

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სამშენებლო ფაკულტეტი

მამუკა ონეზაშვილი

წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების
მეთოდოლოგიის შემუშავება

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

თბილისი, 0175, საქართველო
2017 წელი

საავტორო უფლება 2017, ონეზაშვილი მამუკა
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი, ვადასტურებთ, რომ გავეცანით მამუკა ონეზაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს სახელწოდებით: “წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების მეთოდოლოგიის შემუშავება” და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად მის განხილვას.

2017

ხელმძღვანელები: ემერიტუს პროფ. ზაურ ციხელაშვილი

პროფ. დავით გურგენიძე

რეცენზენტი: პროფ. გურამ სოსელია

რეცენზენტი: ემერიტუს პროფ. ნოდარ ჩხეიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
2017

ავტორი: მამუკა ონეზაშვილი
დასახელება: “წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების მეთოდოლოგიის შემუშავება”.

ფაკულტეტი: სამშენებლო
ხარისხი: დოქტორი
სსდომა ჩატარდა:

ინდივიდუალურ პირთა ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და როგორც მთლიანი ნაშრომის, ისევე მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც საჭიროებენ მხოლოდ სპეციფიკურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მიდგომის გამოყენებით შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის მეთოდოლოგია, რომელიც რეალური დროის შესაბამისად წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ოპერატიულ-სადისპეჩერო მართვის პროცესში მიმდინარე რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანების კომპლექსური გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის პირობებში, კერძოდ:

* შემუშავებულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ცვალებადობის არასტაციონალური ხასიათის დადგენის ერთიანი მეთოდიკა მათემატიკური მოლოდინის, საშუალო კვადრატული გადახრისა და კორელაციური ფუნქციის შესაბამისად;

* შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მეთოდოლოგია, რომელიც საშუალებას იძლევა, რეალური დროის შესაბამისად, აგებულ იქნას მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მიღების „დამხმარე-მრჩეველი“ საინფორმაციო-კომპიუტერული სისტემა;

* შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემებში საინფორმაციო-ლოგისტიკური ინტეგრირებული მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების „დამხმარე-მრჩეველი“ სისტემის აგების შესაძლებლობა, რომელიც კომპლექსურად უზრუნველყოფს როგორც სისტემის სამეურნეო-სააბონენტო-სერვისული ხასიათის ამოცანების, ასევე რეალური დროის მიხედვით მიმდინარე ეფექტურ ოპერატიულ-სადისპეჩერო მართვის ამოცანის გადაწყვეტას მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის შესაბამისად.

* მიღებული შედეგები შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების მოქმედ სისტემებში მათი ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის მიზნით.

Summery

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

*There is designed consumer providing water supply technological process variability, non-stationary characters determination's common methodology accordingly to mathematical expectation, mean quadratic deviation and correlation function.

*There is designed an operational water supply systems' effective functioning methodology for logistical-system organization, which gives an opportunity accordance to a real time, provided water supply by consumer, to be built a non-stationary character technical process of operational-dispatching manager for decision making like - "Supporting-Advisor" informational-computer system .

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

*The obtained results is possible to implement in Georgia's cities current water supply systems for effective functioning purpose.

შინაარსი

შესავალი და ნაშრომის საერთო დახასიათება; გვ. 8-11

თავი 1. წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მეთოდოლოგიური ასპექტები; გვ. 12-16

1.1 წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა “პასიური” და “აქტიური ექსპერიმენტების” ფუნქციონირების პროცესში. გვ. 16-17

თავი 2. მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლის მოხმარების პროცესის არასტაციონარულობის ანალიზის ერთიანი მეთოდოლოგია მათემატიკური სტატისტიკის პარამეტრული და არაპარამეტრული კრიტერიუმების გამოყენებით. გვ. 19-29

თავი 3. წყლის მიწოდებისა და გადანაწილების სისტემების რთული იერარქიული სტრუქტურების ფუნქციონირების ხარისხის კომპლექსური შეფასება დისპეტჩერულ-კოორდინირებული მართვის პროცესში; გვ. 30-34

3.1. წყალმომარაგების, როგორც ტექნიკური სისტემის, ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მიღება არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის მათემატიკური აპარატის გამოყენებით; გვ. 35-40

3.2. წყლის მიწოდებისა და გადანაწილების სისტემების რთული იერარქიული სტრუქტურების ფუნქციონირების ხარისხის კომპლექსური შეფასება ოპერატიულ-დისპეტჩერულ-კოორდინირებული მართვის პროცესში (ოპერატიული შეფასებისა და პროგნოზირების ზოგადი მოდელის შედგენა დესკრიფციული მოდელირების საფუძველზე - სადემონსტრაციო მაგალითი. გვ. 41-42

3.3. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მიღების კომპიუტერული პროგრამის ბლოკ-სქემის აღწერა მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებულ პროცესში ფიქსირებული დაწინებების შეფასებისა და პროგნოზირების შესაბამისად. გვ. 43-47

თავი 4. წყალმომარაგების სისტემში, რეალური დროის შესაბამისად, მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის დონის ამაღლების საკითხები; გვ. 47-51

4.1. საექსპერტო შეფასებების საფუძველზე წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემის ეფექტურობის კვლევა. გვ. 52-54

5. შედეგები და მათი განსჯა. გვ. 55
6. დასკვნა. გვ. 63
7. გამოყენებული ლიტერატურა. გვ. 64-68.

ნახაზების ნუსხა:

1. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში პასიური და აქტიური ექსპერიმენტების ჩატარების ბლოკ-სქემა. გვ. 18
2. წყალმომარაგების სისტემებში წყლის მოხმარების პროცესის კვლევის პრინციპული ლოგიკური სქემა. გვ. 21
3. წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის შესაძლო ფუნქციონირებადი იერარქიული სქემა. გვ. 33
4. წყალმომარაგების ქსელში ფიქსირებული ფაქტობრივი დაწნევების ოპერატიული შეფასებისა და პროგნოზირების პროცესის მოდელირების ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების უგანზომილებო სკალა. გვ. 42
5. ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამის ბლოკ-სქემა შესაბამისი აღწერით. გვ. 44-45

ცხრილების ნუსხა:

1. წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის კვლევის ქვეშ არსებული ანსამბლების სტატისტიკური მახასიათებლები. გვ. 27
2. გაანგარიშებათა შედეგები t და r კრიტერიუმების მიხედვით. გვ. 28
3. გაანგარიშებათა შედეგები F და G კრიტერიუმების მიხედვით. გვ. 29

შესავალი და ნაშრომის საერთო დახასიათება

ნაშრომის აქტუალურობა. ქვეყნის თანამედროვე საბაზრო ეკონომიკის განვითარების პირობებში, მიმდინარე ეტაპზე, ძირეული მნიშვნელობა უნდა დაეთმოს მოსახლეობის კომუნალური მომსახურების უზრუნველყოფის სფეროს გაუმჯობესებას წყალმომარაგება-წყალარინების, გაზმომარაგებისა და ელექტრომომარაგების დარგებში.

კომუნალური მომსახურების აღნიშნული სფერო წყალმომარაგების დარგში უნდა დაექვემდებაროს მართვის ისეთ სტრატეგიას, რომელიც ორიენტირებული იქნება სისტემურ-ლოგისტიკური მართვის თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და მეთოდოლოგიური მიდგომების გამოყენებასზე. კერძოდ, ასეთ შემთხვევაში წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირება დამყარება როგორც ერთიანი ლოგისტიკური ორგანიზაციის სამეურნეო-სააბონენტო-სერვისული ხასიათის ამოცანების, ასევე რეალური დროის შესაბამისად მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ნორმალური ტექნოლოგიური პროცესის შენარჩუნებას ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პირობებში.

აღნიშნულ კონტექსტში წყალმომარაგების მოქმედ სისტემებში სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მეთოდოლოგიური მიდგომის ასპექტების გამოყენება გამიზნულია თავად წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ეფექტურ ორგანიზაციასთან კომპიუტერის გამოყენებასა და მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის შენარჩუნებისთვის, რაც შედეგად, რეალური დროის შესაბამისად, მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ნორმალური პროცესის მსვლელობა-შენარჩუნების გარანტიას იძლევა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესი ხასიათდება დროში ცვალებადობის გარკვეული არასტაციონალურობით (მათემატიკური მოლოდინის, საშუალო კვადრატული გადახრის, კორელაციური ფუნქციის მიმართ), მაშინ წინამდებარე დისერტაციის შესაბამისად წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების მეთოდოლოგიის შემუშავება ქმედით აქტუალობას იძენს და მას გააჩნია როგორც სამეცნიერო, ასევე პრაქტიკული ღირებულება.

სამუშაოს მიზანი და კვლევის ამოცანები ემყარება წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების მისაღწევად დასმული შემდეგი საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტას, რომლებიც დაკავშირებულია როგორც სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მეთოდოლოგიური მიდგომის პრინციპების, ასევე ეფექტური ოპერატიულ-სადისპეჩერო მართვის შემუშავებასთან მომხმარებელთა მიერ რეალური დროის შესაბამისად დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის შესაბამისად, კერძოდ:

* შემუშავებულია რეალური დროის შესაბამისად მოქმედი წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ სადისპეჩერო მართვის სისტემური მეთოდოლოგია მათი ეფექტური ფუნქციონირების მიზნით და შესაბამისად, სისტემატიზებულია საინფორმაციო (კომპიუტერული)-ლოგისტიკური მართვის სისტემის აგების შესაძლებლობა;

* დასაბუთებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ოპერატიულ-სადისპეჩერო მართვის საინფორმაციო კომპიუტერული სისტემის აგების შესაძლებლობა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ცვალებადობის არასტაციონალური ხასიათის გათვალისწინებით;

* შემუშავებულია რეალური დროის შესაბამისად მოქმედი წყალმომარაგების სისტემების მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის დონის ამაღლების შესაძლებლობა.

მეცნიერული სიახლე. შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების სისტემურ-ლოგისტიკური მართვის მეთოდოლოგია, რომლის თანახმად კომპლექსურად განიხილება და წყდება ამ სისტემების ლოგისტიკური ორგანიზაციის სამეურნეო-სააბონენტო-სერვისული ხასიათისა და მიმდინარე ოპერატიულ-სადისპეჩერო მართვის ამოცანები, რეალური დროის შესაბამისად მომხმარებელთა მიერ დამყარებული

არასტაციონალური წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის პირობებში.

კვლევის პერსპექტიული ობიექტები: საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების სისტემები (თბილისი, ბათუმი და ა.შ.) ავტომატიზებული მართვის სისტემების ფუნქციონირების პირობებში.

კვლევის მეთოდი. სისტემურ-ლოგისტიკური თეორიის მეთოდოლოგია, დესკრიფციული მოდელირების მეთოდი, როგორც გადაწყვეტილებათა მიღების ინსტრუმენტული საშუალება.

სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება და შედეგების რეალიზაცია. მიღებული შედეგები შეიძლება პერსპექტივაში რეალიზებულ იქნას საქართველოს მსხვილი ქალაქების წყალმომარაგების სისტემებში (თბილისი, ბათუმი და ა.შ.) ავტომატიზებული მართვის სისტემების ფუნქციონირების პირობებში.

დასკვნა და პრაქტიკული რეკომენდაციები. სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მიდგომის გამოყენებით შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის მეთოდოლოგია, რომელიც რეალური დროის შესაბამისად წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტრო მართვის პროცესში მიმდინარე რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანების კომპლექსური გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა მომხარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის პირობებში, კერძოდ:

* შემუშავებულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ცვალებადობის არასტაციონალური ხასიათის დადგენის ერთიანი მეთოდიკა მათემატიკური მოლოდინის, საშუალო კვადრატული გადახრისა და კორელაციური ფუნქციის შესაბამისად;

* შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მეთოდოლოგია, რომელიც საშუალებას იძლევა, რეალური დროის შესაბამისად, აგებულ იქნას მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მიღების „დამხმარე-მრჩეველი“ საინფორმაციო-კომპიუტერული სისტემა;

* შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემებში საინფორმაციო-ლოგისტიკური ინტეგრირებული მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების „დამხმარე-მრჩეველი“ სისტემის აგების შესაძლებლობა, რომელიც კომპლექსურად უზრუნველყოფს როგორც სისტემის სამეურნეო-სააბონენტო-სერვისული ხასიათის ამოცანების, ასევე რეალური დროის მიხედვით მიმდინარე ეფექტურ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანის გადაწყვეტას მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის შესაბამისად.

* მიღებული შედეგები შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების მოქმედ სისტემებში მათი ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის მიზნით.

სამუშაოს აპრობაცია ჩატარდა სტუდენტთა 84-ე დია საერთაშორისო სტუდენტთა სამეცნიერო კონფერენციაზე (თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი 02/06/2016 წ.)

თავი 1. წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მეთოდოლოგიური ასპექტები

ქვეყნის თანამედროვე საბაზრო ეკონომიკის განვითარების პირობებში, მიმდინარე ეტაპზე, ძირეული მნიშვნელობა უნდა დაეთმოს მოსახლეობის კომუნალური მომსახურების უზრუნველყოფის სფეროს გაუმჯობესებას წყალმომარაგება-წყალარინების, გაზომარაგების და ელექტრომომარაგების დარგებში.

კომუნალური მომსახურების აღნიშნული სფერო წყალმომარაგების დარგში უნდა დაექვემდებაროს მართვის ისეთ სტრატეგიას, რომელიც ორიენტირებული იქნება მართვის თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და მიდგომების გამოყენებასთან. კერძოდ, ასეთ შემთხვევაში წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირება დაემყარება როგორც ერთიანი ლოგისტიკურ ორგანიზაციის სამეურნეო მართვის ქმედითი მექანიზმების გამოყენებას, ასევე მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ნორმალური პროცესის შენარჩუნებას ოპერატიულ-სადისპეჩერო მართვის პირობებში რეალურ დროის შესაბამისად. აღნიშნულ კონტექსტში წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირება შეიძლება მიღწეულ იქნას შემოთავაზებული ლოგისტიკური ორგანიზაციის მიდგომის პრინციპების გამოყენებით [1,2].

ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ წყალმომარაგების მოქმედ სისტემებში სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზების მეთოდოლოგიური მიდგომის პრინციპების გამოყენება მიმართულია თავად წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეჩერო მართვის ეფექტურ ორგანიზაციასთან კომპიუტერის გამოყენებით რეალური დროის შესაბამისად, რაც მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის შენარჩუნების გარანტიას იძლევა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესი ხასიათდება დროში ცვალებადობის გარკვეული არასტაციონალურობით [5]. მაშინ ნათელი იქნება აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტის როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული მნიშვნელობა.

დასმული ამოცანის რეალიზაცია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების მისაღწევად მოიცავს შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტას, რომელიც დაკავშირებულია როგორც სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზების მიდგომების, ასევე ოპერატიულ-სადისპეტრო მართვის პრინციპების შემუშავებით, კერძოდ [1,2]:

* შესწავლილ იქნას წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ოპერატიულ სადისპეტრო მართვის არსებული მეთოდოლოგია და დაისვას საკითხი საინფორმაციო ლოგისტიკური მართვის შესახებ;

* შედგენილ იქნას წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ოპერატიულ სადისპეტრო მართვის გადაწყვეტილების მიღება, ოპერატიულ სადისპეტრო მართვის საინფორმაციო სისტემის აგების შესაძლებლობა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიურ პროცესში;

* შემუშავდეს წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების საინფორმაციო ლოგისტიკური ინტეგრირების სისტემა, რომელიც ერთდროულად უზრუნველყოფს, როგორც მომავლის ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტურ მართვას, ასევე მომხმარებელთა (აბონენტთა) მომსახურების სერვისსაც;

* აღნიშნული ამოცანების სპექტრთან, ქვემოთ წარმოდგენილია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტრო მართვის ლოგისტიკური სისტემების მეთოდოლოგია და არსებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესი დესკრიფციული მოდელირების საფუძვლებზე;

* შემოთავაზებული ლოგისტიკური სისტემური მეთოდოლოგიის თანახმად, მიზანი და კვლევის ამოცანა ემყარება წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ოპერატიულ-სადისპეტრო მართვის გახორციელებას, რეალური დროის მასშტაბში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის შესაბამისად. ამ შემთხვევაში რეალური წყალმომარაგების სისტემა (წყლის მიწოდების და განაწილების სისტემა) შედგენილია გარკვეული ელემენტ-ნაგებობით და მათი ერთობლივი მოქმედების რეგლამენტიც ცნობილია.

ამავე დროს, რეალური სიტუაციის მიხედვით სისტემის ფუნქციონირება შეიძლება შეესაბამებოდეს სხვადასხვა საპროექტო ფუნქციონირების ხარისხს, კერძოდ:

- * სისტემა ვერ აკმაყოფილებს მოთხოვნილ მიზნებს;
- * სისტემა ვერ უზრუნველყოფს საპროგნოზო შედეგებს;
- * სისტემა ვერ ფუნქციონირებს ისე, როგორც ეს თავდაპირველად იყო დაგეგმილი.

ჩამოთვლილ სიტუაციურ მდგომარეობათა გამოსაკვლევად შემოთავაზებულ მეთოდოლოგიაში გამოყენებულია დაპროექტების „სისტემური პარამეტრების“ მიდგომა, რომელიც ხორციელდება ე.წ. „ინტროსპექციის გზით“. ეს ნიშნავს, რომ დროის მოცემულ მომენტში წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის დადგენისათვის ვსაზღვრავთ სისტემის ცალკეული შემადგენელი ელემენტის (ან ელემენტთა ერთობლიობის) მახასიათებელი პარამეტრების სიდიდეს და წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების ბაზის შესაბამისად ვიღებთ ოპერატიული მართვის ეფექტურ გადაწყვეტილებებს გასახორციელებლად. აქვე აღსანიშნავია, რომ სიტუაციურ მდგომარეობათა დაპროექტების ინტროსპექციის მიდგომით შესაძლებელია განისაზღვროს დროის მოცემულ მომენტში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ნორმალური ან გადახრილი „მდგომარეობის ვექტორი“, შესაბამის მოქმედ ელემენტთა ფუნქციონირების „აქტიური რეჟიმები“, რომლებიც უზრუნველყოფენ მომხმარებელთა წყლის მოხმარების მოთხოვნილ რაჟიმს. აღნიშნულის გასახორციელებლად მიზანშეწონილი იქნება ე.წ. აზრობრივი „აქტიური ექსპერიმენტების“ ჩატარება დესკრიპციული (აღნიშნული) მოდელების საფუძველზე კომპიუტერული ექსპერიმენტების დახმარებით, ეს საშუალებას მოგვცემს, დესკრიფციული მოდელების დახმარებით ხელოვნურად ჩავატაროთ „აქტიური ექსპერიმენტები“ მანამდე, სანამ არ მივადწევთ მანაწილებელ ქსელსა და სისტემის სხვა ელემენტებში ტექნოლოგიური პარამეტრების სასურველ მდგომარეობას. აქ უმთავრესი ისაა, რომ სისტემის სასურველი მდგომარეობა მიღწეულ უნდა იქნას ე.წ. „დაბალანსების“ პრინციპის აუცილებელი დაცვით,

კერძოდ, ოპერატიულ -სადისპეჩერო მართვის პირობებში, უზრუნველყოფილი იქნას წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციურ სქემებში ტექნოლოგიური პარამეტრების (დაწნევების, რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლეების და სხვა) შენარჩუნება ისეთი დიაპაზონის ფარგლებში, რომ არ დაირღვეს მომხმარებელთა ნორმალური (შეუფერხებელი) წყლით უზრუნველყოფა დროის ნებისმიერ მომენტში. პრაქტიკულად ეს იმას ნიშნავს, რომ დროის მოცემულ მომენტში მოწოდებული წყლის ხარჯი ტოლი უნდა იყოს მომხმარებელთა მიერ დახარჯული წყლის მოცულობისა. თუ ავდნიშნავთ, რომ მომხმარებელი თავად აყალიბებს მოთხოვნას წყალზე, ცხადი ხდება დასმული ამოცანის გადაწყვეტის პრაქტიკული გადაწყვეტილების მნიშვნელობა დროის მოცემული მომენტის შესაბამისად.

შემოთავაზებული სისტემური მეთოდოლოგია, როგორც პასიური, ასევე აქტიური ექსპერიმენტების შემთხვევაში. ზოგადად მისაღებია როგორც წყალმომარაგების ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი სისტემებისათვის, ასევე წყალმომარაგების სისტემებისათვის, რომლებიც ფუნქციონირებენ მართვის ავტომატიზირებული სისტემების პირობებში [6].

წყალმომარაგების ჩვეულებრივ პირობებში ფუნქციონირების დროის შემდგენი ელემენტები ფუნქციონირებენ ოპერატიულ-სადისპეჩერო პერსონალის ინტუიციისა და გამოცდილების მიხედვით, ანუ პასიური ელემენტების შესაბამისად. ამ შემთხვევაში გამორიცხულია სისტემის მომუშავე ელემენტების ეფექტური რეჟიმი, ამასთან, დისპეჩერი ოპერატიული მართვის პროცესში მიმართავს ე.წ. „პასიურ ექსპერიმენტს“ „მოსინჯვა-შეცდომის პრინციპის შესაბამისად“. ამ შემთხვევაში შეიძლება დაფიქსირდეს მართვის გადაწყვეტილების მიღება ხანგრძლივი პერიოდის შესაბამისად. სულ სხვა მდგომარეობა ფიქსირდება მართვის ავტომატიზირებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში. ამ შემთხვევაში დისპეჩერი დროის რაიმე მომენტში იღებს ინფორმაციას სისტემაში მოქმედი ელემენტების შესახებ- ატარებს ე.წ. „აქტიურ ექსპერიმენტირებას“- გამორიცხავს ინტუიციური მართვის შესაძლებლობას.

წყალმომარაგების სისტემის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში შესაძლებელია სისტემის შემადგენელი ელემენტებიდან გადამოწმებით მიღებული ინფორმაცია დამუშავდეს საკონტროლო-მახასიათებელი წერტილებისათვის წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელის ბაზაზე და შესაბამისად, მიღებულ იქნას

ოპერატიული მართვის გადაწყვეტილება, როგორც ცალკეულად აღებული ელემენტებისათვის, ასევე ელემენტთა ერთობლიობისათვის. შედგენილი დესკრიფციული მოდელებით შესაძლებელია შედგეს ოპერატიული მართვის ინსტრუმენტული ბაზა, რომელიც რეალიზირებული იქნება სადისპეჩეროს კომპიუტერის საშუალებით.

1.1 წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეჩერო მართვა 'პასიური' და "აქტიური ექსპერიმენტების" ფუნქციონირების პროცესში

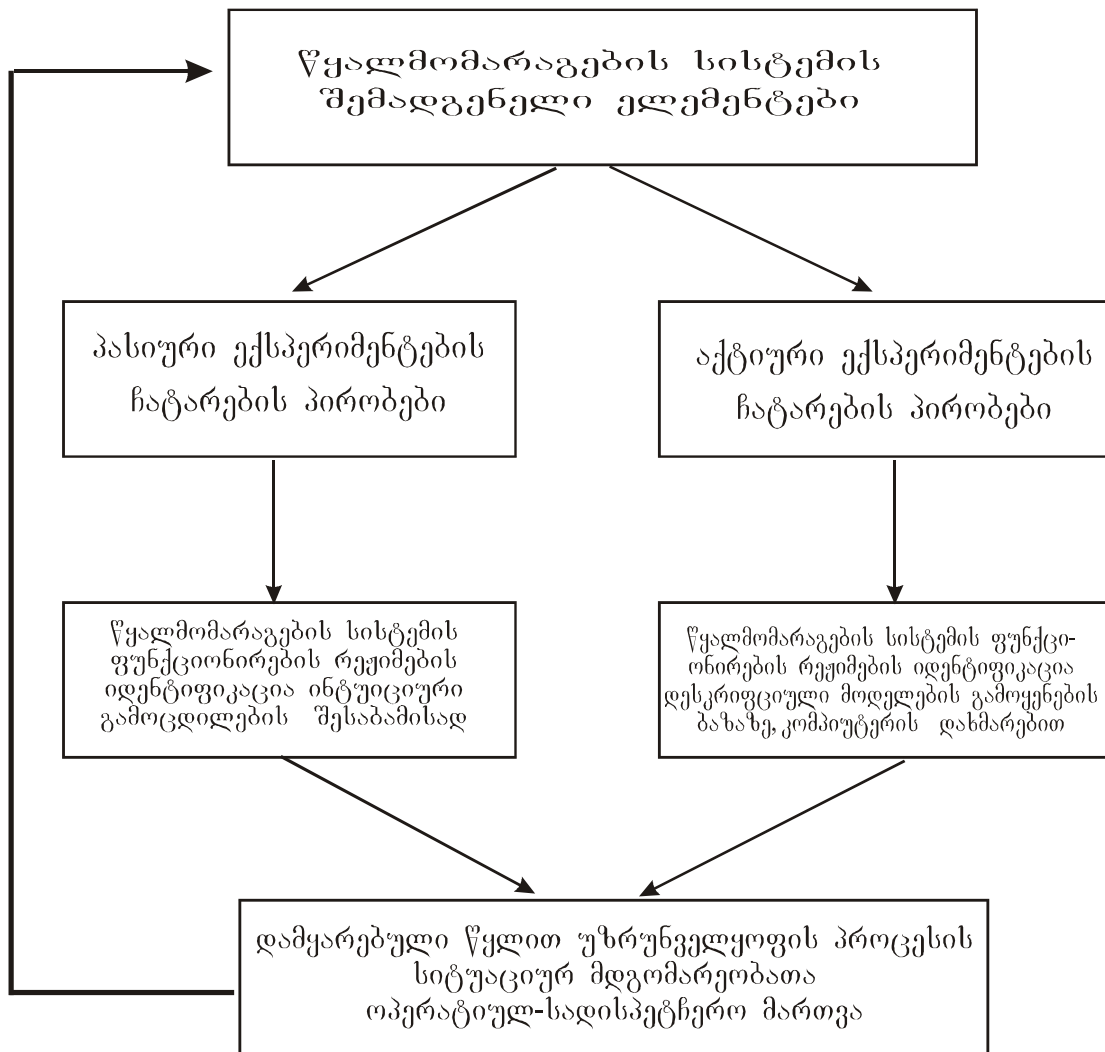
წინა ქვეთავში განხილული იყო სისტემურ-ლოგისტიკური ასპექტები წყალმომარაგების ერთიანი სისტემის ფუნქციონირების მახასიათებელი ტექნოლოგიური პარამეტრების ცვლილებების შესახებ. ინფორმაცია სისტემის შემადგენელი ელემენტების (წყალმიმღები, გამწმენდი სადგური, სადაწნეო რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი) ფუნქციონირების ხარისხის შესახებ რეალურ დროში (ეთქვათ წუთებში - ავტომატიზებული სისტემის შემთხვევაში და ათეულობით წუთებში-ჩვეულებრივ მოქმედ სისტემის შემთხვევაში) გადაეწოდება სადისპეჩერო მართვის პულტს. ამის შემდეგ დისპეჩერი (მოქმედი ოპერატორი-სპეციალისტი) აანალიზებს მიღებულ ინფორმაციას და იღებს მართვით გადაწყვეტილებას მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის სიტუაციური მდგომარეობიდან გამომდინარე [15].

ცხადია, ჩვეულებრივ მოქმედ სისტემაში ინფორმაცია მიიღება და გაანალიზდება ოპერატორ-დისპეჩერის ინტუიციური გამოცდილების საფუძველზე, რაც დაკავშირებული არაეფექტურ მართვასა და დენისა და წყლის არამწარმოებლურ დანახარჯებთან. აქედან გამომდინარე, ჩვეულებრივ მოქმედი წყალმომარაგების სისტემების მიზანი უნდა იყოს სამომავლოდ გადავიდეს მართვის ავტომატიზებული ფუნქციონირების პირობებში.

მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების შემთხვევაში საწყისი საანალიზო ინფორმაციის მიღება და შესაბამისი მართვის გადაწყვეტილების შემუშავება ხდება მცირე დროის ინტერვალში. ამავე დროს, უზრუნველყოფილია სიტუაციური მდგომარეობის მიხედვით მომუშავე ელემენტების მუშაობის ეფექტური რეჟიმებიც [6].

როგორც აღვნიშნეთ, წყალმომარაგების სისტემის ჩვეულებრივ პირობებში ფუნქციონირების დროს შემადგენელი ელემენტები ფუნქციონირებენ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალის ინტუიციისა და გამოცდილების საფუძველზე, ანუ „პასიური ექსპერიმენტის“ შესაბამისად. ამ შემთხვევაში გამორიცხულია სისტემის მომუშავე ელემენტების ეფექტური რეჟიმების შერჩევა და მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური სიტუაციის შესაბამისად შენარჩუნება. დისპეტჩერი ამ შემთხვევაში ატარებს ე.წ. „პასიურ ექსპერიმენტს“ „მოსინჯვა-შეცდომის“ პრინციპის შესაბამისად. სულ სხვა მდგომარეობა ფიქსირდება მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში, დისპეტჩერი ამ შემთხვევაში იღებს რა ინფორმაციას დროის რაიმე მომენტში სისტემის შემადგენელი ელემენტების ფუნქციონირების შესახებ, ატარებს ე.წ. „აქტიურ ექსპერიმენტირებას“. აქტიური ექსპერიმენტების ორგანიზაციისათვის დისპეტჩერი გამორიცხავს ინტუიციური მართვის შესაძლებლობას და მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მოდელირებას ამყარებს საკონტროლო-საკარნახო წერტილებში ფიქსირებული დაწინეების განაწილებაზე. ამ მიზნით საჭიროა შემუშავებული მეთოდოლოგიის საფუძველზე წინასწარ განისაზღვროს საკონტროლო-საკარნახო წერტილების ამსახველი დესკრიფციული მოდელების ალგორითმული ბაზა, და მის საფუძველზე აიგება სადისპეტჩერო მართვის ინსტრუმენტული ბაზა, რომელიც რეალიზდება ოპერატიული მართვის კომპიუტერის დახმარებით [8,9].

როგორც „პასიური“, ასევე „აქტიური ექსპერიმენტების“ შესაბამისად მოგვყავს წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში პასიური და აქტიური ექსპერიმენტების ჩატარების ბლოკ-სქემა (ნახ. 1).



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

თავი 2. მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლის მოხმარების პროცესის არასტაციონარულობის ანალიზის ერთიანი მეთოდოლოგია მათემატიკური სტატისტიკის პარამეტრული და არაპარამეტრული კრიტერიუმების გამოყენებით.

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

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

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

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

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

ანსამბლები შეიძლება არასტაციონარული დროითი სერიების ფორმით იქნას წარმოდგენილი [1].

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

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

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

*არ არსებობდა წყლის მოხმარების მოცემული კლასის პროცესის არასტაციონარულობის ანალიზისა და კვლევის ერთიანი მეთოდიკა;

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

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

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

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

A
კვლევის საკითხის მდგომარეობა და დასაბუთება.

B
წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის ანსამბლის თვისებების სტატისტიკური კვლევის მეთოდოლოგიური მითითებები

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*ბუნებრივი წლიური რეალიზაციის ანსამბლი მოცულობით $T=365$ დღე;

*ბუნებრივი ნახევარწლიანი (I-V თვეები) რეალიზაციის ანსამბლი მოცულობით $T=150$ დღე;

*სამუშაო დღეების (ზაფხულის პერიოდის გარდა) წლიური რეალიზაციის ანსამბლი მოცულობით $T=223$ დღე;

*დასვენების და სადღესასწაულო დღეების (ზაფხულის პერიოდის გარდა) წლიური რეალიზაციის ანსამბლი მოცულობით $T=72$ დღე;

წყლისმოხმარების ამ თანმიმდევრული რეჟიმების წინასწარი ვიზუალური ანალიზი უჩვენებს, რომ წარმოქმნილი დროითი რიგები აშკარად ხასიათდება არასტაციონარულობით, ე.ი. პროცესის ყველა სტატისტიკური მახასიათებელი

დამოკიდებულია დროზე. ამასთან, ჩვენი მიდგომის დასამტკიცებლად საჭიროა კვლევის ჩატარება ზემოთ განსზღვრული მეთოდის შესაბამისად ზემოთ მოყვანილი ლოგიკური სქემის შესაბამისად.

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

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

მაგალითად, H_0 -ჰიპოთეზა დადასტურდა ბუნებრივი $T=150$ დღიანი რეალიზაციის ანსამბლის კვლევის დროს. აქ საანალიზოდ აღებული რეალიზაცია შესადარებლად წინასწარ იქნა გაყოფილი ორ ნაწილად: პირველი ნაწილი $-T=75$ დღე და მეორე ნაწილი $- T=75$ დღე. რეალიზაციის პირველი ნაწილისთვის მიღებულია კრიტერიუმის მაჩვენებელი ($\alpha = 0.05$ სარწმუნოების დონის შესაბამისი თავისუფლების ხარისხით) $\gamma(75)=0,288 < \gamma_{\min(0.05)}(0.05)=1.189$ და მეორე ნაწილისთვის $- \gamma(75)=0,795 < \gamma_{\min(0.05)}(0.05)=1.189$. მოცემული კრიტერიუმის გაანგარიშების პროცედურა მოცემულია [7]-ში. ასევე იგივე შედეგები დადასტურდა ავტოკორელაციური ფუნქციის მიღებული მნიშვნელობებით ($r_1=0.51, r_2=0.3$).

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

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

წყლის მოხმარების შემთხვევითი პროცესის არასტაციონარულობის დონის შესაფასებლად, $<F[Q(T)]>$ სტატისტიკასთან (ბლოკი B.III) მიმართებაში პირველ რიგში მოწმდება ჰიპოთეზა სტატისტიკების სტაციონარულობის შესახებ დაკვირვების თანმიმდევრულ ინტერვალებში (ჰიპოთეზა საშუალო მაჩვენებლების ერთგვაროვნების შესახებ - t და r კრიტერიუმები (ცხრილი 2) და ჰიპოთეზა დისპერსიის ერთგვაროვნების შესახებ - ფიშერის F -კრიტერიუმი და კოკნერის

G-კრიტერიუმში). ამ მიზნით, დაკვირვების მთლიანი ინტერვალი (0-T) მოცულობის რეალიზაცია იყოფა შედარებით მოკლე ω ინტერვალებად ხანგრძლივობით T_i , (ზოგადად T_i ინტერვალების სიდიდე განსხვავებულია). როგორც მთლიანად T- მოცულობის კვლევის ქვეშ არსებული ინტერვალის, ისე T1-ინტერვალის ხანგრძლივობის განსაზღვრის დროს, განხილულ შემთხვევაში გათვალისწინებულია აპრიორი მონაცემები წყლის მოხმარების ყველაზე გამოკვლევადი პროცესის ფიზიკური ხასიათის შესახებ (კვლევების ინტერვალების შემოთავაზებული დაყოფა, რომლებიც წარმოდგენილია წყლის მოხმარების რეალიზაციის ანსამბლებით მოცემულია [7]-ში).

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

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

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

ცხრილი 1. წყლის მოხმარების პროცესის რეალიზაციის კვლევის ქვეშ არსებული ანსამბლების სტატისტიკური მახასიათებლები

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

ცხრილი 2. გაანგარიშებათა შედეგები t და r კრიტერიუმების მიხედვით

გამოკვლევული რეალიზაციები [7] მონაცემების მიხედვით	გაანგარიშება t და r კრიტერიუმების მიხედვით	დასკვნა
2ა. $T_1=75$ 2ბ. $T_2=75$	როდესაც $f=T_1+T_2-2=148$ $ t_{დაკვ.} = 2,721 > t_{0,05.148}=1.96$ $ c_{დაკვ.} = 12,72 > c_{კრ}=1.96$	საშუალო მაჩვენებლების ტოლობის ჰიპოთეზა უარყოფილია ანუ საშუალო მაჩვენებლების განსხვავება არსებითია - შერჩევითი საშუალო მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან.
3ა. $t_1=86$ 3ბ. $t_2=86$ ($t_1=t_2=86$)	როდესაც $ფ=თ_1+თ_2-2=170$ $ ტ_{დაკვ.} = 6,11 > ტ_{0,05.130}=1.96$ $ ც_{დაკვ.} = 6,11 > ც_{კრ}=1.96$	იგივე
3ა. $t_1=223$ 3ბ. $t_2=86$ ($t_1 t_2$)	როდესაც $ფ=თ_1+თ_2-2=307$ $ ტ_{დაკვ.} = 5,146 > ტ_{0,05.307}=1.96$	იგივე
4ა. $t_1=72$ 4ბ. $t_2=86$ ($t_1 t_2$)	როდესაც $ფ=თ_1+თ_2-2=107$ $ ტ_{დაკვ.} = 0,976 > ტ_{0,05.107}=1.98$	დასტურდება საშუალო მაჩვენებლების ტოლობის ჰიპოთეზა
4ა. $t_1=36$ 4ბ. $t_2=36$ ($t_1=t_2=36$)	როდესაც $ფ=თ_1+თ_2-2=70$ $ ტ_{დაკვ.} = 1,67 > ტ_{0,05.70}=1.99$	იგივე

ცხრილი 3. გაანგარიშებათა შედეგები F და G კრიტერიუმების მიხედვით

გამოკვლევული რეალიზაციები [7]-ის მონაცემების მიხედვით	გაანგარიშება F და G კრიტერიუმების მიხედვით	დასკვნა
2a. $T_1=75$ 2 b. $T_2=75$	როდესაც $a=0.05$; $K_1=T_1-1=74$ და $K_2=T_2-1=74$ $F_{დაკვ}=1,0287 < F_{კრ}=1,46$	განსხვავება ორ დისპერსიას შორის უმნიშვნელოა, ე.ი. სრულდება ჰიპოთეზა - H_0 : $D[Q(T_1)] = D[Q(T_2)]$
3 a. $T_1=86$ 3 b. $T_2=86$ ($T_1=T_2=86$)	როდესაც $a=0.05$; $K_1=T_1-1=85$ და $K_2=T_2-1=85$ $F_{დაკვ}=2,48 < F_{კრ}=1,4$	განსხვავება ორ დისპერსიას შორის უმნიშვნელოა, ე.ი. სრულდება ჰიპოთეზა - H_0 : $D[Q(T_1)] = D[Q(T_2)]$
3. 3 a, 3 b	$t=3$ $G_{დაკვ}=1,46 > G_{კრ}=0,43$	ჰიპოთეზა უარყოფილია, ე.ი. შესწორებული დისპერსიები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან
4 a,b	როდესაც $a=0.05$; $K_1=T_1-1=35$ და $K_2=T_2-1=35$ $F_{დაკვ}=1 658 48 < F_{კრ}=1,75$	განსხვავება ორ დისპერსიას შორის უმნიშვნელოა, ე.ი. სრულდება ჰიპოთეზა - H_0 : $D[Q(T_1)] = D[Q(T_2)]$
4. 4 a, 4 b.	$t=3$ $G_{დაკვ}=0,7054 > G_{კრ}=0,4748$	ჰიპოთეზა უარყოფილია, ე.ი. შესწორებული დისპერსიები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან

თავი 3. წყლის მიწოდებისა და გადანაწილების სისტემების რთული იერარქიული სტრუქტურების ფუნქციონირების ხარისხის კომპლექსური შეფასება დისპერსიულ-კოორდინირებული მართვის პროცესში

მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლის მოხმარების ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის დონის ამაღლება წყალმომარაგების სისტემის

სადისპერსიულ-კოორდინირებულ მართვაში საკმაოდ რთული და მრავალპარამეტრული ამოცანაა. ეს გარემოება ასევე განსაზღვრავს იმ ფაქტსაც, რომ თვითონ წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონალური შემადგენელი ელემენტები (წყალმიმღები, წყალდენები, სატუმბი სადგურები, რეზერვუარები და ა.შ.) განთავსებულია დასახლებული ადგილებისა და ქალაქების გადაკვეთილი რელიეფის ვრცელ ტერიტორიებზე; ლოგიკურად ისინი ერთმანეთთან დაკავშირებულია განსაზღვრული იერარქიული სქემით და ისინი შეუფერხებლად ახორციელებენ მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ძირითად ფუნქციას დროსა და სივრცეში. ამასთან, მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესი არასტაციონარული ხასიათის მატარებელია (მათემატიკური მოლოდინის, დისპერსიის და კორელაციური ფუნქციების მხრივ), რაც ,თავის მხრივ, ართულებს იერარქიული სქემების, წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემების შემადგენელი ელემენტების ფუნქციონირების ეფექტური რეჟიმების შერჩევას. უნდა აღინიშნოს, რომ სქემების ფუნქციონირების ხარისხის შესაფასებლად ტექნოლოგიური კონტროლის პარამეტრს წამროდგენს სქემის შესაბამის წერტილებში ფიქსირებული პიეზომეტრიული წნევების განაწილება, რომელიც ფიქსირდება დროის ადებულ მომენტში.

ამ ქვეთავში, საილუსტრაციოდ შემოთავაზებულია წყლის მიწოდებისა და განაწილების რთული იერარქიული სქემის ფუნქციონირების ხარისხის კომპლექსური შეფასების პროცედურა.

შემოთავაზებული პროცედურის თანახმად, სააპროქსიმაციო –სამოდელო დამოკიდებულებების შერჩევის მიზნით ადებულია ე.წ. სასურველობის ფუნქცია ჰარინგტონის მიხედვით :

$$d_i = e^{-\frac{(x_i - x_0)^2}{2\sigma^2}}, i = \overline{1, m}$$

აქ: H_1 ფაქტ. რის პიეზომეტრიული დაწნევის პარამეტრია, x_0 და x_1 საძიებო კოეფიციენტები; e – ეკსპონენტის ადების ნიშანი.

თუ e^x გამოსახულებას გადავწერთ $\exp(x)$ -ს სახით, მაშინ საკონტროლო წერტილში ფიქსირებული დაწნევის შესაბამისად ხარისხობრივი მდგომარეობის კრიტერიული შეფასება ასე ჩაიწერება,:

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

აქ: H_i^{max} არის მახასიათებელი წერტილების $i=1, m$ ფაქტიური პიეზომეტრიული დაწნევა; b_0 და b_1 განისაზღვრება შემდეგი ფორმით:

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

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

სადაც, H_1^{top} და H_2^{max} – შესაბამისად არის პიეზომეტრიული დაწნევის მნიშვნელობა საკონტროლო წერტილის „ცუდი“ მდგომარეობის (როდესაც კრიტერიული შეფასებაა $d_1^{\text{max}}=0.2$ და პიეზომეტრიული წნევის მნიშვნელობა საკონტროლო წერტილის „კარგი“ მდგომარეობის (როდესაც კრიტერიული შეფასებაა $d_1^{\text{top}}=0.8$) მაჩვენებელია.

ცალკეული კრიტერიული შეფასებების $d_i, i=1, m$ თანახმად, შესაძლოა განისაზღვროს კომპლექსური შეფასება $D_i, i=1, m$ – საანალიზო სქემის ფუნქციონალობის ხარისხის მიხედვით, როგორც საშუალო გეომეტრიული შეწონილი სიდიდე:

$$D_i = \prod_{j=1}^m d_j^{1/m}, \quad i = \overline{1, m}.$$

ჭყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციონალური სქემების ქმედება, რეალური სადისპერსიო-კოორდინირებული მართვის პროცესში, უზრუნველყოფილ უნდა იქნას ისე, რომ სქემების ფუნქციონირების ხარისხის კომპლექსური სიდიდე მიისწრაფოდეს მაქსიმუმისკენ, კერძოდ:

$$D(H) \rightarrow \max_{\Omega},$$

სადაც Ω – წნევის განაწილების ფორმის უნივერსალური სიდიდეა.

შემოთავაზებულ პროცედურაში, d_i და D_i მნიშვნელობების აღება ხდება 0-დან 1-მდე არეში, ქვემოთ მოცემული ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების ფსიქო-ფიზიკური სუბიექტური სახის შკალის შესაბამისად:

$d=1.00$ – პარამეტრის მაქსიმალურად შესაძლო დონე, რომელიც ყოველთვის არ მიიღწევა;

$d=1.00$ 0,80 – პარამეტრის დაშვებული და მაღალი დონე, რომელიც ასევე ყოველთვის არ მიიღწევა;

$d=0.80$ 0,60 – პარამეტრის დაშვებული და კარგი დონე (ამასთან იმაზე მაღალი, რომელიც რეალურად მიიღწევა);

$d=0.60$ 0,37 – პარამეტრის დაშვებული და საკმარისი დონე;

$d=0,37$ – პარამეტრის მიცემული დონე (შეესაბამება ხარისხის შეფასების პარამეტრის იმ მაჩვენებელს, რომელიც აუცილებლად უნდა იქნას მიღწეული);

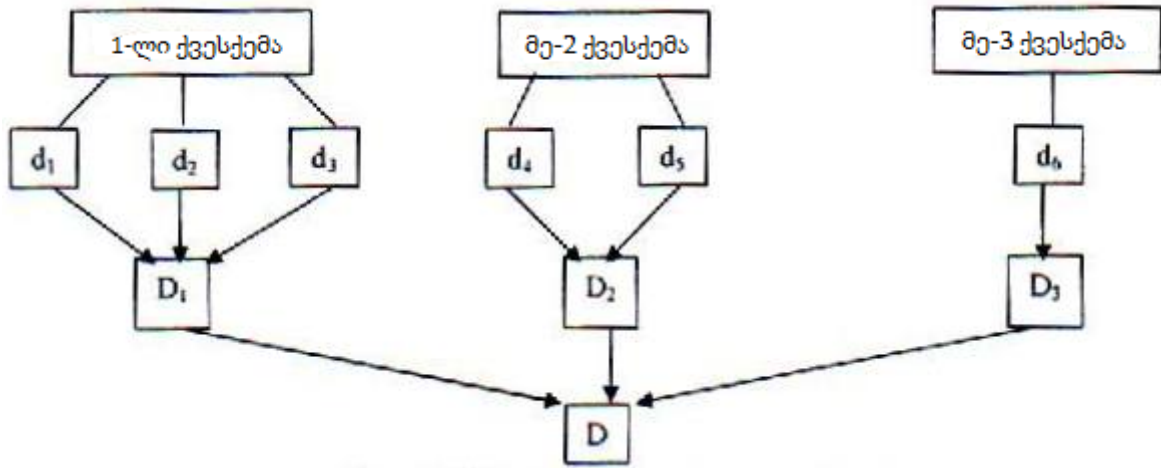
$d=0,37$ 0 – პარამეტრის დაუშვებელი დონე;

$d = 0$ – პარამეტრის მაქსიმალურად არასასურველი დონე.

უნდა აღინიშნოს, რომ d_i და D_i მნიშვნელობა შეიძლება აღებულ იქნას წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების საფუძველზე სასურველობის მოყვანილი შკალის მიხედვით, მომხმარებელთა წყლითუზრუნველყოფის პროცესის მდგომარეობის კონკრეტული სიტუაციიდან გამომდინარე.

შეიძლება შემოთავაზებული პროცედურა მიჩნეულ იქნას როგორც ერთგვარი ინსტრუმენტური საშუალება წყლის მიწოდებისა და განაწილების რთული იერარქიული სქემების სადისპენერო-კოორდინირებული მართვის დიაგნოსტიკური წესების ასაგებად, როგორც წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ჩვეულებრივი პირობებში, ისე – წყალმომარაგების სისტემებშიც, რომლებიც ფუნქციონირებენ ავტომატიზირებული მართვის პირობებში.

მაგალითად, განვიხილოთ წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის შესაძლო ფუნქციონირებადი იერარქიული სქემა:



ამ სქემაში d_1, \dots, d_6 – არის ცალკე შემადგენელი ელემენტების ფუნქციონირების ხარისხის დიფერენციალური შეფასებები;

D_1, D_2, D_3 – საერთო სქემის ცალკე შემადგენელი ქვესქემების ფუნქციონირების ხარისხის კომპლექსური შეფასებებია;

D – სქემის საერთო კომპლექსური მაჩვენებელი.

ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების საერთო კომპლექსური მაჩვენებლის გაანგარიშების პროცედურას შემდეგ შედეგებთან მივყავართ:

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

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

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

საერთო კომპლექსური შეფასებას სქემის მიხედვით იქნება:

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

კომპლექსური შეფასება შეიძლება განისაზღვროს მოცემული ფუნქციონალური ქვესქემების კომბინაციით, შემდეგი ფორმით:

$D=(D_1 \cdot D_2)^{1/2}$ – (1-ლი და მე-2 ქვესქემების კომბინაციის დროს);

$D=(D_1 \cdot D_3)^{1/2}$ – (1-ლი და მე-3 ქვესქემების კომბინაციის დროს);

$D=(D_2 \cdot D_3)^{1/2}$ – (მე-2 და მე-3 ქვესქემების კომბინაციის დროს).

3.1. წყალმომარაგების, როგორც ტექნიკური სისტემის, ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მიღება არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის მათემატიკური აპარატის გამოყენებით

წყალმომარაგების სისტემა (ისე როგორც მომხმარებლური ხასიათის სხვა ნებისმიერი ტექნიკური სისტემა) სისტემურ-ლოგისტიკური თეორიის თანახმად იმ სტრუქტურით ხასიათდება, რომელიც მის ცალკეულ ელემენტებს შორის დამოკიდებულებებსა და კავშირებს განაპირობებს. ამ სისტემის

ელემენტებს შორის სტრუქტურით შეთახმებული ფუნქციონირება ქმნის მიზნობრივ პროცესს - ეს არის სისტემის ფუნქციონირების პროცესი. როგორც წესი, ტექნიკური სისტემის (და მისი ელემენტების) ფუნქციონირება დროის მოცემულ $[0, T]$ ინტერვალში რაიმე საბოლოო მიზნის მიღწევისკენაა მიმართული. მოცემული მიზნის მიღწევის წარმატებულობა (ეფექტურობა) უმეტეს წილად დამოკიდებულია ორი ძირითადი ამოცანის სწორ გადაწყვეტაზე: სისტემის ორგანიზაციულ სტრუქტურასა და ელემენტების ფუნქციონირების ოპტიმალური რეჟიმების შერჩევაში [14,15,16,18,21,27].

აღნიშნული სისტემები „აღამიანი - მანქანა“ კლასის სისტემებს მიეკუთვნებიან და მისი ფუნქციონირების ყველა ასპექტი არ ექვემდებარება ფორმალიზაციას. ამიტომ მოცემულ ქვეთავში განხილული იქნება მხოლოდ სისტემის ალგორითმული მოდელები. ტექნიკური სისტემები შედგებიან ორი ურთიერთდაკავშირებული ძირითადი ნაწილისაგან: ტექნოლოგიური და გადაწყვეტილებათა მიღების სისტემები (მართვა), რომლებიც ერთობლივი მუშაობის პროცესში ინფორმაციის ნაკადებით მუდმივად ახლდებიან.

ასეთი სახის სისტემების ოპტიმალური ფუნქციონირება შეუძლებელია მართვის პროცესის ნორმატიული ალგორითმული მოდელების ორგანიზაციის გარეშე, ალგორითმული სქემების ერთიანი სიმრავლე, ფორმალიზებული პროცედურები და წესები, რომლებიც ტექნოლოგიური პროცესის მოწესრიგების და ნებისმიერი საწყისი მდგომარებიდან მის „ნორმასთან“ მიყვანის საშუალებას იძლევა (ე.წ. „ნორმა“ შეესაბამება პროცესის იდეალურ წარმოდგენას). ნორმა შეიძლება იყოს სისტემის ერთადერთი ან შეზღუდული სიმრავლის ამსახველი მდგომარეობა. ნორმატიული ალგორითმული მოდელით მართვის პროცესის ყველა თავისებურება უნდა იყოს ასახული, რომელიც დასახული მიზნის მისაღწევად სისტემის ყველა ელემენტის ფუნქციონირებას მოაწესრიგებს.

სისტემური თეორიის შესაბამისად ტექნიკური სისტემები შეიძლება იერარქიულ დონეებად წარმოგადგინოთ, ამიტომ მათი კვლევის დროს საჭიროა გადაწყდეს დეკომპოზიციის ამოცანა, რაც დიდი განზომილების სისტემების შემთხვევაში სიძნელებთანაა დაკავშირებული. მისი გადაწყვეტის პერსპექტიულ ვარიანტს, ტექნოლოგიური იერარქიის საფუძველზე, სისტემის მდგენ ელემენტებს შორის, ეფექტურობის კრიტერიუმების გამოყენებით, მათ შორის არსებული ურთიერთდამოკიდებულებების დადგენა წარმოადგენს.

იერარქიის ნებისმიერ დონეზე მიმდინარე ყველა პროცესისათვის მახასიათებელია რაიმე დასაშვები ვარიანტების (რეჟიმების) არსებობა, რომლებიც სხვადასხვა შეზღუდვების დროს ფუნქციონირების საერთო მიზანთანაა გაერთიანებული. ზოგად შემთხვევაში გარე ფაქტორთა ზემოქმედების შედეგად სისტემა ერთი რეჟიმული მდგომარეობიდან გადადის სხვა რეჟიმში. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ტექნოლოგიური პროცესის პარამეტრების დასაშვები საზღვრებიდან გადახრამ შეიძლება გამოიწვიოს იერარქიის ყველა დონეზე მთელი სისტემის მდგომარეობის შეცვლა ახალი მდგომარეობის შესაბამისად.

რთულ „ადამიანი-მანქანა“ სისტემებში (რომლებსაც მიეკუთვნება ტექნიკური სისტემების ტექნოლოგიური პროცესების მართვა) მოცემული მიზნის მისაღწევად მათემატიკური აღწერის ადეკვატურობა შეიძლება მიღწეულ იქნას მხოლოდ სისტემის ელემენტების ფუნქციური მდგომარეობისა და ადამიანის ფაქტორს შორის არსებული ინფორმაციის „არამკაფიო“ ხასიათის გათვალისწინებით. ასეთი „არამკაფიო“ სისტემების კვლევის ერთ-ერთ მძლავრ ინსტრუმენტულ საშუალებას თანამედროვე არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის მათემატიკური აპარატი წარმოადგენს [15,16,18].

არამკაფიო სიმრავლეთა განმარტება შემოიტანა ლ. ზადემ, რომლის თანახმად ობიექტთა ერთობლიობა კლასიკური განმარტებით არ შეიძლება ჩაითვალოს სიმრავლედ, ვინაიდან იგულისხმება რომ ობიექტის რაიმე კლასისადმი არმიკუთვნებაში გადასვლა ხდება თანდათანობით და არა ერთბაშად.

რეალური მოქმედი სისტემის მართვა (მათ შორის წყალმომარაგების ტექნიკური სისტემების) არსებითად მიღებულ ეფექტურ გადაწყვეტილებათა მიმდევრობას წარმოადგენს, რომლებიც გარკვეული შეზღუდვების არსებობის პირობებში რაიმე მიზნის მიღწევისკენაა მიმართული. ამ მოტივითაა განპირობებული მკვლევართა ინტერესი შექმნან გადაწყვეტილებათა მიღების არამკაფიო სახის მოდელები.

ტექნიკური სისტემის მართვის ნებისმიერი პროცესი ამ სისტემის X მდგომარეობათა სიმრავლითა და მართვის შესაძლო მნიშვნელობათა სიმრავლით ხასიათდება. შესაბამისად X_t და U_t შეიძლება აღინიშნოს $t \in T$ დროითი მომენტის შესაბამისი მართვის მდგომარეობა და მნიშვნელობა. სისტემის ფუნქციონირება ანუ მართვის მდგომარეობა და მნიშვნელობა. სისტემის ფუნქციონირება ანუ მართვის ზემოქმედების შედეგად მისი ერთი სიტუაციური

მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში გადასვლა აღიწერება მდგომარეობის განტოლებით: $X_{t+1}=f(X_t,U_t)$. აქ იგულისხმება, რომ მდგომარეობათა ცვლა მდგომარეობს დისკრეტულ დროში $T=\{t\}=\{0,1,2,\dots\}$ გარდა ამისა თუ სისტემას გააჩნია მართვისა და მდგომარეობათა ცვალებადობის სასრული რიცხვი, მაშინ გადაწყვეტილებათა მიღების მრავალბიჯიანი პროცესი შეიძლება წარმოდგენილ იქნას (X,U,f,x_0,X_t) ავტომატ მოდელის სახით. სადაც $X=\{x_1,\dots,x_N\}$, $U=\{u_1,\dots,u_m\}$, f - გარდამავალი ასახვაა, $x_0 \in X$ – საწყისი მდგომარეობაა, $x_1 \in X$ საბოლოო მდგომარეობის სიმრავლეა. თუ დაგუშვებთ, რომ ფუნქციონირების მიზანი სივრცითი მდგომარეობით განისაზღვრება, ხოლო შეზღუდვები ედება მართვის მნიშვნელობებს, მაშინ გადაწყვეტილებათა მიღების მრავალბიჯიან პროცესში უნდა გვეძლეოდეს არამკაფიოების აღწერა: ა) მიზნები სივრცით მდგომარეობაში; ბ) შეზღუდვები მართვის სივრცეში; გ) გარდამავალი მახასიათებლები; დ) პროცესის დასრულების დრო.

როგორც აღვნიშნეთ ტექნიკური სისტემის ფუნქციონირება შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც ერთი „არამკაფიო“ მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში გადასვლა, რომელიც შემდეგ მიზანს ექვემდებარება: $N=t$ დროით მომენტში მიღწეულ იქნას X_N სისტემის ისეთი ‘არამკაფიო’ მდგომარეობა, რომელიც რაიმე ხარისხით ახლო იქნება C_t არამკაფიო შეზღუდვების არსებობისას წინასწარ განსაზღვრულ მოცემულ არამკაფიო მიზანს (არამკაფიო მდგომარეობას). ორ არამკაფიო სიმრავლეს შორის სიახლოვის საზომ ერთეულად აიღება ჰემინგის (წრფივი) ფარდობითი დაცილება;

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

საბოლოო მიზანი შეიძლება ფორმულირებულ იყოს G_1, G_2, \dots, G_{N-1} შუალედური მიზნების შესაბამისი სისტემის მდგომარეობის C_0, C_1, \dots, C_{N-1} შეზღუდვების $t=1, 2, \dots, N-1$ დროითი ინტერვალის მიხედვით. თუ ეს მიზნები არამკაფიო ხასიათისაა, მაშინ თითოეულ i -ურ ეტაპზე შეიძლება შეფასდეს მათი მიღწევის დონე [16]

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

ამავე დროს მაქსიმალური გადაწყვეტა განისაზღვრება როგორც:

$$\mu D(u_0^*, u_1^*, \dots, u_{N-1}^*) = \nu (\mu C_0(u_0) \wedge \mu C_1(u_1) \wedge \dots \wedge \mu C_{N-1}(u_{N-1}) \wedge \mu G_1^1 \wedge \mu G_1^1 \wedge \dots \wedge \mu G_N^1)$$

სადაც - u_0, u_1, \dots, u_{N-1}

ზემოთ აღნიშნული მოდელების საშუალებით შესაძლებელია სისტემის იერარქიის რაიმე λ დონეზე ფუნქციონირების j რეჟიმის შესაბამისი r ფაზის მდგომარეობა დახასიათდეს დროის თითოეულ მომენტში. რთული სისტემის ფუნქციონირების დაყოფა იერარქიის დონეებად, რეჟიმებად და ფაზებად მნიშვნელოვნად ამარტივებს მის აღწერას. აქ მოდელის „გამარტივება“ ლოკალურ რეჟიმში ობიექტის ფუნქციონირების კონკრეტულ პირობებთან დამოკიდებულებით გაგებულ უნდა იყოს როგორც მხოლოდ შესაძლო ცვლილებებისა და შეზღუდვების რიცხვის შემცირება. პრაქტიკაში ნებისმიერი ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობა ან პროდუქტის დამუშავება, როგორც წესი, თანმიმდევრულად ხორციელდება დროში - ვიდრე არ დამთავრდება პროცესის ან პროდუქტის დამუშავების წინა ფაზა, მომდევნო არ იწყება. შესაბამისად სრულდება სისტემის ფუნქციონირების თითოეული რეჟიმის დაყოფა მიმდევრობით სასრული ფაზების (ოპერაციების) მიხედვით.

აღნიშნულ კონტექსტში ნიშანდობლივია არამკაფიო შეფასების გამოყენებით გადაწყვეტილების მიღების კიდევ ერთი არამკაფიო მოდელის განხილვა სისტემების ლოგიკო - ლინგვისტიკური აღწერის მოდელით. ვთქვათ, ცნობილია სისტემის $X = \{X_1, \dots, X_m\}$ სიტყვიერად მოცემული შესასვლელი პარამეტრების სიმრავლე და აგრეთვე $Y = \{Y_1, \dots, Y_n\}$ სიტყვიერად მოცემული გამოსასვლელი პარამეტრების სიმრავლე. მაშინ $\forall X_j, j=1, m$ გადაწყვეტილებების მიღებისთვის წინასწარ განსაზღვრულია ლინგვისტიკური ცვლადების შესასვლელი მნიშვნელობის U_j სიმრავლე და $\forall Y_k$ -თვის, $K=1, n$ კი ლინგვისტიკური ცვლადების გამოსასვლელი მნიშვნელობის V_k სიმრავლე. შესაბამისად, ლინგვისტიკური ცვლადების ტერმინებში სისტემის ხარისხობრივი აღწერის სქემას ექნება შემდეგი სახე [16]:

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

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

თუ $a_{p1}, a_{p2}, \dots, a_{pm}$ მაშინ $b_{p1}, b_{p2}, \dots, b_{pn}$ სხვანაირად,

უწოდებენ არამკაფიო ხასიათის მსჯელობებს.

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

ამრიგად, სისტემის ყოფაქცევა $\Phi: U^m \rightarrow V^n$ ასახვითაც ხასიათდება. $a_{ij} \in U_j$ ლინგვისტიკური ცვლადების მნიშვნელობები შეესაბამებიან A_{ij} არამკაფიო ქვესიმრავლეს შესაბამისი $\mu_{A_{ij}} \in F(X_j)$ მინიჭების ფუნქციებით, ხოლო $b_{ik} \in V_k$ ლინგვისტიკური ცვლადები B_{ik} არამკაფიო ქვესიმრავლეს $\mu_{B_{ik}} \in F(Y_k)$ სახის მინიჭების ფუნქციებით. აქ: $F(X_j)$ და $F(Y_k)$ - არამკაფიო ქვესიმრავლეებია, განსაზღვრული X_j და Y_k ბაზურ სიმრავლეებში. ზოგადად Φ სახის ასახვას არამკაფიო ასახვა შეიძლება შეუთავსდეს შემდეგნაირად [16]:

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

რომელიც შეიძლება მიღებულ იქნას ყველა $\mu_{A_{ij}} \in F(X_j), \mu_{B_{ik}} \in F(Y_k)$ -თვის როგორც არამკაფიო შესაბამისობა

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

ასეთი სახის არამკაფიო შესაბამისობა ლოგიკურ იმპლიკაციას შეადგენს.

არამკაფიო დასკვნაში იგულისხმება ლინგვისტიკური ცვლადების მნიშვნელობათა $b' \in V^n : b' = (b'_1, \dots, b'_n)$ ვექტორის განსაზღვრის პროცედურა ლინგვისტიკური ცვლადების შესასვლელი მნიშვნელობების $a' = (a'_1, \dots, a'_m) \in U^m$ სახელი ნაკრები ვექტორის შესაბამისად. აღნიშნული შეიძლება შესრულდეს $\mu_{A_i}: X_j \rightarrow [0,1]$ არამკაფიო სიმრავლისა და Φ არამკაფიო შესაბამისობის

გამოყენებით. ამასთან ერთად b^1 უნდა შეესაბამებოდეს გამოსასვლელ $\mu_B \in F(Y^n)$ არამკაფიო შესაბამისობას, რომელიც ასე განისაზღვრება:

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

ლინგვისტიკური ცვლადების მნიშვნელობათა B' ვექტორი შეიძლება განისაზღვროს μ_B არამკაფიო შესაბამისობის ლინგვისტიკური აპროქსიმაციის შედეგად. ამასთანავე μ_B მააპროქსიმებელ ლინგვისტიკურ ცვლადებს შეადგენს ისეთი $c \in Y^n$ ვექტორი, რომლის დროსაც $\mu_c, \mu_c \in F(Y^n)$ გ მსგავსების საზომი მნიშვნელობა, μ_B -სთან მაქსიმალურია.

ამრიგად, აღნიშნულ ქვეთავში, წარმოდგენილი იყო წყალმომარაგების სისტემა, როგორც ტექნიკური სისტემის სტრუქტურის და მასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილებათა მიღების სისტემის ორი ურთიერთდაკავშირებული ნაწილი, რომლებიც ერთობლივი მუშაობის პირობებში მუდმივად ახლდებიან. ასეთი პრინციპით წარმოდგენილი წყალმომარაგების სისტემების ეფექტური ფუნქციონირება შეუძლებელი იქნება მართვის პროცესის ნორმალური ალგორითმული მოდელების (გადაწყვეტილებათა მიღების პროგნოზირების მოდელების) აგების გარეშე, რომელთა დახმარებით ასევე შეუძლებელი იქნება რეალური დროის მასშტაბში ეფექტური ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესის განხორციელება და შესაბამისი გადაწყვეტილებების მიღება მომხმარებელთა მიერ დამყარებული არასტაციონალური სახის წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიურ პროცესის ნორმალური მსვლელობის მიზნით.

3.2 წყლის მიწოდებისა და გადანაწილების სისტემების რთული იერარქიული სტრუქტურის ფუნქციონირების ხარისხის კომპლექსური შეფასება ოპერატიულ-დისპეტჩერულ-კოორდინირებული მართვის პროცესში (ოპერატიული შეფასებისა და პროგნოზირების ზოგადი მოდელის პროგრამის შედგენა დესკრიფციული მოდელირების საფუძველზე - სადემონსტრაციო მაგალითი).

$H1=41$, $d_{\text{კარგი}_{\text{cudi}}}=0.8$

$H2=35$, $d_{\text{ცუდი}_{\text{cu}}}=0.2$

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

s=LinearSolve[A,b]

{1.5,-0.476}

{-12.0027,0.329333}

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

d[H1]=0.800011

d[H2]=0.199963

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

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

b1=1.5

b2=-0.47

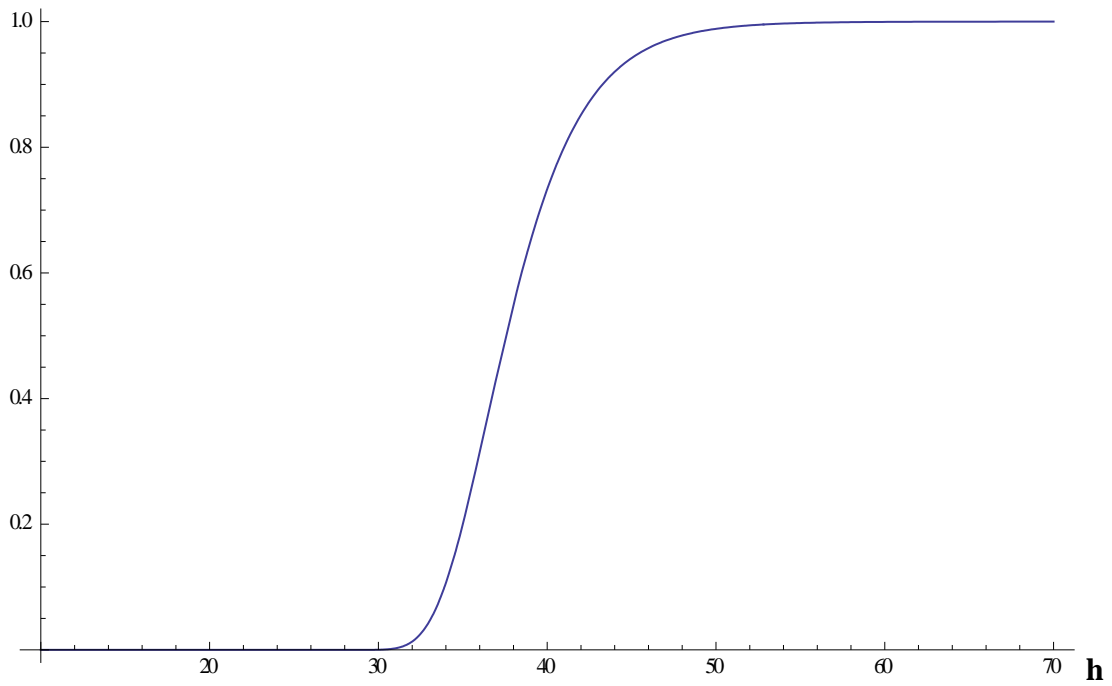
A=({ {1, H1},{1, H2} });b={b1,b2}

s=LinearSolve[A,b]

{1.5,-0.476}

{-12.0027,0.329333}

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

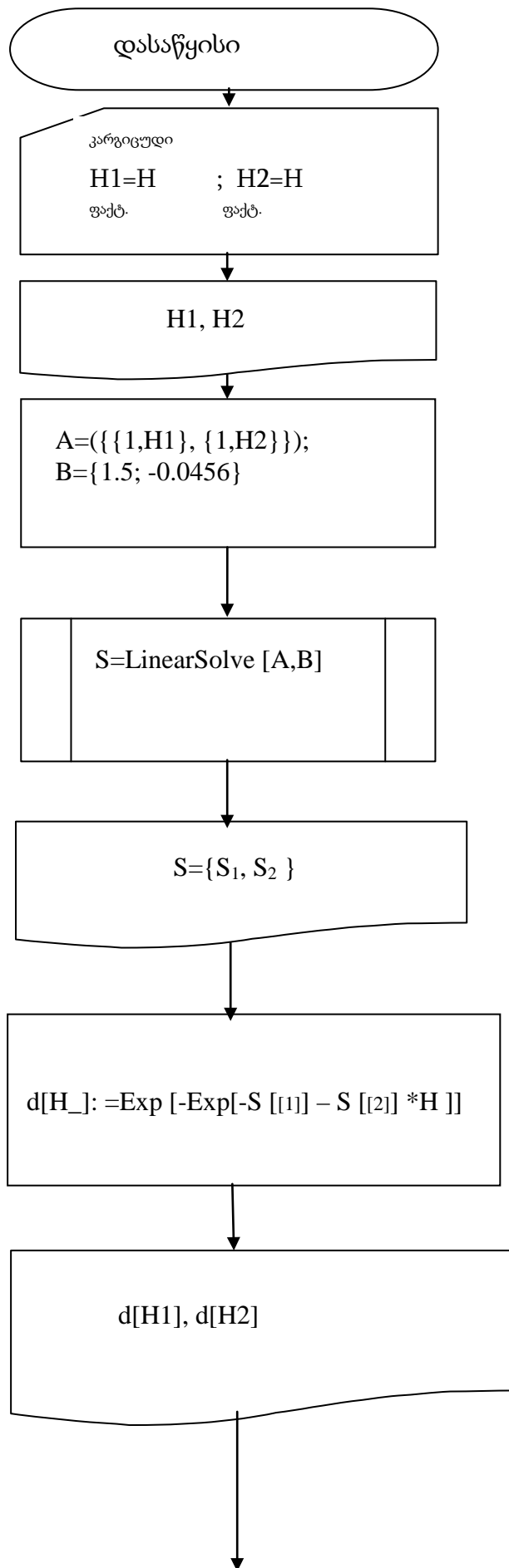


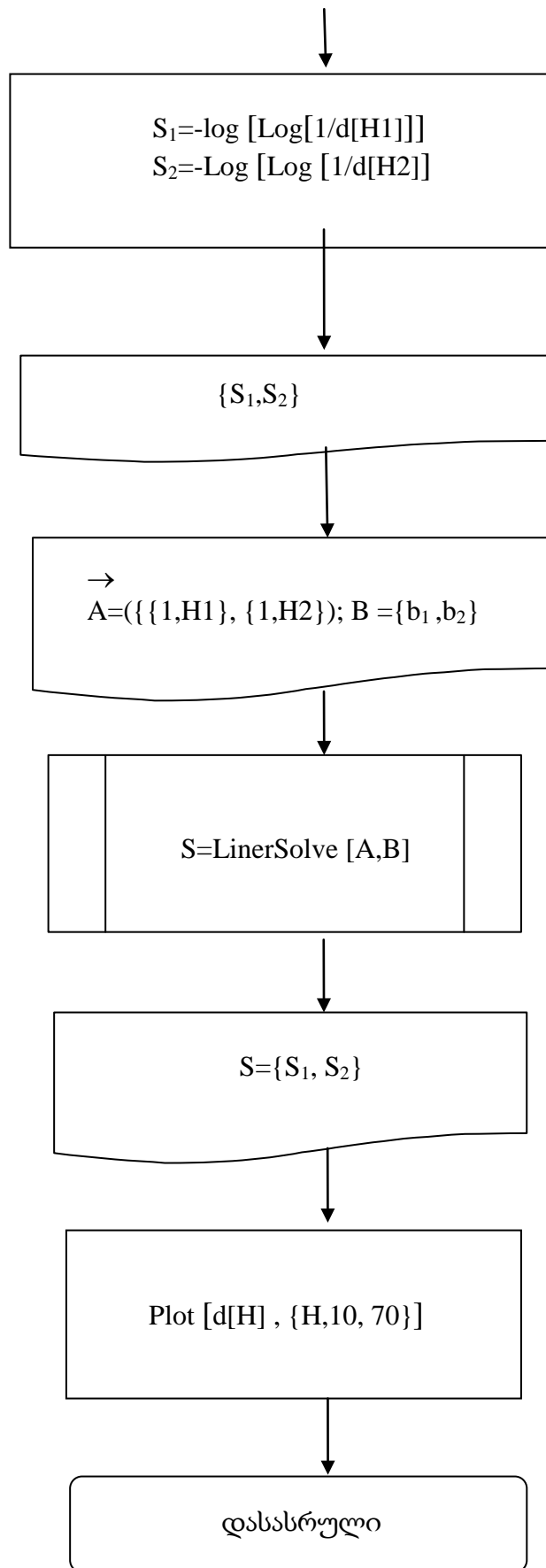
ნახ. 4. წყალმომარაგების ქსელში ფიქსირებული ფაქტობრივი დაწნევების ოპერატიული შეფასებისა და პროგნოზირების პროცესის მოდელირების ხარისხობრივ -კრიტერიული შეფასების უგანზომილებო სკალა

3.3. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მიღების კომპიუტერული პროგრამის ბლოკ-სქემის აღწერა მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებულ პროცესში ფიქსირებული დაწნევების შეფასებისა და პროგნოზირების შესაბამისად

წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის, რეალური დროის შესაბამისად, ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მიღების პრობლემის გადასაჭრელად შეიძლება შემდეგი ლიტერატურული წყაროების გამოყენება [13,15,17,21,22,23,30, 31,32,33,34,35].

ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამის ბლოკ-სქემა შესაბამისი აღწერით მოყვანილია ნახ.5 -ზე:





ბლოკი 2 – H_1 , H_2 –საწყისი მონაცემების შეტანა, სადაც $H_1 = H_{faqt.}^{k arg i}$,
 $H_2 = H_{faqt.}^{cudi}$

ბლოკი 3 – H_1 , H_2 ბეჭდვა.

ბლოკი 4 – წრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემის შედგენა, სადაც B – სისტემის მარჯვენა მხარეა, A – უცნობების კოეფიციენტების მიერ შედგენილი მატრიცაა, რომელშიც შედის $H_1 = H_{faqt.}^{k arg i}$, $H_2 = H_{faqt.}^{cudi}$, ხოლო $S = \{S_1, S_2\}$ უცნობებია.

ბლოკი 5 – წრფივ განტოლებათა სისტემის ამოხსნა S_1 და S_2 – უცნობების მიმართ.

ბლოკი 6 – $S_1 S_2$ ამონახსნების ბეჭდვა.

ბლოკი 7 – მოდელის ძირითადი-ფუნქციის განსაზღვრა (ანალიზური სახით ჩაწერა).

ბლოკი – 8 $d[H]$ – ფუნქციის მნიშვნელობების გამოთვლა H_1 , და H_2 – არგუმენტის მნიშვნელობისთვის და ბეჭდვა

ბლოკი 9–13 ზოგადი მოდელის შემოწმება.
კერძოდ:

ბლოკი – 9 S_1 და S_2 -ის გამოთვლა – $d[H_1]$ და $d[H_2]$ პარამეტრების გამოყენებით;

ბლოკი – 10 – S_1 და S_2 -ის მნიშვნელობების ბეჭდვა;

ბლოკი – 11 ახალი წრფივი განტოლების სისტემის შედგენა;

ბლოკი – 12 ახალი სისტემის ამოხსნა;

ბლოკი – 13 ახალი სისტემების ამონახსნის ბეჭდვა;

ბლოკი – 14 ხარისხობრივი შეფასების ფუნქციის $d[H]$ -ის აგება

თავი 4. წყალმომარაგების სისტემში, რეალური დროის შესაბამისად, მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის დონის ამაღლების საკითხები

მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალური (მოთხოვნილი) დონის შენარჩუნება რეალური დროის მასშტაბში წარმოადგენს წყალმომარაგების სისტემის ძირითად ფუნქციას. ამ ამოცანის შესასრულებლად, მობილიზირებულია მისი მდგენი ტექნიკური ელემენტები (წყალმიმღებები, გამწმენდი სადგურები, სატუმბო სადგურები, რეზერვუარები, წყალდენები და ა.შ.) და მათი მომსახურე პერსონალის საქმიანობა (შევნიშნავთ, რომ რეალური დროის მასშტაბში წყალმომარაგების სისტემის ექსპლუატაცია აუცილებლად მოითხოვს კვალიფიციური მომსახურე პერსონალის დასაქმებასა და მათ მიერ ფუნქციურ ელემენტებზე შესაბამისი ზედამხედველობის განხორციელებას). ამასთან დასაქმებული სპეციალისტების ფროფესიონალური მცდელობები დამყარებული ექსპლუატაციის პროცესში ნებისმიერ სიტუაციურ მდგომარეობაში მიმართულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური მსვლელობისა და მისი მუშაობის რეჟიმის რითმულობის შენარჩუნებასთან (მათ შორის, არაერთგვაროვან ავარიულ ან წინაავარიულ სიტუაციებში) - სწორედ აღნიშნული გარემოებანი განაპირობებს წყლის მიწოდებისა და განაწილების სქემებისა და მთლიანად წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის სიტუაციურ დახასიათებას [14,34,35].

აღსანიშნავია, რომ შეუძლებელია წინასწარ განისაზღვროს მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის მდგომარეობა მასზე მოქმედი დომინირებული შიდა და გარე ფაქტორების ქაოტური ზემოქმედების გამო. ამიტომ წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა მიერ

დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიურ პროცესს აქვს „ბუნდოვანი“ (არამკვეთრი) და რთული, უმართავი ხასიათი. ამასთან განსაკუთრებული პრობლემები წარმოიშობა ოპერატიულ-სადისპეტჩერო სუბიექტური მართვითი გადაწყვეტილებების შერჩევისას, რომლებიც თავის მხრივ ასევე ხასიათდებიან ფიქსირებული სიტუაციების განსაზღვრებათა ბუნდოვანობით. ეს შეიძლება იმით აიხსნას, რომ მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესი, როგორც ასეთი, არ ექვემდებარება პირდაპირ შეფასებას რომელიმე ერთი ფიზიკური პარამეტრით, ამ პროცესზე შეიძლება არაპირდაპირი დაკვირვების მოხდენა და ვიზუალური ანალიზის წამროება. კონკრეტული სიტუაციის პირობებში მომსახურე პერსონალი აანალიზებს სისტემისა და მისი ცალკეული ელემენტისგან მიღებულ ინფორმაციას: რეალურად განხორციელებულ ხარჯებს, ჩავარდნებს, ავარიებთან დაკავშირებულ შემთხვევებს და აგრეთვე იმ ადამიანთა მმართველობით ქმედებებთან დაკავშირებულ მონაცემთა დამუშავებას, რომლებიც სარგებლობენ არაპირდაპირი, მაგრამ გამოცდილების აქტიური მაჩვენებლით - წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ხარისხის მდგომარეობის შესაფასებლად, სისტემის რომელიმე ქვეჯგუფებში. ასეთი მაჩვენებელი შეიძლება იყოს დაწნევის ფიქსირებული სიდიდეები, რომლებიც იზომება ქსელის სივრცით საკვანძო-მახასიათებელ წერტილებში და სხვა მოქმედ ფუნქციურ ელემენტებში (რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლე, სატუმბო სადგურების მიერ განვითარებული დაწნევა და სხვა). ექსპლოატაციის ტრადიციული მეთოდებით თითოეული დაკვირვების წერტილის განლაგება უნდა ასახავდეს მოცემულ რეგიონში მომხმარებელთა შესაძლო დაკმაყოფილების დონის ობიექტურ სურათს ან ის შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც მოქმედ სისტემაში მდგომარეობის დასაშვებობის მაჩვენებელი. მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ხარისხის შეფასების მოხერხებულობისთვის სხვადასხვა რეგიონში, საჭიროა მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესის ორგანიზება.

საყურადღებო იქნება მოქმედი წყალმომარაგების სისტემის მაგალითზე ქ. ზელენოგრადი (რუსეთი), რომელიც ფუნქციონირებს მართვის ავტომატიზებული სისტემის პირობებში, დაგახასიათოთ მისი ფუნქციონირებისა და მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალური მსვლელობის დინამიკის სურათი ოპერატიულ-

სადისპეტჩერო მართვის პროცესში რეალური დროის შესაბამისად [10,11,12,15,19]. ამ სისტემაში, შესაბამისი ტექნიკური საშუალებების, კომუნიკაციებისა და ავტომატიზაციის არსებობის შემთხვევაში, შესაძლებელია ქსელის საკარნახო-მასხასიათებელ კვანძებში დაწინევის ცენტრალიზებული რეგულირება დეციმეტრების ფარგლებში და ასევე ფუნქციონალური ელემენტების მუშაობის რეჟიმების კორექტირება საკმაოდ ვიწრო დიაპაზონში (ასევე დეციმეტრებში).

წყალმომარაგების სისტემებისთვის, როგორც დროით-სივრცით განაწილებითი სისტემებისთვის, პრობლემის გადაწყვეტისას მომხმარებელთა წყალმომარაგების დონის საიმედოობისა და ეფექტურობის ასამაღლებლად, ტრადიციული აპარატების გარდა (ალბათობის და სისტემური თეორი მიდგომის), საჭიროა ასევე დამატებით იქნას მოზიდული უკვე არაკლასიფიცირებული თეორიული მეთოდების ანალიზის სხვა ფორმალური აპარატები (არაზუსტ სიმრავლეთა და შესაძლებლობათა თეორია, რომელიც შეიმუშავა ამერიკელმა მეცნიერმა ლ. ზადემ და დისონანსების თეორიები, რომლებიც წამოაყენა ცნობილმა ქართველმა ფსიქოლოგმა დ. უზნაძემ) [15]. ანალიზის შემოთავაზებული ინსტრუმენტები განკუთვნილია „ადამიანის მსგავსი“ ინტელექტუალური სუბიექტური მოსაზრებების და მოტივაციის მართვის პროცესების იმიტირებისთვის, რომელიც ნაკარნახებია სუბიექტური მოსაზრებების იმიტაციის აუცილებლობით მოტივების წარმოშობის, აზრთა და მიზანთა წარმოშობის პროცესებში, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ადამიანის ინტელექტუალური გადაწყვეტილებების მხარდაჭერის საშუალების სახით კომპიუტერთან მისი დიალოგის პროცესში.

ამგვარად, დასახული პრობლემის სრული გადაწყვეტისათვის გამოიყენება თანამედროვე ინფორმაციის როგორც არაფორმალური, ისე - ფორმალური თეორიული მეთოდები. ამ მეთოდების გამოყენების საფუძველზე, შესაძლებელი ხდება გადაწყვეტილების მიღება არაერთგვაროვან ნახევრადემპირიულ ამოცანასთან დაკავშირებით, ასევე მომხმარებელთა წყალმომარაგების კვაზისტოქასტიკური პროცესის ეფექტური კონტროლი, საიმედოობის დონის ამაღლების პირობებისა და საერთო ეფექტურობის პირობებში.

წყალმომარაგების რეალური სისტემების მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობისა და ეფექტურობის დონის ამაღლების დასახული პრობლემის ფარგლებში, უნდა გადაწყდეს ამოცანათა შემდეგი კომპლექსი:

*გამოკვლეულ იქნას მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღების მხარდამჭერი ინტელექტუალური „მრჩეველი“ სისტემების გამოყენების შესაძლებლობა წყალმომარაგების რთულ ინჟინერულ სისტემებში;

*შემუშავებულ იქნას წყალმომარაგების სისტემების მომხმარებელთა წყლის მიწოდების პროცესის ოპერატიული კონტროლის მოდელირებისა და შერჩევის სტრატეგიების ტექნოლოგია;

*მოხდეს მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დიაგნოსტიკურ-მმართველობითი საექსპერტო ინტელექტუალური სისტემების შემუშავება და დანერგვა;

*შემუშავებულ იქნას წყალმომარაგების სისტემების (წყლის მიწოდების ქსელის, სატუმბო სადგურების, რეზერვუარებისა და ა.შ.) ელემენტების ფუნქციონირების ხარისხის, ეფექტურობისა და თვითშეთანხმებულობის კვლევის ექსპერიმენტალური მეთოდები.

დღეისათვის ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებითი სისტემები და მართვის ინტელექტუალური სისტემების საფუძვლების აგების ახალი მიდგომები [1, 2] წყალმომარაგების სისტემების მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დონის საიმედოობისა და ეფექტურობის ამაღლებასთან დაკავშირებულ ამოცანათა დასახული კომპლექსის გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა, რის თვალსაჩინო ნიმუშსაც წარმოადგენს წყალმომარაგების წარმატებით ფუნქციონირებადი სისტემა ქალაქ ზელენოგრადში.

საყურადღებოა აღწერილ იქნას ქ. ზელენოგრადის წყალმომარაგების სისტემა, რომელიც როგორც აღვნიშნეთ ფუნქციონირებს მართვის ავტომატიზებული სისტემის პირობებში. აქ წყალმომარაგების სისტემა შედგება ცხრა წყალგამტარი კვანძისგან, რომლებიც წყალს არტეზიული ჭებიდან იღებენ და აწვდიან ერთიან წრიულ ქსელს. სისტემა მუშაობს პრინციპით „სატუმბო სადგური - მომხმარებელი“, რომელიც ხორციელდება ტექნოლოგიური პროცესის მართვის ავტომატიზირებული სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო ფარგლებში. ამ სისტემაში ერთიანი ტექნოლოგიური პროცესის მართვა შემდგენაირად ხორციელდება [15]:

*არსებული გადამწოდების სისტემით სრულდება წნევის კონტროლი სისტემის ათ მახასიათებელ წერტილში და ხარჯის კონტროლი სატუმბო სადგურების გამოსასვლელებში;

*სისტემაში წყლის მიწოდება სატუმბო სადგურებისთვის რეგულირება;

*სადისპეტჩეროში სრულდება მთლიან ქალაქისთვის ტექნიკურ-ეკონომიკური მჩვენებლების გაანგარიშება (ელექტროენერჯის კუთრი მოხმარება, ერთ მაცხოვრებელზე წყლის კუთრი მოხმარება დღე-ღამის განმავლობაში).

*შედგად, ქ. ზელენოგრადის მაგალითზე [15,19], დასტურდება წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის საიმედოობისა და ეფექტურობის ამაღლების შესაძლებლობა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობის პირობებში. ამ სისტემის დადებითი გამოცდილება შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების (თბილისი, ბათუმი და სხვა) პრაქტიკაში, მათში ავტომატიზებული მართვის სისტემის განხორციელების შემთხვევაში.

4.1. საექსპერტო შეფასებების საფუძველზე წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემის ეფექტურობის კვლევა

წყალმომარაგების მართვის თანამედროვე ავტომატიზებული სისტემები უნდა აკმაყოფილებდეს მოთხოვნათა მთელ კომპლექსს, რომლებიც ხშირად ერთმანეთს ეწინააღმდეგება. ამასთან, წარმოიშვა კვლევის ქვეშ არსებული სისტემების წამოყენებულ მოთხოვნებთან [9,13,22,25,27,31] შესაბამისობის დონის კომპლექსური შეფასების მეთოდების შემუშავების აუცილებლობა.

ამგვარი შეფასებები განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემების კვლევის ეტაპზე, რადგან სწორედ საანგარიშო მონაცემების ანალიზი იძლევა მოქმედი სისტემების ფუნქციონირების იმ ვარიანტების შერჩევის საშუალებას, რომლებიც უზრუნველყოფენ ექსპლუატაციის პროცესში მიცემული ფუნქციების მაქსიმალურად და ეფექტურად შესრულებას [1,2].

სისტემის თვისებების ზოგადი დახასიათებისთვის გამოიყენება ეფექტურობის ცნება. სისტემის ეფექტურობის ქვეშ იგულისხმება დასახული ამოცანების შესასრულებლად. მახასიათებელი თვისებების მთლიანობა, რომელიც სისტემის მორგებულობის დონეს აფასებს განსაზღვრული ფორმით. წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობა უმეტეს შემთხვევაში ხასიათდება რაომდენიმე მაჩვენებლით, კერძოდ [9, 15]:

*სისტემის ეფექტურობა განიხილავს თვისებების ფაქტიურ ერთობლივობას, რომელთაგან თითოეული ხასიათდება ეფექტურობის საკუთარი მახასიათებლებით;

*წყალმომარაგების დიდი და რთული ავტომატიზებული მართვის სისტემები ცაკლე ქვესისტემებისგან შედგება, ამასთან ნებისმიერი ამათგანი ფასდება ეფექტურობის განსაზღვრული მაჩვენებლებით;

*როგორც წესი, წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემები სხვადასხვა რეჟიმებში მუშაობენ, რომლებიც შესაბამისად მართვის სხვადასხვა

ხასიათის ამოცანებს ხსნიან. ამასთან თითოეული ამ რეჟიმთაგანი ხასიათდება ეფექტურობის საკუთარი მაჩვენებლებით.

აღნიშნულ ქვეთავში წარმოდგენთ ეფექტურობის მაჩვენებლებს განსაზღვრული ფუნქციონალების ფორმით, რომლებიც დამოკიდებულია საკვლევი პარამეტრების მნიშვნელობებზე. ამასთან, სისტემის პარამეტრების ქვეშ მოიაზრება პარამეტრები, რომლებიც ახასიათებენ ცალკე ელემენტებისა და მთლიანად სისტემის ფუნქციონირების ხარისხს - საიმედოობას, ღირებულებას, წონას, გაბარიტებს, ენერგომომარებასა და სხვა თვისებებს. იგივე ჯგუფს განეკუთვნება პროგრამული და საინფორმაციო უზრუნველყოფის სხვადასხვა რაოდენობრივი მაჩვენებლები.

მართვის ავტომატიზებული სისტემის პარამეტრების მაჩვენებლების ერთობლიობა ავღნიშნოთ q_i -ით ($i=1,2,\dots,n$)და მას შეუსაბამოთ n -განზომილებიანი სივრცის შესაბამისი წერტილი. აშკარაა, რომ მითითებული გარემოებების გამო, საჭიროა მოცემული პარამეტრების (q_1, q_2, \dots, q_n) მნიშვნელობათა ერთობლიობა განვიხილოთ, როგორც n -განზომილებიანი შემთხვევითი ვექტორი q . ამ ვექტორის კოორდინატებს შეუძლიათ მიიღონ ისეთი მნიშვნელობები Q -ს სიმრავლის რაიმე არეღან, რომლებიც განისაზღვრება უტოლობებით:

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

თუ გავითვალისწინებთ, რომ სისტემის სტრუქტურა მოცემულია, მაშინ Ξ_p -ს ეფექტურობის მაჩვენებლები შეიძლება წარმოდგენილ იქნას q_i ფუნქციების პარამეტრების სახით, ანუ

$$\Xi_p = f(q_1, q_2, \dots, q_n), \quad p=1,2,\dots, m$$

შესაბამისად, $\Xi_1, \Xi_2, \dots, \Xi_p, \dots, \Xi_m$ მნიშვნელობათა მთლიანობა განხილულ უნდა იქნას, როგორც m სისტემის სიდიდე, ან როგორც m -განზომილებიანი ვექტორი, რომელიც განისაზღვრება რაიმე სტრუქტურის წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემის შემთხვევაში.

წყალმომარაგების სხვადასხვა ავტომატიზებული მართვის სისტემის ეფექტურობის კრიტერიუმების საფუძველზე გადაწყვეტილებების შერჩევა შეიძლება განხორციელდეს ავტომატურად მართვადი სისტემებით, ცალკე

პირების ან ადამიანიანთა ჯგუფების მიერ, ასევე ადამიანისა და მართვის მოწყობილობების მიერ (სისტემა: ადამიანი-მანქანა), რომლებიც ერთიანდებიან და მოისაზრებიან წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემაში.

აქ შეიძლება გამოყენებულ იქნას: ეფექტურობის პირობითი კრიტერიუმები -მკაცრი პრიორიტეტის პრინციპზე დაფუძნებული კრიტერიუმები, რომლებიც ეფუძნება მოქნილი პრიორიტეტის პრინციპს და სხვ. ეფექტურობის ყველა ეს კრიტერიუმი გარკვეული ზომით სუბიექტურია და მათი შერჩევისა და ფორმულირებისას დაშვებულია განსაზღვრული სუბიექტური მიდგომა. ამასთან, პირობითი კრიტერიუმების დასაბუთება, და ასევე ეფექტურობის განზოგადებული მაჩვენებლების შერჩევა, უმეტეს შემთხვევაში, ხდება საექსპერტო შეფასებების საფუძველზე, რომლებიც ექსპერტთა ერთი ჯგუფის ან რამოდენიმე ჯგუფის გამოკითხვის შედეგების მონაცემთა დამუშავების გზით მიიღება.

ექსპერტთა პოზიციების შეთანხმების ტრადიციულ მეთოდს წარმოადგენს დისკუსიის ჩატარება, რომლის შედეგადაც შემუშავდება გადაწყვეტილებათა მიღების საერთო აზრი. ამასთან, ამგვარ მიდგომას მთელი რიგი ხარვეზები ახასიათებს. მაგალითად, ამა თუ იმ გადაწყვეტილების მიღება უმეტეს შემთხვევაში აიხსნება ცალკე ექსპერტების მსჯელობის დამაჯერებლობით- იმით, რომ მათ არ აქვთ სურვილი უარი თქვან ადრე გამოთქმულ მოსაზრებაზე და ასევე რიგი სხვა ფსიქოლოგიური ფაქტორით.

დედფის მეთოდს არ გააჩნია ამგვარი ხარვეზები. ის გულისხმობს გამოკითხვათა საგულდაგულოდ შემუშავებული პროგრამების განხორციელებას, რომლებიც უმეტეს შემთხვევებში ტარდება ანკეტების გამოყენებით [15]. და ბოლოს, უნდა აღინიშნოს, რომ წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემების ეფექტურობის კვლევა ექსპერტების დასკვნების საფუძველზე მიზანშეწონილია ამა თუ იმ მეთოდის გამოყენებით, რომლებიც მოიცავს და ემყარება Ξ_1 , Ξ_2 , Ξ_n სისტემების ეფექტურობის მაჩვენებელთა ერთობლივობას. შედეგები დ მათი განსჯა

5. შედეგები და მათი განსჯა

წყალმომარაგების სისტემა უნდა დაექვემდებაროს მართვის ისეთ სტრატეგიას, რომელიც ორიენტირებული იქნება სისტემურ-ლოგისტიკური მართვის თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და მეთოდოლოგიური მიდგომების გამოყენებასზე. კერძოდ, ასეთ შემთხვევაში წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირება დაემყარება როგორც ერთიანი ლოგისტიკური ორგანიზაციის სამეურნეო-სააბონენტო-სერვისული ხასიათის ამოცანების, ასევე რეალური დროის შესაბამისად მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ნორმალური ტექნოლოგიური პროცესის შენარჩუნებას ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პირობებში [15,19].

აღნიშნულ კონტექსტში წყალმომარაგების მოქმედ სისტემებში სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მეთოდოლოგიური მიდგომის ასპექტების გამოყენება გამიზნულია თავად წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ეფექტურ ორგანიზაციასთან კომპიუტერის გამოყენებასა და მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის შენარჩუნებისთვის, რაც შედეგად, რეალური დროის შესაბამისად, მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ნორმალური პროცესის მსვლელობა-შენარჩუნების გარანტიას იძლევა.

წყალმომარაგების სისტემა (ისე როგორც სხვა ნებისმიერი ტექნიკური სისტემა) იმ სტრუქტურით ხასიათდება, რომელიც მის ცალკეულ ელემენტებს შორის დამოკიდებულებებსა და კავშირებს განაპირობებს. ამ სისტემის ელემენტებს შორის სტრუქტურით შეთახმებული ფუნქციონირება ქმნის მიზნობრივ პროცესს - ეს არის სისტემის ფუნქციონირების პროცესი. როგორც წესი, ტექნიკური სისტემის (და მისი ელემენტების) ფუნქციონირება დროის მოცემულ $[0, t]$ ინტერვალში რაიმე საბოლოო მიზნის მიღწევისკენაა მიმართული. მოცემული მიზნის მიღწევის წარმატებულობა (ეფექტურობა) უმეტეს წილად დამოკიდებულია ორი ძირითადი ამოცანის სწორ გადაწყვეტაზე: სისტემის ორგანიზაციულ სტრუქტურასა და ელემენტების ფუნქციონირების ოპტიმალური რეჟიმების შერჩევაში [15].

აღნიშნული სისტემები „ადამიანი - მანქანა“ კლასის სისტემებს მიეკუთვნებიან და მისი ფუნქციონირების ყველა ასპექტი არ ექვემდებარება ფორმალიზაციას. ამიტომ მოცემულ ქვეთავში განხილული იქნება მხოლოდ სისტემის ალგორითმული მოდელები. ტექნიკური სისტემები შედგებიან ორი ურთიერთდაკავშირებული ძირითადი ნაწილისაგან: ტექნოლოგიური და გადაწყვეტილებათა მიღების სისტემები (მართვა), რომლებიც ერთობლივი მუშაობის პროცესში ინფორმაციის ნაკადებით მუდმივად ახლდებიან.

ასეთი სახის სისტემების ოპტიმალური ფუნქციონირება შეუძლებელია მართვის პროცესის ნორმატიული ალგორითმული მოდელების ორგანიზაციის გარეშე, ალგორითმული სქემების ერთიანი სიმრავლე, ფორმალიზებული პროცედურები და წესები, რომლებიც ტექნოლოგიური პროცესის მოწესრიგების და ნებისმიერი საწყისი მდგომარებიდან მის „ნორმასთან“ მიყვანის საშუალებას იძლევა (ე.წ. „ნორმა“ შეესაბამება პროცესის იდეალურ წარმოდგენას). ნორმა შეიძლება იყოს სისტემის ერთადერთი ან შეზღუდული სიმრავლის ამსახველი მდგომარეობა. ნორმატიული ალგორითმული მოდელით მართვის პროცესის ყველა თავისებურება უნდა იყოს ასახული, რომელიც დასახული მიზნის მისაღწევად სისტემის ყველა ელემენტის ფუნქციონირებას მოაწესრიგებს.

სისტემის თვისებების ზოგადი დახასიათებისთვის გამოიყენება ეფექტურობის ცნება. სისტემის ეფექტურობის ქვეშ იგულისხმება დასახული ამოცანების შესასრულებლად. მახასიათებელი თვისებების მთლიანობა, რომელიც სისტემის მორგებულობის დონეს აფასებს განსაზღვრული ფორმით. წყალმომარაგების ავტომატიზირებული მართვის სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობა უმეტეს შემთხვევაში ხასიათდება რაიმდენიმე მაჩვენებლით, კერძოდ [15]:

*სისტემის ეფექტურობა განიხილავს თვისებების ფაქტიურ ერთობლივობას, რომელთაგან თითოეული ხასიათდება ეფექტურობის საკუთარი მახასიათებლებით;

*წყალმომარაგების დიდი და რთული ავტომატიზებული მართვის სისტემები ცაკლე ქვესისტემებისგან შედგება, ამასთან ნებისმიერი ამათგანი ფასდება ეფექტურობის განსაზღვრული მაჩვენებლებით;

*როგორც წესი, წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემები სხვადასხვა რეჟიმებში მუშაობენ, რომლებიც შესაბამისად მართვის სხვადასხვა ხასიათის ამოცანებს ხსნიან. ამასთან თითოეული ამ რეჟიმთაგანი ხასიათდება ეფექტურობის საკუთარი მაჩვენებლებით.

მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალური (მოთხოვნილი) დონის შენარჩუნება რეალური დროის მასშტაბში წარმოადგენს წყალმომარაგების სისტემის ძირითად ფუნქციას. ამ ამოცანის შესასრულებლად, მობილიზირებულია მისი მდგენი ტექნიკური ელემენტები (წყალმიმღებები, გამწმენდი სადგურები, სატუმბო სადგურები, რეზერვუარები, წყალდენები და ა.შ.) და მათი მომსახურე პერსონალის საქმიანობა (შეგნიშნავთ, რომ რეალური დროის მასშტაბში წყალმომარაგების სისტემის ექსპლუატაცია აუცილებლად მოითხოვს კვალიფიციური მომსახურე პერსონალის დასაქმებასა და მათ მიერ ფუნქციურ ელემენტებზე შესაბამისი ზედამხედველობის განხორციელებას). ამასთან დასაქმებული სპეციალისტების ფროფესიონალური მცდელობები დამყარებული ექსპლუატაციის პროცესში ნებისმიერ სიტუაციურ მდგომარეობაში მიმართულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური მსვლელობისა და მისი მუშაობის რეჟიმის რითმულობის შენარჩუნებასთან (მათ შორის, არაერთგვაროვან ავარიულ ან წინაავარიულ სიტუაციებში) - სწორედ აღნიშნული გარემოებანი განაპირობებს წყლის მიწოდებისა და განაწილების სქემებისა და მთლიანად წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის სიტუაციურ დახასიათებას.

აღსანიშნავია, რომ შეუძლებელია წინასწარ განისაზღვროს მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის მდგომარეობა მასზე მოქმედი დომინირებული შიდა და გარე ფაქტორების ქაოტური ზემოქმედების გამო. ამიტომ წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიურ პროცესს აქვს „ბუნდოვანი“ (არამკვეთრი) და რთული, უმართავი ხასიათი. ამასთან განსაკუთრებული პრობლემები წარმოიშვება ოპერატიულ-სადისპეტჩერო სუბიექტური მართვითი გადაწყვეტილებების შერჩევისას, რომლებიც თავის მხრივ ასევე ხასიათდებიან ფიქსირებული სიტუაციების განსაზღვრებათა

ბუნდოვანობით. ეს შეიძლება იმით აიხსნას, რომ მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესი, როგორც ასეთი, არ ექვემდებარება პირდაპირ შეფასებას რომელიმე ერთი ფიზიკური პარამეტრით, ამ პროცესზე შეიძლება არაპირდაპირი დაკვირვების მოხდენა და ვიზუალური ანალიზის წამროება. კონკრეტული სიტუაციის პირობებში მომსახურე პერსონალი აანალიზებს სისტემისა და მისი ცალკეული ელემენტისგან მიღებულ ინფორმაციას: რეალურად განხორციელებულ ხარჯებს, ჩავარდნებს, ავარიებთან დაკავშირებულ შემთხვევებს და აგრეთვე იმ ადამიანთა მმართველობით ქმედებებთან დაკავშირებულ მონაცემთა დამუშავებას, რომლებიც სარგებლობენ არაპირდაპირი, მაგრამ გამოცდილების აქტიური მაჩვენებლით - წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ხარისხის მდგომარეობის შესაფასებლად, სისტემის რომელიმე ქვეჯგუფებში. ასეთი მაჩვენებელი შეიძლება იყოს დაწნევის ფიქსირებული სიდიდეები, რომლებიც იზომება ქსელის სივრცით საკვანძო-მახასიათებელ წერტილებში და სხვა მოქმედ ფუნქციურ ელემენტებში (რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლე, სატუმბო სადგურების მიერ განვითარებული დაწნევა და სხვა). ექსპლოატაციის ტრადიციული მეთოდებით თითოეული დაკვირვების წერტილის განლაგება უნდა ასახავდეს მოცემულ რეგიონში მომხმარებელთა შესაძლო დაკმაყოფილების დონის ობიექტურ სურათს ან ის შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც მოქმედ სისტემაში მდგომარეობის დასაშვებობის მაჩვენებელი. მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ხარისხის შეფასების მოხერხებულობისთვის სხვადასხვა რეგიონში, საჭიროა მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესის ორგანიზება [15,30].

წყალმომარაგების მართვის ავტომატიზებული სისტემის საპროექტო აგების ამოცანა განხილული უნდა იქნას ავტომატიზაციის სისტემური შესაძლებლობების პოზიციიდან გამომდინარე:

*ექსპერტული გადაწყვეტილებების მიღების გზით გათვალისწინებულ იქნას ადამიანის შესაძლებლობა და ამით ამაღლდეს სისტემის ფუნქციონირების ეფექტურობა და ხარისხი;

*ჩამოყალიბებული ცოდნის საფუძვლის გამოყენებით დაჩქარდეს ეფექტურ გადაწყვეტილებათა მიღების პერსპექტიული (სწორი) გზების გამოვლენა და მათი დროული რეალიზაცია.

*ამრიგად, შესაძლებელი გახდება საკვლევ მრავალკრიტერიულ ამოცანაში მრავალი კრიტერიუმის "შეკვრა" ერთ გლობალურ კრიტერიუმად, რისი მიღწევაც არა მარტო მეცნიერებაა, არამედ-გარკვეული ხელფენებაც (გ. პოსპელოვი-პროგრამულ-მიზნობრივი დაგეგმვა და მართვა).

როგორც ცნობილია, წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის პროცესი იცვლება დროსა და სივრცეში და ხასიათდება გარკვეული არასტაციონარულობით. ამასთან დაკავშირებით, რეალური დროის მასშტაბში, ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის განხორციელება რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანაა. ამოცანის სირთულეს ისიც განაპირობებს, რომ წყალმომარაგების სისტემაში დამყარებული წყლით მოხმარების რეჟიმის, ანუ მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ცვალებადობა წინასწარ ცნობილი არ არის. წყლის მომხმარებლები თავად აყენებენ მოთხოვნას წყლის ხარჯვაზე, რომელიც მკვეთრად იცვლება წლის სეზონების, კვირის დღეების და დღე-ღამის საათების მიხედვით. მაგალითად, დღე-ღამის განაკვეთში წყლის მოხმარების ექსტრემალური მნიშვნელობები ფიქსირდება დილის და საღამოს ე.წ. „პიკ“ პერიოდებში [15].

წყლით უზრუნველყოფის ნორმალური მდგომარეობის უზრუნველყოფისა და დროში შენარჩუნების მიზნით საჭიროა შესაბამისი მართვის გადაწყვეტილებების მიღება. რეალური დროის მასშტაბში ოპერატიული მართვის განხორციელების მიზნით, როგორც ნაშრომშია რეკომენდებული, გამოყენებული უნდა იქნას სისტემის მოქმედი ელემენტი ნაგებობების (წყალმიმღები, სატუმბი სადგურები, რეზერვუარები და ძირითადი მანაწილებელი ქსელი) ფუნქციონირების შესახებ „უკუკავშირების“ ინფორმაცია. „უკუკავშირების“ პროცესში უმთავრესია ის ინფორმაცია, რომელიც ეფუძნება მანაწილებელ ქსელში დაკვირვებული პიეზომეტრული დაწნეგების განაწილებას და რომელიც მიმდინარე დროში ფიქსირდება სადისპეტჩერო სამსახურის პულტში. ამ შემთხვევაში ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის

ეფექტურად წარმართვის მიზნით ძირითადად გამოყენებული უნდა იქნას მანაწილებელი ქსელის საკონტროლო-მანახსიათებელ წერტილებში პიეზომეტრული დაწნევების მიხედვით შედგენილი დესკრიფციული ტიპის მოდელები [15].

შემოთავაზებული სისტემური მეთოდოლოგიის თანახმად, სადისერტაციო ნაშრომის მიზანი და კვლევის ამოცანა ემყარება ეფექტური ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის განხორციელების რეალური დროის მასშტაბში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის შესაბამისად. ამ შემთხვევაში რეალური წყალმომარაგების სისტემა (წყლის მიწოდების და განაწილების სისტემა) შედგენილია გარკვეული ელემენტ-ნაგებობებით და მათი ერთობლივი მოქმედების რეგლამენტიც ცნობილია. ამავე დროს, რეალური სიტუაციის მიხედვით სისტემის ფუნქციონირება შეიძლება შეესაბამებოდეს სხვადასხვა საპროექტო ფუნქციონირების ხარისხს, კერძოდ:

*სისტემა ვერ აკმაყოფილებს მოთხოვნილ მიზნებს;

*სისტემა ვერ უზრუნველყოფს საპროგნოზო შედეგებს;

*სისტემა ვერ ფუნქციონირებს ისე, როგორც ეს თავდაპირველად იყო დაგეგმილი.

ჩამოთვლილ სიტუაციურ მდგომარეობათა გამოსაკვლევად შემოთავაზებულ მეთოდოლოგიაში გამოყენებულია დაპროექტების „სისტემური პარადიგმის“ მიდგომა, რომელიც ხორციელდება ე.წ. „ინტროსპექციის გზით“. ეს ნიშნავს, რომ დროის მოცემულ მომენტში წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის დადგენისათვის ვსაზღვრავთ სისტემის ცალკეული შემადგენელი ელემენტის (ან ელემენტთა ერთობლიობის) მანახსიათებელი პარამეტრების სიდიდეს და წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების ბაზის შესაბამისად ვიღებთ ოპერატიული მართვის ეფექტურ გადაწყვეტილებებს განსახორციელებლად. აქვე აღსანიშნავია, რომ სიტუაციურ მდგომარეობათა დაპროექტების ინტროსპექციის მიდგომით შესაძლებელია განისაზღვროს დროის მოცემულ მომენტში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ნორმალური ან გადახრილი „მდგომარეობის ვექტორი“, შესაბამის მოქმედ ელემენტთა

ფუნქციონირების „აქტიური რეჟიმები“, რომლებიც უზრუნველყოფენ მომხმარებელთა წყლის მოხმარების მოთხოვნილ რეჟიმს. აღნიშნულის განსახორციელებლად მიზანშეწონილი იქნება ე.წ. აზრობრივი „აქტიური ექსპერიმენტების“ ჩატარება ჩვენ მიერ წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების გამოყენებით. ეს საშუალებას მოგვცემს, ხელოვნურად ჩავატაროთ აზრობრივი „აქტიური ექსპერიმენტები“ მანამდე, სანამ არ მივადწევთ მანაწილებელ ქსელსა და სისტემის სხვა ელემენტში ტექნოლოგიური პარამეტრების სასურველ მდგომარეობას. აქ უმთავრესი ისაა, რომ სისტემის სასურველი მდგომარეობა მიღწეულ იქნას ე.წ. „დაბალანსების“ პრინციპის აუცილებელი დაცვით, კერძოდ, ოპერატიული მართვის პირობებში, უზრუნველყოფილ იქნას წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციურ სქემებში ტექნოლოგიური პარამეტრების (დაწნევების, რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლეების და სხვ.) შენარჩუნება ისეთი დიაპაზონის ფარგლებში, რომ არ დაირღვეს მომხმარებელთა ნორმალური (შეუფერხებელი) წყლით უზრუნველყოფა დროის ნებისმიერ მომენტში. პრაქტიკულად ეს იმას ნიშნავს, რომ დროის მოცემულ მომენტში მოწოდებული წყლის ხარჯი ტოლი უნდა იყოს მომხმარებელთა მიერ დახარჯული წყლის მოცულობისა. თუ აღნიშნავთ, რომ მომხმარებელი თავად აყალიბებს მოთხოვნას წყალზე, ცხადი ხდება დასმული ამოცანის გადაწყვეტის როგორც მათემატიკური გადაწყვეტა, ასევე პრაქტიკულად მისი განხორციელება დროის მოცემული მომენტის შესაბამისად.

შემოთავაზებული სისტემურ მეთოდოლოგია როგორც პასიური, ასევე აქტიური ექსპერიმენტების შემთხვევაში (იხ. ბლოკ-სქემა, ნახ. 10). ზოგადად მისაღებია როგორც წყალმომარაგების ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი სისტემებისათვის, ასევე წყალმომარაგების სისტემებისათვის, რომლებიც ფუნქციონირებენ მართვის ავტომატიზებული სისტემის პირობებში.

წყალმომარაგების ჩვეულებრივ პირობებში ფუნქციონირების დროს შემდგენი ელემენტები ფუნქციონირებენ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალის ინტუიციისა და გამოცდილების მიხედვით ანუ პასიური ელემენტების შესაბამისად. ამ შემთხვევაში გამორიცხულია სისტემის მომუშავე ელემენტების ეფექტური რეჟიმი, ამასთან, დისპეტჩერი ოპერატიული მართვის პროცესში მიმართავს ე.წ. „პასიურ ექსპერიმენტს“ „მოსინჯვა - შეცდომის“ პრინციპის შესაბამისად. სულ სხვა მდგომარეობა ფიქსირდება მართვის

ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში. ამ შემთხვევაში დისპეტჩერი დროის რაიმე მომენტში იღებს ინფორმაციას სისტემაში მოქმედი ელემენტების ფუნქციონირების შესახებ-ატარებს ე.წ. „აქტიურ ექსპერიმენტირებას“- გამორიცხავს ინტუიციური მართვის შესაძლებლობას.

წყალმომარაგების სისტემის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში შესაძლებელია სისტემის შემადგენელი ელემენტებიდან გადაშვებით მიღებული ინფორმაცია დამუშავდეს საკონტროლო-მანქანათმშენებელი წერტილებისათვის წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების ბაზაზე და შესაბამისად, მიღებულ იქნას ოპერატიული მართვის გადაწყვეტილება როგორც ცალკეულად აღებული ელემენტებისათვის, ასევე ელემენტთა ერთობლიობისათვის. შედგენილი დესკრიფციული მოდელებით შესაძლებელია შედგეს ოპერატიული მართვის ინსტრუმენტული ბაზა, რომელიც რეალიზებული იქნება სადისპეტჩეროს კომპიუტერის საშუალებით.

წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესი “პასიური” და “აქტიური ექსპერიმენტების” ჩატარების შემთხვევაში მოყვანილია ბლოკ-სქემაზე (ნახ.5).

მოცემულ კონტექსტში მნიშვნელოვანია ავტომატიზებული სისტემის საპროექტო აგება (ეს გარემოება განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს წინა საპროექტო სტადიაში). ამ ამოცანის გადაწყვეტა მოითხოვს სისტემურ-ლოგისტკურ და მართვის ავტომატიზაციას, სამეცნიერო-მეთოდოლოგიური მიდგომების აქტიურ გამოყენებას. ეს რთული ამოცანა, თავის მხრივ, მოითხოვს აგრეთვე მანქანური მათემატიკური გადაწყვეტილებისა და ადამიანის შესაძლებლობების მკვეთრ გამოიყენებას. ეს კი შესაძლებელია განხორციელდეს საკვლევ სისტემაში მართვის კონტურების დახმარებით. ჩვენი შეხედულებებით, ეს შესაძლებელია განხორციელდეს დაპროექტების სტადიაში (აგრეთვე წინა საპროექტო ეტაპზეც) მართვის სამი კონტურის პარამეტრების გამოყენებით: ტექნიკური (სისტემის მანქანათმშენებელი), დროითი (სამუშაო ვადები და ხანგრძლივობა), რესურსული (შრომითი, საფინანსო, მატერიალური). შემოთავაზებული ფორმით მართვა არსებითად უნდა განხორციელდეს ამ პარამეტრებზე დაყრდნობით.

6. დასკვნა

სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მიდგომის გამოყენებით შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის მეთოდოლოგია, რომელიც რეალური დროის შესაბამისად წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში მიმდინარე რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანების კომპლექსური გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის პირობებში, კერძოდ:

* შემუშავებულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ცვალებადობის არასტაციონალური ხასიათის დადგენის ერთიანი მეთოდოლოგია მათემატიკური მოლოდინის, საშუალო კვადრატული გადახრისა და კორელაციური ფუნქციის შესაბამისად;

* შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების სისტემურ-ლოგისტიკური ორგანიზაციის მეთოდოლოგია, რომელიც საშუალებას იძლევა, რეალური დროის შესაბამისად, აგებულ იქნას მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მიღების „დამხმარე-მრჩეველი“ საინფორმაციო-კომპიუტერული სისტემა;

* შემუშავებულია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემებში საინფორმაციო-ლოგისტიკური ინტეგრირებული მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების „დამხმარე-მრჩეველი“ სისტემის აგების შესაძლებლობა, რომელიც კომპლექსურად უზრუნველყოფს როგორც სისტემის სამეურნეო-სააბონენტო-სერვისული ხასიათის ამოცანების, ასევე რეალური დროის მიხედვით მიმდინარე ეფექტურ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანის გადაწყვეტას მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის არასტაციონალური ხასიათის ტექნოლოგიური პროცესის შესაბამისად.

* მიღებული შედეგები შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების მოქმედ სისტემებში მათი ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის მიზნით.

7. გამოყენებული ლიტერატურა

1.ზ. ციხელაშვილი, დ. გურგენიძე, მ. ონეზაშვილი, ხ. სოსელია. წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირების ლოგისტიკური ორგანიზაციის შესახებ. ქ. თბილისი, ჟ. მშენებლობა № 1(36), 2015, გვ.43-46.

2.ც. კენკიშვილი, მ. ონეზაშვილი, ხ. სოსელია. წყალმომარაგების სისტემებში პიეზომეტრული დაწნევების შეფასებისა და პროგნოზირების ზოგადი მოდელის დამუშავება სტუ-ს ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №1-2 (15-16), თბილისი, 2013.

3. ზ. ციხელაშვილი, პ. გიორგაძე, დ.გურგენიძე, გ. ჭიჭინაძე, მ. ონეზაშვილი ქართული მაღალხარისხოვანი „ბიოლოგიურად აქტიური“ ბუნებრივი სასმელი წყლის მიწისქვეშა საექსპლუატაციოდ დასაშვები მარაგების ნაწილის ეფექტური გამოყენების შესახებ, ქ. თბილისი, ჟ. მშენებლობა № 2(37), 2015, გვ.92-96.

4. ზ. ციხელაშვილი, პ. გიორგაძე, დ.გურგენიძე, გ. ჭიჭინაძე, მ. ონეზაშვილი. საქართველოს მიწისქვეშა ბუნებრივი სასმელი წყლის ხარისხის განაწილების კარტოგრაფიული პორტრეტის აგების შესახებ. ქ. თბილისი, ჟ. მშენებლობა № 2(37), 2015, გვ.103-107.

5. Прангишвили А.И., Цихелашвили. И.З. Бუадзе Т.Г. Единая методика анализа нестационарности процесса водопотребления с применением параметрических и непараметрических критериев математической статистики, ж."GeorgianEngineeringNews", №1(vol. 49), Тбилиси, 2009 г. с. 6

6. Хатиури Х.Н., Верулава Г.Ю. Закуташвили Г.Г., Об исследование эффективности АСУВ на основе экспертных оценок, ж."GeorgianEngineeringNews", №1(vol. 49), Тбилиси, 2009 г. с.

7. Григолишвили А.Р., Цихелашвили Ш.З., Соселиа Х.Р., Гиоргадзе П.Ш., Цихелашвили И.З. Метод анализа изменчивости процесса водопотребления// “GeorgianEngineeringNews“, №4, 2004, GFID, с. 172.-174.

8. Цхелашვილი შ.З., Цхელაშვილი ი.З. გიორგაძე პ.შ., გუჯაბიძე მ. რ., მეტრეველი გ.ა, დოლიძე ა.ვ. მჭედლიძე მ.გ. დიაგნოსტიკური გადაწყვეტილების წესები ხარისხობრივი ქცევის სისტემის უზრუნველყოფის, მოქმედებას მიხედვით "პროდუქტი-სამომხმარებელი" (მაგალითად გ. ჯანოპოლის) // "GeorgianEngineeringNews", №2, 2005, GFID, ს. 7-10.
9. ხატიური ხ.ნ., ვერულა ვ.ი. ჯაჭიაშვილი გ.გ., მკვლევარული ეფექტურობის ანალიზი საფუძველზე ექსპერტული შეფასების, ჟ."GeorgianEngineeringNews", №1(vol. 49), თბილისი, 2009 გ. ს. 4.
10. Цхелашვილი შ.З., გუჯაბიძე მ. რ., Цхелაშვილი ჯ.ი., Цхელაშვილი ი.З. დოლიძე ა.ვ, დიაგნოსტიკური გადაწყვეტილების წესები კორექტიული რეჟიმების მოქმედების სისტემების უზრუნველყოფის და განაწილების წყლის დისპეჩინგ-კოორდინირებულ მართვაში // "GeorgianEngineeringNews", №3, 2005, GFID.
11. Цхелაშვილი შ.З., მარგალიტაძე ი.ნ., სოსელია ხ.რ. ნადარაია ნ.ო., Цхელაშვილი ი.З. შედარებითი ხარისხობრივი შეფასების და პროგნოზირების პროცესი მოქმედების სისტემების უზრუნველყოფის // "GeorgianEngineeringNews", №2, 2004, GFID, ს. 165-167
12. Цхელაშვილი შ.З., მარგალიტაძე ი.ნ., სოსელია ხ.რ. ნადარაია ნ.ო., Цхელაშვილი ი.З. უზრუნველყოფის ხარისხობრივი და ეფექტურობის დონის უზრუნველყოფის მოხმარების სისტემების უზრუნველყოფის (მაგალითად გ. ჯანოპოლის) // "GeorgianEngineeringNews", №4, 2004, GFID, ს. 168-171.
13. Цхელაშვილი შ.З., გუჯაბიძე მ. რ., Цхელაშვილი ჯ.ი., Цхელაშვილი ი.З. დოლიძე ა.ვ, კომპლექსური შეფასების ხარისხობრივი მოქმედების სისტემების უზრუნველყოფის და განაწილების წყლის დისპეჩინგ-კოორდინირებულ მართვაში // "GeorgianEngineeringNews", №3, 2005, GFID.
14. ზ. ციხელაშვილი, გ. ჯაჭიაშვილი, ნ. მახარაძე. მოქმედების ხარისხობრივი და ეფექტურობის დონის უზრუნველყოფის სისტემების უზრუნველყოფის (მაგალითად გ. ჯანოპოლის) // "GeorgianEngineeringNews", №4(4), თბილისი, 2007, 5 გვ.
15. Цхელაშვილი ჯ.ი., პრინციპალიაი, ჩხენკელი.დ. ძ. ინტელექტუალური სისტემების მართვა სივრცულ-დროითი ქსოვიების მიხედვით. მეცნიერება 1997. ს. 261.

16. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта Под ред. Поспелова. М.: Наука. М. 1986. с. 276
17. გ. ჯენერაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი, შ. ციხელაშვილი, ი. ციხელაშვილი. ჭყლის მიწოდების სისტემების ფუნქციონირების იმიტაციური მოდელების ფორმირება მოდიფიცირებული პეტრის ქსელის ბაზაზე. საქართველოს საავტომობილო საგზაო ინსტიტუტის შრომები №2, თბილისი, 2005, 2013-220 გვ.
18. КаждамА.Б., ГуськовО.И. Математические методы в геологии. М.: Недра, 1990, с. 244
19. Цихелашვილი Ш.З., Цихелашვილი И.З., Цихелашვილი З.И., Гиоргадзе П. Ш., Гуджабидзе М.Р., Метревели Г.А., Манджавадзе М.А., Долидзе А.В., Мchedlidze M.G. Построение контрольных карт средних давлений и размахов для эффективного управления установившимся процессом водообеспечения (на примере г. Зеленограда) // “Georgian Engineering News“, №2, 2005, GFID, с. 7-10
20. ზ. ციხელაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, მ. გუჯაბიძე. ჭყალმომარაგების სისტემების ელემენტებით შედგენილი ვარიანტულ-სტრუქტურული სქემების საიმედოობის შეფასება. სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №2(6), თბილისი, 2009, 4 გვ.
21. ზ. ციხელაშვილი, შ. ციხელაშვილი, ბ. ჭურჭელაური, ხ. ხატიური, თ. ქადაგიშვილი. წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასება და პროგნოზირება დესკრიფციული მოდელების საფუძველზე. სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №3(4), თბილისი, 2009, 4 გვ.
22. გ. ჯერენაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი. წყლის მიწოდების სისტემებში ნაკადგანაწილების მართვის და სცენარების სიტუაციური ანალიზის მათემატიკური მოდელები. თბილისი, მეცნიერება, 2000, გვ. 210.
23. შ. ციხელაშვილი, ბ. ჭურჭელაური, ხ. ხატიური, თ. ქადაგიშვილი. წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასება და პროგნოზირება დესკრიფციული მოდელების საფუძველზე, სტუ-ს

- სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №3(14), თბილისი, 2009, 5 გვ.
24. ნ. ჭაფოძე წყლის დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელირება თევზსამეურნეო კატეგორიის წყალსატევებისთვის, სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №4(15), თბილისი, 2009, 9 გვ.
25. ზ. ციხელაშვილი, ნ. კიკნაძე, პ. გიორგაძე, ი. ციხელაშვილი, შ. ციხელაშვილი. ინოვაციური პროცესების მართვა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2009, 242 გვ.
26. ა. გრიგოლიშვილი, ქ. მახაშვილი, გ. ჯერენაშვილი. ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელირება. სტუ-ს სამეცნიერო შრომები №4(482), თბილისი, 2011, 14 გვ.
27. გ. ჩიტიაშვილი, ც. კენკიშვილი, შ. ციხელაშვილი, ბ. ჭურჭელაური, მ. ხუბუტია. წყალმომარაგების ტექნიკურ სისტემებში გადაწყვეტილებათა მიღების არამკაფიო მოდელები. სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №3(22), თბილისი, 2012, 5 გვ.
28. ქ. მახაშვილი, ც. კენკიშვილი, ი. მარგალიტაძე. ეკოლოგიური რისკის საშიშროების დონის ალბათური განსაზღვრის მეთოდოლოგია. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, №2, 2013, 5 გვ.
29. ც. კენკიშვილი, ხ. ხატიური, ბ. ჭურჭელაური. ზღვისპირა ქალაქების სანიაღვრე წყალარინების სისტემების ეფექტური ორგანიზაცია შტორმული ტალღების ზემოქმედების პირობებში. სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებელი“, №3(30), თბილისი, 2013, 4 გვ.
30. გ. ჯერენაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი. წყლის მიწოდების სისტემის ოპერატიული მართვის სადისპეტჩერო-მრჩეველი სისტემების აგება. სტუ-ს შრომები, №3(414), თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1997.
31. ზ. ციხელაშვილი, გ. ჯერენაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი, მ. ჩიქოვანი, მ. დაუთაშვილი. წყლის მიწოდების სისტემებში ნაკადგანაწილების პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო კონტროლისა და მართვის

- დამხმარე ექსპერტული სისტემის აგების საფუძვლები. მეცნიერება და ტექნიკა, 7-9, თბილისი, 1998.
32. ზ. ციხელაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, დ. გარუჩავა, გ. ჯერენაშვილი. ბუნებრივი კატასტროფული მოვლენების შეფასება-პროგნოზირების დიაგნოსტიკური ექსპერტული სისტემა. ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები, თბილისი, 1998.
33. Джеренашвили Г. В., Григолишвили А. Р. Моделирование процесса водоподачи систем водоснабжения. Международный симпозиум по проблемам механики сплошных сред. Тез. докладов, Тбилиси, 1997
34. გ. ჯერენაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, ზ. გასიტაშვილი. ჭყლის მიწოდების სისტემის მართვის სცენარების მოდელირებისა და ანალიზის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურული მოდელი. სტუ-ს შრომები, №3(319), თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1998.
35. გ. ჯერენაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, ზ. ციხელაშვილი წყლის მიწოდების სისტემის ქსელური მოდელი მოდიფიცირებული პეტრის ქსელების ბაზა. სტუ-ს შრომები, №3(319), თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1998.