

ცისნამ კენკიშილი

წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-  
სადისპეტჩერო მართვა წყლით უზრუნველყოფის  
პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

30. 06. 2014 წელი

საავტორო უფლება 2014, კენკიშილი ცისნამი

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი, ვადასტურებთ, რომ გაგეცანით ცისნამ კენკიშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს სახელწოდებით: „წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად მის განხილვას.

2014

ხელმძღვანელი: სრ. პროფ. ზაურ ციხელაშვილი

---

რეცენზენტი: სრ. პროფ. გურამ სოსელია

---

რეცენზენტი: ტ.მ.კ. ჯამლევტ ტომარაძე

---

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2014

ავტორი: ცისნამ კენკიშვილი

დასახელება: „წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე“.

ფაკულტეტი: სამშენებლო

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

ინდივიდუალურ პირთა ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი 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

სისტემური მეთოდოლოგიის გამოყენებით გადაწყვეტილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე, კერძოდ:

- შემუშავებულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის სიტუაციურ მდგომარეობათა კრიტერიული შეფასებისა და კორექცია-რეგულირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები, რომელთა მიხედვით დროის ნებისმიერ მომენტში შესაძლებელია გამოვლინდეს წყალმომარაგების შემადგენელი ელემენტების (წყალმიმღები, რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი და სხვ.) ფუნქციონირების ეფექტურობის ხარისხი და შესაბამისად, მოხდეს მათი კორექცია ნორმალური მდგომარეობიდან გადახრების შემთხვევაში;
- შედგენილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამა, რომელიც შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების სადისპეტჩერო სამსახურებში;
- შემოთავაზებული მეთოდოლოგიური მიდგომის გამოყენება ზოგადად შესაძლებელია წყალმომარაგების, როგორც ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი სისტემებისთვის, ასევე წყალმომარაგების სისტემებისთვის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში.

## Abstract

By the using of the system methodology is decided task about hard formalized operative-dispatcher control of water-supply system established by the consumer on the basis of the monitoring of the process of the water-supply, particularly:

- was worked out evaluation and correction of situational conditional criteria of monitoring of the technological process of the water-supply established by the consumer- models of regulation description type, by which in any moment of the time is possible to display quality of functional effective constitutive element of the water-supply (water receiver, reservoir, distributive networks and others) and accordingly to make its correction from normal conditions in case of inclination;
- is made computer program for operative-dispatcher control of water-supply system which may introduction in the services of dispatcher of water-supply in the cities of Georgia;
- using of the offered method of approach methodology in general is possible for water-supply, how as active systems in usual conditions, and in the conditions of functions of automatic systems of control of water-supply system.

## შინაარსი

1.1. წყალმომარაგების სისტემების მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის კვლევა და დახასიათება სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვაში .....	13
1.1.1. წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის კვლევის ამოცანა დამყარებულ წყლით უზრუნველყოფის პროცესთან მიმართებით .....	13
1.1.2. წყალმომარაგების სისტემების წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მართვა პრეზომეტრული დაწნევების მონიტორინგის საფუძველზე .....	19
1.2. მოდელირების მიდგომის გამოყენების ზოგადი პრინციპები .....	23
1.2.1. მათემატიკური მოდელირების გამოყენების წინაპირობები .....	23
1.2.2. დესკრიფციული და იმიტაციური მოდელირების მიდგომა .....	29
1.2.3. წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ფუნქციონირების პრინციპული სქემა, როგორც მართვის ჩაკეტილი სისტემა .....	48
1.3. წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანები .....	53
1.3.1. მეთოდოლოგიური მიდგომის ზოგიერთი ასპექტი .....	53
1.3.2. წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის სისტემური მიდგომა .....	57
1.3.3. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მეთოდოლოგიის შემუშავება სისტემური მიდგომის საფუძველზე .....	61
1.4. წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის	

ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ალგორითმი და კომპიუტერულ-პროგრამული უზრუნველყოფა .....	76
1.4.1. წყალმომარაგების ქსელებში ფიქსირებული დაწნევების ოპერატიული შეფასებისა და პროგნოზირების ზოგადი მოდელის შედგენა (სადემონსტრაციო მაგალითი) .....	81
1.4.2. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამის ბლოკ-სქემის აღწერა მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებულ პროცესში ფიქსირებული დაწნევების შეფასებისა და პროგნოზირების შესაბამისად ეფექტური გადაწყვეტილებების მიღების მიზნით .....	83
2. შედეგები და მათი განსჯა .....	87
3. დასკვნა .....	95
4. გამოყენებული ლიტერატურა .....	96

## ნახაზების ნუსხა

1. წყალსადენის (წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის) ფუნქციონირების სქემა ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში ..... 15
2. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში პასიური და აქტიური ექსპერიმენტების ჩატარების ბლოკ-სქემა ..... 18
3. გახსნილი (ღია) სისტემის სქემა ..... 50
4. ჩაკეტილი სისტემის სქემა ..... 50
5. წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო სამსახურის ფუნქციონირების სქემა ერთპარამეტრიანი უკუკავშირის შემთხვევაში ..... 51
6. წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო სამსახურის ფუნქციონირების სქემა მოქმედი უკუკავშირების პრინციპზე მრავალგამოსახულებიანი ცვლადების შემთხვევაში ..... 52
7. წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიულ სადისპეტჩერო მართვის ბლოკ-სქემა ..... 75
8. წყალმომარაგების ქსელში ფიქსირებული ფაქტობრივი დაწნევების ოპერატიული შეფასებისა და პროგნოზირების პროცესის მოდელირება ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების უგანზომილებო სკალა ..... 82
9. წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამის ბლოკ-სქემა ..... 85-86



## შესავალი

**ნაშრომის აქტუალობა.** წყალმომარაგების სისტემის დანიშნულებაა მიაწოდოს მომხმარებელს სტანდარტით გათვალისწინებული სასმელ-სამეურნეო ხარისხის წყალი საჭირო რაოდენობითა და დაწნევებით. ამასთან, მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესში წყალმომარაგების სისტემა ფუნქციონირებს როგორც რთული საინჟინრო სისტემა, რომლისთვისაც დამახასიათებელია შემადგენელი ელემენტების სტრუქტურის არაერთგვაროვნება, მახასიათებელი ტექნოლოგიური პარამეტრების (დაწნევების, წყლის დგომის სიმაღლეები რეზერვუარებში და სხვ.) მკვეთრი ცვალებადობა და შესაბამისად, მართვის გადაწყვეტილებების მიღების „არამკვეთი“ ხასიათი.

აღნიშნულ კონტექსტში წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანის ეფექტური გადაწყვეტა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე, როგორც რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანისა, მეტად აქტუალური და დროულია.

**სამუშაოს მიზანი და კვლევის ამოცანა.** ემყარება ეფექტური ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანის გადაწყვეტას რეალური დროის მასშტაბში მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე, კერძოდ:

- წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მეთოდოლოგიის შემუშავება სისტემური მიდგომის საფუძველზე, როგორც მართვის ჩაკეტილი სისტემისა;
- წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე;
- წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის

ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ალგორითმის და კომპიუტერულ-პროგრამული უზრუნველყოფის შედგენა.

**მეცნიერული სიახლე.** შედგენილია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე მოქმედი წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანის გადაწყვეტის სისტემური მეთოდოლოგია, რომლის გამოყენება ზოგადად მისაღებია როგორც წყალმომარაგების ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი სისტემებისათვის, ასევე წყალმომარაგების სისტემებისთვის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში.

**კვლევის მეთოდი.** შემოთავაზებული მეთოდოლოგიის თანახმად მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე ფიქსირებულ სიტუაციურ მდგომარეობათა (როდესაც სისტემა ვერ აკმაყოფილებს მოთხოვნილ მიზნებს, სისტემა ვერ უზრუნველყოფს საპროგნოზო შედეგებს, სისტემა ვერ იფუნქციონირებს ისე, როგორც ეს თავდაპირველად იყო დაგეგმილი) გამოსაკვლევად შემოთავაზებულია დაპროექტების სისტემური პარადიგმის მიდგომა, რომელიც ხორციელდება მოქმედი სისტემის ფუნქციონირების პირობებში 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 ტექნოლოგიური პარამეტრების სიდიდეს და ელემენტების მახასიათებელი წერტილების წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების შესაბამისად ვიღებთ ოპერატიული მართვის ეფექტურ გადაწყვეტილებებს განსახორციელებლად. აქვე აღსანიშნავია, რომ სიტუაციურ მდგომარეობათა დაპროექტების ინტროსპექციის მიდგომით შესაძლებელია დროის მოცემულ მომენტში განისაზღვროს დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური ან გადახრილი „მდგომარეობის ვექტორის“ შესაბამისად 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“ მანამ, სანამ არ მივალწვევთ მანაწილებელ ქსელსა და სისტემის სხვა ელემენტებში ტექნოლოგიური პარამეტრების სასურველ მდგომარეობას. აქ უმთავრესი ისაა, რომ სისტემის სასურველი მდგომარეობა მიღწეული უნდა იქნას ე.წ. „დაბალანსების“ პრინციპის აუცილებელი დაცვით, კერძოდ, ოპერატიული მართვის პირობებში უზრუნველყოფილი უნდა იყოს წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციურ სქემებში ტექნოლოგიური პარამეტრების (დაწნევების, რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლეების და სხვ.) შენარჩუნება ისეთი დიაპაზონის ფარგლებში, რომ დროის ნებისმიერ მომენტში არ დაირღვეს მომხმარებელთა ნორმალური (შეუფერხებელი) წყლით უზრუნველყოფა, ანუ პრაქტიკულად დროის მოცემულ მომენტში მიწოდებული წყლის ხარჯი ტოლი უნდა იყოს მომხმარებელთა მიერ დახარჯული წყლის მოცულობისა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მომხმარებელი თავად აყალიბებს მოთხოვნას წყალზე, ცხადი ხდება დროსი მოცემული მომენტის შესაბამისად დასმული ამოცანის გადაწყვეტის როგორც მათემატიკური, ასევე პრაქტიკული გამოყენების მნიშვნელობა.

**პრაქტიკული ღირებულება.** სისტემური მეთოდოლოგიის გამოყენებით გადაწყვეტილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალისებადი ამოცანა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე, კერძოდ:

- შემუშავებულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის სიტუაციურ მდგომარეობათა კრიტერიული შეფასებისა და კორექცია-რეგულირების

დესკრიფციული ტიპის მოდელები, რომელთა მიხედვით დროის ნებისმიერ მომენტში შესაძლებელია გამოვლინდეს წყალმომარაგების შემადგენელი ელემენტების (წყალმიმღები, რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი და სხვ.) ფუნქციონირების ეფექტურობის ხარისხი და შესაბამისად მოხდეს მათი კორექცია ნორმალური მდგომარეობიდან გადახრების შემთხვევაში;

- შედგენილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამა, რომელიც შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების სადისპეტჩერო სამსახურებში;
- შემოთავაზებული მეთოდოლოგიური მიდგომა შეიძლება გამოყენებულ იქნას წყალმომარაგების როგორც ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი სისტემებისთვის, ასევე მათი მართვის ავტომატიზებულ სისტემებზე გადაყვანის შემთხვევაში.

## თავი 1.1. წყალმომარაგების სისტემების მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის კვლევა და დახასიათება სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვაში

### 1.1.1. წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის კვლევის ამოცანა დამყარებულ წყლით უზრუნველყოფის პროცესთან მიმართებით

წყალმომარაგება, ისე როგორც მართვის ნებისმიერი სისტემა, წარმოადგენს რთულ სისტემას. წყალმომარაგების სისტემისთვის დამახასიათებელია სტრუქტურის და ოპერატიული მართვის არაერთგვაროვნება, მახასიათებელი პარამეტრების „არამკვეთრი“ ხასიათი და მართვის მრავალკრიტერიულობა. მახასიათებელი პარამეტრების (დაწნევების და სხვ.) განუსაზღვრელობა, მომსახურე ოპერატიული პერსონალის კვალიფიკაცია და ა.შ. განაპირობებს წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირების სირთულეს რეალურ დროში. ამასთან, თუ გავითვალისწინებთ მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის (წყლის მოხმარების პროცესის ცვალებადობას დროში) არასტაციონარულ ხასიათს [1], მაშინ ადვილი წარმოსადგენია, თუ რა სიძნელეებთან გვაქვს საქმე სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვაში. წყალსადენის (წყლის მიწოდების და განაწილების სისტემის) ფუნქციონირების სქემა ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში მოყვანილია 1-ელ ნახ-ზე.

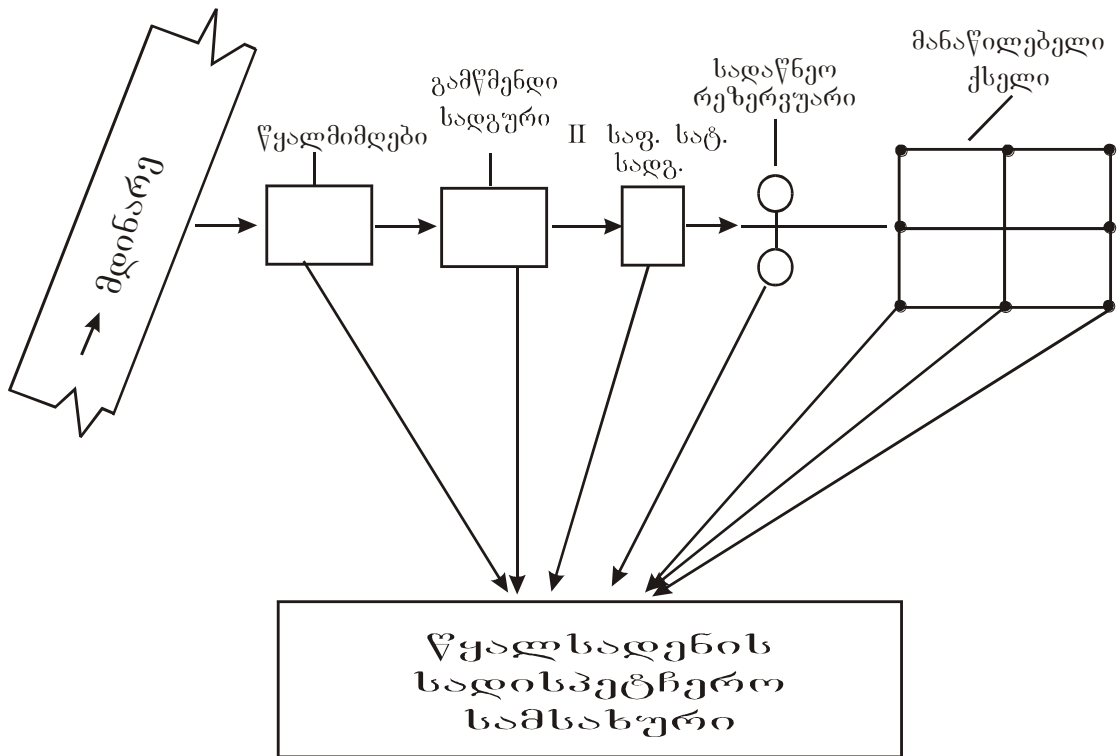
ბუნებრივია, რომ აღწერილი სისტემის მართვა და წყლით მომხმარებელთა ნორმალური უზრუნველყოფის დროში შენარჩუნებულ პროცესის მსვლელობა სადისპეტჩერო პერსონალს უნდა შეეძლოს, რათა უკუკავშირების საფუძველზე გააანალიზოს მიმდინარე მდგომარეობა და წინასწარ გაითვალისწინოს წყლით უზრუნველყოფის პროცესის შესაძლო ცვალებადობის სიღრმე [2].

დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალი არ უნდა ეყრდნობოდეს მხოლოდ ინტუიციასა და გამოცდილებას. ეს იმიტომ, რომ მომხმარებელთა მიერ დამყარებული

წყლის უზრუნველყოფის პროცესი ექვემდებარება წლის სეზონურ ცვალებადობას, გარდა, ამისა, აგრეთვე განსხვავებული წყლის მოხმარება აღინიშნება ცალკე სამუშაო დღეებში და ცალკე-გამოსასვლელ და საზეიმო დასასვენებელ დღეებში. ზოგადად ცნობილია, რომ სუბიექტური შეცდომის სიდიდემ შეიძლება 35%-საც კი მიაღწიოს. შეცდომის დაშვება კი ნიშნავს, რომ არაფექტურად განაწილდება სისტემის შემდგენელი ელემენტების ფუნქციონირების რეჟიმები (სატუმბების და სხვ.) და დაფიქსირდება წყლის და დენის არაწარმოებული დანახარჯები [3,4].

აღნიშნულიდან გამოიკვეთა, რომ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალი რეალური მართვის ეფექტურად წარმართვის მიზნით წყლით უზრუნველყოფის ნორმალური პროცესის შესანარჩუნებლად უნდა ფლობდეს ოპერატიული მართვის დამხმარე ინსტრუმენტულ საშუალებებს (ტექნოლოგიური პარამეტრების მიხედვით შედგენილ დესკრიფციულ მოდელებს, კომპიუტერულ-პროგრამული მართვის შესაძლებლობას რეალურ დროში).

მართვის ავტომატიზებული სისტემების გარეშე ფუნქციონირებადი სისტემები მოკლებულნი არიან მომხმარებელთა მიერ დამყარებული ნორმალური წყლით უზრუნველყოფის პროცესის სტაბილური შენარჩუნების შესაძლებლობას. აქ რეალურ სიტუაციაში ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალი სისტემის (და ცალკეულ ელემენტთა ერთობლიობის) ფუნქციონირების რეჟიმების შერჩევას და შესაბამისად, ოპერატიული მართვის გადაწყვეტილებების მიღებას ასრულებს, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მხოლოდ ინტუიციურად არსებული გამოცდილების საფუძველზე, რაც არასაკმარისია [6], გვაქვს წყლის და ელექტროენერჯის მნიშვნელოვანი არამწარმოებული დანახარჯები.



ნახ. 1. წყალსადენის (წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის) ფუნქციონირების სქემა ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში.

როგორც 1-ლი ნახ-დან ჩანს, სისტემის ფუნქციონირების მახასიათებელი ტექნოლოგიური პარამეტრების ცვლილებების შესახებ ინფორმაცია სისტემის შემადგენელი ელემენტების (წყალმიმღები, გამწმენდი სადგური, სადაწნო რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი) ფუნქციონირების ხარისხის შესახებ რეალური დროში (ვთქვათ წუთებში ავტომატიზებული სისტემის შემთხვევაში და ათეულობით წუთებში-ჩვეულებრივ მოქმედ სისტემის შემთხვევაში) გადაეწოდება სადისპეტჩერო მართვის პულტს. ამის შემდეგ დისპეტჩერი (მოქმედი ოპერატორი-სპეციალისტი) აანალიზებს მიღებულ ინფორმაციას და იღებს მართვით გადაწყვეტილებას მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის სიტუაციური მდგომარეობიდან გამომდინარე.

ცხადია, ჩვეულებრივ მოქმედ სისტემაში ინფორმაცია მიიღება და გაანალიზდება ოპერატორ-დისპეტჩერის 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.

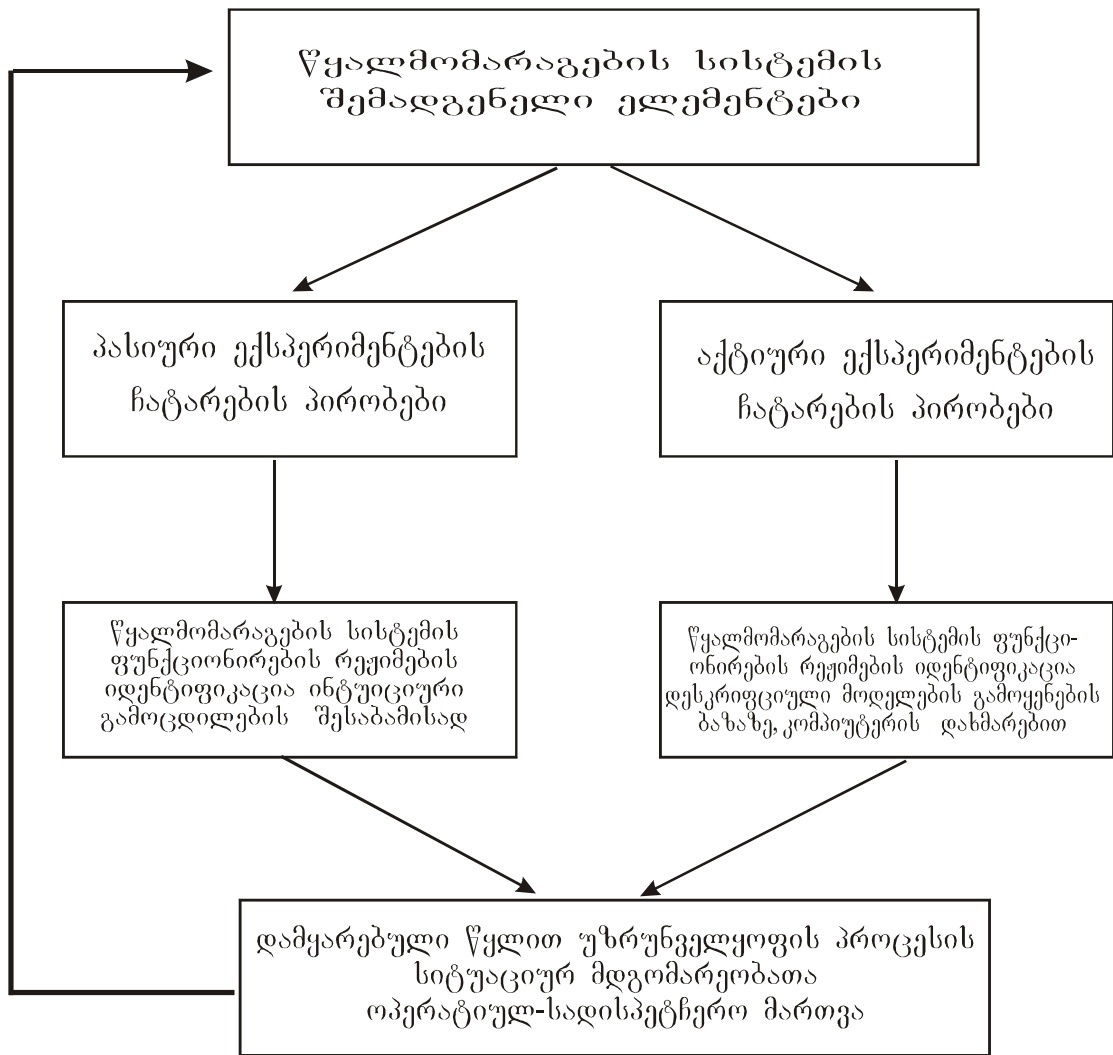
მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების შემთხვევაში საწყისი საანალიზო ინფორმაციის მიღება და შესაბამისი მართვის გადაწყვეტილების შემუშავება ხდება მცირე დროის ინტერვალში. ამავე დროს, უზრუნველყოფილია სიტუაციური მდგომარეობის მიხედვით მომუშავე ელემენტების მუშაობის ეფექტური რეჟიმებიც [6].

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 დაწნევების 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 [7].

როგორც პასიური, ასევე აქტიური ექსპერიმენტების შესაბამისად მოგვეავს წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პოცესში პასიური და აქტიური ექსპერიმენტების ჩატარების ბლოკ-სქემა (ნახ. 2).



ნახ. 2. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პოცესში პასიური და აქტიური ექსპერიმენტების ჩატარების ბლოკ-სქემა

### 1.1.2. წყალმომარაგების სისტემების წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მართვა პიეზომეტრული დაწნევების მონიტორინგის საფუძველზე.

წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირება დროის ნებისმიერ მომენტში დამოკიდებულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლის უზრუნველყოფის პროცესის მდგომარეობაზე, ამიტომ ეს პროცესი ატარებს „არმკვეთრ“ ხასიათს, ამასთან, გარკვეული სიძნელეები წარმოიქმნება ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მუშაობის პროცესში, რომელსაც ახასიათებს დროში დამყარებული სიტუაციის განსაზღვრის ბუნდოვანება.

დადგენილია, რომ მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესი არ ემყარება რაიმე ფიზიკური პარამეტრის მეშვეობით პირდაპირ გაზომვას. ამ პროცესს წყლით უზრუნველყოფის მდგომარეობის შესაფასებლად შეიძლება დავაკვირდეთ რომელიმე უბანში მხოლოდ პიეზომეტრული დაწნევის ცვალებადობის შესაბამისად [8].

წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირების ხარისხისა და საექსპლუატაციო-ტექნოლოგიური საიმედოობის კვლევის ამოცანა საკმაოდ ტრადიციულია და მას მრავალი შრომა მიეძღვნა.[9, 10].

წყალმომარაგების სისტემების საიმედოობის ანგარიშის ერთ-ერთი მიმართულებაა წყლის მოხმარების ხარჯის სიდიდების ოპერატიული და გრძელვადიანი პროგნოზის მეთოდების კვლევის უთანაბრობის კოეფიციენტის დადგენა, რაც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს წყლის ხარჯის საანგარიშო მნიშვნელობები. მეორე მიმართულება ემყარება სისტემის მოთხოვნილი საიმედოობის უზრუნველყოფის ანგარიშებს, მათი ელემენტების საიმედოობის მაჩვენებლების განსაზღვრას. მესამე მიმართულება მოიცავს წყალმომარაგების სისტემების ტექნოლოგიური საიმედოობის განსაზღვრას პიეზომეტრული დაწნევის სიდიდების მიხედვით (პიეზომეტრული დაწნევების განაწილება ქსელში, რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლეები და ა.შ.) დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის სიტუაციური მდგომარეობის ანალიზით

შემოთავაზებული დისერტაცია მოიცავს წყალმომარაგების სისტემების ტექნოლოგიური საიმედობის უზრუნველყოფას მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესში, კერძოდ:

- განიხილება წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე;
- მართვის სისტემაში ადამიანის (ოპერატორ-დისპეტჩერის) აუცილებელი როლის მონაწილეობა (წყალმომარაგების სისტემა არ ფუნქციონირებს სპეციალისტ-ოპერატორების მონაწილეობის გარეშე);
- ოპერატიული მართვის პროცესში განიხილება დიდი მოცულობის ინფორმაცია (ტექნოლოგიური პარამეტრების შესახებ და სხვ.);
- განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ წყლით უზრუნველყოფის პროცესი თავისი ხასიათით მიეკუთვნება არასტაციონარულ პროცესებს, რომლებიც ფორმირდებიან „არამკაფიო“ სიტუაციურ გარემოში და რომელთა ოპერირების უნარი ანალიზისას ცნობილ მეთოდებს არ შესწევთ.
- არ არსებობს წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიული ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების განზოგადებული მეთოდი, რომლის შესაბამისად სუბიექტი განსაზღვრავს სისტემის ფუნქციონირებას და დაარეგულირებს მას ეფექტური გადაწყვეტილებების მიღებით.
- მონიტორინგის ამოცანის უმთავრეს პრობლემას წარმოადგენს მართვის ობიექტის მდგომარეობათა აღწერა მდგომარეობათა გაანალიზების საერთო გადაწყვეტილების მიღების მიზნით. საკვლევი პრობლემის ხასიათის მიხედვით შეიძლება

გამოყენებულ იქნას ე.წ. სიტუაციურ-დამხმარე სისტემა „არამკაფიო ლოგიკის“ გამოყენებით, რომელიც შეიძლება დაიყოს ორ კლასად: „სიტუაცია-მოქმედება“ და „სიტუაცია-მართვის სტრატეგია-მოქმედება“. ორივე კლასის შემთხვევაში აღწერის პრობლემა წყდება ერთნაირად ამ შემთხვევაში განსახილველია მართვის ობიექტების მდგომარეობის მახასიათებელი პარამეტრები (ჩვენს შემთხვევაში პრეზომეტრული დაწნევების განაწილება, სადაწნეო რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლეები და ა.შ.) სიტუაციურ მდგომარეობის შეფასების და აღწერის წარმოდგენილი პროცედურა შემდგომ გამოიყენება ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის საერთო გადაწყვეტილების მისაღებად, რომელიც ეფუძნება მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის სიტუაციურ მდგომარეობას. ამავე დროს, გადაწყვეტილებათა მიღება უნდა შეესაბამებოდეს მართვის სტრატეგიის მისაღებ ეფექტურ ვარიანტს.

ზემოთ შემოთავაზებული „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ დამხმარე სისტემა ხასიათდება დიდი მოქნილობით მართვის გაუთვალისწინებელი მდგომარეობის აღწერის დროს. ასეთი სისტემის აგებისას ვიყენებთ სპეციალური დესკრიფციული ტიპის მოდელებს. ცხადია, მართვითი ზემოქმედების განხორციელება ამ შემთხვევაში განკუთვნილია წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის იმ ელემენტებისათვის (ვთქვათ, მანაწილებელი ქსელი, რომლებიც უშუალოდ უზრუნველყოფენ მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ნორმალურ პროცესს დროის ნებისმიერ მომენტში) [8, 9].

ზოგადად მართვის ობიექტის მდგომარეობა შეიძლება შეფასდეს ამ ობიექტისათვის დამახასიათებელი ნიშან-თვისებების მიხედვით. წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლის უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის დასახასიათებლად,

დროის მოცემულ მომენტში, როგორც ადრე აღვნიშნეთ, სისტემის ელემენტ-ნაგებობებსა და მანაწილებელ ქსელში გვევლინება პიეზომეტრული დაწნევები, რომლებიც ამ შემთხვევაში განაპირობებენ სიტუაციურ მდგომარეობებს საკონტროლო-მახასიათებელი პარამეტრების სახით. პიეზომეტრული დაწნევების განაწილებას, რომელიც ახასიათებს მართვის ობიექტის მდგომარეობას დროის რაიმე მომენტში, შეიძლება ეწოდოს სიტუაციური მდგომარეობა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის შესაბამისად.

წყლის მიწოდებისა და განაწილების ოპერატიული მართვის პროცესი შეიძლება დახასიათდეს მრავალი სიტუაციით, რომელთა აღწერისათვის შეიძლება გადაწყვეტილებათა მიღების ის პროცედურის გამოყენება, რომელიც შეესაბამება ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მისაღებ ტაქტიკას (მოვერიდოთ ჭარბი დაწნევების არსებობას ქსელში, რაც არამწარმოებლური დანახარჯების მიზეზია).

ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში დისპეტჩერის მოღვაწეობა ორგანიზდება იმ ინფორმაციის საფუძველზე, რომელიც ფიქსირდება სადისპეტჩერო პროცესში მართვის ობიექტიდან. ამ დროს დისპეტჩერი გვევლინება როგორც ინფორმაციის მიმღები, მისი გადამამუშავებელი და სისტემის რეგულატორი. ასეთი ვრცელი ინფორმაციის პირობებში დისპეტჩერმა შეიძლება დაუშვას სუბიექტური შეცდომა, რაც საბოლოოდ მომხმარებელთა მოთხოვნილი წყლით უზრუნველყოფის დონის დაქვეითებას იწვევს [2].

აღნიშნული ნაკლოვანი მხარეების გამოსასწორებლად სამომავლოდ აუცილებელია, რომ ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი წყალმომარაგების სისტემები გადაყვანილ იქნას მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში.

## თავი 12. მოდელირების მდგომის გამოყენების ზოგადი პრინციპები

### 12.1 მათემატიკური მოდელირების გამოყენების წინაპირობები

ადამიანი უხსოვარი დროიდან ცდილობდა რთული პროცესებისა და მოვლენების შესწავლას, ცდილობდა და ავითარებდა ახალი ნაგებობების კონსტრუირებს და ა.შ; რისთვისაც იყენებდა ფიზიკური და ანალოგიური სახის მოდელებს [2]. მოდელი ამ შემთხვევაში ადამიანის წარმოდგენით შედგენილი მატერიალური ობიექტია, რომელიც შემეცნებითი შესწავლის პროცესებში ენაცვლება საკვლევ ობიექტ-ორიგინალს და რომელიც ძირითადად ინარჩუნებს თავის ზოგიერთ აუცილებელ ტიპურ თვისებას.

უფრო მეტიც, ზოგიერთი ობიექტი არ შეიძლება შესწავლილ იქნას უშუალო სახით, მაგ, ქვეყნის ეკონომიკის ექსპერიმენტები შემეცნებითი მიზნებით; პრინციპულად განუხორციელებელია ექსპერიმენტები წარსულზე ანდა, ვთქვათ, მზის სისტემის პლანეტებზე და ა. შ.

მეორე მხრივ, მოდელის, არანაკლებ მნიშვნელოვანი დანიშნულება იმაში მდგომარეობს, რომ მისი საშუალებით ვლინდება ობიექტის ყველაზე არსებითი ფაქტორები, რომლებიც აყალიბებს ობიექტის ამა თუ იმ თვისებას, რამდენადაც თვითონ მოდელი ასახავს თავდაპირველი ობიექტის მხოლოდ ზოგიერთ ძირითად მახასიათებელს.

მოდელი ასევე იძლევა ობიექტის სწორად მართვის საშუალებას, გამოცდის რა მართვის სხვადასხვა ვარიანტებს ამ ობიექტის მოდელზე. ამ მიზნით ექსპერიმენტირება რეალურ ობიექტზე, უკეთეს შემთხვევაში, უხერხულია, ხოლო ხანდახან-მაგნე, ანდა საერთოდ, შეუძლებელი მთელი რიგი მიზეზების გამო (ექსპერიმენტის დიდი ხანგრძლივობა, ობიექტის მოყვანა არასასურველ ან შეუქცევად მდგომარეობაში და ა. შ.).

თუ კვლევის ობიექტს აქვს დინამიკური მახასიათებლები, ე. ი. დროზე დამოკიდებული მახასიათებლები, განსაკუთრებულ

მნიშვნელობას იძენს ასეთი ობიექტის სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებით გამოწვეული მდგომარეობის დინამიკის პროგნოზირების ამოცანა. ამ ამოცანის გადაწყვეტისას, ასევე, ფასდაუდებელი დახმარება შეიძლება გაგვიწიოს მოდელების გამოყენებამ.

ამგვარად, შეიძლება შევაჯამოთ და ვთქვათ: მოდელი საჭიროა იმისთვის, რომ [13]:

- გავიგოთ, როგორაა მოწყობილი კონკრეტული ობიექტი მისთვის მახასიათებელი ტექნოლოგიური პროცესით-როგორია მისი სტრუქტურა, ძირითადი თვისებები, განვითარებისა და გარემომცველ სამყაროსთან ურთიერთობის კანონები;
- ვისწავლოთ ობიექტის (პროცესის) მართვა და განვსაზღვროთ მართვის საუკეთესო ხერხები მოცემული მიზნებისა და კრიტერიუმების დაშვებისას.
- მოვახდინოთ მოცემული ხერხების რეალიზაციისა და ობიექტზე ზემოქმედების ფორმების პირდაპირი და ირიბი შედეგების პროგნოზირება.

კარგად აგებულ მოდელს გასაოცარი თვისება აქვს: მისი შესწავლა რაღაც ახალ ცოდნას იძლევა ორიგინალ ობიექტზე. ეს, რა თქმა უნდა, ძალიან მნიშვნელოვანი თვისებაა, რომელიც მეტად მიმზიდველია მათთვის, ვინც დაკავებულია მოდელების შესწავლით.

მოდელის აგების პროცესს მოდელირება ეწოდება. არსებობს მოდელირების რამდენიმე ხერხი, რომლებიც, პირობითად, შეიძლება გავაერთიანოთ ორ დიდ ჯგუფად: მატერიალური (საგნობრივი) და იდეალური მოდელირება. მატერიალურ მოდელირებას განეკუთვნება მოდელირების ისეთი ხერხები, რომელთა დროსაც კვლევა მიმდინარეობს ისეთ მოდელზე, რომელიც იმეორებს შესასწავლი ობიექტის ძირითად გეომეტრიულ, ფიზიკურ, დინამიკურ და ფუნქციურ მახასიათებლებს [14].

მატერიალური მოდელირების ძირითადი სახეობებია ფიზიკური და ანალოგური მოდელირება.

ფიზიკურ მოდელირებად იწოდება მოდელირება, რომლის დროსაც რეალურ ობიექტს უპირისპირდება მისი გადიდებული ან



დაპატარავებული ასლი, რომელიც იძლევა კვლევის (როგორც წესი, ლაბორატორიის პირობებში) ნებას შესასწავლი პროცესებისა და მოვლენების შემდგომი გადატანით მოდელიდან ობიექტზე მსგავსების თეორიაზე დაყრდნობით. ფიზიკური მოდელის: რამდენიმე მაგალითია: ასტრონომიაში-პლანეტარიუმი, ჰიდროტექნიკაში-წყლიანი ლოტები, როგორც მდინარეებისა და წყალსაცავების მოდელები, არქიტექტურაში-შენობების მაკეტები, თვითმფრინავთ მშენებლობაში - მფრინავი აპარატების მოდელები და ა. შ.

ანალოგური მოდელირება ეფუძნება სხვადასხვა ფიზიკური ბუნების, მაგრამ, ფორმალურად, ერთნაირად აღწერილი (ერთი და იმავე მათემატიკური განტოლებებით, ლოგიკური სქემებით და ა.შ.) პროცესებისა და მოვლენების ანალოგიას. ამის ყველაზე მარტივი მაგალითია-მექანიკური რხევების შესწავლა იმავე დიფერენციალური განტოლებებით აღწერილი ელექტრული სქემით.

შეგნიშნავთ, რომ მატერიალური მოდელირების ორივე ტიპის შემთხვევაში მოდელები წარმოადგენდნენ თავდაპირველი ობიექტის მატერიალურ გამოსახულებას და დაკავშირებულნი იყვნენ მასთან თავიანთ გეომეტრიული, ფიზიკური და სხვა მახასიათებლებით. თანაც, კვლევის პროცესი მჭიდროდ უკავშირდებოდა მატერიალურ ზემოქმედებას, ე.ი. ხდებოდა ბუნებრივი ექსპერიმენტი. ამგვარად, საგნობრივი მოდელირება, თავისი ბუნებით, ექსპერიმენტული მეთოდია.

საგნობრივი მოდელირებისგან პრინციპულად განსხვავდება იდეალური მოდელირება, რომელიც ემყარება ობიექტისა და მოდელის არა მატერიალურ ანალოგიას, არამედ-იდეალურ, მოაზრებულ ანალოგიას.

იდეალური მოდელირება ატარებს თეორიულ ხასიათს. განასხვავებენ ინტუიციურ და ნიშნობრივ იდეალურ მოდელირებას.

ინტუიციურში იგულისხმება გამოსაკვლევი ობიექტის ინტუიციურ წარმოდგენაზე, დამყარებული მოდელირება, რომელიც არ ემორჩილება ფორმალისაციას ან არ სჭირდება ის. მაგალითად, შეიძლება მოვიყვანოთ ყოველი ადამიანის ცხოვრებისეული გამოცდილება.

ნიშნობრივად იწოდება მოდელირება, რომელიც იყენებს მოდელად ამა თუ იმ სახის ნიშნობრივ გარდაქმნებს: სქემებს, გრაფიკებს, ნახაზებს, ფორმულებს, სიმბოლოების ანაკრებებს და ა.შ., ასევე, მოიცავს იმ კანონთა ერთობლიობას, რომლებითაც შესაძლებელია არჩეული ნიშნობრივი გარდაქმნებითა და მათი ელემენტებით ოპერირება.

ნიშნობრივი მოდელირების უმნიშვნელოვანეს სახეობად ითვლება მათემატიკური მოდელირება, რომლის დროსაც ობიექტის გამოკვლევა ხორციელდება მათემატიკის ენაზე ფორმულირებული მოდელით და ამა თუ იმ მათემატიკური მეთოდის გამოყენებით. მათემატიკური მოდელირების კლასიკურ მაგალითად ითვლება მათემატიკის საშუალებით ნიუტონის მექანიკის ძირითადი კანონების აღწერა და კვლევა.

საიდან ჩნდება მოდელები-რა თქმა უნდა, ამაზე ერთმნიშვნელოვანი პასუხი არ არსებობს. ჩვენ მეცნიერებასა და პრაქტიკას მოდელებით ვუკავშირდებით. აქ შევჩერდებით ორ წყაროზე, რომლებიც მუდმივად ასაზრდოვებენ მეცნიერებასა და პრაქტიკას მოდელებით.

ერთი წუთით წარმოვიდგინოთ, რომ არაფერი ვიცით თანაბარსწორხაზოვანი მოძრაობის თვისებების შესახებ; ფიზიკის ყველა ფორმულა დავიწყებულია და აი, ამ რთულ სიტუაციაში გაჩნდა ქვემოთ მოცემული ამოცანის ამოხსნის აუცილებლობა.

გადავიდეთ საკითხის გადაწყვეტაზე. ვმსჯელობთ შემდეგნაირად: უეჭველია, რომ  $S$  გავლილი გზა დამოკიდებულია  $v$  სიჩქარეზე და  $t$  მოძრაობის დროზე.  $S = f(v, t)$ . თუ მოხერხდებოდა  $f$  ფუნქციის სახის განსაზღვრა, ეს იქნებოდა მათემატიკური მოდელი, რომელიც აღწერდა თანაბარსწორხაზოვანი მოძრაობის მნიშვნელოვან თვისებას. როგორ გავაკეთოთ ეს?

ეჭვს არ იწვევს, რომ, რაც უფრო დიდია  $v$  მნიშვნელობა, მით უფრო დიდია  $S$  (ფიქსირებული  $t$ -ს პირობებში) და რაც უფრო დიდია  $t$ -ს მნიშვნელობა, მით უფრო დიდია  $S$  (ფიქსირებული  $v$  -ს პირობებში). იოლი გასაზრებელია, რომ ჩამოთვლილ პირობებს აკმაყოფილებს შემდეგი სახის  $f$  ფუნქცია:

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

$m$  და  $n$  ისე უნდა შეირჩეს, რომ ისინი შეესაბამებოდეს ქვეით მგზავრზე დაკვირვების შედეგებს. ავიღოთ, მაგ.  $m = 1$  და  $n = 3$ . ეს, ფორმულა (1)-თან ერთად, ჰიპოთეზაა, რომელსაც ვაყენებთ. დავაკვირდებით ქვეით მგზავრს რამდენიმე ხნის განმავლობაში. დაკვირვება უნდა გაგრძელდეს 10 წუთი  $t = 0$  – დან  $t = 10$ - მდე; გრაფიკზე, ერთი წუთის ინტერვალებით გამოისახება გავლილი გზის სიდიდე-ფაქტობრივი და საანგარიშო. შევადაროთ შედეგები. გასაგებია, რომ საანგარიშო მრუდი ძალიან ციცაბოდ ადის მაღლა და ცუდად შეესაბამება დაკვირვების შედეგებს. ეს ნიშნავს, რომ მიღებული ჰიპოთეზა ცუდია. მის გასაუმჯობესებლად ან  $m$  უნდა გავადიდოთ, ან  $n$  უნდა შევამციროთ. ავიღოთ, ვთქვათ,  $n = 2$  და გავიმეოროთ ფაქტობრივი და საანგარიშო სიდიდეების შედარება. ისევ ცუდი შესაბამისობაა. შეიძლება გავაგრძელოთ  $m$ -ის და  $n$ -ის შერჩევა "ცდებისა და შეცდომების" ასეთი მეთოდით, ანდა შეიძლება ამ სიდიდეების ძებნა დავიყვანოთ გარკვეული მათემატიკური ამოცანის ამოხსნაზე, კერძოდ:

$S$ -ით აღვნიშნოთ ქვეითი მგზავრის მიერ  $t$  დროში გავლილი გზა. მაშინ, თუ ამოვხსნით ამოცანას

$$\min_{m, n} \{S - vm tn\},$$

ე.ი. ფიგურულ ფრჩხილებში მოცემული გამოსახულების მინიმუმის პოვნითა და  $m$ -ისა და  $n$ -ის მნიშვნელობად იმ სიდიდეების აღებით, რომელზეც მიიღწევა ეს მინიმუმი, ნაპოვნი იქნება საძებნი ფუნქცია.

ეს შედარება საჭიროა იმისთვის, რომ დავრწმუნდეთ მოდელის ადეკვატურობაში სანდოდ მივიჩნიოთ მოდელურ გაანგარიშება, რათა გამოვიყენოთ ის.

თუ აღმოჩნდება, რომ ანგარიშის შედეგებს არაფერი საერთო აქვთ რეალურ სინამდვილესთან, უნდა დავუბრუნდეთ მოდელის აგებას- შეიძლება მას გაუმჯობესება სჭირდება.

ასევე, შესაძლებელია შეცდომების დაშვება ალგორითმში და ან ელექტრონული გამომთვლელი მანქანის პროგრამაში. ასეთი განმეორებითი დათვალიერებები გრძელდება მანამ, სანამ გაანგარიშების შედეგები არ დააკმაყოფილებს მკვლევარს. ამის შემდეგ მოდელი მზადაა გამოსაყენებლად.

ამგვარად, კომპიუტერს, არც მათემატიკურ მოდელს, არც მისი კვლევის ალგორითმს ცალ-ცალკე არ შეუძლიათ ამოხსნან ეს რთული საწყისი ამოცანა, მაგრამ ერთად ისინი წარმოადგენენ იმ ძალას, რომელიც საშუალებას იძლევა, შევიცნოთ გარემომცველი სამყარო და ვმართოთ ის ადამიანთა ინტერესების შესაბამისად.

## 1.2.2 დესკრიფციული და იმიტაციური მოდელირების მიდგომა

დესკრიფციული მოდელი მომდინარეობს ინგლისური სიტყვიდან "description", რაც ნიშნავს "აღწერას". ამ კლასის მათემატიკური მოდელები, როგორც ეს სახელწოდებიდანაც გამომდინარეობს, განკუთვნილია სხვადასხვა პროცესების აღსაწერად. მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნა, რომ ეს პროცესები განეკუთვნება ცოდნის სხვადასხვაგვარ დარგებს, როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი-სხვადასხვა "კვლევებს", ხოლო მათი მათემატიკური აღწერილობა ერთი კლასისაა, ამიტომ აქაც და შემდგომ თავებშიც მოყვანილია მაგალითები ცოდნის სხვადასხვა სფეროდან [10].

დისკრეტაციაში განხილულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის აღწერა სწორედ დესკრიფციული მოდელების საფუძველზე აგებული.

ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ "მათემატიკიზაციის" დონე სხვადასხვა მეცნიერებაში სხვადასხვაა. ამას მრავალი მიზეზი აქვს-მეცნიერების სპეციფიკა, მასში მათემატიკის მეთოდების გამოყენების დრო და ა.შ. ამ მხრივ ერთ-ერთ წინწასულ მეცნიერებად ითვლება თეორიული მექანიკა, სადაც მათემატიკა წარმატებულად გამოიყენება უკვე რამდენიმე ასეული წელია.

იმიტაციური მოდელირების მიდგომა. ყველა აქამდე განხილულ მოდელს გააჩნდა ძალიან მნიშვნელოვანი საერთო მახასიათებლები. ყოველი სამოდულო სიტუაციისთვის ცნობილი იყო მიზანი (ანდა რამდენიმე მიზანი), რომლის მიღწევაც ითვლებოდა სასურველად. მაგრამ ყველა სიტუაცია ასეთი არაა. განსაკუთრებით მრავლადაა ისინი გამოყენებითი კვლევების თანამედროვე ეტაპზე, როცა საქმე გვაქვს რთულ სისტემებთან, რომლებშიც არა მარტო ჩნდება მიზნობრივი ფუნქციების სიმრავლე, არამედ მთლად გარკვეულიც არ არის ამ ფუნქციის რაოდენობრივი გამოსახულება. აქ შეიძლება, საერთოდ, ლაპარაკია არა იმდენად ოპტიმიზაციური ამოცანების გადაწყვეტაზე

(თუმცა ესეც არის), რამდენადაც რთული სისტემების გამოკვლევაზე მათი მომავალი მდგომარეობის პროგნოზირებაზე მართვის შერჩეულ სტრატეგიასთან მიმართებით.

პრაქტიკამ დაჟინებით მოითხოვა რთული სისტემების კვლევა. ამ მიზნით გამოყენებად მოდელს ეწოდა "იმიტაციური მოდელირება", რაც წარმოადგენს სიტყვასიტყვით თარგმანს ინგლისური გამოთქმისა "Simulation Modeling". როგორც იოლად ვრწმუნდებით, თარგმანი არცთუ კარგადაა შესრულებული, რადგანაც გარკვეულწილად ტავტოლოგიურია. მიუხედავად ამისა, ტერმინი "იმიტაციური მოდელირება" უკვე ისე ფართოდაა გავრცელებული, რომ ნაკლებად სავარაუდოა, ცვლილება განიცადოს. ვეცდებით, უკეთ გავიგოთ, რა იგულისხმება ამ ტერმინით.

დავახასიათოთ "იმიტაციური მოდელირების" საერთო თვისებები.

"იმიტაციური მოდელირების" არსი მდგომარეობს იმაში, რომ რთული სისტემების ფუნქციონირების პროცესი წარმოდგენილია გარკვეული ალგორითმის სახით, რომელიც რეალიზდება კომპიუტერზე. რეალიზაციის შედეგების მიხედვით შეიძლება გამოტანილ იქნას ესა თუ ის დასკვნა საწყის პროცესზე.

სანამ გადავიდოდეთ "იმიტაციური მოდელირების" აღწერაზე, ვეცადოთ, მოკლედ შევაჯამოთ ის ძირითადი პრინციპები, რომლებიც საფუძვლად უდევს მათემატიკური მოდელების აგებას, გავმიჯნოთ მათემატიკური მოდელირებისა ნაკლი და უპირატესობები.

დავიწყოთ ორი ზოგადი სახის შენიშვნით. ყველა რთული სისტემა, რომლის მოდელსაც ჩვენ ვქმნით, თავისი ფუნქციონირებისას ექვემდებარება გარკვეულ კანონებს-ფიზიკურს, ქიმიურს, ბიოლოგიურს და სხვ. ამასთან, სრულიად შესაძლებელია (ეს აუცილებლად უნდა აღინიშნოს), რომ ჩვენთვის ყველა ეს კანონი არცთუ ცნობილია. შემდგომში განიხილება ისეთი სისტემები, რომლებისთვისაც კანონების ცოდნა გვთავაზობს ცნობილ რაოდენობრივ თანაფარდობას, რომელიც სამოდულო სისტემის ამა თუ იმ მახასიათებელს აკავშირებს.

ყველა სახის მოდელი იქმნება ერთი მიზნით-გაეცეს პასუხი გარკვეული რაოდენობის კითხვებს სამოდულო ობიექტის ორგანიზ.

სხვანაირად რომ ვთქვათ, ვინტერესდებით რა გარკვეული სისტემის ფუნქციონირებასთან დაკავშირებული კითხვების ნაკრებით, მას უნდა მიუდგეთ სრულიად გარკვეული ”ხედვის კუთხით”. ეს არჩეული ”ხედვის კუთხე” განსაზღვრავს კიდევ მოდელის შერჩევას.

ამ ერთობ ზოგადი შენიშვნების შემდეგ გადავიდეთ რთული სისტემების მათემატიკური მოდელის აგების აღწერილობაზე, რაც შეიძლება წარმოვადგინოთ, შემდეგ ეტაპებად:

- ჩამოვყალიბოთ სისტემის ქცევის ის ძირითადი კითხვები, რომლებზეც პასუხი უნდა მივიღოთ მოდელის საშუალებით;
- სისტემის ქცევის მართვის მრავალი კანონიდან გავითვალისწინოთ ისინი, რომელთა გავლენაც არსებითია დასმულ კითხვებზე პასუხების ძებნისას (აქ ვლინდება მოდელიორის ხელოვნება).

ამ კანონებზე დაყრდნობით, თუ საჭიროა სისტემის ან მისი ცალკეული ნაწილებისთვის, იქმნება ფუნქციონირების გარკვეული ჰიპოთეზები. როგორც წესი, ეს ჰიპოთეზები სამართლიანი ჩანს იმ გაგებით, რომ შეიძლება მოყვანილ იქნას თეორიული მტკიცებულებები მათ სასარგებლოდ (აქ ვლინდება როგორც მოდელიორ-სპეციალისტის, ისე სამოდულო სისტემის ფუნქციონირების აღწერის ხელოვნება).

ჰიპოთეზები, ისევე, როგორც კანონები, გამოისახება გარკვეული მათემატიკური ფარდობით, რომლებიც ერთიანდებიან მოდელის გარკვეულ აღწერაში [10].

ამით მთავრდება კიდევ მათემატიკური მოდელის აგების პროცესი. ამას შემდეგ მოყვება ამ პროპორციების კვლევა ანალიტიკური ან გამოთვლითი მეთოდების საშუალებით, რასაც საბოლოოდ მიყვავართ მოდელისათვის წაყენებულ კითხვებზე პასუხის მოძებნამდე. თუ მოდელი კარგია, მისი საშუალებით ნაპოვნი პასუხები, როგორც წესი, ძალიან ახლოსაა პასუხებთან იმავე კითხვებზე სამოდულო სისტემის შესახებ გაცემულ პასუხებთან, უფრო მეტიც, ამ შემთხვევაში, ნაწილობრივ, მოდელის დახმარებით, ხერხდება პასუხის გაცემა ზოგიერთ მანამდე დაუსმელ კითხვებზე, ასევე, რეალურ სისტემაზე წარმოდგენას ფართოვდება. თუ მოდელი ცუდია, ე. ი. არასაკმარისად ადეკვატურად აღწერს სისტემას მისთვის დასმული

კითხვების თვალსაზრისით, ის ექვემდებარება გაუმჯობესებას ან შეცვლას. ადეკვატურობის კრიტერიუმია პრაქტიკა, რომელიც ადგენს, როდის შეიძლება დამთავრდეს მოდელის გაუმჯობესების პროცესი. ცხადია, ეს კრიტერიუმები არაა ფორმულირებული და ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში სპეციალურ კვლევას მოითხოვს.

რა არის ამ მეთოდის ნაკლი და ღირსება? ცხადია, ღირსებად უნდა ჩაითვალოს ის ფაქტი, რომ მოდელი არის ფორმალიზებული ჩანაწერი ბუნების ამა თუ იმ კანონისა, რომლებიც მართავს სისტემის ფუნქციონირებას ასევე, ჰიპოთეზებისა, რომელთა ნამდვილობა ყოველი შემთხვევისთვის შეიძლება გახდეს ცალკე განხილვის საგანი. ობიექტის შესახებ შინაარსიანი გამონათქვამების დასკვნა შეიძლება იყოს მათემატიკურად მკაცრად დახვეწილი ან ეს დასკვნა გამოტანილი იყოს ფორმალიზებული უპირობო მტკიცებების (აქსიომების) ძალიან შეზღუდული რიცხვიდან. ზუსტად ასეთი დახვეწილობის მქონეა ევკლიდეს გეომეტრიის თეორემები, თეორიული მექანიკის მოდელები და ბევრი სხვა, რომლებიც უკვე კლასიკის კუთვნილებაა.

თუმცა, მიუხედავად მთელი ამ მიმზიდველობისა, აღწერილ მეთოდს დღეისთვის შესასწავლ რთულ სისტემებში გამოყენებისას აქვს გარკვეული უარყოფითი მხარეები, რომლებსაც ახლა ჩამოვთვლით:

- უპირველეს ყოვლისა, გარკვეული სიძნელეები შეიძლება გაჩნდეს მათემატიკური მოდელის აგებისას რთული სისტემისთვის, რომელიც შეიცავს მრავალ კავშირს ელემენტებს შორის, მრავალგვარ არახაზოვან შეზღუდვებს, პარამეტრების დიდ რიცხვს და ა. შ. უფრო სწორად, მოდელის პროპორციების გამოყვანა ხერხდება იმ შემთხვევაშიც კი, როცა მოცემულ მომენტში კვლევისთვის საჭირო მათემატიკური აპარატის არარსებობა სრულიად უსარგებლოს ხდის მას (მოდელს). შესაძლოა ჯერ კიდევ არ არის სამოდულო სისტემისთვის შემუშავებული მწყობრი თეორია, რომელიც ახსნიდა მისი ფუნქციონირების ყველა ასპექტს, რაც აძნელებს ამა თუ იმ ნამდვილის მსგავსი ჰიპოთეზის ფორმულირებას. ასევე, რეალური სისტემები ნაწილობრივად, ექცევა სხვადასხვა შემთხვევითი



ფაქტორების გავლენის ქვეშ, და ამ ფაქტორების აღრიცხვა ანალიტიკურად დაკავშირებულია დიდ, ზოგჯერ გადაულახავ (მათი რაოდენობიდან გამომდინარე) სიძნელეებთან. და ბოლოს, ასეთი მიდგომის დროს მოდელის და ორიგინალის შეპირისპირების შესაძლებლობა არსებობს მხოლოდ დასაწყისში (მიღებული გადაწყვეტილებების შემოწმება) და შესაბამისი მათემატიკური აპარატის გამოყენების შემდეგ, რამდენადაც შუალედური გაანგარიშების შედეგებს შეიძლება არ გააჩნდეთ შესაბამისი ანალოგები რეალურ სისტემაში, ეს გარემოება განსაკუთრებულად აძნელებს მოდელის ვერიფიკაციას.

ყველა ჩამოთვლილმა სიძნელემ, განსაკუთრებით პირველმა ორმა, რომლებიც სისტემატურად ჩნდება რთული სისტემების შესწავლისას, გვაიძულებს გვეძებნა და გვეპოვა მოდელირების უფრო მოქნილი მეთოდი-იმიტაციური მოდელირება. ამ მეთოდის საფუძველში დევს სრულიად გასაგები იდეა-მაქსიმალურად იქნას გამოყენებული მკვლევრის ხელთ არსებული ყველა ინფორმაცია სისტემის შესახებ, რათა შესაძლებელი გახდეს ანალიტიკური სიძნელეების გადალახვა და პასუხი გაეცეს სამოდულო სისტემის შესახებ კითხვებს.

იმიტაციური მოდელირების დანართების არე განისაზღვრება, ერთი მხრივ, შესასწავლი ობიექტის სპეციფიკით-ეს რთული სისტემა უნდა იყოს, და მეორე მხრივ-ამ ობიექტზე არსებული ჩვენთვის საინტერესო კითხვების სფეციფიკით, თუ ეს კითხვები განეკუთვნება არა რეალური სისტემის დინამიკის განმსაზღვრელ ფუნდამენტურ კანონებსა და მიზეზებს, არამედ სისტემის ქცევის ანალიზს, რომელიც შესრულებულია, როგორც წესი, პრაქტიკული მიზნებით, მაშინ მისი გამოყენება ძალიან სასურველია [10].

მივყვეთ ეტაპობრივად, როგორ რეალიზდება ეს ახალი მეთოდი, რათა უკეთ გავიგოთ მისი განსხვავება ზემოაღწერილი კლასიკური მათემატიკური მოდელისგან. აქაც, როგორც რთული სამოდულო სისტემის ქცევის შესახებ, განისაზღვრება ძირითადი კითხვები, რომლებზეც გვინდა პასუხის მიღება. ბევრი ამ კითხვათაგანი

საშუალებას გვაძლევს, დავადგინოთ სისტემის დამახასიათებელი მრავალი პარამეტრიც-მდგომარეობის ვექტორი (აქ, გარდა მოდელიორის ხელოვნებისა, მოითხოვება რეალური სამოდულო სისტემის დრმა ცოდნა).

ამ მიზნით ხორციელდება სისტემის დეკომპოზიცია (დაყოფა) უფრო მარტივ ნაწილებად-ბლოკებად. ერთ ბლოკში ერთიანდება საერთო ნიშნის მქონე „კომპონენტები“, ე.ი. მსგავსი წესების მიხედვით გარდაქმნადი კომპონენტები მდგომარეობის ვექტორისა და მათი გარდამქმნელი პროცესები (მოითხოვება რეალური სამოდულო სისტემის დრმა ცოდნა). ფორმულირდება კანონები და ”მართალს მიმსგავსებელი” ჰიპოთეზები როგორც მთელი სისტემის, ისე მისი ცალკეული ნაწილების ქცევის შესახებ. ამასთან, მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნა, რომ ყოველ ბლოკის აღწერისას მასში შეიძლება გამოყენებულ იქნას საკუთარი, ბლოკისთვის ყველაზე მოსახერხებელი მათემატიკური აპარატი (აღგებრული დიფერენციალური განტოლებები, მათემატიკური პროგრამირება და ა. შ.). ზუსტად ეს ბლოკური პრინციპი გვაძლევს საშუალებას, იმიტაციური მოდელის აგებით დავადგინოთ აუცილებელი საჭირო პროპორციები ყოველ ბლოკის აღწერის სიზუსტეს, მისი ინფორმაციით უზრუნველყოფასა და მოდელირების მიზნის მიღწევის აუცილებლობას შორის.

მკვლევართა წინაშე დასმული ამოცანებისდა მიხედვით შემოღებულია ე. წ. ”სისტემური დრო”, რომელიც ახდენს დროის მსვლელობის მოდელირებას რეალურ სისტემაში.

ფორმალიზებული სახით მოცემულია სისტემის და მისი ცალკეული ნაწილების ფენომენალური თვისებები. არც თუ იშვიათად, ეს თვისებები შეიძლება საერთოდ არ იყოს დასაბუთებული ცოდნის თანამედროვე დონის პირობებში და ეყრდნობოდეს სისტემაზე ხანგრძლივ დაკვირვებას. ზოგჯერ კი, ჩვენთვის საინტერესო კითხვებზე პასუხის მიღების თვალსაზრისით, ფენომენალური თვისება ეკვივალენტურია მრავალი რთული მათემატიკური პროპორციისა და წამატებით ცვლის მათ (ამ პუნქტში მოითხოვება სამოდულო სისტემის დრმა ცოდნა, თუ, რა თქმა უნდა, გვინდა მივიღოთ მაღალი ხარისხის მოდელი, ადეკვატური რეალური ობიექტის მიმართ).

შემთხვევით პარამეტრებს, რომლებიც ფიგურირებს მოდელში, შეესაბამება ზოგიერთი მათი რეალიზაციები, რომლებიც შენარჩუნდება სისტემური დროის ერთ ან რამდენიმე ტაქტში. შემდგომ იძებნება ახალი რეალიზაციები.

რამდენადაც ზემოთ ჩამოთვლილი ეტაპების განხორციელება ყველაზე იოლია კომპიუტერის დახმარებით, იმიტაციურ სამოდულო სისტემაში (იმიტაციური სისტემა), ჩვეულებრივ, ესმით კომპიუტერის დახმარებით პროგრამების კომპლექსის გამოყენება, რომელიც აღწერს სისტემის ცალკეული ბლოკების ფუნქციონირებას და მათი ურთიერთქმედების წესებს. შემთხვევითი სიდიდეების რეალიზაციების გამოყენება აუცილებელს ხდის ექსპერიმენტის მრავალჯერად ჩატარებას იმიტაციურ სისტემასთან (ანგარიში კომპიუტერზე შესაბამისი პროგრამებით) და მიღებული შედეგების შემდგომ სტატისტიკურ ანალიზს [10].

აღსანიშნავია აგრეთვე შემდეგი: ცნობილია, რომ დღეისათვის სიტყვები "მათემატიკური მოდელი" თითქმის სინონიმურია სხვადასხვაგვარი სისტემების, პროცესების, მოვლენების მოდულებისა. თუ მათემატიკური მოდელის ტრაექტორია, თუნდაც ოდნავ, ჰგავს რეალური სისტემის ტრაექტორიას, მათემატიკაში კარგად გაუცნობიერებელ გამოყენებითი დარგის მრავალ სპეციალისტს უჩნდება სურვილი, დაუყოვნებლივ გამოიყენოს ეს მოდელი პრაქტიკული მიზნებისთვის (ასეთი სწრაფვა არანაკლებ საშიშია, ვიდრე საერთოდ მოდელირების იგნორირება. ამიტომ ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ მოდელი რეალურ სისტემასთან ახლოს იყოს არა მარტო ხარისხობრივად, არამედ რაოდენობრივადაც. რეალური სისტემის ქცევის საკმაოდ ღრმა ცოდნისა და მოდელის ფენომენოლოგიურ ინფორმაციაზე სწორი წარმოდგენისას იმიტაციური მოდულები ხასიათდება, რეალურ სისტემასთან უფრო დიდი სიახლოვით, ვიდრე მათემატიკური მოდელი. დიდწილად ეს სიახლოვე განპირობებულია იმით, რომ იმიტაციური მოდულების აგების ბლოკური პრინციპი (გახლეჩის პრინციპი) იძლევა თითოეული ბლოკის ვერიფიცირების საშუალებას მის საერთო მოდელში ჩართვამდე, ასევე, იმის წყალობით, რომ მას შეუძლია ჩართოს უფრო რთული ხასიათის

დამოკიდებულებები, რომლებიც არ აღიწერება უბრალო მათემატიკურ გამოსახულებათა თანაფარდობაში.

საიმიტაციო სისტემაზე მუშაობა ექსპერიმენტია, რომელიც განხორციელებულია კომპიუტერის დახმარებით და ბევრი რამით ის ენათესავება ფიზიკურ ექსპერიმენტს. ამ ექსპერიმენტისას ვარირებს ეგზოგენური ცვლადები, მოდელის პარამეტრები, სრულყოფილი ხდება მისი სტრუქტურა და სისტემის ცალკეული ნაწილების ქცევაზე დაშვებული ჰიპოთეზები. მუშაობის ასეთი სპეციფიკით საიმიტაციო სისტემა, ჩვეულებრივ, კითხვებზე პასუხს მხოლოდ სტატისტიკური თვალსაზრით იძლევა, რაც აუცილებლობად უნდა იქნეს მიჩნეული რთულ სისტემასთან მუშაობის პროცესში და ასევე, მიჩნეული იქნას საქმის არსთან უფრო შესაფერისადაც.

ამგვარად, საიმიტაციო სისტემის ჩამოთვლილი ღირსებები ბევრად განაპირობებს მისსავე ნაკლოვანებებს. როგორც წესი, საიმიტაციო სისტემის აგება უფრო ხანგრძლივი, უფრო ძნელი და უფრო ძვირია, ვიდრე მათემატიკური მოდელისა. საიმიტაციო მოდელირების ეს მინუსები უარესდება იმით, რომ საიმიტაციო სისტემასთან მუშაობისას აუცილებელია კლასში კომპიუტერის გამოყენება, რადგან შედეგების მიღება, ხშირად შეუძლებელია ანალიტიკური გზით.

შეიძლება დაიბადოს კითხვა: "ხომ არ ცვლის საიმიტაციო მოდელირება ოპტიმიზაციის მეთოდებს?" პასუხი სრულიად ცალსახაა: "არა, არ ცვლის, მაგრამ წარმატებით სრულყოფს მათ". განვმარტოთ, როგორ ხდება ეს სინთეზი.

როგორც აღვნიშნეთ, საიმიტაციო მოდელი შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც პროგრამა, რომელიც ახდენს კომპიუტერზე რომელიღაც ალგორითმის რეალიზებას. მისი მუშაობის რამდენიმე ტაქტზე გამოიყენება პარამეტრები, რომლებიც არჩეულია გადაწყვეტილებათა მიმღები პირის მიერ ე.წ. მმართველი ზემოქმედებები. აქ მმართველი ზემოქმედებების გათვალისწინებით არჩევა ხდება გარკვეული სიმრავლიდან და ჩვეულებრივ, გააჩნია არჩევანის ხარისხის კრიტერიუმი, ე. ი. ფუნქცია, რომლის ოპტიმიზებაც უნდა მოხდეს. მაშინ, სანამ მმართველი ზემოქმედებებს შევიყვანოთ

საიმიტაციო მოდელში, ვწყვეტ მათი მოძებნის ოპტიმიზაციის ამოცანას და მხოლოდ ამის შემდეგ შეიყვანება, ნაპოვნი ოპტიმიზაციის მნიშვნელობები საიმიტაციო მოდელში. ამ შემთხვევაში იმიტაცია საშუალებას გვაძლევს, სისტემის გამოსხმაურების მოდელირება ჩატარდეს მისთვის ოპტიმალურ (გარკვეული აზრით) მართვაზე. შეიძლება ოპტიმიზაციასა და იმიტაციას შორის იყოს სხვაგვარი კავშირიც. თუ მმართველი ზემოქმედებების უმრავლესობა არც თუ ისე მდიდარია, შესაძლებელი ხდება საიმიტაციო სისტემაში გარკვეული სიზუსტით ყველა მათგანის მოსინჯვა. იმიტაციის შედეგი, ასეთ შემთხვევაში, საშუალებას გვაძლევს, ჩავატაროთ მმართველი ზემოქმედებების შეფასება, უკუვაგდოთ აღიარებული უარყოფითი შედეგები, ხარისხის მიხედვით და მოვაწესრიგოთ დანარჩენები. ამ შემთხვევაშიც საიმიტაციო სისტემა ასრულებს ლაბორატორიის როლს, რომელშიც ანალიზდება ზოგიერთი ტექნოლოგია-ნაწილი დაიწუნება, ნაწილი დარჩება შემდგომი გამოყენებისთვის.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, საიმიტაციო მოდელი, ჩვეულებრივ, იქმნება ამა თუ იმ პრაქტიკული პრობლემის გადასაჭრელად. საქმე ისაა, რომ პრობლემის გაჩენიდან საიმიტაციო მოდელის დასრულების მომენტამდე გადის საკმაოდ დიდი დრო, რომლის განმავლობაშიც ხალხის მნიშვნელოვანი რაოდენობა (ჩვეულებრივ-სპეციალისტები, არა მათემატიკოსები) მუშაობენ ამ პრობლემაზე, ცდილობენ რა მის გადაჭრას მხოლოდ ტრადიციული მეთოდებით ისე, რომ არ იყენებენ საიმიტაციო მოდელირების მეთოდებს. არცთუ იშვიათად ისინი ახერხებენ გარკვეული შედეგების მიღებას (ზოგჯერ მნიშვნელოვანისაც) და ყოველთვის უჩნდებათ მტკიცე რწმენა იმისა, რომ პრობლემის არსში გაცილებით უკეთ ერკვევიან, ვიდრე მათემატიკოსები, რომლებიც დაკავებულნი არიან საიმიტაციო მოდელის შექმნით. ამგვარად, თუ არ იქნა მიღებული სპეციალური ზომები, შეიძლება წარმოიშვას ასეთი სიტუაცია: მოდელი მზადაა, მისი გამოყენება შეიძლება პრაქტიკულ საქმიანობაში, მაგრამ ეს უნდა განახორციელოს ხალხმა, რომელსაც არ შეუძლია, პროფესიულად შეაფასოს მისი ღირსებები ან ნაკლოვანებები, რომელიც ეჭვით უყურებს იმ ფაქტს, რომ მათემატიკოსებმა შეძლეს რეალობის ყველა

იმ ნიშნის საჭირო სიზუსტით ასახვა მოდელში, რომელიც აუცილებელია პრობლემის გადასაჭრელად. ეს აუცილებლად იწვევს სექტიციზმს (ზოგჯერ ძალიან ძლიერსაც) მათემატიკოსების შემოქმედების პროდუქტისადმი-საიმიტაციო მოდელისადმი, რასაც საბოლოოდ მიყვართ საიმიტაციო მოდელის უსარგებლოდ მიხნევამდე, რადგან არ ხდება მისი გამოყენება პრაქტიკულ საქმიანობაში.

ეს რომ არ ასე არ მოხდეს, უნდა მივიღოთ განსაზღვრული, ბევრი მოდელიორის გამოცდილებით შექმნილი ზომები (ცხადია, ისინი არ ატარებს საკმარისი პირობის ხასიათს, რომელიც იქნებოდა გარანტია საიმიტაციო მოდელის პრაქტიკული გამოყენებისა):

- აუცილებელია მოდელის შექმნაში იმ პირებმა მიიღონ მონაწილეობა, რომლებმაც ის შემდგომში უნდა გამოიყენონ.
- ეს ადამიანები უნდა იყვნენ კონსულტანტები იმ შემთხვევაშიც კი, თუ სარგებელი მათი საქმიანობისგან არც თუ ისე დიდია. ნებისთ თუ უნებლიეთ, მათ ექმნებათ შთაბეჭდილება (სამწუხაროდ, ეს ზოგჯერ ილუზიაა), რომ ისინი "თანაბარი უფლებებით" მონაწილეობენ საიმიტაციო მოდელის შექმნაში, რომ მოდელი-ყველასთან თანაბრად, მათი პირმშოცაა და ეს არსებითად ამცირებს ფსიქოლოგიურ სიძნელებებს, რომლებიც დაკავშირებულია ისეთი უჩვეულო ინსტრუმენტის გამოყენებასთან, როგორცაა საიმიტაციო მოდელი, დანერგვის ეტაპობრიობა.

ცხადია, პრაქტიკულ საქმიანობაში შეიძლება პოვოს გამოყენება საიმიტაციო მოდელის ცალკეულმა ნაწილებმა (თუ მოცემული პრობლემის მთლიანად გადაჭრაში ვერა, მასთან დაკავშირებული საკითხების კვლევაში მაინც). ამ ნაწილების გამოყენება პრაქტიკაში, მათი დასრულების შემთხვევაში, ერთი მხრივ, ეკონომიკურად მიზანშეწონილია, ხოლო მეორე მხრივ გვძენს გამოცდილებას მოდელის მთლიანად გამოსაყენებლად. ცალკეული ბლოკების მუშაობით მიღებული "ნამდვილს მიმსგავსებული" შედეგები მნიშვნელოვნად ამაღლებს ნდობას მოდელისადმი მთლიანობაში მისი მომავალი

მომხმარებლების მხრიდან და ალბათ, ხელმისაწვდომობა აძლიერებს კიდევ მისი გამოყენების სურვილს.

საიმიტაციო მოდელის დაპროექტების დასაწყისშივე გათვალისწინებულ უნდა იქნას ის გარემოება, რომ მომხმარებელმა გამოთავლოს ექსპერიმენტის შესაძლო შედეგები და ისინი მიიღოს მისთვის ჩვეული ფორმით-ცხრილების, გრაფიკების, ჰისტოგრამების სახით. ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ მომხმარებლისა და საიმიტაციო მოდელის ურთიერთქმედება (ინტერფეისი) არ იყოს ძალიან რთული, იყოს მოსახერხებელი და აუცილებლად მომხმარებლისთვის კარგად ნაცნობი.

წინა ქვეთავში განვიხილეთ ”მათემატიკური მოდელირების” რაობის შესახებ, სადაც აღნიშნული იყო, თუ რა ძლიერი ინსტრუმენტია ეს მეთოდი ყველა იმ სფეროში გამოსაყენებლად, რომლებსაც ეხებოდა მსჯელობა.

უნდა აღვნიშნოთ ის დადებითი გარემოება, რომ მათემატიკური მოდელირებასთან შეხება მაშინვე წარმოაჩენს პრობლემების მრავალსახეობას, სანამ მის თანდათანობით ამოხსნას დავიწყებდეთ. აქ საურველია მოვიყვანოთ მაგალითი საბაზრო ეკონომიკიდან.

ეკონომიკის საბაზრო ორგანიზების ცენტრში დგას კონკურენციის პრინციპი. როცა ორ მწარმოებელს გასაყიდად გამოაქვს ერთი და იგივე საქონელი, წარმოებული დამოუკიდებელი დაგეგმვის საფუძველზე და თანაბარ პირობებში-სხვადასხვა ფასით. რაციონალური ქცევის მომხმარებლები იყიდიან მას (ცხადია, თუ იციან მისი არსებობის შესახებ) იმ მწარმოებლისგან, რომელიც ნაკლებ ფასს მოითხოვს, ხოლო უფრო ”ძვირიანი” კონკურენტი იძულებული გახდება, დასწიოს თავისი პროდუქციის ფასი, ე. ი. ასწიოს წარმოების პროცესის ეფექტურობა ან კიდევ, მომხმარებლის ინტერესების მიხედვით, გააუმჯობესოს პროდუქციის ხარისხი, რასაც აიძულებს კონკურენცია.

თუ გავითვალისწინებთ, რამდენად მნიშვნელოვანია კონკურენციის პრინციპი საბაზრო ეკონომიკისთვის, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ დასავლეთის ეკონომისტებმა თავიანთი ძალისხმევა

უნდა მიმართონ იქით, რომ მათემატიკური კონსტრუქციის საშუალებით ასახონ ეს პრინციპი ეკონომიკის ფუნქციონირების პირობებში.

ჯონ ფონ ნეიმანმა და ეკონომისტმა მორგენშტერნმა ნაშრომში დაწვრილებით განმარტეს და საფუძველი ჩაუყარეს “ინტერესთა კონფლიქტის” მათემატიკური თეორიას. გააკვირვებას იწვევს ის ფაქტი, რომ „ინტერესთა კონფლიქტის” მათემატიკური მოდელირება, რომელიც მთელ რიგ მარტივ შემთხვევებში კარგად ხერხდება, დღემდე ნაკლებადაა წინ წასული, და ეს მაშინ, როცა დ. ნეიმანისა და ო. მორგენშტერნის წიგნის ფეხდაფეხ დაწერილია ათასობით სამეცნიერო ნაშრომი!

ტრადიციის თანახმად, ეს წიგნი, რომელმაც სათავე დაუდო საქვეყნოდ ცნობილ ”თამაშის თეორიას”, იწყება უმარტივესი სიტუაციით:

ორი მოთამაშე თამაშობს ისეთ თამაშებს, რომელშიც ერთი იმდენს აგებს, რამდენსაც მეორე იგებს. ამგვარად, მოთამაშეთა ინტერესები სრულიად ურთიერთსაწინააღმდეგოა. ამ მოთამაშეთაგან თითოეულმა იცის თავისი შესაძლო სტრატეგიები და ასევე, მოწინააღმდეგის სტრატეგიებიც. მოთამაშის ქცევა ფრთხილია და საიმედო-ის მეტს არაფერს ესწრაფვის, გარდა იმისა, რომ მინიმუმამდე დაიყვანოს მოწინააღმდეგის შესაძლო მაქსიმალური მოგება.

ამ პირობებში საუკეთესო სტრატეგიის შერჩევის ამოცანა თითოეული მოთამაშის მხრიდან უნაკლოდაა გადაჭრილი. რეალურ ეკონომიკურ პრაქტიკაში კი არაა იოლი მოძებნო ინტერესთა კონფლიქტის ასეთი მაგალითი.

არცთუ იშვიათად, შესაძლებელია დადებითად გადაწყდეს არა მარტო ორი მოთამაშის თამაში ნულოვანი თანხით, არამედ უფრო რთული თამაშებიც. მაგ., სამი მოთამაშის თამაში არანულოვანი თანხით. ამ პატარა გართულებიდანაც უკვე ნათლად ჩანს, რა შედეგები შეიძლება მოიტანოს მოთამაშეთა რიცხვის გაზრდამ-შესაძლებელი ხდება კოალიციების შექმნა, თანაც დიდი რაოდენობით მოთამაშეთა შედარებით პატარა რიცხვის შემთხვევაში. აქ მოთამაშეთა რიცხვის გაზრდისას ჩნდება სიტუაცია, რომელსაც მათემატიკოსები ”კომბინატორულ აფეთქებას” უწოდებენ და უნდა ითქვას, რომ



არსებობს ყველა საფუძველი ამ სახელის გასამართლებლად. შევნიშნავთ, რომ არანულოვანი თანხით მოთამაშეების თამაში ოპტიმალური სტრატეგიის მოძებნა დღეისთვის ჯერ კიდევ გადაუჭრელ პრობლემად რჩება.

დავუბრუნდეთ ისევ ორი მოთამაშის თამაშს ნულოვანი თანხით. ითქვას, რომ თითოეულმა მოთამაშემ იცის მეორე მოთამაშის შესაძლო მიქმედებები (პირობა ე.წ. "სრული ინფორმირებულობა") და აქვს შედარებით მოკრძალებული მიზანი-მინიმუმამდე დაიყვანოს მოწინააღმდეგის შესაძლებელი მაქსიმალური მოგება, რომელიც სხვაგვარად შეიძლება შეფასებულ იქნას, როგორც პესიმისტური ყალიბის პირობა. თუ ვეცდებით ამ თამაშის დინამიკის მათემატიკურ სურათში რისკის მოყვარული მოთამაშეების ქმედებების და ა. შ. გადატანას, თამაშის თეორიის აღმოჩენა და როლი სულ უფრო ნათელი და აღმაფრთოვანებელი გახდება.

ოთხ ათეულ წელზე მეტია მთელი ძალით ცდილობენ შეასუსტონ ნეიმან-მორგენშტერნის მოდელის შეზღუდვები, შეცვალონ თამაშის სტატისტიკური აღწერა თამაშების დინამიკური თეორიით. თეორეტიკოსი ეკონომისტების მხოლოდ შედარებით პატარა ნაწილი ირჯება ამ თეორიის შემდგომი განვითარებისთვის. ვერავინ იტყვის, რომ ისინი არასწორი გზით მიდიან, რამდენადაც მათ განკარგულებაშია წონიანი არგუმენტი-მათი კვლევის საგანია საბაზრო ეკონომიკის ერთადერთი არსი-კონკურენცია.

მეორე მხრივ, მრავლად არსებობენ მეცნიერები, რომელთაც არ სურთ ელოდონ, როდის მოიძებნება შორეულ მომავალში თანამედროვე აქტუალური პრობლემების მეცნიერულად დასაბუთებული არ გააჩნიათ (როგორც წესი) დამაკმაყოფილებელი ახნა-განმარტებები, ისინი ეუფლებიან დიდ ემპირიულ ცოდნას იმაზე, რაც მუდმივად ხდება ბაზრის პრინციპებით ორგანიზებული საზოგადოების ეკონომიკურ პოლიტიკაში. ეს ცოდნა მყისიერ გამოყენებას პოულობს სხვადასხვა პოლიტიკურ-ეკონომიკურ დაწესებულებებში.

საბაზრო თვითრეგულირების მექანიზმი მხოლოდ ერთია იმ მრავალი მაგალითიდან, როცა ხდება ძალების მობილიზება ობიექტის ირგვლივ მისი არსებული მდგომარეობის შესაცვლელად. როგორც

წესი, თვითრეგულირება (და ეს ყველაზე მეტად სასურველია) მოქმედებს წონასწორული სტაბილური მდგომარეობის მიმართულებით, რომელიც არ მოიცავს თავის თავში ცვლილების არანაირ ტენდენციას. გაცილებით ნაკლებად და ეს უმეტესად არასასურველია-მას გავეყვართ წონასწორობიდან. მსოფლიო სავსეა თვითრეგულირების მაგალითებით, ბუნება უხვად გვაწვდის წონასწორული მდგომარეობის საპირისპირო მიმართულების მოძრაობის უამრავ მაგალითს. უმეტეს შემთხვევაში, ეს ხდება იქ, სადაც ადამიანმა ჯეროვნად ვერ შეაფასა ბუნების უნარი, მოახდინოს გარედან ზემოქმედების კომპენსაცია. შეიძლება ითქვას, რომ მსოფლიო ეკონომიკური პრობლემები წარმოიშობა იქ, სადაც ანთროპოგენული დატვირთვები არ შეესაბამება მათ დასაშვებ ზღვრულ კონცენტრაციებს.

თვითრეგულირების კონცეფციიდან გამომდინარე, ისევ დაავუბრუნდეთ მოდელირების საკითხს, რომელიც საშუალებას გვაძლევს, ვაწარმოთ რაოდენობრივი გაზომვები, ე.ი. დაავუბრუნდეთ მათემატიკურ მოდელირებას. უმთავრესი როლი აქ ინჟინრებს განეკუთვნებათ, რომელთაც ჩამოაყალიბეს რეგულირების კონტურის მოდელი უკუკავშირის პრინციპის გამოყენებით.

უკუკავშირის პრინციპზე აგებული სისტემა ვითარდება შიდა ძალებით, რომლებიც აკომპენსირებენ (აწონასწორებენ) გარე ქმედებას. ამ უნარის აღმოჩენამ, რომელიც გვხვდება ტექნიკურ, ბიოლოგიურ, სოციალურ და სხვა სისტემებში, შექმნა საფუძველი მართვის დაქვემდებარებული მეცნიერებისთვის. უკუკავშირი შეიძლება იყოს უარყოფითი-გარე ძალების მოქმედება მცირდება და დადებითი-გარე ძალების მოქმედება ძლიერდება.

უკუკავშირი ფუნქციონირების ძირითადი პრინციპია ე.წ. მართულ სისტემებში. შეგახსენებთ, რომ სისტემას ეწოდება მართული, თუ მას შეუძლია, გარკვეული ხარისხით შეინარჩუნოს მდგომარეობის პარამეტრების სასურველი მნიშვნელობები გარე ქმედებისგან დამოუკიდებლად.

ასეთი სისტემის მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ გადახრა "სასურველი" მნიშვნელობიდან იქცევა მის აღმდგენელ

დამაბრუნებელ ძალად მაშინ, როცა სისტემა იმყოფება მუდმივ მიმოცვლაში გარე სამყაროსთან.

”სასურველი” მდგომარეობა არის ე.წ. მიმდინარე (დინამიკური) წონასწორობა, ხოლო დამაბრუნებელი ძალა-რეაქცია წონასწორობიდან გადახრაზე.

ასეთი მოქმედების სისტემები საყოველთაოდ გამოიყენება ტექნიკაში, ეკონომიკაში, ბუნებაში და ენიჭებათ უდიდესი მნიშვნელობა. ბოლო დრომდე ასეთ სისტემებს უხერხედობდათ მუდმივად შეენარჩუნებინათ ბუნებაში ადამიანის ცხოვრებისთვის ”მისაღები” პირობები. ასეთი სისტემების გადატვირთვას მიეყავართ იქამდე, რომ „უზომოდ“ დიდი ან ”უზომოდ“ ხანგრძლივი ზემოქმედებისას ისინი კარგავენ მუშაობის უნარს.

არსებობს სისტემები, რომლებიც, ზემოქმედების შემდეგ, უბრუნდებიან თავიანთი მიმდინარე წონასწორობის საწყის მდგომარეობას-ისინი ინარჩუნებენ სტაბილურობის მდგომარეობას სკალის თავში, მხოლოდ, ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ძველ მდგომარეობაში დაბრუნების სიჩქარით. გასაგებია, რომ ”საუკეთესოდ” ითვლება რეგულირება, რომელიც სხვებზე სწრაფად აღიდგენს საწყის მდგომარეობას (მართული უქნიშანი გზის ჩახერგვის თავიდან აცილებისთვისა და მისი გახსნისთვის).

განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც შეიძლება მოხდეს, რომ სისტემა ვერ დაბრუნდეს წონასწორობის საწყის მდგომარეობაში. სრულიად შესაძლებელია, წარმოიქმნას ახალი წონასწორული მდგომარეობა, რომელიც, თუმცა განსხვავდება ძველისგან, მაინც იღებს დინამიკური წონასწორობის ხასიათს (მაგ. ახალი ბიოლოგიური წონასწორობა შეუქცევადი ცვლილებებისას). ეს სისტემები ასევე არ მოდიან წინააღმდეგობაში სტაბილურობის ცნებასთან და დამატებით დიფერენცირდებიან წონასწორობის მდგომარეობის მიღწევის სიჩქარისდა მიხედვით.

შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ ორგანიზაციის ზოგიერთი სისტემა ვერ აეწეოს ახალი წონასწორობის მდგომარეობის, თუმცა მათი მდგომარეობის პარამეტრების მნიშვნელობები შეიძლება ირყეოდეს გარკვეულ შეზღუდულ ინტერვალებში. ამ შემთხვევაში არ არსებობს

სისტემების კლასიფიკაციის შესაძლებლობა "სტაბილურობა-არასტაბილურობის" პრინციპით.

მართვის კონტურის რეგულირების მაგალითია მეცნიერული მიდგომის გამოყენებით თეორიულად აღდგენილ იქნას სინამდვილის ილუსტრაცია. ეს ილუსტრაციები, ასევე, მოდელებად რომ იწოდებიან, თუმცა სირთულით რეალურებს ჩამოუვარდებიან, ძალიან სასარგებლოა: მეცნიერი ქმნის მოდელს, როცა მას სურს, შემოფარგლოს არსებითით და შეისწავლოს მისი ურთიერთკავშირები. თუ რა არის ეს "არსებითი", დამოკიდებულია პრობლემის დაყენებაზე: ეკონომისტი და სხვა დარგის სპეციალისტი დახატავენ ერთი და იმავე რეალობის სხვადასხვა ილუსტრაციებს, თუ ისინი, როგორც ექსპერტები, გამოვლენ თავიანთი მოსაზრებით ერთსა და იმავე საკითხზე.

ცხადია, რომ მოდელს მაშინ აქვს ფასი, როცა ის ნამდვილად "არსებითად" გამოხატავს საკითხის დაყენების კონკრეტულ არსს (ეს, სხვათაშორის, ძნელი განსასაზღვრია რეალურ პირობებში). ყოველთვის საჭიროა, რომ მოდელით აბსტრაქტირებისას არ დაიკარგოს მოცემული პრობლემის ნამდვილი არსი.

ძნელად მოიძებნება მეცნიერება, რომლის მეთოდურ საშუალებებში არ იქნება მათემატიკისა და ინფორმატიკის საფუძველზე შექმნილი მოდელები. კვლევის საგნის მიხედვით, მოდელების მნიშვნელობა მეტ-ნაკლებად დიდია. მოდელირების პროცესის შესაბამისად უნდა მოხდეს ინტერპრეტირებული მათემატიკური დასკვნების ექსპერიმენტული დადასტურება, რაც მოდელის ვერიფიკაციის ერთ-ერთი სახეა. ყველა აქ გამოყენებული ცნება შეიძლება მით უფრო კარგად განისაზღვროს, რაც უფრო ახლოსაა მოცემული მეცნიერება ზუსტ ბუნებრივ მეცნიერებებთან. ოღონდ, ეს არავითარ შემთხვევაში იმას არ ნიშნავს, რომ აზრი არა აქვს მათემატიკის, მათემატიკური ლოგიკის და ინფორმატიკის მეთოდების გამოყენებას საზოგადოებრივ მეცნიერებებში.

რა სარგებლობა მოაქვს მთელ ამ განსჯას? კიდევ ერთხელ უნდა აღვნიშნოთ, რომ ყოველივე ზემოთქმული ეხება მხოლოდ საბაზრო ორგანიზების ეკონომიკას. ის, ვინც განიხილავს ასეთ ეკონომიკას, დროის განმავლობაში ატარებს მთელ რიგ დაკვირვებებს, ხშირად ან

იშვიათად, როგორც დროში ერთი მეურნეობისთვის, ისე სხვადასხვა მეურნეობების შედარებით. სხვადასხვა ნაციონალური ეკონომიკების აქტიურობა ცვალებადობს და ეს თავისებური ტალღოვანი (ციკლური) პროცესია. განსაკუთრებულად მწარმოებელი ეკონომიკის სხვადასხვა შემთხვევაში შეიძლება ისე მოხდეს, რომ მხოლოდ განვითარების საბჭოები განსაზღვრავდნენ ციკლური მოძრაობის აქტივობებს, აქ მაინც არ არის თუმცა სიმშვიდე ნელი, ხანგრძლივი, სტაბილური განვითარების კუთხით. ეს დაკვირვებები არა ახალი, მაგრამ მათ არაერთხელ მისცეს ეკონომისტებს ახალი თეორიების განვითარების მიზეზი. არსებული ფაქტობრივი მასალა ადასტურებს მრავალ ვარაუდს: ხანგრძლივი, ათეულწლებიანი ციკლებიდან დაწყებული და დამთავრებული ხანმოკლე ციკლებით პროგნოზირების შესაბამისად.

ეკონომიკის აქტივობის საზომი ყოველთვის იყო და იქნება მიღებული შედეგების შეჯამება ე. წ. "მთლიან შიდა პროდუქტად (მშპ)". თვითონ მშპ არცთუ უპრობლემო კატეგორიაა, რამდენადაც ვერ აკმაყოფილებს მეცნიერთა მრავალ ნება-სურვილს. ყოველ შემთხვევაში, მეორე მეცნიერული, ნამდვილად დამაკმაყოფილებელი საზომი დროის მოცემულ მომენტში შექმნილი საქონლისა და სერვისების მთელი სიმრავლისთვის, დღემდე არაა ნაპოვნი.

სასურველადაა მიჩნეული საბაზრო ეკონომიკის ეკონომიკური აქტივობის ციკლური ცვალებადობის შერბილების ტენდენციის განსაზღვრა, რომლის დროსაც შეიძლება განვითარდეს უმუშევრობა. ხელოვნური გამოცოცხლება ხასიათდება იმით, რომ მოთხოვნა აღემატება მიწოდებას (ისეთი შედეგებით, როგორცაა ფასების დაწევა და სამუშაო ადგილების სიჭარბე). ჩნდება კითხვა: არ შეიძლება შეიქმნას ისეთი დაწესებულება, რომელიც, გამომდინარე რეალური სიტუაციიდან, ასწევდა ან დასწევდა მოთხოვნას საბაზრო ეკონომიკის სასურველი წონასწორული მდგომარეობის მისაღწევად.

ქვემოთ მოვიყვანოთ სახელმწიფო სამეწარმეო უფლების რეგულირებასთან დაკავშირებული მსჯელობა, რომელსაც, ბუნებრივია, სახელმწიფომ უნდა მიაქციოს ყურადღება. აქ ისევ ვმსჯელობთ სახელმწიფოს ფუნქციებზე: მას შეიძლება გადაეცეს უკუქმედების ამოცანა ეკონომიკური აქტივობის ზოგიერთ ცვალებადობაზე

სახელმწიფო ინვესტიციების (მაგ. ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურაში) სფეროში მოთხოვნების ვარიანტების საშუალებით და ა.შ.

გამოცდილებამ ცხადყო, რომ ამ შემთხვევაში სახელმწიფო მოქმედებს "ანტიციკლურად", როგორც ერთი დიდი მომხმარებელი. აქ მათემატიკური მოდელირების პრობლემა ჩნდება მაშინ, როცა სასურველია, რაოდენობრივად განისაზღვროს მოთხოვნის ცვლილების ზომები. ზუსტად ამიტომაც საჭირო ეკონომიკური აქტივობის ცვალებადობის მათემატიკურ მოდელი. მიიღე კონტრარგუმენტების მიუხედავად, ჯერჯერობით ვერ მოხერხდა, მისი ერთიანი დიდი ეკონომეტრული მოდელის ჩარჩოების აგება. მაშინ რჩება მხოლოდ მართვის მათემატიკური თეორიის გამოყენების საკითხი: რა ზომით უნდა გააფართოოს სახელმწიფომ თავისი, როგორც მომხმარებლის, როლი სტაბილურობის შესაქმნელად? საქმე ისაა, რომ ამ გზაზე საბაზრო ეკონომიკის პრაქტიკული ეკონომიკური პრობლემებიდან თეორეტიკულ-მმართველობითი მოდელის სტაბილურობის პრობლემამდე ჩვენ გადავაბიჯეთ დასაშვებ საზღვრებს: თეორია და პრაქტიკა დღემდე გაყოფილია. სინამდვილეში არც ერთი სახელმწიფო არ ანგარიშობს თავის მოხმარებას მათემატიკური თეორემებით და დღემდე ძალიან მცირე წანამდვრები არსებობს საამისოდ, რამდენადაც მოდელები, მთელი ეკონომიკის მასშტაბით, ოპერირებენ ძლიერ აგრეგირებული სიდიდეებით (მაგ. ყველა შემოსავლის ჯამი), რომლებშიც უკვე აღარ არსებობს კონკურენციის პრინციპი. შეიძლება, საერთოდ, ასეთი მოდელისგან პრაქტიკული წარმატების ვარაუდი? არავის შეუძლია ამ კითხვაზე უდავო პასუხის გაცემა.

ზემოთ სამართლიანად აღინიშნა, რომ ეკონომიკის საბაზრო ორგანიზაცია, გარკვეულწილად, ანალოგიურია ბიოლოგიური ორგანიზმისა, რომლის ქცევაც წარმოშობს მართვის მრავალი კონტურის ურთიერთქმედებების დიდ რიცხვს. თითოეული ასეთი კონტურის სწრაფვა სტაბილურობისკენ (თითოეული ბაზარი, ზემოქმედების არარსებობის პირობებში, ფასებს ადგენს ისე, რომ გაათანაბროს მოწოდება და მოთხოვნა) შეიძლება იყოს ადამ სმიტის ის "უჩინარი ხელი", რომელიც აახდენს ყველასთვის ეკონომიკურ კეთილდღეობას.

აღნიშნული მსჯელობები, სისტემური მიდგომის გამოყენებით, ანალოგიურად შეიძლება გამოყენებულ იქნას წყალმომარაგების ტექნიკური სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში გასათვალისწინებლად.

აქ მნიშვნელოვანია წყალმომარაგების სისტემების შემადგენელი ელემენტების ფუნქციონირების ხარისხის დესკრიფციული მოდელებით აღწერა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით მოხმარების პროცესში. თუ გავითვალისწინებთ რომ წყლის მოხმარების პროცესი გარკვეული არასტაციონარულობით ხასიათდება, მაშინ ნათელი ხდება დესკრიფციული მოდელების გამოყენების შეუდარებლად დადებითი როლი დროის რეალურ მასშტაბში მართვის გადაწყვეტილებების მიღების თვალსაზრისით.

### 12.3. წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ფუნქციონირების პრინციპული სქემა, როგორც მართვის ჩაკეტილი სისტემა

წყასლადენის სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა ეფუძნება მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის შესწავლას რეალური დროის მასშტაბში. თავად წყლით უზრუნველყოფის პროცესი კი ხასიათდება გარკვეული არასტაციონარულობით, ანუ დროში იცვლება პროცესის მახასიათებელი პარამეტრები, როგორცაა წლის მოხმარების ხარჯის საშუალო სიდიდის გაბნევა (დისპერსია) და სხვ. პროცესის ხასიათიდან გამომდინარე, მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესი შესწავლის თვალსაზრისით რთულ საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებად საინჟინრო ამოცანათა კლასს განეკუთვნება.

წყასლადენის სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა ემყარება სისტემის შემადგენელი ელემენტებიდან (წყალმიმღები, გამწმენდი სადგური, რეზერვუარი, წყალდენები, მანაწილებელი ქსელები) ფიქსირებული მახასიათებელი ტექნოლოგიური პარამეტრების სიდიდეებს, რომლებიც ე.წ. „უკუკავშირებით“ მიეწოდება სადისპეტჩერო მართვის სამსახურს რეალური დროის მასშტაბში ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად.

მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ცვალებადობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს წყლის სეზონურობა წარმოადგენს-ზაფხულის პერიოდში წყლის მოხმარება მაღალია, ვიდრე წლის ცივ პერიოდებში. წყლის მოხმარების რეჟიმების ცვალებადობაზე (ანუ წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ფორმირებაზე რეალურ დროში) დომინირებს აგრეთვე მოსახლეობის ყოფითი ცხოვრების წესი, რეალური მუშაობის მაჩვენებელი რიტმი და ა.შ. სწორედ ეს ფაქტორები განაპირობებენ მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის არასტაციონარულ ხასიათს.



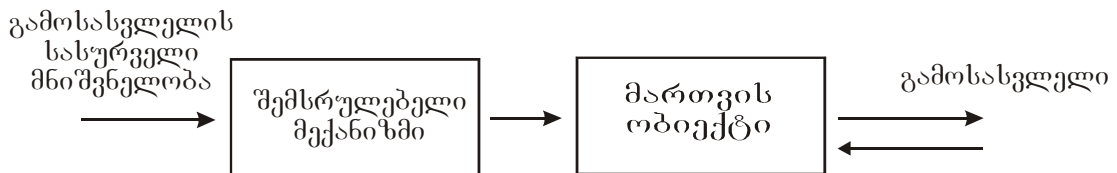
როგორც ცნობილია, წყალმომარაგების შემადგენელი ელემენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია დაწნევის პარამეტრით, რომელიც სადისპეტჩერო ოპერატიული სამსახურისთვის მონიტორინგის საშუალებას წარმოადგენს.

ერთიანი წყალსადენის სისტემა შედგება წყლის მიწოდების (წყალმიმღები, გამწმენდი სადგური, სატუმბი სადგური, წნევიანი წყალდენები, რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი და სხვ.) სისტემებისაგან. აღნიშნული ორივე ქვესისტემა კომპლექსურად წარმოადგენს წყალსადენის მართვის ერთიან რგოლს და რეალური დროის მასშტაბში იმართება სადისპეტჩერო სამსახურიდან, იქ შემოსული საკონტროლო-მასხასიათებელი პარამეტრების (დაწნევები, რეზერვუარში წყლის დგომის სიმაღლეები) შესაბამისად. წყალსადენის სისტემის ფუნქციონირებას განაპირობებს მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც დროსა და სივრცეში ცვალებადობს. აღნიშნულ ცვალებადობას დროის ნებისმიერ მომენტში ასახავს სისტემის შემადგენელი ელემენტებში დამყარებული დაწნევების განაწილება. სწორედ დაწნევების განაწილების სიტუაციური მდგომარეობაა მაჩვენებელი მომხმარებელთა მიერ დამყარებული ნორმალური წყლით უზრუნველყოფის პროცესის შეფასებისას. აგრეთვე დაწნევების განაწილების მიხედვით კორექტირდება და რეგულირდება წყალსადენის თითოეული ელემენტის მუშაობის რეჟიმები რეალურ დროში მაგალითად, მანაწილებელ ქსელში დაწნევების რეგულირებისას (მომატების ან დაკლების თვალსაზრისით), რაც უშუალოდ აისახება მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის მდგომარეობის ხარისხზე.

გახსნილი (ღია) სისტემებისგან განსხვავებით (იხ.ნახ.3), ჩაკეტილი სისტემა ფუნქციონირებს პრინციპულად განსხვავებულად



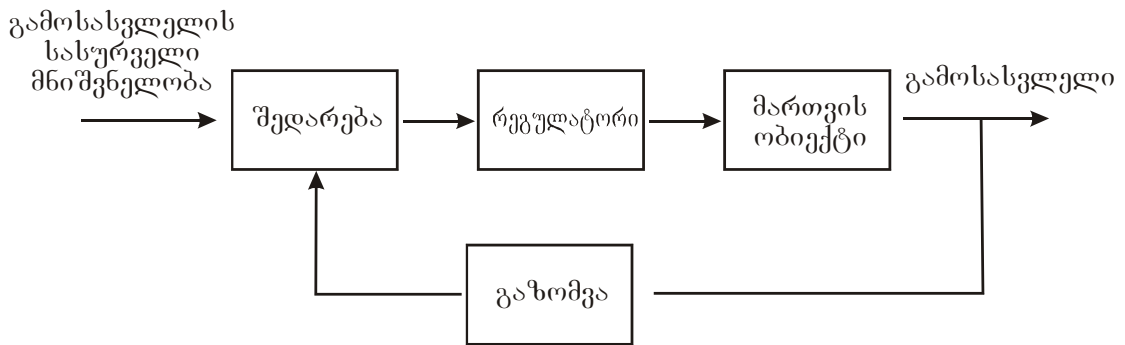
ნახ. 3. გახსნილი (ღია) სისტემის სქემა



ნახ. 4. ჩაკეტილი სისტემის ზოგადი სქემა

ამ შემთხვევაში გამოსასვლელი ტექნოლოგიური პარამეტრის მნიშვნელობა შეადგენს უკუკავშირების განხორციელების აუცილებელ წინაპირობას. ჩაკეტილი სისტემა ზოგად აწყობილია გამოსასვლელი ცვლადების ფუნქციის ორი მდგომარეობის შედარებაზე, რაც უკუკავშირების ნიშნით ფიქსირდება. ჩაკეტილი სისტემა საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნას სხვაობა გამოსასვლელის სასურველ და ფაქტობრივ მდგომარეობას შორის. რეალური სადიპტჩერო მართვის დროს ყოველთვის ისწრაფვიან, ეს სხვაობა იყოს რაც შეიძლება მინიმალური სიდიდე.

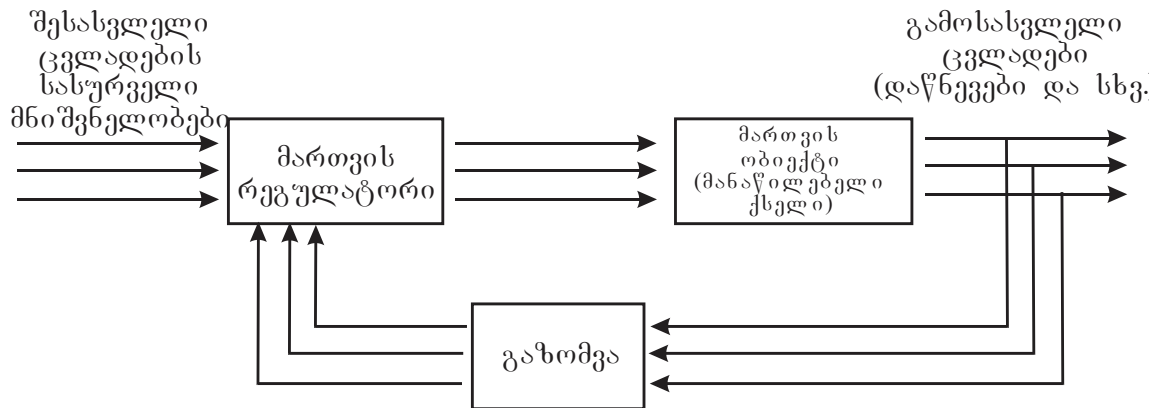
უკუკავშირების პრინციპზეა აგებული წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო სამსახურის ფუნქციონირება. ერთი საკონტროლო-მანახსიათებელი წერტილის ადების შემთხვევაში მართვის ჩაკეტილ სისტემას უკუკავშირებით ექნება შემდეგი სახე:



ნახ. 5. წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო სამსახურის ფუნქციონირების სქემა ერთპარამეტრიანი უკუკავშირის შემთხვევაში

როგორც ცნობილია, წყალმომარაგების სისტემა ხასიათდება რთული საინჟინრო სქემების ერთობლიობით (სისტემის შემადგენელი ელემენტები და ნაგებობები), რომლებიც დასახლებულ ტერიტორიაზე არაერთგვაროვნადაა განთავსებული (მოსახლეობის ინტენსიური დასახლების შესაბამისად) და განიცდიან ცვალებადობას დროსა და სივრცეში. აღნიშნულ პირობებში ერთიანი სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა უნდა დაემყაროს მახასიათებელი ტექნოლოგიური პარამეტრების უკუკავშირებით ქმედების პრინციპს, როგორც ჩაკეტილი მართვის სისტემა. კერძოდ, სისტემის ყველა საკონტროლო-მახასიათებელი წერტილიდან მიღებული უნდა იქნას განაზომ პარამეტრთა შესახებ ინფორმაცია, აღებული დროის ერთ მომენტში (ვთქვათ, ხუთი წუთი ინტერვალით), გააანალიზდეს მდგომარეობა და შესაბამისად, დისპეტჩერის მიერ მიღებულ იქნას ოპერატიული მართვის მისაღები გადაწყვეტილება. ეს პროცესი დროის სხვა მომენტისათვის კვლავაც უნდა განმეორდეს იმავე პრინციპით, სანამ მოხდებდება სისტემის შემადგენელი მოწყობილობის (ჩამკეტ-მარეგულირებელი არმატურა) ან სატუმბო სადგურის მუშა აგრეგატების კომბინაციის სათანადო ცვლილება.

მრავალგამოსასვლელიანი (პარამეტრის) შემთხვევაში წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო სამსახურის ფუნქციონირების სქემა მიიღებს მე-6 ნახ-ზე ნაჩვენებ ასეთ სახეს.



ნახ. 6. წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო სამსახურის ფუნქციონირების სქემა მოქმედი უკუკავშირების პრინციპზე მრავალგამოსასვლელიანი ცვალებადობის შემთხვევაში

### თავი 1.3. წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანები

#### 1.3.1. მეთოდოლოგიური მიდგომის ზოგიერთი ასპექტი

წყალმომარაგების სისტემების სადისპეტჩერო მართვის ამოცანების ეფექტურ ორგანიზაციას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მომხმარებელთა საიმედოობის და შეუფერხებელი წყლით უზრუნველყოფის თვალსაზრისით. ეს საკითხი მწვავედ დგება იმის გამოც, რომ წყალმომარაგების სისტემისათვის დამახასიათებელია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის შესაბამისად მართვის პროცესში მოქმედი ელემენტების (წყალმიღები, რეზერვუარები, გამანაწილებელი ქსელი და სხვ.) და ეკონომიურობის მაჩვენებლების „არაერთგვაროვნება“, რის გამოც საექსპლუატაციო სიტუაციებში არცთუ იშვიათია ე.წ. „წუნის“ არსებობა და სხვა სახის სუბიექტური ცდომილებები.

წყალმომარაგების სისტემებში ეფექტური სადისპეტჩერო მართვის ორგანიზაციისათვის მიზანშეწონილად მიგვაჩნია გადაწყდს შემდეგი სახის ამოცანები:

- მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის სიტუაციურ მდგომარეობათა ოპერატიული შეფასება და მისი მსვლელობის პროგნოზირება (რეგულირება) მომხმარებელთა სტაბილური წყლით უზრუნველყოფის თვალსაზრისით;
- წყალმომარაგების სიტუაციურ სქემაში გაერთიანებულია ცალკეულ ელემენტთა ერთობლიობის (გამწმენდი სადგურები, რეზერვუარები, წყალდენები, მანაწილებელი ქსელი და სხვ.) ერთიანი შეთანხმებული (რიტმული) მუშაობის რეჟიმის დადგენა და უზრუნველყოფა

მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესების შესაბამისად.

- სადისპეტჩერო მართვის პულტიდან მოქმედ ელემენტებსა და მანწილებელ ქსელში მუშა მახასიათებელი პარამეტრების (დაწნევის, რეზერუარებში წყლის დგომის სიმაღლეების და სხვ.) ცენტრალიზებული რეგულირება მომხმარებელთა მიერ დამყარებულია წყლით უზრუნველყოფის პროცესის შესაბამისად;
- სადისპეტჩერო პერსონალისათვის ოპერატიული გადაწყვეტილებების დამხმარე მართვის პირების დახმარება კომპიუტერული სისტემის აგება რეალური წყალმომარაგების სისტემების მაგალითზე დასაბუთებულია წარმოდგენილი შემოთავაზებული სისტემური მიდგომის გამოყენების პერსპექტიულობა [2].

მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური დონის შენარჩუნების პრობლემა დროსა და სივრცეში თავისი ხასიათით რთულ საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებად ამოცანას მიეკუთვნება. როგორც ცნობილია, წყალმომარაგების სისტემების მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლის უზრუნველყოფის ნორმალური დონის შენარჩუნება დროსა და სივრცეში, საექსპლუატაციო დანახარჯებისა და წყლის დანაკარგების მინიმიზაციის პირობებში, წყალმომარაგების მართვის ავტომატიზებული სისტემის ძირითადი ფუნქციაა.

წყალმომარაგების სისტემის ელემენტების ფუნქციონირებისას პროცესები განიცდის სიტუაციურ ცვალებადობას წყლის მოხმარების არასტაციონარული ხასიათის გამო, რომლის გათვალისწინებაც აუცილებელია წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიული მართვის ახალი კრიტერიუმების შემუშავების, მიზნების და მოთხოვნილი შედეგების მისაღწევად, რომელთა რეალიზაცია შეიძლება მოხდეს შესაბამისი დესკრიფციული მოდელების შედგენის საფუძველზე. დესკრიფციული მოდელების შედგენა წყალმომარაგების ორგანიზებული სისტემების გარანტირებული ფუნქციონირების საშუალებას მოგვცემს

როგორც დაპროექტების, ასევე ოპერატიული მართვის (ექსპლუატაციის) რეალურ სიტუაციებში.

წყალმომარაგების მართვის ავტომატიზებული სისტემის საპროექტო აგება განეკუთვნება მრავალკრიტერიულ ამოცანას (რომ აღარაფერი ვთქვათ თავად ამოცანის ძნელად ფორმალიზებად სახეზე), რომელიც არ ექვემდებარება სტანდარტულ სრულ ფორმალიზაციას, შესაბამისი მათემატიკური აპარატის უქონლობის ან მისი ნაკლებად ეფექტურობის გამო. ამ მიზეზით საკვლევი ამოცანის ძნელად ფორმალიზებადი კომპონენტების გადაწყვეტა რჩება თავად ადამიანის (დამპროექტებლის ან დისპეტჩერის) პრეროგატივად.

წყალმომარაგების მართვის ავტომატიზებული სისტემის საპროექტო აგების ამოცანა, როგორც ინტელექტუალური სისტემის აღწერა ლოგიკური სისტემის სახით, უნდა სრულდებოდეს სისრულისა და არაწინააღმდეგობრიობის გათვალისწინებით (ორივე თვისება ერთად შეადგენს გაფართოებული სახით საკვლევი სისტემის სისრულეს). სისრულე იმაში მდგომარეობს, რომ მოცემულ ამოცანაში ზოგადი ცოდნა, როგორც წესი, არ არის მკაცრად ფორმირებული. ეს იმას ნიშნავს, რომ დამპროექტებელი (მკვლევარი) ზოგადი აქსიომებისა და წესების გამოტანისას მიმართავს დარგის მქონე ექსპერტებს და არ ემყარება მარტო საკუთარ ინტუიციას და გამოცდილებას. ასეთი წესით აგებულმა სისტემამ უნდა უზრუნველყოს არსებული და ახალი ფაქტების სისრულე, რომელიც თავისი მასშტაბით უნდა შეესაბამებოდეს პრობლემურ დარგში კვალიფიციური სპეციალისტის დონეს. მხოლოდ ასეთი გზით ხდება შესაძლებელი, გაწარმოთ ახალი დამოკიდებულება-საკვლევ ამოცანაში და სისტემის ელემენტებს შორის კავშირები, გარდა ცნობილისა, შეივსოს ახალი დამოკიდებულებებითაც.

აღნიშნულის გათვალისწინებით 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 ხელოვნებაც (გ.პოსპელოვი-პროგრამულ-მიზნობრივი დაგეგმვა და მართვა).

მოცემულ კონტექსტში მნიშვნელოვანია ავტომატიზებული სისტემის საპროექტო აგება (ეს გარემოება განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს წინა საპროექტო სტადიაში). ამ ამოცანის გადაწყვეტა მოითხოვს სისტემურ და მართვის ავტომატიზაციას, სამეცნიერო-მეთოდოლოგიური მიდგომების აქტიურ გამოყენებას. ეს რთული ამოცანა, თავის მხრივ, მოითხოვს აგრეთვე მანქანური მათემატიკური გადაწყვეტილებისა და ადამიანის შესაძლებლობების მკვეთრ გამიჯვნას. 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 მახასიათებლები), დროითი (სამუშაო ვადები და ხანგრძლივობა), რესურსული (შრომითი, საფინანსო, მატერიალური). შემოთავაზებული ფორმით მართვა არსებითად უნდა განხორციელდეს ამ პარამეტრებზე დაყრდნობით.



### 1.3.2. წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის გაუმჯობესების სისტემური მიდგომა

წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის გაუმჯობესების სისტემური მიდგომა დამყარებულია აქტიური ექსპერიმენტების შედეგების შეფასებისა და წინასწარი დაგეგმვის აუცილებლობაზე, უიმოსოდ შეუძლია ქმედით გადაწყვეტილებათა მომზადება და მართვის განხორციელება. აქ იგულისხმება ის გარემოება, რომ პრაქტიკულად მოცემული სისტემის ფუნქციონირება მართვის გზით მიმართული უნდა იქნას იმ მიზნების მისაღწევად, რისთვისაც კონკრეტულად არის მოწოდებული წყალმომარაგების სისტემა [2].

ზემოთ მოყვანილი ფუნქციები თავისი დანიშნულებით ასახავს ე.წ. “მკაცრ” სისტემათა თვისებებს. გარდა ამისა, შეიძლება აქ თავსებადი აღმოჩნდეს ე.წ. ”რბილ” სისტემათა მახასიათებელი განმარტებებიც, როგორებიცაა: გაუმჯობესება, შესაძლებლობა, სასურველობა, ორგანიზებულობა, ადაპტაცია, სწავლა და ა.შ.

წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასებისას, სისტემის ეფექტურობის გაზრდის მიზნით, შეიძლება განვითარდეს მეცნიერული კვლევების სხვადასხვა კონცეფცია. შეიძლება იყოს ორი ძირითადი მიდგომა, რომლებიც აისახება შემდეგი პრინციპით: როდესაც ვსარგებლობთ განმარტებით "გაუმჯობესება", ვგულისხმობთ, რომ მოცემულ სისტემაში ხდება გარდაქმნა ან ცვალებადობა, რომელიც სისტემას აახლოვებს რაიმე სტანდარტული (ნომინალური) მდგომარეობის პირობებთან. ამ განმარტების გამოყენება ნიშნავს, რომ სისტემა უკვე შექმნილია (რეალურია) და მისი მუშაობის რეგლამენტიც ცნობილია. მაგრამ აქ არ იგულისხმება ის გარემოება, რომ სისტემაში მიმდინარე შესაძლო ცვალებადობა აუცილებლად დადებითი უნდა იყოს. კონკრეტული შედარებისათვის დავახსიანოთ დაპროექტების პროცესი, რომელიც მოიცავს სისტემის აუცილებელ გარდაქმნას და ცვლილებას, მაგრამ ის

ძირულად განსხვავდება "გაუმჯობესების" პროცესისაგან, რამდენადაც ის ასახავს შემოქმედებით პროცესს, რომელიც ეჭვის ქვეშ აყენებს გადაწყვეტილებათა მიღების უკვე არსებულ ძველ ფორმებს.

ზოგადად სისტემათა მიდგომის გაუმჯობესებისათვის გამოყენებულ სამეცნიერო მეთოდს უწოდებენ სამეცნიერო პარადიგმას.

ჩამოვყალიბოთ მეცნიერული კვლევების დასაბუთების პრინციპული სტრუქტურული სქემა, რომლის თანახმად შესწავლილი უნდა იქნას წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხი მომხმარებელთა მიერ დამყარებულ სხვადასხვა სიტუაციურ მდგომარეობებში. რეალური სიტუაციის მიხედვით, წყალმომარაგების სისტემა შეიძლება შეესაბამებოდეს ფუნქციონირების სამ თვისებრივ ხარისხს: 1. სისტემა არ შეესაბამება მოთხოვნილ მიზნებს; 2. სისტემა ვერ უზრუნველყოფს საპროგნოზო შედეგებს; 3. სისტემა არ ფუნქციონირებს ისე, როგორც ის თავდაპირველად იყო დაგეგმილი.

ამ პრობლემის გადასაწყვეტად, რომელიც გამოიწვევს წყალმომარაგების (და არა მარტო წყალმომარაგების) სისტემის ფუნქციონირების გაუმჯობესებისაკენ, საჭიროა დაისვას ამოცანა, რომელიც მკვეთრად შემოსაზღვრავს ჩასატარებელ სამეცნიერო-კვლევით ექსპერიმენტულ სამუშაოებს. განვსაზღვრავთ რა თვით პრობლემურ ამოცანას, რომელიც საჭიროა სისტემის ფუნქციონირების გაუმჯობესებისათვის, საშუალება გვქვია სისტემური ანალიზის გზით შევისწავლოთ აგრეთვე მოქმედი სისტემის შემდეგი ელემენტების კავშირები და ქმედებები, მათი ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობის რიტმი და მდგრადობა. ეს პროცედურა შეიძლება აღიწეროს ეტაპობრივად: 1. განისაზღვრება ამოცანა (მიზანი) და მის შესაბამისად აღიწერება შესასრულებელ ქვეამოცანათა (მიზანი) სიმრავლე; 2. სამეცნიერო-ექსპერიმენტულ დაკვირვებათა გზით განისაზღვრება სისტემის რეალური მდგომარეობა; 3. შედარდება სისტემის რეალური და მოსალოდნელი მდგომარეობა, რათა განისაზღვროს ნომინალურისაგან გადახრის ხარისხი; 4. განსახილველ ქვეამოცანათა ფარგლებში აიგება ჰიპოთეზები გადახრათა მიზეზებზე დამოკიდებულებით; 5. ცნობილ ფაქტებზე დამყარებით, რედუქციის

მეთოდის გამოყენებით, გაკეთდება დასკვნები, ანუ რედუქციის გზით დიდი პრობლემა დაიყოფა ქვეპრობლემებად.

ზემოთ ჩამოთვლილი ანალიზის ნაბიჯები გამიზნულია წყალმომარაგების (და არამარტო წყალმომარაგების) სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის განსაზღვრის და გაუმჯობესებისათვის, რომელიც ხორციელდება ე.წ. „ინტროსპექციის“ გზით. ეს ნიშნავს, რომ სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის შესწავლისათვის შევდივართ სისტემის სიღრმეში (ცალკეული ელემენტების და ელემენტთა ერთობლიობისაკენ) და ვასკენით, რომ შესწავლილი პრობლემა განთავსებულია თვით სისტემის ცვალებადობის შესაძლო საზღვრებში.

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, წყალმომარაგების სისტემა წარმოადგენს გარკვეული წესით დაკავშირებულ აქტიურ და პასიურ ელემენტთა ერთობლიობას, რომელთა შეთანხმებული მუშაობის შედეგად ხორციელდება მომხმარებელთა ნორმალური (ან სხვ ხარისხის) წყლის უზრუნველყოფა. მომხმარებელთა მიერ დამყარებულ წყლით უზრუნველყოფის პროცესი, თავის მხრივ, ხასიათდება მკაცრი არასტაციონარული ბუნებით, რომელიც დროის მოცემულ მომენტში მოითხოვს სიტუაციურ სქემაში გაერთიანებულ ელემენტთა "მიმყოფ" მუშაობას, რაც ყოველთვის გარკვეული წარმატებით ვერ ხორციელდება ამის გამო არცთუ იშვიათია მომხმარებელთა წყლით დაუკმაყოფილებლობა და შესაძლო ზარალიც. იმისათვის, რომ მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის მიმდინარე პროცესს დავაკვირდეთ დროში, რომელიც ცხადი სახით არ იზომება, საჭიროა მანაწილებელი ქსელის საკარნახო-მახასიათებელ (საკონტროლო) წერტილებში, სადაც ისინი არიან მიერთებული, გაზომილ იქნას დაწნევის მანომეტრული სიდიდეები. დაწნევის სიდიდეების გასაზომი მახასიათებელი წერტილი ქსელში შეიძლება აღებულ იქნას განაშენიანების, ობიექტების ტერიტორიული განთავსების და სხვა მაჩვენებლების მიხედვით, თუ მოხერხდა ამ წერტილებიდან დაწნევათა მაჩვენებლების ერთდროული ფიქსირება-ჩაწერა, მაშინ ჩვენ შეგვეძლება გავაკეთოთ ანალიზი მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მდგომარეობის

შესახებ. ეს მდგომარეობა კი იცვლება მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის შესაბამისად.

ამრიგად, დროის ნებისმიერ მომენტში ქსელის მასხასიათებელი წერტილებიდან დაწნევათა გაზომების მიხედვით მოცემული დროის შესაბამისად ყალიბდება ე.წ. "მდგომარეობის ვექტორი". ეს ვექტორი შეიძლება შეესაბამებოდეს წყლით უზრუნველყოფის ნორმალურ ან არანორმალურ მდგომარეობას. „მდგომარეობის ვექტორის” შესაბამისად მიმართული უნდა იყოს გაერთიანებულ აქტიურ და პასიურ ელემენტთა მუშაობის რეჟიმებიც. აღნიშნულიდან ცხადია, რომ, თუ ორგანიზაციას გავუკეთებთ ელემენტთა მუშაობის ისეთ "აქტიურ რეჟიმებს", რომლებიც უზრუნველყოფენ წყლის მოხმარების მოთხოვნილ რეჟიმს, ჩვენი მიზანი გარკვეულწილად მიღწეული იქნება. ამ მიმართულებით მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ ე.წ. "აქტიური ექსპერიმენტების" ორგანიზაცია ევოლუციური დაგეგმვის მეთოდით. ამ მეთოდის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ხელოვნურად ვცვლით წყლის მიწოდების სისტემაში გაერთიანებულ ელემენტთა მუშაობის რეჟიმებს მანამ, სანამ მანაწილებელი ქსელის მასხასიათებელ წერტილებში არ მივალწევთ დაწნევების სასურველ ცვალებადობას.

### 1.3.3. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მეთოდოლოგიის შემუშავება სისტემური მიდგომის საფუძველზე.

წყალმომარაგების-წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის, როგორც ერთიანი მთლიანი სისტემის, ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ძირითადი ფუნქციაა განახორციელოს მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესი რეალური დროის მასშტაბში.

წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მეთოდოლოგიური მიდგომა ემყარება მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის დესკრიფციულ მოდელირებას, რომელიც დეტალურად განხილულია წინამდებარე დისერტაციაში [15-24].

ეკრძოდ, ამ ფუნქციის განხორციელება დაკავშირებულია სპეციალური მეთოდოლოგიური მიდგომის შემუშავებასთან სისტემური მიდგომის საფუძველზე, რომლებიც მოიცავს თანდათანობით გადასვლას ზოგადიდან-კონკრეტულზე.

ამგვარად, სისტემური მიდგომა შეიძლება გამოვიყენოთ საკვლევი წყლით უზრუნველყოფის პროცესის შესწავლა-განვითარებისა და ფუნქციონირების, ორგანიზაციის საქმეში. ამ პროცესის მართვა წყალმომარაგების დიდ სისტემებში ეფუძნება ოპტიმალურობის კრიტერიუმების გამოყენებას. ასეთი კრიტერიუმების საფუძველზე მინიმალური ღირებულებით არის შესაძლებელი განხორციელდეს წყალმომარაგების ერთიან სისტემაში წყლის მიწოდება-განაწილება, წყლის ხარისხის შესაბამის დონეზე შესანარჩუნებლად ყურადღება უნდა მიექცეს ავტომატიზაციის საშუალებების კონტროლს და საერთოდ წყალსადენის მართვის ერთიანი სისტემების გაუმჯობესებას თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებით. შესაბამისად, ავტომატური დისპეტჩერიზაციის მართვის სისტემა, როგორც წყალმომარაგების სისტემის ავტომატური სისტემის ნაწილი, მოწოდებულია, წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის

ნორმალურ პირობებში მომხმარებელი უზრუნველყოს საჭირო რაოდენობის წყლით.

არსებობს ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაჭრის ორი ყველაზე ხშირად გამოყენებული გზა:

1-ლი მეთოდი-ხასიათდება სატუმბო სადგურების მუშაობის რეჟიმის მართვა მომუშავე ტუმბოების კომბინაციების ცვლილებით.

მე-2 მეთოდი-ხასიათდება ტუმბოს ცვალებადი სიხშირისა და სინქარის რეგულირებით.

ეს მეთოდები შეიძლება გამოყენებულ იქნას კომპიუტერული გამოთვლებით კონკრეტული კონტროლის პროგრამის განსახორციელებლად წინასწარ შემუშავებული გადაწყვეტილებების მიღების საფუძველზე. გაანგარიშების შედეგებით განისაზღვრება სატუმბო სადგურის მუშაობის რეჟიმები და წყლის მომხმარებელთა ოპერატიული რეგულირების საკითხი, ანუ წყლის ნაკადის გადანაწილების ოპერატიული მართვა. აღსანიშნავია, რომ დაპროექტების ამ ეტაპზე მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ეფექტური მართვის მიზნით რეალური დროის მასშტაბში. ამ შემთხვევაში, როგორც წესი, ოპერატიულ ინფორმაციას გადასცემს ცალკე ობიექტებს (ტელემექანიკის ან დისტანციური სიგნალიზაციით). ამ ინფორმაციის საფუძველზე ხდება მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის კონტროლი და კორექცია მართვის ობიექტების შესაბამისად.

პრაქტიკაში ხშირად სატუმბო სადგურები აღჭურვილია სხვადასხვა მახასიათებლიანი აგრეგატებით, რაც მნიშვნელოვნად აფართოებს შესაძლო ხარჯების მიწოდების სპექტრს. ამ შემთხვევაში ყველა ცალკეული სატუმბო აგრეგატი აქტიურად ჩართულია სატუმბო სადგურის მარეგულირებელი სტრუქტურის სქემაში, ამავე დროს ერთადერთი სწორ გადაწყვეტილებას შეადგენს ის გარემოება, რომ სატუმბო სადგური აღჭურვილი იყოს ერთი და იმავე ტიპის ერთ მახასიათებლიანი ტუმბოებით, რათა არ მოხდეს წყლის მიწოდების სისტემური დარღვევა. გარდა ამისა, ტუმბოების ეფექტური მართვისათვის გამოიყენება ცვლად ბრუნვიანი აგრეგატები, რომლებიც საშუალებას იძლევა საჭიროების შემთხვევაში შევცვალოთ

მათი ჰიდრაულიკური მახასიათებლები და ვარგულიროთ რეჟიმის შესაბამისად.

ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის შემოთავაზებული სისტემა მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში საშუალებას იძლევა მიღწეულ იქნას დროის რეალურ მასშტაბში მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური მდგომარეობის შენარჩუნება მანაწილებელ ქსელში პიეზომეტრული დაწნევების მონიტორინგის საფუძველზე, კერძოდ:

1. ავტომატურად განხორციელდეს საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ტექნოლოგიური პარამეტრების (დაწნევების და სხვ.) პერიოდული გაზომვა, ფიქსირება და მიღება მართვის პულტზე გადაწყვეტილებების მისაღებად.

2. განახორციელოს ტექნიკური და ეკონომიკური პარამეტრების აღწერა (ელექტროენერჯის მოხმარება და წყლის მიწოდება და ა.შ.)

3. განახორციელოს წყლის მიწოდებისა და განაწილების სამოქმედო გეგმის ტექნოლოგიური პროცესი (გაანგარიშება სატუმბო სადგურების, მუშა კომბინაციების დადგენა, წყალმომარაგების ქსელში პიეზომეტრული დაწნევების გადანაწილება).

4. მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში შესაძლებელია გადაწყდეს მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური მდგომარეობის შენარჩუნების რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანა რეალური დროის მასშტაბში, კერძოდ: შეირჩეს მუშა სატუმბო აგრეგატების რეჟიმები წყლის მოხმარების რეჟიმის შესაბამისად, განხორციელდეს მანაწილებელ ქსელში ნაკადის ეფექტური განაწილება, შემცირდეს წყლის და ელექტროენერჯის არამწარმოებლური დანახარჯები.

ამ შემთხვევაში წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა ემყარება ეფექტური მართვის სტრუქტურას, რომელიც რეალურ დროის მასშტაბში უნდა განხორციელდეს გადაწყვეტილებათა მიღების დამხმარე ინსტრუმენტული საშუალებებით:

- მართვის ავტომატური საინფორმაციო სისტემა.
- მართვის ავტომატური გადაწყვეტილებების მიღების სისტემის მხარდაჭერა, ინსტრუმენტული საშუალებები კომპიუტერის პროგრამული მართვის დახმარებით.

წყალსადენის სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესი, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ გამიზნულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიული მართვის პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე. ამ მიზნით წყალსადენის მანაწილებელი ქსელიდან მიღებული ინფორმაციის შესაბამისად უნდა მოხდეს ქსელის ნებისმიერ მონაკვეთზე მართვის რეგულირება და დაწნევების სტაბილიზაცია.

ავტომატიზებული მართვა, როგორც წესი, იწვევს გარკვეული მაღალი ხარისხის მოთხოვნებს. აქ ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემაა მონაცემთა შეგროვების სისტემების მწყობრი მუშაობის უზრუნველყოფა. საწყისი ინფორმაციის შეგროვებისას გამოიყენება დაწნევის მზომი გადამწოდები, საიდან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზეც დისპეტჩერ-ოპერატორი აწარმოებს დროის მოცემულ მომენტში არსებული მდგომარეობის განაწილებას კომპიუტერის დახმარებით. ამ ეტაპზე ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესი შეიძლება დაიყოს ორ ფაზად:

1. ეს არის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა რეალურ დროის მასშტაბში, რომელიც ემყარება საკონტროლო-მანახსიათებელი წერტილების მიხედვით წინასწარ აგებულ დესკრიფციული ტიპის მოდელებს, ამასთან, კომპიუტერული პროგრამა საშუალებას იძლევა დროის მოცემულ მომენტში გაანალიზდეს როგორც ცალკეული წერტილის დესკრიფციული მდგომარეობა წყლით უზრუნველყოფის მიხედვით, ასევე ინტეგრირებულად ქსელის აღებული უბნისათვის, ან მთლიანად ქსელისათვის. ამ შემთხვევაში მიიღწევა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მართვა ნორმალურ პირობებში და სისტემაშიც არ აღინიშნება წყლისა და ელექტროენერჯის არამწარმოებლური დანახარჯები.



მე-2. ეტაპი საშუალებას გვაძლევს, შევქმნათ მიღებული სტანდარტული გადაწყვეტილებების არქივი კომპიუტერში.

ამ მიზნით ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანის გადაწყვეტა ხშირად მოითხოვს წყალსადენის ქსელის დეტალურ სქემას, ანუ მნემოსქემას. მანაწილებელი ქსელის და სისტემის სხვა შემადგენელი ელენტების მიხედვით შედგენილი მნემოსქემა დისპეტჩერ-ოპერატორს საშუალებას აძლევს დააკვირდეს ქსელში არსებულ დაწნევების განაწილებას და კომპიუტერულ-პროგრამული ინსტრუმენტული საშუალების დახმარებით შეაფასოს მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მდგომარეობის ხარისხი. ნორმალური მდგომარეობიდან გადასვლის შემთხვევაში დისპეტჩერი ზემოქმედებს ქსელში არსებული ჩამკეტ-მარეგულირებელ არმატურაზე (ურდულები და სხვ.) წყლით უზრუნველყოფის მდგომარეობის ნორმალიზაციის მიზნით, ამასთან ეს პროცესი მიმდინარეობს უწყვეტად დროის მცირე მონაკვეთში, რითაც უზრუნველყოფილია მართვის ეფექტურობის ხარისხი.

აღსანიშნავია, რომ მართვის გადაწყვეტილებების მიღება დისპეტჩერ-ოპერატორის მიერ სრულდება მრავალგანზომილებიან სივრცეში დაფიქსირებული ტექნოლოგიური პარამეტრების საფუძველზე. როგორც მიღებული ინფორმაციის მონაცემების ვექტორის საფუძველზე შეფასდება შექმნილი მდგომარეობა ქსელში და მიიღება შესაბამისი მართვის გადაწყვეტილება, ასე რომ, ექსპლუატაციის პროცესის კონტროლი ხდება მნიშვნელოვანი შეკვეთით და აქვს საწყის ინფორმაციას ეფექტური გამოყენება, რაც საშუალებას იძლევა, მოხდეს არსებული რეჟიმის შეფასება-პროგნოზირება. ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში ეს სისტემა უნდა ითვალისწინებდეს აგრეთვე ავარიულ სიტუაციას დიაგნოსტიკისათვის. ავარიის შემთხვევის ადგილები შესაბამისად ჩანს მნემოსქემაზე, მაშინ მოცემულ პერიოდში საჭიროა დაზიანებული ადგილის შეკეთება და შესაბამისად, მართვის ზემოქმედების კვლევა განხორციელდება იმის გათვალისწინებით,

რომ პირველი კატეგორიის სისტემების მართვის ციკლი პერიოდი ძალიან მოკლეა-10 წთ, მაშინ აუცილებელია დროებით გამოვროთ სისტემა, რისთვისაც საჭირო იქნება გამოვიყენოთ ავტომატური გათიშვის საშუალებები.

ამრიგად, მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში სრული შეასაძლებლობაა გაუმჯობესებულ იქნას ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ხარისხი და ამდღედეს მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის საიმედოობა.

როგორც ცნობილია, წყლის მიწოდების სისტემა რთულ სქემას წარმოადგენს, რომელის შემადგენელი ელემენტები (სატუმბო სადგური, რეზერვუარი, წყალდენები და ა.შ.) განთავსებულია უზარმაზარ სივრცეში, და იმის მიხედვით, თუ რა მნიშვნელობებს ინარჩუნებს ტექნოლოგიური პარამეტრები (დაწნევა, წყლის დგომის სიმაღლეები რეზერვუარებში), შესაბამისად შენარჩუნებული უნდა იყოს დროში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალური (მოთხოვნილი) მდგომარეობა. შესაბამისდ უნდა განისაზღვროს მოქმედი ნაგებობების ეფექტური რეჟიმი, რომელიც რთულ ამოცანას წარმოადგენს. ამ ამოცანის გადაწყვეტა წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემის ფუნქციონირების პირობებში (კომპიუტერის დახმარებით) ძირითადად დამოკიდებულია სადისპეტჩერო-ოპერატიული პერსონალის ცოდნაზე, ინტუიციასა და გამოცდილებაზე. თუ გავითვალისწინებთ წყალმომარაგების თანამედროვე სისტემის განთავსების უზარმაზარ მასშტაბებს, ცხადი ხდება ის გარემოება, რომ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალს ეფექტური რეჟიმების უზრუნველყოფის მიზნით ესაჭიროება გადაწყვეტილებათა მიღების დამხმარე-მრჩეველი კომპიუტერული სისტემა.

განვიხილოთ ზოგიერთი პრიციპი, რომლის გამოყენებაც სასარგებლო იქნება მოცემული ამოცანის გადასაწყვეტად, აქ უმთავრესია მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის სიტუაციურ მდგომარეობათა ხარისხობრივ-სუბიექტური შეფასებისა და ე.წ.

დაბალანსების პრინციპის დაცვა. დაბალანსების პრინციპის გამოყენება ოპერატიული მართვის პირობებში გულისხმობს წყალმომარაგების, წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციურ სქემებში ტექნოლოგიური პარამეტრების (დაწნევების, რეზერუარებში წყლის დგომის სიმაღლეების) შენარჩუნებას ისეთი დიაპაზონის ფარგლებში, რომ არ დაირღვეს მომხმარებელთა ნორმალური (შეუფერხებელი) წყლით უზრუნველყოფა დროის ნებისმიერ მომენტში, ანუ ( $Q_{მოწ.} = Q_{მოხმ.}$ ). წყალმომარაგების წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემა, რომელიც შედგენილია ერთმანეთთან გარკვეული წესითა და დანიშნულებით გაერთიანებული სქემური მარშრუტებით, ფუნქციონირებს იმ რეჟიმში, რომელსაც ამყარებს მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლის უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესი დროის მოცემულ მომენტში, შესაბამისად, ხასიათდება აგრეთვე მანაწილებელ ქსელში ნაკადგანაწილების დამყარებული პროცესის დროის მიხედვით.

დაბალანსების პრინციპის გამოყენების მიზანია არ შეფერხდეს მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის პროცესი დროსა და სივრცეში. ამ შემთხვევაში დაბალანსების პრინციპის გამოყენებით იქმნება ოპერატიული მართვის პროცესის ორგანიზაციის შესაძლებლობა, რომლის პირობებშიც მარეგულირებელი ფაქტორების სასურველობის არეები კმაყოფილდება მოთხოვნილი დიაპაზონის შესაბამისად. დაბალანსების პროცესში წყალმომარაგების ერთიან სისტემაში (და მის ცალკეულ ელემენტებში) მიღწეული უნდა იყოს ნაკადგანაწილების პროცესის მისაღები მდგომარეობა.

თუ დამყარებულ სიტუაციურ მდგომარეობაში აღმოჩნდება, რომ რომელიმე ფუნქციური სქემა ვერ აკმაყოფილებს სასურველობის მოთხოვნილ დიაპაზონს, მაშინ საკითხი დგება მიმდინარე რეჟიმების კორექციაზე, რაც უნდა განხორციელდეს ოპერატიული პერსონალის მიერ მდგომარეობათა ხარისხობრივი აღწერის დესკრიფციული მოდელების საფუძველზე, დაბალანსების პრინციპის გამოყენებით, ოპერატიული მართვის გადაწყვეტილებების მიხედვით.

წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის მახასიათებელ-მარეგულირებელი პარამეტრების შესაბამისად ხორციელდება

არსებული სქემის ოპერატიული მართვა. ეს ამოცანა დღეს გარკვეულ დანახარჯებთან დაკავშირებულია (ელექტროენერჯის გადახარჯვა, ჭარბი დაწნევების შექმნით გამოწვეული წყლის გადახარჯვა), ვინაიდან პრაქტიკაში დღესდღეობით არ იყენებენ ოპერატიული მართვის ეფექტურ საშუალებებს (იგულისხმება კომპიუტერული მრჩეველ-დამხმარე სისტემა). წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემაში დამუშავებულია ოპერატიული მართვის კომპიუტერული მოდელირებისა და ანალიზის მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება ე.წ. ქსელის იმიტაციურ-დესკრიფციულ მოდელირებას. კომპიუტერული იმიტაციურ-დესკრიფციული მოდელირების სისტემის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამცირებს მოდელირების პროცესის (მოდელის აღწერა, მოდელის იმიტაციური გათვლა და ა.შ.) ხატარებას და ამავე დროს, წარმოადგენს მკვლევარ-დისპეტჩერისა და სისტემის თანამოქმედების რეჟიმს [5].

შემოთავაზებულია წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ანალიზის შესაბამისი ცოდნის ბაზა და მისი წარმოდგენის საფუძვლები, რომლებიც ემყარება ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის განხორციელებას ე.წ. "არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის" გამოყენებით, რომელიც, თავის მხრივ, წარმოადგენს არამკაფიო ალგორითმს, ლოგიკური წესების შესაბამისად მოდიფიკაციით, რათა წყლით უზრუნველყოფის სამართავი პროცესი იცვლებოდეს მხოლოდ დასაშვებ საზღვრებში.

ასეთი სახის არამკაფიო ალგორითმის გამოყენების შემთხვევაში განსახილველი სქემა ერთი შესასვლელი და ერთი გამოსასვლელი ფუნქციით ხასიათდება, ამასთან, მხედველობაში არ მიიღება სქემაში არსებული გარდამავალი პროცესი. ასეთი ალგორითმების გამოყენებამ ფართო გავრცელება პოვა სისტემების ოპტიმალურ მართვაში ოპერატორ-დისპეტჩერის გამოცდილების ფორმალიზაციისა და მოდელირების პროცესში. შედეგად, ოპერატიული მართვის სტრატეგია გამომუშავდება ოპერატორ-დისპეტჩერის მიერ, რომელიც მართვის გადაწყვეტილებათა მიღებისათვის იყენებს არამკაფიო ლოგიკას არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის სახით. დადგენილია არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის აგებისა და გამოყენების თავისებურებანი [7]

მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ მართვის განსახორციელებლად.

წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირება აისახება გარკვეული დახასიათებით. ეს თვისებები შეიძლება აისახოს მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლის უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მდგომარეობაზე, ამიტომ ეს პროცესი ატარებს "ბუნდოვან" ხასიათს, ამასთანავე, გარკვეული სიძნელები წარმოიქმნება ოპერატიული მართვის მუშაობის პროცესებში, რომელიც ხასიათდება დამყარებული სიტუაციის განსაზღვრის ბუნდოვანებით.

ცნობილია და ჩვენ მიერაც გაანალიზებული, რომ წყლით უზრუნველყოფის პროცესი არ ემყარება პირდაპირ გაზომვას რაიმე ფიზიკური პარამეტრის მეშვეობით. პროცესს შეიძლება მხოლოდ დავაკვირდეთ ქსელის რომელიმე უბანში პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე. წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მსვლელობის მდგომარეობის შესაფასებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას პიეზომეტრული დაწნევების ცვლადი მაჩვენებლების ფიქსირებული მნიშვნელობები.

წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირების ხარისხსა და საექსპლუატაციო-ტექნოლოგიური საიმედოობის კვლევის ამოცანა საკმაოდ ტრადიციულია და მას მრავალი შრომა მიეძღვნა. [11] .

წყალმომარაგების სისტემების საიმედოობის ანგარიშის მიმართულება დაკაშირებულია:

1. პირველი მიმართულებაა წყლის ხარჯების მოცულობის ოპერატიული და გრძელვადიანი პროგნოზის მეთოდების კვლევასთან წყლის მოხმარების უთანაბროების კოეფიციენტის დადგენით, რაც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს წყლის ხარჯის საანგარიშო მნიშვნელობები;
2. მეორე მიმართულება ემყარება სისტემის მოთხოვნილი საიმედოობის უზრუნველყოფის ანგარიშებს, მათი ელემენტების საიმედოობის მაჩვენებლის განსაზღვრას.
3. მესამე მიმართულება მოიცავს წყალმომარაგების სისტემების საიმედოობის განსაზღვრას პარამეტრების

(პიეზომეტრული დაწნევების, რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლეების და ა.შ.) მიხედვით დამყარებული მდგომარეობის ანალიზით.

დისერტაციაში განიხილება წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე.

- ამავე დროს: მართვის სისტემის აუცილებელი რგოლია ადამიანი (ოპერატორ-დისპეტჩერი) .
- ოპერატიული მართვის პროცესში განიხილება დიდი მოცულობის ინფორმაცია (ტექნიკური და სხვა პარამეტრების შესახებ).
- მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესი თავისი ხასიათით მიეკუთვნება არასტაციონარულ პროცესებს, რომლებიც ფორმირდებიან "არამკაფიო" სიტუაციურ გარემოში და რომელთა ოპერირება ანალიზში ცნობილ მეთოდებს არ შესწევთ;
- არ არსებობს წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიული ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების განზოგადებული მეთოდი. სუბიექტი (ოპერატორ-დისპეტჩერი) განსაზღვრავს სისტემის ფუნქციონირების მდგომარეობას და შესაბამისად არეგულირებს გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესებს. შემოთავაზებულ დისერტაციაში დამუშავებულია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიული მართვა პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესში.
- მონიტორინგის ამოცანის უმთავრეს პრობლემას წარმოადგენს მართვის ობიექტების მდგომარეობათა აღწერა და მიღებულის შეჯამება საერთო გადაწყვეტილების მიღების მიზნით. საკვლევი პრობლემის ხასიათის მიხედვით შეიძლება მიღებულ

იქნას ე.წ. სიტუაციურ-დამხმარე კომპიუტერული სისტემა არამკაფიო ლოგიკის გამოყენებით, რომელიც შეიძლება დაიყოს ორ კლასად: "სიტუაცია-მოქმედება" და "სიტუაცია-მართვის" შემთხვევებად. ორივე კლასის შემთხვევაში აღწერის პრობლემა წყდება ერთნაირად. ამ შემთხვევაში განსახილველია მართვის ობიექტების საერთო მდგომარეობის მახასიათებლები (ჩვენს შემთხვევაში პიეზომეტრული დაწნევების განაწილება, რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლეები და ა.შ.). ამავე დროს, წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის მდგომარეობის შეფასების და აღწერის დროს მხედველობაში მიიღება სიტუაციურ მდგომარეობათა დახასიათება, რომლებიც შემდეგ გამოიყენება საერთო მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური მდგომარეობის შესაბამისი გადაწყვეტილების მისაღებად.

ზემოთ შემოთავაზებული "არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის" დამხმარე სისტემა ხასიათდება დიდი მოქნილობით მართვის გაუთვალისწინებელი მდგომარეობის აღწერის დროს. ასეთი სისტემის აგებისას იყენებენ სპეციალური დესკრიფციული ტიპის მოდელებს. ცხადია, მართვითი ზემოქმედების განხორციელება შესრულებულია მექანიზმისთვის, რომლის რანგშიც ამ შემთხვევაში გვევლინება ადამიანი (ოპერატორ-დისპეტჩერი). ამ პირობებში, რომელშიც იმყოფება მართვის ობიექტი, შეიძლება ითქვას, რომ სანახევროდ უკვე გადაჭრილია მართვის გადაწყვეტილებების მიღების ამოცანა.

მართვის ობიექტის მდგომარეობა შეიძლება შეფასდეს ამ ობიექტისათვის დამახასიათებელი ნიშან-თვისებების ერთობლიობის მიხედვით. წყალმომარაგების სისტემისათვის, ანუ წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის დასახასიათებლად დროის მოცემულ მომენტში, როგორც ადრე აღვნიშნეთ, სისტემის ელემენტ-ნაგებობებში და მანაწილებელ ქსელში პიეზომეტრული დაწნევებია, რომელიც ამ შემთხვევაში გვევლინება სიტუაციის მდგომარეობათა

საკონტროლო-მანჯისათებულ ტექნოლოგიურ პარამეტრებად. პიეზომეტრული დაწნევების განაწილებას, რომელიც ახასიათებს მართვის ობიექტის მდგომარეობას დროის რაიმე მომენტს, შეიძლება ეწოდოს სიტუაციური მდგომარეობა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის შესაბამისად.

წყლის მიწოდებისა და განაწილების ოპერატიული მართვის პროცესში შეიძლება იქნას ფიქსირებული მრავალი სიტუაცია, რომელთა აღწერისათვის შეიძლება გადაწყვეტილებათა მიღების შესაძლო ნაკრების გამოყენება, რომელიც განისაზღვრება სიტუაციური რიცხვის შესაბამისად და რომელიც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია ნიშან-თვისებათა კონცენტრაციაზე. წყლის მიწოდების დამყარებული და განაწილების რეჟიმის ოპერატიული მართვის პროცესში დისპეტჩერის მოღვაწეობა ორგანიზდება იმ ინფორმაციის საფუძველზე, რომელიც მიეწოდება სადისპეტჩეროს მართვის ობიექტიდან. ამ დროს დისპეტჩერი გვევლინება როგორც ინფორმაციის მიმღები, მისი გადამამუშავებელი და სისტემის რეგულატორი. ასეთი ვრცელი ინფორმაციის დამუშავების პირობებში დისპეტჩერმა შეიძლება დაუშვას სუბიექტური შეცდომა, რაც საბოლოოდ მომხმარებელთა მოთხოვნილი წყლით უზრუნველყოფის დონის დაქვეითებას იწვევს. ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილი იქნება დისპეტჩერის დამხმარე სისტემის დამუშავება კომპიუტერის გამოყენებით, რომლის მიზანია წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ოპერატიული რეჟიმების მართვა დამყარებული სიტუაციების შესაბამისად.

წყალმომარაგების სისტემებში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის რთული საინჟინრო ამოცანის გადასაწყვეტად პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების მონიტორინგის საფუძველზე, ჩვენ მიერ გამოყენებულ იქნა სისტემური მეთოდოლოგია.

სისტემური მეთოდოლოგია ეფუძნება ტექნიკური დაპროექტების მიდგომის გამოყენებას, რომლითაც უნდა იხელმძღვანელოს ოპერატიულმა პერსონალმა შემოქმედებითად, რეალური დროის მასშტაბში. აქ იგულისხმება ინოვაციური მოღვაწეობა, რომელიც ითვალისწინებს თავად მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით



უზრუნველყოფის პროცესის აპროქსიმაციის მიზნით სისტემის საკონტროლო-მახასიათებელი წერტილების შესაბამისად ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევების დესკრიფციული მოდელების აგებას და მათ შესაბამისად ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მიღებას რეალურ სიტუაციაში.

აქ ხაზი უნდა გაესვას იმ გარემოებას, რომ ოპერატიული პერსონალი მართვის გადაწყვეტილებების მიღებას აფუძნებს არა ინტუიციურ გამოცდილებაზე, არამედ წინასწარ შედგენილ, დესკრიფციული მოდელირების ინსტრუმენტულ საშუალებებზე. კომპიუტერის გამოყენებით უნდა აღინიშნოს დესკრიფციული მოდელების გამოყენების თავისებურებისა და ეფექტურობის შესახებ, რომელიც თავისი ბუნებით ინოვაციურია. კერძოდ:

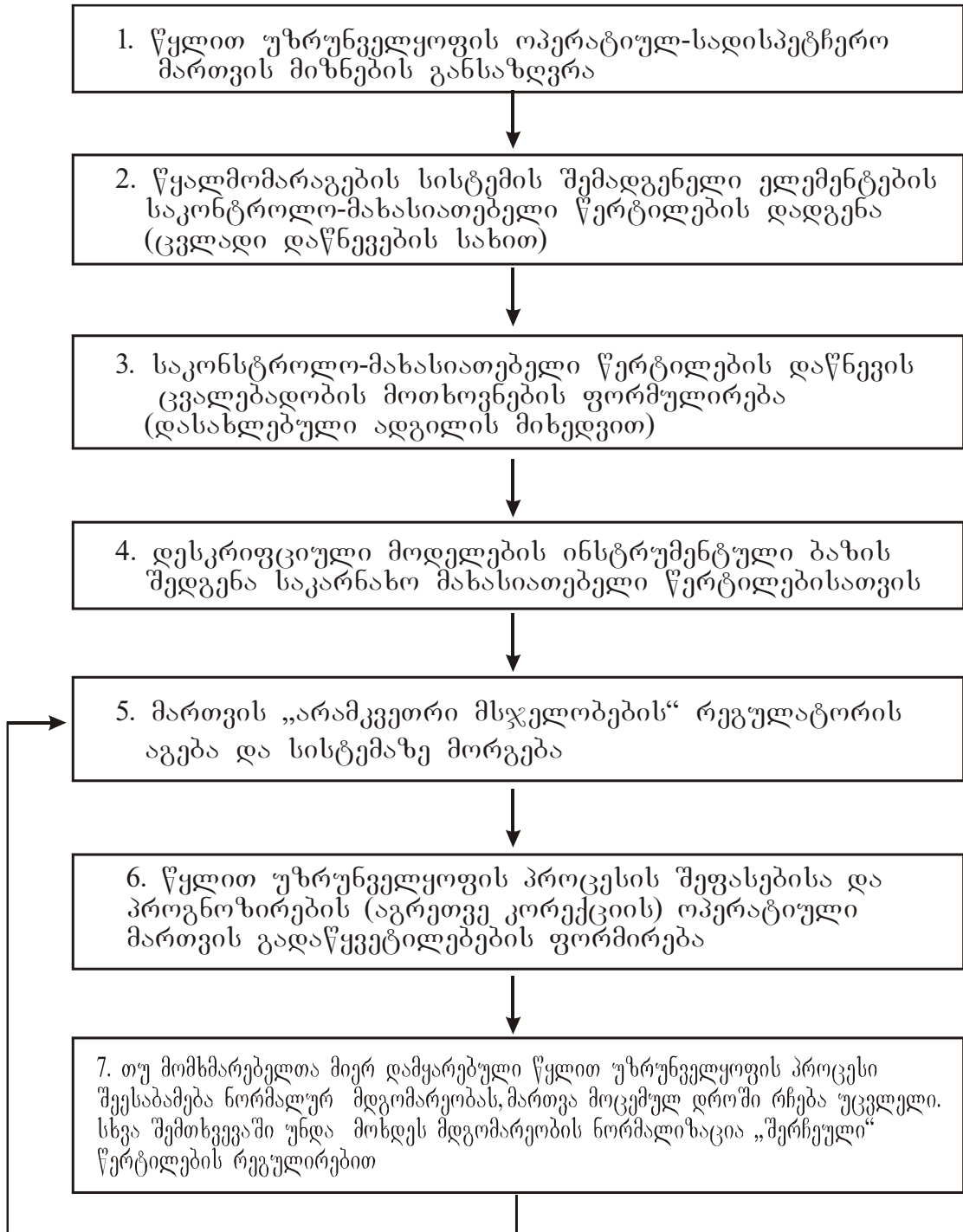
- წყალმომარაგების სისტემა საკარნახო მახასიათებელი წერტილებიდან ინფორმაციის მისაღებად უნდა დაიყოს შემადგენელი ელემენტების მიხედვით (წყალმიმღები, სატუმბი სადგური, წყალდენები, რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი);
- საკარნახო-მახასიათებელი წერტილებიდან განაზომი ფიქსირებული ინფორმაცია უნდა გადაეწოდოს სადისპეტჩეროს მართვის პულტს (მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში ინფორმაციის მიმღები დაწნევის გადამწოდებიდან, ხოლო ჩვეულებრივ პირობებში-შემომვლელი ჯგუფის მიერ აღებული მანომეტრული დაწნევის განაზომი სიდიდეები. ინფორმაციის აღების ამ ორ ხერხს შორის განსხვავება ისაა, რომ პირველ შემთხვევაში სადისპეტჩეროს მართვის პულტში გადამწოდებიდან ავტომატურად შემოდის დაწნევების მდგომარეობის (განაწილების) შესახებ ერთდროული ინფორმაცია რამოდენიმე წუთში, ხოლო ჩვეულებრივ პირობებში ინფორმაციის აღების და გადაცემის დრო შეიძლება ნახევარი საათითაც კი განისაზღვროს);
- ორივე შემთხვევაში დაწნევების განაწილების შესახებ ფიქსირებული ინფორმაცია (ექტორი) ანალიზდება

დესკრიფციული მოდელირების ხერხით და განისაზღვრება წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის სიტუაციური მდგომარეობა;

დადგენილი სიტუაციური მდგომარეობის მიხედვით იგეგმება მომუშავე ელემენტ-ნაგებობის ფუნქციონერების ნორმალური რეჟიმები. იმ შემთხვევაში თუ დაწნევის სიდიდე ამა თუ იმ საკარნახო-მაკონტროლებელ წერტილში გადააჭარბებებს ან ნაკლები იქნება მის ნომინალურ სიდიდეზე, მიმართავენ მდგომარეობის კორექციას რეგულირებით.

წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ბლოკ-სქემა, დამყარებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების დესკრიფციულ მოდელირებაზე, მოყვანილია მე-7 ნახ-ზე

ნახ.7. წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ბლოკ-სქემა



#### **თავი 1.4. წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ალგორითმი და კომპიუტერულ-პროგრამული უზრუნველყოფა**

ზემოთ მოყვანილ თავებში განხილული იყო წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პრინციპები და გადაწყვეტილებათა მიღების პროცედურული კონცეფციები მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური მდგომარეობის შენარჩუნების მიზნით დროის რეალურ მასშტაბში.

წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ალგორითმის და შესაბამისად, კომპიუტერულ-პროგრამული უზრუნველყოფის შედგენა წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მართვის მიზნით მოდელირება რთული და ძნელად ფორმალიზებადი საინჟინრო ამოცანაა.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირებისა და სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექციის შესაძლებლობა საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე.

მიზნის მისაღწევად წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ მართვაში სადისპეტჩერო პერსონალის მიერ აქტიურად უნდა იქნას გამოყენებული ლოგიკური „არამკვეთრი“ მსჯელობები, რომლებიც ფორმალურად წარმოადგენენ სპეციალისტ-ექსპერტთა გადაწყვეტილებებს, რომლებიც ასახულია ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებების ვერბალურ კატეგორიებში. ეს

კატეგორიები შეიძლება განსაზღვრულ იქნას სპეციალური უგანზომილებო სკალების თანახმად (0 – შეესაბამება პროცესის აბსოლუტურად მიუღებელ სიტუაციურ მდგომარეობას, ხოლო 1 – პროცესის ძალიან კარგ სიტუაციურ მდგომარეობას).

ხარისხობრივ-კრიტიკული შეფასების აღნიშნული სკალა ხასიათდება გარკვეული შუალედური მნიშვნელობებითაც, რომელთა მიხედვით შესაძლებელია აგებულ იქნას საკვლევი პროცესის დიაგნოსტიკური შეფასების დესკრიფციული (აღწერითი) ტიპის მოდელები. სკალური გრადაციები, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ნაწილდება შემდეგ გრადაციულ მნიშვნელობებში, რომელთა გამოყენება მიზანშეწონილია გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში:

$d \in 1,00$  - პარამეტრის მაქსიმალურ შესაძლო (დასაშვები) დონე, რომელიც ყოველთვის არ შეიძლება იქნას მიღწეული;

$d \in 1,00 \div 0,80$  - პარამეტრის დასაშვები და მაღალი დონე, რომელიც აგრეთვე ყოველთვის არ შეიძლება იქნას მიღწეული;

$d \in 0,80 \div 0,60$  - პარამეტრი დასაშვები და კარგი დონე, რომელიც მეტია იმაზე, რის მიღწევასაც ცდილობენ;

$d \in 0,37$  - პარამეტრის მოცემული დონე (შეესაბამება პარამეტრის იმ მდგომარეობას, რომელიც მიღებული უნდა იქნას);

$d \in 0,37 \div 0,0$  - პარამეტრის არადასაშვები (ცუდი) დონე. ვინაიდან ფიზიკურად მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ხარისხობრივ-სიტუაციური მდგომარეობა შეიძლება გაიზომოს (დახასიათდეს) მხოლოდ ირიბად წყლის მიწოდებისა და განაწილების ფუნქციური სქემის (ან სქემათა ერთობლიობის) შემადგენელი ელემენტების საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე (დროის მოცემულ მომენტში), ამიტომ დიაგნოსტიკური ტიპის დესკრიფციული მოდელები უნდა აიგოს მხოლოდ პიეზომეტრული დაწნევების, როგორც საკონტროლო-საზედამხედველო პარამეტრის ცვლილების მთელი განსაზღვრის არეში. პიეზომეტრული დაწნევების ცვალებადობის დასაშვები არეში, როგორც მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით

უზრუნველყოფის პროცესის მახასიათებელი ტექნოლოგიური პარამეტრი, შერჩეულ უნდა იქნას ოპერატორ-დისპეტჩერის (ექსპერტის) მიერ განვითარებული დონისა და სუბიექტურ-ხარისხობრივი ფსიქოფიზიკური სახის უპირატესობათა გაზომვებისა და შეფასებათ საფუძველზე, იმის მიხედვით, თუ დროის მოცემულ მომენტში რამდენად შესაძლებელია საკვლევი პროცესის მისაღები სიტუაციური მდგომარეობის შენარჩუნება მოქმედ ელემენტ-ნაგებობის ეფექტური ფუნქციონირების რეჟიმის ველში. ქვემოთ მოგვყავს დესკრიფციული მოდელისაგების პროცედურა სასურველობის უნიმოდალური ფუნქციის გამოყენებით, რომელიც ეყარება პიეზომეტრული დაწნევების (საკონტროლო-მახასიათებელი პარამეტრის) შესაძლო ცვლილების ორმხრივი შეზღუდვის არის გამოყენების პირობას  $-H_{\text{მინ.}} < H < H_{\text{მაქს.}}$ . დესკრიფციული ტიპის მოდელის აპროქსიმაციისათვის შერჩეული სასურველობის არე შეიძლება აღიწეროს შემდეგი სახის ფუნქციით:

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

აქედან  $b_1$  საძიებელი კოეფიციენტებია:  $H$  – საანალიზო პიეზომეტრული დაწნევის პარამეტრის მნიშვნელობა;  $e$  – ექსპონენტის ნიშანი. თუ ამ გამოსახულებაში  $\exp$ -ს გადავწერთ  $\exp(x)$ -ის სახით, მაშინ საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ფიქსირებული დაწნევის ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების დესკრიფციული მოდელი ჩაიწერება შემდეგი სახით:

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

სადაც  $b_0$  და  $b_1$  კოეფიციენტები განისაზღვრება შემდეგნაირად:

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

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

აქ  $H_2^{წმლი}$  შესაბამისად, საკონტროლო წერტილში პიეზომეტრული დაწნევის სასაზღვრო არასასურველი ანუ „ცუდი“ სიდიდეა (როდესაც  $d_1^{წმლი} = 0,2$ ), ხოლო დაწნევის  $H_1^{კარგი}$  სასაზღვრო სასურველი ანუ „კარგი“ მდგომარეობის ამსახველი სიდიდეა (როდესაც  $d_2^{კარგი} = 0,8$ ).  $H_i$ -ფაქტობრივი დაწნევების შესაბამისი დიფერენციული ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებები ხასიათდება შემდეგ სკალარულ გრადაციებში, როდესაც  $d \in [0,0-0,37]$ - აღინიშნება დაწნევის „ცუდი“ სიტუაციური მდგომარეობა; როდესაც  $d \in [0,37-0,63]$  აღინიშნება დაწნევის „დამაკმაყოფილებელი“ სიტუაციური მდგომარეობა; როდესაც  $d \in [0,63-1]$  აღინიშნება დაწნევის „კარგი“ და „ძალიან კარგი“ სიტუაციური მდგომარეობა;

რეალურ სიტუაციაში საკონტროლო წერტილების მიხედვით (სასურველობის დიფერენციული ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებების მიხედვით) განისაზღვრება ხარისხობრივი შეფასების ინტეგრირებული მაჩვენებელი, როგორც დიფერენციული შეფასების საშუალო გეომეტრიული შეწონილი სიდიდე,  $i = \overline{1, m}$   $D_i$  - საკონტროლო წერტილების ერთობლიობაა ინტეგრალური შეფასების მიხედვით, რომელიც ხასიათდება ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების იმავე სკალური გრადაციებით და რომელიც დაწნევების მოცემული განაწილების შემთხვევაში მაქსიმუმისაკენ უნდა მიისწრაფოდეს და დროის მოცემულ მომენტში ინარჩუნებდეს შედარებით სტაბილურ დონეს:

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

სადაც  $H \in \Omega$  -ს დაწნევების განაწილების არამკაფიო სახის უნივერსალური სიმრავლეა.

დაწვევების განაწილების პროცესში მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიული კორექცია პროცედურულად შეიძლება განხორციელდეს განსახილველი საკონტროლო წერტილების შედგენილი სამოდელო დამოკიდებულებების სასურველობის მოთხოვნილი არის შესაბამისად, რომელიც აგრეთვე ხასიათდება ზემოთ მოყვანილი იმავე ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების სკალური გრადაციებით:

$$d_i = \exp[-\exp(-b_0 - b_1 H_i^{\text{ჰაბ}})] = d_{\text{სასურვ.}}$$

ამრიგად, წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება და სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექცია შეიძლება დაემყაროს საკონტროლო-მანახსიათებელ წერტილებში ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწვევების განაწილებას. აღსანიშნავია, რომ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში წყლით უზრუნველყოფის პროცესის კორექცია რეალურად შეიძლება განხორციელდეს სასურველობის მოთხოვნილ არეში, როგორც ცალკე აღებული სქემისთვის, ასევე გარკვეულ ფუნქციურ სქემათა ერთობლიობის შემთხვევაში.

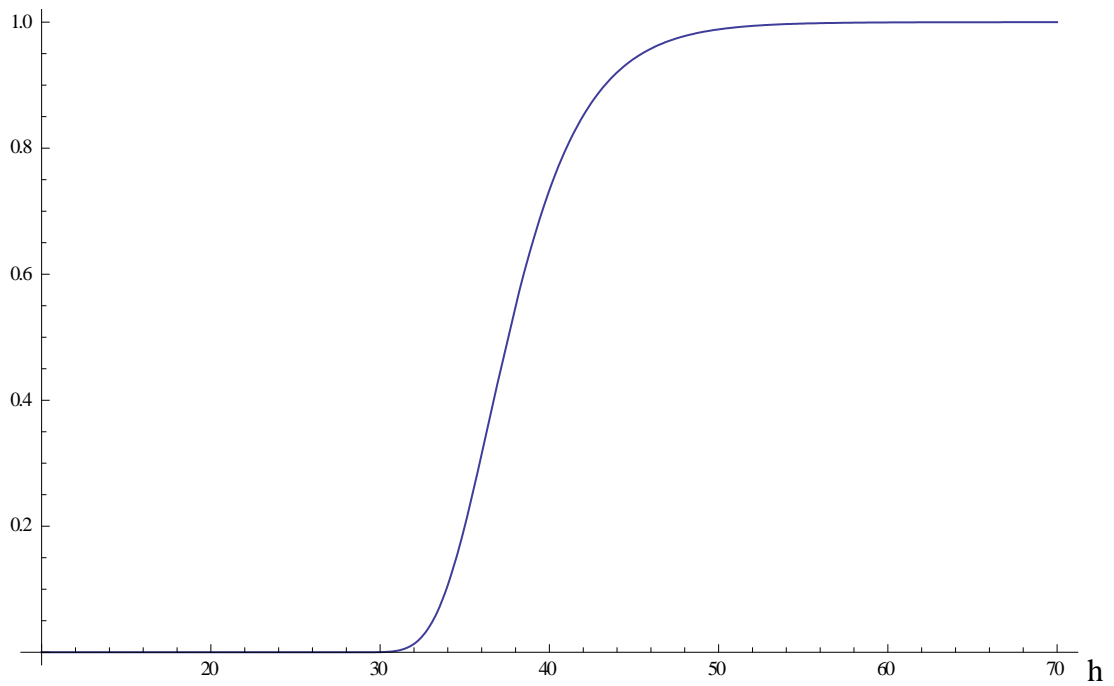


14.1. წყალმომარაგების ქსელში ფიქსირებული დაწნევების ოპერატიული შეფასების და პროგნოზირების ზოგადი მოდელის შედგენა (სადემონსტრაციო მაგალითი)

```

H1=41 , d kargicudi=0.8
H2=35, d cudicu=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. 8. წყალმომარაგების ქსელში ფიქსირებული ფაქტობრივი დაწნევების ოპერატიული შეფასებისა და პროგნოზირების პროცესის მოდელირების ხარისხობრივ -კრიტერიული შეფასების უგანზომილებო სკალა

1.4.2 წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამის ბლოკ-სქემების აღწერა მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებულ პროცესში ფიქსირებული დაწნევების შეფასებისა და პროგნოზირების შესაბამისად გადაწყვეტილებების მიღების მიზნით

ბლოკ-სქემების აღწერა:

ბლოკი 2 –  $H_1$ ,  $H_2$ -საწყისი მონაცემების შეტანა, სადაც  $H_1 = H_{faqt.}^{kargi}$ ,  $H_2 = H_{faqt.}^{cudi}$ .

ბლოკი 3 –  $H_1, H_2$ -ის ბეჭდვა.

ბლოკი 4 – წრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემის შედგენა, სადაც  $B$  – სისტემის მარჯვენა მხარეა,  $A$  – უცნობების კოეფიციენტების მიერ შედგენილი მატრიცაა, რომელშიც შედის  $H_1 = H_{faqt.}^{kargi}$ ,  $H_2 = H_{faqt.}^{cudi}$ , 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;

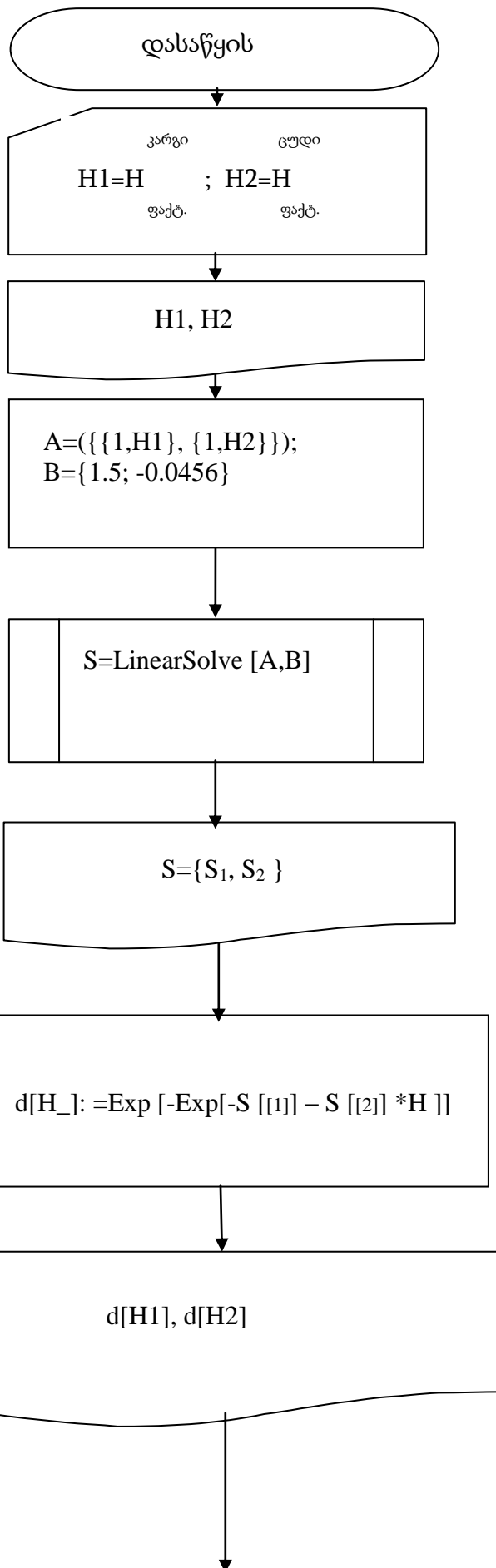
ბლოკი – 11 ახალი წრფივი განტოლების სისტემის შედგენა;

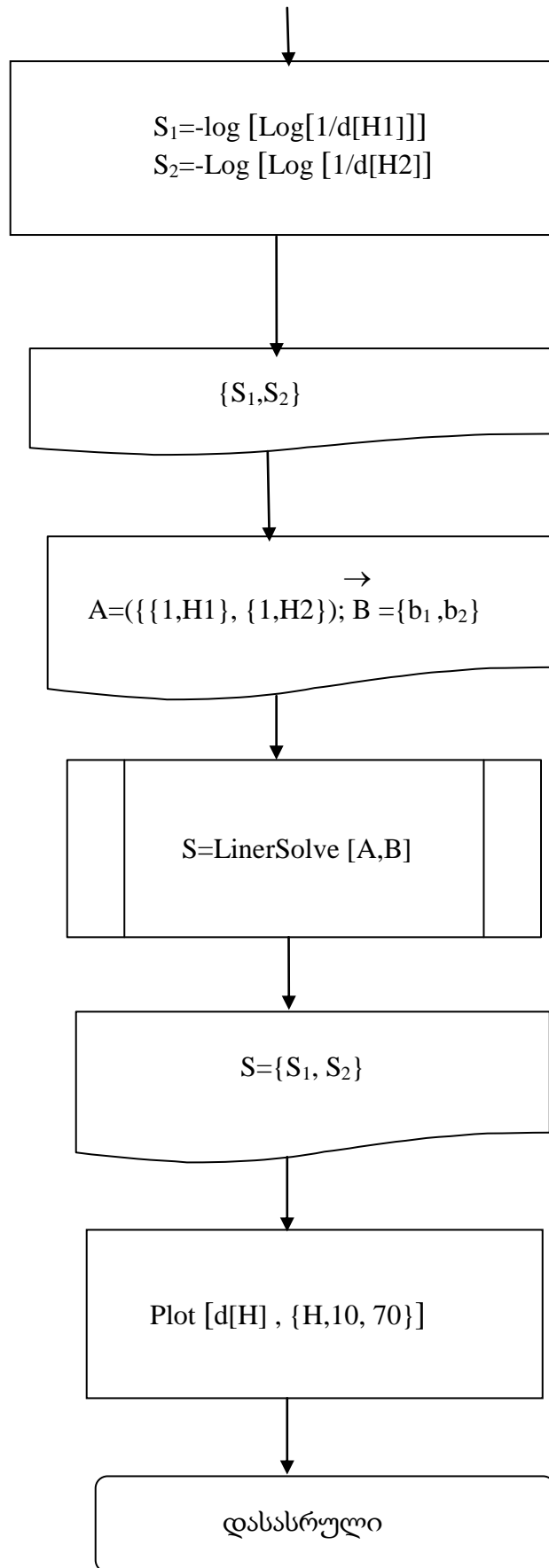
ბლოკი – 12 ახალი სისტემის ამოხსნა;

ბლოკი – 13 ახალი სისტემების ამონახსნის ბეჭდვა;

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

ნახ. 9. წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო  
მართვის კომპიუტერული პროგრამის ბლოკ-სქემა





## 2. შედეგები და მათი განსჯა

ნაშრომში: წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე“ მიღებული შედეგები ემყარება სისტემური მიდგომის კვლევის მეთოდოლოგიის გამოყენებას.

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.

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, სატუმბო სადგურები, რეზერვუარები და ძირითადი მანაწილებელი ქსელი) ფუნქციონირების შესახებ „უკუკავშირების“ ინფორმაცია. „უკუკავშირების“ პროცესში უმთავრესია ის ინფორმაცია, რომელიც ეფუძნება მანაწილებელ ქსელში დაკვირვებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილებას და რომელიც მიმდინარე დროში ფიქსირდება სადისპეტჩერო სამსახურის პულტში. ამ შემთხვევაში ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ეფექტურად წარმართვის მიზნით

ძირითადად გამოყენებული უნდა იქნას მანაწილებელი ქსელის საკონტროლო-მასხასიათებელ წერტილებში პიეზომეტრული დაწნევების მიხედვით შედგენილი დესკრიფციული ტიპის მოდელები.

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) მასხასიათებელი 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 მივალწევთ 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 აღვნიშნავთ, რომ მომხმარებელი თავად აყალიბებს მოთხოვნას წყალზე, ცხადი ხდება დასმული ამოცანის გადაწყვეტის როგორც მათემატიკური გადაწყვეტა, ასევე პრაქტიკულად მისი განხორციელება დროის მოცემული მომენტის შესაბამისად.

შემოთავაზებული სისტემური 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.

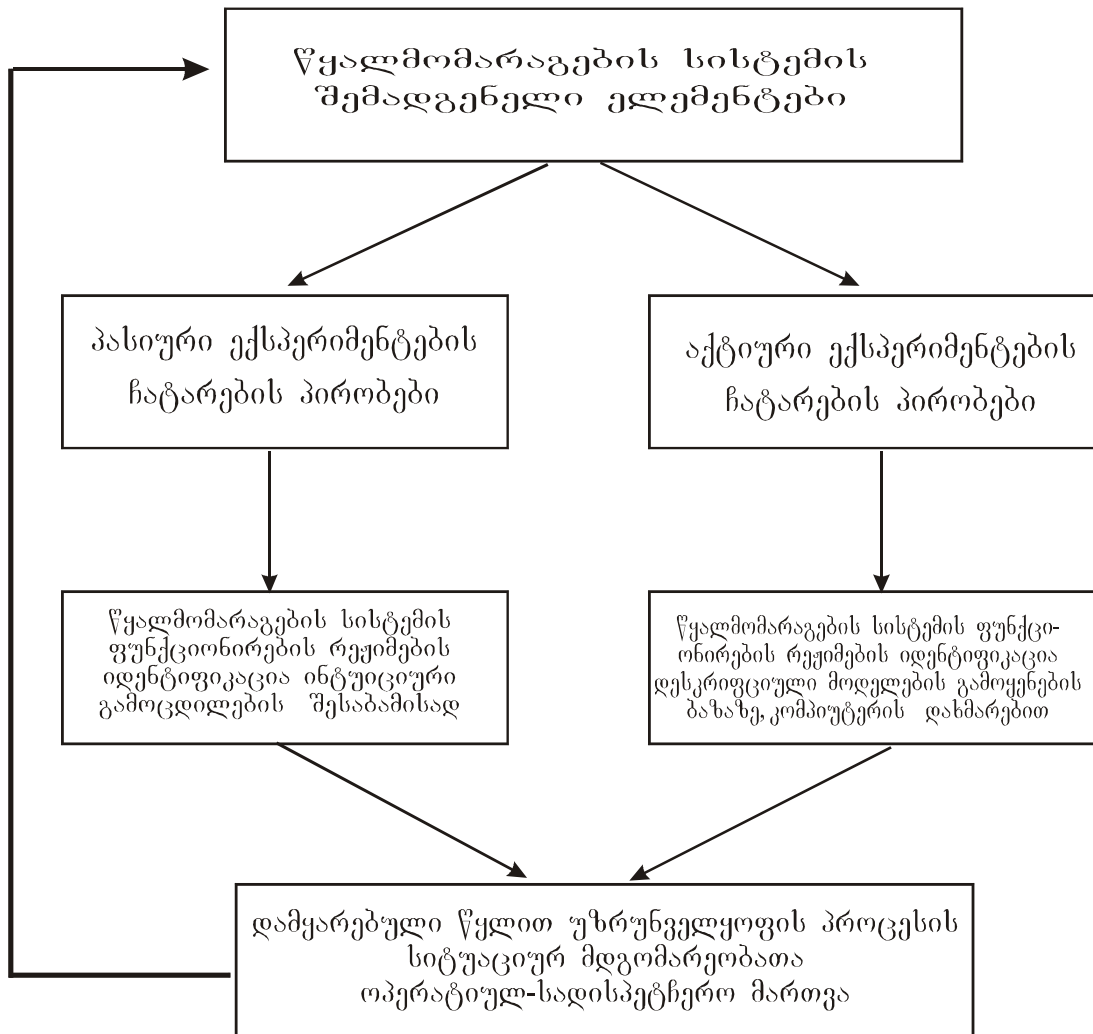
წყალმომარაგების ჩვეულებრივ პირობებში ფუნქციონირების დროს შემდგენი ელემენტები ფუნქციონირებენ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალის ინტუიციისა და გამოცდილების მიხედვით ანუ პასიური ელემენტების შესაბამისად. ამ შემთხვევაში გამორიცხულია სისტემის მომუშავე ელემენტების ეფექტური რეჟიმი, ამასთან, დისპეტჩერი ოპერატიული 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 გადამწოდებით მიღებული ინფორმაცია დამუშავდეს საკონტროლო-მახასიათებელი 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.2).

ნახ. 2 წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ – სადისპეტჩერო მართვის პროცესში პასიური და აქტიური ექსპერიმენტების ჩატარების ბლოკ-სქემა



ამრიგად, შემუშავებული სისტემური მეთოდოლოგიის საფუძველზე შესაძლებელია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის განხორციელება რეალური დროის მასშტაბში.

შემოთავაზებული მდგომა შეიძლება დაინერგოს საქართველოს წყალმომარაგების სისტემებში, როგორც მათი ჩვეულებრივ პირობებში ფუნქციონირების შემთხვევაში, ასევე მართვის ავტომატიზებულ სისტემებზე გადაყვანის პირობებშიც. დადგენილია, რომ მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესი არ ექვემდებარება პირდაპირ გაზომვას, რაიმე ფიზიკური პარამეტრის მეშვეობით რომელიმე უბანში დამყარებულ პროცესს შეიძლება დავაკვირდეთ მხოლოდ პიეზომეტრული დაწნევის ფიქსირებული მნიშვნელობის მიხედვით, რომელიც მოცემულ მომენტში შეესაბამება მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის შესაძლო მდგომარეობას [9,10].

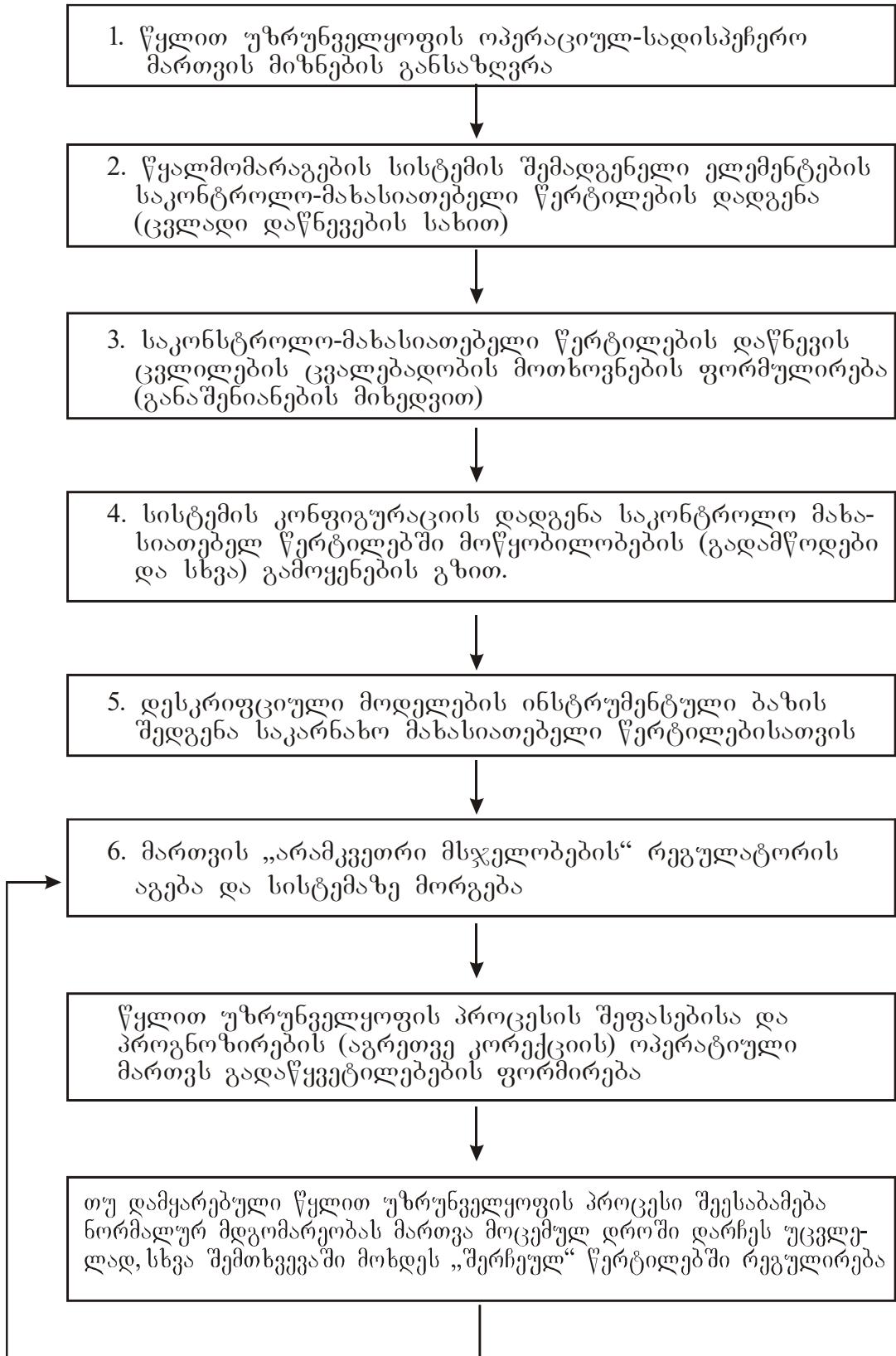
წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირების ხარისხისა და საექსპლუატაციო-ტექნოლოგიური საიმედოობის კვლევის ამოცანა საკმაოდ ტრადიციულია და მას მრავალი შრომა მიეძღვნა [11].

წყალმომარაგების სისტემების საიმედოობის ანგარიშის მიმართულებათაგან;

1. პირველი მიმართულება უკავშირდება მოცულობის ოპერატიული და გრძელვადიანი პროგნოზის მეთოდების კვლევასთან უთანაბროების კოეფიციენტის დადგნას, რაც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს საანგარიშო მნიშვნელობები.
2. მეორე მიმართულება ემყარება სისტემის მოთხოვნილ საიმედოობის უზრუნველყოფის ანგარიშებს, მათი ელემენტების საიმედოობის მაჩვენებელს.
3. მესამე მიმართულება მოიცავს წყალმომარაგების სისტემების საიმედოობის განსაზღვრას პარამეტრების (პიეზომეტრული დაწნევების, რეზერუარებში წყლის დგომის სიმაღლეების და ა.შ.) მიხედვით დამყარებული მდგომარეობის ანალიზს.

წარმოდგენილ დისერტაციაში გადაწყვეტილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესის რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესში პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების მონიტორინგის საფუძველზე.

ნახ.7. წყლით უზრუნველყოფის პროცესის  
ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ბლოკ-სქემა



შემოთავაზებულია წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ანალიზის შესაბამისი ცოდნის ბაზა და მისი წარმოდგენის საფუძვლები, რომლებიც ემყარება ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის განხორციელებას ე.წ. „არამკვეთრი მსჯელობების რეგულატორის“ გამოყენებით, რომელიც, თავის მხრივ, წარმოადგენს არამკაფიო ალგორითმს, ლოგიკური წესების შესაბამისი მოდიფიკაციით, რათა წყლით უზრუნველყოფის სამართავი პროცესი იცვლებოდეს მხოლოდ დასაშვებ საზღვრებში.

ამრიგად, შემუშავებული სისტემური მეთოდოლოგიის საფუძველზე შესაძლებელია ეფექტური ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის განხორციელება, როგორც ჩვეულებრივ მოქმედ სისტემებში, ასევე მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში, რომელიც შეიძლება დაინერგოს წყალმომარაგების სისტემებში.

## დასკვნა

სისტემური მეთოდოლოგიის გამოყენებით გადაწყვეტილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე, კერძოდ:

- შემუშავებულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის სიტუაციურ მდგომარეობათა კრიტერიული შეფასებისა და კორექცია-რეგულირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები, რომელთა მიხედვით დროის ნებისმიერ მომენტში შესაძლებელია გამოვლინდეს წყალმომარაგების შემადგენელი ელემენტების (წყალმიმღები, რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი და სხვ.) ფუნქციონირების ეფექტურობის ხარისხი და შესაბამისად, მოხდეს მათი კორექცია ნორმალური მდგომარეობიდან გადახრების შემთხვევაში;
- შედგენილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამა, რომელიც შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების სადისპეტჩერო სამსახურებში;
- შემოთავაზებული მეთოდოლოგიური მიდგომის გამოყენება ზოგადად შესაძლებელია წყალმომარაგების, როგორც ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი სისტემებისთვის, ასევე წყალმომარაგების სისტემებისთვის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. Прангишвили А.И., Цхелашвили И.З. Буадзе Т.Г. Единая методика анализа нестационарности процесса водопотребления с применением параметрических и непараметрических критериев математической статистики, ж."Georgian Engineering News", №1(vol. 49), Тбилиси, 2009 г. с. 6
2. Хатиური Х.Н., Верулава Г.Ю. Закуташвили Г.Г., Об исследование эффективности АСУВ на основе экспертных оценок, ж."Georgian Engineering News", №1(vol. 49), Тбилиси, 2009 г. с. 4.
3. Григолишвили А.Р., Цхелашвили Ш.З., Соселиа Х.Р., Гиоргадзе П.Ш., Цхелашвили И.З. Метод анализа изменчивости процесса водопотребления// "Georgian Engineering News", №4, 2004, GFID, с. 172.-174.
4. Цхелашвили Ш.З., Цхелашвили И.З. Гиоргадзе П.Ш., Гуджабидзе М. Р., Метревели Г.А, Долидзе А.В. Мчедлидзе М.Г. Диагностическая решения правила оценки качественного поведения системы водоснабжения, функционируемая по принципу "насосная станция-потребитель" (на примере г. Зеленограда)// "Georgian Engineering News", №2, 2005, GFID, с. 7-10.
5. Хатиური Х.Н., Верулава Г.Ю. Закуташвили Г.Г., Об исследование эффективности АСУВ на основе экспертных оценок, ж."Georgian Engineering News", №1(vol. 49), Тбилиси, 2009 г. с. 4.
6. Цхелашвили Ш.З., Гуджабидзе М. Р., Цхелашвили З.И., Цхелашвили И.З. Долидзе А.В, Разработка диагностического решающего правила коррекции оперативных режимов функционирования схем систем подачи и распределения воды в процессе диспетчерского-координированном управлении // "Georgian Engineering News", №3, 2005, GFID.
7. Цхелашвили Ш.З., Маргалитадзе И.Н., Соселиа Х.Р. Надараи Н.О., Цхелашвили И.З. Сравнительные каественные оценки и



- прогнозирования процесса функционирования систем водоснабжения // “Georgian Engineering News“, №2, 2004, GFID, с. 165-167
8. Цихелашвили Ш.З., Маргалитадзе И.Н., Соселия Х.Р. Надараиа Н.О., Цихелашвили И.З. Вопросы повышения надежности и эффективности уровня водообеспечения потребителей систем водоснабжения (на примере г. Зеленограда) // “Georgian Engineering News“, №4, 2004, GFID, с. 168-171.
  9. Цихелашвили Ш.З., Гуджабидзе М. Р., Цихелашвили З.И., Цихелашвили И.З. Долидзе А.В, Комплексная оценка качества функционирования сложных иерархических схем систем подачи и распределения воды в процессе диспетчерского-координированном управлении // “Georgian Engineering News“, №3, 2005, GFID.
  10. ზ. ციხელაშვილი, გ. ზაკუტაშვილი, ნ. მახარობლიძე. წყალმომარაგება-წყალარინების საინჟინრო სისტემების ფუნქციონირების საექსპლუატაციო საიმედოობის, უსაფრთხოებისა და რისკის პრობლემის შესახებ, სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №4(4), თბილისი, 2007, 5 გვ.
  11. Цихелашვილი З.И., Прангишвили А.И, Чхенкели Б.Д.Ж. Основы построения интеллектуальных систем управления пространственно-временными сетевыми потоками. Мецниереба 1997. с. 261.
  12. Нечетные ножества в моделях управления и искусственно интеллекта Пол ред. Поспелова. М.: Наука. М. 1986. с. 276
  13. გ. ჯენერაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი, შ. ციხელაშვილი, ი. ციხელაშვილი. წყლის მიწოდების სისტემების ფუნქციონირების იმიტაციური მოდელების ფორმირება მოდიფიცირებული პეტრის ქსელის ბაზაზე. საქართველოს საავტომობილო საგზაო ინსტიტუტის შრომები №2, თბილისი, 2005, 2013-220 გვ.
  14. Каждам А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии. М.: Недра, 1990, с. 244
  15. Цихелашვილი Ш.З., Цихелашვილი И.З., Цихелашვილი З.И., Гиორგაძე П. Ш., Гуджабидзе М.Р., Метრეველი Г.А., Манджавაძე 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

16. ზ. ციხელაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, მ. გუჯაბიძე. წყალმომარაგების სისტემების ელემენტებით შედგენილი ვარიანტულ-სტრუქტურული სქემების საიმედოობის შეფასება. სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №2(6), თბილისი, 2009, 4 გვ.
17. ზ. ციხელაშვილი, შ. ციხელაშვილი, ბ. ჭურჭელაური, ხ. ხატიური, თ. ქადაგიშვილი. წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასება და პროგნოზირება დესკრიფციული მოდელირების საფუძველზე. სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №3(4), თბილისი, 2009, 4 გვ.
18. გ. ჯერენაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი. წყლის მიწოდების სისტემებში ნაკადგანაწილების მართვის და სცენარების სიტუაციური ანალიზის მათემატიკური მოდელები. თბილისი, მეცნიერება, 2000, გვ. 210.
19. შ. ციხელაშვილი, ბ. ჭურჭელაური, ხ. ხატიური, თ. ქადაგიშვილი. წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასება და პროგნოზირება დესკრიფციული მოდელირების საფუძველზე, სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №3(14), თბილისი, 2009, 5 გვ.
20. ნ. ჭაფოძე წყლის დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელირება თევზსამეურნეო კატეგორიის წყალსატევებისთვის, სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №4(15), თბილისი, 2009, 9 გვ.
21. ზ. ციხელაშვილი, ნ. კიკნაძე, პ. გიორგაძე, ი. ციხელაშვილი, შ. ციხელაშვილი. ინოვაციური პროცესების მართვა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2009, 242 გვ.
22. ა. გრიგოლიშვილი, ქ. მახაშვილი, გ. ჯერენაშვილი. ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელირება. სტუ-ს სამეცნიერო შრომები №4(482), თბილისი, 2011, 14 გვ.

23. 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.
24. ქ. მახაშვილი, ც. კენკიშვილი, ი. მარგალიტაძე. ეკოლოგიური რისკის საშიშროების დონის ალბათური განსაზღვრის მეთოდოლოგია. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, №2, 2013, 5 გვ.
25. 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.
26. გ. ჯერენაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი. წყლის მიწოდების სისტემის ოპერატიული მართვის სადისპეტჩერო-მრჩეველი სისტემების აგება. სტუ-ს შრომები, №3(414), თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1997.
27. 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.
28. ზ. ციხელაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, დ. გარუჩავა, გ. ჯერენაშვილი. ბუნებრივი კატასტროფული მოვლენების შეფასება-პროგნოზირების დიაგნოსტიკური ექსპერტული სისტემა. ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები, თბილისი, 1998.
29. Джеренашвили Г.В., Григолишвили А.Р. Моделирование процесса водоподачи систем водоснабжения. Международный симпозиум по проблемам механики сплошных сред. Тез. докладов, Тбилиси, 1997
30. გ. ჯერენაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, ზ. გასიტაშვილი. წყლის მიწოდების სისტემის მართვის სცენარების მოდელირებისა და

ანალიზის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურული მოდელი. სტუ-ს შრომები, №3(319), თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1998.

31. გ. ჯერენაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, ზ. ციხელაშვილი წყლის მიწოდების სისტემის ქსელური მოდელი მოდიფიცირებული პეტრის ქსელების ბაზა. სტუ-ს შრომები, №3(319), თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1998.
32. 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.