

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‘lhash uslubini, o‘lhash vositalarining xarakteristikalarini, o‘lhash tenglamasini va o‘lhash sharoitlarini tahlil qilishga asoslanadi. Masalan, o‘lhash 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‘lhash natijalari bo‘yicha baholash. Bunda o‘lhash natijalari har xil prinsipdagi usul va o‘lhash apparaturasidan (vositalaridan) olinadi. O‘lhash natijalari orasidagi farq — muntazam xatolikni xarakterlaydi. Bu uslub yuqori aniqlikdagi o‘lhashlarda ishlatalidi.

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

4. O‘lhash apparaturasini ishlatishdan oldin sinovdan o‘tkazish. Bu usul ham aniq o‘lhashlarda ishlataladi.

5. Muntazam xatoliklarni keltirib chiqaruvchi sabablarni yo‘qotish yo‘li. Masalan, tashqi muhit temperaturasi o‘zgarmas qilib saqlansa, o‘lhash 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‘lhash natijasida tasodifiy xatolikni mavjudligi takror o‘lhashlar natijasida ko‘rinadi va uni hisobga olish, o‘lhash natijasiga uning ta’siri (yoki o‘lhash aniqligini baholash) matematik statistika usuli yordamida amalga oshiriladi.

Bevosita o‘lhashlar 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‘lhash 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:

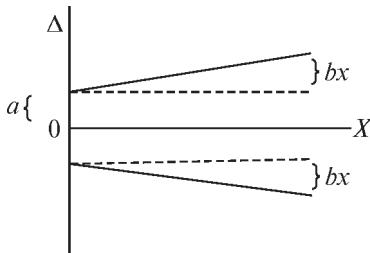
$$\Delta y = \frac{\Delta y}{y} = \sum_{i=1}^m \left| \frac{\partial y}{\partial x_i} \right|_{x_i=x_m} \cdot \frac{x_i}{y} \cdot \delta_x$$

Tasodifiy xatolik esa (uning dispersiyasi) quyidagicha hisoblanadi:

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

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

O‘lhash 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 o'lchanadigan kattalikning qiymatiga bog'liq bo'lmaydi va u *additiv xatolik* deyiladi. Ikkinci tashkil etuvchisi esa o'lchanadigan kattalikning qiymatiga (o'zgarishiga) bog'liq bo'lib, *multiplikativ xatolik* deb ataladi:

6. O'LCHASH ANIQLIGINING EHTIMOLIY BAHOLANISHI

O'lhash natijalarini qayta ishlash usullarini o'rganishdan maqsad, o'lhash natijasining o'lchanadigan kattalikning asl (chinakam) qiymatiga qanchalik yaqin ekanligini aniqlash yoki uning haqiqiy qiymatini topish, o'lhashda vujudga keladigan xatolikning o'zgarish harakterini aniqlash va o'lhash aniqligini baholashdir.

Bir narsaga alohida ahamiyat berishingizni so'raymiz. Yuqorida oldingi mavzularda aytilganidek, muntazam xatoliklarni chuqur tahlil asosida aniqlashimiz va maxsus choralarни ko'rib, so'ngra ularni bartaraf etishimiz yoki kamaytirishimiz mumkin ekan. Tasodifiy xatoliklarda esa bu jumla o'rinni emas. Bu turdagи xatoliklarni faqat baholashimiz mumkin.

Har qanday fizik kattalik o'lchanganda, uning taxminiy qiymati aniqlanadi, bu qiymatni esa tasodifiy kattalik deb hisoblanadi va u ikki tashkil etuvchidan iborat bo'ladi. Birinchi tashkil etuvchisi takror o'lhashlarda o'zgarmaydigan yoki ma'lum qonun bo'yicha o'zgaradigan (ko'payuvchi yoki kamayuvchi) bo'lib, uni *muntazam xatolik* deyiladi, bu tashkil etuvchini — matematik kutilish deb yuritish mumkin. Ikkinci tashkil etuvchisi esa *tasodifiy xatolik* bo'ladi.

Agar o'lhashda vujudga keladigan xatolik normal qonun bo'yicha (Gauss qonuni) taqsimlanadi desak, u holda uni matematik tarza quyidagicha yozish mumkin:

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

Bu yerda: $y(\delta)$ — tasodifiy xatolikning o'zgarish ehtimoli; σ — o'rtacha kvadratik xatolik; δ — tuzatma yoki $\delta = \bar{x} - x_i$, x_i — alohida

o'lhashlar 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'lhashlar natijasi; n — o'lhashlar soni. σ o'rtacha kvadratik xatolik quyidagicha topiladi:

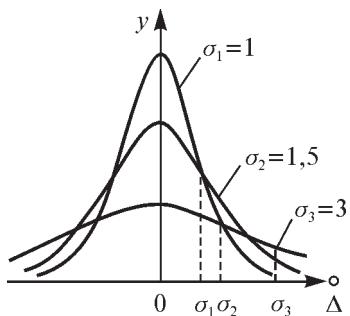
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}-x_i)^2}{n-1}}.$$

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

O'lhash aniqligi ehtimollik nazariyasiga asoslanib baholanadi; ya'ni ishonchli interval va uni xarakterlovchi ishonchli ehtimollik qabul qilinadi.

Odatda, ishonchli interval ham, ishonchli ehtimollik ham konkret o'lhashlar 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 3σ dan katta bo'ladi va uni qo'pol xatolik deb hisoblab, o'lhash natijalarini qayta ishlashda hisobga olinmaydi degan so'zdir.

O'lhash natijasining aniqligini baholashda ehtimoliy xatolikdan foydalaniladi. Ehtimoliy xatolik esa shunday xatolikki, 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 koeffitsient 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 koeffitsienti.

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'lhash sonini ko'paytirish bilan $\sigma_n \rightarrow 0$ ga intilib boradi. Bu esa o'z navbatida o'lhash aniqligini oshiradi.

Albatta, bundan o'lhash aniqligini istalgancha oshirish (ko'tarish) mumkin, degan xulosaga kelmaslik kerak, chunki o'lhash 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'lhash 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>n</i>	<i>P</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>ε</i>	<i>P</i>			
	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'lhash o'zgartkichlari, umuman, biror o'lchanadigan kattalikni keyingi o'zgartirish yoki o'lhash uchun qulay bo'lgan shakldagi kattalikka o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Elektrik kattaliklarni o'lhashda ko'pincha shunt va qo'shimcha rezistorlar, kuchlanish bo'lgichlari, o'lhash transformatorlari, to'g'rilaqichli o'zgartkichlar va h.k. ishlatalidi.

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