

## **4. MUNTAZAM XATOLIKLARNI KAMAYTIRISH USULLARI**

Umuman, muntazam xatolikni yo‘qotish yo‘li aniq ishlab chiqilmagan. Lekin, shunga qaramay, muntazam xatolikni kamaytirishning ba’zi bir usullari mavjud.

1. Xatoliklar chegarasini nazariy jihatdan baholash, bu uslub o‘lchash uslubini, o‘lchash vositalarining xarakteristikalarini, o‘lchash tenglamasini va o‘lchash sharoitlarini tahlil qilishga asoslanadi. Masalan, o‘lchash asbobining parametrlari yoki tekshirilayotgan zanjirning ish rejimini bilgan holda biz uning tuzatmasini (xatoligini) topishimiz mumkin. Xatolik, bunda asbobniig iste‘mol qiluvchi quvvatidan, o‘lchanayotgan kuchlanishning chastotasi oshishidan hosil bo‘lishi mumkin.

2. Xatolikni o‘lchash natijalari bo‘yicha baholash. Bunda o‘lchash natijalari har xil prinsipdagi usul va o‘lchash apparaturasidan (vositalaridan) olinadi. O‘lchash natijalari orasidagi farq — muntazam xatolikni xarakterlaydi. Bu uslub yuqori aniqlikdagi o‘lchashlarda ishlatiladi.

3. Har xil xarakteristikaga ega bo‘lgan, lekin bir xil fizik prinsipda ishlaydigan apparatura yordamida o‘lchash usuli. Bunda o‘lchash ko‘p marotaba takrorlanib, o‘lchash natijalari muntazam statistika usuli yordamida ham ishlanadi.

4. O‘lchash apparaturasini ishlatishdan oldin sinovdan o‘tkazish. Bu usul ham aniq o‘lchashlarda ishlatiladi.

5. Muntazam xatoliklarni keltirib chiqaruvchi sabablarni yo‘qotish yo‘li. Masalan, tashqi muhit temperaturasi o‘zgarmas qilib saqlansa, o‘lchash vositasini tashqi maydon ta’siridan himoyalash maqsadida ekranlashtirilsa, manba kuchlanishi turg‘unlashtirilsa (stabillashtirilsa) va h. k.

6. Muntazam xatolikni yo‘qotishning maxsus usulini qo‘llash: o‘rin almashtirish (o‘rindoshlik), differensial usuli, simmetrik kuzatishlardagi xatoliklarni kompensatsiyalash usuli.

## **5. TASODIFIY XATOLIKLAR VA ULARNING TAQSIMLANISHI**

Tasodifiy xatolik biror fizik kattalikni takror o‘lchaganda hosil bo‘ladigan, o‘zgaruvchan, ya’ni ma’lum qonuniyatga bo‘ysinmagan holda kelib chiqadigan xatolikdir. Bu xatolik ayni paytda nima sababga

ko'ra kelib chiqqanligi noaniqligicha qoladi, shuning uchun ham uni yo'qotish mumkin emas. Haqiqatda o'lchash natijasida tasodifiy xatolikni mavjudligi takror o'lchashlar natijasida ko'rinadi va uni hisobga olish, o'lchash natijasiga uning ta'siri (yoki o'lchash aniqligini baholash) matematik statistika usuli yordamida amalga oshiriladi.

Bevosita o'lchashlar natijasining xatoliklarini baholashda quyidagi funksiyadan foydalaniladi:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

bu yerda:  $f$  — aniq funksiyadir,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  — bevosita o'lchash natijasi.

Xatolikni baholash uchun esa xatolikning taxminiy formulasidan foydalaniladi.

Absolut (mutlaq) xatolikning maksimal qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\Delta y = \sum_{i=1}^m \left| \frac{\partial y}{\partial x_i} \right|_{x_i=x_0} \cdot \Delta x_i.$$

Xatolikning nisbiy qiymati esa quyidagi formuladan topiladi:

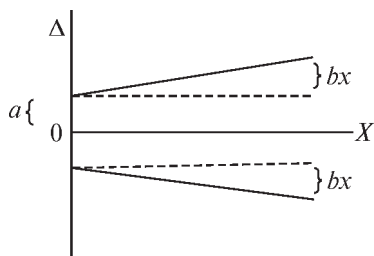
$$\Delta y = \frac{\Delta y}{y} = \sum_{i=1}^m \left| \frac{\partial y}{\partial x_i} \right|_{x_i=x_m} \cdot \frac{x_i}{y} \cdot \delta_x$$

Tasodifiy xatolik esa (uning dispersiyasi) quyidagicha hisoblanadi:

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_{x_i=x_m}^2 \cdot \sigma_i^2.$$

O'lchash vositalarining aniqligini, qanchalik aniq o'lchashini baholash uchun o'lchash vositalarining aniqlik sinfi degan tushuncha kiritilgan. *Aniqlik sinfi* — bu o'lchash vositalarining shunday umumlashgan xarakteristikasi bo'lib, ularning yo'l qo'yishi mumkin bo'lgan asosiy va qo'shimcha xatoliklari chegarasi (doirasi) bilan aniqlanadi. Demak, aniqlik sinfi o'lchash vositasining aniqlik ko'rsatkichi emas, balki uning xususiyatlari bilan belgilanadi.

O'lchash vositalarining absolut xatoligi o'lchanadigan kattalikning o'zgarishiga bog'liq, shuning uchun ham absolut xatolik ifodasi ikki tashkil etuvchidan iborat deb qaraladi. Masalan, absolut xatolikning maksimal qiymati quyidagicha ifodalanadi:  $|\Delta|_{\max} = |a| + |bx|$ .



Xatolikning birinchi tashkil etuvchisi oʻlchanadigan kattalikning qiymatiga bogʻliq boʻlmaydi va u *additiv xatolik* deyiladi. Ikkinchi tashkil etuvchisi esa oʻlchanadigan kattalikning qiymatiga (oʻzgarishiga) bogʻliq boʻlib, *multiplikativ xatolik* deb ataladi:

## 6. OʻLCHASH ANIQLIGINING EHTIMOLIY BAHOLANISHI

Oʻlchash natijalarini qayta ishlash usullarini oʻrganishdan maqsad, oʻlchash natijasining oʻlchanadigan kattalikning asl (chinakam) qiymatiga qanchalik yaqin ekanligini aniqlash yoki uning haqiqiy qiymatini topish, oʻlchashda vujudga keladigan xatolikning oʻzgarish harakterini aniqlash va oʻlchash aniqligini baholashdir.

Bir narsaga alohida ahamiyat berishingizni soʻraymiz. Yuqorida oldingi mavzularda aytilganidek, muntazam xatoliklarni chuqur tahlil asosida aniqlashimiz va maxsus choralarni koʻrib, soʻngra ularni bartaraf etishimiz yoki kamaytirishimiz mumkin ekan. Tasodifiy xatoliklarda esa bu jumla oʻrinli emas. Bu turdagi xatoliklarni faqat baholashimiz mumkin.

Har qanday fizik kattalik oʻlchanganda, uning taxminiy qiymati aniqlanadi, bu qiymatni esa tasodifiy kattalik deb hisoblanadi va u ikki tashkil etuvchidan iborat boʻladi. Birinchi tashkil etuvchisi takror oʻlchashlarda oʻzgarmaydigan yoki maʼlum qonun boʻyicha oʻzgaradigan (koʻpayuvchi yoki kamayuvchi) boʻlib, uni *muntazam xatolik* deyiladi, bu tashkil etuvchini — matematik kutilish deb yuritish mumkin. Ikkinchi tashkil etuvchisi esa *tasodifiy xatolik* boʻladi.

Agar oʻlchashda vujudga keladigan xatolik normal qonun boʻyicha (Gauss qonuni) taqsimlanadi desak, u holda uni matematik tarzda quyidagicha yozish mumkin:

$$y(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}}.$$

Bu yerda:  $y(\delta)$  — tasodifiy xatolikning oʻzgarish ehtimoli;  $\sigma$  — oʻrtacha kvadratik xatolik;  $\delta$  — tuzatma yoki  $\delta = \bar{x} - x_i$ ,  $x_i$  — alohida

o'lchashlar natijasi,  $\bar{x}$  esa o'lchanadigan kattalikning ehtimoliy qiymati yoki uning o'rtacha arifmetik qiymati.

O'lchanadigan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati quyidagicha topiladi:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}.$$

Bu yerda:  $x_1, x_2, \dots, x_n$  — alohida o'lchashlar natijasi;  $n$  — o'lchashlar soni.  $\sigma$  o'rtacha kvadratik xatolik quyidagicha topiladi:

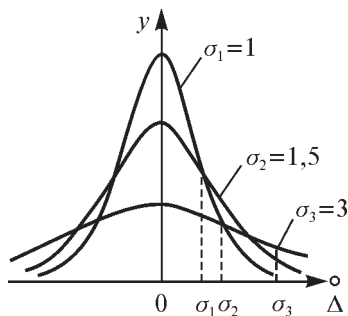
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}.$$

6.2-rasmda o'rtacha kvadratik xatoliklarning har xil qiymatlarida xatolikning o'zgarish egri chiziqlari ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, o'rtacha kvadratik xatolik qanchalik kam bo'lsa, xatolikning kichik qiymatlari shunchalik ko'p uchraydi. Demak, o'lchash shunchalik yuqori aniqlikda olib borilgan hisoblanadi.

O'lchash aniqligi ehtimollik nazariyasi pozitsiyasiga asoslanib baholanadi; ya'ni ishonchli interval va uni xarakterlovchi ishonchli ehtimollik qabul qilinadi.

Odatda, ishonchli interval ham, ishonchli ehtimollik ham konkret o'lchashlar sharoitiga qarab tanlanadi. Masalan, tasodifiy xatolikning normal qonun bo'yicha taqsimlanishida (o'zgarishida) ishonchli interval  $+3\sigma \div -3\sigma$  gacha, ishonchli ehtimollik esa 0,9973 qabul qilinishi mumkin. Bu 370 tasodifiy xatolikdan bittasi o'zining absolut qiymati bo'yicha  $3\sigma$  dan katta bo'ladi va uni qo'pol xatolik deb hisoblab, o'lchash natijalarini qayta ishlashda hisobga olinmaydi degan so'zdir.

O'lchash natijasining aniqligini baholashda ehtimoliy xatolikdan foydalaniladi. Ehtimoliy xatolik esa shunday xatolikka, unga nisbatan qandaydir kattalikni qayta o'lchaganda tasodifiy xatolikning bir qismi absolut qiymati



6.2-rasm.

bo'yicha ehtimoliy xatolikdan ko'p, ikkinchi qismi esa undan shuncha kam bo'ladi. Bundan ehtimoliy xatolik ishonchli intervalga teng bo'lib, ishonchli ehtimollik  $R = 0,5$  bo'lishi kelib chiqadi.

Tasodifiy xatolik normal qonun bo'yicha taqsimlanganda ehtimoliy xatolik quyidagicha topilishi mumkin:

$$\varepsilon = \frac{2}{3} \sigma_n = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}},$$

bu yerda:  $\sigma_n = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  o'rtacha arifmetik qiymat bo'yicha kvadratik xatolikdir. Ehtimoliy xatolik bu usulda, ko'pincha o'lchashni bir necha o'n, hattoki yuz marotaba takrorlash imkoniyati bo'lgandagina aniqlanadi. Ba'zida o'lchashni juda ko'p marotaba takrorlash imkoniyati bo'lmaydi, bunday holda; ehtimoliy xatolik Styudent koefitsienti yordamida aniqlanadi. Bunda koefitsient o'lchashlar soni va qabul qilingan ishonchli ehtimollik qiymati bo'yicha maxsus jadval (1-jadval)dan olinadi. Bu holda o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblab topiladi:

$$x = \bar{x} \pm t_n \sigma_n,$$

bu yerda:  $t_n$  — Styudent koefitsienti.

Shunday qilib, o'rtacha kvadratik xatolik o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati uning istalgan o'rtacha arifmetik qiymati atrofida bo'lish ehtimolini topishga imkon beradi,  $n \rightarrow \infty$  bo'lganda  $\sigma_n \rightarrow 0$  yoki o'lchash sonini ko'paytirish bilan  $\sigma_n \rightarrow 0$  ga intilib boradi. Bu esa o'z navbatida o'lchash aniqligini oshiradi.

Albatta, bundan o'lchash aniqligini istalgancha oshirish (ko'tarish) mumkin, degan xulosaga kelmaslik kerak, chunki o'lchash aniqligi, tasodifiy xatolik to muntazam xatolikka tenglashguncha oshadi.

Shuning uchun, tanlab olingan ishonchli interval va ishonchli ehtimollik qiymatlari bo'yicha kerakli o'lchashlar sonini aniqlash mumkin, bu esa tasodifiy xatolikning o'lchash natijasiga ham ta'sir ko'rsatishini ta'minlasin. Uning nisbiy birlikdagi qiymati:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%,$$

bu yerda:  $\Delta x = t_n \sigma_n$ .

## STYUDENT KOEFFITSIENTLARI

1-jadval

	<i>P</i>						
<i>n</i>	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
2	1,38	2,0	3,1	8,3	17,7	31,8	63,7
5	0,94	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,8
10	0,88	1,2	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3
20	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9
40	0,85	1,2	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7
60	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7
120	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,6

2-jadval

	<i>P</i>			
$\varepsilon$	0,7	0,9	0,95	0,99
1,0	3	5	7	11
0,5	6	13	18	31
0,4	8	19	27	46
0,3	13	32	46	78
0,2	29	70	99	171
0,1	169	223	397	169

## VII. O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI

O'lchash o'zgartkichlari, umuman, biror o'lchanadigan kattalik-ni keyingi o'zgartirish yoki o'lchash uchun qulay bo'lgan shakldagi kattalikka o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Elektrik kattaliklarni o'lchashda ko'pincha shunt va qo'shimcha rezistorlar, kuchlanish bo'lgichlari, o'lchash transformatorlari, to'g'rilagichli o'zgartkichlar va h.k. ishlatiladi.

*Shunt* (inglizcha shunt — tarmoq demakdir) nisbatan kichik, lekin o'zgarmas qarshilikli rezistordir. U qator o'lchash asboblarning tok