

რეალური ობიექტისა და ვირტუალური მოდელის გაზომვის მონაცემების გაერთიანების კირობები

ნოდარ აბელაშვილი¹, გიორგი ქართველიშვილი², გივი მურჯიანი¹

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

2-კომპანია British Petroleum

რეზიუმე

განიხილება რეალურ პირობებში მაგისტრალური გაზის და ნავთობსადენების სატუმბ სადგურებში წნევის გაზომვის რამდენიმე ჯგუფის მონაცემებს შორის არსებითობის შემოწმების საკითხები. მოცემულია გაზომვით მიღებული შედეგების გაერთიანება LabVIEW სივრცეში, შექმნილი ვირტუალური მოდელით მიღებული ანალოგიური ამოცანების შედეგებთან, მათი სანდოობის გაზრდის მიზნით.

1. შესავალი

მაგისტრალურ მილსადენში მიმდინარე პროცესებისა და საზომი აღჭურვილობის მახასიათებლებს შორის სხვაობის გამო მილსადენის ტრასაზე განლაგებულ სხვადასხვა სადგურების გაზომვებს შორის შედეგების გაბნევის სიდიდე შესაძლებელია იყოს მუდმივი ან იცვლებოდეს გარკვეული კანონზომიერებით.

გაბნევის მახასიათებლის შეფასებისათვის, ჩვეულებრივ ახდენენ საწყის და საბოლოო გაზომვის ჯგუფების დისპერსიების შედარებას. ითვლება, რომ თუ მათ შორის განსხვავება შემთხვევით ხასიათს ატარებს, მაშინ სადგურთაშორის გაზომვათა შედეგების გაბნევის სიდიდე მუდმივია ე.ი. გაზომვის განუსაზღვრელობა არ იცვლება.

2. ძირითადი ნაწილი

ამოცანის გადაწყვეტისთვის გამოიყენება ფიშერის კრიტერიუმი, რომლის რეალიზაციის ამოცანა ქვემოთ მოყვანილი სახით ჩამოყალიბდება:

ვთქვათ, რომელიმე პარამეტრის გაზომვის შედეგების მოცულობა, საწყისი სადგურის მონაცემების მიხედვით, შეადგენს n_1 და საკონტროლო პარამეტრის მნიშვნელობებია $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n_1}$; ბოლო სადგურის მონაცემებისათვის n_2 -ს საკონტროლო პარამეტრის მნიშვნელობებით $x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n_2}$. მიღებული მონაცემების მიხედვით განსაზღვრავენ ამორჩეული მნიშვნელობების კონტროლის შედეგების დისპერსიას.

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 \tag{1}$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2-1} \sum_{i=1}^{n_2} (x_{2i} - \bar{x}_2)^2 \tag{2}$$

სადაც

$$\bar{x}_1 = (x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n_1})/n_1 \text{ და } \bar{x}_2 = (x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n_2})/n_2.$$

დისპერსიების განსაზღვრის შემდეგ პოულობენ ფიშერის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობას

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \tag{3}$$

რომელსაც ადარებენ ფიშერის კრიტერიუმის ზედა (F_α) და (F_β) ქვედა კრიტიკულ მნიშვნელობებს. ზედა კრიტიკული მნიშვნელობა შეიარჩევა ფიშერის ცხრილიდან. თუ საანგარიშო მნიშვნელობა აღმოჩნდება ქვედა და ზედა კრიტიკულ მნიშვნელობას შორის $F_\beta < F < F_\alpha$ ითვლება, რომ ამ ორი ჯგუფის დისპერსია არსებითად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან (დისპერსიებს შორის განსხვავება შემთხვევით ხასიათს ატარებს).

ქვემოთ მოცემულია რეალური მაგისტრალური მილსადენის (ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანი) საკონტროლო პარამეტრის, წნევის ათჯერადი გაზომვის შედეგები წნევის ტრანსმიტერის 100% დატვირთვის პირობებში საწყის (ცხრილი 1) და საბოლოო (ცხრილი 2) სადგურებზე.

ცხრ.1

№	მიწოდებული წნევა, kPa დენის ძალის გაზომილი მნიშვნელობა, $mA (x_{iq})$	$ x_{iq} - \bar{x}_i $	$(x_{iq} - \bar{x}_i)^2$	
მაქსიმალური დიაპაზონის 100% დატვირთვა (წნევა 30 kPa)				
1	30 kPa	20,003	-0,0013	$0,169 \cdot 10^{-5}$
2		20,004	0,0023	$0,53 \cdot 10^{-5}$
3		20,008	0,0063	$3,96 \cdot 10^{-5}$
4		19,997	-0,0047	$2,21 \cdot 10^{-5}$
5		19,995	-0,0067	$4,49 \cdot 10^{-5}$
6		19,998	-0,0037	$1,37 \cdot 10^{-5}$
7		20,005	0,0033	$1,09 \cdot 10^{-5}$
8		19,997	-0,0047	$2,21 \cdot 10^{-5}$
9		20,007	0,0053	$2,81 \cdot 10^{-5}$
10		20, 003	-0,0013	$0,169 \cdot 10^{-5}$
შესასვლელი სიდიდის საშუალო არიტმეტიკულის მნიშვნელობა \bar{x}_i		20,0017		$\sum 19,008 \cdot 10^{-5}$

ორივე შემთხვევაში წნევის ერთეულებით გაზომილი მნიშვნელობა 30kPa-ს შეადგენდა, რომლის ექვივალენტური მნიშვნელობები (ტრანსმიტერის ჩვენების მიხედვით) დენის ძალის ერთეულებში mA-შია მოცემული. სადაც წნევის 0-ოვან ჩვენებას შეესაბამება ტრანსმიტერის მნიშვნელობა 4mA, ხოლო წნევის მაქსიმალურ 30kPa ჩვენებას შეესაბამება 20mA მნიშვნელობა.

ცხრ.2

№	მიწოდებული წნევა, kPa დენის ძალის გაზომილი მნიშვნელობა, $mA (x_{iq})$	$ x_{iq} - \bar{x}_i $	$(x_{iq} - \bar{x}_i)^2$	
მაქსიმალური დიაპაზონის 100% დატვირთვა (წნევა 30 kPa)				
1	30 kPa	20,005	0,0037	$1,36 \cdot 10^{-5}$
2		19,997	-0,0043	$1,84 \cdot 10^{-5}$
3		20,006	-0,0047	$2,2 \cdot 10^{-5}$
4		20,003	0,0017	$0,28 \cdot 10^{-5}$
5		19,995	-0,0063	$3,96 \cdot 10^{-5}$
6		19,998	-0,0033	$1,08 \cdot 10^{-5}$
7		20,002	0,0007	$0,049 \cdot 10^{-5}$
8		20,004	0,0027	$0,73 \cdot 10^{-5}$
9		20,007	0,0057	$3,25 \cdot 10^{-5}$
10		19,996	-0,0053	$2,81 \cdot 10^{-5}$
შესასვლელი სიდიდის საშუალო არიტმეტიკულის მნიშვნელობა \bar{x}_i		20,0013		$\sum 17,559 \cdot 10^{-5}$

მიღებული მონაცემების მიხედვით გამოთვლილი კონტროლის შედეგების დისპერსიებისათვის გვექნება $S_1^2 = 2,111 \cdot 10^{-5}$ და $S_2^2 = 1,95 \cdot 10^{-5}$. მათი საშუალებით განსაზღვრული ფიშერის კრიტერიუმის მნიშვნელობა $F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{2,111 \cdot 10^{-5}}{1,95 \cdot 10^{-5}} = 1,08$ ცხრილების მიხედვით მოთავსებულია ზედა და ქვედა კრიტიკულ მნიშვნელობებს შორის $F_j = 0,924$ $F = 1,08$ $F_b = 3,1$ ე.ი ამ ორი ჯგუფის დისპერსია არსებითად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან.

ვირტუალური მოდელის ადექვატურობის დასადგენად ასევე შევადარეთ ვირტუალურ მოდელზე ჩატარებული ათჯერადი გაზომვის შედეგების დისპერსია რეალურ სადგურთაშორის დისპერსიასთან წნევის ასევე 100%-იანი დატვირთვის მნიშვნელობისათვის, რომელიც მოცემულია მე-3 ცხრილის საშუალებით.

ცხრ.3

№	მიწოდებული წნევა, კ ა დენის ძალის გაზომილი მნიშვნელობა, ϑ (x_{iq})	$ x_{iq} - \bar{x}_i $	$(x_{iq} - \bar{x}_i)^2$
გაზომვები მაქსიმალური დიაპაზონის 100% მნიშვნელობის დროს (წნევა 30 კ ა)			
1	30 kPa	20,007	0,0037
2		20,000	-0,0033
3		20,004	0,0007
4		20,009	0,0057
5		19,997	-0,0063
6		19,992	-0,0113
7		20,007	0,0037
8		20,009	0,0057
9		20,01	0,0067
10		19,998	0,0053
შესასვლელი სიდიდის საშუალო არითმეტიკულის მნიშვნელობა \bar{x}_i		20,0033	$\sum 34,409 \cdot 10^{-5}$

მოყვანილი მონაცემების ვირტუალური მოდელის დისპერსიისათვის გვექნება:

$$S_{virt}^2 = 3,82 \cdot 10^{-5},$$

საიდანაც ფიშერის კრიტერიუმისათვის:

$$F = \frac{S_{virt}^2}{S_{real}^2} = \frac{34,409 \cdot 10^{-5}}{19,008 \cdot 10^{-5}} = 1,81$$

რაც ვირტუალური მოდელის რეალურთან ადექვატურობაზე მიუთითებს.

გაზომვის შედეგების ადექვატურობის შემოწმებისა და მონაცემთა გაერთიანების მიზნით მათი მყისიერი გაბნევის სიდიდის მუდმივობის შეფასებასთან ერთად მნიშვნელოვანია მიღებული შედეგების საშუალო არითმეტიკულების განსხვავების არსებობის შემოწმება.

პრაქტიკული გამოთვლის ალგორითმს, როდესაც გაზომვის შედეგების ჯგუფის მონაცემები წარმოდგენილია ანალიზურად, შემდეგი სახე ექნება:

1. $Y_{11}, Y_{12}, \dots, Y_{1n_1},$
2. $Y_{21}, Y_{22}, \dots, Y_{2n_2},$
-
- L. $Y_{L1}, Y_{L2}, \dots, Y_{Ln_L}.$

ფიშერის კრიტერიუმით შედარების მეთოდის თანახმად დასაწყისში უნდა გამოვითვალოთ თითოეული ჯგუფის საშუალო არითმეტიკული: $\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \dots, \bar{Y}_L$, შემდეგ ერთობლივი საშუალო:

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L n_i \bar{y}_i \quad (4)$$

სადაც N გაზომვების საერთო რაოდენობაა ყველა ჯგუფში:

$$N = n_1 + n_2 + \dots + n_L.$$

შემდეგ გამოითვლება ჯგუფთაშორისი დისპერსია $S_{\Sigma L}^2$.

$$S_{\Sigma L}^2 = \frac{1}{L-1} \sum_{i=1}^L n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2 \quad (5)$$

და ჯგუფებს შიგნით დისპერსიების გასაშუალებელი მნიშვნელობა S_{nL}^2 :

$$S_{nL}^2 = \frac{1}{N-L} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 \quad (6)$$

ბოლოს განისაზღვრება ფიშერის კრიტერიუმის საანგარიშო მნიშვნელობა:

$$F = \frac{S_{\Sigma L}^2}{S_{nL}^2} \quad (7)$$

მიღებული სიდიდე შეედარება ფიშერის კრიტერიუმის შესაბამის კრიტიკულ მნიშვნელობებს. თუ საანგარიშო მნიშვნელობა აღმოჩნდა ზედა და ქვედა კრიტიკულ მნიშვნელობებს შორის ვთვლით, რომ განსახილველი ჯგუფების საშუალო არითმეტიკულების განსხვავება არაარსებითია და შესაძლებელია გაზომვის მონაცემების გაერთიანება მონაცემთა დამუშავების მისაღები ალგორითმების საშუალებით.

გაზომვის შედეგების ჯგუფების დისპერსიების ერთგვაროვნების, აგრეთვე საშუალო არითმეტიკულების განსხვავების არსებობის შესაბამისი კრიტერიუმებით დადგენის შემდეგ შესაძლებელია გადავიდეთ დაკვირვებათა შედეგების გაერთიანებაზე.

დაკვირვებათა შედეგების გაერთიანების მახასიათებლები, ე.წ. გაერთიანებული მახასიათებლები, ერთობლივი საშუალო \bar{Y} და ერთობლივი საშუალოს დისპერსია $S_{\bar{Y}}^2$, როდესაც ჯგუფების დისპერსიები ერთგვაროვანია, ხოლო საშუალო არითმეტიკულები არსებითად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან, გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^L n_i \bar{y}_i}{\sum_{i=1}^L n_i} \quad (8)$$

$$S_{\bar{Y}}^2 = \frac{1}{N(N-1)} \left[\sum_{i=1}^L (n_i - 1) S_i^2 + \sum_{i=1}^L n_i (\bar{y}_i - \bar{Y})^2 \right] \quad (9)$$

სადაც N დაკვირვებათა საერთო რაოდენობაა ყველა ჯგუფში ე.ი

$$N = n_1 + n_2 + \dots + n_L, \text{ სადაც} \quad (10)$$

n_i – პარალელურ გაზომვათა რაოდენობა i – ურ ჯგუფში;

\bar{y}_i – რომელიმე i – ური ჯგუფის საშუალო არითმეტიკული;

S_i^2 – რომელიმე i – ური ჯგუფის დისპერსია;

\bar{Y} – ერთობლივი საშუალო.

გაზომვის მონაცემების ხუთი ჯგუფის საშუალო არითმეტიკულებისა და დისპერსიების მონაცემების მიხედვით (ცხრილი 4), (8-9) ფორმულების დახმარებით შესაძლებელია გამოვიანგარიშოთ პარალელურ გაზომვათა ერთობლივი საშუალო არითმეტიკულისა და ერთობლივი საშუალო დისპერსიის მნიშვნელობები. წნევის გაზომვის გაბნევის მახასიათებლები:

ცხრ.4

	დისპერსია	საშუალო არითმეტიკული
საწყისი სადგური	$S_{საწყ}^2 = 2.11 \cdot 10^{-5}$	$\bar{y}_{საწყ} = 20,0017$
საბოლოო სადგური	$S_{საბ}^2 = 1.95 \cdot 10^{-5}$	$\bar{y}_{საბ} = 20,0013$

ერთობლივი საშუალო არითმეტიკული საშუალების გვექნება:

$$\bar{Y} = \frac{10 \cdot 20,0017 + 10 \cdot 20,0013}{20} = 20,0015 \quad (11)$$

ერთობლივი საშუალო დისპერსიის გვექნება:

$$S_{\bar{Y}}^2 = \frac{1}{20(20-1)} [(10-1) \cdot 2.11 \cdot 10^{-5} + (10-1) \cdot 1.95 \cdot 10^{-5} + 10 \cdot (20,0017 - 20,0015)^2 + 10 \cdot (20,0013 - 20,0015)^2] = 9.62 \cdot 10^{-6} \quad (12)$$

როგორც ვხედავთ ერთობლივი საშუალო დისპერსიის მნიშვნელობა ერთგვაროვანია და არაარსებითი განსხვავების მონაცემებისათვის შემცირდა, რაც გაზომვის რაოდენობის ზრდითაა გამოწვეული.

ვირტუალური მოდელის რეალურთან ადექვატურობის დასაბუთებისათვის მოვახდინოთ მათი მონაცემების გაერთიანება.

(11) და (12) მიღებული შედეგით და წინა პარაგრაფის ვირტუალური მოდელისთვის წნევის გაზომვის გაბნევის მახასიათებლები მიხედვით:

$$\bar{y}_{virt} = 20,01 \quad \bar{Y} = 20,01 S_{\bar{Y}}^2 = 9 \cdot 10^{-7}$$

ერთობლივი საშუალო არითმეტიკული საშუალების გვექნება:

$$\bar{Y} = \frac{10 \cdot 20,0011 + 10 \cdot 20,01}{20} = 20,0055 \quad (13)$$

ერთობლივი საშუალო დისპერსიის გვექნება:

$$S_{\bar{Y}}^2 = \frac{1}{20(20-1)} [(10-1) \cdot 9,67 \cdot 10^{-7} + (10-1) \cdot 9 \cdot 10^{-7} + (20,0011 - 20,0055)^2 + 10 \cdot (20,01 - 20,0055)^2] = 10,7 \cdot 10^{-6} \quad (14)$$

რეალური ობიექტისა და ვირტუალური მოდელის გაბნევის მახასიათებლების ერთგვაროვნება მიუთითებს მიდელის ობიექტთან შესატყვისობის მაღალ ხარისხზე, რაც საშუალებას გვაძლევს მოდელის გაზომვის შედეგებს რეალურთან თანაბრად არსებობის უფლება მივაკუთვნოთ, ეს კი გაზომვის ოპერაციების დაჩქარების, გაიაფებისა და არასაშუალო სიტუაციების მართვის მექანიზმების დამუშავების საშუალებას იძლევა. ასევე მნიშვნელოვანია გაზომვის კვალიფიცირებული ოპერატორების მომზადების შესაძლებლობა ვირტუალურ მოდელზე აუცილებელი უნარ-ჩვევების გამომუშავების შესაძლებლობით.

3. დასკვნა

რეალურ პირობებში მაგისტრალურ გაზ და ნავთობსადენების სატუმბ სადგურებში საკონტროლო პარამეტრების გაზომვის ოპერაციების შედეგების რამდენიმე ჯგუფის მონაცემების არსებითობის შემოწმება და მათი გაერთიანების შესაძლებლობა LabVIEW სივრცეში შექმნილი ვირტუალური მოდელით მიღებული ანალოგიური ამოცანების შედეგებთან დისპერსიულ ანალიზის შედეგების მიხედვით გაზომვის ოპერაციების დაჩქარების, გაიაფებისა და არასაშუალო სიტუაციების მართვის მექანიზმების დამუშავების საშუალებას იძლევა.

ლიტერატურა:

1. ზედგინიძე ი. საინჟინრო ექსპერიმენტის ორგანიზაცია და დაგეგმვა. სტუ. თბ., 2000
2. აბელაშვილი ნ., ქართველიშვილი გ. LabVIEW–ს სივრცეში ტრანსმიტერის ვირტუალური მოდელი მაგისტრალურ მილსადენზე წნევის კალიბრებისა და გაზომვისათვის. სტუ. შრ.კრებ. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“-№2(13), 2012. გვ. 156-160
3. Захаров И.П., Сергиенко М.П., Чепела В.Н., Никитин Д.С. Оценивание неопределенности при проведении метрологических работ. Метод.док. по метрологии. ПМХ 33.1405–2005. Харьков. 2008
4. აბელაშვილი ნ., ქართველიშვილი გ., გაჩეჩილაძე ლ. წნევის პირდაპირი ერთჯერადი გაზომვის განუსაზღვრელობის შეფასება რეალური ობიექტისა და ვირტუალური მოდელისთვის. სტუ. შრ.კრებ. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“- №1(14), 2013. გვ. 140-145.

**CONDITIONS OF CONSOLIDATION OF RESULTS OF MEASUREMENT
OF REAL AND VIRTUAL OBJECT**

Abelashvili Nodar¹, Kartvelishvili Giorgi², Murdzhikneli Givi¹

1- Georgian Technical University

2 – Company British Petroleum

Summary

Considering the consolidation of results of measurement of real and virtual object with support of the dispersive analysis for the purpose of speed-up, reduction in cost and development of management means in emergency situation.

**УСЛОВИЯ ОБЪЕДНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ
РЕАЛЬНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ОБЪЕКТА**

Абелашвили Н.¹, Картвелишвили Г.², Мурджикнели Г.¹

1– Грузинский Технический Университет,

2– компания BritishPetroleum,

Резюме

Рассматриваются вопросы объединения результатов измерения реального и виртуального объекта с помощью дисперсионного анализа с целью ускорения, удешевления и разработки механизмов управления внештатными ситуациями.