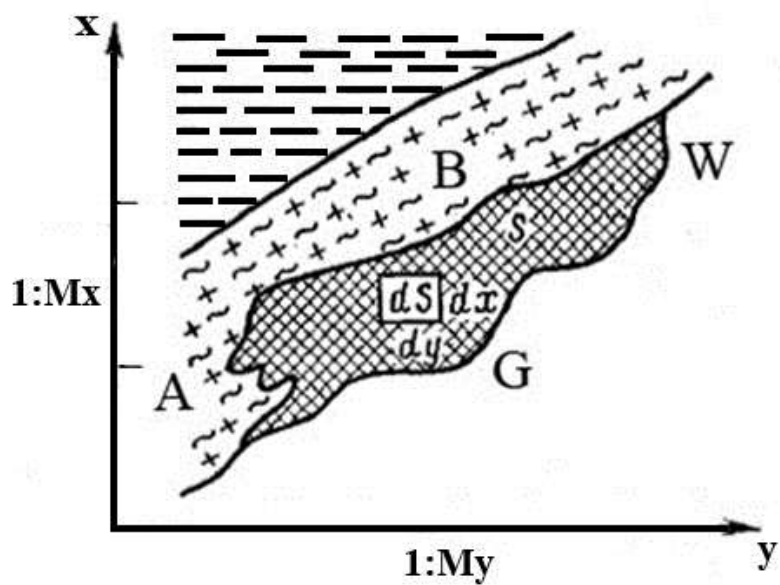


Ýer jümmüşiniň

geometriýasy

R. Huddyýewa A. Ybadullaew



Ýer jümmüşiniň geometriýasy.

Giriş

Ýer jümmüşiniň geometriýasy – munuň özi mineral çig mal ýatakçalarynyň formasyny we ölçeglerini, ýatakçalarda olaryň giňişlikdäki ýagdaýyny we **zaleganiýasynyň** (ýatys) şertlerini; ýataklarda gazylyp alynýan peýdaly baýlyklaryň gorlaryny umumylykda sortlar (markalar) boýunça, olaryň gazylyp çykarylmağa taýýarlyk we öwrenilenlikderejesi boýunça ýerleşdirilişini; ýataklaryň şeýle-de peýdaly we zyýanly goşundylaryň (komponentleriň) ýerleşdirilişini; gazylyp alynan baýlyklary kesgitlemegiň we hasabyny ýöretmegiň, ýitgileri şeýle-de gazyp çykarma prosesiniň dowamynda **razubožiwaniýany** hasaplamagyň usullaryny, ýataklarda gazyp-alma işleri geçirlende gorlaryň mukdarynyhasaplamak bilen birlikde olaryň hereketini hasaba alma usullaryny; dag işleriniň geçirilmesi netijesinde wagtyň dowamyndabolup geçen ýa-da dowam edýän ýataklaryň gurluşynyň we formasynyň üýtgemesinde ýüze çykýan prosesleri; geologiýa gözleg we dag işleriniň dürli meseleleriniň geometriki çözümlerini öwrenýän ylymdyr.

Ýataklarda gaty magdanlaryň **zaleganiýasynyň** şeýle-de ýerleşdirilişiniňformalarywe şertleri dürligörnüşli we şol bir wagtyň özünde çylşyrymly geometriýa eýedir.Ýataklaryň geometrizasiýasynyň dowamynda bu geometriýanyň belli bir takyklyk derejesi bilen kesgitlenilmegi we aňladylmagy, ýagny onuň approksimasiýasyýer jümmüşiniň geometriýasynyň wajyp meseleleriniň biri bolup durýar.

Gazylyp alynýan peýdaly magdanlaryň geometrizasiýasy diýlende, gazylyp alynýan peýdaly magdanlaryňgörnüşleriniň (formalarynyň), häsiýetleriniň geometriki aňladylşyny, olaryň ýerleşiş şertlerini weýataklarda bolup geçýän prosesleri öwrenmek maksady bilen geçirilýän gözegçilikleriň, ölçegleriň, hasap we grafiki işleriň jemi göz önünde tutulýar.

Gazylyp alynýan peýdaly magdanlaryň geometrizasiýa metodikasynyň we geologiýa gözleg we dag işleriniň dürli meselelerini çözmekligiň geometriki metodlarynyň we usullarynyň nazary esaslary hökmünde geologiki we geohimiki meýdanlar, topografik yzygiderlikdäki üstler we olaryň üstünden ýerine ýetirilýän matematiki amallar, şeýle-de ähtimallyk-statiki we beýleki matematiki metodlar we proyeksiýalar hakyndaky ylymlary görkezmek bolar.

Gazylyp alynýan peýdaly magdan ýataklarynyň geometrizasiýasy şahtalaryň, karýer kânleriniň markşeyder-geologiki gulluklarynyň işiniň wajyp elementleriniň biri bolup durýar.

Eger markşeyderiň planlarynda we kesiklerinde (razrezlerinde) özleşdirilýän ýatagyň görnüşi (formasy),onuň **zaleganiýasynyň** (ýatmasynyň) we gazylyp alynýan peýdaly magdanyň gorlarynyň, onuň görnüşleriniň we komponentleriniň

(goşundylarynyň)ýerleşdrilişsertleri şekillendirilen bolmasa, onda dag kärhanasynyň dogry taslanylmasyny we gurulmasyny durmuşa geçirip, şeýle-de peýdaly magdan känini işläp taýýarlamagyň amatly usulyny saýlap bolmaýar. Mundan başgada bularsyz indiki gözleg we dag işlerini dogry alyp barmak üçin wajyp bolan mineralizasiýanyň ýerleşdirilşi bilen ýatagyň gurluşy arasyndaky baglansygy hem gurup bolmaýar.

Ilkibaşda dünýäde dag ýa-da ýer astynyň geometriýasyny markşeyderçilik işi diýip atlandyrypdyrlar (käbir döwletlerde şeýle atlandyrmak henize çenli saklanyp galypdyr).Soňky ýyllarda, käbir alymlar, esasanam P.M. Leontowskiý “markşeyderçilik” adalgasyny maksada laýyk däl diýip hasaplapdyrlar we onuň ýerine “dag geometriýasy” adalgasyny ulanypdyrlar. Netijede bu termin ulanylanda käbir ýazarlar oňa ýer asty surata alyş we degişli markşeyderçilik meýilnamalaryny düzmek işi, käbirleri bolsa umumylykda markşeyderçilik işi ýa-da gatlakly känleriň (ýataklaryň) ýerleşiş formalarynyň we bozulmalaryň dürli görnüşleriniň şeýle-degeometriki usullar arkaly çözülyän dag işiniň käbir praktiki (tejribe) meseleleriniň barlagy (analizi)diýip düşünipdirler.

Dag geometriýasynda - esasanam geometriýanyň özi, ýagnygiňişlik gatnaşyklary (özara ýerleşiş) we formalary (mysal üçin geometriki jisimler) şeýle-de olaryň umulaşdyrylmasy barlag obýekti bolup durýar. “Dag geometriýasyndan” tapawutlylykdaylmyň täze ugruny P.K. Sobolewskiý “Ýer jümmüşiniň geometriýasy” diýip atlandyrypdyr. Ýer jümmüşiniň geometriýasynda ýeriň jümmüş-i barlag obýekti bolup durýar, barlaglar bolsa matematiki-geometriki usullar (metodlar) arkaly geçirilýär.

Ýer jümmüşiniň geometriýasy beýleki ylymlaryň ugurlary ýaly köp taraplydyr. Olgeologikigözleg, dag we markşeyderçilikylymlarynyňumumytoplumynagirýär. Öňembellenilşiýaly, geologiki (geohimiki) meýdanyňnazaryýeti, topografikifunksiýalarbaradakylymlar we olaryňüstündenamallar; ähtimallyknazaryýeti we matematikistatistika; ýer jümmüşiniň (ýataklaryň-känleriň) görkezijileriniňýerleşişkanunlarynykesgitlemäge, matematikitaýdanhäsiýetlendirmägewe geometrikitaýdanaňlatmagakömekedýänproýeksiýalarhakyndakylymlaryerjümmüşiniňgeometriýasynyňlymyesasybolupdurýar.

Ýerjümmüşiniňgeometriýasygöniden-gönidürli dag önümçilikişlerindeýeriňýüzünde dag jynslarynyňüstüni açmaküçinýerineýetirilýängeologikigözegçiliklere, geodeziki-markşeyderçiliksuratlamakişlerine, ölçemelere; burawlaýjygözlegskwažinalaryňmaglumatlaryna, geofizikigözegçiliklere, laboratorbarlaglaraesaslanýar. Ýerjümmüşiniňgeometriýasyndakybaşlangyçmaglumatlaryňköplügiolaryňulgamlaşdyrylmagyny, başlangyçgözdengeçirilmegini we takyklygynyňanyklanylmagyny talap edýär. Hut şonuňüçinýerjümmüşiniňgeometriýasynyňfizika, himiýa, matematikaýalumumynazaryylymlar bilen baglanyşygy bardyr. Ýerjümmüşiniňgeometriýasynygeologiýaýlmyndanüzňegözöňünegetirmek mümkin däl. Bularbirobýektiňbir-birinden aýrylmasyz iktarapydyr. Ýataklaryň (känleriň) geometrikimodelirlenmegiolaryň her taraplaýyngeologikiöwrenilmegi we oýlanyşykly (rasional)özleşdirilmegi üçin wajypdyr. Ýerjümmüşiniňgeometriýasysoňky aýdylanlar sebäpli, gözlegişleriniňmetodikasy we tehnikasy, ýataklaryň (känleriň) üstüniň açylmagy, özleşdirmeulgamlary, dag işleriniňönümçilginiňulgamlayn mehanizasiýasy we ş.m. ylymlar bilen aýrylmaz baglydyr.

Ýerjümmüşiniňgeometriýasynyňlymy-önümçilikähmiýetigözlegişleriniňobýektibolanähli zatlary şeýle-de dag-magdan işçisineýer jümmüşiniň oýlanyşyklyözleşdirilmegiüçin gerek bolan beýlekizatlaryçyzgydata lap edilýäntakyklykdagörkezmegi, şekillendirmegi we grafikiaňlatmagybaşarýanlygyndanybaratdyr.

Geologikigözleg maglumatlaryň matematiki taýdan işlenilmegi, EHM-lerde ýataklaryň (känleriň) modelirlenmegi we görkezijileriňgoňşymeýdançalaraýerleşdirilmeginiň çaklanylmagy (prognazirlenmegi) geologiki, tehnologiki we ykdysady faktorlary hasaba almak bilen ýer jümmüşiniň toplumlaýyn özleşdirilmegine degişli meselelerini operatiw ýagdaýda çözmäge mümkinçilik döretdi. Bularyň ähmiýeti dag gurluşlarynda ÖDU (özbaşdak dolandyryş ulgamlary) işledilende has hem aýan bolýar. Bu ýerde ÖDU-

laryň netijeliligi (efektiwligi) özleşdirilmegi meýillesdirilýän meýdançalaryň dag-geologiki şertleriniň önünden öwrenilmesine baglydyr.

Ýataklaryň gözleg we özleşdirme işlerinden gelýän geologiki we geometriki maglumatlaryň uly möçberi, EHM-leri ulanmak bilen olary toplamagyň, saklamagyň we işlemegiň täze usullaryny talap edýär.

Munuň bilen baglylykda çözülýän meseleleriň we hasaba alynýan ýataklaryň parametrleriniň has giňişleýin we operatiw ýagdaýda görkezilmegi baradaky sorag has hem ýitileşýär. Diňe bir matematiki formulalaryny we gatnaşyklaryny däl-de eýsem ýataklaryň parametrleriniň giňişlikdäki ýerleşimini hem görmek zerurlygy EHM-ler bilen birlikde goşmaça enjam hökmünde **grafopostroitel (grafik guruji)** enjamlarynyň giňden ulanylmagyna getirdi.

Ýer jümmüşiniň geometriýasynda “EHM-grafopostroitel” toplumynyň ulanylşynyň gerimi has hem giňeýär. Berlen programma boýunça girizilýän başlangyç maglumatlar ilki EHM-lerde işlenilýär we soňra bu maglumatlar esasynda grafopostroitel enjamy ýatagyň grafiki modelini çykaryp berýär. Bu aýdylanlaryň hemmesi ýer jümmüşiniň geometriýasynyň nazary esaslaryny we praktiki tärlerini has hem giňeldýär.

Kitapda maglumatlar beýan edilende ýazar iki esasy meseläniň çözgüdini tapmaga çalşypdyr: birinjisi - eýýäm bar bolan çäkli möçberdäki maglumatlaryň kömegi bilen bizi gyzyklandyrýan ýer jümmüşiniň görkezijileriniň ýerleşdirilşiniň geometriki modelini nädip düzmeli; ikinjisi - önümçiligiň talaplaryna laýyk geler ýaly takyklykda ýataklaryň görkezijileriniň ýerleşdirilşiniň geometriki modelini düzmek üçin rasional gözegçilikleriň möçberi nähili bomaly?

Ýer jümmüşiniň geometriýasyny öwrenmeklik markşeyderlere dag we gözleg (razwedka) işlerinde gözegçilik etmegiň, olary işlemegiň, dag önümçilik işleri sebäpli ýüze çykan ýataklarda magdanlaryň formasyndaky, häsiýetlerindäki we ýerleşiş şertlerindäki üýtgemeleriň we jyns massiwlerinde bolup geýýän prosesleriň kanunalaýyklaryny ýüze çykarmagyň we olary şöhlelendirmegiň endiklerini almaga we toplumlaýyn ulanylmasyny şeýle-de ýatagyň we daşky gurşawyň goragyny göz önünde tutup, olary gazylp alynýan peýdaly magdanly ýataklaryň gözleg we özleşdirme işleri meýillesdirilende ulanmaga mümkinçilik berýär.

Kitap Türkmenistanyň bilim ministirligi tarapyndan tassyklanan “Ýer jümmüşiniň geometriýasy” sapagynyň umumy programmasyna laýyklykda dag we politehniki institutlarynyň markşeyderçilik hünäriň talyplary üçin niýetlenendir. Kitap dag-tehnologiki we geologiki gözleg hünärleriniň talyplaryna şeýle-de dag we geologiki gözleg edaralarynyň markşeyderçilik we geologiki gulluklarynyň inžener tehniki işgärleri tarapyndan gollanma hökmünde ulanylyp biliner.

1-nji bölüm

Geometriýanyň we ýer jümmüşiniň geometriýasynyň teoretiki (nazary) esaslary

1-nji baş

Ýer jümmüşiniň görkezijilerini ýerleşdirmegiň modelirlenmegi we matematiki interpretirlenmegi

§1. Umumy düşüňjeler.

Ýer jümmüşiniň, kânleriň we olaryň öz içine alýan jynslarynyň haýsam bolsa bir ýerinden, bir nokadyndan göniden- göni ýa-da gytaklaýyn ölçemeklik arkaly alynýan we san bilen beýan edilýän islendik fiziki, himiki, geologiki, geometriki we ş.m. beýleki häsiýetlerine ýer jümmüşiniň obýektiniň *görkezijisi* ýa-da *alamaty* diýilýär.

Ýer jümmüşinde her bir görkeziji ýa-da alamat: gazylyp alynýan peýdaly magdanlaryň we kânleriň jisimleriniň morfometriki we morfogurluşly häsiýetleriniň meýdany (mysal üçin: kuwwaty, üstki gatlaklaryň, jynslaryň, beýleki gatlaklaryň we dizýunktiwleriň bellikleri, jynslaryň gezekleşmegi), himiki ýa-da geohimiki häsiýetleriň meýdany (mysal üçin: içindäki komponentler, minerallar), magdanlaryň we jynslaryň fiziki häsiýetleri (mysal üçin: dykzlyk, elektrik garşylygy, radioaktiwlik, magnit kabul edijilik), magdanlaryň we jynslaryň gidrogeologiki we inžener-geologiki häsiýetleriniň meýdany görnüşinde ýerleşýär.

Her bir görkezijiniň ýerleşýän meýdanynyň gurluşy islendik fiziki meýdanyň gurluşy ýaly gatlakly-akymly (слоисто-струйчатое) görnüşindedir. Özüne mahsus aýratynlygy bolan bu gatlaklar, nähili ýagdaýda epilmäge çalyşsada bir-birleri bilen hiç kesişmeýärler. Emma dürli görkezijileriň meýdanlarynyň gatlaklary bir-biriniň içinden geçip bilýärler. Islendik tekiz kesikde, mysal üçin P_1 , P_2 , P_3 tekizliklerinde meýdan üstki gatlak bolup durýar.

Meýdanlar iki görnüşde bolýar. Ýagny ähli kânleri öz içine alýan umumy meýdanlar we ýeke kâniň ýa-da onuň bir böleginiň çäklerini öz içine alýan bölekleyin meýdanlar.

Emele gelşine görä meýdanlaryň iki görnüşini tapawutlandyrýarlar. Gamogen we geterogen. Eger häsiýetlendirilýän häsiýetiň (gurluşyň) ýeke täk ýüze çykma formasy we ýerleşiş aýratynlygy bar bolsa onda oňa gomogen meýdan diýilýär. Eger ýüze çykma formasynyň we ýerleşiş aýratynlygynyň birnäçe görnüşü bar bolsa onda oňa geterogen meýdan diýilýär. Mysal üçin, Altaý kânleriniň magdan jisimleriniň we kükürt kânleriniň geohimiki meýdany geterogendir, çünki kükürt piritiň, halkopiritiň, sfaleritiň we galenitiň düzümine girýär, bularyň gatnaşygy mineralizasiýa derejesi boýunça düýpli üýtgeýär. **(Mysal üçin, Altaý**

känleriniň magdan jisimleriniň we kükürt känleriniň geohimiki meýdany geterogendir, çünki kükürt bu ýerde piritiň, halkopiritiň, sfaleritiň we galenitiň düzümine girýär, bular bolsa mineralizasiýa döwri boýunça biri-birinden tapawutlanýarlar). Morfometriki meýdan - eger magdan käni öz içine alýan magdanlary bilen birlikde magdanasty (пострудный) üýtgeşmelere sezewar bolan bolsa geterogen hasaplanylýar.

Öwrenilýän görkezijileriň häsiýetine baglylykda ähli geologiki meýdanlary iki topara bölýärler: skalýar we wektor meýdanlar.

Skalýar meýdanlara, skalýar ululyklar, ýagny diňe moduly we belgisi bilen häsiýetlendirilýän öwrenilýän obýektiň geohimiki, morfometriki we beýleki görkezijileriniň ýerleşdirilmesi degişli edilýär.

Wektor meýdanlaryna bolsa moduly we ugry bilen häsiýetlendirilýän wektor ululyklar degişli edilýär.

Şunuň bilen birlikdebaşlangyçululyklara derek olaryň **ýasama** (производный) üýtgame tizliklerini öwrenmeklik bilen islendik skalýar meýdany wektor meýdana öwürip bolýar (meýdanyň gradiýentleri).

Obýekt öwrenilende bellige alynan ululyklaryň üýtgamesine baglylykda geologiki meýdanlaryň ähli görnüşlerini stasionar (wagt içinde üýtgameýän) we dinamiki meýdanlara bölýärler.

Bu şertli bölünişikdir we kabul edilen wagt aralygyna baglydyr, emma meýdanlary öwrenmegiň metodikasyny kesgitleýänligi sebäpli gaty wajypdyr.

Stasionar (kwazistasionar) geologiki meýdanlarda uzak wagtyň dowamynda alynan maglumatlaryň ählisini bir ýere jemlemek bilen guramaçylykly barlag ulgamy arkaly barlag obýektini bölekleýin öwrenip bolýar. Dinamiki meýdanlary öwrenmek üçin bolsa wagt birliginde görkezijileriň üýtgame häsiýetini kesgitlemäge kömek edýän stasionar gözegçilikleriň ulgamyny döretmek gerek bolýar. Wagtyň dowamynda bu görkezijileriň üýtgame dinamikasyny bilmezden, barlag netijeleriniň hiç hili giňişlikdäki baglanyşyklary mümkin bolmaýar. **(barlag netijelerini giňişlikde hiç-hili baglanyşdyryp bolmaýar)**

Gazylyp alynýan peýdaly magdanyň bedeni, düzümindäki jynslardan **araçägiň** (раздел) üsti bilen çäklenendir. Käbir ýagdaýlarda bu üstler gaty aýdyň saýlanýan (görünýän) bolsa, beýleki ýagdaýlarda gazylyp alynýan peýdaly magdan bilen içindäki jynslaryň arasynda aýdyň araçäk bolmaýar. Bu ýagdaýda gazylyp alynýan peýdaly magdanyň bedenini aýyryan araçäk-üst hökmünde oňa degişli kesgitli häsiýeti özünde saklaýan üsti kabul edýärler (mysal üçin: düzüminde bolmasy hökmüni bolan peýdaly komponentiň iň kiçi mukdary ýa-da ýol berilýän zyýanly komponentiň iň uly mukdary).

Känleriň gurluşy (mysal üçin: peýdaly komponentiň mukdary), düzgün boýunça, ýataklaryň giňişlik formalarynyň çäklerinde üýtgeýär.

Ýeriň jümmüşinde gazylyp alynýan peýdaly gaty magdanlar dürli görnüşli, köp halatlarda gaty çylşyrymly, emma bütünleý kesgitli formalara eýedirler. **Olar känlerde dürli görnüşde ýatýarlar (залегают) we şol bir wagtyň özünde köpdürli şeýle-de berlen wagt aralygynda bu formalarda häsiýetleriniň kesgitliýerleşdiriş aýratynlygyna eýedirler.**

Bu görkezijileriň her biriniň öz geometriýasy, giňişlikde ýerleşmeginiň özüne degişli funksiýasy bardyr. Belli bir takyklyk derejesi bilen bu funksiýalaryň kesgitlenilmegi we beýan edilmegi känleriň geometrizationy bolup durýar.

Gazylyp alynýan peýdaly magdan känleriniň dürli görnüşli görkezijileri aşakdaky funksiýalar arkaly häsiýetlendirilýär (1.2-nji surat):

1. Hakyky bar bolan üstleriň funksiýalary: ýer üsti $Y\bar{U}$, litologiki tapawutlaryň üstleri, känleriň üstki gatlagy (**кровля**) $\bar{U}G$ we jynslary (**почвы**) J , tektoniki üzülmeler (**разрывы**) we ş.m. (1.2-nji a surat).

2. Tebigatda hakykatda bolmaýan emma hakyky üstlerden **ýasalýan** (производный) üstleriň funksiýalary: ýatagyň **izokuwwaty** (изомощность) ýa-da ýatagyň m_1, m_2, \dots, m_n kuwwatyna deň bolan beýiklikde ýatagyň elementar sütünlere bölünmegi we olaryň gorizontalk tekizlige hyýaly **çökdürilmegi** (**geçirilmegi**)(**осаждение**) bilen alynýan **çökdürilen ýatagyň** (осаждённой залежи) üstüniň **izoçyzyklary** (изолинии) (1.2-nji b surat), şeýle-de dag magdanlaryň galyňlygynyň **izokuwwaty**, ýataklaryň (känleriň) **izoçuňluga**, üstleriň izosekanslary we ş.m.

3. Üstleri şertli beýan edýän, hakykatda bolmaýan we känleriň hakykatda bar bolan üstleri bilen hemişe baglanyşygy bolmaýan funksiýalar: ýatagyň C_1, C_2, \dots, C_n düzümine proporsional bolan beýiklikde ýatagyň elementar sütünlere bölünmegi we olaryň gorizontalk tekizlige hyýaly **çökdürilmegi** (осаждение) bilen alynýan **“çökdürilen slitkanyň** (осаждённой слитка)” üstüniň izoçyzyklary görnüşinde beýan edilýän ýataga dürli komponentleriň ýerleşdirilmegi (1.2-nji w surat). Bu görnüşe (topara) ýene-de dag jynslarynyň massiwiniň (giňişliginiň) jaýryklarynyň intensiwligini we dag jynslarynyň fiziki, geomehaniki, dag-geologiki we ş.m. häsiýetleriniň üýtgemesini beýan edýän beýleki funksiýalar hem girýär.

Gurluş görkezijilerini grafikleriň üsti bilen beýan edýän birinji we ikinji görnüşin (toparyň) funksiýalary aýry-aýry nokatlarda ölçenilen görkezijileriň bahalary boýunça gurnalýar.

Ýatakçanyň hilli häsiýetnamasyny we onuň häsiýetleriniň ýerleşdirilşini grafikleriň üsti bilen beýan edýän üçünji görnüşin funksiýalary - **olaryň**

merkezine getirilýän,käbir göwrümlerde görkezijileriň orta bahalary boýunça kesgitlenilýär.

§2. P.K. Sobolewskiniň usulyna görä geohimiki meýdanyň geometriki barlagy (analizi)

Ýer jümmüşiniň giňişligindäki käbir häsiýetleriniň san bahalaryny nokadyň giňişlikdäki ýagdaýynyň ýa-da göwrümiň we wagtyň “*t*” elementar merkezi hökmünde kabul edip bolýar:

$$P=f(x, y, z, t) \quad (1.1)$$

Köp ýagdaýlardabu funksiýanyň ýokardaky görnüşde aňladylmagy mümkin bolmaýar. Emma, eger ol seredilýän ýer jümmüşiniň giňişlik çäklerinde **gutarnyklylyk(конечности)**, **bir belgililik(однозначность)**, **üznüksizlik we birsydyrgynlyk (плавность)**şertlerini kanagatlandyryýan bolsa, onda aýry-aýry ölçemeler we san bahalar bilen geçirilen degişli matematiki aňlatmalardan soň bu häsiýetiň üýtgame kanunyny ýüze çykaryp we **izoçyzyklaryň** geometriki ulgamy arkaly şöhlelendirip bolýar.

1.3-nji surat: Magdanlaşmanyň ýerleşdirilmesiniň geometriki interpretasiýasy

Ilkinji iki sany şert – **gutarnyklylyk we bir belgililik** aýdyň görünýär we hiç hili şübhe döretmeýär.

Funksiýanyň üýtgemesiniň **üznüksizlik we birsydyrgynlylyk** häsiýetleri başga tertipdendir, **esasanam 3-nji derejeli (под)**.Hakyky gözegçilikleriň kesgitli maglumatlary (magdan örtügininiň birsydyrgyn dällik häsiýeti) birinji bakyşda muňa garşy gelýär.

Emma bu hyýaly garşylyk, görkezijileriň ölçeme netijeleriniň matematiki statistikanyň we duýdansyz funksiýalar nazaryýetiniň usullary arkaly gaýtadan işlenmegi netijesinde aradan aýrylýar.

Goý, bizde **üznüksiz synag** nokatlarynyň başynda haýsam bolsa bir goşundynyň (komponentiň) düzüminiň san bahalary berlen we şolara görä gurnalan käniň üstüniň plany bar bolsun diýeliň (1.3-nji a surat). Birinji bakyşda, **büdür-südü**r, birsydyrgyn däl üst boýunça goşundynyň düzüminiň üýtgemeginde hiç-hili birsydyrgynlylyk we **üznüksizlik** göze ilmeýär. Emma, eger planyň ýüzüne kiçijik aýna görnüşinde boşlugy bar bolan kagyz listini goýsak, bu aýnanyň çäklerine düşen bahalar boýunça goşundynyň ortaça düzümini (**mukdaryny**) hasaplapsak we ony aýnanyň merkezine getirsek, onda aýnanyň plan boýunça **birsydyrgyn(плавный)**hereket etdirilmeginiň dowamynda goşundynyň orta düzüm bahasy hem birsydyrgyn üýtgeýär. Hereket edýän statiki aýnanyň ulanylmagy bilen çäklenýänsynag (**опробование**) arkaly maglumatlary gaýtadan

işlemegin usuly, orta nädogrulyk (ýalňyşlyk) derejesinde haotiki köpgranly piramida görnüşli üstden ilki başda prizmatik üste we soňra görkezijiniň orta bahalarynyň hakykata ýakynlaşan ýerleşdiriliş kanunalaýyklygyny **izoçyzyklargörnüşinde** şöhlelendirýänkäbir **birsydyrgyn** topografiki üste geçmäge mümkinçilik döredýär (1.3-nji ç surat).

Eger 1.1- deňlemeden gözegçiligiň dowamynda obýektiň gurluşy (häsiýetleri) üýtgemeyär diýip hasap edip *twagty* aýyrsak, onda hemişelik z baha eýe bolan käbir tekiz kesik üçin, deňlemäniň **san aňlatmasy**(численное значение) x we yargumentlerine bagly bolup durýar we topografiki tertipli funksiýa arkaly beýan edilýär:

$$P_z = F(x, y). \quad (1.2)$$

Şonuň üçin, **izoçyzyklar** ulgamy arkaly planda sebitiň relýefiniň, **dag jynslarynyň üstki gatlaklarynyň** (кровля), ýatakçalaryň **topraklarynyň** (почва) we ş.m. üstiniň şöhlelendirilşi ýaly, islendik tekiz kesikdäki (gatlakdaky) geohimiki meýdanyň gurluşy (häsiýetleri) hem kesişmeýän **izoçyzyklar** arkaly şöhlelendirilýär.

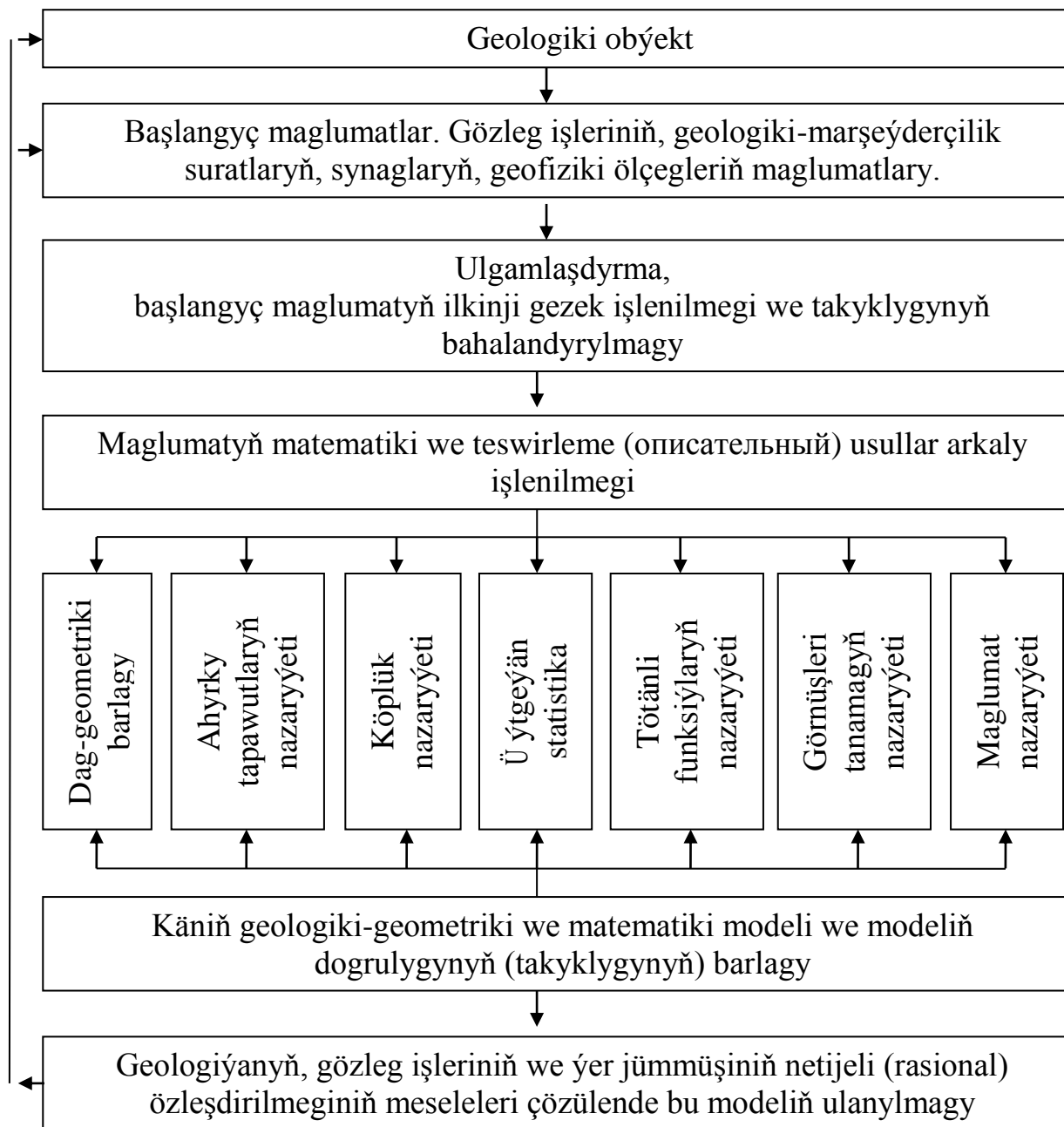
§3. Ýer jümmüşiniň geometrizasiýasynyň usullary (metodlary)

Geometrizasiýa diýlende—başlangyç maglumatlaryň ýygnaşmagy, olaryň başlangyç işlenilmegi, ulgamaşdyrylmagy, takyklygynyň bahalandyrylmagy, geologiki-matematiki we geometriki modeliniň gurulmagy, onuň yzyndan hiliniň (takyklygynyň) bahalandyrylmagy we ýer jümmüşiniň özleşdirilende şol modeliň ulanylmagy, şeýle-de käniň geologiýasy hakynda täze gipotezalaryň işläp çykarylmagy göz önünde tutulýar. Geometrizasiýanyň umumy çyzgysy (shemasy) 1.4-nji suratda görkezilendir.

Känleriň geometrizasiýasyny durmuşa geçirmek üçin ýatakçalaryň we ýanbaş (боковой) dag magdanlarynyň dürli nokatlarynda bizi gyzyklandyran görkezijiler ölçenilmeli we san bilen aňladylmaly.

Bu ölçemeler we anyklamalar gözleg işlerinde we känleriň özleşdirilmeginde ulanylýar. Ilki olar jedweller (tablisa), aýry-aýry çekilen şekiller, alynan suratlar we teswirlemeler görnüşinde aňladylýar, soňra bu maglumatlar gaýtadan işlenilýär we **umumylaşdyrylýar (jemleşdirilýär) (обобщать)**. Gözegçilikleriň maglumatlaryny jemlemek (**обобщать**) üçin ähtimallyk-statiki, matematiki apparat ulanylýar. Käniň geologiki aýratynlyklaryny hasaba almak bilen gaýtadan işlenilen netijeler boýunça: ýatakçalaryň formasynyň kiçeldilen, kybapdaş, aýdyň şekilini we olaryň ýeriň jümmüşindäki ýagdaýyny we gurluşlarynyň (häsiýetleriniň) ýerleşdirilişiniň geometrizasiýasyny şöhlelendirýän ýörite dag-geometriki grafikler gurulýar.

Dag-geometriki grafikler gurulanda diňe bir gözegçilikleriň netijelerini baglamak we jemlemek bilen çäklenilmän, eýsem ölçemeleriň we grafiki gurnamalaryň aýry-aýry ýalňyşlyklary ýüze çykarylýar we ortadan aýrylýar.



1.4-nji surat: Geometrizasiýanyň umumy çyzgysy

Käniň geometrizasiýasy - yzygiderlikde onuň gözleg we özleşdirme prosesiniň her bir döwründe (stadiýasynda) alnyp barylýar.

Käniň geometrizasiýasy – munuň özi ony öwrenmegiň we aňlamagyň prosesidir. Bu proses kem-kemden we yzygiderlikde ýerine ýetirilýär.

Käniň gözleg we özleşdirme işlerinde täzeden alynýan maglumatlaryň her biri ol hakyndaky öňden alynan düşüňjeleri takyklaýar, ilki gurulan garfikleri

düzetmäge we olary ulanmak bilen indiki gözleg we özleşdirme prosesleriniň meseleleri üçin dogry çözümleri tapmaga mümkinçilik berýär. Ýer jümmüşiniň geometrizasiýasy - ýer jümmüşiniň geologiki öwrenilmegini aradan aýyrmaýar. Ol ýer jümmüşini ulgamlaryň öwrenmegiň matematiki (geometriki) esasy bolup durýar.

Köp ýagdaýlarda, diňe gazylyp alynýan peýdaly magdany özleşdirme işleri geçirilende kánler hakynda has anyk maglumatlary alyp bolýar. Bu maglumatlar, dag işleriniň **oýlansykly** (rasional) meýilleşdirilmesi, gazyp alma işlerinde we gözleg işlerinden öňki prosesler (**доразведка**), synap görme prosesleri ýaly goşmaça gözegçilik işleriniň geçirilmegine laýyk gelýän ýerler saýlananda maşyn kompleksleriniň netijeli ulanylmagy üçin gerek bolýan goňşy meýdançalara ýa-da aşaky gatlaklara degişli dogry çaklamalary düzmek üçin gaty wajyp bolýar.

Ýer jümmüşiniň geometrizasiýasy üçin **izoçyzyklar, geologiki kesimler (kesikler), profil usullary**; şeýle-de göwrümlü aýdyň grafikler we EHM-leri ulanmak bilenýerine ýetirilýänmodellirleme usullary (metodlary) esasy bolup durýar. Ýokarda agzalyp geçilen usullaryň her biri özbaşdak ýa-da köplenç beýleki usullar bilen bilelikde ulanylýar.

Ýer jümmüşiniň geometrizasiýasynda izoçyzyklar usuly arkaly diňe bir hakyky däl, eýsem şertli üstler hem şekillendirilýär. Üstleriň çylşyrymlylygy käbir geologiki şertlere (faktorlara) bagly bolýar. Şonuň üçin ýer jümmüşiniň geometriýasynda dürli nokatlarda geçirilen gözegçilikleriň netijeleri boýunça haýsam bolsa bir görkezijiniň ýerleşdiriliş izoçyzyklarynyň gurulmagy şol bir wagtyň özünde gaty kyn proses bolan ýer üstüniň **izogipsleriniň (изогипс)** gurulmagydyr.

Izoçyzyklar arkaly şekillendirilen haýsam bolsa bir üstüň plandaky şekiliniň takyklygy görkezijä, onuň üýtgame häsiýetine, **dykyzlygyna (guýrulygyna - густота)**, gözleg nokatlarynyň (anyklamalaryň, ölçemeleriň) obýekti häsiýetlendirýän nokatlara laýyk gelýänligine, ölçeglerine, synag işleriniň ugruna (synag geçirilmeli ýeriniň takyklygyna) we planyň masştabyna bagly bolýar.

Izoçyzyklar munuň özi - ýer jümmüşiniň görkezijileriniň birmeňzeş bahaly nokatlarynyň geometriki ýerleridir. Olar aýry-aýry nokatlarda alynan ölçegler boýunça hem-de nokatlar toparynyň **merkeze getirilen**orta bahasy boýunça gös-göni we gytaklaýyn görnüşde iki usulda gurulýar.

Izoçyzyklary gös-göni gurmakusuly, haçanda çyzgynyň tekizligine koordinatalar boýunça görkezijiniň ölçeme nokatlary belgiler – san bahalar bilen

birlikde geçirilen ýagdaýynda ulanylýar. Bellikleriň (**отметка**) geometriki barlagynyň netijesinde geljeki üstün **inwariant** çyzyklaryny– tarazlarynyň (**водораздел**), **talwegasynyň**, **sedlowinasynyň** (**еýer görnüşli ýerleriniň**) **çyzyklaryny** belgileýärler. Kesigi bellemek bilen, eňňitler çyzyklary boýunça bellikleriň (**отметка**) **interpolirlenmegini** webirsydyrgyn (**плавный**) egriçyzyklaryň – izoçyzyklaryň geçirilmegini ýerine ýetirýärler.

Izoçyzyklary gurmagyň gytaklaýyn usuly, haçanda başlangyç maglumatlar hökmünde mysal üçin, görkezijiniň şekili şekillendirilen dik kesimler (**разрезы**) bolan ýagdaýynda ulanylýar. Bu ýagdaýda **kesimlerden** planyň ýüzüne **kesimleriň** çyzyklary boýunça saýlanylan kesige kratny bolan görkezijiniň bellikli (**отметка**) nokatlary geçirilýär. Birmeňzeş belgili nokatlary birsydyrgyn (**плавный**) egriçyzyklar – izoçyzyklar arkaly birleşdirýärler.

Izoçyzyklar gurulanda ýatakçanyň gelogiki gurluşynyň ýüze çykarylan ähli aýratynlyklaryny hasaba almalydyr. Şeýtmek bilen gurulan grafiki modeliň onuň tebigy halyna kybapdaşlygy gazanylýar.

Izoçyzyklar usulynyň öz ýetmezçilikleri hem bardyr. Esasan hem, ýatakçalaryň formasynyň şekillendirilmesinde gazylyp alynýan peýdaly magdany gurşap alýan jynslaryň şekillendirilmesinde we litologiýasynda kynçylyklar ýüze çykýar; izoçyzyklarda turbaşekilli, **stokwerkli** we beýleki çylşyrymly formaly jisimleri, şeýle-de dik we kese ýerleşýän dogry formaly gatlaklary şekillendirmek gaty kyn bolýar, käbir ýagdaýlarda bolsa olaryň şekillendirilmesi hiç mümkin bolmaýar.

Geologiki kesimleriň (**разрез**) usulynda bu kemçilikler bolmaýar. Ol gazylyp alynýan peýdaly magdanyň bedeniniň formasyny şöhlendirmäge we berlendik, kese, ýapgyt kesigiň –düzümine girýän jynslaryň arasynda onuň ýagdaýyny görkezmäge mümkinçilik berýär.

Durnukly kuwwaty bolan gatlakly ýatakçalaryň dik ýa-da kese ýerleşmeginde (ýatmagynda), dik we kese geologiki kesimler ulgamy käniň morfologiýasyny we ýerleşişşertlerini (условия залегания) şöhlendirýän esasy grafiki dokument bolup durýar.

Geologiki kesimleriň gurulmagy üçin başlangyç maglumat hökmünde geologiki gözleg skwažinalaryň we dag känleriniň maglumatlaryny kabul etmek bolar. Gözleg skwažinalaryň çyzyklary boýunça dik kesimlerde belent gözenek çyzyklar (**высотная сетка**), ýer üstüniň profili we gözleg işleriniň oklarynyň profili gurulýar, bularyň ýüzüne burawlamanyň dowamynda geçilen dag

jynslarybellenilýär, stratigrafiki birmeňzeş dag jynslary we goňşy kánler boýunça ýatakçalar baglanyşdyrylýar.

Izoçyzyksyz, diňe kesimleriň ýeke özi bilen çyzgydaky ýatakçalaryň formasyny, komponentiň düzüminiň üýtgame häsiýetini, ýatakçanyň we gapdal jynslaryň we ş.m. fiziki-tehniki we dag-geologiki häsiýetleriniň üýtgemegini göz önüne getirmek gaty kyn bolýar, hatda mümkin hem bolmaýar.

Şonuň üçin geometrizasiýada izoçyzyklar usuly bilen birlikde geologiki kesimler usuly hem ulanylýar. Bu usullar şekiliň aýdyňlygy (düşnükliigi) we dolulygy nukdaýnazardan bir-biriniň üstüni ýetirýär, şeýle-de özara we beýleki dag-geometriki grafikleriň we modelleriň gurulmagyny ýeňilleşdirýär.

Aýdyň göwrümlü grafikler usuly - ýeriň jümmüşinde çylşyrymly ýerleşiş tebigaty bolan ýatakçalaryň we dag kánleriniň formalaryny we häsiýetlerini aýdyň şekillendirmek üçin ulanylýar.

Görkezme grafikleri aksonometriki, affinli (**аффинных**), wektor we ş.m. beýleki prosýeksiýalarda mysal üçin, stereoaksonometriki prosýeksiýalarda gurulýar. Şekillendirilýän obýektleriň häsiýetli nokatlarynyň planlary, kesimleri (**разрезы**), profilleri, şeýle-de koordinatalary grafikleriň gurulmagy üçin başlangyç maglumat bolup durýar. Başlangyç maglumatlaryň prosýeksiýanyň haýsam bolsa bir görnüşine özgerdilmegi ýörite mehaniki enjamlar (mysal üçin: affinograf) şeýle-de EHM-ler we grafikgurujylar arkaly elde ýerine ýetirilýär.

Golografiýanyň kömegi bilen ýer jümmüşiniň geometriki aýdyň modelirlenmegi boýunça işler alnyp barylýar.

Modelirleme usuly (metody) - barlaglaryň iň gadymy usullarynyň biri bolmak bilen birlikde dürli prosesleriň we hadysalaryň öwrenilmegi üçin giňden ulanylýan usullaryň biridir. “Model” adalgasy latin dilindäki “motus” sözünden gelip çykýar we türkmen diline terjime edilende nusga, göçürme diýmäni aňladýar. Bir hadysanyň ýa-da prosesiň modelini absolýut takyklykda döretmek praktiki taýdan mümkin däldir, emma onuň absolýut takyklykda bolmagy hem talap edilmeýär. Praktikada (tejribede) barlag geçiriji adam prosesiň düýpli, häsiýetli aýratynlyklaryny ýüze çykarýar we alynan netijeler boýunça ýakynlaşan modeli saýlaýar. Modelirlemegiň fiziki we simwoliki görnüşlerini tapawutlandyrýarlar. Fiziki modelirlemekde öwrenilýän proses ýa-da obýekt özüne mahsus fiziki tebigaty bilen bilelikde şöhlelendirilýär. Modeller statiki ýa-da dinamiki görnüşde gurulýar.

Simwoliki modelirlemegiň üç görnüşi bolýar: grafiki, grafoanalitiki we matematiki.

Statiki modeller – kânleriňbelli bir öwrenilenlik momenti üçin olar hakynda aýdyň düşünje bermek üçin gurulýar. Bu ýerde esasan hem kâniň aýry-aýry aýratynlyklarynyň şöhlelendirilmesiniň aýdyňlygyna (manylylygyna, düşnükliigine - **выразительность**) üns berilýär. Şol bir wagtyň özünde model çylşyrymly bolmaly däl, ol sada we kiç ölçeğerde bolmaly (1-15 m-den uly bolmaly däl). Bir modelde köp sanda aýry-aýry bölekleriň (detallaryň) görkezilmäge çalyşylmagy, tejribede peýdasy az bolan, çylşyrymly we bulaşyk modelleriň gurulmagyna getirýär. Kâniň aýratynlyklarynyň uly derejede şöhlelendirilmegi üçin modeller sökülýän(разъемный) görnüşde edilýär. Sökülme ýerlerini degişli geologiki kesimleri, gözleg we dag **işleriniň (выработка)** gidýän ýerleri şekillendirilýän dik ýa-da kese profillere gabatlaýarlar.

Modeller agaçdan, heýkel palçygyndan, plastilinden, kartondan, aýnadan, plastiklerden (pleksiglas, weniproz we ş.m.) we plastmassadan ýasalýarlar. Birleşdiriji serişde hökmünde dürli görnüşli ýelimler ulanylýar.

Hereket edýän dag kärhanalary üçin *kânleriň dinamikimodelleriniň* ämiýeti gaty uludyr. Olar organiki aýnadan ýasalan, işlenilmegi ýeňil bolan dury plasinalara geçirilen marşeyderçilik we geologiki planlardan düzülendir.

Eger surat alma we gözleg işleriniň maglumatlary eksplutasion çäkleriň kese (gorizontal) kesiklerinde jemlenen bolsa onda plastinalary kese ýagdaýda, eger bu maglumatlar dik tekizliklerden alynan bolsa onda dik ýagdaýda ýerleşdirýärler. Plastinalary direg ramasynda berkidýärler. Olaryň arasyndaky aralygy modeliň maştabyna görä goýýarlar. Modelleriň masştaby şekillendirilen kâniň ýa-da meýdançanyň ölçegleri boýunça kesgitlenýär.

Dinamiki modellerden, sebitiň ýagdaýynyň werelýefiniň, meýdançanyň we dag kânleriniň ulgamynyň geologiýasynyň kiçeldilen giňişleýin şekilini işläp çykarmak; surat alma we gözleg işleriniň täze maglumatlary boýunça şekillendirilýän obýekti görnüş taýdan üýtgetmek we modeliň üstüni ýetirip durmak mümkinçiligini döretmek talap edilýär.

Modeliň üstüni ýetirme, şekillendirilen obýektiň durkuny üýtgetme we dag işleriniň süýşürilmegi (ýöneldilmegi) degişli reňkleme ýa-da üýtgedilen ýa-da işlenilen meýdanlaryň kesip-oýma işleri arkaly ýerine ýetirilýär. Esasy tehnika kiçijik (**миниатюрными**) modeller arkaly görkezilip biliner.

Geologiki, gurluş, petrografiki, geohimiki planlary, kartalary we kesimleri (**разрезы**), magdan jisimleriniň proýeksiýalaryny, jaýryklaryň kartasyny, tehnologiki kartalary, blok-diagrammalary we ş.m. özünde jemleýän *grafiki modelirleme* usuly geologiýada we dag işinde gaty giňden ýaýrandyr.

Käniň geometriki modeli, birinjiden ýeriň jümmüşinde ýatakçalaryň formalarynyň we häsiýetleriniň (gurluşynyň) ýerleşiş aýratynlyklaryny şöhlelendirýän dag-geometriki grafiki dokumentler köplügin, ikinjiden matematiki taýdan gaýtadan işlemegiň netijesinde gurnalan geologiki alamatlaryň arasyndaky analitiki we ähtimallyk baglanşyklary, informasion bahalary, bir jynsly däl statiki köplükleri aýdyňlaşdyrýan algoritmleri we ölçegleri, şeýle-de beýleki san häsiýetnamalary we olaryň özara baglanşyklaryny özünde jemleýän toplum bolup durýar.

Käniň geometriki modeli, onuň özleşdirilmegi dowamynda: üstüni açmagyň shemasynyň proýektirlenmegi, käni özleşdirmegiň ulgamy we ony synap görmegiň tertibi, dag işleriniň giňişleýin meýilleşdirilmegi, dag işleriniň operatiw meýilleşdirilmegi, kuwwatyna we düzümine degişli kondisiýalaryň esaslandyrylşy, ýitgileriň we **razbužewaniýanyň** kadalaşdyrylmagy, taýýarlyk derejesine görä ätiýaçlyklaryň kadalaşdyrylmagy; gözleg ulgamlarynyň ýygylgynyň optimizasiýasyna degişli görkezmeleriň taýýarlanylmagy; gazylyp alynýan peýdaly magdanyň gorlarynyň hasaby; gözleg işleri geçirilmedik meýdanlarda gazylyp alynýan peýdaly magdanyň ýerleşiş aýratynlyklaryna degişli çaklamalar; käniň genezisy (emele gelşi) barada netijeler, kânleriň gözleg we rasional (oýlanyşykly) özleşdirme işlerini dolandyрма prosesleriniň modelirlenmegi ýaly dürli meseleleriň çözülmegine esas bolup durýar.

Geometrizasiýa prosesiniň dowamynda maglumaty işläp taýýarlamagyň matematiki usullaryny ulanmaga degişli täze nazary esaslar işlenilip düzülýär. Bu prosesiň dowamynda iki wezipäniň çözülmesine gaty üns berilýär: birinjisi – berlen etapda känimiz hakynda alynan ähli maglumatlary ulanmak arkaly käniň hakykata ýakyn modelini onuň takyklygyna baha bermek, ýagny tebigy halyna gabat gelijilik derejesini kesgitlemek bilen döretmek; ikinjisi – bularan alynýan maglumatlar esasynda tebigy durkuna görä dag işleriniň talaplaryndan geçmeýän ýalňyşlyk derejesi bilen käniň modelini gurupbolýan gözegçilik nokatlarynyň (skwažinalaryň, synaglaryň we ş.m.) mümkin bolan iň az sanyny we gözleg işleriniň dowamynda olaryň ýerleşişini kesgitlemek.

Ýer jümmüşiniň geometrizasiýasynyň görnüşleri. Geologiki görkezijiler dag jynslarynyň massiwiniň formasyny (durkuny), onuň gurluşyny (häsiýetlerini) we ýeriň jümmüşinde bolup geýýän prosesleri häsiýetlendirýän alamatlara bölünýärler.

Ýer jümmüşiniň haýsy tarapy öwrenilýändigine baglylykda, geometrizasiýanyň şu görnüşlerini tapawutlandyrýarlar: gazylyp alynýan peýdaly magdan ýatakçalarynyň formasynyň we olaryň ýerleşmeginiň şertleriniň geometrizasiýasy; ýatakçalaryň we düzümindäki jynslaryň fiziki-himiki we tehnologiýa häsiýetleriniň ýerleşdirilmeginiň geometrizasiýasy; maddanyň giňişlikde we wagtyň dowamynda formasynyň üýtgemesi ýaly ýeriň jümmüşinde bolup geýän we bolup geçen prosesleriň geometrizasiýasy.

Her görnüşüň geometrizasiýasynyň dowamynda dag-geometriki çyzgylaryň toplumy düzülýär.

Ýatakçalaryň formasyny we olaryň ýerleşiş şertlerini: ýatakçanyň üstki gatlagynyň (**кровля**) we topragyň (**почва**) gipsometriki planlary, kuwwatyň izoçyzyklary, ýatakçanyň ýerleşişiniň izoçuňlугы (**изоглубина залегания**), suwa çydamly gatlagyň (**горизонт**) üstüniň izogipsy, tektoniki bozulmalaryň üstleri we ş.m. şöhlelendirýär.

Ýatakçanyň häsiýetleriniň we dag jynslarynyň massiwiniň ýerleşdirilşini: gazylyp alynýan peýdaly magdanyň düzümindäki haýsam bolsa bir komponentiniň (goşundysynyň) izoçyzyklarynyň grafikleri, jaýryklamanyň izoçyzyklary, dag jynslarynyň haýsam bolsa bir gatlagynyň öýjükliligi (**пористость**), berkligi we ş.m. şöhlelendirýär.

Ýer asty suwlaryň derejesiniň, ýeriň geogyzgynlyk meýdanynyň, dag işleriniň geçirilmegi sebäpli dag jynslarynyň massiwiniň dartgynlyk ýagdaýynyň üýtgemegi ýaly ýeriň jümmüşinde bolup geýän prosesler geometrizasiýada izoçyzyklar ýa-da wektorlar görnüşinde, öwrenilýän häsiýetleriň (**параметры**) ugruny we tizligini häsiýetlendirýändegişi grafikler bilen görkezilýär.

Formalaryň, häsiýetleriň we prosesleriň geometrizasiýasyndaky çyzgylar ähli alynan maglumatlary hasaba almak bilen gurulmalydyr. Känleriň rasional gözegçilik we özleşdirme işlerine degişli meseleleriň doly toplumyny çözmäge esas bolup durýanlygy üçin olar gözegçiligiň berlen etapda ýer jümmüşini maksimal derejede hakykata ýakyn edip görkezmelidir.

Käniň öwreniliş etapynda, kesgitli meselelere we dag-geometriki çyzgylary gurmaýyň masştabyna baglylykda känleriň sebitleýin (regional), bölek-leýin-gözleg we ekspluatasion geometrizasiýasyny tapawutlandyrýarlar.

Sebitleýin geometrizasiýa - gözleg işlerinden, kosmos, aerofotografiki, geologiki we geofiziki suratlardan alynan maglumatlar esasynda kiçi masştablarda ýerine ýetirilýär (1 : 50 000 – 1: 500 000). Ol giň umumylaşdyrmalary we umumy

çaklamalary bermäge, geljeki gözleg işleri üçin amatly sebitleri kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Bölekleyin – gözleg geometrizasiýasy: bölekleyin gözleg işlerinden, geologiki, gurluş-geologiki we geofiziki suratlardan alynan maglumatlar esasynda 1 : 5 000 – 1: 50 000 masştablarda ýerine ýetirilýär. Bu stadiýada formalaryň, ýatakçalaryň ýerleşiş şertleriniň, olaryň düzümindäki komponentleriň ýerleşişiniň dürli görnüşli grafiklerini düzýärler. Geometrizasiýanyň materiallary esasynda känlere baha berilýär, ätiýaçlyklar hasaplanylýar, dag önümçilikleri taslanylýar.

Eksplutasion geometrizasiýa 1 : 100 – 1 : 5 000 masştablarda düzülýär. Bu proses taýýarlyk we dag arassalaýyş işleriniň köwüp geçiş proseslerinde alynýan bölekleyin gözleg we baý dag-geologiki maglumatlar esasynda ýerine ýetirilýär.

Eksplutasion geometrizasiýa gurluş we hil häsiýetli kanunalaýyklyklary açmaga mümkinçilik döredýär, bularyň esasynda bolsa ýer jümmüşiniň ýakyn meýdanlary üçin çaklamalar gurulýar we olaryň özleşdirilmegi babatda rasional meýilnamalar düzülýär.

Geometrizasiýanyň dowamynda dag-geometriki grafikler kese, ýapgyt we dik proyeksiýon tekizliklerde gurulýar. Proyeksiýon tekizligiň saýlanylmagy ýatakçanyň düşüş burçyna we grafiğiň maksadyna baglydyr. Köplenç olary kese tekizlige bolan proyeksiýalarda gurýarlar we plan diýip atlandyrýarlar.

Sebitleyin, bölekleyin-gözleg we eksplutasion geometrizasiýa känleriň tapylmagyndan başlap, doly özleşdirilmegine çenli olary yzygiderli öwrenmegiň we aňlamagyň etaplary hökmünde göz önünde tutulýar.

Gazylyp alynýan peýdaly magdanlaryň ýatakçalarynyň geometrizasiýasynyň umumy we hususy (kesgitli) metodikalaryny (usullaryny) tapawutlandyrýarlar.

Geometrizasiýanyň umumy metodikasynda känleriň häsiýetlerini we formalaryny ýüze çykarmagyň we görkezmegiň usullaryna we tärlerine, şeýle-de olaryň ýerleşiş şertlerine we ýeriň jümmüşinde bolup geçýän proseslere seredilýär.

Geometrizasiýanyň hususy (kesgitli) metodikasynda kömürli, demir magdanly, reňkli metally, nebit-himiki, dag-himiki çig mally we gurluşyk materially we ş.m. känleriň aýry-aýry görnüşleriniň geometrizasiýasynyň aýratynlyklaryna seredilýär.

Kesgitli känleriň geometrizasiýasyndabirinjidenformalaryň we ýerleşiş şertleriniň geometrizasiýasyna, ikinjidenmagdanlary ýerleşdiriş şertleriniň

kanunalaýyklyklarynyň we görkezijileriň arasyndaky baglanyşyklaryň ýüze çykarylmagyna, üçünjiden kánleriň dürli häsiýetleriniň we ýerleşiş şertleriniň hem formasynyň hem-de ýerleşdirilmeginiň häsiýetlendirilmegine, dördünjiden dag işleriniň geçirilmegi sebäpli ýeriň jümmüşinde bolup geçýän proseslere seredilýär.

4. EHM-leri we grafik gurujylary ulanmak bilen ýeriň jümmüşiniň görkezijilerini ýerleşdirmegiň matematiki modelirlenmegi

Matematiki model– munuň öziçindäki obýektleri matematiki düşüňjeler (üýtgeýän ululyklar, parametrler, hemişelikler) bilen çalşyrylan fiziki modeliniň howaýy (**абстрактный**) modelidir.

Matematiki modelleri üç topara bölüp bolýar: determinirlenen, ähtimal we dinamiki modeller.

Determinirlenen model diýip, tötänleýin **komponentasy** bolmaýan we argumentiniň her bir bahasyna - garaşly üýtgeýän ululygyň diňe bir bahasy gabat gelýän modele aýdylýar.

Determinirlenen modelleriň hataryna geometrizasiýa prosesiniň dowamynda gurnalýan kanunalaýyklyklar we baglanyşklar degişli edilýär, mysal üçin: regressiýanyň (yza gaýtmanyň) deňlemeleri, polinomial modeller, trendler, Furýeniň hatarlary we ş.m.

Geometrizasiýanyň tejribesinde determinirlenen modellere arassa ýagdaýda duş gelinmeýär. Determinirlenen modelleriň aglaba köpsünde başlangyç berlenlerde (maglumatlarda) tötänleýin **komponentasy** bolýar.

Şonuň üçin barlag geçiriji köp halatlarda ähtimallyk ýa-da dinamiki ähtimal modeller bilen iş çalyşýar.

Ähtimallyk modelleriň hataryna - ähtimal ululyklaryň paýlanma kanunlaryna (deňölçegli, adaty, logarifimli-adatypaýlanma kanunlary, Weýbulla we ş.m.) degişli bolan modeller girýär.

Geometrizasiýada giňden ulanylýan dinamiki modeller hem determinirlenen hem-de ähtimallyk modeli bolup bilýärler.

Dinamiki determinirlenen modeliň ýönekeýje mysaly hökmünde $y=Asin(x)$ sinusoidasyny görkezmek bolar, onda argumentiniň her bir bahasyna funksiýanyň bir we diňe bir bahasy gabat gelýändir.

Eger bu deňlemä tötänlik **komponentasyny** “ δ ” goşsak, onda bu ýagdaýda argumentiň ol ýa-da bu bahasynda funksiýanyň haýsy baha eýe boljagyny öňünden aýdyp bolmaýan dinamiki ähtimallyk modelini ele alarys.

Dinamiki hatarlary öwrenmek üçin tötänli fuksiýalar teoriýasyny, polinomial modelleri, Furýeniň barlagyny ulanýarlar.

Känleriň modelirlenmeginde EHM-leriň ulanylmagy, görkezijileriň arasyndaky ýerleşdirmegiň statiki kanunalaýyklyklaryny we baglanyşyklaryny kesgitlemek, sortlara we derejelere (kategoriýalar) bölmek bilen gazylyp alynýan peýdaly magdanyň gurlaryny hasaplamak, gazylyp alynan oljany, ýitgileri, razbužewaniýany hasaplamak, aralyk tertipde dag işlerini meýilleşdirmek, käniň dürli görkezijileriniň ýerleşdirilşiniň dag-geometriki grafiklerini gurmak, şeýle-de ammlaryň we markşeyderçilik suratlardan alynan maglumatlar esasynda **otwallaryň** göwrümini kesgitlemek ýaly dag-geometriki meseleleriň çözgütleriniň köpüsini awtomotizirlenmäge mümkinçilik döredýär.

Bu meseleler EHM-de çözülende enjamyň ýadynda känleriň geometriki parametrleriniň matematiki taýdan şöhlelendirilmesinde, hil häsiýetleriniň ýerleşdirilmesinde we olaryň matematiki modelirlenmeginde kynçylyklar ýüze çykýar.

EHM-niň ýadynda maglumaty görkezmegiň iki usulyny tapawutlandyryýarlar, bular: matrisaly we analitiki usullardyr.

Birinji usulda, geometriki we hil häsiýetleri hakyndaky maglumat san matrisasy görnüşinde ýazylyar we kesgitli bir şekilde enjamyň ýadynda ýerleşýär. Şu hili matematiki modelleri diskret ýa-da **sifrawoý** modeller diýip atlandyryýarlar. Ikinji usulda, geometriki we hil häsiýetleri hakyndaky maglumatlar üznüksiz funksiýalar görnüşinde berilýär. Maglumaty ýatda saklamagyň görnüşi bolsa analitiki model bolup durýar (1.5-nji surat): $z_1=f_1(x,y)$; $z_2=f_2(x,y)$ we $z_3=f_3(x,y)$.

Köp sanly geometriki parametrleriň ýerleşdirilmegi gaty kyn prosesdir, käbir ýagdaýlarda bolsa olary üznüksiz matematiki funksiýalaryň kömegi bilen göz öňüne getirmek gaty kyn bolýar ýa-da mümkin hem bolmaýar. Üstesine-de, köp sanly geologiki baglanyşklar hil häsiýetlerine degişli bolýar (mysal üçin: jynslaryň tipi ýa-da sorty), olary bolsa diskret görnüşde görkezmek has aňsat bolýar.

Maglumaty görkezmegiň diskret görnüşi - göniburçly öýjüklerden ybarat bolan torlary ulanmak bilen modelirlenýän üsti ýakynlaşan görnüşde şöhlelendirmekden ybaratdyr (1.3-nji surata seret).

Şunuň bilen, 1.3-nji “b” suratda şekillendirilen iki ölçegli modelde, şekillendirilýän obýektiň üsti (prizmalaryň beýikligi), şeýle-de bütün göwrümi (prizmalaryň ýerleşiş) hakynda maglumat bardyr. Prizmalaryň beýikligi – çuňlugy, kuwwaty, komponentiň düzümini, gatlaklaryň dykzlygyny, kondision interwallaryň ölçeglerini we ş.m. häsiýetlendirip bilýär. Şeýle görnüşde ulgamlaşdyrylan sanlaryň san yzygiderli (matrisa) - geologiki maglumatyň ýygnaşmagy, saklanylmagy we görkezilmegi üçin netijeli serişde bolup durýar, ýagny başga söz bilen aýdanymyzda käniň **sifrawoý** modeli bolup durýar (1.6-njy surat).

Sifrawoý modeller diskret häsiýetli hil we mukdar häsiýetnamalary (geologiki bozulmalary, komponentleriň düzümini, tipini, sortyny) sypatladyrmagyň giň mümkinçiliklerine eýedirler.

1.5-nji surat: Ýatakçanyň parametriniň garfiki we analitiki modeli (1-3 funksiýanyň grafiki aňladylşy)

Bir gezek gurulan modeli, islendik wagtda dürli meseleleriň çözülmesinde ulanyp bolýar. Geologiki gözlegişlerinden, synaglardan we markşeyderçilik suratlardan alynan maglumatlar modeliň gurulmasy üçin başlangyç maglumat bolup durýar.

Matrisanyň öýjüklerindäki görkezijileriň orta bahalaryny käniň geometrizationynyň materiallary ýa-da matematiki statistika (aýry-aýry ölçemeler özbaşdak bolanda), n -nji derejeli analitiki polinomlaryň interpolasiýasy we approksimasiýasy (iň kiçi dörtburçlyklaryň trend-analizi), Furýeniň hatarlaryna bölme, aralyk metody, statiki optimal interpolýasiýa metody, kraýging we ş.m. dürli matematiki apparatlary ulanmak bilen dogry (dörtburçly, göniburçly we ş.m.) toruň baglanşyklaryndaky bahalar ulgamy görnüşindeerkin ýerleşen nokatlarda kesgitlenen görkezijileriň hakyky bahalarynyň transformasiýasy esasynda kesgitläp bolýar.

Häzirki wagtda geologiki informasiýany saklamagyň we dikeltmegiň, şeýle-de ony kartalaşdyrmagyň (**картирование**): planlaryň, kesikleriň (**разрез**) we ş.m. gurulmagynyň ulgamy işlenip düzülendir. Bu ulgamyň kömegi bilen gorlaryň täzeden hasaplanylmagy we göwrümleriň sanalmagy ýerine ýetirilýär. Modelde iň kiçi kwadratlar usuly arkaly alynýan ikinji tertipli umumy üstler görnüşinde trend-üstler arkaly bölümiň üstleriniň approksimasiýasy durmuşa geçirilýär.

1.6-njy surat: Käniň sifrawoý modeli

Käniň modeliniň gurulmagy, känimiz ýa-da hasap blogymyz umumulykda birinji oktantda $x>0$; $y>0$; $z>0$ ýerleşer ýaly hyýaly gönüburçly koordinatalar ulgamynyň saýlanylmagyndan başlanýar. Ulgamyň başlangyç nokady hasap blogynyň çäkleriniň daşynda ýerleşýär. Modelirlenýän hasap blogynyň ähli meýdany xy tekizlikde gönüburçly tor bilen örtülýär. Ähli gönüburçlyklarda C_1 parametriň orta bahasy hasaplanylýar, soňra ol merkeze getirilýär we şol gönüburçlugyň çäklerinde hemişelik hasaplanylýar. Eger meýdançanyň konturynda eýýäm parametriň başlangyç bahalary bar bolsa, onda elementar gönüburçlykdaky parametriň bahasy mälim (belli) edilip kabul edilýär.

Eger onuň kesgitlenmesi mümkin bolmasa, onda R korrelýasiýa radiusynyň çäklerinde ýerleşen, bahalary mälim (belli) bolan nokatlaryň arasynda interpolýasiýa metody ulanylýar. Üstesine-de, eger korrelýasiýa radiusynyň çäklerindäki nokatlaryň sany interpolirlemek üçin gerek bolan nokat sanyndan az bolsa, onda seredilýän nokadyň bahasy nämälim (näbelli) bolup galýar, ýagny maglumatlar ýeterlik bolmaýar. Eger nokat sany ýeterlik bolsa, onda parametriň bahasyny interpolýasiýanyň berlen modifikasion belgisine (çyzykly, optimal we ş.m.) laýyk gelýän metod bilen kesgitleýärler.

Dag-geometriki grafikleriň gurulmasy gaty jogapkärli we köp zähmeti talap edýän prosesdir. Grafiklerden aýdyňlyk (düşnüklik) bilen bilelik-de ummasyz el güýjüniň sarp edilmegi bilen ýetilýän kesgitli takyklyk hem talap edilýär. Hasaplama enjamlarynyň çalt depginde ösmegi bu kyn prosedurany awtomatlaşdyrmaga mümkinçilik berdi.

Programlama usuly arkaly grafikleri gurmaga we çyzmaga mümkinçilik berýän EHM-leriň daşky enjamlarynyň hataryna: HSÇE (harply-sanly çap etme enjamy) we grafik guruji enjamy girýär.

FORTTRAN IV dili üçin HSÇE-niň çap setiriniň giňligi 128 belgidir (simwoldyr). HSÇE-de latin we rus elipbiýiniň belgilerini, sanlaryny we harplaryny girizme mümkinçiligi bardyr. Bir jynsly maglumatlary birmeňzeş belgiler (simwollar) bilen çalşyryp we bu belgileri (simwollary) çalşyрма nokatlarynda çap edip, görkezijiniň giňişlikdäki üýtgeýşiniň şekili alynýar. Dag-geometriki grafikleri gurmagyň bu usulyna “çalt we gödek” usuly diýilýär.

Has takyk grafikleri - grafik guruji enjamlar arkaly gurup bolýar. Bütewi EHM ulgamy üçin: koordinatografly oturgyç görnüşinde bolan grafik guruji enjamy ulanylýar. Koordinatograf özbaşdak işläp bilýär, eger maglumat **lentada** ýazgy edilen bolsa onda ony daşky dolandyryş ulgamyna ýa-da göniden-göni EHM-e birikdirip bolýar. Gurmagyň takyklygy 0,05-0,5 mm aralygynda üýtgeýär.

HSÇ E-de nokatlar arasynda hemişelik interwal bolan ýagdaýynda dinamiki tertipli grafikleriň gurulmagy üçin funksiýany adaty ýa-da logarifmiki şkalalarda gurmaga, şeýle-de awtokorelyasion funksiýany gurmaga mümkinçilik berýän degişli ikinji derejeli programmalar (podprogrammalar) ulanylýar.

HSÇ E-niň kömegi bilen izoçyzyklarda kartalary gurup bolýar. Planda erkin ýerleşen synag nokatlaryň esasynda kartalaryň gurulmagy, birsydyrgyn däl (deň ölçegli bolmadyk) synag (synap görme) ulgamyny birsydyrgyn görnüşe getirme meselesi görnüşinde göz önüne getirilýär. Bu maksada, iň ýakynda gözegçilikde bolan bahanyň (ululygyň) hemişelik ulgamyň berlen nokadyna ýaýradylmagy bilen ýa-da gözegçiligiň çäklendirilen meýdançasý üçin gurulan **trendiň** üstüniň bellikleriniň kesgitlenilmegi bilen ýetilýär.

Birinji ýagdaýda **ekstrapolirowlanan** bahalar (aňlatmalar) az mukdarda duýdansyz üýtgemelere duçar bolýar. Ikinji ýagdaýda bolsa gözegçilikdäki nokatlaryň hiç biri **trendiň** üstünde ýerleşmeýär, bu hem onuň kemçiligi bolup durýar.

Indiki usul, iň ýakyn nokatlar köplüğinden kesgitlenilýän k nokada çenli aralygy boýunça ölçenilen orta bahanyň hasaplanmagyndan ybaratdyr.

Ýakyndaky $1, 2, 3, \dots, n$ nokatlardan k nokada çenli aralygy Pifagoryň teoremasý boýunça hasaplaýarlar:

$$D_{ik} = \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2}$$

D_{ik} hasaplanandan soň ýakyndaky ähli n sanly nokatlar üçin kesgitlenilýän \hat{Z}_k –nyň bahasyny tapýarlar:

$$\hat{Z}_k = \sum_{i=1}^n (z_i / D_{ik}) / \sum_{i=1}^n (1 / D_{ik}),$$

Bu ýerde: z_i - $1, 2, \dots, n$ nokatlarda görkezijiniň bahasy. Edil şunuň ýaly prosedura hemişelik ulgamyň beýleki nokatlary üçin hem amala aşyrylýar. Bu operasiýa degişli programma tarapyndan ýerine ýetirilýär. Kartanyň gurulmasy bolsa beýleki ikinji derejeli programma bilen ýerine ýetirilýär. Bu programmada bahalaryň massiwi bellige alynýar we bu bellikler boýunça izoçyklaryň kartasy gurulýar, şeýle-de her setirinde üç elementi x, y, z -i saklaýan massiwiň ölçegi, massiwiň uzynlygy we maksimal mümkin bolan uzynlygy, kartanyň dýuým ölçegindäki ini (giňligi), kartanyň çep we sag burçynyň, aşaky we ýokarky kesiminiň (**о́браз**) koordinatalary bellige alynýar. Bir jynsly maglumatlaryň birmeňzeş belgiler (simwollar) bilen çalşyrylmasy ýaly ýönekeýje hereketiň netijesinde karta setirme-setir çap edilýär. Munuň dowamynda kartanyň esaslanyp

gurulýan nokatlar ulgamy HSÇE-niň setirleriniň gurluşyna laýyk gelýär diýip hasap edilýär. HSÇE-niň köp görnüşlerinde her 25,4 mm-e (1 düým) keseligi boýunça 10 sany çap belgisi we dikligi boýunça 6 sany çap belgisi düşýär.

Bu ikinji derejeli programmany dürli kartalaryň gurulmasynda ulanyp bolýar. Şu şekilde gurulan kartalar ýeterlik derejede takyk bolmaýar, emma olar grafik guruji enjamlaryň kömegi bilen has takyk gurulan kartalar ýaly birtopar meseleleriň çözülmegine mümkinçilik döredýär.

2-nji baş

Ýer jümmüşiniň geometrizasiýasynda ulanylýan proyeksiýalar

1. Umumy düşüňjeler

Gazylyp alynýan peýdaly magdanlaryň gözleg işlerinde rasional usullaryň, şeýle-de olar özleşdirilende kämil usullaryň ulanylmagy, köp zähmeti talap edýän prosesleri toplumlaýyn mehanizasiýalaşdyrmaga we awtomatlaşdyrmaga degişli çäreleriň girizilmegi we olar bilen baglanyşykly awtomatik hasaplaýjy gurluşlaryň we beýleki matematiki enjamlaryň kömegi bilen ýatakçalaryň dag-geometriki ýerleşiş şertleriniň çaklanylmagy öwrenilýän obýektleri (gözleg we dag işlerini, gazylyp alynýan peýdaly magdanlaryň ýerleşiş şertlerini we formalaryny, ýeriň jümmüşinde gazylyp alynýan peýdaly magdan gorlarynyň aýry-aýry sortlar we komponentler (goşundylar) boýunça ýerleşdirilmegini, özleşdirilýän ýatakçalaryň we düzümindäki jynslaryň fiziki-himiki, dag-geologiki we dag-tehniki häsiýetlerini, şeýle-de ýeriň jümmüşinde bolup geçen we bolup geçýän prosesleri): surata alma, gaýtadan işleme we grafiki şekillendirme metodlarynyň kämilleşdirilmesini talap etdi.

Ýokarda agzalyp geçilen obýektler hakyndaky maglumatlar durnukly bolmaýar. Çünki dag we gözleg işleriniň ösüşine görä ýatakçalaryň formasy, ýeriň jümmüşinde gorlaryň ýerleşşi, käniň mukdar we hil häsiýetleri hakyndaky düşüňjeler üýtgäp hem-de takyklanyp durýar. Bularyň hemmesi, şekillendirilýän obýektleriň aýratynlyklaryny hasaba almak we şekili gurmak prosesiniň mehanizasiýasynyň rahat bolmagy üçin grafiki şekillendirme usulynyň gaty takyk we çäýe bolmagyny talap edýär.

Şekiller boýunça matematiki hasaplaýjy maşýnlarda kânleriň modellerini we dag-gözleg meselelerini çözmek üçin programmalary rahatlyk bilen gurmak talabynyň hem ähmiýeti uludyr.

Obýektleriň köpdürliligi, olaryň çylşyrymlylygy we dürli görnüşliligi, ölçegleriň we formalaryň takyklygynyň dürli derejeleri, şekile bildirilýän talaplaryň dürli häsiýetliligi – bularyň hemmesi grafiki şekillendirmegiň dürli usullaryny we ýollaryny ulanmaklygyň gerekliligini öňünden kesgitleýär.

Grafiki şekillere şu aşakdaky talaplar bildirilýär:

Aýdyňlyk – obýektiň tekiz şekili boýunça onuň giňişlikdäki modelini kynçylyksyz göz öňüne getirip bilmek, obýektiň uzynlygyny, inini, beýikligini häsiýetlendirýän elementlerini tanap bilmek, modeliň umumy görnüşi bilen bilelikde iň az derejede örtmek bilen onuň içki gurluşynyň böleklerini ýüze çykaryp bilmek mümkinçiligidir.

Gurulmada ýönekeýlik – gös-göni goşmaça işleri ulanmazdan, pogorizont planlar, dik kesikler (разрезы) ýaly başlangyç materiallary ulanyp boljak şekillendirmegiň ulgamyny saýlamakdan ybaratdyr – ýa-da şekili gurmaýyň mehanizasiýasy hem mümkindir.

Ýeňil ölçenilmeklik – şekil boýunça aňsatlyk bilen ölçeg işlerini alyp barmak we belli bir takyklyk derejesinde metrik häsiýetli meseleleri çözmek mümkinçiligi;

Dinamiklik – dag we gözleg işleriniň ilerlemegi bilen ýüze çykýan üýtgeşmeler sebäpli gysga wagtyň içinde grafikleriň üstüni ýetirmek we täzeden düzmek mümkinçiligi;

Kontrastlyk – ýörite enjamlar, gurluşlar, awtomatlar we EHM-lere birikdirilen goşmaça enjamlar arkaly çyzgyny okamak we onuň içinde şöhlelendirilen maglumaty alyp bilmek mümkinçiligi;

Masştabyň saýlanylmagy grafiki gurluşlar (построение) arkaly alynýan başlangyç maglumatlaryň we talap edilýän netijäniň takyklygyny şertlendirýär. Munuň dowamynda iki ýagdaýy tapawutlandyrýarlar, ýagnybaşlangyç maglumatlaryň takyklygy:

- 1) netijäniň gerekli takyklygynyndanartyk gelýär;
- 2) netijäniň gerekli takyklygynyndan kem gelýär.

Birinji ýagdaýda masşaby gerekli takyklygy alyp bolar ýaly edip saýlaýarlar; ikinji ýagdaýda bolsa gurulan grafikleriň masşaby başlangyç maglumatlaryň takyklygyna doly gabat gelmelidir.

M masşaby aşakdaky aňlatmanyň kömegi bilen tapýarlar:

$$M=a/D$$

Bu ýerde: a - grafiki gurluşlaryň (**построение**) 0,2-0,3 mm deň bolan çyzykly ýalňyşlygy; D – gözlenilýän ululygyň kesgitlenişiniň gerekli çyzykly takyklygy, mm.

2. San bellikleri bilen proyeksiýalar

Nokadyň, göni çyzygyň, tekizligiň proyeksiýasy we olaryň özara ýerleşşi.

Nokadyň giňişlikdäki ýagdaýy kabul edilen koordinatlar ulgamyna görä ýa-da kabul edilen koordinatlar ulgamyndaky ýerleşşi belli bolan, sebitde bellenen nokatlar toparyna (biri beýiklik (**высотная**), ikisi ugur görkeziji (**ориентирный**) nokady bolan azyndan üç nokada) görä kesgitlenilip biliner. Köplenç polýar ýa-da göni burçly koordinatlar ulgamy we proyeksiýalaryň kese (gorizontal) tekizligi ulanylýar. Nokady, göni çyzygy, şeýle-de nokatlar we göni çyzyklar arkaly kesgitlenilýän islendik obýekti şekillendirmekden öňürti, ilki bilen tekizlikde koordinatlar ulgamyny (koordinatlar oklaryny) şekillendirmeli we garfigiň masşabyňy görkezmeli.

San bellikleri bolan proyeksiýalarda nokady onuň iki koordinatasy boýunça kartalyk tekizlige belleýärler, onuň üçünji koordinatasyny bolsa bu nokadyň proyeksiýasynyň gabadynda san belligi görnüşinde belleýärler.

Oký, nokadyň şekillendirilýän kartalyk tekizligine perpendikulýar bolan koordinata san belgisi bilen belgilenýär.

Nolunjy diýip kabul edilýän proyeksiýalar tekizliginden ýokarda ýa-da sagda ýerleşen nokatlaryň ýanynda üçünji koordinata položitel baha eýedir we tersine proyeksiýalar tekizliginden aşakda ýa-da çepde ýerleşen nokatlaryň ýanynda, üçünji koordinata otrisatel san bahasyna eýedir.

2.1-nji surat: A we B nokatlaryň, şeýle-de AB göni çyzygyň üç tekizlige bolan proyeksiýalary

Projeksiýalar tekizligine normal bolan göni çyzyklar, nokatlar görnüşinde şekillendirilýär. Şeýtmek bilen mysal üçin, dik skwažinalar ýa-da dik dag işleri planlarda nokatlar görnüşinde ýa-da (planyň rahat okalmagy üçin) şertli belgiler görnüşinde şekillendirilýär. Projeksiýalar tekizligine paralel bolan göni çyzyklar, oňa çyzygynyň masştabynda üýtgedilmän proyektirlenýär.

Tebigy boluşda berlen AB göni çyzygy giňişlikde kesgitli ýagdaýa eýedir we eger: 1) göni çyzygyň iki nokadynyň koordinatalary: $A(x_A, y_A, z_A)$, $B(x_B, y_B, z_B)$ ýa-da 2) bir nokadyň koordinatalary $A(x_A, y_A, z_A)$ we göni çyzygyň ugry – göni çyzygyň gaçýan tarapyna tarap direksion burçy (azimuty) we gorizonta tarap göni çyzygyň ýapgytlyk burçy belli bolanda onuň san belgili projeksiýalarda şekillendirilmesi mümkindir.

2.1-nji suratda AB göni çyzygyiki nokadynyň $A(25, 15, 90)$, $B(110, 50, 30)$ koordinatalary boýunça koordinatalar oklaryna görä giňişlikde görkezilendir. Şeýle-de bu suratdabu göni çyzygyň XOYgorizontale tekizlige bolan proyeksiýasy ($a_{90}-b_{30}$), XOZwertikal tekizlige bolan proyeksiýasy ($a'_{15}-b'_{50}$), şeýle-de YOZwertikal tekizlige bolan proyeksiýasy ($a''_{25}-b''_{110}$) görkezilendir.

Projeksiýalar tekizligine çyzyklaryň ýapgytlylygy analitiki görnüşde (çyzyklaryň proyeksiýalarynda onuň ýapgytlyk ýa-da eňňitlik burçy belleniýär) ýa-da graduslara bölünen bellikler görnüşinde aňladylyp biliner.

2.2-nji surat: göni çyzygyň ýapgytlyk burçynyň kesgitlenilmegi we profiliň kömegi bilen göniniň graduirlenmegi

2.3-nji surat: trafaretiň kömegi bilen göniniň graduirlenmegi

Göni çyzygyň graduirlenmegi diýlip, göni çyzygyň proyeksiýasynda kesigiň beýikligine kratny bolan bütün sanlar bilen belgilenen nokatlaryň bolmagyna aýdylýar.

Göni çyzygyň proyeksiýasynda bütün sanlar bilen belgilenen nokatlar göni çyzygyň, proyeksiýalar tekizliklerine paralel bolan we bir-birinden kesigiň beýikligine deň uzaklykda ýerleşen tekizlikler bilen kesişme nokatlaryň proyeksiýalary bolup durýar.

Kesigiň beýikligi ýa-da “h” **göni çyzygyň kesigi** diýlip (2.2-nji surat), göni çyzygyň graduirlenen proyeksiýasynyň iki goňşy nokadynyň bütün san belgileriniň tapawudyna aýdylýar. Adatça şu ululyklar: 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 kesigiň beýikligi hökmünde kabul edilýär.

Göni çyzygyň “ l ”založeniýasy diýlip, göni çyzygyň san belgileriniň tapawudy kesigiň beýikligine deň bolan iki nokadynyň proyeksiýalarynyň arasyndaky aralygyna aýdylýar. Göni çyzygyň založeniýasyny analitiki taýdan formula boýunça (2.1) ýa-da grafiki şekil boýunça (2.2-nji surat) kesgitläp bolýar.

Göni çyzygyň “ i ” ýapgytlygy diýlip, onuň düşüş burçunyň tangensine aýdylýar. Göni çyzygyň ýapgytlylygy, kesigiň beýikligi we založeniýanyň arasyndaky özara baglanyşyk aşakdaky formula arkaly aňladylýar:

$$i = \operatorname{tg} \delta = h/l \quad (2.1)$$

Berlen kesikde göni çyzygyň ýapgytlylygy – založeniýa ters bolan ululykdyr, ýagny ýapgytlyk näçe kiçi bolsa, založeniýe şonça-da uly bolýar, we tersine ýapgytlyk näçe uly bolsa, založeniýe şonça-da kiçi bolýar.

Göni çyzygy graduirlemegiň giňden ýaýran usullary: göz çaky bilen, tarfarediň, profiliň kömegi bilen ýa-da analitiki usul bilen. Eger göni çyzyk iki nokat arkaly berlen bolsa onda onuň graduirlenmegi ilkinji üç usul arkaly ýerine ýetirilýär. Eger göni çyzyk bir nokat we onuň ugry bilen berlen bolsa onda graduirmek üçin profil ýa-da analitiki usul ulanylýar.

Trafarediň kömegi bilen göni çyzygyň graduirlenmegi şundan ybaratdyr (2.3-nji surat). Ilki bilen, erkin emma biri-birinden deň aralykda birnäçe paralel göni çyzyklary geçirmeklik bilen **kalkada** (aňyrsy görnüp duran kagyz) trafaredi ýasaýarlar. Trafarediplanyň ýüzüne goýýarlar. Trafarediň gyraky çyzyklarynyň birini göni çyzygyň proyeksiýasy bilen gabatlaşdyrýarlar. Göni çyzygyň nokadyny mysal üçin A_8 nokady galamyň ýiti ujy bilen dürtýärler, trafarediň çyzyklaryny kabul edilen kesikleriň üsti bilen, bellikler diýip şertli atlandyrýarlar. Soňra, belgisi 13 bolan ikinji B nokat, trafarediň şol bir belgili çyzygy bilen gabatlaşýança trafaredi öwürýärler. Mundan soň A_8B_{13} göni çyzygyň proyeksiýasynyň trafarediň göni çyzyklary bilen kesişme nokatlarynyň ählisini iňne ýa-da galamyň ujy bilen dürtýärler we olaryň gabadynda degişli bütün san belgilerini goýýarlar.

Haçanda, göni çyzygyň ahyrky nokatlarynyň begileri drobly bahalara eýe bolan ýagdaýynda mysal üçin $A_{8,4}; B_{17,5}$, onda olary trafarediň çyzyklarynyň üstünde däl-de, olaryň arasyndaky boşlugyň degişli ýerinde ýerleşdirýärler (2.3-nji b surat).

Profil usuly arkaly graduirleme prosesine 2.2-nji surata seredip düşüňip bolýar. Ol millimetrlik kagyz we çyzgyç bar bolan ýagdaýynda has hem ýönekeýdir. Ilki bilen göni çyzygyň iki nokadynyň bellikleri ýa-da bir nokadynyň

belgisi we ýapgytlyk burçy arkaly göniniň profili gurulýar. Profili san belgili kese (gorizontal) tekizlikleriň yzlary bilen kesişme nokatlaryny mysal üçin 7 we 8-i (2.2-nji surat) göni çyzygyň proyeksiýasyna geçirýärler we basgançakly nokatlary alýarlar.

Eger göni çyzygyň proyeksiýasynyň ýapgytlyk burçy i ýapgytlygy ýa-da dýapgytlyk burçy boýunça berlen bolsa, onda graduirlenmäni analitiki usulda ýerine ýetirýärler. Ilki bilen berlen h kesik boýunça göni çyzygyň l zалоženiýasynyň ululygyny 2.1-nji formula arkaly kesgitleýärer.

Egerberlen nokadyň belgisi drobly san bolsa, onda, ilki bilen ondan zалоženiýanyň bir bölegini, ýagny kesige kratnyý bolan бүтін сана çenli belligiň drobly böleginiň üstüni ýetirýän bölegini aýyryp goýýarlar, we soňra alynan nokatdan hasaplanan zалоženiýany alyp goýýarlar.

Nokat bilen göni çyzygyň özara ýerleşiş ýagdaýlary şulardyr:

1) Eger nokadyň proyeksiýasy göni çyzygyň proyeksiýasy bilen gabat gelýän bolsa we göni çyzygyň nokady bilen bir umumy belligi bar bolsa onda nokat göni çyzygyň üstünde ýatýandyr.

2) a) Eger nokadyň proyeksiýasy göni çyzygyň proyeksiýasy bilen gabat gelmeýän bolsa onda nokat göni çyzygyň üstünde ýatmaýandyr.

b) Eger nokadyň proyeksiýasy göni çyzygyň proyeksiýasy bilen gabat gelýän bolsa, emma bu berlen nokadyň we onuň bilen gabat gelýän göni çyzykdaky nokadyň bellikleri dürli bolsa onda nokat göni çyzygyň üstünde ýatmaýandyr.

Plan boýunça nokat bilen göni çyzygyň arasynda iň gysga aralygy kegitlemek üçin, ilki bilen nokat bilen göni çyzygyň üstünden tekizlik geçirilmeli, bu tekizligiň utgaşdyrylan ýagdaýyny tapmaly, we şondan soň garfigiň masştabyny hasaba almak bilen normal boýunça nokatdan göni çyzyga çenli aralygy (olaryň utgaşdyrylan ýagdaýynda) ölçemeli.

Eger nokadyň proyeksiýasy göni çyzygyň proyeksiýasy bilen gabat gelýän bolsa, onda gös-göni plan boýunça nokat bilen göni çyzygyňdikligine (wertikal) aralygyny kesgitläp bolýar, ol berlen nokadyň we göni çyzykda oňa gabat gelýän nokadyň bellikleriniň arasyndaky tapwudyna deň bolýar. Beýleki ululyklar (mysal üçin: nokadyň göni çyzykdan iň gysga uzaklygy) tekizligiň utgaşdyrylmasy

ýalygoşmaça gurluşlar (построение) arkaly kesgitlenilýär. *Göni çyzyklaryň özara ýerleşiş ýadaýlary şulardyr:*

Egergöni çyzyklaryň proyeksiýalary paralel, založeniýalary deň we san belgileri bir tarapa artýan bolsa, ondagöni çyzyklar özara paraleldirler (2.4-nji a surat);

Eger göni çyzyklaryň proyeksiýalary kesişýän bolsa we iki göni çyzyk üçin hem $K_{17,5}$ kesişme nokady şol bir san bahasyňa eýe bolýan bolsa, onda göni çyzyklar bir-biri bilen kesişýändirler (2.4-nji b surat).

Eger kesişýän göni çyzyklar şol bir profil tekizliginde ýatýan bolsa, onda göni çyzyklaryň proyeksiýalary gatyşýarlar (сливаются) (2.4-nji g surat).

Eger göni çyzyklaryň proyeksiýalary kesişýän bolsa, emma kesişme nokadynda dürli belgilere eýe bolýan bolsa; göni çyzygyň proyeksiýalary paralel bolup, emma dürli založeniýa eýe bolýan bolsa, ýa-da birmeňzeş založeniýa eýe bolup, emma san belgileri dürli tarapa artýan bolsa, onda göni çyzyklar atanaklaýyn durýarlar (скрещиваются) (2.4-nji w surat).

Eger bir ýa-da paralel wertikal tekizliklerde ýatýan göni çyzyklaryň san belgileri dürli taraplara kemelýän bolsa we $l_1 = h^2 / l_2$ gatnaşygy saklanýan bolsa onda bu göni çyzyklar perpendikulýardyr. Bu ýerde l_1, l_2 – birinji we ikinji göni çyzygyň založeniýasy; h – kesigiň beýikligi (2.4-nji g surat).

Tekizlik, onuň nokat, göni çyzyk we tekizlik bilen özara ýerleşiş ýagdaýlary we şekillendirilmesi.

Tekizligiň giňişlikdäki şekillendirilmesi we ýerleşiş ýagdaýy dolulygyna aşakdaky elementler arkaly kesgitlenilýär:

1. Bir göni çyzykda ýatmaýan üç nokat arkaly;
2. Göni çyzyk we onda ýatmaýan nokat arkaly;
3. Iki kesişýän göni çyzyk arkaly, aýratyn ýagdaýda – uzalma (простираение) we düşme (падение) göni çyzyklary arkaly;
4. Iki paralel göni çyzyk arkaly;
5. Berlen tekizligiň iň uly ýapgytlyk çyzygy bolup durýan göni çyzyk arkaly (2.5-nji a suratda MK göni çyzyk we onuň mK proyeksiýasy).

Ýokarda görkezilen elementleriň ählisi tekizligiň şekillendirilmesi üçin gaty zerurdyr we ýeterlidir.

San belgili proyeksiýalarda P tekizlik paralel we biri-birinden deň daşlaşan göni çyzyklar 0-0, 10-10, 20-20 we ş.m. ulgamy arkaly şekillendirilýär. Bu göni çyzyklar berlen tekizligiň biri-birinden deň daşlaşan we H proyeksiýa tekizligine paralel bolan tekizlikler bilen kesişme çyzyklarynyň proyeksiýalary bolup durýar (2.5-nji a,b surat).

2.4-nji surat: Göni çyzyklaryň özara ýerleşiş ýagdaýlary

Eger proyeksiýalar tekizligi hökmünde gorizont XOY tekizligi kabul edilen bolsa, onda bu tekizligi şöhlelendirýän paralel göni çyzyklar gorizontallar ýa-da izozetler diýip atlandyrylýar.

Eger proyeksiýalar tekizligi hökmünde wertikal XOZ ýa-da YOZ tekizligi kabul edilen bolsa onda bu tekizligiň izoçyzyklary izoigrekler ýa-da izoiksler diýip atlandyrylýar.

Eger proyeksiýalar tekizligi hökmünde ýapgyt tekizlik kabul edilen bolsa, onda berlen tekizlik onuň üstünde izoaralyklar diýip atlandyrylýan paralel göni çyzyklar ulgamy arkaly şekillendirilýär.

Eger planda: degişli bellikleri bolan tekizligiň gorizontallary (izoçyzyklary), şekiliň (planyň) masştaby we koordinatalar ulgamy berlen bolsa ondatekizlik planda (çyzgyda) berlen diýip kabul edilýär.

Tekizligiň iki goňşy gorizontallaryň arasyndaky iň kiçi aralygyna: tekizligiň “ l ” **založeniýasy** diýilýär. Goňşy gorizontallaryň bellikleriniň tapawudyna: tekizligiň h kesigi diýilýär.

Tekizligiň iň uly ýapgytlyk çyzygy bilen proyeksiýalar tekizliginiň ýa-da oňa paralel bolan tekizligiň emele getirýän burçuna tekizligiň δ ýapgytlyk burçy (ýapgytlyk burçunyň alamatyna ýa-da iň uly ýapgytlyk çyzygynyň ugruna baglylykda aşak gaçyş (падение) burçy ýa-da ýokary galyş(восстание) burçy) diýilýär. Bu burçuň tangensine bolsa – tekizligiň ýapgytlygy diýilýär (2.5-nji w surat).

Iň uly ýapgytlyk çyzygy ýa-da tekizligiň gaçyş çyzygy tekizligiň gorizontallaryna hem tebigy ýagdaýda, hemem planda perpendikulýardyr.

Kesişýän we tekizligiň ýagdaýyny kesgitleýän göni çyzyk jübütleriniň içinde iki kesişýän göni çyzyk tekizlik üçin häsiýetli bolup durýar – bular tekizlikde özara

perpendikulýar bolan iki göni çyzykdyr, bularyň birinjisi gorizontal, ikinjisi bolsa tekizligiň iň uly ýapgytlyk çyzygydyr.

2.5-nji surat: San belgili proyeksiýalarda tekizligiň şekillendirilmesi

Tekizlikdäki gorizontal çyzygyň (islendik gorizontalda bolşy ýaly) öz ugry bardyr. Tekizligiňgorizontalynyň ýa-da uzalma (прости́рание) göni çyzygynyň ugryhökmünde şuny kabul edýärler, ýagny şol ugra görä tekizligiň ýapgytlygy (паде́ние) saga ugrukmalydyr.

Berilýän tekizligiň ugry dünýäniň taraplaryna görä ýa-da berlen planyň koordinatalar oklaryna görä tekizligiň uzalma çyzygynyň (gorizontalynyň) ugrunyň azimuty ýa-da α direksion burçy arkaly kesgitlenilýär.

Nokadyň we tekizligiň özara ýerleşiş ýagdaýlary:

Eger nokadyň proyeksiýasynyň gabadynda tekizlik nokat bilen şol bir belgä eýe bolýan bolsa, onda bu nokat tekizligiň üstünde ýatýar (2.6-njy suratdaky k_{35} nokat).

Eger nokadyň proyeksiýasynyň gabadynda tekizlik başga belgä eýe bolýan bolsa, onda bu nokat tekizligiň üstünde ýatmaýar (2.6-njy surat, c_{60} nokat).

Göni çyzygyň we tekizligiň özara ýerleşiş ýagdaýlary:

Eger göni çyzygyň islendik iki nokady tekizlikde ýatýan bolsa, onda bu göni çyzyk bu tekizlikde ýatýandyr. Mysal üçin: $a_{22,5}b_{45}$ göni çyzyk tekizlikde ýatýandyr (2.6-njy surat).

2.6-njy surat: Nokadyň, göni çyzygyň tekizlik bilen özara ýerleşiş ýagdaýlary.

Eger tekizlikde berlen göni çyzyga paralel bolan göni çyzyk bar bolsa, ýagny onuň bilen brimeñzeş založeniýa we şol bir tarapa artýan belgilere eýe bolýan bolsa, onda göni çyzyk tekizlige paraleldir. Mysal üçin: $c_{60}d_{80}$ göni çyzyk P tekizlige paraleldir, çünki ol P tekizlikde ýatan $a_{22,5}b_{45}$ göni çyzyga paraleldir (2.6-njy surat).

Eger göni çyzygyň proyeksiýasy tekizligiň gorizontallaryna perpendikulýar bolsa, onuň düşüş (паде́ние) ugry tekizligiň düşüş (паде́ние) ugryna garşylykly bolup, $l_{g\zeta} = h^2 / l_{tek}$ gatnaşygy ýerine ýetýän bolsa onda göni çyzyk $g_{85}m_5$ tekizlige

perpendikulýardyr (2.6-njy surat). Bu ýerde: $l_{g\zeta}$ we l_{tek} –göni çyzygyň we tekizligiň založeniýasy; h – tekizligiň kesiginiň beýikligi.

Eger göni çyzygyň diňe bir nokady berlen tekizlikde ýatýan bolsa, onda bu göni çyzyk tekizligi kesip geçýär (2.6-njy surat, $l_{40}l_{23}$ göni çyzyk).

Tekizlikleriň özara ýerleşiş ýagdaýlary:

Eger tekizlikleriň gorizontallarynyň proyeksiýalary paralel, ugry we založeniýasy birmeňzeş bolsa, onda P we Q tekizlikler paraleldirler (2.7-nji a surat).

Eger tekizlikleriň gorizontallary kesişýän bolsa, onda tekizlikler hem bir-biri bilen kesişýändir. Bu ýagdaýda kesişme çyzygy: birmeňzeş belgili gorizontallaryň kesişme nokatlary arkaly kesgitlenýär (2.7-nji b surat).

Eger tekizlikleriň gorizontallary parallel, ugurdaş emma dürli založeniýa eýe bolýan bolsa, onda bu tekizlikler bir-biri bilen kesişýärler (2.7-nji w surat).

Eger tekizlikleriň gorizontallary parallel, emma garşylykly ugrukdyrhan bolsa, onda bu tekizlikler bir-biri bilen kesişýärler. Soňky iki ýagdaýda tekizlikleriň kesişme çyzygynyň proyeksiýasy - tekizlikleriň islendik erkin alynan in uly ýapgytlyk çyzygy boýunça geçirilýän profiliň tekizligi arkaly kesgitlenilýär; iki tekizligiň gorizontallary paralel bolmasa we planyň çäklerinde kesişmese.

(Eger tekizlikleriň gorizontallary parallel bolmasa we planyň çäklerinde kesişmeýän bolsa, onda bu tekizlikler bir-biri bilen kesişýärler.)

2.7-nji surat: Tekizlikleriň özara ýerleşiş ýagdaýlary

Bu ýagdaýda kesişme çyzygynyň proyeksiýasy – tekizlikleriň iki profiliniň kömegi bilen tekizlikleriň profilleriniň kesişme nokatlarynyň proyeksiýalary boýunça tapylýar.

Eger tekizlikleriň arasyndaky iki granly burç 90° deň bolsa, onda bu tekizlikler özara perpendikulýardyr. Iki granly burç - berlen tekizlikleriň kesişme çyzygyna normal bolan tekizlikde ýatýar.

Tekizlikleri utgaşdyrmagyň usuly – berlen ýapgyt tekizligi proyeksiýalar tekizligine paralel bolan ýagdaýa getirmek. Utgaşdyrma usulyny ýapgyt tekizlikde ýatan uzynlyklaryň we burçlaryň hakyky bahalaryny grafiki kesgitlemek üçin ulanýarlar. Gorizonta proyeksiýa tekizligi bilen utgaşmany, proyeksiýa tekizligine

parallel bolýança berlen tekizligi onuň gorizontallarynyň haýsam bolsa biriniň daşyndan aýlamak bilen gazanýarlar.

Utgaşyk ýagdaýda ýapgyt tekizlik, üstündäki ähli elementleri bilen bilelikde proyeksiýa tekizligine gabat gelýär ýa-da oňa parallel bolýar. Bu ýagdaýda berlen tekizlikde ýatýan çyzyklaryň arasyndaky burçlar, şeýle-de kesimleriň (отрезок) çyzykly ululyklary üýtgedilmän şekillendirilýär.

Bu usulyň esasyňa aşakdaky mysalyň kömegi bilen seredip geçeliň:

Mysal. 2.8-nji suratda şekillendirilen planda a_{80}, b_{20}, c_{40} nokatlary, ýagny ýatakçanyň topragynyň (почва) üsti bilen skwažinalaryň kesişme nokatlary berlen. Nokatlaryň arasyndaky hakyky uzaklygy we emele gelen üçburçlygyň içki burçlarynyň hakyky bahalaryny kesgitlemeli.

Çözülişi: Berlen üç nokatdan tekizligi geçirýäris. Munuň üçin nokatlaryň proyeksiýalaryny göni çyzyklar bilen birleşdirýäris, kesigi bellemek bilen, olary her 10 m-den graduirleýäris. Birmeňzeş belgili (atlary meňzeş) nokatlardan tekizligiň gorizontallaryny geçirýäris. Üçburçlygyň içki burçlarynyň hakyky bahalaryny kesgitlemek üçin tekizligi, onuň haýsam bolsa bir gorizontalynyň daşyndan aýlaýarys, mysal üçin belgisi 20 bolan gorizontalyň daşyndan.

a_{80} nokadyň plandaky utgaşyk ýagdaýyny tapmak üçin, berlen nokatdan aýlaw okyna (belgisi 20 bolan gorizontala) a_{80} a perpendicularýary goýberýäris we perpendicularýaryň dowamyna aýlaw okyndan: bir kateti (aa_{80}) aýlaw okyndan berlen nokada çenli plandaky aralyk bolup durýan, beýleki kateti ($a_{80}A$) planyň masşabynda berlen nokat bilen aýlaw okynyň belgileriniň tapawudyna proporsional aralyk ($80-20=60$ m) bolup durýangöniburçly üçburçlygyň aA ipotenuzasyna deň bolan kesimi alyp goýýarys. a_{80}^{20} nokady belgisi 20 bolan aýlaw okyna görä a_{80} nokadyň utgaşdyrylan ýagdaýy bolup durýar.

Edil şonuň ýaly c_{40}^{20} nokady tapýarys. Aýlaw okunyň üstünde ýatýan nokat ýerinde galýar.

$b_{20}, a_{80}^{20}, c_{40}^{20}$ nokatlary birikdirip burçlary gös-göni, taraplary bolsa planyň masşaby boýunça ölçenilýän üçburçlygy alarys. Mysaly başga usulda hem işläp bolýar. Berlen nokatlardan gorizontally tekizlik geçirlende ilki bilen tekizligiň gorizontallarynyň utgaşan ýagdaýy tapylýar. (2.8-nji suratda punktir çyzyklar bilen belgileri 40, 60 we 80 bolan utgaşdyrylan gorizontallar görkezilendir).

Planda utgaşdyrylan tekizligiň gorizontallary aýlaw okyndan we bir-birinden planyň masştabynda založeniýanyň we gorizontallaryň kesiginiň kwadratlarynyň jeminiň kökine ýa-da katetleri založeniýa we gorizontallaryň kesigi bolan göniburçly üçburçlygyň gipotenuzasyna deň bolan aralykda ýerleşýär. Soňra berlen nokatlary aýlaw okyna normal boýunça, berlen nokadyň belgisine laýyk gelýän utgaşdyrylan gorizontala geçirýärler. Alynan nokatlary birikdirip, gözlenilýän ululyklaryň üýtgeşsiz şekilini alýarlar.

Proýeksiýa tekizliklerini çalşyрма usuly. Bu metodyň özeni esasy proýeksiýa perpendikulýar bolan kömekçi proýeksiýany saýlamakdan we üstünde proýektirlenen ähli elementleri bilen bilelikdekömekçi tekizligi onuň yzynyň ýa-da gorizontallynyň daşyndan aýlamak bilen esasy proýeksiýa tekizligi bilen utgaşdyrmakdan ybaratdyr. Bu usulyň ulanylyşyna aşakdaky mysalyň kömegi bilen seredip geçeliň.

Mysal: 2.9-njy suratda şekillendirilen plandaproýeksiýalary utgaşýan iki sany $a_{90}b_{150}$ we $c_{100}d_{140}$ göni çyzyk berlendir. AB we CD göni çyzyklaryň hakyky uzynlyklaryny, gorizonta görä göni çyzyklaryň ýapgytlyk burçyny, göni çyzyklaryň kesişme nokadynyň proýeksiýasyny we belgisini kesgitlemeli?

Çözülişi: Göniçyzyklaryň proýeksiýalarynyň üstünden wertikal ýa-da profil tekizligi geçirýäris. Bu tekizligiň yzy we gorizontallary göni çyzygyň proýeksiýalary bilen utgaşýarlar. Profil tekizligi belgisi 90 bolan gorizontallynyň daşyndan 90 belgili gorizont tekizlik bilen utgaşýança aýlaýarys. Utgaşyk ýagdaýda profil tekizligiň gorizontallary aýlaw okyna paralel ýagdaýda we bir-biri bilen planyň masştabynda kesigiň beýikligine deň aralykda ýerleşýärler (2.9-njy suratda gorizontallar punktir bilen görkezilendir). a_{90} nokady ýerinde galýar, d_{140} , c_{100} , b_{150} nokatlary bolsa aýlaw okyna normal boýunça olaryň belgilerine gabat gelýän gorizontallara ýa-da aýlaw okyndan: nokadyň we aýlaw okynyň belgileriniň tapawudyna deň bolan aralyga göçýärler.

D_{140}^{90} , C_{100}^{90} , B_{150}^{90} – nokatlar degişli nokatlaryň utgaşdyrylan ýagdaýy bolup durýar. Olary göni çyzyklar bilen birikdirip, $a_{90}B_{150}^{90}$ we $C_{100}^{90}D_{140}^{90}$ kesimleri, ýagny planyň masştabynda gözlenilýän göni çyzyklaryň uzynlyklaryny alarys.

Göni çyzyklar bilen aýlaw okynyň arasyndaky δ_1 we δ_2 burçlary şol bir wagtyň özünde göni çyzyklaryň gorizonta bolan (proýeksiýa tekizligine bolan) ýapgytlyk burçlary, γ burçy bolsa göni çyzyklaryň arasyndaky hakyky burç bolup durýar.

Göni çyzyklaryň E kesişme nokady aýlaw okyndan $Ee = 28\text{m}$ uzaklykda ýerleşendir. Onuň plandaky proyeksiýasy $28+90=118\text{ m}$ belgili e nokady bolup durýar.

Üstleriň proyeksiýasy. Geometriýada üstleriň iki synpyny tapawutlandyryrlar:

Geometriki dogry üstler; döreme kanunlary belli bolan üstlerdir, mysal üçin: silindir, sferik, konik görnüşli üstler we ş.m.

Geometriki dogry däl üstler; geometriki döreme kanunlary belli bolmadyk üstlerdir, mysal üçin: topografiki üst we ş.m.

Üstler san belgili proyeksiýalarda, bu üstleriň proyeksiýa tekizligine parallel bolan we bir-birinden deňdaşlaşan tekizlikler bilen kesişme çyzyklarynyň proyeksiýalary arkaly şekillendirilýär. Kesişme çyzyklarynyň ýa-da izoçyzyklaryň plandaky (proyeksiýa tekizligindäki) görnüşi tekizligiň görnüşine we onuň proyeksiýa tekizligine görä ýerleşişine baglydyr. Eger, mysal üçin silindrik üstüň emele getirijisi proyeksiýa tekizligine parallel bolsa, onda bu üstüň izoçyzyklary hem parallel göni çyzyklar bolup durýar, emma olaryň zалоženiýasy dürli bolýar. Eger emele getiriji - proyeksiýa tekizligizligine normal bolsa, onda üstüň izoçyzyklary bir töwerege utgaşýarlar. Eger emele getiriji ýapgyt ýagdaýda bolsa, onda silindrik üstümiz formasy boýunça emele getirijiniň založeniýasyna deň bolan hemişelik aralyga bir-birine görä parallel ýagdaýda süýşirililen birmeňzeş egri çyzyklar görnüşinde şöhlelenýär. Munuň dowamynda silindrik üstüň izoçyzyklarynyň založeniýasy käbir ýerlerde dürli bolýar.

Silindrik üsti emele getirýän gorizontallaryň gurluşy (häsiýeti) gipometriki planlar boýunça gatlaklaryň (epinleriň - складок) görnüşini kesgitlemek üçin ulanylýar. Eger gatlagyň (epiniň - складки) ok çyzygyna parallel bolan çyzyklar boýunça plandaky izogipsleriň arasyndaky uzaklyk birmeňzeş bolsa, onda gatlagy (epini-складку) silindrik görnüşe degişli edýärler. Sferiki üstler - merkeze dogry artýan založeniýaly konsentrik (umumy merkezli) töwerekler bilen şekillendirilýär. Koniki üstler bolsa - çyzgy tekizligine görä olaryň ýagdaýyna baglylykda konsentrik (umumy merkezli) töwerekler, parabolalar ýa-da giperbolalar görnüşinde izoçyklar bilen şekillendirilip biliner.

Topografik üstleriň hataryna: sebitiň relýefiniň üstüniň häsiýetlerini özünde saklaýan geometriki nädogry (şeýle-de geometriki dogry) üstler degişli edilýär.

Topografiki üstüň esasy häsiýeti şundan ybaratdyr: islendik 1,2... nokatdan geçirilen dik çyzyk (отвесная линия) ýa-da H gorizental proyeksiýa tekizligine dogry normal çyzygy bilen ol diňe bir nokatda kesişýändir (2.10-njy surat).

Matematiki topografiki üstlerz funksiýasy şeýle-dex wey üýtgeýän ululyklar arkaly aňladylýar:

$$z=f(x,y).$$

Kada görä, bu funksiýa bu görnüşde näbellidir. Hawa, eger onuň haýsam bolsa bir analitiki usul bilen aňladylmasy mümkin bolsady, onda onuň formulasy şeýle bir çylşyrymly görnüşe eýe bolardy hatda onuň tejribede ulanylmasy gaty kyn bolardy. Emma bu funksiýanyň gutarnyklylyk (конечности), bir belgililik (однозначность), üznüksizlik we birsydyrgynlylyk (плавность) şertlerini kanagatlandyranlygy mälimdir.

Gutarnyklylyk (конечности), bir belgililik (однозначность) şertlerine görä berlen x we yargumentlerinde bu funksiýa diňe bir, gutarnykly baha eýedir. Üznüksizlik we birsydyrgynlylyk (плавность) şertleri şuny aňladýar: ýagny argumentleriň tükeniksiz kiçi üýtgemeginde funksiýahem birsydyrgyn hiç-hili böküşsiz az üýtgeşmä sezewar bolýar ýa-da matematikanyň dili bilen aýdanymyzda differensirlenýär.

2.10-njy surat topografiki üstüň profili

Bu şertleriň gös-göni netijesi bolup planda topografiki üstleri şekillendirmek üçin ulanylýan izogipsleriň esasy häsiýetleri, has açyk aýdanynda –izogipsler ýa-da gorizontallar - bir-biriniň arasynda založeniýanyň birsydyrgyn üýtgemesini eýe bolan birsydyrgyn birikdirilen egriçyzyklar bolup durýar; şol bir üstüň izogipsleri planda kesişmeýärler.

Üstüň izogipsleri funksiýanyň grafiki aňladylmasy bolup durýar, olaryň kömegi bilen dürli meseleleri çözüp bolýar.

Ýer jümmüşiniň geometrizediýasyna degişli birnäçe tejribe meseleleriň çözülmesinde topografiki üst düşüňjesi has hem giňeldilendir. Topografiki üstler synpynyň hataryna: proyeksiýa tekizligine bagly bolmak bilen bir hatarda bu tekizlige goýberlen islendik normal bilen ýeke-täk kesişme nokadyny berýän üstler degişli edilýär.

2.11-nji suratda, H gorizontal tekizlige görä topografiki bolmadyk üstüň profili şekillendirilendir. 2-3 dik çyzygy bilen ol birnäçe nokatda kesişýär. Gorizontal tekizlige bolan proyeksiýada bu üsti gorizontallarda şekillendirip bolmaýar. Bu üstüň diňe A-B, B-C, C-D, D-E ýaly topografiki üstleriň hataryna girýän aýry-aýry böleklerini gorizontallarda şekillendirip bolýar.

Emma planda aýry-aýry bölekleriň şu görnüşde şekillendirilmegi känbir aýdyň bolmaýar we rahat okalmaýar. Ýokardaka menzeş ýagdaýda üstümüz W wertikal proyeksiýa tekizligine görä topografiki dälidir.

V ýapgyt proyeksiýa tekizligine görä berlen üstümüz topografiki bolup durýar, çünki V tekizlige bolan islendik normal bilen ol diňe bir nokatda kesişýär. Ony V ýapgyt tekizlige bolan proyeksiýalarda izoçyzyklaryň üsti bilen aýry-aýry bölekler bölmeden şekillendirip bolýar. Şunuň bilen ýatakçanyň belli bir formasy şekillendirilende proyeksiýanyň şeýle bir tekizligi saýlanylmalydyr: ýagny onuň bilen sazlaşykda ýatakçany **okonturiwleýän** (оконтуривающие) üstler aýry-aýry bölekler bölünmezden topografiki üstleriň hataryna degişli edilmelidir.

Ý okarda seredilip geçilen sebitiň relýefiniň üstüne degişli häsiýetler dag we geologiki-markşeyderçilik işinde işlenilýän topografiki üstleriň hataryna girýän beýleki üstler üçin hem häsiýetlidir.

Ýeriň topografiki we fiziki üstlerinden başga şu hili üstlere: gazylyp alynýan peýdaly magdan ýatagynyň topragynyň (почва) we ýokarky gatlagynyň (кровля) üstleri; litologiki, stratigrafiki ýa-da gidrogeologiki almatlary boýunça tapawutlanýan dag jynslarynyň birleşme üstleri; ýatagyň ýa-da dag jynslarynyň haýsam bolsa bir galyňlygynyň üstleri; gazylyp alynýan peýdaly magdanyň, onuň aýry-aýry sortlarynyň we komponentleriniň ýeriň jümmüşinde ýerleşişiniň kuwwatynyň üýtgeýişini häsiýetlendirýän üstler; dag massiwiniň dartgynly ýagdaýly we intensiw jaýrykly üstleri; dag jynslarynyň haýsam bolsa bir görnüşiniň fiziki, mehaniki we tehniki häsiýetlerindäki üýtgeşmeleri häsiýetlendirýän üstler degişli edilýär.

Topografik hataryna girýän üstleri şekillendirmegiň ähli usullarynyň içinde izoçyzyklar (gorizontallar, izogipsler) usuly iň giňden ýaýrany bolup durýar.

Izoçyzyklaryň založeniýasy diýlip, proyeksiýa tekizliginde bir-biriniň üstünden geçýän (ýanaşyk - смежный) iki sany izoçyzygyň (gorizontalyň) arasyndaky iň kiçi aralyga aýdylýar.

2.11-nji surat: Üstüň gorizonta, wertikal we ýapgyt proyeksiýa tekizliklerine proyektirlenmegi

Üstüň kesigi diýlip iki goňşy izoçyzygyň belgileriniň tapawudyna aýdylýar.

h kesik, l založeniýa we δ ýapgytlyk burçy arasynda 2.1-nji formula bilen aňladylýan baglansyk bar.

Topografiki tertipli üstleriň izoçyzyklaryny gurmağyň usullary. Planda sebitiň böleginiň topografiki üstüniň şekillendirilmesi, instrumental surat almanyň maglumatlary esasynda ýerine ýetirilýär.

Açyk bildirýän relýefde surat alma prosesiniň dowamynda relýefiň inwariant elementlerinde we ýapgytlygyň (скат) häsiýetli egimlerinde (изгиб) üstüň häsiýetli nokatlaryny saýlaýarlar we olar üçin beýiklik belgilerini kesgitleýärler. Eger relýef düzlük bolsa, onda meýdançanyň meýdany boýunça deňölçegli ýerleşdirilen nokatlaryň beýiklik belgilerini kesgitleýärler. Soňra nokatlary X, Y (ýa-da polýar a, l) koordinatalary boýunça plana geçirýärler, olaryň gabadynda beýiklik belgilerini goýýarlar. Kesigi bellemek bilen, ýapgytlyk (eňňitlik-скат) çyzyklary boýunça ýakyndaky nokatlaryň arasynda interpolirrowaniýany ýerine ýetirýärler.

Birmeňzeş belgili nokatlardan sebit böleginiň relýefiniň üstüniň birsydyrgyn (плавный) egriçyzykly izogipslerini geçirýärler.

Gizlin, göze görünmeýän ýa-da şertli üstler üçin izoçyzyklaryň plandaky gurulmasy hemişe ýeňil bolmaýar. Izoçyzyklaryň öwrenilýän belli bir görkezijini dogry şöhlelendirmesi üçin, olar gurulanda görkezijiniň üýtgame häsiýetine täsir edýän geologiki şertler we beýleki faktorlar hasaba alynmalydyr, şeýle-de dag jynslarynyň we ş.m. ýatagyndaky (ýatan ýerindäki-залегание) badaşma (соподчиненность) göz önünde tutulmalydyr.

Başlangyç maglumatlara, olaryň ýerleşişine we öwrenilýän görkezijiniň häsiýetinebaglylykda izoçyzyklaryň gurulmasy elde ýa-da EHM-e dakylýan degişli goşmaça enjamlar – grafik düzüjiler arkaly: inwariant çyzyklar, köpgranlyklar, profiller, statiki aýna, ikinji derejeli usullarynda ýerine ýetirilýär.

Inwariant çyzyklar usulynyň özeni şundan ybaratdyr. Planda degişli masştabda koordinatalar boýunça, bahasy kesgitlenen (ölçenilen) şekillendirilýän görkezijiniň nokatlarybellenilýär; her nokadyň gabadynda san görnüşinde görkezijiniň bahasy (belligi) ýazylýar (2.12-nji a surat).

Ýazylan belgileriň geometriki analizi netijesinde käniň geologiki-gurluşy hakyndaky maglumatlary we ş.m.-leri hasaba almak bilen şekillendirilýän üstüň inwariant çyzyklarynyň ýerleşiş ýagdaýlaryny belleýärler (2.12-nji b surat).

Inwariant çyzyklaryň iki görnüşini, ýagny otrisatel (gök reňkli) we položitel (gyzyl reňkli) görnüşini tapawutlandyrýarlar.

Berlen üstüň iň az beýiklikli ýerleri otrisatel inwariant çyzyk bolup durýar: talwegler (талwegи) ýa-da goşantlar ulgamy bolan derýalaryň hanalary (2.12-nji b suratdaky punktir çyzyk).

Tarazlaryň (sakalaryň) çyzygy položitel inwariant çyzyk bolup durýar (2.12-nji b suratdaky doly çyzyk). Inwariant çyzyklaryň kesişme ýerleri bolsa inwariant meýdança bolup durýar.

Inwariant çyzyklar we meýdançalar öz bolşuna berlen üst üçin esas bolup durýar we izogipsleriň kömegi bilen şekillendirilende olaryň takyklygynyň barlagynda uly ähmiýete eýe bolýar. Haçanda her bir položitel we otrisatel inwariant çyzyklar we inwariant meýdançalar üçin nokatlaryň gerekli we ýeterlik sany, şeýle-de ýapgytlyklaryň (eňnitleriň - скат) we olardaky nokatlaryň gerekli we ýeterlik sany ýüze çykarlan ýagdaýynda:ýeterlik derejede takyk modeli gurup bolýar.

Inwariant çyzyklara görä nokatlar arasyndaçyzykly interpolirowaniýe arkaly, kesigiň ululygyny berip basgançakly bellikleri tapyp bolýan ýapgytlyk (eňnit) çyzyklary belleniýär (2.12-nji w surat). Birsydyrgyn (плавный) çyzyklar bilen birmeňzeş belgili nokatlary birikdirip, gözlenilýän üstüň izoçyzyklardaky şekilini alýarlar (2.12-nji g surat).

Inwariant çyzyklary bellemek kyn bolan ýagdaýynda ýa-da üstüň aýry-aýry nokatlaryndazaleganiýanyň elementleri: gaçyş çyzygynyň azimuty ýa-da gaçyş burçy ölçenilen bolsa köpgranlyk usuly ulanylýar (2.13-nji surat).

2.12-nji surat: Inwariant çyzyklar usuly arkaly topografiki üstleriň izoçyzyklarynyň planda gurulmasynyň yzygiderligi

Birinji ýagdaýda üstümüz köpgranlyk görnüşde görkezilýär, bu köpgranlygyň her bir grany depeleriniň ýakyn nokatlary san belgili bolan üçburçlyk bolup durýar. Kesigiň ululygyny berip (задавать), ýakynda ýerleşen nokatlar arasynda interpolirowaniýany geçirýärler. Birmeňzeş belgili nokatlary ilki bilen döwür (ломанный) soňra birsydyrgyn (плавный) düz egriçyzyklar bilen

birleşdirýärler. Netijede üstün izoçyzyklardaky plany alynýar. Eger nokatlar boýunça gurulan islendik döwür çyzygyň, üstäki oňa gabat gelýän egričyzykdan üýtgemesi ýol berilýän ululykdan geçmeýän bolsa, onda üstün şekili takyk diýip hasaplanylýar.

Bu usul bilen izoçyzyklaryň gurulmasy, edil beýleki usullar ýaly, şekillendirilýän üste degişli bolanhas giňişleýin öwrenilen meýdanlardanbaşlanylýar we soňra ýuwaş-ýuwaşdan nokatlar arasy uzak bolan az öwrenilen ýerlere geçilýär.

Ikinji ýagdaýda, zaleganiýasynyň elementleri kesgitlenen üstünnokatlaryny koordinatalar boýunça plana geçirýärler, olaryň ýanynda san belgilerini belleýärler. Direksion burç boýunça her nokadyň üstünden gaçyş çyzygynyň proyeksiýasyny geçirýärler. Kesigiň ululygyny **göz önüne getirip** (задавшись сечением), gaçyş burçyny hasaba almak bilen analitiki ýa-da grafiki usul bilen çyzyklara basgançakly belgileri goýýarlar, bularyň üstünden gaçyş çyzyklara dogry normal boýunça izoçyzyklary geçirýärler. Birnäçe beýleki faktorlar boýunça üstün egriligini hasaba almak bilen, birmeňzeş belgili izoçyzyklary birsydyrgyn (плавный) egričyzyklar bilen birikdirýärler. Netijede, zaleganiýasynyň (ýatan yeriniň) elementleri hasaba alynmadyk üstün nokatlarynyň belgileri boýunça gurulan plana görä, üstün izoçyzyklardaky has takyk plany alynýar.

Profiller usuly, öwrenilýän üstün bir-birine görä parallel ýa-da dürli ýagdaýda ýerleşenbirnäçe profili ýa-da kesigi bar bolan halatynda ulanylýar (2.14-nji surat).

Bu usulyň özeni şundan ybaratdyr. Profilleriň başlangyç nokatlarynyň koordinatalary boýunça plana profileriň proyeksiýalary bellenilýär. Profilleriň üstünde belentlik toruny – üstün kesigine deň bolan aralykda profiliň esasynda parallel çyzyklaryň birnäçesinigeçirýärler (2.14-nji surat). Belentlik torunyň çyzyklarynyň şekillendirilýän görkezijiniň üstüniň profili bilen kesişme nokatlaryny ilki bilen profiliň esasynda proyektirleýärler, soňra başlangyç nokatlara görä gabadýnda degişli belgileri goýmak bilen profiliň çyzyklarynyň planyna geçirýärler. Planda birmeňzeş atly nokatlary birsydyrgyn (плавный) egričyzyklar arkaly birikdirip, izoçyzyklardaky gözlenilýän üsti alýarlar.

Üstün izoçyzyklarynyň profiler arkaly gurulmagy - kânleriň gözleg işlerinde ýa-da gözleg çyzyklary boýunça olaryň synap görülmeginde ulanylýar.

2.14-nji surat: Üstüň izoçyzyklarynyň I) profilleri usuly, II)a-1-1'; b-2-2'; ç-3-3' çyzyklary boýunça gurulmagy(-na degişli)

2.15-nji surat: Profiller boýunça üstleriň izoçyzyklarynyň gurulmagy:
a) hakyky üst we onuň gözleg çyzyklary boýunça iş ýüzüne geçirilşi (реализация) b) Profiller boýunça gurulan üstüň üýtgedilmegi (uzynlygyna çekilmegi - ВЫТЯНУТОСТЬ)

Gözleg işleriniň çyzygy(G.Ç.1;G.Ç.2;G.Ç.3) boýunça synap görme skwažinalaryň ýa-da nokatlaryň arasyndaky aralyk, gözleg çyzyklarynyň arasyndaky aralyga garanyňda gaty kiçi bolany üçin, çyzyklar boýunça üstüň ýüze çykarylmasynyň içginligi (детальность), çyzyklar arasynda ýüze çykarmaga garanyňda uly bolýar. Ähli ugurlar boýunça göräli birmeňzeş durnuksyzlyklary bolan üstler üçin,üstüň izoçyzyklar arkaly gurulmasynda profiller usulynyň formal ýagdaýda ulanylmagy kesiklerde we olaryň arasynda maglumat derejesiniň dürlüligi sebäpli (2.15-nji b suratdaky ýaly)onuň emeli ýagdaýda üýtgemegine – ýagny, kesikler arasynda izoçyzyklaryň bir taraplaýyn çekilmegine we munuň yzyndan gelyän şekillendirilýän görkezijiniň ýerleşişiniň üýtgemegi bilen bagly ýalňyş pikir ýöredilmegine getirýär. Biri-birinden göräli uzaklaşdyrylan profilleriň kömegi bilen üstleriň izoçyzyklarynyň gurulmagyny, geologiki görkezijiniň “uzynlygyna çekilen”üýtgame häsiýeti (mysal üçin: epiniň ganatlarynda (на крыльях складки) gatlaklaryň (пластов) krowlýasynyň (кровля) adatça uzynlygyna çekilen (вытянутой по простиранию) üstleri; kükeli känler we ş.m. boýunça çekilen oreol görnüşinde ýaýran komponentleriň ýerleşişini) öňünden belli bolan känlerde ýerine ýetirmelidir.

Statiki aýna usuly ýa-da meýdançaly düzleme usuly planda görkezijiniň san belgili nokatlary köp bolanda ulanylýar. Egerizoçyzyklar ähli bar bolan san belgileri ulanmak bilen geçirilen bolsa, onda muňa ilki bilen gaty köp wagt sarp ediler hem-de kiçi ädimli (мелкосопочный) relýef alynar (2.16-njy a surat).

Şunuň ýaly şekillerden görkezijiniň üýtgame kanunlaryny tapmak, bulardan netije çykarmak we bu üstleri tejribe maksatlar üçin ulanmak gaty kyn bolýar.

Statiki usulyň özeni, ortaça topar belgileri boýunça üstüň izoçyzyklaryny gurmakdan ybaratdyr. Munuň üçin köp sanda nokatlary bolan meýdançanyň planynyň ýüzüni a,b taraply kwadrat ýa-da göniburçlyk görnüşli tor bilen örtýärler. Toruň taraplarynyň ululygyny planyň masştabyna, görkezijiniň üýtgame häsiýetine, üstüň umumy gaçyş nokatlarynyň arasyndaky uzaklyga we ş.m. baglylykda saýlaýarlar. Toruň her bir öýjügi ýa-da statiki aýnasy üçin oňa düşen

ähli nokatlaryň belgileriniň orta arifmetik bahasyny kesgitleýärler we alynan bahany statiki aýnanyň merkezine belleýärler.

Aýnany öz ulugynyň ýarysyna ilki bilen bir ok boýunça soňra bolsa başga ok boýunça (2.16-njy b surat) ýa-da onuň bütün ululygy (2.16-njy w surat) boýunça süýşirýärler.

Eger nokatlar öýjügiň haýsam bolsa bir böleginde toplanan bolsa, onda orta baha olaryň geometriki merkezine belleniýär. Araçäk nokatlar iki goňşy öýjügiň ikisinde-de hasaba alynýar. Soňra kesigi göz öňüne getirip (задавшись сечением) orta bahalaryň belgileri boýunça izoçyzyklar gurulýar. Netijede, şekillendirilýän görkezijiniň esasy üýtgemelerini (durnuksyzlyklaryny) häsiýetlendirýän düz üst alynýar.

Bu usul özüniň durnuksyzlygy bilen häsiýetlendirilýän köpçülikleýin ölçemeler, kesgitlemeler, ýatakçanyň ölçenilýän häsiýetleriniň barlaglary ýaly ýerlerden alynýan maglumatlar boýunça izoçyzyklar gurulanda giňden ulanylýar.

Ikinji derejeli usul (косвенный метод) diňe şu şertlerde ulanylýar: haçanda gözlenilýän üstümüz, üstüň izoçyzyklarynyň haýsam bolsa bir maglumatynyň funksiýasy bolup durýan bolsa ýa-da haçanda öz izoçyzyklary bilen birlikdeiki sany üst berlen ýagdaýynda we gözlenilýän üstümüz käbir degişli matematiki amallar arkaly kesgitlenilýän iki üstüň производнысы (önümi) bolsa.

EHM hem-de grafiki guruju enjam arkaly izoçyzyklaryň gurulmagy. EHM-lerde ýokarda agzalyp geçilen usullaryň islendigi ulanylyp biliner. 2.17-nji suratda üçburçlyk ulgamyna bölünmek boýunça köpgranlyk usuly arkaly EHM-lerde izoçyzyklaryň gurulmasynyň ulaldylan blok-shemasy görkezilendir.

Başlangyç maglumatlar hökmünde: üstüň nokatlarynyň x, y, z koordinatalary, gurulma meýdançasynyň çäkleriniň koordinatalary, invariant çyzyklaryň koordinatalary, anizotropiýanyň (durnuksyzlygyň) koeffisiýenti, koordinatlar oklary bilen anizotropiýanyň esasy ugurlarynyň emele getirýän burçlary kabul edilýär.

Bu metodyň iş ýüzüne geçirilmesi şu aşakdaky proseduralardan ybaratdyr:

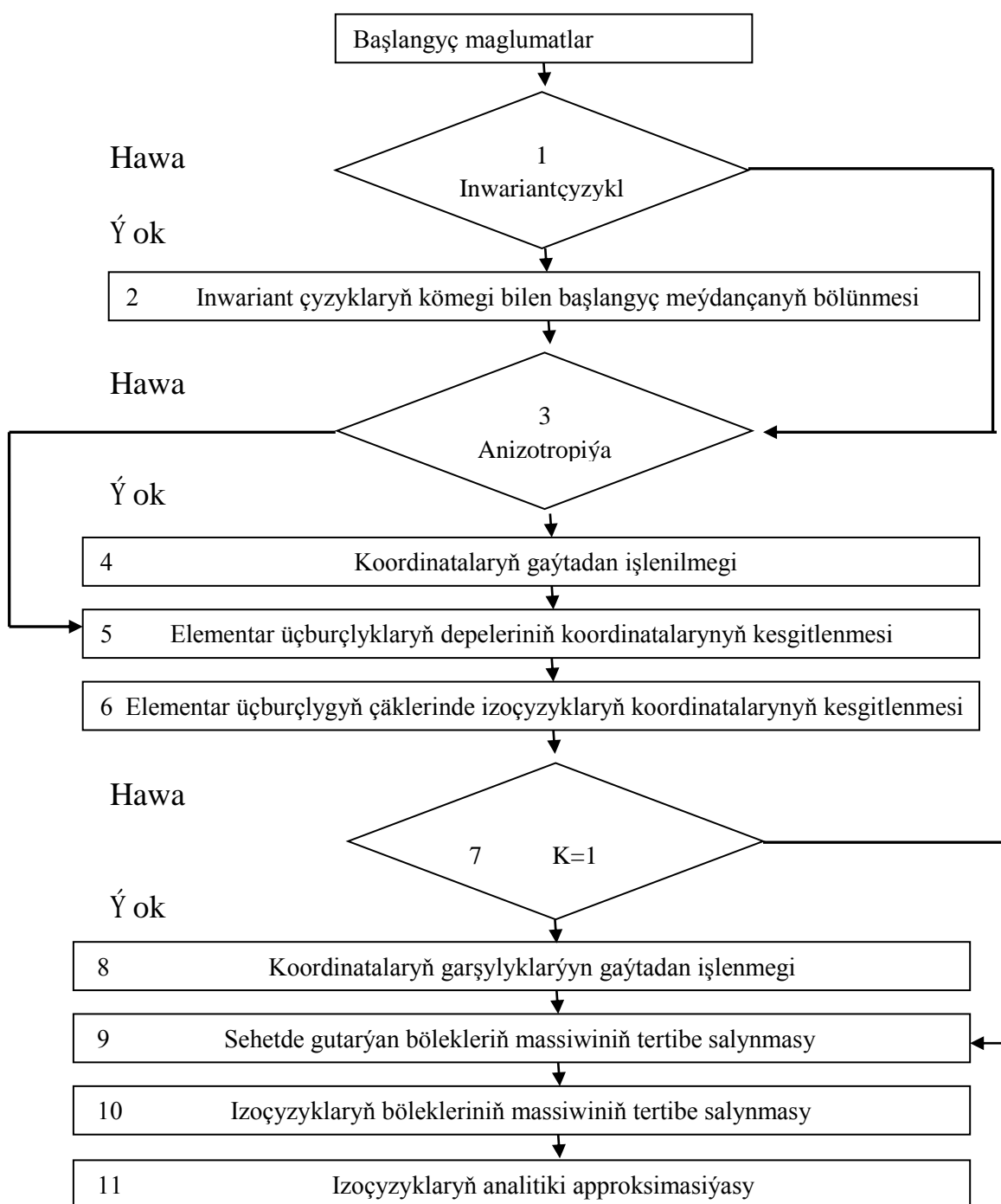
1. Köpgranlyk bilen topografiki üstüň approksimasiýasy (invariant çyzyklary we anizotropiýany hasaba almak bilen depeleri üstüň häsiýetli nokatlary bolan kesişmeýän üçburçlyklar ulgamynyň gurulmagy);

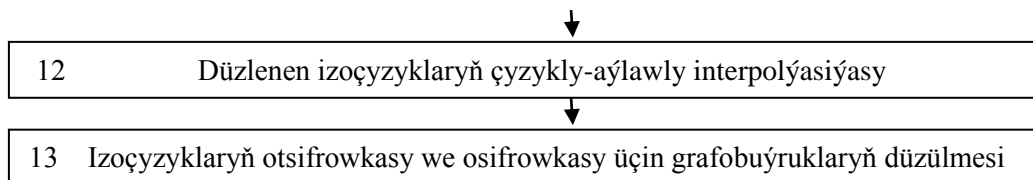
2. Köpgranlygyň gapyrgalary bilen gorizontallaryň x, y kesişme koordinatlarynyň kesgitlenmesi;

3. Birsydyrgyn (плавный) egriçyzyklar bilen gorizontallaryň interpolyasiýasy we gurulmagy.

2.18-nji suratda üçburçlyklardan we üstüň gurulan izoçyzyklaryndan ybarat bolan köpgranlygyň plany görkezilendir.

Izoçyzyklaryň iki görnüşini: ýagny, konturda öňi we soňy bar bolan - arasy açyk izoçyzyklary we konturyň içinde bitişik izoçyzyklary tapawutlandyrýarlar.





z belgili arasy açyk izoçyzyklaryň düzülmegi, bu izoçyzyklara degişli bolan ähli nokatlaryň tapylmagyndan başlanýar (2.18-nji suratdaky a, ž, z, i nokatlary). Soňra üçburçlygyň ähli taraplarynyň alynmagy netijesinde konturyň içinde berlen z derejesi üçin döwülen çyzyklar (a-b, b-w, w-g we ş.m.) görnüşinde gorizontallaryň bölekleriniň (звеньев) massiwleri düzülýär.

Bitişik izoçyzygyň düzülmeginde başlangyç hökmünde eýýäm düzülen emma entek ulanylmadyk jübütler kabul edilýär (mysal üçin: a'-b'). Oňa indiki b'-w' jübüti umumy b' nokady boýunça birleşdirilýär we ş.m – likde soňky k'-a' jübüdiň a' nokady başlangyç a' nokady bilen birleşýänçä dowam edilýär.

Döwür çyzyklar splaýn-interpolýasiýanyň kömegi bilen birsydyrgyn (плавный) egri çyzyklar bilen çyzylýar.

Dag-geometriki grafikler üçin topografiki üstleriň kesiginiň beýikliginiň saýlanylmagy, ýygy-ýygýdan izoçyzyklaryň üýşmegine, olary gurmak üçin uly zähmetiň sarp edilmegine we esasan hem grafikleriň ýokary takyklygy barada ýalňyş garaýyşyň döremegine ýa-da tersine praktiki meseleleriň çözülmeginde ähmiýeti uly bolan topografiki funksiýanyň bölekleriniň (detallarynyň) aýrylmagyna sebäp bolýar.

Görünmeýän ýa-da hyýaly üstleriň kesiginiň beýikligi saýlananda: üsti gurmak üçin ulanylýan nokatlaryň ýagdaýy öwrenilýän görkezijiniň hakyky ýa-da hyýaly üstüniň häsiýetli nokatlaryna görä tötänli bolup durýandygy; nokatlaryň belgileri ýa-da görkezijiniň nokatlardaky bahalary käwagt gaty uly derejelere eýe bolýan ýalňyşlyklar bilen kesgitlenýändigini göz önünde tutulmalydyr. Şonuň üçin izoçyzyklar gurulanda kesigiň beýikliginiň saýlanylmagyny şu aşakdaky şertlere tabyn edýärler:

kesigiň beýikligi - şekillendirilýän üstüň nokatlarynyň belgileriniň kesgitlemeginde ýol berilýän ýalňyşlyk derejesinden uly bolmalydyr;

plandaky izoçyzyklaryň arasyndaky aralyk - grafiğiň aýdyňlygyny we ýeňil okalmagyny, şeýle-de grafik boýunça praktiki meseleleriň rahat çözülmegini üpjün etjek derejede bolmalydyr;

hilli görkezijilerin şkillendirilmesinde topografiki üstlerin kesiginiň beýikligi izoçyzyklaryň başlangyç maglumatlara we kondisiýa toparlarynyň berlen araçäklerine gabat gelmegi üçin kondisiýanyň çäkleri bilen baglanyşdyrлан bolmalydyr.

Topografiki üstlerin kesigini saýlamagyň esasyna topografiki funksiýanyň öwrenilenlik derejesi bilen onuň şkillendirilmesiniň takyklygynyň gabat gelmegi baradaky şerti goýulmalydyr.

Käniň haýsam bolsa bir görkezijisiniň ýerleşişiniň izoçyzyklardaky plany gurulanda: üç ýagdaýy tapawutlandyryýarlar.

2.1-nji jedwel:

Orta gaçyş burçy, gradus	Berlen masştablarda kesigiň beýikligi (m)		
	1 : 2000	1: 5000	1 : 10000
10	5	10	20
20	10	20	25
30	10	25	50
40	20	50	50
50	20	50	100
60	50	100	200

1) Gözleg işleriniň ulgamy (tory), ýeterlik derejede dolulygyna görkezijiniň giňişlikdäki ýerleşdirilmesiniň esasy kanunlaryny ýüzeçykarýar, ýagny onuň ýerleşdirilmeginde kanuny durnuksyzlyk agdyklyk edýär. Gözegçilik edilýän tötänleýin durnuksyzlyk - görkezijini kesgitlemekde ýol berilýän aňryçäk ýalňyşlyk derejesinden kiçi bolýar. Tötänleýin we kanuny durnuksyzlygyň şu hili gatnaşygyna ýanaşyk (bir-biriniň üstünden geçýän - смежных) nokatlardaky görkezijiniň bahalarynyň arasyndaky:1-e ýakyn bolan awtokorellýasiýa koeffisiýentiniň ululygy boýunça baha berip bolýar. Bu ýagdaýda izoçyzyklaryň kesiginiň beýikligini h (m): G.I. Wilesowyň formulasy boýunça görkezijiniň şkilinden talap edilýän içginlikdäki (детальность)planýň masştabyna görä saýlaýarlar:

$$h=aN \operatorname{tg} \delta / 1000,$$

Bu ýerde: a - izoçyzyklaryň arasyndaky iň kiçi aralyk, mm (durnukly gatlaklar (выдержанные пласты) üçin $a \approx 10$ mm, durnuksyz gatlaklar üçin $a \approx 5$ mm); N – planýň san masştabynyň maýdalawjysy; δ -ýatakçanyň gaçyş burçy (угол падения), ýatakça boýunça ortaça edilip ýa-da 2.1-nji jedwel boýunça kabul edilýär;

2) Tötänligiň (näbelliligiň-kesgitsizligiň) ölçegi syn edilýän durnuksyzlykdan ep-esli artyk gelýär. Bu ýagdaýda planyň izoçyzyklarda gurulmasy bikanun bolup durýar, çünki görkezijiniň izoçyzyklar ulgamynyňwezipesi giňişlik trendini (тренд) grafiki tarapdan şöhlelendirmekden ybaratdyr, biziň ýagdaýmyzda bolsa ol entek gözleg ulgamy arkaly ýüze çykarylmanydyr. Görkezijiniň giňişlikdäki ýerleşdirilmegi bilen baglanyşykly geljeki gözleg işleriniň geçirilmesi gerek bolýar (gözleg ulgamynyň giňeldilmegi).

3) Tötänligiň (näbelliligiň-kesgitsizligiň) ölçegi ýüze çykarylan kanuny durnuksyzlyk bilen deňeşdirip boljak derejededir (deňeçer ýagdaýdadyr). Bu ýagdaýda izoçyzyklar kanuna laýyk (правомерно) edilip gurulýar, emma olaryň kesikleri gözleg işiniň berlen etapyna mahsus bolan tötänlik ölçegi bilen deňeşdirilip ölçenip durmalydyr we aşakdaky deňsizligi kanagatlandyrmalydyr:

$$h \geq t_p \sigma_{tot} \quad (2.2)$$

Bu ýerde: t_p – p ýeterli beýik ynam derejesinde alynan, öwrenilýän görkezijiniň ýalňyşlyklaryny paýlaşdyrma kanunynyň kwantili (adaty paýlaşdyrma şetlerinde $p=0,95$ bolanda $t_p=2$); σ_{tot} – gözleg işleriniň berlen etapyna parametriň ýerleşdirilmegindäki tötänligiň (näbelliligiň-kesgitsizligiň) ölçegi:

$$\sigma_{tot} = \pm \sqrt{\frac{1}{2(n-1)} \sum \Delta_i'^2}$$

Bu ýerde: Δ_i' - görkezijileriň i we $(i+1)$ nokatlardaky birinji tapawutlary; n - nokatlaryň sany.

$p=0.95$ bolanda 2.2-nji formula boýunça hasaplanan kesikli izoçyzyklaryň diňe 95% häsiýetleriň ýerleşdirilmeginiň umumy kanunalaýyklygyny şöhlelendirýär, galan 5% bolsa tötänligi. Şeýle kesikde 5% ýagdaýlarda izoçyzyklaryň bir bütin založeniýe barabar süýşmesine (üýtgemesine) ýol berilýär.

Izoçyzyklar gurulanda: izoçyzyklaryň - uçlary birleşdirilen egriçyzyklar bolup durýanlygyny göz önünde tutmalydyr. Eger planyň çäklerinde olar gös-göni birleşmeýän bolsa we öz uçlary bilen meýdançanyň ýa-da planyň konturyňa direýän bolsalar, onda olaryň birleşdirilmesi üstün uly belgilere eýe bolan tarapyndaky planyň ýa-da meýdançanyň kontury boýunça ýerine ýetirilýär. Şol bir topografiki üstün izoçyzyklary bir-biri bilen kesişmeýärler. Aýratyn ýagdaýlarda kiçi ädimli (мелкосопочный) üst şekillendirilende käbir meýdançalarda kesişýän (секущие) tekizlikler bu üst bilen galtaşyp we soňra ony kesip geçip bilýärler. Şu

hili ýagdaýlarda birmeňzeş atly izoçyzyklar planyň bu meýdançalarynda bir egriçyzyga goşulşyp we soňra aýrylşyp bilýärler.

Eger aýry-aýry meýdançalarda şol bir maglumatlar esasynda izoçyzyklaryň birnäçe görnüşini (ýagny dürli üstleri, mysal üçin: gişleri (2.19-njy surat), jülgäni ýa-da eýer görnüşli gişleri) gurmak mümkin bolsa, onda şu hili ýagaý bu meýdançada kesgitli çözümleri etmek üçin maglumatyň ýeterlik bolmadygyny aňladýar. Bu ýagdaýda ýakynda töwerekde ýerleşen nokatlar hakynda goşmaça maglumatlar ýa-da berlen görkeziji bilen kesgitli baglanyşygy bolan beýleki görkezijileriň üýtgame häsiýetini özünde saklaýan berlen görkezijiniň izoçyzyklarynyň baglanyşygy gerek bolýar.

2.19-njy suratda şol bir maglumatlar esasynda gurulmasy mümkin bolanüstüň üç sany görnüşiniň goňşy nokatlardaky görkezijiniň bahalary hasaba alynanda nädip kesgitli ýagdaýa gelýändigini görkezilendir (2.19-njy b surat).

Mundan başga-da, planda izoçyzyklar boýunça geologiki görkezijileriň ýerleşdirilmeginiň häsiýetiniň interpretasiýasynda (düşündirilşinde) skwažinalaryň ýa-da gözegçilik nokatlarynyň ýerleşişiniň endiganlygyna (kadalylygyna)üns bermeli.Planda izoçyzyklary gurmak üçin başlangyç nokatlaryň endigan däl (kadasyz) ýerleşmegi ýatakçanyň dürli meýdançalarynyň bahalarynyň dürli derejede bolmagyna getirýär.

Has gürrüňli nokatlar ulgamy bolan meýdançalarda izoçyzyklar: haçanda interpolirovaniýa bir-birinden has uzakda ýerleşen nokatlar arasynda geçirilende, seýrek gözleg nokatlar ulgamy bolan meýdançalara garanynda köplenç egrembugram, durnuksyz bolýarlar.

Şu hili meýdançalarda izoçyzyklaryň has birsydyrgyn (плавный) häsiýeti seýrek ulgam sebäpli öwrenilýän görkezijiniň deňölçegli üýtgemegine görä ýalňys interpretirlenip biliner. Şol sebäpli bu ýetmezçiligi aýyrmak üçin izoçyzykly planlarda izoçyzyklaryň guruldygy kesgitleniş maglumatlary boýunça nokatlary ýatda saklamak maksada laýykdyr.

2.19-njy surat:Üstüň izoçyzyklarynyň mümkin bolan ýagdaýlary: nokatlar ýetmezçilik edende (a) we goňşy nokatlaryň bahalaryny hasaba alanyňda kesgitli ýagdaýda (b)

*Üstleriň - nokat, göni çyzyk, tekizlik we beýleki üstler bilen özara ýerleşiş ýagdaýlary.*Egerde nokadyň belgisi onuň gabadyndaky üstüň belgisi bilen gabat gelse, onda nokat üstüň üstünde ýatýar, eger şeýle bolmasa onda nokat, onuň

proýeksiýasynyň ýanynda berlen nokat bilen üstüň belgileriniň tapawudyna deň bolan aralykda wertikal boýunça üstden ýokarda ýa-da aşakda ýerleşýär.

Göni çyzyk bilen üstümüz, göniçyzyk we üst üçin umumy belgilere eýe bolan nokatlarda kesişýärler. Eger egri çyzygyň ähli nokatlary üstüň üstünde ýatýan bolsa, onda bu egri çyzyk üstüň üstünde ýatýandyr.

Eger üstüň üstündäki çyzyk izoçyzyklara normal boýunça geçýän bolsa, onda bu çyzyk in uly ýapgytlylyk (eňňitlilik - ската) çyzygy diýip atlandyrylýar.

Gorizental tekizligiň plandaky üst bilen kesişme çyzygy: gorizental tekizligiň belgisine deň belgä eýe bolan tekizligiň gorizontaly diýip atlandyrylýar. Wertikal (ýa-da proýeksiýa tekizligine normal bolan) tekizligiň üst bilen kesişme çyzygy profil diýip atlandyrylýar. Planda profiliň çyzygy we kesişýän (секущей) tekizligiň proýeksiýasy bir göni çyzyga birleşýärler.

Ýapgyt tekizlik - üst bilen, tekizligiň we üstüň birmeňzeş atly izoçyzyklarynyň kesişme nokatlarynyň üstünden geçýän çyzyk boýunça kesişýärler. Planda iki üstüň kesişme çyzygy birmeňzeş atly (однoимённых) izoçyzyklaryň kesişme nokatlarynyň üstünden geçýär. Eger üstleriň izoçyzyklary kesişmeýän bolsa, onda kesişme çyzygyny üstüň izoçyzyklaryna normal bolan profilleriň kömegi bilen kesgitleýärler.

2.20-nji surat: Dag işleriniň kert gatlaklarynyň (крутых пластов) markşeyderçilik plany.

Plandaparaallel üstleriň ýanynda izoçyzyklar paraallel bolýarlar.

Ýapgyt we wertikal tekizliklere proýeksiýalar. Ýapgyt tekizlige bolan proýeksiýalarda şekiller gurulanda, ýapgyt tekizligiň ýapgytlyk burçuny adatça ýatakçanyň orta gaçuş (падение) burçuna deň edip alýarlar, uzalmany bolsa (простираение) ýatakçanyň orta uzalmasyna paraallel edip alýarlar. Köplenc proýeksiýa tekizligi hökmünde ýatakçanyň topragynyň (почва) tekiz üsti kabul edilýär. Şunuň ýaly grafiklere ýatakçanyň gatlagynyň tekizligindäki planlary diýilýär. (планы в плоскости пласта залежи)

Eger gatlagyň topragynyň üstiuzalma ýa-da düşüş (gaçuş -падение) ýa-da iki ugur boýunçahem egreden bolsa we munuň dowamynda ýatakçanyň topragy boýunça geçilen gorizental we ýapgyt dag işleriniň uzynlygyhiç-hili üýtgedilmeden berlen masşabda şekillendirilen bolsa, onda bu ýagdaýda çyzgyda ýatakçanyň topragynyň üstüniň tekizlige ýazyлан görnüşindäki şekili alynýar.

Eger aýry-aýry meýdançalaryň zaleganiýasynyň orta (aralyk) elementleri 20° -dan uly ulylyklara çenli bir-birinden tapawutlanýan bolsa, onda uzalmasy (простираение) ýa-da düşüşi (gaçyşy -падение) boýunça her bir meýdança üçin aýratynlykda blogy üýtgetmän masştabda şekillendirip bolýan özüne degişli ýapgyt proyeksiýa tekizligi saýlanylýar.

Ýapgyt tekizlige bolan proyeksiýalardaky şekiller dag işlerini ösdürmegiň perspektiw planlary düzülende amatly bolýar, çünki olaryň kömegi bilen dürli görnüşli hasaplamalary ulanmazdan we goşmaça zatlary gurmazdan gerek bolan ölçegleri gös-göni alyp bolýar. Esasan hem bular, kuwwaty taýýarlyk we arassalaýyş işleriniň zaboýy arkaly dolulygyna açylýan ýapgyt ýatakçalar özleşdirilende amatly bolýar.

Eňaşak gaçýan ýatakçalary özleşdirýän şahtalarda we känlerde (рудник-lerde)dag işleriniň markşeyderçilik planlaryny gorizontlar boýunça düzýärler we wertikal tekizlige proyeksiýada bu gorizontyň dag känleriniň (işleriniň) şekilleri bilen we ýatakçanyň uzalmasyna (простираение) atanak ýagdaýda kesimler bilen onuň üstüni doldurýarlar. Planda we wertikal proyeksiýa tekizliginde şekillendirmäni käwagt şol bir planşetde ýerine ýetirýärler. Üstesine-de wertikal proyeksiýany plana görä olarda şekillendirilen birmeňzeş atly nokatlaryň ählisi wertikal proyeksiýa tekizligine perpendikulýar bolan şol bir wertikal tekizlikde ýatar ýaly edip ýerleşdirýärler, bu hem öz gezeginde bu känleriň giňişlikdäki ýagdaýy hakynda has aýdyň düşüňjani berýär (2.20-nji surat).

Ýapgyt we wertikal tekizliklere proyeksiýalaryň gurulmasy analitiki, grafiki we grafoanalitiki usullar arkaly ýerine ýetirilýär.

3. Affinly proyeksiýalar

Affinly proyeksiýalarda aýdyň şekilleriň gurulmasy özünde şekillendirilen figurasy bilen bilelikde tekizligiň: täze tekizlige, täze ugurda parallel proyektirlenmeginden ybarat bolan figuralaryň affinly özgerdilmesine esaslanýar.

2.21-nji suratda H_0 predmet tekizliginde (предметная плоскость) 1,2 figurasy ýerleşýändir. Bu figuranyň her bir nokady S proyektirlenmegiň ugruna parallel bolan göni çyzyklaryň dessesi (пучок) arkaly H_0 tekizligine Ψ burçy boýunça ýerleşen P şekil tekizligine (картинная плоскость) proyektirlenýär. P tekizliginde täze 1', 2' figurasy emele gelýär. Parallel proyektirlenmegiň netijesinde ýüze çykan bu figuralaryň arasyndaky tapawuda garamazdan olaryň arasynda matematiki garyndaşlyk bardyr. Parallel proyektirlenmegiň netijesinde H_0 we

Ptekizlikleriň nokatlarynyň arasynda *garyndaşlyk* ýa-da *affinly* diýip atlandyrylýan özara, bir belgili meňzeşlik gurulýar, şunlukda H_0 we P tekizlikleriň kesişme çyzygy bolan XX göniçyzygy – garyndaşlyk oky, A we A' we ş.m. beýleki nokatlar – garyndaş nokatlar diýip atlandyrylýar.

Figuranyň ululygy we formasy, asyl nusganyň (originalyň) ululygyna we formasyna, şeýle-de S proyektirleme ugruna we predmet tekizligi (предметная плоскость) bilen şekil tekizliginiň (картинная плоскость) arasyndaky Ψ burça bagly bolýar.

2.21-nji surat: Affinly proyektirlemegiň çyzgysy

Affinly proyektirlemegiň kese burçly we ortogonal görnüşlerini tapawutlandyrýarlar. Ortogonal proyektirlemede proyektirlemegiň ugry P şekil tekizligi (картинная плоскость) we garyndaşlyk oky bilen göniburçlyk emele getirýär. Predmet tekizligi (предметная плоскость) bilen bolsa proyektirlemegiň ugry $\varphi=90^\circ-\Psi$ burçy emele getirýär.

Mundan buýana ortogonal proyektirlemä serederis. Bu ýerde affinly şekilleri gurmak gaty aňsat bolýar. Şeýle-de predmet tekizligi (предметная плоскость) bilen şekil tekizliginiň (картинная плоскость) göniburçly koordinatalarynyň arasyndaky baglanşyklar hem gaty ýönekeý aňladylýar; proyektirlemegiň parametrleriniň saýlanylmagy bilen hem gerek bolan şekil aýdyňlygyny alyp bolýar.

Affinly laýyklyk şu häsiýetlere eýe bolýar:

1. Bir-birine garyndaş bolan iki sany göni çyzyk garyndaşlyk okynda ýerleşýän nokatda kesişýärler ýa-da oka parallel bolýarlar.

2. Predmet tekizliginiň (предметная плоскость) garyndaşlyk okyna parallel bolan göni çyzyklary, şekil tekizliginde (картинная плоскость) üýtgedilmeden garyndaşlyk okyna parallel ýagdaýda şekillendirilýär.

3. Garyndaşlyk nokatlaryň islendik iki jübütiniň garyndaşlyk okyndan uzaklyklarynyň (aralyklarynyň) gatnaşygy berlen proyektirleme şertleri üçin q özgerme koeffisiýenti diýip atlandyrylýan hemişelik ululyk bolup durýar.

Göniburçly AOA' üçburçlykdan erkin garyndaş nokatlaryň jübüti üçin, mysal üçin A we A' üçin şuny alarys:

$$q = A'O/AO = \sin\varphi; \text{ buýerden hem: } A'O = AO \sin\varphi;$$

$$y_a - day_a = Y_a \sin\varphi. \quad (2.3)$$

4. Garyndaş nokatlaryň ordinatalary (mysal üçin: H_I ýokarky gorizontyň we P şekil tekizligiň (картинная плоскость) B we B_I nokatlary) XX garyndaşlyk okyna görä şu baglanyşyga eýedirler:

Göniburçly BO_IC üçburçlykdanşuny alarys:

$$O_IC = O_IB \sin\varphi, \text{ emma } O_IC = O_I'O + OB' = \eta + y_B.$$

Göniburçly $OO_I O_I'$ üçburçlykdanşuny alarys: $O_I'O = h \cdot \cos\varphi$, ýa-da

$$\eta = h \cdot \cos\varphi, \quad (2.4)$$

$$y_a - da \text{ gurtarnykly görnüşde : } y_B = Y_B \sin\varphi - h \cdot \cos\varphi. \quad (2.5)$$

Bu formula boýunça islendik nokadyň ýanyndaky oňa garyndaş bolan nokadyň koordinatasy Y oky (garyndaşlyk okyndan), proyektirlemegiň ugry (φ burçy) we berlen nokadyň we garyndaşlyk okunyň (h) belgileriniň tapawudy boýunça kesgitlenilýär.

Bu formuladan, berlen H_I gorizonty üçin şekil tekizligindäki (картинная плоскость) ähli nokatlaryň ordinatalary garyndaşlyk okyna görä η hemişelik ululyga kemelýänligi gelip çykýar. Çen bilen bu ululyga bir gorizontyň affinly proyeksiýalary beýleki gorizonta görä süýşýändirler.

Şekili gurmagyň usullary. Analitiki usulyň özeni şundan ybaratdyr, ilki bilen başlangyç planda obýektiň häsiýetli nokatlarynyň koordinatalary ölçeniljek X we Y koordinatalar oklaryny saýlaýarlar.

φ burçyň ululygyna we planyň masştabyna baglylykda 2.3 we 2.4 formulalar boýunça bu nokatlaryň affinly koordinatalary hasaplanylýar, soňra olar aýry plana belleniýär we şolar boýunça aýdyň şekil gurulýar. Bu usul köp zähmeti talap edýär we diňe daýanç ýa-da barlag nokatlar gurulanda ulanylýar.

Grafoanalitiki usulda, şekiliň gurulmasy çyzgy kagyzynda ýa-da woskowkada swetokopiýa stolunyň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.

Başlangyç planda (2.22-nji surat) garyndaşlyk okyny (planýň haýsam bolsa bir O nokatlarynyň üstünden) we proyektirlemegiň ugryny geçirýärler. Eger obýekt

birnäçe planda şekillendirilen bolsa, onda garyndaşlyk okyny ähli planlarda şol bir direksion burçyň astynda, şol bir X we Y koordinatalara eýe bolan nokadyň üstünden geçirýärler. Planyň ýüzüne woskowkany goýýarlar, garyndaşlyk okyny we O başlangyç nokadyny geçirýärler.

2.22-nji surat: Dag önümçiliginiň (выработка) plany we garyndaşlyk oky

2.23-nji surat: Dag önümçiliginiň şekiliniň affinly proyeksiýada gurulmasynyň tertibi

Ýokarky gorizontyň häsiýetli nokatlaryndan mysal üçin: §3,1,2-dag kwerşlagyndan we ştreginden – 20 m. nokatlaryndan garyndaşlyk okyna perpendikulýarlar goýberilýär, olaryň uzynlygy öleşenilýär $1'1$, $2'2$ we ş.m. we $\sin\varphi$ köpeldilýär. Woskowkada X_3X_3 garyndaşlyk okyndan (2.23-nji a surat) perpendikulýarlar boýunça $1''$ – 1, $2''$ – 2 alynan kesimleri (отрезки) alyp goýýarlar. Perpendikulýarlaryň soňlaryny (§3–1; 1–2) göniçyzyklar bilen birikdirip **ýokarky gorizontdaky önümçilik (выработка) oklarynyň affinly şekilini alýarlar**. Soňraplanyň garyndaşlyk oky bilen aşaky gorizontyň şertli garyndaşlyk okyny – 170 m (X_2X_2) utgaşdyrýarlar (совмещают). Munuň dowamynda oklaryň arasyndaky aralyk çyzgynyň masşabynda $\eta''=h\cdot\cos\varphi$ deň bolýar.

Bu gorizontyň önümçilik oklarynyň 3,4,5, § 2 häsiýetli nokatlaryndan planyň garyndaşlyk okyna (şeýle-de onuň bilen utgaşdyrylan X_2X_2 okyna) perpendikulýarlar goýberilýär, $3'3,4'4,5'5$ perpendikulýarlaryň uzynlyklaryny ölçeýärler we olary $\sin\varphi$ -e köpeldýärler. Alynan $3''3,4''4,5''5$ we ş.m. kesimleri garyndaşlyk okyndan alyp goýýarlar we olaryň soňlary boýunça ikinji gorizontyň önümçilik oklarynyň (осей выработок) affinly proyeksiýalaryny geçirýärler. Edil şuna meňzeşlikde, öňünçäwoskowkada bu gorizontyň garyndaşlyk X_1X_1 okyny X_2X_2 okyndan $\eta'=h\cdot\cos\varphi$ daşlykdageçirip, aşaky gorizontyň – 290 m nokatlary gurulýar, h – bu ýerde gorizontlaryň belgileriniň tapawudy: 290m – 170m.

Ýapgyt we wertikal önümçilikleriň (känleriň- выработок) degişli nokatlary §1 we §3, 2 we 4, 5 we 7 göni çyzyklar bilen birleşdirilýär.

2.23-nji a suratda üç gorizontyň dag önümçilik (выработок) oklarynyň affinly proyeksiýasy berlendir, goşmaça çyzuw işlerinden soň bular arkaly olaryň görümleýin şekili berilýär (2.23 b surat).

Şekilleri gurmagyň mehaniki usuly köp zähmeti talap edýän grafiki şekil gurma işlerini köp derejede ýeňilleşdirýän we tizleşdirýän ýörite enjamlaryň – affinograflaryň ulanylmasy esasanandyr. Sowet alymlary tarapyndan affinly proyektirmek meselesine ýeňil derejede çözgüt tapýan käbir enjamlar oýlanyp tapyldy.

2.24-nji suratda I.D. Goldinyn tarapyndan hödürlenen UAE-3 kysymly uniwersal affinografyň konstruksiýasy görkezilendir. UAE-3 kysymly affinograf $X - X$ oky boýunça hereket edýän M-görnüşli ramadan (çarçuwadan) ybaratdyr. Ramanyň gapdal reýkalarynyň uzaboýuna O aýlaw (обводной) ştifli we K çyzýan galamly polzunkalar (ползунки) hereket edýär.

Transmisiýasynyň kömegi bilen polzunkalaryň(ползунки) hereketi özara baglanyşyklydyr. Enjamda (2.3)-nji şert: san taýdan $\sin\varphi$ deň bolan transmisiýanyň geçiriji gatnaşygy arkaly ýerine ýetirilýär.

Praktikada φ burçuny köplenç $30,45,60^\circ$ gradusa deň diýip alýarlar. Şonuň üçin takmynan degişlilikde $0,5;0,7;0,8$ deň bolan transmisiýanyň geçiriji gatnaşyklary bilen çäklenip bolýar.

Garyndaşlyk okyna parallel bolan çyzyklary affinly grafikde üýtgetmeden şekillendirmek bilen bagly bolan şert, aýlaw ştifli we çyzýan galamly polzunkalaryň (ползунки) hereket edýän ramanyň parallel reýkalarynyň arasyndaky aralygyň hemişelik bolmasy bilen ýerine ýetirilýär. O şifti $X - X$ okuna parallelde käbir aralyga süýşirlende, bütün rama hereket eder, K galam bolsa bu oka parallel bolan şol bir ululykdaky kesimi (отрезок) şöhlelendirer.

P plandaky bir gorizonta degişli bolan konturyň daşyny O şift bilen aýlap, çyzgy galamy Q kagyzynda berlen gorizontyň konturynyň affinly proyeksiýasy bolup durýan figurany çyzar. Edil şuna meňzeşlikde gorizontyň degişli belliginde $По́йдaky$ galamyştrih bilen utgaşdyryp beýleki konturlaryň şekilleriniň gurulmasyny ýerine ýetirýärler.

Bir-biriniň üstünden geçýän (ýanaşyk - смежный) gorizontlary birleşdirýän ýapgyt çyzyklar, planyň ramkasy (çarçuwasy) bilen izoçyzyklaryň kesişme nokatlary, ýapgyt dag önümçilikleri (känleri-выработки), şeýle-de wertikal çyzyklar affinly garfikde goňşy gorizontlaryň degişli nokatlaryny birikdirmek arkaly goşmaça edilip çyzylýar.

Affinly grafikde şekillendirilýän obýektiň esasy kontur ýa-da ok çyzyklary gurulandan soň, bu obýektiň detallarynyň gurnama (оформление) we goşmaça çyzuw işleri ýerine ýetirilýär.

Goşmaça çyzuw işlerinde önümçilikleriň (känleriň-выработок) baglanyşyk düwünleri dykgat bilen we dogry edilip çyzylmalydyr. Aýry-aýry baglanyşyk düwünleriniň ýalňyş çyzylmagy obýektiň aýry-aýry elementleriniň özara ýerleşişiniň giňişlik derejesinde aňlanylmagyny peseldýär.

2.25-nji suratda esasan hem önümçilikleriň granlarynyň şekillendirilmesinden şeýle-de soňkylaryň örtgi ýerleriniň dogry şekillendirilmesinden ybarat bolan dag önümçilikleriň (känleriň-выработок) goşmaça çyzuw işleriniň yzygiderligi görkezilendir.

Şekiliň aýdyňlygy köp derejede prokýektirlemegiň ugrynyň saýlanylmagyna baglydyr. Bu ugur prokýektirleýji şöhleleriň direksion burçy (ýa-da garyndaşlyk oky) we gorizonta görä prokýektirleýji şöhleleriň ýapgytlyk burçy bilen kesgitlenilýär.

Planda prokýektirlemegiň ugryny obýektiň iň uly gyzyklandyrma döredýän tarapyndan saýlaýarlar. Saýlanylan ugur planyň meýdançasynyň kontur çyzyklaryna parallel bolmaly däl, çünki bu ýagdaýda blokyň gapdal granlary göni çyzyklar bilen şekillendirilýär, bu hem öz gezeginde aýdyňlygy peselýär.

Ýer asty dag önümçilikleri (känleri-выработок) şekillendirilende planyň meýdançasynyň formasyny taraplary esasy önümçiliklere (känlere - выработкам) parallel bolan güniburçlyk görnüşinde saýlaýarlar.

Affinly şekili boýunça obýektiň *gorizontal burçdaky we göniçyzykdaky elementleriniň ölçenilmegini* masştably ellips arkaly ýerine ýetirmek gaty ýönekeý bolýar.

Masştably ellips munuň özi, masştabyň birligine deň bolan radiusly töweregiň (окружность)başlangyç plandaky affinly proyeksiýasy bolup durýar.

Dürli ugurlar boýunça gorizontal çyzyklaryň we burçlaryň masştabynyň üýtgemegini kesgitleýän masştably ellips, pogorizontal planyň affinly özgerdilmegi bilen şol bir wagtda ýa-da aýratynlykda kalkada çyzylýar. Prokýektirlemegiň her bir ýagdaýy üçin öz aýratyn masştably ellipsi gurýarlar.

2.25-nji surat: Dag önümçilikleriniň (känleriniň-выработок) goşmaça çyzuw işleri: I-IV- yzygiderlikde.

Masştably ellipsiň gurulmasy we onuň ulanylmagy şundan ybaratdyr.

2.26-njy suratda gorizental planda *abwgdf* figurasy berlendir, $\varphi=30^\circ$ burç bilen proyektirlemegiň ugry bellenilendir, ugrunyň direksion burçy $\alpha=59^\circ$ deň bolan X_1X_2 garyndaşlyk oky çyzylandyr.

Planyň masştabynyň birligine deň bolan radiusda merkezdenbolşy ýaly, garyndaşlyk okunyň haýsam bolsa bir O nokadyndan, töwerek ýa-da biziň mysalymyzda görkezilşi ýaly ýarym töweregi we radius-wektorlary geçirýärler. Olaryň birini (OC -ni) planyň absissa okyna parallel edip geçirýärler, beýlekilerini bolsa ondan belli bir burç interwaly boýunça – ýagny biziň mysalymyzda 15° interwal boýunça geçirýärler. Wektorlaryň soňlaryny radius-wektorlaryň planyň absissa oky we OC wektory bilen emele getirýän degişli direksion burçlarynyň bahalary bilen belgileýärler. Çyzgydan görnüşi ýaly, başlangyç planda çyzygyňmysal üçin ab -nyň direksion burçyny kesgitlemek üçin, çyzygyöz-özüne parallel ýagdaýda O merkeze geçirmek we san belgili ýarym töwerek boýunça 6° deň bolan (ab) direksion burçuny sanamak ýeterlikdir.

dg çyzygy üçin direksion burçunyň bahasy $270^\circ-180^\circ=90^\circ$ deňdir.

Ölçeg birligi hökmünde radius wektoryň ululygy arkaly islendik ugurda plandaky figuranyň kesimleriniň (bölekleriniň) hakyky uzynlyklaryny kesgitlemek mümkindir.

2.26-njy b suratda grafoanalitiki usul bilen berlen figuranyň affinly proyeksiýasy şeýle-de affinly proyektirlemegiň şol bir şertlerinde töweregiň dugasy bilen radius-wektorlaryň kesişme nokatlary boýunça ýarym ellips görnüşinde ýarym töweregiň affinly proyeksiýasy gurulandyr. Ellipsiň merkezini egriniň degişli nokatlary bilen birikdirip, ellipsde affinly proyeksiýadaky radius-wektorlary alýarlar, olar hem originala laýyklykda bahalar bilen belgilenýärler.

2.26-njy surat: gorizental plandaky afinly proyeksiýa boýunça gös-göni burçlaryň we uzynlyklaryň ölenilmegi üçin masştab ýarym ellipsiniň gurulmagy

Ýokarda görkezilen, garyndaşlyk okunyň direksion burçyny hasaba almak bilen masştablyellipsiň radius- wektorlarynyň ugurly bahalar bilen belgilenmesi, gös-göni affinly şekil boýunça ellipsiň kömegi bilen aýry-aýry ugurlaryň direksion

burçlarynyň we islendik iki ugruň arasyndaky gorizonta burçlaryň hakyky bahalaryny kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Ellipsiň kömegi bilen ölçenilen iki ugruň direksion burçlarynyň tapawudy, bu iki ugurlaryň arasyndaky gorizonta burçyň ululygyny berer.

2.26-njy suratdan görnüşi ýaly, affinly proyeksiýada ýarym töweregiň radiusynyň üýtgeме koeffisiýenti haçanda radius garyndaşlyk okuna parallel bolandaky birliginden, onuň garyndaşlyk okuna perpendikulýar bolan birliginiň $\sin\varphi$ –e köpeldilmegi bilen alynýan birlige çenli üýtgeýär. Şonuň üçin affinly plan boýunça kesimleriň hakyky *l*uzynlyklary masştabyň garfiki takyklygy bilen berlen kesime parallel bolan *r*radius-wektorlary arkaly ölçenilýär.

$$l=nr.$$

Mysal üçin: gd çyzygyň affinly şekilli boýunça oňa parallel bolan 0-270° radius-wektor arkaly ölçenilýän hakyky uzynlygy şuňa deňdir:

$$l=nr_{270}=1,45 \cdot 1 \quad (r = r_a = 1).$$

Kesimleriň (bölekleriň) ölçenilmeginiň rahatlygy üçin kalkada konsentrik ýerleşen we her biriniň uly ýarym oky we her ellipsiň bahasy masştabyň bir birligine ulalýan ellipsleri bolan paletkany gurup bolýar.

Şu hili paletkany ulanmazdan öňürti, sagat diliniň ugry boýunça radius-wektorlary başlangyçdan başlap bahalar bilen belgileýärler. Başlangyç radius-wektor hökmünde, garyndaşlyk oky (ýa-da ellipsiň uly oky) bilen başlangyç plandaky garyndaşlyk okynyň direksion burçuna deň bolan burçy emele getirýän radius-wektory kabul edýärler.

Affinly planda paletkanyň merkezini ellipsiň oky garyndaşlyk okyna parallel bolar ýaly edip ölçenilýän kesimiň (bölegiň) iki soňunyň birine goýýarlar. Kesim (bölek) bilen gabat gelýän radius-wektor boýunça onuň hakyky direksion burçuny kesgitleýärler. Kesimiň ikinji soňunyň haýsy ellipsde ýatýanlygy boýunça bolsa onuň uzynlygyny kesgitleýärler.

Gorizonta burçlaýyn we çyzykly elementleriň analitiki usulda ölçenilmesi gaty uly prosesdir (громоздкий), eger affinly şekilleriň esasy maksady aýdyňlykdygyny göz öňünde tutsak, onda alynýan takyklyk kän bir wajyp hem bolup durmaýar.

Meýdanlaryň kesgitlenişi. Geliň, figuranyň ortogonal affinly proyeksiýasynda (2.26-njy b surat) $dS_{af}=dx \cdot dy'$ elementar meýdançany alalyň. $dy'=dy \sin\varphi$ çalşyp we affinly proyeksiýanyň $1:M_x$ masştabyny hasaba almak bilen integrirlemäni geçirip, alarys:

$$S_{hak}=\frac{M_x^2}{\sin\varphi} S_{af}$$

Ýagny, figuranyň hakyky meýdany, onuň affinly proyeksiýadaky meýdanynyň berlen proyeksiýa üçin hemişelik ululyga köpeldilmegine deňdir.

4. Wektor proyeksiýalary

Eger gözleg çyzyklary boýunça wertikal kesikler görnüşinde görkezilen parallel kesikler, ýa-da dag önümçilikleriniň (känleriniň) pogorizont planlary we gorizont geologiki kesikler, ýa-da çylşyrymly forma eýe bolan jisimleriniň üstleriniň izokesikleri (gipsometriki planlary) görkezilýän obýektiň başlangyç grafikleri bolup durýan bolsa, onda aýdyňlyk, metrik (метричность) we dinamiklik şertlerine laýyk gelýän obýektiň şekiliniň gurulmasy, wektor proyeksiýalarynyň kömegi bilen gaty ýönekeý gurulýar.

Planyň aýdyňlygy (наглядность) köp derejede wektorlaryň amatly ugrunyň we masştabynyň saýlanylmagyna baglydyr. Şekillendirilýän obýektiň çyzyklary bilen wektorlar näçe az gabat gelse, şonçada şekiliň aýdyňlygy uly bolýar. Muny praktikada hökman göz önünde tutmalydyr, çünki dag önümçilikleriniň ulgamy ýatakçanyň formasyna laýyklykda hemişe birnäçe agdyklyk edýän ugurlara eýe bolýar.

Bu usulyň esasy hökmünde, parallel wektorlar, ýagny, kesgitli ululyga we ugra eýe bolan kesimler kabul edilendir (2.27-nji surat).

Eger her bir A,B we ş.m. nokatlar üçin parallel wektorlaryň uzynlyklaryny bu nokatlaryň H proyeksiýa tekizliginden bolan uzaklygyna proporsional edip kabul etsek, onda islendik parallel wektorlaryň (proyeksiýa tekizligine normal bolanlaryndan başga) mysal üçin AA' we BB' , AA'' we BB'' we ş.m.-leriň H proyeksiýa tekizligine bolan ortogonal proyeksiýasy, tebigy özara ýerleşiş häsiýetlerini saklamak bilen berlen nokatlaryň giňişlikdäki şekilini berer.

Bu hem öz gezeginde käbir ýagdaýlarda ortogonal proyeksiýalara garanyňda artykmaçlyk bolup durýar we iki aýry çyzgynyň planyň we profiliň gurulmasyna zerurlyk bolmaýar. Nokatlaryň planda özara-giňişlikdäki ýerleşiş aa' we bb' ýa-da

aa'' we bb'' we ş.m. parallel wektorlar arkaly kesgitlenilýär, bular giňişlik wektorlarynyň proyeksiýalary bolmak bilen, A we B nokatlaryň H tekizliginden Aa , Bb uzaklyklarynyň proporsionallygyny gorap saklaýarlar.

2.27-nji surat: Giňişlikdäki we H plandaky göni çyzygyň A we B nokatlarynyň parallel wektorlary

Şeýlelikde, giňişlikdäki nokatlar bilen olaryň tekizlikdäki şekiliniň arasynda parallel wektorlar arkaly özara bir belgili meňzeşlik (laýyklyk, kybapdaşlyk-соответствие) gurulýar. Wektor proyeksiýalaryndaky şekillere parallel proyektirmek usulynyň häsiýetleri mahsusdyr.

Praktikada wektor proyeksiýalary usuly arkaly şekil gurmak şu yzygiderlikde ýerine ýetirilýär. Hyýalymyzda listiň tekizligi bilen utgaşdyrylýan, giňişlikde erkin ýagdaýda gorizonta tekizlik alynýar. Bu tekizlik nolunjy edilip kabul edilýär, çünki onuň ähli nokatlarynyň wektorlary nola deňdir.

Planda obýektiň her bir häsiýetli nokadyna, öz ululygy bilen kabul edilen masştabda nokatlaryň nolunjy tekizlikden aradaşlygyny kesgitleýän wektorlary geçirýärler. Wektorlaryň çyzgynyň tekizligindäki ugry islendik bolup biler. Her bir kesgitli ýagdaýda ony şekiliň iň gowy aýdyňlygyny gazanyp bolar ýaly edip saýlaýarlar. Şeýlelikde, giňişlikde berlen ýapgyt AB -niň ortogonal proyeksiýasy wektor proyeksiýasynda biri wektorlaryň başlangyjyndan beýlekisi olaryň soňundan geçýän iki göni çyzyk arkaly şekillendirilýär. Göni çyzyklaryň özara ýerleşiş boýunça göni çyzygyň nolunjy gorizonta görä ýagdaýy (ýapgytlyk burçy) barada baha berip bolýar. Meňzeşlik (kybapdaşlyk-подобие) merkezi diýip atlandyrylýan göni çyzyklaryň kesişme P_1 nokady (ýa-da P_2 nokady) nolunjy gorizontda ýatýar.

Göni çyzygyň islendik nokadynyň nolunjy gorizontdan aradaşlygy onuň wektorynyň ululygy bilen kesgitlenilýär, onuň ugry bolsa bu nokadyň nirde ýerleşýändigini görkezýär – nolunjy gorizontyň üstündemi ýa-da astyndamy.

Nolunjy gorizonta parallel bolan göni çyzyk, onuň ähli nokatlarynyň wektorlarynyň deňligi sebäpli iki parallel göni çyzyk arkaly şekillendirilýär.

Nolunjy gorizonta (proyeksiýa tekizligine) perpendikulýar bolan göni çyzyk, dürli uzynlykdaky emma bir nokatdan gelip çykýan utgaşdyrylan iki wektor arkaly şekillendirilýär.

Eger plandaky wektorlar bir-biri bilen utgaşdyrylan bolsa we göniçyzygyň proyeksiýasy bilen gabat gelýän bolsalar, ýöne dürli nokatlardan gelip çykýan bolsalar, onda beýle wektorlar ýapgyt göni çyzygy şekillendirýärler.

2.28-nji surat: abc tekizligiň $a'b'c'$ wektor proyeksiýasy we onuň zaleganiýasynyň elementleriniň kesgitlenilşi

Tekizlik. Eger planda ýapgyt tekizligi kesgitleýän a, b, c nokatlardan, uzynlyklary a, b, c nokatlaryň belgilerine proporsional bolan birmeňzeş ugrukdyrylan üç wektory aa', bb', cc' geçirsek we wektorlaryň soňlaryny göni çyzyklar bilen birleşdirsek onda tekizligiň wektor şekilini alarys (2.28-nji surat).

Meňzeşlik (kybapdaşlyk-подобие) merkezleri – P_1, P_2, P_3 nokatlary gomologiki üçburçlyklar hakyndaky Dezargyň teoremasy esasynda meňzeşlik (kybapdaşlyk-подобие) oky diýip atlandyrylýan bir göni çyzykda ýatýarlar.

Meňzeşlik (kybapdaşlyk-подобие) oky – munuň özi berlen $abctekizligiň$ gorizont tekizlik (nolunjy gorizont) bilen kesişme çyzygy bolup durýar. Ol şol bir wagtyň özünde azimuty ýa-da α direksion burçy plan boýunça ölçenilýän berlen tekizligiň uzalma (простираание) çyzygy bolup durýar. Tekizligiň δ gaçyş burçuny kesgitlemek üçin islendik nokatdan (mysal üçin: a -dan) meňzeşlik (kybapdaşlyk-подобие) okyna perpendikulýar goýberilýär. A perpendikulýaryň esasyňy öwrülen aa'_1 wektoryň soňy bilen meňzeşlik (kybapdaşlyk-подобие) okyna parallel ýagdaýda birleşdirip tekizligiň δ gaçyş burçunyň hakyky ululygyny tapýarlar.

Planda *wertikal tekizlik* - berlen tekizligiň ähli nokatlarynyň we göni çyzyklarynyň proyeksiýalary bilen utgaşýan göni çyzyk görnüşinde şekillendirilýär. Şonuň üçin dag önümçilikleriniň (känleriniň-выработка) we eňaşak gaçýan (крутопадающий) ýatakçalaryň görkezijileriniň planlary aýdyň we rahat ölçenilýän bolmaýar.

Wektor proyeksiýalarynyň kömegi bilen plan gurulanda bu kemçilik ortadan aýrylýar. 2.29-njy surtdaky planda $a_{40}b_{10}c_{15}$ göniçyzyk bilen V' wertikal tekizligiň proyeksiýasy gabat gelýär, planda göni çyzyk bilen V tekizligiň gorizontallarynyň we bu tekizlikde ýerleşýän obýektiň ähli nokatlarynyň proyeksiýalary utgaşýar.

Eger ugry bellemek bilen (задавшись направлением) planyň $a_{40}b_{10}c_{15}$ nokatlaryndan bu nokatlaryň belgilerine proporsional bolan uzynlykda parallel wektorlary geçirsek we wektorlaryň soňlaryny göni çyzyklar arkaly birleşdirsek, onda V tekizligiň wektor şekilini alarys. Bu tekizligiň gorizontallary

wektor proyeksiýalarynda her bir gorizontalyň nokatlarynyň wektorlarynyň deňligi sebäpli şol bir parallel göni çyzyklar görnüşinde şekillener.

2.29-njy surat: Wektorlaryň egri (a) we normal (b) ugurlarynda wertikal tekizligiň plany (V) we wektor proyeksiýasy (V')

Eger wektorlaryň ugry $a_{40}b_{10}c_{15}$ göni çyzygy bilen gabat gelýän uzalma (простираение) çyzygyna normal diýip we wektorlaryň masştabyny planyň masştabyna deň diýip kabul etsek, onda ähli elementleri bilen birlikde wertikal tekizligiň wektor proyeksiýasynyň gurulmasy V tekizligiň onuň nolunjy gorizontalynyň daşyndan gorizonta proyeksiýa tekizligi bilen utgaşýança aýlanmagyna barabardyr.

Şunuň ýaly grafiklerde çyzyklaryň arasyndaky burçlar üýtgedilmän şekillendirilýär, uzunlygyň masştaby ähli ugurlar boýunça şol durşuna saklanyp galýar. Bu usuly dag we gözleg önümçilik işlerini, şeýle-de wertikal ýa-da eňşak (крытой) gaçuş burçuna eýe bolan gatlakly we damarly kánleriň dürli görkezijilerini şekillendirmek üçin ulanmak amatly bolýar.

Parallel kesikleri boýunça aýdyň şekiliň gurulmasy. Çylşyrymly forma eýe bolan gazylyp alynýan peýdaly magdanlaryň köp görnüşleri parallel barlag çyzyklary bilen barlanylýar we bu çyzyklar boýunça wertikal geologiki kesimler görnüşinde grafiki şekillendirilýär. Ýatakça hakynda umumy düşünje kesimleriň deňeşdirilmesi we hyýaly baglanyşdyrylmasy netijesinde düzülýär. Bu ýagdaýda obýektiň aýdyň şekilini: kesimleri bir-birine görä plandaky kesimleriň arasyndaky aralyga proporsional bolan aralyga süýşürüp, üýtgetmeden göçürmek arkaly alyp bolýar.

2.30-njy suratda dag işleri meýdançasynyň plany we wertikal geologiki kesimleriň bir tapgyry wektor proyeksiýasynda görkezilendir. Aýdyňlyk üçin gerek bolan ýagdaýynda gapdal granlarynda geologiki gurluşlary goşmaça edip gurýarlar.

Gorizonta tekizlikler ýa-da kesikler görnüşinde görkezilen obýektiň şekilini aşakdaky mysalyň üsti bilen seredip geçiris.

2.30-njy surat: Dag önümçilik işleriniň (a) plany we kániň çyzgylarynyň wektor proyeksiýasy (b):

1-kömür; 2-kömürli slanes (углистый сланец); 3-toýun (глина); 4-gumly-toýunly slanes; 5-gumdaş; 6-gatlagyň topragynyň izogipsleri

2.31-nji suratdaky planda san belgileri bilen bilelikde aşaky we ýokarky parallel esaslary bolan kesilen piramida görkezilendir. Planyň ýanynda proyektirlemegiň üç ugry boýunça dürli wektor masşabyndabu piramidanyň wektor proyeksiýalaryndaky şekili berlendir.

2.31-nji surat: Kesilen piramidanyň plany we wektor proyeksiýalary

Piramidanyň wektor proyeksiýalaryndaky şekilini, islendik obýektde bolşy ýaly, dürli usullar arkaly gurup bolýar. Bularyň birinjisi, piramidanyň her bir häsiýetli A, B, C , Dwe a, b, c, d nokadyndan kabul edilen proyektirlemegiň ugruna parallel ýagdaýda saýlanylanwektoryň masşabynda bu nokatlaryň absolýut ýa-da göräli belgilerine proporsional bolan uzynlykda wektorlary geçirýärler. Degişli wektorlaryň soňlaryny göni çyzyklar bilen birleşdirip piramidanyň wektor şekilini alýarlar.

A, B, C , Dwe a, b, c, d nokatlar parallel esaslarda ýerleşýärler. Birmeňzeş belgilere eýe bolmak bilen bir hatarda, olar birmeňzeş ululykdaky parallel çyzyklar görnüşinde şekillendirilýärler. Diýmek, bu ýagdaýda şekiliň gurulmagy has ýönekeý usul bilen hem mümkindir.

Aýratyn kagyza ilki bilen piramidanyň ýokarky esasyny göçürýärler (50-nji gorizont), soňra listi wektoryň ugry boýunçawektoryň masşabynda 50-40 belgileriň tapawudyna deň aralyga süýşürýärler we aşaky gorizonty (40-njy gorizont) göçürýärler. Mundan soň şekiliň üstüni ýetirýärler: dürli gorizontlaryň degişli nokatlaryny göni çyzyklar arkaly birleşdirýärler; munuň dowamynda görünmeýän çyzyklary punktir çyzyk bilen, görünýänleri bolsa üznüksiz çyzyklar bilen belgileýärler. Başlangyç planda rahat ýagdaýda şekil gurmak üçin ilki bilenproyektirleme wektoryny geçirýärler, listde bolsa saýlanylan wektor masşabynda piramidanyň üstki we astky esaslarynyň tapawudyna proporsional bolan derejelere bölünen şkalany dikligine geçirýärler. Şkalany gorizontlaryň belgilerine görä belgileýärler. Gorizontyň ähli elementleriniň göçürilmesi, degişli gorizontyň ştrihiniň O wektoryň başy bilen utgaşmasyndan soň ýerine ýetirilýär. 2.31-nji suratdan görnüşü ýaly, alynýan şekiliň aýdyňlygy (наглядность) proyektirlemegiň ugrunyň we proyektirleme wektorynyň masşabynyň amatly saýlanylmagyna baglydyr; we şekillendirilýän çyzyklaryň ugry proyektirlemegiň ugry bilen näçe az gabat gelse, şekiliň aýdyňlygy şonçada uludyr.

Proyektirleme wektorynyň masşabyny adatça planyň masşabyna deň edip kabul edýärler. Emma gowy aýdyňlyk we aşaky gorizontyň üstki bilen

ýapylmasynyň meýdançasyny kiçeltmek maksatlary bilen masşaby başga edip kabul edip bolýar.

Edil şuna meňzeşlikde, plandaky izoçyzyklary boýunça topografiki tertipli üstleriň şeýle-de pogorizont planlar bar bolan halatynda dag önümçilikleriniň (выработок) wektor proyeksiýalaryndaky aýdyň şekilleri gurulýar (2.32-nji surat).

5. Aksonometriki proyeksiýalar

Aksonometriki proyeksiýalar parallel proyektirlemegiň aýratyn ýagdaýlaryna degişlidir. Aksonometriýa sözi – oklary ölçemek diýmekdir. Bu söz usulyň özenini has takyk görkezýär. Bu usulyň özeni bolsa şundan ybaratdyr: şekillendirilýän obýekt ilki bilen özara perpendikulýar üç sany koordinata oklary bolan ulgama degişli edilýär we soňra parallel şöhleleriň toplумы arkaly koordinatalar oklary bilen bilelikde proyeksiýa tekizligine proyektirlenýär.

Proyektirlemegiň ugry bilen proyeksiýa tekizliginiň arasyndaky burça baglylykda göni burçly we ýapgyt burçly aksonometriki proyeksiýalary tapawutlandyryýarlar.

2.33-nji suratda XYZ koordinata oklarynyň göniburçly ulgamyna degişli bolan giňişlikdäki A nokatkoordinata oklary bilen bilelikde parallel şöhleleriň toplумы arkaly Paksonometriki proyeksiýa tekizligine proyektirlenýär. Netijede, bu tekizlikde nokadyň proyeksiýasyny we aksonometriki koordinata oklaryny alýarys. Eger göni burçly koordinatalarda deň kesimleri alyp goýsak, onda olar aksonometriki oklarda belli bir üýtgame bilen şöhlenerler. Oklar boýunça kesimleriň aksonometriki ýa-da üýtgän uzynlyklarynyň hakykylaryna bolan gatnaşyklary oklar boýunça üýtgame koefisiýenti ýa-da görkezijisi diýip atlandyrylýar we aşakdaky görnüşde aňladylýar:

$$p = x'/x; \quad q = y'/y; \quad r = z'/z.$$

Üýtgame görkezijileriniň ululygy: birden (haçanda ok proyeksiýa tekizligine parallel bolanda)nola çenli (haçanda ok proyeksiýa tekizligine perpendikulýar bolanda) üýtgeýär.

Göni burçly aksonometriki proyeksiýada aşakdaky başlanyşyk saklanylýar:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2$$

Projektirlemegiň ugruny we aksonometriki tekizligiň ýagdaýyny üýtgetmek bilen aksonometriki oklaryň dürli ugurlaryny we oklar boýunça üýtgame koeffisiýentiň dürli ululyklaryny alyp bolýar.

Polka-Şwarsyň teoremasyna laýyklykda erkin uzynlykdaky, bir tekizlikde ýatýan we bir-birine görä erkin burçlar astynda bir O' nokatdan çykýan x', y', z' üç sany kesim, göni burçly koordinata oklarynda O başlangyçdan alyp goýulan üç sany x, y, z deň kesimiň parallel proyeksiýasy bolup durýar. Başga sözler bilen aýdylanda obýekti aksonometriki proyeksiýada aýdyň şekillendirmek üçin giň gerimde ok ugurlarynyň we üýtgame koeffisiýentleriniň saýlanylmagy mümkindir. Aksonometriki proyeksiýalarda giňişlikdäki göni çyzyklaryň haýsam bolsa bir koordinata okuna parallel bolan ähli kesimleri (bölekleri), şol bir üýtgame görkezijilerine eýe bolýarlar, şol bir wagtyň özünde beýleki oklar boýunça olar dürli bolup bilýärler.

Eger üýtgame koeffisiýentleri üç ok boýunça hem birmeňzeş bolsa, onda aksonometriki proyeksiýa izometriki diýip atlandyrylýar, eger diňe iki ok boýunça birmeňzeş bolsa – dimetriki diýip atlandyrylýar. Proyeksiýanyň üç oky boýunça hem üýtgame koeffisiýenti dürli bolsa, onda aksonometriki proyeksiýa trimetriki diýip atlandyrylýar.

Geologiki-markşeyderçilik işleriniň tejribesinde köplenç aksonometriki proyeksiýanyň şu üç görnüşini ulanýarlar.

Dimetriki proyeksiýada, proyeksiýa tekizligini ZOY koordinata tekizligine ýagny OZ we OY koordinata oklaryna parallel edip alýarlar.

OZ okyny dikligine aşakdan ýokary, OY okuny bolsa keseligine goýberýärler. OX we OY oklaryň arasyndaky burçy 135° (gradusa) deň edip alýarlar. OZ we OY oklary boýunça masştaby üýtgetmän alýarlar, OX oklary boýunça bolsa iki esse kiçeldip alýarlar.

Izometriki proyeksiýada OZ okuny dik (wertikal) edip kabul edýärler, OX we OY oklary bolsa öz arasynda şeýle-de OZ oky bilen 120° burçy emele getirýärler, ähli oklar boýunça üýtgame koeffisiýentini birmeňzeş, ýagny bire deň diýip kabul edýärler.

Trimetriki proyeksiýada OZ okuny dikligine (wertikal ýagdaýda), OX okuny gorizonta görä 10° burç bilen; OY okuny gorizonta görä 45° gradus burç bilen ugrukdyrýarlar. OZ okuna parallel kesimleri üýtgetmän (без искажения), OX okuna parallel kesimleri degişli hakyky kesimleriň ýa-da göwrümiň aksonometriki

projeksiýasyny düzüp bolýan esasy markşeyderçilik planyň ölçeginden – 0,9 esse üýtgetme bilen, *OY* oky boýunça bolsa - 0,5 esse üýtgetme bilen projektirleýärler.

Aksonometriki oklary boýunça üýtgame koeffisiýenti, kada görä birden uly bolmaly däldir, çünki bu kada ýerine ýetirilmedik ýagdaýynda tehniki formadaky şekiller ýalňyş üýtgedilen formalara eýe bolýarlar. Dag işleriniň obýektleri şekillendirilende bu kadadan çykмага ýol berilýär.

Dag obýektleriniň bloklarynda dürli gorizontlar we gatlaklar bir-birini ýapmaz ýaly we şeýtmek bilen obýektiň häsiýetli detallaryny bulaşdyrmaz ýaly aýry gorizontlaryň aksonometriki şekillerini beýiklik boýunça emeli ýagdaýda süýşirýärler.

Netijede dag önümçilik işleri we gazylyp alynýan pedaly magdanyň formasy hakynda has açyk we doly düşüňjani alyp bolýar.

Gorizontlaryň şeýle görnüşde “süýşirilmegi” *OZ* oky boýunça birden uly üýtgame koeffisiýentini ulanmak bilen deň derejelidir.

Aksonometriki şekilleriň gurulmasy kömekçi torlaryň kömegi bilen we diňe mehaniki ýol bilen koordinatalar usuly arkaly ýerine ýetirilýär.

Haýsy usulyň saýlanyljagy, şekillendirilýän obýektiň başlangyç grafiki maglumatlaryň ululygyna we çylşyrymlylygyna baglydyr.

Koordinatalar usuly, giňişligiň her bir projektirlenýän nokady üçin başlangyç göni burçly koordinatalar ulgamyna degişli edilen **koordinata döwürk çyzyklarynyň** (координатная ломанная) gurulmagyndan ybaratdyr. Mysal üçin, $X=3$, $Y=2$, $Z=3$ koordinatalary boýunça *A* nokadyň gurulmasy üçin *OX* oky boýunça *O* başlangyçdan nokadyň abssisasyny alyp goýýarlar, soňra *OY* okuna parallel ýagdaýda nokadyň ordinatasyny we munuň yzyndan *OZ* oky boýunça bu nokadyň applikadasyny alyp goýýarlar (2.34-nji b surat).

Bu ýerde şuny bellemek gerek, ýagny aksonometriki projeksiýanyň ýekeje özi bilen, mysal üçin *C* nokadyňky bilen, aksonometriki oklar we üýtgame görkezijiler bar bolsada, onuň giňişlikdäki ýagdaýyny kesgitlep bolmaýar.

Nokadyň dolulygyna berilmesi (задание) üçin, goşmaça: bu nokadyň haýsam bolsa bir aksonometriki tekizlige bolan projeksiýasy, ýagny ikinji projeksiýasy ýa-da nokadyň gabadynda koordinatalaryň birisiniň san belgisi gerek bolýar.

Diýmek, eger aksonometriki şekiliň üsti goşmaça ikinji proyeksiýa we san belgiler bilen ýetirilse, onda ol öňki ýagdaýyna gelip bilýän şekil bolýar. (оно будет обратимым).

Mysal üçin, A_3 we B_2 nokatlaryň san belgili aksonometriki şekilleri boýunça (2.34-nji surat) ýeterlikde derejede olaryň giňişlikdäki ýagdaýyny kesgitlep bolýar.

A we B nokatlardan Z oka parallel ýagdaýda masştabyň 3 we 2 birligine deň uzynlykdaky kesimleri alyp goýup, gorizonta tekizlikde nokatlaryň proyeksiýalaryny alarys, bu tekizlikde bu nokatlaryň hem koordinatalaryny ýeňillik bilen kesgitlep bolýar (2.34-nji surat).

2.34-nji surat: Nokatlaryň aksonometriki proyeksiýalary

C nokat üçin bolsa, belli bir jogap tapyp bolmaýar, çünki bu nokadyň XOY tekizlige proyeksiýasyny kesgitlep bolmaýar. Diýmek, aksonometriki oklara görä bu nokat dürli x, y we z koordinatalaryna eýe bolup bilýär.

Bu usul aksonometriki proyeksiýalaryň gurulmasynda we olaryň üstüniň ýetirilmesinde iň giňden ýaýrany bolup durýar. Emma onuň hem, gurulmanyň tagaýksyzlygy (громоздкий) bilen çäklenýän düýpli kemiçiligi bardyr.

Haçanda OX oky gorizonta bolanda, OY we OZ oklary bolsa bir wertikal göni çyzyk bilengabatlaşan ýagdaýynda, aksonometriki proyeksiýalaryň gurulmasy belli bir derejede tapawutly ýagdaýda ýerine ýetirilýär.

Bu ýerde obýektiň ähli nokatlarynyň absissalaryny OX aksonometriki oka üýtgetmeden geçirýärler, ordinatalaryny bolsa üýtgetme koeffisiýentine proporsional ýagdaýda üýtgedip OY okyna parallel ýagdaýda alyp goýýarlar. Şeýtmek bilen planyň aksonometriýasy, ýagny predmetiň ikinji proyeksiýasy gurulýar. Mundan soňra nokatlaryň ikinji proyeksiýasyndan OZ okuna parallel ýagdaýda ýokaryk olaryň beýiklikleri alnyp goýulýar.

Ortogonal çyzgydan aýrylykda aksonometriki oklar boýunça adaty gurulma usullaryndan tapawutlulykda, edil affinly özgermede bolşy ýaly bu ýerde başlangyç planlar bilen aýdyň şekilleriň arasynda gös-göni proyeksiýon baglanyşyk gurulýar.

OX aksonometriki okyň gorizonta ýagdaýy garyndaşyk oky bilen (с осью родства), OZ we OY oklaryň wertikal ýagdaýy bolsa affinly özgerdilmegiň ugry bilen gabat gelýär. Şunuň bilen aksonometriki masştablaryň saýlanylmagy

ýeňilleşýär, çünki $P=1$, $q=\sin\varphi$ (özgerdilme koeffisiýenti) deň bolýar, r - bolsa garaşsyz (erkin) ýagdaýda saýlanylýar.

2.35-nji surat: Magdan ýatakçasynyň karkasynyň blok-diagrammasy

Aksonometriýanyň bu görnüşini affinly özgertmeler usuly arkaly ýerine ýetirmek amatly bolýar. Ony, haçanda şekillendirilýän obýektiň planynda aýdyň görkezilen özara perpendikulýar ugurlar (topografiki üstler, geologiki gurluşlar we ş.m.) bolmadyk ýagdaýynda ulanmak maksada laýykdyr.

Kömekçi torlar usuly, haçanda, obýektiň san belgili proyeksiýalaryndaky gorizont alýa-da wertikal parallel kesikleri (kesimleri) ýa-da pogorizont alýan planlary aksonometriki proyeksiýany gurmak üçin başlangyç maglumatlar hökmünde orta çykan ýagdaýynda ulanylýar (2.35-nji surat). Bu usulyň özeni şundan ybaratdyr:

jemleýji (birleşdirilen - сводный) planda şekillendirilmäge niýetlenen blogy konturlaýarlar (окунтуривают). Ähli gorizontlar üçin umumy bolan x, y koordinatalary käbir O nokatda, planyň geodezik koordinatalaryna bagly bolmadan, koordinatalaryň täze başlangyçlaryny, koordinata oklarynyň (X, Y, Z) ugurlaryny we bu oklar boýunça üýtgetme koeffisiýentlerini saýlaýarlar. X ýa-da Y oklarynyň haýsam bolsa birini obýektiň esasy elementleriniň uzalmasına (простира́ние) parallel edip, ikinjisini bolsa – aksonometriki proyeksiýanyň kabul edilen görnüşine baglylykda ýerleşdirýärler. Her gorizontda oklara parallel ýagdaýda koordinata toruny geçirýärler;

her gorizont üçin kalkada aksonometriki oklaryň ugurlaryny we olar boýunça üýtgetme koeffisiýentlerini hasaba almak bilen transformirlenen aksonometriki koordinata toruny gurýarlar;

Her gorizontyň transformirlenen tory çyzgy kagyzyň birleşdirilen bir listinde hem çyzylýp biliner;

Ölçegleriň transformirlenmeginde (geçirilmeginde) proporsional sirkuly ýa-da ýörite nomogrammany ulanmak bilen, tora görä, şekillendirilýän obýektiň konturlary her gorizonta çyzylýar. Oklar boýunça masştablaryň nomogrammany üstünde O nokatdan masştablaryň birlikleri alnyp goýulan gorizont çyzykdan weoňa ýapgyt bolan üstlerinde O nokatdan öz aralarynda göni çyzyklar bilen birleşdirilen üýtgetme koeffisiýentiniň ululyklaryna deň gelýän kesimler alnyp goýulan OX , OY , OZ çyzyklardan ybaratdyr. Gorizont çyzykda O nokatdan plandan alynan ölçegi (размер) alyp goýup, ýapgyt çyzyklarda taýýar üýtgedilen ölçegleri alýarlar;

Aýry-aýry gorizontallaryň kalkalaryny koordinata torlary boýunça ugrukdyryp we kabul edilen üýtgetme ululygyna wertikal ok boýunça süýşürüp montirleýärler (монтировать). Eger bir gorizontyň beýleki bilen ýapylmasynyň ähmiýetli bir ýagdaýy ýüze çykarylsa, onda has aýdyň şekil alynýança soňkylar süýşirilip açylýar.

Şekil kalkalardan çyzgy kagyzyna geçirilýär;

Bir-biriniň üstünden geçýän (ýanaşyk - смежный) gorizontlaryň önümçiliklerini (выработки) birleşdirýärler, has aýdyň görkezilmesi üçin ýetmeýän çyzyklary geçirýärler.

Aýry gorizontlaryň önümçiliklerini (выработки) dürli reňkler bilen reňkläp kölegeletýärler (aýdyňlaşdyrýarlar - оттеняют). Çyzgyda aksonometriki oklar boýunça masştablary ýerleşdirýärler.

Mehaniki usul ýörite enjamlaryň – aksonograflaryň ulanylmasyna esaslanandyr. Aksonograflaryň kömegi bilen şekili predmetiň iki ýa-da üç ortogonal proyeksiýa boýunça gurýarlar. Eger şekillendirilýän obýekt san belgili proyeksiýalardaky plan bilen berlen bolsa, onda aksonograflaryň ulanylmasy mümkin bolmaýar ýa-da uly kynçylyklar bilen bagly bolýar.

Şonuň üçin aksonograflary, iki ýa-da üç ortogonal proyeksiýalary bilen berlen maşyngurluşyk we beýleki detallaryň we bölekleriň şekillendirilmesinde ulanmak maksada laýykdyr. San belgili proyeksiýalardaky planlar boýunça aýdyň şekilleri gurmaýyň mehanizasiýasyny affinograflar arkaly ýerine ýetirmek has aňsat bolýar. Häzirki wagtda aýdyň şekilleriň gurulmasyny EHM-ler we grafik gurusymlar arkaly awtomatlaşdyrylmak işleri alnyp barylýar.

Hakyky burçlaryň, uzynlyklaryň we meýdanlaryň kesgitlenilmesi. Haýsam bolsa bir aksonometriki oka parallel bolan kesimleriň uzynlyklary, gös-göni bu okuň masştaby boýunça ölçenilýär. Oklara parallel bolmadyk kesimleriň uzynlyklary, şeýle-de aksonometriki tekizliklerdäki kesimleriň arasyndaky burçlar analitiki usulda ýa-da ondan hem ýökeneý usulda, ýagny her koordinata tekizligi üçin başlangyç planyň masştabyndaky uzynlygyň birligine deň bolan radius-vektorlar bilen töweregiň (окружность) transformirlenmegi ýoly bilen alynýan aksonometriki transportiriň kömegi bilen hasaplanylýar. Oklar boýunça $1:M_x$ we $1:M_y$ masştably we olaryň arasyndaky β ýiti burçly koordinata tekizliklerindäki figuralaryň hakyky meýdany aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$S_{hak} = \frac{M_x M_y}{\sin \beta} S_{aks}$$

Bu ýerde, S_{aks} - planimetr ýa-da başga usul bilen ölçenilýän figuranyň aksonometriki proyeksiýadaky meýdany;

Iki sany özara perpendikulýar oklar boýunça dürli masştably dag-geometriki planlar. Gazylyp alynýan peýdaly magdan kânleriniň geometrizasiýasynda aýdyň şekilleri gurmagyň giňden ýaýran usullaryna, planlardaky ýa-da kesiklerdäki dürli masştably şekiller degişlidir. Soňky ýagdaýda, açyklyk (выразительность) we aýdyňlyk üçin obýekt iki sany özara perpendikulýar oklar boýunça dürli masştablarda çyzylýar. Şu hili usuly, mysal üçin: ýatakçanyňeňňit (пологий) ýa-da ýarpgyt (наклонный) gaçuşly (падение) eňaşak gaçýan (крутопадающий) meýdançasyny planda şekillendirmek üçin ulanýarlar. Eňaşak gaçuşly (с крутым падением) meýdançany planyň esasy masştabynda ýatakçanyň uzalmasy boýunça (по простиранию) şekillendirýärler, gaçuşy üçin bolsa has uly masştaby kabul edýärler. Şunuň bilen, adaty planda bir-biriniň üstüni ýapýan şekillendirilen detallargaçyş boýunça aýratynlykda ýerleşdirilen ýaly bolýar. Netijede aýdyň we aňsat okalýan çyzgy gurulýar.

Şunuň bilen, ýer üstüniň profili gurlanda wertikal masştaby gorizontala görä 5-20 esse köp edip alýarlar. Gorizental we eňňitli ýatakçalaryň geologiki kesimleri gurulanda, haçanda galyňlygy düzýän dürli litologiki jynslary şekillendirmek gerek bolan ýagdaýynda, wertikal masştaby gorizental bilen deňeşdireniňde has hem uly edip alýarlar.

2.36-njy surat: Gorizontaliki masştably geologiki kesimde ABWG kontury

Aýdyň grafikler boýunça käwagt dürli görnüşli anyklamalary (kesgitlemeleri) geçirmeli bolýar. Eger bir tarapdan oklara parallel ýagdaýda grafikler boýunça çzykly ululyklaryň ölçenilmegi kynçylyk döretmeýän bolsa, onda başga bir tarapdan kesikleriň, esasanam formalary boýunça çylşyrymly konturlaryň meýdanlarynyň kesgitlenilmesi köp zähmeti talap edipdir we ýakynlaşan takyklygy beripdir.

Mysal üçin, dürli masştably ýa-da transformirlenen planlar boýunça meýdanlary kesgitlemegiň bir usuly, figuranyň oklaryň haýsam bolsa birine parallel bolan elementar zolaklara (çzyklara-полоски) bölünmesinden we oklar boýunça masştabyny hasaba almak bilen trapesiýanyň formulasy arkalybu

zolaklaryň her biriniň meýdanynyň hasaplanmasyndan ybarat bolupdyr. Gözlenilýän meýdan, bu zolaklaryň-trapesiýalaryň meýdanlarynyň jemine deň bolupdyr. Bu usul edil beýlekiler ýaly köp zähmeti talap edýär we ýakynlaşan bahany berýär.

Emma şeýle bolsada, grafiki takyklyk bilen gurulan iki masştably grafikler boýunça planimetriň kömegi bilen islendik çylşyrymlykdaky konturly kesikleriň hakyky meýdanlary gaty aňsat kesgitlenilýär.

Goý, ABWG – gorizontalkesimdäki X – oky boýunça $1:M_x$; Y – oky boýunça $1:M_y$ dürli masştabda gurulan ýatakçanyň kontury bolsun, S – bu figuranyň planimetr bilen kesgitlenilýän meýdany bolsun (2.36-njy surat).

Eger ABWG konturyň çäklerinde erkin ýagdaýda $ds=dx dy$ elementar meýdançasý alynsa, onda oklar boýunça masştaby hasaba alynanda bu meýdançanyň meýdany:

$$dS_{hak} = M_x dx M_y dy = M_x M_y ds,$$

deň bolýan bolsa, onda ABWG figuranyň hakyky meýdany şuna deňdir:

$$S_{hak} = \int_S M_x M_y ds;$$

bu ýerden hem:

$$S_{hak} = M_x M_y S.$$

Şunuň bilen, kesimde (ýa-da planda) iki özara perpendikulýar ugur boýunça dürli masştablarda şekillendirilen figuranyň hakyky meýdany, bu ugurlar boýunça masştablaryň maýdalawjylarynyň figuranyň çyzgydaky (kesimdäki, plandaky) ölçenilen meýdanyna köpeltmek hasyllyna deňdir.

6. Stereografiki proyeksiýalar

Stereografiki torlar we olaryň ulanylyşy. Stereografiki proyeksiýa munuň özi – haçanda K şekil tekizligi (картинная плоскость) sferanyň merkezini kesip geçende, görüş nokady (точка зрения) bolsa mysal üçin P nokat şol bir wagtyň özünde polýus bolup sferanyň üstünde ýatan ýagdaýyndaky ýarym sferanyň tekizlige bolan merkezi ýa-da perspektiw proyeksiýasynyň aýratyn bir ýagdaýydyr (2.37-nji surat).

Stereografiki proyeksiýada ýokarky ýarym sferanyň M, M_1, L we P nokatlary K tekizlige degişli m, m_1, l we O nokatlar görnüşinde proyektirlenýär. Aşaky ýarym sferanyň M_2 nokady şekil tekizligi bilen tegelek kesigiň daşyna çykýan m_2 görnüşinde proyektirlenýär.

Mundan beýläk, şekil tekizliginden (картинная плоскость) dürli taraplarda ýerleşýän görüş nokady we proyektirlenýän ýarym sferasy bolan stereografiki proyeksiýalary öwreneris.

Stereografiki proyeksiýalaryň şu häsiýetleri bardyr:

2.37-nji surat: Ýarym sferanyň nokatlarynyň stereografiki proyeksiýasy

2.38-nji surat: Meridional (a) we polýar torlaryň (b) gurulmasy

ýarym sferanyň ähli nokatlary stereografiki proyeksiýalaryň Ý UZSW (ЮЗСВ) tegeleginiň içinde şekillendirilýär;

sferadaky uly tegelekleriň dugalarynyň arasyndaky burçlar tekizlige üýtgedilmeden proyektirlenýär;

sferanyň kiçi ýa-da uly tegelekleriň dugalarynyň aýlawlary tegelekler görnüşinde ýa-da aýratyn ýagdaýda göni çyzyklar – tükeniksiz uly radiusly tegelekler görnüşinde şekillendirilýär.

Stereografiki tor munuň özi, ýarym sferanyň paralleller we meredianlar ulgamynyň şekil tekizligine bolan stereografiki proyeksiýasydyr.

Tekiz stereografiki tor ýarym sferanyň üç ölçegli üsti ýaly özi bilen dürli operasiýalary geçirmäge mümkinçilik döredýär, çünki olaryň nokatlarynyň arasynda özara-bir belgili laýyklyk (deňlik, gabatlyk – соответствие) gurnalýar. Tor – öz zaleganiýasanyň (ýatýan ýeriniň) elementleri bilen berlen göni çyzyklaryň, göni çyzyk we tekizligiň, tekizlikleriň arasyndaky burçlaýyn ululyklary kesgitlemek üçin gowy kömekçi serişde bolup durýar. Ol ýarylýan we jaýryk atýan tektonikada, gurluşlaýyn analizde (barlaga) we ş.m. matematiki barlagyň guraly hökmünde ulanylýar. Toruň kömegi bilen dag işiniň, şeýle-de aýdyň şekillendirmegiň köp meseleleri çözülýär.

Kartografiki edebiýatda dürli görnüşli stereografiki torlaryň uly mukdary mysal hökmünde getirilýär. Geologiki-markşeyderçilik işinde meridional we polýar torlaryna gaty uly gyzyklanma bildirilýär.

Meridional stereografiki tor (Wulfyň tory) munuň özi, ýarym sferanyň parallelleriniň we meridianlarynyň gorizontalk tekizlik bilen utgaşdyrylan meridianyň tekizligine bolan stereografiki proyeksiýasydyr.

Munuň dowamynda görüş nokady ekwatorda ýerleşýär we meridianyň dugasyna görä polýus bolup durýar. Torda paralleller we meridianlar dürli radiusly dugalar görnüşinde şekillendirilýär. Polýar stereografiki tor munuň özi, haçanda görüş nokady “polýus” bolanda, parallelleriniň we meridianlaryň ekwatoryň tekizligine bolan proyeksiýasydyr. Torda paralleller konsentrik (umumy merkezli) tegelekler bilen, meridianlar bolsa - radial göniler bilen şekillendirilýär.

2.38-nji suratda meridional (a) we polýar (b) torlaryň gurulşy görkezilendir.

Stereografiki toruň kömegi bilen şekillerip gurulmasy. Tor bilen işlenilende ähli şekil gurma işlerini stereografiki toruň ýüzüne goýulýan kalkada ýerine ýetirýärler. Kalkada toruň tegeleginiň merkezini atanak bellik bilen, kese çyzyk bilen bolsa tegelegiň daşyny – demirgazyga tarapugry belleýärler. Kalkanyň başlangyç ýagdaýa getirilmesi üçin bu elementler ýeterlik bolýar. Azimutal burçlaryň sanawyny sagat diliniň ugruna toruň uly tegelegi boýunça diametriň ýokarky uýjyndan (C) başlaýarlar. Wertikal burçlary periferiýadan toruň gorizontalk ýa-da wertikal diametriniň merkezine tarap sanaýarlar.

2.39-njy surat: Stereografiki torda göni çyzygyň we tekizligiň şekillendirilmegi

Stereografiki proyeksiýada göni çyzyklar we tekizlikler olaryň zaleganiýasynyň (ýatan ýeriniň) elementleri – gaçyş ýa-da uzalma çyzygynyň azimuty we gaçyş burçy boýunça şekillendirilýär. Munuň dowamynda, göni çyzyklar we tekizlikler toruň merkezinden geçýär diýip hasaplanylýar, muňa hem olaryň parallel geçirilmesi bilen ýetilýär.

Mysal üçin, *O*A göni çyzyk, (2.39-njy surat) stereografiki proyeksiýada *Oa* kesim bilen şekillendirilýär. Göni çyzygy onuň zaleganiýasynyň (ýatýan ýeriniň) elementleri - gaçyş azimuty we gaçyş burçy boýunça şekillendirmek üçin, bu elementler boýunça göni çyzygyň bir nokadyny bellemek ýeterlikdir. Göni çyzygyň ikinji nokady bolsa toruň merkezi bolup durýar.

Stereografiki proyeksiýada tekizlik meridianyň dugasy we dugany süýindirýän, berlen azimut boýunça (по заданному азимуту) geçýän diametr bilen şekillendirilýär. Tekizligiň gaçyş burçuna deň gelýän meridianyň dugasy

perifiriýadan merekeze tarap toruň gorizonta diametri boýunça sanalýar (hasaplanylýar).

Polýar torda tekizlik – tekizligiň uzalmasyna (прости́рание) belli bir burç boýunça geçirilýän toruň diametriniň soňlaryndan (uçlaryndan) we perifiriýadan toruň merkezine tarap sanalýan tekizligiň gaçyş burçunyň bahasyny özünde saklaýan parallele tarap galtaşmadan geçýän duga görnüşinde şekillendirilýär. Eger tekizlik mysal üçin 2.39-njy suratdaky *OA* çyzygy ýaly iň uly ýapgytlylyk (eňňitlilik - *ската*) çyzygy bilen berlen bolsa, onda stereografiki proyeksiýada ol nokat görnüşinde şekillendirilip biliner.

Bu ýagdaý, haçanda her bir jaýryk onuň zaleganiýasynyň (ýatýan ýeriniň) elementleri boýunça torda nokat görnüşinde şekillendirilende, jaýryklaryň köpçülikleýin ölçegleriniň özleşdirilmeginde we şekillendirilmeginde ulanylýar. Munuň üçin iň amatlysy polýar tor bolup durýar. Onda nokady şekillendirmek üçin, toruň demirgazyk soňyndan (ujyndan) uly tegelek boýunça sagat diliniň ugruna ilki bilen azimuty we soňra bu nokatdan radius boýunça perifiriýadan merkeze tarap gaçyş burçuny sanaýarlar (hasaplaýarlar). Alynýan nokat tekizligiň iň uly ýapgytlylyk çyzygynyň ýa-da jaýrygyň özüniň stereografiki proyeksiýasy bolup durýar.

2.40-njy surat: Polýar-meridional tor

2.41-nji surat: Tekizlikleriň stereografiki proyeksiýasynyň gorizontallardaky plana özgerdilmegi

Polýar stereografiki toruň kömegi bilen gönileriň zaleganiýasynyň (ýatýan ýeriniň) elementleri boýunça nokatlary bellemek, dag jynslarynyň we gazylýp alynýan peýdaly magdanlaryň jaýryklarynyň zaleganiýasynyň (ýatýan ýeriniň) elementleriniň köpçülikleýin ölçeg işleriniň statiki özleşdirilmesini geçirmek, jaýryklar ulgamlaryny we olaryň orta elementlerini ýüze çykarmak amatly bolýar, emma onuň bilen ýüze çykarylan jaýryklar ulgamlarynyň tekizliklerini gurmak we tekizlikleriň, tekizlik bilen göniniň we gönileriň arasyndaky burçlary kesgitlemek amatly (rahat) bolmaýar.

Bu kemçilik ýarysy polýar we beýleki ýarysy meridional tordan ybarat bolan polýar-meridional tor ulanylanda ortadan aýrylýar (2.40-njy surat). Toruň polýar bölegi bilen nokatlary bellemek we olaryň statiki özleşdirilmesini geçirmek, toruň meridional bölegi bilen bolsa jaýryklar ulgamlarynyň zaleganiýasynyň (ýatýan

ýeriniň) orta elementlerine eýe bolan tekizlikleriň arasyndaky burçlaýyn ululyklary kesgitlemek we beýleki meseleleri çözmek amatly bolýar.

Stereografiki proyeksiýadan tekizlikleriň plandaky şekillendirilmesine geçilmesi. 2.41-nji suratda stereografiki proyeksiýada zaleganiýanyň (ýatýan ýeriniň) elementleri boýunça iki sany P we Q tekizlikleri gurulandyr. OT – bularyň kesişme nokady bolup durýar. Sagat diliniň ugry boýunça C nokatdan D nokada çenli sanawyň (hasabyň) netijesi: ulalma tarap bu çyzygyň a' azimutyna deňdir. D nokady toruň gorizont diametri bilen utgaşdyrýarlar we D nokatdan T nokada çenli graduslaryň sanyny hasaplamak bilen kesişme çyzygynyň δ' ýapgytlyk (eňňitlik - наклон) burçyny alýarlar. Soňra T nokatdan toruň merkezinden 90° sanaýarlar we meridianyň dugasyny geçirip AB duga deň bolan tekizlikleriň arasyndaky iki granly burçy alýarlar.

Soňra masştaby we kesigi (10 m soň) bellemek bilen (задавшись масштабом и сечением), δ' burçy boýunça l' založeniýany kesgitleýärler, OT göni çyzygy graduirleýärler. Munuň dowamynda O nokada göräli ýa-da hakyky belgi belleýärler. Alynan nokatlar boýunça OP we OQ diametrlere parallel ýagdaýda tekizlikleriň gorizontallaryny geçirýärler, san belgili proyeksiýalarda tekizlikleriň planyny alýarlar.

Profil kesikde tekizlikleriň gaçyş burçyny,mysal üçin KL çyzygy boýunça tapmak üçin, bu çyzygy toruň gorizont diametri bilen utgaşdyrýarlar we periferiýadan merkeze tarap K we L nokatlardan tekizlikleriň dugalaryna çenli gözlenilýän δ_q' we δ_p' burçlaryna deň bolan graduslaryň sanyny hasaplaýarlar.

7.Stereoaksonometriýa, anaglifler we galografiýa

Stereoaksonometriki proyeksiýalar we şekilleri gurmagyň usullary. Eger predmeti tekizlikde perspektiwanyň iki merkezinden alynýan, ýagny ortaça 65 mm daşlykda ýerleşen sag we çep göz üçin iki proyeksiýada şekillendirsek, onda şu hili şekile seredilende, haçanda her göz bir şekili görende iki bölegiň birleşmesi bolup geçýär we predmet hakyky göwrümde, üç ölçegli giňişlikde şöhlelenýär.

Diýmek, stereoskopiki effektiň alynmasy üçin çep we sag göz üçin, stereojübütler ýa-da binokulýar jübütler diýlip atlandyrylýan jübüt şekilleriň bolmasy hökmanydyr.

Ý örite stereofotoapparatlar ýa-da ýörite stereonasadka bilen üpjün edilen, ýa-da fotoapparatyň üstünde hereket edip biljek we belli bir kesgitli ýerde berkidilip bilinjek stereoplankasy ýa-da esas kronşteýny bolan adaty fotoapparatlar

arkaly surata düşürmek bilen berlen predmetiň stereojübütlerini alyp bolýar. Esas plankalaryň ýa-da kronşteýnleriň kömegi bilen adaty fotoapparatlarda stereoskopiki surata düşürme işleri iki gezekde iki kadyrda we predmetler hereketsiz ýagdaýda durandaýerine ýetirilýär.

Stereoasksonometriýa, stereoperspektiwadan tapawutlylykda, merkezi proyektirlemek usulyna däl-de, parallel proyektirleme usulyna esaslanýar. Onuň özeni, birwagtda predmetiiki toplum parallel şöhleler arkaly proyeksiýa tekizligiň birine, adatça gorizontaly proyeksiýa tekizligine proyektirlemekden ybaratdyr. Bu prosesiň dowamynda şekillendirilýän obýektiň her bir gorizontaly stereoskopiki grafikleriň ikisine hem formalary we ölçegleri üýtgedilmeden proyektirlenýär.

Obýektleriň stereoskopiki şekilleriň binokulýar jübütlerini görmek üçin şekilleriň ýanyna goşmaça goýulýan optiki enjamlar gerek bolýar. Bu aýdylanlar stereoskoplaryň ykjamlygyna garamazdan belli bir rahatsyzlyklary döredýär.

Anaglifiki usulda, optiki ýa-da olaryň ýerini tutýan beýleki enjamlar gerek bolmaýar. Anaglifiýa diýlende, kagyzda, aýnada, plýonkada we başga tekiz üstde ýerine ýetirilenobýektleriň stereoskopiki şekillerini almagyň we görmegiň aýratyn bir usulyna düşünilýär. Bu usul binokulýar jübütleri bir-biriniň üstüne goýmakdan we olaryň her bir bölegini aýratyn reňk bilen reňklemekden ybaratdyr: çep şekili mawy reňk bilen, onuň üstünden sag şekili bolsa gyzyly reňk bilen. Eger alynan çyzga, aýnalaryna derek želatin ýa-da asetatselýulozaly reňk filtrleri ýelmenen adaty kagyz äýnekleriň kömegi bilen, mawy reňk filtri sag göze deň geler ýaly, gyzyly reňk filtri bolsa çep göze deň geler ýaly edip seredilse, onda aýdyň giňişligiň üç ölçegli relýefini görüp bolýar, üstesine-de her bir detal göwrümlü bolup ýüze çykýar.

Anaglifiki usulda şekiliň göwrümliligi, her bir gözüň özüne mahsus şekili ýagny sagdakyny sag göz, çepdäkini çep göz görýänligi üçin ýüze çykýar. Mawy reňk filtri stereojübütiň gyzyly reňk bilen çekilen sag böleginiň görülmesini we stereojübütiň mawy reňk bilen çekilen çep böleginiň reňksizlendirilmegini üpjün edýär. Munuň tersine gyzyly filtr ähli gyzyly şöhleleri dolulygyna saklap we sag bölegi reňksizlendirip, stereojübütiň mawy reňk bilen çekilen çep böleginiň görülmesiniüpjün edýär. Netijede, şekileseredilende, obýektiň gara-ak reňkdäkibir bütewi utgaşdyrylan göwrümlü şekili şöhlelenýär.

Golografiýa. Markşeyderçilik tejribesinde täze optiki enjamlaryň – lazerleriň peýda bolmagy, dag-geometriki modelirlemeginde täze mümünçiliklere ýol açýar. Bu enjamlaryň durnukly kogerent şöhlelenmesi, golografiýany ulanmak bilen

göwrümleýin optiki modelirlleme prosesini amala aşyrmaga mümkinçilik berýär. Golografiýanyň esasy prinsipleri D. Gabor atly iňlis alymy tarapyndan 1948-nji ýylda kesgitlenildi, emma onuň pikiri diňe lazerleriň ýüze çykmagy bilen tejribede ulanylmaga başlanyldy.

Diňe, surata düşürilýän predmetiň her nokadynyň şöhlelenmesiniň ýygylgyny (intensiwlighini) fiksirlýän adaty fotografiýadan tapawutlylykda, golografiýada predmetden serpikýän şöhle tolkunlarynyň amplitudasy we fazasy hakyndaky doly maglumatlar bellige alynýar.

Gologrammanyň alynmasy üçin lazerden gelýän ýagtylygyň kogorent şöhlesini iki topluma (üýşmege) bölýärler, bularyň biri predmeti ýagtylandyrmak üçin ulanylýar, beýlekisi bolsa daýanç (direg-опорный) bolup durýar. Kölegeleri aýyrmak üçin käbir ýagdaýlarda lazer şöhlesini birnäçe topluma (üýşmege) bölmeli bolýar. Öz häsiýetlerini üýtgetmedik daýanç toplumynyň (üýşmeginiň) we predmetden serpigen we bu predmet hakynda maglumaty özünde saklaýan şöhle (predmet şöhlesi) toplumynyň (üýşmeginiň) öňi böwetlenýär, we şol bir wagyň özünde böwetleme zolagynda ýüze çykýan interferensiyon surat fotoplastinkada fiksirlenýär. Fotoplastinkanyň degişli fotohimiki işläp bejeriş işlerinden soň gologramma alynýar (gologramma sözi grekçeden terjime edilende “ähli taraplaýyn ýazgy” diýmegi aňladýar).

Gologrammalary almak üçin optiki gurluşyň çyzygysy 2.42-nji suratda görkezilendir. Kogorent ýagtylygyň çeşmesi hökmünde gaz lazeri ulanylýar (mysal üçin: geliý-neon), çünki olar şöhlelenmegiň uly durnuklylygyna eýedirler. Ýagtylyk bölüji bolup ýagtylandyryjy örtügi bolan aýna plastinkasy hyzmat edýär. Şöhlelenmegiň 10% golaýy plastinkadan serpikýär we ondan daýanç şöhle toplumu (üýşmegi) düzülýär. Galan 90% onuň içinden geçýär we predmetiň ýagtylandyrylmasy üçin ulanylýar.

Lazer şöhlesiniň diametri adaty 1 mm deň bolýar, emma şol bir wagtyň özünde predmetiň ýagtylandyrylmasy we gologrammanyň alynmasy üçin has uly diametrli şöhle gerek bolýar. Lazer şöhlesiniň giňeldilmesi üçin mikroobjektiv kratnylylyklar ulanylýar. Gurluşda aýnalar, şöhle toplumlarynyň orta optiki uzynlyklary takmynan bir-birine deň bolar ýaly edilip ýerleşdirilýär. Fotoplastinka we proyawitel gologrammanyň ýokary aýdyňlyk başarnygyny üpjün etmelidir.

Gologrammanyň alynmasyndan soň, predmetiň göwrümlü şekilini dikeltmegiň optiki çyzygysy düzülýär (2.43-nji surat). Lazer şöhlesi mikroobjektive gönükdirilýär, ol hem öz gezeginde şöhläni giňeldýär we

gologramma ugrukdyrylýan daýanç şöhle toplumyny (üýşmegini) emele getirýär. Munuň dowamynda gologramma ýagtylygy difragirleýär we gologramanyň alynmasy dowamynda predmetden gelýän predmet şöhle toplumyna (üýşmegine)meňzeş bolan tolkun frontyny täzeden döredýär. Şeýle usul bilen täzeden döredilen ýagtylyk tolkunyny hakyky predmete mahsus bolan, çuňluga we parallaksa eýe bolan şekili emele getirýär.

2.42-nji surat: Gologrammany almak üçin optiki gurluşyň çyzgysy: 1-lazer, 2-mikroobýektiv; 3-gologramma; 4-predmetiň hyýaly şekili

Golografiki gurluş düzülende esasan hem onuň mehanikidurnuklylygyna gaty uly üns berilýär. Bu hem şunuň bilen düşündirilýär, ýagny gologramma alynanda interferension çyzyklaryň arasyndaky aralyk ulanylýan ýagtylygyň tolkunlarynyň uzynlygy bilen deňeşdirip boljak derejededir, şonuň üçin ekspozisiýanyň dowamynda gurluşyň elementleriniň süýşmegi tolkunynyň uzynlygynyň birnäçe böleklerinden uly bolmaly däl. Munuň üçin golografiki gurluşy belent demir ýa-da beton plitada gurnaýarlar we hatda kiçijik wibrasiýalaryň we temperatura sebäpli ýüze çykýan deformasiýalaryň bolmazlygy üçin ähli şertleri döredýärler. Bu aýdylanlaryň ählisi üznüksiz şöhlelenmeli gaz lazerlerine degişlidir. Impulsiw lazerler ulanylanda bu şertler artyk bolýar, çünki bu lazerler gysga wagtyň içinde gurluşyň düýpli deformasiýalaryna duçar bolmaýarlar.

2.43-nji surat: Gologramma boýunça predmetiň göwrümleýin şeklini dikeltmegiň çyzgysy: 1-lazer; 3-ýagtylyk bölüji; 4-aýna; 5-mikroobýektiv; 6-daýanç şöhle toplumu (üýşmegi); 7-predmet; 8-predmetden gelýän şöhle toplumu (üýşmegi); 9-gologramma

Predmetleriň göwrümleýin şekillerini almak prosesinden başga, golografiýa gaty takyk ölçeg guraly hökmünde hem ulanylýar (golografiki interferometriýa). Bu usulyň özeni şundan ybaratdyr. Eger deformasiýadan öň we soň şol bir fotoplastinka predmetiň gologrammasyny ýazyp alsak, onda bu iki şekil bir wagtda dikeldilende, interferirlenýärler we deformasiýalar degişli interferirlenen çyzyklar görnüşinde ýüze çykýarlar. Deformasiýalary ölçemegiň takyklygy mikronyň onunjy bölegini düzýär.

Predmetiň göwrümli golografiki şeklini almak üçin gologramma döredilende şol bir wagtda üç sany monohromatik lazerleri (gök, sary we gyzy) ulanýarlar. Munuň dowamynda göwrümli, reňkli şekili dikeltmek üçin

gologrammany bu lazerlerden gelyän degişli üç sany daýanç şöhle toplumlary (üýşmekleri) bilen ýagtylandyrmalydyr.

Sowet alymy Ýu.N. Denisýukow tarapyndan gologrammany galyň gatlakly emulsiýa ýazmak usuly hödürlendi. Bu ýagdaýda interferension surat üç ölçegli bolýar, bu hem öz gezeginde gologrammanyň adaty ak reňk bilen ýagtylandyrylmasyndapredmetiň şekilinegözegçilik etmäge mümkinçilik berýär.

3-nji baş

Ýer jümmüşiniň geometrizasiýasynda maglumatlary gaýtadan işlemegiň (özleşdirmegiň) we olara baha bermegiň ähtimallyk-statiki usullary

1. Umumy görkezmeler

Öňden bellenişi ýaly, ýatakçanyň islendik häsiýetiniň giňişlikde ýerleşdirilmegi, elementar göwürümleriň merkezlerine tarap äkidilýän görkezijiniň bahalarynyň geohimiki meýdany ýa-da esasy jemi görnüşinde görkezilýär.

Eger gözleg işleriniň (obýektiň öwrenilmegi) dowamynda görkezijini ölçemek üçin gerek bolan nokatlary meýdanyň häsiýetli ýerlerinde ýeterlik mukdarda goýup we hasaplama işlerini ýalňyşsyz geçirip bolsady, onda netijede durmuşa geçiriliş ýa-da bölekleyin jemi boýunça öwrenilýän meýdanyň doly, ýeterlik derejede takyk häsiýetnamasyny (modelini) alyp bolardy.

Emma hakykatda obýekti öwrenmegiň başlangyç etaplarynda häsiýetli nokatlary biz bilmeýäris ýa-da olary ýakynlaşan ýagdaýda bilýäris (olar obýektiň has içgin öwrenilmegi netijesinde ýüze çykarylýar, ýagny ýatakçanyň özleşdirilmesinden soňra). Köplenç köp mukdarda gözegçilik işlerini geçirmek mümkin bolmaýanlygy sebäpli haýsam bolsa bir görkeziji, şol bir wagtyň özünde bütün ýatakça hakyndaky maglumatlar ýakynlaşan bolup çykýar.

Käbir ýagdaýlarda geologiki başlangyçlara esaslanmak bilen, esasanam gatlakly kánleriň formasy kesgitlenende gözegçilik nokatlary ýatakçanyň şol bir görkezijisiniň üýtgemesiniň häsiýetli ýerlerinde bellenişliýär, we ol uly takyklyk derejesinde kesgitlenilýär. Emma köp ýagdaýlarda bu nokatlar başga görkeziji üçin, mysal üçin ýatakçanyň haýsam bolsa bir häsiýeti üçin häsiýetli bolmaýar.

Şonuň üçin gözleg işleriniň, nusgalyk alma ýerleriniň, ölçeme nokatlarynyň, çyzyk ýa-da tor boýunça tertipsiz ýa-da geometriki kesgitli ýagdaýda ýerleşýän dag jynslarynyň häsiýetleriniň praktiki ýagdaýy (ýerleşýän ýeri) köp ýagdaýlarda

ýatakçanyň öwrenilýän häsiýetiniň ýerleşdirilmesine (ýerleşmegine-размещение) görä tötänli bolýar.

Şeýle etmek bilen alynýan maglumatlar bahalary boýunça ýakynlaşan ululyklar bolup durýar, ýagny olaryň jemi atanlykda (tötänden) saýlanylyp alynan bolup durýar (случайное выборка), ýa-da başga söz bilen aýdylanda tötänleýin funksiýanyň realizasiýa (durmuşa geçirilmesi, ýerine ýetirilmesi) bilen kesgitlenşi ýaly geohimiki meýdan hem onuň realizasiýasy (durmuşa geçirilmesi, ýerine ýetirilmesi) bilen kesgitlenilýär. **Saýlap almagyň** (выборка) göwrümi näçe köp bolsa, **şeýle-de saýlap almagyň** nokatlary görkezijiniň ýerleşişiniň häsiýetli nokatlaryny näçe köp kanagatlandyrsa, ölçemelerdäki ýalňyşlyklar we görkezijiniň durnuksyzlygy näçe pes bolsa, şonçada realizasiýanyň her biri hakykaty ýakyn şöhlelendirir.

Ýatakçanyň ýerleşiş häsiýetleriniň kanunlaryny, ýagny saýlap almagyň (realizasiýanyň) jemi boýunça esasy jemi açmak: gözegçilikleriň netijeleriniň toparlara bölünmegi, ulgamlaşdyrylmagy we orta baha getirilmegi, umumylaşdyrylan görkezijileriň hasaplanylmagy we olaryň analizi, ýagny başlangyç maglumatlaryň statiki özleşdirilmegi bilen baglydyr. Bu maglumatlar adatça žurnallarda, katologlarda, perfokartotekalarda, çyzgylarda we beýleki geologiki- markşeyderçilik iş kagyzlarynda jemlenendir.

Ýer jümmüşiniň görkezijileri öwrenilende matematiki statistikanyň usullary arkaly aýratynlykda şu meseleleri çözüýärler:

saýlanyp alynan maglumatlaryň jemi boýunça esasy jemiň dürli görkezijileriniň bahalaryny kesgitlemek (orta baha, dispersiýa, wariasiýa koefisiýenti we ş.m.);

ýatakçanyň geologiki alamatlarynyň bahalarynyň statiki bölünmesiniň aýratynlyklaryny we kanunlaryny kesgitlemek, bu hem öz gezeginde ýatakçanyň tebigatyny we genezisini kesgitlemäge mümkinçilik berýär (munuň dowamynda, aýratynlykda, bir jynsly statiki jem görnüşinde ýatakçanyň gatlaklaryny emele getirýän litologiki görnüşleri bir tutuş geohimiki meýdan diýip hasaplamalymy ýa-da bir jynsly däl jem diýip hasaplamalymy diýen meseläni hem çözüp bolýar);

ýatakçanyň dürli görkezijileriniň arasyndaky darlygyň we korelýasiýanyň görnüşiniň (ähtimal bolan baglanyşygyny) barlygyny kesgitlemek;

saýlanyp alynan maglumatlaryň jemi boýunça bellenen takyklyk derejesinde esasy jemiň statiki häsiýetnamalaryny kesgitlemek üçin, onuň iň

amatly göwrümini kesgitlemek; öz çäklerindehaýsam bolsa bir ähtimallyk derejesinde,saýlanyp alynan maglumatlaryň jeminiň, şeýle-de esasy jeminiň statiki häsiýetnamalarynyň bahalaryny we statiki bölünmeginiň kanunlarynysaklaýan ynanç interwallaryny kesgitlemek.

Ýer jümmüşini barlamagyň statiki usullary gözegçilik maglumatlarynyň hyýaly haosynda (bulam-bujarlygynda) tertipliligi, statiki baglanyşyklary tapmaga we şeýtmek bilen umumylykda öwrenilýän hadysa obýektiw düşünmäge mümkinçilik berýär. Munuň dowamynda, gözegçilikleriň netijeleri (saýlanyp alynan maglumatlaryň jemi) hil boýunça bir jynsly, bir-bir bilen içki baglanyşygy bolan, emma daşyndan özbaşdak we aýratyn bolan hadysalaryň we wakalaryň jemi bolup durýar.

Ýer jümmüşü öwrenilende matematiki statistikanyň formulalarynyň we usullarynyň ulanylmagy diňe öwrenilýän obýektiň tebigatyna we köplenç statiki deňderejeli bolmadyk aýry-aýry bahalaryň ýüze çykmagynyň şertlerine düşünilende üstünlikli bolup biler.

Gözegçilikleriň netijeleri özleşdirilende üsti açylýan öwrenilýän alamatyň ýa-da alamatlar jeminiň ýüze çykmagynyň kanunlary ýatakçanyň görkezijileriniň geometrizasiýasynyň esasynda käniň goňşy meýdançalary üçin has ähtimal çaklamalary düzmäge we olary käni netijeli özleşdirilmek üçin ulanmaga mümkinçilik berýär.

Matematiki statistika ähtimallyk teoriýasy bilen ýakyndan baglanyşyklydyr. Onuň netijeleriniň köpüsi ähtimallyk teoriýasynyň çäkli teoremlaryna, tötänleýin ululyklaryň häsiýetlerine we olaryň bölüniş kanunlaryna esaslanýar.

Ähtimallyk teoriýasynda tötänleýin ululyklaryň san häsiýetnamalarynyň birnäçesi bardyr: matematiki garaşma (математическое ожидание), dispersiýa, başlangyç we merkezi momentler we beýlekiler.

Şuňa meňzeş san häsiýetnamalary statiki toparlar üçin hem bardyr. Gözegçilik sanynyň artdyrylmagy bilen ähli statistiki häsiýetnamalar ähtimallygy boýunça degişli matematiki häsiýetnamalara gabat gelýärler we ýeterlik mukdarda geçirilen synaglaryň üsti bilen takmynan olara deň diýip kabul edilip biliner.

Diýmek, ýer jümmüşiniň geometrizasiýasyndaky matematiki statistika öwrenilýän obýektleriň statiki häsiýetnamalaryny ýüze çykarmaga mümkinçilik berýär. Tötänleýin funksiýalar teoriýasynyň ulanylmagy realizasiýasy (durmuşa geçirilmegi)boýunça görkezijiniň bütün jeminiň giňişlikdäki ýerleşişiniň

(ýerleşdirilmeginiň - размещение) aýratynlyklaryny matematiki taýdan häsiýetlendirmäge mümkinçilik berýär.

2. Tötänleýin ululyklar (случайная величина) we olaryň bölüniş kanunlary

Tötänleýin ululyk diýip, synagyň netijesinde öňünden belli bolmadyk haýsam bolsa bir san bahasyna eýe bolup bilýän ululyga aýdylýar. Tötänleýin ululyklaryň diskret we üznüksiz görnüşlerini tapawutlandyryrlar.

Üznüksiz ululyk - bölüşdirme funksiýasy (функция распределения) we ähtimallygyň dykzlygy (плотность вероятности) bilen berilýär (grafiki taýdan – bölüniş fuksiýasynyň we ähtimallygyň dykzlygynyň egrileri bilen berilýär).

Diskret tötänleýin ululyk – bölüşdirmeginiň setiri (grafiki taýdan bölüşdirmeginiň poligony ýa-da gistogramma) we bölüşdirme funksiýasy bilen berilýär (aňladylýar).

Goý X diskret ululygy synagyň netijesinde p_i ähtimallyklar bilen x_i dürli bahalara eýe bolýar diýeliň (munuň dowamynda $\sum p_i = 1$).

Tötänleýin ululygyň mümkin bolan bahalary bilen olaryň ýüze çykmagynyň ähtimallygy arasyndaky baglanyşyk bölüşdirme kanunyny kesgitleýär. Şeýle kanuny aňlatmagyň iň ýönekeý usuly bolup x_i we p_i bahalarynyň tablisasy ýa-da bölüşdirme setiri (ряд распределения) bolup durýar.

Bölüşdirme setiri grafiki taýdan bölüşdirmeginiň poligony görnüşinde şekillendirilýär: gorizonta ok boýunça tötänleýin ululygyň mümkin bolan bahalaryny, wertika ok boýunça bolsa bu bahalaryň ähtimallyklarynyalyp goýýarlar. Bu bölüşdirme setiri gistogramma görnüşinde hem şekillendirilip biliner.

Üznüksiz ululyk üçin bölüşdirme setirini – üznüksiz tötänleýin ululygyň N mümkin bolan bahalaryny, ululyklary boýunça deň bolan synplara (razrýadlara) bölmek bilen alýarlar. Her bir razrýad-da n_i ýygylgy hasaplaýarlar we çastostlary (частоты) $n_i/N = p_i$ kesgitleýärler, bular hem öz gezeginde empiriki ýa-da statistiki ähtimallyklar hökmünde kabul edilýär. Netijede üznüksiz ululyk üçin hem ähtimallyklaryň bölüşdirilmegi gazanylýar. Interwalyň ululygy näçe kiçi bolsa, şonça-da saýlanyp alynmagyň (выборка) uly göwrümünde gurulan bölünişik hakykaty takyk şöhlelendirýär.

Ähtimallyklary bölüşdirmegiň mukdar taýdan häsiýetlendirilmesi üçin wakanyň ähtimallygyny kesgitleýärler $X < x$, bu ýerde x -şu wagtdaky üýgeýän ululyk.

Bu wakanyň ähtimallygy x -e baglydyr we x -iňkäbir funksiýasy bardyr:

$$P(X < x) = F(x). \quad (3.1)$$

Bu funksiýa bölüşdirmegiň statiki ýa-da integral funksiýasy diýip atlandyrylýar. Ol ähtimallyk nukdaýnazardan tötänleýin ululygyň doly häsiýetnamasyny berýär we ähli tötänleýin ululyklar (diskret we üznüksiz ululyklar) üçin dogrudyr.

Berlen x -de bölüşdirmegiň statiki funksiýasynyň bahasyny tapmak üçin, X -iň bahasy x -den kiçi baha eýe bolansynaglaryň n sanyny hasaplaýarlar (sanaýarlar) we synaglaryň umumy n sanyna bölýärler.

Bölüşdirme funksiýasynyň önümi ähtimallygyň dykzlygy (ýa-da bölüşdirmegiň differensial funksiýasy) diýip atlandyrylýar:

$$f(x) = F'(x) \quad (3.2)$$

Statiki jem üçin ähtimallygyň dykzlygy statiki setir görnüşinde, grafiki taýdan bolsa gistogramma ýa-da poligonal egri görnüşinde görkezilýär. (*Statiki jem üçin ähtimallygyň dykzlygy statiki setir, grafiki taýdan bolsa gistogramma ýa-da poligonal egri bolup durýar.*) Eger bütün statiki jemi razrýadlara (interwallara) bölsek, her razrýad-da synaglaryň sanyny hasaplasak we ony olaryň umumy sanyna bölsek, onda **çastostlary** (частоты) alarys. Razrýadlaryň interwallary (ýa-da olaryň orta bahalary) we olaryň **çastostlary** (частоты) statistiki ýa-da wariasion, interwal setiri emele getirýärler. Wariasion setire girýän tötänleýin ululygyň aýratyn bahalary *wariantlar* diýip atlandyrylýar.

Agzalary, polimetaliki käniň keşli synap görmegiň (бороздовое опробование) we kernli burawlamagyň (керновое бурение) maglumatlary boýunça bir arassalaýjy kameranyň çäklerinde alynan nikeliň düzüminiň bahalary bolup durýan statiki jeme seredeliň. Jemimiz önünden tertibe salynandyr, ýagny onuň agzalary bahalarynyň artmagy boýunça ýerleşdirilendir.

Nusgalygyň belgisi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Düzümi, %	1.85	2.18	2.37	2.56	2.61	2.69	2.73	2.76	2.84	2.87

Dowamy

Nusgalygyň belgisi	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Düzümi, %	2.92	2.95	3.07	3.09	3.13	3.15	3.18	3.21	3.24	3.29

Dowamy

Nusgalygyň belgisi	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Düzümi, %	3.33	3.35	3.40	3.42	3.48	3.50	3.51	3.57	3.62	3.68

Dowamy

Nusgalygyň belgisi	31	32	33	34	35	36	37	38
Düzümi, %	3.75	3.83	3.91	3.98	4.09	4.32	4.47	4.76

N=38

Tertibe salynan wariasion setir- variantlar we olara degişli bolan ýygyllyklar (ýa-da **çastostlar** (частости)) bilen berlip bilner, emma bu ýagdaýda bahalary bermegiň şeýle usulynyň manysy bolmaýar, çünki her bir warianta diňe bir gezek düşüýlär.

Setiriň berilmesi, ol interwallara bölünen ýagdaýynda gaty aňsatlaşýar. Interwalyň amatly h giňligi (ini) Sterdjenseniniň formulasy boýunça kesgitlenilýär:

$$h=(x_{max}-x_{min})/(1+3,2 \lg N), \quad (3.3)$$

bu ýerde, x_{max} we x_{min} - iň uly we iň kiçi wariantlar; N – setirdäki wariantlaryň sany (saýlap almagyň göwrümi). Biziň mysalymyz üçin şuny alýarys:

$$h=(4,76-1,85)/(1+3,2 \lg 38)=0,48 \approx 0,5\%.$$

Başlangyç jemimizi 0.5 giňlikdäki interwallara bölýäris (3.1-nji jedwel) we her bir interwala laýyk gelýän (degişli bolan) ýygyllygy hasaplaýarys. Indi başlangyç statiki jemimiz interwal setiri görnüşinde berlip (aňladylyp) biliner (3.1-nji jedwel).

Interwallaryň bahalary we n_i ýygyllyklary boýunça, \bar{x}_i interwallaryň we n_i ýygyllyklaryň orta bahalary boýunça alynan interwal setiriň gistogrammasyny ýa-da bölüşdirmegiň poligonal egrisini gurýarlar. Gistogrammany we poligonal egrini n_i ýygyllyklaryň deregine p_i çastostlary ulanmak bilen hem gurup bolýar.

3.1-nji tablisada peseliş ýa-da artyş tertibine görä kesgitlenilip bilinýän we kumulýatiw egriniň (kumulaýtlar) kömegi bilen interwal wariasion setiriň grafiki şekillendirilmesi üçin ulanylýan N_i toplanan ýygyllyklar hem hasaplanandyr. Kumulýata hem toplanan ýygyllyklar boýunça, hem-de toplanan çastostlar boýunça gurulyp biliner.

3.1-nji jedwel

x_i bahalaryň interwallary %	\bar{x}_i interwalyň orta bahasy, %	Ýygyllyk, n_i	Toplanan ýygyllyk, N_i	Çastosty $p_i = n_i/N$
1,5-2,0	1,75	1	1	0,026
2,0-2,5	2,25	2	3	0,053
2,5-3,0	2,75	9	12	0,237
3,0-3,5	3,25	14	26	0,369
3,5-4,0	3,75	8	34	0,210
4,0-4,5	4,25	3	37	0,079
4,5-5,0	4,75	1	38	0,026

$$N = \sum n_i = 38;$$

$$\sum p_i = 1$$

Çastostyň kömegi bilen wariasion setiriň berilmesiniň we şekillendirilmesiniň ähli ýagdaýlarynda soňkysy ähtimallygyň ýakynlaşan bahasy hökmünde kabul edilýär. Saýlap almagyň (выборка) N göwrüminiň artdyrylmagy bilen bölüşdirmegiň statiki funksiýasy tötänleýin ululygy bölüşdirmegiň hakyky funksiýasyna ýakynlaşýar (ähtimallygy boýunça gabatlaşýar).

Tötänleýin ululyklary bölüşdirmegiň käbir kanunlary. Ähtimallygyň dykyzlygy düzümine matematiki garaşma, dispersiýa we standart ýaly düşüňjeler girýän funksiýalar bilen sypatlandyrylýar.

Diskret tipli X tötänleýin ululygyň matematiki garaşmasy diýip, ululygyň ähli bahalarynyň olaryň ähtimallyklaryna köpeltmek hasyllarynyň jemine aýdylýar.

$$M[X] = m_x = \sum_{i=1}^n x_i p_i \quad (3.4)$$

Matematiki garaşma orta tötänleýin ululygyň esasysy bolup durýar. Ol tötänleýin ululygyň gözegçilik bahalarynyň orta arifmetiki bahasy bilen (saýlanyp alynan orta baha bilen) çastost we ähtimallygyň arasyndaky garaşlylyk (baglanyşyk) ýaly garaşlylyga eýedir.

Synaglaryň sany az bolanda olaryň netijeleriniň orta arifmetiki bahasy tötänleýin bolýar. Synaglaryň sany artdyrylanda ol “takmynan tötänleýin däl” bolýar we stabilleşip hemişelik ululyga – matematiki garaşma ýakynlaşýar.

Üznüksiz tötänleýin ululygyň matematiki garaşmasy aşakdaky integral bilen aňladylýar:

$$M[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx, \quad (3.5)$$

Bu ýerde $f(x) - X$ ululygyň ähtimallygynyň dykzlygy

Tötänleýin ululygyň dispersiýasy diýlip, tötänleýin ululyk bilen onuň matematiki garaşmasynyň arasyndaky tapawudyň kwadratynyň matematiki garaşmasyna aýdylýar:

$$\sigma^2 = D_x = M[(X - m_x)^2]. \quad (3.6)$$

Dispersiýa, tötänleýin ululygyň mümkin bolan bahalarynyň onuň orta bahasynyň ýanynda ýaramasynyň häsiýetlendirýär we toparlanmadyk maglumatlar esasynda aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$\sigma^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 / N \quad (3.7)$$

ýa-da toparlanan toparlanan maglumatlar esasynda:

$$\sigma^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 n_i / \sum n_i \quad (3.8)$$

bu ýerde, \bar{x} – tötänleýin ululygyň orta bahasy.

Standart munuň özi, tötänleýin ululygyň orta kwadratlaýyn bolup durýar we dispersiýadan kwadrat kök görnüşinde kesgitlenýär:

$$\sigma = \pm \sqrt{\sigma^2} \quad (3.9)$$

Ortaüýtgeýän ululygyň standarty aýratyn üýtgeýän ululygyň standartyndan \sqrt{N} esse kiçidir:

$$\sigma_x = \sigma / \sqrt{N} \quad (3.10)$$

Geliň indi, tötänleýin ululyklary bölüşdirmegiň käbir kanunlaryna seredip geçeliň.

Ýönekeý (adaty) kanun – tejribede iň köp duş gelinýän bölüşdirmе kanunydyr. Ähtimallygyň dykzlygy aşakdaky görnüşli funksiýa bilen häsiýetlendirilýär:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.11)$$

bu ýerde, a – X ululygynyň matematiki garaşmasy; σ^2 – X tötänleýin ululygynyň dispersiýasy; e – natural logarifmiň esasy.

Diýmek, bölüşdirmegiň adaty kanuny, dolulygyna, tötänleýin ululygynyň matematiki garaşmagy we dispersiýasy (ýa-da standardy) bilen kesgitlenilýär. Bölüşdirmegiň egrisi simmetriki depe görnüşli egri bolup durýar (3.1-nji a surat).

σ standartyň birliklerinde aňladylan, tötänleýin ululygynyň matematiki garaşmadan t gyşarmasynyň adaty bölüşdirmesinde, ýagny x -iň bahalarynyň a -dan σ -a kratnyý bolan ululyga gyşarmasy, ajaýyp häsiýete: σ -a garaşly bolmaýan ähtimallyga eýedir:

$$P[-t\sigma < (x-a) < t\sigma] = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-t}^{+t} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = F(t). \quad (3.12)$$

3.2-nji tablisadat-leriň dürli bahalary üçin $F(t)$ funksiýanyň hasaplanyp çykarylan bahalary görkezilendir.

3.2-nji tablisadan görnüşi ýaly x -a gyşarmalaryň setirinde mysal üçin $t=1$ ($t=1\sigma$) ululygy geçmeýän gyşarmalara (ýalňyşlyklara) duş gelmek ähtimallygy 0,683 deňdir. Başga söz bilen aýdylanda 1000 ($x-a$) gyşarmalaryň içinde diňe 683-i $t \leq 1\sigma$ baha eýedir. Gyşarma setirinde $\pm 3\sigma$ (üç esse artdyrylan orta kwadratlaýyn gyşarma) deň bolan ýalňyşlygynyň bahasyndan geçýän bahanyň bolmasy mümkin däl diýen ýalydyr ($p(t)=0,003$).

3.1-nji surat: Ähtimallygynyň dykzlygyny bölüşdirme egrileriniň görnüşleri

a-adaty egriler; b-logarifmiki adaty egriler; w-giperboloid egriler (Puassonyň seýrek hadysalary); g-binomial egriler

Puassonyň bölüşdirmesi (seýrek hadysalaryň bölüşdirilmesi) munuň özi - $P_m = \frac{a^m}{m!} e^{-a}$ (3.13) görnüşli diskret tötänleýin ululygynyň bölüşdirilmesidir (3.1-nji w surat). Bu ýerde, P_m – m tötänleýin ululygynyň ýüze çykmagynyň ähtimallygy; a – m -iň matematiki garaşmasy ýa-da bütin jem üçin alamatyň orta bahasy.

Puassonyň kanuny - haçanda wakalaryň mukdary köp bolup, aýratyn wakanyň ýüze çykma ähtimallygy pes bolanda binomial bölüşdirmegiň bir görnüşi bolup durýar. Haçanda belli bir zollakda bir ýa-da birnäçe wakalaryň ýüze çykma ähtimallygy olaryň beýleki zolakda ýüze çykmagynyň mukdaryna bagly bolmadyk ýagdaýynda we her bir zolakda wakalar bir-birinden garaşsyz ýagdaýda ýerleşende, seýrek wakalar Puassonyň kanunyna tabyn bolýarlar.

3.2-nji jedwel

<i>T</i>	$y(t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$	<i>F(t)</i>	<i>t</i>	$y(t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$	<i>F(t)</i>
<i>0,0</i>	<i>0,399</i>	<i>0,000</i>	<i>2,0</i>	<i>0,054</i>	<i>0,954</i>
<i>0,2</i>	<i>0,391</i>	<i>0,159</i>	<i>2,2</i>	<i>0,036</i>	<i>0,972</i>
<i>0,4</i>	<i>0,368</i>	<i>0,311</i>	<i>2,4</i>	<i>0,022</i>	<i>0,983</i>
<i>0,6</i>	<i>0,333</i>	<i>0,451</i>	<i>2,6</i>	<i>0,014</i>	<i>0,990</i>
<i>0,8</i>	<i>0,290</i>	<i>0,576</i>	<i>2,8</i>	<i>0,008</i>	<i>0,994</i>
<i>1,0</i>	<i>0,242</i>	<i>0,683</i>	<i>3,0</i>	<i>0,004</i>	<i>0,997</i>
<i>1,2</i>	<i>0,194</i>	<i>0,770</i>	<i>3,2</i>	<i>0,002</i>	<i>0,998</i>
<i>1,4</i>	<i>0,150</i>	<i>0,838</i>	<i>3,4</i>	<i>0,001</i>	<i>0,999</i>
<i>1,6</i>	<i>0,111</i>	<i>0,890</i>	<i>3,6</i>	<i>0,001</i>	<i>1,000</i>
<i>1,8</i>	<i>0,079</i>	<i>0,928</i>	<i>3,8</i>	<i>0,000</i>	<i>1,000</i>
<i>2,0</i>	<i>0,054</i>	<i>0,954</i>	<i>4,0</i>	<i>0,000</i>	<i>1,000</i>

3.3-nji jedwel

Bölüşdirme	Formula	Kesgitle- ýän parametr- ler	Tötänleýin ululyk we onuň üýtgeýiş zolagy	Matematiki garaşma	Orta kwadratla- ýyn gyşarma	Wariasiýanyň koeffisiýenti	Assimet- riýa	Ekssess
Deňölçegli	-	a, b	$a - b \leq x < a + b$	A	$\frac{b}{\sqrt{3}}$	$\frac{b}{a\sqrt{3}}$	0	$-1, 2$
Adaty (ýönekeý)	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$	a, σ	$-\infty < x < +\infty$	A	σ	σ/a	0	0
Logarifmiki adaty	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}}$ bu ýerdex=lg y	y_0, σ	$0 < y < +\infty$	$y_M = y_0 e^{\frac{\sigma^2}{2M^2}}$	$y_m = \frac{\sqrt{y^2 M}}{y_0^2} - 1$	$\sqrt{e^{\left(\frac{\sigma^2}{M^2}\right)} - 1}$	$M = 0,4343$ deň bolan natural logarifmden onluk logarifme geçme koeffisiýenti	

3.3-nji jedwel (dowamy)

Bölüşdirme	Formula	Kesgitle- ýän parametr- ler	Tötänleýin ululyk we onuň üýtgeýiş zolagy	Matematiki garaşma	Orta kwadratla- ýyn gyşarma	Wariasiýanyň koefisiýenti	Assimet- riýa	Ekssess
HI-kwadrat	$f(x) = \frac{x^{\frac{k-2}{2}} e^{-\frac{x}{2}}}{2^{\frac{k}{2}} G(\frac{k}{2})}$	K	$0 \leq x < +\infty$	K	$\sqrt{2k}$	$\sqrt{\frac{2}{k}}$	$\sqrt{\frac{8}{k}}$	$\frac{12}{k}$
Gamma bölüşdirme	$f(z) = \frac{z^{m-1}}{c^m (m-1)!} \times e^{-\frac{z}{c}}$	c, m	$0 \leq z < +\infty$	Mc	$c\sqrt{m}$	$\frac{1}{\sqrt{m}}$	$\frac{2}{\sqrt{2}}$	$\frac{6}{m}$
Binomial	$P_{m,n} = \frac{n!}{m! (n-m)!} \times p^m q^{n-m}$	Np	$m=0, 1, \dots, n$	n, p	\sqrt{npq}	$\sqrt{\frac{q}{np}}$	-	-
Puassonyň bölüşdir- mesi	$P_{m,n} = \frac{a^m}{m!} e^{-a}$	A	$m=0, 1, \dots, n$	A	\sqrt{a}	$\frac{1}{\sqrt{a}}$	$\frac{1}{\sqrt{a}}$	$\frac{1}{a}$

Puassonyň bölüşdirmesi üçin dispersiýa matematiki garaşma deňdir. Bu häsiýeti köplenç bölüşdirme gipotezasyny goldamak üçin ulanýarlar: synagyň netijleri boýunça orta baha we dispersiýa takmynan deň bolsa ($\sigma \approx \sigma^2$), onda bu deňlik: bölüşdirme - Puassonyň kanunyna boýun egýär diýip hasaplamaga esas berýär.

Bu kanun dürli fiziki hadysalarda gaty giňden ýaýrandyr. Mysal üçin, W.M.Gudkowyň görkezişi ýaly, menek-menek tipli (вкрапленного типа) polimetalliki ýataklarda düzümleriniň orta bahalaryna deň edip alynan birnäçe komponentleriň düzüminiň ýygylýklary Puassonyň seýrek wakalary bölüşdirmesini gowy kanagatlandyrýarlar. 3.3-nji tablisada ähtimallygyň dykzylygynyň bölüşdirilmesiniň esasy häsiýetleri görkezilendir.

3. Empiriki bölüşdirmegiň teoretiki (nazary) bölüşdirme bilen deňeşdirilmegi

Iň gowy ýagdaýda berlen statiki bölüşdirmegi häsiýetlendirýän bölüşdirmegiň teoretiki birsydyrgyn (плавной) egrisini (kanuny) seçip almak prosesine, statiki setiriň düzlenmesi (dogrulanmasy) diýilýär.

Teoretiki egri nähili gowy saýlanan hem bolsa, onuň bilen statiki bölüşdirmegiň arasynda käbir çaprazlyklaryň bolmasy gutulgysyzdyr. Bu çaprazlygyň ululygyny grafiki ýol bilen ýa-da ylalaşyk kriteriýasynyň (A.N. Kolmogorowyň kriteriýasy, hi-kwadrat, Pirsonyň kriteriýasy we ş.m.) kömegi bilen kesgitlemek mümkindir.

Deňeşdirmegiň grafiki usulynda bölüşdirmegiň $F_e(x)$ empiriki funksiýasyny gurýarlar. Şol birçyzgyda hem, bölüşdirmegiň $F_t(x)$ teoretiki egrisini gurýarlar. Egrileriň meňzeşligi boýunça gipoteza esaslanyp kabul edilen kanunyň we empiriki bölüşdirmegiň laýyklygyny kesgitleýärler.

Ylalaşygyň mukdar taýdan bahasy Kolmogorowyň kriteriýasynyň kömegi bilen aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$\lambda = D\sqrt{n}, \quad (3.14)$$

bu ýerde, D – bölüşdirmegiň empiriki we teoretiki funksiýalarynyň bahalarynyň arasyndaky iň uly tapawut (grafikden alynýar); n - tötänleýin ululygyň bahalarynyň ýa-da wariasion setiriň interwallarynyň sany.

Eger $\lambda < 1,35$ bolsa, funksiýalar ylalaşýar we bölüşdirme kanuny ret edilmeýär diýip hasaplanylýar.

Kolmogorowyň kriteriýasynda, teoretiki bölüşdirmegiň parametrleri öňünden (synagdan öň) belli diýip çak edilýär. Eger bu parametrlar şol bir synag maglumatlary boýunça seçilýän bolsa, onda λ -nyň peseldilen bahalary alynýar, we hyýaly ylalaşygyň hakykata laýyk gelmezligi mümkindir.

Kolmogorowyň kriteriýasy şu soraga jogap bermäge kömek edýär: magdanyň göwresini düzýän litologiki tapawutlaryň statiki jemlerini, bir jem, berlen häsiýetiň bir meýdany hökmünde görüp bolýarmy we bu häsiýetiň izoçyzyklaryny bütün ýatakça üçin çyzyp bolýarmy ýa-da bular magdanlaşmanyň dürli fazalaryna laýyk gelýän dürli jemler bolup durýarmy? Berlen häsiýetiň bölüşdirilmesi manysynda bir бүтewlik hökmünde öz arasynda bölüşdirme egrileri ylalaşýan litologiki tapawutlary görüp bolýar.

Şeýle-de Kolmogorowyň ylalaşma kriteriýasy, synagyň üsti bilen belli bolan $F_e(x)$ funksiýanyň kömegi bilen $F_T(x)$ näbelli funksiýanyň bellenen ähtimallykdaky (ygtybarlylykdaky) bahasynyň ýerleşýän ýokarky we aşaky ynanç serhetlerini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Bu serhetler aşakdaky formulalaryň kömegi bilen kesgitlenilýär:

$$\begin{aligned} F_{aşak} &= F_e(x) - \lambda/\sqrt{n}, \\ F_{ýok} &= F_e(x) + \lambda/\sqrt{n}. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Eger (3.15) formulalar boýunça 0-dan kiçi we 1-den uly bahalar alynýan bolsa, onda olar 0 we 1-iň serhetleri hökmünde kabul edilýär.

Pirsonyň hi-kwadrat kriteriýasynyň ulanylmagy n'_1, n'_2, \dots, n'_5 gözegçilik edilen ýygýlyklar setiri bilen n'_1, n'_2, \dots, n'_5 teoretiki ýygýlyklar setiri arasyndaky çaprazlygy bahalandyrmaga esaslanandyr.

Kriteriýany aşakdaky formulanyň kömegi bilen hasaplaýarlar:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^S (n_i - n'_i)^2 / n_i \quad (3.16)$$

bu ýerde, S – ölçeg setiriniň toparlara bölündigi interwallaryň ýa-da synplaryň sany.

x - in bahasy we azatlygyň derejeleriniňsany boýunça k -ny $P(x^2)$ ähtimallyk jedwellerinden saýlaýarlar we bu ululyk boýunça bölüşdirmegiň teoretiki funksiýasy bilen synag maglumatlarynyň ylalaşmasyna seredýärler.

k - sanyaşakdaky formula boýunça tapyp bolýar:

$$k = S - t \quad (3.17)$$

bu ýerde, t – gözegçilikdäki ýygylýklar (частоты) üçin ýerine ýetirildi diýip hasaplanylýan şertleriň sany.

x we Kolmogorowyň λ kriteriýasy boýunça bahalandyrmada, egerhakykatda alynan ýygylýklaryň interwallarda peýda bolmak ähtimallygy pes bolmasa empiriki we teoretiki ýygylýklaryň (gürlükleriň) arasyndaky çaprazlyklar tötänleýin diýip hasalanylýar. Diýmek, synag teoriýa bilen haýsy derejede ylalaşýar diýen soragyň çözgüdi P_0 ähtimallyk bilen aňladylýan, ähmiýetlilik derejesiniň saýlanylmagyna getirilýär.

Statistikada inžener meseleleri çözülen-de ähmiýetlilik derejei hökmünde $P_0=0,05$ ähtimallygy kabul edýärler.

§4. Gözegçilikleriň mukdary az bolanda tötänleýin ululyklaryň san häsiýetnamalarynyň hasaplanylmasy.

Käbir ýagdaýlarda bölüşdirme kanunlaryna derek bölüşdirmegiň san häsiýetnamalarynyň bilinmesi gaty wajyp bolýar.

Tötänleýin ululygyň san häsiýetnamalary diýlip, gysgaldylan görnüşde bölüşdirmegiň in ähmiýetli aýratynlyklaryny beýan etmäge kömek edýän ululyklara aýdylýar.

Ýokarda beýan edilen matematiki garaşma, dispersiýa we standartdan başga san häsiýetnamalaryna orta arifmetiki baha, moda, mediana, momentler, wariasiýanyň koeffisiýenti, asimmetriýanyň we eksessiň görkezijileri degişli edilýär.

Ýönekeý orta arifmetiki baha aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$\bar{x} = \sum x_i / N \quad (3.18)$$

Ölçenilen orta (deňeşdirilen - взвешенное) baha bolsa, aşakdaky aňlatma boýunça tapylýar:

$$\bar{x} = \sum x_i n_i / \sum n_i \quad (3.19)$$

Ýönekeý we ölçenilen orta bahalaryň bir-birinden nähili derejede tapawutlanýandygyny aşakdaky mysalyň kömegi bilen göz ýetirýäris.

Skwažinanyň kömegi bilen dürli geologiki-ykdysady tipdäki magdanlardan gatlanan (düzülen) 16,1 m kuwwaty bolan magdan jisiminiň üsti açylýar. Gatlaklaryň kuwwatlary we olardaky peýdaly komponentiň mukdary aşakda görkezilendir:

Kuwwaty,m.....	2,3	0,2	1,4	3,7	0,7	4,0	0,8
Düzümindäki metallyň mukdary,%.....	17,05	25,23	0,82	5,27	10,38	4,20	21,58

Düzümindäki metalyň mukdarynyň ýönekeý orta arifmetiki bahasy:

$$\frac{17,05 + 25,23 + 0,82 + 5,27 + 10,38 + 4,20 + 21,58}{7} = 12,08 \%$$

Düzümindäki metalyň mukdarynyň (kuwwatyna görä) ölçenilen orta bahasy:

$$\frac{17,05 \cdot 2,3 + 25,23 \cdot 0,2 + 0,82 \cdot 1,4 + 5,27 \cdot 3,7 + 10,38 \cdot 0,7 + 4,20 \cdot 4,0 + 21,58 \cdot 0,8}{2,3 + 0,2 + 1,4 + 3,7 + 0,7 + 4,0 + 0,8} = 6,59 \%$$

Bu mysallardan görnüşi ýaly, ýönekeý orta baha ölçenilen orta baha garanynda takmynan 2 esse artdyrylypdyr.

Tötänleýin diskret ululygyň ähtimallygy iň ýokary bolan, iň köp duş gelinýän bahasy onuň modasy bolup durýar. Üznüksiz ululyk üçin ähtimallygyň maksimal dykyzlygyna eýe bolan bahasy onuň modasy bolup durýar. Tötänleýin ululygyň modasy we matematiki garaşmasy umumy ýagdaýda bir-birine gabat gelmeýärler. Olar diňe simmetriki bölüşdirmede bir-birine gabat gelýärler. Eger egriniň bire derek, iki ýa-da ondan hem köp maksimumy bar bolsa, onda bölüşdirme polimodal diýip atlandyrylýar.

Toparlanmadyk diskret wariasion setir üçin, iň uly ýygylýan bilen häsiýetlendirilýän warianty, onuň modal warianty bolup durýar.

Interwal setiriň modasy aşakdaky aňlatmanyň üsti bilen aňladylýar:

$$M_0 = x_{mod (min)} + h \frac{n_{mod} - n_{mod-1}}{(n_{mod} - n_{mod-1}) + (n_{mod} - n_{mod+1})}, \quad (3.20)$$

bu ýerde, $x_{mod(min)}$ – modal interwalyň aşaky serhedi (iň uly ýygylýk bilen häsiýetlendirilýän interwalyň); n_{mod} – modal interwalyň ýygylýgy.

3.1-nji jedwelde görkezilen interwal wariasion setir üçin: $x_{mod(min)} = 3,00\%$; $h = 0,50\%$; $m_{mod} = 14$; $n_{mod-1} = 9$; $n_{mod+1} = 8$ bahalary alarys, onda:

$$M_0 = 3,0 + 0,5 \frac{14 - 9}{(14 - 9) + (14 - 8)} = 3,24\%$$

Tötänleýin ululygyň deň derejede medianadan hem kiçi bolmak hem-de uly bolmak ähtimallygyna eýe bolan bahasy, onuň medianasy bolup durýar. Başga sözler bilen aýdylanda, mediana diýlip tertipleşdirilen wariasion setiriň orta bahasyna aýdylýar. Geometiriki taýdan mediana – bölüşdirme egrisi bilen çäklendirilen meýdanyň ika bölünýän absissa nokady bolup durýar.

Simmetriki modal bölüşdirmede mediana matematiki garaşma we moda bilen gabat gelyär. Şonuň üçin moda we mediana assimetriki bölüşdirmeleriň analizinde gaty uly ähmiýete eýedir.

Saýlap almagyň göwrümi (объем выборки) N bolan wariasion setir üçin mediana aşakdaky formulalaryň kömegi bilen hasaplanylýar:

Wariantlaryň mukdary jübüt bolanda, ýagny $N = 2k$,

$$M_e = (x_k + x_{k+1})/2, \quad (3.21)$$

Wariantlaryň mukdary täk bolanda, ýagny $N = 2k + 1$,

$$M_e = x_{k+1} \quad (3.22)$$

3.1-nji jedwelde görkezilen setir üçin: $N = 2k = 38$; $k = 19$; $x_{19} = 3,24\%$; $x_{20} = 3,29\%$ bahalary alarys, onda:

$$M_e = \frac{3,24 + 3,29}{2} = 3,26 \%$$

Wariasion interwal setir üçin mediana aşakdaky formula boýunça tapylýar:

$$M_e = x_{med(min)} + h \frac{\frac{\sum n}{2} - N_{med-1}}{n_{med}}, \quad (3.23)$$

$x_{\text{med}(\min)}$ –mediana interwalyň aşaky serhedi; $N_{\text{med}-1}$ - mediana interwaldan öňinçä interwalyň toplanan ýygylgy, x_k, x_{k+1} – k -njy wariant üçin görkezijiniň bahasy, n_{med} –mediana interwalynyň ýygylgy.

3.4-nji jedwel:

Bahalaryň interwallary $x_i, \%$	Interwalyň orta (merkezi) bahasy, $x_i, \%$	Interwalyňýygylgy, n_i	$\bar{x}_i n_i$	$\bar{x}_j - \bar{x}$	$(\bar{x}_j - \bar{x})n_j$	$(\bar{x}_j - \bar{x})^2 n_j$
1,5-2,0	1,75	1	1,75	-1,51	-1,51	2,2801
2,0-2,5	2,25	2	4,50	-1,01	-2,02	2,0402
2,5-3,0	2,75	9	24,75	-0,51	-4,59	2,3409
3,0-3,5	3,25	14	45,50	-0,01	-0,14	0,0014
3,5-4,0	3,75	8	30,00	0,49	3,92	1,9208
4,0-4,5	4,25	3	12,75	0,99	2,97	2,9403
4,5-5,0	4,75	1	4,75	1,29	1,29	1,6641
$\sum n_i = 38; \sum = 124; \sum = 0,08; \sum = 13,1878$						

3.1-nji jedwelde görkezilen interwal setir üçin: $x_{\text{mod}(\min)}=3,00\%$; $h=0,50\%$; $\sum \frac{n}{2} = \frac{38}{2} = 19$; $N_{\text{med}-1}=12$; $n_{\text{med}}=14$ bahalary alarys, onda:

$$M_0 = 3,0 + 0,5 \frac{19 - 12}{14} = 3,25 \, \%.$$

Alynan mediananyň bahasy ýokardaky 3.21-nji formulanyň kömegi bilen toparlanmadyk bahalar boýunça hasaplanan baha bilen gabat gelýär. Umumy ýagdaýda bu bahalar başlangyç maglumatlaryň toparlara bölünmesi netijesinde ýüze çykýan ýalňyşlyk sebäpli gabat gelmän hem biler.

Orta ölçenilen bahany (ýygýlyklar boýunça), dispersiýany we standarty kesgitlemek üçin gerek bolan maglumatlaryň hasaplanylmagy 3.4-nji tablisada getirilendir.

Orta ölçenilen baha 3.19-njy formula boýunça hasaplanylýar:

$$\bar{x} = \frac{124}{38} = 3.26 \%$$

Dispersiva 3.8-nji formula boýunça hasaplanylýar:

$$\sigma^2 = \frac{13,1878}{38} = 0,347$$

3.9-njy formula boýunça hasaplanylýan standartyň bahasy aşakdaka deň bolýar:

$$\sigma = \pm\sqrt{0.347} = \pm 0,59$$

$\sum(\bar{x}_i - \bar{x})n_i$ - jemi hasaplamalaryň barlagy üçin kesgitlenilýär. Onuň nola ýakynlygy tapawut hasaplamalarynda ýalňyşlyklaryň ýoklugyna güwä geçýär.

Orta arifmetiki bahanyň ýalňyşlygy:

$$m = \pm t \frac{\sigma}{\sqrt{h}} \quad (3.24)$$

bu ýerde, t - ähtimallyk koeffisiýenti. Bu ýalňyşlygy aýratynlykda, topografiki üstüň kesiginiň ululygy kesgitlenende ulanylýarlar, onuň bahasy orta bahanyň ýalňyşlygyndan kiçi bolmaly dälär.

Biziň ýagdaýmyzda ähtimallygy 0,95-e deň diýip kabul edip (munuň dowamynda $t=2$), şuny alarys:

$$m = \pm 2 \frac{0,59}{\sqrt{38}} \approx \pm 0,19$$

ýagny 0,95 ähtimallyk bilen hasaplanylýp çykarylan $\bar{x} = 3,26$ orta bahanyň ýalňyşlygy 0,19-dan geçmeýär. Bu aýdylanlary şeýle görnüşde hem ýazyp bolýar: $\bar{x} = 3,26 \pm 0,19$.

Wariasiýanyň koeffisiýenti (prosent hasabynda) aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$V = \frac{\sigma 100}{\bar{x}} \quad (3.25)$$

Seredilýän jem üçin: $V = 0,59 \cdot \frac{100}{3,26} = 18,1 \%$.

Wariasiýa koeffisiýentiniň ýalňyşlygyny (gyşarmasyny-погрешность) aşakdaky formula boýunça hasaplap bolýar:

$$M_v = \frac{V \sqrt{0,5 + (0,01V)^2}}{\sqrt{N}} \quad (3.26)$$

San bahalary 3.26-njy aňlatmada ýerine goýup, şuny alarys:

$$M_v = \frac{18,1 \sqrt{0,5 + (0,01 \cdot 18,1)^2}}{\sqrt{38}} = 2,1 \%$$

Şeýlelikde, wariasiýanyň hasaplanyp çykarylan koeffisiýenti şuňa deň bolýar: $V=18,1 \pm 2,1\%$.

Wariasiýa koeffisiýenti statiki toparyň görkezijileriniň statiki durnuksyzlygynyň derejesini mukdar taýdan şöhlendirýär. Ýer jümmüşini öwrenijileriň köpüsi bu koeffisiýenti ulanýarlar we ony ýatakçanyň dürli görkezijileriniň durnuksyzlygyny we öwrenilýän dürli obýektleriň degişli görkezijilerini öz aralarynda deňeşdirmek üçin ulanmagy teklipl edýärler.

Ýer jümmüşini üçin ulanylanda, Vululygy görkezijiniň statiki durnuksyzlyk derejesini häsiýetlendirmek (aňlatmak) bilen, onuň giňişlik durnuksyzlygynyň häsiýetini, ýagny onuň geometriki tarapyny şöhlendirmeyändigini hem göz önünde tutmalydyr. Wariasiýa koeffisiýenti birsydyrgyn (плавный) üýtgäp durýan we tertipsiz üýtgäp durýanegrä, ýagny regulýar we regulýar däl giňişlik durnuksyzlygyna eýe bolan görkezijiler üçin birmeňzeş bolup bilýär.

Emma Vwariasiýa koeffisiýentini -statiki topar hökmünde görkezijileriň durnuksyzlygyna, saýlanyp alynan orta bahalara we beýleki statiki häsiýetlerebaha bermek üçin ulanmak mümkindir.

Momentleriň kömegi bilen tötänleýin ululygy bölüşdirmegiň esasy häsiýetleri sypatlandyrylýar.

Tötänleýin ululygyň k -tertipli empiriki momenti diýlip, x_i – C tapawutlaryň k -njy derejesiniň orta bahasyna aýdylýar:

$$\mu_k = \sum (x_i - C)^k n_i / \sum n_i \quad (3.27)$$

Momentleriň başlangyç, merkezi we şertli görnüşlerini tapawutlandyryrlar. Eger C hemişeligi hasabyň başlangyç nokady bilen gabat gelýän bolsa, onda bu momentlere başlangyç momentler diýilýär; eger C hemişeligi alamatyň (признак) orta bahasy bolup durýan bolsa, onda bu momentlere merkezi momentler diýilýär; eger C ululygy erkin ýagdaýda saýlanylan bolsa onda bu momentlere şertli (göräli) momentler diýilýär.

Tötänleýin ululygyň *birinji derejeli başlangyç moment*uň orta bahasy bolup durýar:

$$v_1 = \bar{x} = \sum x_i n_i / \sum n_i \quad (3.28)$$

k – derejeli (2-nji, 3-njiderejeli) başlangyç momentiň bahasy aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$v_k = \sum x_i^k n_i / \sum n_i \quad (3.29)$$

Birinji derejeli merkezi moment:

$$\mu_1 = \sum \frac{(x_i - \bar{x}) n_i}{\sum n_i} = 0 \quad (3.30)$$

Ikinji derejeli merkezi momenti- alamatyň dispersiýasy bolup durýar:

$$\mu_2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 n_i / \sum n_i = \sigma^2 \quad (3.31)$$

Üçünji derejeli merkezi momentibölüşdirme egrisiniň assimetriýasyny häsiýetlendirmek üçin ulanylýar:

$$\mu_3 = \sum (x_i - \bar{x})^3 n_i / \sum n_i \quad (3.32)$$

Dördünji derejeli merkezi momenti bölüşdirme egrisiniň ekssessini häsiýetlendirmek üçin ulanylýar:

$$\mu_4 = \sum (x_i - \bar{x})^4 n_i / \sum n_i \quad (3.33)$$

Merkezi we başlangyç momentleriň arasynda aşakadaky ýaly baglanyşyklar bardyr:

$$\begin{aligned} \mu_2 &= v_2 - v_1^2 \\ \mu_3 &= v_3 - 3v_2v_1 + 2v_1^3 \end{aligned} \quad (3.34)$$

$$\mu_4 = \nu_4 - 4\nu_1\nu_3 + 6\nu_1^2\nu_2 - 3\nu_1^4$$

Bölüşdirme egrisiniň assimetriýasy wariasion setiriň modadan bir tarapa ýa-da beýleki tarapa ýykylmagynyň derejesini häsiýetlendirýär we aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$A = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3 n_i}{N\sigma^3} \quad (3.35)$$

ýa-da

$$A = \mu_3 / \sqrt{\mu_2^3}; \quad A = \mu_3 / \sigma^3. \quad (3.36)$$

Assimetriýa tötänleýin ýalňyşlyklaryň birinji häsiýetiniň ýerine ýetirilişiniň ygtybarlylygyny – ululygy boýunça birmeňzeş položitel we otrisatel ýalňyşlyklaryň deň ähtimalylyklaryny häsiýetlendirýär. $A=0$ bolanda setir simmetriki bolýar. Eger $A>0$ bolsa, onda bu setirde položitel ýalňyşlyklar olara deň bolan otrisatel ýalňyşlyklara garanynda has köp duş gelýär we tersine.

Bölüşdirme egrisiniň eksessi onuň çürdepeliligini (островершинность) derejesini häsiýetlendirýär we aşakdaky formula boýunça kesgitlenýär:

$$\mathfrak{E} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4 n_i}{N\sigma^4} - 3, \quad (3.37)$$

ýa-da

$$\mathfrak{E} = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} - 3 \quad \text{ýa-da} \quad \mathfrak{E} = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3. \quad (3.38)$$

Adaty bölüşdirme üçin $\mathfrak{E} = 0$. $\mathfrak{E} > 0$ bolanda bölüşdirme egrileri has çürdepelidir, $\mathfrak{E} < 0$ bolanda bölüşdirme egrileri adaty bölüşdirmä garanynda has tekiz depelidir.

3.5-nji jedwelde biziň interwal wariasion setirimiz üçin (3.1-nji jedwel) birinji dört setiriň merkezi momentleri hasaplanyň çykarylandyr; ýazgynyň gysgalygy üçin bu ýerde $\bar{x}_i - \bar{x} = \delta_i$ alamatlandyрма kabul edilendir.

$$\text{Birinji derejeli moment: } \mu_1 = -\frac{0,08}{38} = -0,002 \approx 0.$$

3.5-nji jedwel:

\bar{x}_i	n_i	δ_i	$n_i\delta_i$	$\delta^2 n_i$	$\delta_i^3 n_i$	$\delta_i^4 n_i$
1,75	1	-1,51	-1,51	2,2801	-3,4450	5,2020
2,25	2	-1,01	-2,02	2,0402	-2,0606	2,0812
2,75	9	-0,51	-4,59	2,3409	-1,1939	0,6089
3,25	14	-0,01	-0,14	0,0014	0	0
3,75	8	0,49	3,92	1,9208	0,9412	0,4612
4,25	3	0,99	2,97	2,9403	2,9109	2,8818
4,75	1	1,29	1,29	1,6641	2,1467	2,7692
Jemi			-0,08	13,1878	-0,7007	14,0043

Ikinji derejeli moment: $\mu_2 = 13,1878/38 = 0,347$

Ü çünji derejeli moment: $\mu_3 = -0,7007/38 = -0,018$

Dördünjiderjeli moment: $\mu_4 = 14,0043/38 = 0,368$

3.36-njy formula arkaly kesgitlenilýän assimetriýa: $A = 0,018/0,59^3 = -0,09$, bölüşdirme egrisiniň uly bolmadyk çep assimetriýasynyň barlygyna güwä geçýär.

3.38-nji formula arkaly kesgitlenilýän assimetriýa: $\mathcal{O} = 0,368/0,347^2 - 3 = 0,07$, adaty bölüşdirme egrisi bilen deňeşdireniňde uly bolmadyk çürdepeliligiň (островершинность) barlygyna güwä geçýär.

§5. Gözegçilikleriň sany köp bolanda san häsiýetleriniň hasaplanylşy.

Gözegçilikleriň sany köp bolanda hadysalaryň ähtimallyklary uly sanlar kanunyna görä degişli çastostlar bilen, matematiki garaşmalar bolsa tötänleýin ululyklaryň orta bahalary bilen çalşyrylyp biliner. §4-nji paragrafda getirilen formulalar boýunça tötänleýin ululyklaryň san häsiýetleriniň hasaplanylmagy gaty köp wagty talap edýär we kyn bolýar.

Bu hasaplaryň ýönekeýleşdirilmegi üçin ýakynlaşan usulyny – şertli birlikler (ýalan nul, şertli momentler) usulyny ulanýarlar. Bu usulyň özeni, tötänleýin ululygyň bahalaryny: ululygy 3.3-nji formulanyň kömegi bilen kesgitlenýän belli bir h interwala görä toparlara bölmekdenwe interwallaryň orta bahalaryny şertli birliklerde x_0 orta bahaly käbir başlangyç interwaldan başlamak bilen a_i şertli bahalar bilen çalşyrmakdan ybaratdyr. Munuň dowamynda:

$$a_i = (x_i - x_0)/h. \quad (3.39)$$

Indiki hasaplamalarda şertli empiriki momentleri ulanýarlar:

k – derejeli şertli empiriki momenti – munuň özi a_i şertli ululyklar üçin hasaplanylýp çykarylan k derejeli başlangyç moment bolup durýar:

$$\beta_k = \frac{\sum a_i^k n_i}{\sum n_i} = \frac{\sum \left(\frac{x_i - x_0}{h}\right)^k n_i}{\sum n_i} \quad (3.40)$$

Şertli belgilerde aňladylan γ_k merkezi momentleri, şertli momentler boýunça aşakdaky baglanşyklaryň kömegi bilen tapylýar:

$$\begin{aligned} \gamma_2 &= \beta_2 - \beta_1^2 \\ \gamma_3 &= \beta_3 - 3\beta_2\beta_1 + 2\beta_1^3 \\ \gamma_4 &= \beta_4 - 4\beta_1\beta_3 + 6\beta_1^3\beta_2 - 3\beta_1^4 \end{aligned} \quad (3.41)$$

3.6-njy jedwel:

Synplar (interwallar)	Interwalyň ýygylgy n_i	Interwalyň orta (merkezi) bahasy	Synpyň şertli bahalary a_i	$n_i a_i$	$n_i a_i^2$	$n_i a_i^3$	$n_i a_i^4$
1	2	3	4	5	6	7	8
0,50-1,00	3	0,75	-3	-9	27	-81	243
1,01-1,50	19	1,25	-2	-38	76	-152	304
1,51-2,00	94	1,75	-1	-94	94	-94	94
2,01-2,50	133	2,25	0	0	0	0	0
2,51-3,00	50	2,75	1	50	50	50	50
3,01-3,50	25	3,25	2	50	100	200	400
3,51-4,00	10	3,75	3	30	90	270	810
4,01-4,50	2	4,25	4	8	32	128	512
4,51-5,00	1	4,75	5	5	25	125	625
Σ	337	-	-	2	494	446	3038

Barlanylýan tötänleýin ululygyň natural bahalardaky merkezi momentleri bilen şertli momentleriň arasynda aşakdaky ýaly baglanyşyk bardyr:

$$\begin{aligned}\mu_2 &= h^2(\beta_2 - \beta_1^2) \\ \mu_3 &= h^3(\beta_3 - 3\beta_2\beta_1 + 2\beta_1^3) \\ \mu_4 &= h^4(\beta_4 - 4\beta_1\beta_3 + 6\beta_1^3\beta_2 - 3\beta_1^4)\end{aligned}\quad (3.41)$$

Öwrenilýän alamatyň orta ölçenilen (средневзвешенное) bahasy şertli momentler usuly arkaly aşakdaky aňlatmanyň kömegi bilen kesgitlenilýär:

$$\bar{x} = x_0 + \beta_1 h \quad (3.43)$$

Illýustrasiýa (görkezmek) üçin, şertli sanlar usuly arkaly agzalary dag önümçilik işlerinde magdan jisiminiň kuwwatyny ölçemegiň netijeleri bolup durýan statiki jemiň san häsiýetlerini hasaplaýyň (3.6-njy tablisa).

0,5-den 4,75m çenli çäklerde kuwwaty ölçäp 337 baha eýe bolduk diýeliň. 3.3-nji formula boýunça toparyň interwalynyň optimal ululygyny kesgitleýäris:

$$h = \frac{4,75-0,5}{1+3,2 \lg 337} = 0,46 \approx 0,5 \text{ m.}$$

Agzalary beýgelyän tertipde ýerleşdirip setiri ýönekeýleşdirýäris, her synpda ýygylgy hasaplaýarys we soňra synplaryň serhetlerini (çäklerini), ýygylklary, orta bahalary 3.6-njy jedweliň 1,2,3 sütünlerine girizýäris. Synplaryň ýygylklarynyň jemi ölçegleriň (ölçeg almalaryň) umumy sanyna deň bolmaly.

Maksimal ýygylkly synpyň (interwalyň) şertli bahasyny nula deň diýip kabul edýäris. Beýleki synplaryň şertli bahalaryny 3.39-njy formula arkaly kesgitleýäris we 3.36-njy jedweliň 4-nji sütünine belleýäris.

5-nji sütününde 2 we 4-nji sütünleriň köpeltmek hasylyny, 6-njy sütününde 4 we 5-nji sütünleriň köpeltmek hasylyny, 7-nji sütününde 4 we 6-njy sütünleriň köpeltmek hasylyny, 8-nji sütününde 4 we 7-nji sütünleriň köpeltmek hasylyny ýazýarys, şeýlelikde 5-8 sütünleri üçin şuny alarys:

$$n_i a_i^m = n_i a_i^{m-1} a_i$$

3.40-njy formula boýunça şertli birliklerde erkin merkezi momentleri hasaplaýarys:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 2/337 = 0,06, & \beta_2 &= 494/337 = 1,47; \\ \beta_3 &= 446/337 = 1,32; & \beta_4 &= 3038/337 = 9,01 \\ \beta_1^2 &= 0; & \beta_1^3 &= 0; & \beta_1^4 &= 0;\end{aligned}$$

Şertli belgilerde 3.41-nji formula laýyklykda merkezi momentler:

$$\begin{aligned}\gamma_2 &= 1,47 - 0 = 1,47; \\ \gamma_3 &= 1,32 - 3 \cdot 1,47 - 2 \cdot 0 = 1,32; \\ \gamma_4 &= 9,01 - 4 \cdot 0 \cdot 1,32 + 6 \cdot 0 \cdot 1,47 - 3 \cdot 0 = 9,01.\end{aligned}$$

Bölüşdirme egrisiniň assimetriýasy we ekssessi:

$$A = \gamma_3 / \sqrt{\gamma_2^3} = 1,32 / \sqrt{1,47^3} = \pm 0,74.$$

3.43-nji formula boýunça kuwwatyň orta bahasyny hasaplaýarys:

$$\bar{x} = 2,25 + 0 \cdot 0,5 = 2,25 \text{ m}.$$

Magdan jisiminiň kuwwatynyň bahalarynyň orta kwadratlaýyn üýtgemesi (standart):

$$\sigma = h\sqrt{\gamma_2} = 0,5\sqrt{1,47} = \pm 0,6 \text{ m}.$$

Wariasiýanyň koeffisiýenti:

$$V = \sigma / 100\sqrt{\bar{x}} = 0,60 \cdot 100 / 2,25 = 26,7\%.$$

Şeýlelikde, hasaplamalaryň yzygiderligi 3.4-nji jedwelde san häsiýetleriniň kesgitlenmesinde ulanylan tertibe görä ýerine ýetirildi, emma şertli sanlar usulynyň ulanylmagy hasaplamalary elementar hasap operasiýalara getirmek bilen umumy hasaplama prosesini ýeňilleşdirdi.

§6. Käniň görkezijileriniň arasynda korrelýasiýanyň barlygynyň we onuň darlygynyň (gürlüginin) kesgitlenmesi

Statiki orta bahalar köplenç (gatnaşyk ýa-da laýyklyk) korrelýasiýanyň, ýagny käniň iki ýa-da birnäçe görkezijileriniň arasynda käbir ähtimal baglanyşyklaryň kesgitlenilmesi bilen parallelde tapylýar. Känleriň köpüsi üçinbir alamatyň üýtgemegisebäpli beýleki geologiki alamatyň üýtgemeginiň arasynda garaşlylygyň barlygy ýüze çykaryldy (mysal üçin: komponentiň düzüminiň ýatakçanyň kuwwatyna ýa-da magdanyň dykzlylygyna garaşlylygy ýaly).

3.2-nji surat: X we Y tötänleýin ululyklaryň korrelýasiýa meýdançasyny:

a, b, w – alamatlaryň arasynda baglanyşyk ýokdur; g – gowşak baglanyşyk; d – ýeterlik derejede durnukly göniçyzykly baglanyşyk; e – egriçyzykly göni durnukly baglanyşyk; $ž$ – durnukly egriçyzykly garşylyklaýyn baglanyşyk.

Goý bizde käbir iki sany X we Y tötänleýin ululyklaryň bahalarynyň birnäçe jübüdi (x_i, y_i) bar bolsun. Tekiz göniburçly koordinatalar ulgamyny saýlalyň. Bu ulgamda absissa oky hökmünde geljekde faktorial diýip hasap ediljek X tötänleýin ululygynyň okyny, ordinata oky hökmünde bolsa geljekde funksional diýip hasap ediljek Y tötänleýin ululygynyň okyny kabul edeliň. Degişli oklarda x_i we y_i bahalary alyp goýup, tötänleýin ululyklaryň bahalarynyň her jübüdini (x_i, y_i) saýlanylan koordinata ulgamynda nokat bilen belgiläliň. Netijede, alynan nokatlaryň jemi – barlanylýan tötänleýin ululyklaryň *korrelýasiýa meýdançasyny* emele getirer (3.2-nji surat).

Korrelýasiýa meýdançasynyň formasy tötänleýin ululyklaryň arasynda baglanyşygyň barlygyny we onuň darlygyny (gürlügin, berkligini) dogry bahalandyrmaga mümkinçilik berýär. Korrelýasiýa meýdançasynyň AB ok çyzygyny geçireliň. Eger AB – haýsam bolsa bir koordinata okyna (mysal üçin X oka) parallel bolan göni çyzyk bolsa, onda ululyklaryň arasynda baglanyşyk bolmaýar: ýagny olaryň haýsam bolsa biriniň (X -iň) bahasyny artdyramyzda beýlekiniň (Y -iň) bahasy ortaça alanyňda üýtgemäýär. Eger AB – ýapgyt göni çyzyk bolsa, onda ululyklaryň arasynda göniçyzykly baglanyşyk bar; eger AB – egri çyzyk bolsa, onda ululyklaryň arasynda has uly derejeli deňleme bilen aňladylýan baglanyşyk bardyr.

Korrelýasiýa meýdançasynyň AB ok çyzygyndan nokatlaryň ýaýraýşy (daşlygy) baglanyşygyň darlygyny (gürlügin, berkligini) häsiýetlendirýär. Nokatlar ok çyzygyna näçe ýakyn ýerleşse, şonça-da baglanyşyk dar (gür, berk) bolýar we tersine.

Iki (jübüt korrelýasiýa) ýa-da ondan hem köp (köpçülikleýin korrelýasiýa) alamatlaryň arasynda korrelýasiýanyň barlygyny we onuň darlygyny (gürlügin, berkligini) içgin mukdar taýdan bahalandyrylmasy *korrelýasiýa barlagy (analizi)* diýip atlandyrylýan statiki hasabyň esasynda ýerine ýetirilýär.

Iki (ýa-da ondan hem köp) tötänleýin ululyklaryň arasyndaky baglanyşygyň deňlemesiniň görnüşi kesgitlenýän statiki hasaba *regression barlag (analiz)* diýilýär.

Iki tötänleýin ululygyň arasyndaky korrelýasion baglanyşygyň darlygynyň (gürlügin, berkligin) görkezijisi hökmünde şular kabul edilýär: göniçyzykly baglanyşykda – korrelýasiýa koeffisiýenti r , egriçyzykly baglanyşykda – korrelýasion gatnaşyk η . r – ululygy -1-den +1 çenli, η – ululygy 0-dan 1 çenli bahalara eýe bolup bilýär.

$|r|=1$ ($\eta=1$) bolanda ululyklaryň arasynda göni ($r=+1$) ýa-da garşylyklaýyn ($r=-1$) göniçyzykly (egriçyzykly) funksional baglanyşyk bardyr, ýagny faktorial alamatyňher bahasyna funksional alamatyň ýeke täk belli bir alamaty gabat gelýär (degişli bolýar).

$r=0$ bolanda alamatlaryň arasynda göniçyzykly baglanyşyk bolmaýar. $\eta=0$ bolanda alamatlaryň arasynda hiç-hili baglanyşyk bolmaýar.

$0 < |r| < 1$ ($0 < \eta < 1$) bolanda alamatlaryň ululyklarynyň arasyndafaktorial alamatyňher bahasyna funksional alamatyň käbir bölüşdirme setiri degişli bolýan baglanyşyk (korrelýasiýa) bardyr.

Baglanyşygyň dört kategoriýasyny tapawutlandyrýarlar:

eger $0,75 \leq r < 1$ bolsa, gaty dar (gür, berk);
 eger $0,50 \leq r \leq 0,75$ bolsa, dar (gür, berk);
 eger $0,25 \leq r \leq 0,50$ bolsa, gowşak;
 eger $r < 0,25$ bolsa, gaty gowşak;

$|r| > 0,5$ ($\eta > 0,5$) bolanda, alamatlaryň arasyndaky baglanyşyk hakyky hasaplanylýar.

Baglanyşygyň islendik formasynda $\eta \geq |r|$ bolýar. Eger $\eta = |r|$ bolsa, onda öwrenilýän alamatlaryň arasynda çyzykly baglanyşyk bardyr.

Az sanly maglumatlar esasynda korrelýasiýa koeffisiýentiniň hasaplanylşy. r korrelýasiýa koeffisiýenti munuň özi, tötänleýin ululyklaryň orta kowariýasiýasynyň (bilelikdäki wariýasiýasynyň) olaryň standartlarynyň köpeltmek hasylyna bölünmeginiň netijesi bolup durýar:

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3.44)$$

Eger, 3.44-nji formulanyň sanawjysyny we maýdalawjysyny N^2 köpeltsek, onda korrelýasiýa koeffisiýentiniň praktiki hasaplanylmasy üçin amatly bolan formulany alarys:

$$r = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{N \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (3.45)$$

3.7-nji jedweliň 1-nji we 2-nji sütünlerinde dag önümçiliginiň keşli (бороздовый) synagynyň netijesinde alynan wolframynyň (x) we molibdeniň (y) düzüminiň bahalary (şertli birliklerde) görkezilendir.

3.7-nji jedwel:

X	y	x^2	y^2	xy	x	y	x^2	y^2	xy
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
10	6	100	36	60	30	24	900	576	720
14	10	196	100	140	32	17	1024	289	544
14	12	196	144	168	33	20	1089	400	660
21	14	441	196	294	35	20	1225	400	700
20	23	400	529	460	36	14	1296	196	504
26	22	676	484	572	36	19	1296	361	684
27	18	729	324	486	37	23	1369	529	851
28	14	784	196	392	37	24	1369	576	888
28	15	784	225	420	37	32	1369	1024	1184
28	16	784	256	448	38	18	1444	324	684
28	17	784	289	476	38	26	1444	676	988
28	21	784	441	588	39	26	1521	676	1014
30	16	900	256	480	$\Sigma=760$	489	23813	9987	15065
30	22	900	484	660					

3,4,5-nji sütünlerde x^2, y^2, xy – ululyklaryň bahalary hasaplanyp çykarylandyr. Her sütün boýunça jemleri hasaplap, olary 3.45-nji formulada ýerine goýýarys. Netijede şuny alýarys:

$$r = \frac{26 \cdot 15065 - 760 \cdot 489}{\sqrt{26 \cdot 23813 - 760^2} \sqrt{26 \cdot 9987 - 489^2}} = 0,69$$

Wolframyny we molibdeniň düzüminiň bahalarynyň arasyndaky korrelýasiýanyň koeffisiýenti örän ýokarydyr, emma alynan korrelýasiýa koeffisiýentini gaty ygtybarly diýip hasap etmek üçin saýlap almagyň göwrümi (объемвыборки) ($N=26$) gaty kiçidir (ýagny ýeterlik dälidir).

Saýlap almagyň şeýle göwrümünde alynan korrelýasiýa koeffisiýenti dag işleriniň ulaldylan perspektiw meýilleşdirilmeginde ulanylyp biliner.

Ep-esli göwrümde maglumatlar bar bolanda, korrelýasiýanyň koeffisiýentiniň hasaplanylmagy şetli sanlar usulynyň ulanylmagy bilen ýerine ýetirilýär. Başlangyç maglumatlary toparlara bölýärler we sütün sany x alamatyň interwallarynyň sanyna, setir sany y alamatyň interwallarynyň mukdaryna deň bolan korrelýasion jedwele girizýärler. Korrelýasiýa koeffisiýentini aşakdaky formula boýunça hasaplaýarlar:

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum n_{x,y} a_x a_y - \beta_{1,x} \beta_{1,y}}{\sqrt{\beta_{2,x} - \beta_{1,x}^2} \sqrt{\beta_{2,y} - \beta_{1,y}^2}} \quad (3.46)$$

bu ýerde a_x we a_y – x we y alamatlaryň şertli bahalary; $\beta_{1,x}$ we $\beta_{1,y}$ – a_x we a_y şertli ululyklar üçin hasaplanyp çykarylan i tertipli şertli momentler.

Polimetaliki käniň täze gatlagynyň üç sany keşli (бороздовый) synagynyň netijeleri elimizde bar diýeliň. Saýlap almagyň göwrümi wolframyny we molibdeniň düzümi bahalarynyň $N=120$ jübüdi. Düzümindäki wolframyny (x) mukdary 86-dan 2130 çenli; molibdeniňki (y) bolsa 4-den 120 çenli şertli birlikleriň arasynda üýtgeýär.

3.3-nji formula boýunça her metal üçin toparyň optimal (amatly) interwaly kesgitlenýär:

$$h_x = \frac{2130 - 86}{1 + 3,2 \lg 120} = 267 \approx 250;$$

$$h_y = \frac{120 - 4}{1 + 3,2 \lg 120} = 15,1 \approx 15.$$

Kesgitlenen interwallaryň bahalary boýunça 3.8-nji korrelýasiýa jedwelini gurýarlar (korrelýasiýa jedweli gara harplar bilen ýazylandyr) we onuň içine alamatlaryň ýygylklaryny girizýärler. Şeýlelikde, mysal üçin 23-nji ýygylk $500 \leq x \leq 750$ we $30 \leq x \leq 45$ bahaly alamat jübütlerine saýlawda 23 gezek duş gelinýändigine güwä geçýär.

Setirler boýunça n_y we sütünler boýunça n_x ýygylklary hasaplaýarlar we soňra barlag üçin n_y sütüni we n_x setiri boýunça olaryň jemlerini jemleýärler.

3.39-njy formula boýunça $x_0 = 1125$ we $y_0 = 52,5$ deň diýip kabul edipşertli sanlaryň a_x we a_y bahalaryny kesgitleýärler. a_x we a_y ululyklaryň bahalaryny jedweliň degişli sütünine we setirine girizýärler.

3.46-njy formula girýän şertli momentleriň bahalaryny kesgitlemek üçin $n_y a_y$, $n_x a_x$, $n_y a_y^2$, $n_x a_x^2$ ululyklaryň bahalaryny we 3.8-nji jedweliň degişli sütünleri we setirleri boýunça olaryň jemlerini hasaplaýarlar.

$n_{x,y}$, $a_x a_y$ ululyklaryň bahalaryny aşakdaky yzygiderlikde hasaplaýarlar. Korrelýasion jedwelde ýygylklaryň üstünde sagdan $n_{x,y}$ we a_x ululyklaryň köpeltmek hasylynyň netijelerini ýazýarlar. Soňra setir boýunça alynan netijeleriň jemi jemleýärler we $\Sigma n_y a_y$ setiriň degişli öýjüğine jemlenen jemiň bahasyny girizýärler. Soňra bu setiri a_y ululygyň bahasyna köpeltýärler. Şuňa meňzeş hasaplamalary sütünler boýunça hem geçirýärler.

Birinji we ikinji erkin momentleri kesgitleýärler:

$$\beta_{1,x} = \frac{\Sigma n_x a_x}{\Sigma n_x} = -\frac{235}{120} = -1,958;$$

$$\beta_{2,x} = \frac{\Sigma n_x a_x^2}{\Sigma n_x} = \frac{773}{120} = 6,442;$$

$$\beta_{1,y} = \frac{\Sigma n_y a_y}{\Sigma n_y} = -\frac{120}{120} = -1,000;$$

$$\beta_{2,y} = \frac{\Sigma n_y a_y^2}{\Sigma n_y} = -\frac{440}{120} = 3,667.$$

Alynan maglumatlary 3.46-njy formulada ýerine goýup, şuny alýarlar:

$$r = \frac{\frac{1}{120} \cdot 496 - 1,958 \cdot 1,000}{\sqrt{6,442 - (-1,958)^2} \sqrt{3,667 - (-1,000)^2}} = 0,82$$

Korrelyasiya koeffitsiyentiniñ orta kwadratik ýalňyşlygy (gyşarmasy):

$$\sigma_r = \pm \frac{1-r^2}{\sqrt{N}} \quad (3.47)$$

3.8-nji jedwel:

Y - Şertli birliklerde molibdeniň düzümi (mukdary)	X- Şertli birliklerde wolframyn düzümi (mukdary)												
	1-250 125	250-500 375	500-750 625	750-1000 875	1000-1250 1125	1250-1500 1375	1500-1750 1625	1750-2000 1875	2000-2250 2125	n_y	a_y	$n_y a_y$	$n_y a_y^2$
105-120 112,5						6 2	8 2	4 1	4 1	4	4	16	64
90-105 97,5						2 1	3 1	3 1		4	3	12	36
75-90 82,5		2 1						2 1		3	2	6	12
60-75 67,5				1 1	2 2					3	1	3	3
45-60 52,5		0 1	0 8	0 7	0 3					19	0	0	0
30-45 37,5		-7 1	-23 8	-1 1						31	-1	-31	31
15-30 22,5	-6 1	-60 30	-12 6	-4 2		-2 1				42	-2	-84	168
1-15 7,5	-21 7	-12 4	-6 2		-3 1					14	-3	-42	126

Y - Şertli birliklerde molibdeniň düzümi (mukdary)	X- Şertli birliklerde wolframyn düzümi (mukdary)												
	1-250 125	250-500 375	500-750 625	750-1000 875	1000-1250 1125	1250-1500 1375	1500-1750 1625	1750-2000 1875	2000-2250 2125	n_y	a_y	$n_y a_y$	$n_y a_y^2$
n_x	10	43	39	11	6	4	3	3	1	120		-120	440
a_x	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4				
$n_x a_x$	-40	-129	-78	-11	0	4	6	9	4	$\Sigma = -235$			
$n_x a_x^2$	160	387	156	11	0	4	12	27	16	$\Sigma = 773$			
$n_x a_x^3$	-640	-1161	-312	-11	0	4	24	81	64	$\Sigma = -1951$			
$n_x a_x^4$	2560	3483	624	11	0	4	48	243	256	$\Sigma = 7229$			
$\Sigma n_y a_y$	-27	-77	-41	-4	-1	6	11	9	4	$\Sigma = -120$			
$a_x \Sigma n_y a_y$	108	231	82	4	0	6	22	27	16	$\Sigma = 496$			
$a_x^2 \Sigma n_y a_y$	-432	-693	-164	-4	0	6	44	81	64	$\Sigma = -1098$			
$\Sigma y n_y$	120,0	1102,5	1432,5	517,5	300,0	300,0	322,5	292,5	112,5				
$\bar{y} = \Sigma y n_y / \Sigma n_x$	12,0	25,6	36,7	47,0	50,0	75,0	107,5	97,5	112,5				

Getirilen mysal üçin:

$$\sigma_r = \pm \frac{1-0.82^2}{\sqrt{120}} = \pm 0,03$$

Korrelýasiýa koefisiýentiniň ygtybarlylygyny aşakdaky formula boýunça kesgitleýärler:

$$\mu = \frac{|r|\sqrt{N}}{1-r^2} \quad (3.48)$$

Lýapunowyň teoremasyna görä, $\mu \geq 2,6$ bolanda, alamlaryň arasyndaky baglanyşyk ygtybarlydyr.

Biziň mysalymyz üçin ol şuna deňdir:

$$\mu = \frac{0,825\sqrt{120}}{1-0,825^2} = 28,3$$

Şeýlelikde, wolframyň we molibdeniň düzümleriniň arasynda bahasy $r=0,82\pm 0,03$ deň bolan ygtybarly göni göniçyzykly korrelýasiýa bardyr.

Korrelýasion gatnaşyk egriçyzykly baglanyşygyň darlygyny (gürlügin, berkligini) bahalandyrmaga mümkinçilik berýär, onuň kwadraty aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$\eta^2 = \frac{\sigma_{y_i}^2}{\sigma_y^2} \quad (3.49)$$

bu ýerde, σ_y^2 – y funksional alamatyň umumy dispersiýasy; $\sigma_{y_i}^2$ -toparlaryň arasyndaky dispersiýa, ýagny x faktorial alamatyň toparynyň her bir interwaly üçin hasaplanan funksional alamatyň aýratyn orta bahalarynyň dispersiýasy,

$$\sigma_{y_i}^2 = \frac{\sum n_x(\bar{y}_i - \bar{y})^2}{N} \quad (3.50)$$

\bar{y}_i - alamat toparynyň interwalynyň orta bahasy; \bar{y} – funksional alamatyň umumy saýlanan orta bahasy.

η – korrelýasion gatnaşygyň ululygyny hem başlangyç maglumatlaryň “ y_i ” natural bahalary esasynda hem-de “ a_{y_i} ” şertli birliklerdäki maglumatlar esasynda hasaplap bolýar. Şertli birlikler usulynyň ulanylmagy hasaplamalary gaty ýeňilleşdirýär.

3.8-nji korrelýasion jedwelde görkezilen saýlanyp alynan bahalar üçin (для выборки) şertli birlikler usulyny ulanmak bilen korrelýasion gatnaşyklary hasaplalyň.

Şertli birliklerde “y” ululygynyň umumy saýlanan orta bahasy umumy ölçenilen orta baha hökmünde kesgitlenilýär:

$$\bar{a}_y = \sum n_y a_x / N = -120/120 = -1.$$

yululygynyň $(\bar{a}_y)_i$ aýratyn orta bahalaryny - xululygynyň toparynyň her bir interwaly üçin orta ölçenilen baha hökmünde kesgitleýärler:

$$(\bar{a}_y)_i = \sum n_y a_y / n_x$$

Şeýlelikde, mysal üçin;

$$(\bar{a}_y)_1 = -27/10 = -2,70;$$

$$(\bar{a}_y)_2 = -77/43 = -1,79 \text{ we ş.m.}$$

Toparlar arasyndaky dispersiýany hasaplamak üçin gerek bolan $(\bar{a}_y)_i$ aýratyn orta bahalar we beýleki maglumatlar 3.9 –njy jedwelde hasaplanyp çykarylandyr.

3.9-njy jedwel:

$(\bar{a}_y)_i$	n_x	$(\bar{a}_y)_i - \bar{a}_y$	$[(a_y)_i - \bar{a}_y]^2$	$[(a_y)_i - \bar{a}_y]^2 n_x$
1	2	3	4	5
-2,70	10	-1,70	2,8900	28,9000
-1,79	43	-0,79	0,6241	26,8363
-1,05	39	-0,05	0,0025	0,0975
-0,36	11	0,64	0,4096	4,5056
-0,17	6	0,83	0,6889	4,1334
1,50	4	2,50	6,2500	25,0000
3,67	3	4,67	21,8089	65,4267
3,00	3	4,00	16,0000	48,0000
4,00	1	5,00	25,0000	25,0000
$\Sigma=120;$			$\Sigma=227,8995$	

Toparlar arasyndaky dispersiýa:

$$\sigma_{(\bar{a}_y)_i}^2 = \frac{\Sigma[(a_y)_i - \bar{a}_y]^2 n_x}{N} = \frac{227,8995}{120} = 1,9$$

Toparlar arasyndaky standart:

$$\sigma_{(\bar{a}_y)_i} = \pm\sqrt{1,9} = \pm 1,38.$$

Umumy dispersiýany kesgitlemek üçin gerek bola ululyklaryň hasaby 3.10-njy jedwelde görkezilendir.

3.10-njy jedwel:

a_y	n_y	$a_y - \bar{a}_y$	$(a_y - \bar{a}_y)^2$	$(a_y - \bar{a}_y)^2 n_y$
4	4	5	25	100
3	4	4	16	64
2	3	3	9	27
1	3	2	4	12
0	19	1	1	19
-1	31	0	0	0
-2	42	-1	1	42
-3	14	-2	4	56
$\Sigma=120;$			$\Sigma=320$	

Umumy dispersiýa:

$$\sigma_{a_y}^2 = \frac{\Sigma(a_y - \bar{a}_y)^2 n_y}{N} = \frac{320}{120} = 2,67$$

Umumy standart:

$$\sigma_{a_y} = \pm\sqrt{2,67} = \pm 1,63 .$$

Korrelýasion gatnaşyk:

$$\eta = \frac{\sigma_{(a_y)_i}}{\sigma_{a_y}} = -\frac{1,38}{1,63} = 0,847.$$

Şeýlelikde, korrelýasion gatnaşyk bire ýakyndyr, bu hem öz gezeginde wolframýň we molibdeniň düzümleriniň arasynda gaty dar (gür, berk)

garaşlylygyň barlygyna güwä geçýär. Korrelýasion gatnaşygyň ululygy korrelýasiýa koeffisiýentiniň ululygyndan artyk bolany üçin barlagdan geçirilýän alamatlaryň arasyndaky baglanyşyk – egri çyzyklydyr.

Şuny hem ýatdan çykarmaly däl, ýagny korrelýasion barlagyň önümçiliginde iki ýa-da ondan hem köp alamatlaryň arasyndaky korrelýasion baglanyşygyň darlygy (gürlügi, berkligi) şol bir käniň sortlar boýunça şeýle-de şol bir ýatakçanyň goşundylaryň mukdary boýunça (köp ýa-da az) dürli bolan meýdançalarynda käwagt dürli-dürli görnüşde ýüze çykýar. Mundan başga-da korrelýasion jedwel düzülende görkezijileriň giňişlikdäki ýerleşişleri hasaba alynmaýar.

Şonuň üçin käniň gurluş we litologiki aýratynlyklaryny hasaba almazdan başlangyç maglumatlaryň formal ýagdaýda özleşdirilmegi korrelýasion baglanyşygyň ýoklugy baradaky netijä getirip biler, şol bir wagtyň özünde bolsa käniň aýry-aýry meýdançalarynda ol bolup biler we tersine.

§7. Iki alamatyň arasynda korrelýasiýanyň görnüşini kesgitlemek

Alamatlaryň arasynda korrelýasiýanyň görnüşini kesgitlemegiň diňe dar (gür, berk) baglanyşykda manysy bardyr ($|r| \geq 0,5$ ýa-da $\eta \geq 0,5$ bolanda). Şonuň üçin maglumatlaryň statiki özleşdirilmegini korrelýasion barlagyndan başlamak we alamatlaryň arasyndaky hakyky berk baglanyşygyň kesgitlenilmesinden soňra regression barlagy geçirmek maslahat berilýär.

Regressiýanyň deňlemesini, ýagny baglanyşygyň deňlemesini aşakdaky görnüşde kesgitleýärler:

$$\bar{y}_x = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$$

Baglanyşygyň görnüşini kesgitlemegiň iň giňden ýaýran usuly iň kiçi kwadratlar ýörelgesine esaslanandyr, bu ýörelgäniň özeni şundan ybaratdyr ýagny funksional alamatyň fiziki (empiriki) bahalarynyň regressiýanyň derejesi boýunça hasaplanyp çykarylan degişli \bar{y}_x bahalaryndan gyşarmasynyň (üýtgemesiniň)kwadratларыnyň jemi iň kiçi bahasyna eýe bolmalydyr:

$$\sum (y - \bar{y}_x)^2 = \min. \quad (3.51)$$

Birinji derejeli (tertipli) deňleme (göniçyzykly baglanyşyk) üçin ulanyp,

$$\bar{y}_x = a + bx; \quad (3.52)$$

3.51-nji deňlemäniň çep bölegi aşakdaky görnüşde aňladylyp biliner:

$$f = \sum (y - a - bx)^2.$$

f -funksiýanyň iň kiçi bahasyny kanagatlandyrmak üçin, a we b parametrleriň bahalary üçin:

$$\partial f / \partial a = 0; \partial f / \partial b = 0;$$

şert ýerine ýetmelidir.

Hususy proizwodnylary (önümleri) tapyp (3.53) we olary nola deňäp, ikili deňleme ulgamyny alýarlar:

$$\left. \begin{aligned} \sum y &= na + b \sum x \\ \sum yx &= a \sum x + b \sum x^2 \end{aligned} \right\}$$

a we b parametrlerine görä bu ulgamyň çözülmesi (3.52) deňlemäniň görnüşini anyklamaga mümkinçilik berýär.

Ikinji derejeli (tertipli) regressiýanyň deňlemesiniň a , b we c parametrleri

$$\bar{y}_x = a + bx + cx^3; \quad (3.55)$$

aşakdaky ýönekeý deňlemeler ulgamynyň çözülmesi bilen kesgitlenilýär:

$$\left. \begin{aligned} \sum y &= na + b \sum x + c \sum x^2 \\ \sum xy &= a \sum x + b \sum x^2 + c \sum x^3, \\ \sum xy^2 &= a \sum x^2 + b \sum x^3 + c \sum x^4. \end{aligned} \right\} \quad (3.56)$$

3.56-njy ulgamyň deňlemelerini funksiýanyň şahsy proizwodnylaryny a , b we c parametrleri boýunça nola deňlemek bilen tapýarlar:

$$f = \sum (y - a - bx - cx^2)^2$$

a , b we c parametrlere görä ýönekeý deňlemeler ulgamynyň çözülmesi okyja mälim bolan islendik usul bilen çözülýär: yzygider çykarma, Gaussyň usuly boýunça, Krammeriň formulalary boýunça, interasiýa usuly boýunça we ş.m.

Göniçyzykly garaşlylyk. Maglumatlar topara bölünmedik ýagdaýynda. 3.7-nji tablisanyň 1 we 2-nji sütünlerinde bahalary getirilen x we y alamatlaryň arasyndaky göniçyzykly garaşlylygyň deňlemesini tapalyň, munuň üçin a we

b parametrlerine görä, 3.54-nji deňlemeler ulgamyna $\Sigma x, \Sigma y, \Sigma xy, \Sigma x^2$ ululyklaryň san belgilerini goýmak bilen onyçözeliň.

Başlangyç ýönekeý deňlemeler ulgamy aşakadaky görnüşe eýedir:

$$\left. \begin{aligned} 489 &= 26a + 760b, \\ 15065 &= 760a + 23813b. \end{aligned} \right\}$$

Her deňlemäni a -nyň koeffisiýentine bölýäris:

$$a + 29,23b = 18,81, \quad (3.57)$$

$$a + 31,33b = 19,82. \quad (3.58)$$

Ikinji deňlemeden birinji aýyryp, şuny alarys:

$$2,10b = 1,01, \text{ bu ýerden hem:}$$

$$b = 1,01/2,10 = 0,48.$$

tapylan b ululygyň bahasyny 3.57-nji we 3.58-nji formulada ýerine goýup, şuny alarys:

$$a + 29,23 \cdot 0,48 = 18,81; \quad a = 4,78;$$

$$a + 31,33 \cdot 0,48 = 19,82; \quad a = 4,78.$$

Berlen ýönekeý deňlemeler ulgamynyň çözüşiniň dogrulygy a we b parametrleriň alynan bahalarynyň deňlemelere goýulmasy arkaly barlanylýar.

Şeýlelikde gözlenilýän regressiýanyň deňlemesi aşakdaky görnüşe eýe bolýar:

$$\bar{y}_x = 4,78 + 0,48x.$$

x alamatyň 10-dan 40 çenli dürli bahalaryny regressiýanyň deňlemesinde ýerine goýup \bar{y}_x ululygyň degişli bahalaryny alarys. Bu bahalar boýunça korrelýasiýa meýdançasynda regressiýanyň gönisini gurýarys.

Göniçyzykly garaşlylyk. Maglumatlar toparlanan ýagdaýynda. Eger maglumatlar toparlara bölünen bolsa, onda ilki bilen regressiýanyň deňlemesiniň şertli sanlardaky parametrleri kesgitleýärler:

$$\bar{a}_y = a + ba_x$$

Muny 3.8-nji korrelýasiýa jedwelinde ýerleşdirilen a_x we a_y bahalarynyň arasyndaky baglanyşygy kesgitlemek mysalynda görkezeliň.

Şertli birliklerdäki regressiýa deňlemesi üçin ýönekeý deňlemeler ulgamy (3.54) aşakdaky görnüşe eýe bolýar:

$$\left. \begin{aligned} \sum n_x a_y &= Na + b \sum n_x a_x, \\ \sum n_{x,y} a_x a_y &= a \sum n_x a_x + b \sum n_x a_x^2. \end{aligned} \right\} \quad (3.59)$$

3.8-nji korrelýasion jedwelden gerek bolan maglumatlary ulganda ýerine goýmak bilen aşakdakyny alarys:

$$-120 = 120a - 235b, \quad (3.60)$$

$$496 = -235a + 773b. \quad (3.61)$$

Her deňlemäni a -nyň koeffisiýentine bölýäris we alynan deňlemeleri jemleýäris, netijede aşakdakylary alarys:

$$1,33b = 1,11; \quad b = 0,83.$$

tapylan b ululygynyň bahasyny 3.60-nji we 3.61-nji formulada ýerine goýup, a -nyň bahasyny taparys:

$$a = 0,62.$$

Şertli birliklerde regressiýanyň deňlemesi aşakdaky görnüşe eýe bolýar:

$$\bar{a}_y = 0,62 + 0,83a_x \quad (3.62)$$

Emma a_x we a_y ululyklaryň bahalary 3.39-njy formula laýyklykda şuňa deňdir:

$$a_x = \frac{x-1125}{250}; \quad a_y = \frac{y-52,5}{15}.$$

Bu bahalary 3.62-nji deňlemede ýerine goýup regressiýanyň y -den x -çenli deňlemesiniň tebigy aňladylşyny alarys:

$$\frac{\bar{y}-52,5}{15} = 0,62 + 0,83 \frac{x-1125}{250},$$

ýa-da ýönekeýleşdirmen soň:

$$\bar{y}_x = 5,78 + 0,05x.$$

Paraboliki garaşlylyk. Regressiýa deňlemesiniň a, b, c parametrleri

$$\bar{a}_y = a + ba_x + ca_x^2$$

toparlanan maglumatlara we şertli sanlar usuly üçin ulanylýan 3.56-njy deňlemeler ulgamynyň modifikasiýasy bolup durýan ýönekeý deňlemeler ulgamynyň çözülmesi bilen kesgitlenilýär:

$$\begin{aligned}\sum a_y n_y &= Na + b \sum a_x n_x + c \sum a_x^2 n_x, \\ \sum n_{x,y} a_x a_y &= a \sum n_x a_x + b \sum a_x^2 n_x + c \sum a_x^3 n_x, \\ \sum a_x^2 n_x a_y &= a \sum a_x^2 n_x + b \sum a_x^3 n_x + c \sum a_x^4 n_x,\end{aligned}$$

3.8-nji jedwelden alynan san bahalary ulgamda ýerine goýsak:

$$\begin{aligned}-120 &= 120a - 235b + 773c, \\ 496 &= -235a + 773b - 1951c, \\ -1098 &= 773a - 1951b + 7229c.\end{aligned}$$

Ýokarda agzalyp geçilen usullaryň biri bilen ulgamyň çözülmesi, şuny berýär:

$$a = 0,542; \quad b = 0,870; \quad c = 0,025.$$

Şertli birliklerde regressiýanyň deňlemesi:

$$\bar{a}_y = 0,542 + 0,870a_x + 0,025a_x^2$$

x we y üýtgeýän ululyklara geçmek bilen, şuny alarys:

$$\frac{y-52,5}{15} = 0,542 + 0,870 \frac{x-1125}{250} + 0,025 \left(\frac{x-1125}{250} \right)^2,$$

y -da özgertmelerden soň:

$$\bar{y}_x = 54,1 + 0,016x + 6 \cdot 10^{-6}x^2. \quad (3.64)$$

Regressiýa çyzygynyň empiriki we teoretiki (nazary) çyzyklary.

3.8-nji jedweliň aşaky setirinde x görkezijiniň toparynyň synplary üçin y görkezijiniň \bar{y} orta bahalary kesgitlenilendir. Faktorial alamatyň orta bahalary we funksional alamatyň \bar{y} hasaplanyp çykarylan orta bahalary boýunça alamatlaryň arasyndaky garaşlylyk grafigini gurýarlar. Grafik döwür çyzyk görnüşinde bolup durýar we regressiýanyň empiriki çyzygy diýip atlandyrylýar.

x – iň 0-dan 1000 çenli bahalarynyň interwallarynda regressiýanyň empiriki çyzygy birsydyrgyn (плавный) häsiýete eýedir, mundan soňraky x – iň bahalarynyň artmagy bilen regressiýanyň çyzygy artmak tendensiýasyny gorap saklýar, emma birsydyrgynlyk (плавность) ýitýär. Artmagyň birsydyrgynsyzlyk (böküş görnüşli) häsiýeti $x > 1000$ interwallarda başlangyç maglumatlaryň ýetmezçilgi bilen şertlenendir.

Başlangyç maglumatlaryň göwrüminiň artmagy bilen regressiýanyň empiriki çyzygy kem-kemden düzlener (tekizlener) diýip çaklamaga hem esas bardyr.

Gözegçilikleriň sany artdyrylanda regressiýanyň empiriki çyzygynyň ýetmäge çalyşýan ýagdaýyna regressiýanyň teoretiki (nazary) çyzygy diýilýär. Regressiýanyň teoretiki (nazary) çyzyklary barlagyň (analiziň) netijesinde alynýan regressiýanyň deňlemeleri arkaly aňladylýar.

Biziň mysalymyz üçin regressiýanyň teoretiki (nazary) çyzyklarynyň gurulmasy üçin regressiýanyň (3.63) we (3.64) deňlemeleri we faktorial alamatyň orta bahalary $x = 125$, $x = 375$ we ş.m. boýunça funksional alamatyň teoretiki (nazary) bahalaryny hasaplap çykaralyň.

3.11-nji jedwelde hasaplamalaryň netijeleri görkezlendir.

Hasaplanylýp çykarylan \bar{y}_x bahalary boýunça regressiýanyň teoretiki (nazary) çyzyklaryny gurýarlar.

3.11-nji jedwel:

x	\bar{y} Empiriki bahalar	\bar{y}_x (3.63) deňleme boýunça	\bar{y}_x (3.64) deňleme boýunça
125	12,0	12,0	14,4
375	25,6	24,5	24,8
625	36,7	37,0	36,0
875	47,0	49,5	49,0
1125	50,0	62,0	60,6
1375	75,0	74,5	74,0
1625	107,0	87,0	88,2
1875	97,5	99,5	103,2
2125	112,5	112,0	118,8

Uly göwrümlü başlangyç materialda kesgitlenen korrelýasion garaşlylyk şu aşakdakylara mümkinçilik berýär:

bir görkezijiniň we seýrek ýagdaýda ikinji görkezijiniň ölçegleri boýunça talap edilýän takyklyk derejesinde soňkynyň ýerleşiş kanunlaryny ýüze çykarmak;

görkezijileriň bahalaryny kesgitlemegiň iň amatly we tygşytly usulyny saýlamak. **Mysal üçin, iki komponentiň düzüm bahalarynyň arasyndaky baglanyşygyň deňlemesi, ikinji komponentiň empiriki düzüm bahalary boýunça himiki analizleri köp zähmeti talap edýän ýa-da has gymmat bolan birinji komponentiň düzümini hasaplamakda ulanylyp biliner.** Bu ýagdaýda birinji komponent üçin himiki analizi diňe barlag üçin şeýle-de çäklendirilen mukdarda ýerine ýetirýärler.

§8. Köpçülikleýin korrelýasiýa

Eger netijeli X alamata iki sany Y we Z alamaty täsir edýän bolsa, onda çyzykly baglanyşyk ýagdaýynda onuň netijeli alamaty we täsiriniň jemi görnüşinde iki faktoriýalyň arasyndaky darlygy (gürlügi, berkligi) korrelýasiýanyň umumy koeffisiýenti bilen kesgitleýär:

$$R = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{xy}r_{xz}r_{yz}}{1 - r_{xy}^2}},$$

bu ýerde, r – 3.44-nji formula boýunça korrelýasiýanyň çyzykly koeffisiýenti; setir asty belgiler haýsy alamatlaryň arasynda olar hasaplanýandygyny görkezýär.

Eger netijeli alamata, mysal üçin X_l -e üç ýa-da ondan hem köp ($23 \dots k$) faktorial alamatlar täsir edýän bolsa, onda korrelýasiýanyň umumy koeffisiýenti aşakdaky formula boýunça kesgitleýärler:

$$R_{1.23 \dots k} = \sqrt{1 - \frac{R}{R_{11}}},$$

bu ýerde, R we R_{11} aşakdaky kesgitleýjiler arkaly aňladylýar:

$$R = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} & \dots & \dots & \dots & \dots & r_{k1} \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} & \dots & \dots & \dots & \dots & r_{k2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{vmatrix}$$

$$R_{11} = \begin{vmatrix} r_{22} & r_{32} & \dots & r_{k2} \\ r_{23} & r_{33} & \dots & r_{k3} \\ r_{2k} & r_{3k} & \dots & r_{kk} \end{vmatrix},$$

bu ýerde, r – 3.44-nji formula boýunça hasaplanylýan, indekslere laýyk gelýän alamatlaryň korrelýasiýanyň çyzykly koeffisiýenti. Munuň dowamynda $r_{11}=r_{22}=r_{33}=\dots=r_{kk}=1$, $r_{12}=r_{21}$; $r_{13}=r_{31}$; $r_{23}=r_{32}$ we ş.m.

Korrelýasiýanyň umumy $R_{1.23\dots k}$ koeffisiýenti X_3, X_4, \dots, X_k faktorial alamatlar hakyndaky goşmaça maglumatlaryň X_1 -i X_2 -ki boýunça öňünden kesgitlemegiň mümkinçiligini nähili artdyrýandygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Hiç bolmanda $R_{1.23\dots k} > r_{12}$.

Korrelýasiýanyň aýratyn (hususy) koeffisiýenti bir faktoryň aýratynlykda alynan beýleki faktor bilen baglanyşygynyň derejesini bahalandyrmaga mümkinçilik berýär, bu ýerde üçünji faktorlaryň täsiri ortadan aýrylýar, olar hemişelik diýip kabul edilýär.

Şeýlelikde, y, x, z ululyklaryň arasynda çyzykly baglanyşyk bolan ýagdaýynda, z ortadan aýyrlanda, y we x -iň arasyndaky aýratyn (hususy) korrelýasiýa koeffisiýenti aşakdaka deň bolýar:

$$r_{yx(z)} = \frac{r_{yx} - r_{yz}r_{xz}}{\sqrt{(1-r_{yz}^2)(1-r_{xz}^2)}}.$$

X_1, X_2, X_3, X_4 ýaly dört sanyfaktor bar bolanda, mysal üçin X_1 we X_3 faktorlaryň arasyndaky korrelýasiýanyň aýratyn (hususy) koeffisiýenti X_2 we X_4 faktorlary hemişelik bolanda aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$r_{13.24} = - \frac{R_{13}}{\sqrt{R_{11}R_{33}}},$$

bu ýerde, R_{13}, R_{11}, R_{33} – haçanda ýokary derejeli kesgitleýjiniň i -nji sütüni we j -nji setiri öçürülende pes derejeli kesgitleýjiler hökmünde galýan minorlar.

$r_{13.24}$ bilen r_{13} deňeşdirilip, berlen iki sany faktorlaryň arasyndaky r_{13} ýönekeý korrelýasiýa bilen deňeşdirlende hemişelik diýip kabul edilen faktorlaryň täsir ediş derejesi kesgitlenilýär.

§9. Maglumat teoriýasynyň (nazarýetiniň) ulanylmagy

Maglumat teoriýasy – munuň özi, dürli görnüşli habarlaryň düzümindäki maglumatlaryň mukdaryny matematiki usullar arkaly ölçemegini şeýle-de

maglumatlary geçirmegin, saklamagyň, çykarmagyň we toparlara bölmegin hilini bahalandyrmagyň ýollaryny öwrenýän kibernetikanyň bir bölümidir.

Maglumaty çykaryp almak prosesini obýekt hakyndaky biziň maglumatlarmyzyň näbelliliginiň (kesgitsizliginiň) azaldylmagy bilen baglanyşdyrýarlar. Käbir hadysanyň näbelliliginiň mukdar ölçegi hökmünde onuň ähtimallygy kabul edilýär.

Maglumat teoriýasynyň esasynda käbir tötänleýin obýektiň (hadysanyň, ululygyň, funksiýanyň we ş.m.) düzümindäki maglumatyň mukdaryny aňlatmak baradaky K. Şennon tarapyndan hödürlenlen usul ýatýar.

$$J = - \sum p_i \log p_i,$$

bu ýerde p_i – i -nji toparyň ýa-da faktoryň i -nji aýratyn bahasynyň ähtimallygy (ýa-da çastosty).

Goý, ξ ululyk – p_1, p_2, \dots, p_n ähtimallykly, x_1, x_2, \dots, x_n bahalara eýe bolýan tötänleýin ululyk bolsun; η ululyk bolsa $-q_1, q_2, \dots, q_m$ ähtimallykly, y_1, y_2, \dots, y_m bahalara eýe bolýan tötänleýin ululyk bolsun, onda η görä ξ -niň düzümindäki $J(\xi, \eta)$ maglumat aşadaky formula boýunça kesgitlenýär:

$$J(\xi, \eta) = - \sum_{i,j} p_{ij} \log_2(p_{ij}/p_i q_j),$$

bu ýerde, p_{ij} ululyk – $\xi=x_i$ we $\eta=y_j$ hadysalaryň we 2-nji esasy boýunça logarifmanyň (ýa-da ikili logarifmanyň) utgaşdyrylmagynyň ähtimallygy.

$H(\xi)=I(\xi, \eta) = \sum_i p_i \log_2(1/p_i)$ ululygy ξ –ululygyň tötänleýin entropiýasy diýen ady göterýär. Entropiýa düşünjesi maglumat teoriýasynyň esasy düşünjeleriniň bir bolup durýar.

Maglumatyň mukdary bilen entropiýanyň arasynda şu aşadaky baglanyşyk bar:

$$J(\xi, \eta) = H(\xi) + H(\eta) - H(\xi, \eta),$$

bu ýerde, $H(\xi, \eta)$ – (ξ, η) jübüdiň entropiýasy bolup durýar, ýagny:

$$H(\xi, \eta) = - \sum_{i,j} p_{ij} \log_2(1/p_{ij}).$$

Entropiýa ululygy, tötänleýin ululygyň mümkin bolan bahalaryny tapawutlandyrmak (bellemek, ýazga geçirmek) üçin gerek bolan ikili bahalaryň orta bahasyny görkezýär.

Tekiz figuralaryň öz meýdanlary boýunça deňeşdirilşi ýaly, düzümindäki maglumat boýunça hem dürli maglumat toparlaryny deňeşdirip bolýar.

Maglumatyň ölçeg birligi hökmünde san taýdan biri-birini ret edýän deň ähtimallykly alternatiwalary bolan synagyň (mysal üçin köpügi ýokary zyňmak synagy $p_1=p_2=1/2$) düzümindäki maglumatyň mukdaryna deň bolan *bit* – maglumatyň ikili birligi kabul edilýär. Eger ikinji esasy logarifimler alynsa (eger ikinji esasy boýunça logarifimler alynsa):

$$J(p_1 p_2) = -p_1 \log_2 p_1 - p_2 \log_2 p_2 = \log_2 2 = 1 \text{ bit}$$

Kesgitlenilşinde onluk we natural logarifimler ulanylýan beýleki “hartli” ýa-da “nit” ölçeg birlikleri hem maglumatyň ölçeg birligi hökmünde ulanylýar.

Ýer jümmüşiniň barlaglarynda maglumat toeriýasynyň ulanylmagynyň gerimi gün-saýyn artýar. Munuň dowamynda işler iki ugur boýunça alnyp barylýar: maglumat toeriýasyny ulanmagyň dogrulygyny esaslandyrmak we geologiki obýektler öwrenilende aýry-aýry hem-de jemlenen alamatlaryň maglumat bahalaryny döretmek. Faktor barlagyny (analizini), ekspert bahalandyрма usulyny ulanmak bilen gözleg alamatlary, morfometriki gurluşlar üçin göreziýiler, (mukdar taýdan aňladylýan) hil alamatlary informatiwligine (maglumat berijiligine) bahalandyrylýar.

Dag jynslary, magdanlar, kánler dürli informatiwlik bilen häsiýetlendirilýän alamatlaryň (faktorlaryň) kompleksi boýunça toparlara bölünýär. Muny mysal üçin, bloklaryň ýa-da magdan jisiminiň meýdançalarynyň geologiki faktorlarynyň jeminiň çylşyrymlylygy we durnuksyzlygy boýunça deňeşdirilmesinde ulanyp bolýar. Munuň dowamynda jemlenen faktoryň durnuksyzlygynyň integral bahasyny agyrylyk hökmünde her geologiki faktoryň J_j informatiwligini (maglumat berijiligini) ulanmak bilen kesgitleýärler.

Maglumatyň mukdary näbelliligiň (kesgitsizligiň) ölçegi bolup durýar we öwrenilýän obýekt hakynda mundan soňky maglumatlaryň alynmagy bilen (maglumat mukdarynyň artmagy bilen) näbellilik azalaýar (peselýär, kiçelýär). Munuň dowamynda synaglaryň (barlaglaryň, ölçegleriň, gözegçilikleriň) sanynyň artmagy bilen maglumatyň mukdary ilki bilen gaty çalt artýar, soňra ondan birazrak peselýär, we ahyrynda stabilizirlenýär. Muny hem käbir ýagdaýlarda

gerek bolan ölçemeleriň, synap görmeleriň we ş.m.-leriň mukdaryny anyklamak üçin ulanylýarlar.

§10. Tötänleýin funksiýalar teoriýasynyň (nazarýetiniň) ulanylmagy

Bahasy, her berlen argumentinde tötänleýin ululyk bolup durýan funksiýa tötänleýin funksiýa diýilýär.

Synagyň netijesinde tötänleýin funksiýanyň alýan anyk görnüşine tötänleýin funksiýanyň realizasiýasy (amala aşyrylmasy, dumaşa geçirilmesi) diýilýär. Tötänleýin funksiýa, ähli ordinatalary (applikatalary) tötänleýin ululyk bolup durýan tötänleýin egri (çyzyk ýa-da üst) görnüşinde şekillendirilýär.

Dogrusyny aýdanda, tötänleýin funksiýany grafikiäki egri görnüşinde şekillendirip bolmaýar. Egri görnüşinde diňe onuň anyk realizasiýasy şekillendirilýär. Şonuň üçin tötänleýin funksiýalar teoriýasynda (nazarýetinde) tötänleýin funksiýanyň egrisi diýlende anyk bir realizasiýa däl-de eýsem tötänleýin funksiýanyň mümkin bolan realizasiýalarynyň бүтін jemine düşünilýär.

Tötänleýin funksiýalar teoriýasyndan belli bolşy ýaly, tötänleýin funksiýanyň esasy häsiýetnamalary hökmünde şu aşakdakylarkabul edilýär:

matematiki garaşma – golaýynda dürli görnüşde tötänleýin funksiýanyň anyk realizasiýalary üýtgap durýan käbir orta tötänleýin däl funksiýa bolup durýar:

$$m_x(l) = M[X(l)].$$

Hasaplama we barlag işlerini ýönekeýleşdirmek üçin, köplenc merkezleşdirilen tötänleýin funksiýa ulanylýar:

$$\begin{aligned} 0 \\ X(l) = X(l) - m_x(l), \end{aligned}$$

dispersiýa– munuň özi her l argument üçin bahasy, tötänleýin funksiýanyň berlen argumentine laýyk gelýän tötänleýin ululyklaryň dispersiýasyna deň gelýän funksiýa bolup durýar:

$$D_x(l) = D[X(l)].$$

Dispersiýa – funksiýanyň orta bahasyna görä tötänleýin funksiýanyň mümkin bolan realizasiýalaryň ýaýraýyş zolagynyň (çyzygynyň)

giňliginihäsiýetlendirýär. Gerim zolagynyň giňligi (ширина полосы размаха) – $3\sigma - +3\sigma$ çäklerden geçmesi şübhelidir. Dispersiýanyň kwadrat köki – tötänleýin funksiýanyň orta kwadrat gyşarmasy (üýtgemesi) bolup durýar.

Korrelýasion funksiýa. Argumentiň iki dürli l we l' bahalarynda tötänleýin funksiýanyň ordinatalarynyň (kesikleriniň) arasyndaky baglanyşygyň (garaşlylygyň) ölçegi hökmünde korrelýasion moment, ýagny merkezleşdirilen ululyklaryň köpeltmek hasylynyň matematiki garaşmasy kabul edilýär:

$$K_x(l, l') = M[X(l) X(l')],$$

l we l' -leri dürli usullar arkaly saýlap, K_x -iň dürli bahalaryny, ýagny korrelýasion ýa-da awtokorrelýasion funksiýany alýarlar.

Korrelýasion funksiýa diýip, l we l' -iň bahalarynyň her jübüdinde tötänleýin funksiýanyň degişli kesikleriniň korrelýasion momentine deň bolýan $K_x(l, l')$ iki argumentiň funksiýasyna aýdylýar.

Eger $l = l'$ bolsa, onda K_x dispersiýa öwrülýär. Korrelýasion funksiýa tötänleýin funksiýanyň durnuksyzlyk (üýtgäp durma) zolagynyň giňligini we dinamikasyny (egriniň argumentiniň bir bahadan beýleki bahamümkin bolan üýtgemesi) häsiýetlendirýär.

Bellenilen ululyklar tötänleýin funksiýalaryň tejribe ähmiýetli häsiýetnamasy üçin minimal ýagdaýda rugsat edilýär.

Tötänleýin funksiýalar teoriýasynda aýratyn emma tejribe üçin ähmiýetli bolan funksiýalaryň synpyna – stasionar tötänleýin funksiýalara we birjynsly tötänleýin meýdanlara aýratyn üns berilýär.

Stasionar tötänleýin funksiýanyň tapawutlandyryjy aýratynlyklary hökmünde şulary getirmek bolar:

matematiki garaşmanyň hemişelik bolmasy:

$$m_x(l) = m_x = const,$$

dispersiýanyň hemişelik bolmasy:

$$D_x(l) = D_x = const,$$

korrelýasion funksiýanyň diňe öz argumentleriniň tapawudyna garaşly bolmasy:

$$K_x(l, l') = k_x(l - l') = k_x(\Delta l),$$

başga sözler bilen aýdylanda, korrelýasion funksiýa, bir argumentiň ýagny iki goňşy argumentleriň arasyndaky interwalyň ýa-da Δl aralygyň uzynlygynyň funksiýasy bolup durýar, we l okdaky bu aralygyň ýagdaýyna bagly bolmaýar. Bu şertleri kanagatlandyryan stasionar tötänleýin funksiýa, giň manyda stasionar diýilýär.

Eger, tötänleýin funksiýanyň n -ölçegli bölüşdirme kanuny argumentleriň üýtgame zolagyndaky interwallaryň ýagdaýyna bagly bolman, göniden-göni diňe l we l' argumentleriň üýtgame interwallaryna bagly bolsa, onda bu funksiýa dar manyda stasionar diýilýär.

Käniň (ýatakçanyň) dürli häsiýetleriniň ýerleşiş aýratynlyklary öwrenilende funksiýanyň iki görnüşi hem ulanylýar. Eger mysal üçin 3.3-nji “w” suratdaky AGkäni boýunça, synap görmeleriň netijeleri, stasionar tötänleýin funksiýanyň esasy häsiýetlerine jogap berýän bolsa (laýyk gelýän bolsa), onda bu ýagdaýda kän belkide geohimiki meýdanyň gatlagynyň içindedir.

3.3-nji “a” we “b” suratlarda görkezilen AB we AW kânler boýunça alynanölçeşleriň netijeleri stasionar däl tötänleýin funksiýalar apparatynyň ulanylmagy arkaly gaýtadan işlenilmelidir. Bu kânler geohimiki meýdanyň gatlaklaryny kesip geçýän bolara çemeli. 3.3-nji “g” suratda dag kânleriniň we kuwwatly magdan ýatagynyň gatlaklarynyň (gorizontlarynyň) birinde komponentiň orta bahalarynyň ýerleşişiniň izoçyzyklarynyň plany görkezilendir.

3.4-nji “b”suratda shematik ýagdaýdayatakçanyň öwrenilýän käbir meýdançasynnda mineral dänleriniň ýerleşiş şekillendirilendir.

Meýdança - merkeze getirilen içindäki görkezijiniň orta bahalary (c_1, c_2, \dots, c_n) ýerleşdirme funksiýasyny üznüksiz we göräli birsydyrgyn M_x egridiýip hasap etmäge mümkinçilik berýän praktiki elementar göwrümlere bölünendir (3.4-nji b surat).

Içinde C_i görkezijiniň orta bahasy bolanher bir praktiki elementar ýa-da ýönekeýje praktiki göwrümi mineral däneleriň orta ululygyna deň ýa-da ondan sähelçe uly bolan has kiçi göwrümlerden ybarat bolan ýagdaýynda hem görkezip bolýar. Dürli göwrümlerde komponentiň mukdary ýa-da göwrümleriň mineral

däneler bilen dolulygynyň derejesi gaty tapawutlanyp durjakdygy tebigy ýagdaýdyr: käbir göwürümler dolulygyna ýa-da bölekleyin mineral däneler bilen doly bolar, käbirlerinde bolsa şeýle görnüşli däneler asla bolmaz, bu sebäpden hem olardaky komponentiň mukdary nola deň bolar.

3.3-nji surat: Känler boýunça C komponentiň mukdarynyň üýtgemegi (I) we olaryň plandaky ýerleşişiniň çyzgysy (II)

Indi bolsa geliň, görkezijiniň ýerleşiş (ýerleşdiriliş) funksiýasynyň realizasiýasynyň (durmuşa geçirilmeginiň) ençemesi bar diýeliň, üstesine-de her bir realizasiýa **stohastiki** (стохастически) ýagdaýda her bir praktiki göwürümden bir elementar göwürüm düşýär diýip göz önüne getireliň.

Tötänleýin funksiýalarda M_x egrisiniň dürli realizasiýalary tötänleýin funksiýa görä ýa-da käbir orta egrä – mümkin bolan ähli realizasiýalaryň jemine görä özgerip (üýtgäp) durşy ýaly, ýokarky abzasda agzalyp geçilen realizasiýalaryň görkezijiniň düzüm (mukdar) bahalary boýunça gurulan $m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_n}$ egrileri hem, bu göwürümlerde M_x egrisine görä özgerip (üýtgäp) durar.

Göwürümiň ölçegleri artdyrylanda realizasiýa egrileriniň durnuksyzlygy peselip (kiçelip) başlar we realizasiýa egrileri M_x egrisine ýakyn bolar. Ýatakçanyň görkezijisini ýerleşdirmegiň M_x funksiýasy tötänleýin funksiýa ýaly häsiýetlere eýedigine göz ýetirmek kyn däldir.

Eger ýatakçanyň görkezijisi hakyky üst bolmaýan bolsa, onda edil tötänleýin funksiýa ýaly ýeriň jümmüşinde görkezijileri ýerleşdirmegiň hakyky funksiýasyny hem praktikada gurmak hemişe mümkin bolmaýar. Ilki bilen: “Görkezijini ýerleşdirmegiň funksiýasy diýlende nämä düşünmeli?” diýen sorag ýüze çykýar. Eger bu funksiýa hökmünde her bir mineral dänäniň täsirini şöhlelendirýän funksiýa kabul edilse, onda bu ýagdaýda biz praktiki taýdan gurulmasy we ulanylmasy gerek bolmaýan arasy üzülýän, birsydyrgynsyz egrini alardy.

Görkezijiniň praktiki ölçeg alma işlerini (synap görmeleri) mineral däneleriň öçeglerinden has uly bolan göwürümlerde ýerine ýetirýärler, şonuň üçin realizasiýalar beýlekilere garmynda has endigan (birsydyrgyn) egriler görnüşinde şöhlelenýär.

Kän boýunça görkezijiniň üýtgame(durnuksyzlyk) egrisiniň görnüşü diňe bir görkezijiniň durnuksyzlyk häsiýetine bagly bolman, eýsem synap görmegiň, ölçemegiň usulyna, nusgalyklaryň ölçeglerine, synap görmegiň gürlüğine

(dykzlygyna), belli bir interwal boýunça synap görmede başlangyç nokadyň ýagdaýyna (ýerleşýän ýerine) we beýlekilere baglydyr. Şeýlelikde şol bir öwrenilýän meýdança üçin ulanylýan synagyň şertlerine we görnüşine baglylykda ýerleşdirmе funksiýasynyň: durnuksyzlygy boýunça dürli realizasiýalary alnyp bilner.

3.5-nji surat: Synap görme prosesini her bir interwaldan süýşürmek bilen alynýan kân boýunça görkezijini ýerleşdirmе funksiýasynyň 1,2,3, realizasiýalary we alynan realizasiýalaryň ortaça 4 ululygy.

3.5-nji suratda metamorfizlenen hek daşy kânleriniň birinde dag önümçiligi boýunça C-daMgO-nuň barlygyny anyklamak üçin geçirilen tejribe synagynyň netijeleri esasynda gurulan egri çyzyklar görkezilendir. Synag üçin magdan boşlugy (meýdançasý) birmeňzeş jynslaryň içindengeçirildi.

Tutuş keş (борозда) boýunça synap görme tejribesi kâniň (synag üçin taýýarlanan magdanly boşlugyň) diwary boýunça geçirildi. Birinji derňew nusgalygyna 4 m uzynlykdaky keşden alynan material alyndy. Nusgalygy synap görmegiň netijesinde alynan baha interwalyň merkezine degişli edildi.

Önümçilik şertlerinde edil şunuň ýaly synap görme metody (usuly) taýýarlyk özleşdirmе işlerinde her 12 m-den ýerine ýetirilýär. 3.5-nji suratda 1,2,3 egriler bilen synap görmegiň başlangyç nokadynyň ýerleşýän ýerine baglylykda görkezijiniň üýtgame (durnuksyzlyk) funksiýasynyň mümkin bolan realizasiýalary görkezilendir. Suratdan görnüşi ýaly, egriler bir-birinden düýpgöter tapawutlanýarlar wegaty giňgerim zolagyna eýedirler (охватывать широкою полосу размаха). Edil şuna meňzeş görnüşi görkezijiniň birsydyrgyn (endigan) däl ýerleşmesine eýe bolan kânlerde hem görmek bolýar.

Ýokarda aýdylanlardan görnüşi ýaly, synagyň şol bir şertlerinde, mysal üçin synap görmegiň şol bir usulynda, belli bir realizasiýalar durnuksyzlygy (üýtgemesi) boýunça dürli görnüşlere eýe bolup bilýärler.

Diýmek, görkezijini ýerleşdirmegiň funksiýasy ýeke bir realizasiýa bilen däl-de, eýsem edil öz realizasiýalary arkaly aňladylýan tötänleýin funksiýa ýaly realizasiýalaryň jemi arkaly häsiýetlendirilýär.

Emma başga bir tarapdan realizasiýanyň görnüşi synagyň şertlerine bagly bolup durýar, diýmek, görkezijini ýerleşdirmegiň açylýan funksiýasy hem oňa garaşly bolup durýar. Bu ýerden hem görkezijini ýerleşdirmegiň hakyky

funksiýasy synagyň şertleri we tehnologiýa talaplary tarapyndan kesgitlenýän şertli düşüňjedigi gelip çykýar.

Görkezijini ýerleşdirmegiň hakyky funksiýasy (egrisi ýa-da üsti) diýlende tötänleýin funksiýany kesgitlemegiň analogiýasy boýunça belli bir realizasiýa dälde, eýsem synagyň belli bir şertlerinde görkezijiniň mümkin bolan ähli realizasiýalaryna düşüňmelidir, ýagny M_x egrilere.

Synagyň şertleri käbir teoretiki (nazary) we praktiki (tejribe) talaplar esasynda kesgitlenilýär.

§11. Ýerleşdirme funksiýasynyň ergodiki häsiýeti we ýeke täk realizasiýa boýunça onuň häsiýetleriniň kesgitlenilşi.

Tötänleýin funksiýanyň ergodiki häsiýetiniň özeni –onuň bir sany aýry realizasiýasyýeterlik ululykdaky interwalda gözegçilikleriň uly mukdaryna – ýagny mümkin bolan realizasiýalaryň bütin jemine deň bolýanlygyndan ybaratdyr: başga sözler bilen aýdylanda, bir sany realizasiýa tötänleýin funksiýanyň häsiýetlerini almak üçin ýeterlik derejede synag materialy bolup biler.

Tötänleýin funksiýanyň hemmesi bu häsiýete eýe dälirler. Şonuň üçin funksiýalaryň iki synpyny (toparyny) tapawutlandyrýarlar: ergodiki we ergodiki däl synplary.

Eger tötänleýin funksiýa ergodiki häsiýete eýe bolsa, onda onuň üçin orta baha ýeterlik derejede uly gözegçilik meýdançasynnda takmynan gözegçilik köplüginin orta bahasyna deň bolar. Bu ýagdaý dispersiýa we korrelýasion funksiýa üçin hem dogrudyr. Diýmek, tötänleýin funksiýanyň esasy häsiýetleri bolan: matematiki garaşmanyň, dispersiýanyň, korrelýasion funksiýanyň ýakynlaşan bahalaryny ýeterlik derejede uly bolan interwalda bir sany realizasiýa arkaly kesgitläp bolýar.

Funksiýanyň ergodikliginiň ähmiýetli emma hökmany bolmadyk şerti:argumentleriň arasyndaky interwalyň artmagy bilen tötänleýin funksiýanyň bahalarynyň arasyndaky korrelýasion baglanyşygyň kiçelmegi bolup durýar.

$$\Delta l \rightarrow \infty \text{ bolanda, } K_x(\Delta l) \rightarrow 0$$

Eger $\Delta l \rightarrow \infty$ bolanda $K_x(\Delta l)$ funksiýasy nola ymytlymasa, oňa derek käbir hemişelik baha ýakynlaşýan bolsa onda bu funksiýa ergodiki dälir.

Şunuň ýaly funksiýanyň mysaly hökmünde 3.6-njy suratdaky 1-nji, 2-nji, we 3-nji realizasiýalary görkezmek bolar. Bu realizasiýalaryň her biriniň orta bahalary we olaryň dispersiýalary tutuş çyzyk görnüşinde şekillendirilen görkezijiniň üýtgemesiniň matematiki garaşmasyndan we dispersiýasyndan düýpli tapawutlanýar, realizasiýalaryň korrelýasion funksiýalary nola ymtylmaýar.

Ýerleşdirmegiň hakyky funksiýasy takyklyk synap görme nusgalyklar toparyndan alynan maglumatlar boýunça ýa-da ergodiki häsiýete eýe bolan onuň bir sany realizasiýasynyň orta baha getirilmegi (düzlenmegi) bilen kesgitlenilip biliner.

Munuň dowamynda realizasiýanyň düzlenmesinde statistiki aýnanyň ölçeğini alynýan düzlenen egri iň kiçi orta kwadratiki gyşarma eýe bolar ýaly edip ýa-da synagyň berlen şertlerinde ýerleşdirmegiň funksiýasy (matematiki garaşmasy) bilen gabat geler ýaly edip kabul etmeli.

Synap görmegiň netijeleriniň takyklygy diýlende, berlen nusgalykdaky görkezijiniň bahasynyň nusgalygyň wekilçilik edýän meýdançasyndaky bu görkezijiniň hakyky bahasyna ýa-da nusgalyklar topary boýunça kesgitlenen we bütin meýdança üçin degişli bolan görkezijiniň orta bahasynyň bu meýdançadaky görkezijiniň orta bahasyna laýyklyk derejesine aýdylýar.

3.6-njy surat: Görkezijni ýerleşdirmegiň funksiýasy we onuň 1-nji, 2-nji, 3-nji realizasiýalary.

Ýatakçanyň görkezijisini ýerleşdirmegiň funksiýasynyň esasy häsiýetleriniň kesgitlenilmesine aşakdaky mysalyň kömegi bilen seredeliň. 3.5-nji suratda dag kâninde geçirilen synap görmeleriň dowamynda mümkin bolan realizasiýalar görkezilendir. Üç realizasiýanyň biri boýunça synap görmeleriň netijeleri 3.12-nji jedweliň 2-nji grafasynda görkezilendir.

Funksiýanyň matematiki garaşmasyny takmynan realizasiýanyň orta bahasyna deň diýip kabul edip bolýar:

$$C_{orta} \cong m_x = \sum_i^n c_i / n = 73,08 / 17 = 4,3 \%$$

Alamatyň dispersiýasy:

$$D_x \approx \sigma^2 = \sum (c_i - C_{ort})^2 / n = 210,70 / 17 = 12,4\%.$$

Orta kwadratiki gyşarma (üýtgame):

$$\sigma = \pm 3,52 \%$$

m -e yzygiderlikde 0, 1, 2, 3..... bahalary bermek bilen $l=m\Delta l$ interwalyň bahalary üçin korrelýasion funksiýany kesgitleliň.

$\Delta l=L/n$ interwalyň süýşmeginiň ululygy egriniň üýtgame häsiýeti bilen kesgitlenýär. Egriniň birsydyrgyn (плавно) üýtgeýän zolaklarynda egriniň ýygy-ýygýdan üýtgeýän ýerine garanyňda Δl – uly edip alynýar.

Δl –içen bilen funksiýanyň iň ýygy garmonikasynyň doly döwrine 5-10 sany daýanç nokat gabat geler ýaly edip saýlamak maslahat berilýär. Biziň ýagdaýmyzda hasaplamalar kömekçi aralyk nokatlary ulanmazdan göniden-göni synagdan alynan maglumatlar esasynda ýerine ýetirilýär, çünki kömekçi aralyk nokatlaryň ulanylmagy netijeleriň takyklygyny artdyrmaýar.

Korrelýasion funksiýa aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$K_x \left(\frac{L}{n} m \right) = \frac{1}{n-m} \sum_{i=1}^{n-m} X(l_i) X(l_i + m),$$

bu ýerde $X(l_i)$ –berlen nusgalykdaky bahalar bilenonun realizasiýasynyň orta bahasynyň arasyndaky tapawut bolup durýar. Hasaplamalar 3.12-nji jedwele girizilendir. Hasaplamalar $m=0,1,2,.....$ üçin yzygiderlikdem-iň şeýle bir bahalaryna çenli ýerine ýetirilýär, ýagny bu bahalardakorrelýasion funksiýa nola deň bolmalyýa-da noluň gabadynda uly bolmadyk üýtgemelere sezewar bolmaly. Biziň mysalymyzda şeýle ýagdaýym=10 bolanda synlap bolýar.

3.12-nji jedweliň dik sütünlerinde yzygiderlikde görkezijiniň nomeri 1 we bahasy 2, görkezijiniň bahasynyň orta bahadan gyşarmasy 3, gyşarmalaryň kwadratlary 4, yzygiderlikde bir-birinden bir, iki, üç interwala daşlaşan görkezijiniň bahalary üçin gyşarmalaryň köpeldilmegi 5-6-7 berilendir we ş.m.

3.7-nji surat:3.5-nji suratda görkezilen 3-nji realizasiýa boýunça alynan korrelýasion funksiýa

Aşakda köpeltmek hasyllaryň jemleri getirilendir, m -e kratnyý interwallaryň ululyklary sanlar bilen belgilenendir, bir setir aşakda köpeltmek hasyllaryň jeminiň “Σ”: $n-0, n-1, n-2$ we ş.m. deň bolan degişli sana $(n-m)$ bölünmeginiň netijeleri hökmünde alynan korrelýasion funksiýanyň bahalary ýazylandyr. Aşaky setirde iň soňkynyň öň ýanyndaky setiriň bahalarynyň dispersiýa bölmekligiň netijesinde alynan normirlenen (kadalaşdyrylan)korrelýasion funksiýa $\rho(\Delta l)$ getirilendir. Netijede egriniň kesikleriniň arasyndaky $m\Delta l$ interwal bilen

bölünen korrelýasion koefisiýentiň bahalaryny alýarys. 3.7-nji suratda $\rho(\Delta l)$ funksiýanyň grafigi görkezilendir. Korrelýasion funksiýanyň gidişiniň ýeterlik derejede tekiz bolmaýşy, maglumatlaryň azlygy bilen düşündirilýär. Eger kanunalaýyk däl üýtgemeler tekizlenen ýagdaýynda, onda funksiýa aşakdaky eksponensial-kosinus görnüşine ýakynlaýar:

$$\rho(l) = e^{-a|l|} \cos \omega l.$$

Şeýlelikde, realizasiýasyna seredilip geçilen görkezijiniň funksiýasy ergodiki bolup durýar.

Diýmek, bu ýeke täk realizasiýa arkaly başlangyç funksiýanyň esasy häsiýetlerini kesgitläp bolýar.

Hakykatda bolsa, realizasiýanyň orta bahasy esasy orta bahadan (генеральная средняя) absolýut ýagdaýda 0,1% tapawutlanýar; bu realizasiýanyň düzlenen egrisi ýerleşdirmegiň hakyky egrisine gaty golaý ýakynlaşýar.

1,2 realizasiýalar boýunça korrelýasion funksiýalaryň hasaplamalary funksiýalaryň deňölçegli bolmadyk üýtgemelere sezewar bolýandygyny ýagny olaryň az kem ergodikligini görkezýär. Hakykatda-da bu realizasiýalar edil başlangyç funksiýanyň orta bahasyny pes şöhlelendirşi ýaly, hakyky egrini hem olaryň düzlenmesinde (сглаживание) pes şöhlelendirýär.

3.12-nji jedwel:

N ^o	C, %	Δ	δ^2	$\delta_i \delta_{i+1}$	$\delta_i \delta_{i+2}$	$\delta_i \delta_{i+3}$	$\delta_i \delta_{i+4}$	$\delta_i \delta_{i+5}$	$\delta_i \delta_{i+6}$	$\delta_i \delta_{i+7}$	$\delta_i \delta_{i+8}$	$\delta_i \delta_{i+9}$	$\delta_i \delta_{i+10}$	$\delta_i \delta_{i+11}$	$\delta_i \delta_{i+12}$	$\delta_i \delta_{i+13}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	8,0	3,7	13,65													
2	6,0	1,7	2,90	6,29												
3	1,7	-2,6	6,75	-4,42	-9,62											
4	8,1	3,8	14,45	-9,88	6,46	14,06										
5	9,1	4,8	23,00	18,24	-12,48	8,16	17,76									
6	2,3	-2,0	4,00	-9,60	-7,60	5,20	-3,40	-7,40								
7	0,9	-3,4	11,56	6,80	-16,32	-12,92	8,84	-5,76	-12,58							
8	2,2	-2,1	4,40	7,14	4,20	-10,08	-7,98	5,46	-3,57	-7,77						
9	0,9	-3,4	11,50	7,14	11,56	6,80	-16,32	-12,92	8,84	-5,58	-12,58					
10	2,0	-2,3	5,30	7,82	4,83	7,82	4,60	-11,04	-8,74	5,98	-3,91	-8,51				
11	1,1	-3,2	10,20	7,36	10,88	6,72	10,88	6,40	-15,36	-12,16	8,32	-5,44	-11,84			
12	9,5	5,2	27,00	-16,64	-11,96	-17,68	-10,92	-17,68	-10,40	24,96	19,76	-13,52	8,84	19,24		
13	11,0	+6,7	44,90	34,84	-21,44	-15,41	-22,78	-14,07	-22,78	-13,40	32,16	25,46	-17,42	11,39	24,79	
14	6,2	1,9	3,65	12,73	9,88	-6,08	-4,37	-6,46	-3,99	-6,46	-3,80	9,12	7,22	-4,94	3,23	7,03
15	2,1	-2,2	4,84	-4,18	-14,74	-11,44	7,04	5,06	7,48	4,62	7,48	4,40	-10,56	-8,36	5,72	-3,74
16	0,7	-3,6	13,00	7,92	-6,84	-24,12	-18,72	11,52	8,28	12,24	7,56	12,24	7,20	-17,28	-13,68	9,36
17	1,2	-3,1	9,60	11,16	6,82	-5,89	-20,77	-16,12	9,92	7,13	10,54	6,51	10,54	6,20	-14,88	-11,78
Σ	73,8	0,0	210,70	82,72	-46,37	-54,86	-56,14	-63,01	-42,90	+9,36	+65,55	-30,26	-6,02	+7,25	+5,18	+0,87
m	-	-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$K_X(\Delta lm)$	-	-	12,40	5,17	-3,09	-3,92	-4,32	-5,25	-3,90	0,94	7,28	3,78	-0,84	1,21	1,04	0,22
$\rho(\Delta l)$	-	-	1,00	0,42	-0,25	-0,32	-0,35	-0,42	-0,31	0,07	0,59	0,30	-0,07	0,09	0,08	0,01

§12 Realizasiýalar düzlenende statiki aýnanyň ölçepleri

Maksatlaryna görä düzlemegiň iki görnüşini ýagny statiki we geometriki düzlemäni tapawutlandyrýarlar. Birinjini başlangyç maglumatlary tötänleýin düzüm böleklerinden arassalamak üçin ýerine ýetirýärler. Düzlemäniň ikinji görnüş bolsa – belli bir orta kwadratiki ýalňyşlyk bilen öwrenilýän görkezijiniň ýerleşdirilmeginiň (ýerleşmeginiň-размещение) görnüşini anyklamaga mümkinçilik berýär. Realizasiýalar düzlenende aýnanyň ölçeplerini köplenç praktiki düşüňjeler görä saýlaýarlar. Aýnany - synap görmegiň 4-6 orta interwallaryna deň edip alýarlar ýa-da her aýnanyň çäklerinde aýratyn bellikler bellenilen ululygyň orta bahasyndan geçmez ýaly şert goýýarlar. Käwagt aýnanyň ölçeplerini eksplutasion blogyň ölçeplerine deňleşdirýärler (göwrümleýin düzlemede). Käbir ýagdaýlarda düzlemäni üýtgep durýan agramlyk orta baha bilen ýerine ýetirýärler. Munuň dowamynda tereziler ulgamy arkaly awtokorrelýasiýanyň orta radiusynyň çäklerinde görkezijileriň arasyndaky baglanyşygyň genetiki güýji hasaba alynýar. Eksponensial düzlemäni hem ulanýarlar, munuň dowamynda eksponensial funksiýa boýunça gözegçiligiň uzaklaşmasyna görä aýratyn bir gözegçiligiň agramynyň peselmesi bolup geçýär.

3.38-nji surat: Düzleme aýnasynyň kesgitlenmesi üçin:

a,b,w – l , $4l$, $10l$ ululykly degişli aýnalar bilen realizasiýalaryň düzlenmegi; g - düzlenen egriniň durnuksyzlygy (üýtgeме häsiýeti) bilen aýnanyň “ l ” ölçeği arasyndaky baglanyşyk.

Komponenti ýerleşdirmegiň funksiýalarynyň realizasiýalarynyň düzlenmesinde aýnanyň ölçeğini - egriniň düzlenmesinde alynýan U durnuksyzlyk (üýgemeklik) synap görmegiň berlen şertlerinde (nugalyklaryň ölçepleri we duran ýeri, görnüş, synap görmegiň dykzlygy we ş.m.) mümkin bolan realizasiýalaryň içinde orta egriniň M_x durnuksyzlygyna ýakyn bolar ýaly edip kabul etmeli.

Munuň üçin tutuş keş bilen synap görmede synag meýdançasynda komponentiň durnuksyzlygynyň (üýtgemesiniň) egrisini gurýarlar. Egrini dürli ölçeğdäki aýnalar bilen düzleýärler (3.8-nji a,b,w surat). Düzlenen egrileriň U durnuksyzlygyny kesgitleýärler. Aýnanyň l ölçeği we düzlenen egrileriň U_i durnuksyzlygy arasynda (3.8-nji g surat) gurnalýan baglanyşyk boýunça ýerleşdirme funksiýalaryň realizasiýalaryny düzlemäge kömek edýän aýnanyň ölçeğini kesgitleýärler. Berlen ýagdaýda aýnanyň ölçeği 4 m diýip kabul edilendir.

Şeýle-de düzleme aýnasynyň ululygyny – awtokorrelýasion funksiýany, awtokorrelýasiýanyň radiusyny we gatnaşyk boýunça kanuny düzüm böleginiň saýlanyp alynmagynyň talap edilýän takyklygyny göz önünde tutmak bilen tötänleýin we kanunalaýyk durnuksyzlyklaryň (üýtgemeleriň) gatnaşygy esasynda hem kesgitleýärler:

$$m = \frac{(1-\eta_3^2)\eta_T^2}{(1-\eta_T^2)\eta_3^2} \quad (3.64)$$

bu ýerde, m – düzleme aýnasyndaky nusgalyklaryň sany; (η_3^2) – saýlap almak boýunça korrelýasion gatnaşyk; (η_T^2) – düzlemeden soňra talap edilýän korrelýasion gatnaşyk.

4-nji baş

Topografiki tertipli funksiýalar we olaryň grafiki aňlatmalary bilen matematiki amallar

§1. Umumy düşüňjeler.

Topografiki tertipli üstler analitiki taýdan, gutarnyklylyk, bir belgililik (kesgitlilik), üznüksizlik we birsydyrgynlylyk (ПЛАВНОСТЬ) häsiýetlerini kanagatlandyryýan $z=f(x,y)$ funksiýa arkaly aňladylýar. Aýratyn san bahalary boýunça topografiki üst planda kesişmeýän izoçyzyklar ulgamy görnüşinde şekillendirilip bilner.

Topografiki funksiýanyň grafiki aňladylşy bilen goşmak, aýyrmak, köpeltmek, bölmek, kökten çykarmak we derejä götermek, differensirlemek, integrirlemek, berleniň funksiýasy bolup durýan üsti kesgitlemek, täze koordinatalar ulgamynda berlen topografiki üstüň izoçyzyklaryny özgertmek (ortogonal, affinely, proyektiv we beýlekiler) bilen baglanyşykly işleri ýerine ýetirmek, berlen üsti erkin tekizlige ýa-da başga üste proyektirmek ýaly amallary geçirip bolýar.

Professor P.K. Sobolewskiý tarapyndan işlenilip düzülen matematiki amallaryň enjamy dag we gözleg işiniň köp sanly praktiki meselelerini şol sanda analitiki taýdan çözülmeyän meseleleri hem çözmäge mümkinçilik berdi.

Matematiki amallaryň geçirilmesi talap edilýän iki ýa-da birnäçe üstler, proyeksiýanyň şol bir tekizliginde (şol bir kagyзда bolmasy hökmany däl), şol bir masştabda şekillendirilmelidir.

Topografiki üstleriň goşulmasynyň we aýrylmasynyň dowamynda izoçyzyklaryň şol bir kesigiň umumy birliginden geçirilmesi maksada laýykdyr. Bu hem öz gezeginde belli bir derejede meseleleriň çözülmegini ýeňilleşdirýär hem-de tizleşdirýär, çünki gözlenilýän üstüň izoçyzyklary başlangyç üstlerde bolşy ýaly şol bir kesikden alynýar. Eger matematiki amallaryň geçirilmesi gerek bolan iki sany üst, iki sany planda şekillendirilen bolsa, onda planlary koordinata torlarynyň birbelgili oklary gabat geler ýaly edip bir-biri bilen utgaşdyrýarlar.

§2. Topografiki tertipli üstler bilen arifmetiki amallar

Aýyrmak. Planda izoçyzyklarda iki sany üst berilendir. Bularyň her biri gutarnyklylyk, bir belgililik, üznüksizlik we birsydyrgynlylyk (G.B.Ü.B.) şertlerini kanagatlandyryýan $z_1=f_1(x,y)$ we $z_2=f_2(x,y)$ funksiýalar bilen aňladylýar.

Planyň islendik nokadynda $z_1 - z_2=z$ bahalaryň tapawudy doly derejede kesgitli gutarnykly ululykdyr, şeýle-de gutarnyklylyk, bir belgililik, üznüksizlik we birsydyrgynlylyk şertlerini kanagatlandyryýan, ýagny topografiki tertipli üst bilen aňladylýan käbir $z_3=f_3(x,y)$ funksiýadyr.

Topografiki üsti aýyrmaklyk bilen baglanyşykly meseleler çözülende planyň bütin çäklerinde ýa-da onuň aýry böleklerinde şeýle ýagdaýlar ýüze çykyp bilýär, ýagny iki üst bilelikde goýulanda olaryň ikisiniň hem izoçyzyklary dörtburçlyklary emele getirip kesişipbilýär; ýa-da bir tarapa ýa-da garşylyklaýyn taraplara ugrukdyrylyp kesişmän hem bilýärler we bu üstleriň izoçyzyklary planda çylşyrymly konfigurasiýa eýe bolýarlar.

1. Izoçyzyklar kesişýärler (4.1-nji surat). Üstleriň $R=P-Q$ tapawudynyň izoçyzyklaryny gurmak üçin haýsam bolsa izoçyzykly dörtburçlygy alýarlar, mysal üçin: $a_{10}b_{11}c_{10}d_9$. Onuň depesinde - izoçyzyklaryň kesişme nokatlarynda – olaryň bellikleri boýunça degişlilikde 10, 11, 10, 9 deň bolan tapawutlary tapýarlar.

Dörtburçlygyň iki garşylyklaýyn nokatlarynyň tapawudynyň birmeňzeş bahalaryny diagonal – gözlenilýän üstüň izoçyzygynyň elementi bilen birleşdirýärler (punktir çyzyk). Eger munuň dowamynda onuň uzalmasynyň (прости́вание) ugruny ugur görkezgiç (strelka) bilen belgilesek (gaçyş - bahasy kiçi bolan bellige tarap ugrukdyrylýar), onda şeýtmek bilen gözlenilýän üstüň ähli beýleki izoçyzyklarynyň bellikleriniň yzygiderligi kesgitlenýär, ýagny: netijedäki üstüň izoçyzyklaryzygygiderlikde izoçyzykly dörtburçlygyň diagonallary boýunça geçer. Bu kadany bilmek bilen, izoçyzyklaryň ähli kesişme nokatlarynda tapawutlary kesgitlemek gerek bolmaýar.

2. Izoçyzyklar kesişmeýärler. Bu ýagdaýda hem planda bellikleriň tapawudy bütün sanlar bilen aňladylýan nokatlary tapmaly (4.2-nji surat).

4.1-nji surat: Bir-biri bilen kesişýän izoçyzyklarda iki topografiki üstüň aýrylmasy

4.2-nji surat: Izoçyzyklar kesişmedik ýagdaýynda topografiki üstleriň aýrylmasy

Munuň üçin iki sany izoçyzygyň interwallarynda yzygiderlikde üstleriň hyýaly kesişmesi bolup geçer ýaly aşakydan käbir bütün sany aýyrýarlar ýa-da ýokarka käbir bütün sany goşýarlar.

Utgaşdyrylan planda *ab* çyzygy – takmynan izoçyzyklara perpendikulýar boýunça profiliň tekizliginiň yzyny (след) geçirýärler. Mundan soň bu çyzykda birmeňzeş masştabda iki üstüň hem profilini gurýarlar we ony çyzgynyň tekizligi bilen utgaşdyrýarlar. Profilleriň *M* kesişme nokadyny perpendikulýar boýunça *ab* çyzyga äkidýärler we planda *m* nokady alýarlar, bu ýerde tapawut bütün sana deňdir.

Bu nokadyň belgisi: aralarynda gurulan profilleriň kesişdigi iki sany berlen üstüň kiçi ýa-da uly izoçyzyklarynyň tapawudyna deňdir. Şunuň ýaly birnäçe düzülişleri geçirmek bilen üstünden tapawut izoçyzyklaryny geçirip bolýan nokatlar alynýar.

Praktiki taýdan göniden-göni planda profilleriň gurulmasyna zerurlyk ýokdyr. Munuň üçin trafarediň bolmasy, ýagny woskowkada (восковка) bir-birinden erkin daşlykda “uly” cd_{uly} we “kiçi” $ab_{kiçi}$ iki sany parallel çyzyklaryň çyzylmasy ýeterlikdir (4.2-nji surat). Woskowkany mümkin boldugyça izoçyzyklara perpendikulýar ýagdaýda planyň üstüne goýmak bilen, trafarediň uly we kiçi çyzyklarynyň üstleriň izoçyzyklary bilen kesişme nokatlaryny göniler bilen birleşdirip çyzyklaryň arasynda tekizlikleriň profillerini gurýarlar.

3. Başlangyç üstleriň izoçyzyklary planda çylşyrymly konfigurasiýa eýe. Bu ýagdaýda iki topografiki üstüň planynda tapawutlary ilki bilen düwün nokatlarynda kesgitleýärler. Soňra “aýnalarda” kömekçi nokatlar üçin tapawutlary kesgitleýärler, olar kwadrat tor boýunça ýerleşdirilýär. Alynan bellikler boýunça gözlenilýän üstüň tapawudynyň izoçyzyklarynyň interpolirrowaniýasyny we gurulmasyny ýerine ýetirýärler.

Topografiki tertipli üstleriň aýrylmasyny praktiki taýdan şu aşakdakylaryň gurulmasynda ulanýarlar:

gazylyp alynýan peýdaly magdanyň zaleganiýasynyň (ýatmasynyň) izoçuňlugynyň we plastyň üste çykmasynyň çyzygyny tapmak (sebitiň relýefiniň üstünden ýatakçanyň üstki gatlagyny (krowlýasyny) aýyrmak) planynyň gurulmasynda;

ýönekeý gurluşly ýatakçanyň izokuwwatynyň (изомощность) planynyň gurulmasynda (ýatakçanyň üstki gatlagynyň üstünden ýatakçanyň topragynyň (почва) üstüni aýyrmak);

çylşyrymly gurluşly plastyň arassa kömür gatlaklarynyň izokuwwatynyň gurulmasynda (plastyň umumy kuwwatynyň izoçyzyklaryndan jynslaýyn aralyk gatlaklaryň kuwwatynyň aýrylmasy);

ýatakçanyň bir bölegi özleşdirilende onuň asma ýagdaýyndaky we ýatan ýagdaýyndaky gapdallarynda galdyrylýan izokuwwatlaryň gurulmasynda (ýatakçanyň ekspluatasion kuwwatynyň izoçyzyklaryndan çykaryp alynýan kuwwatyň ýa-da onuň hemişelik ululygynyň izoçyzyklaryny aýrylmasy);

bellenilen gorizontlar (gatlaklar) arasyndaky izoaralyklaryň gurulmasynda;

içgin öwrenilen plast bilen az öwrenilen plastyň badaşmaly (соподчинённый) zaleganiýasynda (ýatmasynda), içgin öwrenilen plastyň plany boýunça az öwrenilen plastyň üstüniň gurulmasynda (içgi öwrenilen plastyň üstünden plastlar arasyndaky jynslaryň izokuwwatlarynyň aýrylmagy);

içgin öwrenilenüst bilen berlen dykzylykly tor (ulgam) bilen gözleg işleriniň geçirilmesi netijesinde ýüze çykarylýan üstüň arasyndaky tapawudyň ululgynyň gurulmasynda; şeýle-de beýleki köp sanly meseleler çözüleninde.

Goşulmada-da edil aýyrmakda bolşy ýaly, izoçyzyklaryň şol bir özara ýerleşiş ýagdaýlary bolup bilýär.

Eger iki üstüň izoçyzyklary kesişýän bolsa (4.3-nji surat), onda iň soňky $a_{14}c_{14}$ wektor (diagonal boýunça) 14 belgili S umumy üstüň izoçyzygynyň elementi bolup durýar. Süstüň beýleki izoçyzyklaryny goňşy dörtburçlyklaryň diagonallary boýunça geçirmelidir.

Eger izoçyzyklar kesişmeýän bolsa, onda olaryň goşulmasyny aýyrmak bilen çalşyryrlar:

$$S=P+T=P-(-T).$$

Munuň üçin goşulýan üstleriň haýsam bolsa biriniň izoçyzyklaryň belliklerini şertli ýagdaýda ters alamlara öwürýärler, bu üstüň uly izoçyzyklary kiçi bolýar, kiçiler bolsa uly bolýar (4.4-nji surat).

Mundan soňra gözlenilýän üstüň izoçyzyklarynyň bütin san bellikli nokatlary, edil aýyrmada trafarediň ýa-da iki sany parallel çyzygyň kömegi bilen nokatlaryň tapylşy ýaly tapylýar.

Eger goşulýan üstleriň izoçyzyklary planda çylşyrymly konfigurasiýany emele getirýän bolsa, onda bu ýagdaýda umumy üstüň izoçyzyklaryny kömekçi kwadrat paletkanyň kömegi bilen gurýarlar.

Paletkany utgaşdyrylan üstleriň planynyň ýüzüne goýýarlar, paletkanyň nokatlarynda berlen üstleriň izoçyzyklary boýunça jemlenen (umumy) bellikleri kesgitleýärler. Kesigi bellemek bilen (задавшись сечением) bellikler boýunça gözlenilýän üstüň izoçyzyklaryny gurýarlar.

Berlen üstden tekizligiň, ýagny belligi hemişelik bolan üstüň aýrylmagy ýa-da goşulmagy başlangyç üstüň izoçyzyklarynyň belliklerini hemişelik ululyga artdyrmak ýa-da kiçeltmek bilen ýerine ýetirýärler. Eger munuň netijesinde izoçyzyklaryň bellikleri kesige kratnyý bolmasa, onda bellikleri kesige kratnyý bolan izoçyzyklary grafiki interpolirowaniýanyň kömegi bilen geçirýärler. Edil şunuň ýaly hereketleri, tekizlige üsti goşmak ýa-da aýyrmak gerek bolan ýagdaýynda hem ýerine ýetirýärler.

Topografiki tertipli üstleriň goşulmasyny praktiki taýdan şu aşakdakylarda ulanýarlar:

izokuwwatlary boýunça bir-biriniň üstünde ýatýan (zalegat edýän) birnäçe ýatakçalaryň birwagtda ätiýaçlyklary hasaplanylanda;

haçanda her biriniň üýtgemesi topografiki tertipli üst bilen şekillendirilýän birnäçe faktory hasaba almak bilen, şahtanyň dik deşiginiň goýulmasynyň ýerini saýlamak baradaky mesele çözüleninde;

iň az derejede aragatnaşyk çykdaýylaryny etmek bilen ýükleri äkitmegiň nokadyny kesgitlemek baradaky mesele çözülide we ş.m.

Her biri aýratynlykda grafiki taýdan topografiki tertipli üst görnüşinde aňladylan $K=f(x,y)$ we $L=\varphi(x,y)$ iki funksiýanyň *köpeldilmegi*.

Bu funksiýalaryň umumy görnüşde köpeltmek hasyly:

$$KL = f(x,y) \varphi(x,y) = F(x,y) = M.$$

Eger planyň x_1 we y_1 koordinataly islendik nokady üçin K_1 we L_1 funksiýalaryň bahalary gutarnykly baha eýe bolsa, onda planyň şol bir $(x_1; y_1)$ nokadynda $K_1L_1=M$ köpeltmek hasyly ýeterlik derejede kesgitli we gutarnykly baha eýedir.

4.3-nji surat: Iki üstüň izoçyzyklary kesişen ýagdaýynda, olaryň goşulmasynyň çyzgysy

4.4-nji surat: Iki üstüň izoçyzyklary kesişmedik ýagdaýynda, olaryň goşulmasynyň çyzgysy

$M=F(x,y)$ funksiýasy hem ýokarda agzalyp geçilen birbelgililik, gutarnyklylyk, üznüksizlik we birsydyrgynlylyk şertlerini kanagatlandyrýar, diýmek, onuň grafiki aňladylmasy topografiki tertipli üst bolup durýar.

Şunuň ýaly $K=f(x,y)$ we $L=\varphi(x,y)$ funksiýalary bilen kesgitlenýän iki üstüň praktikada köpeldilmesini şu aşakdaky usullar arkaly ýerine ýetirip bolýar:

Birinji usul. Iki berlen üstüň köpeltmek hasylynyň izoçyzyklarynyň kesiklerini kesgitleýärler (4.5-nji surat).

Munuň üçin köpeldilýän üstleriň köpeltmek hasylynyň minimal ýa-da maksimal bahasyny tapýarlar (biziň mysalymyzda minimal baha $2 \times 5 = 10$, maksimal baha $7 \times 8 = 56$ deň bolýar), şeýle-de grafiklerde şekillendirilen her üstüň sanyny kesgitleýärler (biziň mysalymyzda 7 we 5). Üsleri köpeltmegiň maksimal we minimal bahalarynyň arasyndaky tapawudy izoçyzyklaryň orta bahasyna, ýagny 6-a bölýärler. 0 ýa-da 5 bilen gutarýan ýakyn sana çenli tegleklenen ($56:6 \cong 10$) bölünmäniň netijesi hem öz gezeginde M jemlenen (umumy) funksiýanyň (суммарная функция) izoçyzyklarynyň kesigin kesgitleýär.

Köpeltmek hasyly ululygy boýunça saýlanylan kesigiň ululygyna kratnyý bolan izoçyzyklaryň kesişme nokatlaryny belleýärler; mysal üçin degişlilikde 10,

20, 30 we 40 belliklere eýe bolan a_1, b_1, c_1, d_1 nokatlar şeýle nokatlardyr. 10,20,30 we ş.m. köpeltmek hasyllary aralyk izoçyzyklar köpeldilýän üstleri kesip geçende alyp bolýar.

L üstäki mysal üçin belligi 7 bolan izoçyzykda K üstäki izoçyzyklaryň belligi $30:7=4,3$ deň bolan c_3 nokady belleýärler. Soňky izoçyzygy interpolirlemek arkaly K üstüň izoçyzyklary boýunça gurýarlar. Soňra edil şunuň ýaly usul bilen L üstüň 8-nji izoçyzygynda funksiýanyň bahasy $30:8=3,7$ deň bolan c_5 nokady tapýarlar we ş.m.

c_1, c_2, \dots, c_5 alynan nokatlary birsydyrgyn egričyzyk (galyň egričyzyk) bilen birleşdirýärler we netijede alynýan egričyzyk üstüň 30 belgili izoçyzygy bolup durýar.

Edil şunuň ýaly b_2 we b_3 nokatlary kesgitleýärler we M üstüň 20 belgili izoçyzygyny geçirýärler we ş.m.

Ikinji usulyň özeni birnäçe I – I we V – V profil kesiklerini geçirmekden ybaratdyr (4.6-njy surat).

Her kesik boýunça her köpeldilýän üstüň logarifmiki egrisini gurýarlar; X okda köpeldilýän üstleriň izoçyzyklarynyň profiliň proyeksiýasy bilen kesişme nokatlaryny belleýärler, Y oky boýunça bolsa belli bir masştabda bu nokatlaryň bahalarynyň logarifmlerini alyp goýýarlar. 4.6-njy suratda şunuň ýaly egriler I-I kesik boýunça gurulandyr.

Gurulan egrileriň ordinatalaryny grafiki ýagdaýda goşýarlar, netijede: $\lg K + \lg L = \lg M$ jemiň egrisini geçirer ýaly birnäçe nokatlary alýarlar.

Alynan egrini potensirleýärler (потенцировать), ýagny köpeldilýän funksiýalaryň köpeltmek hasylynyň üstüniň izoçyzyklarynyň saýlanylan kesigine kratnyý bolan basgançaklaýyn bellikleri tapýarlar (biziň mysalymyzda 10 kratnyý) we olary plana geçirýärler.

Eger profiliň çyzygy boýunça başlangyç üstde birden kiçi we noldan uly belligi bolan izoçyzyklary bar bolsa, onda ilki bilen bu profil boýunça izoçyzyklaryň ähli bellgilerini bütin sana köpeldýärler we soňy bilen jemlenen (суммарной) logarifmiki egriniň basgançaklaýyn belgilerini bu sana bölýärler.

Haçanda başlangyç üstleriň izoçyzyklary planda gaty çylşyrymly konfigurasiýa eýe bolanda üçünji usuly ulanýarlar. Utgaşdyrylan planda

izoçyzyklaryň kesişme nokatlarynda olaryň belgileri (bellikleri) boýunça köpeltmek hasyly (произведение) tapýarlar we bellikler boýunça köpeltmek hasylyň üstüniň interpolirowaniýasyny we gurulmasyny ýerine ýetirýärler (ilki bilen olaryň kesiklerini kesgitlemek bilen).

Topografiki tertipli üstleriň köpeldilmegini köp sanly dag-geometriki meseleleriň çözülmesinde ulanýarlar. Ýatakçanyň kuwwatynyň izoçyzyklaryny metallyň orta düzümi (mukdar) bahalarynyň izoçyzyklaryna köpeltmek bilen, täze izoçyklary alýarlar we olary magdanyň massasynyň dykzlygynyň orta bahasyna köpeltmek bilen ýatakçada metal gorlarynyň ýerleşdirilşini (ýerleşişini) şöhlendiriýän üsti alýarlar. Massiwiň dartgynlygynyň grawitasion meýdanynyň izoçyzyklaryny bu massiwiň galyjy süýşme deformasiýasynyň izoçyzyklaryna köpeltmek bilen dag jynslarynyň anizotrop massiwiň dartgynly ýagdaýynyň izoçyzyklardaky meýdanynyň şekilini alýarlar.

Üstleriň köpeldilmegi - nebitli (gazly) gatlaklaryň izokuwwatlarynyň öýjüklilik (пористость), doýgunlyk (насыщение), nebit berijilik we beýleki koefisiýentlere köpeldilmegi bilen nebitiň we gazyň gorlary sanalanda praktiki taýdan gaty giňden ulanylýar, koefisiýentleriň bahalarynyň üýtgemegi öz gezeginde topografiki tertipli üstler görnüşinde aňladylýar.

Iki üstüň bölünmesiniň netijesi hem

$$L=M/K=P(x,y)/f(x,y)=\varphi(x,y)$$

grafiki taýdan üst görnüşinde aňladylýar.

K we L funksiýalaryň bahalary noldan geçip bilýänligi üçin, bölünmäniň netijesi käbir nokatlarda tükeniksizlige gidip bilýär we täze funksiýa topografiki tertipli üstleriň gutarnyklylyk häsiýetini kanagatlandyрмаýar.

Emma, eger sanawjyda duran funksiýa ýer jümmüşiniň kesgitli häsiýetlerini aňladýan bolsa, bu meýdançalarda üstleriň bölünmeginiň praktiki taýdan manysy bolmaýar, çünki nol belgili izoçyzyk ýatakçanyň görkezijisi bolmadyk meýdançany çäklendirýär.

Üstleriň grafiki taýdan bölünmegini köpeltmege meňzeş ýerine ýetirýärler. Üstleriň bölünmegi bilen şeýle meseleler çözülýär: kändäki komponentiň mukdarynyň orta bahasyny kesgitlemek; ýatakçanyň dürli görkezijileriň arasyndaky gatnaşyklary ýüze çykarmak; kánleriň açyk özleşdirilmesinde nasoslaryň izokuwwatynyň (**zaleganiýanyň** izoçuňluklarynyň) ýatakçanyň

izokuwwatyna bölünmegi bilen **wskryşanyň** (gazylyp alynýan peýdaly zatlaryň üstündäki gerekmez jynslaryň) koeffisiýentiniň izoçyzyklaryny kesgitlenmek. Komponentleriň (goşundylaryň) izodüzümini bölmek bilen, mysal üçin, izoçyzyklarda bir komponentiň bir birlik mukdaryna beýleki komponentiň näçe birliginiň düşýänligini kesgitlep bolýar. Edil şuna meňzeşlikde ýatakçanyň bir birlik kuwwatyna ýa-da göwrümine düşýän komponentiň birlik sanyny, şeýle-de magdanly we magdansyz gatlaklaryň kuwwatlarynyň arasyndaky gatnaşygy kesgitleýärler.

§ Topografiki tertipli üstleriň üstünden algebraik amallar

Derejä götermek we kökten çykarmak. Eger $S=F(x,y)$ funksiýa topografiki tertipli üstüň häsiýetlerine eýe bolsa, onda ol derejä göterlende:

$$S_{\Delta}^n = [F(x,y)]^n = \varphi(x,y)$$

ýa-da kökten çykarylanda

$$S^{1/n} = [F(x,y)]^{1/n} = f(x,y)$$

şol bir häsiýete eýe, topografiki tertipli üstler bolup durýan täze funksiýalaryň alynjagy mese-mälimdir.

Planda izoçyzyklarda görkezilen topografiki tertipli üsti derejä götermek ýa-da kökten çykarmak üçin her izoçyzygyň belligini derejä göterýärler ýa-da ony kökten çykarýarlar. Alynan netijeleri degişli izoçyzyklaryň ýanynda ýazýarlar.

Başlangyç üstüň täze bellikli izoçyzyklary gözlenilýän üsti emele getirýärler. Emma täze üstde izoçyzyklaryň kesikleri durnuksyz bolýar. Olary durnukly kesik bilen geçirmek üçin ilki bilen kesigiň ululygyny saýlaýarlar. Munuň üçin täze belgileriň (bellikleriň) iň uly we iň kiçi bahalarynyň tapawudyny başlangyç üsti emele getirýän izoçyzyklaryň sanyna bölýärler. Mundan soňra grafiki interpolirowaniýanyň kömegi bilen planda berlen izoçyzyklaryň arasynda saýlanylan kesige kratnyý bolan bellikli izoçyzyklary geçirýärler.

Praktikada üstüň derejä göterilmegini ölçegler ulgamy (skwažinalar) tarapyndan kabul edilen görkezijiniň açylan üstüniň hakyky üstden kwadratiki ýa-da beýleki derejeleýin gyşarmalaryny (üýtgemelerini) kesgitlemek üçin we birinji bilen derejeleýin baglanyşygy bolan ikinji görkezijiniň ýerleşdirme izoçyzyklarynyň gurulmasynda ulanýarlar.

Differensirleme. $P=\varphi(x,y)$ topografiki üstüň skalýar häsiýeti bardyr. Topografiki üstüň önümi $\partial\varphi/\partial S$ wektorlaýyn-topografiki üst bolup durýar.

Berlen üstüň käbir m nokadynda (4.7-nji a surat) P funksiýa käbir dürli aňlatmalar arkaly häsiýetlendirilýär. Mysal üçin, bu nokatda P funksiýanyň bahasy 12-ä deň. Plan boýunça bu nokadyň x_m we y_m koordinatalaryny kesgitläp bolýar; iň uly ýapgytlyk (eňňitlik-скат) çyzygynyň ugrunyň direksion burçuny, m nokatdan geçýän NmM^1 burçuny ölçäp bolýar (4.7-nji b surat), bu çyzygyň $\text{tg}\delta=h/m$ gorizonta görä δ ýapgytlyk burçuny (угол наклона) hasaplap çykaryp bolýar.

4.7-nji surat: Topografiki üstüň differensirlenmeginiň çyzgysy

Berlen m nokadynda topografiki üsti häsiýetlendirýän beýleki geometriki elementleriň içinde topografiki üstüň gradientleri we normal kesikleriň egriliginiň elementleri gaty gyzyklanma döredýär.

Topografiki üstüň gradienti diýlip - $\partial z/\partial S$ önüme aýdylýar, bu ýerde z -beýiklik; S – erkin gorizont (azimutal) ugrur.

$\partial z/\partial S$ önümi – topografiki üstde berlen m nokadynda, a_s azimutynda alynan galtaşmanyň (касательная) gorizont bilen emele getirýän burçuň tangensidir. Şeýle galtaşmalaryň geometriki ýeri tekizlik bolup durýar.

Berlen nokatda üstüň gradiýenti - bu kesgitli ululygy we ugry bolan wektor bolup durýar. Ol san taýdan ulalma (ösüş - восстание) burçunyň tangensine deňdir we planda saýlanylan masştabda kesimiň uzynlygy arkaly aňladylýar, ugry bolsa doly derejede iki burç – ulalma (ösüş-восстание) we azimut burçy arkaly kesgitlenilýär. Topografiki üstüň differensirlenmesinde plana diňe ulalma (ösüş-восстание) gradiýentleri bellenilýär.

Berlen nokatda topografiki üstüň gradiýenti, 0-dan (haçanda ugry uzalma çyzygy bilen gabat gelende) maksimuma (haçanda ol iň uly ýapgytlyk (eňňitlik-скат) çyzygy bilen gabat gelende) çenli üýtgeýän birnäçe bahalara eýe bolup bilýär.

Topografiki üstüň berlen nokadynda gradiýentiň maksimal bahasyna esasy gradiýent diýilýär, gradiýentleriň beýleki bahalarynyň ählisine bolsa azimutal gradiýentler diýilýär.

Azimet boýunça 90° -a tapawutlanýan berlen nokatdaky iki sany erkin azimutal gradiýentiň kwadratlarynyň jemi – esasy gradiýentiň kwadratyna deň bolan hemişelik ululyk bolup durýar.

4.7-nji w suratdan şuny alarys: $\text{tg}\delta=h/m$, emma $B=ma\cos\beta$; $B=mb\cos\gamma$, onda:

$$\text{tg}\delta_1=h/(ma)=h/B/\cos\beta=h/B=h/B\cos\beta;$$

$$\text{tg}\delta_2=h/(mb)=h/B/\cos\gamma=h/B\cos\gamma;$$

ýa-da

$$\text{tg}\delta_1=\text{tg}\delta\cos\beta; \text{tg}\delta_2=\text{tg}\delta\cos\gamma;$$

Kwadrata göterip we iki bölegi hem goşup, alarys:

$$\text{tg}^2\delta_1+\text{tg}^2\delta_2=\text{tg}^2\delta(\cos^2\beta+\cos^2\gamma).$$

$\beta+\gamma=90^\circ$, ýa-da $\beta=90^\circ-\gamma$ diýip çak edip, alarys:

$$\text{tg}^2\delta_1+\text{tg}^2\delta_2=\text{tg}^2\delta;$$

ýa-da

$$G=+\sqrt{g_\beta^2+g_{90^\circ-\beta}^2}$$

ýa-da

$$(\partial z/\partial B)^2=(\partial z/\partial x)^2+(\partial z/\partial y)^2$$

4.8-nji surat: 4.7-nji suratda şekillendirilen üstün meýdanynyň wektorlaýyn-gradiýent plany.

Şeýlelikde, azimuty boýunça 90° tapawutlanýan iki gradiýentiň ululygy belli bolanda esasy gradiýentiň tapylmasy mümkin bolýar.

Üstün planynda diňe esasy gradiýentiň bilinmesi hökmanydyr, çünki islendik beýleki azimutal gradiýenti $g^\beta=G_0\cos\beta$ formula arkaly kesgitlep bolýar, bu ýerde β $0\pm 90^\circ$ aralygynda üýtgeýär.

Bu ýerden hem, berlen üstün grafiki differensirlenmeginiň ýoly gelip çykýar.

Üstüň nokatlarynda izoçyzyklaryň **založeniýasy** we kesigi boýunça ýapgytlylyk burçynyň (ulalma burçunyň) tangensiniň san bahasyny kesgitleýärler. Wektorlaryň masştablaryny saýlap, mysal üçin tangensiň 0,001 ýa-da 0,01 bahasyny 1 mm deň edip kabul edip, wektorlaryň mm-däki bahalaryny tapýarlar we olary nokatlardan ulalma tarap alyp goýýarlar. Netijede berlen üstüň wektor meýdançasyny ýa-da onuň differensialyny alýarlar (4.8-nji surat). Berlen üstüň önümi (производный) deň gradiýentleriň izoçyzyklarynda aňladylyp biliner. Munuň üçin ýapgytlyk burçlarynyň tangensleriniň bahalary boýunça üstüň nokatlarynyň gabadynyda interpolirovaniýadan soň gradiýentleriň izoçyzyklaryny gurýarlar (4.9-njy surat).

Bir-biriniň üstüne goýulan topografiki üst we izogradiýentleriň üsti gradiýentleriň wektorlarynyň bütin ulgamyny kesgitleýärler. Bularyň birinjisi gradiýentiň koordinatasyny we ugruny berýän bolsa, ikinjisi gradiýentiň (wektoryň) ululygyny berýär.

4.9-njy surat: 4.7-nji suratda şekillendirilen üstüň izogradiýentleriniň plany.

Üstüň izogradiýentleri gurulanda, gradiýentleri kesgitläp bolýan nokatlary ýa-da (tor boýunça) deňölçegde ýerleşdirýärler ýa-da planda - gradiýentiň ululygy izogradiýentleriň kesigine kratnyý bolan nokatlary tapýarlar. Munuň üçin ilki başda berlen gradiýente laýyk gelýän **založeniýany** aşakdaky formula boýunça kesgitleýärler:

$$a = h / \operatorname{tg} \delta,$$

bu ýerde, h – başlangyç üstüň kesigi; $\operatorname{tg} \delta$ – izogradiýentleriň kesigine kratnyý bolan gradiýentiň bahasy.

Tapylan **založeniýalar** boýunça gradiýentleri kratnyý bolan nokatlary tapýarlar. Wektorlary - berlen üstüň gradiýentlerini – gipsometriki çyzgyjyň ýörite gyşarma (уклон) şkalasy arkaly gurup bolýar.

Integrirlemäni haçanda wektorlaýyn-topografiki üst bar bolanda ýerine ýetirýärler. Integrirleme öz gezeginde skalýar topografiki üste getirýär. Ol hem iki teorema esaslanýar.

Eger wektorlaýyn-topografiki üstde, aralarynda wektorlaýyn-gradiýent ýoly gurup bolýan $A(x, y, z)$ we $B(x_2, y_2, z_2)$ iki nokady alsak, onda nokatlaryň arasyndaky erkin wektor ýoly boýunça alynan integral - wektor ýolunyň figurasyna (konturyň

ýoluna ýa-da formasyna) bagly bolmaýar we bu nokatlaryň beýiklik belgileriniň tapawudyna deň bolýar:

$$\int g_s ds = \int_{z_1}^{z_2} df = z_2 - z_1$$

2. Islendik ýapyk kontur boýunça geçirilen ýapyk wektor ýolunyň integraly nola deňdir:

$$\int g_s ds = 0$$

Birinji teorema özleşdirilýän wektorlaýyn-topografiki üst bilen gatnaşykda integral bolup durýan şol bir topografiki (skalýar) üsti degişli izogipslerde dikeltmek üçin gerekli bolan we ýeterlik mukdarda bir-biri bilen bagly bolan Δz tapawutlary tapmaga mümkinçilik berýär.

Ikinji teorema praktiki gözegçilikleriň takyklygynyň barlagyny alyp barmaga we toplanýan kemçilikleri düzetmäge mümkinçilik berýär.

4.7-nji suratda görkezilen üstüň differensirlenmesi netijesinde alynan wektorlaýyn-gradiýent meýdanyň plany 4.8-nji suratda görkezilendir. Bu üstüň izogradiýentleri 4.9-njy suratda görkezilendir.

Eger şeýle usul bilen 4.7-nji suratda skalýar ýagdaýda şekillendirilen üstüň wektorlaýyn-gradiýent meýdany kesgitlenen bolsa (4.8 we 4.9-njy suratlar), onda wektorlaýyn-gradiýent meýdany grafiki integrirlemegiň ýoly bilen bu üstüň skalýar grafigini gurup bolýar. Başga sözler bilen aýdylanda, 4.7-nji suratdaky grafiki skalýar şekili 4.9-njy suratda berlen şol bir üstüň izogradiýentlerdäki şekiliniň integraly diýip hasap edip bolýar.

Praktikada üstüň grafiki integrirlenme prosessi aşakdaky ýaly ýerine ýetirilýär. Goý, käbir üst 4.8-nji we 4.9-njy suratda görkezilşi ýaly özüniň wektorlaýyn-gradiýent meýdany bilen kesgitlenen bolsun. Onuň integral şekilini gurmak üçin (4.7-nji surata seret), ilki bilen onuň birnäçe nokadynyň belgilerini kesgitlemek gerek bolýar. Planda, c_2, c_3, \dots nokatlary aralyk nokatlar bolup durýan üstüň c_1, c_7 nokatlary arkaly kesgitlenilýän käbir ugry saýlaýarlar (4.10-njy surat).

c_2 nokadyň c_1 nokatdan artmasy aşakdaky gatnaşyk esasynda kesgitlenýär:

$$h_{2-1} = \overline{c_1 c_2} \operatorname{tg} \beta_1$$

bu ýerde β_1 : $c_1 - c_2$ göni çyzygyň gorizonta ýapgytlyk burçy. c_1, c_2, c_3, \dots nokatlar bir-birine görä näçe ýakyn alynsa, şonçada olaryň artmasy takyk kesgitlenýär.

4.8-nji suratda we 4.10-njy suratda gradiýentleriň ugur görkezgiçleri (strelkalary) arkaly üstüň ulalmasynyň ugry görkezilendir. Eger bu ugur položitel bolsa, onda artma položitel baha eýedir; eger-de gradiýentiň ugry otrisatel bolsa, onda artma hem otrisateldir.

4.10-njy surat: C_1C_7 çyzygy boýunça üstüň gradiýentleriniň gurulmasy (4.8-nji surata seret).

Wektor formasynnda $\nabla\beta$ görnüşinde belgilenen $\text{tg}\beta$ –nyň bahasy gradiýentleriň masştabyna laýyklykda, c_1c_2 bolsa planyň masştabynda kesgitlenilýär. Edil şunuň ýaly usul bilen $\Delta h_{3-2}, \Delta h_{4-3}, \dots, \Delta h_{7-6}$ tapylýar.

$$\Delta h_{5-4} = \overline{c_4 c_5} \nabla \beta_4 = 0,5 \text{ m};$$

$$\Delta h_{6-5} = \overline{c_5 c_6} \nabla \beta_5 = 0,6 \text{ m};$$

$$\Delta h_{7-6} = \overline{c_6 c_7} \nabla \beta_6 = 0,7 \text{ m}.$$

Onda c_7 nokadyň c_1 nokatdan artmasy $\Delta h_{7-1} = \sum h_i$ deň bolar.

Üstüň haýsam bolsa bir nokadynyň “görali belligini” ýa-da “absolýut belligini” bilip we islendik ugur üçin **založeniýany** kesgitlemek bilen bu ugurlarda basgançakly bellikleri belleýärler we bular boýunça 4.7-nji suratda görkezilen üstüň izoçyzyklaryny gurýarlar, bu üst hem öz gezeginde berlen wektorlaýyn-gradiýent meýdana baglylykda integral bolup durýar.

Ýokarda aýdylanlardan grafiki integrirlemäniň hasaplamalar bilen baglanşyklydygy aýdyň görünýär, bu hasaplamalar ýönekeýje hem bolsa üstüň nokatlarynyň artmasy köpçülikleýin kesgitlenende köp wagty talap edýär. Şonuň üçin olary ýörite hasaplaýjy giperboliki paletkalaryň we EHM-leriň ulanylmagy bilen has ýönekeý operasiýalar bilen çalşyryýarlar.

Üstleriň differensirlenmegi we wektorlaýyn-gradiýent meýdanlaryň integrirlenmegi praktikada dag özleşdirme işleriniň dowamynda ýüze çykýan kânleriň we dag jynslarynyň meýdançalarynyň üstleriniň süýşme prosesleri öwrenilende ulanylýar. Eger gözegçiliklerden alynan maglumatlar esasynda belli bir wagt aralygynda ýatakçanyň meýdançasynyň üstüniň nokatlar toparynyň orun

üýtgetmesiniň ululyklary we bu süýşmeleriň ugurlary anyklanan bolsa, onda her bir nokadyň süýşmeginiň netijesini wektorlar arkaly aňladyp bolýar. Wektorlaýyn-gradiýent meýdanyň integrirlenmesini ulanyp, onuň integral şekilini topografiki tertipli üst görnüşinde alyp bolýar.

Magdanly meýdanyň jaýrykly tektonikasyny we magdanlaşma akymyny häsiýetlendirýän topografiki tertipli üsti hem şuna meňzeşlikde tapýarlar. Jaýryklaryň has ýiti ýüze çykma häsiýetine eýe bolan känlerde iň uly jaýryklary saýlaýarlar we olaryň direksion we gaçyş burçlaryny kesgitleýärler. Diýmek, her bir jaýrygy wektor, öwrenilýän meýdançadaky olaryň ýüze çykmasyny bolsa wektor meýdany arkaly şekillendirip bolýar. Wektor meýdanynyň integrirlenmesini ýerine ýetirip, topografiki tertipli üst görnüşinde onuň häsiýetnamasyny alyp bolýar.

§ 4. Grafiki aňladyşy boýunça topografiki funksiýanyň käbir häsiýetleriniň kesgitlenmesi.

Berleniň funksiýasy bolup durýan üstüň tapylmasy. Topografiki üstleriň üstünden ýerine ýetirilýän matematiki amallaryň bu görnüşü berlen üstüň izoçyzyklaryndan belli bir ugur boýunça üstüň belgilerini we ýapgytlyk burçlaryny kesgitlemäge mümkinçilik berýän burçlaýyn izofunksiýalara geçmeklige esaslanýar. Bulara izoýapgytlyklaryň, izotangensleriň, izosekanslaryň, izogradiýentleriň we beýlekileriň gurulmasy degişli edilýär. Eger berlen üstde funksiýalaryň hususy (şahsy, aýratyn - частные) bahalary kesgитлense, onda topografiki üstlere bildirilýän talaplary kanagatlandyryan birnäçe bahalar alynýar, ýagny topografiki tertipli täze üst alynýar.

Mysal hökmünde planda izogipsler görnüşinde görkezilen üstüň ýapgytlyk burçlarynyň izosekanslaryň gurulmasyna seredeliň.

Gurulma prosesini iki usulda ýerine ýetirýärler:

1. Gipsometriki planda her ýanaşyk (смежный) izogips jübüdiň arasynda **založeniýanyň** üýtgeýän häsiýetli ýerlerinde – üstüň ýapgytlyk burçunyň üýtgetmesi bar bolan ýerlerinde izogipslere normal boýunça kesimleri geçirýärler. Ölçenilen **založeniýalar** we gorizontallaryň kesikleri boýunça ilki bilen ýapgytlyk burçlarynyň tangenslerini hasaplaýarlar we soňra natural trigonometriki funksiýalar jedweliniň (tablisasynyň) kömegi arkaly sekanslaryň degişli san bahalaryny tapýarlar we olary kesimleriň merkezinde belleýärler. Kesigi belläp (задавши сечением), belgileriň interpolirowaniýasyny ýerine ýetirýärler we

soňra birmeňzeş bahaly nokatlardan berlen kesigiň ýapgytlyk burçlarynyň izosekanslaryny geçirýärler. Planda izogipsleriň çylşyrymly konfigurasiýasy şertlerinde izosekanslaryň kesiginiň ululygyny: sekanslaryň izoçyzyklarynyň sany planda berlen üsti şöhlelendirýän izogipsleriň sanyna deň bolar ýaly edip alýarlar. Munuň üçin planyň çäklerinde sekansyň iň uly we iň kiçi bahalaryny kesgitleýärler. Hususa iň ýakyn bolan standart sany kesigiň ululygy hökmünde kabul edýärler. Üstüň bir görnüşli uzalmasynda (простираание) we gaçmasynda izosekanslaryň kesiklerini berlen üstüň ýapgytlyk burçunyň her 3-5°-dan kabul edýärler.

2. Gipsometriki planda, üstüň ýapgytlyk burçunyň sekansynyň bahasy izosekanslaryň kesiginiň saýlanylan beýikligine kratnyý bolan nokatlary tapýarlar. Berlen üstüň ýapgytlyk burçunyň izosekanslaryň gurulmasy üçin bu usul belgileriň deslapky interpolirowaniýasyny we artykmaç sandaky nokatlarda ýapgytlyk burçunyň sekansynyň kesgitlenmesini talap etmeýär.

4.11-nji surat: Plastyň topragynyň üstüniň izogipsleri (tutuş) we izosekanslary (punktir).

Bu usulyň özeni şundan ybaratdyr. 4.11-nji suratda görkezilen izogipslerdäki üstüň planynda (biziň mysalymyzda – 1:5000 masştabda her 50 m-den kesikde) iň kiçi we iň uly založeniýaly nokatlarda ilki bilen tangensleri, soňra bolsa natural trigonometriki funksiýalar jedweliniň (tablisasynyň) kömegi arkaly ýapgytlyk burçlarynyň sekanslaryny kesgitleýärler:

$$\operatorname{tg}\delta_a = h/l_a = 50/25 = 2,0; \operatorname{sec}\delta_a = 2,241;$$

$$\operatorname{tg}\delta_b = h/l_b = 50/125 = 0,4; \operatorname{sec}\delta_b = 1,077.$$

Sekanslaryň maksimal we minimal bahalarynyň tapawudyny başlangyç üsti şöhlelendirýän izogipsleriň mukdaryna (sanyna) bölýärler we izosekanslaryň kesigini kesgitleýärler:

$$\Delta = (2,241 - 1,077)/4 = 0,291; \Delta = 0,2.$$

Şeýlelikde, izosekanslaryň gurulmasy üçin planda, bahasy 0,2-ä kratnyý bolan sekansly basgançaklaýyn nokatlary tapmak gerek bolýar, ýagny 1,2; 1,4; 1,6.

Bu nokatlar üçin plan boýunça založeniýanyň bahasyny $l = h \operatorname{ctg}\delta$ formula boýunça, oňa natural jedwellerde ýapgytlyk burçlarynyň sekanslarynyň

başançaklaýyn bahalaryna gabat gelyän ctgδ-niň bahalaryny ýerine goýmak bilen hasaplaýarlar (4.1-nji jedwel).

Sirkulyň aýajyklarynyň aralygy bilen ýa-da kagyz bölejiginde planyň masştabynda l aralygy belgiläp her ýanyşyk izogips jübüdiniň arasynda založeniýanyň bahasy l deň bolan nokatlary tapýarlar. Munuň dowamynda sirkulyň aýajyklarynyň aralygyny ýa-da kagyz bölejigini izogipslere normal boýunça ýa-da **olaryň arasyndaky bellenilýän aralyk izogipse normal boýunça goýýarlar**; založeniýalaryň merkezlerinde sekanslaryň degişli belgilerini belleýärler. Birmeňzeş bahaly sekanslary bolan nokatlary birsydyrgun egriler bilen birikdirip berlen üstüň ýapgytlyk burçunyň izosekanslaryny alýarlar. Ýapgytlyk burçlarynyň sekanslarynyň tapylmasy ýörite çyzgyjyň (lineýkanyň) we şkalanyň ulanylmasy bilen ýeňilleşýär.

4.1-nji jedwel

№	secδ	ctgδ	h , m	l , m	1:5000 masştabda plandaky založeniýa (mm)
1	1,20	1,506	50	75,30	15,1
2	1,60	0,800	50	40,00	8,0
3	2,00	0,577	50	28,85	5,8

Sekanslaryň kömegi bilen, zaleganiýasy gatlakly görnüşde bolan gatlakly känleriň gurlary hasaplanylýanda planda izogipslerde şekillendirilen üstüň şeýle-de açyk bildirýän relýefli ýer üstüniň meýdançalarynyň hakyky meýdanyny kesgitleýärler.

Islendik meýdançanyň ýa-da blogyň hakyky S meýdanynyň tapylmasyny izosekanslar boýunça paletkanyň kömegi bilen ýerine ýetirýärler:

$$S = \omega \sum_1^n \sec \delta_i,$$

bu ýerde ω - planyň masştabynda paletkanyň esasyň meýdany.

Planda izoçyzyklar boýunça topografiki funksiýanyň orta bahasyny şeýle hasaplaýarlar.

Planda berlen görkezijiniň üýtgemesini häsiýetlendirýän izoçyzyklar ulgamy, geometriki taýdan ýokardan käbir V giňişligi çäklendirýän üst görnüşinde aňladylýar, proyeksiýanyň tekizligi bu giňişligiň (**ýa-da bu üstüň**) aşaky serhedi bolup durýar, proyeksiýa tekizligine normal boýunça berlen kontury kesip geçýän silindrik üst bolsa gapdallarynyň serhedi bolup durýar. Bu ýerden hem üstüň ortaça belligi ýa-da meýdançada görkezijiniň orta bahasy $Sh_{orta}=V/S$. Eger V göwrümi we meýdançanyň S meýdanyny izoçyzyklaryň plany boýunça planyň masştabynda esasyň meýdany ω bolan nokatlanç paletka arkaly tapsak, onda şuny alarys:

$$V = \omega \sum_1^n h_i; \quad S = \omega \left(n_b + \frac{k}{2} \right) = \omega n;$$

bu ýerden hem

$$h_{orta} = \sum_1^n h_i / n,$$

bu ýerde, h_i – izoçyzykalar boýunça kesgitlenilýän, paletkanyň nokadynda topografiki funksiýanyň bahasy; n – içki kontur nokatlarynyň (n_b) jemine we kontur nokatlarynyň (k) sanynyň ýarysyna deň bolan paletkanyň nokatlarynyň sany.

Bu formuladan meseläniň praktiki çözüwi gelip çykýar. Topografiki funksiýanyň izoçyzyklary bolan planyň üstüne erkin ýagdaýda nokatlanç paletkany goýýarlar. Paletkanyň nokatlarynyň ýanynda kesigiň 1/4 takyklygynda berlen konturyň çäklerinde görkezijiniň hususy bahalaryny kesgitleýärler we olary goşýarlar. Jemi - içki kontur nokatlaryň mukdaryna we kontur nokatlaryň ýarysyna deň bolan paletkanyň nokatlarynyň mukdaryna bölýärler we ortaça belligi ýa-da berlen meýdançada topografiki funksiýasynyň orta bahasyny alýarlar.

