTveli zemoqmedebebi. aq mmarrTveli zemoqmedebebis gaTvaliswinebiT arCeva xdeba garkveuli simravliდან da Cveulebriv, gaaCnia arCevanis xarixsis kriteriumi, e. i. funqcia, romlis optimizebac unda moxdes. maSin, sanam mmarrTveli zemoqmedebes Seviyvant saimitacio modelSi, vwyvetT maTi moZebnis optimizaciis amocanas da mxolod amis Semdeg Seiyvaneba, napovni optimizaciis mniSvnelobebi saimitacio modelSi. am SemTxvevaSi imitacia saSualebas gvaZlevs, sistemis gamoxmaurebis modelireba Catardes misTvis optimalur (garkveuli azriT) marTvaze. SeiZleba optimizaciasa da imitacias Soris iyos sxvagvari kavSiric. Tu mmarrTveli zemoqmedebebis umravlesoba arc Tu ise mdidaria, SesaZlebeli xdeba saimitacio sistemaSi garkveuli sizustiT yvela maTganis mosinjva. imitaciis Sedegi, aseT SemTxvevaSi, saSualebas gvaZlevs, CavataroT mmarrTveli zemoqmedebebis Sefaseba, ukuvagdoT aRiarebuli uaryofiT Sedegebi, xarixsis mixedviT da movawesrigoT danarCenebi. am SemTxvevaSic saimitacio sistema asrulebs laboratoriiis rols, romelSic analizdeba zogierTi teqnologia-nawili daiwuneba, nawili darCeba Semdgomi gamoyenebisTvis.

rogorc ukve aRvniSneT, saimitacio modeli, Cveulebriv, iqmneba ama Tu im praqtikuli problemis gadasawrelad. saqme isaa, rom problemis gaCenidan saimitacio modelis dasrulebis momentamde gadis sakmaod didi dro, romlis ganmavlobaSic xalxis mniSvnelovani raodenoba (Cveulebriv-specialistebi, ara maTematikosebi) muSaoben am problemaze, cdiloben ra mis gadaWras mxolod tradiciuli meTodebiT ise, rom ar iyeneben saimitacio modelirebis meTodebs. arcTu iSviaTad isini axerxeben garkveuli Sedegebis miRebas (zogjer mniSvnelovanisac) da yovelTvis uCndebaT mtkice rwmena imisa, rom problemis arsSi gacilebiT ukeT erkvevian, vidre maTematikosebi, romlebic dakavebulni arian saimitacio modelis SeqmniT. amgvarad, Tu ar iqna miRebuli specialuri zomebi, SeiZleba warmoiSvas aseTi situacia: modeli mzadaa, misi gamoyeneba SeiZleba praqtikul saqmianobaSi, magram es unda ganaxorcielos xalxma, romelsac ar SeuZlia, profesiulad Seafasos misi Rirsebebi an naklovanebebi, romelic eWviT uyurebs im faqts, rom maTematikosebma SeZles realobis yvela im niSnis saWiro sizustiT asaxva modelSi, romelic aucilebelia problemis gadasawrelad. es aucileblad iwvevs skepticizms (zogjer Zalian Zliersac) maTematikosebis Semoqmedebis produqtisadmi-saimitacio modelisadmi, rasac sablood mivyavarT saimitacio modelis usargeblad miCnevamde, radgan ar xdeba misi gamoyeneba praqtikul saqmianobaSi.

es rom ar ase ar moxdes, unda miviRoT gansazRvruli, bevri modelioris gamocdilebiT Seqmnili zomebi (cxadia, isini ar atarebs sakmarisi pirobis xasiaTs, romelic iqneboda garantia saimitacio modelebis praqtikuli gamoyenebisa):

- aucilebelia modelis SeqmnaSi im pirebma miiRon monawileoba, romlebmac is SemdgomSi unda gamoiyenon.
- es adamianebi unda iyvnen konsultantebi im SemTxvevaSic ki, Tu sargebeli maTi saqmianobisgan arc Tu ise didia. nebsiT Tu uneblieT, maT eqmnebaT STabeWdileba (samwuxarod, es zogjer iluziaa), rom isini "Tanabari uflebebiT" monawileoben saimitacio modelis SeqmnaSi, rom modeli-yvelasTan Tanabrad, maTi pirmSocaa da es arsebiTad amcirebs fsiqologiur siZnelebs, romlebic dakavSirebulia iseTi uCveulo instrumentis gamoyenebasTan, rogoricaa saimitacio modeli, danergyis etapobrioba.

cxadia, praqtikul saqmianobaSi SeiZleba povos gamoyeneba saimitacio modelis calkeulma nawilebma (Tu mocemuli problemis mTlianad gadaWraSi vera, masTan dakavSirebuli sakiTxebis kvlevaSi mainc). am nawilebis gamoyeneba praqtikaSi, maTi dasrulebis SemTxvevaSi, erTi mxriv, ekonomikurad mizanSewonilia, xolo meore mxriv gvZens gamocdilebas modelis mTlianad gamosayeneblad. calkeuli blokebis muSaobiT miRebuli "namdvils mimsgavsebuli" Sedegebi mniSvnelovnad amaRlebs ndobas modelisadmi mTlianobaSi misi momavali momxmareblebis mxridan da albaT, xelmisawvdomoba aZlierebs kidec misi gamoyenebis survils.

saimitacio modelis daproeqtetebis dasawyisSve gaTvaliswinebul unda iqnas is garemoeba, rom momxmarebelma gamoTavlos eqsperimentis Sesazlo Sedegebi da isini miiRos misTvis Cveuli formiT-cxrilebis, grafikebis, histogramebis saxiT. Zalian mniSvnelovania, rom momxmareblisa da saimitacio modelis urTierTqmedeba (interfeisi) ar iyos Zalian rTuli, iyos mosaxerxebeli da aucileblad momxmareblisTvis kargad nacnobi.

wina qveTavSi ganvixileT "maTematikuri modelirebis" raobis Sesaxeb, sadac aRniSnuli iyo, Tu ra Zlieri instrumentia es meTodi yvela im sferoSi gamosayeneblad, romlebsac exeboda msjeloba.

unda aRvniSnoT is dadebiTi garemoeba, rom maTematikuri modelirebasTan Sexeba maSinve warmoaCens problemebis mravalsaxeobas, sanam mis TandaTanobiT amoxsnas daviwyebdeT. aq saurvelia moviyvanoT magaliTi sabazro ekonomikidan.

ekonomikis sabazro organizebis centrSi dgas konkurenciis principi. roca or mwarmoebels gasayidad gamoaqvs erTi da igive saqoneli, warmoebuli damoukidebeli dagegmvis safuZvelze da Tanabar pirobebSi-sxvadasxva fasiT. racionaluri qcevis

momxmareblebi iyidian mas (cxadia, Tu ician misi arsebobis Sesaxeb) im mwarmoeblisgan, romelic nakleb fass moiTxovs, xolo ufro "Zviriani" konkurenti iZulebuli gaxdeba, daswios Tavisi produqciis fasi, e. i. aswios warmoebis procesis efeqturoba an kidev, momxmareblis interesebis mixedviT, gaaumjobesos produqciis xarixsi, rasac aiZulebs konkurencia.

Tu gaviTvaliswinebT, ramdenad mniSvnelovania konkurenciis principi sabazro ekonomikisTvis, SeiZleba CaiTvalos, rom dasavleTis ekonomistebma TavianTi Zalisxmeva unda mimarTon iqiT, rom maTematikuri konstruqciis saSualebiT asaxon es principi ekonomikis funqcionirebis pirobebSi.

Jon fon neimanma da ekonomistma morgenSternma naSromSi dawvrilebiT ganmartes da safuZveli Cauyares "interesTa konfliqtis" maTematikuri Teorias. gaxvirvebas iwvevs is faqti, rom „interesTa konfliqtis" maTematikuri modelireba, romelic mTel rig martiv SemTxvevebSi kargad xerxdeba, dRemde naklebadaa win wasuli, da es maSin, roca d. neimanisa da o. morgenSternis wignis fexdafex dawerilia aTasobiT samecniero naSromi!

tradiciis Tanaxmad, es wigni, romelmac saTave daudo saqveynod cnobil "TamaSis Teorias", iwyeba umartivesi situaciIT:

ori moTamaSe TamaSobs iseT TamaSebs, romelebSic erTi imdens agebs, ramdensac meore igebs. amgvarad, moTamaSeTa interesebi sruliad urTierTsawinaaRmdegoa. am moTamaSeTagan TiToeulma icis Tavisi SesaZlo strategiebi da aseve, mowinaaRmdegis strategiabic. moTamaSis qceva frTxilia da saimedo-is mets arafers eswrafvis, garda imisa, rom minimumamde daiyvanos mowinaaRmdegis SesaZlo maqsimaluri mogeba.

am pirobebSi saukeTeso strategiis SerCevis amocana TiToeuli moTamaSis mxridan unaklodaa gadaWrili. realur ekonomikur praqtikaSi ki araa ioli moZebno interesTa konfliqtis aseTi magaliTi.

arcTu iSviaTad, SesaZlebelia dadebiTad gadawydes ara marto ori moTamaSis TamaSi nulovani TanxiT, aramed ufro rTuli TamaSebic. mag., sami moTamaSis TamaSi aranulovani TanxiT. am patara garTulebidanac ukve naTlad Cans, ra Sedegebi SeiZleba moitanos moTamaSeTa ricxvis gazrdam- SesaZlebeli xdeba koaliciebis Seqmna, Tanac didi raodenobiT moTamaSeTa SedarebiT patara ricxvis SemTxvevaSi. aq moTamaSeTa ricxvis gazrdisas Cndeba situacia, romelsac maTematikosebi "kombinatorul afeTqebas" uwodeben da unda iTqvas, rom arsebobs yvela safuZveli am saxelis gasamarTleblad. SevniSnavT, rom aranulovani TanxiT moTamaSebis TamaSi optimaluri strategiis moZebna dReisTvis jer kidev gadauWrel problemad rCeba.

davubrundeT isev ori moTamaSis TamaSs nulovani TanxiT. iTqva, rom TiToeulma moTamaSem icis meore moTamaSis SesaZlo miqmedebebi (piroba e.w. "sruli

informirebuloba”) da aqvs SedarebiT mokrZalebuli mizani-minimumamde daiyvanos mowinaaRmdegis SesaZlebeli maqsimaluri mogeba, romelic sxvagvarad SeiZleba Sefasebul iqnas, rogorc pesimisturi yalibis piroba. Tu vecdebiT am TamaSis dinamikis maTematikur suraTSi riskis moyvaruli moTamaSeebis qmedebebis da a. S. gadatanas, TamaSis Teoriis aRmoCena da roli sul ufro naTeli da aRmafrTovanebeli gaxdeba.

oTx aTeul welze metia mTeli ZaliT cdiloben Seasuston neiman-morgenSternis modelis SezRudvebi, Secvalon TamaSis statistikuri aRwera TamaSebis dinamikuri TeoriiT. Teoretikosi ekonomistebis mxolod SedarebiT patara nawili irjeba am Teoriis Semdgomi ganviTarebisTvis. veravin ityvis, rom isini araswori gziT midian, ramdenadac maT gankargulebaSia woniani argumenti-maTi kvlevis sagania sabazro ekonomikis erTaderTi arsi-konkurencia.

meore mxriv, mravlad arseboben mecnierebi, romelTac ar surT elodon, rodin moiZebneba Soreul momavalSi Tanamedrove aqTualuri problemebis mecnierulad dasabuTebuli ar gaaCniaT (rogorc wesi) damakmayofilebeli axna-ganmartebebi, isini euflebian did empiriul codnas imaze, rac mudmivad xdeba bazris principebiT organizebuli sazogadoebis ekonomikur politikaSi. es codna myisier gamoyenebas poulobs sxvadasxva politikur-ekonomikur dawesebulebebSi.

sabazro TviTregulirebis meqanizmi mxolod erTia im mravali magaliTidan, roca xdeba Zalebis mobilizeba obieqtis irgvliv misi arsebuli mdgomareobis Sesacvlelad. rogorc wesi, TviTregulireba (da es yvelaze metad sasurvelia) moqmedebis wonasworuli stabiluri mdgomareobis mimarTulebiT, romelic ar moicavs Tavis TavSi cvlilebis aranair tendencias. gacilebT naklebad da es umetesad arasasurvelia-mas gavyavarT wonasworobidan. msolfio savsea TviTregulirebis magaliTebiT, buneba uxvad gvawvdis wonasworuli mdgomareobis sapirispiro mimarTulebis moZraobis uamrav magaliTs. umetes SemTxvevaSi, es xdeba iq, sadac adamanma jeroVnad ver Seafasa bunebis unari, moaxdinos garedan zemoqmedebis kompensacia. SeiZleba iTqvas, rom msolfio ekonomikuri problemebi warmoiSoba iq, sadac anTropogenuli datvirTvebi ar Seesabameba maT dasaSveb zRvrul koncentraciebs.

TviTregulirebis koncepciidan gamomdinare, isev davubrundeT modelirebis sakiTxs, romelic saSualebas gvaZlevs, vawarmooT raodenobrivi gazomvebi, e.i. davubrundeT maTematikur modelirebas. umTavresi roli aq inJinrebs ganekuTvnebaT, romelTac Camoayalibes regulirebis konturis modeli ukukavSiris principis gamoyenebiT.

ukukavSiris principze agebuli sistema viTardeba Sida ZalebiT, romlebic akompensireben (awonasworeben) gare qmedebas. am unaris aRmoCenam, romelic gvaxdeba teqnikur, biologur, socialur da sxva sistemebSi, Seqmna safuZveli marTvis

daqvemdebarebuli mecnierebisTvis. ukukavSiri SeiZleba iyos uaryofiTi-gare Zalebis moqmedeba mcirdeba da dadebiTi-gare Zalebis moqmedeba Zlierdeba.

ukukavSiri funcionirebis ZiriTadi principia e.w. marTul sistemebSi. SegaxsenebT, rom sistemas ewodeba marTuli, Tu mas SeuZlia, garkveuli xarisxiT SeinarCunos mdgomareobis parametrebis sasurveli mniSvnelobebi gare qmedebisgan damoukideblad.

aseTi sistemis moqmedebis principi mdgomareobs imaSi, rom gadaxra "sasurveli" mniSvnelobidan iqceva mis aRmdgenel damabrunebel Zalad maSin, roca sistema imyofeba mudmiv mimocvlaSi gare samyarosTan.

"sasurveli" mdgomareoba aris e.w. mimdinare (dinamikuri) wonasworoba, xolo damabrunebeli Zala-reaqcia wonasworobidan gadaxraze.

aseTi moqmedebis sistemebi sayovelTaod gamoiyeneba teqnikaSi, ekonomikaSi, bunebaSi da eniWebiT udidesi mniSvneloba. bolo dromde aseT sistemebis uxerxdebodaT mudmivad SeinarCunebinaT bunebaSi adamianis cxovrebiTvis "misaRebi" pirobebi. aseTi sistemebis gadatvirTvas mivyavarT iqamde, rom „uzomod“ didi an "uzomod" xangrZlivi zemoqmedebisas isini kargaven muSaobis unars.

arsebobs sistemebi, romlebic, zemoqmedebis Semdeg, ubrundeblian TavianTi mimdinare wonasworobis sawyis mdgomareobas-isini inarCuneben stabilurobis mdgomareobas skalis TavSi, mxolod, erTmaneTisgan gansxvavdebian Zvel mdgomareobaSi dabrunebis siCqariT. gasagebia, rom "saukeTesod" iTvleba regulireba, romelic sxvebze swrafad aRidgens sawyis mdgomareobas (marTuli SuqniSani gzis Caxergvis Tavidan acilebisTvisa da misi gaxsnisTvis).

ganvixiloT SemTxveva, rodesac SeiZleba moxdes, rom sistema ver dabrundes wonasworobis sawyis mdgomareobaSi. sruliad SesaZlebelia, warmoiqmnas axali wonasworuli mdgomareoba, romelic, Tumca gansxvavdeba Zvelisgan, mainc iRebs dinamikuri wonasworobis xasiaTs (mag. axali biologiuri wonasworoba Seuqcevadi cvlilebebisas). es sistemebi aseve ar modian winaarmdgobaSi stabilurobis cnebasTan da damatebiT diferencirdebian wonasworobis mdgomareobis miRwevis siCqarisda mixedviT.

SeiZleba aRmoCndes, rom organizaciis zogierTi sistema ver aewyos axali wonasworobis mdgomareobis, Tumca maTi mdgomareobis parametrebis mniSvnelobebi SeiZleba iryeodes garkveul SezRudul intervalebSi. am SemTxvevaSi ar arsebobs sistemebis klasifikaciis SesaZlebloba "stabiluroba-arastabilurobis" principiT.

marTvis konturis regulirebis magaliTia mecnieruli midgomis gamoyenebiT Teoriulad aRdgenil iqnas sinamdvilis ilustracia. es ilustraciebi, aseve, modelebad rom iwodebian, Tumca sirTuliT realurebs Camouvardebian, Zalian sasargebloa: mecnieri qmnis models,

roca mas surs, Semofarglos arsebiTiT da Seiswavlos misi urTierTkavSirebi. Tu ra aris es "arsebiTi", damokidebulia problemis dayenebaze: ekonomisti da sxva dargis specialisti daxataven erTi da imave realobis sxvadasxva ilustraciebs, Tu isini, rogorc eqspertebi, gamovlen TavianTi mosazrebiT erTsa da imave sakiTxze.

cxadia, rom models maSin aqvs fasi, roca is namdvilad "arsebiTad" gamoxatavs sakiTxis dayenebis konkretul arss (es, sxvaTaSoris, Zneli gansasazRvria realur pirobebSi). yovelTvis saWiroa, rom modeliT abstrahirebisas ar daikargos mocemuli problemis namdvili arsi.

Znelad moiZebneba mecniereba, romlis meTodur saSualebebSi ar iqneba maTematikisa da informatikis safuZvelze Seqmnili modelebi. kvlevis sagnis mixedviT, modelebis mniSvneloba met-naklebad didia. modelirebis procesis Sesabamisad unda moxdes interpretirebuli maTematikuri daskvnebis eqsperimentuli dadastureba, rac modelis verifikaciis erT-erTi saxea. yvela aq gamoyenebuli cneba SeiZleba miT ufro kargad ganisazRvros, rac ufro axlosaa mocemuli mecniereba zust bunebriv mecnierebTan. oRond, es araviTar SemTxvevaSi imas ar niSnavs, rom azri ara aqvs maTematikis, maTematikuri logikis da informatikis meTodebis gamoyenebas sazogadoebriv mecnierebSi.

ra sargebloba moaqvs mTel am gansjas? kidev erTxel unda aRvniSnoT, rom yovelive zemoTqmuli exeba mxolod sabazro organizebis ekonomikas. is, vinc ganxilavs aseT ekonomikas, drois ganmavlobaSi atarebs mTel rig dakvirvebebs, xSirad an iSviaTad, rogorc droSi erTi meurneobisTvis, ise sxvadasxva meurneobebis SedarebiT. sxvadasxva nacionaluri ekonomikebis aqtiuroba cvalebadobs da es Taviseburi talRovani (cikluri) procesia. gansakuTrebulad mwarmoebeli ekonomikis sxvadasxva SemTxvevaSi SeiZleba ise moxdes, rom mxolod ganviTarebis sabWoebi gansazRvradnen cikluri moZraobis aqtivobebs, aq mainc ar aris Tumca simSvide neli, xangrZlivi, stabiluri ganviTarebis kuTxiT. es dakvirvebebi ara axali, magram maT araerTxel misces ekonomistebis axali Teoriebis ganviTarebis. mizezi. arsebuli faqtobrivi masala adasturebs mraval varauds: xangrZlivi, aTeulwlebiani ciklebidan dawyebuli da damTavrebuli xanmokle ciklebiT prognozirebis Sesabamisad.

ekonomikis aqtivobis sazomi yovelTvis iyo da iqneba miRebuli Sedegebis Sejameba e. w. "mTlian Sida produqtad (mSp)". TviTon mSp arcTu uproblemo kategoriaa, ramdenadac ver akmayofilebs mecnierTa mraval neba-survils. yovel SemTxvevaSi, meore mecnieruli, namdvilad damakmayofilebeli sazomi drois mocemul momentSi Seqmnili saqonlisa da servisebis mTeli simravlisTvis, dRemde araa napovni.

sasurveladaa miCneuli sabazro ekonomikis ekonomikuri aqtivobis cikluri cvalebadobis Serbilebis tendenciis gansazRvra, romlis drosac SeiZleba ganviTardes umuSevroba. xelovnuri gamococxleba xasiaTdeba imiT, rom moTxovna aRemateba miwodebas (iseTi SedegebiT, rogoricaa fasebis daweva da samuSao adgilebis siWarbe). Cndeba kiTxva: ar SeiZleba Seiqmnas iseTi dawesebuleba, romelic, gamomdinare realuri situaciidan, aswevda an daswevda moTxovnas sabazro ekonomikis sasurveli wonasworuli mdgomareobis misaRwevad.

qvemoT moviyvanoT saxelmwifo samewarmeo uflebis regulirebasTan dakavSirebuli msjeloba, romelsac, bunebrivia, saxelmwifom unda miaqcios yuradReba. aq isev vmsjelobT saxelmwifos funqciebze: mas SeiZleba gadaeces ukuqmedebis amocana ekonomikuri aqtivobis zogierT cvalebadobaze saxelmwifo investiciebis (mag. transportis infrastruqturaSi) sferoSi moTxovnebis varirebis saSualebiT da a.S.

gamocdilebam cxadyo, rom am SemTxvevaSi saxelmwifo moqmedebs "anticiklurad", rogorc erTi didi momxmarebeli. aq maTematikuri modelirebis problema Cndeba maSin, roca sasurvelia, raodenobrivad ganisazRvros moTxovnis cvlilebis zomebi. zustad amitomaa saWiro ekonomikuri aqtivobis cvalebadobis maTematikur modeli. mZime kontrargumentebis miuxedavad, jerjerobiT ver moxerxda, misi erTiani didi ekonometruli modelis CarCoebis ageba. maSin rCeba mxolod marTvis maTematikuri Teoriis gamoyenebis sakiTxi: ra zomiT unda gaafarToos saxelmwifom Tavisi, rogorc momxmareblis, roli stabilurobis Sesaqmnelad? saqme isaa, rom am gzaze sabazro ekonomikis praqtikuli ekonomikuri problemebidan Teoretikul-mmarTvelobiTi modelis stabilurobis problemamde Cven gadavabijeT dasaSveb sazRvrebs: Teoria da praqtika dRemde gayofilia. sinamdvileSi arc erTi saxelmwifo ar angariSobs Tavis moxmarebas maTematikuri TeoremebiT da dRemde Zalian mcire wanamZRvrebi arsebobs saamisod, ramdenadac modelebi, mTeli ekonomikis masStabiT, operireben Zlier agregirebuli sidideebiT (mag. yvela Semosavlis jami), romlebSic ukve aRar arsebobs konkurenciis principi. SeiZleba, saerTod, aseTi modelebisgan praqtikuli warmatebis varaudi? aravis SeuZlia am kiTxvaze udavo pasuxis gacema.

zemoT samarTlianad aRiniSna, rom ekonomikis sabazro organizacia, garkveulwilad, analogiuria biologiuri organizmisa, romlis qcevac warmoSobs marTvis mravali konturis urTierTqmedebebis did ricxvs. TiToeuli aseTi konturis swrafva stabilurobisken (TiToeuli bazari, zemoqmedebis ararsebobis pirobebSi, fasebs adgens ise, rom gaaTanabros mowodeba da moTxovna) SeiZleba iyos adam smitis is "uCinari xeli", romelic aaxdens yvelasTvis ekonomikur keTildReobas.

aRniSnuli

msjelobebi,

sistemurimidgomisgamoyenebiT, analogiurad SeiZlebagamoyenebuli qnas wyalmomaragebisteq nikurisistemebis operatiul-sadispetCero marTvis procesSi gasaTvaliswineblad.

aq mniSvnelovania wyalmomaragebis sistemebis Semadgeneli elementebis funqcionirebis xarixsis deskripciuli modelebiT aRwera momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT moxmarebis procesSi. Tu gaviTvaliswinebT rom wylis moxmarebis procesi garkveuli arastacionarulobiT xasiaTdeba, maSin naTeli xdeba deskripciuli modelebis gamoyenebis Seudareblad dadebiTi roli drois realur masStabSi marTvis gadawyvetilebebis miRebis TvalsazrisiT.

Tavi3.

ფილისიმივობისადაგანაწილებისსისტემებისრეგულირებისფუნქციებისა დაარსებისკომპლექსურიფაზებისრეგულირებისპროცესი

MmomxmarebelTa mier damyarebuli wylismoxmarebis teqnologiuri procesis saimedობის დონის ამაღლება wyalmomaragebis sistemis sadispetCero-koordinirebul marTvaSi sakmaod rTuli და მრავალპარამეტრული ამოცანა. ეს გარემოება აწვევს განსაზღვრავს იმ ფაქტს, რომ TviTon wyalmomaragebis sistemebis ფუნქციური Semadgeneli elementebi (wyalmimRebi, wyaldenebi, satumbi sadgurebi, rezervuarebi და a.S.) განთავსებულია დასახლებულ ადგილებსა და კვალებს გადაკვეთილ რელიეფს ვრცელ ტერიტორიებზე; ლოგიკურად ისინი ერთმანეთთან დაკავსებულია განსაზღვრული იერარქიული სქემით და ისინი შეუფერხებლად ახორციელებენ მომხმარებელთა wyliT uzrunvelyofis ZiriTad ფუნქციას დროსა და სივრცეში. ამასთან, მომხმარებელთა mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesი არასტაციონარული ხასიათის მატარებელია (მათემატიკური მოდელის, დისპერსიის და კორელაციური ფუნქციების მხრივ), რაც ,Tavis მხრივ, არტულებს იერარქიული სქემების, wylis მივობისა და განაწილების sistemebis Semadgeneli elementebis ფუნქციონირების ეფექტური რეჟიმების SerCევას. უნდა ავინიშნოთ, რომ სქემების ფუნქციონირების ხარისხის შესაფასებლად teqnologiuri კონტროლის პარამეტრს ვამრავლებთ სქემის შესაბამის ვერტიკალურ ფიქსირებულ პიეზომეტრიულ ვნებებს განაწილება, რომელიც ფიქსირდება დროს ანუ რეალურ მომენტში.

ამ კვლევას, საილუსტრაციოდ შემოთავაზებულია wylis მივობისა და განაწილების რეგულირების სქემის ფუნქციონირების ხარისხის კომპლექსური ფაზების პროცედურა.

შემოთავაზებული პროცედურის თანახმად, საპროქსიმაციო-სამოდელირებად მოკიდებულია სერვერის მიზნით რეგულირებად სასურველი ფუნქციის ხარისხის მართვა:

$$d_i = e^{-x^{-(b_0 + b_1 H_i^{\text{max}})}}, i = \overline{1, m}$$

aq: H_1 faqt. Asri piezometriulidawnevis parametri, b_0 qos b_1 sa Ziebo koeficientebi; e – eksponentisa Rebisni Sani.

Tue^x gamosaxulebas gadavwer $T \exp(x)$ - bsaxi T,

ma Sinsakontrolowertil Sifiqsirebulidawnevis Sesabamisad xarisxobrivi mdgomareobiskriteriuli Sefasebaase Caiwereba,:

$$d_i = \exp[-\exp(-b_0 - b_1 H_i^{\text{max}})], i = \overline{1, m}$$

Aaq: H_1 qos H_2 Aarismaxasia Tebeliwertilebisi=1, m faqtiuripiezometriulidawneva; b_0 qos b_1 ganisaz Rvreb SemdegiformiT:

$$b_0 = (H_1^{\text{max}} \ln \ln \frac{1}{d_1^{\text{max}}} - H_2^{\text{max}} \ln \ln \frac{1}{d_2^{\text{max}}}) / (H_1^{\text{max}} - H_2^{\text{max}}),$$

$$b_1 = (\ln \ln \frac{1}{d_2^{\text{max}}} - \ln \ln \frac{1}{d_1^{\text{max}}}) / (H_1^{\text{max}} - H_2^{\text{max}}).$$

sadac, H_1 qos H_2 – Sesabamisad aris piezometriuli dawnevis mniSvnelobaa sakontrolowertilis „cudi“ mdgomareobis (rodesac kriteriuli Sefasebaa $d_1^{\text{max}}=0.2$ da piezometriuli wnevis mniSvnelobaa sakontrolowertilis „kargi“ mdgomareobis (rodesac kriteriuli Sefasebaa $d_1^{\text{max}}=0.8$) maCvenebelia.

calikli kriteriuli Sefasebebis $d_i, i=\overline{1, m}$ Tanaxmad, SesaZloa ganisaz Rvros kompleksuri Sefaseba $D_i, i=\overline{1, m}$ –saanalizo sqemis funqionalobis xarisxis mixedviT, rogorc saSualo geometriuli Sewonili sidide:

$$D_i = \prod_{j=1}^m d_i^{1/m}, i = \overline{1, m}$$

ÿylismi wodebisa da ganawilebissistemis funqionaluris qemebis qmedeba, realurisadispeCero-koordinirebulimarT visprocesSi, uzrunvelyofilundaiqnasise, rom sqemebis funqionirebis xarisxis kompleksurisididemiiswrafodesmaqsimumisken, kerZod:

$$D(H) \rightarrow_{\Omega}^{\max},$$

sadac $H \in \Omega$ – wnevisganawilebisformisuniversalurisididea.

SemoTavazebulproceduraSi, di Ω Di mniSvnelobebisaRebaxdeba 0-dan 1-mde areSi, qvemoTmoce mulixarisxobriv-kriteriuliSefasebisfsiqo-fizikurisubieqturisaxisSkalisSesabamisad:

$d=1.00$ – parametrismaqsimaluradSesaZlo done, romelic yovelTvisarmiiRweva;

$d=1.00 \div 0,80$ – parametrisdasvebuli da maRali done, romelicaseveyovelTvisarmiRweva;

$d=0.80 \div 0,60$ – parametrisdasvebuli da kargi done (amasTanimazemaRali, romelicrealuradmiiRweva);

$d=0.60 \div 0,37$ – parametrisdasvebuli da sakmarisi done;

$d=0,37$ – parametrismicemuli done (SeesabamebaxarixisSefasebisparametrisimmaCvenebels, romelicaucilebladundaiqnasmiRweuli);

$d=0,37 \div 0$ – parametrisdauSvebeli done;

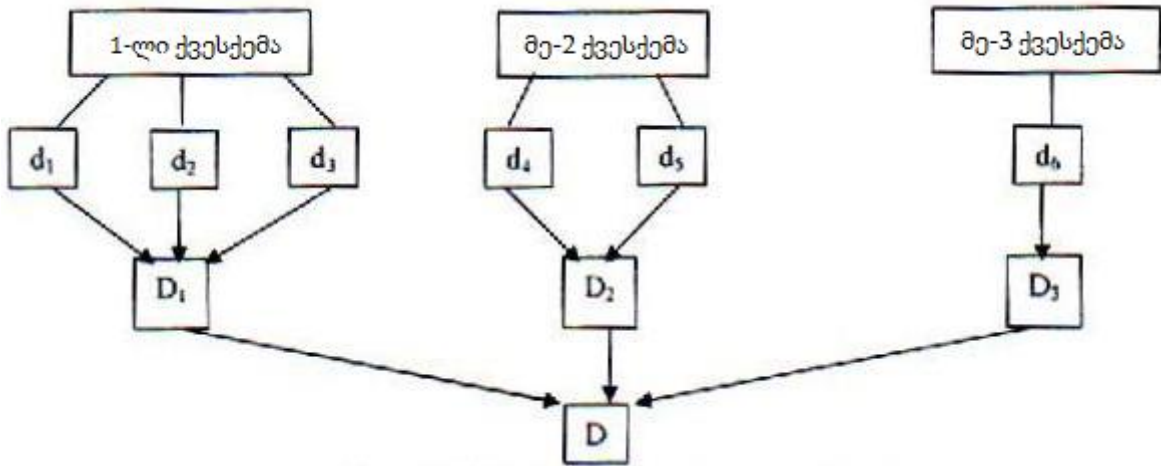
$d=0$ – parametrismaqsimaluradarasasurveili done.

უნდააRiniSnos, rom di Ω Di mniSvnelobaSeiZlebaaRebuliqnaswinaswarSedgenilideskrifciulimodelebissafuZvelzesasurveilobismoyvaniliSkalimixedviT, momxmarebelTawyliTuzrunvelyofisprocesismdgomareobiskonkretulisituaciidangamomdinare.

SeiZlebaSemoTavazebuliproceduramiCneuliqnasrogocerTgvარიinstrumentურისაSualebawyli smiwodebisa da ganawilebisrTულიერაქილისqემებისსადისპეCero-koordinirebulimarTvisdiagnostikuriwesebisasagebad,

როგორც წესი, მათგან რომელიმე სისტემის ფუნქციონირების უზრუნველყოფის მიზნით, ისევე როგორც სხვა სისტემების ფუნქციონირების ავტომატიზაციის მიზნით.

მაგალითად, განვიხილოთ წარმოდგენილი და განვიხილოთ სისტემის შესაბამისი ფუნქციონირების იერარქიული სქემა:



ამ სქემაში d_1, \dots, d_6 – არის ცალკე-ცალკე ელემენტების ფუნქციონირების ხარისხის დიფერენციალური სეფები;

D_1, D_2, D_3 – საერთო სემადგენელი კვანძების ფუნქციონირების ხარისხის კომპლექსური სეფებია;

D – D – სემის საერთო კომპლექსური მნიშვნელობა.

ფუნქციონირების ხარისხის სეფების საერთო კომპლექსური მნიშვნელობის გაანგარიშების პროცედურას შემდეგნაირად განვიხილოთ:

$$D_1 = (d_1 \cdot d_2 \cdot d_3)^{1/3} \text{ – (1-ლი კვანძის სისტემისთვის)}$$

$$D_2 = (d_4 \cdot d_5)^{1/2} \text{ – (მე-2 კვანძის სისტემისთვის)}$$

$$D_3 = d_6 \text{ – (მე-3 კვანძის სისტემისთვის)}$$

saerTokompleqsuriSefasebassqemismixedviTiqneba:

$$D=(D_1 \cdot D_2 \cdot D_3)^{1/3}.$$

kompleqsuri Sefaseba SeiZleba ganisazRvros mocemuli funqionaluri qvesqemebis kombinaciiT, Semdegi formiT:

$$D=(D_1 \cdot D_2)^{1/2} \text{-- (1-li da me-2 qvesqemebiskombinaciiSDros);}$$

$$D=(D_1 \cdot D_3)^{1/2} \text{-- (1-li da me-3 qvesqemebiskombinaciiSDros);}$$

$$D \quad D=(D_2 \cdot D_3)^{1/2} \text{-- (me-2 da me-3 qvesqemebiskombinaciiSDros).}$$

3.1. wyalmomaragebis, rogorc teqnikiuri sistemis, operatiul-sadispetCero marTvis gadawyvetilebebis miReba aramkafio simravleTa Teoriis maTematikuri aparatis gamoyenebiT

wyalmomaragebis sistema (ise rogorc momxmarebluri xasiaTis sxva nebismieri teqnikiuri sistema) sistemur- logistikuri Teoriis Tanaxmad im struqturiT xasiaTdeba, romelic mis calkeul elementebS Soris damokidebulebebsa da kavSirebs ganapirobebs. am sistemis elementebS Soris stuqturiT SeTaxmebuli funqcionireba qmnis miznobriv process - es aris sistemis funqcionirebis procesi. rogorc wesi, teqnikiuri sistemis (da misi elementebis) funqcionireba drois mocemul $[0, T]$ intervalSi raime saboloo miznis miRweviskenaa mimarTuli. mocemuli miznis miRwevis warmatebuloba (efeqturoba) umetes wilad damokidebulia ori ZiriTadi amocanis swor gadawyvetaze: sistemis organizaciul stuqturasa da elementebis funqcionirebis optimaluri reJimebis SerCevaSi [14,15,16,18,21,27].

aRniSnuli sistemebi „adamiani - manqana“ klasis sistemebS miekuTvnebian da misi funqcionirebis yvela aspekti ar eqvemdebareba formalizacias. amitom mocemul qveTavSi ganxiluli iqneba mxolod sistemis algoriTmuli modelebi. teqnikiuri sistemebi Sedgebian ori urTierTdakavSirebuli ZiriTadi nawilisagan: teqnologiuri da gadawyvetilebaTa miRebis sistemebi (marTva), romlebic erToblivi muSaobis procesSi informaciis nakadebiT mudmivad axldebian.

aseTi saxis sistemebis optimaluri funqcionireba SeuZlebelia marTvis procesis normatiuli algoriTmuli modelebis organizaciis gareSe, algoriTmuli sqemebis erTiani simravle, formalizebuli procedurebi da wesebi, romlebic teqnologiuri procesis mowesrigebis da nebismieri sawyisi mdgomarebidan mis „normasTan“ miyvanis saSualebas iZleva (e.w. „norma“ Seesabameba procesis idealur warmodgenas). norma SeiZleba iyos sistemis erTaderTi an SezRuduli simravlis amsaxveli mdgomareoba. normatiuli algoriTmuli modeliT marTvis procesis yvela Tavisebureba unda iyos asaxuli, romelic dasaxuli miznis misaRwevad sistemis yvela elementis funqcionirebas moawesrigebs.

sistemuri Teoriis Sesabamisad teqnikiuri sistemebi SeiZleba ierarqiul donebad warmovadginoT, amitom maTi kvlevis dros saWiroa gadawydes dekompoziciis amocana, rac didi ganzomilebis sistemebis SemTxvevaSi siZnelebTanaa dakavSirebuli. misi gadawyvetis perspeqtiul variants, teqnologiuri ierarqiis safuZvelze, sistemis mdgen elementebis Soris, efeqturების kriteriumebis gamoyenebiT, maT Soris arsebuli urTierTdamokidebulebis dadgena warmoadgens.

ierarqiis nebismier doneze mimdinare yvela procesisaTvis maxasiaTebelia raime dasaSvebi variantebis (reJimebis) arseboba, romlebic sxvadasxva SezRudvebis dros funqcionirebis saerTo mizanTanaa gaerTianebuli. zogad SemTxvevaSi gare faqtorTa zemoqmedebis Sedegad sistema erTi reJimuli mdgomareobidan gadadis sxva reJimSi. saWiroa aRiniSnos, rom teqnologiuri procesis parametrebis dasaSvebi sazRvrebidan gadaxram SeiZleba gamoiwvios ierarqiis yvela doneze mTeli sistemis mdgomareobis Secvla axali mdgomareobis Sesabamisad.

rTul „adamiani-manqana“ sistemebSi (romlebsac miekuTvneba teqnikiuri sistemebis teqnologiuri procesebis marTva) mocemuli miznis misaRwevad maTematikuri aRweris adekvaturoba SeiZleba miRweul iqnas mxolod sistemis elementebis funqciuri mdgomareobisa da adamianis faqtors Soris arsebuli informaciis „aramkafio“ xasiaTis gaTvaliswinebiT. aseTi „aramkafio“ sistemebis kvlevis erT-erT mZlavr instrumentul saSualebas Tanamedrove aramkafio simravleTa Teoriis maTematikuri aparati warmoadgens [15,16,18].

aramkafio simravleTa ganmarteba Semoitana I. zadem, romlis Tanaxmad obieqtTa erToblioba klasikuri ganmartebiT ar SeiZleba CaiTvalos simravled, vinaidan igulisxmeba rom obieqtis raime klasisadmi armikuTvnebaSi gadasvla xdeba TandaTanobiT da ara erTbaSad.

realuri moqmedi sistemis marTva (maT Soris wyalmomaragebis teqnikiuri sistemebis) arsebiTad miRebul efeqtur gadawyvetilebaTa mimdevrobas warmoadgens, romlebic

garkveuli SezRudvebis arsebobis pirobebSi raime miznis miRweviskenaa mimarTuli. am motiviTaa ganpirobepuli mkvlevarTa interesi Seqmnan gadawyvetilebaTa miRebis aramkafio saxis modelebi.

teqnikiuri sistemis marTvis nebismieri procesi am sistemis X mdgomarebaTa simravliTa da marTvis SesaZlo mniSvnelobaTa simravliT xasiaTdeba. Sesabamisad X_t ოს U_t SeiZleba aRiniSnos $t \in T$ droiTi momentis Sesabamisi marTvis mdgomareoba da mniSvneloba. sistemis funqcionireba anu marTvis mdgomareoba da mniSvneloba. sistemis funqcionireba anu marTvis zemoqmedebis Sedegad misi erTi situaciuri mdgomareobidan sxva mdgomareobaSi gadasvla aRiwereba mdgomareobis gantolebiT: $X_{t+1} = f(X_t, U_t)$. aq igulisxmeba, rom mdgomareobaTa cvla mdgomareobs diskretul droSi $T = \{t\} = \{t = 0, 1, 2, \dots\}$ garda amisa Tu sistemas gaaCnia marTvisa da mdgomareobaTa cvalebadobis sasruli ricxvi, maSin gadawyvetilebaTa miRebis mრavalbijiani procesi SeiZleba warmodgenil iqnas (X, U, f, x_0, X_t) avtomat modelis saxiT. sadac $X = \{x_1, \dots, x_N\}$, $U = \{u_1, \dots, u_n\}$, f - gardamavali asaxvaa, $x_0 \in X$ – sawyisi mdgomareobaa, $x_1 \in X$ saboloo mdgomareobis simravlea. Tu davuSvebT, rom funqcionirebis mizani sivrciTi mdgomareobiT ganisazRvreba, xolo SezRudvebi edeba marTvis mniSvnelobebs, maSin gadawyvetilebaTa miRebis mრavalbijian procesSi unda gveZleodes aramkafiobis aRwera: a) miznebi sivrciT mdgomareobaSi; b) SezRudvebi marTvis sivrcეSi; g) gardamavali maxasiaTeblebi; d) procesis dasrulebis dro.

rogorc aRvniSneT teqnikiuri sistemis funqcionireba SeiZleba warmovadginოT rogorc erTi „aramkafio“ mdgomareobidan sxva mdgomareobaSi gadasvla, romelic Semdeg mizans eqvemdebareba: $N = t$ droiT momentSi miRweul iqnas X_N sistemis iseTi ‘aramkafio“ mdgomareoba, romelic raime xarixiT axlo iqneba C_t aramkafio SezRudvebis arsebobisas winaswar gansazRvrul G_N mocemul aramkafio mizans (aramkafio mdgomareobas). or aramkafio simravles Soris siaxlovis sazom erTeulad aiReba hemingis (wrfivi) fardobiTi dacileba;

$$\delta\delta(X_N, G_N) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\mu_{X_N}(x_1) - \mu_{G_N}(x_1)].$$

G_N saboloo mizani SeiZleba formulirebul iyos G_1, G_2, \dots, G_{N-1} Sualeduri miznebis Sesabamisi sistemis mdgomareobis C_0, C_1, \dots, C_{N-1} SezRudvebis $t=1, 2, \dots, N-1$ droiTi intervalis mixedviT. Tu es miznebi aramkafio xasiaTisaa, maSin TiToeul i-ur etapze SiZleba Sefasdes maTi miRwevis done [16]

$$\mu_{G^{-1}}(X) = 1 - d(\mu_{G_i}, \mu_{X_i}).$$

ამავე დროს მაქსიმალური გადაწყვეტის განსაზღვრება როგორც:

$$\mu_D(u_0^*, u_1^*, \dots, u_{N-1}^*) = \bigwedge (\mu_{C_0}(u_0) \wedge \mu_{C_1}(u_1) \wedge \dots \wedge \mu_{C_{N-1}}(u_{N-1})) \wedge \mu_{G_1}^{-1} \wedge \mu_{G_1}^{-1} \wedge \dots \wedge \mu_{G_N}^{-1}.$$

სადაც - u_0, u_1, \dots, u_{N-1}

ზემოთ აღნიშნული მოდელების საშუალებით შესაძლებელია სისტემის იერარქიის რაიმე λ დონეზე ფუნქციონირების j რეჟიმის შესაბამისი რ ფაზის მდგომარეობა დახასიათდეს დროის ტიტოელი მონიშნებით. რთული სისტემის ფუნქციონირების დაყოფა იერარქიის დონეებად, რეჟიმებად და ფაზებად მნიშვნელოვნად ამარტივებს მის აწერას. აქ მოდელი „გამარტივება“ ლოკალურ რეჟიმში ობიექტის ფუნქციონირების კონკრეტულ პირობებთან დამოკიდებულებით გაგებულ უნდა იყოს როგორც მხოლოდ შესაძლო ცვლილებებისა და შესრულების რიცხვის შემცირება. პრაქტიკაში ნებისმიერი ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობა ან პროდუქტის დამუშავება, როგორც ვესი, თანმიმდევრულად ხორციელდება დროში - ვიდეო ან დამტარდება პროცესის ან პროდუქტის დამუშავების წინააღმდეგ, მომდევნო არ იწყება. შესაბამისად სრულდება სისტემის ფუნქციონირების ტიტოელი რეჟიმის დაყოფა მიმდევრობით სასრული ფაზების (ოპერაციების) მიხედვით.

აღნიშნულ კონტექსტში ნისანდობლივია არამკაფიო სეფების გამოყენებით გადაწყვეტილების მიწების კიდევ ერთი არამკაფიო მოდელი განხილვა სისტემების ლიკო - ლინგვისტური აწერის მოდელით. ვთქვათ, ცნობილი სისტემის $X = \{X_1, \dots, X_m\}$ სიტყვიერად მოცემული შესასვლელი პარამეტრების სიმრავლე და აგრეთვე $Y = \{Y_1, \dots, Y_n\}$ სიტყვიერად მოცემული გამოსასვლელი პარამეტრების სიმრავლე. მაშინ $\forall X_j, j=1, m$ გადაწყვეტილებების მიწებისთვის წინასწარ განსაზღვრულია ლინგვისტური ცვლილების შესასვლელი მნიშვნელობის U_j სიმრავლე და $\forall Y_k, k=1, n$ კი ლინგვისტური ცვლილების გამოსასვლელი მნიშვნელობის V_k სიმრავლე. შესაბამისად, ლინგვისტური ცვლილების ტერმინები სისტემის ხარისხობრივი აწერის სქემას ეყენება შემდეგი სახე [16]:

თუ $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1m}$ მაშინ $b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1n}$ სხვანაირად,

თუ $a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2m}$ მაშინ $b_{21}, b_{22}, \dots, b_{2n}$ სხვანაირად,

Tu $a_{p1}, a_{p2}, \dots, a_{pm}$ maSin $b_{p1}, b_{p2}, \dots, b_{pn}$ SXvanairad,

uwodeben aramkafio xasiaTis msjelobebs.

aq: $a_{ij} \in U_j, \forall i=1, \dots, p, b_{ik} \in V_k, \forall i=1, \dots, p \text{ } \varrho \text{ } U^m \in X \cup J, \forall n \in X \cup j, j \in J, k \in K$

amrigad, sistemis yofaqceva $\Phi: U^m - V^n$ asaxviTac xasiaTdeba. $a_{ij} \in U_j$ lingvistikuri cvladebis mniSvnelobebs Seesabamebian A_{Aij} aramkafio qvesimravles Sesabamisi $\mu_{Aij} \in F(X_j)$ miniWebis funqciebiT, xolo $b_{ij} \in V_k$ lingvistikuri cvladebi B_{Bik} aramkafio qvesimravles $\mu_{Bik} \in F(Y_k)$ saxis miniWebis funqciebiT. aq: $F(X_j) \varrho \text{ } F(V_k)$ - aramkafio qvesimravleebia, gansazRvruli X_j da Y_k bazur simravleebSi. zogadad Φ saxis asaxvas aramkafio asaxva SeiZleba SeuTavsdes Semdegnairad [16]:

$$\Phi: F(X^m) - F(Y^n),$$

romelic SeiZleba miRebul iqnas yvela $\mu_{Aij} \in F(X_j), \mu_{Bik} \in F(Y_k)$ - Tvis rogorc aramkafio Sesabamisoba

$$\Phi: \cup \mu_{A_i} \times \mu_{B_i} \text{ } \varrho \text{ } \mu_{A_i} = X, \mu_{B_i} = Y \mu_{B_{ik}}, i=1, k=K$$

aseTi saxis aramkafio Sesabamisoba logikur implikacias Seadgens.

aramkafio daskvnaSi igulisxmeba lingvistikuri cvladebis mniSvnelobaTa $b' \in V^n$: $b' = (b'_1, \dots, b'_n)$ veqtoris gansazRvris procedura lingvistikuri cvladebis Sesasvleli mniSvnelobebs $a' = (a'_1, \dots, a'_m) \in U^m$ axali nakrebi veqtoris Sesabamisad. aRniSnuli SeiZleba Sesruldes $\mu_{A_i}: X_j \rightarrow [0,1]$ aramkafio simravlisa da Φ aramkafio Sesabamisobis gamoyenebiT. amasTan erTad b^1 unda Seesabamebodes gamosavlel $\mu_B \in F(Y^n)$ aramkafio Sesabamisobas, romelic ase ganisazRvrebis:

$$\mu_B = \mu_A \circ \Phi.$$

lingvistikuri cvladebis mniSvnelobaTa B'B' veqtori SeiZleba ganisazRvros μ_B aramkafio Sesabamisobis lingvistikuri aproqsimaciis Sedegad. amasTanave μ_B maaproqsimebel lingvistikur cvladebs Seadgens iseTi $c \in Y^n$ veqtori, romlis drosac $\mu_c, \mu_c \in F(Y^n)$ g msgavsebis sazomi mniSvneloba, μ_B -sTan maqsimaluria.

amrigad, aRniSnul qveTavSi, warmodgenili iyo wyalmomaragebis sistema, rogorc teqnikuri sistemis struqturis da masTan dakavSirebuli gadawyvetilebaTa miRebis sistemis ori urTierTdakavSirebuli nawili, romlebic erToblivi muSaobis pirobebSi mudmivad axldebian. aseTi principiT warmodgenili wyalmomaragebis sistemebis efeqturi funqcionireba SuZlebeli iqneba marTvis procesis normaluri algoritmuli modelebis (gadawyvetilebaTa miRebis prognozirebis modelebis) agebis gareSe, romelTa daxmarebiT aseve SeuZlebeli iqneba realuri drois masStabSi efeqturi operatiul-sadispetCero marTvis procesis ganxorcieldeba da Sesabamisi gadawyvetilebebis miReba momxmarebelTa mier damyarebuli arastacionaluri saxis wyliT uzrunvelyofis teqnologiur procesis normaluri msvlelobis mizniT.

3.2 wyalmomaragebis sistemis operatiul sadispetCero marTvis ageba "aramkafio logikuri regulatoris" principisa da deskrijfciuli modelirebis safuZvelze

q. Tbilisis wylis miwodebis sistema struqturulad rTul da ierarqiul funqciur sqemas warmoadgens, romelTa mdgeni element-nagebobebi (satumbo sadgurebi, rezervuarebi, wyaldenebi da a.S.) ganTavsebulia uzarmazar sivrceSi, gadakveTili reliefis pirobebSi. imis da mixedviT Tu ra mniSvnelobebs inarCunebs teqnologiuri parametrebi (dawneva, wylis dgomis simaRleebi rezervuarebSi) Sesabamisad xasiaTdeba momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis damyarebuli teqnologiuri procesi. imisaTvis, rom SenarCunebul iyos droSi momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis procesi normalur (moTxovnil) pirobebSi, Sesabamisad unda ganisazRvros moqmedi element-nagebobebis funqcionirebis efeqturi reJimi, romelic rTul sainJinro amocanas Seadgens. am amocanis gadawyvetis cda ganxiluli iyo wina $\mathfrak{J}\mathfrak{J}$ TavebSi wyalmomaragebis avtomatizebuli marTvis sistemis funqcionirebis pirobebSi (kompiuteris daxmarebiT). am amocanis gadawyveta Cveulebrivadmoqmed wyalmomaragebis sistemebSi ZiriTadad damokidebulia operatiuli personalis codnaze, intuiciasa da gamocdilebaze. Tu gaviTvaliswinebT wyalmomaragebis Tanamedrove sistemis ganTavsebis uzarmazar masStabebs da gasaanalizebeli reJimebis simravles, cxadi xdeba is garemoeba, rom operator-

sadispetCero personals efeqturi reJimebis uzrunvelyofis mizniT esaWiroebaT gadawyvetilebaTa miRebis damxmare-mrCeveli instrumentuli saSualebebis gamoyeneba, romlis Sesaxebac qvemoT iqneba moyvanili.

ganvixiloT zogierTi principi, romlis gamoyeneba sasargeblo iqneba mocemuli amocanis gadasawyvetad. aq umTavresia momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis situaciuri mdgomareobaTa xarixobrivi-subieqturi Sefasebisa da e.w. dabalansebis principis dacva. dabalansebis principis gamoyeneba operatiuli marTvis pirobebSi gulixmobs wyalmomaragebis wylis miwodebisa da ganawilebis sistemis funqcionur sqemebSi teqnologiuri parametrebis (dawnevebis, wylis dgomis simarleebis) SenarCunebis iseTi diapazonis farglebSi, rom ar dairves momxmarebelTa normaluri (Seuferxebeli) wyliT uzrunvelyofa drois nebismier momentSi (anu $Q_{mow.} = Q_{moxm.}$). es amocana tradiciuli maTematikuri TvalsazrisiT Znelad formirebad amocanaTa klass ganekutvneba..

wyalmomaragebis wylis miwodebisa da ganawilebis sistema, romelic Sedgenilia erTmaneTTan garkveuli wesiTa da daniSnulebiT gaerTianebuli sqemuri marSrutebiT, funqcionirebs im reJimSi, romelsac amyarebs momxmarebelTa wylis uzrunvelyofis teqnologiuri procesi drois mocemul momentSi. Sesabamisad xasiaTdeba nakadganawilebis damyarebuli procesic drois mixedviT.

dabalansebis principis gamoyenebis mizania n funqciuri sqemis simravleSi ganisazRvros maTi qmedebis garkveuli wesi, raTa ar Seferxdes momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis procesi drosa da sivrceSi. am SemTxvevaSi dabalansebis principis gamoyenebiT SesaZlebloba iqmneba operatiuli marTvis procesis iseTi organizacia, romlis pirobebSi maregulirebeli faqtorebis sasurvelobis areebi kmayofildeba moTxovnili (sasurvelobis) diapazonebis Sesabamisad. amave dros, cxadia, dabalansebis procesSi wyalmomaragebis erTian sistemaSi (da mis calkeul elementebSi) miRweul unda iqnes nakadganawilebis procesis misaRebi mdgomareoba gansaxilveli funqcionirebadi ierarqiuli sqemebis Sesabamisad (rogorc calke aRebul wyalmomaragebis regionSi, aseve nebismierad ganxorciebul regionTa erTobliobaSi).

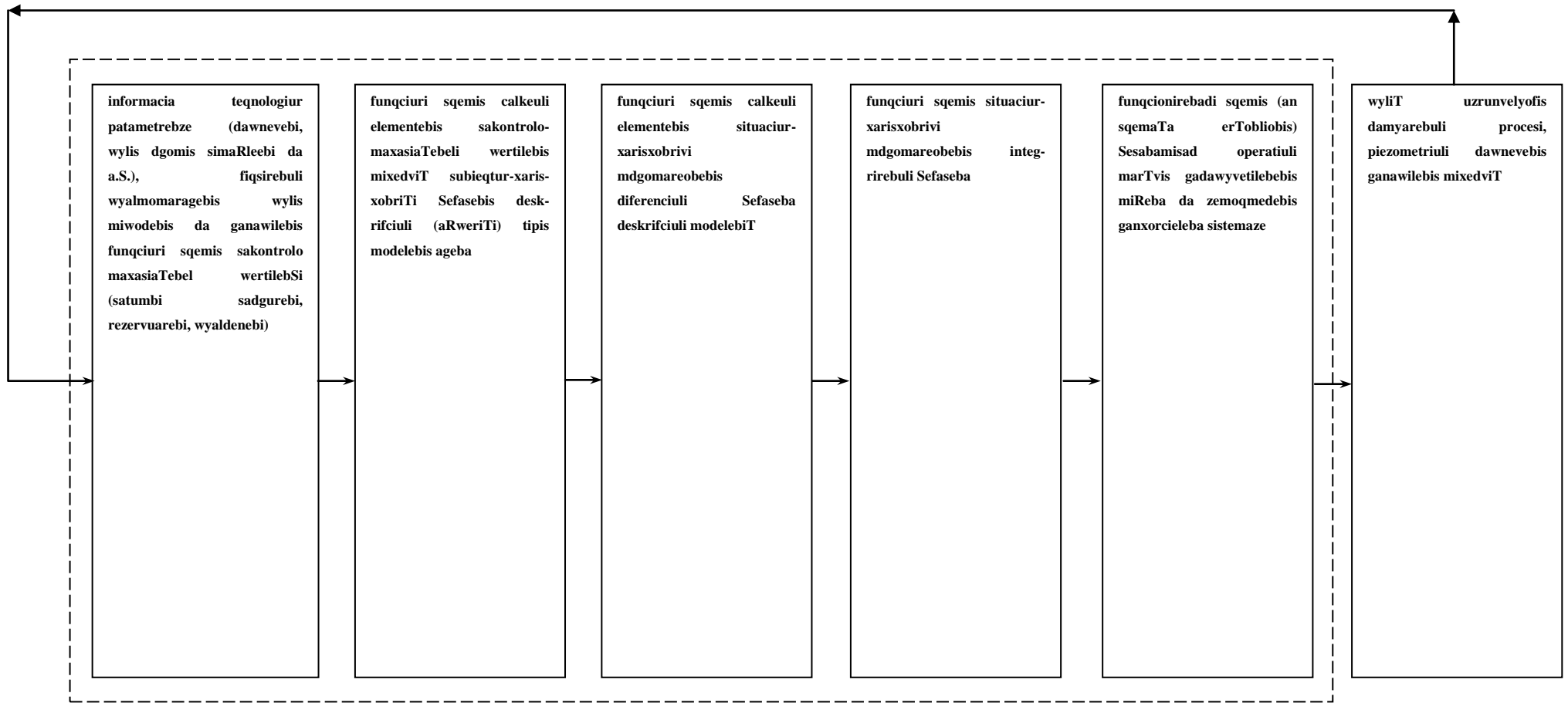
Tu damyarebul situaciur mdgomareobaSi aRmoCndeba, rom romelime funqciuri sqema ver akmayofilebs sasurvelobis moTxovnil diapazons, maSin sakiTxi dgeba mimdinare reJimebis koreqciaze, rac unda ganxorcieldes operatiuli personalis mier situaciur mdgomareobaTa subieqtur-xarixobrivi aRweris deskrifciuli modelebis safuZvelze, dabalansebis principis gamoyenebiT, operatiuli marTvis gadawyvetilebebis mixedviT.

q. Tbilisis rTuli da marTvis TvalsazrisiT mravaldoniani wylis miwodebis da ganawilebis bistemis maxasiaTebel-maregulirebeli parametrebis Sesabamisad realur drosa da sivrcesi xorcieldeba arsebuli funqciuri sqemis operatiuli marTva. es amocana dRes garkveul aramwarmoeblur danaxarjebTanaa (eleqtroenergiis gadaxarjva da Warbi dawnevebis Seqmna wylis gadaxarjviT) dakavSirebuli, vinaidan praqtikaSi ar iyeneben operatiuli marTvis damxmare efeqtur instrumentul saSualebebs (igulisxmeba kompiuteruli mrCeveldamxmare sistema).

q. Tbilisis wylis miwodebisa da ganawilebis sistemaSi gamosayeneblad damuSavebulia operatiuli marTvis scenarebis modelirebisa da analizis meTodi, romelic efuZneba e.w. G qselebis imitacur modelirebas. aq dargis eqspertis codnis bazaze dafuZnebulia modeli, romelic Tavis TavSi moicavs e.w. imitaciuri modelirebis sistemas da mniSvnelovnad amcirebs modelirebis procesis kompleksur RonisZiebaTa (modelis aRwera, modelis imitaciuri gaTvla, maregulirebeli parametrebis cvlileba da a.S.) Catarebasa da imave dros warmoadgens mkvlevar-dispetCeris da sistemis Tanamoqmedebis reJims,G qselisgan gansxvavebiT SemoTavazebulia wylis miwodebisa da ganawilebis sistemis analizis Sesabamisi codnis baza da misi warmodgenis safuZvlebi, romelic emyareba operatiul-sadispetCero marTvis ganxorcielebas e.w. `aramkafio logikuri regulatoris~ gamoyenebiT (5sb.4). am regulatoris gamoyenebiT, romelic warmoadgens aramkafio algoriTms, xorcieldeba logikuri wesebis modifikacia, raTa wyliT uzrunvelyofis samarTavi procesi icvlebodes mxolod dasaSveb sazRvrebSi. aseTi saxis aramkafio algoriTmis gamoyenebis SemTxvevaSi gansaxilveli funqciuri sqema (an sqemis erToblioba) erTi Sesasvleli da erTi gamosavleli funqciiT xasiaTdeba, amave dros mxedvelobaSi ar miiReba sqemaSi arsebuli gardamavali procesebi. aseTi saxis algoriTmebis gamoyenebam farTo gamoyeneba hpova realuri sainJinro sistemebis operatiul marTvaSi (sadac tradiciuli maTematikuri modelebiT da meTodebiT adeqvaturi aRweris SesaZleblobebi gaZnebulia) operator-dispetCeris gamocdilebis formalizaciisa da modelirebis procesSi. Sedegad, operatiuli marTvis strategia prioritetulad gamomuSavdeba operatoris mier, romelic marTvis gadawyvetilebaTa miRebisaTvis iyenebs aramkafio logikas aramkafio logikuri regulatoris saxiT(5sb.4)..

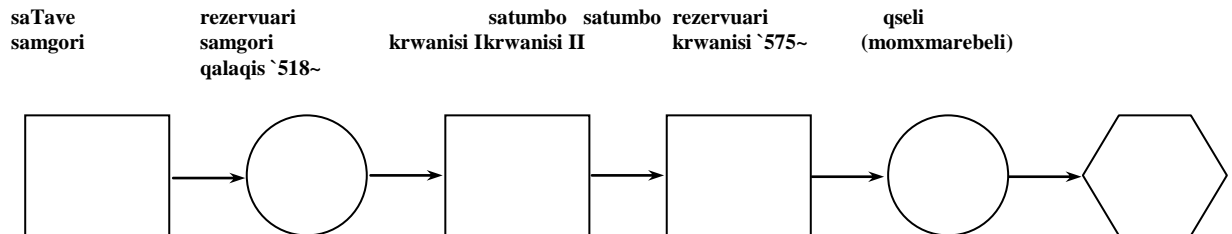
moviyvanoT aramkafio logikuri regulatori agebisa da gamoyenebis Taviseburebani, wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis operatiul marTvaSi: vTqvaT A procesis situaciur mdgomareobaTa aRmweri parametria, romelic formalizebulia aramkafio saxis A qvesimravleebSi parametrTa SesaZlo U mniSvnelobebis velSi, xolo B da C marTvis zemoqmedebis mniSvnelobebia, romlebic formalizdeba aramkafio saxis B da C

qvesimravleebSi V zemoqmedebis dros. maSin sakvlevi procesis operatiuli marTvis algoriTmi SeiZleba warmodgenil iqnes iseTi saxiT, sadac TiToeuli aseTi gamosaxuleba UxV sivrceSi ayalibebs $R_i = (A_i \cdot B) \cup (B_i \cdot C_i)$ damokidebulebas. aq U, X – Sesabamisad gaerTianebis, uaryofis da dekartis namravlis operaciebia. aseT SemTxvevaSi sakvlevi procesis damaxasiaTebelad zusti maTematikuri modelis agebis saWiroeba aRar dgeba, aramed sruliad sakmarisia procesdamaxasiaTebeli parametrebis (dawnevebi, rezervuarebSi wylis dgomis simarleebi da a.S.) Sesabamisad Sesasvleli da gamosasvleli mdgomareobebis maxasiaTebeli sidideebis miaxloebiTi warmodgena gansaxilveli funqcionaluri sqemis (an sqemaTa erTobliobis) Sesabamisad. aramkafio logikuri regulatoris struqturuli sqema mocemuli me-4 naxazze:



ბაქ.4`არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის~ პრინციპის გამოყენება ვალმომარაგების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვაში(ვლიტ უზრუნველყოფის დამყარებულ ტექნოლოგიურ პროცესში).

ganvixiloT q. Tbilisis wylis miwodebisa da ganawilebis funqciuri sqemis erT-erTi qvemarSrutis xarixobrivi-kritikuli Sefaseba samgoris saTave nagebobebis mdgeni elementebis mixedviT da marTvis koreqciis ganxorcielebisaTvis warmovadginoT gadawyvetilebis miRebis procedura:



nax. 5 q. .Tbilisis wyalmomaragebis sistemis qvemarSrutis

nax. 5-is mixedviT mocemuli qvemarSrutis formaluri aRwera iqneba:

(saT. samg. rez. samgori qalaqis `518` (0,5-4) sat. krwanisi I (50-70) sat. krwanisi II (145-150) rezervuari krwanisi `575~ (0,5-4) ⇒ (qseli).

am sqemis mdgeni elementebis mixedviT situaciur mdgomareobaTa subieqt-xarixobrivi Sefasebis deskripciuili tipis modelebi Caiwereba Semdegnairad:

$d_{saT.sam.}$ (aiReba `kargi~ xarixobrivi Sefasebis mdgomareobis mixedviT);

$$d_{rez.sam.qal.`518~} = \exp\left[-\exp\left(0,7583 - 0,5645H_i^{rez.sam.qal.`518~}\right)\right]$$

$$d_{sat.kr.w.I} = \exp\left[-\exp\left(5,416 - 0,0988H_i^{sat.kr.w.I}\right)\right]$$

$$d_{sat.kr.w.II} = \exp\left[-\exp\left(57,78 - 0,3952H_i^{sat.kr.w.II}\right)\right]$$

$$d_{rez.kr.w.`575~} = \exp\left[-\exp\left(0,7583 - 0,5645H_i^{rez.kr.w.`575~}\right)\right]$$

funqcionirebadi sqemis situaciur-xarixobrivi mdgomareobis integrirebuli Sefaseba, romelic Seesabameba momxmarebelTa wylit uzrunvelyofis damyarebul process gamoiTv-leba rogorc mdgeni elementebis diferenciuil SefasebaTa namravlidan saSualo geomatriuli sidide:

$$D^{samg.} = \left[d_{saT.sam.} \cdot d_{rez.sam.`518~} \cdot d_{sat.kr.w.I} \cdot d_{sat.kr.w.II} \cdot d_{rez.kr.w.`575~} \right]^{1/5}$$

davuSvaT mdgeni parametrebis mniSvnelobebi realurad aRiniSneba Semdeg sazRvrebSi:

- samgoris saTave (`kargi~ xarixobrivi-kriteriuli Sefaseba);
- rezervuari samgori qalaqis `518~-is wylis dgomis simaRle _ 3,5 m;
- satumbo krwanisi I-is dawneva _ 52 m;
- satumbo krwanisi II-is dawneva _ 146 m;

- rezervuari krwanisi `575~-is wylis dgomis simaRle _ 0,9 m.

samodelo damokidebulebaSi aRniSnul parametrTa monacemebis CasmiT miiReba situaciuri mdgomareobis Semdegi integrirebuli xarixobrivi Sefaseba:

$$D_{\text{integr.}}^{\text{samg.}} = (0,8 \cdot 0,74 \cdot 0,27 \cdot 0,34 \cdot 0,28)^{1/5} = 0,433$$

aq $D_{\text{integr.}}^{\text{samg.}} = 0,433 \in [0,37 - 0,63] \rightarrow$ `damakmayofilebel~ situaciur mdgomareobas, magram realurad am sqemis me-3, me-4 da me-5 elementebi moiTxoven garkveul koreqcias `normalur reJimSi~ CarTvis mizniT, risTvisac viyenebT zemoT moyvanil bazur deskrifciul modelebs:

$$d_{\text{sat.kr.w.I}} = \exp\left[-\exp\left(5,416 - 0,0988H_i^{\text{sat.kr.w.I}}\right)\right] = 0,5$$

aqedan $H_{\text{sat.kr.w.I}}^{\text{koreq.}} = 58,53 \text{ m}$

$$d_{\text{sat.kr.w.II}} = \exp\left[-\exp\left(5,7,78 - 0,3952H_i^{\text{sat.kr.w.II}}\right)\right] = 0,5$$

aqedan $H_{\text{sat.kr.w.II}}^{\text{koreq.}} = 147,14 \text{ m}$

$$d_{\text{rez.kr.w.}^{\text{'575-}}} = \exp\left[-\exp\left(0,7583 - 0,5645H_i^{\text{rez.kr.w.}^{\text{'575-}}}\right)\right] = 0,5$$

aqedan $H_{\text{rez.kr.w.}^{\text{'575-}}} = 2 \text{ m}$

miRebuli koreqciis gaTvaliswinebiT mocemuli funqcionirebadi sqemis xarixobrivi-kriteriuli saerTo integrirebuli Sefaseba iqneba:

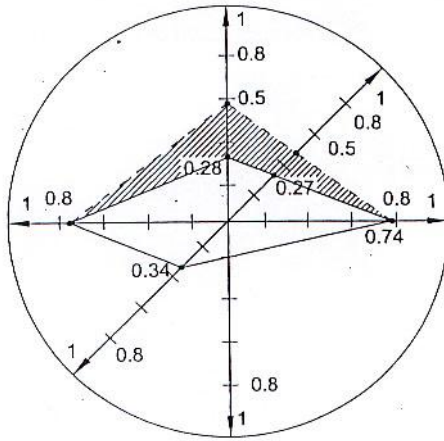
$$D_{\text{integr.}}^{\text{samg.koreq.}} = (0,8 \cdot 0,74 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5)^{1/5} = 0,594 \in [0,37 - 0,63]$$

operatiuli marTvis Teoriuli gaumjobesebis siRrme anu efeqti iqneba:

$$\Theta = \frac{D_{\text{integr.}}^{\text{samg.koreq.}} - D_{\text{integr.}}^{\text{samg.}}}{D_{\text{integr.}}^{\text{samg.}}} \cdot 100 = \frac{0,594 - 0,433}{0,433} \cdot 100 = 37,2\%$$

aRsaniSnavia, rom wyliT uzrunvelyofis procesis operatiuli marTvis xarixobrivi-kriteriuli integrirebuli Sefaseba igive $D \in [0,37 - 0,63]$ `damakmayofilebel~ areSi darCa operatiuli marTvis koreqciis Catarebis Semdegac, rac sarwmunoa.

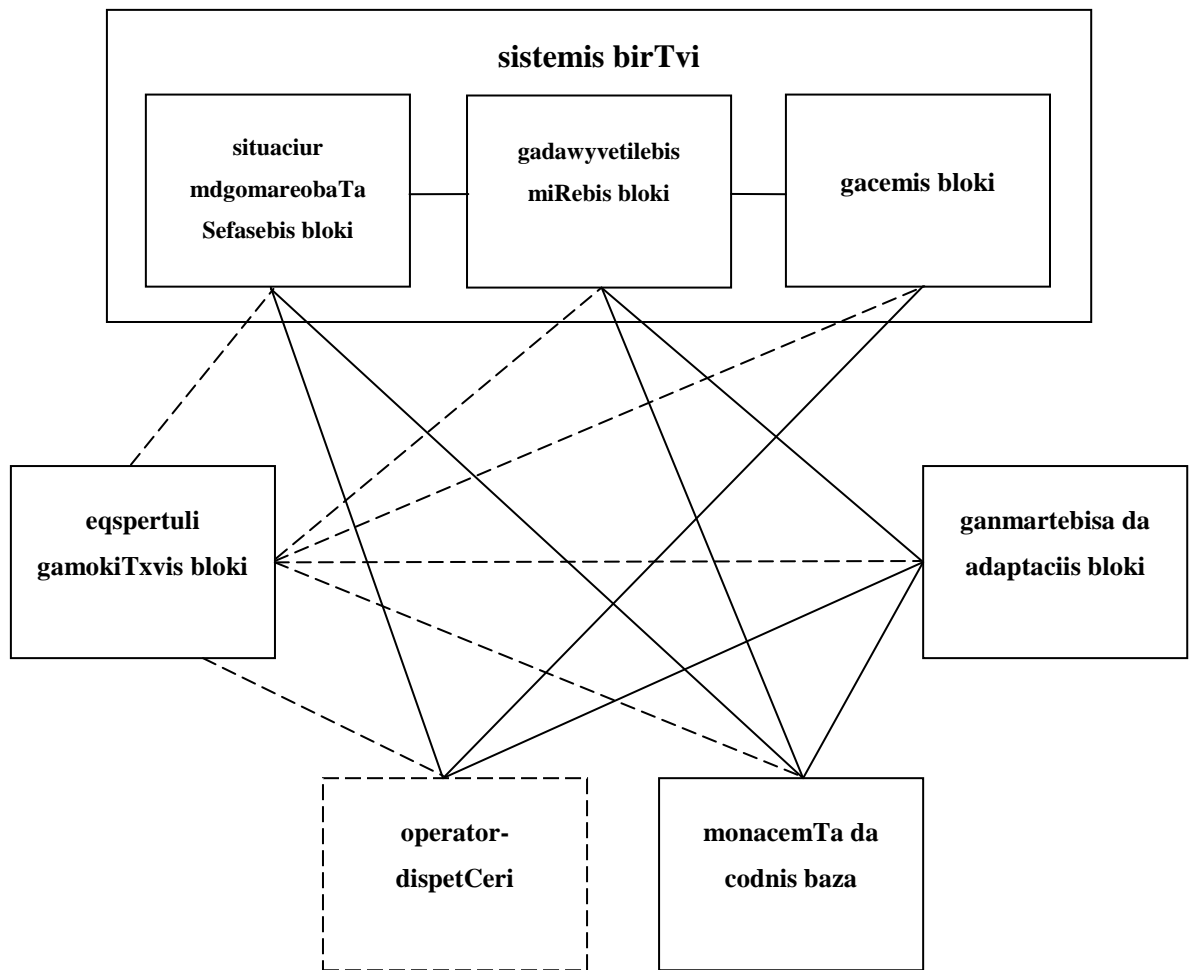
operatiuli marTvis Teoriuli gaumjobesebis siRrmis (efeqtis grafikuli ilustracia moyvanilia nax. 6-ze)



ნახ. 6 **q.** Tbilisis wyalsadenis samgori saTave nagebobebis erT-erTi qvemarSrutis operatiuli marTvis funqcionirebis xarixsis Sefasebis diagrama, SesaZlo koreqciis CvenebiT `damakmayofilebel~ kritikul areSi $D_{integr.}^{samg.korep.} \in [0,37 - 0,63]$, sadac daStrixuli are migvaniSnebs Teoriuli gaumjobesebis siRmes

q. zelenogradis (რუბეოი) marTvis avtomatizebuli sistemis funqcionirebis pirobebSi damuSavebuli momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis damyarebuli procesis operatiul-sadispetCero-koordinirebuli marTvis procesSi realizebadi instrumentuli saSualebebis, piezometruli dawnevebis centralizebuli regulirebis gamocdilebis gamoyenebis, piezometruli dawnevebis ganawilebis maTematikuri modelirebis safuZvelze da **q.** Tbilisis wylis miwodebisa da ganawilebis funqciuri sqemebis ubieqtur-xarixxobriv-kriterialuri Sefasebis bazuri maTematikuri modelebis mixedviT SeiZleba daproeqtdes **q.** Tbilisis wyalmomარაგების operatiul-sadispetCero marTvis damxmare-mrCevoli sistema. am sistemas eqneba personaluri damxmare sistemis saxe da is principlad gansxvavebuli iqneba **q.** zelenogradis wyalmomარაგების marTvis avtomatizebuli sistemis damxmare sistemisagan. es gansxvaveba ganpirobebulia imiT, rom **q.** zelenogradis sistemaSi damxmare sistemis funqcionireba agebulia piezometruli dawnevebis ganawilebis telegazomvis sistemis funqcionirebaze, romlis mixedviTაც realur droSi sadispetCerodan xorcieldeba dawnevebis centralizebuli wesiT regulireba. am teqnukur saSualebas dRes moklebulia **q.** Tbilisis sadispetCero samsaxuri, magram Tu gamoyenebuli iqneba wylis miwodebisa da ganawilebis funqcionirebadi sqemis subieqtur-xarixxobriTi Sefasebis SemoTavazebuli midgoma Sedgenili diskრიციული modelebis bazaze da zemoT aRwerili gadawyvetilebaTa miRebis damxmare sxva proceduruli wesebi da instrumentuli saSualebebi, maSin sadispetCero marTvis arsebul pirobebSi SesaZlebeli iqneba operatiuli marTvis damxmare sistemis ageba **q.** Tbilisis wyalmomარაგების istemisaTvis.

SemoTavazebul personalur damxmare sistemas SeiZleba ewodos -q. Tbilisis wyalmomargebis operatiul-sadispetCero marTvis gadawyvetilebaTa miRebis damxmare sistema.am sistemis struqtura mocemulia sqemaze:



Nnax.7q.Tbilisis wyalmomargebis operatiul-sadispetCero marTvis gadawyvetilebaTa miRebis damxmare sistemis struqturis blok-sqema

struqtura Sedgeba eqvsi ZiriTadi blokisagan: situaciur mdgomareobaTa Sefasebis bloki, gadawyvetilebaTa miRebis bloki, gadacemis bloki, ganmartebisa da adaptaciis bloki, monacemTa da codnis bazis bloki, romlebic warmoadgenen gadawyvetilebaTa miRebis damxmare personaluri sistemis birTvis aramkafio logikiT, xolo meeqvse bloki-eqspertuli gamokiTxvis bloki gankuTvnilia personaluri sistemis `awyobisaTvis~. awyobis reJimSi blokebis urTierTqmedeba asaxulia wyvetili xazebiT, xolo Sesaqmneli damxmare sistemis funccionireba eqspluataciis reJimSi uwyveti xazebiT. birTvSi Semavali calkeuli blokebis daniSnulebis instrumentuli saSualebebis da algoriTmebis Sesaxeb Sinaarsi gadmocemuli iyo wina TavebSi, romelTac gaaCniaT Semdegi daniSnuleba:

eqsperimentuli Sefasebis bloki gankuTvnilia situaciur mdgomareobaTa, gadawyvetilebaTa miRebis blokisa da Tavad eqspertuli blokis generaciisa da awyobisaTvis, agreTve interaqtiul reJimSi monacemTa da codnis bazis Seqmnisa da SevsebisaTvis.

ganmartebebisa da adaptaciis bloki sistemis momxmareblis moTxovnisamebr awarmoebis ama Tu im gamomuSavebuli gadawyvetilebis motivebis ganmartebas. ganmartebis nebismier etapze momxmarebels (operator-dispetCers) Taviis Sexedulebisamebr SesaZlebloba eZleva monacemTa da codnis bazis koreqtirebis, moaxdinos sakuTari Sexedulebisamebr situaciur damxmare sistemis adaptacia wori gadawyvetilebebis mixedviT.

monacemTa da codnis baza Sedgeba ramodenime ZiriTadi nawilisagan:

- niSan-Tvisebebisa da logistikuri cvladebis daxasiaTebs;
- marTvis gadawyvetilebebis daxasiaTebs;
- gadawyvetilebebs Soris damokidebulebis gansazRvra;
- marTvis gadawyvetilebebis gamoyenebaze SezRudvebi;
- konfliqtur da miznobriT etalonur situaciebs Soris Tavsebadobis gansazRvra;
- damxmare sistemis veqtoruli parametrebis aRwera.

amrigad, SemoTavazebuli instrumentuli saSualebis aramkafio logikiT q. Tbilisis wyalmomaragebis operatiul sadispetCero marTvis damxmare sistemis agebis realur safuZvlebs qmnis, romlis mixedviTac SesaZlebeli iqneba gadawyvetilebaTa SemuSavebisada miRebis procesis kontroli, maTSi operatiuli marTvis Sesabamisi koreqciis Setana da a.S., rac minimumamde daiyvans SesaZlo subieqturi xasiaTis Secdomebs da mniSvnelovnad Seamcirebs sistemaSi SesaZlo aramwarmoeblur da saeqspluataciur danaxarjebis (eleqtro energiis wylis awevaze, wylis xarjebis da a.S.).

3.3 wylis miwodebisa da gadanawilebis sistemebis rTuli ierarqiuli sqemebis funqcionirebis xarisxis kompleqsuri Sefaseba operatiul-dispetCerul-koordinirebuli marTvis procesSi (operatiuli Sefasebisa da prognozirebiszogadi modelis programis Sedgena deskripciuli modelirebis safuZvelze - sademonstracio magaliTi).

H1=41 , d kargi_{cudi}=0.8

H2=35, d cudi_{cu}=0.2

A=({ {1, H1}, {1, H2} });b={1.5,-0.476}

s=LinearSolve[A,b]

{1.5,-0.476}

{-12.0027,0.329333}

d[H_]:=Exp[-Exp[-s[[1]]-s[[2]]*H]]

d[H1]=0.800011

d[H2]=0.199963

b1=-Log[Log[1/d[H1]]]

b2=-Log[Log[1/d[H2]]]

b1=1.5

b2=-0.47

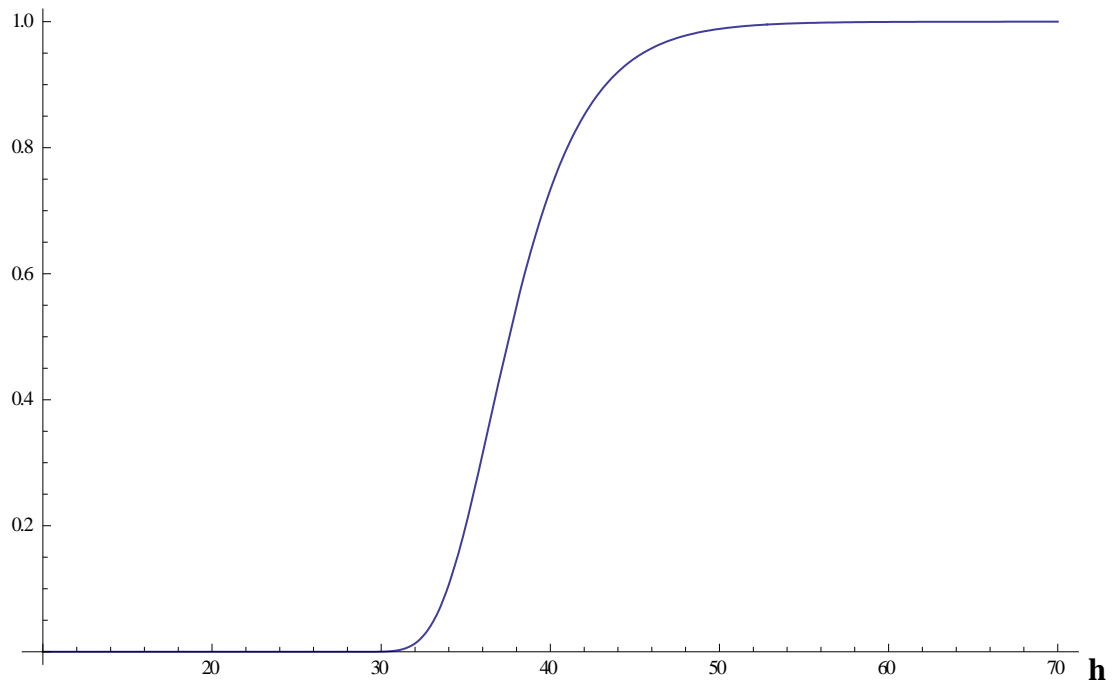
A=({ {1, H1},{1, H2} });b={b1,b2}

s=LinearSolve[A,b]

{1.5,-0.476}

{-12.0027,0.329333}

Plot[d[H], {H,10,70}]

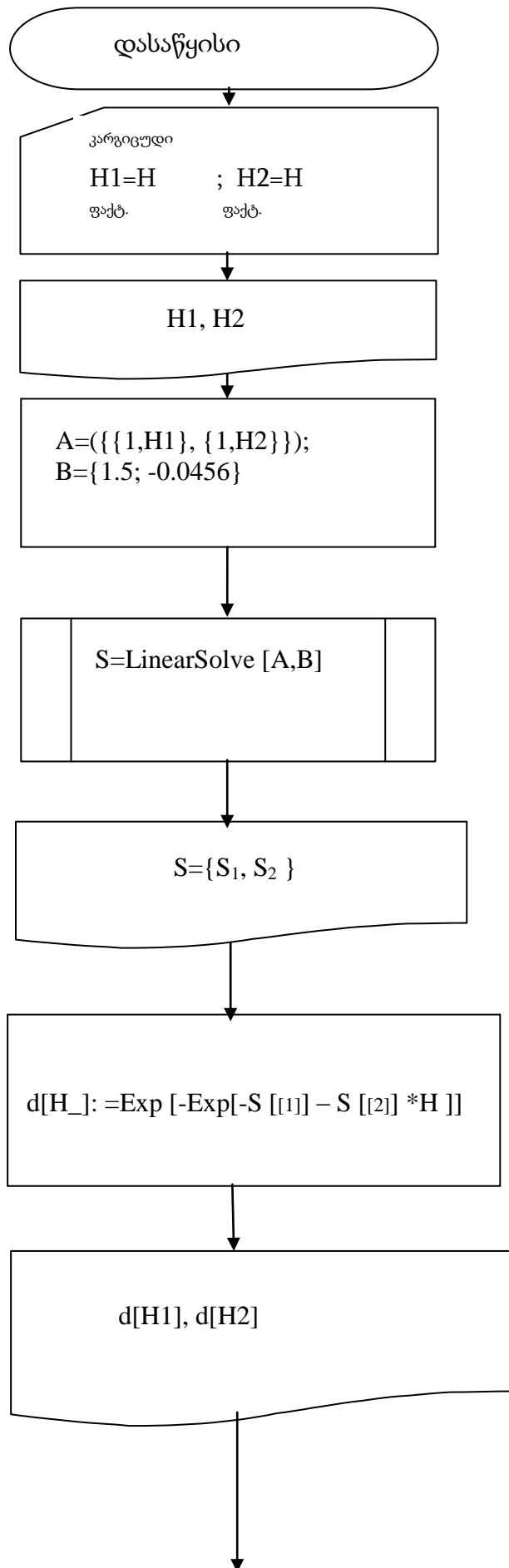


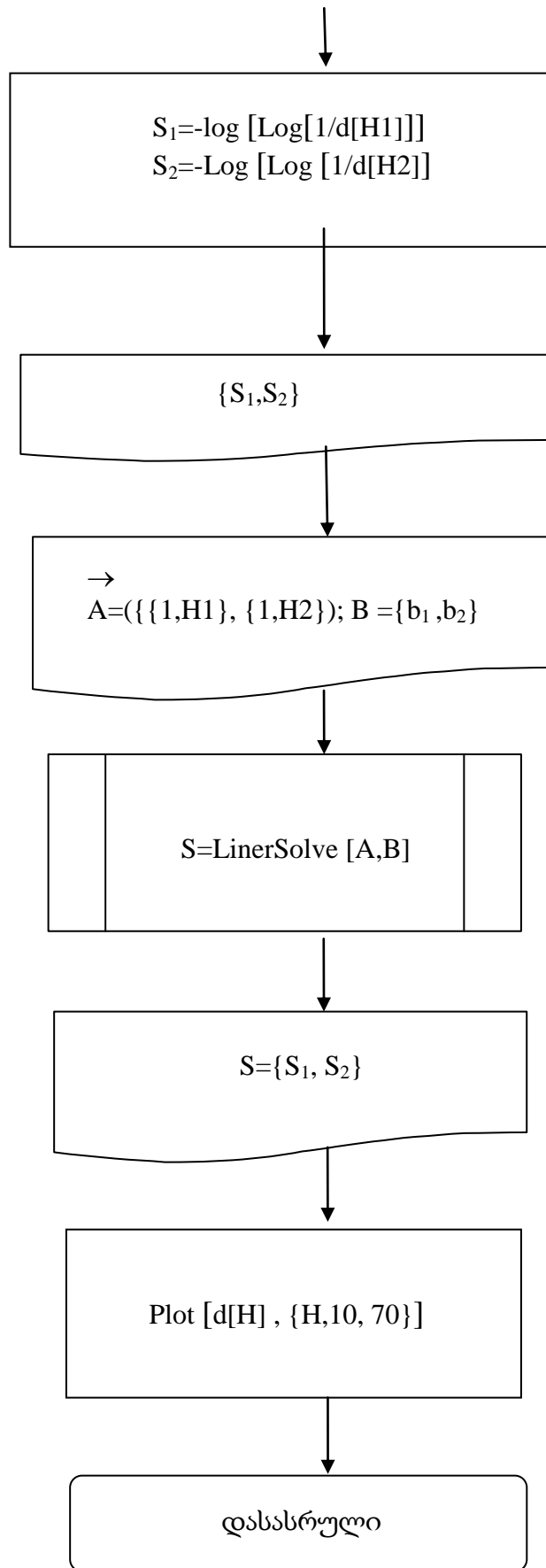
nax. 8 wyalmomargebis qselSi fiqsirebuli faqtobrivi dawnevebis operatiuli Sefasebisa da prognozirebis procesis modelirebis xarisxobrivi -kriteriuli Sefasebis uganzomilebo skala

3.4. wyalmomargebis sistemebis operatiul-sadispetCero marTvis gadawyvetilebebis miRebis kompiuteruli programis blok-sqemis aRwera momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis damyarebul procesSi fiqsirebuli dawnevebis Sefasebisa da prognozirebis Sesabamisad

wyalmomargebis sistemebSi momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis, realuri drois Sesabamisad, operatiul-sadispetCero marTvis gadawyvetilebebis miRebis problemis gadasaWrelad SeiZleba Semdegi literaturuli wyaroebis gamoyeneba [1-36].

operatiul-sadispetCero marTvis kompiuteruli programis blok-sqema Sesabamisi aRweriT moyvanilia nax.9 -ze:





bloki 2 _ H_1, H_2 sawyisi monacemebisSetana, sadac $H_1 = H_{faqt.}^{kargi}$, $H_2 = H_{faqt.}^{cudi}$.

bloki 3 - H_1, H_2 beWdva.

bloki 4 _ wrfiv algebrul gantolebaTa sistemis Sedgena, sadac B, B _ sistemis marjvena mxarea, A _ ucnobebis koeficientebis mier Sedgenili matricaa, romelSic Sedis $H_1 = H_{faqt.}^{kargi}$, $H_2 = H_{faqt.}^{cudi}$, xolo $S = \{S_1, S_2\}$ ucnobebia.

bloki 5 _ wrfiv gantolebaTa sistemis amoxsna S_1 da S_2 _ ucnobebis mimarT.

bloki 6 _ $S_1 S_2$ amonaxsnebis beWdva.

bloki 7 _ modelis ZiriTadi-funqciis gansazRvra (analizuri saxiT Cawera).

bloki _ 8 $d[H]$ _ funqciis mniSvnelobebis gamoTvla H_1 , da H_2 _ argumentis mniSvnelobisTvis da beWdva

bloki 9_13 zogadi modelis Semowmeba.

kerZod:

bloki _ 9 S_1 da S_2 -is gamoTvla _ $d[H_1]$ da $d[H_2]$ parametrebis gamoyenebiT;

bloki _ 10 _ S_1 da S_2 -is mniSvnelobebis beWdva;

bloki _ 11 axali wrfivi gantolebis sistemis Sedgena;

bloki _ 12 axali sistemis amoxsna;

bloki _ 13 axali sistemebis amonaxsnis beWdva;

bloki _ 14 xarisxobrivi Sefasebis funqciis $d[H]$ -is ageba

Tavi 4. walmomoragebis sistemSi, realuri drois Sesabamisad, momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis saimedobis donis amaRlebis sakiTxebi

momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis normaluri (moTxovnil) donis SenarCuneba realuri drois masStabSi warmoadgens walmomoragebis sistemis ZiriTad funqcias. am amocanis Sesasruleblad, mobilizirebulia misi mdgeni teqnikiuri elementebi (walmimRebebi, gamwmendi sadgurebi, satumbi sadgurebi, rezervuarebi, wyaldenebi da a.S.) da maTi momsaxure personalis saqmianoba (SevniSnavT, rom realuri drois masStabSi walmomoragebis sistemis eqspluatacia aucileblad moiTxovs kvalificiuri momsaxure personalis dasaqmebasa da maT mier funqciur elementebze Sesabamisi zedamxedvelobis ganxorcielebas). amasTan dasaqmebuli specialistebis profesionaluri mcdelobebi damyarebuli eqspluataciis procesSi nebismier situaciur mdgomareobaSi mimarTulia momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis procesis normaluri msvlelobisa da misi muSaobis reJimis riTmulobis SenarCunebasTan (maT Soris, araerTgvarovan avariul an winaavariul situaciebSi) - swored aRniSnuli garemoebani ganapirobebs wylis miwodebisa da ganawilebis sqemebisa da mTlianad walmomoragebis sistemis funqcionirebis xarisxis situaciur daxasiaTebas [14,34,35].

aRsaniSnavia, rom SeuZlebelia winaswar ganisazRvros momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis mdgomareoba masze moqmedi dominirebuli Sida da gare faqtorebis qaoturi zemoqmedebis gamo. amitom walmomoragebis sistemebSi momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiur process aqvs „bundovani“ (aramkveTri) da rTuli, umarTavi xasiaTi. amasTan gansakuTrebuli problemebi warmoiSveba operatiul-sadispetCero subieqturi marTviTi gadawyvetilebebis SerCevisas, romlebic Tavis mxriv aseve xasiaTdebian fiqsirebuli situaciebis gansazRvrebata bundovanobiT. es SeiZleba imiT aixsnas, rom momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesi, rogorc aseTi, ar eqvemdebareba pirdapir Sefasebas romelime erTi fizikuri parametriT, am procesze SeiZleba arapirdapiri dakvirvebis moxdena da vizualuri analizis wamroeba. konkretuli situaciis pirobebSi momsaxure personali aanalizebs sistemisa da misi calkeuli elementisgan miRebul informacias: realurad ganxorcielebul xarjebis, Cavardnebs, avariebTan dakavSirebul SemTxvevebs da agreTve im adamianTa mmarTvelobiT qmedebebTan dakavSirebul monacemTa damuSavebas, romlebic sargebloben arapirdapiri, magram gamocdilebis aqtiuri maCvenebliT - wyliT

uzrunvelyofis procesis xarisxis mdgomareobis Sesafaseblad, sistemis romelime qvejgufebSi. aseTi maCvenebeli SeiZleba iyos dawnevis fiqsirebuli sidideebi, romlebic izomeba qselis sivrciT sakvanZo-maxasiaTebel wertilebSi da sxva moqmed funqciur elementebSi (rezervuarebSi wylis dgomis simaRle, satumbo sadgurebis mier ganviTarebuli dawneva da sxva). eqsploataciis tradiciuli meTodebiT TiToeuli dakvirvebis wertilis ganlageba unda asaxavdes mocemul regionSi momxmarebelTa SesaZlo dakmayofilebis donis obieqtur suraTs an is SeiZleba gamoyenebul iqnas rogorc moqmed sistemaSi mdgomareobis dasaSvebobis maCvenebeli. momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis xarisxis Sefasebis moxerxebulobisTvis sxvadasxva regionSi, saWiroa mmartvelobiTi gadawyvetilebebis miRebis procesis organizeba.

sayuradRebo iqneba moqmedi wyalmomaragebis sistemis magaliTze q. zelenogradi (ruseTi), romelic funqcionirebs martvis avtomatizebuli sistemis pirobebSi, davaxasiaToT misi funqcionirebisa da momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis normaluri msvlelobis dinamikis suraTi operatiul-sadispetCero martvis procesSi realuri drois Sesabamisad [10,11,12,15,19]. am sistemaSi, Sesabamisi teqniki saSualebebis, komunikaciebisa da avtomatizaciis arsebobis SemTxvevaSi, SesaZlebelia qselis sakarnaxo-maxasiaTebel kvanZebSi dawnevis centralizebuli regulireba decimetrebis farglebSi da aseve funqcionaluri elementebis muSaobis reJimebis koreqtireba sakmaod viwro diapazonSi (aseve decimetrebSi).

wyalmomaragebis sistemebisTvis, rogorc droiT-sivrciT ganawilebiTi sistemebisTvis, problemis gadawyvetisas momxmarebelTa wyalmomaragebis donis saimedobisa da efeqturobis asamaRleblad, tradiciuli aparatebis garda (albaTobis da sistemuri Teori midgomis), saWiroa aseve damatebiT iqnas moqiduli ukve araklasificirebuli Teoriuli meTodebis analizis sxva formaluri aparatebi (arazust simravleTa da SesaZleblobaTa Teoria, romelic SeimuSava amerikelma mecniერma I. zadem da disonansebis Teoriebi, romlebic wamoayena cnobilma qarTvelma fsiqologma d. uznaZem) [15]. analizis SemoTavazebuli instrumentebi gankuTvnilia „adamianis msgavsi“ intelektualuri subieqturi mosazrebebis da motivaciis martvis procesebis imitirebisTvis, romelic nakarnaxebia subieqturi mosazrebebis imitaciis aucileblobiT motivebis warmoSobis, azrTa da mizanTa warmoSobis procesebSi, rac gansakutrebiT mniSvnelovania adamianis intelektualuri gadawyvetilebebis mxardaWeris saSualebis saxiT kompiuterTan misi dialogis procesSi.

amgvarad, dasaxuli problemis sruli gadawyvetisaTvis gamoiyeneba Tanamedrove informaciis rogorc araformaluri, ise - formaluri Teoriuli meTodebi. am meTodebis

gamoyenebis safuZvelze, SesaZlebeli xdeba gadawyvetilebis miReba araerTgvarovan naxebradempiriul amocanasTan dakavSirebiT, aseve momxmarebelTa wyalmomaragebis kvazistoqastikuri procesis efeqturi kontroli, saimedobis donis amaRlebis pirobebisa da saerTo efeqturobis pirobebSi.

wyalmomaragebis realuri sistemebis momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis saimedobisa da efeqturobis donis amaRlebis dasaxuli problemis farglebSi, unda gadawydes amocanaTa Semdegi kompleqsi:

*gamokvleul iqnas mmarTvelobiTi gadawyvetilebebis miRebis mxardamWeri inteleqtualuri „mrCevoli“ sistemebis gamoyenebis SesaZlebloba wyalmomaragebis rTul inJinerul sistemebSi;

*SemuSavebul iqnas wyalmomaragebis sistemebis momxmarebelTa wylis miwodebis procesis operatiuli kontrolis modelirebisa da SerCevis strategiebis teqnoologia;

*moxdes momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis diagnostikur-mmarTvelobiTi saeqsperto inteleqtualuri sistemebis SemuSaveba da danergva;

*SemuSavebul iqnas wyalmomaragebis sistemebis (wylis miwodebis qsels, satumbi sadgurebis, rezervuarebisa da a.S.) elementebis funqcionirebis xarixsis, efeqturobisa da TviTSeTanxmebulobis kvlevis eqperimentaluri meTodebi.

dReisaTvis xelovnuri inteleqtis gamoyenebiTi sistemebi da marTvis inteleqtualuri sistemebis safuZvlebis agebis axali midgomebi [1, 2] wyalmomaragebis sistemebis momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis donis saimedobisa da efeqturobis amaRlebasTan dakavSirebul amocanaTa dasaxuli kompleqsis gadawyvetis saSualebas iZleva, ris TvalsaCino nimuSsac warmoadgens wyalmomaragebis warmatebiT funqcionirebadi sistema q. zelenogradSi.

sayuradReboa aRweril iqnas q. zelenogradis wyalmomaragebis sistema, romelic rogorc aRvniSneT funqcionirebs marTvis avtomatizebuli sisteis pirobebSi. aq wyalmomaragebis sistema Sedgeba cxra wyalgamtari kvanZisgan, romlebic wyals arteziuli Webidan iReben da awvdian erTian wriul qsels. sistema muSaobs principiT „satumbi sadguri - momxmarebeli“, romelic xorcieldeba teqnologiuri procesis marTvis avtomatizirebuli sistemis operatiul-sadispetCero farglebSi. am sistemaSi erTiani teqnologiuri procesis marTva Semdegnairad xorcieldeba [15]:

***arsebuli gadamwodebis sistemiT sruldeba wnevis kontroli sistemis aT maxasiaTebel wertilSi da xarjis kontroli satumbi sadgurebis gamosavlelebSi;**

***sistmaSi wylis miwodeba satumbi sadgurebisTvis regulireba;**

***sadispetCeroSi sruldeba mTlian qalaqisTvis teqnikur-ekonomikuri mCveneblebis gaangariSeba (eleqtroenergiis kuTri moxmareba, erT macxovrebelze wylis kuTri moxmareba dRe-Ramis ganmavlobaSi).**

***Sedegad, q. zelenogradis magaliTze [15,19], dasturdeba wyalmomaragebis sistemis funqcionirebis xarixis saimedooobisa da efeqturobis amaRlebis SesaZlebloba momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis msvlelobis pirobebSi. am sistemis dadebiTi gamocdileba SeiZleba dainergos saqarTvelos qalaqebis (Tbilisi, baTumi da sxva) praqtikaSi, maTSi avtomatizebuli marTvis sistemis ganxorcielebis SemTxvevaSi.**

4.1. saeqsperto Sefasebebis safuZvelzewyalmomaragebis avtomatizebuli marTvis sistemis efeqturobis kvleva

wyalmomaragebis marTvis Tanamedrove avtomatizebuli sistemebi unda akmayofilebdes moTxovnaTa mTel kompleqss, romlebic xSirad erTmaneTs ewinaaRmdegeba. amasTan, warmoiSva kvlevis qveS arsebuli sistemebis wamoyenebul moTxovnebtan [9,13,22,25,27,31] Sesabamisobis donis kompleqsuri Sefasebis meTodebis SemuSavebis aucilebloba.

amgvარი Sefasebebi gansakuTrebul mniSvnelobas iZens wyalmomaragebis avtomatizebuli marTvis sistemebis kvlevis etapze, radgan swored saangariSo monacemebis analizi izleva moqmedi sistemebis funqcionirebis im variantebis SerCevis saSualebas, romlebic uzrunvelyofen eqspluataciis procesSi micemuli funqciebis maqsimalurad da efeqturad Sesrulebas [1,2].

sistemis Tvisebebis zogadi daxasiaTebisTvis gamoiyeneba efeqturobis cneba. sistemis efeqturobis qveS igulisxmeba dasaxuli amocanebis Sesasruleblad. maxasiaTebeli Tvisebebis mTlianoba, romelic sistemis morgebulobis dones afasebs gansazRvruli formiT. wyalmomaragebis avtomatizebuli marTvis sistemebis funqcionirebis efeqturoba umetes SemTxvevaSi xasiaTdeba raodenime maCveneblit, kerZod [9, 15]:

*sistemis efeqturoba ganxilavs Tvisebebis faqtiur erToblivobas, romelTagan TiToeuli xasiaTdeba efeqturobis sakuTari maxasiaTeblebit;

*wyalmomaragebis didi da rTuli avtomatizebuli marTvis sistemebi cakle qvesistemebisgan Sedgeba, amasTan nebismieri amaTgani fasdeba efeqturobis gansazRvruli maCveneblebit;

*rogorc wesi, wyalmomaragebis avtomatizebuli marTvis sistemebi sxvadasxva reJimebSi muSaoben, romlebic Sesabamisad marTvis sxvadasxva xasiaTis amocanebs xsnian. amasTan TiToeuli am reJimTagani xasiaTdeba efeqturobis sakuTari maCveneblebit.

aRniSnul qveTavSi warmovadgenT efeqturobis maCveneblebs gansazvruli funqcionalebis formiT, romlebic damokidebulia sakvlevi parametrebis mniSvnelobebze. amasTan, sistemis parametrebis qveS moiazreba parametrebi, romlebic axasiaTeben calke elementebisa da mTlianad sistemis funqcionirebis xarisxs - saimedobas, Rirebulebas, wonas, gabaritebs, energomoxmarebasa da sxva Tvisebebs. igive jgufs ganekutvneba programuli da sainformacio uzrunvelyofis sxvadasxva raodenobrivi maxasiaTeblebi.

marTvis avtomatizebuli sistemis parametrebis maCveneblebis erToblioba avRniSnoT q_i ($i=1,2,\dots,n$) da mas SeusabamoT n -ganzomilebiani sivrcis Sesabamisi wertili. aSkaraa,

rom miTiTebuli garemoebebis gamo, saWiroa mocemuli parametrebis (q_1, q_2, \dots, q_n) mniSvnelobaTa erToblioba ganvixiloT, rogorc n-ganzomilebiani SemTxveviTi veqtori q . am veqtoris koordinatebs SeuZliaT miiRon iseTi mniSvnelobebi QQ-s simravlis raime aredan, romlebic ganisazRvreba utolobebiT:

$$q_{i\min} \leq q_i \leq q_{i\max}, \quad i=1, 2, \dots, n$$

Tu gaviTvaliswinebT, rom sistemis sturqtura mocemulia, maSin \mathfrak{E}_p -s efeqtuorbis maCveneblebi SeiZleba warmodgenil iqnas q_i funqciebis parametrebis saxiT, anu

$$\mathfrak{E}_p = f_q(q_1, q_2, \dots, q_n), \quad p=1, 2, \dots, m$$

Sesabamisad, $\mathfrak{E}_1, \mathfrak{E}_2, \dots, \mathfrak{E}_p, \dots, \mathfrak{E}_m$ mniSvnelobaTa mTlianoba ganxilul unda iqnas, rogorc m sistemis sidide, an rogorc m-ganzomilebiani veqtori, romelic ganisazRvreba raime struqturis wyalmomaragebis avtomatizebuli marTvis sistemis SemTxvevaSi.

wyalmomaragebis sxvadasxva avtomatizebuli marTvis sistemis efeqtuorbis kriteriumebis safuZvelze gadawyvetilebebis SerCeva SeiZleba ganxorcieldes avtomaturad marTvadi sistemebiT, calke pirebis an adaminianTa jgufebis mier, aseve adamianisa da marTvis mowyobilobebis mier (sistema: adamiani-manqana), romlebic erTiandeblian da moisazrebian wyalmomaragebis avtomatizebuli marTvis sistemaSi.

aq SeiZleba gamoyenebul iqnas: efeqtuorbis pirobiTi kriteriumebi -mkacri prioritētis principze dafuZnebuli kriteriumebi, romlebic efuZneba moqnili prioritētis princips da sxv. efeqtuorbis yvela es kriteriumi garkveuli zomiT subieqturia da maTi SerCevisa da formulirebisas daSvebulia gansazRvruli subieqturi midgoma. amasTan, pirobiTi kriteriumebis dasabuTebs, da aseve efeqtuorbis ganzogadebuli maCveneblebis SerCeva, umetes SemTxvevaSi, xdeba saeqsperto Sefasebebis safuZvelze, romlebic eqspertTa erTi jgufis an ramodenime jgufis gamokiTxvis Sedegebis monacemTa damuSavebis gziT miiReba.

eqspertTa poziciebis SeTanxmebis tradiciul meTods warmoadgens diskusiis Catareba, romlis Sedegadac SemuSavdeba gadawyvetilebaTa miRebis saerTo azri. amasTan, amgvar midgomas mTeli rigi xarvezebi axasiaTebs. magaliTad, ama Tu im gadawyvetilebis miReba umetes SemTxvevaSi aixsneba calke eqspertebis msjelobis damajereblobiT- imiT, rom maT ar aqvT survili uari Tqvan adre gamoTqmul mosazrebaze da aseve rigi sxva fsiqologiuri faqtoriT.

delfis meTods ar gaaCnia amgvary xarvezebi. is gulisxmobs gamokiTxvaTa saguldagulod SemuSavebuli programebis ganxorcielebas, romlebic umetes SemTxvevebSi tardeba anketebis gamoyenebiT [15]. da bolos, unda aRiniSnos, rom wyalmomaragebis avtomatizebuli marTvis sistemebis efeqturobis kvleva eqspertebis daskvnebis safuZvelze mizanSewonilia ama Tu im meTodis gamoyenebiT, romlebic moicavs da emyareba $\Delta_1, \Delta_j, \dots, \Delta_n$ sistemebis efeqturobis maCvenebelTa erToblivobas. Sedegebi d maTi gansja

5. Sedegebi da maTi gansja

wyalmomaragebis sistema unda daeqvemdebaros marTvis iseT strategias, romelic orientirebuli iqneba sistemur-logistikuri marTvis Tanamedrove teqnologiebisa da meTodologiuri midgomebis gamoyenebasze. kerZod, aseT SemTxvevaSi wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionireba daemyareba rogorc erTiani logistikuri organizaciis sameurneo-saaboneto-servisuli xasiaTis amocanebis, aseve realuri drois Sesabamisad momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis normaluri teqnologiuri procesis SenarCunebas operatiul-sadispetCero marTvis pirobebSi [15,19].

aRniSnul konteqstSi wyalmomaragebis moqmed sistemebSi sistemur-logistikuri organizaciis meTodologiuri midgomis aspeqtების gamoyeneba gamiznulia Tavad wyalmomaragebis sistemis operatiul-sadispetCero marTvis efeqtur organizaciasTan kompiuteris gamoyenebasa da momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis SenarCunebisTvis, rac Sedegad, realuri drois Sesabamisad, momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis normaluri procesis msvleloba-SenarCunebis garantias iZleva.

wyalmomaragebis sistema (ise rogorc sxva nebismieri teqnikiuri sistema) im struqturiT xasiaTdeba, romelic mis calkeul elementebS Soris damokidebulebebsa da kavSirebs ganapirobebs. am sistemis elementebS Soris stuqturiT SeTaxmebuli funqcionireba qmnis miznobriv process - es aris sistemis funqcionirebis procesi. rogorc

wesi, teqnikuri sistemis (da misi elementebis) funqcionireba drois mocemul $[0, T]$ intervalSi raime saboloo miznis miRweviskenaa mimarTuli. mocemuli miznis miRwevis warmatebuloba (efeqturoba) umetes wilad damokidebulia ori ZiriTadi amocanis swor gadawyvetaze: sistemis organizaciul stuqturasa da elementebis funqcionirebis optimaluri reJimebis SerCevaSi [15].

aRniSnuli sistemebi „adamiani - manqana“ klasis sistemebis miekuTvnebian da misi funqcionirebis yvela aspekti ar eqvemdebareba formalizacias. amitom mocemul qveTavSi ganxiluli iqneba mxolod sistemis algoriTmuli modelebi. teqnikuri sistemebi Sedgebian ori urTierTdakavSirebuli ZiriTadi nawilisagan: teqnologiuri da gadawyvetilebaTa miRebis sistemebi (marTva), romlebic erToblivi muSaobis procesSi informaciis nakadebiT mudmivad axldebian.

aseTi saxis sistemebis optimaluri funqcionireba SeuZlebelia marTvis procesis normatiuli algoriTmuli modelebis organizaciis gareSe, algoriTmuli sqemebis erTiani simravle, formalizebuli procedurebi da wesebi, romlebic teqnologiuri procesis mowesrigebis da nebismieri sawyisi mdgomarebidan mis „normasTan“ miyvanis saSualebas iZleva (e.w. „norma“ Seesabameba procesis idealur warmodgenas). norma SeiZleba iyos sistemis erTaderTi an SezRuduli simravlis amsaxveli mdgomareoba. normatiuli algoriTmuli modeliT marTvis procesis yvela Tavisebureba unda iyos asaxuli, romelic dasaxuli miznis misaRwevad sistemis yvela elementis funqcionirebas moawesrigebs.

sistemis Tvisebebis zogadi daxasiaTebisTvis gamoiyeneba efeqturobis cneba. sistemis efeqturobis qveS igulisxmeba dasaxuli amocanebis Sesasruleblad. maxasiaTebeli Tvisebebis mTlianoba, romelic sistemis morgebulobis dones afasebs gansazRvruli formiT. wyalmomaragebis avtomatizirebuli marTvis sistemebis funqcionirebis efeqturoba umetes SemTxvevaSi xasiaTdeba raomdenime maCvenebliT, kerZod [15]:

*sistemis efeqturoba ganxilavs Tvisebebis faqtiur erToblivobas, romelTagan TiToeuli xasiaTdeba efeqturobis sakuTari maxasiaTeblebiT;

*wyalmomaragebis didi da rTuli avtomatizebuli marTvis sistemebi cakle qvesistemebisgan Sedgeba, amasTan nebismieri amaTgani fasdeba efeqturobis gansazRvruli maCveneblebiT;

***rogorc wesi, wyalmomargebis avtomatizebuli marTvis sistemebi sxvadasxva reJimebSi muSaoben, romlebic Sesabamisad marTvis sxvadasxva xasiaTis amocanebs xsnian. amasTan TiToeuli am reJimTagani xasiaTdeba efeqturobis sakuTari maCveneblebiT.**

momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis normaluri (moTxovnili) donis SenarCuneba realuri drois masStabSi warmoadgens wyalmomargebis sistemis ZiriTad funqcias. am amocanis Sesasruleblad, mobilizirebulia misi mdgeni teqnikiuri elementebi (wyalmimRebebi, gamwmendi sadgurebi, satumbi sadgurebi, rezervuarebi, wyaldenebi da a.S.) da maTi momsaxure personalis saqmianoba (SevniSnavT, rom realuri drois masStabSi wyalmomargebis sistemis eqspluatacia aucileblad moiTxovs kvalificiuri momsaxure personalis dasaqmebasa da maT mier funqciur elementebze Sesabamisi zedamxedvelobis ganxorcielebas). amasTan dasaqmebuli specialistebis profesionaluri mcdelobebi damyarebuli eqspluataciis procesSi nebismier situaciur mdgomareobaSi mimarTulia momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis procesis normaluri msvlelobisa da misi muSaobis reJimis riTmulobis SenarCunebasTan (maT Soris, araerTgvarovan avariul an winaavariul situaciebSi) - swored aRniSnuli garemoebani ganapirobebs wylis miwodebisa da ganawilebis sqemebisa da mTlianad wyalmomargebis sistemis funqcionirebis xarisxis situaciur daxasiaTebas.

aRsaniSnavia, rom SeuZlebelia winaswar ganisazRvros momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis mdgomareoba masze moqmedi dominirebuli Sida da gare faqtorebis qaoturi zemoqmedebis gamo. amitom wyalmomargebis sistemebSi momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiur process aqvs „bundovani“ (aramkveTri) da rTuli, umarTavi xasiaTi. amasTan gansakuTrebuli problemebi warmoiSveba operatiul-sadispetCero subieqturi marTviTi gadawyvetilebebis SerCevisas, romlebic Tavis mxriv aseve xasiaTdebian fiqsirebuli situaciebis gansazRvrebata bundovanobiT. es SeiZleba imiT aixsnas, rom momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesi, rogorc aseTi, ar eqvemdebareba pirdapir Sefasebas romelime erTi fizikuri parametriT, am procesze SeiZleba arapirdapiri dakvirvebis moxdena da vizualuri analizis wamroeba. konkretuli situaciis pirobebSi momsaxure personali aanalizebs sistemisa da misi calkeuli elementisgan miRebul informacias: realurad ganxorcielebul xarjebis, Cavardnebs, avariebTan dakavSirebul SemTxvevebs da agreTve im adamanTa mmarTvelobiT qmedebebTan dakavSirebul monacemTa damuSavebas, romlebic sargebloben arapirdapiri, magram gamocdilebis aqtiuri maCvenebliT - wyliT

uzrunvelyofis procesis xarisxis mdgomareobis Sesafaseblad, sistemis romelime qvejgufebSi. aseTi maCvenebeli SeiZleba iyos dawnevis fiqsirebuli sidideebi, romlebic izomeba qselis sivrciT sakvanZo-maxasiaTebel wertilebSi da sxva moqmed funqciur elementebSi (rezervuarebSi wylis dgomis simaRle, satumbo sadgurebis mier ganviTarebuli dawneva da sxva). eqsploataciis tradiciuli meTodebiT TiToeuli dakvirvebis wertilis ganlageba unda asaxavdes mocemul regionSi momxmarebelTa SesaZlo dakmayofilebis donis obieqtur suraTs an is SeiZleba gamoyenebul iqnas rogorc moqmed sistemaSi mdgomareobis dasaSvebobis maCvenebeli. momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis xarisxis Sefasebis moxerxebulobisTvis sxvadasxva regionSi, saWiroa mmarrTvelobiTi gadawyvetilebebis miRebis procesis organizeba [15,30].

wyalmomaragebis marTvis avtomatizebuli sistemis saproeqto agebis amocana ganxiluli unda iqnas avtomatizaciis sistemuri SesaZleblobebis poziciidan gamomdinare:

*eqspertuli gadawyvetilebebis miRebis gziT gaTvaliswinebul iqnas adamianis SesaZlebloba da amiT amaRldes sistemis funqcionirebis efeqturoba da xarisxi;

*Camoyalibebuli codnis safuZvlis gamoyenebiT daCqardes efeqtur gadawyvetilebaTa miRebis perspeqtiuli (swori) gzebis gamovlena da maTi drouli realizacia.

*amrigad, SesaZlebeli gaxdeba sakvlev mravalkriteriul amocanaSi mravali kriteriumis "Sekvra" erT globalur kriteriumad, risi miRwevac ara marto mecnierbaa, aramed-garkveuli xelovnebac (g. pospelovi-programul-miznobrivi dagegmva da marTva).

rogorc cnobilia, wyalmomaragebis sistemebSi momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis procesi icvleba drosa da sivrcesi da xasiaTdeba garkveuli arastacionarulobiT. amasTan dakavSirebiT, realuri drois masStabSi, operatiul- sadispetCero marTvis ganxorcieleba rTuli sainJinro da Znelad formalizebadi amocanaa. amocanis sirTules isic ganapirobebs, rom wyalmomaragebis sistemaSi damyarebuli wyliT moxmarebis reJimis, anu momxmarebelTa wyliT uzrunvelyofis procesis cvalebadoba winaswar cnobili ar aris. wylis momxmareblebi Tavad ayeneben moTxovnas wylis xarjvaze, romelic mkveTrad icvleba wlis sezonebis, kviris dReebis da dRe-Ramis saaTebis mixedviT. magaliTad, dRe-Ramis ganakveTsi wylis moxmarebis eqstremaluri mniSvnelobebi fiqsirdeba dilis da saRamos e.w. `pik~ periodebSi [15].

wyliT uzrunvelyofis normaluri mdgomareobis uzrunvelyofisa da droSi SenarCunebis mizniT saWiroa Sesabamisi marTvis gadawyvetilebebis miReba. realuri drois masStabSi operatiuli marTvis ganxorcielebis mizniT, rogorc naSromSia rekomendebuli, gamoyenebuli unda iqnas sistemis moqmedi elementi nagebobebis (wyalnimRebi, satumbi sadgurebi, rezervuarebi da ZiriTadi manawilebeli qseli) funqcionirebis Sesaxeb `ukukavSirebis~ informacia. `ukukavSirebis~ procesSi umTavresia is informacia, romelic efuZneba manawilebel qselSi dakvirvebuli piezometruli dawnevebis ganawilebas da romelic mimdinare droSi fiqsirdeba sadispetCero samsaxuris pultSi. am SemTxvevaSi operatiul-sadispetCero marTvis efeqturad warmarTvis mizniT ZiriTadad gamoyenebuli unda iqnas manawilebeli qselis sakontrolo-maxasiaTebel wertilebSi piezometruli dawnevebis mixedviT Sedgenili deskripciuli tipis modelebi [15].

SemoTavazebuli sistemuri meTodologiis Tanaxmad, sadisertacio naSromis mizani da kvlevis amocana emyareba efeqturi operatiul-sadispetCero marTvis ganxorcielebis realuri drois masStabSi damyarebuli wyliT uzrunvelyofis procesis Sesabamisad. am SemTxvevaSi realuri wyalmomaragebis sistema (wylis miwodebis da ganawilebis sistema) Sedgenilia garkveuli element-nagebobebiT da maTi erToblivi moqmedebis reglamentic cnobilia. amave dros, realuri situaciis mixedviT sistemis funqcionireba SeiZleba Seesabamebodes sxvadasxva saproeqto funqcionirebis xarisxs, kerZod:

***sistema ver akmayofilebs moTxovnil miznebs;**

***sistema ver uzrunvelyofs saprogozo Sedegebs;**

***sistema ver funqcionirebs ise, rogorc es Tavdapirvelad iyo dagegmili.**

CamoTvlil situaciur mdgomareobaTa gamosakvlevad SemoTavazebul meTodologiaSi gamoyenebulia daproeqtobis „sistemuri paradigmis” midgoma, romelic xorcieldeba e.w. „introspeqciis gziT”. es niSnavs, rom drois mocemul momentSi wyalmomaragebis moqmedi sistemis funqcionirebis xarisxis dadgenisaTvis vsazRvraVT sistemis calkeuli Semadgeneli elementis (an elementTa erToblivobis) maxasiaTebeli parametrebis sidides da winaswar Sedgenili deskripciuli modelebis bazis Sesabamisad viRebT operatiuli marTvis efeqtur gadawyvetilebebs gansaxorcieleblad. aqve aRsaniSnavia, rom situaciur mdgomareobaTa daproeqtobis introspeqciis midgomiT SesaZlebelia ganisazRvros drois mocemul momentSi damyarebuli wyliT uzrunvelyofis normaluri an gadaxrili `mdgomareobis veqtori~, Sesabamis moqmed elementTa

funqcionirebis `aqturi reJimebi~, romlebic uzrunvelyofen momxmarebelTa wylis moxmarebis moTxovnil reJims. aRniSnulis gansaxorcieleblad mizanSewonili iqneba e.w. azrobrivi `aqturi eqsperimentebis~ Catareba Cven mier winaswar Sedgenili deskripciuili modelebis gamoyenebiT. es saSualebas mogvcems, xelovnurad CavataroT azrobrivi `aqturi eqsperimentebi~ manamde, sanam ar mivaRwevT manawilebel qselsa da sistemis sxva elementSi teqnologiuri parametrebis sasurvel mdgomareobas. aq umTavresi isaa, rom sistemis sasurveli mdgomareoba miRweul iqnas e.w. „dabalansebis” principis aucilebeli dacviT, kerZod, operatiuli marTvis pirobebSi, uzrunvelyofil iqnas wylis miwodebisa da ganawilebis sistemis funqciur sqemebSi teqnologiuri parametrebis (dawnevebis, rezervuarebSi wylis dgomis simaRleebis da sxv.) SenarCuneba iseTi diapazonis farglebSi, rom ar dairRves momxmarebelTa normaluri (Seuferxebeli) wylit uzrunvelyofa drois nebismier momentSi. praqtikulad es imas niSnavs, rom drois mocemul momentSi mowodebuli wylis xarji toli unda iyos momxmarebelTa mier daxarjuli wylis moculobisa. Tu aRvniSnavT, rom momxmarebeli Tavad ayalibebs moTxovnas wyalze, cxadi xdeba dasmuli amocanis gadawyvetis rogorc maTematikuri gadawyveta, aseve praqtikulad misi gansaxorcieleba drois mocemuli momentis Sesabamisad.

SemoTavazebuli sistemur meTodologia rogorc pasiuri, aseve aqturi eqsperimentebis SemTxvevaSi (ix. blok-sqema, nax. 10). zogadad misaRebia rogorc wyalmomaragebis Cveulebriv pirobebSi moqmedi sistemebisaTvis, aseve wyalmomaragebis sistemebisaTvis, romlebic funqcionireben marTvis avtomatizebuli sistemis pirobebSi.

wyalmomaragebis Cveulebriv pirobebSi funqcionirebis dros Semdgeni elementebi funqcionireben operatiul- sadispetCero personalis intuciisa da gamocdilebis mixedviT anu pasiuri elementebis Sesabamisad. am SemTxvevaSi gamoricxulia sistemis momuSave elementebis efeqturi reJimi, amasTan, dispetCeri operatiuli marTvis procesSi mimarTavs e.w. `pasiur eqsperiments~ `mosinjva - Secdomis~ principis Sesabamisad. sul sxva mdgomareoba fiqsirdeba marTvis atomatizebuli sistemis funqcionirebis pirobebSi. am SemTxvevaSi dispetCeri drois raime momentSi iRebs informacias sistemaSi moqmedi elementebis funqcionirebis Sesaxeb-atarebs e.w. `aqtur eqsperimentirebas~- gamoricxavs intuciuri marTvis SesaZleblobas.

wyalmomaragebis sistemis marTvis avtomatizebuli sistemis funqcionirebis pirobebSi SesaZlebelia sistemis Semadgeneli elementebidan gadamwodebiT miRebuli informacia damuSavdes sakontrolo-maxasiaTebeli wertilebisaTvis winaswar Sedgenili deskripciuili modelebis bazaze da Sesabamisad, miRebul iqnas operatiuli marTvis

gadawyvetileba rogorc calkeulad aRebuli elementebisaTvis, aseve elementTa erTobliobisaTvis. Sedgenili deskripciuli modelebiT SesaZlebelia Sedges operatiuli marTvis instrumentuli baza, romelic realizebuli iqneba sadispetCeros kompiuteris saSualebiT.

wyalmomaragebis sistemis operatiul-sadispetCero marTvis procesi “pasiuri” da “aqtiuri eqsperimentebis” Catarebis SemTxvevaSi moyvanilia blok-sqemaze (nax.5).

moce mul konteqstSi mniSvnelovania avtomatizebuli sistemis saproeqto ageba (es garemoeba gansakuTrebul mniSvnelobas iZens wina saproeqto stadiaSi). am amocanis gadawyveta moiTxovs sistemur-logistikur da marTvis avtomatizacias, samecniero-meTodologiuri midgomebis aqtiur gamoyenebas. es rTuli amocana, Tavis mxriv, moiTxovs agreTve manqanuri maTematikuri gadawyvetilebisa da adamianis SesaZleblobebis mkveTr gamijvnas. es ki SesaZlebelia ganxorcieldes sakvlev sistemaSi marTvis konturebis daxmarebiT. Cveni SexedulebebiT, es SesaZlebelia ganxorcieldes daproeqtebis stadiaSi (agreTve wina saproeqto etapzec) marTvis sami konturis parametrebis gamoyenebiT: teqniki (sistemis maxasiaTeblebi), droiTi (samuSao vadebi da xangrZlivoba), resursuli (SromiTi, safinanso, materialuri). SemoTavazebuli formiT marTva arsebiTad unda ganxorcieldes am parametrebze dayrdnobiT.

6. daskvna

sistemur-logistikuri organizaciis midgomis gamoyenebiT SemuSavebulia wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis uzrunvelyofis meTodologia, romelic realuri drois Sesabamisad wyalmomaragebis moqmedi sistemis operatiul-sadispetCero marTvis procesSi mimdinare rTuli sainJinro da Znelad formalizebadi amocanebis kompleqsuri gadawyvetis saSualebas iZleva momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis pirobebSi, kerZod:

* SemuSavebulia momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis teqnologiuri procesis cvalebadobis arastacionaluri xasiaTis dadgenis erTiani meTodika maTematikuri molodinis, saSualo kvadratuli gadaxrisa da korelaciuri funqciis Sesabamisad;

* SemuSavebulia wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis sistemur-logistikuri organizaciis meTodologia, romelic saSualebas iZleva, realuri drois Sesabamisad, agebul iqnas momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis operatiul-sadispetCero marTvis gadawyvetilebebis miRebis „damxmare-mrCeveli” sainformacio-kompiuteruli sistema;

* SemuSavebulia wyalmomaragebis moqmedi sistemebSi sainformacio-logistikuri integrirebuli marTvis gadawyvetilebaTa miRebis „damxmare-mrCevoli“ sistemis agebis SesaZlebloba, romelic kompleqsurad uzrunvelyofs rogorc sistemis sameurneo-saabonento-servisuli xasiaTis amocanebis, aseve realuri drois mixedviT mimdinare efeqtur operatiul-sadispetCero marTvis amocanis gadawyvetas momxmarebelTa mier damyarebuli wyliT uzrunvelyofis arastacionaluri xasiaTis teqnologiuri procesis Sesabamisad.

* miRebuli Sedegebi SeiZleba dainergos saqarTvelos qalaqebis wyalmomaragebis moqmed sistemebSi maTi efeqturi funqcionirebis uzrunvelyofis mizniT.

7. gamoyenebuli literatura

1. z. cixelaSvili, d. gurgeniZe, m. onezaSvili, x. soselia. wyalmomaragebis moqmedi sistemebis efeqturi funqcionirebis logistikuri organizaciis Sesaxeb. q. Tbilisi, J. mSenebloba № 1(36), 2015, gv.43-46.
2. c. kenkiSvili, m. onezaSvili, x. soselia. wyalmomaragebis sistemebSi piezometruli dawnevebis Sefasebisa da prognozirebis zogadi modelis damuSaveba stu-s teqnikuri Jurnalni „hidroinJineria“ #1_2 (15_16), Tbilisi, 2013.
3. z. cixelaSvili, p. giorgaZe, d.gurgeniZe, g. WiWinaZe, m. onezaSvili qarTuli maRalxarisxovani „biologiurad aqtiuri“ bunebrivi sasmeli wylis miwisqveSa saeqspluataciod dasaSvebi maragebis nawilis efeqturi gamoyenebis Sesaxeb, q. Tbilisi, J. mSenebloba № 2(37), 2015, gv.92-96.
4. z. cixelaSvili, p. giorgaZe, d.gurgeniZe, g. WiWinaZe, m. onezaSvili. saqarTvelos miwisqveSa bunebrivi sasmeli wylis xarixxis ganawilebis kartografiuli portretis agebis Sesaxeb. q. Tbilisi, J. mSenebloba № 2(37), 2015, gv.103-107.
5. Прангишвили А.И., Цхелашвили. И.З. Бუაძე Т.Г. Единая методика анализа нестационарности процесса водопотребления с применением параметрических и непараметрических критериев математической статистики, ж."GeorgianEngineeringNews", #1(vol. 49), Тбилиси, 2009 г. с. 6

6. Хатиури Х.Н., Верулава Г.Ю. Закуташвили Г.Г., Об исследование эффективности АСУВ на основе экспертных оценок, ж."GeorgianEngineeringNews", #1(vol. 49), Тбилиси, 2009 г. с.
7. Григолишвили А.Р., Цхелашвили Ш.З., Соселия Х.Р., Гиоргадзе П.Ш., Цхелашвили И.З. Метод анализа изменчивости процесса водопотребления // ~GeorgianEngineeringNews~, #4, 2004, GFID, с. 172.-174.
8. Цхелашвили Ш.З., Цхелашвили И.З. Гиоргадзе П.Ш., Гуджабидзе М. Р., Метревели Г.А, Долидзе А.В. Мchedlidze М.Г. Диагностическая решения правила оценки качественного поведения системы водоснабжения, функционируемая по принципу ~насосная станция-потребитель~ (на примере г. Зеленограда) // ~GeorgianEngineeringNews~, #2, 2005, GFID, с. 7-10.
9. Хатиури Х.Н., Верулава Г.Ю. Закуташвили Г.Г., Об исследование эффективности АСУВ на основе экспертных оценок, ж."GeorgianEngineeringNews", #1(vol. 49), Тбилиси, 2009 г. с. 4.
10. Цхелашвили Ш.З., Гуджабидзе М. Р., Цхелашвили З.И., Цхелашвили И.З. Долидзе А.В, Разработка диагностического решающего правила коррекции оперативных режимов функционирования схем систем подачи и распределения воды в процессе диспетчерского-координированном управлении // ~GeorgianEngineeringNews~, #3, 2005, GFID.
11. Цхелашвили Ш.З., Маргалитадзе И.Н., Соселия Х.Р. Надараиа Н.О., Цхелашвили И.З. Сравнительные каественные оценки и прогнозирования процесса функционирования систем водоснабжения // ~GeorgianEngineeringNews~, #2, 2004, GFID, с. 165-167
12. Цхелашвили Ш.З., Маргалитадзе И.Н., Соселия Х.Р. Надараиа Н.О., Цхелашвили И.З. Вопросы повышения надежнрсти и эффективности уровня водообеспечения потребителей систем водоснабжения (на примере г. Зеленограда) // ~GeorgianEngineeringNews~, #4, 2004, GFID, с. 168-171.
13. Цхелашвили Ш.З., Гуджабидзе М. Р., Цхелашвили З.И., Цхелашвили И.З. Долидзе А.В, Комплексая оценка качества функционирования сложных иерархических схем систем подачи и распределения воды в процессе диспетчерского-координированном управлении // ~GeorgianEngineeringNews~, #3, 2005, GFID.
14. z. cixelaSvili, g. zakutaSvili, n. maxarobliZe. wyalmomara geba-wyalarinebissain Jinrosistemebisfuncionirebissa eqspluataciosaimedoobis,

- usafrTხოებისადარისკისპრობლემისსესახებ, სტუ-სსამეცნიერო-ტექნიკურიჟურნალი `ჰიდროინჟინერია~ #4(4), Tbilisi, 2007, 5 გვ.
15. ЦихелашვილიЗ.И., ПрангишვილიА.И, Чхенкели.Б.Дж. Основы построения интеллектуальных систем управления пространственно-временными сетевыми потоками. Мецნიერება 1997. с. 261.
 16. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. Под ред. Поспелова. М.: Наука. М. 1986. с. 276
 17. გ. ჯენერასვილი, ა. გრიგოლასვილი, ს. ციხელასვილი, ი. ციხელასვილი. Wylis miwodebis sistemebis funqcionirebis imitaciuri modelebis formireba modifizirebuli petris qselis bazaze. saqarTvelos saavtomobilო sagzaო institutis Sromebi #2, Tbilisi, 2005, 2013-220 გვ.
 18. КаждаА.Б., ГуськовО.И. Математические методы в геологии. М.: Недра, 1990, с. 244
 19. Цихелашვილი შ.З., Цихелашვილი ი.З., Цихелашვილი ზ.И., გიორგაძე პ. შ., გუდჯაბიძე მ.რ., მეტრეველი გ.ა., მანჯავაძე მ.ა., დოლიძე ა.ვ, მჩედლიძე მ.გ. Построение контрольных карт средних давлений и размахов для эффективного управления установившимся процессом водообеспечения (на примере г. Зеленограда) // ~GeorgianEngineeringNews~, #2, 2005, GFID, с. 7-10
 20. z. ციხელასვილი, ი. კლიმასვილი, მ. გუჯაბიძე. Wyalმომარაგების სისტემების ელემენტები ტს დენივარიანტულ-სტრუქტურულის მდებარეობის შესახებ. სტუ-სსამეცნიერო-ტექნიკურიჟურნალი `ჰიდროინჟინერია~ #2(6), Tbilisi, 2009, 4 გვ.
 21. z. ციხელასვილი, ს. ციხელასვილი, ბ. ურუელაური, ხ. ხატიური, თ. ჯადაგასვილი. Wyalმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შესახებ აპროგნოზირებადის კრიფიული მოდელების შესახებ. სტუ-სსამეცნიერო-ტექნიკურიჟურნალი `ჰიდროინჟინერია~ #3(4), Tbilisi, 2009, 4 გვ.
 22. გ. ჯენერასვილი, ზ. ციხელასვილი, ზ. გასიტასვილი, ა. გრიგოლასვილი. wylis miwodebis sistemebSi nakadganawilebis marTvis da scenarebis situaciuri analizis maTematikური modelebi. Tbilisi, მეცნიერება, 2000, გვ. 210.
 23. S. ციხელასვილი, ბ. ურუელაური, ხ. ხატიური, თ. ჯადაგასვილი. wyalმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შესახებ აპროგნოზირებადის კრიფიული მოდელების

- safuZvelze, stu-s samecniero-teqnikuri Jurnalı `hidroinJineria~ #3(14), Tbilisi, 2009, 5 gv.
24. n. WafoZe wylis dabinZurebis xarixsis deskripciuli modelireba Tevzsameurneo kategoriis wyalsatevebisTvis, stu-s samecnieri-teqnikuri Jurnalı `hidroinJineria~ #4(15), Tbilisi, 2009, 9 gv.
25. z. cixelaSvili, n. kiknaZe, p. giorgaZe, i. cixelaSvili, S. cixelaSvili. inovaciuri procesebis marTva `teqnikuri universiteti~, Tbilisi, 2009, 242 gv.
26. a. grigoliSvili, q. maxaSvili, g. jerenaSvili. zedapiruli wylebis dabinZurebis xarixsis deskripciuli modelireba. stu-s samecniero Sromebi #4(482), Tbilisi, 2011, 14 gv.
27. g. CitiaSvili, c. kenkiSvili, S. cixelaSvili, b. WurWelauri, m. xubutia. wyalmomaragebis teqnikur sistemebSi gadawyvetilebaTa miRebis aramkafio modelebi. stu-s samecniero-teqnikuri Jurnalı `mSenebloba~ #3(22), Tbilisi, 2012, 5 gv.
28. q. maxaSvili, c. kenkiSvili, i. margalitaZe. ekologiuri riskis saSiSroebis donis albaTuri gansazRvris meTodika. samecniero-teqnikuri Jurnalı. `saqarTvelos sainJinro siaxleni~, #2, 2013, 5 gv.
29. c. kenkiSvili, x. xatiuri, b. WurWelauri. zRvispira qalagebis saniaRvre wyalarinebis sistemebis efeqturi organizacia Stormuli talRebis zemoqmedebis pirobebSi. stu-s samecniero-teqnikuri Jurnalı `mSenebeli~, #3(30), Tbilisi, 2013, 4 gv.
30. g. jerenaSvili, a. grigoliSvili. wylis miwodebis sistemis operatiuli marTvis sadispetCero-mrCeveli sistemebis ageba. stu-s Sromebi, #3(414), Tbilisi: teqnikuri universiteti, 1997.
31. z. cixelaSvili, g. jerenaSvili, a. grigoliSvili, m. Ciqovani, m. dauTaSvili. wylis miwodebis sistemebSi nakadganawilebis procesis operatiul-sadispetCero kontrolisa da marTvis damxmare eqspertuli sistemis agebis safuZvlebi. mecniereba da teqnika, 7-9, Tbilisi, 1998.
32. z. cixelaSvili, z. gasitaSvili, d. garuCava, g. jerenaSvili. bunebrivi katastrofuli movlenebis Sefaseba-prognozirebis diagnostikuri eqspertuli sistema. eliaSvilis saxelobis marTvis sistemebis institutis Sromebi, Tbilisi, 1998.

33. Джеренашвили Г.В., Григолишвили А.Р. Моделирование процесса водоподачи систем водоснабжения. Международный симпозиум по проблемам механики сплошных сред. Тез. докладов, Тбилиси, 1997
34. g. jereᅇnaSvili, z. cixelaSvili, z. gasitaSvili. ᅇylismi wodebissistemismarTviscenarebismodelirebisada analizisavtomatizebulisistemisstruqturulimodeli. stu-sSromebi, #3(319), Tbilisi, teqnikuri universiteti, 1998.
35. g. jereᅇnaSvili, z. gasitaSvili, z. cixelaSvili wylis miwodebis sistemis qseluri modeli modificirebuli petris qselebis baza. stu-s Sromebi, #3(319), Tbilisi: teqnikuri universiteti, 1998.
36. Воробьев Ю.Л., Махутов Н.А. и др. Катастрофы и общество, «Контакт-Культура», М; 2000, стр. 332.