

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი ჩიტიაშვილი

*ქალაქის წყალმომარაგების სისტემებში წყლით
უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტური
მართვის მეთოდის შემუშავება*

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარმოდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2013 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში სამშენებლო ფაკულტეტის წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგებისა და შენობათა საინჟინრო აღჭურვის დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი:

ზაურ ციხელაშვილი

სრ.პროფესორი, ტ.მ.დ.

რეცენზენტები:

თეიმურაზ გველესიანი

სრ.პროფესორი, ტ.მ.დ.

ნოდარ ჩხეიძე

სრ.პროფესორი, ტ.მ.დ.

დაცვა შედგება 2013 წლის 23 ივლისს, 14.00 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი I , აუდიტორია 215^ბ

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

მურმან კუბლაშვილი

სრ.პროფესორი, ტ.მ.დ.

შესავალი

ნაშრომის საერთო დახასიათება

ნაშრომის აქტუალობა. წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის ღონის ამაღლება სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის პროცესში, მათემატიკური თვალსაზრისით, ძნელადფორმალიზებადი ამოცანაა. აღნიშნულ გარემოებას ისიც განაპირობებს, რომ წყალმომარაგების სისტემის წყლის მიწოდებისა და განაწილების შემადგენელი ელემენტები (სათავე ნაგებობა, წყალდენები, სატუმბო სადგურები, რეზერვუარები) უზარმაზარ სივრცით ტერიტორიაზეა განთავსებული, ფუნქციონირებენ გადაკვეთილი რელიეფის პირობებში, ერთმანეთთან ლოგიკურად არიან დაკავშირებული და გაერთიანებული დროსა და სივრცეში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესით.

მოცემულ კონტექსტში საკვლევი ამოცანის გადაწყვეტა აქტუალური და დროულია.

სამუშაოს მიზანი და კვლევის ამოცანა ქალაქის წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტური მართვის მეთოდის შემუშავება, რომელიც შეიძლება რეალიზებულ იქნას წყალმომარაგების ”ბალანსური” ოპერატიულ-სადისპეტჩერო რეჟიმების საინჟინრო ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით-პიეზომეტრიული დაწნევების განაწილების მოდელირების საფუძველზე. კერძოდ:

- წყალმომარაგების სისტემის წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის დამხმარე ინტელექტუალური სისტემის აგების პრინციპების შემუშავება ქ. თბილისის

წყლის მიწოდებისა და განაწილების ერთიანი ფუნქციური სქემის ბაზაზე (ერთ-ერთი ქვემარშრუტის მაგალითზე);

- წყალმომარაგების წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება და შესაბამისად ნაკადგანაწილების მდგომარეობათა კორექცია რეგულირება რეალური დროის მასშტაბში ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში დამყარებული პიეზომეტრიული დაწნევების განაწილების საფუძველზე;
- წყალმომარაგების წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციონირების "ბალანსური" ოპერატიულ-სადისპეტჩერო რეჟიმების უზრუნველყოფა ქ. თბილისის წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის სამგორის წყალსადენის ერთ-ერთი ქვემარშრუტის კონკრეტულ მაგალითზე.

მეცნიერული სიახლე. გადანყვეტილია წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვისა და საიმედოობის დონის ამაღლების რთული საინჟინრო ამოცანა, რომელიც რეალიზდება სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის პროცესში, პიეზომეტრიული დაწნევების განაწილების მოდელირების საფუძველზე შემუშავებული ეფექტურ გადანყვეტილებათა მიღების ინსტრუმენტული საშუალებების ბაზაზე.

კვლევის ობიექტი. ქ. თბილისის წყალმომარაგების წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემა.

კვლევის მეთოდი. სისტემური თეორიის გამოყენებით შესრულებულია წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებულ ტექნოლოგიურ პროცესში დაკვირვებული ექსპერიმენტული კვლევის მონაცემების დამუშავება და მოდელირება.

პრაქტიკული ღირებულება. ნაშრომში გადაწყვეტილია წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის დონის ამაღლების ამოცანა, სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის პროცესში, კერძოდ:

- შემუშავებულია მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის სიტუაციურ მდგომარეობათა ხარისხობრივ-კრიტიკული შეფასების დესკრიფციული ტიპის მოდელები, რომელთა მიხედვით შესაძლებელია განხორციელდეს წყლით უზრუნველყოფის დამყარებულ მდგომარეობათა კორექცია-რეგულირება და შესაბამისად გამოვლინდეს წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიული ფუნქციონირების ეფექტური “ბალანსური” რეჟიმები სისტემაში არსებული შიგა რეზერვების გამოყენებით (ოპერატიული რეჟიმების კორექცია, ჭარბი და დაწნევის მოხსნა, წყლის და ელ.დენის არამწარმოებლური დანახარჯების შემცირება და ა.შ).
- შემუშავებულია ქ.თბილისის წყალმომარაგების სისტემის წყლის მიწოდებისა და განაწილების რთული იერარქიული ფუნქციური სქემების ხარისხობრივ-კრიტიკული აღწერის ბაზა, როგორც წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასებისა და სათანადო კორექცია-რეგულირების გადაწყვეტილებათა მიღების ინსტრუმენტული საშუალება. ამის საფუძველზე სამგორის ერთერთი ქვემარშრუტის სქემის ფუნქციონირების შემთხვევაში(არსებულ მართვასთან შედარებით) მიღებულია ოპერატიული მართვის გაუმჯობესების ეფექტი- 37%.

პირველ თავში განხილულია წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება და

სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექცია-რეგულირება პიეზომეტრიული დაწნევების საფუძველზე სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის პირობებში. აღსანიშნავია, რომ წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება მათემატიკური თვალსაზრისით ძნელადფორმალიზებად რთულ საინჟინრო ამოცანათა კლასს მიეკუთვნება. ამ გარემოებას იხილავს ემატება, რომ ეს პროცესი გარკვეული არასტაციონარურობით ხასიათდება (როგორც მათემატიკური მოლოდინის, დისპერსიის ასევე კორელაციური ფუნქციების მიხედვით).

აღნიშნულის საფუძველზე წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირებასა და პიეზომეტრიული დაწნევების განაწილების საფუძველზე სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექცია-რეგულირებას ვახდენთ არამკვეთრი ლოგიკური მსჯელობებით, რომლებიც ფორმალურად წარმოადგენენ ექსპერტთა მსჯელობებს ასახულს ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებების ვერბალურ კატეგორიებში. კატეგორიები შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს სპეციალური შკალების თანახმად (0 – შეესაბამება პროცესის აბსოლუტურად მიუღებელ სიტუაციურ მდგომარეობას, ხოლო 1 – პროცესის ძალიან კარგ სიტუაციურ მდგომარეობას), ხარისხობრივ-კრიტერიული მდგომარეობის შეფასების აღნიშნული შკალა ხასიათდება გარკვეული შუალედური მნიშვნელობებითაც, რომელთა მიხედვით შესაძლებელია აგებულ იქნას საკვლევი პროცესის დიაგნოსტიკური შეფასების დესკრიფციული (აღწერიითი) ტიპის მოდელები. საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ფიქსირებული დაწნევის

ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების დესკრიფციულ მოდელს ვწერთ შემდეგი სახით:

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

აქ b_0 და b_1 საძიებელი კოეფიციენტებია; H_i საანალიზო პიეზომეტრიული დაწნევის პარამეტრის მნიშვნელობაა; $\exp$ – ექსპონენტის აღების ნიშანი. d_i პარამეტრის ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების დონე საანალიზო პიეზომეტრიული დაწნევის შესაბამისად. როდესაც $d \in [0 \div 0.37]$ - აღინიშნება დაწნევის “ცუდი” სიტუაციური მდგომარეობა; როდესაც $d \in [0.37 \div 0.63]$ - დაწნევის “დამაკმაყოფილებელი” სიტუაციური მდგომარეობა; როდესაც $d \in [0.63 \div 1]$ - 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.

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

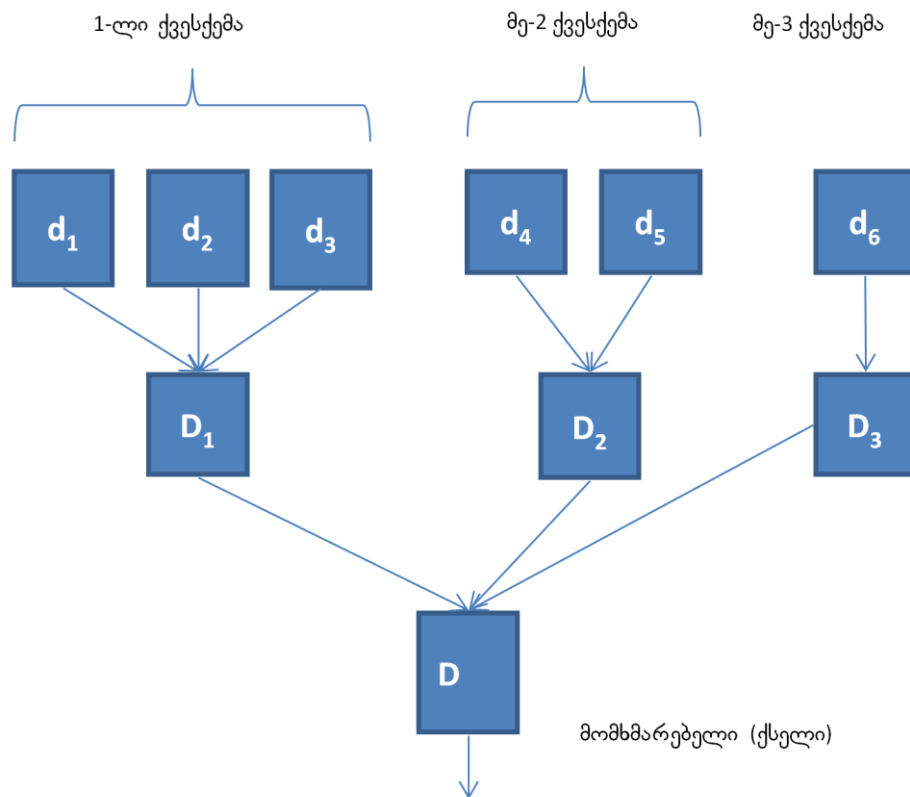
D_i – საკონტროლო წერტილების ერთობლიობაა $i = \overline{1, m}$ ინტეგრალური შეფასების მიხედვით, რომელიც ხასიათდება ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების იგივე სკალური გრადიაციებით და რომელიც დაწნევების მოცემული განაწილების შემთხვევაში მაქსიმუმისაკენ უნდა მიისწრაფოდეს და ინარჩუნებდეს, დროის მოცემულ მომენტში, შედარებით სტაბილურ დონეს:

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

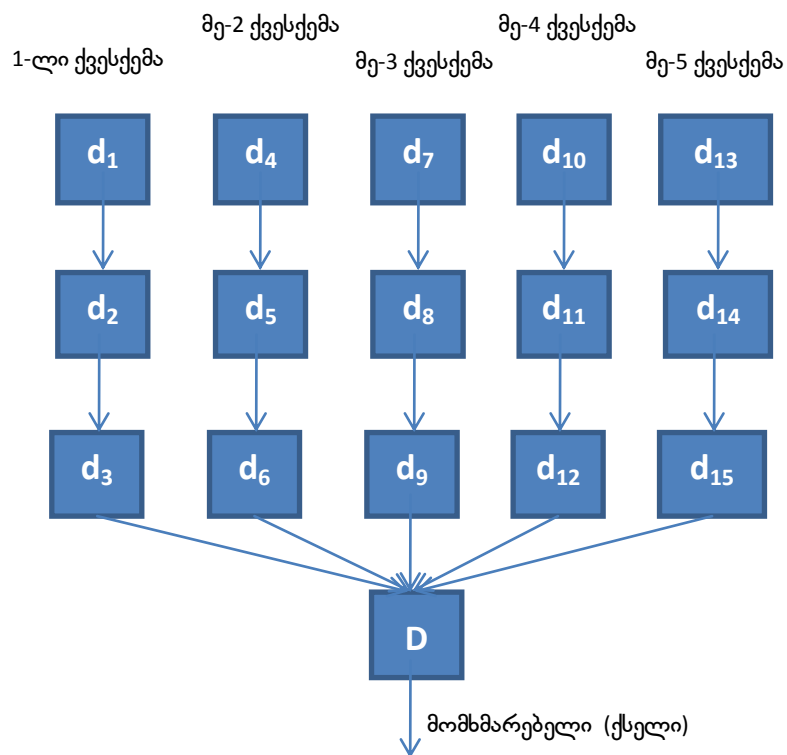
სადაც $H \in \Omega$ – დაწნევების განაწილების არამკაფიო სახის უნივერსალური სიმრავლეა.

1.2. ქვეთავში განხილულია ქ. თბილისის წყალმომარაგების სისტემის წყლის მიწოდების ფუნქციური სქემების სიტუაციურ-ხარისხობრივ-კრიტერიული ინტერპრეტაცია (მოდელირება). წყალმომარაგების სისტემის წყლის მიწოდების და განაწილების სისტემა შეიძლება წარმოდგენილ იქნას სხვადასხვა იერარქიული

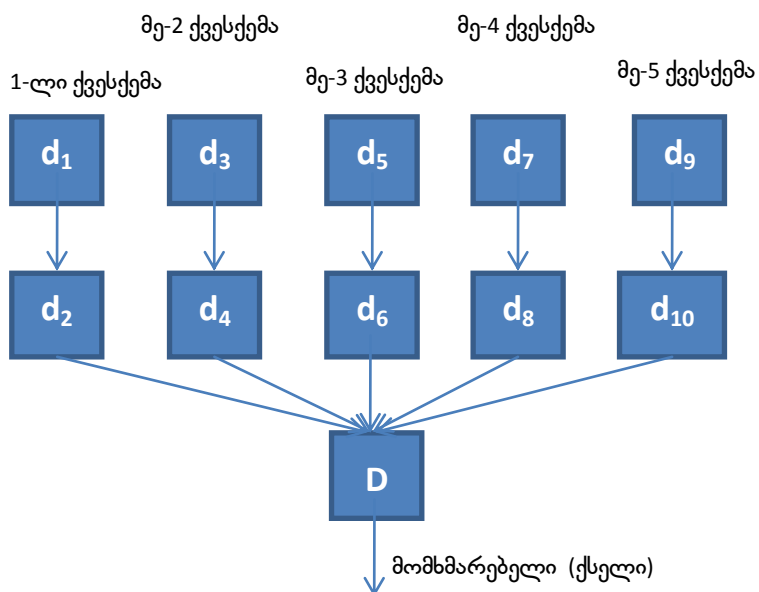
ფუნქციური სქემის (ან სქემათა ერთობლიობის) სახით, რომელიც გრაფიკულად დემონსტრირდება ე.წ. „ხის“ სახით. იხ. ნახ. 1, 2, 3. სტრუქტურულად წყალსადენის ასეთი სახის სქემები შეიძლება აიგოს განსხვავებული კონფიგურაციითაც რაც დამოკიდებული იქნება წყალმომარაგების ძირითად ელემენტ ნაგებობების განლაგებაზე წყლის მიწოდებისა და განა-წილების ერთიან სივრცეში. ამავე დროს თითოეული სქემა უნდა ითვალისწინებდეს დამატებით ახალი ელემენტის ან ელემენტთა ერთობლიობის მიერთებას.



ნახ.1. ა) სახის ფუნქციური სქემა



ნახ.2. ბ) სახის ფუნქციური სქემა



ნახ.3. გ) სახის ფუნქციური სქემა

მოყვანილი ა), ბ), გ) სახის ფუნქციური სქემები სტრუქტურულად, ისეა წარმოდგენილი, რომ შესაძლებელია მომხმარებლის საიმედო დაკმაყოფილების მიზნით ცალკეული ქვესქემის (ან სქემათა ერთობლიობის) დამოუკიდებლად ფუნქციონირება.

შესაბამისად სამივე სახის სქემის შემთხვევაში ვახდენთ ცალკეული მოყვანილი ქვესქემებისა და ერთიანი ფუნქციური სქემის ინტეგრირებულ შეფასებებს:

$$ა) \quad D_1 = (d_1 d_2 d_3)^{1/3} \rightarrow \quad (1\text{-ლი ქვესქემა});$$

$$D_2 = (d_4 d_5)^{1/2} \rightarrow \quad (მე-2 ქვესქემა);$$

$$D_3 = d_6 \rightarrow \quad (მე-3 ქვესქემა).$$

$$D = (D_1 D_2 D_3)^{1/3}; \quad D = (D_1 D_2)^{1/2}; \quad D = (D_3 D_1)^{1/2}$$

$$ბ) \quad D = (d_1 d_2 d_3)^{1/3} \rightarrow \quad (1\text{-ლი ქვესქემა});$$

$$D = (d_4 d_5 d_6)^{1/3} \rightarrow \quad (მე-2 ქვესქემა);$$

$$D = (d_7 d_8 d_9)^{1/3} \rightarrow \quad (მე-3 ქვესქემა);$$

$$D = (d_{10} d_{11} d_{12})^{1/3} \rightarrow \quad (მე-4 ქვესქემა);$$

$$D = (d_{13} d_{14} d_{15})^{1/3} \rightarrow \quad (მე-5 ქვესქემა).$$

1-ლი და მე-2 ქვესქემების ერთად ფუნქციონირების შემთხვევაში;

$$D = [(d_1 d_2 d_3)^{1/3} (d_4 d_5 d_6)^{1/3}]^{1/2}$$

1-ლი, მე-2 და მე-3 ქვესქემების ერთად ფუნქციონირების შემთხვევაში:

$$D = [(d_1 d_2 d_3)^{1/3} (d_4 d_5 d_6)^{1/3} (d_7 d_8 d_9)^{1/3}]^{1/3}$$

$$გ) \quad D = [(d_1 d_2)^{1/2} (d_3 d_4)^{1/2} (d_5 d_6)^{1/2} (d_7 d_8)^{1/2} (d_9 d_{10})^{1/2}]^{1/5}$$

$$D = (d_1 d_2)^{1/2} \rightarrow 1\text{-ლი ქვესქემის ფუნქციონირების შემთხვევაში};$$

$D = [(d_1 d_2)^{1/2} (d_3 d_4)^{1/2}]^{1/2} \rightarrow$ 1-ლი და მე-2 ქვესქემების ერთად ფუნქციონირების შემთხვევაში.

ანალოგიურად შეგვიძლია მოვახდინოთ ინტეგრირებული შეფასება სხვა შემთხვევებისთვის აღებული ქვესქემების ვარიანტების მიხედვით.

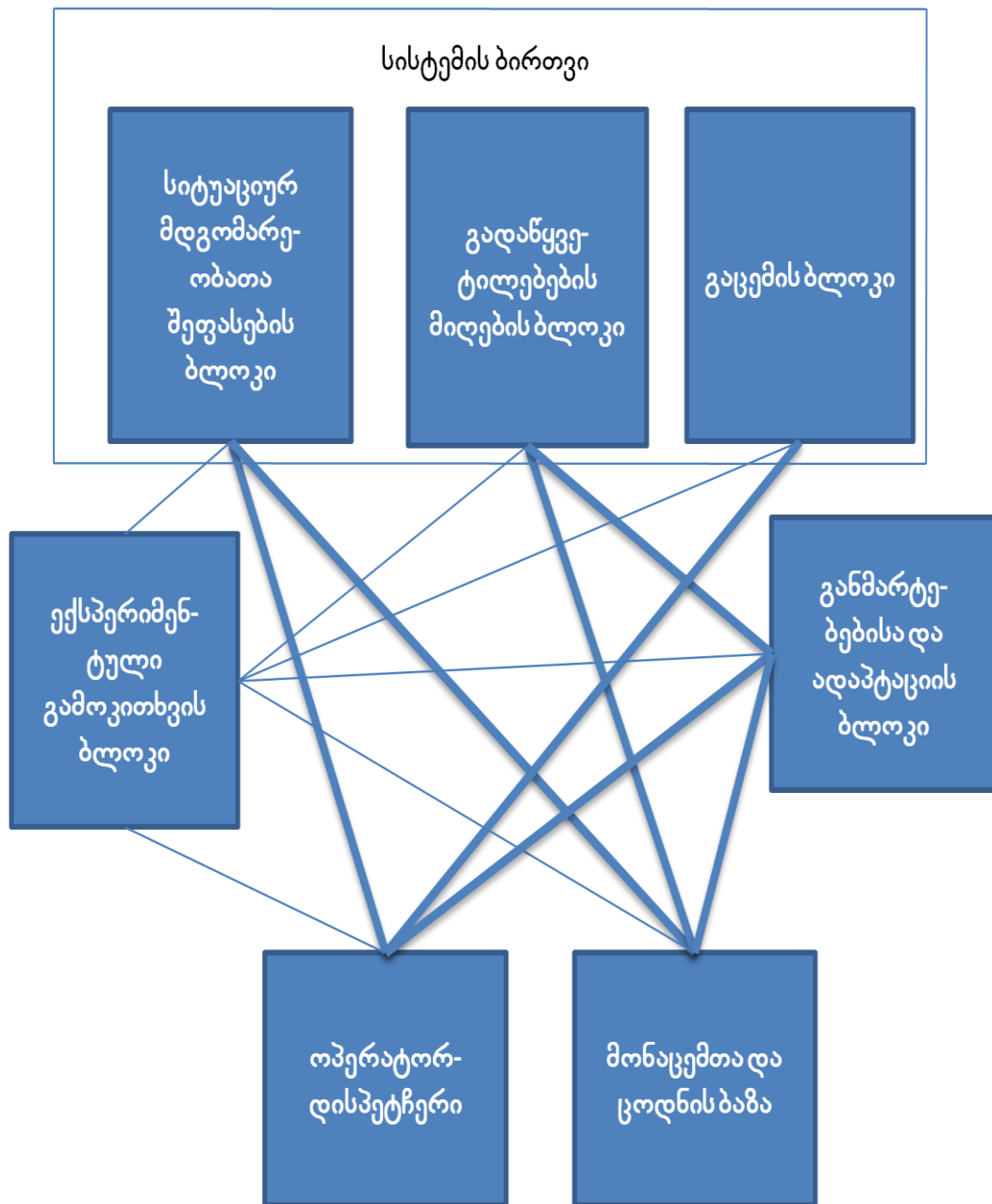
1.3 ქვეთავში მოყვანილია წყალმომარაგების სისტემის სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის დამხმარე ინტელექტუალური სისტემის აგების პრინციპები ქ. თბილისის წყლის მიწოდების ერთიანი ფუნქციური სქემის ბაზაზე.

აღნიშნულ ქვეთავში განხილულია აგრეთვე “არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის” პრინციპის გამოყენების შესაძლებლობა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვისას.

ქ. თბილისის წყლის მიწოდების სისტემა სტრუქტურულად რთულ და იერარქიულ ფუნქციურ სქემას წარმოადგენს, მისი მდგენი ელემენტ-ნაგებობები (სატუმბო სადგურები, რეზერვუარები, წყალდენები და ა.შ.) განთავსებულია უზარმაზარ სივრცეში, გადაკვეთილი რელიეფის პირობებში. იმისდა მიხედვით თუ რა მნიშვნელობებს ინარჩუნებს ტექნოლოგიური პარამეტრები (დაწნევა, წყლის დგომის სიმაღლეები რეზერვუარებში) შესაბამისად ხასიათდება მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესი. იმისათვის, რომ შენარჩუნებულ იყოს დროში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მსვლელობა ნორმალურ (მოთხოვნილ) პირობებში, შესაბამისად უნდა განისაზღვროს მოქმედი ელემენტ-ნაგებობების ფუნქციონირების ეფექტური რეჟიმი, რომელიც აგრეთვე რთულ საინჟინრო ამოცანას შეადგენს. ამ ამოცანის გადაწყვეტის ცდა დასმული იყო წინა თავებში წყალმომარაგების ავტომატიზებული მართვის სისტემის ფუნქციონირების პირობებში (კომპიუტერის დახმარებით). ამ ამოცანის გადაწყვეტა ჩვეულებრივ მოქმედ წყალმომარაგების სისტემებში

ძირითადად დამოკიდებული იქნება ოპერატიული პერსონალის ცოდნაზე, ინტუიციასა და გამოცდილებაზე.

ნახ.4. ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირება შეგვიძლია ავსახოთ შემდეგი სქემის თანახმად:



სტრუქტურა შედგება ექვსი ძირითადი ბლოკისაგან: სიტუაციურ მდგომარეობათა შეფასების ბლოკი, გადაწყვეტილებათა მიღების ბლოკი, გადაცემის ბლოკი, განმარტებისა და ადაპტაციის ბლოკი, მონაცემთა და ცოდნის ბაზის ბლოკი, რომლებიც წარმოადგენენ გადაწყვეტილებათა მიღების დამხმარე პერსონალური სისტემის ბირთვს „არამკაფიო“ ლოგიკით, ხოლო მეექვსე ბლოკი - ექსპერტული გამოკითხვის ბლოკი განკუთვნილია პერსონალური სისტემის „ანცობისათვის“. ანცობის რეჟიმში ბლოკების ურთიერთქმედება ასახულია მკრთალი ხაზებით, ხოლო შესაქმნელი დამხმარე სისტემის ფუნქციონირება ექსპლუატაციის რეჟიმში შედარებით მუქი ხაზებით.

მეორე თავში განხილულია სატუმბო სადგურის მათემატიკური მოდელი, აგებული მუშა აგრეგატების კომბინაციების ჯამური მახასიათებლების აპროკსიმაციის შესაბამისად.

წყალმომარაგების სისტემების წყლის მიწოდებისა და განაწილების ფუნქციონირებადი სქემების რაციონალური სტრუქტურის შერჩევა, ამ საქმეში გაერთიანებული ელემენტ-ნაგებობათა დატვირთვის განსაზღვრა და განაწილება შეადგენს სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის ძირითად ამოცანას. ამ ამოცანის ეფექტურად გადაწყვეტა, როგორც მათემატიკური თვალსაზრისით ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანის, მეტად პრობატევადი პროცესია. ამ შემთხვევაში, დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესში მიღწეულ უნდა იყოს მომუშავე აგრეგატების ენერგოდანახარჯების მინიმუმი (ΣN) იმ პირობით, რომ თვითეული სატუმბო სადგური უნდა ავითარებდეს მისთვის განსაზღვრულ ნომინალურ დაწნევას ($H_{სატ.სად.}$) და წყლის მიწოდებას ($Q_{სატ.სად.}$) შემდეგი შეზღუდვების პირობებში:

$$H_{სატ.სად.} \geq H_{მოთ.}$$

$$Q_{\text{სატ.სად.}} \geq Q_{\text{მოთხ.}}$$

მესამე თავში განხილულია ქ. თბილისის წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციონირების „ბალანსური“ ოპერატიული რეჟიმების უზრუნველყოფის სისტემის აგების შესაძლებლობა.

წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირება ხასიათდება გარკვეული სპეციფიკურობით. სისტემის მახასიათებელი სპეციფიური თვისებებიდან შეიძლება აღინიშნოს წყლის უზრუნველყოფის პროცესის მდგომარეობაზე არამკაფიო გარემოში მიმდინარე მადომინირებელი შინაგანი და გარეგანი ფაქტორების ზემოქმედება. ამიტომ ეს პროცესი ატარებს “ბუნდოვან” ხასიათს. ამასთანავე გარკვეული სიძნელეები წარმოიქმნება ოპერატიული მართვის სუბიექტურ გადაწყვეტილებათა შემუშავებაშიც, რომლებიც თავის მხრივ ხასიათდებიან დამყარებული სიტუაციის განსაზღვრის ბუნდოვნებით.

დადგენილია, რომ წყლით უზრუნველყოფის პროცესი არ ემყარება პირდაპირ გაზომვას რაიმე ფიზიკური პარამეტრის მეშვეობით. მოცემულ პროცესს შეიძლება დავაკვირდეთ მხოლოდ პიეზომეტრიული დაწნევების საფუძველზე.

აღნიშნულ თავში წყალმომარაგების წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციონირების “ბალანსური” ოპერატიული რეჟიმების უზრუნველყოფის აგების შესაძლებლობაა მოცემული (იხ. დანართი).

მეოთხე თავში განხილულია წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის გაუმჯობესების სისტემური ხედვა.

წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ძირითად ამოცანას შეადგენს მომხმარებელთა ნორმალური (შეუფერხებელი) წყლით უზრუნველყოფა. თუ წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების დასახასიათებლად გამოვიყენებთ მაჩვენებლებს “ეფექტური” და “ფუნქციონირების

ხარისხი”, მაშინ, ცხადია, სისტემური მიდგომის შესაბამისად უნდა გავანალიზოთ ამ ტერმინების შინაარსობრივი დატვირთვა, როგორც ხარისხობრივი შეფასების კრიტერიუმები:

$d \in [0 \div 0.37]$ -ცუდი; $d \in [0.37 \div 0.63]$ -დამაკმაყოფილებელი და $d \in [0.63 \div 1]$ -კარგი და ძალიან კარგი მდგომარეობა.

d -დანევის H -პარამეტრის დიფერენცირებული შეფასებაა. იგივე გრადაციებით შეფასდება ამა თუ იმ რეგიონში დანევის ინტეგრირებული შეფასებაც.

$D \in [0 \div 0.37] \rightarrow$ ცუდი მდგომარეობა;

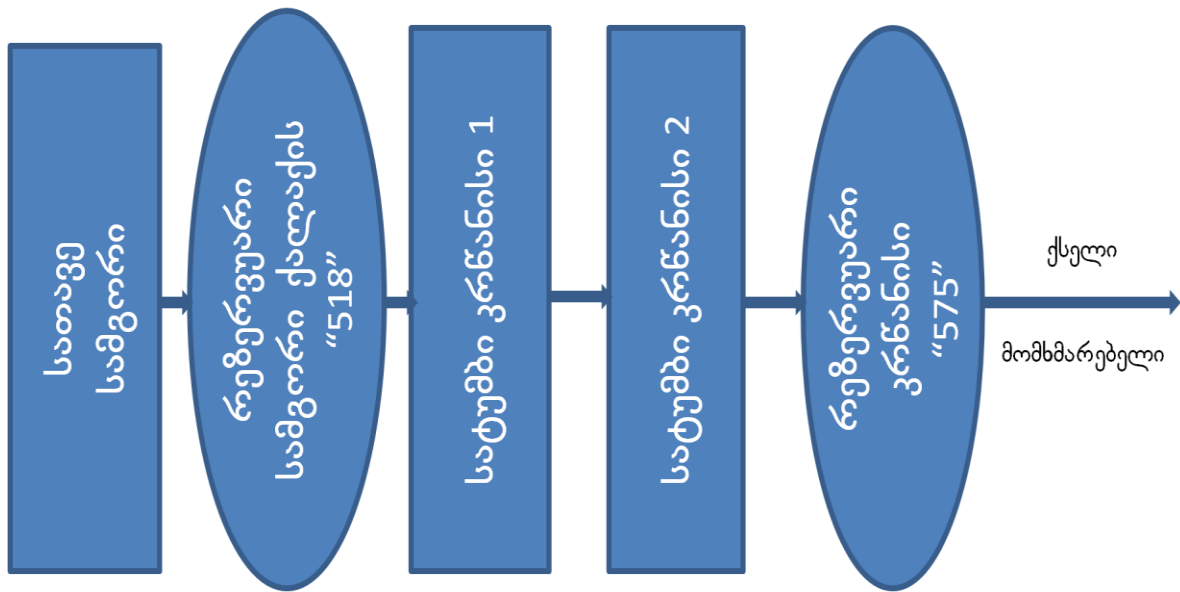
$D \in [0.37 \div 0.63] \rightarrow$ შუალედური მდგომარეობა;

$D \in [0.63 \div 1] \rightarrow$ კარგი და საუკეთესო მდგომარეობა.

აღნიშნული ხარისხობრივი შეფასების კრიტერიუმების გამოყენებით გადაწყვეტილია ქ. თბილისის წყალსადენის, სათავე სამგორის, ერთ-ერთი ქვემარშრუტის წყლის მიწოდებისა და განაწილების სქემა. (იხ. მაგალითი)

მაგალითი

განვიხილოთ ქ. თბილისის წყლის მიწოდებისა და განაწილების ფუნქციური სქემის ერთ-ერთი ქვემარშრუტის ხარისხობრივ-კრიტიკული შეფასება **სამგორის სათავე** ნაგებობების მდგენი ელემენტების მიხედვით და მართვის კორექცია-რეგულირების განხორციელებისათვის წარმოვადგინოთ გადაწყვეტილების მიღების პროცედურა:



ნახ. 5

ნახ. 5-ის მიხედვით მოცემული ქვემარშრუტის ფორმალური აღწერა შემდეგნაირად ჩაიწერება:

[სათ. სამგ] → რეგ. სამგორის ქალაქის "518" [0,5-4] → სატ. კრწანისი I [50-70] → სატ. კრწანისი II [145-150] → რეგერეუარი კრწანისი "575" [0,5-4] → (ქსელი).

ამ სქემის მდგენი ელემენტების მიხედვით სიტუაციურ მდგომარეობათა სუბიექტურ-ხარისხობრივი შეფასების დესკრიფციული ტიპის მოდელები ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$d_{\text{სათ.სამ.}}(\text{აიღება "კარგი" ხარისხობრივი შეფასების მდგომარეობის მიხედვით}):$

$$d_{\text{რეგ.სამ.ქალ."518"}} = \exp \left[-\exp \left(0.7583 - 0.5664 H_i^{\text{რეგ.სამ.ქალ."518"}} \right) \right]$$

$$d_{\text{სატ.კრწ.1}} = \exp \left[-\exp \left(5.416 - 0.0988 H_i^{\text{სატ.კრწ.1}} \right) \right]$$

$$d_{\text{სატ.კრწ.II}} = \exp \left[-\exp \left(5.778 - 0.3952 H_i^{\text{სატ.კრწ.II}} \right) \right]$$

$$d_{\text{რეგ.კრწ."575"}} = \exp \left[-\exp \left(0.7583 - 0.5664 H_i^{\text{რეგ.კრწ."575"}} \right) \right]$$

ფუნქციონირებადი სქემის სიტუაციურ-ხარისხობრივი მდგომარეობის ინტეგრირებული შეფასება, რომელიც შეესაბამება მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებულ პროცესს გამოითვლება როგორც მდგენი ელემენტების დიფერენციულ შეფასებათა ნამრავლიდან საშუალო გეომეტრიული სიდიდე:

$$D_{\text{სამგ. ინტგრ.}} = [d_{\text{სათ.სამ.}} \cdot d_{\text{რეზ.სამ.,518}} \cdot d_{\text{სატ.კრწ.I}} \cdot d_{\text{სატ.კრწ.II}} \cdot d_{\text{რეზ.კრწ.,575}}]^{1/5}$$

დავუშვათ მდგენი პარამეტრების მნიშვნელობები რეალურად აღინიშნება შემდეგ საზღვრებში:

- სამგორის სათავე (“კარგი” ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასება);
- რეზერვუარი სამგორი ქალაქის “518”-ის წყლის ღდომის სიმაღლე - 3,5 მ;
- სატუმბო კრწანისი I-ის დაწნევა - 52 მ;
- სატუმბო კრწანისი II-ის დაწნევა - 146 მ;
- რეზერვუარი კრწანისი “575”-ის წყლის ღდომის სიმაღლე - 0,9 მ.

სამოდელი დამოკიდებულებაში აღნიშნულ პარამეტრთა მონაცემების ჩასმით მიიღება სიტუაციური მდგომარეობის შემდეგი ინტეგრირებული ხარისხობრივი შეფასება:

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

აქ $D_{\text{სამგ. ინტგრ.}} = 0,433 \in [0,37 - 0,63] \rightarrow$ “დამაკმაყოფილებელ” სიტუაციურ მდგომარეობას, მაგრამ რეალურად ამ სქემის მე-3, მე-4 და მე-5 ელემენტები მოითხოვენ გარკვეულ კორექციას “ნორმალურ რეჟიმში” ჩართვის მიზნით, რისთვისაც ვიყენებთ ზემოთ მოყვანილ ბაზურ დესკრიფციულ მოდელებს:

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

$$H_{\text{სატ.კრწ.I}}^{\text{კორექს.}} = 58,53 \text{ მ}$$

$$d_{\text{სატ.კრნ.II}} = \exp \left[-\exp \left(5,778 - 0,3952 H_i^{\text{სატ.კრნ.II}} \right) \right] = 0,5$$

$$H_{\text{სატ.კრნ.II}}^{\text{კორექც.}} = 147,14\theta$$

$$d_{\text{რეგ.კრნ."575"}} = \exp \left[-\exp \left(0,7583 - 0,5664 H_i^{\text{რეგ.კრნ."575"}} \right) \right] = 0.5$$

$$H_{\text{რეგ.კრნ."575"}}^{\text{კორექც.}} = 2\theta$$

მიღებული კორექციის გათვალისწინებით მოცემული ფუნქციონირებადი სქემის ხარისხობრივ-კრიტერიული საერთო ინტეგრირებული შეფასება იქნება:

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

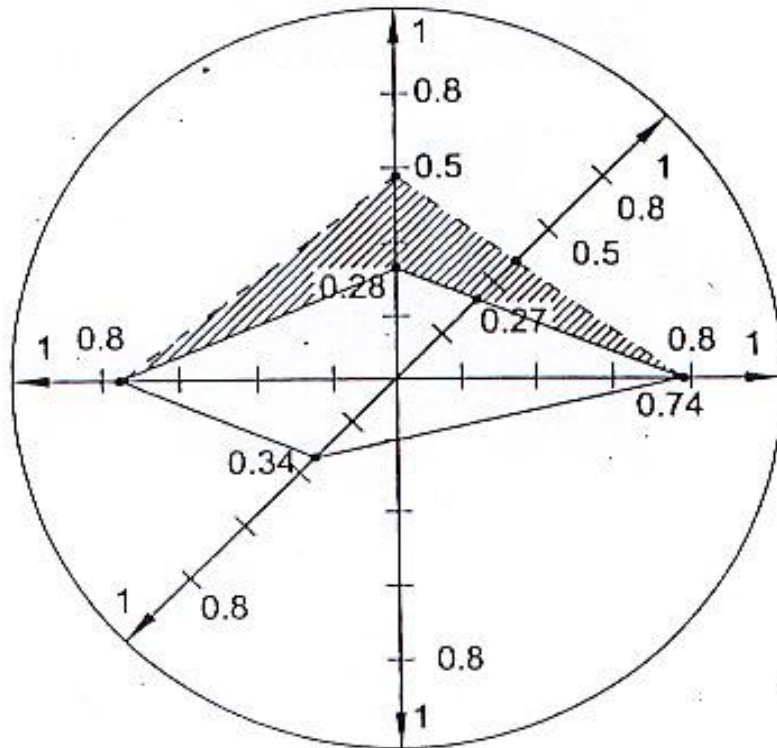
ოპერატიული მართვის თეორიული გაუმჯობესების სიღრმე ანუ ეფექტი იქნება:

$$\Theta = \frac{D_{\text{ინტ.კრ.}}^{\text{საზოგადოებრივი}} - D_{\text{ინტ.კრ.}}^{\text{საზოგ.}}}{D_{\text{ინტ.კრ.}}^{\text{საზოგ.}}} \cdot 100 = \frac{0,594 - 0,433}{0,433} \cdot 100 = 37,2\%$$

აღსანიშნავია, რომ წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიული მართვის ხარისხობრივ-კრიტერიული ინტეგრირებული შეფასება იგივე $D \in [0,37 - 0,63]$ “დამაკმაყოფილებელ” არეში დარჩა ოპერატიული მართვის კორექციის ჩატარების შემდეგაც, რაც სარწმუნოა.

ოპერატიული მართვის თეორიული გაუმჯობესების სიღრმის ეფექტის გრაფიკული ილუსტრაცია მოყვანილია (ნახ. 6-ზე)ნახ.

ნახ.6. ქ. თბილისის წყალსადენის, სამგორი სათავე ნაგებობების, ერთ-ერთი ქვემარშრუტის, ოპერატიული მართვის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების დიაგრამა, შესაძლო კორექციების ჩვენებით ”დამაკმაყოფილებელ” კრიტიკულ არეში - $D_{\text{ინტ.კრ.}}^{\text{საზოგადოებრივი}} \in [0,37 - 0,63]$ –სადაც დაბტრიხული არე მიგვანიშნებს თეორიული გაუმჯობესების ეფექტს.



დასკვნა

სისტემური მიდგომის გამოყენებით გადაწყვეტილია წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვისა და საიმედოობის დონის ამაღლების რთული საინჟინრო ამოცანა, რომელიც რეალიზდება სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის პროცესში, პიეზომეტრიული დაწნევების განაწილების მოდელირების საფუძველზე შემუშავებული ეფექტურ გადაწყვეტილებათა მიღების ინსტრუმენტული საშუალებების ბაზაზე. კერძოდ :

- შემუშავებულია მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის, სიტუაციურ მდგომარეობათა ხარისხობრივ-

კრიტერიული შეფასებისა და კორექცია-რეგულირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები, რომელთა მიხედვით შესაძლებელია გამოვლინდეს წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციური სქემების ეფექტურობის ხარისხი სისტემაში არსებული შიდა რეზერვების გამოყენებით (ოპერატიული რეჟიმების კორექცია-რეგულირება, ჭარბი დაწნევის მოხსნა, წყლის და ელ. დენის არამწარმოებლური დანახარჯების შემცირება და ა.შ.);

- “არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის” პრინციპის გამოყენებით შემუშავებულია ქ. თბილისის წყლის მიწოდებისა და განაწილების ერთიანი სისტემის ფუნქციონირების ეფექტური “ბალანსური” ტექნოლოგიური რეჟიმების დადგენის შესაძლებლობა-სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის პროცესში საჭირო გადაწყვეტილებების შემუშავებისა და სიტუაციურ-რეჟიმულ მდგომარეობებში სათანადო კორექციის შეტანის მიზნით. შესაბამისად დადგენილია სამგორის ერთერთი ქვემარშრუტის ფუნქციონირების ხარისხის გაუმჯობესების ეფექტი (არსებულ მდგომარეობასთან შედარებით), კორექცია-რეგულირების მოდელების საფუძველზე შიდა რეზერვების გამოყენებით რამაც შეადგინა-37%;
- წყალმომარაგების სისტემების წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის დონის ამაღლების შემოთავაზებული მეთოდი შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების (ბათუმი, ქუთაისი, გორი, თელავი, რუსთავი და ა.შ.) წყალმომარაგების სისტემების სადისპეტჩერო-ოპერატიული მართვის პროცესში.

სამუშაოს აპრობაცია. ნაშრომის ცალკეული თემები აპრობირებულ იქნა “საქართველოს გაერთიანებული წყალმომარაგების” კომპანიის სერვისის მენეჯერ სპეციალისტებისთვის გამართულ ტრენინგებში (2012 წლის თებერვალი-ივნისის პერიოდი). მოხსენება სტუდენტთა 81-ე საერთაშორისო სამეცნიერო

კონფერენციაზე (2013 წლის 13 ივნისი). ნაშრომის შინაარსი აისახა 4 სამეცნიერო შრომაში.

პუბლიკაცია. 4 ნაშრომი სტუ ჟურნალ “მშენებელში”.

სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა. ნაშრომი შედგება: შესავლის, ოთხი თავის, დასკვნის, 20 დასახელების ლიტერატურული წყაროსა და ორი დანართისგან. ძირითადი ტექსტი 97 კომპიუტერული ნაბეჭდი გვერდია, მათ შორის 7 ნახაზი.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ სამეცნიერო პუბლიკაციებში:

1. Цихелашвили З.И., Читиашвили Г.Б., Закиташвили Г.Г., Ачихамия Н.З., Махашвили К.А., Методологические аспекты мониторинга загрязнения поверхностных вод. ТБИЛИСИ, СТРОИТЕЛЬСТВО № 3 (18), 2010, 69-73 стр.
2. ზ. ციხელაშვილი, გ. ჩიტიაშვილი. წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის სისტემური კვლევის მეთოდოლოგიური კონცეფციები. ქ. თბილისი, უ. მშენებლობა, № 3(18) 2011, 56-61გვ.
3. ზ. ციხელაშვილი, ბ. ჭურჭელაური, ნ. ბახტაძე, გ. ჩიტიაშვილი. ექსპლუატაციის პროცესში მყოფი შენობა-ნაგებობებისა და მათი ელემენტების მდგრადობა-ვარგისიანობის მახასიათებელი პარამეტრების ექსპერტული შეფასების მეთოდიკა. თბილისი, უ. მშენებლობა, № 4(23) 2011, 53-58 გვ.
4. ზ. ციხელაშვილი, გ. ჩიტიაშვილი, ც. კენკიშვილი. წყალმომარაგების ტექნიკურ სისტემებში გადანაცვეტილებათა მიღების არამკაფიო მოდელები. ქ. თბილისი, უ. მშენებლობა, № 4(27) 2012, 104-108 გვ.

Summary

The problem of technological process ensuring and supplying customers with water has been successfully solved by monitoring the quality of the supplied water. The effective decisions has been adopted on the basis of modeling the piezometric division of the pressure:

The descriptive models of estimation and operative corrective-regulating systems of supplying customers with water has been elaborated. According to the models it will be possible to reveal the efficiency of the functionality of water supply system and monitor quality of water while using the existed domestic supply (correction and regulation of operative mode, relaxation of high pressure, reduction of non industrial expenses of water and electricity etc...). The effective and balanced technological modes of the entire system of distribution and division of water in Tbilisi has been worked out, in order to receive important decisions, make necessary corrections in operational situations while monitoring the process.

The entire descriptive model database of Tbilisi water supplying system has been worked out by describing the distribution and division of water considering complex hierarchal functional schemes. The models are the means of estimating the quality of operational functioning and regulating the improvement of operational control. (37%)

The presented method, ensuring and increasing the reliability of water supplying system, could be implemented in the following cities of Georgia (Batumi, Kutaisi, Gori, Rustavi, Telavi, etc..)