

**gul nara janel iZe**

**qsel Si material uri nakadebis operatiul i marTvis  
sistema**

wardgenilia doqtoris akademiuri xarisxis  
mosapovebl ad

saqarTvel os teqnikuri universiteti  
Tbilisi, 0175, saqarTvel o  
marti, 2008

saqarTvel os teqnikuri universiteti  
informatikisa da marTvis sistemebis fakul teti

Cven, qvemore xel ismomwerni vadasturebT, rom gavecaniT janel iZe gul naras mier Sesrul ebul sadisertacio naSroms dasaxel ebiT: qsel Si material uri nakadebis operatiul i marTvis sistema da vaZl evT rekomendacias saqarTvel os teqnikuri universitetis informatikisa da marTvis sistemebis fakul tetis sadisertacio sabWoSi mis ganxil vas doqtoris akademiuri xarixis mosapovebl ad.

xel mZRvanel i: prof. g. gogiCai Svili

recenzenti: prof. a. cincaZe

recenzenti: prof. n. jibli aZe

recenzenti:

saqarTvel os teqnikuri universiteti

2008

avtori: janelizegulnara  
dasaxel eba: qsel Si materialuri nakadebis  
operatiuli martvis sistema  
fakulteti: informatika da martvis sistemebis  
akademiuri xarisxi: doqtori  
sxdoma Catarda: 23.05.2008

individualuri pirovnebebis an institutebis mier zemomoyvani dasaxel ebis disertaciis gacnobis mizniT moTxovnis SemTxvevaSi misi arakomerciuli miznebiT kopirebisa da gavrcel ebis ufl eba miniWebuli aqvs saqarTvel os teqnikur universitetს.

---

avtoris xel mowera

avtori inarcunebs danarCen sagamomcemlo ufl ebებს და არც მტიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადამედვა ან სხვა რაიმე მეთოდიტ რეპროდუქცია დაუსვებია ავტორის ვერილობითი ნებართვის გარეშე.

avtori ირწმუნება, რომ ნაშრომის გამოყენებულ საავტორო უფლებებზე დაცულ მასალებზე მირებულა შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოიქოვენ მხოლოდ სპეციურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებას, როგორც ეს მირებულა სამეცნიერო ნაშრომების შესრულების) და ყველა მათგანზე ირებს პასუხისმგებლობას.

## rezi ume

warmodgenil i naSromis saprobl emo sferos warmoadgens rTul i topol ogiuri struqturis, didi ganzomil ebis ganawil ebul i sistemebi, roml ebic xasiaTdebian qsel Si material uri nakadebis arseboiT. zogadad, aseT sistemebSi ar xerxdeba optimal uri gadawyvetil ebis miReba, rac ZiriTadad funqcionirebis normal ur da avariul reJimebSi nakadebis optimal ur ganawil ebaSi mdgomareobs.

naSromis mizans warmoadgens qsel Si material uri nakadebis marTvis model ebisa da al goriTmebis damuSaveba xel ovnuri intel eqtis meTodebis gamoyenebiT. am Tval sazrisiT, safuZvl ad aRebul ia genetikuri al goriTmi (ga), romel ic sakmaod efeq turia mraval eqstremal urobis pirobebSi. optimizaciis krite riumad miRebul ia saxeobaTa popul aciis *fitness* funqcia anu Semguebl oba. aracxadi paral el izmis wyal obiT genetikur al goriTmebs SeuZl ia saZiebo sivrcis didi raodenobis areebis erTdroul i testireba.

SemuSavebul ia genetikuri al goriTmis modificirebul i varianti, romel ic arsebul Tan SedarebiT garkveul i upi ratesobebiT, kerZod amonaxsnis maRal i sizustiTa da iteraciebis SedarebiTi simcirit, xasiaTdeba. sawyis etapze mimdinareobs popul aciis randomizebul i inicial izacia da Sesabamisi amonaxsnebis Sefaseba anu gamoiTvl eba popul aciis yovel i saxeobis *fitness* funqcia, roml is Semdegac Catardeba saxeobaTa kl ebadobiT sortireba. Sesabamisad, xdeba popul aciis ranJireba anu TiToeul i saxeobisaTvis ganisazRvreba rangi, igive, adgil i popul aciaSi.

Semdgom, sel eqciis Sedegad, mocemul i popul acia iyofa sam nawil ad: maRal i Semguebl obis mqone e.w. *liderTa jgufis* saxeobebi, roml ebic daeqvemdebarebian krossoveris operators; dabal i Semguebl obis mqone, *outsaiderTa jgufi*, roml ebic Semdgom evol uciaSi ukve aRar ganxil ebian da saSual o Semguebl obis mqone saxeobebi, roml ebic daeqvemdebarebian mxol od mutaciis operators.

I liderTa jgufis saxeobaTa krossoveris Semdeg yovel i wyvil isaTvis saukeTeso wyvetis wertil is povnis Tval sazrisiT xdeba Sidawyvil uri gadarCevis cikl i, roml is drosac miReba krossoveris saukeTeso varianti anu ganisazRvreba ori saukeTeso STamomaval i. Tu STamomaval Ta Sefaseba mSobel Ta *fitness* funqciaze uaresi aRmoCnda, maSin mSobel Ta wyvil i SeinarCunebs adgil s popul aciaSi. saSual o jgufis TiToeul i saxeobisaTvis Sesrul deba mxol od mutaciis operatori. aRniSnul i iteracia meordeba vidre optimumamde. Tu I lideris funqciuri mniSvel oba aRar icvl eba, maSin unda Catardes mocemul i saxeobis mutacia, xol o Tu mutaciis meSveobiT miznobrivi funqciis mniSvel oba kvl av ar Seicval a, al goriTmi amTavrebs muSaobas, rac niSnavs, rom funqciis optimumi napovnia.

modificirebul i genetikuri al goriTmis gamoyenebiT damu-  
Savebul ia nakadebis ganawil ebis probl emis gadawyveta. xis  
struqtura warmodgenilia doneebis saxiT, rac ganapirobebs  
al goriTmis etapobrivi muSaobas anu warmodgenili al goriTmi  
mraval etapobrivia. simartivisaTvis aRniSnuli xis struqtura  
ganxil ul ia el ementaruli xeebis sistemis saxiT, e.i. yovel i  
donis yovel i kvanZi misgan gamomdinare rkal ebis CaTvl iT qmnis  
e.w. el ementarul xes. am proceduras SeiZl eba vuwodoT  
*defragmentacia*.

al goriTmi muSaobs cikl Si yovel i avtonomiuri xis  
cal keuli fragmentisaTvis daRmaivali principiT. yovel i  
el ementaruli xisaTvis nakadebis ganawil ebis optimizaciis  
amocana mdgomareobs nakadze moTxovnasa da ganawil ebul nakads  
SorissxvaobaTa minimizaciaSi mocemuli SezRudvebis dros.  
amocana wydeba genetikuri al goriTmebis gamoyenebiT, sadac  
TiToeuli nakadi am SemTxvevaSi warmodgenilia namdvili  
ricxvebis masivis saxiT. Tavis mxriv, genetikuri al goriTmi  
axorciel ebs sel eqciis, krossoverisa da mutaciis operaciebs.  
yovel i operatoris win xdeba amocanis pirobebis Semowmeba.  
fragmentuli (l okal uri) optimumis povnis Semdeg al goriTmi  
meordeba cikl Si, vidre mTel i xisaTvis ar Sesrul deba.

genetikuri al goriTmi poul obs nakadebis ganawil ebis  
ramdenime optimal ur amonaxsns, amis Semdeg miRebul i  
variantebidan amoircEva is erTi amonaxsni, romelic izl eva  
minimal ur ekonomikur macvenebel s.

avariul situaciaSi, roca irRveva romelime rkal is  
mTlianoba da Sesabamisad mocemuli rkali ukve veRar  
ganxil eba Tavis struqturaSi, an SemTxvevebSi, rodesac  
nakadebis gadanawil eba ver aRadgens sistemis muSaobis  
normal ur rejims, saWiro xdeba al ternatiuli variantebis  
gadarCeva sauketeso struqturis povnis mizniT. swored  
topologiuri moqnil obis Tval sazrisiT ganpirobebul ia  
*qsel uri struqturis xisebr struqturabad dekompozicia* da misi  
al goriTmis Seqmnis aucil ebl oba. SemuSavebul i al goriTmis  
original uroba mdgomareobs imaSi, rom qsel is dekompoziciis  
Sedegad miReba ramdenime avtonomiuri, urTierTsemavsebel i xe,  
romel Ta fesvebs swored sistemaSi Semomaval i wyaroebi  
warmoadgenen, xolo arc erTi rkali ar ikargeba ganxil vis  
sferodan. qsel is yovel i wibo xasiaTdeba Sesabamisi woniTi  
koeficientiT. dekompoziciis Sedegad miRebul i xeebis  
mwverval ebis ganl ageba xdeba ierarqiul i doneebis mixedvit.

dekompoziciis al goriTmis meSveobiT moxdeba axali xeebis  
regeneracia da misi realizeba TiToeuli rkal is bol oebSi  
arsebul i sarqvel ebis an CamrTvel ebis mier. marTvis sqema  
warmoadgens aRniSnuli mowyobil obebis binarul i mdgomareobis  
masivs, romelic gaicema dispetCerisaTvis rekomendaciis saxiT.  
Semdgom nakadebis ganawil ebis al goriTmis gamoyenebiT  
ganisazRvreba nakadebis optimal uri mniSvnel obebi axali  
struqturabis pirobebSi.

operatiul i marTvisaTvis gamoyenebul ia xel ovnuri neironul i qsel ebis meTodi da codnis bazebis warmodgenis freimul i model i. obieqtis marTvisas mimdinareobs sistemis uwyveti monitoringi, roml is drosac xdeba qsel is komponentebis mimdinare mniSvnel obebis permanentul i Secnoba da Sedareba codnis bazaSi arsebul etal onur model Tan SesaZl o ganTanxmebis aRmoCenis Tval sazrisiT. codnis bazaSi Setanil ia warsul i marTvis gamocdil eba qsel Si nakadebis ganawil ebis Taobaze anu sl otebis statistikuri simravle da Sesabamisi miRebul i gadawyvetil ebebis, marTvis wesebis anu freimebis simravle. sistemis uwyveti monitoringis Sedegad miRebul i informaciis safuZvel ze xdeba konkretul i situaciis Secnoba. codnis bazidan Sesabamisi freimebis `arCeva". Tu arsebul i freimebis bazidan ver moxerxda msgavsi freimis moZieba, xdeba axali situaciis (freimis) formireba mocemul i pirobebis Sesabamisad.

codnis bazis ganswavl a-ganaxl ebis procesi metad efeqturad SeiZl eba ganxorciel des genetikuri al goriTmebis gamoyenebiT, roca axali informaciis Semosvl is dros aRmoCndeba, rom ar arsebobs Sesabamisoba arsebul freimebsa da mocemul real obas Soris. am SemTxvevaSi, genetikuri al goriTmis amonaxsniT moxdeba axali freimis formireba, romelic daakmayofil ebs zemoxsenebul moTxovnebs.

warmodgenil i model ebi mkveTrad amaRl ebs qsel is marTvis operatiul obis xarisxs, gansakuTrebiT pikuri datvirTvebisa da avariul i situaciabis warmoSobis dros. garda amisa, igi Zal ian mosaxerxebel ia arasrul i informaciis SemTxvevaSi marTvis Tval sazrisiT, rac qsel is im monakveTis gansazRvris safuZvel sqmnis, sadac moxda sistemis muSaobis normal uri reJimis darRveva, rasac dispetCerizaciis procesSi udidesi mniSvnel oba eniWeba.

zemoTganxil ul i model ebis safuZvel ze damuSavebul ia operatiul i marTvis avtomatizebul i sistema, roml is funqcionireba, ZiriTadad SeiZl eba ganvixil oT, rogorc gadawyvetil ebis miRebis procesi, sadac mTavar sakiTxs konkretul situaciaSi gadawyvetil ebis povna warmoadgens. obieqtis marTvis procesSi mimdinareobs qsel is uwyveti monitoringi. qsel Si mimdinare procesebis normal uri mdgomareobidan gadaxris SemTxvevaSi, Tu moxda situaciis Secnoba, maSin codnis bazidan marTvis freimebis Sesabamisi mza gadawyvetil eba gaicema qsel ze mmarTvel i zemoqmedebisaTvis. Tu mimdinare situaciis Secnoba ar moxerxda, maSin nakadebis ganawil eba unda moxdes modificirebul i genetikuri al goriTmisa da qsel is xisebri struqturebis adapturi gadawyobis al goriTmis gamoyenebiT.

## Summary

Problem sphere of the presented work is big dimension distributed systems of complex topological structure characterized with material fluxes in the network. Generally it becomes impossible to make optimum decisions in such systems that mainly consist in optimum distribution of fluxes in normal and emergency situations of functioning.

The aim of the work is to elaborate the models and algorithms of material fluxes control in the network using the methods of artificial intellect. With this view, the genetic algorithm (GA) is taken as a basis which is effective enough in multi extreme conditions. Fitness function or adaptation of species population is taken as optimization criterion. By means of nonexplicit parallelism genetic algorithms may simultaneously test a great number of areas of the research space.

A modified version of genetic algorithm is developed which, compared to the existing one, has definite advantages, particularly, high precision of solution and comparative shortage of iterations. At the initial stage randomized initialization of population and estimation of the respective solutions are done or fitness function of each type of population are calculated after which downward classification of species is done. Respectively, population ranging is done or the rank or place in population is determined for each species.

Afterwards, after selection the given population is divided into three parts: high adaptation, the so called "leaders' group" species which submit to cross-over operator; low adaptation "outsiders' group" which are not considered in the further evolution and middle adaptation species that submit only to mutation operator.

After cross-over of leaders' groups species in order to find the best discontinuity point for each pair the cycle of interpair selection occurs when the best version of cross-over is received or two best descendants are determined. If the estimation of the descendants appear to be worse than fitness function of parents then parent pair will preserve the place in population. For each species of middle group mutation operator will only be performed. The mentioned iteration is repeated until optimum. If functional significance of the leader does not changed any more then mutation of the given species should be done, but if purpose functional significance is not again changed by mutation, algorithm finishes the operation meaning that function optimum is found.

Using the modified genetic algorithm the solution of flux distribution problem is developed. Tree structure is presented in the form of levels which conditions stage-wise operation of algorithm or the presented algorithm is many staged. For simplicity the mentioned tree structure is considered as the system of elementary trees i.e. each node of each level including the issuing arcs constitutes the so called elementary tree. This procedure may be called defragmentation.

Algorithm operates in the cycle for separate fragment of each autonomous tree in descending principle. For each elementary tree the problem of flux distribution optimization consists of demands for fluxes and minimization of differences between distributed fluxes at given limitations. The problem is

solved using genetic algorithms where each flux is presented as the massive of real numbers. On its part genetic algorithm realizes the operations of selection, cross-over and mutation. Before each operator the problem conditions are tested. After finding fragmental (local) optimum the algorithm is repeated in the cycle until is fulfilled for the whole tree.

Genetic algorithm finds several optimum solutions of flux distribution, and then from the received versions the solution is chosen which gives minimum economical factor.

In emergency situations when the integrity of any arc is broken and respectively, the given arc cannot be considered in its structure, or in cases when flow redistribution cannot renovate normal mode of system operation, it becomes necessary to select alternative versions in order to find the best structure. Just in the view of topological flexibility *the decomposition of network structures into tree structures* and the indispensability of creation of its algorithm are conditioned. The singularity the developed algorithm is that as a result of network decomposition there is received several autonomous, intercomplementary trees, the roots of which are the sources entering the system while no arc falls out of consideration. Each edge of the network is characterized with the respective weight coefficient. Tree tops received as a result of decomposition are arranged according hierarchical levels.

With the help of decomposition algorithm the regeneration of new trees and its realization by gates or switches existing at the ends of each arc will be done. Control diagram represents the massif of binary state of the mentioned devices that is given as a recommendation to the dispatcher. Then, using the distribution algorithm of flows the optimum values of flows are determined in conditions of new structures.

The method of artificial neuron networks and frame model of knowledge bases representation are used for operative control. At object control the continuous monitoring of the system is done when permanent identification and comparison of network components current values happens with standard model existing in knowledge bases with the view point of detection of the possible discrepancy. The experience of past control about flow distribution in network or statistical set of slots and the respective set of made solutions, control rules or frames are introduced into knowledge basis. On the basis of information received as a result of continuous monitoring of the system the identification of concrete situation and "selection" of respective frames from knowledge basis is done. If it is not possible to find the similar frames from the existing frame basis a new situation (frame) is being formed.

The process of study and renewal of knowledge basis can be very effectively realized with the help of genetic algorithms when new at incoming of new information it appears that there is no adequacy between the existing frames and given reality. In this case, with the help of genetic algorithm solution the formation of new frames will happen that will satisfy the above mentioned requirements.

The presented models increase the quality of network control efficacy, especially when peak loads and emergency situations arise. Besides, it is very



convenient in the case of incomplete information control which makes the basis of determination of that section of the network where the normal mode of system operation failed which has a great importance in the process of dispatcherization.

On the basis of the above considered models automatic system of operative control is developed the functioning of which can mainly be considered as the process of decision making where the main problem is solution finding in concrete situation. In the process of object control the continuous monitoring of the network is done. In the case of deviation of the processes going on in the network from standard state, if the situation is recognized, the ready solution corresponding to control frames is delivered. If the current situation is not recognized the flow distribution must be done using modified genetic algorithm and adaptive redistribution algorithm of network tree structure.

## S i n a a r s i

Sesaval i .....	14
I Tavi. model irebis evol uciuri meTodebis anal izi	
1.1. qsel Si material uri nakadebis operatiul i marTvis amocana.....	17
1.2. evol uciuri model irebisa da misi praqtikul i gamoyenebis mimoxil va.....	21
1.3. qsel Si material uri nakadebis operatiul i marTvis sistemis arqiteqtura.....	38
II Tavi. material uri nakadebis operatiul i marTvis meTodebis damuSaveba	
2.1. sistemis model ebis anal izi .....	41
2.2. genetikuri al goriTmis meTodi .....	51
2.3. modifcirebul i genetikuri al goriTmi .....	62
2.4. qsel is xisebr struqturebad dekompozicia.....	65
2.5. nakadebis operatiul i marTva.....	73
III Tavi. material uri nakadebis marTvis procesis model irebisa da anal izis al goriTmebi	
3.1. marTvis procesis intel eqtual uri al goriTmebi.....	79
3.2. genetikuri al goriTmis da qsel is dekompoziciis al goriTmis aRwera.....	84
3.3. nakadebis marTvis al goriTmebi .....	94
3.4. informaciul i uzrunvel yofa da marTvis sistemis struqtura.....	98
3.5. programul i kompl eqsis struqtura da interfeisi .....	108
IV Tavi. material uri nakadebis marTvis sistemis eqsperimentul i Semowmeba	
4.1. operatiul i marTvis imitacia .....	111
4.2. modifcirebul i genetikuri al goriTmis Sedegebis anal izi .....	113
4.3. nakadebis ganawil ebis Sedegebis anal izi .....	116
daskvna.....	118
dandarTi. nakadebis marTvis sistemis interfeisi .....	119
I literatura.....	126

## **cxri l ebis nusxa**

2.4.1. grafis wiboTa incidenciis matrica.....	69
2.4.2 wiboTa mosazRvreobis matrica X1 mwverval isaTvis.....	70
2.4.3. wiboTa mosazRvreobis matrica X3 mwverval isaTvis.....	70
2.4.4. wiboTa mosazRvreobis matrica X6 mwverval isaTvis.....	71
3.4.1. cxril i "kvanZi".....	99
3.4.2. cxril i "Semomaval i magistral i".....	99
3.4.3. cxril i "mil sadeni".....	99
3.4.4. cxril i "kvanZi".....	99
3.4.5. cxril i "incidencia".....	100
3.4.6. cxril i "rezervuari".....	100
3.4.7. cxril i "adgil obrivi rezervi".....	100
3.4.8. cxril i "sarqvel i".....	100
3.4.9. cxril i "mil sadenis mdgomareoba".....	101
3.4.10. cxril i "rezervuaris mdgomareoba".....	101
3.4.11. cxril i "WaburRil is mdgomareoba".....	101
3.4.12. cxril i "magistral is mdgomareoba".....	102
3.4.13. cxril i "satumbo sadguris mdgomareoba".....	102
3.4.14. cxril i "sarqvel ebis mdgomareoba".....	102
3.4.15. cxril i "avariul i situaciebi".....	103
3.4.16. cxril i "avariis saxeobebi".....	103
3.4.17. cxril i "wnevebi mil sadenebSi".....	103
4.3.1. nakadebis ganawil ebis cxril i.....	116

## naxazebi s nuxa

1.1.1. wyal momaragebis sistemis kartografiul i model i .....	20
1.3.1. nakadebis marTvis sistemis arqiteqtura.....	39
2.1.1. xel ovnuri neironis sqema.....	46
2.1.2. mul tineironul i perceptronis zogadi sqema .....	47
2.1.3. qsel is ganswavl is procesis sqema.....	48
2.1.4. qsel is marTvis freimul i model is struqtura.....	49
2.2.1. genetikuri al goriTmis zogadi sqema.....	52
2.2.2. ga-s gaCerebis kriteriumi, optimumis are .....	58
2.2.3. proporciul i gadarCeva, rul etis meTodi.....	58
2.2.4. genetikuri al goriTmis "kunZul is model i" .....	60
2.4.1. qsel is warmodgena grafis saxiT.....	69
2.4.2. qsel is warmodgena xisebri struqturabis saxiT.....	71
2.5.1. nakadebis ganawil ebis sqema erTi avtonomiuri xisaTvis.....	74
2.5.2. nakadebis ganawil ebis sqema.....	76
2.5.3. xeebis warmodgena sawyis etapze.....	77
2.5.4. xeebis warmodgena regeneraciis Semdeg .....	78
3.1.1. sistemis marTvis al goriTmis sqema.....	80
3.2.1. modifizirebul i genetikuri al goriTmis sqema .....	84
3.2.2. genotipebis Seguebadobis gamoTvl a.....	85
3.2.3. sawyisi striqonebis formireba.....	86
3.2.4. striqonebis dekodireba.....	86
3.2.5. striqonebis SeguebadobiT sortireba.....	87
3.2.6. striqonebis ranJireba.....	88
3.2.7. popul acii s j amuri Seguebadobis gamoTvl a.....	89
3.2.8. popul acii s rangiT dal ageba.....	90
3.2.9. popul acii s anal izi .....	91
3.2.10. krosoveris, mutaciis sqema.....	92
3.2.11. qsel is xisebr struqturabad dekompoziciis al goriTmis sqema.....	93
3.3.1. nakadebis operatiul i marTvis ganzogadoebul i sqema.....	95
3.3.2. normal ur reJimSi nakadebis marTvis al goriTmi .....	96
3.3.3. avariul reJimSi nakadebis marTvis al goriTmi .....	97
3.4.1. marTvis sistemis monacemTa bazis struqtura.....	98
3.4.2. mdgomareobaTa da marTvis freimebis struqturabi .....	106
3.4.3. qsel is marTvis sistemis struqtura.....	107
3.5.1. sistemis marTvis programul i kompl eqsis struqtura.....	108
3.5.2. marTvis sistemis interfeisis struqtura.....	110
4.1.1. marTvis obieqtis sqema.....	111
4.2.1. genetikuri al goriTmis Sedegebi .....	114
4.2.2. modifizirebul i genetikuri al goriTmis Sedegebi .....	115
4.3.1. moTxovnaTa da ganawil ebis diagramebi .....	117
marTvis sistemis interfeisi: formebis maketebi .....	119
marTvis sistemis interfeisi: moTxovnebis maketebi .....	121
marTvis sistemis interfeisi: angariSebis maketebi .....	125

## madliereba

minda didi madloba gadavuxado badri mefariSvils gaweuli SromisaTvis, romel mac momca saSual eba, raTa damewyo sadi-sertacio Temis damuSaveba da daxmarebas miwevda mTeliam periodis ganmavlobaSi. aseve minda madloba gadavuxado Cemisadisertacio Temis xel mZRvanel s profesor giorgi gogiCaiSvils gaweuli daxmarebisaTvis da rCevebisaTvis. madlobas vuxdi marTvis avtomatizebuli sistemebis mimarTulebis profesor gia surgul azes, amave mimarTulebis profesor\_maswavlebl ebs: Iika petriaSvils, giorgi maisuraZes, maia tukvaZes, bel a razmaZes, nino Tofurias daxmarebisa da moraluri mxardaWerisaTvis.

aseve did madlobas vuxdi dedas Eeter Wkuasel s, Cemi ojaxis wevrebs: nino mefariSvils, Tamar mefariSvils, qeTevan mefariSvils, daTo lomjarias da sandro lomjarias TanadgomisaTvis.

## Sesaval i

Tanamedrove informaciuli teqnologiების განვითარებამ მნიშვნელოვანდ გააფართოვა სხვადასხვა სფეროსი ტეკნოლოგიური კვლევის horizonti. უკვე დიდი ხანია კომპიუტერი აჩვენებს რევოლუციურ მოვლას და ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავებისა და ანალიზის ფუნქციას. ზირადრეზულტი და ზნეადრეალიზებული ფუნდამენტური თეორიული ტექსპერიმენტული გამოკვლევების ნაწილად სულ უფრო ფართო დიკიდებს ფეხს მანერანი მოდელების პარადიგმა[31].

ნაშრომის ინტერესების სფეროს ურთავდგენს რეალური, კერძოდ, განაწილებული სისტემები, რომლებიც ხასიათდებიან დიდი განზომილებით, რაც განპირობებულია სისტემის მრავალპარამეტრულობით, სტრუქტურული და ტეკნოლოგიური სირთულით; დინამიურობით; მართვის მრავალმზნობრიობით; optimumის ზეზნის სირთულით.

არნისნული კლასის ობიექტებს მიეკუთვნებიან რეალური ტოპოლოგიური სტრუქტურის მქონე საკომუნიკაციო, ურალ მომარაგების, გაზმომარაგების ტელექტომომარაგების სისტემები, აგრეთვე სხვადასხვა სატრანსპორტო კსელები (სხვა კსელებისაგან განსხვავებით, სატრანსპორტო კსელები ხასიათდებიან ორმხრივი ნაკადებით, ამდენად იგი არ ურთავდგენს მოცემული ნაშრომის ინტერესების სფეროს). არნისნული ობიექტებს აერთიანებთ სისტემაში ნაკადების არსებობა, რომელიც შეიძლება იყოს მატერიალური, ენერგეტიკული ან ინფორმაციული. ამოტვილი განაწილებული სისტემებს საერთო აკვთ მართვის პრინციები, რაც ნაკადების განაწილებაში მდგომარეობს, ტუმცა ტიტოეული მატგანი ხასიათდება ნაკადების მართვის სპეციფიკით. ასეთი ობიექტების მართვის მზანი, ზირიტად, ნაკადების ოპტიმალურ განაწილებაში მდგომარეობს. დიდი განზომილებისა და ტეკნოლოგიური სირთულის გამო ასეთი დონის მართვის სისტემებში არ ხერხდება ანალიტიკური გადაწყვეტა და დისპეტერეიზაციის პრობლემები მოვლად მომსახურე პერსონალის გამოცდილების ხარჯზე უდება.

აყედან გამოდინარე ნაშრომის მზანია, კსელები ნაკადების ოპერატიული მართვის ალგორითმების და მათი საფუძველზე

materialuri nakadebis martvis avtomatizebuli sistemis damusaveba. am miznis misarwevad Ziritadi yuradReba eTmoba Semdegi amocanebis gadawyvetas:

- modifizirebuli genetikuri algoritmis damusavebas nakadebis optimaluri ganawil ebisatvis;
- avariur JimSi martvisatvis da agreTve deficitis problemis gadawyvetisatvis qselis regeneraciis miznit qselis dekompoziciis algoritmis damusavebas;
- warmodgenili algoritmebis bazaze nakadebis operatiuli martvis sistemis damusavebas;
- sistemis operatiuli martvisatvis xelovnuri neuronuli qselis modelisa da codnis bazis warmodgenis freimuli modelis damusavebas;
- materialuri nakadebis martvis sistemis informaciuli da programuli uzrunvel yofis damusavebas monacemta bazebis martvis sistemis - MS SQL Server da obieqt-orientirebuli daprogramebis sistemis bazaze.

Catarebuli kvlevis Sedegad damusavda:

modifizirebuli genetikuri algoritmi; qselis dekompoziciis algoritmi; nakadebis martvis algoritmi; operatiuli martvis sistemis modeli; damusavda sistemis martvis algoritmul, informaciuli da programuli uzrunvel yofa.

pirvel TavSi warmodgenilia qselSi materialuri nakadebis operatiuli martvis problema da Semotavazebulia am problemis gadawyveta genetikuri algoritmis metodit.

Catarebulia evoluciuri, kerZod genetikuri modelirebis metodebis safuzvelze Seqmnilimrალი samecniero proeqtisa da disertaciis mimoxilva, romelic cxadyofs evoluciuri midgomis mizanSewonilobas. damusavebulia nakadebis martvis avtomatizebuli sistemis arqiteqtura.

meore TavSi damusavebulia modifizirebuli genetikuri algoritმი, romelic metad efekturia mრალი eqstremaluri

optimizaciis amocanebis gadasawyvetad; avariul rejimSi qsel is regeneraciis probl emis gadawyvetisaTvis damuSavebul ia qsel is dekompoziciis model i; damuSavebul ia xel ovnuri intel eqtis meTodebiT sistemis marTvis model i, sadac sistemis operatiul i marTvisaTvis gamoyenbul ia xel ovnuri neironul i qsel ebis meTodi da codnis bazebis warmodgenis freimul i model i.

mesame TavSi warmodgenil ia: damuSavebul i model ebis al goriTmebi; monacemTa baza MS SQL Server da MS Access sistemebis bazaze; nakadebis marTvis sistemis programul i uzrunvel yofa obieqt-orientirebul i sistemis – Delphi bazaze.

meoTxe TavSi damuSavebul ia obieqtis imitaciuri model i; warmodgenil ia naSromSi miRebul Teoriul gamokvl evaTa Sedegebis anal izi.



# **I Tavi. model irebis evol uciuri meTodebis anal izi**

## **1.1. qsel Si material uri nakadebis operatiul i marTvis amocana**

qsel ur ganawil ebul obieqtebs, roml ebic warmoadgenen mocemul i naSromis interesebis sferos da romel Tac miekuTvnebian rTul i topol ogiuri struqturis mqone wyal momaragebis, gazmomaragebis sistemebi, aertianebT sistemaSi material uri nakadebis arseboba. qsel ebi gansxvavdebian rogorc struqturul ad, ise Semadgenl obiTa da maTematikuri model ebiT. maT saerTo aqvT mxol od marTvis anu nakadebis ganawil ebis principebi.

Tavis mxriv, TiToeul i tipis qsel i xasiaTdeba nakadebis marTvis specifikiT, rac kidev ufro mraval ferovals xdis aseTi kl asis sistemebis model irebis, procesebis organizaciisa da marTvis al goriTmebis, agreTve programul saSual ebaTa funqcionirebis l ogikis Tval sazrisiT. Tumca wyal momaragebisa da gazmomaragebis sistemebi garkveul i principul i anal ogiurobiT xasiaTdebian. amdenad, material uri nakadebis marTvis magal iTis saxiT sakmarisia ganvixil ot Tundac erTerTi maTgani.

marTvis Tval sazrisiT, qal aqis wyal momaragebis sistema iTvl eba rTul samarTav ekol ogiur obieqtad mTel i rigi faqto- rebis gamo. sistemis ZiriTadi komponenti \_ wyal gamanawil ebel i qsel i mudmivi eqspl oataciisa da ganaxl ebis procesSia. urbanistul i procesebis dinamika, momsaxurebis permanentul oba da sirTul e, wyl is stoqasturi danakargebi, wyl is xarixobrivi Tu raodenobrivi maCvenebl ebis kontrol isa da marTvis probl emebi qmnian perturbaciebs qal aqis wyal momaragebis sistemis funqcionirebaSi [31].

wyal momaragebis sistema, qsel is topol ogiis didi ganzomi- l ebiTa da teqnologiuri sirTul iT, agreTve sakmaod didi inerciul obiT xasiaTdeba. sakiTxs kidev ufro arTul ebs

avariul situația ta și să se da măsuri de lichidare și miza  
marțvis operațională obisă mărită în xarixi. Dacă mătară, obiecte  
măkuvneba să se cociască în mnișvel obisă și mărită în riskis  
ekol ogiur klasis obiecte, dacă kidev ufro amărl ebs  
gamokvl ebeșadmi moțxovnebs.

wyal momaragebis marțvis avtomatizebul i sistemis funcțio-  
narebis xarixis kvl eva seuzlebel i sistemăsi gaertianebul  
el ementa țvisebebis, măț soris arsebul urțiertkavșirebis  
xasiațisa și urțiertqmedebis meqanizmebis seswavl is gareșe.

wyal momaragebis sistemebis ațvis damaxiațebel i marțvis  
struțturis cval eadoba danyarebul i wyl it uzrunvel yofis  
procesis șesabamisad, marțvis parametrebisă și rejimis  
efekturobis măcvenebel ebs `aramkafioba- și ganusazrvrel oba,  
adamianta aucilebel i monawileoba operațională i marțvis  
procesis (dacă țavis mxriv damokidebul i individual uri  
gadawvetil ebața mi rebis `araertgvarovnebasă- și `aramkafio-  
baze-) și șva. arnișnul is gamo arc țu ișviația real uri  
sistemebis marțvis procesebisă probl emata arseboaba [18].

miuxedavad imisa, rom msofl ios mraval qal aqsi warmatebit  
funcționareben wyal momaragebis marțvis avtomatizebul i  
sistemebis, warmarțvel i rol i mainc adamians ekisreba, radgan  
așeti donis marțvis sistemebisă rțul ad realizebadia  
anal itikuri gadawveta. dispertcerizaciis probl emebi țiritadad  
eyrdnoba momsaxure personal is gamocdilebas, ris gamoc xșirad  
miurwevel i optimal uri amonaxșnis povna.

qal aqis wyal momaragebis sistemăsi wydeba amocanața  
kompl eqsi daproețtebis, dagegmvis, prognozirebis, kontrol isa  
și marțvis țval șazrișit. mocemul i nașromi ar isaxavs miznad  
mțel i kompl eqșis gadawvetaș, aramed ifargleba mxol od wyl it  
uzrunvel yofis procesis operațională i marțvit, roml is mizani  
țiritadad qșel is mraval ricxovan ganștoebesăsi wyl is nakadebis  
optimal ur ganawilebaș i mdgomareobs, mușaobis rogorc  
normal ur, ișe avariul rejimeșis.

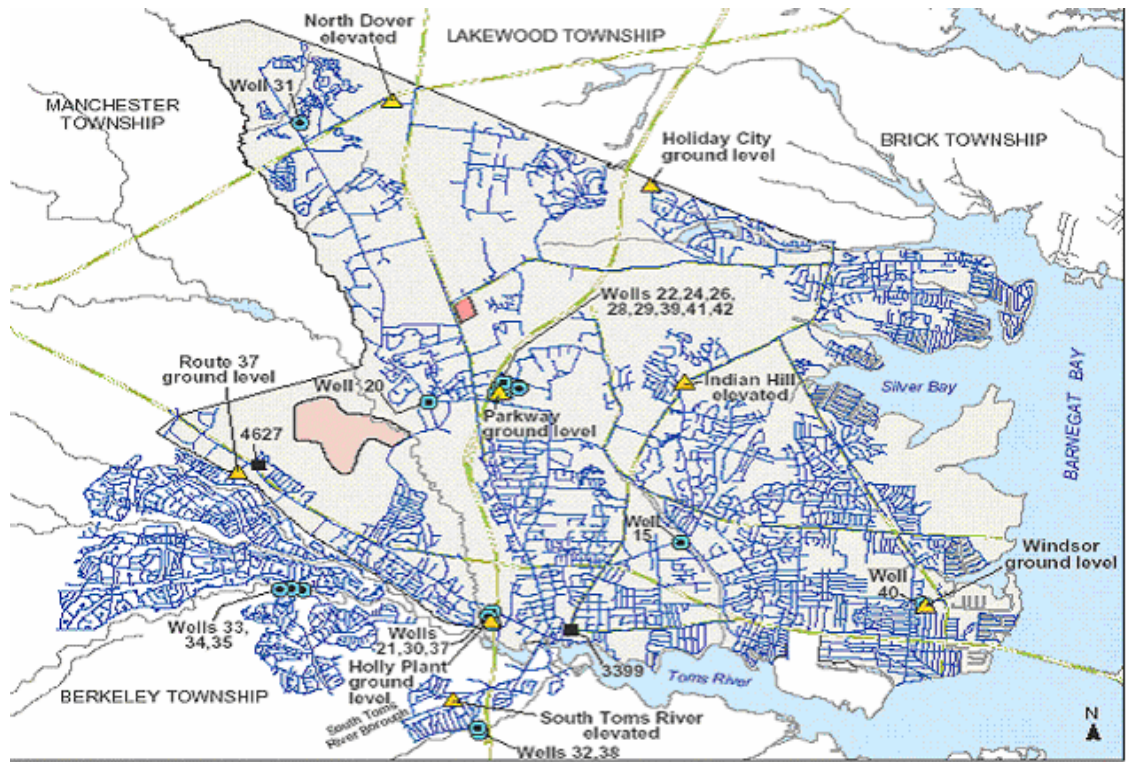
unda aRiniSnos, rom wyl iT uzrunvel yofis procesis operatiul i marTva warmoadgens didi ganzomil ebis, mraVal parametrul amocanas, romel ic efuZneba masSi mimdinare sxvadasxva procesis model irebas. zogadad, sistemis marTvis xarisxi ganisazRvreba obieqtis model uri uzrunvel yofis adeqvaturobiT.

amdenad, didi mniSvnel oba eniWeba qal aqis wyal momaragebis sistemis komponentebis funqcionirebis xarisxisa da dispetCerizaciis strategiabis model ebis agebas.

qsel is marTva mimdinareobs ZiriTadad or reJimSi: normal ur da avariul reJimebSi. sakiTxs kidev arTul ebs avariul situaciTa sixSire da maTi likvidaciis mizniT marTvis operatiul obis maRal i xarisxi. Iokal uri anucal keul i magistral uri mil sadenis doneze datvirTvebis Tu sxvadasxva parametrebis cval ebadoba (sadReRamiso grafikebi, pikuri datvirTvebi da sxva), wyaroebidan Semomaval i nakadebis cvl il ebis SemTxveviTi xasiaTi, agreTve avariul i situaciabis warmoSobis maRal i albaToba qmnian qsel is struqturaSi nakadebis optimal uri gadanawil ebis aucil ebl obis pirobebs, rac mniSvnel ovnad arTul ebs marTvis probl emebs.

zemoT aRniSnul i argumentebidan gamomdinare, qal aqis wyal momaragebis operatiul i marTvis gadawyvetil ebis miRebis procesSi sul ufro mkafiod ikveTeBa xel ovnuri intel eqtis, rogorc maRal i donis marTvis meTodis gamoyenebis aucil ebl oba. obieqtis sirTul isa da didi ganzomil ebis gamo, agreTve arasrul i informaciis pirobebSi marTvis dros gansakuTrebul mniSvnel obas izens marTvis procesSi xel ovnuri intel eqtis meTodebis gamoyeneba [35]. amrigad, naSromis ZiriTadi amocana SeiZl eba Semdegi saxiT Camovayal iboT: nakadebis operatiul i marTvis model ebis damuSaveba qsel is funqcionirebis normal uri da avariul i reJimebisaTvis. am model ebis bazaze operatiul i marTvis avtomatizebul i sistemis real izeba.

zogadad, qal aqis wyal momaragebis sistemis kartografiul i model i warmodgenil ia nax.1.1.1-ze.



nax. 1.1.1. wyal momaragebis sistemis kartografiul i model i

## 1.2. evol uciuri model irebisa da misi praqtikul i gamoyenebis mimoxil va

praqtikul i amocanebis optimizaciis sakiTxebis gadawyveta seriozul probl emebTanaa dakavSirebul i. es ganpirobebul ia, j er erTi amocanebis sakmaod didi ganzomil ebiT, meore real uri procesebisaTvis damaxasiaTebel i arawrfivobiT da mesame - rTul i saxis SezRudvaTa sistemis arsebobiT [8].

didganzomil ebiani, mraval eqstremal uri amocanebis amoxsnias xSirad gamoiyeneba evristikul i al goriTmebi anu zogadad evristika, maSin rodesac ar aris aucil ebel i optimal uri amonaxsni, aramed sakmarisia kargi amonaxsnis povna. samagierod evristikul i al goriTmebi sakmaod swrafia da martivi, vidre nebismieri cnobil i zusti al goriTmi. `kargi amonaxsnis- cneba TviT amocanazea damokidebul i. cnobil i zusti al goriTmiT amocanis amoxsnas SeiZl eba dasWirdes sakmaod didi dro, maSin roca optimal urTan miaxl oebul i amonaxsni SeiZl eba napovni iqnas gacil ebiT mcire droSi [17].

evristikul i al goriTmebis arweris universal uri struqturebi ar arsebobs. evristikul i al goriTmebis agebis erT-erTi midgoma SemdegSi mdgomareobs: unda CamoiTval os zusti amonaxsnis miRebisaTvis saWi ro moTxovnebi, es moTxovnebi SeiZl eba daiyos kl asebad: moTxovnebi, romel Ta dakmayofil eba SedarebiT martivia, da moTxovnebi, romel Ta dakmayofil eba ar aris martivi. SeiZl eba gvqondes agreTve sxva SemTxvevac: moTxovnebi, roml ebi aucil ebl ad unda dakmayofil dnen da moTxovnebi, romel Ta mimarT SeiZl eba kompromisze wasvl a. Tumca es ar niSnavs, rom meore moTxovnis dasakmayofil ebl ad araviTari cda ar keTdeba, aramed niSnavs, rom meore pirobis dasakmayofil ebl ad ar iqneba mocemul i araviTari garantia [10].

zemoTTqmul idan gamomdinare, roca Sei qmneba al goriTmi, romel ic l ogikidan gamomdinare unda muSaobdes yvel a msgavs amocanaze, magram sistemis specifikidan gamomdinare SeuZl ebel ia

al goriTmis sisworis damtkiceba, am SemTxvevaSi al goriTmi ganixil eba rogorc evristikul i [11].

evristikul -evol uciurma Teoriam Tavisi gamoCenis momentidanve Secval a adamianTa msofi mxedvel oba. Tanamedrove etapze mecnierul i codnis mraval i sfero xasiaTdeba azris Tavisufi ebiT, romelic dayrdnobil ia evol uciisa da ganviTarebis Teoriaze. ganviTarebis safuZvel s warmoadgens bunebrivi gadarCeva. ganviTarebis mTavari meqanizmi mdgomareobs SemdegSi: gadarCeva cvl il ebebTan SerwymiT. es meqanizmi xsnis bunebaSi arsebul sakmaod farTo speqtris movl enebS. amitomac kompiuterul i kvleebiT dakavebul ma mecnierebma mimarTes evol uciuri kanonebis anal ogias kompiuterul i imitaciis Tval sazrisiT. evristikul -evol uciuri mdgomis sxvadasxvaobis miuxedavad, TiToeul ma maTganma Tavisi wvl il i Seitana optimizaciis axal i meTodebis Seqmnasa da kompiuterul realizaciaSi [25,30].

bunebrivi gadarCevis principebze dafuZnebul amocanebSi am sistemebiT sargebl obis mTavar sirtul es warmoadgens, rom bunebrivi sistemebi sakmaod qaosuria, xolo yvel a Cveni moqmedeba, faqtiurad atarebs zust mimarTul ebas. kompiuters viyenebT Cvens mier formul irebul i gansazRvrul i amocanebis amoxsnis instrumentad, vamaxvil ebT yuradRebas, rom minimal uri danaxarj ebiT miviRoT Sesrul ebis maqsimal uri siswrafe. bunebriv sistemebS ara aqvT aseTi miznebi da SezRudvebi, yovel SemTxvevaSi CvenTvis es ar aris cnobil i. bunebaSi `gadarCena` ar aris TviTmizani anu mimarTul i raime fiqsirebul i miznisaken, amis nacvl ad evol ucia dgams nabij s win nebismieri SesaZl o mimarTul ebiT [12]

Zal isxmeva, romelic mimarTul ia bunebrivi sistemebis anal ogebTan evol uciis model irebaze, SeiZl eba daiyos or kategoriad:

a) sistemebi, romlebic model irebul ia biol ogiur principebze. isini warmatebiT gamoiyenebian funqcional uri

optimizaciis tipis amocanebisaTvis da martivad aRiwerebian arabiologiur enaze;

b) sistemebi, roml ebic arian biologiurad ufro real uri, magram roml ebic ar aRmoCndnen gansakuTrebiT sasargebl o gamoyenebiTi Tval sazrisiT. isini xasiaTdebian rTuli da saintereso qceviT, da swrafad Rebul oben praqtikul gamoyenebas.

praqtikaSi ase mkacrad ver gamovyofT am sakiTxebs. es kategoriebi ubral od ori pol usia, romel Ta Soris devs sxvadasxva gamoTvl iTi sistemebi. pirvel pol usTan axl osaa – evol uciuri al gorITmebi, iseTi rogoricaa evol uciuri programireba (*Evolutionary Programming*), genetikuri al gorITmebi (*Genetic Algorithms*) da evol uciuri strategiebi (*Evolution Strategies*), meore pol usTan axl osaa sistemebi, roml ebic kl asificirdebian, rogorc xel ovnuri sicocxl e[12,30].

unda aRiniSnos, rom amJamad evol uciuri model irebis meTodebi didi popul arobiT sargebl obs samecniero-sainJinro wreebSi, ramac farTo asaxva hpova sxvadasxva samecniero proeqtebsa da disertaciebSi. bunebrivia, SeuZl ebel ia mTl ianad moicva samecniero publikaciis sruli speqtri aRniSnuli mimarTul ebiT, magram Tundac qvemod moyvanili mcire mimoxil vac ki cxadyofs evol uciuri model irebisadmi interes.

d.e. gol dbergma (*ilinois universiteti*) gazzadenis sistemisaTvis daamuSava marTvis maswavl i al gorITmebi [26]. gazzadeni kompl eqsi Sedgeba mraval i ganStoebisagan, roml ebSic sxvadasxva raodenobis gazi gaedineba. marTvis erTaderTi saSual ebaa kompresorebi, roml ebic zrdian gazzadenis totebSi wnevas da sarqvel ebi, roml ebic sacavidan aregul ireben gazis nakads. gazis wneva mil ebSi, sakmaod cval ebadia datvirTvis cval ebadobis gamo, rac moiTxovs kompresorebisa da sarqvel ebis operatiul funcioni rebas. gazzadenis marTvis amocanas ar gaaCnia anal itikuri amonaxsni da dispetCeri gadawyvetil ebas iRebs gamocdil ebis safuZvel ze. gol dbergis sistema ara marto

ამცირებს გზის ექსპლუატაციის დანახარჯებს, არამედ გამოიმუშავებს  
ე.წ. ვესებს იერარქიას, რომელსაც უნარი აქვს არასრული  
ინფორმაციის შემთხვევაშიც ადეკვატური რეაგირება გააკეთოს  
გაზსადენში მოულოდნელად წარმოშობილი პრობლემების დროს.  
კლასიფიკატორი, რომელიც შეიცავს მინიმუმ 8000-ს, გამოიმუშავებს  
გადაწყვეტილ ელემენტების მართვის სისტემას.

1. დევიის "Tica Associates" კომპანიიდან (კემბრიჯი, მასაჩუსეტის  
შტატი) სარგებლობდა ანალიზური მეთოდებით საკომუნიკაციო  
ქსელის კონსტრუირებისთვის; მისი კომპიუტერი პროგრამის  
მიზანმიმდგომარეობას იმას, რომ მინიმალური გადამცემი ხაზებისა და  
მათი დამაკავშირებელი კომპონენტების შემთხვევაში გადაეცეს  
მაქსიმალური ინფორმაცია.

მკვლევართა ჯგუფმა "General Electric"- კომპანიიდან და აგრეთვე  
რენსელეროვსკის პოლიტექნიკური ინსტიტუტიდან, წარმართეს  
გამოყენება გენეტიკური ალგორითმი რეაქტიული ზრავის ტურბინების  
კონსტრუირებისთვის. ეს ტურბინები გამოყენება წარმართეს  
ავიატაინერებში და მეტად ზირადრეზულენტია. ტურბინების  
კონსტრუქციაში მოხდის მინიმუმ 100 ცვლილება, რომელთაგან  
თითოეული მათგანი შეიძლება იცვლებოდეს სხვადასხვა დიაპაზონში.  
სესამისად საზიებო სივრცე შედგება  $10^{387}$  ვერტიკალურად. ტურბინის  
ეფექტურობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად კარგად  
აკმაყოფილებს იგი 50-ზე მეტად სიმრავლეს, ისე, როგორცაა მისი  
სიდა და გარე კონტურების სიგლუვე, აგრეთვე უნდა და ა.შ. ციური  
სიტუაციიდან გამოსავალი ნაპოვნი იქნა გენეტიკური ალგორითმების  
გამოყენებით. მიზნული იქნა 3-ჯერ უფრო უკეთესი კონსტრუქცია,  
ვიდრე ხელისა და მუშაობის დროს და წარმართეს გაცილებით მოკლე  
დროში.

გენეტიკური ალგორითმებით ამოიხსნება მრავალი რეალური  
ამოცანა. მაგალითად, იგი გამოყენება ხდის კონსტრუქციის პროექტირებაში,  
სიმტკიცისა და ხარისხის მაქსიმალური წარმართვის  
ზიებისთვის ან კიდევ ყოველი ის ფორმად დაწერის ოპტიმალური  
ვარიანტის ზიებისთვის. იგი გამოყენება აგრეთვე პროცესის



interaqtiul i marTvisaTvis, magal iTad qimiur qarxanaSi, an mraVal procesorian kompiuterSi datvirTvis bal ansirebisaTvis.

israel is kompaniam `Sema- daamuSava programul i produqti `Channeling- qsel uri kavSiris muSaobis optimizaciisaTvis. programa irCevs optimal ur sixSires, romel zec SeuferxebI ad mimdinareobs saubari.

genetikuri al goriTmebi mraVal parametriani funqciebis optimizaciis saSual ebas iZl eva. mraVal i real uri amocana SeiZl eba formul irdes, rogorc optimal uri mniSvnel obis Zieba, sadac mniSvnel oba aris rTul i funqcia, damokidebul i zogierT Semaval parametrebze. zogjer saWiroa im parametrebis mniSvnel obis povna, roml is drosac miirweva funqciis yvel aze zusti mniSvnel oba. zog SemTxvevaSi zusti optimumi ar moiTxoveba, amonaxsnad SeiZl eba CaiTval os nebismeri mniSvnel oba, romel ic ukeTesia romel ime mocemul sidiZe [24].

genetikuri al goriTmis efeqturoba mdgomareobs imaSi, rom mas aqvs mraVal i parametris erTdroul ad manipul irebis unari. am TvisebaTa gamo genetikuri al goriTmebi sxvadasxva formiT gamoiyeneba mraVal i teqnikuri da samecniro probl emebis gadasawvetad. isini gamoiyeneba sxvadasxva gamoTvl iTi struqturis Sesaqmnel ad, rogoricaa, magal iTad, avtomatebi an sortirebis qsel ebi. manqanur swavl ebaSi isini gamoiyenebian xel ovnuri neironul i qsel ebis proeqtirebisaTvis an robotebis marTvisaTvis. aseve gamoiyenebian sxvadasxva sagnobriv sferoSi ganvitarebis model irebisaTvis, biol ogiuri (ekol ogia, imunol ogia da popul aciuri genetika), social uri (ekonomika da pol itikuri sistemebi), kognitiuri sistemebi.

mniSvnel ovani Sedegebi miirO j. hintonma xel ovnur neuro- nul qsel ebze Catarebul i neurofsiqikuri gamokvl evebiT [29].

ganswavl adi manqanebis Seqmnisa da gamoyenebis sferos erTerT Tval saCino mimarTul ebad Camoyal ibda e.w. genetikur al goriTmebze dafuznebul i rTul i adapturi sistemebi [24], roml ebic kompiuterul i eqsperimentebis mixedviT gamosakvl evi

ობიექტის შესახებ ცოდნის დაგროვების საშუალებას იძლევა. ბუნებრივი სერვისების პრინციპზე შეყნობის გენეტიკური ალგორითმები საკმაოდ ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს მრავალგანზომილებიანი არაწრფივი, მრავალეკსტრემუმიანი სისტემების შემთხვევაში. გრაფიკული კომპიუტერი პროგრამების მშენებელს მრავალვარიანტიან გარემოში შემდეგ ფიზიკურ რეალიზაციას შესაძლებლობას აძლევს იკოსაედრის სტრუქტურის მქონე ნახსობების მაკრომოლეკულური კლასტერის C60 მოდელის აგება [14].

*საკმაოდ ფართო გენეტიკური ალგორითმების გამოყენების სფერო. მიზანსწორი იანგვილი ოთხივე მათგანი.*

**სახედა სეცნობა.** თანამედროვე ტელეკომუნიკაციური ინდუსტრია ხასიათდება ზალზე მარალი დინამიურობით, რაც უმეტესწილად განპირობებულია ხელმომწვევა ხსირი გარდატეხიერების პროვაიდერიდან მეორეზე მათი მიგრაციის შედეგად. ამის გამო სატრანსპორტო დანახარჯები მითანაზე მკვეთრად მათულობს. ყველა კურიერს გააჩნია კლიენტების შესახებ საკმაოდ დიდი მოცულობის მონაცემთა ბაზა, მაგრამ მუდმივად მოზრავი კლიენტების იდენტიფიცირება რეალურ დროში მათად რთული ამოცანა წარმოადგენს. ამ ტვალსაზრისით, გენეტიკური ალგორითმების გამოყენებით შესაძლებელია ხდება პრობლემის გადაწყვეტა "If-Then" ტიპის ვესების კრების გენერაცია სისტემის განსვლითა და კლიენტთა სხვადასხვა კუთვების მოზრების ალბათობის განსაზრვრის მიზნით [36]. ხელმომწვევი ინტელექტის სხვა მეთოდებთან, კერძოდ ხელმომწვევი ნეირონული ქსელების, გადაწყვეტილებათა შედეგად დაფუძნებული ალგორითმებთან შედარებით გენეტიკური ალგორითმები ბევრად უფრო ზუსტ ამოცანებს იძლევიან.

**მათემატიკა და ალგორითმები.** გენეტიკური ალგორითმები გამოიყენება აგრეთვე მარალი რიგის არაწრფივი კერძოდ დიფერენციალური განტოლებების ამოცანებში ადა იძლევა ტიტყმის ზუსტ ამოცანებს. გარდა ამისა, კომპიუტერი მეცნიერებაში, გამანავილ ებელ ქსელში მონაცემთა სორტირების ამოცანა წარმოადგენს უმეტესწილად გენეტიკური პროგრამების მშენებელს.

**masal ebis inJineringi.** erTerT Tval saCino magal iTad SeiZl eba CaiTval os naxSirbadovani pol imerebis e.w. pol ianil inis sasurvel i Tvissebebis mqone (el eqtrul ad gamtari) axal i mol ekul ebis daproeqteba, romelic metad rTul probl emas warmoadgens. maRal i reaqtiul obis gamo naxSirbadis atomebs SeuZl iaT uamravi struqturabis formireba, saidanac axal i mol ekul ebis miznobrivi daproeqteba TiTqmis SeuZl ebel ia imitaciuri model irebis gareSe. am Tval sazrisiT, genetikuri al goritmebi Seucvl el ia. sawyisi popul aciis SemTxveviTi generaciis Semdeg genetikuri operatorebis meSveobiT xdeba sasurvel i Tvissebebis mqone axal i mol ekul ebis daproeqteba.

**geofizika.** seismol ogiuri monacemebis bazaze miwisZvris epicentris adgil is gansazRvra zedmiwevniT rTul i amocanaa. genetikuri al goritmebis gamoyenebiT SesaZl ebel i xdeba swrafad iqnas gansazRvrul i optimal urTan miaxl oebul i amonaxsni.

**ekonomika.** bazris qaosurobidan gamomdinare, prognostul i amocanebis gadawyvetis dros maRal i riskis gamo, metad rTul deba gadawyvetil ebis miReba. am mxriv, sakmaod efeqturia maragisa da miwodebis marTvis kl asifikaciis Tval sazrisiT *"If-Then"* tipis wesebis generacia genetikuri al goritmebis gamoyenebiT.

**qimia.** I azerul energias SeuZl ia rTul i mol ekul ebi daSal os martiv mol ekul ebad. am process farTo gamoyeneba aqvs organul qimiasa da mikro-el eqtronikaSi. aRniSnul i reaqciis sabol oo produqtis miRebis procesis marTva I azeris impul sis fazis cvl il ebiT. didi mol ekul ebis SemTxvevaSi sasurvel i impul sis model is miReba anal itikuri xerxiT Zal ian rTul ia, xol o gamoTvl ebi metad Sromatevadia. amdenad, evol uciuri al goritmebis gareSe am probl emis gadawyveta praqtikul ad SeuZl ebel ia. farmacevtul industriaSi genetikuri al gorit-

მების გამოყენებამ დასაბამი დაუდო აგრეთვე ე.წ. კომბინატორული  
კომისიის გამოყენებას, როგორც ახალ და პერსპექტიულ  
მართლებას.

**რობოტეხნიკა.** რობოტების რეალიზაციის მართვისა და  
განსვლის სისტემა უარყოფითია ხელისაწყოების ინტელექტის,  
კერძოდ გენეტიკური პროგრამების გამოყენების გარეშე. უნდა  
იტყვას, რომ ამ მართლებით ზალიან ბევრი პროექტი არის  
სემინალი და ამდენად ზნელობა ერთ რომელიმე ჯურადების  
სეცერება.

**სამხედრო სახე.** საბრძოლო ღონისძიებების ტაქტიკური გეგმების  
სადგენა უარყოფითია მართალი განზომილების ამოცანას, ხსრად  
ურთიერთსაინარმდგო ცვლილებებისა და კრიტერიუმების არსებობის  
გამო. ასე მაგალითად, საკუთარი მსხვერპლის მინიმიზაცია,  
მონარმდგის მსხვერპლის მაქსიმიზაცია, ტერიტორიის სასურველი  
კონტროლი, რესურსების სენარცუნება და სხვა. ამ ტვალ საზრისიტ,  
მეტად აქტუალურია ტრენაჟორი სისტემის სემინა გენეტიკური  
ალგორითმების გამოყენებით, როგორც გადავყვეტილების მიხედვის  
დამხმარე სასუალება.

**მოლეკულური ბიოლოგია.** ცოცხალი ორგანიზმების ტრანსმემ-  
ბრანული ცილების ასრულებით მეტად მნიშვნელოვანი ფუნქციები,  
როგორცაა უჯრედის გარეთ გარკვეული სუბსტანციების სეცნობა და  
მათი უჯრედში ტრანსპორტირება. ტრანსმემბრანული ცილების გეგმის  
გაგება სესაზღვრულია მხოლოდ ცილების იმ ნაწილის იდენტი-  
ფიკაციით, რომელიც ტრანსმემბრანულ არეს უარყოფითია. გადა  
ამისა, ყველა ცილა აიგება ოცამდე ამინომჟავის კომბინაციის სედეგად.  
ამ მხრივ ამინომჟავების ტანმდევრობას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს  
ტრანსმემბრანული არეს ფორმირების ტვალ საზრისიტ. ამ პროცესის  
მოდელირებისათვის სწორედ გენეტიკური ალგორითმები არის ყველაზე  
ხელსაყრელი.

**ასტრონომია და ასტროფიზიკა.** გენეტიკური ალგორითმები  
ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე ისეთი ამოცანების ამოხსნისად,  
როგორცაა მაგალითად: გალატის ბრუნვის მრუდის დადგენა,  
ცვლილების ვარსკვლავის პერიოდის განსაზრვრა, მზის გარის

magnitohidrodinamikul i model isaTvis kritikul i parametrebis amoxsna da sxva. metad aqTual uria agreTve axal i ciuri obieqtis identifikaciis probl ema, rac saxeTa Secnobis genetikuri al goriTmebis meSveobiT wydeba.

**akustika.** optimal uri akustikuri Tvisebebis mqone mraVal ganzomil ebiani obieqtebis daproeqtebis SemTxvevaSiC genetikuri al goriTmebis gamoyeneba ufro efeqturia, vidre optimizaciis sxva meTodebi.

**saswavl o procesis dagegmva.** am mxriv, metad saintereso probl emas warmoadgens iseTi mraVal ganzomil ebiani da mraVal kriteriumiani sistemis marTva rogoric umaRI esi saswavl o dawesebul ebaa. saswavl o kontingentis, fakul tetebis, kaTedrebis, Sesabamisad special obebis, personal is raodenoba, saswavl o gegmebisa da programebis siuxve, SezRudul i auditorul i fondi da droiTi regl amenti, sxva SezRudvebTan erTad saswavl o datvirTvebisa da ganrigis Sedgenis amocanas warmoudgenl ad arTul ebs. aseT SemTxvevaSi, swored evol uciur- evristikul i meTodebi iZi eva optimal urTan miaxl ovebul i amonaxsnis povnis saSual ebas.

*Seqmnil ia mraVal i sadisertacio naSromi evol uciuri model irebis Temaze.*

s.r. gustafsoni (notingemis universiteti) sadoqtoro disertaciaSi [37] ganxil avs genetikuri meTodis gamoyenebis perspeqtivebs avtomaturi daprogamebis Tval sazrisiT, kerZod rogorc metaevristikul i Ziebis meTods, romel ic iyenebs cvl adi sigrZis kompiuterul programebis popul acias. Zebnis strategia efuZneba biol ogiuri evol uciis princips. cnobil ia, rom daprogamebis avtomatizaciis idea ukve karga xania warmoadgens xel ovnuri intel eqtis mizans. swored genetikuri midgoma ganapirobebs programis avtomaturad TandaTanobiT, evol uciur daxvewas. popul acia dakavSirebul ia genetikuri al goriTmis mraVal ganzomil ebian aspeqtTan. am SemTxvevaSi variaciebi gamoiyeneba popul aciis aRweris, anal izisa da Zebnis

efekturobisaTvis, xol o evol uciuri procesSi xorciel deba programul i struqturebis amorčeva da gadawyoba. disertaciaSi warmodgenil i Sedegebi aucil ebl ad moitanen sargebl obas evol uciasa da cvl adi sigrZis amonaxsnze dafuZnebul i meTodebis ganviTarebis saqmeSi.

r.p. vigendis (j orj meisonis universiteti) disertacia eZRvneba kooperatiul koevol uciur al goriTmebs. praqtikidan cnobil ia, rom koevol uciuri al goriTmebis qceva xSirad probl ematuria da garkveul ad winaaRmdegobrivic. arsebobs garkveul i Teoria da agreTve empiriul i analizic, raTa gairkves, Tu ra arsebiti gansxvaveba da msgavseba aris koevol uciur da Cveul ebriv evol uciur al goriTmebs Soris. am mxriv, disertaciaSi ganxil ul ia koevol uciis al goriTmebis gamoyenebis sakiTxebi statikuri optimizaciis amocanebTan mimarTebaSi.

farid xol aSxani (tarmiat modersis universiteti, Teirani) disertaciaSi ganxil avs genetikur al goriTmebs, rogorc Ziebis erTerT metaevristikul meTods warmoebis marTvis probl emebis gadawyvetis dros. aqcenti keTdeba genetikuri al goriTmis SerCevis proceduraze, romel ic efuZneba warmoebis procesSi SesaZl o operaciebis bunebriv maxasiaTebl ebs. am Tval sazrisiT, genetikuri al goriTmis sel eqciis operatorSi Setanil ia garkveul i siaxl e, kerZod gas parametrebis gansazRvris adapturi meTodi. warmodgenil i meTodebis muSaoba gamokvl eul ia ori xerxiT: jer l iteraturidan SerCeul iqna standartul i sacdel i funqciebi da maTze gakeTda Sedareba da statistikuri anal izi warmodgenil meTodebsa da standartul genetikur al goriTmebs Soris.

masaud j amei (Sefil dis universiteti) disertaciaSi arwers axal genetikur meTodol ogias simbiotikuri evol uciis gamoyenebit optimal uri araxadi wesebis gamovl enis mizniT. am evol uciuri midgomiT SemTxveviT SerCeul i wesebis j gufze gamoTvl ebis safuZvel ze xdeba araxadi daskvnebis sistemis

awyoba, rodesac yovel wess ekisreba proporciul i kontribucia j arima. Sedegad, gamoiTvl eba popul aciaSi yovel i wesis srul i vargisianoba da maTi sicocxl isunarianobis safuZvel ze SeirCevian Semdeg TaobaSi aRwarmoebisa da gadarCenisaTvis. gansxvavebiT Cveul ebrivi al goriTmisagan, romel ic efuZneba generaciis araxad al goriTmebs, warmodgenil midgomaSi erTi Taobidan meoreSi gadasvl is wesi evol uciurad yal ibdeba da ara sabazo wesiT. mocemul i al goriTmi xorciel deba ori versiit: TviTorganizebadi simbol uri evol uciisa (SOSE) da TviTSequebadi simbol uri evol uciis (SASE) versiit. SOSE meTodSi dadgenil ia wevrobis funqciis parametrebi, da meTodi qmnis mxol od araxad wesebs, xol o SASE meTodSi al goriTmi axdens rogorc daskvnebis sistemis, ise wevrobis funqciis parametrebis optimizacias.

j.d. noul zi (ridingis universiteti, gaerTianebul i samefo) disertaciaSi ganxil avs l okal uri Ziebisa da hibridul evol uciur al goriTmebs pareto optimizaciisaTvis. ukanasknel wl ebSi garkveul ad viTardeba mul timiznobrivi evol uciuri al goriTmebi (MOEAs) pareto optimizaciisaTvis. aRniSnul naSromSi warmodgenil ia l okal uri Ziebis evol uciuri al goriTmebi pareto optimizaciisaTvis (PEAS), romel ic ukve sakmaod popul arul (MOEAs) –Tan SedarebiT ukeTesad asrul ebs funqcias da real uri samyaros tel ekomunikaciur probl emebs. garda amisa, PEAS–s el ementebi aseve farTod SeiZl eba gamoyenebul iqnas sxva al goriTmebis proeqtebSic. kerZod, l okal uri Ziebisa da evol uciuri meTodebis kombinierebiT pareto optimizaciisaTvis miReba axal i al goriTmi, romel ic zogierTi mraval kriteriumiani amocanis SemTxvevaSi sakmaod karg Sedegebs iZl eva.

j.i. van hemertis (l eidenis universiteti, niderl andebi) disertacia eZRvneba evol uciuri al goriTmebis gamoyenebas samTo saqmeSi. sxvadasxva situaciebisaTvis SemuSavebul ia

al goriTmebi, orientirebul i saZiebo amocanebze, garkveul i SezRudvebis dakmayofil ebis pirobebSi. naSromSi xdeba amonaxsnTa Sefaseba da Sedareba arsebul evol uciur meTodebTan.

franc rotl aufi (beiruTis universiteti, germania) disertaciaSi akeTebS genetikuri da evol uciuri al goriTmebis (GEAs) anal izs da akeTebS daskvnas, rom GEAs sfero marTI ac gadatvirTul ia genetikuri operatorebisa da testirebis TeoriebiT da empiriul i kvl evebiT, magram TviT probl emis warmodgena xSirad rCeboda ise vZel doneze. disertaciaSi ganxil ul ia fundamenturi cnebebi, rogoricaa siWarbe, romel ic gansazRvraS mis adgil mdebareobas da gavlenas GEAs-s muSaobaze. Teoriul i koncepciebi praqtikul ad iqna aprobirebul i mTel ricxva optimizaciis da agreTve qsel ebis efeqturi daproeqtების probl emebis gadawyvetisaTvis.

akira oiama (tohokus universiteti, sendai, iaponia) Tavis disertaciaSi ganxil avs TviTmfrinavis frTis daproeqtების sakiTxebs evol uciuri al goriTmebis gamoyenebiT. sawarmos organizaciul i marTvis sistemis arqiteqturis daproeqtების garda evol uciuri al goriTmebi sul ufro popul arul i gaxda aerodinamiul i obieqtების daproeqtების saqmeSi. rogorc cnobil ia, aerodinamiul i obieqtebi miekuTvnebian mraval parametrul obieqtTa kl ass. magal iTad, frTis forma bgerasTan miaxl ovebul i siCqaris TviTmfrinavebisaTvis Cveul ebriv Seicavs asze met saproeqto parametrS. amgvarad, probl ema mdgomareobs mraval ganzomil ebiani optimizaciis amocanis gadawyvetaSi, rac dakavSirebul ia Zal ian didi raodenobis gamoTvl ebTan, rac mniSvnel ovnad aRemateba daproeqtების standartul i sistemebis Sesazl ebl obebS.

tomoxaru hakaSima (osakis prefekturis universiteti, iaponia) Tavis disertaciaSi exeba genetikur principze dafuZnebul manqanuri swavl ebis sakiTxebs `saxeTa` SecnobisaTvis, kerZod SemuSavebul ia manqanuri swavl ebis



ramdenime al goriTmi, roml ebic gankuTvnil ni arian maRal i ganzomil ebis sistemaTa kl asifikaciisaTvis.

Son I iukis (merilendis Statis universiteti, aSS) disertacia eZRvneba genetikuri programirebis kidev erT saitereso gamoyenebas, kerZod, im kompiuteruli programebis Zebnis sakiTxebis, roml ebic izl evian saukeTeso amonaxsns. disertaciaSi warmodgenilia axali, swrafqmedi genetikuri al goriTmebi, roml ebic standartuli programebis xis regeneraciis saSual ebas izl eva.

ekart zitzleri (ciurixis teqnologiuri instituti, Sveicaria) Tavis disertaciaSi ganxilavs mraval miznobrivi optimizaciisaTvis evoluciur al goriTmebis gamoyenebis meTodologiis sakiTxebis. samecniero siaxles warmoadgens e.w. eqsperimentuli meTodologia, rogorc axali midgoma mraval miznobrivi optimizaciis meTodebis Sedarebis Tval sazrisiT. agreTve, heterogenuli aparaturuli da programuli uzrunvel yofebis sintezis mul tikriteriumiani aplikacia da cifruli signal ebis procesorebis programuli uzrunvel yofis mraval ganzomil ebiani gamokvl eveli.

tina ius (londonis sauniversiteto koleji, didi britaneTi) disertacia eZRvneba genetikuri programirebis probl emebis daprogramebis avtomatizaciis Tval sazrisiT. masSi ganxilulia sxvadasxva funqcionaluri daprogramebis meTodebi, roml ebic garkveul ad aCqarebs programis ganvitarebis process. mraval funqcionalur meTods Soris SerCeul iqna sami meTodi: polimorfizmi, araxadi rekursia da maRal i rigis funqciebi. aRniSnulis damtkicebis Tval sazrisiT, genetikuri programirebis sistema gaZlierebul iqna aRniSnuli meTodebis CarTviT. eqsperimentebis Sedegebma cxadyo Semdegi: polimorfizmis meSveobit genetikuri programirebis meTodi geografiul-sainformacio sistemebis (GIS) amocanebs ufro efeqturad wyvets, xolo maRal i rigis funqciebi da araxadi rekursia mniSvelovnad zrdis genetikuri programirebis Sesazl ebl obebis

maRal i xarixsis zogadi paritetul i amocanebis amoxsnis SemTxvevaSi sxva cnobil meTodebTan SedarebiT.

David A. van der Duijzenis (Sahaero Zal ebis instituti, deitoni, aSS) disertacia Seexeba mul timiznobriv evol uciur al goriTmebs (MOEAs). I literaturaSi ganxil ul i ramdenime aseul i aplikacia funqciuri testirebis sistemis meSveobiT kl asificirebul i da katal ogizebul i iqna da Semdgom gamoyenebul i mul timiznobrivi evol uciuri al goriTmebis raodenobrivi da xarixsobrivi detal uri analizisaTvis. disertaciaSi warmodgenilia eqsperimentul i Sedegebi, maTi statistikuri kvleebi da sxva rel evanturi dakvirvebani.

Tim Teil oris (edinburgis universiteti, didi britaneTi) disertacia exeba xel ovnuri evol uciisa da xel ovnuri sicocxl is sferos, kerZod cocxal i organizmebis ganviTarebis sinTeturi model is Seqmnis probl emebs. aRniSnul i SeiZl eba ganxil ul iqnas rogorc biol ogiuri ganviTarebis l ogikuri struqturis axsnis mcdel oba. naSromis eqsperimentul i nawil i orientirebul ia xel ovnur evol uciur sistemaze (e.w. kosmosze), romelic uzrunvel yofs paral el uri damuSavebis model irebisa da mraval aTasiani TviTaRwarmoebadi kompiuterul i programebis popul aciis ganviTarebas. evol uciuri dinamikis gamokvl evis mizniT Catarebul ma mraval ferovanma eqsperimentebma cxadyves, rom xel ovnuri evol uciis sistemebis ganxrit jer kidev ar arsebobs sakmarisi Teoriul i da meTodol ogiuri safuZvl ebi. ganxil ul ia aracocxal i da bioturi garemos urTierTqmedebaTa model ebi, agreTve saxeobaTa reproduqcirebis fenotipuri SesaZl ebl obani.

a.k. srivastavas (banarasis universiteti, banarazi, indoeTi) disertacia eZRVneba genetikur al goriTmebSi xel ovnuri neironul i qsel ebis CarTvis, kerZod adamianis ynosvis sistemis model irebis probl emebs. genetikuri al goriTmebisa da xel ovnuri neironul i qsel ebis kombinacia qmnis efeqtur intel eqtual ur sistemas sunis identifikaciis Tval sazrisiT,

rac metad aqtual uria gazis probl emis gadawvetis saqmeSi. aq genetikuri al goritmebi gamoyenebul ia rogorc arawrfivi optimizaciis metodi xel ovnuri neironul i qsel ebis ganswavl is mizniT.

j.k. fiueira puj oli (birminghamis universiteti, gaertia nebul i samefo) Tavis disertaciaSi ganxil avs xel ovnuri neironul i qsel ebis evol uciis sakiTxebs organzomil ebiani warmodgenis gamoyenebiT. am bol o periodSi SemuSavebul ia evol uciur gamotvl ebze dafuznebul i xel ovnuri neironul i qsel ebis sintezis axal i metodebi. Tumca amave dros gasatval iswinebel ia is faqtic, rom xel ovnuri neironul i qsel ebi warmoadgenen organzomil ebian struqturabs, rac iTxovs special izebul evol uciur operatorebs. naSromSi Semotava zebul ia axal i midgoma, special izebul i formis evol uciuri operatorebis gamoyenebiT, romelic xel ovnuri neironul i qsel ebis arqiteqturis ganvitarebasTan erTad cvl is cal keul i kavSiris wonebs.

p.j. kenedi (sidneis teqnologiuri universiteti, avstralia) Tavis disertaciaSi exeba erTuj rediani organizmebis evol uciis model irebis sakiTxebs. naSromSi arwerilia biologiuri ujredis modeli, romelic upirvel es yovl isa Sedgeba genomisa da metabol izmisagan. genomebi da sawyisi qimiuri pirobebi erTdroul ad da erTad ganicdian evol uciis, iseTi ujredebis warmoebisaTvis, romlebic SeZl eben gadarCenas garemoSi. genomis evol uciis model irebisaTvis gamoiyeneba genetikuri al goritmebi inversiis operatorebis bazaze.

j. gotlibis (kl austaliis universiteti, germania) disertacia eZrvneba mraval ganzomil ebiani optimizaciis amocanebs evol uciuri al goritmebis gamoyenebiT. naSromi atarebs ufro Teoriul -analitikur xasiaTs da ar aris orientirebul i real ur obieqtze. miuxedavad amisa, miRebul i Sedegebi ekuTvnis kompl eqtaciis kombinatorul i amocanebis gadawvetis evris

tikul i meTodebis kl ass, rac Tavis mxriv mraval sferoSi gamoyenebis karg perspeqtivebze metyvel ebs.

patris kal egari (I ozanas teqnol ogiuri instituti, Sveicaria) Tavis disertaciaSi ganxil avs paral el ur popul aciaze dafuZnebul evol uciur al goriTmebs kombinatorul i optimizaciis amocanebisaTvis. paral el ur-popul aciuri evol uciuri al goriTmebi mniSvel ovnad amartivebs rTul i kombinatorul i optimizaciis probl emaTa amoxsnas dasaSveb droSi paral el uri gamoTvl ebis meSveobiT. evol uciuri al goriTmebis fundamentur ingredients warmoadgens kl asifikaciis instrumenti e.w. *TEA (Table of Evolutionary Algorithms)*, romelic uzrunvel yofs monacemTa mraval jeradi nakadis, ganawil ebul i mexsierebis paral el uri funqcionirebis marTvas. aRniSnul i probl emebi arsebobs mobil uri kavSirgabmul obis sistemebSi, sadac paral el izmis maRal i xarisxia.

devid britenis (bristol is universiteti, gaerTianebul i samefo) disertacia eZRvneba tel ekomunikaciuri qsel is optimizacias. kl ientze orientirebul i tel ekomunikaciuri mimarTvis optimizacia miirweva qsel is komponentebis moqnil i gadawyobis meSveobiT, ristvisac gamoiyeneba genetikuri al goriTmebi. komponentebis moqnil i gadawyoba xdeba rogorc statikuri ise dinamikuri, agreTve ganuszRvrel i mimarTvis Tval sazrisiT.

uve aikel ini (uol es svensis universiteti, gaerTianebul i samefo) Tavis disertaciaSi ganxil avs genetikuri al goriTmebis gamoyenebis sakiTxebs al ternatiul i optimizaciis amocanebisaTvis, kerZod didi ganzomil ebis mul tivariaciul i situacie bis SemTxvevaSi, rodesac tradiciul i meTodebis gamoyeneba veriZi eva sasurvel Sedegebs.

patrik siureis (edinburgis universiteti, didi britaneTi) disertacia eZRvneba probl emur-orientirebul i evol uciuri al goriTmebis agebis formal izaciis sakiTxebs. rogorc cnobil ia, tradiciul evol uciur al goriTmebs gaaCniaT

binarul i striqonebis saxiT warmodgenis tendencia, rac rigi amocanebis SemTxvevaSi qmnis garkveul sirTul eebis standartul i operatorebis gamoyenebis pirobebSi. naSromSi SemoTavazebul ia warmodgenis formal izaciisadmi axal i midgoma, sadac mniSvne l oba eniWeba konkretul genetikur operators fitness – funqciis Sesabamisad.

uil iam m.spirsi (j orj meisonis universiteti, aSS) Tavis disertaciaSi exeba evol uciur al goriTmebSi mutaciisa da rekombinaciis rol s. wl ebis ganmavl obaSi bundovnad rCeboda sakiTxi mutaciis an rekombinaciis droul i gamoyenebis mizanSewonil obis Sesaxeb. naSromSi Catarebul ia aRniSnul i probl emis Teoriul -empiriul i gamokvl evebi an operatorebis ukeT daxasiaTebis Tval sazrisi T.

darko grundl eris (zagrebis universiteti, xorvatia) disertaciaSi ganxil ul ia sawarmoo procesis mraval doniani aramkafio marTva genetikuri al goriTmis gamoyenebiT. optimizaciis amocana, energiis minimizaciis kriteriumiT Sesabamisi sawarmoo SezRudvebis pirobebSi marTvis parametris aramkafio gawyoba, xorciel deba genetikuri al goriTmis meSveobiT.

peter bentli (hadersfil dis universiteti, gaerTianebul i samefo) Tavis disertaciaSi ganxil avs myari obieqtebis evol uciur konstruirebas genetikuri al goriTmebis gamoyenebiT. evol uciuri konstruireba niSnavs sxvadasxva proeqtebis krebulis Seqmnas evol uciuri principiT. aRweril ia myari obieqtebis genetikuri popul acia, Sefasebis mraval miznobrivi meTodi da cvl adi sigrZis qromosomebi. eqsperimentul nawil Si warmodgenil ia proeqtebi iseTi obieqtebisatvis, rogoricaa magal iTad, magidebi, gamaTbobl ebi, navis korpusebi, aerodi- namiuri manqanebi da sxva.

rogorc zemoT ganxil ul idan Cans, evol uciuri model ireba Zal ian aqtiurad gamoiyeneba mraval eqstremal uri optimizaciis amocanebis gadasawyvetad.

### 1.3. qsel Si material uri nakadebis operatiul i marTvis sistemis arqiteqtura

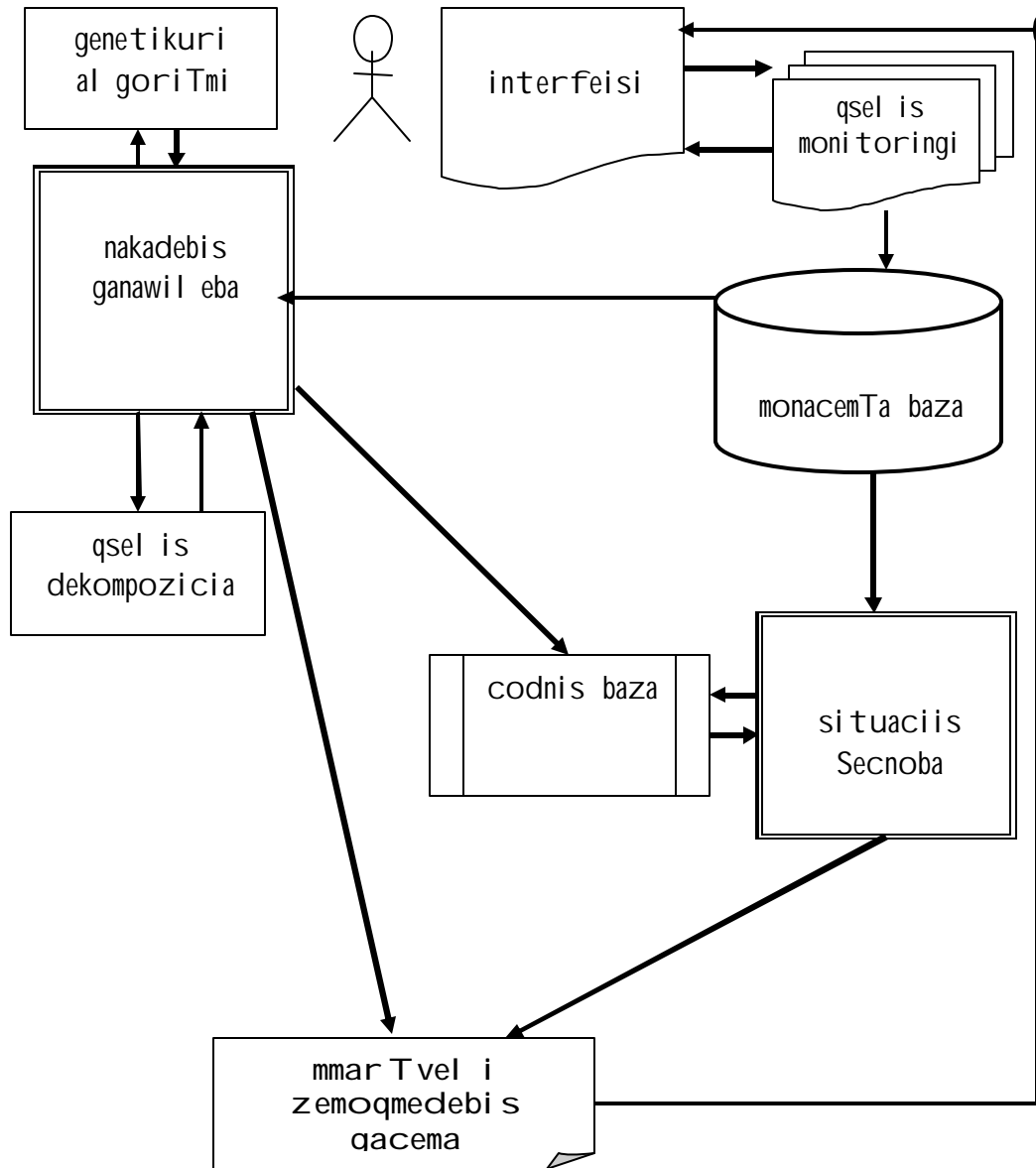
nakadebis operatiul i marTvis sistemis funqcionireba ZiriTadad SeiZleba ganvixilot rogorc gadawyvetilebis miRebis procesi, sadac mTavar sakiTxs konkretul situaciaSi gadawyvetilebis povna warmoadgens. Cvens mier realizebul marTvis sistemaSi, gadawyvetilebis miRebis procesi sul ufro mkafiod ikveTeba xel ovnuri intel eqtis, rogorc maRali donis marTvis metodebis gamoyenebis aucilebloba. material uri nakadebis marTvis sistemis zogadi arqiteqtura warmodgenilia nax.1.3.1 -ze.

obieqtis marTvis procesi mimdinareobs qselis uwyveti monitoringi, romlis drosac mTelis sistemis mdgomareoba da komponentTa mimdinare mniSvnelobebs Sedis monacemTa bazaSi. qseli mimdinare procesebis normaluri mdgomareobidan gadaxris SemTxvevaSi, Tu moxda situaciis Secnoba, maSin codnis bazidan marTvis freimis Sesabamisi mza gadawyvetileba, gaicema qselze mmarTveli zemoqmedebisaTvis. Tu mimdinare situaciis Secnoba ar moxerxda, maSin unda moxdes nakadebis operatiul i ganawileba modificirebuli genetikuri al goriTmisa da qselis xisebri struqturebis adapturi gadawyobis al goriTmis gamoyenebit.

genetikuri al goriTmebs gaaCnia mravali parametris erTdroul ad manipulirebis unari, amTvisebis gamo genetikuri al goriTmebi sakmaod efeqturad gamoiyeneba ganawilebuli sistemebis marTvisaTvis. amdenad, genetikuri al goriTmi metad misaRebi metodia nakadebis ganawilebis optimaluri variantis Ziebisatvis.

qselis calkeuli magistralebi, wyarobis mixedvit SeiZleba warmovadginot xisebri struqturebis saxiT. avariul i rejimis SemTxvevaSi saWiroa dazianebuli ubnis izolireba. radgan nakadebis gamanawilebi qselis funqcionireba

ამოკიდებულია ცალკე ინტერფეისებზე, ამიტომ ცალკე ინტერფეისების ადგენა ან განახლება უნდა განვიხილოთ მთელი კვლევების კონტექსტში.



ნახ.1.3.1. ნაკადების მართვის სისტემის არქიტექტურა

qsel is xis structurebad warmodgena amartivebs qsel is regeneraciis probl emas avariul i reJimis dros an ZI ieri deficitis SemTxvevaSi, rodesac mocemul i wyaro veranairad ver akmayofil ebs minimal ur moTxovnebsac ki da saWiroa deficitis Sevseba al ternatiul i variantiT. qsel is dinamiur xeebad dekompozicia iZl eva saimedobis garantias da amartivebs saeqspl oatacio procedurebs.

aRniSnul i al goriTmebis gamoyenebiT xorciel deba ukve axal i mmarTvel i gadawyvetil ebebis gamomuSaveba. mocemul i situacia da miRebul i Sedegebi freimis saxiT Seitaneba codnis bazaSi. garda amisa, dabal sicocxl isunariani freimebi, roml ebic TiTqmis aRar meordebian, codnis bazidan amovardnas eqvemdebarebian anu xdeba codnis bazis ganaxl eba.

nakadebis operatiul i marTvis sistemis real izebisaTvis ZiriTadi yuradReba eTmoba Semdegi amocanebis gadawyvetas:

- modificirebul i genetikuri al goriTmis damuSavebas nakadebis optimal uri ganawil ebisaTvis;
- avariul reJimSi mar TvisaTvis, qsel is regeneraciis mizniT dekompoziciis al goriTmis damuSavebas;
- damuSavebul i model ebis bazaze nakadebis operatiul i marTvis sistemis real izebas;
- obieqtis operatiul i marTvisaTvis xel ovnuri intel eqtis meTodebis damuSavebas;
- sistemis marTvis informaciul i da programul i uzrunvel yofis damuSavebas.



## **II Tavi. material uri nakadebis operatiul i marTvis meTodebis damuSaveba 2.1 sistemis model ebis anal izi**

nakadebis marTvis sistema SeiZl eba warmovidginoT qsel uri grafis saxiT, sadac wiboebi asaxaven qal aqis cal keul raionebs (an ubnebs), roml ebic warmoadgenen sistemis momxmarebl ebs.

qsel ur ganawil ebul obieqtებს, romel Tac miekuTvnebian rTul i topol ogiuri struqturis mqone wyal momaragebis, gaz-momaragebis Tu el eqtroenergომომარაგების სისტემები, აერთიანებT სისტემაSi material uri nakadebis arseboba. aRniSnul i tipis qsel ebi gansxvavdebian rogorc struqturულ ad, ise Semadgen- l obiTa da maTematikuri model ebiT, Tumca maT saerTo aqvT marTvis anu nakadebis ganawil ebis principebi.

Tavis mxriv, TiToeul i tipis qsel i xasiaTdeba nakadebis marTvis specifikiT, rac kidev ufro mraval feroვანს xdis aseTi kl asis სისტემებს model irebis, procesebis organizaciisa da marTvis al goriTმების, agreTve programul სასუალ ებათა ფუნქციონირების l ogikis Tval sazრისiT.

ganvixil oT qal aqis wyal momaragebis qsel i, roml is struq- turaSi CarTul ia rezervuarebi, satumbo sadgurebi, qal aqSi Semomaval i hidromagistral ebi, adgil obrivi hidroresursebi (arteziul i WaburRil ebi), sarqvel ebi da sxva komponentebi, romel Ta urTierTSeTanxmეbul muSaobaze aris damyarebul i momxmარეbl Ta wyl iT uzrunvel yofa.

qsel Si wyal momaragebis marTvis strategia Seicavs satumbo sadgurebis, sarqvel Ta sistemis, rezervuarebis, agreTve adgil obrivi hidroresursebis marTvis operaciebs. sawyis etapze, SedarebiTi anal izisa da marTvis strategiis SerCeვის Tval - sazრისiT, mizanSewonil ia obieqtis determinirebul i model ebis mimoxil va [18,33].

Tu qal aqis wyal momaragebis sistemas gaaCnia adgil obrivi hidrolesursebis  $N$  wyaro (WaburRil ebis saxiT),  $n = 1, 2, \dots, N$ . yovel wyaros gaaCnia sadReRamiso anu 24-saaTi ani mowodebis mocul oba. avRniSnoT isini rogorc  $x_i(t)$  ( $i = 1, 2, \dots, N, t = 1, 2, \dots, 24$ ), sadac  $i$  – wyaros nomeria, xol o  $t$  –dro (saaTi). sadReRamiso j amuri miwodeba iqneba:

$$\sum_{t=1}^{24} x_i(t) = b_i \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2.1.1)$$

imis mixedviT, Tu rogor funcionirebs  $i$ -uri wyaro, mowodebis mocul oba iRebs Semdeg mniSvnel obebs:

$$x_i(t) = 0 \quad \text{an} \quad x_{i \min} \leq x_i(t) \leq x_{i \max} \quad (2.1.2)$$

Sesabamisad, miwodebis mocul oba SeiZl eba Caiweros Semdegi veqtoris saxiT:

$$x = [x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(24), \dots, x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(24), \dots, x_N(1), \dots, x_N(24)] \quad (2.1.3)$$

wyal momaragebis sistemis marTvis strategia mdgomareobs imaSi, rom ganisazRvros wyaroebis mier wyl iT uzrunvel yofa, romelic daakmayofil ebs TiToeul kvanZSi wnevebis moTxovnil ebase da wyl is donis SezRudvebs TiToeul rezervuarSi. ganvixil oT marTvis mizani, romel mac  $M$  raodenobis kvanZis SemTxvevaSi unda daakmayofil os wnevis minimal uri da maqsimal uri SezRudvebi:

$$p_{\min} \leq p_i(t) \leq p_{\max} \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad t = 1, 2, \dots, 24 \quad (2.1.4)$$

sadac:  $p_i(t)$  - wyl is wneva  $i$ -ur kvanZSi  $t$  saatzee.

meore aseTi mizani mdgomareobs imaSi, rom wyl is done T rezervuarebSi unda akmayofil ebdes Semdeg moTxovnebs:

$$L_{j \min} \leq L_j(t) \leq L_{j \max} \quad j = 1, 2, \dots, T; \quad t = 1, 2, \dots, 24 \quad (2.1.5)$$

sadac:  $L_j(t)$  - wyl is done  $j$ -ur rezervuarSi  $t$  saatzee.

zemoxsenebul or mizantan erTad, sawyisi ( $t=0$ ) done rezervuarSi SezRudul ia doniT dRis bol osatvis ( $t=24$ ):

$$L_j(24) = L_j(0) \quad j = 1, 2, \dots, T \quad (2.1.6)$$

$P_i(t)$  da  $L_j(t)$  aris  $x_i(t)$  amonaxsnis cvl adebis funqciebi, roml ebic miRebian wyl is ganawil ebis sistemis hidravli kuri model irebiT, magram qsel is sirTulis gamo  $P_i(t)$  da  $L_j(t)$  funqciebis saxiT warmodgena SeuZl ebel ia.

Tu  $t$  droSi  $i$  kvanZis wneva  $P_i(t)$  akmayofil ebs  $p_{\min} \leq p_i(t) \leq p_{\max}$  pirobas, maSin `j arima-  $C_i(t)$  iqneba  $\theta$  is tol i anu:

$$c_i(t) = \begin{cases} 0 & p_{\min} \leq p_i(t) \leq p_{\max} \\ [p_{\min} - p_i(t)] & p_i(t) \pi p_{\min} \\ [p_i(t) - p_{\max}] & p_i(t) \phi p_{\max} \end{cases} \quad (2.1.7)$$

amdenad, `j arima"  $i$  kvanZisaTvis mTel i dRe-Ramis ganmavl obaSi iqneba:

$$c_i = \sum_{t=1}^{24} c_i(t) \quad i = 1, 2, K, M \quad (2.1.8)$$

kvanZebis msgavsad, Tu  $t$  droSi  $j$  rezervuarSi  $L_j(t)$  wyl is done moTavsebul ia minimumisa da maqsimumis interval Si, maSin `j arima"  $C_j(t)$  iqneba  $\theta$  is tol i anu:

$$c_j(t) = \begin{cases} 0 & L_{j\min} \leq L_j(t) \leq L_{j\max} \\ a_T [L_{j\min} - L_j(t)] & L_j(t) \pi L_{j\min} \\ a_T [L_j(t) - L_{j\max}] & L_j(t) \phi L_{j\max} \end{cases} \quad (2.1.9)$$

sadac:  $a_T$  aris rezervuarisaTvis `j arimis- faqtori wyl is donis moTxovnis darRvevisaTvis. amdenad, `j arima"  $j$ -uri rezervuarisaTvis mTel i dRe-Ramis ganmavl obaSi iqneba:

$$c_j = \sum_{t=1}^{24} c_j(t) \quad j = 1, 2, K, T \quad (2.1.10)$$

Tu  $j$ -ri rezervuaris wyl is done  $t=24$  droisaTvis tol i iqneba  $t=0$  droisaTvis wyl is donisa, maSin gantol eba dakmayofil ebul ia. winaaRmdeg SemTxvevaSi,  $j$  arimis funqcia ganisazRvrebə rogorc:

$$c_j = a_{Tj} [L_j(24) - L_j(0)] \quad j = 1, 2, K, T \quad (2.1.11)$$

sadac:  $a_{Tj}$  aris j arimis faqtori (12) gantol ebis darRvevi saTvis.

optimizaciis probl emis obieqturi funqcia ganisazRvreba `j arimis- srul i funqciis saxiT:

$$C = \sum_{i=1}^M C_i + \sum_{j=1}^T C_j \quad (2.1.12)$$

sistemis optimal uri marTvis strategია  $C=f(X)$  funqciis saxiT SeiZl eba Camoyal ibdes Semdegnairad:

$$\begin{aligned} f(X) &\Rightarrow \text{Min} \\ \sum_{t=1}^{24} x_i(t) &= b_i \quad i = 1, 2, K, N \\ x_i(t) &= 0 \quad \text{or} \quad x_{i \min} \leq x_i(t) \leq x_{i \max} \quad i = 1, 2, K, N; \quad t = 1, 2, K, 24 \end{aligned} \quad (2.1.13)$$

rogorc yovel i marTvis procesi, wyal momaragebis sistemis marTvis strategi ac ganisazRvreba ekonomikuri kriteriumiT, rac danaxarj ebis minimizaciaSi mdgomareobs. qsel is operatiul i marTva, roml is mizani ZiriTadad qsel is ganStoebebSi wyl is nakadebis ganawil ebiT miRweva, ZiriTadad satumbo sadgurebisa da sarqvel Ta sistemis meSveobiT xorciel deba.

sarqvel ebis sistema moqnil ad gansazRvravs l okal uri qsel ebis konfiguraci asa da agreTve nakadebis parametrebs qsel is ganStoebebSi. Tavis mxriv, satumbo sadgurebi aviTareben garkveul wnevebs qsel Si nakadebis saWi ro mniSvel obebis uzrunvel yofisa da rezervuarebis SevsebisaTvis, rac el eqtro-energiisa da Sesabamisad material ur danaxarj ebTan aris dakavSirebul i.

amdenad, ekonomikuri kriteriumi ZiriTadad satumbo sadgurebis ekonomiuri muSaobiT aris ganpi robebul i:

$$\sum_{n=1}^N \left[ \sum_{t=0}^T E_n(t) C_n(t) + \sum_{bp=1}^{NBPn} E \max_{bp} C_p(bp) \right] \Rightarrow \text{min} \quad (2.1.14)$$

arNiSnul i kriteriumisaTvis mocemul ia SezRudvebis Semdegi sistema:

$$P_{\min j} \leq P_j(t) \leq P_{\max j} \quad \forall_j, \forall_t \quad (2.1.15)$$

$$V_k(t) \leq V_{\max k} \quad \forall_k, \forall_t$$

$$TV_{\min k} \leq TV_k(t) \leq TV_{\max k}$$

$$|TV_k^{final} - TV_k^0| \leq \Delta TV_k$$

$$SW_k \leq SW_{\max k}$$

$$\forall_k, \forall_t, \forall S_k(t) \in S^0 = \{1,0\}$$

sadac: N – kompresorebis raodenoba;

T – marTvis drois monakveTi;

$C_n(t)$  – n-uri kompresorisaTvis energiis erTeul is

Rirebul eba  $t$  droSi;

$E_n(t)$  – energiis moxmareba  $t, t+1$  drois monakveTSi;

$E \max_n^{bp}$  – n-uri kompresorisaTvis  $bp$  saangariSo periodi;

NBPn – n-uri kompresorisaTvis  $bp$ -is mniSvnel oba;

P – wneva;

V – nakadis mniSvnel oba;

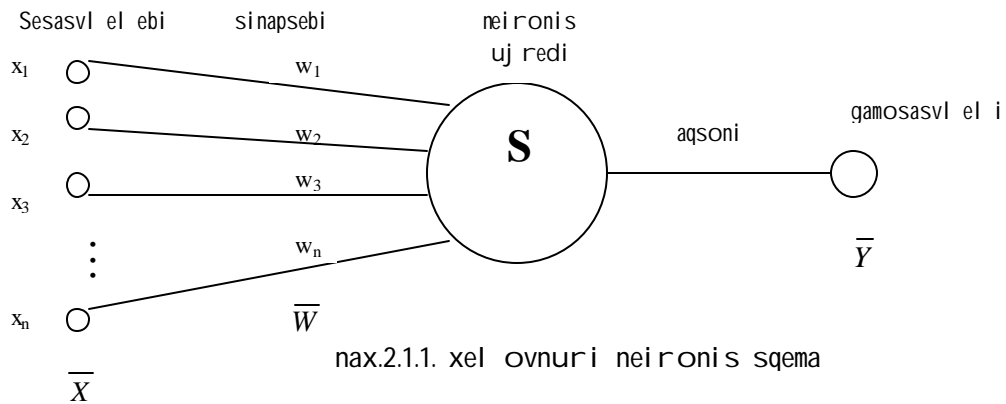
TL – rezervuarSi wyl is done;

TV – rezervuarSi wyl is raodenoba;

$SW_k$  – satumbo sadgurSi CarTul i kompresorebis raodenoba.

amgvarad, marTvis operatiul obis Tval sazrisiT, sistemis didi ganzomil ebis SemTxvevaSi, sirTul is gamo xSirad araefecturi xdeba obieqtis determinirebul i model ebis gamoyeneba, rac Tavis mxriv, ufro metad amtkicebs xel ovnuri intel eqtis meTodebis upiratesobasa da mizanSewoni l obas.

xel ovnuri neironul i qsel ebis model i. marTvis obieqtis funqcionirebis uwyveti monitoringis procesis intel eqtual izaciis, kerZod konkretul i situaciis operatiul i identifikaciis mizniT mizanSewonil ia xel ovnuri neironul i qsel ebis meTodis gamoyeneba[37]. xel ovnur neironul qsel s gaaCnia ganswavl is, codnis Senaxvisa da agreTve reprezentaciis unari. codnis SenaxvisaTvis gamoiyeneba sinapsuri kavSiris maxasiaTebel i e.w. "sinapsis wonbi", romel ic fizikuri arsiT el eqtrul i gamtarebl obis eqval enturia. xel ovnuri neironis zogadi saxe moyvani l ia nax. 2.1.1.-ze



neironis mimdinare mdgomareoba ganisazRvrebA rogorc Semaval i sinapsebis woniTi koeficientebis j ami:

$$S = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i \quad (2.1.16)$$

neironis gamosasvl el i aris misi mdgomareobis funqcia  $Y_j = f(s)$ .

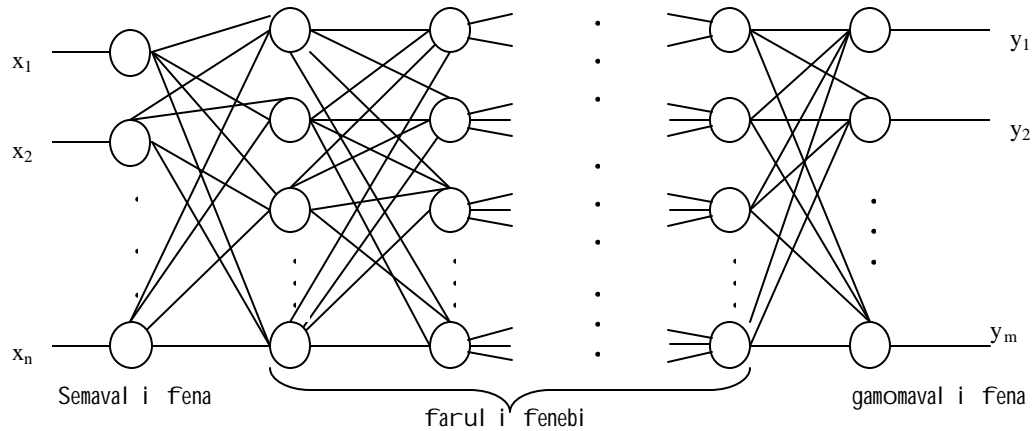
magal iTisaTvis SeiZl eba ganvixil oT martivi mul tineironul i perceptroni Sual eduri "farul i" fenebiT, sadac  $x_i$  qsel is Semaval i parametrebA, xol o  $Y_j$  gamomaval i parametrebi. kerZod, Semaval i parametrebA: **T1-Tn** - #1-#n rezervuaris done; **M1-Mn** - #1-#n magistral is debeti; **P1-Pn** - #1-#n satumbo sadguris simZl avre; **V1-Vn** - #1-#n sarqvel is mdgomareoba; **VP1-VPn** - #1-#n sarqvel is wneva. gamomaval i parametrebA: **P1'-Pn'** -

#1-#n satumbo sadguris simZl avre;  $\mathbf{V}_1' - \mathbf{V}_n'$  - #1-#n sarqvel is mdgomareoba.

Semaval da gamomaval parametrebs Soris damokidebul eba gani sazRvreba:

$$y_j = f\left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{ij}\right); \quad j = 1, \dots, m \quad (2.1.17)$$

mul tineironul i perceptronis zogadi sqema warmodgenil ia nax.2.1.2-ze:



nax.2.1.2. mul tineironul i perceptronis zogadi sqema qsel Si mimdinare procesi SeiZl eba matricul i formiTac Caiweros:

$$Y = F(XW) \quad (2.1.18)$$

sadac:  $X$  da  $Y$  Sesabamisad Semaval i da gamomaval i veqtorebia;

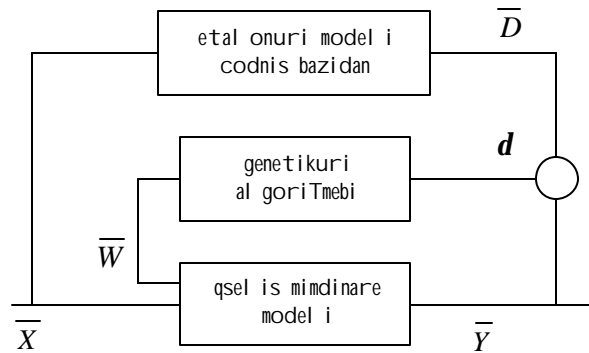
$W$  - sinapsebis woniT i koeficientebis matrica.

qsel is mimdinare mdgomareobis ganswavl a warmoadgens  $D = (d_1, d_2, \dots, d_m)$  sasurvel (etal onur) gamomaval veqtortan  $Y$  veqtoris maqsimal ur adaptacias anu miaxl oebas. amisaTvis gamoiTvl eba Secdoma:

$$\mathbf{d} = |Y - D| \quad (2.1.19)$$

neironul i qsel is ganswavl is Tval sazrisiT xdeba "farul i" el ementebis woniT i koeficientebis gamoiTvl a-awyoba. am mizniT

efekturad migvačnia genetikuri al goriTmebis gamoyeneba, sadac  $\bar{W}$  wonebis veqtorebi qromosomTa registrebs qmnian. qsel is mimdinare mdgomareobis ganswavl is procesis sqema mocemul ia nax.2.1.3.-ze:



ნახ.2.1.3. qsel is ganswavl is procesis sqema

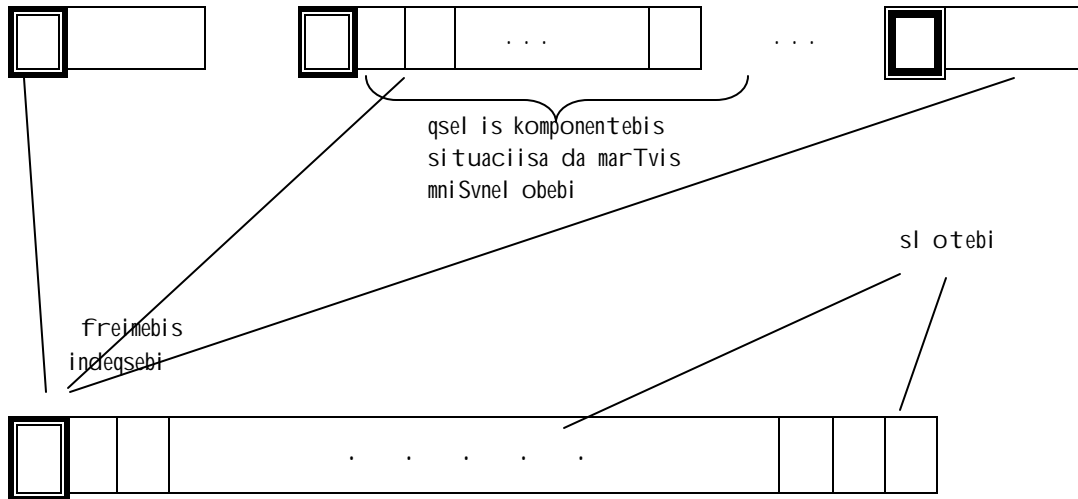
უწყვეტი monitoringის დროს აუცილებელია qsel is კომპონენტების მიმდინარე მნიშვნელობების permanentული შესწობა და შედარება codnis ბაზასი არსებულ etal onur model ტან შესაბამისი განტანხმების არმოცნის ტვალ საზრისით, რაც qsel is იმ monაკვეთის განსაზრვრის საფუძველს უყმნის, სადაც მოხდა სისტემის მუშაობის normalური რეჟიმის დარღვევა.

*codnis warmodgenis freimul i model i.* obieqtის operatiul მართვაში ხელისაწყოების გამოყენება ეფუძნება codnis ბაზის warmodgenis freimul modelს [32]. freimebis formal izაციის ერთ-ერთი koncepcია მისი იერარქიული სტრუქტურის qsel is saxიტ warmodgenas გულისხმობს. freimebis "zeda doneebi" ფიქსირებულია და შეიცავს ფაქტებს, რომლებიც ყოველთვის შესაბამისი სავარაუდო სიტუაციასი. "qveda doneebi" შეიცავს მრავალ ტერმინს და სიტყვებს, რომლებიც უნდა შეივსოს კონკრეტული ფაქტებითა და მომენტებით.

არსაწინააღმდეგობრივად, რომ ერთი და იგივე ტერმინების გამოყენება ხდება სხვადასხვა freimebis მიერ, რაც განსხვავებულ იყვანებას იწვევს. Segrovebul i informaciis კოორდინირების სასუალებას იძლევა. მეორეს მხრივ, ურთიერთდაკავშირებული freimტა ჯგუფები ერთიანდებიან freimტა სისტემად, რომლებსაც აისახებიან მომენტები, მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები და ა.შ.



qsel Si nakadebis marTvis dros freimul i model is  
struqtura mocemul ia nax.2.1.4-ze:



nax.2.1.4 qsel is marTvis freimul i model is struqtura

davuSvaT, rom ukve gagvaCnia garkveul i codna, warsul i marTvis gamocdil eba qsel Si nakadebis ganawil ebis Taobaze anu si otebis statistikuri simravle da Sesabamisi miRebul i gadawyvetil ebebis, marTvis wesebis anu freimebis simravle. yovel saangaris  $t=1, \overline{T}$  periodisaTvis qsel idan miRebul i informaciis safuZvel ze terminal ebi axdenen situaciis tipis identificirebas an izl evian konkretul i situaciis parametrebs. maTi erTobl ioba qmnis gansazRvrul situaciabisagan nebismieri konkretul i situaciis `gageba-Secnobis` safuZvel s. gansakuT-rebul ad `gagebis` procesi niSnavs mexsierebaSi arsebul i Sesabamisi wesebis aqtivizacias da mis SeTanxmebul obas mimdinare situaciis terminal ebTan.

warumatebl obis SemTxvevaSi, mexsierebidan `airCeva` ukve sxva freimi, roml is terminal ebi aRmoCndnen erTmaneTs Soris ufro Sesabamis damokidebul ebaSi gansaxil vel i situaciisaTvis. sxva SemTxvevaSi anu, Tu arsebul i freimebidan ver moxerxda msgavsi freimis moZieba, xdeba axal i wesis (freimis) formireba mocemul i pirobebis Sesabamisad, rac codnis bazis ganswavl a

ganaxl ebis process warmoadgens. erTi freimis meoreTi Canacv-  
l eba naTI ad vl indeba bunebrivi intel eqtis SemTxvevaSi c [27].

codnis bazis ganswavl a-ganaxl ebis procesi metad  
efeqturad SeiZl eba ganxorciel des genetikuri al gorITmebis  
gamoyenebiT, roca terminal ebze axal i informaciis Semosvl is  
dros aRmoCndeba, rom ar arsebobs Sesabamisoba arsebul  
freimebs anu wesebis krebul sa da mocemul real obas Soris. am  
SemTxvevaSi, genetikuri al gorITmis amonaxsni anu gadawy-  
vetil eba warmoadgens axal freims. axal i freimis struqtura  
miiReba arsebul freimebze genetikuri al gorITmis operatorebis  
gamoyenebiT.

axal i freimis formirebis Semdeg codnis bazaSi freimebis  
ganmeorebis sixSiris mTvl el is indikatoris mixedviT xdeba  
freimebis kl ebadobiT sortireba, rac dabal sicocxl isunariani  
freimebis, roml ebic TiTqmis aRar meordebian, codnis bazidan  
amovardnis safuZvel i xdeba.

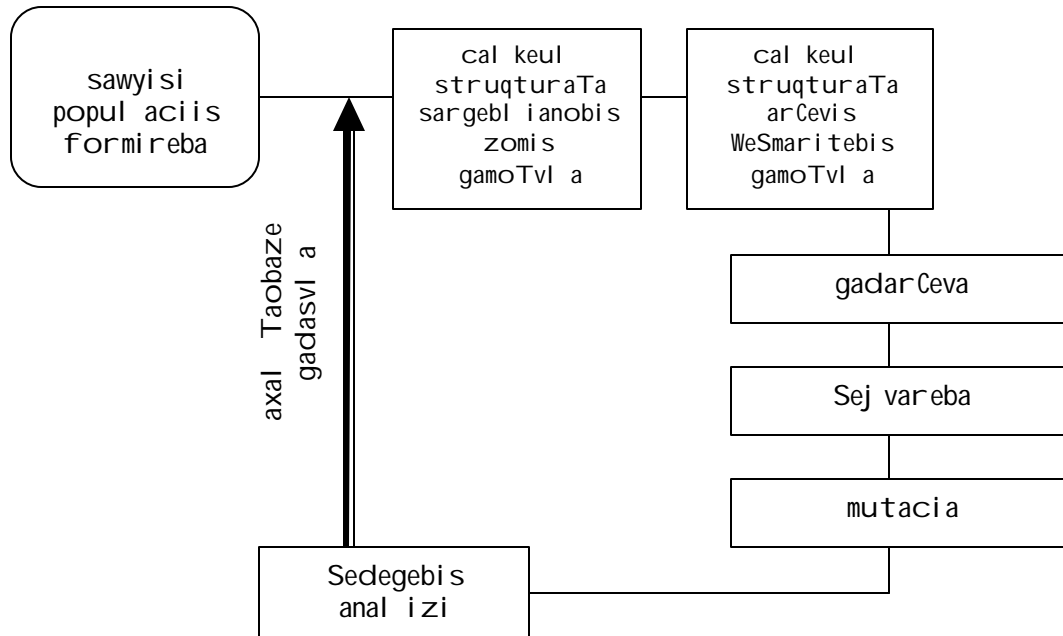
## 2.2. genetikuri al goriTmebis meTodi

genetikuri al goriTmebi dafuZnebul ia memkvidreobi Tobasa da evol uciis standartul model ebze. igi warmoadgens adapturi meqanizmebis model s, romelic gaaCniaT cocxal sistemebs. am meqanizmebSi mTavaria:

- agebul i struqturebis moqmedebaze yuradRebis koncentracia;
- Ziebis operatorebis erTobl ioba, romlebic ikvl even struqturuli komponentebis simravles anu struqturuli konfiguraciebs, axali struqturebis warmoqmniSATvis da maTi Semdgomi kvlevisaTvis. am procesis wyalobiT, miRebuli al goriTmebi gamoiyeneba probl emebis farTo speqtrisaTvis, romlebic gvxdება adapturi sistemebis konstruirebisas.
- genetikur al goriTmebSi popul aciuri genetikis dinamika xorciel deba struqturaTa popul aciebis organizaciis gziT, romelic droTa ganmavlobaSi ganicdis evol ucias samuSao garemoSi misi struqturis qcevis Sesabamisad. TiToeuli struqtura al goriTmSi warmodgeba, rogorc misi Semadgeneli nawilebis (genotipis) mimdevroba, romel sac amuSavebs Ziebis operatorebi.

struqturis konkretuli interpretacia al ternatiuli amonaxsnebis sivrceSi iZi eva erTaderT wertil s gansaxil vel i probl emisaTvis (fenotipi), romelic Semdgom SeiZi eba CairTos evol uciur procesSi da romelic SeiZi eba miviRoT sargebl ianobis zomad. Zieba xorciel deba mimdinare saZiebo aredan struqturebis mudmivi amorCeviT, sargebl ianobis xarisxis safuZvel ze.

arCeul struqturebze xorciel deba genetikuri operaciebi, romlebic evol uciaSi qmnian axal struqturebs, STamomavl obas. genetikuri al goriTmebi zogadad SeiZi eba aRiweros Semdegi sqemis saxiT(nax.2.2.1):



nax.2.2.1. genetikuri al goriTmis zogadi sqema

arCevis WeSmaritebis gamoTvl a uzrunvel yofs sel eqciur SerCevas struqturebis sasargebl od, mocemul i simravl idan aiReba SedarebiT ukeTesi struqturebi. aseTi arCeviTobis principiT kargi struqturebi TandaTan ikaveben met adgil s popul aciaSi.

Ziebis adapturi strategiis arsi mdgomareobs ara cal keul i struqturebis aprobaciaSi, aramed aprobaciis Sedegad miRebul i informaciis gamoyenebaSi. kargi struqturebi inaxeba. igi Tavis mxriv qmnis ufro didi raodenobis msgavsi konfiguraciebis Seqmnis winapirobas. es struqturul i konfiguraciebi SeiZl eba ganvixil oT rogorc sivrceSi regul arul i. erTxel Tu Segvxd, isini asrul eben e.w. `saSeni bl okebis- rol s axal i struqturebis SeqmnaSi [28].

axal i struqturebis Seqmnis procesi orientirdeba saZiebo sivrceis metad perspeqtiul areze. garda amisa sivrceis aseTi gamokvl eva araxdad mimdinareobs paral el uri saxiT.

krossoveri gaxl eCs mocemul struqturul konfiguracias, Tu arCeul i gaxl eCvis wertil ebi moxvdeba am konfiguraciis

komponentebis or mniSvnel obas Soris. gaxl eCvebis dros popul aciebis Seqmnis garkveul i tempis miRweva damokidebul ia im komponentis mniSvnel obaTa konkretul konfiguraciaze, roml ebic gansazRvraven gaxl eCvas. aqedan SesaZl ebel ia damSI el i efeqtEBis anal izi, roml ebic iwveven axal i popul aciebis warmoqmnas. krossoveris operators gaaCnia gadarCevis garkveul i tempis SenarCunebis unari, rac ganpi-robepbul ia gaxl eCvis dros mcired gansazRvrul i fragmentebis SenarCunebiT.

arsebobs, agreTve gaxl eCvis dros didi ganmsazRvrel i fragmentebis rRvevis tendencia, magram ramdenadac struqturebi, roml ebic ekuTvnian specifikur gaxl eCvas, uzrunvel yofen funcioniEBis maRal xarisxs, mcire ganmsazRvrel i frag- mantebiT TandaTan iwyeben damkvidrebas popul aciaSi, xdeba sxva gaxl eCvebis ganmsazRvrel i fragmentebis ricxvis efeqturi Sencireba, rac asustebs krossoveris operatoris damSI el moqmedebas. mutaciis operatori amorCevis faqtorze ar axdens mniSvnel ovan zegavl enas, ramdenadac mas ZiebaSi eniWeba mxol od fonuri rol i.

aseT ZiebaSi SeiZl eba aRiZvras siZnel eebi, Tu arsebiTi gaxl eCva moicavs grZel ganmsazRvrel fragmentebis. es probl ema warmosaxvasTan aris dakavSirebul i da warmoiSveba struqtu- rul i komponentebis mimdevrobis warumatebel i amorCevisas. am SemTxvevaSi Ziebis produqtiul oba inversiis gamoyenebis gziT maRl deba. struqturaSi komponentebis mimdevrobis Secvl is wyal obiT, misi gamoyeneba qmnis didi sigrZis ganmsazRvrel fragmentebSi sigrZis Sencirebis tendencias, amis wyal obiT krossoveris gamoyenebis farTo SesaZl ebl obebi vl indeba.

ase rom, genetikuri al goriTmis SesaZl ebl obebi dakavSi- rebul ia mis unarTan cxadi gamoTvl ebisa da damaxsovrebis gareSe paral el urad Seiswavl os struqturul i komponentebis Tanmimdevrobis kombinaciaTa didi raodenoba. amis daxmarebiT mimdinareobs saZiebo ares koncentrirebul i Seswavl a, yuradReba

maxvil deba im areebze, roml ebic Seicaven saSual oze maRal i sargebl ianobis struqturebs. metnakl ebad popul acia xdeba farTod gansazRvrul i sivrceSi, romel ic Ziebas ar aZl evs romel ime l okal ur minimumze gaCerebis saSual ebas.

marTalia genetikuri al goriTmebi gaTval iswinebul ia simbol oebis striqonebTan muSaobisaTvis, magram is gamoiyeneba agreTve freimebze orientirebul warmodgenebSi. genetikuri al goriTmi muSaobs did popul aciebTan, roml ebSic cal keul i wevrebis simravl e mkveTrad ar gansxvavdeba erTmaneTisagan.

genetikuri al goriTmi intensiurad ikvl evs perspeqtiul an miznobriv areebis saZiebo sivrceSi, randenadac mraval jeradi gamravl ebisa da Sej varebis Sedegad am areSi grovdeba j aWvebis kidev da kidev ufro didi raodenoba. mSobl is rangSi al goriTmi irCevs saukeTeso mimdevrobas da am j aWvis mixedviT Semdgom TaobaSi warmoiSveba ufro meti STamomaval i.

Zebnis adapturi strategiebis efeqturoba damokidebul ia special uri tipis struqturebis, (*Shema*), anu msgavsobaTa Sabl onebis arsebobaze, roml ebic araxadi saxiT figurireben ga-Si. yovel i Sabl oni gansazRvravs  $l$  sigrZis binarul striqonTa simravl es imisda mixedviT Tu romel i biti imyofeba TviT am Sabl onis Sesabamis poziciaSi. Sabl onebi maRal i Semguebl obiT, dabal i rigiT da mcire gansazRvrul i sigrZiT qmnian e.w. `saSen bl okebs- axal i struqturebis Seqmnis Tval sazrisiT. faqtiurad striqoni aris mocemul i Sabl onis warmomadgenel i. magal iTad,  $1*0*0$  Sabl ons aqvs 4 warmodgena :  $1000$ ;  $1001$ ;  $1100$ ;  $1101$ . mocemul i Sabl onis warmomadgenel Ta raodenoba Sual edur TaobaSi SeiZl eba Caiweros Semdegi formul iT:

$$M(H, t + \text{intermedi ate}) = M(H, t) \frac{f(H, t)}{\langle f(t) \rangle} \quad (2.2.1)$$

sadac:  $M(H, t)$  H Sabl onis warmomadgenel Ta raodenobaa  $t$  TaobaSi;  $f(H, t)$ , H Sabl onis Seguebadobaa  $t$  TaobaSi; xol o  $\langle f(t) \rangle$ ,  $t$  Taobis saSual o Seguebadobaa.

ase rom, genetikuri al goriTmi, romelic manipul irebs ramodenime aTasobiT jaWwisagan Semdgari popul aciiT, sinamdvil eSi akeTebse bevradu fro didi ares testirebas. aseTi araxadi paral el izmi genetikur al goriTms aniWebs did upiratesobas amocanis amoxsnis sxva meTodebTan Sedarebi T[26].

genetikuri al goriTmebis gamoyeneba mizanSewonilia roca saWiroa rTuli zedapiris gamokvl eva, raTa napovni iqnas maqsimal ur SesaZl ebl obaTa areebi.

genetikuri al goriTmebiT amocanis amoxsnisas pirvel rigSi gamosakvl evi obieqtebis kl asi zustad unda iqnas warmodgenili. aRniSnul simravles SeiZleba vuwodoT obieqtebis sivrce. sivrcidan unda airces obieqtebis zogierTis warmodgenebi. sruli saZiebo sivrce ganisazRvreba, vTqvaT,  $S$  simravliT, rac, igive, warmodgenebis sivrcea. aqedan gamomdinare SeiZleba davveroT:  $s \hat{I} S$

warmodgenebis simravle yovel Tvis sasrul oa.  $s$  warmodgenebis gamoyeneba, obieqtebis sivrcis Tvisebebisa da xasiaTis Sesaxeb minimal uri informaciis SemTxvevaSic ki Ziebis ganxorciel ebis saSual ebas izl eva.

CvenTvis saintereso amocana, romel Sic moiTxoveba amonaxsnis saukeTeso variantis povna, ramdenadac es SesaZlebelia. es niSnavs, rom obieqtebis simravlisaTvis unda ganisazRvros miznobrivi  $f$  funqcia, romelic amonaxsns azl evs optimal ur mniSvnel obas. optimal urobaze SeiZleba visaubroT, roca ganxil ul i iqneba warmodgenaTamTel i  $S$  simravle.

$S$  simravlis mimdevroba SeiZleba ganisazRvros iseTi saxiT, rom saukeTeso obieqtebis warmomadgenel ebs Seesabamebodes didi **m** mniSvnel oba, sadac **m** aris warmodgenaTa Sefasebis funqcia.

ganxil ul i saSual ebas izl eva saukeTeso obieqtis Zieba  $S$  simravl idan formul irdes Semdegi saxiT:

$$s_{opt} = \max_{s \in S} m(s) \quad (2.2.2)$$

sadac  $s_{opt} \in S$

aqedan gamomdinare, optimizaciis amocana SeiZl eba Camoyal ibdes Semdegi saxiT: unda miviRoT  $maxf(x)$ , sadac  $X$  ekuTvnis saZiebo ares  $f(x)$  miznobrivi funqciaa, romel sac SeiZl eba hqondes ramodenime gl obal uri eqstremumi. amonaxsni iqneba veqtori  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . amocanis optimal uri amonaxsni iqneba  $X_{opt}$  veqtori, roml is drosac  $f(x)$  miznobrivi funqcia iRebs maqsimal ur mniSvnel obas.  $f(x)$ -is mraVal eqstremal urobis SesaZl ebl obidan gamomdinare, optimal uri mniSvnel oba SeiZl eba iyos ara erTi.

$x$  parametri kodirdeba  $s$  binarul i striqoniT. miznobrivi  $f(x)$  funqciis gamoyenebiT SeiZl eba aigos  $m(s)$  funqcia, genetikural goriTmebSi igi iwodeba rogorc Seguebadobis funqcia. ase rom TiToeul i  $s$  dasaSvebi amonaxsni, romel sac aqvs Sesabamisi  $m(s)$  Seguebadoba, warmoadgens  $x$  amonaxsns. Cveul ebriv, parametrTa sivrcidan binarul i striqonis sivrcenze gadasvl a xorciel deba  $x_1, x_2, \dots, x_n$  cvl adebis kodirebiT saWiro sigrZis orobiT striqonad. striqonis sigrZis SerCeva ganpirobebul ia sasurvel i sizustis uzrunvel sayofad. amisaTvis parametrebis sivrcen unda iqnas diskretizebul i iseTi saxiT, rom diskretizaciis kvanZebS Soris daSoreba Seesabamebodes moTxovnil sizustes.

saZiebo sivrcis diskretizebisa da TiToeul i amonaxsniS s striqonad kodirebisaTvis TiToeul i  $[a_i, b_j]$  interval i davyoT Tanabari sigrZis  $(b-a)/n$  nawil ad, sadac  $n$ -is mniSvnel obis gazrda iwvevs striqonebis raodenobis zrdas. amis Sedegad mocemul i interval i daifareba qsel iT. qsel is TiToeul kvanZS SevusabamoT orobiTi sistemis anbani  $\{0,1\}$ , anu, badis TiToeul



kvanZs SeiZl eba mieniWos unikal uri binarul i kodi  $l$  sigrZiT. kodis sigrZis gazrda amonaxsnis sizustis pirdapir-proporciul ia.

TiToeul i  $s$  kvanZi SeiZl eba warmodgenil iqnas Semdegi Canawerebis wrfivi mimdevrobis saxiT (qromosoma):

$$s = (\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_l) \quad (2.2.3)$$

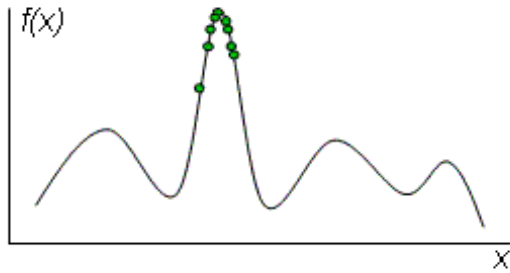
genetikuri al goriTmis TiToeul i amonaxsni warmoadgens fiqsirebul i  $l$  sigrZis  $s$  binarul striqons, romel sac SeiZl eba vuwodoT genotipi, romel ic Sedgeba binarul i mniSvnel obebisagan, romel sac SeiZl eba vuwodoT fenotipi.

amonaxsni Sefasdeba  $\mathbf{m}$  sididiT, romel ic Seesabameba miznobrivi funqciis mniSvnel obas  $x$  wertil Si. es sidide SeiZl eba ganvixil oT rogorc genotipis Seguebadoba:

$$\mathbf{m} = f(x) \quad (2.2.4)$$

aseTi struqtura genetikuri al goriTmis TeoriaSi warmoadgens saxeobas, xolo saxeobebis erTobl ioba qmnis popul acias [28].

popul acias cxovrebis cikli aris ramodenime SemTxveviTi Sejvareba da mutacia, romlis Sedegadac popul acias emateba axali individუმების გარკვეული რაოდენობა. გარაღევის დროს xდება Zveli dan axali popul acias formireba, romlis Sedegadac Zveli popul acia iRუება. ამის Semdeg axal popul aciazec vrcel deba krossoveris, mutაციის და გარაღევის operაციები. მომდევნო popul acia formირდება miznobrivi funqciis Sesabამისად. რაც უფრო Seguebadია individუმი, მისი krossoverი monawil eობისა და გამრავლების უფრო მეტი WeSმარება არეობს. გას გაღეების კრიერიუად CaiTვი eba popul acias კრებადობა (*convergence*), ეს ის მდგომარეობაა, როდესაც yvel a striqონი Tavs moyris optimumის არეი და Sesabამისად, მაT აqvT erTნაირი mniSvnel oba(nax.2.3.1):

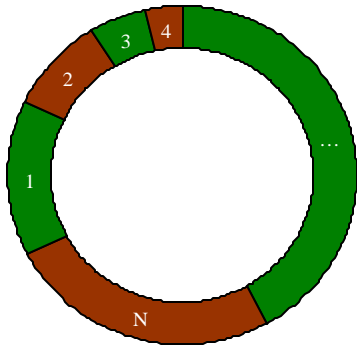


nax.2.2.2. ga-s gaCerebis kriteriumi, optimumis are arseba.

aRni Snul i mdgomareoba aRni Snavs, rom miRweul ia optimal urTan miaxl ovebuli amonaxsni. sabol oo amonaxsnad SeiZl eba CaiTval os bol o Taobis yvel aze maRal i Semguebl obis mqone

sel eqciis operatori (*reproduction, selection*) axorciel ebs qromosomebis SerCevas maTi Seguebis funqciaTa mniSvnel obebis Sesabamisad. ganirCeva sel eqciis Semdegi tipebi:

a) proporciul i gadarCeva, rul etis meTodi (*Roulette-wheel Selection*), nax.2.3.2., rodesac yovel i struqturisaTvis SerCeva xdeba al baTobiT:



nax.2.2.3 proporciul i gadarCeva, rul etis meTodi

$$P_{sel}(i) = \frac{f(i)}{\sum_{i=1}^n f(i)} \quad (2.2.5)$$

sadac  $f(i)$  aris  $i$ -uri struqturis Seguebadoba.

rul etis borbl is yovel i seqtoris zoma  $P_{sel}(i)$ -is proporciul ia. SerCeva xdeba rul etis  $n$  `gaSvebis- meSveobiT.

b) saturniro SerCeva (*Tournament Selection*)  $n$  saxeobis SerCeviz mizniT axorciel ebs  $n$  turnirs. yovel i turniri agebul ia popul aciidan  $k$  el ementis SerCevaze da maTgan xdeba ukve saukeTeso saxeobis SerCeva.

g) `el ituri- meTodebi, roml is drosac `gadarCeba-popul aciis saukeTeso wevri an wevrebi. amJamad yvel aze metad gavr cel ebul ia mxol od erTi saukeTeso saxeobis gadarCenis procedura, maSinac ki roca man ver gaiara SerCeviz, Sej varebis da mutaciis etapebi.



kl asikur ga-Si gamoyenebul ia erTwertiliani krossoveri (*Single point crossover*). mSobel i striqonebisaTvis SemTxveviTi saxiT airCeva gaxl eCvis erTi wertil i. STamomavl ebi miRebian gaxl eCil i nawil ebis urTierTgacvl iT:

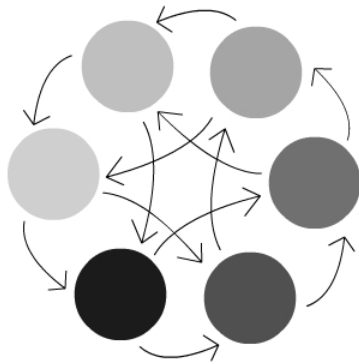
011010.01010001101 => 111100.01010001101

111100.10011101001 => **011010**.10011101001

mutaciis gamoyenebis mizanSewonil oba ukavSirdeba populaciis lokaluri eqstremumidan gamoyvanas, riTac faqtiurad icavs populacias naadrevis dasasrul isagan. mutaciis operatori gamoiyureba Semdegi saxiT:

1110001010110 -> 111000110110

mutaciis operatori moqmedebs, rogorc fonuri operatori genetikur al goriTmSi, rac niSnavs, rom misi gamoyenebis WeSmariteba gacil ebiT mcirea.



ga-s model ebidan original uria e.w. "kuzul is model i" (*island model*), nax.2.3.4. es aris paral el urad mimdinare genetikuri al goriTmebis model i. populacia iyofa ramodenime qvepopulaciad, romel Tagan TiToeul i viTardeba cal-cal ke.

nax.2.2.4. ga-s "kuzul is model i"

Seizl eba iTqvas, rom arsebebi gansaxl debian izol irebul kuzul ebad. iSviaTad, (magal iTad 5 TaobaSi) mimdinareobs migracia, es aris procesi, roca kuzul ebi awarmoeben ramodenime saukeTeso arsebaTa urTierTgacvl as. marTal ia "kuzul is model i" saukeTeso amonaxsnis miRebis mizniT, gas erTdroul ad ramodenimejer Catarebis da TiToeul i kuzul is miRwevebis SeTavsebis saSual ebas izl eva, magram ramdenadac kuzul ebze arc ise didia "dasaxl eba", ris gamoc Seizl eba moxdes qvepopulaciebis naadrevis krebado, metad mniSvnelovania sworad gani sazRvros migraciis sixSire.

*-Genitor-* **model Si** SemTxveviTi mSobl ebis mxol od erTi wyvil i qnis mxol od erT STamomaval s, romelic Secvl is ara mSobel s aramed popul aciis yvel aze uares wevrs. marTal ia TiToeul etapze popul aciaSi ganaxl deba mxol od erTi arseba, magram kl asikur ga-sTan SedarebiT krebado ba ufro swrafad mi iRweva.

*Hybrid algorithm (Davis)* **model Si** j er gamoyenebul ia genetikuri al goriTmi, Semdeg airCeva saukeTeso arseba, roml isTvisac Sesrul deba kl asikuri optimizaciis erT-erTi meTodi. es meTodi aqveitebs al goriTmis Ziebis unars, magram gl obal uri eqstremumis povnis WeSmaritebas amaRI ebs[21].

genetikuri al goriTmebis model ebis mra val fero vneba ganpirobebul ia kl asikuri genetikuri al goriTmebis maRal i variaciul obis SesaZl ebl obebiT. amdenad, meTodis umniSvnel o modificirebamac ki SeiZl eba gamoiwvios Sedegebis mkveTrad gaumj obeseba.

### 2.3. modifizirebul i genetikuri al goriTmi

Cvens mier SemuSavebul i modifizirebul i genetikuri al goriT-mi inarCunebs evol uciur genetikuri Ziebis Teoriis ZiriTad principebs, magram sakmaod gansxvavdeba tradiciul i sqemisagan. igi SeiZl eba warmovadginoT Semdegi etapebis saxiT [2]:

1. sawyisi popul aciis formireba, anu mocemul i interval idan airCeva sawyisi genotipebis SemTxveviT mniSvel obebi. amave dros cnobil ia, rom  $X$  cvl adebi, anu saxeobebi,  $[a, b]$  interval Si Tanabrad arian ganawil ebul ni. bij i toli ia:

$$h = (b - a)/n; \quad X_i = a + hxi; \quad i = \overline{(1, N)} \quad (2.3.1)$$

2. sawyisi amonaxsnebis Sefaseba. SeiZl eba CaiTval os, rom am etapze  $t = 1$ . yovel i saxeobisaTvis gamoiTvl eba funqciis mniSvel oba, miznobrivi funqciis gamosaxul ebis Sesabamisad. es mniSvel oba aris saxeobis Seguebadoba. igi gansazRvavs saxeobis sicocxl isunarianobas momdevno iteraciaSi.

3. saxeobaTa sawyisi daxarisxeba. am etapze Catardeba saxeobaTa sortireba, rac gul isxmobs saxeobebis dal agebas kl ebiT, Seguebis maCvenebl is mixedviT.

4. saxeobaTa ranJireba. rac iTval iswinebs sortirebis Sedegebis Sesabamisad yovel i saxeobisaTvis rangis miniWebas. rangi anu adgil i popul aciaSi aRvniSnoT  $r_j$ ;  $(j = \overline{1, M})$ . Semdgom gamoiTvl eba TiToeul i saxeobis Seguebadobis al baToba, formul iT:

$$P_{sel}(i) = \frac{f(i)}{\sum_{i=1}^n f(i)} \quad (2.3.2)$$

es aris TiToeul i saxeobis Semguebl obis Sefardeba popul aciaSi Semaval i yvel a saxeobis j amur Semguebl obasTan saxeobaTa ranJirebis xarisxis amaRl ebis mizniT gamoiTvl eba:

$$m^j(i) = P^j(i)/r_j; \quad (i = \overline{1, N}; \quad j = \overline{1, M}) \quad (2.3.3)$$

$$\text{da SerCevis kriteriumi: } m^t_{Sash} = \sum_{i=1}^N m^t(i) / N \quad (2.3.4)$$

moce mul i kriteriumi saSual ebas iZl eva mTel i popul acia daiyos sam nawil ad: maRal i Semguebl obis mqone `l iderTa j gufis- saxeobebi, roml ebic daeqvemdebarebian krossoveris operators; dabal i Semguebl obis mqone (`autsai derTa j gufi-) saxeobebad, roml ebic Semdgom evol uciaSi ukve aRar ganixil ebian da saSual o Semguebl obis mqone saxeobebi, roml ebic daeqvemdebarebian mxol od mutaciis operators.

5. krossoveri. am etapze xdeba l iderTa j gufis saxeobaTa dawvyil eba sortirebis Sesabamisad, aq unda gaviTval iswinoT, rom Tu popul aciaSi kenti raodenobis wevrebia, maSin wyvil i Seivseba saSual o j gufidan.

yovel i wyvil isaTvis saukeTeso wyvetis wertilis povnis Tval sazrisiT xdeba Sidawvyil uri gadarCevis  $l-1$  cikl i, roml is drosac wyvil Ta nawil ebi j varedinad Seicvl eba anu miReba STamomavl obis SesaZl o variantebi, roml ebic Sefasdeba miznobrivi funqciis mixedviT. Sida cikl is Sedegad ganisazRvreb saukeTeso Sej vareba da ori STamomaval i. Tumca, Tu STamomaval Ta funqciuri Sefaseba mSobel Ta Sefasebaze uaresi aRmoCnda, maSin maT mieniWebat mSobel Ta Sefaseba.

6. mutacia. saSual o j gufis TiToeul i saxeobisaTvis tardeba  $l-1$  Sida cikl i, roml is drosac SerCeul poziciaSi Tanrigis bituri mniSvel oba Seicvl eba. Sida cikl is meSveobiT gadarCevis Sedegad ganisazRvreb mutacia TiToeul i saxeobisaTvis.

7. daxarisxeba. Cvens mier Catarebul i SerCeva-Sej vareba mutaciis Semdeg, kvlav xdeba saxeobaTa sortireba kl ebi mixedviT, roml is drosac gamoikveTeba l ideri maqsimal uri Semguebl obis unariT.

8. al goriTmis dasrul eba. mocemul etapze momdeba l ideris funqciuri mniSvnel oba. Tu momdevno iteraciaze l ideris funqciuri mniSvnel oba Tu  $f_{iid}^t$  DmniSvnel oba izrdeba, maSin  $t=t+1$  da gadavdivarT momdevno etapze. Tu l ideris funqciuri mniSvnel oba aRar ganicdis zrda an piriqiT iwyebs kl ebas, maSin gadavdivarT mocemul i saxeobis mutaciaze. Tu mutaciis meSveobiT miznobrivi funqciis mniSvnel oba ar gaizarda, maSin al goriTmi amTavrebs muSaobas. rac niSnavs rom optimal uri amonaxsni miRebul ia. unda aRiniSnos, rom ramodenime iteraciis Semdeg popul aciis wevrebi mniSvnel obaTa erT areSi ganTavsdebian, es aris optimumis are, saidanac moxdeba optimal uri amonaxsnis amorCeva.

al goriTmis Rirsebad SeiZl eba CaiTval os iteraciaTa minimal uri raodenoba da amonaxsnis maRal i sizuste. warmodgenil i al goriTmi, ra Tqma unda, ar aris Tavisufal i nakl ovanebebisagan, kerZod kl asikur gasTan SedarebiT mas aqvs SedarebiT dabal i gamoTvl iTi siCqare, rac ganpirobebul ia damatebiTi tardeba  $l-1$  Sidacikl uri gamoTvl ebis aucil ebl obiT saukeTeso krossoverisa da mutaciis gamovl inebis mizniT. samagierod, aRniSnul i gadarCeva garkveul ad ganpirobebs saxeobis maRal i Seguebadunariani Sabl onebiT agebis al baTobas. Cvens mier SemuSavebul i modificirebul i genetikuri al goriTmisa da kl asikuri genetikuri al goriTmis Sedegebis anal izi mocemul ia meoTxe TavSi (4.2).



## 2.4. qsel is xisebr struqturabad dekompozicia

qsel is marTvisas material uri nakadebi nawil deba xe-grafis struqturis mqone obieqtSi (wyal momaragebis, gazmomaragebis Tu el eqtromomaragebis sistemebi). zogadad, obieqti warmoadgens  $G=(X,U)$  grafs anu qsel s, sadac  $X$  kvanZia, xol o  $U$ -rkal Ta simravle[9].

yovel i  $u \in U$  rkal i xasiaTdeba  $Cu = 0$  gamtarunarianobiT. gansakuTrebul pirobas qmnis dasveba, rom qsel s gaaCnia: ramdenime wyaro  $q_i$  Semomaval i nakadiT da mraval i mimRebi, romelic SeiZleba iyos yovel i rkal i  $p_u$  moxmarebis moTxovniT anu datvirTviT. obieqtSi Semaval i nakadi gani sazRvrebaprogorc wyaroebSi Semomaval i nakadebis jami:

$$Q = \sum_{i=1}^k q_i \quad (i = \overline{1, k}) \quad (2.4.1)$$

sadac:  $k$  – wyaroebis raodenobaa.

bunebrivia Semaval i nakadebi nawil deba sistemaSi  $j_u$  nakadebad,  $j_u \leq c_u$  pirobis Sesabamisad.

marTvis amocanis simartivis Tval sazrisiT davuSvat, rom sistema daproeqtebul ia maqsimal uri datvirTvebis gaTval iswinebiT anu  $Cu$  unda uzrunvel yofdes  $j_u = \max p_u$  nakadis gatarebas. amdenad, gamtarunarianobis mxriv moxmarebis moTxovnaze SezRudvar unda arsebobdes. nakadebis marTvis amocana mdgomareobs nakadebis iseT ganawilebaSi, roca rkal ebSi ganawilebul i nakadebis jami tolia kvanZSi Semosul i nakadis raodenobisa. xol o mTel sistemaSi ganawilebul i nakadebi unda akmayofil ebdes pirobas:

$$\sum_u j_u \leq Q \quad (2.4.2)$$

mocemul i utoloba ganpirobebul ia sistemaSi SesaZlo danakargebiT. obieqtis specifikidan gamomdinare misi qsel uri

struktura unda gamoricxavdes cikl ebisa da maryuJebis arsebobs anu sistema unda warmovidginoT  $k$  raodenobis xeebis saxiT, sadac fesvi iqneba  $i$ -uri wyaro, xol o es xeebi ise unda avsebdnen erTmaneTs, rom arc erTi rkal i ar unda daikargos ganxil vis sferodan. es ar niSnavs grafebis TeoriaSi kargad cnobil i e.w. gadamfaravi (karkasul i) xis povnas, aramed qsel uri grafis dekompozicias zemoT aRniSnul xisebr struqturebad, romel TaTvisac avtonomiurad moxdeba nakadebis optimal ur mniSvnel obaTa gansazRvra.

I lokal uri datvirTvebisa Tu wyaroebidan Semomaval i nakadebis fl uqtuaciebi, agreTve avariul i situaciebi qmnian xisebri struqturebis dinamiuri regeneraciis da Sesabamisad nakadebis gadanawil ebis pirobebs, rac bevrad arTul ebs marTvis probl emebs.

amdenad, yal ibdeba qsel uri struqturis xisebr struqturebad dekompoziciis probl ema da misi al goriTmis Seqmnis aucil ebl oba.

warmodgenil i al goriTmi arsiT rekursiul ia da garkveul ad eyrdnoba grafSi gadamfaravi xis moZebnis *BFS (breadth-first search)* al goriTmis prinsips, Tumca mniSvnel ovnad gansxvavdeba mi sgan.

upirvel esi Tavisebureba al goriTmisa mdgomareobs imaSi, rom qsel is dekompoziciis Sedegad mi iReba ramdenire avtonomiuri, magram urTierTsemavsebel i xe, romel Ta fesvebs swored wyaroebi warmoadgenen. meore, qsel is yovel i wibo xasiaTdeba woniT i koeficientiT (roml is fizikuri anal ogi SeiZl eba iyos nakadi, wneva, el eqtrodeni, datvirTva an el eqtrowinaRoba da a.S.). mesame, al goriTmi Sedgeba e.w. bl okebisagan, roml ebic konkretul funqcias asrul eben da meoTxe, al goriTmis Sedegad miRebul i xeebis mwverval ebis ganl ageba xdeba ierarqiul i doneebis mixedviT.

mocemul ia: qsel is mwverval ebi  $\{x_i\} \in X$ ,  $(i = \overline{1, N})$ ;

wiboebi:  $\{u_l\} \in U, (l = \overline{1, M})$

wiboTa incidenciis matrica, roml is el ementi  $u_{il} = 1$  Tu  $u_l$  incidenturia  $x_i$  mwverval is, xol o  $u_{il} = 0$  Tu  $u_l$  araincidenturia  $x_i$  mwverval isa.

wyaroebi  $\{q_i\} \in Q, (i = \overline{1, k})$ , sadac:  $k$  – wyaroebis (igive xeebis) raodenobaa;

wiboTa wonebi  $\{d_l\} \in D, (l = \overline{1, M})$ , sadac:  $D$  - qsel is datvirTvaa.

- srul deba modul i `xis mwverval is SerCeva-. (sawyis iteraciaze aseT mwverval ebad miCneva wyaroebi). mwverval ebi sortirdebian  $\{x_1, x_2, \dots, x_k\}$  masivad wonis zrdadobis mixedviT. yovel bij ze SeirCeva morigi mwverval i minimal uri woniT. anu xdeba gadasvl a masivis Semdeg el ementze. masivis ganxil vis damTavrebis Semdeg, momdevno bij ze kvlav masivis pirvel el ementze davbrundebiT.

- srul deba modul i `wibos SerCeva-. mocemul i xisaTvis SerCeul mwverval Tan incidenciis Sesabamisad SeirCeva wibo minimal uri woniT.

- srul deba modul i `totis Semowmeba-. SerCeul i wibos bol o mwverval i mowmdeba pirobaze:  $x_j = -1$ : Tu piroba mcdaria, maSin wibo ixsneba ganxil vidan da gadavdivarT Semdeg wiboze mocemul mwverval Tan incidenciis Sesabamisad darCenil wiboTa Soris minimal uri wonis kriteriumiT. Tu piroba WeSmaritia, maSin vubrundebiT `xis mwverval is SerCevis- modul s, sadac gadavdivarT morig mwverval ze.

- srul deba modul i `xis totis formireba-. mocemul i  $u_e \in U$  wibo izens rkal is saxes:

$$\begin{aligned} u_i^+ &= (x_i, x_j) \\ u_i^- &= (x_j, x_i) \end{aligned} \tag{2.4.3}$$

Semdeg xdeba mocemul i rkal is wonis gamoTvl a:

$$q_j = q_i + d_l \quad (24.4)$$

amasTan, rkal isaTvis  $x_j = -1$ , xol o TviTon rkal i  $u_l$  ganicdis markirebas.

- sruldeba modul i `xis donis testireba-. am dros mowmdeba yovel i xisaTvis mocemul i donis yvel a totis formirebis dasrul ebis piroba. Tu piroba mcdaria maSin vbrundebiT `xis mwverval is SerCevis- modul ze da grZel deba xebis formireba mocemul doneze. Tu piroba WeSmaritia, maSin xdeba gadasvl a Semdeg doneze da dabruneba `xis mwverval is SerCevis- modul ze.

- al goriTmi wyvets muSaobas, roca yvel a wibo gadaiqca rkal ad anu  $u_l$  rkal i markirebul ia, rac niSnavs, rom qsel is xisebr struqturebad dekompoziciis procesi dasrul da.

ganvixil oT qsel is xisebr struqturebad dekompoziciis magal iTi:

qsel i warmovadginoT grafis saxiT, nax. 2.4.1. romelic Sedgeba mwverval ebisagan:

$$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}\}$$

da wi boebi sagan:

$$\{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}\}$$

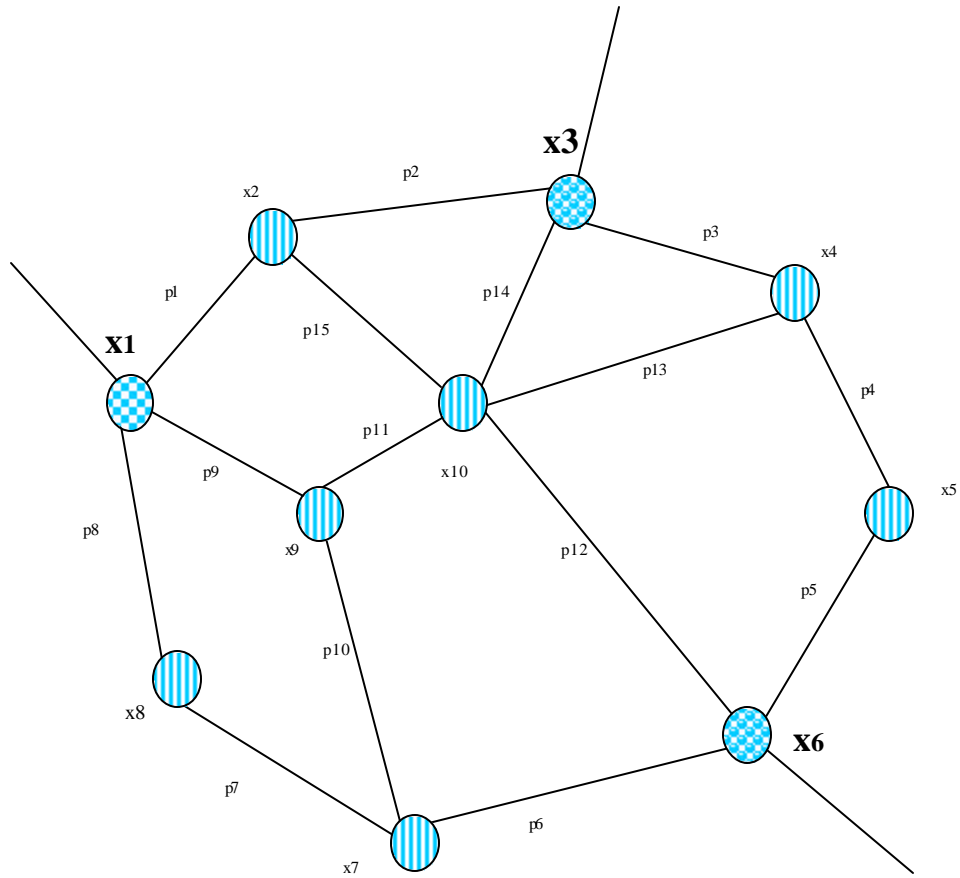
mocemul ia wiboTa wonebi, Sesabami sad:

$$\{9, 12, 7, 10, 14, 9, 8, 11, 10, 15, 12, 6, 9, 12, 10\}$$

CavTval oT, rom  $X_1, X_3$  da  $X_6$  aris wyaroebi, amitom SeiZl eba davuSvaT, rom  $X_1$ -dan gamomaval i wi boebia:  $P_1, P_8, P_9$ .

$X_3$ -dan gamomaval i wi boebia:  $P_2, P_3, P_{14}$ ,

xol o  $X_6$ -dan gamomaval i wi boebia:  $P_5, P_6, P_{12}$ .



max2.4.1. qsel is warmodgena grafis saxiT

qsel is xisebr structurebad dekompoziciis al goritmis  
 mi xedvi T SevadginoT wi boTa incidenciis matrica(cxr.2.4.1):

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
X1	+1	0	0	0	0	0	0	+1	+1	0	0	0	0	0	0
X2	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1
X3	0	+1	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1	0
X4	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	+1	0	0
X5	0	0	0	+1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X6	0	0	0	0	+1	+1	0	0	0	0	0	+1	0	0	0
X7	0	0	0	0	0	-1	+1	0	0	-1	0	0	0	0	0
X8	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0
X9	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	+1	-1	0	0	0	0
X10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1	-1	-1	-1	-1

cxr.2.4.1.

ganxili algoritmi Tanaxmad grafi unda daiSal os urTierTsemavsebel xeebad, roml Tafesvebs  $X_1, X_3$  da  $X_6$  wyaroebi warmoadgenen. SevadginoT mocemul i mwverval ebisaTvis wiboTamosazRvreobis matrica. faqtiurad zemoT warmodgenil i wiboTaincidenceis matrica daiSl eba wiboTamosazRvreobis, sam matricad, Sesabamisad  $X_1, X_3$  da  $X_6$  mwverval ebisaTvis (cxr.2.4.2. cxr.2.4.3. cxr.2.4.4):

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
X1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
X2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
X3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
X10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

cxr.2.4.2.

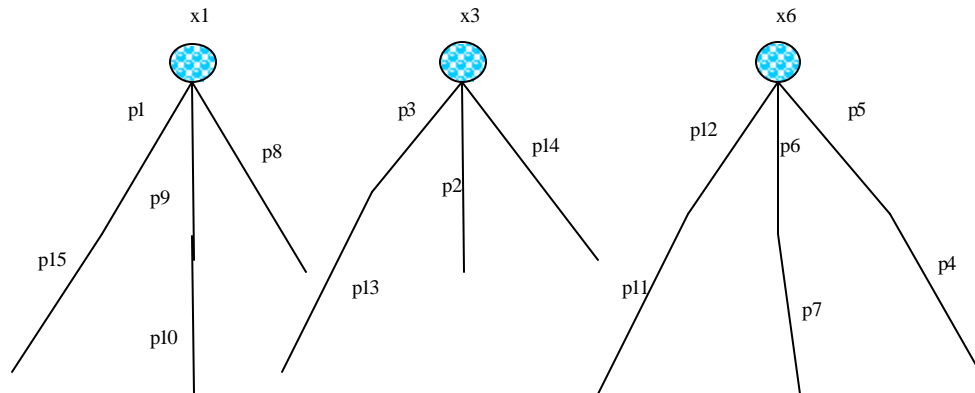
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
X1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
X4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
X5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

cxr.2.4.3.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
X1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
X7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
X8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

cxr.244.

Sesabamisad grafi dai SI eba sam xisebr struqturad, nax.2.4.2.



nax.2.4.2. qsel is warmodgena xisebri struqturabis saxiT

al gori Tmi SevamowmoT wiboTa wonebis gaTval iswinebiT:

$X_1$  xisaTvis,  $X_1$  mwverval idan gamomaval ia  $P_1, P_9$  da  $P_8$  wiboebi,  $P_1$  wibodan gamodis  $P_{15}$ , xolo  $P_9$ -dan  $P_{10}$  wibo. gamoviTval oT  $X_1$  xisaTvis wiboTa wonaTa j ami:  $q_1 = \mathcal{S}(P_1, P_9, P_8, P_{15}, P_{10}) = 55$ ;

$X_3$  xisaTvis,  $X_3$  mwverval idan gamomaval ia  $P_2, P_3$  da  $P_{14}$  wiboebi,  $P_3$  wibodan gamodis  $P_{13}$ . gamoviTval oT  $X_3$  xisaTvis wiboTa wonaTa j ami:

$$q_3 = \mathcal{S}(P_2, P_3, P_{14}, P_{13}) = 40;$$

$X_6$  xisaTvis,  $X_6$  mwverval idan gamomaval ia  $P_{12}, P_6$  da  $P_5$  wiboebi,  $P_{12}$ -dan gamomaval ia  $P_{11}$  wibo,  $P_6$ -dan -  $P_7$ , xol o  $P_5$ -dan  $P_4$  wibo. gamoviTval oT  $X_6$  xisaTvis wiboTa wonaTa j ami:

$$q_6 = \mathbf{S}(P_{12}, P_6, P_5, P_{11}, P_7, P_4) = 59;$$

gamoviTval oT mocemul i grafis wiboebis wonaTa j ami:

$$Q = \sum_{i=1}^{15} P_i = 154 . \text{ igi tol ia cal keul i xeebis wiboTa wonebis}$$

j amisa.

rogorc vxedaVT,  $Q = \sum_{i=1}^3 q_i$  tol oba sworia, rac niSnavs, rom qsel is xisebr structurebad dekompoziciam warmatebiT Caiara.



## 2.5. nakadebis operatiul i marTva

qsel uri struqturis obieqtibus marTvis mizani ZiriTadad qsel is mraVal ricxovan ganStoebebSi material uri nakadebis optimal ur ganawil ebaSi mdgomareobs. qsel is marTva ZiriTadad mimdinareobs or reJimSi: normal ur da avariul reJimebSi. rogorc wesi, topol ogiis didi ganzomil ebisa da teqnoL ogiuri sirTul is, agreTve sistemis inerciul obis gamo aseTi donis marTvis sistemebSi metad garTul ebul ia gadawyvetil ebis miRebis procesi. sakiTxs bevrad arTul ebs avariul situaciaTa sixSire, rac ganapirobebs maTi likvidaciis mizniT marTvis operatiul obis xarisxis amaRl ebas.

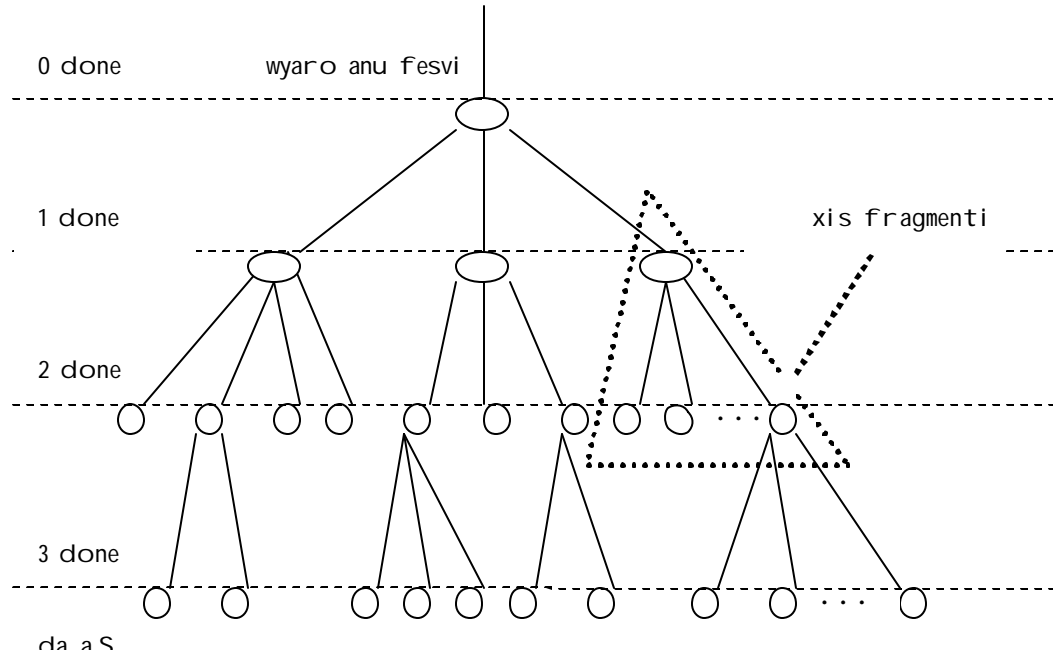
rogorc ukve arvniSneT qsel uri obieqti SeiZl eba warmovadginoT grafis saxiT, sadac  $X$  mwwerval ebis (kvanZebis) simravl ea, xol o  $U$ -rkal ebis simravl e. yovel i rkal i xasiaTdeba  $Cu = 0$  gamtarunarianobiTa da agreTve  $p_u$  datvirTviT. apriorul ad davuSvaT, rom qsel i Sedgeba garkveul i raodenobis avtonomiuri, Tanac urTierTsemavsebel i xisebri struqturebis simravl isagan, romel Ta fesvebs gare wyaroebi warmoadgenen. amdenad, nakadebis marTva qsel Si xorciel deba cal keul i xis SemTxvevaSi damoukidebl ad, magram mTI ianobaSi urTierTseTanx-mebul ad, rac qsel is erTiani marTvis sistemis funqcionirebis aucil ebel i pirobaa[9].

I okal uri anu cal keul i rkal is doneze datvirTvebisa Tu sxvadasxva parametrebis cval ebadoba (sadReRamiso grafikebi, pikuri datvirTvebi da sxva), wyaroebidan Semomaval i nakadebis cvl il ebis SemTxveviTi xasiaTi, qmnian xis struqturaSi nakadebis optimal uri gadanawil ebis pirobebs. rac mniSvnel oVnad arTul ebs marTvis probl emebs.

normal ur reJimSi marTvisaTvis gamoiyeneba nakadebis gadanawil ebis al goriTmi rogorc xis struqturis cvl il ebis

gareSe, ise xisebr struqturaTa sinqronul i cvl il ebebiT, rac damokidebul ia deficitis xasiaTze.

ganvixil oT nakadebis gadanawil ebis al goriTmi erTi avtonomiuri xis magal iTze, roml is ganzogadoebul i struqtura naCveneblia nax.2.5.1-ze:



ნახ.2.5.1. ნაკადების განაწილების სქემა ერთი ავტონომიური ქისათვის

ქის სტრუქტურა უარყოფით დონეების სახით, რაც განპირობებს ალგორითმის ეტაპობრივ მუშაობას ანუ უარყოფითი ალგორითმი მრავალ ეტაპობრივია. სიმართლისათვის არნისნული ქის სტრუქტურა განვიხილოთ ელემენტარული ხეების სისტემის სახით, ე.ი. ყოველი დონის ყოველი კვანძი მისგან გამომდინარე რკალების ცალკეულ ელემენტარულ ხეს. ამ პროცედურას შეიძლება ვუწოდოთ დეფრაგმაცია [3,5].

ალგორითმი მუშაობს ციკლში ყოველი ავტონომიური ქისა და მისი ფრაგმენტისათვის დარჩენილი პრინციპით ანუ ნული დონიდან ზევით. ყოველი ელემენტარული ქისათვის ნაკადების განაწილების ოპტიმიზაციის ამოცანა მდგომარეობს შემდეგი მინიმალური ფუნქციის შესრულებაში:

$$\sum_u (p_u - j_u) \rightarrow \min \quad (2.5.1)$$

SezRudvebi T: 
$$\sum_{u \in W^+(i)} j_u = \sum_{u \in W^-(i)} j_u \quad (2.5.2)$$

$$p_u^{\min} \leq j_u \leq c_u \quad (2.5.3)$$

SezRudva (2) Tanaxmad  $G$  grafis yvel a  $i \in X$  mwwerval Si Semaval i da gamomaval i nakadebi tol i unda iyos.

al goriTmis mizania yovel i fragmentis rkal ebisatvis  $j_u$  nakadebis iseTi mniSvel obebis povna, roml is drosac (1) piroba srul deba (2) da (3) SezRudvebis gaTval iswinebiT.

amocana wydeba genetikuri al goriTmebis (§2.3) gamoyenebiT, sadac TiToeul i  $j_u$  nakadi am SemTxvevaSi warmodgenilia namdvil i ricxvebis masivis saxiT. Tavis mxriv, genetikuri al goriTmi axorciel ebs sel eqciis, krossoverisa da mutaciis operaciebs. yovel i operatoris win xdeba (2), (3) pirobebis Semowmeba. fragmentul i (l okal uri) optimumis povnis Semdeg al goriTmi meordeba cikl Si, vidre mTl ianad xisatvis ar Sesrul deba. Semdgom yovel ive Tavidan iwyeba da meordeba Semdegi xisatvis da a.S. vidre mTel i qsel isatvis ar dasrul deba nakadebis mniSvel obaTa gamoTvl a. bol os xdeba pirobis Semowmeba:

$$\sum_u j_u \leq Q = \sum_j q_j \quad (2.5.4)$$

sadac  $q_j$  -cal keul i wyar os Semomaval i nakadis mniSvel obaa.

al goriTmi poul obs nakadebis ganawil ebis ramodeni me optimal ur amonaxsns, amis Semdeg miRebul i variantebidan amoirCeva is erTi amonaxsni,

romel ic iZl eva minimal ur ekonomikur maCvenebel s.

$$S_u(t) = \sum_{t=1}^n j_u(t) \cdot E_u(t) \Rightarrow \min \quad (2.5.5)$$

sadac 
$$E_u(t) = l_u \cdot b_1 + \Delta h_u \cdot b_2 \quad (2.5.6)$$

$S_u(t)$  aris kvanZidan rkal ebSi gamaval i nakadebis jamuri danaxarj i.

$E_u(t)$  \_ erT rkal Si nakadis gatarebis danaxarj ia;

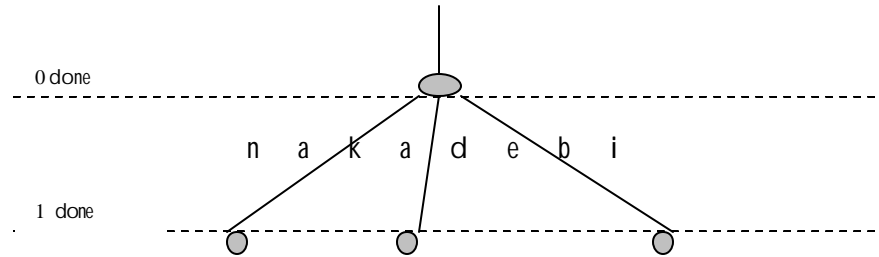
$\Delta h_u$  \_ mocemul i rkal isaTvis doneTa sxvaobaa;

$l$  \_ rkal is sigrZea;

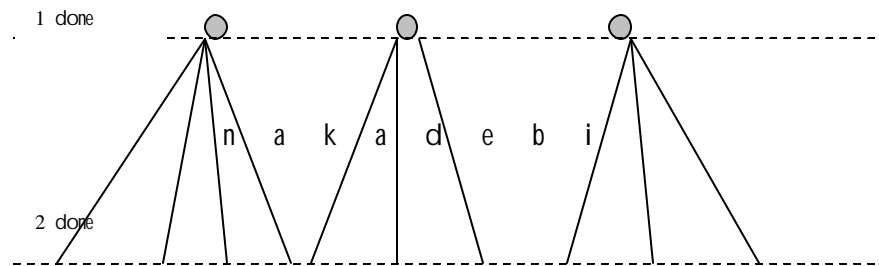
$b_1$  - erTeul i nakadis gadatanaa erTeul sigrZeze;

$b_2$  - erTeul i nakadis gadatanaa erTeul simaRI eze;

rogorc aRvniSneT, nakadebis ganawil eba xdeba etapobrivad. j er dakmayofil deba pirvel i done, rac nax.2.5.1-ze mocemul i xisaTvis gamoiyureba Semdegi saxiT(nax. 2.5.2):



amis Semdeg dakmayofil deba meore done:



nax.2.5.2. nakadebis ganawil ebis sqema

da a.S. nakadebis ganawil eba gagrZel deba xis doneebis mi xedvi T.

Tu nakadebis gadanawil ebam ver aRadgina sistemis mdgradoba, maSin xorciel deba qsel is xisebr struqturaTa dinamikuri regeneracia dekompoziciis al goriTmis gamoyenebi T.

avariul reJimSi saWiroa konkretul i rkal is izol acia da avtomaturad unda Seicval os mocemul i xis konfiguracia. amisaTvis aucil ebel ia qsel is struqturul i gadawyoba, radgan

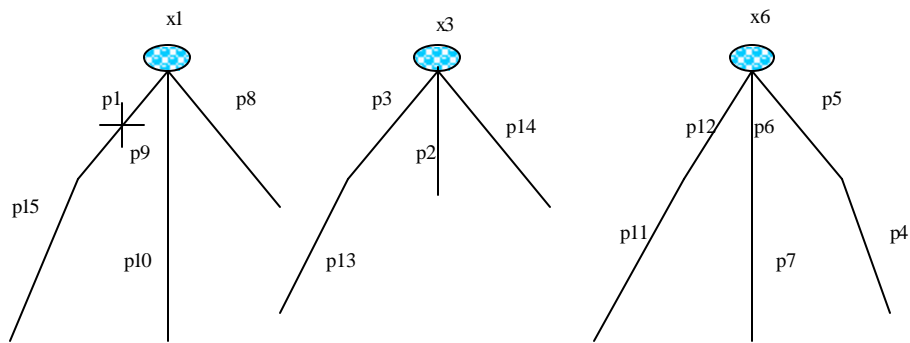
konkretul i xis struqturis Sevl a Tavistavad gamoiwvevs rogorc minimum momij nave xeebis struqturul cvl il ebas.

avariul situaciaSi, roca irRveva romel ime rkal is mTI ianoba da Sesabamisad mocemul i rkal i ukve veRar ganixil eba Tavis struqturaSi, saWiro xdeba al ternatiul i variantebis gadarCeva saukeTeso struqturis povnis mizniT.

zemoTganxil ul i dekompoziciis al goriTmis meSveobiT moxdeba axal i xeebis regeneracia da misi realizeba rkal is bol oebSi arsebul i sarqvel ebis (an CamrTvel ebis) mier. marTvis sqema warmoadgens aRniSnul i mowyobil obebis binarul i mdgomareobis masivs, romelic gaicema dispetCerisaTvis rekomendaciis saxiT. Semdgom ki nakadebis ganawil ebis al goriTmis gamoyenebiT ganisazRvreba nakadebis optimal uri mniSvnel obebi axal i struqturabis pirobebSi.

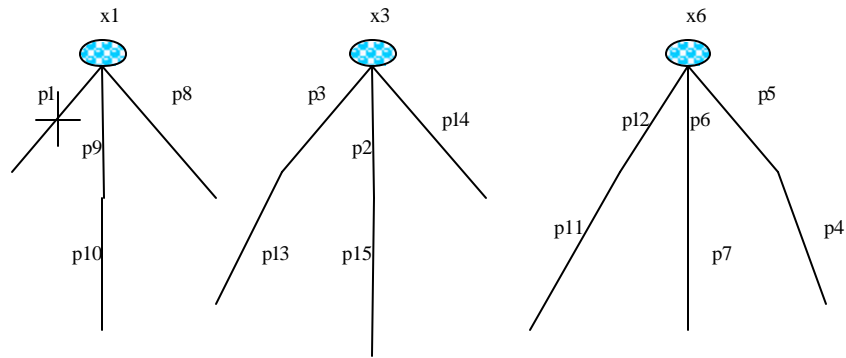
Cvens mier ganxil ul qsel Si (na.2.4.1), davuSvaT  $p_1$  rkal ze Seiqmna avariul i situacia. e.i. unda moxdes aRniSnul i rkal is izolacia, ris gamoc nakadis gadanawil eba  $p_{15}$  rkal Si, agreTve, bl okirdeba. qsel i struqturul ad unda gadaewyos ise, rom  $p_{15}$  rkal Si nakadis miwodeba ar Seferxdes. xis struqturul i gadawyobis sas gaTval iswinebul i unda iqnas (2) da (3) SezRudvebi: sadac:  $p_u$  rkal is datvirTvaa;  $C_u$  - gamtarunarianoba;  $j_u$  - rkal Si ganawil ebul i nakadi.

xeebi, romel Ta struqtura Tavdapirvel ad warmodgenilia Semdegi saxiT, nax.2.5.3.



nax.2.5.3. xeebis warmodgena sawyis etapze

regeneraciis Semdeg mi i Reben aseT saxes, nax. 2.5.4.



nax.2.5.4. xeebis warmodgena regeneraciis Semdeg  
xeebis regeneraciis Semdeg nakadebi ganawil deba  
zemoarNi Snul i al goriTmiT.

### **III Tavi. material uri nakadebis marTvis procesis model irebisa da anal izis al goriTmebi**

#### **3.1. marTvis procesis intel eqtual uri al goriTmebi**

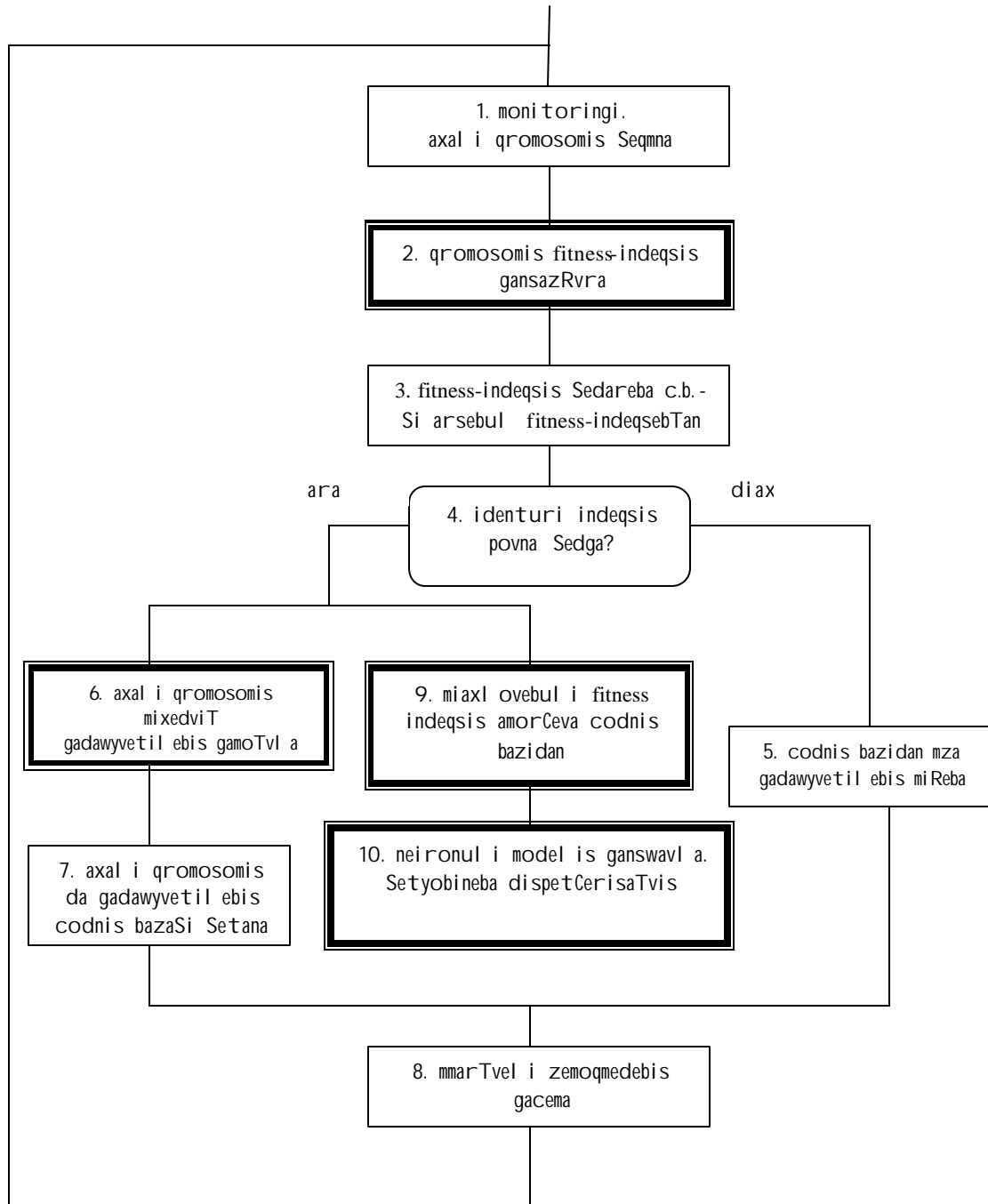
rogorc zemoT iyo aRniSnul i, garda genetikuri al goriTmebisa, qsel is marTvis procesSi gansakuTrebul mniSvel obas izens xel ovnuri intel eqtis sxva meTodebis, kerZod xel ovnuri neironul i qsel ebisa da freimebis sistemebis genetikur al goriTmebTan erTobl ivi gamoyenebis aucil ebl oba.

nax.3.1.1.-ze warmodgenilia qsel is marTvis zogadi al goriTmis bl oksqema, sadac ZiriTad funqciur bl okebs Seadgenen monitoringisa da operatiul i marTvis intel eqtual uri al goriTmebi, roml ebic monacemTa bazebTan (statistikur monacemebTan) erTad codnis bazebisa (Knowledge Bases), codnis warmodgenis freimul i model isa da daskvnebis manqanis (Inference Engine) arsebobas efuZvneba. codnis baza warmodgenilia wesebis erTobl iobis, "situacia-gadawyvetileba" struqturis freimul i "qromosomebis" simravlis saxiT, sadac TiToeul i freimis identifikators warmoadgens e.w. fitness-indeqsi, rac real urad mocemul i konkretul i wesisaTvis genetikuri al goriTmebis "qromosomis" fitness-funqciis mniSvel obis eqval enturia. amasTan, codnis bazaSi freimebi sortirebul ia fitness-indeqsis mixdvi T[6,7].

bl oki 1. obieqtis marTvis procesis erT-erT umniSvel lovanes etaps Seadgens qsel is uwyveti monitoringi, rac sakontrol o interval iT mTel i sistemis avtomatur skanirebas da komponentTa mimdinare mniSvel obebis monacemTa bazaSi Setanas uzrunvel yofs.

TiToeul i saangariSo  $t = \overline{1, T}$  periodisaTvis qsel idan miRebul i informaciul i masivi qmnis axal "qromosomas", roml is

“genes” warmoadgens qsel is komponentTa mimdinare miSnel obebi.



nax.3.1.1. sistemis marTvis al goriTmis sqema

bl oki 2. genetikuri al goriTmebis meSveobiT, xdeba Seqmnil i axal i “qromosomis” fitness-indeqsis gansazRvra.



bl oki 3. mimdinareobs axal i `qromosomis" fitness-indeqsis codnis bazaSi arsebul i freimebis fitness-indeqsebTan Sedareba da Sesabamisad, winaswar dagrovil i `codnis" mixedviT mocemul i situaciis `Secnoba".

bl oki 4. ganisazRvreba moxda Tu ara identuri indeqsis povna codnis bazaSi.

bl oki 5. Tu mimdinare situaciis Secnoba moxda, maSin mocemul i fitness-indeqsis mqone marTvis freimis Sesabamisi mza gadawyvetil eba (anu sarqvel ebis mdgomareobisa da satumbo sadgurebis muSaobis rejimebis mniSvnel obebi) gaicema qsel ze mmarTvel i zemoqmedebisaTvis.

bl oki 6. Tu mimdinare situaciis Secnoba ar moxerxda, maSin axal i `qromosomis" mixedviT marTvis al goriTmebis (genetikuri al goriTmebi, qsel is xisebri struqturebis adapturi gadawyobis al goriTmebi da sxva) gamoyenebiT xorciel deba ukve axal i mmarTvel i gadawyvetil ebebis gamomuSaveba.

bl oki 7. mocemul i situacia da miRebul i Sedegebi axal i fitness-indeqsis mqone freimis saxiT Seitaneba codnis bazaSi. garda amisa, codnis bazaSi, freimebis ganmeorebis sixSiris mTvl el is indikatoris Sesabamisad, dabal sicocxl isunariani freimebi, roml ebic TiTqmis aRar meordebian, codnis bazidan amovardnæs eqvemdebarebian anu xdeba codnis bazis ganaxl eba.

bl oki 8. gamoTvl il i mmarTvel i gadawyvetil ebebi gaicema obieqtze.

bl oki 9. dispetCerizaciis Tval sazrisiT, paral el urad, unda moxdes anomal iuri situaciis identifikacia, kerZod qsel is im monakveTis gansazRvra, sadac moxda sistemis muSaobis normal uri rejimis darRveva an avariul i situaciis Seqmna. am mizniT codnis bazaSi xdeba axal i `qromosomis" fitness-indeqsbTan maqsimal urad miaxl oebul i fitness-indeqsis mqone e.w. etal onuri freimis povna, romel Tanac ganTanxmeba minimal uri iqneba.

bl oki 10. axal i `qromosomis" ganswavl is mi zn iT gamoiyeneba xel onvuri neironul i qsel ebis meTodi, roml is drosac axal i `qromosoma" warmodgenilia neironul i model is saxiT. ganswavl is procesSi mimdinareobs Y veqtoris maqsimal uri adaptacia anu mi axl oeba D sasurvel (etal onur) gamomaval veqtorTan, roca Secdoma  $d \Rightarrow 0$ , rac xdeba `farul i" el ementebis woniT i koeficientebis gamoTvl aawyobiT genetikuri al goriTmebis gamoyenebiT, sadac W wonebis veqtorebi qromosomTa registrebs qmnian.

`qromosomis" neironul i model is ganswavl is etapebi:

**bij i 1.** inicial izacia: sawyis etapze mocemul ia `qromosomis" sigrZe e.i. `genebis" raodenoba N, `genis" indeqsis sawyisi mniSvnel oba  $i=0$ , qsel is komponentebis mniSvnel obaTa simravle  $X=\{x(i)\}$ , axal i `qromosoma" woniT i koeficientebis simravl is saxiT  $W=\{w(i)\}$ , D sasurvel i (etal onuri) gamomaval i veqtoris mniSvnel oba, cariel i simravle  $Q=\{q(i)\}$ , mutaciis koeficienti  $\lambda$ , `qromosomis" fitness-funqciis sawyisi mniSvnel oba  $Y(0)$ .

**bij i 2.** ai Reba `qromosomis"  $i=i+1$  `genis" mniSvnel oba.

**bij i 3.** gamoiTvl eba `qromosomis" fitness-funqciis mniSvnel oba  $Y=F(XW)$ .

**bij i 4.** mowmdeba piroba:  $Y=D$ . pirobis Sesrul ebis SemTxvevaSi gadavdivarT bij i 5-ze. sxva SemTxvevaSi bij i 6-ze.

**bij i 5.** neironul i model is ganswavl a dasrul ebul ia. gai cema `genebis" anu qsel is komponentTa simravle  $\{q(i)\}$ , sadac Sei qmna anomal iuri situaciebi. mi Rebul i informacia miwodeba dispetCers da imavdroul ad fiqsirdeba monacemTa bazaSi anomal iaTa Jurnal izaciis mi zn iT.

**bij i 6.** gamoiTvl eba Secdoma  $d = |Y - D|$ .

**bij i 7.** mowmdeba piroba:  $d(i) = d(i-1)$ . pirobis Sesrul ebis SemTxvevaSi gadavdivarT bij i 8-ze. sxva SemTxvevaSi bij i 10-ze.

**bij i 8.** mowmdeba piroba:  $Y > D$ .

**bij i 9.** pirobis Sesrul ebis SemTxvevaSi:  $w(i) = w(i) - \lambda$ , xol o sxva SemTxvevaSi:  $w(i) = w(i) + \lambda$ ; anu i-ur "genSi" srul deba mutaciis operatori. gadavdivarT bij i 3-ze.

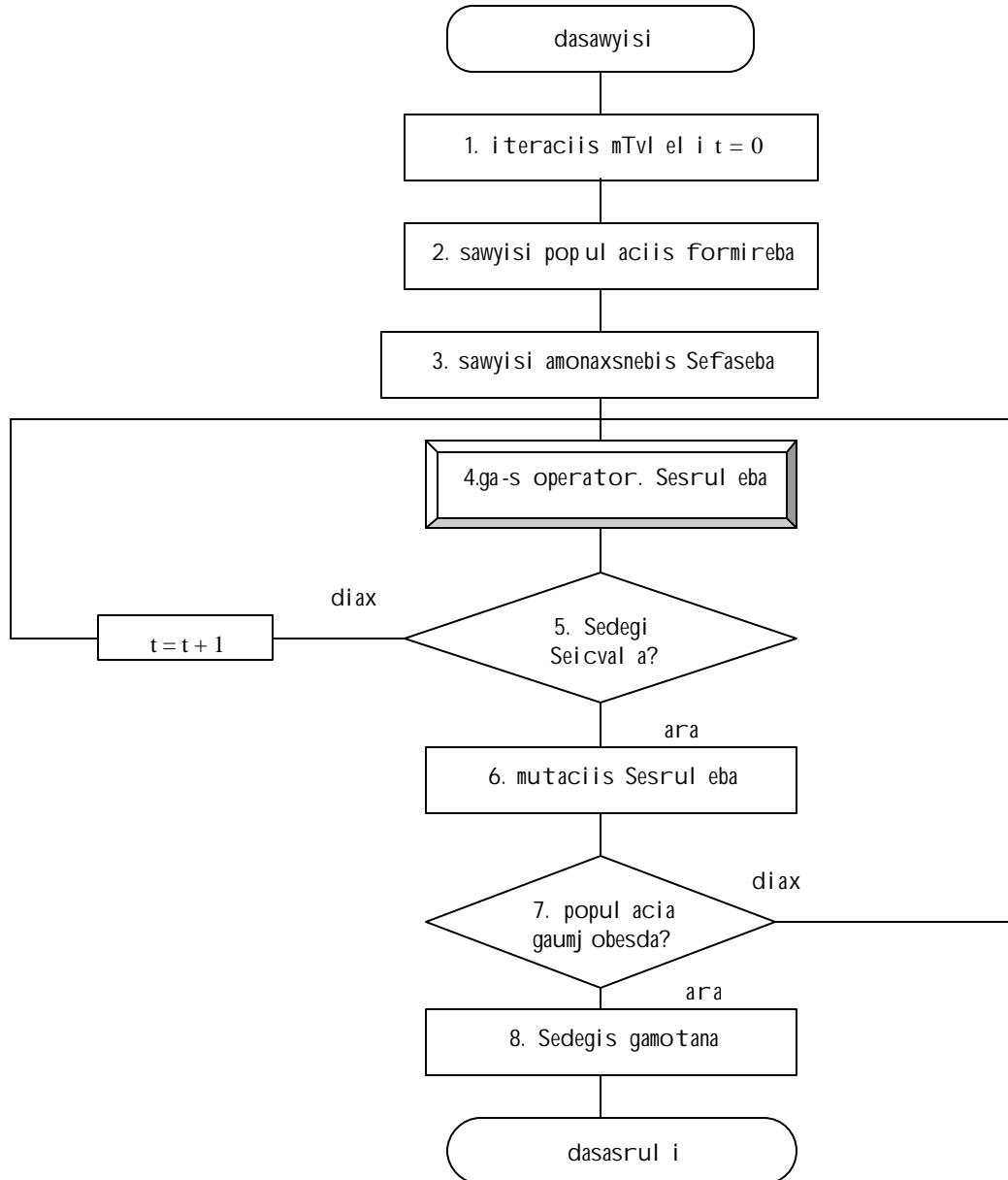
**bij i 10.** mowmdeba piroba:  $i = N$ . pirobis Sesrul ebis SemTxvevaSi gadavdivarT bij i 5-ze. sxva SemTxvevaSi bij i 11-ze.

**bij i 11.** Q simravli is elementi:  $q(i) = d(i)$ . gadavdivarT bij i 2-ze.

warmodgenili intel eqtuali uri al goriTmebi principul ad cvliani personalis analizur da prognostul Sesazlebi obebis, mkveTradamaRI eben gadawyvetilebis miRebis operatiuli obis xarisxis, gansakutrebili avariuli situaciebis warmoSobis dros. garda amisa, sakmaod mosaxerxebelia arasruli informaciis SemTxvevaSi martvis Tval sazrisiT.

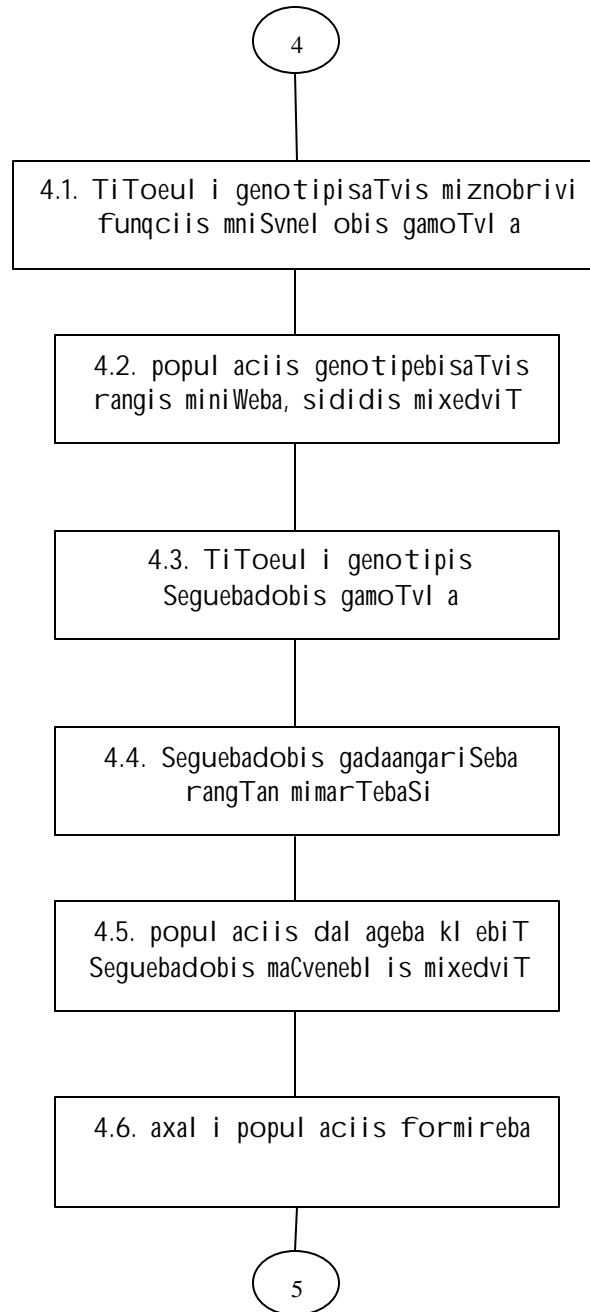
### 3.2. genetikuri al goriTmisa da qsel is dekompoziciis al goriTmis aRwera

modificirebul i genetikuri al goriTmi warmodgenilia nax.3.2.1-ze. al goriTmi moicavs popul aciiis formirebis, kodirebis, dekodirebis, krossoveris, mutaciis, ranJirebis bl okebs.



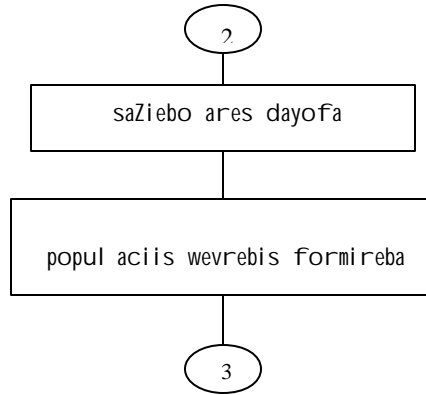
ნახ.3.2.1 მოდიფიცირებული გენეტიკური ალგორითმის სქემა

bl oki 4. w armodgenil ia nax.3.2.2.-ze, romel ic axorciel ebs genotipebis Seguebadobis gamoTvl a s, genotipebisaTvis rangis miniWebas, popul aciis sortirebas kl ebis mixedviT, axal i popul aciis formirebas.



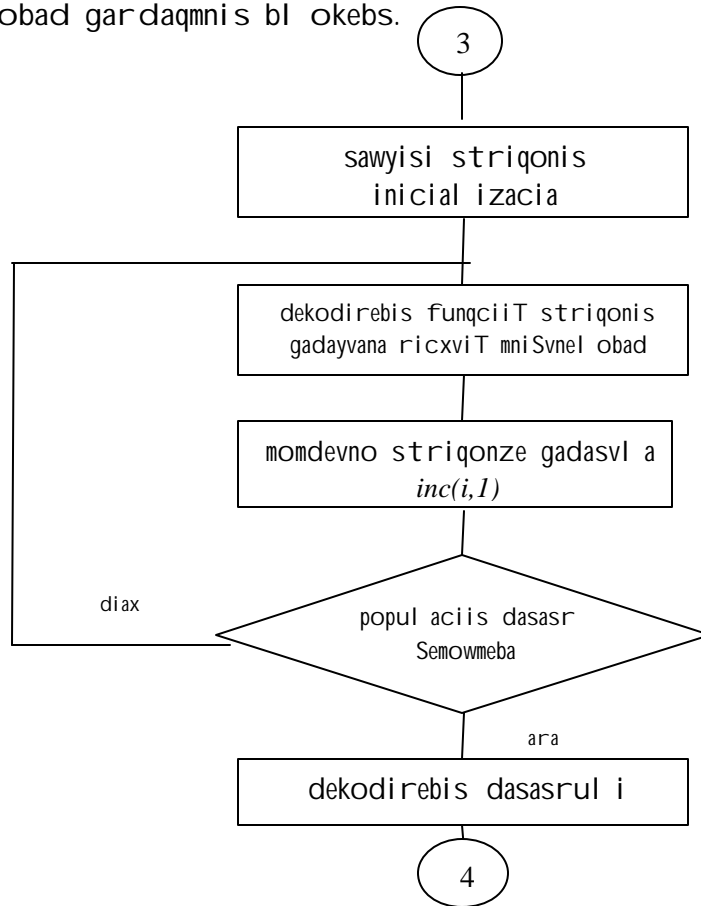
nax.3.2.2. genotipebis Seguebadobis gamoTvl a

bl oki 2. warmodgenil ia  $N_{max}$ . 3.2.3-ze, romel ic axorciel ebs saZiebo ares dayofas  $2^l$  tol nawil ad da dayofil i aredan  $n$  raodenobis  $l$  Tanrigiani orobiTi  $S$  raodenobis striqonebis formirebas.



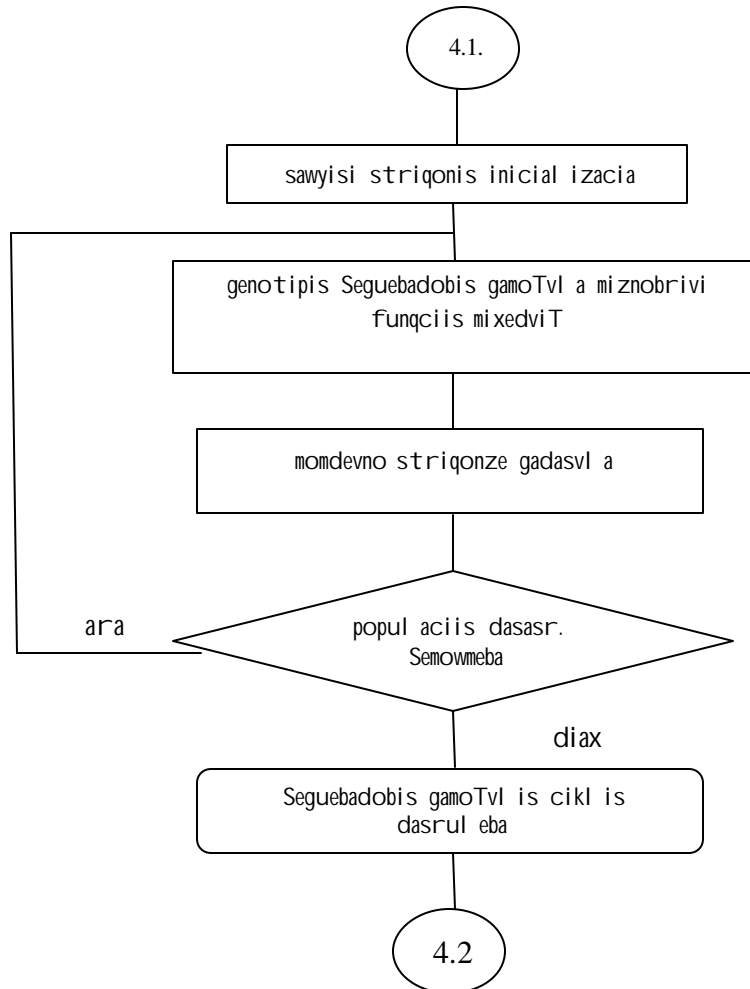
nax.3.2.3. sawyisi striqonebis formireba

bl oki 3. warmodgenil ia  $N_{max}$ . 3.2.4-ze, romel ic moicavs dekodirebis funqciis saSual ebiT TiToeul i striqonis ricxviT mniSvnel obad gardaqmnis bl okebs.



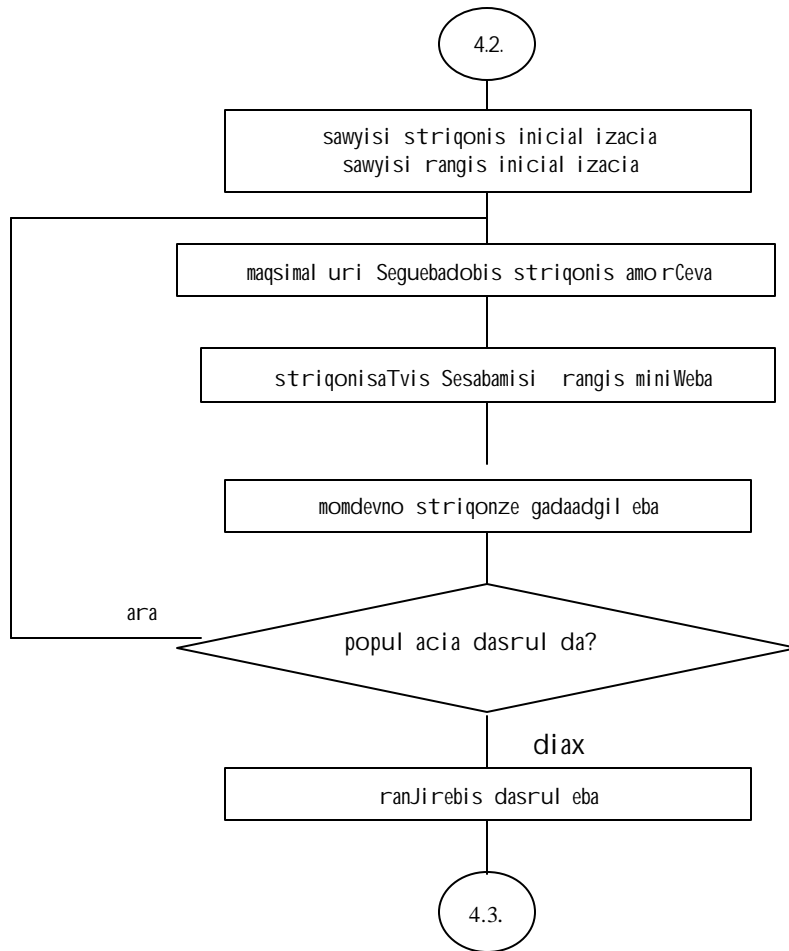
nax.3.2.4. striqonebis dekodireba

bl oki 4.1. warmodgenilia nax. 3.2.5.-ze, romelic Seicavs  
 TiToeuli striqonisatvis anu genotipebisatvis miznobrivi  
 funqciis mixedvit Seguebadobis gamotvl is bl okebs.



nax.3.2.5. striqonebis SeguebadobiT sortireba

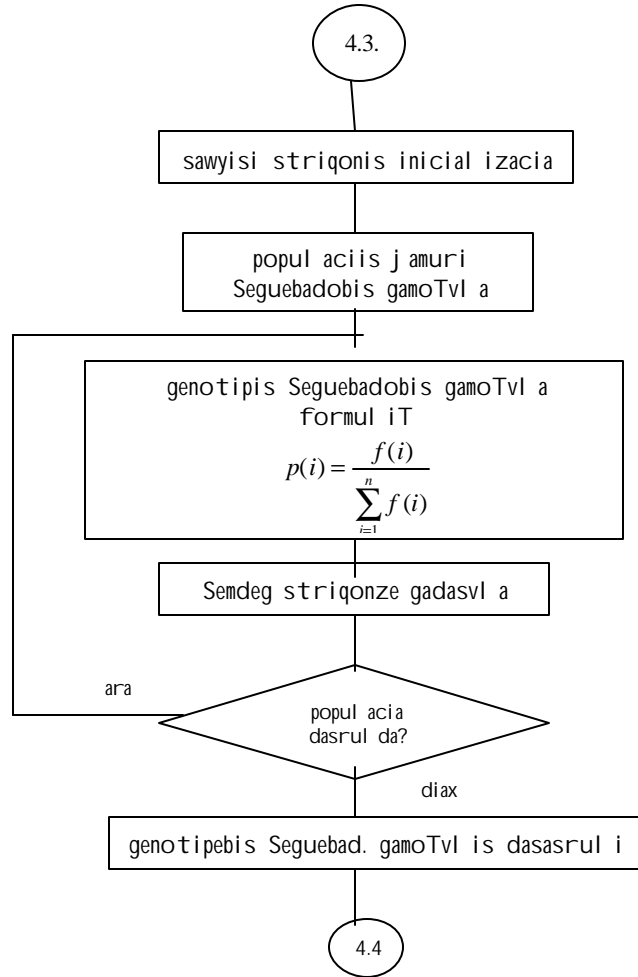
bl oki 4.2. warmodgenil ia nax.3.2.6.-ze, romel ic Seicavs sawyisi rangis inicial izaciis, cal keul i striqonisaTvis rangis miniWebis bl okebs.



nax.3.2.6. striqonebis ranJireba

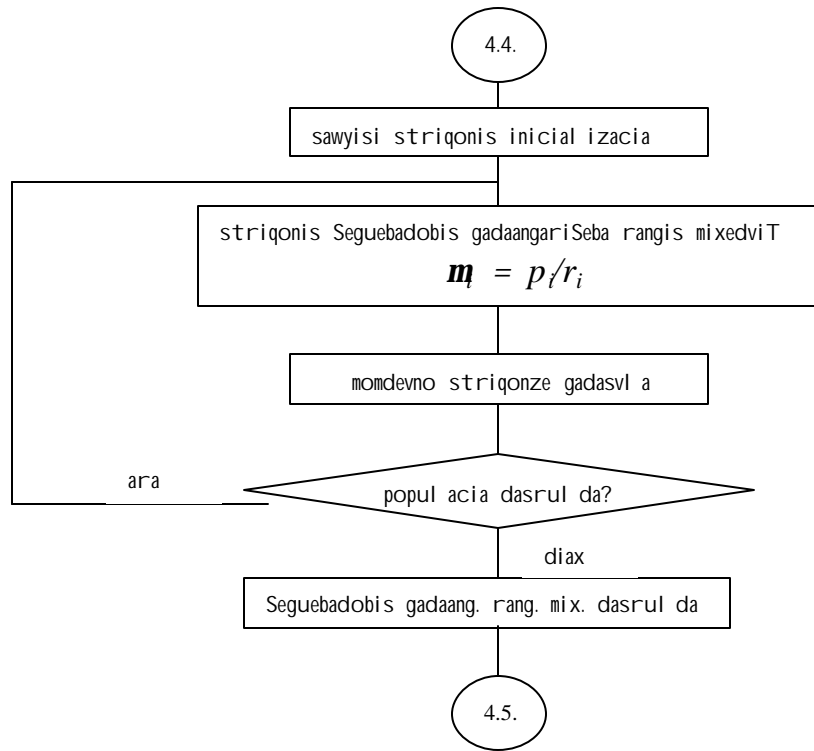


bl oki 4.3 warmodgenil ia nax.3.2.7-ze, romel ic Seicavs pol ul aciis j amuri Seguebadobis gamoTvl is, popul aciis TiToeul i wevris Seguebis al baTobis gamoTvl is bl okebs.



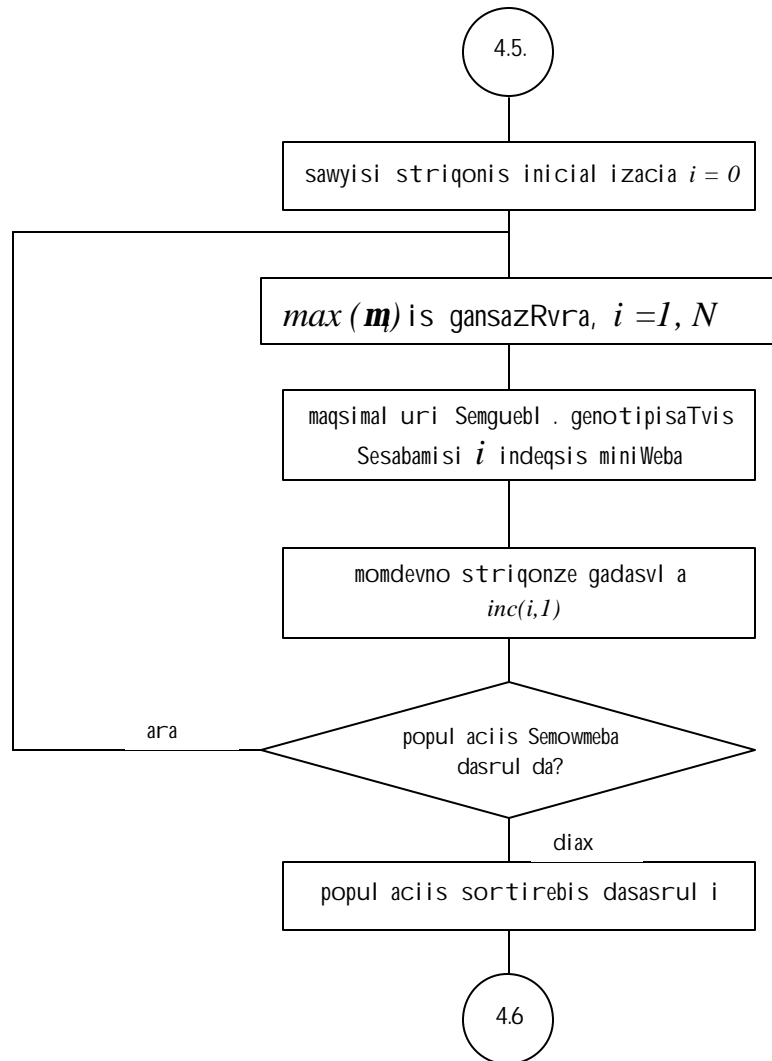
nax.3.2.7. popul aciis j amuri Seguebadobis gamoTvl a

bl oki 4.4. warmodgenil ia nax. 3.2.8.-ze, romel ic aerTianebs popul aciis wevrebis rangis mixedviT Seguebadobis gadaangariSebis bl okebs, rac warmoadgens popul aciis daxari sxebis wi napi robas.



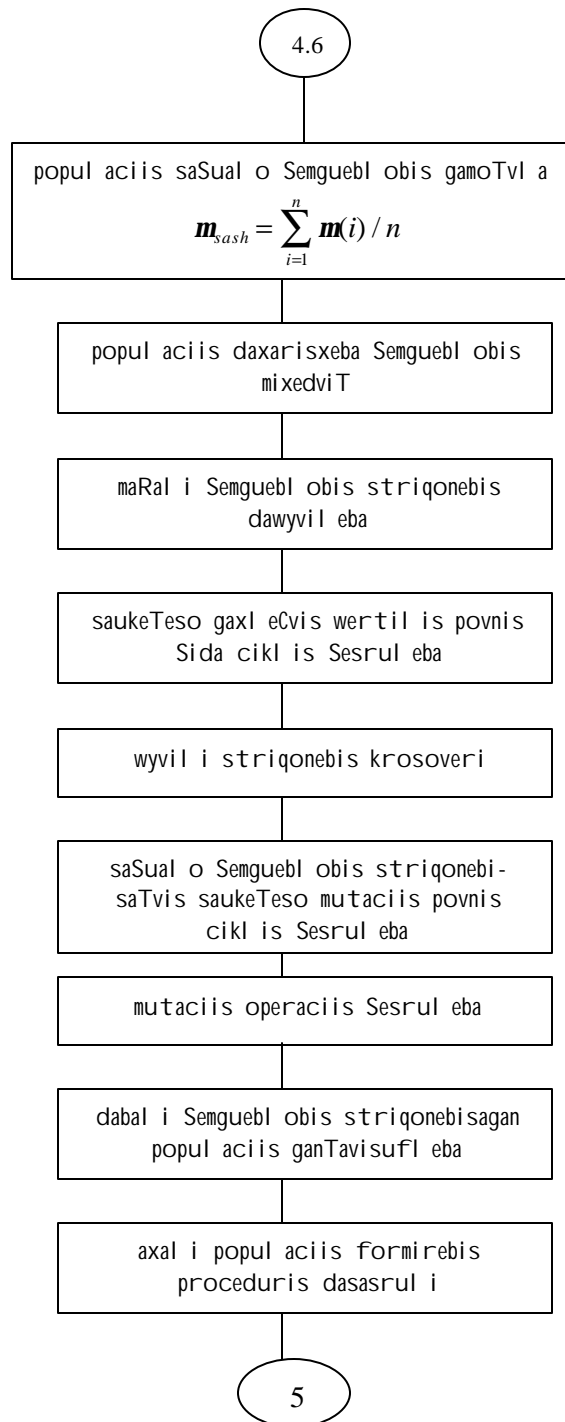
nax.3.2.8. popul aciis rangiT dal ageba

bl oki 4.5. warmodgenil ia nax.3.2.9.-ze, romel ic moicavs popul aciis wevrebis saSual o Seguebadobis mixedviT popul aciis wevrebis sortirebis bl okebs.



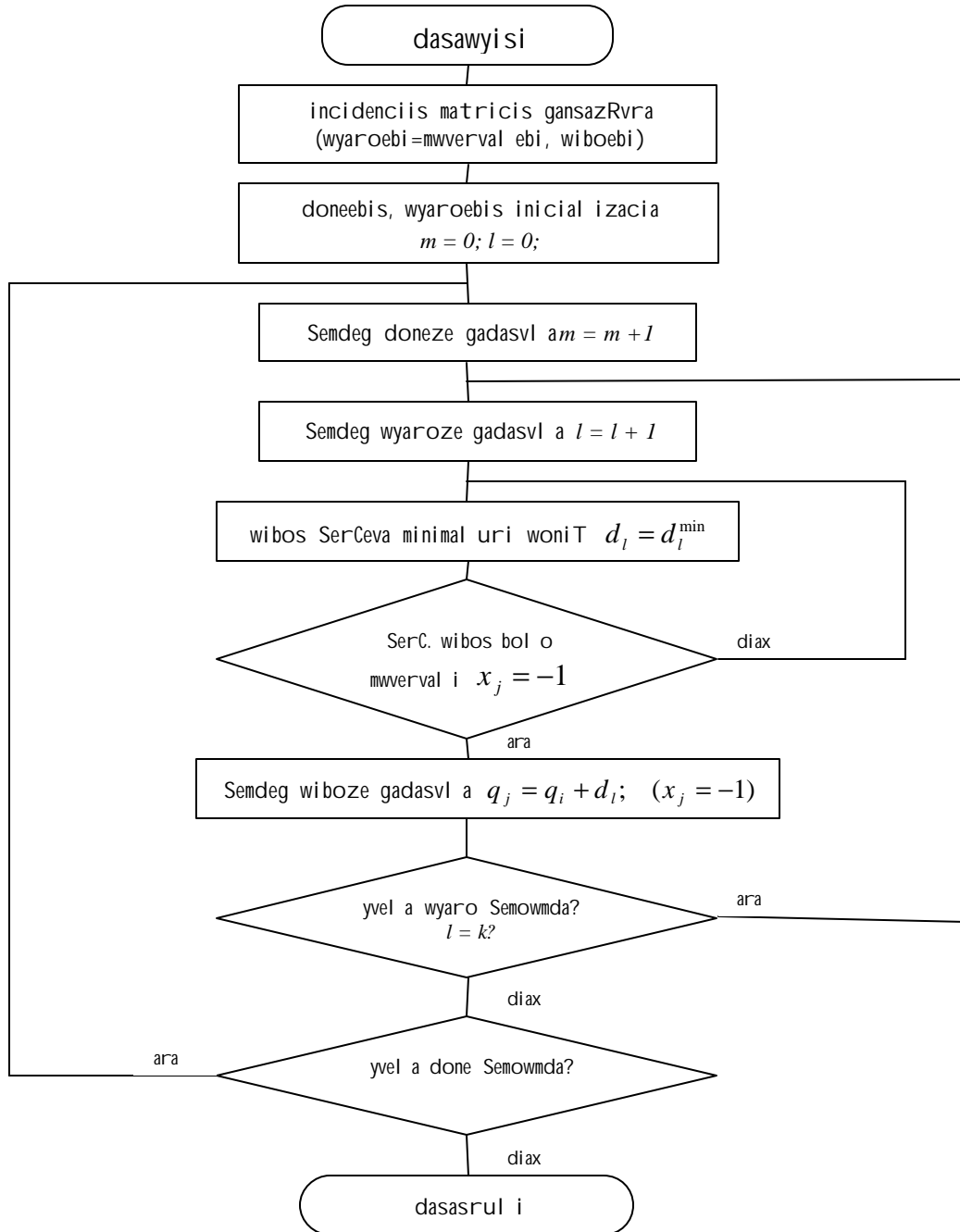
nax.3.2.9. popul aciis anal izi

bl oki 4.6 warmodgenil i nax 3.2.10-ze, romel ic Seicavs popul aciis saSual o Seguebadobis gansazRvris, popul aciis wevrebis daxarisxebis, krosoveris, mutaciis, bl okebs.



nax.3.2.10. krosoveris, mutaciis sqema

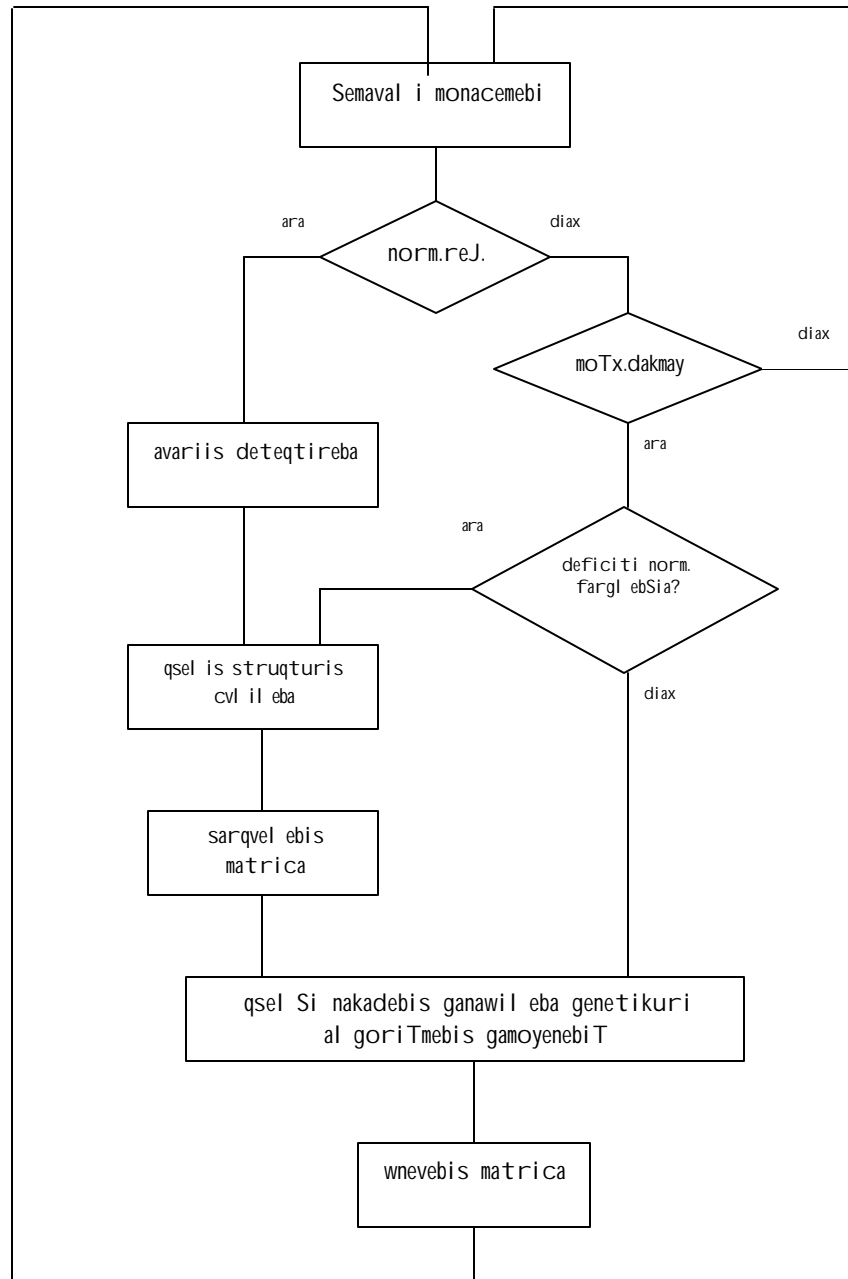
qsel is xisebr structurebad dekompoziciis al goriTmul i sqema mocemul ia nax.3.2.11-ze, romel ic Sedgeba wyaroebis anu mwvverval ebis SerCevis, doneebis inicial izaciis, wiboebis SerCevis bl okebi sagan.



nax.3.2.11. qsel is xisebr structurebad dekompoziciis al goriTmis sqema

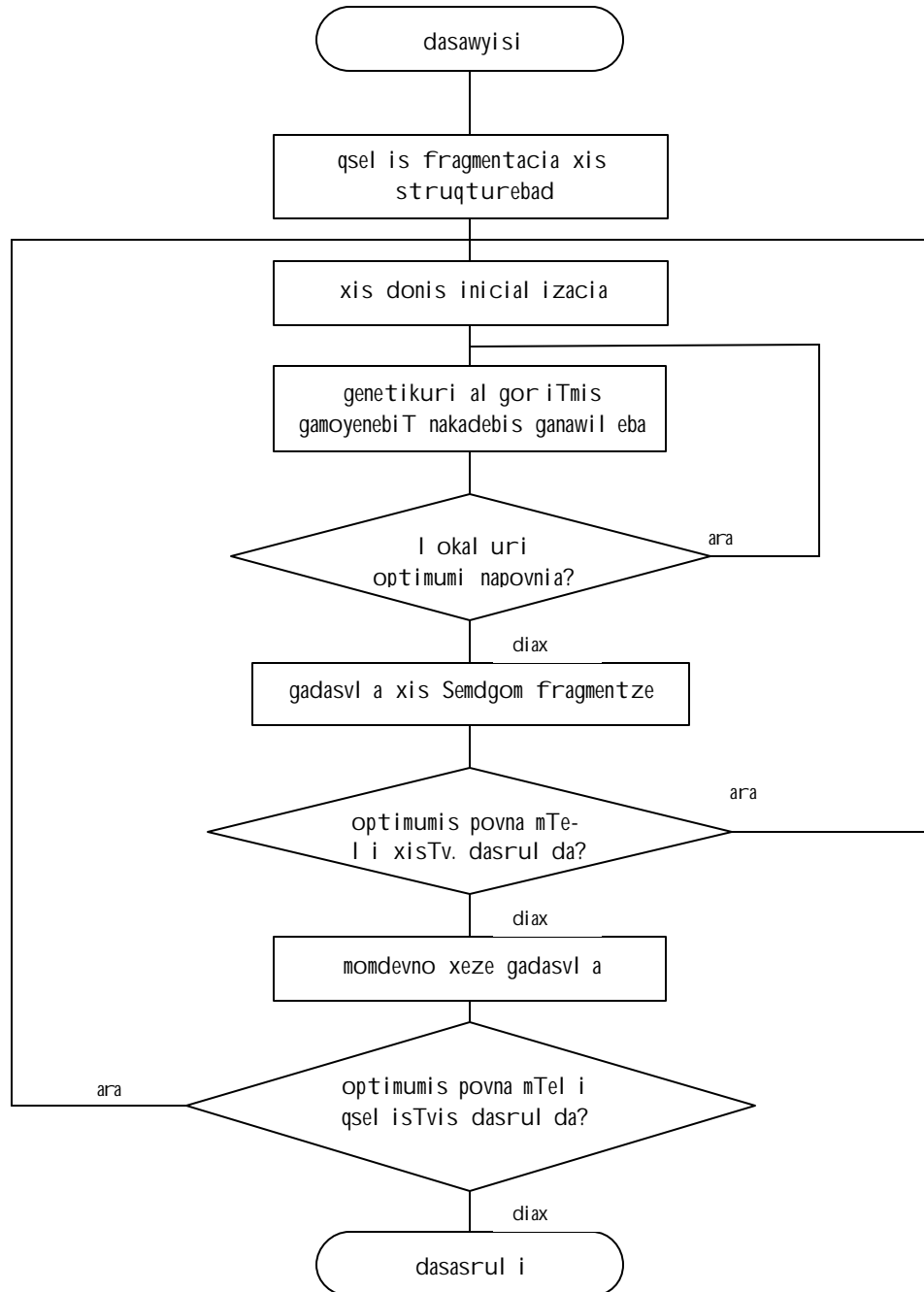
### 3.3. nakadebis marTvis al goriTmebi

systemis operatiul i marTvis al goriTmis ganzogadoebul i bl ok-sqema naCvenebia nax.3.3.1.–ze.



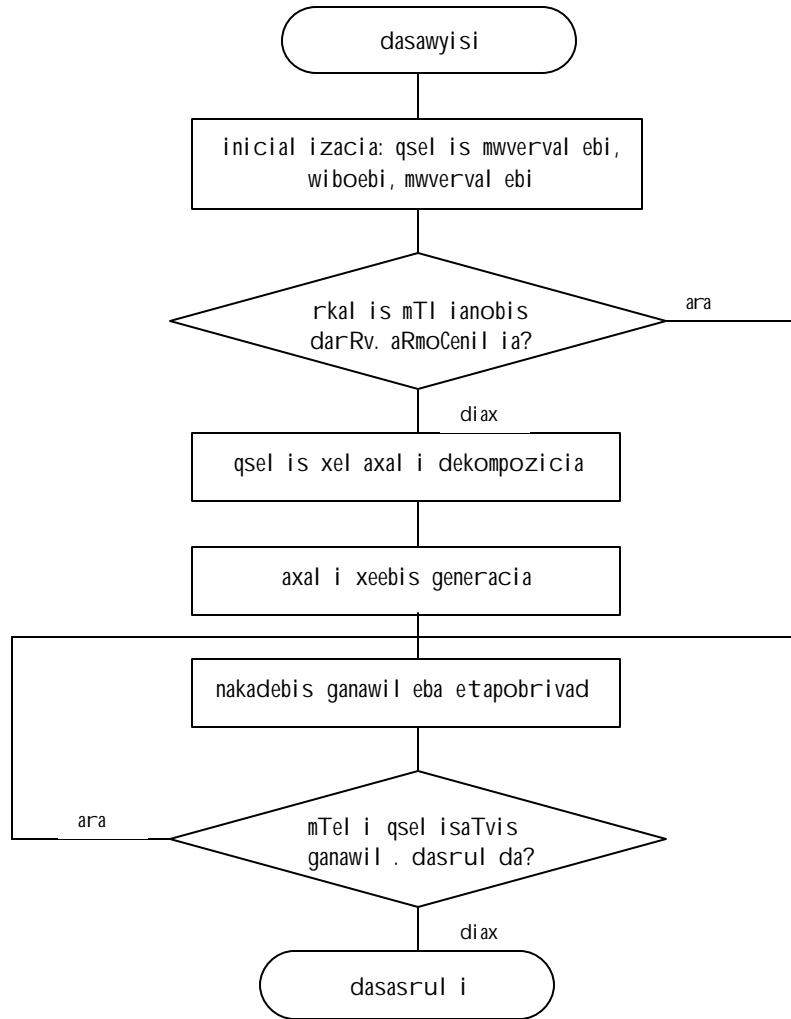
nax.3.3.1. nakadebis operatiul i marTvis ganzogadoebul i sqema

nakadebis ganawil ebis al goriTmis bl ok-sqema, normal uri reJimsaTvis, warmodgenil ia nax.3.3.2.-ze, romel ic moicavs xis donebis inicial izaciis, donebis mixedviT genetikuri al goriTmebiT nakadebis ganawil ebis bl okebs.



nax.3.3.2. normal ur reJimsi nakadebis marTvis al goriTmi

nakadebis marTvis al gorITmis bl oksqema, avariul i reJimsaTvis, warmodgenil ia nax.3.3.3-ze, romel ic moicavs avariis deteqtirebis, axal i xeebis generaciis, nakadebis etapobrivad ganawil ebis bl okebs.



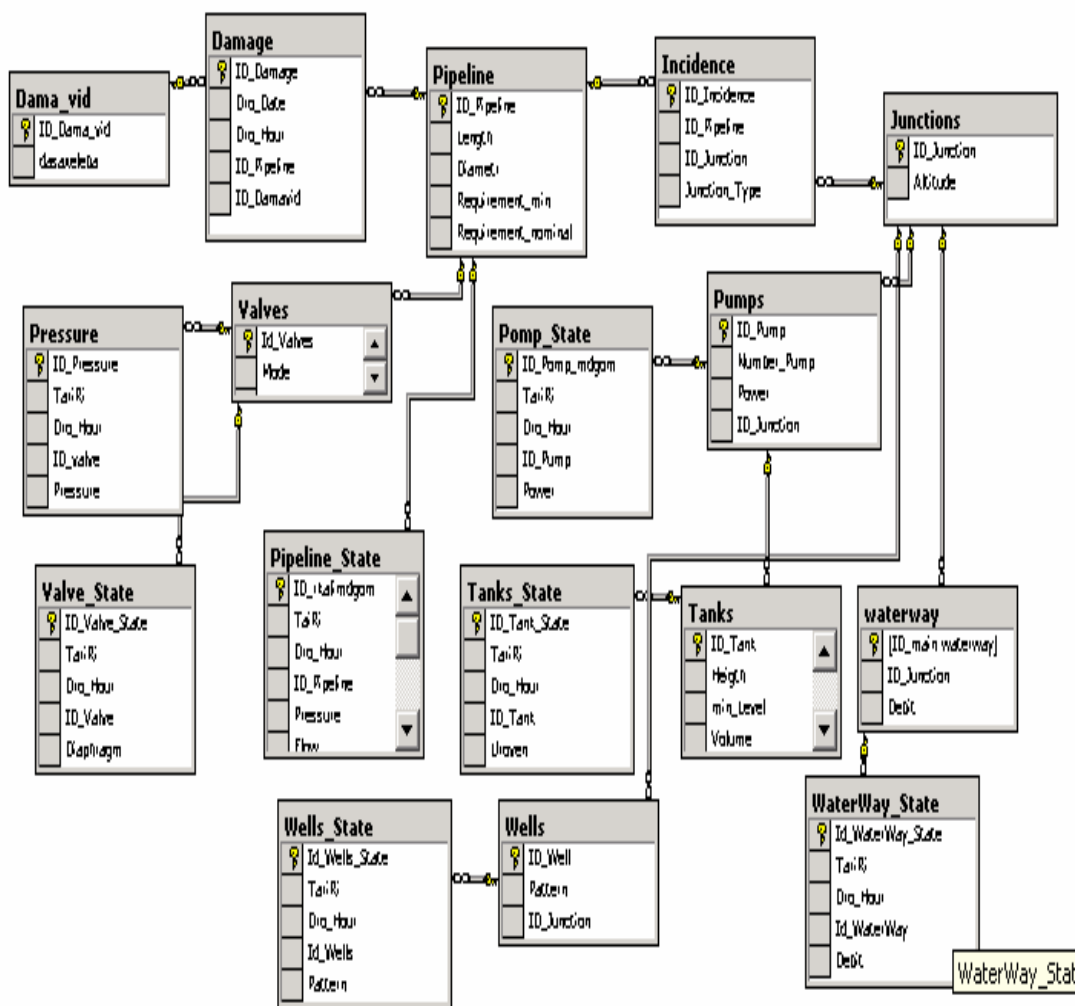
nax.3.3.3. avariul reJimsaTvis nakadebis marTvis al gorITmi



moce mul i al gorITmidan cans, rom Tu moTxovna dakmayofil ebul ia sistema funqcionirebs cveul ebriv rejimSi. Tu warmoisveba deficiti, magram igi normis fargl ebSia, anu wyaros SeuZl ia minimal ur moTxovnaTa dakmayofil eba, maSin nakadebi gadanawil deba genetikuri al gorITmebiT, xis struqturebis cvl il ebis gareSe, roml is model i warmodgenil ia 25-Si. Tu deficiti ar aris normis fargl ebSi, rac niSnavs rom wyaro ver uzrunvel yofs minimal ur moTxovnaTa dakmayofil ebas, an avariul i rejimia, roca irRveva romel ime rkal is mTl ianoba da amdenad igi veRar uzrunvel yofs nakadis gatarebas, maSin j er mimdinareobs qsel is struqturis cvl il eba, roml is model i warmodgenil ia 24-Si, Semdeg ki axal i struqturebis pirobebSi nakadebi gadanawil deba genetikuri al gorITmebiT[4].

### 3.4 informaciu i uzrunvel yofa da marTvis sistemis struqtura

monacemTa bazebis model is arCevisas upiratesoba mieniWa rel aciu monacemTa bazebis, romel Tac moTxovnebis formirebis ZI ieri instrumentul i saSual ebani gaaCniaT SQL enis saxiT, agreTve Tavsebadi arian GIS-is interfeistTan da codnis bazebTan. monacemTa bazis struqturas aqvs Semdegi saxe(nax.3.4.1.):



nax.3.4.1. marTvis sistemis monacemTa bazis struqtura

monacemTa bazis Semadgenel i cxril ebis struqturebi:

cxril i 3.4.1. `kvanZi`:

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
kvanZis kodi (Primary key)	ID_Junction	Num	int
simaRI e	Altitude	Num	int

cxril i 3.4.2. `Semomaval i magistral i-

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
kvanZis kodi	ID_Junction	Num	int
magistral is kodi (Primary key)	ID_main waterway	Num	int
debeti	Debit	Num	longint

cxri

l i

3.4.3.

`mil sadeni`:

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
mil sadenis kodi (Primary key)	ID_Pipeline	Num	int
sigrZe	Length	Num	int
diametri	Diametr	Num	int
min. moTxovnil eba	Requirement_min	Num	int
nominal. moTxovnil eba	Requirement_nominal	Num	int

cxril i 3.4.4. `incidencia`

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
kodi (Primary key)	ID_Incidence	Num	longint
mil sadenis kodi	ID_Pipeline	Num	int
kvanZis kodi	ID_Junction	Num	int
incidencia	Incidencia	bit	1

*cxრილი 3.4.5. "სატუმბო სადგური"*

ველის დასახელება	Field name	Type	Size
სატუმბოს კოდი (Primary key)	ID_Pump	Num	int
კომპრეს. რაოდენობა	Number of Pump	Num	int
სიმზღავრე	Power	Num	longint
კვანძის კოდი	ID_Junction	Num	int

*cxრილი 3.4.6. "რეზერვუარი"*

ველის დასახელება	Field name	Type	Size
რეზერვუარის კოდი (Primary key)	ID_Tank	Num	int
რეზერვუარის სიმაღლე	Height	Num	int
მინიმალური დონე	min_Level	Num	int
რეზერვ. მოცულობა	Volume	Num	int
სატუმბოს კოდი	ID_Pump	Num	int

*cxრილი 3.4.7. "ადგილობრივი რეზერვი"*

ველის დასახელება	Field name	Type	Size
ადგილობრივის კოდი (Primary key)	ID_Well	Num	int
რუკის ნიმუში	Pattern	Num	longint
კვანძის კოდი	ID_Junction	Num	int

*cxრილი 3.4.8. "სარკველი"*

ველის დასახელება	Field name	Type	Size
სარკველის კოდი (Primary key)	ID_Valve	Num	longint
სადავები/ბოლო	terminal	bit	1
მილსადენის კოდი	ID_Pipeline	Num	int

*cxril i 3.4.9. `mil sadenis mdgomareoba`:*

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
kodi (Primary key)	ID_Dynamic	Num	longint
TariRi	Dro_Date	Date	ShortDate
dro	Dro_Hour	Time	int
mil sadenis kodi	ID_Pipeline	Num	int
wneva	Pressure	Num	int
nakadi	Flow	Num	longint
moTxovnil eba	Requirement	Num	longint

*cxril i 3.4.10. `rezervuaris mdgomareoba`:*

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
kodi (Primary key)	ID_State	Num	longint
TariRi	Dro_Date	Date	ShortDate
dro	Dro_Hour	Num	int
rezervuaris kodi	ID_Tank	Num	int
wyl is done	Uroven	Num	int

*cxril i 3.4.11. WaburRil is mdgomareoba`:*

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
kodi (Primary key)	ID_State	Num	longint
TariRi	Dro_Date	Date	ShortDate
dro	Dro_Hour	Num	int
WaburRil is kodi	ID_Well	Num	int
warmadoba	Pattern	Num	longint

*cxრილი 3.4.12. `მაგისტრალის მდგომარეობა`:*

ველის დასახელება	Field name	Type	Size
კოდი (Primary key)	ID_State	Num	longint
თარიღი	Dro_Date	Date	ShortDate
დრო	Dro_Hour	Num	int
მაგისტრალის კოდი	ID_magistrali	Num	int
დებიტი	Debit	Num	longint

*cxრილი 3.4.13. `სატუმბო სადგურის მდგომარეობა`:*

ველის დასახელება	Field name	Type	Size
კოდი (Primary key)	ID_Func_Command	Num	longint
თარიღი	Dro_Date	Date	ShortDate
დრო	Dro_Hour	Num	int
სატუმბოს კოდი	ID_Pump	Num	int
სიმზლავრე	Power	Num	longint

*cxრილი 3.4.14. `სარკველ ების მდგომარეობა`:*

ველის დასახელება	Field name	Type	Size
კოდი (Primary key)	ID_Struct_Command	Num	longint
თარიღი	Dro_Date	Date	ShortDate
დრო	Dro_Hour	Num	int
სარკველის კოდი	ID_Valve	Num	longint
მდგომარეობა	Diaphragm	Num	int

*cxril i 3.4.15. `avariul i situaciebi`:*

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
kodi (Primary key)	ID_Damage	Num	longint
TariRi	Dro_Date	Date	ShortDate
dro	Dro_Hour	Num	int
mil sadenis kodi	ID_Pipeline	Num	int
avariis saxeoba	ID_Damavid	Num	int

*cxril i 3.4.16. `avariis saxeobebi`:*

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
kodi (Primary key)	ID_Dama_vid	Num	int
dasaxel eba	dasaxeleba	char	100

*cxril i 3.4.17. `wnevebi mil sadenebSi`:*

vel is dasaxel eba	Field name	Type	Size
kodi (Primary key)	ID_Struct_Command	Num	longint
TariRi	Dro_Date	Date	ShortDate
dro	Dro_Hour	Num	int
sarqvel is kodi	ID_Valve	Num	longint
wneva	Pressure	Num	int

*monitoringis sakontrol o monacemTa informaciul i masivi:*

**D**- TariRi (**Primary key**);

**T** - dro (saaTi) (**Primary key**);

**FI** - mdgomareobaTa freimis **fitness**-indeqsi;

**T1** - #1 rezervuarSi wyl is done;

.....

**Tn** - #n rezervuarSi wyl is done;

**M1** - #1 magistral Si wyl is debeti;

.....

**Mn** - #n magistral Si wyl is debeti;

**W1** - #1 WaburRil is paterni;

.....

**Wn** - #n WaburRil is paterni;

**P1** - #1 satumbo sadguris simZl avre;

.....

**Pn** - #n satumbo sadguris simZl avre;

.....

**V1** - #1 sarqvel is mdgomareoba;

.....

**Vn** - #n sarqvel is mdgomareoba;

**VP1** - #1 sarqvel is wneva;

.....

**VPn** - #n sarqvel is wneva;

.....

da a.S.

*codnis bazis freimebi.*

garda monacemTa bazisa, informaciul i uzrunvel yofa Seicavs agreTve codnis bazas, romel ic ZiriTadad ori cxril is saxiT warmodgenil i freimisagan Sedgeba: *mdgomareobaTa freimi* da *marTvis freimi*.

**mdgomareobaTa freimis struqtura** Sedgeba Semdegi sl otebis anu `genebisagan`:

**FI** - mdgomareobaTa freimis **fitness**-indeqsi (**Primary key**);

**T1** - #1 rezervuarSi wyl is done;

.....

**Tn** - #n rezervuarSi wyl is done;

**M1** - #1 magistral Si wyl is debeti;

.....

**Mn** - #n magistral Si wyl is debeti;

**W1** - #1 WaburRil is paterni;



.....  
**Wn** - #n WaburRil is paterni;  
**P1** - #1 satumbo sadguris simZI avre;  
 .....  
**Pn** - #n satumbo sadguris simZI avre;  
 .....  
**V1** - #1 sarqvel is mdgomareoba;  
 .....  
**Vn** - #n sarqvel is mdgomareoba;  
**VP1** - #1 sarqvel is wneva;  
 .....  
**VPn** - #n sarqvel is wneva;  
 .....

da a.S.

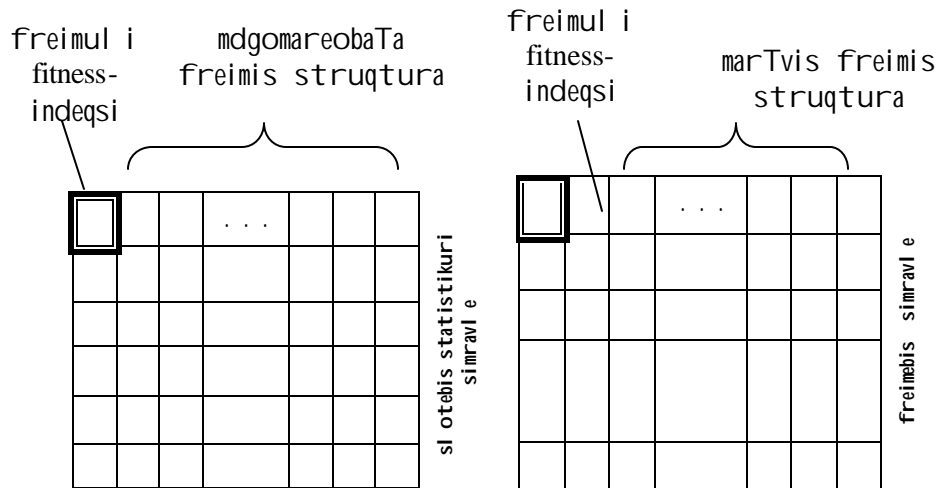
**marTvis freimis struqtura** Sedgeba Semdegi

sl otebis anu `genebisagan“:

**FI'**- marTvis freimis **fitness**-indeqsi (**Primary key**);  
**P1'**- #1 satumbo sadguris simZI avre;  
 .....  
**Pn'**- #n satumbo sadguris simZI avre;  
 .....  
**V1'**- #1 sarqvel is mdgomareoba;  
 .....  
**Vn'**- #n sarqvel is mdgomareoba;  
 .....

da a.S.

mdgomareobaTa da marTvis freimebi warmoadgenen erTnairi **fitness**-indeqsiT (1:1 asociaciuri kavSiri) dakavSirebul cxril ebs, roml ebic qmnian I ogikur mTI ianobas. mdgomareobaTa da marTvis freimebis struqturebi naCvenebia nax.3.4.2.-ze:



### max.3.4.2. mdgomareobaTa da marTvis freimebis struqturebi

qvemoT mocemul ia mdgomareobaTa da marTvis freimebis procedurebi:

```

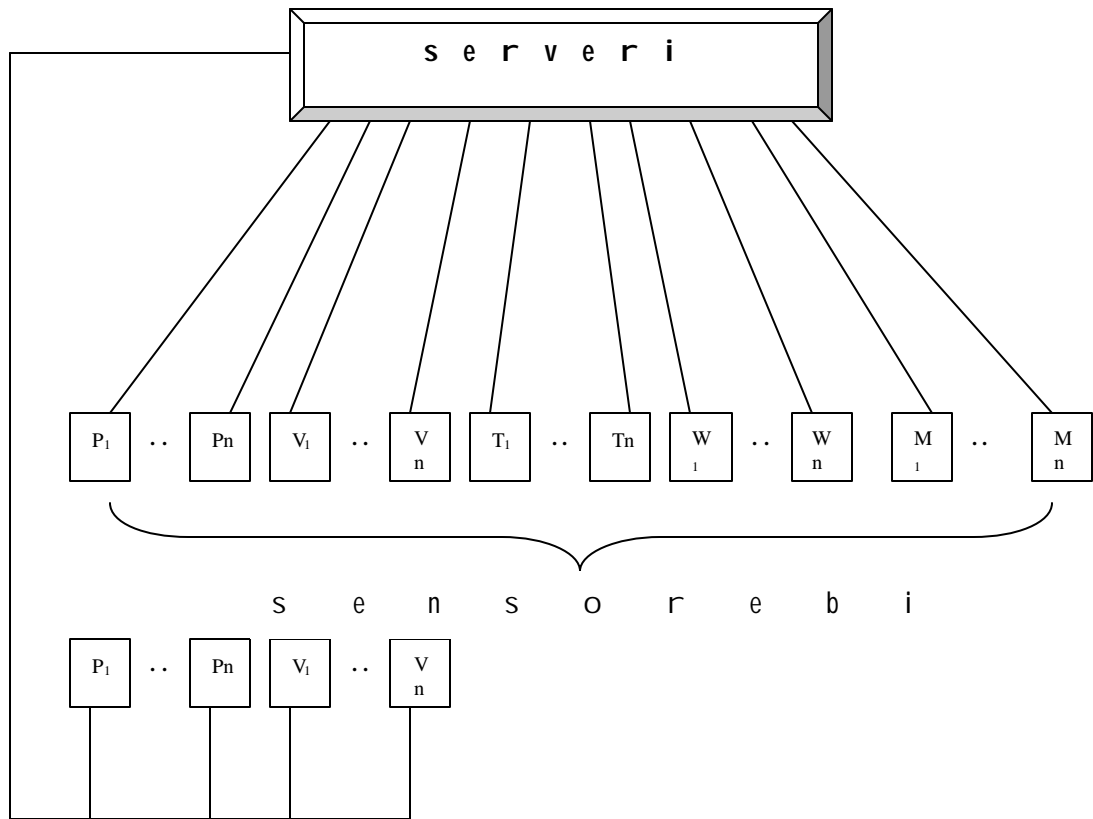
Unit Frame; interface
uses Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls,
    Forms, Dialogs, StdCtrls, Buttons;
type
    TForm1 = class (TForm).
        ListBox1 : TListBox;
        ListBox2 : TListBox
    procedure FormCreate (Sender : TObject);
    procedure ListBox1 (Sender: TObject);
    procedure ListBox2(Sender : TObject);
    procedure Mdg;
    procedure Mart;
    ..
    Procedure TForm1.ListBox1Click (Sender: TObject);
        var i: integer;
    begin ListBox1.Clear;
        for i := 0 to Form1.MainMenu1.Items.Count-1 do
            ListBox1.Items.Add(Form1.MainMenu1.Items[i].Caption);
        ListBox1.ItemIndex := 0;
    ..
    Procedure Mdg;
    var F1,T1,..Tn,M1,..Mn,W1,..,Wn,P1,..,Pn : LongInt;
        V1,..,Vn : Boolean; VP1,..,VPn : Integer;
        Begin
        ..
        if (F1) and (T1...Tn) and (M1...Mn) and (W1...Wn) and (P1...Pn)
            and (V1...Vn) and (VP1...VPn) then Mart;
        ..
    
```

```

Procedure Mart;
var F1,P1,...,Pn : Integer; V1,...,Vn : Boolean;
  Begin F1:=f1; P1:=p1;.....,Pn:=pn; V1:=v1,.....,Vn:=vn;
. . . . .
  Procedure TForm2.ListBox2Click(Sender: TObject);
  var i: integer; begin ListBox2.Clear;
  for i := 0 to Form1.MainMenu1.Items [ListBox1.ItemIndex].Count-1 do
  ListBox2.Items.Add(Form1.MainMenu1.Items[
ListBox1.ItemIndex].Items[i].Caption);
  ListBox2.ItemIndex := 0;
. . . . .

```

.....qsel is marTvis sistemis struqtura.



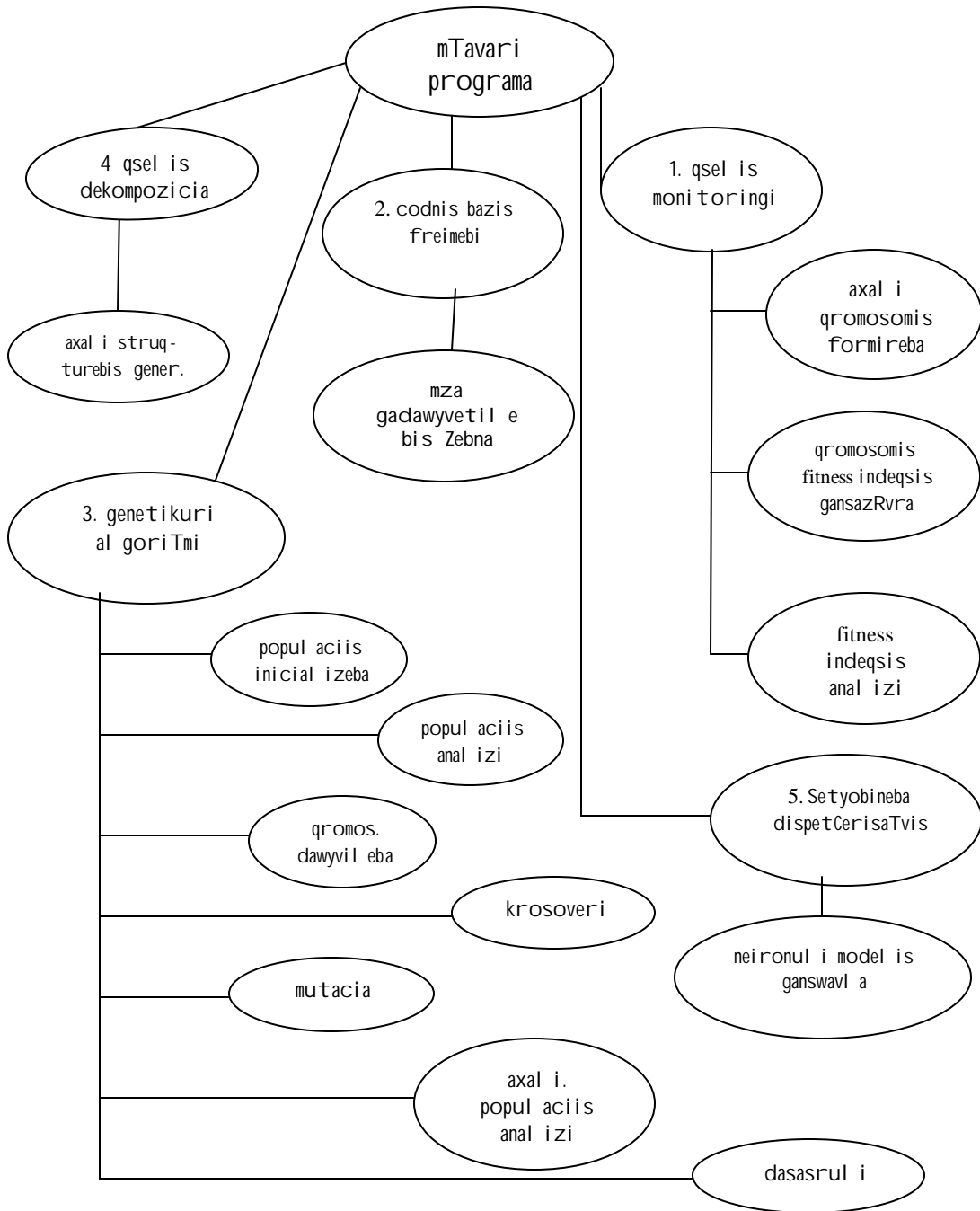
marTvis organoebi

nax.3.4.3. qsel is marTvis sistemis struqtura

sakontrol o  $t = \overline{1, T}$  interval iT xdeba mTel i sistemis avtomaturi skanireba da komponentTa mimdinare mniSvel obebis ("genebis") monacemTa bazaSi SetaniT informaciul i masivis anu axial i "qromosomis" formireba.

### 3.5. programul i kompl eqsis struqtura da interfeisi

marTvis sistemis programul i kompl eqsis struqtura warmodgenil ia nax.3.5.1.-ze:



nax.3.5.1. sistemis marTvis programul i kompl eqsis struqtura

**modul ebis daniSnul ebis aRwera:**

programa dawerilia vizualur, obieqt-orientirebul programirebis enaze – Delphi, programuli modul ebis saxiT. esena moqnili da swrafqmedia. mTavari programis saxelia MainGeneticProgram, romelic Sedgeba Semdegi modul ebisagan:

1. qselis monitoringi, 2. codnis bazis freimebi, 3. genetikuri algoriTmi, 4. qselis dekompozicia, 5. Setyobineba dispetCerisaTvis.

1. qselis monitoringi Sedgeba procedurebisagan:

- axali qromosomis formireba;
- qromosomis fitnessindeqsis gansazRvra;
- fitnessindeqsis analizi anu fitness-indeqsis Sedareba codnis bazaSi arsebul fitness-indeqsebTan;

2. codnis bazis freimebi Sedgeba procedurisagan:

- qseli mimdinare mdgomareobis Sesabamisi gadawyvetilebis freimis Zebnis procedura;

3. genetikuri algoriTmi Sedgeba procedurebisagan:

- sawyisi populaciis formireba;
- populaciis analizi anu sawyisi populaciis gadarCeva;
- qromosomTa dawvyileba;
- qromosomTa wyvilebis krossoveri;
- qromosomTa mutacia;
- axali populaciis analizi;
- axali iteraciaze gadasvla an dasaruli;

4. qselis dekompozicia Sedgeba qveprogramisagan:

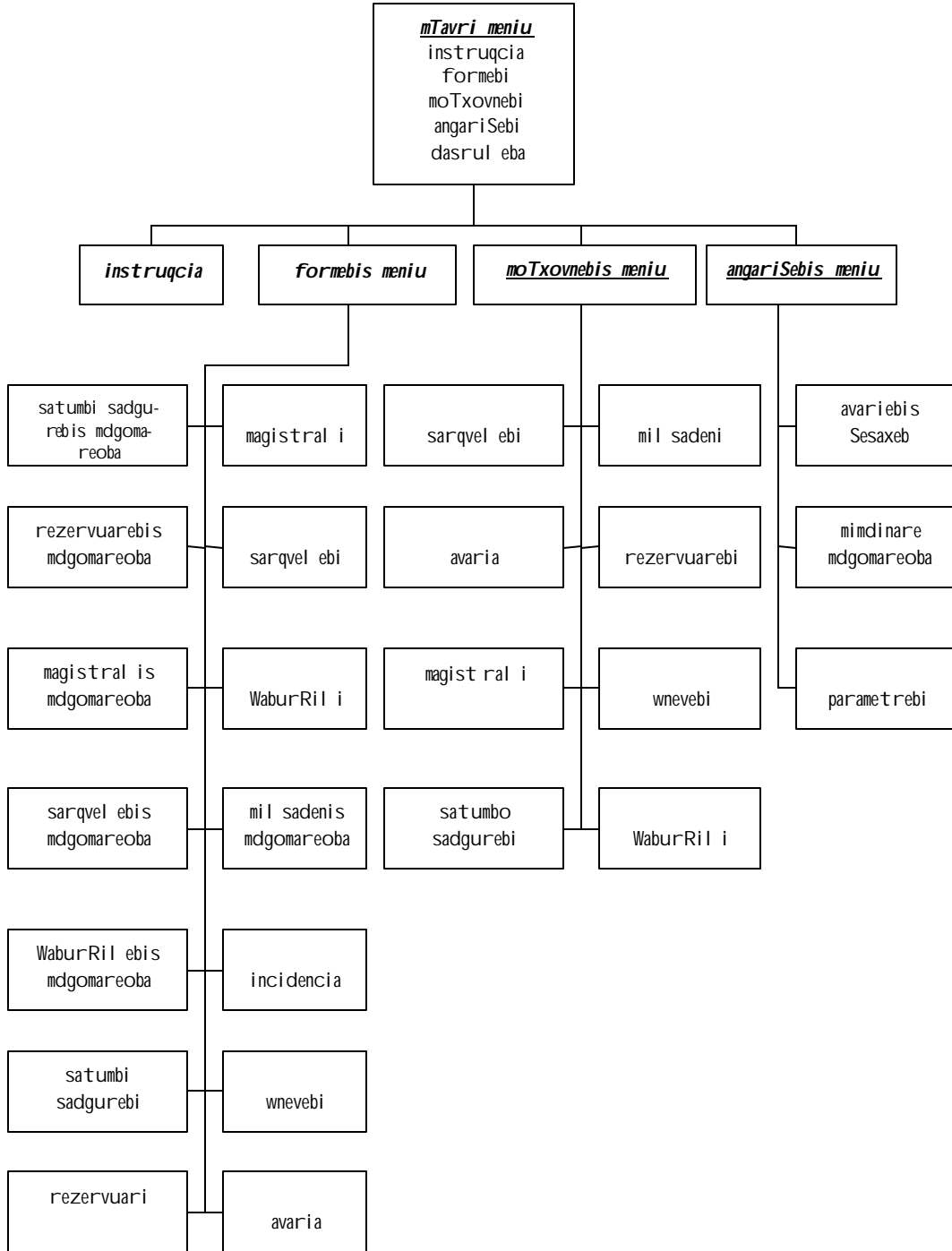
- xebis axali struqturebis generireba;

5. Setyobineba dispetCerisaTvis Sedgeba procedurisagan:

- neironuli modelis ganswavla, romelic moicavs mutaciis gziT qselis dazianebuli ubnebis deteqtirebas.

*marTvis sistemis interfeisis struqtura.*

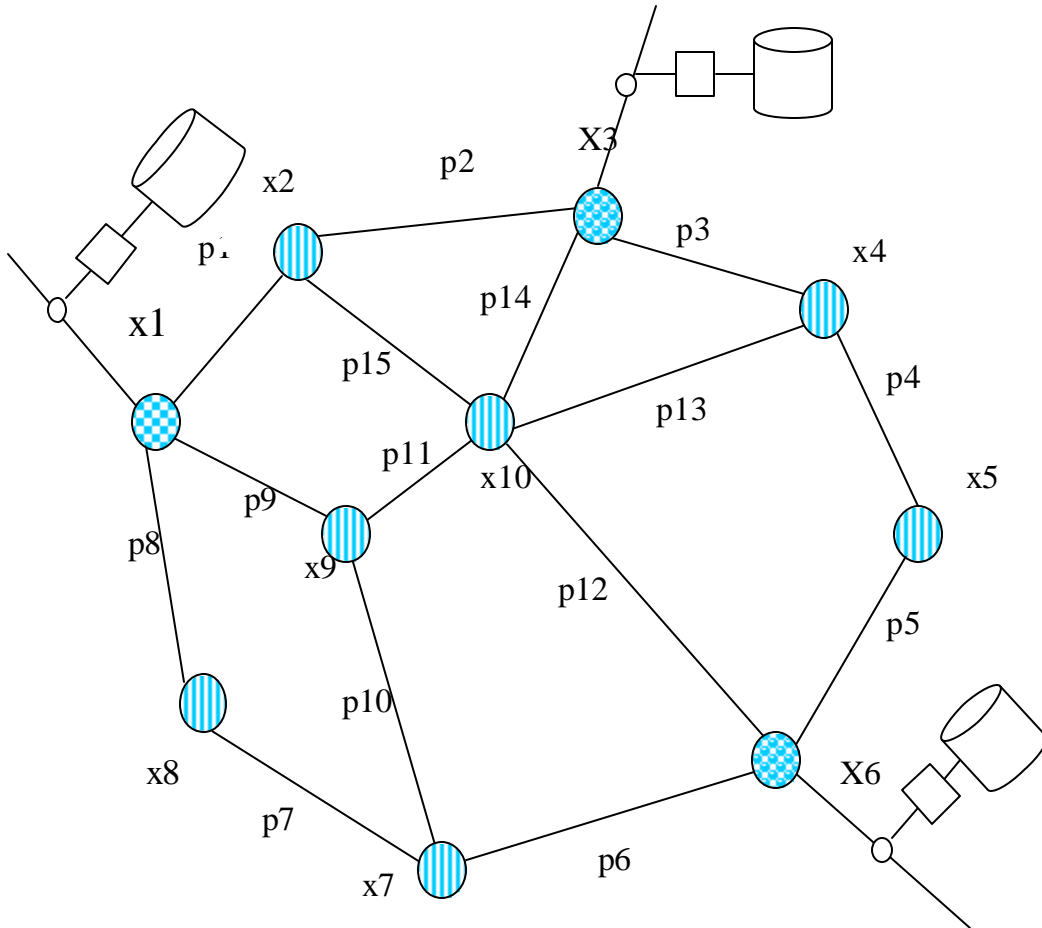
sistemasTan muSaobis dial oguri procedurebis struqturul i sqema warmodgeni I ia nax.3.5.2.-ze:



nax.3.5.2. marTvis sistemis interfeisis struqtura

## IV Tavi. material uri nakadebis marTvis sistemis eqsperimentul i Semowmeba 4.1. operatiul i marTvis imitacia

operatiul i marTvis imitaciis mizniT, magal iTisaTvis, obieqti warmovadginoT Semdegi sqemiT, nax.4.1.1.



nax.4.1.1. marTvis obieqti s sqema

Cvens mier warmodgenil magal iTze, qsel i Sedgeba Semdegi obieqtebisagan:

- 3-magistral i;
- 3-rezervuari;
- 3-satumbo sadguri;
- 18-mil sadeni (rkal i);

33-sarqvel i, romelic ganTavsebul ia Semomaval i wyaroebis rkal ebSi da TiToeul i rkal is Tavsa da bol oSi.

sistemaSi Semaval i parametrebia:

- \_ nakadebis matrica;
- \_ gamtarunarianobis matrica;
- \_ moTxovnil ebaTa anu datvirTvis matrica;
- \_ kvanZebisa da rkal ebis incidenciis matrica;
- \_ wnevebis matrica;
- \_ satumbo sadgurebi;
- \_ rezervuarebi;
- \_ adgil obrivi hidroresursebi;
- \_ sarqvel ebis matrica;
- \_ dro (saaTi);
- \_ Semomaval i magistral i;
- \_ energiis xarjis erTeul i satumbo sadguris mier;
- \_ energiis moxmareba.

gamomaval i parametrebi, romelic dispetCers miwodeba rekomendaciis saxiT:

- \_ sarqvel ebis mdgomareobaTa matrica;
- \_ satumbo sadgurebis mier ganvitarebul i wnevebis matrica;
- \_ avariul i situaciis Sesaxeb informacia.

konkretul moTxovna asaxavs parametrebis cvl il ebis dinamikas droSi, kerZod dReRamiS an sezonis ganmavl obaSi:

- \_ moTxovna *`nakadi-dro`*;
- \_ moTxovna *`moTxovnil eba-dro`*;
- \_ moTxovna *`wneva-dro`*;
- \_ moTxovna *`rezervuaris donedro`*;
- \_ moTxovna *`Semomaval i nakadi-dro`*;
- \_ moTxovna *`adgil obrivi hidroresursi-dro`*.



## 4.2. modifizirebul i genetikuri al goriTmis Sedegebis anal izi

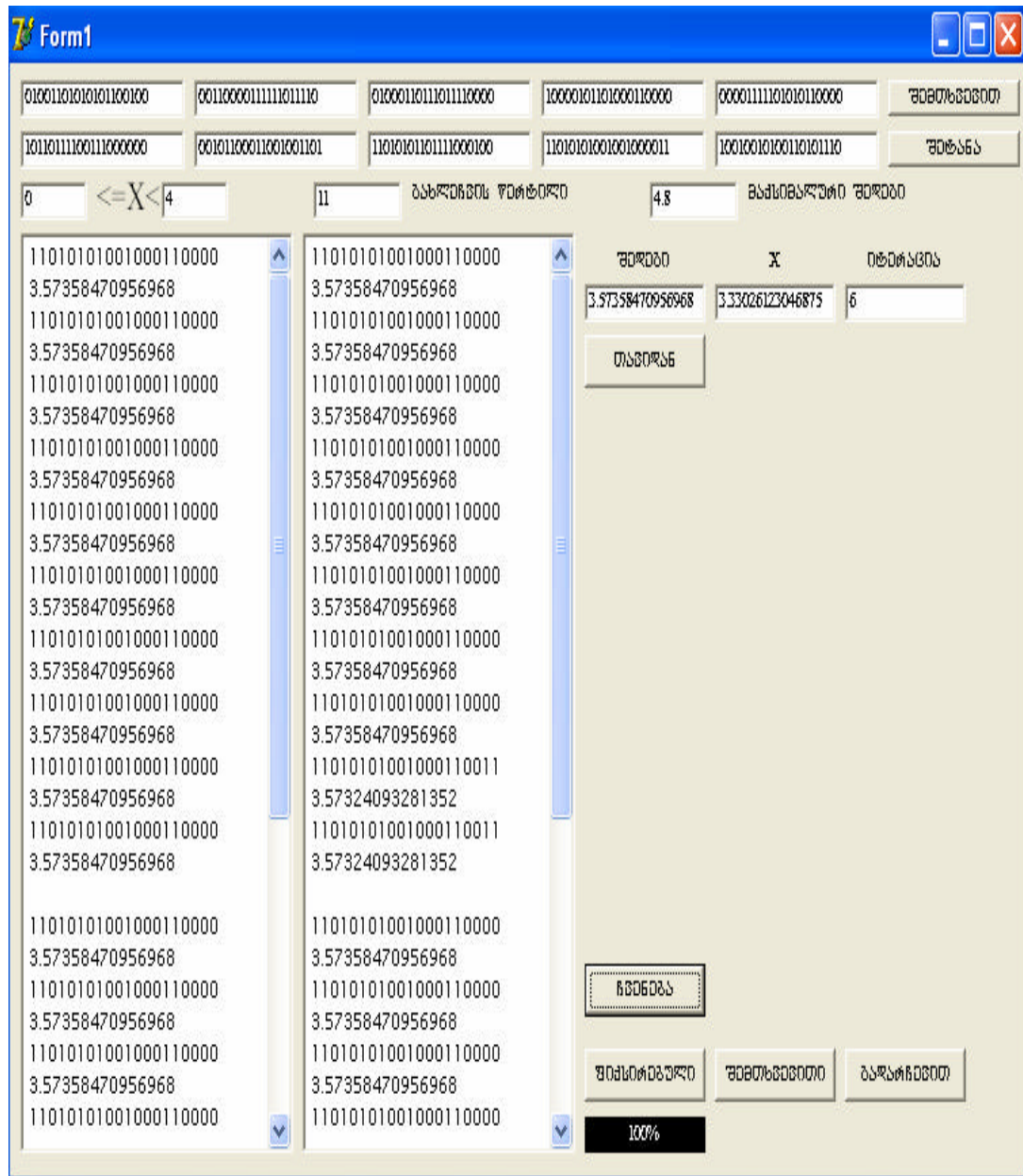
SemuSavebul i modifizirebul i genetikuri al goriTmi Semowmebul iqna programul ad, sxvadasxva funqciebis magal iTze. SedarebiTi anal izisaTvis moyvanil ia erT-erTi magal iTi.

miznobrivi funqcia:  $f(x) = x + |\sin 32X|$ , sadac  $0 \leq X \leq 4$

programa agenerirebs sasurveli raodenobis SemTxveviT orobiT striqonebs. magal iTisaTvis avireT 20 Tanrigiani striqoni. CavatareT erTwertiliani krossoveri. Sedegebi davafiqsireT. amis Semdeg CavatareT amorCeviTi krossoveri, Cvens mier Semotavazebul i modifizirebul i genetikuri al goriTmis mixedviT.

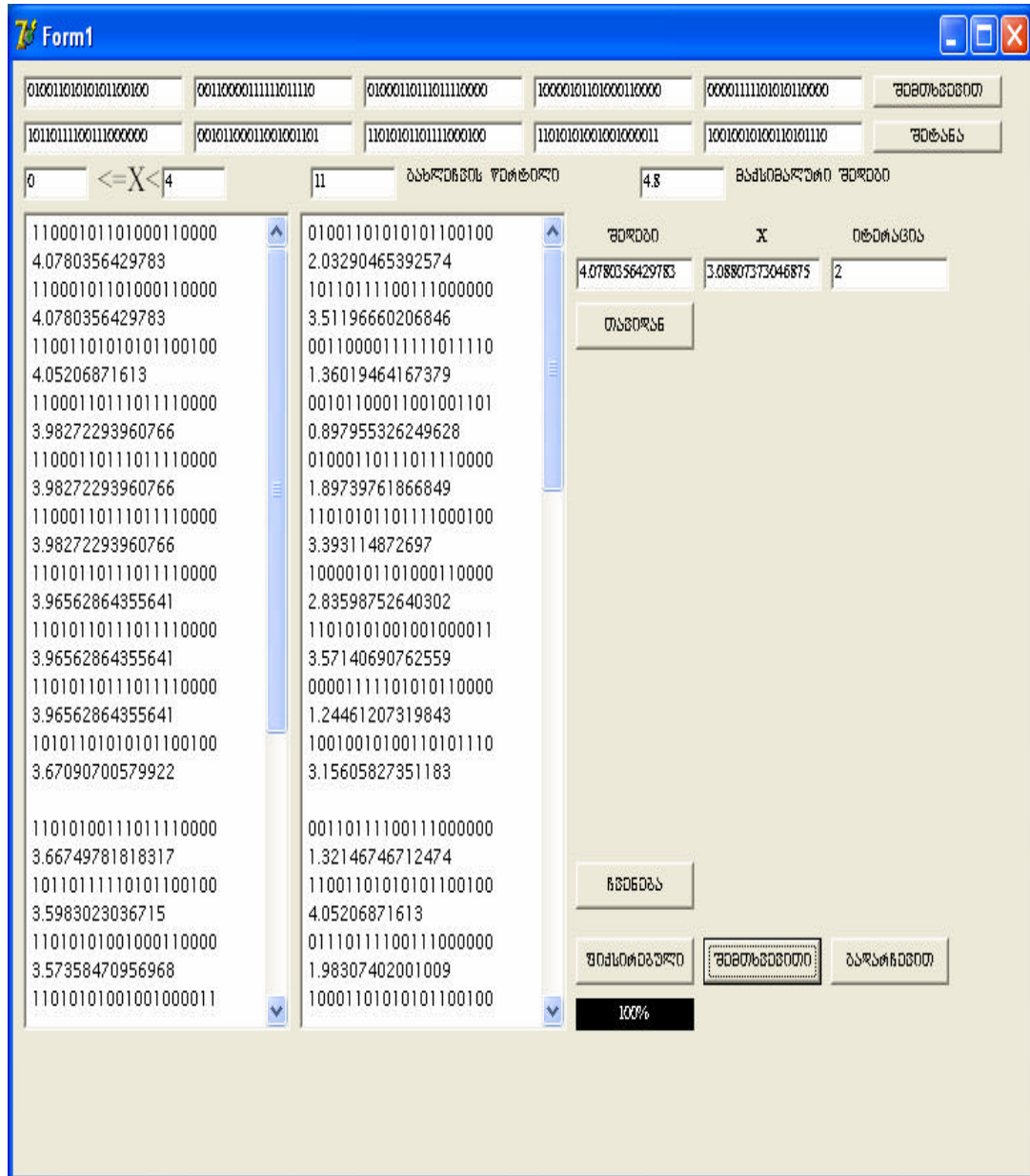
Sedegebma ucvena, rom SemTxveviTi gaxl ecvis pirobebSi optimal uri amonaxsni napovni iqna 6 iteraciaSi da amonaxsni 3.57358. sur. 4.2.1.-ze warmodgenilia Sedegebi, romelic mivireT mocemul i magal iTis amoxsnisas genetikuri al goriTmiT, romel sic Catarebul ia erTwertiliani krossoveri. suraTze nacvenebia, pirobitad, bol o iteraciis Sedegebi, sadac cans, rom amonaxsni lokal izda erT areSi, rac nisnavs, rom iteraciebis Semdgomi gagrZel eba amonaxsnis cvl il ebas aRar gamoiwvevs. faqtiurad miRebul ia optimal uri amonaxsnis are, anu Cvens SemTxvevaSi napovnia maqsimal uri amonaxsni.

SemTxveviTi gaxl eCvis pirobebSi optimal uri amonaxsnis povnis programul i fanj ara:



sur.4.2.1. genetikuri al goriTmis Sedegebi

modificirebul i genetikuri al goriTmis SemTxvevaSi e.i. cikl uri gadarCevis gaxl eCvis dros 2 an maqsimum 3 iteraciaSi miViReT Sedegi, romelic udris 4.07803, rac gacil ebiT miaxl oebul ia optimal urTan. programul i Sedegebi naCvenebia sur.4.2.2-ze.



sur.4.2.2. modificirebul i genetikuri al goriTmis Sedegebi

### 4.3. nakadebis ganawil ebis Sedegebis anal izi

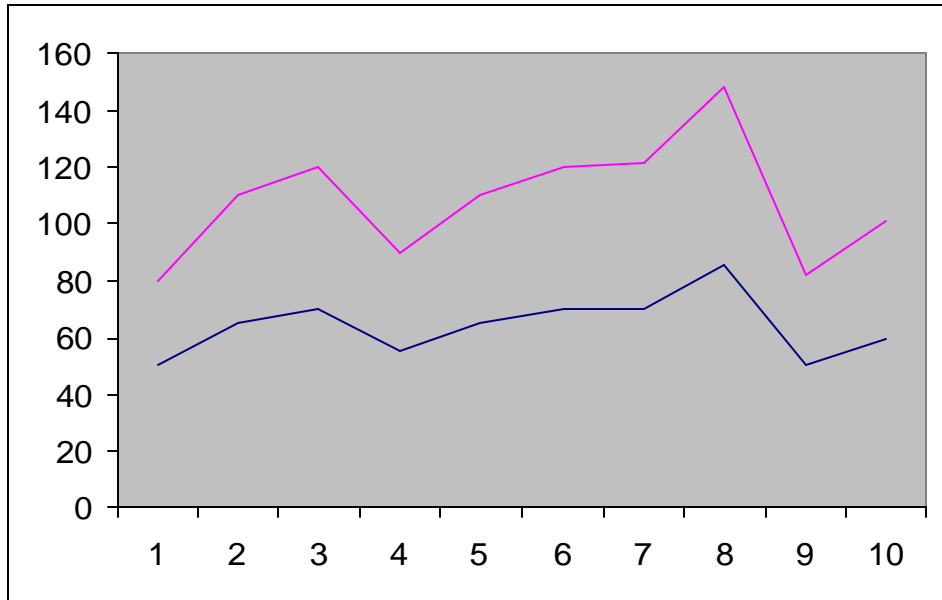
nakadebis ganawil eba Semowmebul iqna programul ad, erTi wyarosa da misi ganStoebebis magal iTze. programaSi Semaval i monacemebia: wyarodan Semosul i nakadi; qsel is ganStoebebSi minimal uri moTxovnebi da moTxovnebi drois mocemul i momentisaTvis. programis Sesrul ebis Sedegia ganawil ebul i nakadebi. nakadebis Semaval i da gamomaval i parametrebis mniSvnel obebi mocemul ia cxril Si(cxr.4.3.1):

wyarodan Semosul i nakadi 445			
ganStoebebi	min. moTxovna	moTxovna t momentSi	ganawil ebul i nakadebi
p1	20	50	30
p2	30	65	45
p3	40	70	50
p4	25	55	35
p5	35	65	45
p6	45	70	50
p7	55	70	52
p8	60	85	63
p9	35	50	32
p10	45	60	41

cxr. 4.3.1.

sur.4.3.1.-ze gamosaxul ia ganStoebebSi drois mocemul  $t$  momentSi moTxovnaTa da ganawil ebul i nakadebis diagramebi.

ganStoebebi xasiaTdebian gansxvavebul i SezRudvebi T. programa SezRudvaTa gaTval iswinebi T kvanZSi Semosul nakads anawil ebs moTxovnaTa kriteriumis Sesabamisad.



sur.4.3.1. moTxovnaTa da ganawil ebis diagraamebi  
 rogorc diagramidan Cans ganawil ebul i nakadi  
 miaxl owebul ia drois  $t$  momentSi moTxovnaTan.

## daskvna

Catarebul i Teoriul i da eqsperimentul i gamokvl evebis safuZvel ze SeiZl eba gavakeToT Semdegi daskvna:

1. damuSavebul ia material uri nakadebis optimal uri ganawil ebis model i modificirebul i genetikuri al goriTmis gamoyenebiT;

2. dasmul ia deficiTis, aseve avariul i reJimis probl ema da SemoTavazebul ia misi gadawyvetis optimal uri varianti. am mizniT damuSavebul ia qsel is dinamiur xeebad dekompoziciis al goriTmi;

3. sistemis operatiul i marTvis Tval sazrisiT damuSavebul ia intel eqtual uri al goriTmebi, kerZod konkretul i situaciis operatiul i identifikaciis mizniT damuSavebul ia xel onuri neironul i qsel ebis model i, xol o gadawyvetil ebis miRebis operatiul obis Tval sazrisiT - codnis warmodgenis freimul i model i;

4. damuSavebul ia material uri nakadebis operatiul i marTvis sistemis informaciul i da programul i uzrunvel yofa MS SQL Server, MS Access, obieqt-orientirebul i sistemebis bazaze;

5. warmodgenil ia nakadebis marTvis programul i Sedegebis anal izi.

# danarTi. nakadebis marTvis sistemis interfeisi

## formebis maketebi

**ავარი**

ავარიის კოდი

თარიღი  ხაათი

მელხაღვნის კოდი

ავარიის ხანგრძლივობა

**დაბრუნება**

Record: 1 of 1

**ინციდენტების**

ინციდენტის კოდი

კვანძის კოდი

მელხაღვნის კოდი

შევრთების არსებობა

**დაბრუნება**

Record: 1 of 1

**წნევა**

წნევის ანაოვალა

თარიღი  ხაათი

სარქველის კოდი

წნევა

**დაბრუნება**

Record: 1 of 1

**სატუმბო ხაღვრის მდგომარეობის მონიტორინგი**

სატუმბო ხაღვრის მდგომარეობის ანაოვალა

თარიღი  ხაათი

სატუმბო ხაღვრის კოდი

ხიმლაურე

**დაბრუნება**

Record: 1 of 1

**სატუმბო ხაღვრის**

სატუმბო ხაღვრის კოდი

კომპრესორის რაოდენობა

ხიმლაურე

კვანძი

**დაბრუნება**

Record: 1 of 1

**მიწის მდგომარეობის მონიტორინგი**

მიწის მდგომარეობის ანაოვალა

თარიღი  ხაათი

მელხაღვნის კოდი

წნევა

ნაკადი

მოთხოვნა/დატვირთვა

**დაბრუნება**

Record: 1 of 1

**რეზერვუარი**

რეზერვუარის კოდი

ხიმლაურე

მინიმალური დონე

მოცულობა

სატუმბო ხაღვრა

**დაბრუნება**

Record: 1 of 1

**სარქველის მდგომარეობის მონიტორინგი**

სარქველის მდგომარეობის კოდი

თარიღი  ხაათი

სარქველის კოდი

დიაპრაგმა

**დაბრუნება**

Record: 1 of 1

**ჭაბუკრღილის მდგომარეობის მდგომარეობა**

ჭაბუკრღილის მდგომარეობის ანაბეა

თარიღი  საათი

ჭაბუკრღილის კოდი

დებეტი

**დაბრუნება**

Record:  1 of 1

**სარეველი**

სარეველის კოდი

სათავე/ბოლო

მიღსადენის კოდი

**დაბრუნება**

Record:  1 of 1

**მაგისტრალის მდგომარეობის მდგომარეობა**

მაგისტრალის მდგომარეობის ანაბეა

თარიღი  საათი

მაგისტრალის კოდი

დებეტი

**დაბრუნება**

Record:  1 of 1

**მაგისტრალი**

მაგისტრალის კოდი

დებეტი

კანბი

**დაბრუნება**

Record:  1 of 1

**რეზერვუარის მდგომარეობის მდგომარეობა**

რეზერვუარის მდგომარეობის ანაბეა

თარიღი  საათი

რეზერვუარის კოდი

დონე

**დაბრუნება**

Record:  1 of 1

**ჭაბუკრღილი**

ჭაბუკრღილის კოდი

დებეტი

კანბი

**დაბრუნება**

Record:  1 of 1



მოქონების მარკეტი

Column	Alias	Table	Output	Sort Type
Dro_Date		Damage	✓	
Dro_Hour		Damage	✓	
ID_Pipeline		Damage	✓	
ID_Damage		Damage	✓	
dasaxeleba		Dama_vid	✓	

Column	Alias	Table	Output	Sort Type	Sort Order	Criteria
TariRi		Valve_State	✓			
Dro_Hour		Valve_State	✓			
Id_Valves		Valves	✓			
Mode		Valves	✓			
ID_Pipeline		Pipeline	✓			

The screenshot shows a database design tool interface. At the top, three tables are displayed with their columns and checked fields:

- WaterWay\_State**:
  - \* (All Columns)
  - Id\_WaterWay\_Sta
  - TariRi
  - Dro\_Hour
  - Id\_WaterWay
  - Debit
- waterway**:
  - \* (All Columns)
  - ID\_main waterway
  - ID\_Junction
  - Debit
- Junctions**:
  - \* (All Columns)
  - ID\_Junction
  - Altitude

Relationships are shown as lines with crow's foot notation symbols. A one-to-many relationship exists between **WaterWay\_State** (one) and **waterway** (many). Another one-to-many relationship exists between **waterway** (one) and **Junctions** (many).

Column	Alias	Table	Output	Sort Type	Sort
[ID_main water		waterway	✓		
TariRi		WaterWay_	✓		
Dro_Hour		WaterWay_	✓		
Debit		WaterWay_	✓		
ID_Junction		Junctions	✓		

The screenshot shows a database design tool interface with two tables and their relationship:

- Pipeline\_State**:
  - \* (All Columns)
  - ID\_rkalindgom
  - TaiRi
  - Dro\_Hour
  - ID\_Pipeline
- Pipeline**:
  - \* (All Columns)
  - ID\_Pipeline
  - Length
  - Diametr
  - Requirement\_min
  - Requirement\_nomi

A one-to-many relationship is shown between **Pipeline\_State** (one) and **Pipeline** (many).

Column	Alias	Table	Output	Sort Type
TaiRi		Pipeline_Sta	✓	
Dro_Hour		Pipeline_Sta	✓	
ID_Pipeline		Pipeline	✓	
Length		Pipeline	✓	
Diametr		Pipeline	✓	
Requirement_m		Pipeline	✓	
Requirement_nc		Pipeline	✓	

The screenshot shows three table selection windows: **Pressure**, **Valves**, and **Pipeline**. Each window has a list of columns with checkboxes. The **Pressure** window has:  \* (All Columns),  ID\_Pressure,  TariRi,  Dro\_Hour,  ID\_valve,  Pressure. The **Valves** window has:  \* (All Columns),  Id\_Valves,  Mode,  ID\_Pipeline. The **Pipeline** window has:  \* (All Columns),  ID\_Pipeline, and a sub-section labeled "TABLE: Pipeline" with  Diametr,  Requirement\_min, and  Requirement\_nor. Below the windows is a table with the following data:

Column	Alias	Table	Output	Sort Type	Sort Order	Criteria
Id_Valves		Valves	✓			
Mode		Valves	✓			
TariRi		Pressure	✓			
Dro_Hour		Pressure	✓			
ID_Pipeline		Pipeline	✓			
Pressure		Pressure	✓			

The screenshot shows two table selection windows: **Tanks\_State** and **Tanks**. Each window has a list of columns with checkboxes. The **Tanks\_State** window has:  \* (All Columns),  ID\_Tank\_State,  TariRi,  Dro\_Hour,  ID\_Tank,  Uroven. The **Tanks** window has:  \* (All Columns),  ID\_Tank,  Heigth,  min\_Level,  Volume. Below the windows is a table with the following data:

Column	Alias	Table	Output	Sort Type	Sort Order	Criteria
TariRi		Tanks_State	✓			
Dro_Hour		Tanks_State	✓			
Uroven		Tanks_State	✓			
ID_Tank		Tanks	✓			
Heigth		Tanks	✓			
min_Level		Tanks	✓			
Volume		Tanks	✓			

Column	Alias	Table	Output	Sort Type
TariRi		Pump_State	✓	
Dro_Hour		Pump_State	✓	
ID_Pump		Pumps	✓	
Number_Pump		Pumps	✓	
Power		Pump_State	✓	

Column	Alias	Table	Output	Sort Type
TariRi		Wells_State	✓	
Dro_Hour		Wells_State	✓	
Pattern		Wells_State	✓	
ID_Well		Wells	✓	
ID_Junction		Junctions	✓	

angari Sebis maketebi

*avaria*

TariRi	dro (sT)	mil sadenis kodi	dazianebis dasaxel eba

*mi mdinare mdgomareoba*

TriRi	dro (sT)	sarqvel is kodi	diafragma	wneva

*parametrebi*

TariRi	dro (sT)	satumbo sadguris kodi	simZl av re	rezerv. kodi	done	magistr. kodi	magistr. debeti	Wabur kodi	Wabur debeti

## gamoyenebul i literaturis nusxa

1. CogovaZe g., gogiCaiSvil i. g., surgul aZe g., Serozia T., Sonia o., marTvis avtomatizebul i sistemebis daproeqteba da ageba, teqniki universiteti, Tbilisi 2001, 742 gv.
2. janel iZe g., mefariSvil i b., mraVal eqstremal uri optimizaciis evol uciuri al goriTmi, samecniero Jurnal i `intel eqti~ #1(24), Tbilisi, 2006. gv. 119-122.
3. janel iZe g., mefariSvil i b., xixaZe g., qsel Si material uri nakadebis marTva, samecniero Jurnal i `intel eqti~ #1(24), Tbilisi, 2006. gv. 122-124.
4. janel iZe g., qal aqis wyal momaragebis operatiul i marTvis al goriTmi, stu Sromebi, marTvis avtomatizebul i sistemebi #1, Tbilisi 2006. gv. 54-56
5. janel iZe g., qal aqis wyal momaragebis maTematikuri model ebi, stu Sromebi, marTvis avtomatizebul i sistemebi #1, Tbilisi 2006. gv. 56-61.
6. janel iZe g., mefariSvil i b., codnis warmodgenis adapturi al goriTmi nakadebis marTvaSi, stu Sromebi, marTvis avtomatizebul i sistemebi #1, Tbilisi 2006. gv. 98-101.
7. janel iZe g., mefariSvil i b., mefariSvil i T., qsel is marTvis procesis al goriTmebi, stu Sromebi, marTvis avtomatizebul i sistemebi #1(2), Tbilisi 2007. gv. 78-82.
8. jibl aZe n., ToFCiSvil i a., statikuri optimizaciis ricxviTi meTodebi, Tbilisi, 2001.
9. ????????? ?., ? ?????????? ?., ?????????? ?. ????????? ?????????????? ???? ? ????????????? ??????????, Georgian Engineering NEWS, ? 2, ???????, 2006, ?211-213.
10. ?????? ?., ?????????? ?. ????????? ? ?????????? ? ??????????????-? .: ???, 1981. 368 ?.
11. ????? ?.?, ?????? ?????????????: ? 2-?. ? 2. ?????? ?????????????????? ??????. ????. ?????? ??? ?????,-? .: ?????? ?, 1979.- 584?.
12. ?????? ???? ? ?.. ?????????? ????????????? ?????????? ?????????? ? ????? ??????, ? 5,1986, ? 50-58.
13. ?????, ? .??? , ?????? ? . ?????? . ?????????????????? ?????? ? ?????? ????? ?????????? ?????? . ????? ??????, ? 8,1991, ? 34-41.
14. ?????? ? . ? ?????? ?????????? ? ?????????????????????? . ????? ??????, ? 3, 1991, ? 12-15.
15. ?????? ??? . ?????????????????????? ?????????? . ????? ??????, ? 12,1991, ?34-35.
16. ????????? ? . ?????????? ?????????? ?????? . ? ., ?????? ? ??????,1987,?.152-165.
17. ?????? ? . ?????????????????? ??????????, ? .: ? ??, 1978. 558 ?.
18. ?????????????? ?.?, ?????? ?.?, ????????? ?.?, ?????????? ??????????- ?????? ??? ? ??? ???? ?????????????, ?????????, 1989.

19. ? ?????? ? ?????? ?. ? ?????????????? ????????. ? ???? ?????, ? 7,1987,?.32-41.
20. Anuja R.K., Magnanti TL., Orlin J.B. (1993).- Network Flows: Theory, Algorithms and Applications Prentice Hall.
21. Au, Wai-Ho, Keith Chan, and Xin Yao. "A novel evolutionary data mining algorithm with applications to churn prediction." *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol.7, no.6, p.532-545 (December 2003).
22. Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, 1992.
23. Beasley, J.E., J. Sonander and P. Havelock. "Scheduling aircraft landings at London Heathrow using a population heuristic." *Journal of the Operational Research Society*, vol.52, no.5, p.483-493 (May 2001).
24. Forsyth. R. "Expert Systems". Polytechnic of North London. 1987.
25. Gardner M.R. and Ashby W.R., *Connectance of large dynamic (cybernetic) systems* Nature, 228, 1970, p.784.
26. Goldberg D.E. (1989).- Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning, Addison Wesley, Reading, Mass.
27. Goldberg A.V., Tarjan R.E. (1989).- Finding Minimum Cost Circulations by Cancelling Negative Cycles, *Journal A.C.M.* 36, pp. 873-886.
28. Holland J. (1975).- Adaption in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press Ann. Arbor, USA.
29. Hinton, Williams, Learning internal representations by error propagation, 1986.
30. Kauffman S.A. *Metabolic stability and epigenesis in randomly constructed genetic sets* Journal of Theoretical Biology, 22, 1969, pp. 437-467.
31. Kleiner Y., Adams B., Rogers J. Water Distribution Network Renewal Planning. *Journal of Computing in Civil Engineering*, No 1, pp. 15-26, 2001
32. Minsky M. L. A framework for representing knowledge. In: *The Psychology of Computer vision*, McGraw\_Hill, New York, pp. 34-57, 1974.
33. Miles S.B. Optimal Water Distribution Management, *Journal of Computing in Civil Engineering* ASCE, No. 3, Ca 1999;
34. Tarjan, R., "Depth-First Search and Linear Graph Algorithms," *SIAMJ. Comput.*, 1:146-160 (1982)(IM).
35. The Optimatics Letter, Optimization for Water Distribution System Design & Operations, Issue No. 1: Juli – September 1998.
36. [www.nowhere.edu](http://www.nowhere.edu) ukanasknel ad iqna gadamowmebul i 15.01.2008.
37. [www.ascent.com](http://www.ascent.com) ukanasknel ad iqna gadamowmebul i 22.01.2008.