

4-МА’RUZA

Mavzu. Elektr o‘lhashlarda xatoliklar nazariyasining umumiy holatlari.

Reja.

1. Xatoliklar nazariyasining umumiy holatlari..
2. O‘lhash natijalarini qayta ishlash.

Tayanch so‘zlar: O‘lhash turlari va usullari, xatoliklar nazariysi, o‘lhash natijalarini qayta ishlash.

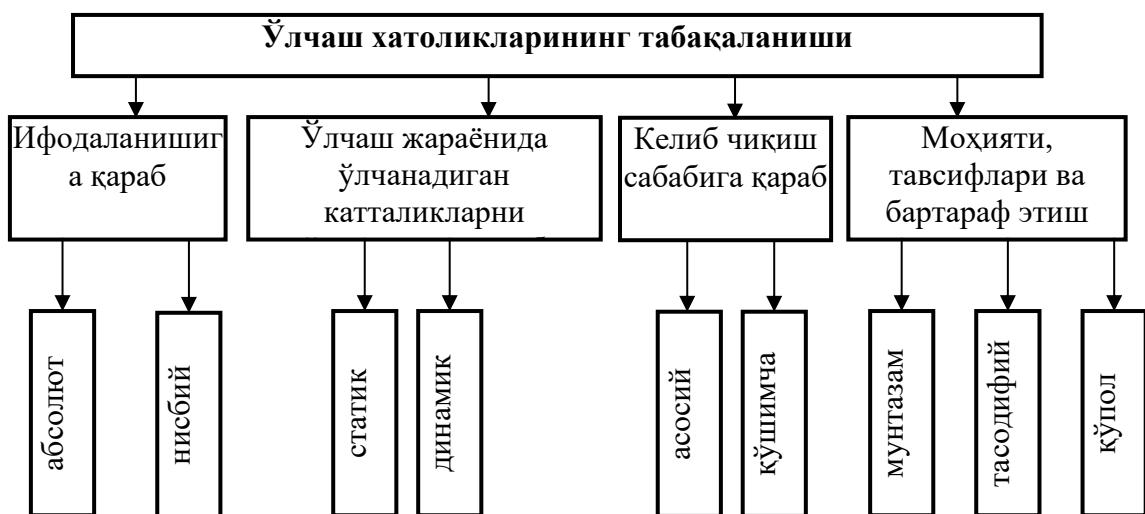
Xatoliklar nazariyasining umumiy holatlari.

O‘lhash xatoliklari turli sabablarga ko‘ra turlicha ko‘rinishda namoyon bo‘lishi mumkin. Bu sabablar qatoriga quyidagilarni kiritishimiz mumkin:

- o‘lhash vositasidan foydalanishda, uni sozlashdan yoki sozlash darajasini siljishidan kelib chiquvchi sabablar;
- o‘lhash ob‘ektini o‘lhash joyiga o‘rnatishdan kelib chiquvchi sabablar;
- o‘lhash vositalarining zanjirida o‘lhash ma’lumotini olish, saqlash, o‘zgartirish va tavsija etish bilan bog‘liq sabablar;
- o‘lhash vositasi va ob‘ektiga nisbatan tashqi ta’sirlar (harorat yoki bosimning o‘zgarishi, elektr va magnit maydonlarining ta’siri, turli tebranishlar va hokazo)dan kelib chiquvchi sabablar;
- o‘lhash ob‘ektining xususiyatlaridan kelib chiquvchi sabablar;
- operatorning malakasi va holatiga bog‘liq sabablar va shu kabilalar.

O‘lhash xatoliklarining kelib chiqish sabablarini tahlil qilishda, eng avvalo, o‘lhash natijasiga salmoqli ta’sir etuvchi omillarni aniqlash lozim.

O‘lhash xatoliklari u yoki bu xususiyatiga ko‘ra bir necha turlarga bo‘linib, ularning tabaqlanishi 3.1-rasmda keltirilgan.



3.2.1-rasm. O‘lhash xatoliklarining turlari

I. O‘lhash xatoliklari ifodalanishiga qarab quyidagi turlarga bo‘linadi:

- **Mutlaq xatolik.** Bu xatolik kattalik qanday birliliklarda ifodalanayotgan bo‘lsa, shu birlikda ifodalanadi. Masalan, $0,2 V$; $1,5 \mu m$ va h. Mutlaq xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta = A_x - A_{\frac{x}{\cdot}} \cong A_x - A_0, \quad (3.1)$$

bunda, A_x – o‘lhash natijasi, A_{ch} – kattalikning chinakam qiymati, A_o – kattalikning haqiqiy qiymati.

Absolyut xatolikning teskari ishora bilan olingani tuzatma deb ataladi va δ bilan belgilanadi.

$$-\Delta = \delta \text{ yoki } A_o = A_x + \delta.$$

- **Nisbiy xatolik** – absolyut xatolikning haqiqiy qiymatga nisbatini bildiradi va foiz (%)larda ifodalanadi:

$$\beta = [(A_x - A_o)/A_o] \cdot 100 = (\Delta/A_o) \cdot 100\%. \quad (3.2)$$

Odatda, o‘lchash asboblarining xatoligi keltirilgan xatolik bilan belgilanadi.

Absolyut xatolikning asbob ko‘rsatishi eng maksimal qiymatiga nisbati *keltirilgan nisbiy xatolik* deb ataladi va foizlarda beriladi.

$$\beta_k = \frac{\Delta}{A_{x \max}} \cdot 100\%. \quad (3.3)$$

II. O‘lchash sharoiti tartiblariga ko‘ra xatoliklar quyidagilarga bo‘linadi:

- **Statik xatoliklar** – vaqt mobaynida kattalikning o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lmagan xatoliklar. O‘lchash vositalarining statik xatoligi shu vosita bilan o‘zgarmas kattalikni o‘lchashda hosil bo‘ladi. Agar o‘lchash vositasining pasportida statik sharoitlardagi o‘lchashning chegaraviy xatoliklari ko‘rsatilgan bo‘lsa, u holda bu ma’lumotlar dinamik sharoitlardagi aniqlikni tavsiflashga nisbatan tatbiq etila olmaydi.

- **Dinamik xatoliklar** – o‘lchanayotgan kattalikning vaqt mobaynida o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lgan xatoliklar sanaladi. Dinamik xatoliklarning vujudga kelishi o‘lchash vositalarining o‘lchash zanjiridagi tarkibiy elementlarning inersiyasi tufayli deb izohlanadi. Bunda o‘lchash zanjiridagi o‘zgarishlar oniy tarzda emas, balki muayyan vaqt davomida amalga oshirilishi asosiy sabab bo‘ladi.

III. Kelib chiqishi sababiga qarab:

- **asosiy;**
- **qo‘srimcha xatoliklarga bo‘linadi.**

Normal (graduirovka) sharoitda ishlatalidigan asboblarda hosil bo‘ladigan xatolik **asosiy xatolik** deyiladi. Normal sharoit deganda harorat $20^{\circ}\text{S} \pm 5^{\circ}\text{S}$, havo namligi $65\% \pm 15\%$, atmosfera bosimi $(750 \pm 30)\text{ mm.sim.ust.}$, ta’minalash kuchlanishi nominalidan $\pm 2\%$ ga o‘zgarishi mumkin va boshqalar.

Agar asbob shu sharoitdan farqli bo‘lgan tashqi sharoitda ishlatsa, hosil bo‘ladigan xatolik **qo‘srimcha xatolik** deyiladi.

IV. Mohiyati, tavsiflari va bartaraf etish imkoniyatlari ko‘ra:

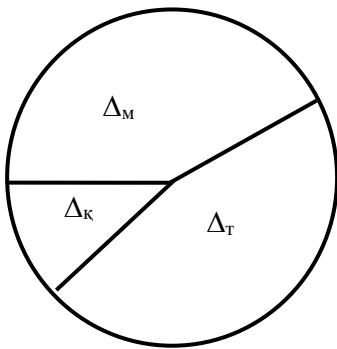
- **Muntazam xatoliklar;**
- **Tasodifiy xatoliklar;**
- **Qo‘pol xatoliklar** yoki yanglishuv xatoliklarga bo‘linadi.

Muntazam xatolik deb bitta va aynan xuddi shu fizikaviy kattalikni takroriy o‘lchashlar mobaynida muayyan qonuniyat asosida hosil bo‘ladigan, saqlanadigan yoki o‘zgaradigan o‘lchash natijasi xatoligining tashkil etuvchisiga aytildi.

Umumiylar xatolikni quyidagicha tasvirlashimiz mumkin (3.2-rasm): muntazam xatolik, tasodifiy xatolik va qo‘pol xatolik.

Muntazam xatoliklarning kelib chiqish sabablari turli-tuman bo‘lib, tahlil va tekshiruv asosida ularni aniqlash va qisman yoki butunlay bartaraf etish mumkin bo‘ladi. Muntazam xatoliklarning asosiy guruhlari quyidagilar hisoblanadi:

- uslubiy xatoliklar;
- asbobiy (qurilmaviy) xatoliklar;
- sub’ektiv xatoliklar.



Bunda:
 Δ_m – muntazam xatolik;
 Δ_t – tasodify xatolik;
 Δ_q – qo‘pol xatolik.

3.2-rasm. O‘lhash xatoliklari

O‘lhash usulining nazariy jihatdan aniq asoslanmaganligi natijasida *uslubiy xatolik* kelib chiqadi.

O‘lhash vositalarining konstruktiv kamchiliklari tufayli kelib chiqadigan xatolik *asbobiy xatolik* deb ataladi. Masalan, asbob shkalasining noto‘g‘ri darajalanishi (graduirovkalanishi), qo‘zg‘aluvchan qismning noto‘g‘ri mahkamlanishi va h.lar orqali kelib chiqadigan xatoliklar.

Sub’ektiv xatolik – kuzatuvchining aybi bilan kelib chiqadigan xatolik.

Umumiy xatolikning ikkinchi tashkil etuvchisi – **tasodify xatolik** bo‘lib, bir xil sharoitda bir kattalikni takror o‘lhashlarda tasodifan o‘zgaruvchan xatolik.

O‘lhash jarayonida *qo‘pol* (*o‘tkinchi*) xatolik yoki yanglishuv xatolik ham hosil bo‘lishi mumkin, bu xatolik ham tasodify kattalikning bir turkumi hisoblanadi.

Qo‘pol xatolik asosan operator (kuzatuvchi)ning xatosi bilan yoki uning asbob ko‘rsatishini noto‘g‘ri kuzatishi natijasida yozib olishidan hamda o‘lhashni o‘tkazish sharoitini keskin o‘zgarishidan kelib chiqadi.

Qo‘pol xatolik ko‘pincha o‘lhash natijalarini qayta ishlashda hisobga olinmaydi.

O‘zgarmas (doimiy) xatoliklar – qiymati uzoq vaqt mobaynida, ya’ni, tqator o‘lhashlar bajarilgan vaqt mobaynida o‘zgarmaydigan xatolik. Masalan, tarozi toshining muntazam xatoliklari, ko‘rsatuvchi asboblarning graduirovka xatoligi kabilarni keltirishimiz mumkin.

2. Progressiv xatoliklar – uzlusiz o‘suvchan yoki kamayuvchan xatoliklar. Masalan, o‘lhash asbobining biron qismidagi kontaktni yoki biror-bir detalining eyilishidan kelib chiqadigan xatoliklar.

3. Davriy xatoliklar – qiymati vaqtning davriy vazifasi yoki o‘lhash asbobining ko‘rsatkichi surilishi vazifasiga bog‘liq bo‘lgan xatolik. Davriy xatolik shkalasi aylana shaklida ishlangan asboblar uchun xos (chiziqli kichik siljishlarni o‘lhash uchun mo‘ljallangan soat ko‘rinishida ishlangan indikator). Bu xatolik shkala o‘qi bilan ko‘rsatkichning aylanish o‘qi mos tushmasligidan hosil bo‘ladi.

4. Murakkab qonun bo‘yicha o‘zgaradigan xatoliklar – bir nechta muntazam xatoliklarning birgalikda ta’siridan hosil bo‘ladi.

Muntazam xatolikning o‘zgarmas tashkil etuvchisi o‘lhash vositasini sinovdan o‘tkazilayotganda uning nol holatini to‘g‘rilashda yoki sezgirligini tekshirishda namoyon bo‘ladi.

Muntazam xatoliklarning asosiy guruhlari quyidagilar hisoblanadi:

Uslubiy xatolik – o‘lhash usulining nazariy jihatdan aniq asoslanmaganligi natijasida kelib chiqadi. Uslubiy xatolikning asosiy manbai o‘lhash ob’ekti modelining ob’ekt xususiyatlariiga mos emasligi hisoblanadi. Masalan, o‘lhash vositalarini hisoblashda ishlatiladigan tenglamalarning soddalashtirilishi, xatolikning kompensatsiyalashda kiritiladigan tuzatma koeffitsienti salmoqli xatolikka olib keladi.

Muntazam xatolikning uslubiy tashkil etuvchilari quyidagi sabablarga ko‘ra hosil bo‘ladi:

– o‘lhash ob’ekti modelining ko‘rsatkichlari o‘lchanadigan kattalik sifatida qabul qilinganida;

- o‘lchanadigan kattalik bilan o‘lhash vositasining kirishidagi qiymatini bog‘lovchi funksiya argumentlarining qabul qilingan qiymatlaridan chetga chiqishi;
- kvantlash effektidan hosil bo‘ladigan xatolik;
- hisoblash algoritmining kuzatishlar natijalari bilan o‘lchanadigan kattalikning bog‘lovchi funksiyadan farq qilishi;
- saralash va tayyorlashda hosil bo‘ladigan xatoliklar.

Uslubiy xatolik ba’zida ***nazariy xatolik*** deb ham yuritiladi.

Asbobiy (qurilmaviy) xatoliklar – ishlatalidigan o‘lhash vositalarining xususiyatlari ideal bo‘lmagan taqdirda hosil bo‘ladi:

- o‘lhash vositasining konstruktiv kamchiliklaridan;
- o‘lhash vositasini tayyorlash texnologiyasining mukammal emasligidan;
- alohida elementlarning eskirishi va eyilishidan;
- o‘lhash vositalarining asosiy va qo‘sishma xatoliklaridan;
- o‘lhash vositalarining inersionli xususiyatlaridan;
- darajalash xatoligi yoki shkalaning siljishidan;
- o‘lhash vositasining o‘lhash ob’ekti bilan o‘zaro ta’sirlashuvidan;
- o‘lhash ma’lumotini uzatishda va boshqa faktorlar ta’sirida hosil bo‘ladigan xatoliklar;

Sub’ektiv xatoliklar – kuzatuvchining individual xususiyatlariga bog‘liq bo‘lib, uning o‘lhash texnikasi bo‘yicha bilimiga, uning qator fiziologik omillariga, masalan, uning sezish tezligiga, qanchalik tez sezishiga, rang qabul qilish, ko‘rish, eshitish kabi qobiliyatining o‘tkirligiga bog‘liq.

Sub’ektiv xatolik bundan tashqari operatorning o‘lhash vositasiga va o‘lhash ob’ektiga ta’siridan sodir bo‘lishi mumkin (harorat maydonining o‘zgarishi, mexanik ta’sirlar va b.).

Bu guruh xatoliklariga quyidagilar kiradi:

- shkala va diagrammadan o‘lchanadigan kattalik qiymatini sanashdagi xatolik;
- maxsus texnik vositasiz diagrammani ishlab berishdagi xatolik;
- operatorni o‘lhash vositasi yoki ob’ektini surib yuborishi, turtib yuborishi oqibatidagi xatolik.

Ba’zida sub’ektiv xatolik shaxsiy xatolik deb ham yuritiladi. Odatda, sub’ektiv xatolik tarkibida muntazam xatolikdan tashqari tasodifiy tashkil etuvchisi ham bo‘lishi mumkin. Bu kuzatuvchining malakasi qanchalik past bo‘lsa, shunchalik ko‘p bo‘ladi.

O‘lhash natijalarini qayta ishlash.

Agar o‘lhashda sodir bo‘ladigan xatolik (Gauss qonuni) normal qonun bo‘yicha taqsimlanadi yoki o‘zgaradi desak, u holda uni matematik tarzda quyidagicha yozishimiz mumkin:

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

bu erda: $u(\delta)$ -tasodifiy xatolikning o‘zgarish extimolligi (taqsimlanishi);
 σ -o‘rtacha kvadratik xatolik; Δ -tuzatma, yoki

$$\Delta = \bar{x} - x_i \text{ bo‘lib; } x_i \text{-aloxida o‘lhashlar}$$

natijasi, \bar{x} i-esa o‘lchanadigan kattalikning extimollik qiymati yoki uning o‘rtacha arifmetik qiymatidir. O‘lchanadigan kattalikning o‘rtacha arifmetik qiymati quyidagicha hisoblab topiladi.

$$\bar{x}_1 = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

bu erda x_1, x_2, \dots, x_n lar aloxida o‘lhashlar natijasi; n-o‘lhashlar soni. O‘rtacha kvadratik xatolik quyidagi ifoda bo‘yicha topiladi.

Bu erda $e=2,72$ -natural logarifm asosidir.

O'lhash natijalarini qayta ishlashdan maqsad, o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymatini topish va uni o'lchanadigan kattalikning asli qiymatiga yaqinlashish darajasini aniqlashdir. Bu esa ehtimollar nazariyasi tushunchalariga asoslanib baholanadi; ya'ni, ishonchli interval va uni xarakterlovchi ishonchli extimollik qabul qilinadi. Odatda ishonchli interval ham, ishonchli ehtimollik ham konkret o'lhash sharoitiga qarab tanlab olinadi. Masalan, o'rtacha kvadratik xatolik bo'lgan tasodifiy xatolikning normal qonun bo'yicha taqsimlanishida (o'zgarishida) ishonchli interval $+3\sigma \div -3\sigma$ gacha, ishonchli ehtimollik esa 0,9973 qiymatda qabul qilinadi. Bu degan so'z, 370 tasodifiy xatolikdan bittasi, o'zining absolyut qiymati bo'yicha 3σ dan katta bo'ladi. SHuning uchun 3σ eng yukori tasodifiy xatolik deb yuritiladi va 3σ dan kichik bo'lgan xatolikni o'tkinchi xatolik deb hisoblab, o'lhash natijalarini qayta ishlashda hisobga olinmaydi.

O'lhash natijasining aniqligini baxolashda ko'pincha ehtimollik xatolikdan foydalaniladi. Extimollik xatolik esa shunday xatolikki, unga nisbatan qandaydir kattalikni takror o'lcagandagi tasodifiy xatolikning bir kismi extimoliy xatolikdan ko'p, ikkinchi kismi esa absolyut qiymati bo'yicha undan kam bo'ladi. Bundan chikadiki, extimoliy xatolik ishonchli intervalga teng bo'lib, bunda ishonchli extimollik $P=0,5$ ga teng bo'ladi.

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 erda $\sigma_n = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ - o'rtacha arifmetik qiymat bo'yicha o'rtacha kvadratik xatolikdir.

Extimollik xatolik bu usulda ko'pincha, o'lhashni bir necha o'n, xattoki yuz marotaba takrorlash imkoniyati bo'lgandagina aniqlanadi.

Amalda o'lhashni juda ko'p marotaba takrorlash imkoniyati bo'lmaydi, bunday holda ehtimollik xatolik Styudent koeffitsienti yordamida aniqlanadi. Bu xolda o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblab topiladi.

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

bu erda t_n Styudent koeffitsienti bo'lib, uni maxsus jadvaldan (I jadval) o'lhashlar soni va qabul qilingan ishonchli extimollik qiymatlariga qarab olinadi.

SHunday kilib:

I.O'rtacha kvadratik xatolik o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymatini istalgan uning o'rtacha arifmetik qiymati atrofida bo'lishi extimolligini topishga imkon beradi.

2. $n \rightarrow \infty$ bo'lidanida $\sigma_n \rightarrow 0$ yoki o'lhash sonini oshirish bilan $\sigma_n \rightarrow 0$ ga intilib boradi. Bu esa o'z navbatida o'lhash aniqligini istagancha oshirish (ko'tarish) mumkin degan xulosaga kelmaslik kerak; chunki o'lhash aniqligi tasodifiy xatolik sistematik xatolikka tenglashguncha oshadi. SHuning uchun ham tanlab olingan ishonchli interval va ishonchli extimollik qiymatlari bo'yicha kerakli o'lhashlar sonini aniqlash mumkinki, bu esa tasodifiy xatolikning o'lhash natijasiga ham ta'sir ko'rsatishini ta'minlasin. Buning uchun 2-jadvaldan foydalanish mumkin bo'lib, bunda intervallar o'rtacha kvadratik xatolikning ulushlarida berilgan va o'lhash natijalarining nisbiy xatoligi quyidagicha hisoblanadi:

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

bu erda:

$$\Delta x = t_n \sigma_n ..$$

Takrorlash uchun savollar.

1. Xatoliklar to‘g‘risida tushuncha.
2. O‘lchash natijalarini qayta ishlash.