

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**N.Nurgeldiýew**

**STATISTIK GIDROGEOLOGIÝA  
WE INŽENER GEOLOGIÝASY**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

**N.Nurgeldiyew,** Statistik gidrogeologiya we inžener geologiyasy.

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

## SÖZBAŞY

Ylym pudagy matematiki usullary ulanyp başlamak bilen yzygiderli kämilleşýär. Gidrogeologiýada we inžener geologiýasynda matematikanyň ähtimallyk nazaryýetine degişli bölümine, şonuň düzüminde-de statistikanyň mukdar bahaly maglumatlaryň jemlenip rejelenişine bagyşlanan bölümçelerine uly üns berilýär. Bu ýerde, matematiki usullaryň kesgitli soraglary çözmekde ulanylyş kadalaryna bagyşlanan ýeke-täk döwlet standartynyň teýgumlaryň nusgawy we hasap bahalaryny esaslandyrylyşyna bagyşlanandygyny ýatlamak ýeterlikdir [12].

Gollanmada, san bahaly maglumatlardaky deslapky we soňky hasaplamalarda döreýän säwlikler, mukdar görkezijileriniň paýlanyş kanunlary, olaryň normal kanuna laýyklygynyň barlanyş usullary, nusgawy we hasap bahalarynyň adaty we sadalaşdyryp hasaplanyş usullarynyň beýany berilýär. Dürli görkezijileriň arasyndaky korrelýasiýa we regressiýa baglanyşyklar barada umumy düşünje berilýär.

Gollanma “Gidrogeologiýa we inžener geologiýasy” hünäriniň talyplary üçin niýetlenilýär. Ony geologiýa we gurluşyk hünärleriniň talyplary, inžener-geologik gözleglerini alyp barýan önümçilik we taslama kärhanalarynyň hünärmenleri hem ulanyp bilerler.

Kitabyň üstünde işlän mahaly awtor ýurdumyzyň görnüşli matematiki akademik Ö.G.Hudaýwerenowyň, fizika-matematika ylymlarynyň doktory J.Alymowyň ýokary hilli mashalatlaryndan peýdalandy. Bu ýerde agzalan alymlara awtor öz çuňňur minnetdarlygyny bildirýär.

## 1. GIRIŞ

Matematiki usullar bilim almagyň wajyp düzüm bölegi bolup hyzmat edýär. Gidrogeologiýa we inžener geologiýasy, beýleki tebigy ylymlar ýaly tebigatda duşýan kanunylyklary derňäp olaryň üsti bilen statistiki ýa-da gaýry kanunlary açmaga çemeleşýär. Eger kanunylyklaryň barlygy anyklansa ol baglanyşyklary indiki boljak hadysalary öňünden çaklamak üçin ulanmaga mümkinçilik döreýär.

Dürli baglanyşyklary öwrenmek we olaryň netijelerini ylmy kanunlara öwürmek mümkinçiliklerini barlamak üçin meýdanda ýa-da laboratoriyada geçirilen tejribeleriň takyklyk derejesi hasaba alynmaly. Bu ýerde uniwersal abzal bolan matematika kömege ýetişýär, onuň kömegi bilen alnan baglanyşyklary obýektiw aňladyp bolýär, dogry çaklama düzmäge mümkinçilik alyp bolýär.

Geologiýada köplenç çaklamany absolýut ynamdarlyk bilen tassyklap bolmaýar, sebäbi çaklamanyň özi statistikanyň kanunlaryna esaslanýar. Şol sebäpli matematiki statistikany bilmek we ulanmak geologiýanyň dürli meselelerini çözmek üçin berk binýat bolup hyzmat edýändigini şübhesizdir.

**Matematiki statistika** – yzly-yzyna gaýtalanyp gelýän tejribeleriň ýa-da tötänä hadysalaryň netijelerini işläp geçmäge niýetlenýän usullary döredýän we ulanýan ylym pudagydyr. Umuman geologiýada, beýleki ylymlardaky ýaly esasy çözülmeli mesele az sanly ölçegleriň (sanawlaryň, gözegçilikleriň), başgaça **çäkli seçginiň** esasynda has uly giňişlikdäki, başgaça **çaklanýan giňişlikdäki** şertler barada netije çykarmaklyga syrykdyrylýar. Bu ýerde az sanly (çäkli) seçginiň alnan ýerindäki şertleriň giňişlikdäki şertler (geologik ýaşı, şejeresi, litologik düzümi we ş.m.) bilen kybapdaşlygy örän wajypdyr. Statistika ulanylanda çäkli seçgi üçin alnan nusgalaryň sanynyň köplenç ýeterlik dældigi, alnan nokatlaryň hakyky zerur ýerlerinde dældigi, nusga alyş ýygylgynyň gyrađen dældigi hasaba alynmalydyr.

Geologiýanyň dürli soraglaryny çözmek üçin matematika XIX asyryň ahyrlarynda ulanylyp başlanýar. Y.S.Fýodorow (1885 ý., 1890 ý.) matematikany kristallografiýada, J.Ýuden (1898 ý.) – ýelsüren çägeleriň zire düzümini öwrenmekde ulanan.

1899 ý. sibirli altyn gözleýji N.Psarew ygtybarlyk nazaryýetine degişli iki meseläni çözüär: 1) dag jynslarynda saklanýan altynyň ortaça mukdaryny kesgitlenende goýberilýän säwlik we 2) şol säwligiň ygtyýar berilýän çäkten geçmez ýaly näçe barlag çukuryny gazmaly. Agzalan usullar we olaryň çözüdi biziň günlerimize çenli ulanylyar.

XX asyrdan geologiýanyň aýry-aýry pudaklarynda matematikany ulanmak boýunça ýazylyp neşir edilen işleriň sany 1968 ý. 8000-den geçýär. Şol işlerde geologiýada dusýan münlerçe meseleleriň matematikany ulanyp alnan çözümleri berilýär.

Matematikanyň geologiýada ulanylyşynyň giňişleýin ýazgylary A.B.Wisteliusyň, D.A.Rodionowyň, W.Krambeýniň, F.Çeýziň. J.Materonyň, T.P.Şarapowyň, J.Dewisiň, W.I.Romanowskiniň we beýlekileriň işlerinde berilýär.

Matematiki statistikanyň gidrogeologiýada we inžener geologiýasynda ulanylyşy barada maglumat N.W.Kolomenskiniň, T.S.Komarowyň, G.K.Bondarigiň, I.K.Gawiçiň, Rethatiniň we başgalaryň işlerinde berilýär. Matematiki statistikanyň gurluşyk üçin geçirilýän inžener-geologik gözlegleriniň netijeleriniň işlenişiniň resmi kadalary “TDS-20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний”. М., МНТКС. “Изд.стандартов” kitabynda berilýär.

## 2. SAN BAHALY MAGLUMATLARDAKY SÄWLIKLER

### 2.1. Takmyny ululyklar barada düşünje

Fiziki ululygyň bahasy (esasy ýa-da öndürilen) onuň kabul edilen ölçeg birliginde bahalanmasydyr. Islendik fiziki ölçegleriň geçirilişi, laboratoriyada ýa-da meýdan synaglarynda geçirilenine garamazdan çäkli takyklyk bilen amala aşyrylýar. Haýsy-da bolsa bir obýekti (desgany, jaýy, gatlagy), prosesleri ýa-da baglanyşyklary ölçemek diýmek nädogry, sebäbi biz diňe olary häsiýetlendirýän fiziki ululyklary ölçeyäris. Ol ölçegler nähili yhlas bilen ölçelenligine garamazdan hakyky bahalara deň gelmeýärler, takmyny bolýarlar.

Säwlikler takmynyklar: ölçelýän görkezijä, ölçeg abzalynyň ahyrky takyklygyna, abzalda geçirilýän ölçegleriň sanyna (gaýtalanysyna), tejribe şertlerine, laborantnyň ukybyna bagly.

Görkezijiniň hut özüne bagly takmynlyklar şeýle düşündirilip bilner:

- dykzylyk ( $\rho$ ) oturdan soň iki takyk san bilen aňladylýar ( $\rho$ , .. g/sm<sup>3</sup>, t/m<sup>3</sup>);
- öýjüklilik ( $n$ ) %-de aňladylynda, oturdan soň bir san ýeterlik ( $n$ , . %);
- öýjüklilik koeffisiýenti ( $e$ ) üçin oturdan soň üç san zerur ( $e$ , ...) we ş.m.

### 2.2. Ölçeg säwlikleriniň nazaryýeti

Takmyny sanyň säwligi ( $a$ ) diýlip onuň hakyky bahasy ( $A$ ) bilen takmyny bahasynyň ( $a'$ ) tapawudyna aýdylýar:

$$a = A - a'$$

Takmyny sanyň säwliginiň modulyna  $|a|$  absolýut säwlik diýilýän. Iş ýüzünde absolýut säwligi takyklap tapyp bolmaýar. Diňe ol säwligiň käbir  $\alpha$  ululykdan uly däldigine güwä geçip bolýar. Ol sana **in uly (maksimal) absolýut säwlik** diýilýär.

$a'$ , sana  $A$  sanyň  $\alpha$  takyklyk bilen kesgitlenen bahasy diýilýär.

Islendik takmyny  $A$  sany şeýle deňsizligiň üsti bilen aňladyp bolýar:

$$a' - \alpha \leq A \leq a' + \alpha.$$

Absolýut säwlikden başga otnositel ( $\delta$ ) säwlik hem ulanylýar. Sanyň in uly absolýut säwliginiň ( $\alpha$ ) şol sanyň takmyn bahasyna gatnaşygyna otnositel säwlik ( $\delta$ ) diýilýär. Diýmek

$$\delta = \frac{\alpha}{a'}.$$

Absolýut säwligiň ölçeg birligi ölçelýän ululygyň ölçeg birligi bilen deňdir. Otnositel säwlik ölçegsiz ululykdyr (безразмерный).

Takmyny sanlara  $\pi$  san, logarifmler, köp sanlaryň kökleri mysal bolup bilerler.

Eger takmyny sanlar onluk drob görnüşinde ýazylsa olary köplenç tegelekleyärler, ýagny oturdan soň birnäçe san öýleri (разрядлары) zyňýarlar. Şeýle ýagdaýda biz goşmaça säwlikleri dördýäris. Şonuň üçin tegeleklemäniň kadalaryny bilmek zerurdyr.

### 2.3. Sanlaryň tegeleklenişi

Hasaplamalary ýenilleşdirmek üçin sandaky san öýleriniň bir bölegi zyňylýar, ýagny olar nol bilen çalşyrylýar. Mysal üçin kompýuterde  $\pi$  sanyň takyk ýazylan bahasy çep

tarapdaky sütün görnüşinde, doldurylyp tegeleklenen görnüşi sagdaky san sütüni ýaly ýazylýar we ş.m.

3,14159	3,1416
3,1415	3,142
3,141	3,14

Şu prosese **sanlary tegelekleme** diýilýär. Bu ýerde absolýut säwlik elmydama sagda galdyrylan in soňky öýdäki birlikden kiçi bolýar, ýagny  $\pi = 3,14$ .

$$\alpha = A - a' < 0,01.$$

Sanlar tegeleklenende aşakdaky düzgünler ulanylýar:

1) Eger zyňylýan 5, 6, 7, 8 ý-da 9 bolsa, onda sagdaky in soňky galdyrylan san 1 birlik ulaldylýar.

2) Eger zyňylýan san 0, 1, 2, 3 ýa-da 4 bolsa, onda soňky galdyrylan san üýtgedilmeýär. Bu usulda doldurgyç tejeleklemesi diýilýär.

## **2.4. Takmyny sanlaryň säwliginiň arifmetikiň üýtgeýşi**

### **4 amaly**

### **ulanylanda üýtgeýşi**

Takmyny sanlar ulanylanda 2 sany soraga jogap bermeli bolýar:

1) Deslapky maglumatyň säwligi belli bolsa hasaplanýan görkezijiniň säwligi nähili üýtgeýär ?

2) Eger ýetilmeli takyklyk belli bolsa deslapky matlaryň nähili takyklygy bolmaly ?

Aşakda bu soraglaryň çözügüne seredýäris.



### 2.4.1. Goşmak

1. Jemiň iň uly absolýut säwligi  $(\alpha_{\Sigma})$  goşulyjylaryň absolýut säwlikleriniň jemine deňdir:

$$\alpha_{\Sigma} = |\alpha_1| + |\alpha_2| + |\alpha_3| + \dots + |\alpha_n|.$$

2.  $n$  takyk belgili jemi almak üçin iň uly goşulyjyny  $n+1$  takyk belgili almaly, beýlekilerde  $n+1$ -den sagda duran sanlary doldurgyç usuly bilen tegeleklemeli.

### 2.4.2. Aýyrmak

2 sanyň tapawudynyň iň uly absolýut säwligi kemelijiniň we kemeldijiniň absolýut säwlikleriniň jemine deňdir:

$$\alpha_t = |\alpha_1| + |\alpha_2|; \quad \delta_t = \frac{\alpha_t}{a_1 - a_2}.$$

#### **Bellik:**

Eger kemeliji  $(a_1)$  we kemeldiji  $(a_2)$  biri-birine golaý bolsa otnositel säwlik  $(\delta_t)$ , deslapky säwlikden kân uly bolmagy mümkin.

#### **Şonuň üçin:**

- a) biri-birine golaý sanlary aýyrmajak bolmaly;
- b) eger  $(a)$  mümkin bolmasa-takyklygy artdyrmaly

### 2.4.3. Köpeltme

Köpeltme hasylynyň aňryçäk deňeşdirme (otnositel) säwligi köpeldijileriň otnositel säwlikleriniň absolýut ululyklarynyň jemine deň

$$\delta_k = \pm(|\delta_1| + |\delta_2| + |\delta_3|).$$

Köpeltme hasylynyň aňryçäk absolýut säwligi takmyny köpeldijileriň ( $a_i$ ) otnositel säwligi köpeldilmegine deňdir:

$$\alpha_k = \pm \delta_k \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3.$$

### ***Paýlama***

Paýyň aňryçäk **otnositel** aňryçäk säwligi ( $\delta_p$ ) bölüjiniň **otnositel** säwliginiň ( $\delta_2$ ) bölünijiniň otnositel säwliginiň ( $\delta_1$ ) absolýut ululyklarynyň jemine deňdir:

$$\delta_p = \pm(|\delta_1| + |\delta_2|).$$

**Paýyň aňryçäk absolýut** säwligi ( $\alpha_p$ ) paýyň aňryçäk otnositel säwligi köpeldilmegine deňdir.

$$\alpha_p = \pm \delta_p \frac{a_1}{a_2}.$$

### ***2.4.5. Netijeler***

1. Hasaplanyp tapylan görkezijileriň takyklygy göni ölçeg bilen alnan maglumatlaryňkydan has az.

2. Köpeltmäniň we bölmäniň absolýut säwliklerini hasaplamak juda çylşyrymly, şol sebäpli iş ýüzünde az ulanylýar.

3. Köpeltmäniň **otnositel** säwligi köpeldijileriň otnositel säwlikleriniň jemine deň.

4. Paýlamanyň otnositel säwligi bölünijiniň we bölüjiniň otnositel säwlikleriniň jemine deň.

5. Köpeltmäniň we paýlamanyň netijelerini  $n$  takyk san belgi bilen aljak bolsaň deslapky san bahalary  $n+2$  belgi bilen almaly.

## 2.5. Laboratoriýa barlaglarynyň maglumatlarynyň säwlikleri

Bu soraga teýgumlaryň dykyzlygynyň ( $\rho$ , g/sm<sup>3</sup>) kesgir halka usuly bilen kesgitlenmede goýberilýän säwlikleriň mysalynda garalýar ( $\rho$  şeýle-de parafinleme, göwrüm çalyşma, geofiziki usullar arkaly öwrenilýär).

Kesgir halka usuly boýunça (TDS-5180-84) teýgumlaryň dykyzlygy ( $\rho$ ) şeýle formula boýunça kesgitlenýär:

$$\rho = \frac{P_1 - P_0}{V} = \frac{P_1 - P_0}{\frac{\pi D^2}{4} \cdot H},$$

bu ýerde

$P_0$  we  $P_1$  - halkanyň we halkanyň teýgum bilen bilelikdäki massasy, g;

$V$ ,  $D$ ,  $H$  - halkanyň göwrümi (sm<sup>3</sup>), diametri we beýikligi (sm).

Goý  $P_1 = 360,0$  g,  $P_0 = 80,0$  g,  $H = 3,5$  sm,  $D = 7,1$  sm diýip kabul edeliň. Ölçegeň absolýut säwligi massa boýunça  $\pm 0,1$  g; uzynlyk ölçegi ( $H$  we  $D$ ) boýunça  $\pm 1,0$  mm bolsun.

Indi dykyzlyk kesgitlenende säwlige şeýle baha kesilýär.

1. Sanawjy (tapawut) boýunça:

$$\alpha_t = |\alpha_1| + |\alpha_2| = 0,2 \text{ g} - \text{absolýut säwlik.}$$

Otnositel säwlik:

$$\delta_t = \frac{\alpha_t}{P_1 - P_0} = \frac{0,2}{360 - 80} \cdot 100 = \frac{20}{180} = 0,11\%.$$

Umuman säwlik uly däl.

2. Maýdalawjy boýunça-köpeltmek hasyly üçin ilki otnositel säwlik  $\delta_k$  kesgitlenýär:

$$\delta_k = \pm|\delta_1| + |\delta_2| + |\delta_3|.$$

Onda:

$$\delta_k = \pm\left|\frac{0,1}{7,1}\right| + \left|\frac{0,1}{7,1}\right| + \left|\frac{0,1}{3,5}\right| = \pm(0,014 + 0,014 + 0,029) = \pm 0,057$$

.

Absolýut säwlik köpeltme üçin:

$$\delta_k = \pm\delta_k \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 = 0,057 \cdot 7,1 \cdot 7,1 \cdot 3,5 = \pm 0,057 \cdot 176,4 = \pm 10,1 \text{ sm}^3$$

Eger çekimde biziň säwligimiz ýok diýip alsak halkanyň ölçegleri  $\pm 0,1$  sm takyklyk bilen ölçelen bolsa dykzylygyň san bahasy şeýle bolmaly:

$$\frac{280g}{140 + 10,1\text{sm}^3} \leq \rho \leq \frac{280g}{140 - 10,1\text{sm}^3}$$

$$\frac{280}{150,1} \leq \rho \leq \frac{280}{129,9}$$

$$1,860 \leq \rho \leq 2,15.$$

Şeýlelik bilen eger dykzlygyň hakyky bahasy  $\rho = 2,00 \text{ g/sm}^3$  bolsa säwlik göz önünde tutulanda:

$$\rho = 2,00 \pm 0,15 \text{ g/sm}^3.$$

Şeýle diýildigi dykzlygyň ýüzden bir (0,01), hatda ondan bir (0,1) bilen aňladylan san bahalarynyň takyk däliligini aňladýar. Bu şertde dykzlygy, oturdan soňky ikinji öýdäki bahasyny ýazmak zerurlygy manysyny ýitirýär. Onda iş ýüzünde näme etmeli? Uzynlyk ölçeginiň takyklygyny artdyrmaly  $\pm 0,1 \text{ sm}$  däl-de  $\pm 0,01 \text{ sm}$ -e ýetirmeli.

Bu şertde otnositel säwlik 10 esse azalýar:

$$\delta_k = \pm \left( \left| \frac{0,01}{7,1} \right| + \left| \frac{0,01}{7,1} \right| + \left| \frac{0,1}{3,5} \right| \right) = 0,0057.$$

Köpeltmäniň absolýut säwligi hem sonça azalýar:  
 $\alpha_k = 0,0057 \cdot 176 = 1,01 \text{ sm}^3.$

Bu şertde kesgir halka usuly bilen kesgitlenen dykzlygyň bahalary şu aralykda üýtgär:

$$\frac{280}{141,01} \leq \rho \leq \frac{280}{138,99} \text{ ýa-da } \rho = (2,00 \pm 0,014) \text{ g/sm}^3.$$

### 3. STATISTIK KÖPLÜKLER

#### 3.1. Statistik köplükleriň hasaba alnyşy

Geologik jisimleriň alamatlaryny bolýar, olary 3 sany topara bölýärler: hil alamatlary, ýarymmukdar we mukdar alamatlary.

**Mukdar alamatlary** – san bahasy bolan alamatlar dykzlyk, öýjüklilik we ş.m. Mukdar alamatlary üçin matematiki usullary ulanmak örän amatlydyr.

Ölçegleri geçirmek mümkin bolmadyk, ýa-da gymmat bolan şertlerde ýarym mukdar alamatlar ulanylýar. Mysal eňnitlik dik: örän ýokary, aram, kiçi, örän kiçi. Bu ölçemesi kyn alamatlara – ýarymmukdar alamatlar diýilýär. Olaryň derejesini ranglap (kategoriýalara bölüp) bolýar, hil alamatlary – san bahasyny berip bolmaýan alamatlar, mysal üçin dag jynslarynyň reňki, landşaft görkezijileri we ş.m.

Statistik usullar ulanylanda hakyky geologik jisimler olaryň **modeli** bilen çalşyrylýar, ol modellerde diňe barlagçyny gyzyklandyrýan alamatlar galdyrylýar.

Abstrakt modelleri köplüge toplaýarlar. Eger şol köplüge girýan sanlar tötänleýin bolsa ol köplüge – statistik **köplük diýilýär**.

Mukdarlaýyn maglumat almagyň gözbasy sanaw we ölçegdir.

**Sanaw** – belli bir häsiýeti, alamaty bolan obýektleriň sanyny bilmekdir.

**Ölçeg** – öwrenilýan häsiýetiň (alamatyň) nusga (etalon) ululyk bilen deňeşdirmekdir.

Ölçeg geçirmek üçin tehniki serişdeler ulanylýar; ölçegleriň belli ýetip bolýan takyklygy bar. Ölçegler geçirilende **ulgamlaýyn** we **tötänleýin** ýalňyslyklar goýberilýär.

Ulgamlaýyn (sistematik) säwligiň-sebäbi belli säwlikdir. Bu säwligiň täsiri bir amatlydyr. Ol hakyky bahany ýa

artdyrýar (+), ýa-da kemeldýär (-). Ony tapyp, kesgitläp, aýryp bolýar.

**Tölänleýin säwligiň** sebäbi köpdür we dürli-dürlidir; alamat “+” ýa-da “-” hem bolup bilýär. Köplenç bu säwlik usula we ulanylýan abzala bagly bolýar.

### **3.2. Geologik jisimleri statistik köplüğe jemlemegiň ýörelgeleri**

1. Bir statistik köplüğe birmeňzeş ýaşly, şejereli, bir geologik struktura degişli gatlaklar birikdirilýär.

2. Her statistik köplük teýgumlaryň toparlamasynyň belli bir synpy, topary, toparçasý, kysymy, görnüşi, görnüşligi, ýa-da özbaşdak inžener-geologik element (IGE) bolup biler.

3. Inžener-geologik element (kybapdaş (meňzeş) häsiýetli gatlak) hökmünde bir görnüşe degişli, gelip çykyşy boýunça birmeňzeş teýgumlaryň belli bir göwrümi kabul edilýär. Şol elementiň çäginde teýgumuň esasy häsiýet görkezijileri garaşsyz üýtgemeli.

Eger teýgumuň belli ugur boýunça (akym ugry, dikan ugur, çuňluk boýunça) garaşly üýtgew (ugra baglylykda ulalma ýa-da kiçelme) bolaýsa-da şol hasaba alarlyk derejede uly bolmaly däl. Hususan-da garaşly üýtgewiň barlygy-ýoklugy ýörite formulalar arkaly kesgitlenýär. Agzalan şertlerde IGE hemişelik nusgawy we hasap bahalar bilen häsiýetlendirilip bilner (TDS-20522-96).

IGE-den başga hasap geologik elementi (HGE) hem bölünip çykarylýp ulanylýan wagtlary bar. HGE – belli gatlagy, gatlaklar toplumyny düzýän geologik jisim. Onuň şol bir litologik görnüşe ýa-da şol bir geologik şejerä degişli bolmagy hökmän däl. Teýgumuň häsiýetleri HGE-niň çäginde tötänleýin ýa-da garaşly üýtgäp bilýär.

Hasap geologik elementleri üçin nusgawy (orta arifmetiki) bahalar hasaplanýar. Şeýle geologik taksonomik

birlikler adatça inžener-geologi sýomkalaryň, gözlegleriň düzüminde bölünip çykarylýar.

Gowşak teýgumlar, şol sanda akgyn we akgyn süýgeşik halyndaky teýgumlar ýuka gatlak düzýän hem bolsalar özbaşdak inžener-geologik element görnüşinde bölünip çykarylmaladyrlar [12].



## 4. ÜYTGEW HAKYNDÄ DÜŞÜNJE WE ONUŇ STATISTIK HASAPLARDA ULANYLYŞY

### 4.1. Inžener-geologik üýtgew

Statistik hasaplary geçirmezden önürdi şöl öwrenilýän ýerde inžener-geologik görkezijileriň haýsy ugurda nähili kanuna laýyklykda üýtgeýändigini kesgitlemeli.

Umuman üýtgew 2 hili bolýar:

1) tötänleýin (stasionar) ýa-da ginişlige bagly bolmadyk üýtgew;

2) stasionar däl (garaşly), ýa-da giňişlige bagly üýtgew.

Statistik hasaplar stasionar üýtgew üçin işlenip düzülendirler, eger üýtgew garaşly bolsa onda statistik hasaplar adaty usullar bilen geçirmek nädogry bolýar. Şol sebäplere görä üýtgewiň kadasyny anyklamaga uly üns berilýar, ýagny ilki trend derňewi geçirilýar.

### 4.2. Trend-derňewiň elementleri

Üýtgew kadasyny birnäçe usul bilen anyklap bolýar. Solaryň iň sadalaryna aşakda serediljek.

***Kriteriý  $\Delta^2/s^2$***

Bu usul boýunça 2 netijä gelinýär:

1) nol çaklamasy – seçgi garaşsyz;

2) alternatiw gipoteza – seçgi garaşly, ýa-da ululyk giňişlige bagly üýtgew.

Gipotezalaryň (çaklamalaryň) barlagy şeýle formula bilen geçirilýar:

$$\frac{\Delta^2}{s^2} = \frac{\sum (X_i - X_{i+1})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2},$$

bu ýerde

$X$  - teýgumuň barlanýan görkezijisiniň san bahasy;

$i$  - nusgalaryň tertip nomeri;

$X_i, X_{i+1} \dots X_n$  - hatarlap goýlan görkezijileriň san

bahalary;

$\Delta^2$  we  $s^2$  ululyklaryň bahalarynyň hasaplanýş usulyýeti 1-nji tablisada berilýär.

Eger  $\Delta^2 / s^2$  görkezijiniň hasaplanan bahasy hatardaky wariantlaryň sanyna ( $n$ ) we ygtyýar berilýän ähtimallyk säwligine ( $\alpha$ ) baglylykdaky nusgawy bahasyndan ( $t_\alpha$ ) az bolsa ikinji çaklama dogry hasaplanýar, ýagny trend bar. Eger kän bolsa trend ýok – birinji çaklama kabul edilýär ( $n = 6$ ,  $\alpha = 0,05$  bolsa tablisada bahasy  $t_\alpha = 0,890$ ).

Mysal. Geologik kesimiň uzaboýuna süzülme koeffisiýenti ( $K$ ) kesgitlenen: 5, 8, 11, 15, 13, 20. Bu bahalara garaşsyz diýip bolarmy? Barlaýarys:

1-nji tablisa

$X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$X_i - X_{i+1}$	$(X_i - X_{i+1})^2$	$\frac{\Delta^2}{s^2} = \frac{87}{140} =$ $= 0,621$ $\frac{\Delta^2}{s^2} = 0,621 <$ $< 0,890$ trend bar seçgi garaşly
5	-7	49	-		
8	-4	16	-3	9	
11	-1	1	-3	9	
15	3	9	-4	16	
13	1	1	2	4	
20	8	64	7	49	
$\Sigma = 72$ $\bar{X} = \frac{72}{6} =$ $= 12$		$\Sigma = 140$		$\Sigma_2 = 87$	

### *Koksuň we Stýuartyň kriterisi*

Bu usul boýunça seçgini 3 deň bölege bölýäris. Eger galyndy galsa (deň bölünmese), onda gyraky bölegi kiçeldip gyraky bitin san bolar ýaly edilýär. Soňra gyraky 1-nji bölümdäki sanlary 3-nji bölümdäkiniň aşagynda ýerleşdirip, ýokarkydan aşakylary aýyryýarys, tapawudy  $B$  bilen belleýäris “+” we “-“ tapawutlaryň tapawudyny sanaýarys: seçginiň garaşsyzlygyny

$$K = \frac{\left(B - \frac{n}{6}\right) - 0,5}{\sqrt{\frac{n-2}{12}}}.$$

Eger  $K > U_{2/2}$  ululygynyň tablisa bahasyndan uly bolsa trend bar, ýagny seçgi garaşly.

Mysal. Bir ugurdan  $(\xi_i)$  24 gezek  $J_p$  kesgitlenýär:  
15; 16; 12; 13; 15; 16; 14; 13; | 15; 13; 16; 14; 12; 15; 14; 16 |  
14; 17 13; 15; 16; 17; 18; 14. Trendi barlamak üçin tablisa düzýäris.

Tablisany düzmek üçin ölçegler köplüginini (wariasiýa hataryny) deň üç bölege bölýäris. Tablisanyň 1-nji setirinde ölçegler köplügininiň ilkinji 1/3 bölegini yzly-yzyna ýazýarys (biziň mysalymyzda  $24:3 = 8$  sany ölçeg). Tablisanyň ikinji setirinde köplügiň soňky 1/3 bölegini (soňky 8 ölçegi) yzly-yzyna ýazýarys. Soňra 1-nji setirde duran sanlardan onuň aşagynda ýerleşen sanlary aýyryýarys. 3-nji setirde tapawudy ýazman, diňe şol tapawudyň alamatyny (“+” ýa-da “-“ ýazýarys).

İň soňky 1/3	14	17	13	15	16	17	18	19	$K:$ $\alpha=0,05$ -de
1-nji 1/3	15	16	12	13	15	16	14	13	$K_{tabl.}=1,96$
Tapawut alamatlary	-	+	+	+	+	+	+	+	$N=24$

Eger alamatlar (“-“ we “+”) biir-birine deň (ýa-da deňe golaý) bolsa trend ýok. Haýsy-da bir alamat agdyklyk etse-gümäna, barlamaly; bu ýerde “+” köp, ýagny  $n=N-2=22$ ,  $B=7$ ,  $n-2=20$ .

Onda:

$$K = \frac{\left| 7 - \frac{22}{6} \right| - 0,5}{\sqrt{\frac{n-2}{12}}} = \frac{2,83}{1,29} = 2,19.$$

$K(2,19) > 1,96$ , ýagny nol çaklamamyz inkär edilýär, garşy çaklama kabul edilýär-trend bar.

Gatlagyň, inžener-geologik elementiň nusgawy we hasap bahalary göz çaky bilen ýa-da görkezilen kriterileriň üsti bilen tötänleýin üýtgew bolanda hasaplanýar.

Eger üýtgew tötänleýin däl-de garaşly bolsa, onda teýgumlaryň häsiýet görkezijileriniň şol ugur boýunça hataryny ikä bölýärler (her bölegiň çäginde üýtgew stasionar, tötänleýin görnüşde bolar ýaly, ýa-da TDS-20522-96 standartyň  $D$  goşundysynyň kadalaryna görä nusgawy we hasap bahalary kesgitlenýär.

## 5. GÖRKEZIJILERİN STATISTIKİ HÄSİYETNAMASY

### 5.1. Esasy düşünjeler we adalgalar

Köpçölükleýin geçirilen tejribeleriň (yzly-yzyna gaýtalanyp geçirilýän synaglaryň) nerijelerini ýa-da ýgy-ýgydan emma tötänleýin bolup geçýän hadysalary işläp netijä almagyň usulyýetini işläp düzýän derse – **matematiki statistika** diýilýär.

Eger haýsy-da bolsa bir massiwiň hemme nokatlaryny tükeniksiz synaglar bilen barlanan, ölçelen bolsa onda şol massiwdäki dag jynsynyň öwrenilýän häsiýeti boýunça aňrybaş takyk we doly maglumat alyp bolardy. Bu ýerde tejribeleriň netijeleri wakalaryň **doly ulgamyny** ýa-da **baş jemini** (генеральная совокупность) düzderdi. Emma iş ýüzünde laboratoriya synaglarynyň sany çäkli bolýar we **saýlanan jemi** ýa-da **seçgini** düzýär.

Tejribe gaýtalananda her gezek kesgitlenen ululyga **tötänleýin** ululyk diýilýär. Tötänleýin ululygyň her aýry bahasyna **wariant** (şahsy baha) diýilýär. Eger seçgidäki şahsy bahalar ösýän (ýa-da kemelýän) tertipde ýerleşdirilse şol seçga **wariasiya hatary**, şeýle işi geçirme, prosesine **hatarlama** diýilýär.

**Mysal:** Goý çägäniň süzülme koeffisiýenti 7 gezek ölçelipdir 3,8; 4,5; 1,6; 5,1; 2,9; 3,3; 4,0 (m/g-g). Bu yzygiderlik tötänleýin, ol synaglaryň geçiriliş yzygiderliginde ýa-da sanaw düzülişi boýunça ýazylyp bilner. Eger biz şol wariantlary iň kiçisinden başlap ösüşine görä ýerleşdirsek wariasiya hataryny alýarys: 1,6; 2,9; 3,3; 3,8; 4,0; 4,5; 5,1 (m/g-g).

Iş ýüzünde duşýan meseleleriň aglaba köpüsini çözmek üçin görkezijiniň mukdar toplumynyň iň esasy häsiýetnamalaryny bilmek ýeterlik bolýar. Agzalan esasy häsiýetleri iki dereja bölüp bolýar: orun we pytraňnylyk häsiýetnamasy.

**Orun häsiýetnamasy** görkezijiniň san okunda eýelýän ornuny dagynyk nokatlaryň merkezini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Ikilenji esasy häsiýetnama görkezijiniň şahsy bahalarynyň dagynyk merkeziniň daşyndaky pytraňňylyk derejesini häsiýetlendirýär.

Ýerasty suwlaryň, teýgumlaryň iň wajyp orun häsiýetnamalary bolup orta baha, mediana we moda hyzmat edýär.

Orta baha – adyndan görnüşi ýaly, görkezijiniň şahsy bahalarynyň merkezinde ýerleşen bahasydyr, ony kesgitlemek üçin adatça hemme şahsy bahalaryň jemini tejribe synaglarynyň sanyna bölünýär. Orta bahalaryň iň köp ulanylýany orta arifmetiki baha ( $\bar{X}$ ) şeýle kesgittenýär:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N},$$

bu ýerde

$X_i$  - görkezijiniň  $i$ -synagda kesgitlenen şahsy bahasy;

$N$  - seçgidäki görkezijileriň sany (synagyň sany).

Öňki garalan mysalymyz boýunça orta arifmetiki baha şeýle hasaplanýar:

$$\bar{X} = \frac{3,8 + 4,5 + 1,6 + 5,1 + 2,9 + 3,3 + 4,0}{7} = \frac{25,2}{7} = 3,6$$

m/g-g.

**Mediana ( $Me$ )** - wariasiýa hataryny iki deň bölege (şahsy bahalaryň sany boýunça) bölýän bahadyr, seçgidäki şahsy bahaly görkezijileriň medianadan köpleri we azlary biri-birine deň bolmaly. Öňki garalan mysalda  $Me = 3,8$  m/g-g. Görnüşi ýaly  $\bar{X} \neq Me$ , ýagny orta arifmetiki baha mediana

baha bilen deň gelmeýär. Emma simmetrik paýlanyşda, hususan-da uly seçgide mediana orta baha golaýdyr.

## 5.2. Baş jem we saýlama seçgi

Dag jynslarynyň düzümi, häsiýet görkezijileriniň orta, nusgawy we hasap bahalary jaýlaryň, desgalaryň gurluşygynyň ygtybarlylygyna, dowamlylygyna we bahasyna uly täsir edýär. Dag jynslary bir kysyma, bir görnüşe degişli bolan şertde-de düzümi we häsiýet görkezijileri boýunça giň gerimde üýtgeýärler. Munuň sebäbi dag jynslary tebigy emelei gelşinde we soňky geologik taryhynda düzümi, durky-haly, häsiýetleri boýunça örän köp dürlülige eýe bolýarlar. Şol sebäbe görä teýgumaryň inžener-geologik häsiýetlerini ygtybarly kesgitlejek bolsaň olaryň mukdar görkezijilerini laboratoriya we meýdan şertlerinde köp gezek gaýtalanýan ölçegler, tejribeler, synaglar arkaly öwrenmeli bolýar.

Eger haýsy-da bolsa bir kybapdaş häsiýetli gatlagyň (dag jynsynyň kysymynyň, görnüşiniň) haýsy-da bolsa bir görkezijisi tüneniksiz köp gezek ölçelen, kesgitlenen bolsa, şol sanlar köplüğine **baş jem** (генеральная совокупность) diýilýär. Iş ýüzünde şeýle uly jemi alyp bolmaýar, şol sebäpli taslama üçin inžener-geologik gözleglerde her kybapdaş häsiýetli gatlak (KHG) ýa-da inžener-geologik element (IGE) üçin görkezijini 6-15 gezek kesgitlemek bilen çäklenilýär şeýle jeme **saýlama seçgi** (выборочная совокупность, выборка) diýilýär. Şeýle ýagdaýda eger toplumda kesgitlenen ölçegleriň sany 30-40-dan artsa ol seçgini şertleýin uly seçgi diýip kabul edip bolýar.

Görkezijiniň bir nusga boýunça kesgitlenen bahasyna **wariant** diýilýär. Eger bir gatlak boýunça onlarça gezek ölçelen, kesgitlenen mukdar görkezijileri artýan bahalary boýunça ýa-da kemelýän bahalary boýunça hatara goýsak şol hatara **wariasiya hatary** diýilýär.



### 5.3. Totänleýin ululygyň paýlanyş kanuny

Seçginiň çyzgylaryň üsti bilen aňladylyşynyň we statistik görkezijileriň hasaplanmasynyň beýanyny bermek üçin ýeterlik ululygy bolan seçgini alýarys. Çetwertik döwrüň hazar bölümüne degişli toýunlaryň ( $mQ_{II}$ ) süýşmä koeffisiýenti 300 kPa dik basyşda 40 gezek ölçelen ( $N = 40$ ) (3-nji tablisa). Şol seçginiň pytranňylyk grafigini düzmek üçin biz ilkinji nobatda süýşme koeffisiýentiniň ( $tg \psi_3$ ) seçgidäki iň uly ( $X_{maks}$ ) we iň kiçi bahasyny tapýarys ( $X_{min}$ ) soňra seçgini kiçi bahadan uly baha çenli hatarlaýarys: 0,270; 0,320; 0,342; 0,361; 0,378; 0,383; 0,400; 0,412; 0,415; 0,418; 0,420; 0,430; 0,436; 0,440; 0,444; 0,448; 0,450; 0,452; 0,455; 0,460; 0,465; 0,475; 0,476; 0,477; 0,483; 0,488; 0,490; 0,494; 0,495; 0,515; 0,520; 0,523; 0,535; 0,540; 0,555; 0,557; 0,560; 0,580; 0,605; 0,630.

#### 3-nji tablisa

#### Hazar toýunlarynyň 300 kPa dik basyşda süýşme koeffisiýentiniň san bahalary

Nusganyň nomeri	Süýşme koeffisiýenti	Nusganyň nomeri	Süýşme koeffisiýenti
1	0,523	21	0,560
2	0,455	22	0,488
3	0,415	23	0,465
4	0,270	24	0,383
5	0,520	25	0,400
6	0,477	26	0,450
7	0,448	27	0,475
8	0,320	28	0,557
9	0,444	29	0,440
10	0,342	30	0,412
11	0,494	31	0,476

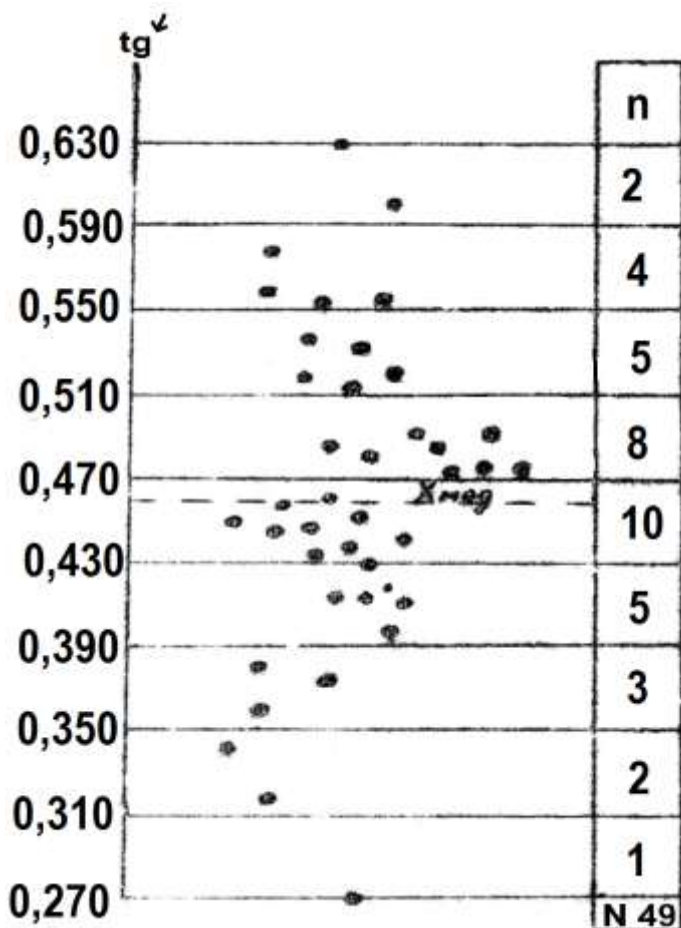
12	0,535	32	0,580
13	0,540	33	0,420
14	0,495	34	0,436
15	0,452	35	0,490
16	0,361	36	0,605
17	0,378	37	0,630
18	0,460	38	0,515
19	0,483	39	0,430
20	0,555	40	0,418

Hatarlamadan görnüşi ýaly garalýan seçgidäki süýşme koeffisiýenti 0,270-0,630 aralygynda üýtgeýär, ýagny üýtgew gerini  $0,630-0,270=0,360$ .

Seçginiň pytraňnylyk grafigini düzmek üçin adatça seçginiň üýtgew gerimini (0,360) 7-den 11-e çenli synplara bölünýär. Bu ýerde eger synpyň sany 9-a deň alynsa synp aralygy  $0,360:9=0,040$ -a deň bolýar.

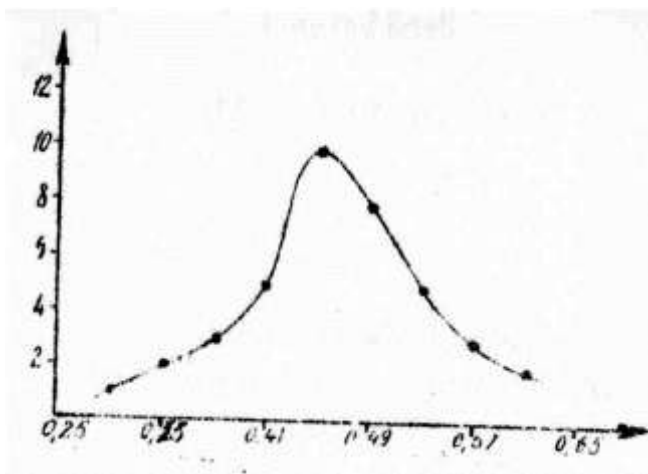
Pytraňnylyk grafigini gurmak üçin seçgidäki san bahalary agzalan synp aralygy boýunça bölünen sanlar okunda ýerleşdirýäris (1-nji surat). Şol grafigiň ýüzünde seçginiň mediana bahasyny görkezýäris ( $X_{med}$ ). Grafigiň sag tarapynda süýşmä garşylygyň her synp aralygyna düşýän sanyny-**ýygylgyny** görkezýäris.

Ýygylýk kesgitlenende her synpa düşýän nokatlaryň sany görkezilýär. Eger nokat synp araçäğine düşse ol nokat goňşy synplaryň merkezi synpa golaýyna geçirilýär. Eger araçäge düşen nokatlaryň sany jübüt bolsa (2; 4...) olar goňşy synplaryň arasynda deň paýlanmaly.



**1-nji surat. 300 kPa dikan basyşda süýşme koeffisiýentiniň pytraňňylyk grafigi**

Eger kese okda  $tg \psi$  -niň wariantlaryň synplara bölünen bahalaryny, dik okda her synp aralygyna degişli ýygylgy görkezsek paýlanyş egrisini alýarys (2-nji surat).



**2-nji surat. Süýşme koeffisiýentiniň paýl egrisi**

Gidrogeologik we inžener geologik görkezijileriniň aglaba köpüsiniň **paýlanyş kanuny** – köplenç **normal (adaty)** bölünmä golaýdyr. Bu ýerde normal paýlanyş şertleýin adalga. Bu paýlanyşyň matematiki ady Gaussuň kanuny boýunça paýlanyş. Normal paýlanyşyň analitiki görnüşi şeýle funksiýanyň grafigi görnüşinde bolýar:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$$

$$x = a \text{ bolan şertde } y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}},$$

bu ýerde

$x$  - görkezijiniň orta bahasy;

$a$  - matematiki garaşma;

$\sigma$  - orta kwadrat gyşarma.

**Bellik:** Hakykatda  $\sigma$  bilen baş jemiň orta kwadrat gyşarmasy bellenýär. Biz bu ýerde we soňra ony ( $\sigma$ ) şertleýin saýlama seçgi üçin ulanýarys.

Matematiki statistikanyň gidrogeologiyada we inžener geologiyasynda ulanylýan formulalarynyň aglaba köpüsi normal kanuny boýunça paýlanyan seçgiler üçin işlenip düzülen. Şol sebäpli her gezek statistiki hasaplamalara girişilmezden önürti saýlama seçgidäki görkezijiniň paýlanyş kanunyna baha kesmeden başlanýar. Iş ýüzünde seçginiň paýlanyşyna normal kanuna laýyk gelýänligi ýa-da gelmeýänligi anyklanýar. Köp ýagdaýlarda deslapky bahalama görkezijiniň paýlanyş egrisine görä kesgitlenip bilner. Normal paýlanyş simmetrik bolmaly, süýnmek ziňňirt ýa-da kese oka görä ýapyrylyp ýatan bolmaly däl. Biziň mysalymyzda (2-nji surat) şekil normal paýlanyşa çalymdaş ýaly, emma şübhe, güman galýar. Şol sebäpli paýlanyşyň kanunyny anyklamak üçin goşmaça usullar ulanylýar.

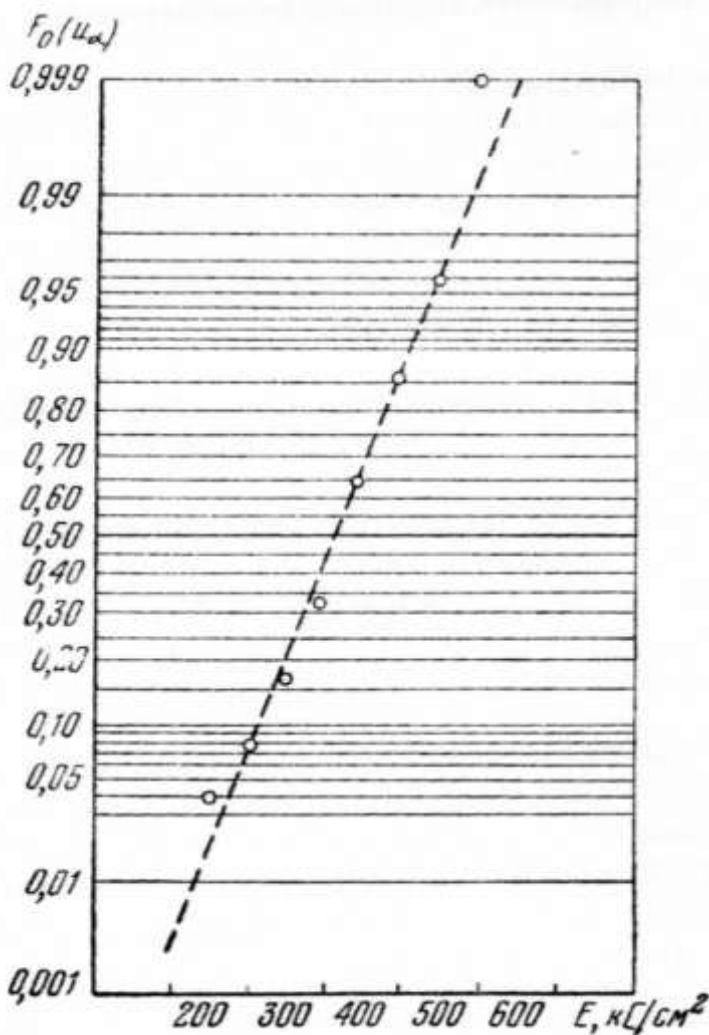
Şol usullaryň 2 sanysyna garap geçeliň:

1) synp ýygjamlygyny ähtimallyk kagyza geçirmek usuly;

2) asimmetrligini we ekssesini san bahalary boýunça.

### **Ähtimallyk kagyzyny ulanmak.**

Bu usulda ilki bilen görkezijiniň kesgitlenen synp aralyklary boýunça ýyglylygy-ýygjamlyga (%-aňladylan ýyglylyga), soňra jemlenen ýygjamlyga geçirilýär. Soňra jemlenen ýygjamlyk ähtimallyk kagyzyna geçirilýär. Eger jemlenen ýygjamlyk ähtimallyk kagyzda göni çyzyga golaý tertipde ýerleşse - bu görkezijiniň paýlanyşynyň normal kanuna laýyk gelýar diýip netijä gelmäge ygtyýar berýär (3-nji surat). Eger-de emele gelen çyzyk görnetin göni çyzykdan tapawutly bolsa-bu paýlanyşyň başga kanun boýunça bolup geçýänliginiň alamatydyr.



**3-nji surat. Ýarsma modulynyň paýlanyş ýygjamlygynyň ähtimallyk kagyza geçirileniniň nusgawy mysaly**

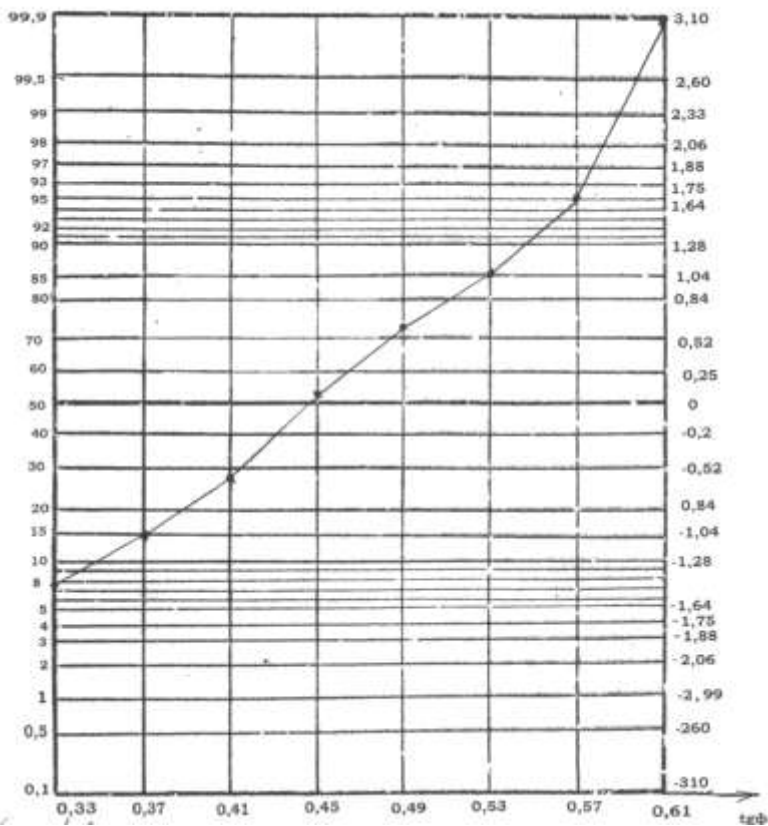
Bu ýerde 3-nji tablisada berlen mysalyň 4-nji tablisada jemlenen (kumulýatiw) ýygjamlyga geçirilen paýlanyşyny ähtimallyk kagyzyna geçirýäris (4-nji surat).

#### 4-nji tablisa

### Hazar toýunlarynyň süýşme koeffisiýentiniň synp aralyklary boýunça ýyglylygy, ýygjamlygy we jemlenen ýygjamlygy

Görkezijiniň ( <i>tgψ</i> ) synp aralyklary	Ýyglylyk	Ýygjamlyk, %	Jemlenen ýygjamlyk, %
0,270-0,310	1	2,5	2,5
0,310-0,350	2	5,0	7,5
0,350-0,390	3	7,5	15,0
0,390-0,430	5	12,5	27,5
0,430-0,470	10	25	52,5
0,470-0,510	8	20	72,5
0,510-0,550	5	12,5	85,0
0,550-0,590	4	10,0	95,0
0,590-0,630	2	5,0	100
<b>Jemi:</b>	<b>N=40</b>	<b>100</b>	

3-nji suratdan görnüşi ýaly hazar toýunlarynyň süýşmä garşylygynyň jemlenen ýyglylygynyň ähtimallyk kagyzynda ýerleşşi göni çyzyga golaý. Bu agzalan görkezijiniň paýlanyşynyň normal kanuna golaýdygyny çaklamaga esas berýär. Bu çaklamany ynamly tassyklamak üçin paýlanyşy goşmaça usullar bilen barlamaly. Şeýle barlag indiki baplaryň birinde geçiriler.



**4-nji surat. Süýsmä garşylygyň paýlanyşynyň jemlenen ýygjamlygyň ähtimallyk kagyza ýerleşşi**



## 6. STATISTIKI GÖRKEZIJILERİN HASAPLANYŞ USULLARY

### 6.1. Kiçi seçginiň hasaplanyşy

Kiçi seçgi üçin orta arifmetiki bahanyň ( $\bar{X}$ ), orta kwadrat gyşarmanyň ( $\sigma$ ) we üýtgew koeffisiýentiniň ( $V$ ) hasaby 5-nji tablisada berilýär.

**5-nji tablisa**

#### Statistiki hasaplamalaryň esasy formulalary

T/b №	Görkezijin iň şahsy bahalary $X_i$	Şahsy bahanyň orta bahadan tapawudy $X_i - \bar{X}$	Tapawudyň kwadraty $(X_i - \bar{X})^2$	Esasy hasap formulalary
1	$X_1$	$X_1 - \bar{X}$	$(X_1 - \bar{X})^2$	$\bar{X} = \frac{\sum_i^n X_i}{N}$ $\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$ $V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\%$
2	$X_2$	$X_2 - \bar{X}$	$(X_2 - \bar{X})^2$	
3	$X_3$	$X_3 - \bar{X}$	$(X_3 - \bar{X})^2$	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
N	$X_n$	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$	

Tablisada ulanylan belgiler şeýle many berýär:  $X_i$  - şahsy baha ( $i$  - nusganyň tertip nomeri);  $\overline{X}$  - orta arifmetiki baha;  $\sigma$  - orta kwadrat gyşarma;  $V$  - üýtgew koeffisiýenti;  $N$  - wariantlaryň sany.

Uly seçgide ( $N > 10 - 15$ ) hasaplama üçin 5-nji tablisada görkeilen usuly ulanmak amatsyz (hasap köp wagty talap edýär). Şonuň üçin hasaplamalar köplenç kompýuterde saklanýan standart programmalar arkaly geçirilýär.

Talyplara hiç hili hasaplaýjy maşynlara dahylsyz bolan ýa-da diňe sadaja kalkulýator ulanylyp geçirilip hasap usullaryny bilmek peýdalydyr. Okuw-usuly edebiyatlarda şeýle usullaryň 2 görnüşi hödürlenýär: köpeltme usuly we jemleme usuly [15, 16 we başgalar]. Bu ýerde 3-nji tablisada berlen seçginiň köpeltme usuly bilen islenişiniň mysaly berilýär. Bu usul sada, 5-nji tablisadaky usul bilen deňeşdirilende zähmeti az talap edýär, esasy statistiki görkezijiler bolan  $\overline{X}$ ,  $\sigma$ ,  $V$  ulylyklary kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Eger hasaplamalar 3-nji we 4-nji momentleriň kesgitlenmegine ýetirilen bolsa bu usulyň esasynda seçginiň paýlanyş kanunyny analitik usul bilen (ekssesiň we asimmetriýanyň görkezijilerini ulanyp) bahalamaga mümkinçilik berýär.

## 6.2. Köpeltme usuly

Köpeltme usuly bilen statistiki görkezijileri kesgitlemek üçin düzülen tablisa 8 sany sütünden ybarat (6-njy tablisa).

6-njy tablisa

Şynp araç äk- leri	Aral yk- aryň orta baha sy $x$	Ýyg- lyk $n$	Şertleýin orta baha $a = 0,450$ synp aralygy $b = 0,040$				
			$x - a$ $b$	$n(x - a)$ $b$	$n^2(x - a)^2$ $b^2$	$n^3(x - a)^3$ $b^3$	$n^4(x - a)^4$ $b^4$
0,27- 0,31	0,2 9	1	-4	-4	16	-64	256
0,31- 0,35	0,3 3	2	-3	-6	18	-54	162
0,35- 0,39	0,3 7	3	-2	-6	12	-24	48
0,39- 0,43	0,4 1	5	-1	-5	5	-5	5
0,43- 0,47	0,4 5	10	0	0	0	0	0
0,47- 0,51	0,4 9	8	1	8	8	8	8
0,51- 0,55	0,5 3	5	2	10	20	40	80
0,55- 0,59	0,5 7	4	3	12	36	108	324
0,59- 0,63	0,6 1	2	4	8	32	128	512
		$N = 40$		$\sum_1 = 17$	$\sum_2 = 147$	$\sum_3 = 137$	$\sum_4 = 1395$

1-nji sütünde synp araçakleri görkezilýär, ikinjide-synpyň orta bahalary, üçünjide-ýygylýk, ýagny her synpa degişli nokatlaryň sany ýazylýar. Soňra şertleýin orta baha hökmünde **a** sany saýlanyp alynýar. Bu sanyň deregine köplenç **moda bahasy** (iň köp ýygylýkly synpyň orta bahasy) ýa-da mediana baha-wariasiýa hataryny deň ikä bölýän baha kabul edilýär. Umuman şertli orta bahanyň deregine agzalan bahalar däl-de, olara goňsy bolup duran synplaryň orta bahasy hem alnyp bilner, onuň netijesinde orta arifmetiki baha garalýan usul bilen kesgitlenen şertde üýtgemez (öňkiligine galar).

4-nji sütüni doldurmak üçin her synpyň orta bahasyndan (2-nji sütün) kabul edilen şertli orta bahany aýyrmaly ( $x - a$ ) we ol tapawudy synp aralygyna ( $b$ ) paýlamaly. Bu ýagdaýda merkezi synp aralygyndaky tapawut (we paý) nola deň bolar ( $x = a$ ). Şol sebäpli uzaga çekýän hasaplamalary geçirmän, merkezi synpyň garşysynda 4-nji sütünde nol ýazylýar. Merkezi synpdan daşlaşdakygyça artýan tarapyndaky synplara 1; 2; 3; 4..., kemelýän tarapyndaky synplara -1; -2; -3; -4... san bahalary berilýär.

Soňky sütünlerdäki synp setirleri şeýle doldurylýar: 5-nji sütün – 3-nji we 4-nji sütündäki sanlary biri-birine köpeldip; 6-njy sütün – 4-nji we 5-nji sütündäki sanlary biri-birine köpeldip; 7-nji sütün – 5-nji we 6-njy sütündäki sanlary biri-birine köpeldip; 8-nji sütün – 6-njy we 7-nji sütündäki sanlary biri-birine köpeldip doldurylýar (6-njy tablisa).

4-nji sütüniň merkezi synpyň garşysynda nol ýazylanlygy, sebäpli şol setiriň garşysyndaky beýleki sütünlerde nol sanyň ýazylmalydygy düşnüklidir.

Hemme köpeltmeler tamamlanandan soňra her sütündäki sanlar alamatlary hasaba alnyp dikligine jemlenýär. Stattistiki görkezijileriň ( $\bar{X}, \sigma, V$ ) ýenilleşdirilen (sadalaşdyrylan) usul bilen hasaplanyşy, seçginiň paýlanyş kanunynyň analitik

(hasaplama) usuly bilen kesgitlenişi 7-nji tablisadaky formulalar arkaly geçirilýär.

**7-nji tablisa**

**Statistiki görkeijileri we seçginiň paýlanyş kanunyny  
köpeltme usuly bilen hasaplamakda ulanylýan esasy  
formulalar**

<b>Statistiki görkeziji ler</b>	<b>Formulalar</b>
Orta arifmetiki baha, $\bar{X}$	$\bar{X} = a \pm \frac{b \sum_1}{N} \quad (2)$
Orta kwadrat gyşarma, $\sigma$	$\sigma = \pm \sqrt{\frac{b^2 \cdot \sum_2}{N} - \left( \frac{b \cdot \sum_1}{N} \right)^2} \quad (3)$
Üýtgew koeffisiý enti, $V$	$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (4)$
Merkezi momenti ň III derejesi, $M_3$	$M_3 = \frac{\sum_3}{N} - \frac{3 \sum_2 \cdot \sum_1}{N^2} + 2 \left( \frac{\sum_1}{N} \right)^3 \quad (5)$
Merkezi momenti ň IV derejesi, $M_4$	$M_4 = \frac{\sum_4}{N} - \frac{4 \sum_3 \cdot \sum_1}{N^2} + 6 \frac{\sum_2}{N} \left( \frac{\sum_1}{N} \right)^2 - 3 \left( \frac{\sum_1}{N} \right)^4 \quad (6)$
Asimmet riýa görkezijis	$A = \frac{M_3 \cdot b^3}{\sigma^3} \quad (7)$

i, A	
Asimme triýa görkeziji siniň säwligi, $m_A$	$m_A = \pm \sqrt{\frac{6}{N}} \quad (8)$
Ekssesiň görkeziji si, E	$E = \frac{M_4 \cdot b_4}{\sigma^4} - 3 \quad (9)$
Ekssesiň görkeziji siniň säwligi, $m_E$	$m_E = \pm \sqrt{\frac{24}{N}} \quad (10)$

7-nji tablisada berlen (2) formula boýunça görkezijiniň orta arifmetiki bahasyny hasaplaýarys:

$$\bar{X} = 0,450 + \frac{0,04 \cdot 17}{40} = 0,450 + 0,017 = 0,467.$$

Görkeziji barada doly maglumat almak üçin orta baha ýeterlik däl, goşmaça şahsy bahalaryň orta bahanyň töwereginde pytraňňylyk derejesini häsiýetlendirýän görkezijiler ulanylmaly, orta kwadrat gyşarma  $\sigma$  we üýtgew koeffisiýenti. Bu görkezijileriň bahasy näçe uly bolsa, şonça teýgum garalýan häsiýeti boýunça dürlüdür.

Orta kwadrat gyşarma 6-njy sütündäki sanlaryň jemi boýunça hasaplanýar. 6-njy sütüni doldurmak üçin 4-nji we 5-nji sütündäki sanlary biri-birine köpeltmek ýeterlikligini ýatlaýarys.

Orta kwadrat gyşarmany 7-nji tablisadaky 3-nji formula boýunça hasaplaýarys:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{0,04^2 \cdot 147}{40} - \left(\frac{0,04 \cdot 17}{40}\right)^2} = \pm \sqrt{0,003591} \approx 0,075$$

Orta kwadrat gyşarmanyň (ýa-da dispersiýanyň  $\sigma^2$  kwadrat köküniň) bahasyny položitel alamat bilen almak şertleýin kabul edilýär. Onuň ölçeg birligi hasaplanýan görkezijiniň ölçeg birligi bilen deňdir.

Ahtimallyk nazaryýetiniň subut etmegi boýunça seçgi normal kanun boýunça paýlanýan bolsa  $x \pm \sigma$  aralykda wariantlaryň 68,3% bolmalydyr, başgaça - 1000 wariantdan 683-si şol çägiň içinde ýerleşmeli.  $x \pm 2\sigma$  çägiň içinde hemme wariantlaryň 95,4%-i ýerleşmeli. Eger gerim araçaği  $x \pm 3\sigma$  (üç sigma çägi) görnüşinde alynsa, şol çägiň içinde hemme wariantlaryň 99,7%-i, ýagny 1000 wariantyň 997-si (iş ýüzünde hemmesi diýen ýaly) ýerleşmeli.

Hasaplamalarda seçgide üç sigma çägidenden daşyna çykýan şahsy baha bar bolsa, tejribe netijesiniň şol wariantyny göz-görtele ýalňyş hasaplap seçginiň düzüminden çykarylmalı we hemme hasaplamalar täzedan gaýtalanmalı. Bizniň mysalymyzda üç sigma çäginin ýokarky çägi:

$$\overline{X} + 3\sigma = 0,467 + 3 \cdot 0,075 = 0,692$$

aşaky çägi:

$$\overline{X} - 3\sigma = 0,467 - 3 \cdot 0,075 = 0,242.$$

Pytraňnylyk grafiginden (3-nji surat) görnüşi ýaly garalýan mysalda üç sigma çäkden daşyna çykýan şahsy baha ýok.

Görkezijiniň üytgewiniň san bahasy hökmünde adatça üytgew koeffisiýenti ( $V$ ) ulanylýar. Ol orta kwadrat gyşarmanyň orta arifmetik baha bölünendäki paýa deňdir (7-nji tablisadaky 4-nji formula). Eger üytgew koeffisiýenti  $V < 30\%$  az bolsa, onda teýgum şu görkezijisi boýunça birmeňzeş, eger  $V > 30\%$  bolsa-dürli hasaplanýar.

Garaýan mysalda:

$$V = \frac{0,075}{0,467} \cdot 100\% \approx 16\%,$$

ýagny hazar toýunlary süýşme koeffisiýenti boýunça birmeňzeşdir.



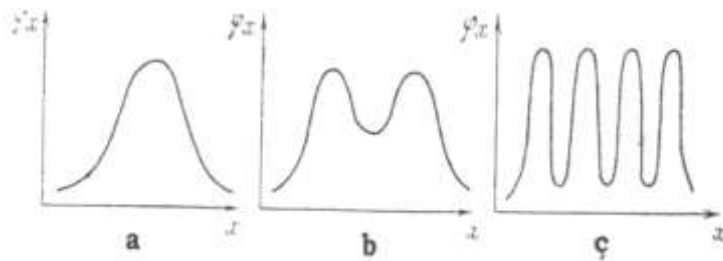
## 7. SEÇGINİŇ PAÝLANYŞ KANUNYNYŇ BAHALANYŞ USULLARY

### 7.1. Paýlanyş egrisiniň keşbini bahalamak

Orta arifmetiki baha we orta kwadrat gyşarma görkeziji hakda kesgitli maglumat diňe seçginiň paýlanyşy normal kanuna görä bolanda bolýar.

Köp sanly tejribeleriň görkeziji ýaly dag jynslarynyň ýaşyt-şejerediş toplumlarynyň, kybapdaş häsiýetli gatlaklaryň düzümi we häsiýet görkezijileriniň aglaba köpüsiniň paýlanyşy normal kanuna boýun egýär. Emma paýlanyşyň başga hili tertipde bolup geýän ýerleri hem bar.

Iş ýüzünde köp ýagdaýlarda paýlanyşyň normal kanuna deňişlidigi ýa-da deňişli dälidiginiň deslapky bahalanmasy paýlanyş egrisiniň daşky keşbi boýunça geçirilýär. Eger paýlanyş egrisi simmetrik bolsa, ýygylýk okuna ugurdaş süýnmek bolmasa, kese oka ugurdaş ýapbaşyk bolmasa (5-nji surat a) ol normal paýlanyş kanunynyň alamatydyr. Eger paýlanyş egrisi iki örküçli (iki modaly) bolsa paýlanyşyň normal kada boýun egýänligine uly şübhe döreýär. Şeýle paýlanyş seçginiň birmeňzeş dälidigi, hatda iki sany aýry inžener-geologik elemente deňişli bolmagy bilen bagly bolup biler (5-nji surat b). Juda seýrek ýagdaýda köpörküçli (köp modaly) paýlanyşyň hem duşmagy mümkindir (5-nji surat ç).



### 5-nji surat. Paýlanyş egrisiniň dürli görnüşleri

a – bir modaly egri; b – iki modaly (iki örküçli egri);

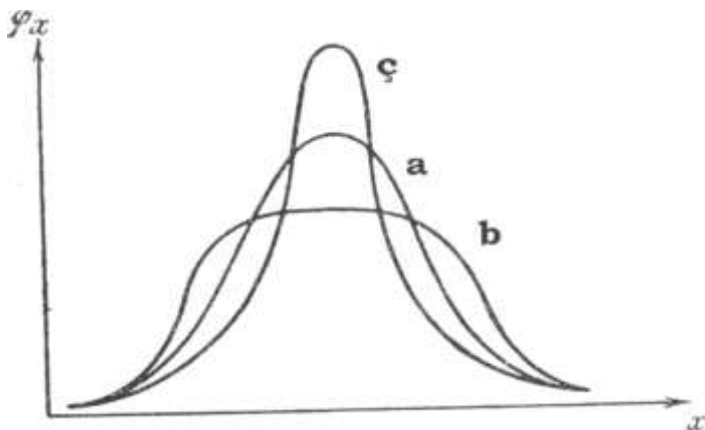
ç – köp modaly (köp örküçli) paýlanyş egrisi

Umuman alanyňda normal paýlanyş egrisi daş keşbi boýunça uly jaňa çalymdaşdyr. Ol simmetrik bolmaly we iň uly ýygýlykdan iki tarapyna hem kese oka (abssisa okuna) asimptotik ýakynlaşmalydyr. Bu keşp nazary jähetden položitel we otrisatel gyşarmalaryň deň ähtimallyklydygyny ol gyşarmalaryň islendik derejede uly bolmagynyň mümkindigini, emma şeýle ýagdaýyň ähtimallygynyň juda az bolmalydygyny görkezýär.

Öňki berlen formulalara laýyklykda normal paýlanyş iki görkeziji bilen matematiki garaşma  $\mu$  we dispersiýa  $\sigma^2$  bilen kesgitlenýär.

$\mu$  ululyk normal paýlanyşda şol bir wagtda hem mediana hem moda baha bolup bilýär, ýagny ol  $X$  ululygyň merkezi iň ýokary ähtimallykly bahasy bolýar. Bu baha egriniň kese okdaky ýerleşýän ýerini görkezýär:  $\mu$  ulaldygyça ol saga süýşýär, kiçelse – çepe.

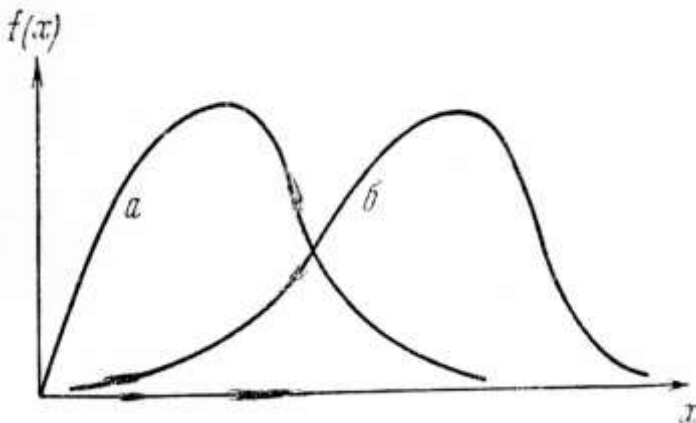
Dispersiýa  $\sigma^2$  paýlanyş egrisiniň gysylma derejesini häsiýetlendirýär.  $\sigma^2$  näçe uly bolsa, şonça paýlanyş egrisi ýaýbaňlanýar, ýapyrylýar (6-njy surat).



### 6-njy surat. Ekssesiw paýlanyşlar

a – normal bölünme egrisi; b – otrisatel ekssesli bölünme;  
ç – položitel ekssesli bölünme

Asimmetriýanyň koeffisiýentiniň položitel we otrisatel bahalary bolup bilýär (7-nji surat). Položitel asimmetriýa paýlanyş egrisiniň uly bahalara tarap uzalýanlygynyň alamaty, şeýle paýlanyşa saglakaý diýilýär, otrisatel asimmetriýada egri çepe tarap uzalýar, şeýle asimmetriklige çepbekeý diýilýär.



### 7-nji surat. Asimmetrik paýlanyşlar

a – položitel ýa-da saglakaý asimmetriýaly;

b – otrisatel ýa-da çepbekeý asimmetriýaly

Köp ýagdaýlarda asimmetriklik - seçginiň kiçiligi bilen, hasaba alynýan mukdar görkezijisiniň sanynyň azlygy bilen bagly bolýar; bu şertde seçgini ulaltsaň asimmetriklik ýitýär.

Normal paýlanyşda asimmetriýanyň we ekssesiň koeffisiýentleri nola deň bolmaly.

### 7.2. Esasy hasap formulalary

Eger paýlanyş egrisiniň keşbi boýunça ynamly netije gazanylmasa seçginiň paýlanyşynyň goşmaça usullar bilen barlamak zerurlygy döreýär.

Şol barlaglaryň sadaja görnüşleriniň (paýlanyş grafiginiň keşbi boýunça, jemlenen ýygjamlygyň ähtimallyk kagyza ýerleşşi boýunça) esasynda paýlanyşyň hiliniň bahalanyşyna öň garalyp geçildi. Şeýle bahalanma deslapky hasaplanýar. Eger şeýle bahalanmada paýlanyş egrisi göz-görtele asimmetrik şekilli ýa-da köp depeli bolsa has ygtybarly netijä gelmek üçin paýlanyş egrisiniň şekilini häsiýetlendirýän

görkezijiler: asimetriýanyň we ekssesiň görkezijileri ulanylýar:

$$A = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^3}{N \cdot \sigma^3};$$

$$E = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^4}{N \cdot \sigma^4} - 3.$$

Görkezilen statistik häsiýetnamalary hasaplamak çylşyrymly we köp wagty talap edýär. Bu usul diňe kiçi seçgiler üçin ( $N < 10$ ) ulanyp bilner. Uly seçgiler üçin (wariantlaryň sany onlarça, ýüzlerçe) agzalan görkezijiler öňki agzalyp geçilen köpeltme usulyny ulanyp hasaplamak sada we wagty tygşytlamaga mümkinçilik berýär.

### **7.3. Asimetriýanyň we ekssesiň görkezijilerini köpeltme usulyny ulanyp hasaplamak**

Agzalan görkezijileri adaty usulda 3-nji, 4-nji momentleriň üsti bilen kesgitlemegiň juda köp zähmet talap edýänligini göz önünde tutup olar 8-nji tablisada berlen 5-8-nji formulalaryň üsti bilen hasaplanýar.

Biziň myslymyzda:

$$M_3 = \frac{137}{40} - \frac{3 \cdot 147 \cdot 17}{40 \cdot 40} + 2 \left( \frac{17}{40} \right)^3 = 3,425 - 4,686 + 0,154 = -1,107$$

$$M_4 = \frac{1395}{40} - \frac{4 \cdot 137 \cdot 17}{40 \cdot 40} + 6 \frac{147}{40} \left( \frac{17}{40} \right)^2 - 3 \left( \frac{17}{40} \right)^4 = 34,87 - 5,72 + 4,06 - 0,1 = 33,1$$

$$A = \frac{M_3 \cdot b^3}{\sigma^3} = \frac{-1,107(0,04)^3}{(0,075)^3} = \frac{-1,107 \cdot 0,000064}{0,0004218} = \frac{-0,0000708}{0,000428} = -0,165$$

$$m_A = \pm \sqrt{\frac{6}{40}} = \pm \sqrt{0,15} = \pm 0,387$$

Eger seçginiň paýlanyşy normal görnüşe degişli bolsa onuň asimmetriýa we eksses görkezijileri nola deň bolmaly. Eger asimmetriýa görkezijisiniň alamaty plýus bolsa (položitel asimmetriýa), onda paýlanyhş egrisiniň depesi çepesüýşen bolmaly, eger alamat minus bolsa egriniň depesi sagasüýşen bolmaly.

Položitel asimmetriýa seçgide orta arifmetiki bahadan uly birnäçe şahsy wariantlaryň bardygyny görkezýär. Eger garalýan mysaldaky ýaly asimmetriýa otrisatel bolsa, ol seçgide orta arifmetiki bahadan has kiçi wariantlaryň bardygynyň alamatydyr.

Seçginiň paýlanyşynyň normal kanuna golaýlygyny asimmetriýanyň we ekssesiniň görkezijileriniň olaryň säwliklerine bolan gatnaşygynyň üsti bilen bahalanýar.

Eger asimmetriýanyň görkezijisiniň  $(A)$  onuň säwligine  $(m_A)$  bolan gatnaşygy üçden köp bolsa, ol seçginiň paýlanyşynyň normal kanundan düýpli tapawutlydygynyň alamatydyr.

Biziň mysalymyzda:

$$\left| \frac{A}{m_A} \right| = \frac{0,166}{0,385} \approx 0,4 < 3,$$

ýagny asimmetrlilik bar hem bolsa onuň san bahasy ujypsyz we asimmetriýasy boýunça seçgini normal kanun boýunça paýlanýar diýip alyp bolýar.

Ekssesiň görkezijisi položitel hem, otrisatel hem bolup bilýär. Birinji ýagdaýda paýlanma egrisi gysylan we süýnmek bolýar, ikinjide – egri ýere (kese oka) ýapyrylyp ýatan bolýar. Položitel eksses seçidäki wariantlaryň orta üýşendigini aňladýar, ýere ýazylyp ýatan paýlanyş egrisi wariantlaryň üytgew geriminiň çäginde gyrađeň ýaýrandygyny aňladýar.

Eger ekssesiň görkezijisiniň bahasy onuň säwliginden üç esse uly bolsa bu seçginiň paýlanyşynyň normal dälđiginiň alamatydyr.

Biziň mysalymyzda:

$$E = \frac{M_4 \cdot b^4}{\sigma^4} - 3 = \frac{33,1(0,04)^3}{(0,075)^4} - 3 = 2,65 - 3 = -0,35$$

$$m_E = \pm \sqrt{\frac{24}{40}} = 0,775$$

$$\left| \frac{E}{m_E} \right| = \frac{0,35}{0,775} = 0,45 < 3.$$

Şeýlelik bilen garalýan mysalda ekssesiň görkezijisiniň öz säwligine gatnaşygy hem üçden az, ýagy  $0,35 < 3 \cdot 0,775$ , şol sebäpli garalýan seçginiň paýlanyşy normal kanuna laýyk gelýär diýip hasaplamaga biziň doly hakymyz bar.

## 8. GÖRKEZIJILERİŇ HASAP BAHASYNY KESGITLEMEK

### 8.1. Umumy kadalar

Inžener-geologik görkezijileriň nusgawy we hasap bahalaryny kesgitlemekden öň teýgum massiwinde ýa-da haýsy-da bolsa bir gurluşyk meýdançada ilkinji nobatda inžener-geologik elementler (IGE) bölünip çykarylmalı we agzalan nusgawy we hasap bahalar her aýry-aýry IGE üçin we her häsiýet görkezijisi üçin kesgitlenilmeli. Inžener-geologik elementleriň toplumy obýektiň inžener-geologik modelini düzýär. Teýgumlar toplumlaryny şeýle bölüp hasaba almanyň ýörelgeleri N.W.Kolomenskiý we I.S.Komarow tarapyndan işlenip düzülen. Inžener-geologik element hökmünde geologik gurluşy, ýaşy gelip çykyşy we kysymy birmeňzeş bolan teýgumun belli göwrüminiň kabul edilýänligi öň bellenişdi. IGE deslapky ýagdaýda geologik pikir ýüwürtmeler esasynda geçirilýär, soňra maglumat toplanma derejesine bagly-inžener-geologik elementleriň sany, araçäkleri kem-kemden takykklanyp bilner.

Soňky tapgyrda IGE-niň çäginde görkezijileriň üýtgewiniň garaşsyzlygyna göz ýetirilmeli ýa-da garaşly (kanuny) üýtgewiň hasaba alynmazlyk derejesinde ujypsyzly tassyklanylmalı. Şeýle netije gelmek üçin öňki bellenen usullardan başga üýtgew koeffisiýenti ( $V$ ) hem ulanylyp bilner. Munuň üçin saýlama seçgi boýunça hasaplanan üýtgew koeffisiýenti onuň ygtyýar berilýän bahasyndan ( $V_{y.b.}$ ) uly dældigine anyklamak ýeterlidir:

$$V < V_{y.b.}, \quad (8.1.)$$

bu ýerde

$V_{y.b.}$  - üýtgew koeffisiýentiniň ygtyýar berilýän bahasy;  
ol fiziki



görkezijiler için 0,15; mehaniki häsiýetler için 0,30.

Eger üýtgew koeffisiýenti agzalan bahadan uly bolsa onda şeýle formulany ulanyp IGE-leri täzeden bölüp çykarmaly.

$$h = \frac{R}{N}, \quad (8.2.)$$

bu ýerde

$h$  - pytraňňylyk grafigi için alnan synp aralygy;

$R = X_{max} - X_{min}$  - hatarlama wariasiýasynyň gerimi.

Bu formulany ulanyp statistik görkezijileri täzeden kesgitlemek için şeýle kadalar berjaý edilmelidir [17]:

1. Her synpa degişli nokatlaryň iki gyrakylary hasaba akynmanda üçden az bolmaly däldir. Şu kada gabat gelmeýän synplar gönşulary bilen birikdirilmelidir.

2. Iş ýüzünde şeýle synplaryň sany aram sanly seçgiler için 6-12, 100-e çenli mukdary bolan seçgiler için 20-25-e çenli ýetirilýär.

Öz-özünü barlamak için şeýle maglumatlara salgyylanyp bolar: teýgumlaryň çyglylygyny we öýjükliliginiň üýtgew koeffisiýentiniň iň ýokary bahasy 15%-den ýarsma modulynyňky – 30%-den geçmeýär.

## **8.2. Görkezijileriň kepillendirilen, nusgawy we hasap bahalary**

Iş ýüzünde teýgumlaryň, ýerasty suwlaryň häsiýetleri çäkli synag-tejribeleriň üsti bilen öwrenilýär. Şol sebäpli alnan maglumatyň häkykata nähili golaýdygyny bahalamak zerurlygy döreýär.

Seçgidäki synaglaryň sany artdygyça (uly sanlaryň kanunyna laýyklykda) şahsy bahalaryň hakyky bahanyň töweregindäki pytraňňylygy peselýär, hasaba alynýan orta bahanyň ygtybarlygy artýar. Säwligiň ululygy bilen bagly

ygtybarlyk (kepillendirilýän ygtybarlyk  $P_1$ ) san bahanyň kesgitli ynamlylygyny häsiýetlendirýär.

Kepillendirilen ygtybarlyk bilen säwligiň ululygyň arasyndaky baglanyşyk **kepillendirilen koeffisiýentiň ( $t$ )** üsti bilen amala aşyrylýar.

$t$  koeffisiýentiň bahasy ygtyýar berilýän säwlikden çykmazlyk şerti bilen alynýan ygtybarlyk derejesine we seçginiň möçberine bagly (8-nji tablisa). Kepillendirilen ygtybarlyk saýlanan seçginiň häsiýetnemesynyň baş jemiň çäklerinden çykmazlyk şertiniň ülüşini görkezýär.

$P(t) = 0,954$  bolan şertde 1000 gezek alnan hadysanyň 954-de seçginiň häsiýetnamasy baş jemden hasaplanan säwlikden ýokary bolmaz.

## 8-nji tablisa

### Kepillendirilen koeffisiýentiň kepillendirilen ygtybarlyga we seçginiň möçberine bablylygy

$P(t)$		3	4	6	8	10	12	14	16	20	$\infty$
0,6 82	$t$	1,3 2	1,3 0	1,1 1	1,0 8	1,0 6	1,0 4	1,0 2	1,0 1	1,0 1	1,0 0
0,9 54		4,5	3,3	2,6	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0

Şahsy görkezijileriň paýlanyş kanunyny kesgitlemek hasap bahalaryny has ygtybarly kabul edilmegine ýardam edýär. Hakykatdan hem laboratoriýa kesgitlemeleriniň paýlanyş kanuny belli bolsa hakyky bahadan haýsy tarapa we näçe ululyga süýşme boljagyny önünden kesgitlenen ynamlylyk bilen aýdyp bolýar. Şol sebäpli inžener- geologik hasaplamalarda görkezijileriň umumylaşdyrylan bahalaryna mümkin bolan säwlikleri göz önünde tutýan düzediş

koeffisiýentleri girizilýär. Ol düzedişler görkezijiniň orta bahasy kesgitlenende goýberilmegi mümkin bolan ýalnyslyklary, şeýle-de desganyň işleýiş aýratynlyklaryny hasaba alýar. Şeýle düzedilen umumylaşdyrylan baha **hasap baha** diýlip atlandyrylýar.

Umumylaşdyrylan görnüşde hasap bahasy şeýle kysymly formula bilen kesgitlenýär:

$$X_h = \overline{X} \pm R, \quad (8.3.)$$

bu ýerde

$\overline{X}$  - orta arifmetiki baha  $X_h$  - hasap baha;

$R$  - düzediş koeffisiýenti.

Düzediş koeffisiýentiniň alamaty hasaplanýan görkezijä we onuň ulanylmaly şertine bagly we hemme şertlerde düzediş girizilende desganyň has amatsyz ýagdaýa düşendäki ýagdaýy nazarda tutulýar. Içki sürtülme burçy ( $\varphi$ ), udel ilişme ( $c$ ), gysyşa wagtlaýyn garşylyk ( $\sigma$ ) ýaly görnetin berklik görkezijileri üçin düzedişiniň alamaty minus bilen alynýar (hasap pes berklik boýunça geçirilýär). Eger görkeziji görnetin ýarsmany häsiýetlendiýän bolsa: gysylma koeffisiýenti ( $a$ ), ýarsma moduly ( $E$ ) bolsa-düzediş plýus alamat bilen alynýar, ýagny hasap uly ýarsma boýunça geçirilýär.

Süzülme görkezijisi üçin alamat hasabyň näme üçin geçirilýänligie bagly. Eger kanaldan, howdandan ýitgiler hasaplanmaly bolsa-alamat plýus (+) alynýar, guýa, skwažina (ulanys, zeykeş guýularyna) gelmeli suw hasaplananda alamat minus (-) alynýar.

## **9. HASAP BAHALARYŇ STANDART USUL BILEN (TDS-20522-96) BOÝUNÇA KESGITLENILIŞI**

Görkezijileriň nusgawy we hasap bahalaryny kesgitlemek laboratoriýa maglumatlaryny statistik usullar bilen işlemegiň iň esasy wezipesidir. Taryhda, iş tejribesinde görkezijileriň nusgawy we hasap bahalaryny kesgitlemegiň dürli wariantlary ulanylan hem bolsa [15], häzirki wagt bu usul standartlaşdyryldy we GDA girýän ýurtlarda TDS-20522-96 (ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. МНТКС, 1996) atly resminama boýunça geçirilýär.

Bu ýerde agzalan görkezijileriň kesgitleniş usulyýetiniň resmi kadalarynyň beýany berilýär.

### **9.1. Teýgumlaryň bir görkeziji bilen häsiýetlendirilýän nusgawy we hasap bahalary**

1. Teýgumlaryň häsiýet görkezijisi garaşsyz (stasionar) üýtgeýän bolsa fiziki häsiýetleriň (çyglylyk, dyklylyk, öýjükliklik, süýgeşiklik görkezijileri we ş.m.), mehaniki häsiýetleriň (ýarsma görkezijileri, birokly gysyşda berklik çägi, yzgarlamadan çökmäniň we yzgardan çişmäniň degşirme bahalary we ş.m.) nusgawy bahalary orta arifmetiki baha ( $\overline{X}$ ) diýlip kabul edilýär we şeýle hasaplanýar:

$$X_N = \overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (9.1.)$$

bu ýerde

$n$  - seçgidäki ölçegleriň sany;

$X_i$  - synag boýunça alnan şahsy bahalar;

$\overline{X}$  - orta arifmetiki baha;

$X_N$  - görkezijiniň nusgawy bahasy.

2. Synag geçirilenende tötänleýin düşmegi mümkin bolan ýalňyş şahsy bahalary (maksimal ýa-da minimal bahalary) aradan aýryp hasapdan çykarylmalı. Munuň üçin şeýle formula ulanylýar:

$$|X_N - X_i| > \nu \cdot S, \quad (9.2.)$$

bu ýerde

$\nu$  - ölçegleriň sanyna ( $n$ ) baglylykda 9-njy tablisa boýunça alynýan statistik kriteriý;

$S$  - (9.3.) formula boýunça kesgitlenýän orta kwadrat gyşarma:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}. \quad (9.3.)$$

Eger 9.2. formulanyň netijesi boýunça seçgiden haýsy-da bir şahsy baha hasapdan çykarylan bolsa (9.1.) we (9.3.) formulalar bilen hasaplanan görkezijiler gaýtadan kesgitlenilmelidir.

Nusgawy bahadan hasap bahasyna geçmekde teýgumuň gyrađeň birmeňzeş dăldigi we synaglaryň sanynyň çăklidigi sebăpli ortaça bahanyň säwlikli kesgitlenilýänligi göz öňünde tutulýar.

Munuň üçin iki üýtgew koeffisiýenti ( $V$ ) we takyklyk görkezijisi ( $\rho_\alpha$ ) hasaplanýar:

$$V = \frac{S}{X_N} \quad (9.4.)$$

$$\rho_{\alpha} = \frac{t_{\alpha} \cdot V}{\sqrt{n}}, \quad (9.5.)$$

bu ýerde

$t_{\alpha}$  - kabul edilen birtaraply ynamly ähtimallyga ( $\alpha$ )  
baglylykda alynýan koeffisiýent.

## 9-njy tablisa

### Ikitaraply ynamly ähtimallyk üçin $\nu$ kriteriniň bahalary

Ölçegleriň sany $n$	$\nu$ kriteriniň bahasy	Ölçegleriň sany $n$	$\nu$ kriteriniň bahasy
3	1,41	22	2,82
4	1,71	23	2,84
5	1,92	24	2,86
6	2,07	25	2,88
7	2,18	26	2,90
8	2,27	27	2,91
9	2,35	28	2,93
10	2,41	29	2,94
11	2,47	30	2,96
12	2,32	31	2,97
13	2,56	32	2,98
14	2,60	33	3,00
15	2,64	34	3,01
16	2,67	35	3,02
17	2,70	36	3,03
18	2,73	37	3,04
19	2,75	38	3,05
20	2,78	39	3,06
21	2,80	40	3,07

Görkezijiniň hasap bahasy ( $X$ ) şeýle hasaplanýar:

$$X = X_N(1 \pm \rho_\alpha), \quad (9.6.)$$

bu ýerde

$\rho_\alpha$  -nyň öňündäki alamat desganyň ygtybarlylygyny artdyrmak niýet bilen alynýar.

(9.1-9.6) formulalarda görkezilen usul teýgumlaryň teýkarynyň hasabynda ulanylýan dykzylyk, dagynyk teýgumlaryň ýarsma moduly, bitewidaş teýgumlaryň birokly gysyşa berkligi ýaly görkezijileriň hasap bahalary kesgitlenende ulanylýar. Ýarsma modulynyň, deňeşdirme yzgarlap çökmäniň we yzgarlap çişmäniň görkezijileri üçin hasap bahasynyň deregine nusgawy bahany almaga ygtyýar berilýär.

## **9.2. Içki sürtülme koeffisiýentiniň we udel ilişmäniň nusgawy we hasap bahalarynyň kesgitlenilişi**

Içki sürtülme burçunyň we udel ilişmäniň nusgawy we hasap bahalary TDS-20522-96-nýň kadasy boýunça başgaça hasaplanýar. Eger laboratoriya synaglary bitewi berlen 3 dik basyşda birtekizlikli kesme (süýşürme) boýunça geçirilen bolsa, berklik görkezijileriniň nusgawy we hasap bahalary aşakdaky usullaryň biri boýunça kesgitlenýär.

1. Içki sürtülme koeffisiýentiniň ( $tg\varphi_j$ ) we udel ilişmäniň ( $c_j$ ) şahsy bahalary her bitewi nusga boýunça alnan dik basyşda ( $\sigma_i$ ) kesgitlenen süýşürji basyşyň ( $\tau_i$ ) bahalaryna görä (9.7.)-(9.9.) formulalar boýunça kesgitlenýär.

2.  $tg\varphi$  we  $c$  görkezijileriň nusgawy bahalary  $tg\varphi_j$  we  $c_j$  şahsy bahalary boýunça däl-de, hemme nusgalar boýunça kesgitlenen  $\sigma_i$  we  $\tau_i$  görkezijileriň bir seçgide statistik işlenip

geçmesi boyunca hasaplanýar. Bu usul adatça gidrotehniki we energetiki desgalaryň taslamasy esaslandyrylanda ulanylýar.

Bu ýerde agzalan 1-nji usulda ulanylýan formulalar getirilýär.

$$tg\varphi_j = \frac{K \sum_{i=1}^K \tau_i \sigma_i - \sum_{i=1}^K \tau_i \sum_{i=1}^K \sigma_i}{K \sum_{i=1}^K (\sigma_i)^2 - \left( \sum_{i=1}^K \sigma_i \right)^2}, \quad (9.7.)$$

$$c_j = \frac{1}{K} \left( \sum_{i=1}^K \tau_i - tg\varphi_j \sum_{i=1}^K \sigma_i \right), \quad (9.8.)$$

bu ýerde

$K - tg\varphi_j$  we  $c_j$  görkezijileri kesgitlemek üçin her synagda ulanylan dik basyşlaryň  $(\sigma_i)$  sany  $K \geq 3$  bolmaly.

Eger (55) formula ulanylanda  $c_j < 0$  bolsa, onda  $c_j = 0$  diýilip alynýar we  $tg\varphi_j$  şeýle formula boyunca hasaplanýar:

$$tg\varphi_j = \frac{\sum_{i=1}^K \tau_i \cdot \sigma_i}{\sum_{i=1}^K \sigma_i^2}. \quad (9.9.)$$

Getirilen formulalar boyunca hasaplamalar kompýuterde ýa-da gaýry hasaplaýjy abzallarda geçirilip bilner. Bu hasaplamalaryň inçe ýollaryny has çuňňur



öwrenmek üçin inžener geologiýasynda matematika usullaryny ulanmak boýunça ýörite ýazylan kitaplara we gollanmalara ýüzlenip bolar (I.S.Komarow, 1972 ý. we başgalar).

### 9.3. Görkezijileriň nusgawy we hasap bahalarynyň kesgitlenilişine mysallar

**1-nji mysal.** Süýşme koeffisiýentiniň ( $tg\psi$ ) nusgawy we hasap bahalary.

Bu görkezijiniň nusgawy we hasap bahalary bu ýerde şertleýin (9.1.)-(9.6.) formulalary ulanyp kesgitleýäris. Formulalary sadalaşdyrmak üçin  $tg\psi$  görkezijiniň deregine  $X$  belgini ulanýarys.

Biziň mysalymyzda:  $\bar{X} = 0,467$ ;  $\sigma = 0,075$ ;  $V = 16\% = 0,16$ ;  $N = 40$ .

Seçginiň içinde hasapdan çykarylmalý şahsy bahanyň ýoklugy sebäpli biz bu ýerde nusgawy baha hökmünde orta arifmetik bahany kabul edýäris:  $X_N = \bar{X} = 0,467$ . Hasap bahany kesgitlemek üçin [12] edebiýatynyň Ж-2 tablisasyndan birtaraply ynamly ähtimallyk üçin ähtimallygyň iki bahasyna ( $\alpha = 0,85$  we  $\alpha = 0,95$ ) degişli koeffisiýentleri alýarys.

$\alpha = 0,85$  şertde  $t_\alpha = 1,05$

$\alpha = 0,95$  şertde  $t_\alpha = 1,67$ .

Onda (9.5.) we (9.6.) formulalar boýunça düzediş goşundysynyň alamatyny aýyrmak (minus) alyp hasaplaýarys:

$$\rho_\alpha = \frac{t_\alpha \cdot V}{\sqrt{N}}$$

$$\rho_{\alpha_1} = \frac{1,05 \cdot 0,16}{\sqrt{40}} = \frac{0,168}{6,324} = 0,027$$

$$X_1 = 0,467(1 - 0,027) = 0,467 \cdot 0,973 = 0,454$$

$$\rho_{\alpha_2} = \frac{1,67 \cdot 0,16}{6,324} = \frac{0,267}{6,324} = 0,042$$

$$X_2 = 0,467(1 - 0,042) = 0,467 \cdot 0,958 = 0,447.$$

**2-nji mysal.** İçki sürtülme koeffisiýentiniň we udel işläniniň nusgawy we hasap bahasyny kesgitlemek (10-njy tablisa).

**10-njy tablisa**

**Teýgumlaryň  $P=N \cdot 10^5$  Pa dik basyşda süýşürji güýçlere garşylygy  $\sigma$ ,  $10^5$  Pa**

<b>Dik basyşlar <math>P</math>, <math>10^5</math>Pa</b>	<b>Şol bir IGE-niň çäginde geçirilen synaglar boýunça süýşürji güýçlere garşylyklar <math>\sigma</math>, <math>10^5</math> Pa</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1,0	0,75	0,55	0,80	0,64	0,75	0,90
2,0	1,00	0,90	1,10	0,90	1,10	1,20
3,0	1,25	1,10	1,30	1,15	1,40	1,50

Bu ýerde esasy görkezijiler ( $tg\varphi$  we  $c$ ) üçin hasaplamalar (9.7.) we (9.8.) formulalary ulanyp 2 usulda geçirilýär. Birinji usulda her butewi nusgada 3 dik basyşda kesgitlenen süýşürji güýçler boýunça aýratyn  $tg\varphi$  we  $c_n$  tapylýar, soňra 6 nusga boýunça orta baha tapylýar. Ikinji usulda hemme 6 nusganyň hem 3 dik basyşyndaky süýşürmä garşylygy bir seçgide işlenýär.

11-nji tablisa

1-nji usul boýunça hasap tablisasy ( $K=3$ )

Nusgalaryň nomerleri ( $j$ )	$P_i$ , $10^5 \text{Pa}$	$\tau_i$	$P_i \cdot \tau_i$	$P_i^2$	$K \sum_{i=K}^K (P_i)^2 - \left( \sum_{i=1}^K P_i \right)^2 = 3 \cdot 14 - 36 =$ $= 42 - 36 = 6$ (hemme wariantlarda)
1	1	0,75	0,75	1	$tg \varphi_1 = (3 \cdot 6,5 - 3 \cdot 6) : 6 = (19,5 - 18) : 6 = 0,25$ $C_1 = \frac{1}{3}(3,00 - 0,25 \cdot 6) = \frac{1}{3} \cdot 1,5 = 0,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$
	2	1,0	2,0	4	
	3	1,25	3,75	9	
$\sum_i$	6	3,00	6,5	14	
2	1	0,55	0,55	1	$tg \varphi_2 = (3 \cdot 5,65 - 6 \cdot 2,55) : 6 = 0,275$ $C_2 = \frac{1}{3}(2,55 - 0,275 \cdot 6) = 0,33 \cdot 10^5 \text{Pa}$
	2	0,90	1,80	4	
	3	1,10	3,3	9	
$\sum_i$	6	2,55	5,65	14	
3	1	0,80	0,80	1	$tg \varphi_3 = (3 \cdot 6,9 - 6 \cdot 3,2) : 6 = 1,5 : 6 = 0,25$ $C_3 = \frac{1}{3}(3,2 - 0,25 \cdot 6) = 0,57 \cdot 10^5 \text{Pa}$
	2	1,10	2,20	4	
	3	1,30	3,90	9	
$\sum_i$	6	3,2	6,90	14	

4	1	0,64	0,64	1	$tg\varphi_4 = (3 \cdot 5,89 - 6 \cdot 2,69) : 6 = 0,255$ $C_4 = \frac{1}{3}(2,69 - 0,255 \cdot 6) = 0,39 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	2	0,90	1,80	4	
	3	1,15	3,45	9	
$\sum_i$	<b>6</b>	<b>2,69</b>	<b>5,89</b>	<b>14</b>	
5	1	0,75	0,75	1	$tg\varphi_5 = (3 \cdot 7,15 - 6 \cdot 3,25) : 6 = 0,355$ $C_5 = \frac{1}{3}(3,25 - 0,355 \cdot 6) = 0,37 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	2	1,10	2,20	4	
	3	1,40	4,20	9	
$\sum_i$	<b>6</b>	<b>3,25</b>	<b>7,15</b>	<b>14</b>	
6	1	0,9	0,9	1	$tg\varphi_6 = (3 \cdot 7,8 - 6 \cdot 3,6) : 6 = 0,3$ $C_6 = \frac{1}{3}(3,6 - 0,3 \cdot 6) = 0,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	2	1,2	2,4	4	
	3	1,5	4,5	9	
$\sum_i$	<b>6</b>	<b>3,6</b>	<b>7,8</b>	<b>14</b>	

2-nji formula boýunça hasaplap tapýarys:

$$tg\varphi = (0,25 + 0,275 + 0,25 + 0,325 + 0,3 + 0,255) : 6 = 0,276$$

$$C = (0,5 + 0,33 + 0,37 + 0,57 + 0,39 + 0,6) : 6 = 2,76 : 6 = 0,46 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

12-nji tablisa

2-nji usul boýunça hasap tablisasy ( $i \cdot j = 3 \cdot 6 = 18$ )

Nusga-laryň nomer-leri	$P_{ij}, 10^5 \text{Pa}$	$\tau_{ij}$	$P_{ij} \cdot \tau_{ij}$	$P_{ij}^2$	Hasaplamalar
1	1	0,75	0,75	1	$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{18 \cdot 39,89 - 36 \cdot 18,29}{18 \cdot 84 - 36^2} = \\ &= \frac{718 - 658,44}{1512 - 1296} = \frac{59,56}{216} = 0,276 \\ C &= \frac{18,29 - 0,276 \cdot 36}{18} = \\ &= \frac{18,29 - 9,94}{18} = 0,46 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$
	2	1,0	2,0	4	
	3	1,25	3,75	9	
2	1	0,55	0,55	1	
	2	0,90	1,80	4	
	3	1,10	3,3	9	
3	1	0,80	0,80	1	
	2	1,10	2,20	4	
	3	1,30	3,90	9	
4	1	0,64	0,64	1	
	2	0,90	1,80	4	
	3	1,15	3,45	9	
5	1	0,75	0,75	1	
	2	1,10	2,20	4	

	3	1,40	4,20	9	
6	1	0,9	0,9	1	
	2	1,2	2,4	4	
	3	1,5	4,5	9	
$\sum_{1}^y$	<b>36</b>	<b>18,29</b>	<b>39,89</b>	<b>84</b>	

Hasaplamalardan görnüşi ýaly 2 usul bilen hem şol bir netijeler alyndy. Şeýlelik bilen ortaça bahalar  $tg\varphi = 0,276$ ;  $\varphi = 15^{\circ}26'$ ; udel ilişme  $C = 46\text{ kPa}$ .

Alnan netijeleriň esasynda berklik görkezijileriniň hasap bahalaryny kabul edýäris

- içki sürtülme burçy  $\varphi = 15^{\circ}26'$ ;
- içki sürtülme koeffisiýenti  $tg\varphi = 0,276$ ;
- udel ilişme  $C_n = 46\text{ kPa}$ .

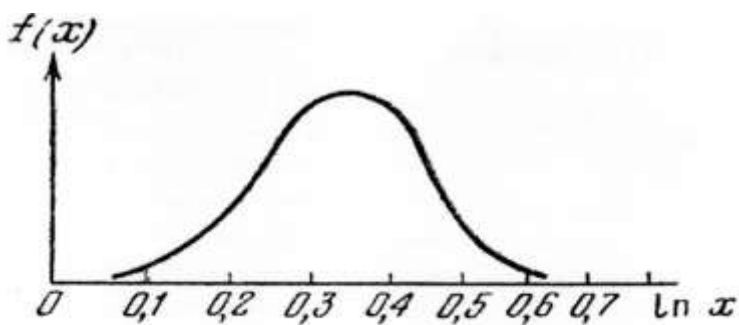
## 10. LOGARIFMIK NORMAL KANUN BOÝUNÇA BÖLÜNMEDE STATISTIK HASAPLAMALAR

### 10.1. Umumy düşünjeler

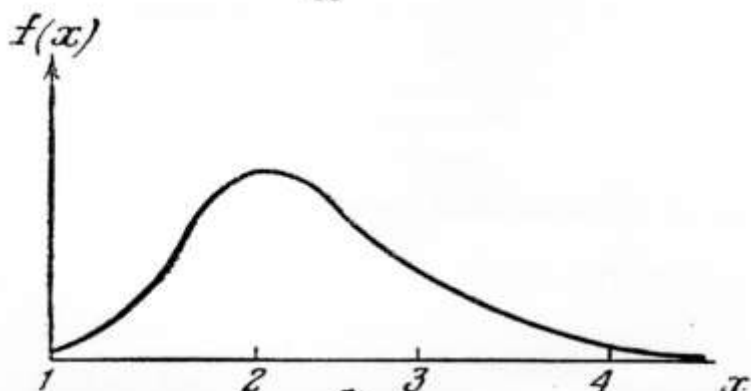
Tejribäniň görkezişi ýaly dag jynslarynyň köp häsiýetleri normal kanunylyga laýyk gelýär ( $e$ ,  $W$ ,  $W_T$ ,  $W_p$ ,  $J_p$  we başgalar).

Käbir häsiýetler ( $K_f$ ,  $K_m$ , duzlulyk, mehaniki görkezijiler asimmetrik kanunda ýerleşýärler (köplenç grafigiň çepi kesik, sagy ýapgyt bolýar). Şeýle normal däl seçgiler eger tötänleýin ululyklaryň üýtgewi bir tarapdan (adatça çepden) çäklendirilen ýagdaýynda bolýar.

Eger şol seçgidäki ululyklaryň hut öz bahalaryny däl-de, olaryň logarifmlerini alsaň, onda köplenç ýagdaýda paýlanyş simmetrik (normal) ýagdaýa öwrülýär (8-nji surat). Şu hili paýlanyşa **lognormal paýlanyş** diýilýär. Bu paýlanyşyň statistik hasaby adaty görnüşden başga bolýar.



**a**



**b**

**8-nji surat. Logarifmik normal paýlanyşyň egrisi**

a – logarifmik masştabda; b – adaty (göni) masştabda

## 10.2. Paýlanyş egrisini gurmak

Lognormal paýlanyşyň statistik hasabyny süzülme koeffisiýentiniň ( $K_f$ ) boýunça seçginiň mysalynda seredýäris.



### 13-nji tablisa

#### Süzülme koeffisiýentiniň ( $K_f$ ) rejelenen hatary

$N_2.N_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_f$ , m/g.-g.	2,6	3,2	3,8	6,3	6,7	7	7,7	8	8,3	9

$N_2.N_2$	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$K_f$ , m/g.-g.	12	12,5	13	14	16,2	17,4	21	22	28	32

Seçgini toparlaýarys.

$$N = 1 + \alpha \cdot \lg n,$$

bu ýerde  $\alpha = 3 \div 5$ .

Biz  $\alpha = 5$  diýip alýarys, onda:

$$N = 1 + 5 \cdot \lg 20 = 7,5 \approx 7$$

$$\Delta N = \frac{X_{max} - X_{min}}{N} = \frac{32 - 2,6}{7} \approx 4,2.$$

Alýarys:  $\Delta N = 5$  we 2-nji tablisany gurýarys:

### 14-nji tablisa

Alalyklaryň bahasy $K_f$ , m/g.-g.	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	$\Sigma$
Ýygylýk, $n_m$	3	7	4	3	1	1	1	20
Ýygjamlyk, $P_m$	0,15	0,35	0,2	0,15	0,05	0,05	0,05	1
Aralyklaryň orta bahasy	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	

Gistogrammany, ýgylyk poligonyny we paýlanyş egrisini gurýarys (özbaşdak). Görnüşi ýaly, lognormal paýlanyşa mahsus bolan simmetrik däl paýlanyş emele gelýär.

Şol sebäpli  $K_i$  bahalaryny olaryň logarifmleri bilen çalşyrýarys.

**15-nji tablisa**

**Rejelenen hataryň  $lg$ -leri**

$K_i$	$lg K_i$	$K_i$	$lg K_i$	$K_i$	$lg K_i$	$K_i$	$lg K_i$
2,6	0,414	7	0,845	12	1,08	17,4	1,24
3,2	0,505	7,7	0,886	12,5	1,095	21	1,332
3,8	0,58	8	0,902	13	1,118	22	1,344
6,3	0,8	8,3	0,92	14	1,15	28	1,447
6,7	0,825	9	0,954	16,2	1,21	32	1,505

**16-njy tablisa**

**Hatarlanan ýygjamlyklar**

$lg K_i$ aralyklary	0,3- 0,5	0,5- 0,7	0,7- 0,9	0,9- 1,1	1,1- 1,3	1,3- 1,5	1,5- 1,7	$\Sigma$
Ýygylyk, $n_m$	1	2	4	5	4	3	1	20
Ýygjamlyk, $P_m$	0,05	0,1	0,2	0,25	0,20	0,15	0,05	1,0
$lg \overline{K}$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	

Ýene-de täzeden gistogramma we paýlanyş egrisini gurýarys (14-nji tablisa görä). Täzeden gurlan egri simmetrik egrä örän golaý bolanlygy sebäpli biz seçgi normal (lognormal) ýerleşýär diýip kabul edýäris.

### 10.3. Lognormal paýlanyşyň statistik hasaplanyşy

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_i^n X_i$$

3-nji tablisany ulanýarys:

$$\overline{K_{lg}} = \frac{1}{20} \sum_1^{20} lg K_i = \frac{1}{20} (0,414 + 0,505 + \dots + 1,505) = 1,007$$

$$\overline{K_{lg}} = 1,007$$

$$\overline{K_f} = 10,5 \text{ m/g. -g.}$$

Toparlanan bahalar üçin 14-nji tablisany ulanýarys:

$$\overline{K_{lg}} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^{m=7} n_m lg K = \sum_{m=1}^7 lg K \cdot P_m = (0,4 \cdot 0,05 + 0,6 \cdot 0,1 + \dots + 1,6 \cdot 0,05) = 1,02$$

$$\overline{K_{lg}} = 1,02$$

$$K = 10,2 \text{ m/g.}$$

Lognormal seçgi hasaplananda orta bahalar ulanylsa hasap çalt bolýar, emma netije doly hasaplardaky netijä gabat gelmeýär. Şeýle ýagdaýda göwünden güman gider ýaly biz mediana we moda bahalaryny tapýarys.

## 11. KORRELÝASIÝA WE REGRESSIÝA ANALIZLERI

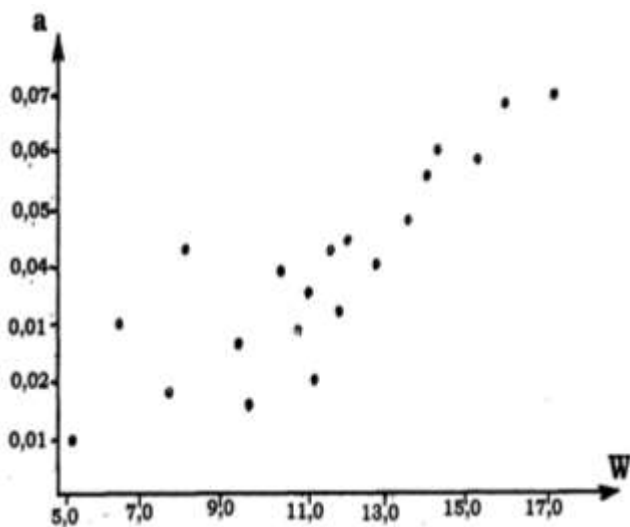
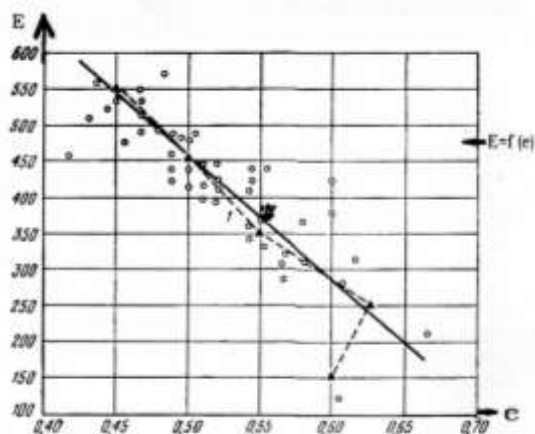
### 11.1. Meseläniň goýluşy

Teygumlaryň aýry-aýry görkezijileriniň arasyndaky baglanyşyk ilki I.S.Komarowyň (1956, 1957 ý.ý.), N.N.Maslowyň işlerinde seredildi. Inžener geologiýasynda deňişli kitaplaryň köpüsinde umumylaşdyrylan görnüşde berilýär.

### 11. 2. Üýtgeýan ululyklaryň arasyndaky baglanyşyklar

Iň bellisi funksional baglanyşyk  $s = v \cdot t$ . Bu ýerde argumentiň ( $t$ ) her bahasyna funksiýanyň ( $s$ ) ýeke-täk bahasy bolup bilýär. Bu hili baglanyşyra çyzykly (lineýnyý) baglanyşyk diýilýär.

Durmuşda şol sanda geologiýada, baglanyşygyň korrelýasiýa görnüşi köp duşýar: bir üýtgeýjiniň  $X_i$  bahasynyň beýlekiniň  $Y$  ýeke-täk bahasyna däl-de, birnäçe bahasyna gabat gelmeginiň belli bir ähtimallyk bilen bolmagy köp duşýar.



**9-njy surat. Öýjüklilik koeffisiýenti bilen ýarsma modulynyň arasynda duşýan ters proporsional (1) we çyglylyk bilen gysylma koeffisiýentiniň arasynda duşýan göni proporsional (2) korrelýasiýa baglanyşyklarynyň diagrammalaryna mysallar**

Eger haýsy-da bolsa bir baglanyşykda üýtgeýjiniň biri, beýlekiniň üýtgemegine özüniň orta bahasynyň (matematiki garaşmanyň) üýtgewi bilen jogap berýän bolsa bu baglanyşyga – **korrelýasiýa** (ýa-da stohastik) **baglanyşyk** diýilýär.

### 11.3. Korrelýasiýa we regressiýa baglanyşyklarynyň deňeşdirilişi

Korrelýasiýa baglanyşygyň jebisligi korrelýasiýa koeffisiýenti bilen ölçelýär, ony  $r$  bilen bellenýär. Onuň ölçeği plýus 1-den minus 1-e çenli üýtgäp bilýär. Eger  $r = \pm 1$ , ýa-da  $r = 0$  bolsa korrelýasiýa ýitýär.

Ähtimallykly arabaglanyşyk öwrenilende jübütleýin we köpölçeqli korrelýasiýa analiz ulanylýar.

### 11.4. Korrelýasiýa baglanyşygynyň jebisliginiň hasaplanyşy

Ilki bilen korrelýasiýa diagrammasy düzülýär, ýagny jübütlenýä ululyk koordinatalar okunda nokat görnüşde ýerleşdirilýär. Köplenç korrelýasiýa diagrammasynyň şekiline garap  $r$ -iň bahasyny çaklamak bolýar, şol sanda  $r$  hasaplamakda derkarlyk barmy ýa ýokmy? diýen soraga jogap tapylýar.

Korrelýasiýa koeffisiýenti  $r$  şeýle formula bilen tapylýar:

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \overline{X} \cdot \overline{Y}}{S_{\overline{X}} \cdot S_{\overline{Y}}},$$

bu ýerde

$X_i, Y_i$  - jübütlenen ululyklaryň şahsy bahalary;

$\overline{X}, \overline{Y}$  - şol ululyklaryň orta bahalary;

$S_{\overline{X}}, S_{\overline{Y}}$  - ortakwadrat gyşarmalar.

Käte sadalaşdyrylan usul ulanylýar:

$$r = \frac{\overline{XY} - \overline{X} \cdot \overline{Y}}{S_{\overline{X}} \cdot S_{\overline{Y}}},$$

$$\overline{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i}{N},$$

bu ýerde

$\overline{XY}$  - jübütlenýän ululyklaryň köpeltme hasylynyň orta bahasy.

Eger hasaplanan  $r > 0,5$ , onda baglanyşygyň görnüşini, formasyny hasaplamaly. Eger baglanyşyk göni çyzykly diýlip hasap edilse formula şeýle görnüşde bolýar:

$$y = ax + b,$$

bu ýerde esasy zat  $a$  bilen  $b$  ululyklary hasaplap çykarmaly:

$$D = n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2$$

$$a = \frac{1}{D} (n \sum Y_i X_i - \sum Y_i \cdot \sum X_i)$$

$$b = \frac{1}{D} (\sum Y_i \cdot \sum X_i^2 - \sum Y_i \cdot X_i \cdot \sum X_i).$$

Bu hasaplary geçirmek köp zähmet talap edýär.

Şol sebäpli uly seçgi üçin ( $N > 30$ ) hasaplary EHM-de geçirmek amatly, EHM-leriň köpüsünde standart programmalar bar.

### 11.5. Regressiýa analizi

Tötän däl üýtgeýan argumentde ( $X$ ), tötänleýin üýtgeýan funksiýanyň baglanňygynyň öwrenilmegine – regressiýa analizi diýilýär.

Muňa mysal bolup hemişelik dik basyşda ( $P = 50; 100; 200; 300$  kPa) süýsmä garşylygyň bahalary ýa-da hemişelik basyşda teýgumlaryň öýjüklilik koeffisiýentiniň üýtgewi (kompresiýa analizi) bolup biler.

Hemme görkezijileriň hasap bahalary kesgitlenende şeýle shema ulanylýar:

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

$$\overline{X_h} = \overline{X} \pm R,$$

bu ýerde

$R$  - goşundy koeffisiýent.

Dine  $\varphi$ ,  $tg\varphi$ ,  $tg\psi$ ,  $c$  üçin hasabalys bahalar başgaça alynýar, ýagny regressiw analiz boýunça alynýar:

$$D = n \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2$$

$$tg\varphi = \frac{1}{D} (n \sum P_i \cdot \tau_i - \sum P_i \cdot \sum \tau_i)$$

$$c = \frac{1}{D} (\sum \tau_i \cdot \sum P_i^2 - \sum \tau_i \cdot P_i \cdot \sum P_i).$$



Korrelýasiýa shemalarda regressiýa analizinden aýratynlykda jübütlenýän ululyklaryň ikisi-de **argument** hökmünde-de, funksiýa hökmünde-de ulanylyp bilner; korrelýasiýa analizi iki (3) şert zerur:

1) jübütlenýän ululyklaryň 2-si hem **tötänleýin** we garaşsyz bolmaly;

2) 2 ululygyň hem seçgisiniň ýerleşşi normal kanuna gabat gelmeli (onda-da 2 taraplaýyn bolmaly).

Gidrogeologik we inžener-geologik işlerde 1-nji şert adatça doly berjaý edilýär. Emma 2-nji şertiň düzüw bolmazlygy mümkin. Bu ýagdaýda çykalga niredе? – Seçgileri lognormallyga barlamaly. Eger onda-da normal kanuna gabat gelmeseler, baglanyşygyň jebisligini barlap bolýar. Emma  $r$  deregine  $\eta$  (**korrelýasiýa gatnaşygy**) diýen düşünje ulanylmaly bolar.

### 11.6. Korrelýasiýa baglanyşyklarynyň ulanylyşy

Baglanyşyklaryň hasaplanmagynyň esasy manysy aňsat (arzan) kesgitlenip bolýan görkezijileriň üsti bilen kyn (gymmat) kesgitlenilýän ululyklary belli ähtimallyk bilen hasaplamakda.

Türkmenistanda belli teýgumlar üçin: süýgeşiklik çäkleri bilen, süýgeşiklik sany, süýgeşiklik sany bilen toýun zireleriniň mukdary, gury galyndy bilen aýry-aýry ionlaryň arasyndaky baglanyşyklar we başgalar hasaplanylady.

Köplenç korrelýasiýa baglanyşygyň **jebisligi** pes bolýar, hasaplary praktiki işde ulanylmasy amatsyz bolýar..

Korrelýasiýa baglanyşyklaryň teýgumlaryň dürli häsiýet görkezijileriniň arasynda dürli häsiýet görkezijileriniň arasynda pes bolýanlygynyň sebäpleri köp dürlüdür. Olaryň esasyalaryna aşakdaky üç sebäp degişlidir.

1. Teýgumlaryň häsiýetden bir zada (görkezijä) däl-de köp zada baglylygy.

2. Laboratoriýa usullaryň takyklygy pes.

3. Teygumlaryň häsiýetlerine mukdar ölçegli görkezijilerden başga mukdar taýdan ölçäp bolmaýan görkezijiler täsir edýär.

## EDEBIÝAT

1. Türkmenistanyň Konstitusíýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan–sagdynlygyň we ruhobelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň “Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin” Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. “Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry” Milli maksatnamasy. “Türkmenistan” gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. “Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy”. Aşgabat, 2006.
10. Nurgeldiýew N., Orazdurdyýew D. “Umumy inžener geologiýasy”. Okuw kitaby. A., TDNG, 2008.
11. Гавич И.К., Семенова С.М., Швец В.М. Методы обработки гидрогеологической информации. М., Высшая школа, 1981.
12. ГОСТ 20522-96 (TDS-20522-96). Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. М., МНТКС, 1997.
13. Грунтоведение. Под ред. Трофимова В.Т.. М., КДУ, 2005.

14. Девис Дж. Статистика и анализ геологических данных. М., Мир, 1977.
15. Коломенский Н.В. Инженерная геология. Ч.II. М.,Госгеолтехиздат, 1956.
16. Комаров И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. М., Недра, 1972.
17. Лабораторные работы по грунтоведению. Под ред. В.Т.Трофимова. М., КДУ, 2008.
18. Нургельдыев Н. Методические указания по статистической обработке результатов инженерно-геологических исследований. А., ТПИ, 1974.
19. Нургельдыев Н., Ораздурдыев Д. Программа, контрольные работы и методические указания по “Инженерной геологии”. А., МНО ТССР. А., 1989.
20. Нургельдыев Н., Ораздурдыев Д. Лабораторный практикум по грунтоведению для студентов спец. 08.04. А., МНО ТССР, 1991.

## MAZMUNY

Sözbaşy .....	7
1. Giriş .....	8
2. San bahaly maglumatlardaky säwlikler .....	10
2.1. Takmyny ululyklar barada düşünje .....	10
2.2. Ölçeg säwlikleriniň nazaryýeti .....	10
2.3. Sanlaryň tegeleklenişi .....	11
2.4. Takmyny sanlaryň säwligiň 4 arifmetikanyň Amly ulanylanda üytgewi .....	12
2.5. Laboratoriýa barlaglarynyň maglumatlarynyň säwlikleri .....	15
3. Statistik köplükler .....	18
3.1. Statistik köplükleriň hasaba alnyşy .....	18
3.2. Geologik jisimleri statistik köplüğe jemlemegiň ýörelgeleri .....	19
4. Üytgew hakynda düşünje we onuň statistik hasaplarda ulanylyşy .....	21
4.1. Inžener-geologik üytgew .....	21
4.2. Trend-derňewiň elementleri .....	21
5. Görkezijileriň statistiki häsiýetnamasy .....	26
5.1. Esasy düşüňjeler we adalgalar .....	26
5.2. Baş jem we saýlama seçgi .....	28
5.3. Totänleýin ululygyň paýlanyş kanuny .....	29
6. Statistiki görkezijileriň hasaplanyş usullary .....	37
6.1. Kiçi seçginiň hasaplanyşy .....	37
6.2. Köpeltme usuly .....	38
7. Seçginiň paýlanma kanunynyň bahalanyş usullary .....	45

7.1. Paýlanma egrisiniň keşbini bahalamak .....	45
7.2. Esasy hasap formulalary .....	48
7.3. Asimetriýanyň we ekssesiň görkezijilerini köpeltme usulyny ulanyp hasaplamak .....	49
8. Görkezijileriň hasap bahasyny kesgitlemek .....	52
8.1. Umumy kadalar .....	52
8.2. Görkezijileriň kepillendirilen, nusgawy we hasap bahalary .....	53
9. Hasap bahalaryň standart usul bilen (TDS-20522-96) boýunça kesgitlenilişi .....	56
9.1. Teýgumlaryň bir görkeziji bilen Häsiýetlendirilýän nusgawy we hasap bahalary .....	56
9.2. Içki sürtülme koeffisiýentiniň we udel ilişmäniň nusgawy we hasap bahalarynyň kesgitlenilişi .....	59
9.3. Görkezijileriň nusgawy we hasap bahalarynyň kesgitlenilişine mysallar .....	61
10. Logarifmik normal kanun boýunça paýlanyşda statistik hasaplamalar .....	67
10.1. Umumy düşüňjeler .....	67
10.2. Paýlanyş egrisini gurmak .....	68
10.3. Lognormal paýlanyşyň statistik hasaplanyşy .....	71
11. Korrelýatiw we regressiýa analizleri .....	72
11.1. Meseläniň goýluşy .....	72
11.2. Üýtgeýan ululyklaryň arasyndaky baglanyşyklar .....	72
11.3. Korrelýasiýa we regressiýa baglanyşyklarynyň deňeşdirilişi .....	74
11.4. Korrelýasiýa baglanyşygynyň jebisliginiň hasaplanyşy .....	74

11.5. Regressiýa analizi .....	76
11.6. Korrelýasiýa baglanyşyklarynyň ulanylyşy .....	77
Edebiýat .....	79