

#### 4-MA'RUZA

### Mavzu. Elektr o'lchashlarda xatoliklar nazariyasining umumiy holatlari.

#### Reja.

1. Xatoliklar nazariyasining umumiy holatlari..
2. O'lchash natijalarini qayta ishlash.

**Tayanch so'zlar:** O'lchash turlari va usullari, xatoliklar nazariyasi, o'lchash natijalarini qayta ishlash.

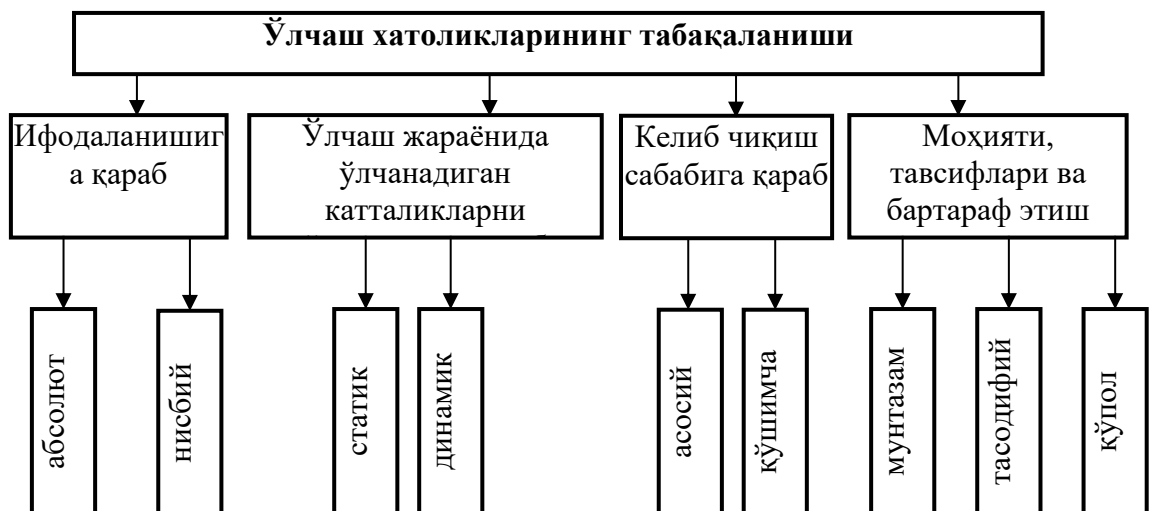
#### Xatoliklar nazariyasining umumiy holatlari.

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

- o'lchash vositasidan foydalanishda, uni sozlashdan yoki sozlash darajasini siljishidan kelib chiquvchi sabablar;
- o'lchash ob'ektini o'lchash joyiga o'rnatishdan kelib chiquvchi sabablar;
- o'lchash vositalarining zanjirida o'lchash ma'lumotini olish, saqlash, o'zgartirish va tavsiya etish bilan bog'liq sabablar;
- o'lchash 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'lchash ob'ektining xususiyatlaridan kelib chiquvchi sabablar;
- operatorning malakasi va holatiga bog'liq sabablar va shu kabilar.

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

O'lchash xatoliklari u yoki bu xususiyatiga ko'ra bir necha turlarga bo'linib, ularning tabaqalanishi 3.1-rasmda keltirilgan.



#### 3.2.1-rasm. O'lchash xatoliklarining turlari

I. O'lchash xatoliklari ifodalanishiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi:

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

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

bunda,  $A_x$  – o'lchash natijasi,  $A_{ch}$  – kattalikning chinakam qiymati,  $A_o$  – kattalikning haqiqiy qiymati.

Absolyut xatolikning teskari ishora bilan olingani tuzatma deb ataladi va  $\delta$  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 asboblarning 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'zgaras 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'shimcha xatoliklarga** bo'linadi.

Normal (graduirovka) sharoitda ishlatiladigan 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  $(750 \pm 30)$  mm.sim.ust., ta'minlash kuchlanishi nominalidan  $\pm 2\%$  ga o'zgarishi mumkin va boshqalar.

Agar asbob shu sharoitdan farqli bo'lgan tashqi sharoitda ishlatilsa, hosil bo'ladigan xatolik *qo'shimcha xatolik* deyiladi.

IV. Mohiyati, tavsiflari va bartaraf etish imkoniyatlariga ko'ra:

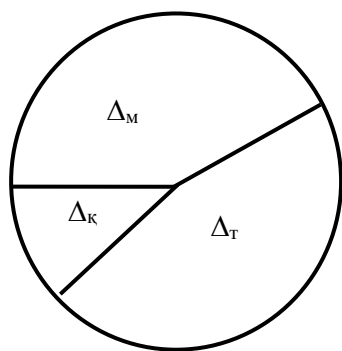
- **Muntazam xatoliklar;**
- **Tasodifiy xatoliklar;**
- **Qo'pol xatoliklar** yoki yanglishuv xatoliklarga bo'linadi.

*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 aytiladi.

Umumiy 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:

$\Delta_m$  – muntazam xatolik;

$\Delta_t$  – tasodifiy xatolik;

$\Delta_q$  – qo‘pol xatolik.

3.2-rasm. O‘lchash xatoliklari

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

O‘lchash vositalarining konstruktiv kamchiliklari tufayli kelib chiqadigan xatolik *asbobiy xatolik* deb ataladi. Masalan, asbob shkalasining noto‘g‘ri darajalanishi (graduировkalanishi), 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 – **tasodifiy xatolik** bo‘lib, bir xil sharoitda bir kattalikni takror o‘lchashlarda tasodifan o‘zgaruvchan xatolik.

O‘lchash jarayonida *qo‘pol (o‘tkinchi) xatolik* yoki yanglishuv xatolik ham hosil bo‘lishi mumkin, bu xatolik ham tasodifiy 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‘lchashni o‘tkazish sharoitini keskin o‘zgarishidan kelib chiqadi.

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

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

**2. Progressiv xatoliklar** – uzluksiz o‘svuvchan yoki kamayuvchan xatoliklar. Masalan, o‘lchash asbobining biron qismidagi kontakti yoki biror-bir detalining eyilishidan kelib chiqadigan xatoliklar.

**3. Davriy xatoliklar** – qiymati vaqtning davriy vazifasi yoki o‘lchash asbobining ko‘rsatkichi surilishi vazifasiga bog‘liq bo‘lgan xatolik. Davriy xatolik shkalasi aylana shaklida ishlangan asboblarda uchun xos (chiziqli kichik siljishlarni o‘lchash 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‘lchash 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‘lchash usulining nazariy jihatdan aniq asoslanmaganligi natijasida kelib chiqadi. Uslubiy xatolikning asosiy manbai o‘lchash ob‘ekti modelining ob‘ekt xususiyatlariga mos emasligi hisoblanadi. Masalan, o‘lchash 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‘lchash ob‘ekti modelining ko‘rsatkichlari o‘lchanadigan kattalik sifatida qabul qilinganida;

- o‘lchanadigan kattalik bilan o‘lchash 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.

**Asbobi (qurilmaviy) xatoliklar** – ishlatiladigan o‘lchash vositalarining xususiyatlari ideal bo‘lmagan taqdirda hosil bo‘ladi:

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

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

Sub’ektiv xatolik bundan tashqari operatorning o‘lchash vositasiga va o‘lchash 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‘lchash 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‘lchash natijalarini qayta ishlash.**

Agar o‘lchashda 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);  
 $\sigma$ -o‘rtacha kvadratik xatolik;  $\Delta$ -tuzatma, yoki

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

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‘lchashlar natijasi;  $n$ -o‘lchashlar soni. O‘rtacha kvadratik xatolik quyidagi ifoda bo‘yicha topiladi.

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

O'lchash 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'lchash 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  $3\sigma$  dan katta bo'ladi. SHuning uchun  $3\sigma$  eng yukori tasodifiy xatolik deb yuritiladi va  $3\sigma$  dan kichik bo'lgan xatolikni o'tkinchi xatolik deb hisoblab, o'lchash natijalarini qayta ishlashda hisobga olinmaydi.

O'lchash natijasining aniqligini baxolashda ko'pincha ehtimollik xatolikdan foydalaniladi. Extimollik xatolik esa shunday xatolikka, unga nisbatan qandaydir kattalikni takror o'lchagandagi 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'lchashni bir necha o'n, xattoki yuz marotaba takrorlash imkoniyati bo'lgandagina aniqlanadi.

Amalda o'lchashni 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'lchashlar soni va qabul qilingan ishonchli extimollik qiymatlariga qarab olinadi.

SHunday kilib:

1. 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'lganida  $\sigma_n \rightarrow 0$  yoki o'lchash sonini oshirish bilan  $\sigma_n \rightarrow 0$  ga intilib boradi. Bu esa o'z navbatida o'lchash aniqligini istagancha oshirish (ko'tarish) mumkin degan xulosaga kelmaslik kerak; chunki o'lchash aniqligi tasodifiy xatolik sistematik xatolikka tenglashguncha oshadi. SHuning uchun ham tanlab olingan ishonchli interval va ishonchli extimollik qiymatlari bo'yicha kerakli o'lchashlar sonini aniqlash mumkinki, bu esa tasodifiy xatolikning o'lchash 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'lchash 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.