

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық университеті

О. А. Сарыбаев

ФОТОГРАММЕТРИЯ

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2015

ЖОК 528.7 (075.8)

КБЖ 22.61 я 73

С 22

Пікір жазғандар:

М.Б. Нұрпейісова, техн.ғыл.док-ры, профессор, ҚазҰТУ;

Т.Д. Джуламанов, техн.ғыл.канд., профессор, ҚазҰАУ;

Ж.Т. Өміржанова, техн.ғыл.канд., доцент, ХББК.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі
бекіткен 2015 жылғы басылым жоспары бойынша басылды.

Сарыбаев О.А.

С 22 Фотограмметрия: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2015.
– 176 б. Сурет – 75. Кесте – 1. Библиография тізімі – 16 атау.
ISBN 978-601-228-479-3

Оқу құралы – кеңістіктегі нысандардың орналасуы мен пішіндерін анықтауда жасалған түсірілімдердің геометриялық қасиетін зерттейтін ғылым.

Мұнда фотограмметрияның теориясы және топографиялық картаны құру мақсатында фотосуреттерді өңдеу тәсілдері, фотоқұжаттар және әртүрлі топографиялық емес мәселелерді шешу көрсетілген.

Бұл оқу құралы маркшейдерлік іс, геодезия, жерге орналастыру және кадастр мамандықтары бойынша білім алатын студенттерге арналған.

ЖОК 528.7 (075.8)

КБЖ 22.61 я 73

ISBN 978-601-228-479-3

© Сарыбаев О.А., 2015

© ҚазҰТУ, 2015

КІРІСПЕ

Оқу құралында аэрофотограмметриялық және жер үсті фотограмметриялық түсірулер, жер бетінің планы және топографиялық карталарды құрудағы мәселелер көрсетілген. Фотографиялық және сандық суреттерді алу принциптері, бір немесе бірнеше суреттің геометриялық қасиеттері, суретті планға алмастырудың теориялық негізі мен техникалық жабдықтаулары қарастырылған. Қазіргі заманауи сандық түсіру жүйелеріне, аналитикалық тәсілдерге, жоғары және өте жоғары дәлдіктегі жерді қашықтықтан зондтау ақпараттарын фотограмметриялық өңдеуге назар аударылған.

Фотосуреттерді өңдеудің аналитикалық тәсілдеріне, автоматтандырылған жоғары дәлдікті өлшеу аспаптарын қолдануға, электрондық сандық есептеуіш машиналарына, нысандарды фотосуретке түсіру және суреттерді камеральдық өңдеу үшін фотограмметриялық және стереофотограмметриялық аспаптарды игеруге, өңдеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етуге және тиімді өнімділікке, фотограмметрия мен топографиялық емес мәселелерді шешуге көп көңіл бөлінген.

Оқу құралында аэрофотограмметрия және жер үсті фотограмметриясы жайлы толық мәліметтер келтірілген.

1. ФОТОГРАММЕТРИЯ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Фотограмметрия – кеңістіктегі нысандардың орналасуы мен пішіндерін анықтауда жасалған суреттердің геометриялық қасиетін зерттейтін ғылым.

Фотограмметрия геодезияда, астрономияда, сәулет және құрылыс саласында, сот сараптамаларында, әскери істе, астрономияда, артиллерияда, географияда, мұхитты зерттеуде, қылмыстық істерді ашуда, атомдық зерттеу мен халық шаруашылық салаларында кеңінен қолданылады.

Фотограмметрияның артықшылықтары:

- жоғары дәлдік;
- еңбек өнімділігі жоғары (нысан өлшенбейді, тек суреттердегі көрінісі ғана өлшенеді);
- өлшеу нәтижелерінің толық шынайылығы мен нақтылығы, себебі нысан бейнесін суретке түсіру әдісі арқылы алады;
- қысқа мерзімде нысан мен оның бөліктері туралы ақпарат алуға болады;
- қозғалмайтын, жылдам және баяу қозғалыстағы нысандар, сонымен қатар жылдамдықтары жоғары немесе баяу процестер зерттеледі;
- қашықтықтан зерттеу әдістерімен нысанды басқару.

Кемшіліктері:

- жоғары білікті мамандар қажет;
- қымбат аспаптар қолданылады.

Фотограмметрия үш негізгі бағыттарға бөлінген:

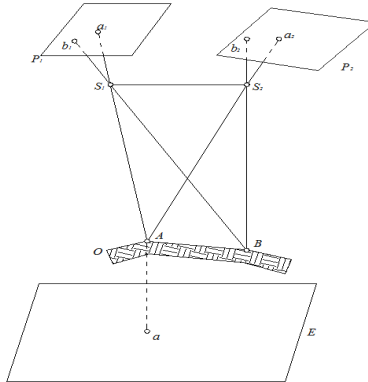
1. Фототопография - бойынша жергілікті жердің нүктелері анықталып, суреттер бойынша топографиялық карталар жасалынады.

2. Қолданбалы инженерлік фотограмметрия - инженерлік кешендерді жобалау мен қызмет көрсету міндеттерін орындайды.

3. Ғарыштық фотограмметрия – арқылы ғарыштық суреттер бойынша жер бетінің кеңістікте таралуы мен орналасу сипаты анықталады.

1.1. Аэрофототопографиялық түсірудің әдістерін жіктеу

Нысанның орнын, пішіні мен өлшемдерін екі нүкте арқылы жасалған түсірулер бойынша анықтауға болады.



1.1-сурет. Нысанының орналасуын анықтау

P_1, P_2 – О нысан суреттерінің жұбы, сондықтан S_1 және S_2 нүктелері арқылы жасалған түсірулер бойынша анықталған, ал a_1, b_1, a_2, b_2 – бұл жергілікті А және В нүктесінің көрінісі болып табылады. Сонда сәйкес сәулелердің әрбір жұбы $a_1 S_1$ және $a_2 S_2$, $b_1 S_1$ және $b_2 S_2$ қиылысады. Нәтижесінде нысанға тән сипатты модель пайда болады. В арақашықтықтарын өзгерте отырып кез-келген масштабтағы модельді алуға болады. $B = S_1 S_2$ суретке түсіру базисі деп аталады.

Нысандарды сурет жұптарын пайдалана отырып өлшеу әдістерін *стереофотограмметриялық* деп атайды.

Нысанды өлшеу әдісі бір ғана суретке негізделсе, онда *фотограмметриялық* деп аталады.

Топографиялық картаны құрастырудағы негізгі процестер.

Құрамына кіретіндер:

- ұшу-түсіру жұмыстары;
- далалық геодезиялық жұмыстар;
- фотографиялық және фотограмметриялық жұмыстар.

Жергілікті жердің картасын жасауға мүмкіндік беретін осы процестердің барлық жиынтығын фотограмметриялық түсірулер деп атайды.

Суретке түсірудің техникалық жабдықтарына байланысты түсірудің 4 түрі болады.

1. Жер бетіндегі фототопографиялық түсірулер жер бетінің нүктелерінен, жергілікті жерді фототеодолитпен суретке түсіруге негізделген.

2. Аэрофототопографиялық түсірулер ұшақта немесе тік ұшақта орнатылған аэрофотоаппаратпен жергілікті жерді суретке түсіруді қарастырады.

3. Құрастырылған. Бұл фототеодолиттік және аэрофототопографиялық түсірулердің жиынтығы. Бұл тәсілде суретке түсіру екі рет фототеодолитпен және аэрофотоаппаратпен қайталанады.

4. Ғарыштық түсіру. Бұл түсіруде сурет жасанды жерсеріктерімен және ғарыштық кемелерден алынады.

Аэрофототопографиялық түсірулер үшін екі әдіс қолданылады:

- Құрастырылған, жалғыз суреттің қасиетін пайдаланады және картаның контурлық бөлігін алуға, ал жер бедерін мензулалық түсірудің бетіне немесе ескі картаның берілгендері бойынша салуға мүмкіндік береді.

- Стереοфотограмметриялық, жұп суреттердің қасиетін пайдаланады және камеральдық жағдайда тек контурды ғана емес, сонымен қатар жергілікті жер бедерін де алуға мүмкіндік береді. Бұл карта жасаудың негізгі әдісі болып саналады. Стереοфотограмметриялық әдісте суреттер бойынша картаны құрастырудың екі тәсілі қолданылады: универсал және дифференциал.

Универсал тәсіл жұп суреттерді өңдеудің барлық процестерін орындауға мүмкіндік беретін аспаптарды қолдануға негізделген, яғни оларды кеңістікте бағдарлау. Балтық координаталар жүйесіне келтіру, контурларды және жер бедерін салу.

Дифференциал тәсіл карталарды екі аспапта құрастыру мәселелерін шешеді.

1.2. Аэрофототүсіру

Аэрофототүсіру дегеніміз – топографиялық карталарды құрастыру мақсатында немесе халық шаруашылығына қажетті мәселелерді шешу үшін ұшу құралдарының көмегімен жер бетін биіктіктен суретке түсіру.

Аэрофотоаппараттың бас оптикалық осі мен тік сызық арасындағы бұрышқа байланысты аэрофототүсіру келесідей түрлерге бөлінеді:

- пландық (бұрыштары 3° артық емес),
- перспективалық (бұрыштары 3° жоғары).

Топографиялық карта жасау мақсатында пландық аэрофототүсірулер қолданылады.

Жүктелген міндет бойынша және суретке түсірілетін жергілікті жердің мөлшерлеріне байланысты аэротүсіру мынадай болады:

- дара- жеке аэрофотосуреттермен жергілікті жердің шағын учаскелерін суретке түсіру,

- маршруттық- сызықтық нысандарды (жолдар, өзендер), теңіз жағалауларын жеке түзу, қисық сызықты немесе үзік бағытпен суретке түсіру,

- көп маршрутты немесе аудандық- жергілікті жердің аудандарын екі немесе бірнеше параллель бағыттарда суретке түсіру.

Топографиялық түсірулер суретке түсіру масштабтары бойынша келесідей түрлерге бөлінеді:

- ірі масштабты аэрофототүсірулер, 1:10000 дейінгі масштабтарда орындалады;

- орта масштабты. Масштабтары 1:11000 - 1:35000 аралығында;

- ұсақ масштабты. 1:35000 масштабынан кіші.

Қолданылатын аэропластиналардың түріне байланысты аэрофототүсіру ақ-қара, түрлі түсті, спектрзональды деп бөлінеді.

Жер учаскелерін суретке түсіру топографиялық карта трапецияларының ішінде орындалады. Ең кіші түсіру учаскесі болып, масштабы құрастырылатын картаға қарағанда 2-2,5 есе кіші

карта трапециясы табылады. Мысалы карта масштабы 1:2000 болғанда жергілікті учаскенің түсіру трапециясы 1:5000 масштабта болады. Тек қана 1:100000 масштабты карта құрастырғанда осы масштабтың екі трапециясы суретке түсіріледі.

Аэрофототүсірулер тура сызықты және параллель маршруттармен батыстан-шығысқа немесе солтүстіктен-оңтүстікке қарай бағытталып орындалады. Маршруттар үздіксіз және түсіру учаскесінің шекарасына параллель, ал шеткі бағыт осьтері учаске шекарасына сәйкес келеді.

Әрбір маршрутта көршілес аэрофототүсірулер бір-бірін жауып жатады, демек көлденең жабындардың берілген пайызына сәйкес келетін жер бөліктерінің бір және сол учаскелері бейнеленеді. Сәйкесінше көршілес маршруттардың аэрофотосуреттері де көлденең жабындардың берілген пайызымен бірін-бірі жабады.

1.3. Аэрофототүсірулердің негізгі параметрлерін есептеу

Топографиялық аэрофототүсіруде, ары қарай аэрофотосуреттерді фотограмметриялық өндеуді қамтамасыз ететін бірнеше талаптар орындалуы тиіс.

Түсіру алаңының үстінде ұшу биіктігінің ауытқуы, есептеу мәнінен жазық аудандарды түсіруде 3%-дан, ал таулы аумақты суретке түсіргенде 5% аспауы тиіс.

Топографиялық карталарды құрастыру мақсатында аэрофототүсірулерді жобалау кезінде бірнеше негізгі параметрлерге есептеулер жасалады.

Суретке түсірудің берілген 1:m масштабы және фотокамералардың фокустық арақашықтықтары негізінде аэрофототүсірулердің параметрлерін есептейді:

- түсіру алаңындағы орташа жазықтық үстіндегі суретке түсіру биіктігін H_{ϕ} есептейміз

$$H_{\phi} = f_k \cdot m, \quad (1)$$

- теңіз деңгейінен абсолюттік ұшу биіктігін $H_{абс}$

$$H_{абс} = H_{\phi} + A_{ор}, \quad (2)$$

- орташа жазықтық биіктігін A_{op} , түсіру алаңындағы A_{max} ең үлкен және A_{min} ең кіші биіктіктер арқылы. Мұнда жекеленген биіктіктер есепке алынбайды,

$$A_{op}=0,5(A_{max}+A_{min}) \quad (3)$$

- орташа биіктіктегі жер бедерінің ең үлкен тербелуі,

$$h_{max}= A_{max} - A_{op} \quad (4)$$

- аэросуреттердің бойлық P_x және көлденең P_y жабындарын есептеу,

- суретке түсіру базисін есептеу.

$$B_x = b_x * m \quad (5)$$

$$B_y = b_y * m$$

Суретке түсіру базисі b_x – фотокамера затворының кезекпен екі ашылуы арасындағы уақытта ұшақтың ұшу қашықтығы, ол ұшу бағыты бойында орналасқан аэрофотосурет шетінің өлшемімен l_x , бойлық жабындармен P_x және суретке түсіру масштабымен анықталады.

Көршілес аэротүсіру маршруттарының арасындағы арақашық b_y , ұшуға көлденең орналасқан аэрофотосурет шетінің өлшемімен l_y , көлденең жабындармен P_y және суретке түсіру масштабымен анықталады.

Маршруттағы аэрофотосуреттер саны n , маршрут бойынша түсіру учаскесінің өлшемімен L_x және B_x мәні арқылы анықталады.

Маршруттар саны N , маршруттарға көлденең түсіру алаңының өлшемімен L_y және B_y мәні арқылы анықталады.

L_x/B_x және L_y/B_y қатынастары ұлғаю жағына қарай, бөлшек бөлігінің мәніне байланысты емес, бүтінге дейін дөңгеленеді. Бір аэрофотосурет және маршрут түсіру алаңының шекарасын камтамасыз ету үшін қосылады. Көлденең жабындар 80% немесе 90% тең болғанда, осыларға сәйкес 2 немесе 4 аэросуреттерді қосады.

Жалпы учаскедегі сурет саны K ,

$$K = n N \quad (6)$$

Бір суреттің ауданы S келесі формуламен анықталады:

$$S = m^2 \cdot l^2 \quad (7)$$

Суретке түсіру аралықтары t – фотокамера затворының кезекпен екі ашылуы арасындағы уақыттағы аралық

$$t = B_s / V. \quad (8)$$

Ұшу-түсіру жұмыстарын орындаудан кейін алынған ақпараттарды бағалайды. Айқындалған, кептірілген және номерленген аэрофотопластиналардың негативтерінен фотоқағаздарда байланыс таңбаларын дайындайды, олардан кимелі құрастыру жасалады.

Кимелі құрастыру – бұл аэросуреттерді бір-бірімен жеке сызықтары бойынша қосу. Құрастыруды ағаш қалқандарда немесе үстелде орындауға болады. Бірінші жағдайда аэросуреттер ағаш қалқанға бекітіледі, ал екіншіде – шойын жүктермен бастырылады. Кимелі құрастыру жоғарғы оң жақтағы бұрыштан басталады.

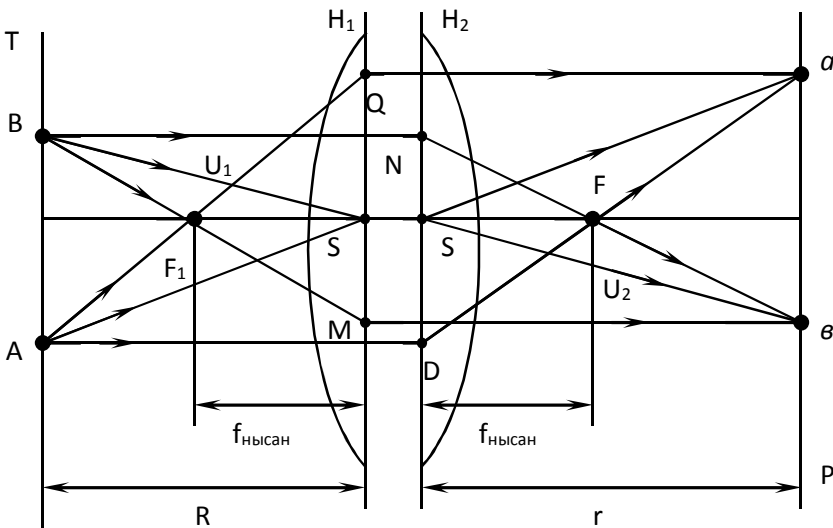
Ұшу- түсіру жұмыстарын орындау нәтижесінде, ары қарай фотограмметриялық өңдеулерді орындау үшін аэронегативтер, олардан байланыс таңбаларын, кимелі құрастырудың негативтерін және репродукцияларын, арнайы жабдықтардың көрсеткіштерін тіркейтін фотопластиналар және сапасының бағалануы көрсетілген аэрофототүсірудің паспорты алынады.

1.4. Объективпен бейнені құрудың арнайы схемасы

Геометриялық оптика заңдары бойынша фотосурет орталық проекциялар бойынша құрастырылған перспективтік бейнені көрсетеді, яғни объективтен шағылысқан барлық жарық сәулелері фотосурет жазықтығына белгілі бір нүкте арқылы өтеді, оны *проекция ортасы* деп атайды. Фотографиялық бейне, күрделі оптикалық жүйені көрсететін объектив көмегімен құрылады. Бұл жүйеге сфералық беткейлердің бедер

орталықтары, бас оптикалық ось деп аталатын бір тура сызықтың бойында орналасқан, жинақтаушы және шашыратушы линзалар кіреді. Олар 1-суретте көрсетілген.

Бас оптикалық осьте екі түйіндік нүктелер S_1 және S_2 болады, мұндағы S_1 – алдыңғы түйінді нүкте, ол жер бетіндегі нысандар кеңістігіне жатады және суретке түсіру нүктесі болып табылады; S_2 – артқы түйінді нүкте, ол бейне кеңістігіне жатады және проекция ортасы болып табылады. S_1 және S_2 басты нүктелер арқылы бас оптикалық оське перпендикуляр объективтің бас жазықтықтары H_1 және H_2 жүргізілген. Объективтің алдыңғы және артқы F_1 және F_2 фокустары да бас оптикалық осьте орналасқан. F_1 және F_2 нүктелері арқылы бас оптикалық оське перпендикуляр өтетін жазықтықтар, фокальды жазықтықтар деп аталады.



1.2-сурет. Объективпен нысанының бейнесін құрудың схемасы

Егер нысан мен оның бейнесі бір сферада болса, онда f объективтің фокустық арақашықтығы деп аталады және, $F_1S_1 = F_2S_2 = f$ тең болады. Нысан жазықтығындағы A нүктесінің және

бейне жазықтығындағы a нүктесінің орнының өзара байланысы оптикалық кездесу формуласымен анықталады:

$$1/R + 1/r = 1/f, \quad (9)$$

мұндағы R – алдыңғы H_1 бас жазықтық пен T нысан жазықтығына дейінгі арақашықтық; r – артқы H_2 бас жазықтық пен P бейне жазықтығына дейінгі арақашықтық.

Түйіндік нүктелердің бір қасиеті, әйтеуір бір U_1 бағыты бойынша алдыңғы түйіндік нүктеге кірген сәуле, U_2 бағытына параллель артқы түйіндік нүктеден шығады. Осындай сәулелер *орталық* деп аталады.

Нысан нүктелерінің орталық проекциялаушы сәулелерінің жиынтығы екі байланысты құрайды: алдыңғы S_1 төбесімен және артқы S_2 төбесімен. Алдыңғы байланыстың әрбір сәулесі, артқы байланыстың әрбір сәулесіне параллель болғандықтан, екі байланысты да дәл бірдей деп есептеуге болады. Тәжірибе жүзінде барлық фотограмметриялық құрылымдарда түйіндік S_1 және S_2 нүктелерін фотобейнелеу проекциясының орталығы ретінде қарастырылатын біреуіне қосады. Сондықтан проекциялаушы сәулелердің екі бөліктері бір түзу сызықты көрсетеді.

1.5. Монокулярлық көру және бинокулярлық көру

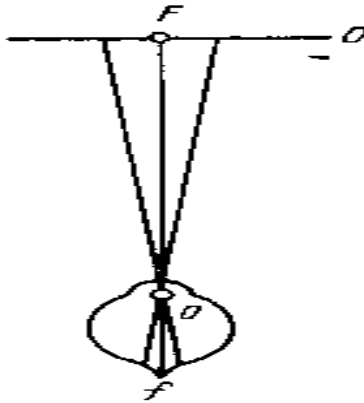
Бақылаушы саналы түрде көзін қарастырылып отырған нысан бейнесі O , көз торларының өте сезімтал жері, сары дақты орталық шұңқырда f болатын етіп орналастырады (1.3-сурет).

Көздің көру осінің f , қарастырылып отырған нысанмен O қиылысқан жері монокулярлық көрудің F белгілеу нүктесі деп аталады.

Қозғалмай тұрған көздің көру өрісі аса кең: горизонталь бойынша 150° және вертикаль бойынша 120° . Бірақ жақтаулы бөліктері көзге анық көрінбейді.

Көздің артқы түйіндік нүктелерінен орталық шұңқырдың жиектеріне баратын сәулелермен құрылған бұрыш $1,5^\circ$ тең

(алыстағы нысандарды бақылау кезінде), ол нақты көру бұрышы деп аталады.



1.3-сурет. Монокулярлық көру

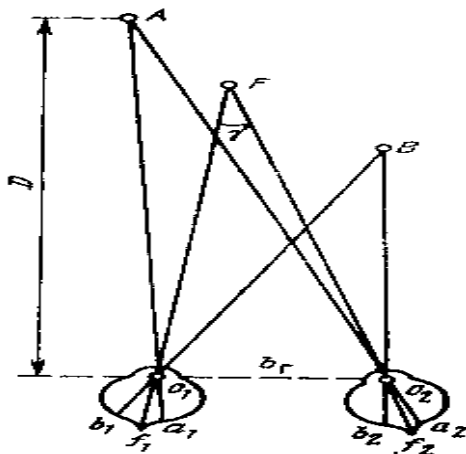
Тереңіректі сезу, яғни бақыланатын нүктеге дейінгі арақашықтықты бағалауды біз монокулярлық көруде жанама белгілердің көмегімен орындай аламыз. Мысалы, егер бір зат екінші затты жауып көрсетпей тұрса, онда оны екіншісіне қарағанда жақын орналасқан деп санаймыз.

Бір көзбен тереңіректі бағалаудың жанама белгілері, арақашықтықтар туралы жуық, кейбір кездерде дұрыс емес көзқарасты береді. Тереңіректі нақты бағалауды, оның тура белгілері бинокулярлық көру кезінде пайда болатын – физиологиялық параллакс қамтамасыз етеді (1.4-сурет).

Екі көзбен көрудің, қарастырылатын заттардың кеңістіктегі қатынасын сезу үшін кәдімгідей мәні бар.

Бинокулярлық көруде бақылаушы көздерін, оның көру осьтерінің, ол анық көремін деген заттың қажет орнында қиылысатын жеріне орналастырады.

Көру осьтерінің қиылысу нүктесі F бинокулярлық көрудің белгілеу нүктесі деп аталады. Белгілеу нүктесінің бейнесі орталық шұңқырларда f_1 және f_2 жатады.



1.4-сурет. Бинокулярлық көру

Көздің алдыңғы түйіндік нүктелері o_1 және o_2 арасындағы арақашықтық b_r көз базисі деп аталады. Көз базисінің өлшемі әр адамда әртүрлі болады, ол 58-ден 72 мм дейін тербеледі. Көз базисінің орташа мәні 65 мм тең деп есептеледі.

Бинокулярлық көру екі ерекше қасиетке ие:

- 1) Көз торларында алынатын, біздің көру сезімімізде екі бейненің бір-біріне, бір кеңістіктегі бейнеге қосылуы;
- 2) Бақыланатын нысандардың алыстығын, яғни тереңіректі бағалау.

Бинокулярлық көру кезіндегі тереңіректі бағалаудың негізгі факторы, көз торларындағы сәйкес нүкте жұптарының орнын анықтайтын, доғалардың айырмашылықтарын елестететін физиологиялық параллакс.

1.6. Суреттерді және жергілікті жердің модельдерін бақылау тәсілдері

Стереоскопиялық тәсілдерге жататындар: жорылған марка тәсілі, нағыз марка тәсілі, анаглифтік тәсіл, поляроидтық тәсіл, бленд тәсілі.

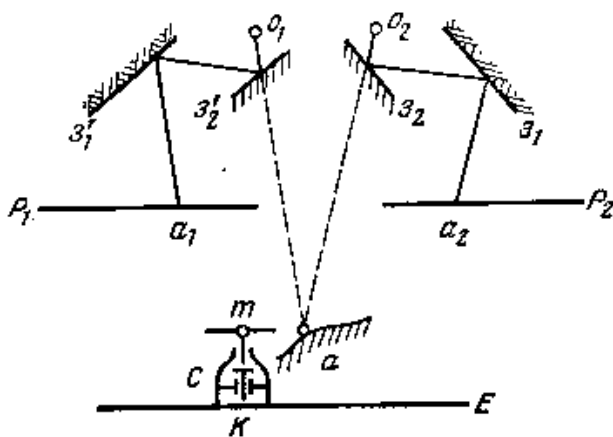
Жорылған марка тәсілі сурет жұптары мен модельдерді өлшеу үшін қолданылады. Стереожұпқа екі марканы қояды, біреуін сол жақтағы суретке, ал екіншісін оң жақтағы суретке. Суреттерді стереоскопиялық қарастырғанда, бақылаушы кеңістіктік модельді және екі марканың орнына бір марканы көреді.

Суретке түсірілген нысанның жорылған бейнесі – стереоэффект және жорылған марка алынады. Егер жорылған марканы, көрінетін модельдің кез келген нүктесіне орналастыратын болсақ, онда нағыз маркалар стереожұптардың сәйкес нүктелерінде болады.

Нағыз марка тәсілі модельдерді өлшеу үшін қызмет етеді. Стереоскоптың көмегімен суреттердің жұптарын P_1 және P_2 қарастырады, ол екі жұп айналардан тұрады Z_1 Z_2 және Z_1' Z_2' , (1.5-сурет). Бақылаушының көз алдында орналасқан ішкі айналар o_1 және o_2 , 50% күмістелген. Осыған байланысты бақылаушы тек модельді ғана емес, сондай-ақ жорылған модель кеңістігінде орналасқан нағыз марканы m көреді. Суреттер оларды бағдарлау үшін қажет қозғалыста болады.

Модельдердің пішіндері бақылаушының басы қайда орналасса, соған байланысты өзгереді, себебі көздердің түйіндік нүктелері проекция орталығы қызметін атқарады. Осының нәтижесінде өлшеу дәлдігі төмен болады.

Анаглифтік тәсіл модельді бақылау және өлшеу үшін қолданылады. Тәсілдің негізі, қосымша түстерге боялған сурет жұптарының бір-біріне орналастырылған бейнелерін қарастыру. Бақылау үшін, әрбір көзбен бір-біріне орналастырылған бейненің тек қана біреуін көруді қамтамасыз ететін түрлі-түсті көзілдіріктер қолданылады. Осыған орай, бақылаушы суретке түсірілген нысанның бір түсті кеңістіктік моделін қабылдайды. Модельдер маркалардың көмегімен өлшенеді.



1.5-сурет. Нағыз марка тәсілі

Поляроидтық тәсіл модельді бақылауға және өлшеуге мүмкіндік береді. Екі біріктірілген бейнені, екі бөлек бақылаушыға бөлуге, жарықты полярлау жолымен қол жеткізіледі. Жарықтың электромагниттік теориясынан, жарық тербелістері көлденең болатыны белгілі. Жарық сәулелері асимметриялық (исландия шпаты кристалдары, турмалин және т.б.) қасиеттерге ие жүйе арқылы өтіп, екеуленеді. Осындай жолмен алынған сәулелердің әрқайсысы, исландия шпатының екінші кристалдары арқылы өткенде, өздерін кәдімгі сәулелерден басқаша ұстайды.

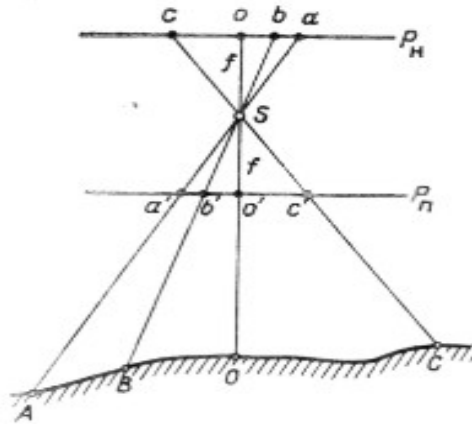
Бленд тәсілі модельді бақылау және өлшеу үшін қызмет етеді. Оның негізі, экранда біріктірілген сол және оң суреттердің бейнелері алынады, тек қана бір бейнені әрбір көзбен бақылау, айналадағы блендтермен қамтамасыз етіледі, олар проекцияланатын камера объективтері және бақылаушының көздері алдында орналастырылады.

Бленд тәсілі ақ – қара, түрлі-түсті суреттерді өндеуге мүмкіндік береді. Модель өлшеу үстелінде орналасқан экрандағы марканың көмегімен өлшенеді.

1.7. Орталық проекциялаудың оптикалық негіздері

Бейнені орталық проекциялаушы сәулелер тәсілімен құру орталық проекциялау деп аталады, ал бейненің өзі орталық проекция болып табылады.

Суреттегі бейне, тура сызықты проекциялаушы сәулелермен нүктелерден бастап, S проекциясының ортасына қарай құрылады. 1.6-суретте A, B, C нүктелері жергілікті жердің нүктелері, P_n – негатив жазықтығы немесе негативтің өзі. Бұлар S проекция орталығының сыртында, S_o қашықтықта орналасқан, P_p – позитив жазықтығы немесе позитивтің өзі, ол S ортасы мен түсіру нысананың аралықтарында орналасқан. P_p жазықтығы P_n жазықтығына параллель.



1.6-сурет. Аэросуреттің орталық проекциясы

a, b, c нүктелері AS, BS, CS проекциялау сәулелерінің P_n жазықтығымен қиылысу ізі, олар жергілікті жердің A, B, C нүктелерінің орталық проекциясы болып табылады. a_1, b_1, c_1 нүктелері де AS, BS, CS проекциялау сәулелерінің тек қана P_p жазықтығымен қиылысу ізі, олар жергілікті жердің A, B, C нүктелерінің орталық проекциясы болып табылады. o және o_1 нүктелері, S проекциясының ортасынан P_p және P_n жазықтықтарына қарай жүргізілген перпендикулярлардың негізі болып табылады.

Арақашықтық $S_o = S_{o1} = f$,
мұндағы f - фотоаппараттың фокустық арақашықтығы.

R_n және R_p жазықтықтарының орналасу ерекшеліктерін ескере отырып, негативтік және позитивтік бейнелер конгруэнтті екенін көру қиын емес, себебі беттестірген кезде олар сәйкес болады және бір-бірімен өзара кері орналасу арқылы ерекшеленеді. Аэрофототүсіру камерасында оптиканың бірінші заңына сәйкес,

$$1/H + 1/f = 1/f \text{ объектив}$$

болғанда суретке түсіру биіктігі H объективтің фокустық арақашықтығынан едәуір үлкен, яғни $1/H$ нөлге ұмтылады, ал камераның фокустық арақашықтығы, объективтің фокустық арақашықтығына тең болу керек, сонда f камера, объективтің f мәніне тең болады, демек фотокамера шексіздікке фокусталған.

1.8. Орталық және ортогональ проекциялар

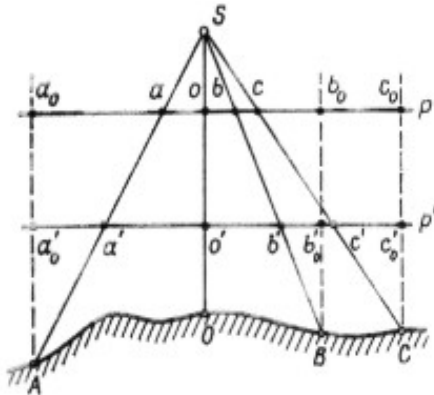
Нысандардың жазықтықтағы әртүрлі бейнелерінің белгілі бір математикалық заңдармен құрылуы, проекция деп аталады. Топографиялық пландарда жергілікті жердің өзімізге үйреншікті бейнеленуі, горизонталь жазықтықта ортогональ проекцияда құрылады. Жергілікті жердің нүктелерін проекциялау, тік проекциялау сәулелері арқылы орындалады. Жергілікті жердің бейнелері, белгіленген масштаб бойынша контурлардың ұқсастығын сақтау арқылы алынады. Орталық проекцияда проекциялаушы сәулелер бір нүктеде кездеседі. 1.7-суретте осы проекциялардың ерекшеліктері көрсетілген, мұндағы

S – проекция орталығы,

P – проекцияның горизонталь жазықтығы,

a, b, c – жергілікті жердің A, B, C нүктелерінің орталық проекциялары,

a_o, b_o, c_o – жергілікті жердің A, B, C нүктелерінің ортогональ проекциялары.



1.7-сурет. Орталық және ортогональ проекциялардағы нүктелердің орналасуы

Проекция жазықтығын, P' жағдайына ауыстырғанда, орталық проекция нүктелерінің өзара орналасуы өзгереді, олар a' , b' , c' жағдайына орналасады. Ортогональ проекцияда нүктелер a_0' , b_0' , c_0' жағдайына орын ауыстырады, мұнда нүктелердің өзара орналасуы өзгермейді, себебі проекциялаушы сәулелер бір - біріне параллель.

1.9. Орталық проекцияның негізгі элементтері

Орталық проекцияның негізгі элементтеріне жататындар (1.8-сурет):

T – жергілікті жердің кез келген нүктесі арқылы өтетін горизонталь жазықтық, табан жазықтығы;

P – сурет жазықтығы, заттық жазықтық;

S – проекция орталығы немесе суретке түсіру нүктесі;

SO – бас сәуле – сурет жазықтығына перпендикуляр, проекция орталығы арқылы өтетін түзу;

W – бас вертикаль жазықтығы – бас сәуле арқылы өтетін вертикаль жазықтық;

VV – түсіру бағытының сызығы;

vv – бас вертикаль, сурет жазықтығының бас вертикаль жазықтығымен қиылысы;

O – бас нүкте – бас сәуленің суретпен қиылысқан жері;

$SO = f_k$ – фотокамераның фокустық арақашықтығы, проекция ортасынан суретке дейінгі арақашықтық;

H – түсіру биіктігі, табан жазықтығына қатынасты проекция ортасының биіктігі;

ε – суреттің еңкіш бұрышы;

h_i/h_t – сурет табанының сызығы, табан жазықтығының сурет жазықтығымен қиылысы;

n – надир нүктесі, жобалау орталығы арқылы өтетін тік сызықтың сурет жазықтығымен қиылысы;

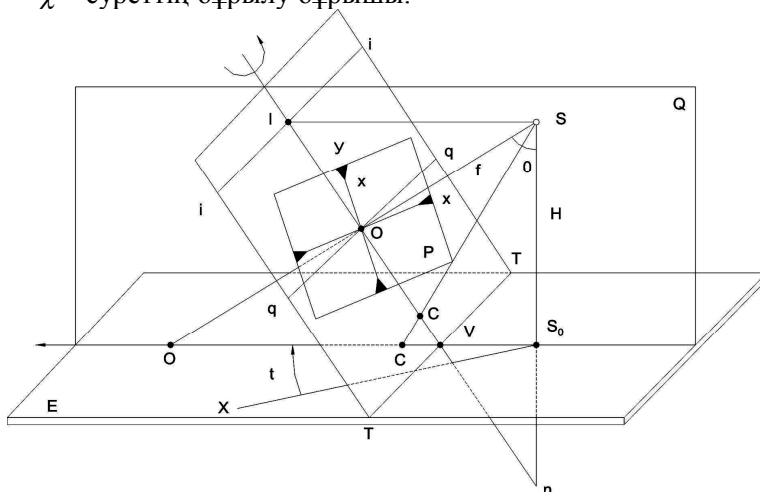
hh – бас горизонталь, суреттің бас нүктесі O арқылы өтетін суреттегі түзу, ол вертикальға перпендикуляр;

h_i/h_t – нағыз горизонт сызығы, нағыз горизонт жазықтығының сурет жазықтығымен қиылысы;

I – қиылысудың бас нүктесі – нағыз горизонт сызығының бас вертикальмен қиылысы;

C – нөлдік бұрмалау нүктесі, бұрыш биссектрисасының сурет жазықтығымен қиылысы (суреттегі оның бұрыштары, табан жазықтығындағы бұрыштарға тең);

χ – суреттің бұрылу бұрышы.



1.8-сурет. Орталық проекцияның негізгі элементтері

1.10. Жалғыз аэросуретті талдау

Аэрофотограмметрияда қолданылатын координаталар жүйесі.

Нүктелердің өзара орналасқан орнын анықтау үшін жазықтық және кеңістіктік координаталар жүйесін қолданады. 1.9-суретте көрсетілгендей координаталар жүйесінің барлығы алтау.

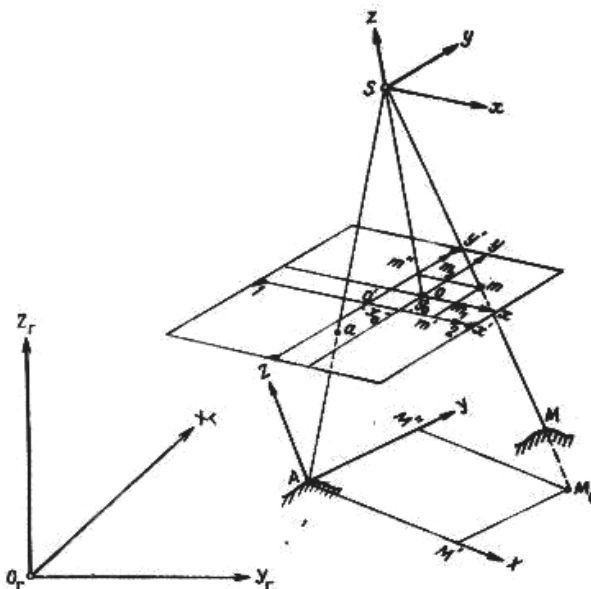
1. Оху – О – нүктесінің ортасымен суреттің жазықтық тікбұрышты координаталар жүйесі – суреттің бас нүктесі. x осі 1-2 сызығына параллель, ал y осі x осіне перпендикуляр, сондықтан суретте m нүктесінің координаталары $x=0m_1$, $y=0m_2$ болады.

2. Тәжірибеде барлық өлшеулерді $0' x' y'$ координаталар жүйесінде жүргізеді. Бұл жүйеде x' осі 1-2 сызығымен қосылған, ал y осі y' осіне перпендикуляр, сондықтан $0'$ - бас нүкте, ал m нүктесінің координаталары $x' = 0' m'$; $y' = 0' m'$ тең болады. Мінсіз жағдайда 0 және $0'$ нүктелері бір-біріне үйлесуі керек, сондықтан $0' x' y'$ келесі $x_0 y_0$ шамаларына параллель көшіре отырып, өлшенген $x' y'$, $x y$ координаталардан ауысуды жүзеге асырады, сонда $x = x' - x_0$, $y = y' - y_0$. $x_0 y_0 - 0' x' y'$ координаталар - жүйесіндегі бас нүктенің координаталары, бұл АФА калибровкалаудың нәтижесінде жүзеге асырылады.

3. $Sxyz$ – кеңістіктік координаталар жүйесі, мұнда S – объектив нүктесінің координатасының басы. x осі суреттің x параллель, y осі суреттің y параллель, z осі координаталар жүйесі оң болатындай етіліп бас сәулеге бағытталған. Нүкте координаталары $m = x' - x_0$, $y = y' - y_0$, $z = -f$. z суреттің барлық нүктелері үшін координаталар жүйесінде $Sxyz = -f$.

4. $OgXgYg$ – жергілікті геодезиялық координаталар жүйесі, олар жердің шағын учаскелерінде нүктелердің өзара орнын анықтауға қызмет етеді.

5. $AXYZ$ – бұл фотограмметриялық координаталардың шартты жүйесі, оның басы ретінде суретке түскен жер бетінің кез келген нүктесі болады. Бұл жүйені $Sxyz$ -тен $OgXgYgZg$ -ға өту өте қиын болғандықтан қолданады. Алдымен $AXYZ$ -да нүктелердің өзара орнын анықтау жеңіл болады.



1.9-сурет. Аэрофотограмметрияда қолданылатын координаталар жүйесі

6. $SXYZ$ – фотограмметриялық координаталар жүйесі, оны кеңістікте өз еркімен таңдап алуға болады, бірақ сурет координатасы мен фотограмметриялық жүйе арасындағы байланыс неғұрлым қарапайым болу керек. Фотограмметриялық жүйенің басы суретке түсіру ортасымен, жергілікті жерде суретке түсіру проекциясының ортасымен немесе жергілікті жердегі кез келген нүктемен тура келуі мүмкін.

1.11. Жалғыз аэросуреттің бағдарлау элементтері

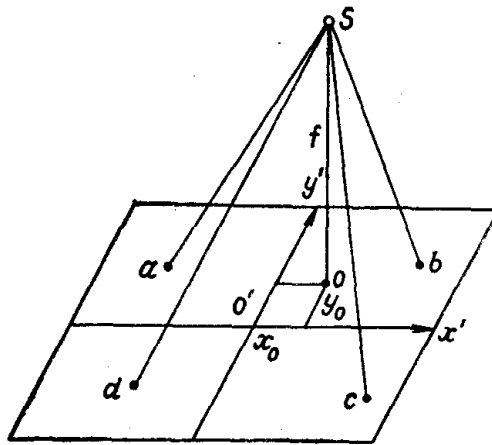
Суреттегі бейне, жергілікті жердің проекция ортасының және фотосуреттің өзара орналасуы өзгергенде ауысады. Сондықтан сурет бойынша жергілікті жердің нүктелерінің координаталарын анықтау үшін, суретке түсіру кезіндегі

проекция ортасының суретке қатынасты орнын және кеңістіктегі суреттің орнын білу қажет.

Сурет жазықтығына қатынасты, проекция ортасының орнын анықтайтын шамалар *ішкі бағдарлау элементтері* деп аталады. Оларға f фокустық арақашықтықтың шамасы және $O' x' y'$ координаталар жүйесіндегі бас нүктенің x_0 және y_0 координаталары жатады.

Ішкі бағдарлау элементтері, суретке түсіру кезінде болатын проекциялаушы сәулелердің байламын қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Ол үшін суретте x_0 және y_0 координаталары бойынша x' және y' осьтерін құру, O бас нүктесін салу, одан сурет жазықтығына перпендикулярды қалпына келтіру және онда f арақашықтығын салу қажет. Проекциялаушы сәулелердің байламын алу үшін S нүктесін суреттегі нүктенің бейнесімен қосу керек (1.10-сурет).

Ішкі бағдарлау элементтерін суреттегі өлшеулердің қателіктерінен аз қателіктермен АФА юстировка жасауда анықтайды, және оның паспортына жазып қояды.



1.10-сурет. Ішкі бағдарлау элементтері

Жергілікті жерде қабылданған координаталар жүйесіне қатынасты суретке түсіру кезінде проекция ортасының және

сурет жазықтығының орнын анықтайтын шамалар *сыртқы бағдарлау элементтері* деп аталады.

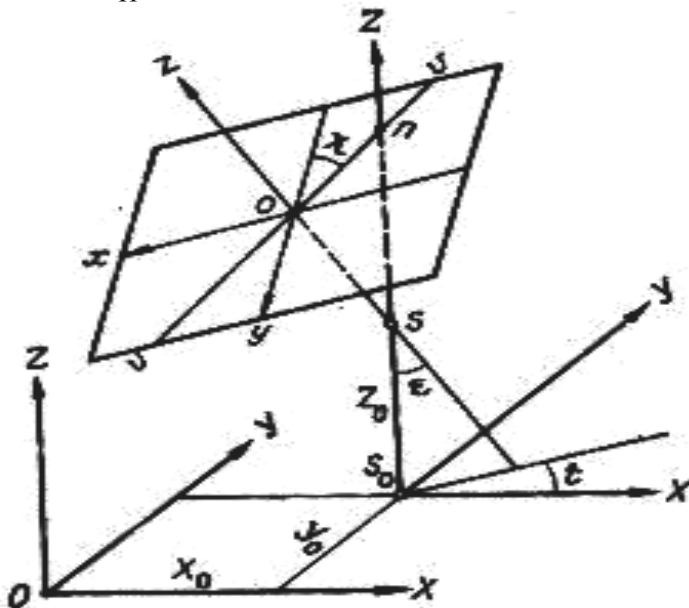
Сыртқы бағдарлау элементтерінің екі жүйесін қолданады.

1.11-суретте олардың біріншісі келтірілген.

Оларға келесілер жатады:

X_0, Y_0, Z_0 – проекция ортасының координаталары (түсіру кезіндегі объективтің алдыңғы тораптық нүктесі);

ε – түсірудің еңкіш бұрышы – Z осі мен бас сәуленің арасындағы бұрыш;

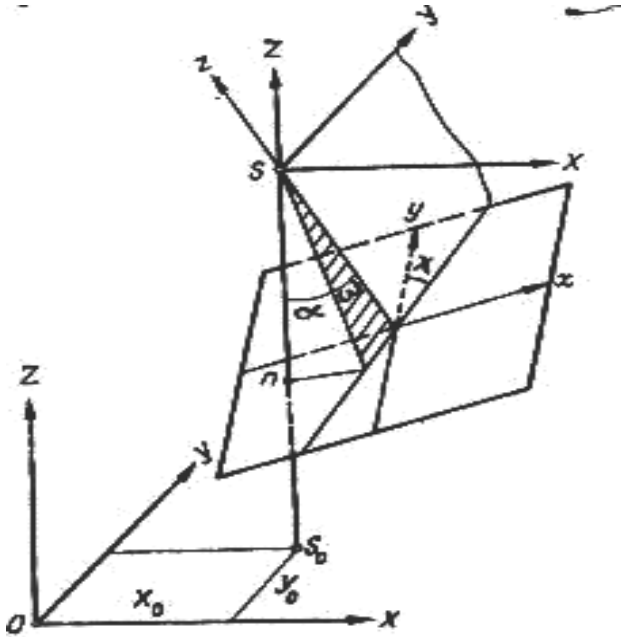


1.11-сурет. Сыртқы бағдарлау элементтерінің бірінші жүйесі

τ – түсіру бағыты сызығының бұрышы – X осі мен бас вертикаль жазықтығының ізі арасындағы бұрыш;

σ – S_0 бас сәулесінің айналасындағы өзінің жазықтығында суреттің бұрылу бұрышы – y осі мен yy бас вертикаль арасындағы бұрыш.

Екінші жүйеде де сыртқы бағдарлаудың алты элементі бар (1.12-сурет), оның үшеуі сызықтық және үшеуі бұрыштық.



1.12-сурет. Сыртқы бағдарлау элементтерінің екінші жүйесі

Сызықтық шамаларға проекция ортасының S координаталары $X_0Y_0Z_0$ жатады, ал бұрыштыққа:

α – суреттің еңкіш бойлық бұрышы – XZ жазықтығына бас сәуленің проекциясы мен Z осі арасындағы бұрыш;

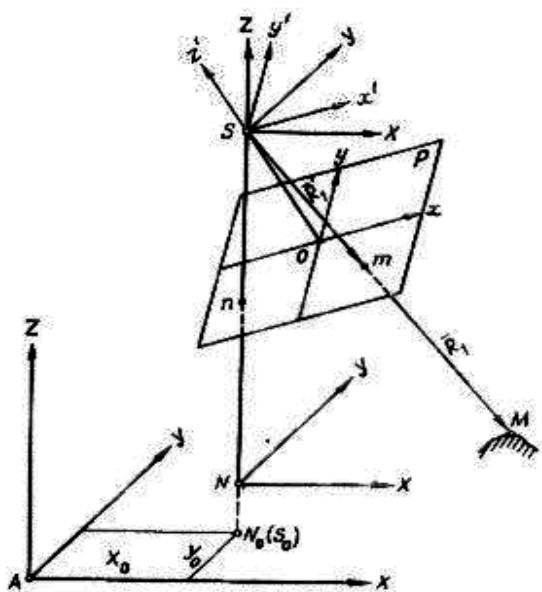
ω – суреттің еңкіш көлденең бұрышы – бас сәуле мен оның XZ жазықтығына проекциясы арасындағы бұрыш, ол Y осі мен бас сәуле арқылы өтетін жазықтықта орналасады;

φ – бас сәуленің айналасындағы өзінің жазықтығында суреттің бұрылу бұрышы - Y осі мен бас сәуле арқылы өтетін, y осі мен жазықтық ізі арасындағы бұрыш.

Сыртқы бағдарлау элементтері суретке түсіру кезінде, тікелей ұшу үстінде, бірақ ірі масштабты карталау үшін жеткіліксіз дәлдікпен анықталуы мүмкін. Сондықтан оларды анықтау үшін, суретте танылған, түсірілетін жергілікті жердің бірнеше нүктелерінің геодезиялық координаталары болуы қажет.

1.12. Жергілікті жердің нүктелерінің координаталары мен олардың фотосуреттегі бейнелерінің арасындағы байланыс

1.13-суретте жергілікті жердің N нүктесінен басталатын, қабылданған жергілікті жердің $NXYZ$ координаталар жүйесі көрсетілген.



1.13-сурет. Жергілікті жердің нүктелерінің координаталары мен олардың фотосуреттегі бейнелерінің арасындағы байланыс

n және N нүктелері сәйкес келеді;

M нүктесі NXY жазықтығында жатыр;

S – проекцияның ортасы;

P – сурет жазықтығы;

m – сурет жазықтығындағы жергілікті жердің M нүктесінің бейнесі.

S нүктесінде екі координаталар жүйесі бар деп есептелік:

1. $SXYZ$ жергілікті жерде қабылданған координаталар жүйесіне параллель;

2. $Sx'y'z'$, мұндағы x''/x ; y''/y ; $z''=z=-f$.

Координаталарды түрлендіру формулаларын қолданамыз:

$$x' = a_1x + a_2y - a_3f$$

$$y' = b_1x + b_2y - b_3f \quad \text{— суреттегі } m \text{ нүктесінің}$$

$$z' = c_1x + c_2y - c_3f$$

координаталары; (10)

мұндағы $a_1, b_1, c_1 - \alpha, \omega, \chi, t, \alpha_0, \chi$ суреттің бұрыштық бағдарлау элементтерінен тәуелді бағыттаушы косинустар.

Бағыттаушы косинустарды анықтау үшін, $Sx'y'z'$ координаталар жүйесін, ол $SXYZ$ жағдайында болу үшін үш айналым жасаймыз. Бұл үшін ZX жазықтығында y' осі айналасында α бұрышына, ZY жазықтығында x' осін ω бұрышына, ал z' осін χ бұрышына бұрамыз.

Бұл бұрылысқа төмендегі матрица сәйкес келеді:

$$A_\alpha = \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

$$A_\omega = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \quad \text{— матрица бұрылысы} \quad (11)$$

$$A_\chi = \begin{pmatrix} \cos \chi & -\sin \chi & 0 \\ \sin \chi & \cos \chi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Матрицаның туындысын анықтаймыз:

$$A = \begin{pmatrix} \sin \alpha \sin \omega \sin \chi + \cos \alpha \cos \chi & \sin \alpha \sin \omega \cos \chi - \cos \alpha \sin \omega & \sin \alpha \cos \omega \\ \cos \omega \sin \chi & \cos \omega \cos \chi & -\sin \omega \\ \cos \alpha \sin \omega \sin \chi - \sin \alpha \cos \chi & \cos \alpha \sin \omega \cos \chi + \sin \alpha \sin \chi & \cos \alpha \cos \omega \end{pmatrix} \quad (12)$$

Егер матрицаның әрбір мүшесін a_i, b_i, c_i деп белгілесек, онда:

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \sin \alpha \sin \omega \sin \chi + \cos \alpha \cos \chi \\
 a_2 &= \sin \alpha \sin \omega \cos \chi - \cos \alpha \sin \chi \\
 a_3 &= \sin \alpha \cos \omega \\
 b_1 &= \cos \omega \sin \chi \\
 b_2 &= \cos \omega \cos \chi \\
 b_3 &= -\sin \omega \\
 c_1 &= \cos \alpha \sin \omega \sin \chi - \sin \alpha \cos \chi \\
 c_2 &= \cos \alpha \sin \omega \cos \chi + \sin \alpha \sin \chi, \\
 c_3 &= \cos \alpha \cos \omega
 \end{aligned} \tag{13}$$

осылай біз аэрофотосурет үшін бағыттаушы косинустарды аламыз.

Егер бағыттаушы косинустар белгілі болса, онда α, ω, χ бұрыштарын мына формулалар бойынша анықтауға болады:

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{a_3}{c_3} \quad \operatorname{tg} \omega = -b_3 \quad \operatorname{tg} \chi = \frac{b_1}{b_2} \tag{14}$$

$Sx'y'z'$ координаталар жүйесіндегі m нүктесі, $\overline{R'_1}$ векторымен төмендегі координаталармен анықталады

$$x' = x, \quad y' = y, \quad z' = -f \tag{15}$$

SXYZ координаталар жүйесінде – сол $\overline{R_1}$ вектормен $X'Y'Z'$ координаталарымен.

$\overline{R'_1}$ және $\overline{R_1}$ векторлары коллинеарлы болғандықтан, сәйкесінше $\overline{R} - \lambda \overline{R_1}$, мұндағы λ – коэффициент немесе скаляр.

Бұл векторлардың компоненттері пропорционал болғандықтан, мына түрде жазуға болады:

$$\frac{X'}{X} = \frac{Y'}{Y} = \frac{Z'}{Z}, Z = -H \text{ болғандықтан}$$

$$X = Z \frac{X'}{Z'} = -H \frac{a_1x + a_2y - a_3f}{c_1x + c_2y - c_3f}$$

$$Y = Z \frac{Y'}{Z'} = -H \frac{b_1x + b_2y - b_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} \quad \text{- еңкіш сурет үшін} \quad (16)$$

$$X_A = \frac{x_0}{f} H_A$$

$$Y_A = \frac{y_0}{f} H_A \quad \text{- горизонталь сурет үшін} \quad (17)$$

Мұндай теңдеуді, егер осы нүктенің x, y, z үш белгісізі мен суреттің бағдарлау элементтері белгілі болса жергілікті жердегі әрбір нүкте үшін құруға болады. Осыдан, егер суретке түсіру $H=Z$ биіктігі белгілі болса, жергілікті жердің нүктесінің орнын тек жеке жағдайда анықтау үшін, бір сурет мәліметтерінің жеткіліксіз екені көрінеді, олардың жергілікті жердегі нүкте координаталарын жалғыз сурет арқылы анықтауға болады:

$$x = -f \frac{a_1x + b_1y + c_1z}{a_3x + b_3y + c_3z}$$

$$y = -f \frac{a_2x + b_2y + c_2z}{a_3x + b_3y + c_3z} \quad (18)$$

Сурет нүктелері координаталары мен жергілікті жердің нүктелері координаталары арасындағы байланыс, мына қатынастан алынған:

$$\frac{x'}{x} = \frac{y'}{y} = \frac{z'}{z} \quad (19)$$

1.13. Горизонталь және еңкіш суреттердің сәйкес нүктелерінің координаталары арасындағы байланыс

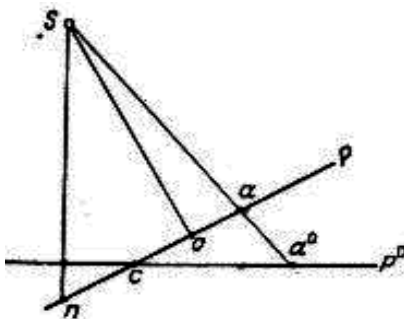
1.14-суретті қарастыра отырып, еңкіш суреттегі нүктелер координаталарынан горизонталь суреттегі сәйкес нүктелер координаталарына көшу формулаларын шығарамыз.

P – көлбеу сурет жазықтығы болсын;

P_0 – горизонталь сурет жазықтығы;

a – көлбеу суреттегі жергілікті жердің M нүктесінің перспективтік бейнесі;

a_0 – горизонталь суреттегі жергілікті жердің M нүктесінің перспективтік бейнесі;



1.14-сурет. Горизонталь және еңкіш суреттердің сәйкес нүктелерінің координаталары арасындағы байланыс

x, y – жазықтықтағы a нүктесі бейнесінің координаталары;

S – проекция орталығы;

α, ω, χ – сыртқы бағдарлаудың бұрыштық элементтері;

a_i, b_i, c_i – бағдарлаудың бұрыштық элементтеріне тәуелді,

бағыттаушы косинустар.

Егер:

$$a_1 = b_2 = c_3 = 1,$$

$$a_2 = a_3 = b_1 = b_3 = c_1 = c_3 = 0$$

$$\alpha = \omega = \chi = 0$$

Жергілікті жердегі нүктелер координаталары мен олардың суретте бейнелеу координаталарының байланыс формулаларын ескере отырып, жергілікті жердің суреттегі М нүктесінің координаталарын келесідей жазуға болады:

$$\begin{aligned} X_M &= -H_M \frac{a_1x + a_2y - a_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} \\ Y_M &= -H_M \frac{b_1x + b_2y - b_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} \end{aligned} \quad \text{- еңкіш сурет үшін} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} X_M &= \frac{x_0}{f} H_M \\ Y_M &= \frac{y_0}{f} H_M \end{aligned} \quad \text{- горизонталь сурет үшін} \quad (21)$$

Осы теңдіктерді оң жағына теңестіріп, x_0, y_0 мәндерін аламыз:

$$\begin{aligned} x_0 &= -f \frac{a_1x + a_2y - a_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} \\ y_0 &= -f \frac{b_1x + b_2y - b_3f}{c_1x + c_2y - c_3f} \end{aligned} \quad (22)$$

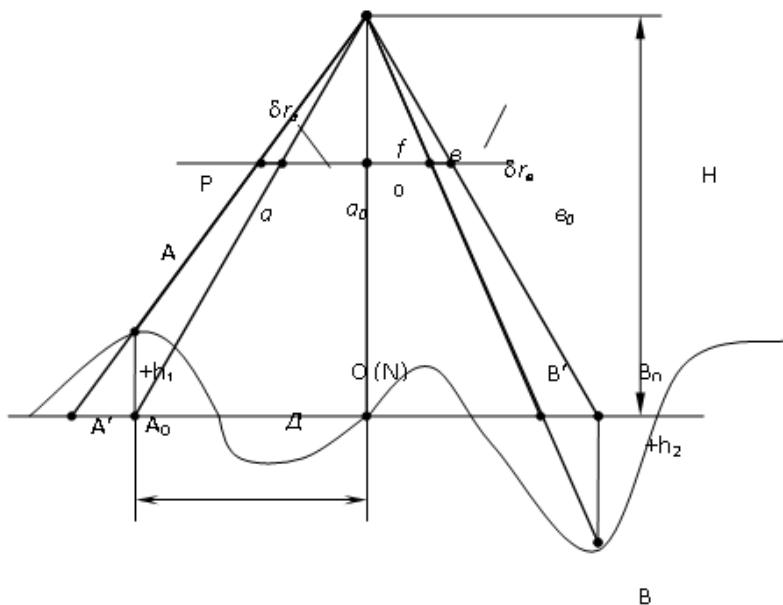
Шығарылған формулаларды еңкіш суретті горизонталь суретке айналдыруға қолдануға болады, яғни сыртқы бағдарлау элементтері мен проекция орталығы жағдайын сақтау шарттарын орындағанда, еңкіш сурет нүктелерінің координаталарын горизонталь координаталарға трансформациялау.

1.14. Сурет нүктелерінің, оның еңкіштігі мен жергілікті жер бедерінің әсерінен жылжуы

Жергілікті жердің жер бедерінің әсерінен туындаған жылжулар

Ереже бойынша, горизонталь сурет жергілікті жердің жер бедерінің әсерінен, планның ортогональдық проекциясымен сәйкес келмейді.

1.15-суретте жергілікті жердің алғашқы Т жазықтығы таңдалған, осыған қатынасты жергілікті жердің А және В нүктелері мынадай өсімшелерге ие, А нүктесі $+h_1$, В нүктесі $+h_2$, S – проекциялау нүктесі.



1.15-сурет. Аэросурет нүктесінің жер бедерінің әсерінен жылжуы

А және В нүктелерінің ортогональ проекциясы Т алғашқы жазықтығына A_0 және B_0 нүктелерінде болады; а нүктесінің А жазықтығында аэросуреттегі бейнелері, $a_0 - A_0$, $b - B$, $b_0 - B_0$.

Егер жергілікті жердің А және В нүктелері алғашқы жазықтыққа қатынасты өсімшесіз болса, онда олар өздерінің A_0 ,

B_0 ортогональ проекцияларымен сәйкес келер еді. Осы жағдайда көрсетілген екі нүктенің бейнелері аэросуретте a_0 және b_0 нүктелерінде болуы керек еді.

Сондықтан aa_0 және bb_0 кесінділері, жергілікті жердің А және В нүктелерінің алғашқы жазықтыққа қатынасты биіктіктер айырмашылығының нәтижесі болып табылады және аэросурет нүктелерінің жер бедерінің әсерінен жылжуы деп аталады.

$aa_0 - \delta r_a$, $bb_0 - \delta r_b$ белгілейміз, δh – жер бедерінің әсерінен туындаған аэросурет нүктелерінің жылжуын, егер 1.15- суретті қарастырсақ, математикалық түрде көрсетуге болады.

Егер Sa проекциялаушы сәулелерді Т алғашқы жазықтығымен қиылысуына дейін жалғастырсақ A' нүктесі болады, онда $Sb - B'$.

Формуланы алу үшін үшбұрыштардың ұқсас түрін қарастыру қажет. $AA'A_0$ үшбұрышы aSo үшбұрышына ұқсас, Saa_0 үшбұрышы $SA'A_0$ үшбұрышына ұқсас.

$$\begin{aligned} A'A_0 &= ao * h_1 / f_k \\ aa_0 &= A'A_0 * f_k / H \end{aligned} \quad (23)$$

$BB'B_0$ үшбұрышы bSo үшбұрышына ұқсас, Sbb_0 үшбұрышы $SB'B_0$ үшбұрышына ұқсас.

$$\begin{aligned} bb_0 &= B'B_0 * f_k / H \\ B'B_0 &= bo * h_2 / f_k \end{aligned} \quad (24)$$

кесіндіні белгілейміз $oa = r_a$, $ob = r_b$, ал $aa_0 = \delta r_a$, $bb_0 = \delta r_b$

$$aa_0 = \delta r_a = ao * h_1 / H, \quad bb_0 = \delta r_b = bo * h_2 / H$$

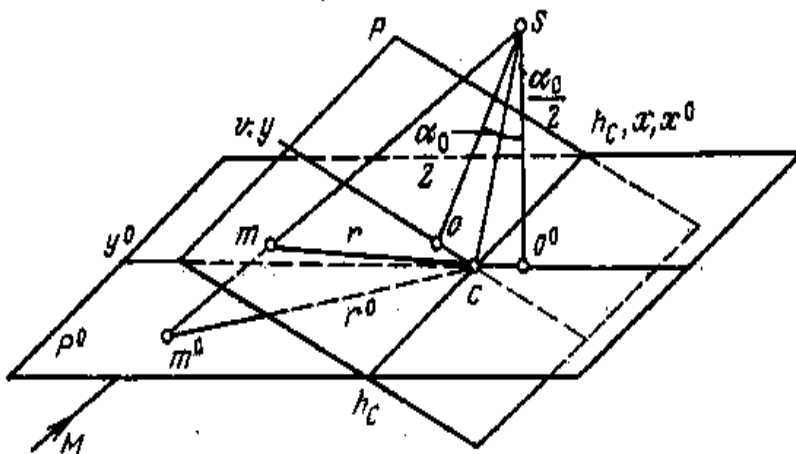
$$\delta r_a = r_a * h_1 / H, \quad \delta r_b = r_b * h_2 / H$$

$$\delta h = r * h / H$$

Аэросурет нүктесінің сызықтық жылжу шамасы, 0 бас нүктеден оның арақашықтығына тура пропорционал, бастапқы жазықтыққа қатынасты жергілікті жердің сәйкес нүктесінің өсімшесіне тура пропорционал және Н ұшу биіктігіне кері пропорционал болады.

1.15. Суреттің еңкіштігі әсерінен туындаған жылжулар

Еңкіш және горизонталь суреттердің екеуі де бір фотокамерамен түсірілген және олардың S проекция орталығы ортақ деп есептелік (1.16-сурет). Мұндай жағдайда суреттер c нөлдік бұрмалау нүктесі арқылы өтетін h_c , h_c горизонталь бойынша қиылысады, себебі Sc түзуі a_0 суретінің еңкіш бұрышының биссектрисасы болып келеді және суреттің P және P_0 фокустық арақашықтары бірдей.

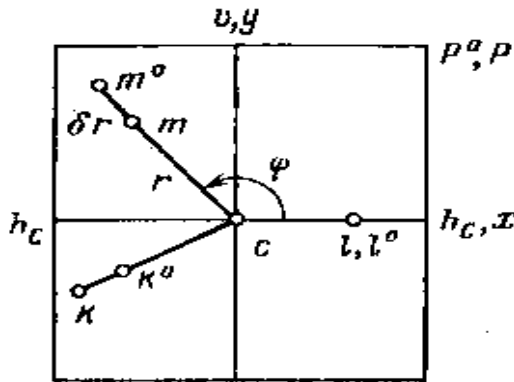


1.16-сурет. Аэросурет нүктесінің оның еңкіштігі әсерінен жылжуы

Еңкіш және горизонталь суреттерде жергілікті жердің M нүктесінің бейнесін m және m^0 арқылы белгілейміз. c нүктесінен m және m^0 нүктелеріне радиустар r және r^0 жүргіземіз. h_c сызығы мен r және r^0 радиустармен құрылған бұрыштар бірдей. Сондықтан P суретін h_c горизонталь айналасында бұрсақ және P^0 суретімен біріктіретін болсақ, онда r радиусы r^0 радиусымен сәйкестенеді, ал еңкіш суреттің m нүктесі горизонталь суреттің m^0 нүктесіне қатынасты cm^0 бағыты бойынша жылжиды (1.17-сурет).

Осыдан, сурет еңкіштігі нүктелердің радиал жылжуын тудырады. Бұрмаланбаған масштаб сызығынан жоғары жатқан m

нүктесі, нөлдік бұрмаланған нүктесіне жақындайды. к нүктесі $h_c h_c$ сызығынан төмен орналасқан және нөлдік бұрмаланған нүктесінен алыстайды. Бұрмаланбаған масштаб сызығында жатқан l нүктесі еңкіш және горизонталь суретте де бірдей орналасады. Себебі, көлбеу сурет масштабы – айнымалы шама: бұрмаланбаған масштаб сызығынан жоғары болса, ол горизонталь сурет масштабынан аз, бұл сызықтан төмен болса – көп, ал $h_c h_c$ сызығында болса $f:H$ тең.



1.17-сурет. m нүктесінің горизонталь суреттің m^0 нүктесіне қатынастысты жылжуы

Координаталар басы суретте нөлдік бұрмалау нүктесінде орналассын. Еңкіш Р суретінде m нүктесінің координаталарын x және y арқылы, ал горизонталь суретте m^0 нүктесінің координаталарын x^0 және y^0 арқылы белгілейміз. Формулаларды қолдана отырып, жазамыз:

$$\begin{aligned} X &= H * x / (f - y * \sin \alpha_0) = H * x^0 / f \\ Y &= H * y / (f - y * \sin \alpha_0) = H * y^0 / f \end{aligned} \quad (25)$$

мұндағы X және Y – жергілікті жердің M нүктесінің координаталары (нөлдік бұрмалау нүктелеріне сәйкес келетін, C нүктесіндегі координаталар басы); H – горизонталь жазықтық

ретінде қабылданатын жергілікті жерге қатынасты суретке түсіру биіктігі.

Осы көрсетілгендерден

$$\begin{aligned}x^0 &= f * x / (f - y * \sin \alpha_0) \\y^0 &= f * y / (f - y * \sin \alpha_0)\end{aligned}\quad (26)$$

Горизонталь суретте r^0 радиус-векторын табамыз. Осыдан

$$r^0 = x^0 + y^0 \quad (27)$$

Алдыңғы теңдеулерден x^0 және y^0 мәндерін осында қойсақ:

$$r^0 = f * r / (f - r * \sin \alpha_0 * \sin \varphi) \quad (28)$$

Енді α^0 еңкіш бұрышы әсерінен болған δr сурет нүктесінің жылжуын табамыз. Ол үшін алдыңғы теңдеудегі r^0 мәнін r - δr мәніне алмастырамыз және оны δr қатынасты шешеміз:

$$\delta r = - (r^2 * \sin \varphi * \sin \alpha_0) / (f - r * \sin \varphi * \sin \alpha_0) \quad (29)$$

Бұл теңдеуден δr максималь мәні, r мәні неғұрлым үлкен болғанда және $\varphi = 90^\circ$ болады, яғни бас вертикальда және нөлдік бұрмаланбаған нүктеден барынша алыс орналасқан нүкте үшін.

$$\delta r = (r^2 * \sin \varphi * \sin \alpha_0) / (f - r * \sin \varphi * \sin \alpha_0) \quad (30)$$

мұндағы φ — x осі мен осы нүктенің радиус-векторы арасындағы бұрыш.

1.16. Аэросуреттерді трансформациялау

Трансформациялау тәсілдерінің мақсаты және мәні

Барлық фотограмметриялық есептерді еңкіш суреттерге қарағанда, горизонталь суреттерде шешу жеңіл болып табылады. Горизонталь суретті еңкіш суретті трансформациялау жолымен камеральды жағдайда алуға болады.

Трансформациялау кезінде жер бедерінің әсерінен пайда болған бұрмалануларды трансформациялау нүктелерінің жағдайына түзетулер енгізіп, азайтуға болады.

Трансформациялау – әр түрлі картографиялық проекцияларда кіші масштабтық карталарды құрастыру, сонымен бірге фотопландарды және басқа да арнайы мақсаттағы фотоқұжаттарды құру кезіндегі негізгі процестердің бірі болып табылады.

Аэрофототүсіру нәтижесінде алынған аэросуреттерде, суретке түсіру кезінде фотокамераның еңкіштігі әсерінен болатын бұрмаланулар болады. Сондықтан аэросуреттің әртүрлі нүктелерінде бейненің масштабтары әртүрлі болып келеді. Сонымен бірге, ұшу кезінде суретке түсіру биіктігінің өзгеруі салдарынан аэрофотосуреттер бір-бірімен әртүрлі масштабты болады. Егер осы себептермен пайда болған бұрмалану шекті рұқсат етілген шамадан асатын болса, осындай аэрофотосуреттерді түзету және қажетті масштабқа келтіру керек, осыны трансформациялау жүзеге асырады.

Суреттерді трансформациялау деп еңкіш суретті қажетті масштабта горизонталь суретке немесе құрастырылатын картаның проекциясына сәйкес келетін бейнеге өзгертуді айтады.

Трансформациялаудың бірнеше тәсілдері бар:

- 1) аналитикалық;
- 2) графикалық;
- 3) фотомеханикалық;
- 4) оптикалық;
- 5) графомеханикалық;
- 6) электрондық.

Осы тәсілдердің әрқайсысында бастапқы деректерге байланысты трансформациялаудың екі түрін ажыратады: сыртқы бағдарлау элементтері бойынша (орнатылатын элементтер бойынша) және тірек нүктелері бойынша.

Аналитикалық тәсіл еңкіш бұрыштардың әсер етуін анықтауға және түзетулерді енгізуге мүмкіндік береді, яғни еңкіш суретте өлшенген координаталардан горизонталь суреттегі координаталарға ауысуға болады.

Аналитикалық трансформациялау кезіндегі есептерді шешу үшін және еңкіш суреттегі координаталарды өлшеу үшін, стереокомпаратор және монокомпаратор қажет. Өзгерістерді есептеп өндеуді ЭЕМ қолдана отырып жүзеге асырады. Егер сыртқы бағдарлау элементтері белгісіз болса, онда трансформациялауды тірек нүктелері бойынша орындауға болады. Суреттерді трансформациялауға қажет тірек нүктелерінің санын анықтау үшін еңкіш суретке арналған формулаларды қолданады. Бір тірек нүктесі құрамында сегіз белгісізі бар екі теңдеуді құруға мүмкіндік береді, ал трансформациялаудың элементтерін анықтау үшін кем дегенде төрт тірек нүктелері болуы керек.

Графикалық тәсіл. Перспективалық суретте негізгі нүктелер мен суреттің сызықтарын анықтайды. Ватман қағазында квадраттар торын сызып алады және суретте сәйкес келетін квадраттар және трапециялар бойынша суреттегі бейнені планшетке көшіреді.

Фотомеханикалық тәсіл. Суреттерді трансформациялау фототрансформатордың көмегімен жүзеге асырылады. Құралды еңкіш суреттегі бейне, объектив арқылы проекцияланатын жағдайға, экранда горизонталь суретке сәйкес бейнеге айналатындай қалыпқа келтіреді. Экранда алынған бейне фотоқағазға белгіленеді, содан соң химиялық өндеуден кейін трансформацияланған горизонталь сурет алынады.

Оптикалық тәсіл. Горизонталь суретке сәйкес келетін бейне планшетте еңкіш суретті оптикалық проекциялау жолымен алынады. Картада белгілеуді қажет ететін бұл бейненің бөлшектері шартты белгілерге сәйкес сызылады.

Оптикалық-графикалық тәсіл. Трансформациялау тәсілі әртүрлі конструкциядағы оптикалық жобаларды қолдану негізінде жасалады. Бейне трансформациялау жасалып жатқан план негізіне проекцияланады, ал элементтері шартты белгілерде сызылады.

Электрондық тәсіл. Оны, бейне экранға электрондық-сәулелі түтік арқылы берілетін арнайы фототрансформаторларда жүзеге асырады және одан тіреуіштің көмегімен фотоқағазға немесе фотопластинаға суретке түсіреді.

Оптикалық-механикалық тәсіл. Трансформациялаудың бұл тәсілі, еңкіш сурет камераның көмегімен фототрансформатордың экранына (ФТП, ФТМ және басқалары) трансформациялаудан тұрады. Мұнда бейне орталық проекцияның горизонталь суреттегі бейнеге сәйкес келетін түріне өзгереді. Сондықтан фототрансформатордың негізгі бөлігі есебіне келесілер кіреді: l – жарық көзі, k – кассета, S – объектив, E – экран. Трансформацияланған бейнені алу принципіне байланысты трансформаторлар екі топқа бөлінеді: бірінші және екінші түрдегі фототрансформаторлар. Суретке түсіру кезінде сәуле тізбектеріне ұқсас болатын фототрансформатор бірінші түрдегі фототрансформатор деп аталады. Бірінші түрдегі фототрансформаторлар трансформациялаудың әртүрлі коэффициенттерімен суреттерді трансформациялау үшін объективтер жинағымен жабдықталған болу керек, бірақ бұл құралдың конструкциясын және онда жұмыс істеуді қиындатады. Қазіргі кезде екінші түрдегі фототрансформатор көбірек тараған, ол бір объективтің көмегімен әртүрлі коэффициенттермен суреттерді трансформациялауға мүмкіндік береді. Бұл мәселе аспапта, ұқсас емес, суретке түсіру кезінде өзгертілген сәуле тізбектерін құрастыру жолымен шешіледі.

Фотомеханикалық трансформациялаудың геометриялық және оптикалық шарттары

E экран жазықтығында дұрыс және нақты бейнені алу үшін суреттерді трансформациялаудың геометриялық және оптикалық шарттарын орындау қажет.

Бірінші түрдегі трансформатордың экран жазықтығында геометриялық дұрыс бейнені алу үшін келесі шарттар орындалуы қажет, 1.18-сурет.

1. S проекция ортасын суреттің бас O нүктесімен қосатын So кесіндісі, сурет жазықтығына перпендикуляр және оның фокустық ара қашықтығына тең болу қажет.

2. Сурет PV және экран E_0V жазықтықтары арасындағы бұрыш суреттің еңкіш ε бұрышына тең болу қажет.

3. ε бұрышы бас вертикаль жазықтығында орналасу керек.

4. $Sn_0=f_t$ кесіндісі трансформацияланған бейненің 1:t масштабында көрсетілген суретке түсірудің H биіктігіне тең болу қажет.

EV экран жазықтығындағы бейне E_0V жазықтығындағы бейнеге сәйкес келеді және теңдікті орындау кезінде горизонталь суреттегі бейнеге ұқсас болады

$$\frac{IV}{IV_0} = \frac{S'L}{S'l} = \frac{S'L}{S'o'} = \frac{SN_0}{So} = \frac{Fe}{Fp} = \frac{f_l}{f}. \quad (31)$$

Егер H , f және ε шамалары өзгергенде және F_p және F_e кесінділері өзгерместен қалса, сурет және экран жазықтықтары арасындағы перспективтік сәйкестік сақталады және оларды *трансформациялаудың инварианттары* деп атайды.

Сонымен, екінші түрдегі фототрансформаторлардағы геометриялық дұрыс трансформацияланған бейнені алу үшін келесі шарттардың орындалуы қажет.

1. S' проекция ортасы I нүктесінен $S'I=SI=F_p$ радиусымен жүргізілген шеңбердегі бас вертикаль жазықтығында орналасуы керек.

2. I нүктеден еңкіш сурет және экран жазықтықтарының қиылысқан сызықтары бойынша арақашықтық F_e - ге тең болу қажет.

3. SS' доғасында S' проекция ортасының кез келген жағдайында EV экран жазықтығы $S'l$ кесіндісіне параллель болуы қажет.

Егер екінші түрдегі фототрансформатор объективінің фокустық арақашықтығын F деп белгілесек (1.19-сурет), онда объективтің бас жазықтығы мен P сурет және E экран жазықтықтары арасындағы бұрыш төмендегі формулалар арқылы анықталады.

$$\sin \varphi_p = \frac{F}{F_e}, \sin \varphi_e = \frac{F}{F_p}, \text{ ал бұрыш } \varphi = \varphi_e + \varphi_p. \quad (32)$$

Фототрансформатордың экран жазықтығындағы айқын бейнеге, бірінші және екінші фототрансформаторлар үшін ортақ болатын екі оптикалық шарттарды орындағанда қол жеткізіледі.

Бірінші оптикалық шарт – бұл геометриялық оптиканың негізгі теңдеуін сақтау

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F}, \quad (33)$$

мұндағы d_1 және d_2 – оптикалық ось бойымен S проекция ортасынан суретке және экранға дейінгі тиісті арақашықтық.

Бірінші оптикалық шартты сақтағанда – проекциялаушы камера мен экранның кассетасының горизонталь айналу осінде орналасқан нүктелердің айқын бейнесін алуға болады. Еңкіш экранның толық жазықтығындағы айқын бейнеге екінші оптикалық шартты сақтағанда қол жеткізіледі, осыған сәйкес сурет, объектив және экран жазықтықтары кеңістікте бір түзудің бойында қиылысуы керек. Бұл шарт фототрансформатордың конструкциясында салынған геометриялық принциптерінің күшімен орындалады.

1.17. Трансформациялаудың қондыру элементтері

Трансформациялауды қарастыру кезінде, мына жайт байқалған: горизонталь суретке сәйкес бейнені, оның тек объектив пен экранға қатысты белгілі жағдайында еңкіш сурет бойынша алуға болатыны дәлелденген. Фототрансформаторда сурет белгілі бір жағдайда орналасады. Бұл жағдайды қондырылған элементтердің арқасында алуға болады.

Қондыру элементтері деп – экранда белгіленген масштабта горизонталь суретке сәйкес келетін бейне алынатын, фототрансформатордағы суреттің сол қалпын анықтайтын шамаларды атайды.

Оларға жататындар:

- s_p – кассетаның еңкіш бұрышы. Бұл сурет жазықтығы мен объективтің бас жазықтығы арасындағы бұрыш;
- s_e – экранның еңкіш бұрышы. Бұл объектив жазықтығы мен экран жазықтығы арасындағы бұрыш;
- d_1 – оптикалық ось бойындағы S проекция ортасы мен сурет жазықтығы арасындағы арақашықтық;

- d' – оптикалық ось бойындағы проекция ортасы мен экран жазықтығына дейінгі арақашықтық;
- χ – өз жазықтығындағы суреттің бұрылу бұрышы;
- δ – децентрация. Бұл суреттің O бас нүктесінің e нүктесіне қатысты жылжуы.

Олардың ішінде s_e , χ және d_1 - тәуелсіз элементтер, s_p , d' және δ – тәуелді элементтер.

Орындаушы тек тәуелді элементтерді орнатады, ал қалған элементтер автоматты түрде, инверсорлар деп аталатын арнайы қондырғылардың көмегімен орнатылады. Бұл элементтер төмендегідей формулалар арқылы есептеледі.

$$\sin s_p = \frac{F}{F_e} \sin s_e = \frac{F}{F_e} \text{ бұрыш } S = s_e + s_p. \quad (34)$$

$\Delta VS'e$ және $\Delta VS'e_0$ -ден трансформациялау коэффициенті

$$n = \frac{d'}{d_1} = \frac{\operatorname{tg} s_e}{\operatorname{tg} s_p};$$

мұндағы $d_1 = F \cdot (1 + \frac{\operatorname{tg} s_f}{\operatorname{tg} s_e})$ $d' = F \cdot (1 + \frac{\operatorname{tg} s_e}{\operatorname{tg} s_p})$. (35)

Бірінші кесіндіні нүктедегі бұрыш 90° - s_p -қа тең $JS'e$ үшбұрышынан есептеп шығаруға болады, ал $S = 90^\circ$ - s_e -қа тең нүктесінде кесінді $OJ = Ff \operatorname{ctg} E$ болады, күрделі емес өзгертулерден кейін аламыз:

$$\delta = \frac{f}{\sin \varepsilon} \left(\frac{\cos s_e}{\cos s_p} - \cos \varepsilon \right)$$

еңкіштің кіші бұрыштары үшін.

$$\delta = \frac{1}{2} f \varepsilon \left(1 + \frac{s_p^2 - s_e^2}{\varepsilon^2} \right)$$

(36)

δ – децентрация- eJ және OJ кесінділері арасындағы айырмашылық.

Аспаптың құрастыру осі болып объективтің оптикалық осі табылады, объективтің бас жазықтығы горизонталь жағдайда болады.

1.18. Фотосхемалар және фотопландар

Пландық суреттерден құрылған жергілікті жердің фотограмметриялық бейнесі фотосхема деп аталады. Тегіс жердің фотосхемасын жуық фотографиялық план ретінде қарастыруға болады. Фотосхемаларды далалық дешифрлеу кезінде, жер бедерін түсіруде, геологиялық және географиялық зерттеулерде, сонымен қатар инженерлік-жобалау жұмыстарында шолу материалдары ретінде қолдануға болады.

Егер арақашықтықты және ауданды өлшеу кезінде жоғары дәлдік қажет болмаса, онда фотосхемаларды қолдануға болады. Олар маршруттық (бір маршруттың суреттерінен құралған) және көпмаршруттық (көпмаршруттың суреттерінен құралған) болады.

Суретті монтаждаудың екі әдісі бар:

1) бастапқы бағыт бойынша, бұл тәсіл өлшеу жұмыстары кезінде қолданылады;

2) контурлар бойынша, бұл тәсіл жылдамырақ, оны егер фотосхема өлшеу жұмыстарына қатысты болмаса, рекогносцировкаға, дешифрлеуге арналған болса қолданады.

Фотосхемаларды құрастыру кезінде келесі процестер орындалады:

1) суретті монтаждау;

2) суретті кесу;

3) негізге суреттерді жабыстыру;

4) фотосхема дәлдігін бағалау;

5) фотосхеманы безендіру.

Фотоплан – планға қойылатын дәлдігі бойынша талаптарды қанағаттандыратын жергілікті жердің фотографиялық бейнесі.

Фотопланды құрастыру кезіндегі негізгі процестер:

1) негізді дайындау;

2) трансформацияланған суреттерді дайындау;

3) фотопланды монтаждау;

- 4) фотопланды бақылау;
- 5) фотопланды безендіру.

Фотосхеманың дәлдігі фотопланның дәлдігінен төмен болып келеді, олар суреттің еңкіш бұрыштарына, жергілікті жер бедеріне, ұшу биіктігінің өзгеруіне және суретті монтаждау қателіктеріне өте тәуелді болады, олардың барлығы кездейсоқ қателіктер. Фотосхеманың және фотопланның шеттерінің жиегін түзу сызықпен қиып алады және жақтауға сыртқы безендіру жасалады. Фотосхемаларды фотопландар сияқты фотографиялық және типографиялық тәсілдермен көбейтеді.

1.19. Жұп суреттерді талдау

Стереомодель, геометриялық модель және модельдің масштабы

Сәйкес келетін сәулелердің қиылысу нүктелері жиынтығының арқасында пайда болған беткей стереомодель немесе модель деп аталады.

Екі тізбек проекциясының арасындағы арақашықтығы арқылы салынған модель, жобалау базисі деп аталады. $B_1 = S_1 S_2$.

Модель масштабы B_1 жобалау базисінің B суретке түсіру базисіне қатынасына тең.

Егер оң жақтағы сурет бағыт бойынша сол жақтағы суретке қарай қозғалатын болса, онда сәйкесінше оң жақтағы сәулелердің тізбегі сол жақтағы тізбекке қарай қозғалады. Мұнда проекцияның ортасы базистен шықпайды және тізбек өзіне өзі параллель қозғалады. Сонда әр проекцияланған сәулелердің тізбегі өзінің бастапқы жағдайына параллель болып қалады. Аттас сәулелердің қиылысуы бұзылмайды.

Жұп суреттердің бағдарлау элементтері.

Жұп фотосуреттердің орны кеңістікте қабылданған координаталар жүйесіне байланысты 18 элементтермен анықталады (1.20-сурет). Мұның ішінде бірінші фотосуреттің ішкі бағдарлаудың үш элементтері f_1 , x_0 , y_0 , және сыртқы бағдарлаудың алты элементтері X_{01} , Y_{01} , Z_{01} , ω_1 , α_1 және екінші

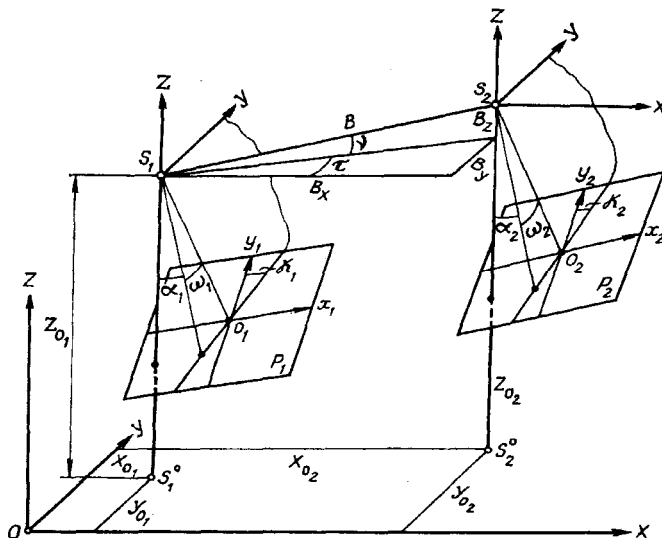
фотосуреттің осыған ұқсас тоғыз бағдарлау элементтері: $f_2, x_{02}, y_{02}, X_{02}, Y_{02}, Z_{02}, \alpha_2, \omega_2, \alpha_2$.

Кейде екінші фотосурет проекциясы ортасының X_{02}, Y_{02}, Z_{02} координаталарының орнына келесі элементтерді қолданады:

B_x – X осіне суретке түсіру базисінің проекциясы.

ν – базистің еңкіш бұрышы.

τ – XU жазықтығына X осі мен базис проекциясы арасындағы бұрыш.



1.20-сурет. Стереожұптың бағдарлау элементтері

Бұл жағдайда S_2 проекциясы ортасының координаталарын келесі формулалар арқылы табуға болады:

$$\begin{aligned} X_{02} &= X_{01} + B_x, Y_{02} = Y_{01} + B_y, Z_{02} = Z_{01} + B_z \\ B_x &= B \cos \nu \cos \tau, B_y = B_x \operatorname{tg} \tau, B_z = B_x \sec \tau \operatorname{tg} \nu \end{aligned} \quad (37)$$

Аймақ жалғыз АФА арқылы суретке түсірілетіндіктен, барлық суреттер үшін ішкі бағдарлау элементтері бірдей болып келеді, яғни $f_1=f_2, x_{01}=x_{02}, y_{01}=y_{02}$ және модельді құру 15 элементпен орындалуы мүмкін.

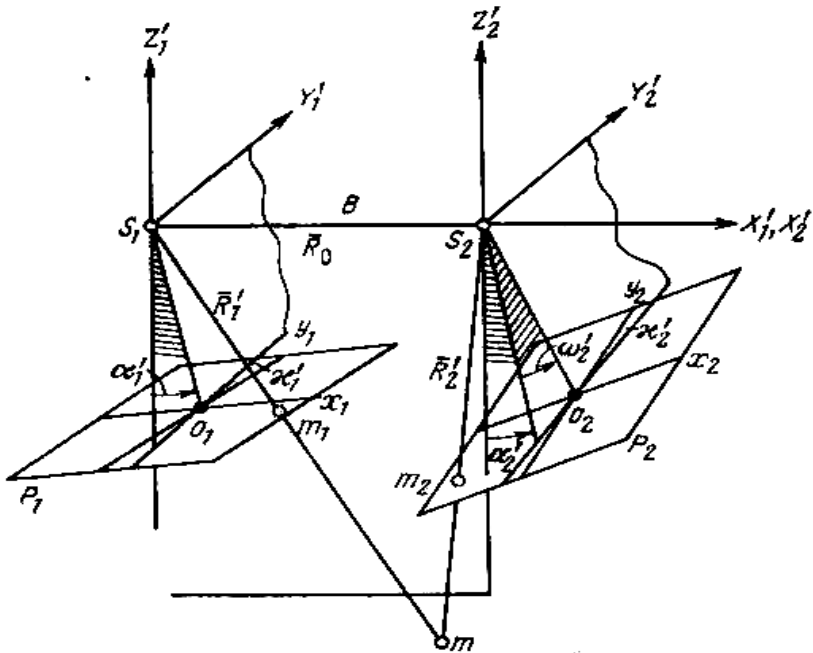
Жұп суреттерді өзара бағдарлау

Суретке түсіру кезінде жұп суреттердің өзара орналасуын анықтайтын шамалар, өзара бағдарлау элементтері деп аталады.

Жұп суреттерді өзара бағдарлауды екі тәсілмен орындауға болады:

- 1) екі суреттердің бұрылуымен;
- 2) тек бір суреттің бұрылуы және жылжуымен, мысалы оң жақтағының, сол жақтағының қозғалмайтын жағдайында.

Осыған сәйкес өзара бағдарлаудың элементтерінің екі жүйесі болады. Бірінші жүйеде суретке түсіру базисі қозғалмайтын болып саналады, бірақ екіншісі – сол жақтағы сурет.



1.21-сурет. Жұп суреттердің өзара бағдарлау элементтерінің бірінші жүйесі

Бірінші жүйе (1.21-сурет). Бұл жүйеде өзара бағдарлау элементтері болатындар:

α'_1 - S_{101} сол жақтағы тізбектің бас сәулесі мен базиске перпендикуляр арасындағы сол жақтағы суреттің $S_{101}S_2$ бас базистік жазықтығындағы бұрышы.

$n'_1 - y_1$ осі мен $S_{101}Y'_1$ жазықтығы ізінің арасындағы сол жақтағы суреттегі бұрыш;

α'_2 – базиске перпендикулярмен және S_{202} оң жақтағы тізбектің бас сәулесі проекциясы арасындағы сол жақтағы суреттің бас базистік жазықтығындағы бұрыш;

ω'_2 – сол жақтағы суреттің базистік жазықтығына оң жақтағы тізбектің бас сәулесінің проекциясы мен S_{202} бас сәуле арасындағы бұрыш.

$n'_2 - y_2$ осі мен $S_{202}Y'_2$ жазықтығы ізінің арасындағы оң жақтағы суреттегі бұрыш.

Суретке түсіру базисіне қатынасты α'_1 және α'_2 бұрыштары суреттің бойлық еңкіш бұрыштары деп аталады, ω'_2 – өзара бойлық еңкіш бұрыштар, ал n'_1 және n'_2 бұрыштары – бұрылу бұрыштары. Бірінші жүйеде кеңістіктік координаталардың басы болып сол жақтағы суреттің проекциясының ортасы табылады, X'_1 осі базиспен қиылысып келеді, ал Z'_1 осі сол жақтағы суреттің бас базистік жазықтығында орналасқан. $S_2X'_2Y'_2Z'_2$ координаталар жүйесі $S_1X'_1Y'_1Z'_1$ координаталар жүйесіне параллель орналасқан. Суреттердің өзара бағдарлау элементтерін біле отырып, модельдің кез келген нүктесінің фотограмметриялық координаталарын табуға болады.

Екінші жүйе (1.22-сурет). Фотограмметриялық координаталардың басы болып сол жақтағы суреттің проекциясының ортасы табылады, бірақ X'_1 және Y'_1 координата осьтері сол жақтағы суреттің сәйкес x_1 және y_1 осьтеріне параллель бағытталған. Z'_1 осі сол жақтағы тізбектің бас сәулесімен беттеседі. $S_2X'_2Y'_2Z'_2$ координаталар жүйесі $S_1X'_1Y'_1Z'_1$ координаталар жүйесіне параллель орналасқан.

Өзара бағдарлау элементтері ретінде келесі шамалар қолданылады:

τ' - сол жақтағы суреттегі x_1 осі мен осы суреттің бас базистік жазықтығының ізі арасындағы бұрыш;

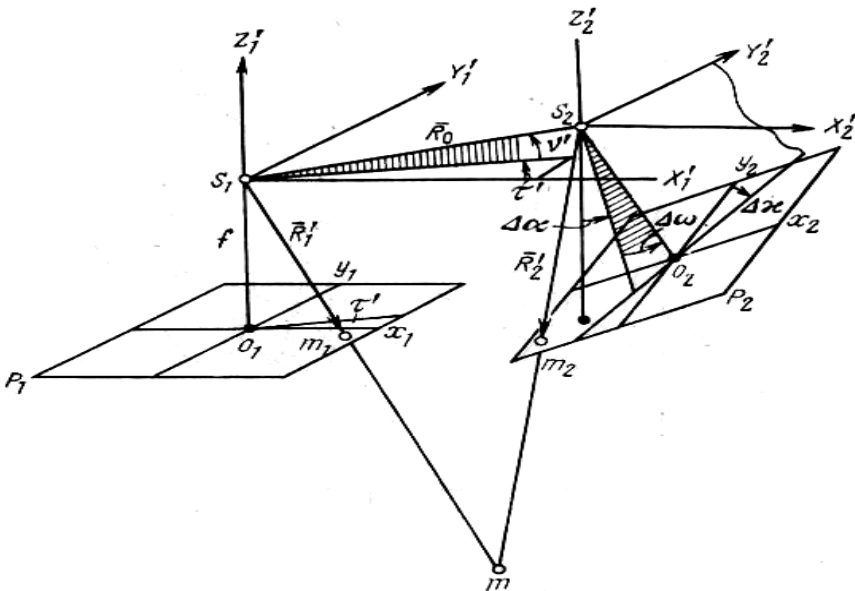
v' – сол жақтағы суретке қатынасты базистің еңкіш бұрышы;
 $\Delta\alpha$ – суреттердің өзара бойлық еңкіш бұрышы, Z'_2 осі мен жазықтыққа оң жақтағы тізбектің бас сәулесінің проекциясымен құрылған;

$\Delta\omega$ – $X'_2Z'_2$ жазықтығы мен оң жақтағы тізбектің бас сәулесі арасында орналасқан суреттердің өзара көлденең еңкіш бұрышы;

$\Delta\eta$ – суреттердің өзара бұрылу бұрышы, y_2 осі мен $S_2O_2Y'_2$ жазықтығының ізі арасындағы оң жақтағы суреттегі бұрыш.

Сәйкес келетін сәулелер жұптарының қиылысу шарттары.

1.21 және 1.22-суреттерде өзара бағдарланған суреттер көрсетілген, модель нүктесі m_1 және оның стереожұптағы бейнелері m_1 және m_2 . Бұл жағдайда кез келген сәйкес сәулелердің жұбы, мысалы S_1m_1 және S_2m_2 қиылысады және суретке түсіру базисі арқылы өтетін бір жазықтықта орналасқан.



1.22-сурет. Жұп суреттердің өзара бағдарлау элементтерінің екінші жүйесі

Бір сәулелер тізбегінің орнын басқаға қатынасты өзгертеміз, мысалы, S_2O_2 бас сәуленің айналасында оң жақтағы суретті бұру арқасында. Сонда, S_1m_1 және S_2m_2 сәйкес сәулелер жұбы әртүрлі базистік жазықтықтарда орналасады және қиылыспайды.

Суреттердің өзара жағдайының кейбір өзгерістері сәйкес келетін сәулелердің қиылысуын бұзбайды. Мысалы, өзара бағдарланған сурет жұптарының оң жақтағы немесе сол жақтағы суреттері тек қана ілгері қозғалыстар жасайды және мұнда оның проекция ортасы S_1S_2 базис сызығымен жылжымайды, сондықтан сәйкес келетін сәулелердің қиылысуы сақталады.

1.20. Жергілікті жердің нүкте координаталары мен олардың жұп фотосуреттердегі бейнелерінің координаталары арасындағы байланыс

Жергілікті жердегі M нүктесі S_1 және S_2 нүктелерінен суретке түсіру кезінде P_1 және P_2 суреттерінде m_1 және m_2 нүктелері бейнеленген (1.23-сурет). Жергілікті жерде $OXYZ$ координаталар жүйесі қабылданған, B базис ұзындығы және оның жүйедегі бағыты белгілі. Осыдан басқа, суреттің ішкі және сыртқы бағдарлау элементтері және m_1 және m_2 нүктелерінің координаталары белгілі. Бастапқы мәліметтер дәл болған жағдайда, M нүктесінің кеңістіктегі орны S_1M және S_2M проекциялаушы сәулелер бойынша бағытталған $\vec{R}_1$ және $\vec{R}_2$ векторларының қиылысуымен анықталады.

$\vec{R}_1$ және $\vec{R}_2$ векторлары $\vec{R}'_1$ және $\vec{R}'_2$ векторларына коллинеарлы, олар суреттерде m_1 және m_2 нүктелерінің орнын анықтайды,

$$\text{сондықтан } \overline{R_1} = \lambda \overline{R'_1}, \overline{R_2} = \lambda' \overline{R'_2}, \quad (38)$$

мұндағы λ' және λ — скалярлар.

$OXYZ$ координаталар жүйесінде M , S_1 және S_2 нүктелерінің орны $\vec{R}(X, Y, Z)$, $R_{S1}(X_{01}, Y_{01}, Z_{01})$, $R_{S2}(X_{02}, Y_{02}, Z_{02})$ векторларымен анықталады.

1.23-суреттен шығатын қорытынды

$$\overline{R} - \overline{R_{S1}} = \lambda \overline{R'_1}, \overline{R} - \overline{R_{S2}} = \lambda' \overline{R'_2} \quad (39)$$

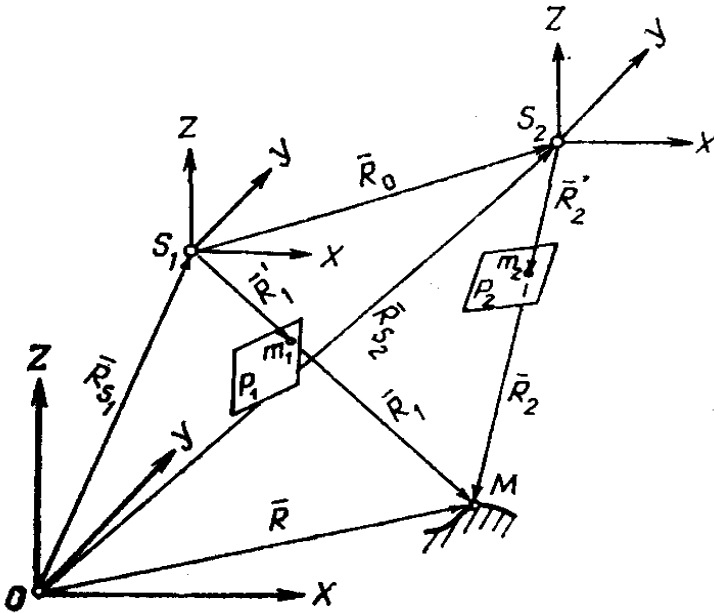
Немесе координаталық түрде

$$\left. \begin{aligned} X - X_{01} &= \lambda X'_1, X - X_{02} = \lambda' X'_2, \\ Y - Y_{01} &= \lambda Y'_1, Y - Y_{02} = \lambda' Y'_2, \\ Z - Z_{01} &= \lambda Z'_1, Z - Z_{02} = \lambda' Z'_2 \end{aligned} \right\} \quad (40)$$

Содан басқа, 1.23-суреттен алатынымыз

$$\bar{R}_{S1} + \bar{R}_0 = \bar{R}_{S2}, \bar{R}_0 + \bar{R}_2 = \bar{R}_1.$$

Сондықтан былай жазуға болады $\bar{R}_{S2} - \bar{R}_{S1} + \bar{R}_2 = \bar{R}_1$



1.23-сурет. Жергілікті жердің нүкте координаталары мен олардың жұп фотосуреттердегі бейнелерінің координаталары арасындағы байланыс

Векторлық теңдіктерді (39) есепке ала отырып аламыз

$$\overline{R}_{S2} - \overline{R}_{S1} + \lambda' \overline{R}_2' = \lambda \overline{R}_1'$$

Векторлық теңдеуді координаталық түрде көрсетуге болады

$$\left. \begin{aligned} X_{02} - X_{01} + \lambda' X_2' &= \lambda X_1', \\ Y_{02} - Y_{01} + \lambda' Y_2' &= \lambda Y_1', \\ Z_{02} - Z_{01} + \lambda' Z_2' &= \lambda Z_1' \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

(41) теңдеу жүйесінде белгісіз деп λ' және λ скалярларды есептесек, оларды алғашында λ' , содан кейін λ скалярларын жойып есептеп шығарамыз. Мұнда, сәйкес келетін координаталар осіне суретке түсіру базисін құрайтындарға тең болатын проекция орталарының координаталарының айырмашылығын B_x , B_y және B_z арқылы белгілейміз. Нәтижесінде алатынымыз

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= \frac{B_x Y_2' - B_y X_2'}{X_1' Y_2' - Y_1' X_2'} = \frac{B_x Z_2' - B_z X_2'}{X_1' Z_2' - Z_1' X_2'} = \frac{B_y Z_2' - B_z Y_2'}{Y_1' Z_2' - Z_1' Y_2'} \\ \lambda' &= \frac{B_x Y_1' - B_y X_1'}{X_1' Y_2' - Y_1' X_2'} = \frac{B_x Z_1' - B_z X_1'}{X_1' Z_2' - Z_1' X_2'} = \frac{B_y Z_1' - B_z Y_1'}{Y_1' Z_2' - Z_1' Y_2'} \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

1.21. Универсал стереоспаптардың мәні және түрлері

Универсал құралдарды проекциялау тәсілі бойынша, фотограмметриялық қиылыстыруларды жүзеге асыру принципі бойынша, модельді өлшеу тәсілі бойынша және дәлдігі бойынша бөлуге болады.

Проекциялау тәсілі бойынша келесілерге бөлінеді:

Оптикалық аспаптар. Бұл фотосурет арқылы проекциялаушы сәулелердің тізбегін қалпына келтіруге көмектесетін екі және одан да көп камерасы бар аспаптар.

Суреттердің бейнелері, жергілікті жердің моделін құрастыруды орындайтын горизонталь экранға проекцияланады.

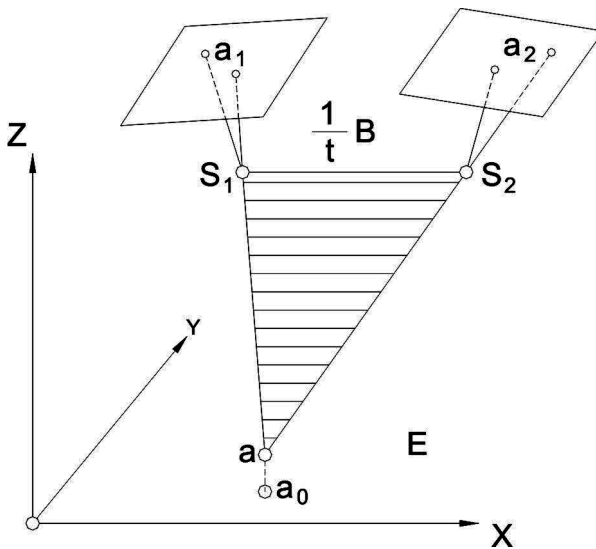
Механикалық аспаптар. Мұндай аспаптарда проекциялаушы сәулелердің рөлін кардан орталарының айналасында айналатын прецизиондық тетіктер және сызғыштар атқарады.

Оптикалық-механикалық аспаптар. Мұндай аспаптарда проекциялаушы сәулелердің тізбегі оптикалық жолмен қалпына келтіріледі, бірақ модельді құрастыру үшін прецизионды тетіктер қолданылады.

Негізгі бөліктері стереокомпаратор, ЭЦВМ және координатограф болып табылатын аналитикалық универсал аспаптарда, фотограмметриялық қиылыстыру аналитикалық жолмен шешіледі.

Фотограмметриялық қиылыстыруларды жүзеге асыру принципі бойынша келесілерге бөлінеді:

Қиылыстырулардың үш принципі бар: үшбұрыш принципі (1.24-сурет), екі үшбұрыштар принципі (1.25-сурет) және үшбұрыш қосу параллелограмм.

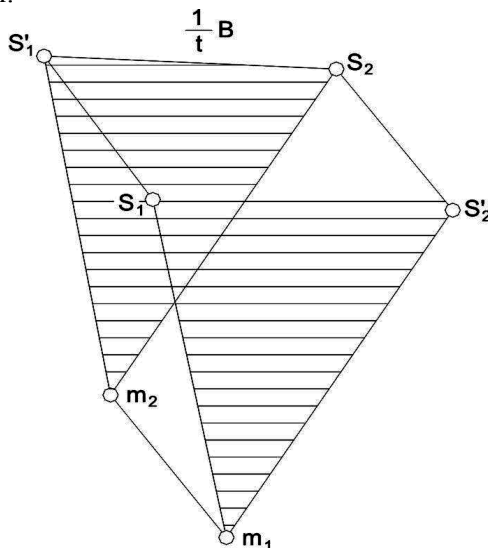


1.24-сурет. Үшбұрыш қиылыстыру схемасы

Фотограмметриялық қиылыстыру үшбұрышты құру жолымен жасалады, мұнда, оның төбелері болып проекциялаушы камера объективтерінің алдыңғы түйін нүктелері және анықталатын нүкте табылады.

Екі үшбұрыштарды қиылыстыру жағдайында, екінші сурет проекциясының ортасы нүктеге қатынасты түзудің жалғасы бойынша бойлық бағытта емес, құрастыру түсінігі бойынша таңдалатын К ерікті шамасына көлденең жылжиды.

Жергілікті жердің моделі, сол тізбектегі сәулелердің оң тізбектегі сәйкес келетін сәулелерімен қиылысуы нәтижесінде, параллель көшірілген оның төбесі жоба нүктесімен сәйкес келгенде алынады. Осылайша, фотограмметриялық қиылыстыру бұл жағдайда үшбұрыш қосу параллелограмм принципі бойынша жүзеге асады.



1.25-сурет. Екі үшбұрыштар қиылыстыру схемасы

Модельді өлшеу тәсілі бойынша келесілерге бөлінеді:

Оларда нағыз марка қолданылатын аспаптар және оларда модельдерді өлшеуді жалған марка тәсілі бойынша орындайтын аспаптар.

Дәлдігі бойынша универсал аспаптар класстарға бөлінеді. Бірінші класс, бұл фотосурет нүктелерінің координаталарының өлшеу дәлдігін 10 мкм орташа квадраттық қателікпен қамтамасыз ететін, екінші класс 20 мкм, үшінші класс 50 мкм аспаптар. Аналитикалық аспаптарда орташа квадраттық қателіктер 5 мкм аспауы керек.

Экранда айқын көріністі алу үшін, келесі екі шарттарды орындау керек:

1. Объективтен суретке дейінгі f және объективтің бас оптикалық осі бойынша экранға D дейінгі арақашықтықтар оптиканың негізгі теңдеуін қанағаттандыруы керек.

2. Сурет жазықтығы, объективтің бас жазықтығы және экран жазықтығы бір түзудің бойында қиылысуы керек.

1.22. Кеңістіктік фототриангуляция

Кеңістіктік фототриангуляцияның классификациясы және мәні

Кеңістіктік фототриангуляция суреттер бойынша топографиялық карталарды, пландарды, фотопландарды және жергілікті жер туралы басқа да құжаттарды құрастыру үшін қажет, тірек нүктелерінің пландағы жағдайын және биіктігін анықтауға мүмкіндік береді.

Кеңістіктік фототриангуляцияның ең басты мақсаты – көп еңбекті далалық геодезиялық жұмыстарды неғұрлым қысқартып, орнына камералдық жұмыстарды пайдалану.

Кеңістіктік фототриангуляция топографиялық емес мәселелерді де шешуге қолданылады, мысалы ұшақтың және басқа да ұшатын нысандардың жағдайларын сипаттайтын траекторияны, жылдамдықты және басқа параметрлерін білу үшін.

Кеңістіктік фототриангуляцияның мәні, бір немесе бірнеше маршруттарға қатысты суреттер бойынша жергілікті жердің моделін құрастырудан тұрады, және оны геодезиялық координаталар жүйесіне бағдарлау.

Жердің моделін құруда қолданылатын маршруттардың санына байланысты кеңістіктік фототриангуляцияны, бірмаршрутты немесе маршрутты және көпмаршрутты немесе блоктық деп бөледі.

Маршрутты фототриангуляция бір маршрутқа жататын суреттер бойынша құрастырылады. Мұнда, маршрутта модельді геодезиялық координаталар жүйесіне қатынасты бағдарлау үшін қажет тірек нүктелері болуы керек.

Көпмаршрутты немесе блоктық фототриангуляция екі немесе одан да көп маршруттарға жататын суреттер бойынша дамиды. Оны құру үшін әрбір маршрутты тірек нүктелерімен қамтамасыздандырудың қажеті жоқ, тек барлық блоктарда бірнеше тірек нүктелері болса жеткілікті. Сондықтан блоктық фототриангуляция маршруттыққа қарағанда далалық геодезиялық жұмыстарды бірнеше есе қысқартуға мүмкіндік береді, бұл үлкен мәнге ие, әсіресе адам жетуі қиын және жете алмайтын аймақтардың картасын жасауда.

Қолданылатын техникалық құралдарға байланысты кеңістіктік фототриангуляцияны екі түрге бөледі: 1) аналитикалық; 2) аспаптық немесе аналогтық.

Аналитикалық фототриангуляция әрбір жұп суреттердің нүктелерінің өлшенген координаталары бойынша есептеледі. Заманауи аналитикалық фототриангуляция жоғары дәлдікті автоматтандырылған стереокомпараторларды және электронды есептегіш машиналарды қолдануға негізделген.

Аналогтық фототриангуляцияның негізіне әрбір жеке маршруттар жағдайында жалғыз модельдерді немесе жалпы модельді құруға мүмкіндік беретін универсал стереоаспаптарды пайдалану жатады.

Сонымен қатар ұшу кезінде тіркелген суреттердің ішкі бағдарлау элементтерін қолданбай фототриангуляциялау және суреттердің ішкі бағдарлау элементтерін қолдану арқылы фототриангуляциялау деп бөледі. Фототриангуляцияда суреттердің ішкі бағдарлау элементтерін және басқа да қосымша мәліметтерді қолдану, мысалы суретке түсіру биіктіктерінің айырмашылығы және проекция орталарының координаталары, далалық геодезиялық жұмыстардың қысқаруына алып келеді.

Сонымен, мақсатына байланысты кеңістіктік фототриангуляция каркастық және толтырылатын деп бөлінеді.

Каркастық фототриангуляция, толтырылатын маршруттар бойынша фототриангуляция үшін қажет тірек нүктелерімен қамтамасыз ету мақсатында толтырылатын маршруттар бағытына перпендикуляр жүргізілген маршруттар бойынша дамып отырады. Толтырылатын фототриангуляция топографиялық картаны құруда әрбір стереожұптарды өңдеу үшін тірек нүктелерімен қамтамасыз етеді.

Аналитикалық фототриангуляцияның аналогтыққа қарағандағы артықшылықтары:

- өте жоғары дәлділік, ол суреттерді өлшеу және өлшеу нәтижелерін өңдеудің қатаң әдістемесі үшін өте дәл стереокомпараторларды қолдануға негізделген;

- жоғары өнімділік, барлық есептеу процестерін автоматтандыратын электронды есептегіш машиналарды қолдану арқасында қол жеткізетін;

- универсалдық – суреттердің бағдарлау элементтерінің мәніне және олардың форматына шектеулер қойылмайды.

Аналитикалық фототриангуляция, тигізетін әсерін математикалық түрде келтіруге болатын барлық жүйелік қателіктерді ескеруге мүмкіндік береді. Мұндай қателіктердің шығуына фотокамера объективінің дисторсиясы, жердің қисықтығы, атмосфералық рефракция, суреттердің тең және тең емес деформациясы және т.б. жатады.

Аналогтық фототриангуляцияда жүйелік қателіктерді есептеу мүмкіндігі шектеулі. Мысалы, универсал стереоаспаптардың барлығына жуығы, суреттердің тең емес деформациясын жоюға мүмкіндік бермейді.

Аналитикалық фототриангуляцияда суреттердің кездейсоқ деформациясының әсерін азайтуға да болады. Оған аэрофотоаппаратта фотопленканың жарықсезгіш қабаты жанасатын шыны пластинкаға 1-2 см жиілікпен белгіленген бақылау торын қолданумен қол жеткізіледі. Бақылау торы экспозициялау сәтінде суретке басылады. Бақылау торларының қиылысу координаталары жоғары дәлдікпен белгілі. Суретте бақыланатын нүктенің жақын қиылысуға қатынасты координата

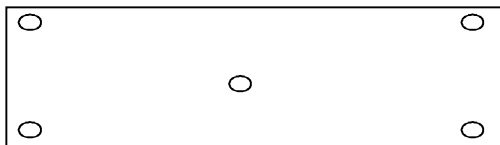
өсімшелерін өлшейді, яғни кіші кесінділер, оларда кездейсоқ деформацияның әсері болмайды.

Кейбір жағдайларда аналогтық фототриангуляцияны аналитикалықпен бірге жүргізеді. Универсал стереоаспаптарда тәуелсіз модельдер құрады, содан кейін электронды есептегіш машиналардың көмегімен бұл модельдерді жалпы модельге қосады және оны сырттай бағдарлайды.

1.23. Кеңістіктік фототриангуляцияның жобасын құрастыру

Кеңістіктік фототриангуляцияның жұмысын орындау жобаны құрастырумен басталады. Жобаны құрастыру жұмыстарды орындау үшін қажет материалдарды жинаудан басталады. Фототриангуляцияны орындауға қажетті тәсіл таңдалынады. Бар аспаптарға және материалдарға байланысты тәсіл таңдалынады. Бастапқы материалдар ретінде, берілген жерді аэрофототүсіруде алынған суреттер және негативтер қолданылады. Сонымен қатар бұрынғы жылдардағы материалдар қолданылуы мүмкін: ескі карталар, фотопландар, суреттер және т.б.

Содан кейін геодезиялық жолмен немесе фотограмметриялық жиілетумен алынған, пландық және биіктік координаталары бар тірек нүктелерін суретке енгізеді. Кеңістіктік фототриангуляцияны орындау үшін кемінде 5 тірек нүктесі болуы қажет, олар 1.26-суретте көрсетілгендей екеуден маршруттың басында және соңында, ал біреуі ортасында орналасуы керек. Тірек нүктелерінен басқа байланыстырушы және бақылау нүктелерінің орналасқан жерін белгілейді. Байланыстырушы және бақылау нүктелерін, картаны құрастыру кезінде нүктелердің орналасу талаптарын қанағаттандыратындай, суреттердің жабу зонасында белгілеу керек.



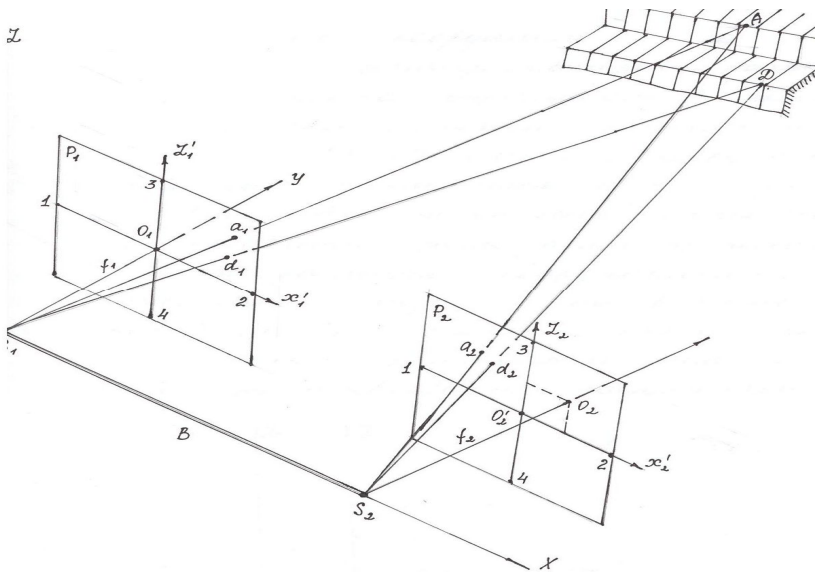
1.26-сурет. Маршруттық фототриангуляцияның тірек нүктелерінің орналасу схемасы

Планшетте километрлік тор салынады, онда координаталары бойынша тірек нүктелері салынады. Суреттегі және негіздегі барлық нүктелер безендіру талаптарына сәйкес безендіріледі.

1.24. Жер үсті түсірудің негіздері

Жер үсті стереофотограмметриялық түсірудің мәні

Жер үсті стереофотограмметриялық түсіруде, топокартаны жер бетін суретке түсіру кезінде алынған жердің фотосуреттері бойынша құрастырады. Әдістің негізіне жердегі анықталатын нүктелердің орналасуы мен олардың суреттегі бейнесінің арасындағы геометриялық қатынасы жатқызылады.



1.27-сурет. Жер үсті суреттері бойынша тура кеңістіктік фотограмметриялық қиылыстырудың схемасы

Жер үсті стерефотограмметриялық түсіру әдісімен жер учаскесінің планын құрастыру үшін стереожұпты алу қажет. Стереожұп – әр түрлі нүктеден алынған бір жер участкесінің екі суреті. Суреттің кеңістікте орналасуы мен оның проекция ортасын біле отырып, жердің кез келген нүктесінің проекциялаушы сәулесінің кеңістіктегі орнын, осы нүктенің бейнесін проекция ортасымен қосатын түзу ретінде анықтауға болады. 1.27-суретте проекциялаушы сәулелердің екі байламы бейнеленген және жердегі кез келген нүктенің орналасуы, мысалы, А және Д, проекциялаушы сәулеге сәйкес тура қиылыстырумен анықталады. Бұл қиылыстыру тура кеңістіктік фотограмметриялық қиылыстыру деп аталады.

Кеңістіктік фотограмметриялық қиылыстыру тек сәулелер байланысын қалпына келтіруге мүмкіндік береді, бірақ бұл әртүрлі инженерлік есептерді шешуге жеткіліксіз. Бұл үшін нысан нүктелерінің жағдайын білу қажет.

Жер үсті түсірулерінде қолданылатын координаталар жүйесі

Жер үсті фотограмметриясында нысан нүктелерінің орнын 1.28-суретте көрсетілгендей SXYZ немесе OX_ГY_ГZ_Г тікбұрышты кеңістіктік координаталар жүйесінде анықтайды. SXYZ координаталар жүйесі – оң. Ол әдетте нысан нүктелерінің өзара орнын зерттеуде қолданылады және фотограмметриялық деп аталады. Бұл жүйенің координаталық осьтерінің басы мен бағыты еркін түрде таңдалынуы мүмкін. Біздің жағдайымызда басы S суретке түсіру нүктесімен біріктірілген, ал XY жазықтықты горизонталь орнатады.

OX_ГY_ГZ_Г координаталар жүйесі – сол, жергілікті жерді картографиялауда қолданылады және геодезиялық деп аталады. Бұл жүйенің X_ГY_Г жазықтығы барлық уақытта горизонталь, X_Г осі солтүстікке, ал Y_Г осі – шығысқа бағытталған.

Фотограмметриялық координаталар жүйесінің басы S суретке түсіру нүктесінде жатыр, ал X және Y координаталық осьтері X_Г және Y_Г сәйкес осьтеріне параллель болсын. Сонда А нүктесінің геодезиялық координаталарын келесі формулалар бойынша анықтауға болады

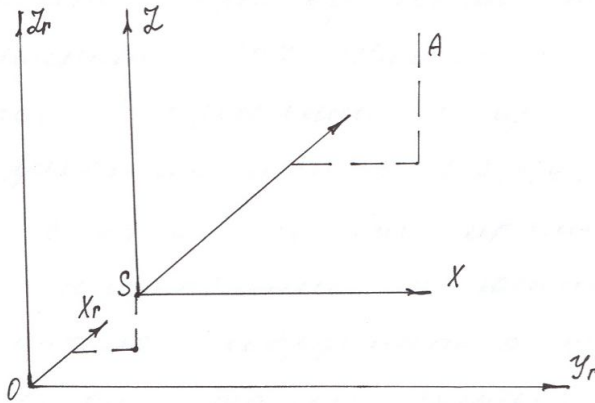
$$X_{\Gamma} = X_{\Gamma s} + Y$$

$$Y_{\Gamma} = Y_{\Gamma S} + X \quad (43)$$

$$Z_{\Gamma} = Z_{\Gamma S} + Z,$$

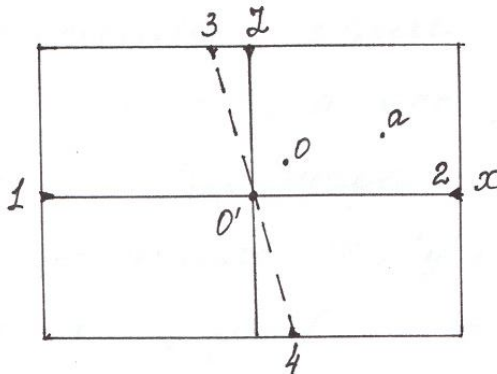
мұндағы $X_{\Gamma S}$, $Y_{\Gamma S}$, $Z_{\Gamma S}$ – S суретке түсіру нүктесінің геодезиялық координаталары;

X , Y , Z – жергілікті нүктенің фотограмметриялық координаталары.



1.28-сурет. Тікбұрышты кеңістіктік координаталар жүйесі

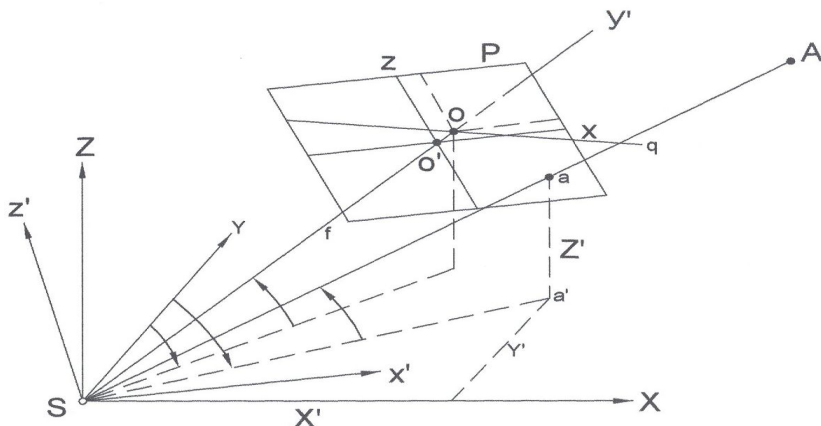
Суретте нүктенің орнын анықтау үшін тегіс жазықты тікбұрышты $o x y$ координаталары қолданылады (1.29-сурет).



1.29-сурет. Тегіс жазықты тікбұрышты $o x y$ жүйесінің координаталары

Бұл жүйенің O басы 1–4 координаталық белгілерді жалғастыратын тура сызықтардың қиылысында жатады. x осі осы сызықтардың біріншісімен сәйкес келеді. Фотокамераны дайындаудың және юстировкалаудың қателіктерінің нәтижесінде, O координаталардың басы суреттің бас нүктесімен сәйкес келмейді, ал z осі 3 және 4 координаталық белгілерден өтпейді. Бас нүктенің координаталарын x_0 және z_0 бойынша белгілейміз.

Суреттегі нүктенің орналасуын анықтау үшін жазықтық координаталар жүйесінен басқа, 1.30-суретте көрсетілген $SXYZ$ кеңістіктік фотограмметриялық жүйе қолданылады. P суретінің a нүктесінің координаталарын осы жүйеде X, Y, Z арқылы белгілейміз. Кеңістіктегі координаталарды анықтайтын аспаптар болмайды. Сондықтан бұл координаталарды x, z жазықтық координаталарын қолданып табады, бұл үшін жанама $Sxuyz$ координаталық жүйесін енгізеді.



1.30-сурет. Ішкі бағдарлаудың координаталар жүйелері және элементтері

Бұл жүйенің басы S проекциясының ортасында орналасқан, ал x және z осьтері oxy жазықтық координаталар жүйесінің сәйкес осьтеріне параллель, ал y осі So бас сәулемен сәйкес

келеді. Онда S x y z жүйесінде a нүктесінің координаталары тең болады

$$\begin{aligned}x &= x - x_0 \\y &= f \\z &= z - z_0\end{aligned}\quad (44)$$

Координаталарды қайта құру формулалары бойынша X, Y, Z мәндерін аламыз

$$\begin{aligned}X &= a_1 (x - x_0) + a_2 f + a_3 (z - z_0) \\Y &= b_1 (x - x_0) + b_2 f + b_3 (z - z_0) \\Z &= c_1 (x - x_0) + c_2 f + c_3 (z - z_0),\end{aligned}\quad (45)$$

мұндағы, a_1 a_2 a_3 — x y z осьтерімен X осі арқылы құрастырылған бұрыштардың косинустары,

$b_1 b_2 b_3$ — x y z осьтерімен Y осі арқылы құрастырылған бұрыштардың косинустары,

$c_1 c_2 c_3$ — x y z осьтерімен Z осі арқылы құрастырылған бұрыштардың косинустары,

$f = S_0$ — фокамераның фокустық арақашықтығы.

Бұл косинустар бағыттаушы косинустар деп аталады. Олар өзара алты тәуелсіз теңдеулермен байланысты

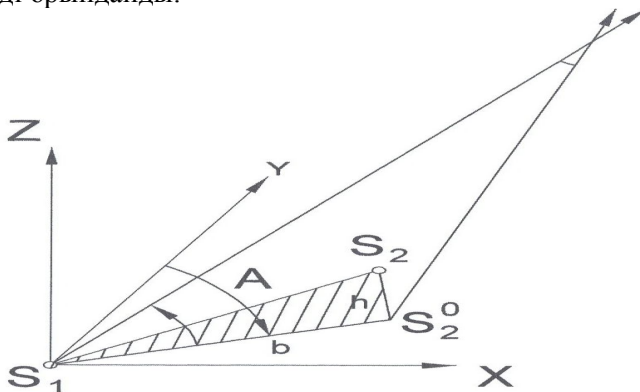
$$\begin{aligned}a_1 + a_2 + a_3 &= 1 \\b_1 + b_2 + b_3 &= 1 \\c_1 + c_2 + c_3 &= 1 \\a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 &= 0 \\b_1 c_1 + b_2 c_2 + b_3 c_3 &= 0 \\c_1 a_1 + c_2 a_2 + c_3 a_3 &= 0\end{aligned}\quad (46)$$

1.25. Жергілікті суреттердің бағдарлау элементтері

Бағыттаушы косинустарды анықтау үшін сыртқы бағдарлаудың бұрыштық элементтерін білу қажет.

Суретке түсіру кезінде оның орнын анықтайтын шамаларды суреттердің бағдарлау элементтері деп атайды. Бұл элементтер екі топқа бөлінеді: ішкі және сыртқы бағдарлау.

Суреттер бойынша жергілікті нүктелердің кеңістіктік координаталарын, егер олардың ішкі және сыртқы бағдарлау элементтері берілген болса, анықтауға болатындығы белгілі, 1.30, 1.31-суреттер. Ішкі бағдарлау элементтерінің мәндері, бас нүктенің координаталары және фокустық арақашықтық фотокамераны дайындау және юстировкалау кезінде өте дәл орнатылады, ал далалық жұмыстарында олардың тұрақтылығын тексеруді орындайды.



1.31-сурет. Сыртқы бағдарлау элементтері

Геодезиялық координаталар жүйесінде суреттердің орнын сипаттайтын, сыртқы бағдарлау элементтері мыналар:

X_s, Y_s, Z_s - суреттің S проекция ортасының координаталары;

α_0 – суреттің бас сәулесінің дирекциондық бұрышы – X осі мен бас сәуленің горизонталь жазықтыққа проекциясы арасындағы бұрыш.

ω - бас сәуленің еңкіш бұрышы - бас сәуле мен оның горизонталь жазықтыққа проекциясы арасындағы бұрыш;

χ – өз жазықтығындағы суреттің бұрылу бұрышы – суреттің x осі мен бас горизонталь арасындағы бұрыш.

Ережеге сай, фотограмметриялық координаталар жүйесінің басталуы ретінде, проекция ортасы болады, ал XU жазықтығы горизонталь, онда проекциялаушы сәулелердің кеңістіктегі орны тек қана φ, ω және χ бұрыштық шамалармен анықталады. Соңғы екі шамасы жоғарыда анықталған бұрыштық элементтермен

сәйкес келеді. ϕ бұрышы – бұл Y осі мен бас сәуленің горизонталь жазықтықтағы проекциясы арасындағы бұрыш. Қорыта келгенде, суреттің кеңістіктегі орнын қалпына келтіру үшін, 3 ішкі бағдарлау элементтері және 6 сыртқы бағдарлау элементтері белгілі болу керек. Жұп сурет үшін 15 элементтерді білу қажет. Оның ішінде геодезиялық координаталар жүйесінде суреттердің сыртқы бағдарлау элементтері 12 шамадан тұрады, ал 1.30, 1.31 – суреттердің ішкі бағдарлау элементтері (олар сол және оң суреттерде тең деп есептеледі).

Түсірудің негізгі түрлері

Суретке түсіру кезіндегі суреттердің орналасуына байланысты, түсірудің 5 негізгі түрлері болады:

- қалыпты;
- тең ауытқыған;
- тең еңкішті;
- конвергентті;
- жалпы.

Түсірудің қалыпты түрінде екі суреттің бас сәулелері горизонталь орналасады және суретке түсіру базисіне перпендикуляр, ал суреттердің x осьтері горизонталь орналасады, яғни бағдарлаудың бұрыштық элементтері үшін теңдік дұрыс болады:

$$\varphi_l = \varphi_n = \omega_l = \omega_n = \chi_l = \chi_n = 0.$$

Түсірудің тең ауытқулы түрінде екі суреттің бас сәулелері горизонталь орналасады және бір-біріне параллель, бірақ базиспен 90 градустан ерекшеленетін, бір бұрыш құрастырады, ал суреттердің x осьтері горизонталь, яғни бағдарлаудың бұрыштық элементтері үшін теңдік дұрыс болады:

$$\varphi_l = \varphi_n = 0, \quad \omega_l = \omega_n = \chi_l = \chi_n = 0, \quad \gamma = 0$$

Түсірудің тең еңкішті түрінде екі суреттің бас сәулелері базистің горизонталь проекциясына перпендикуляр болады, бірақ горизонтқа бір және сол бұрышқа еңкіштелген, ал суреттердің x осьтері горизонталь, яғни бағдарлаудың бұрыштық элементтері үшін теңдік дұрыс болады:

$$\varphi_l = \varphi_n = \chi_l = \chi_n = 0, \quad \omega_l = \omega_n = 0.$$

Түсірудің конвергентті түрінде екі суреттің бас сәулелері горизонталь орналасады, бірақ бір-біріне параллель емес, ал суреттердің х осьтері горизонталь, яғни бағдарлаудың бұрыштық элементтері үшін теңдік дұрыс болады:

$$\varphi_l = \varphi_n, \quad \omega_l = \omega_n = \chi_l = \chi_n = 0, \quad \gamma = 0$$

Егер бас сәулелердің проекциялары сәйкес келсе, онда γ бұрышы конвергенция бұрышы деп аталады, бұрыштың мәні оң болады. Ал егер сәулелер айырылысса, онда γ бұрышы дивергенция бұрышы деп аталады, оның мәні теріс болады.

Жалпы түрде суреттер еріксіз жағдайда болуы мүмкін, яғни

$$\varphi_l = \varphi_n, \quad \omega_l = \omega_n, \quad \chi_l = \chi_n$$

1.26. Көлемдер мен аудандарды анықтау

Қазіргі кезде аудандар мен көлемдерді анықтауда тахеометриялық және нивелирлік түсірулер орындалады да, олардың нәтижелерін графикалық өңдеуден өткізеді. Бірқатар фотограмметриялық әдістер ойлап табылған және олардың геодезиялық әдістерден дәлдіктері жоғары, өнімділігі артық, алайда аспаптардың жоқтығынан және геодезиялық мамандардың фотограмметриямен аса таныс болмағандығынан көбінесе қолданыла бермейді.

Алғаш рет ашық кен орындарының стереофотограмметриялық түсірулері Магнитная тауларының аймағында (1930 жылы) жүргізілген. Кейінірек Оралда Баженовское асбест карьері (1941 ж), Коркинский карьері, Челябинск-көмір көмір разрезі (1951 ж) және т.б. нысандар түсірілді.

Фотограмметрияны қолдану нысанға дейінгі қолжетімділікті және еңбек өнімділігін арттырды, бірақ планды графикалық құрумен камеральдық өңдеудің графикалық әдісін, ауданды планиметрмен есептеу және т.б. кемшіліктерді сақтап қалды.

Фотограмметриялық әдістердің әрі қарай дамуына үлкен үлес қосқан Б. С. Пузанов пен Н. И. Ивановтың жұмыстары, олар план және профильдерді құрастырмай-ақ, горизонталь және вертикаль торларды қолдана отырып, фототеодолиттік суреттер бойынша көлемдерді анықтаудың аналитикалық тәсілдерін ұсынды. Бұл әдіс графикалық әдіске қарағанда артық, бірақ, бірқатар кемшіліктері бар: тек тұрақты базистерден жер беті түсірулерінің материалдары қолданылады, үлкен емес қазбаларда қолданылады, бекітілетін мәндерді есептеу жүргізу қажеттілігі және стереокомпараторда тор шеттері бойынша есеп алу жұмыс өнімділігін едәуір төмендетеді. Авторлар аудандар мен көлемдерді анықтаудың аэро- және фототеодолиттік түсірулердің артықшылықтарын, жоғары дәлдік пен ЭЕМ де аналитикалық есептеулердің өнімділігін біріктіретін аналитикалық тәсілді ұсынды.

Аудандар мен көлемдерді анықтаудың аналитикалық тәсілінің теориясы

Қарастырылып отырған аудандар мен көлемдерді анықтаудың аналитикалық тәсілі, суреттегі нүктелердің координаталарын былай орналастыруға, онда қалған жұмыстардың жәй болып қалуына негізделген. Негізі, әдіс классикалық-графикалық әдіске ұқсайды, бірақ өңдеу барысында графикалық жұмыстар аналитикалықпен алмастырылған.

Түсіруді орындауда, жер беті түсіру базистерінің арасындағы геодезиялық байланыстарды, «бос кеңістіктер» болмауы шарт, сонымен қатар аэрофотосуреттерді тірек нүктелерімен қамтамасыз ету қажет.

Стереожұпты аналитикалық өңдеу процесі негізгі екі операциядан тұрады: стереокомпараторда нүкте координаталарын өлшеу және аудандар мен көлемдерді есептеу.

Сурет нүктелерінің координаталарын өлшеу еркін жағдаймен, кескін биіктігі мен аудан және көлемді анықтаудың талап етілген дәлдігіне байланысты қажет мөлшерде орындалады. Тура анықталу жағдайында бір және сол нүктені қайта өлшеуге рұқсат берілмейді.

Есептуге стереожұп координаталарын орналастыру, фотограмметриялық және геодезиялық координаталарды анықтау, нүктелерді кескіндері бойынша орналастыру және аудандар мен көлемдерді анықтау жатады.

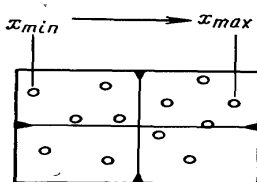
Стереожұп нүктелерін абсцисса осі бойынша $x_{\min}$ -ден $x_{\max}$ дейін орналастыру (10) теңсіздік бойынша (1.32-сурет)

$$x_{i-1} < x_i < x_{i+1} \quad (47)$$

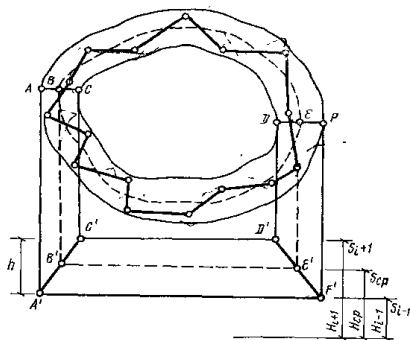
нүктелердің кеңістікті координаталарын $H_{\min}$ -дан $H_{\max}$ дейінгі белдеуде төмендегі теңсіздік бойынша орналастыруға мүмкіндік береді

$$H_i \leq Z_{Ai} \leq H_{i+1} \quad (48)$$

осымен көпбұрышты құрастыру аяқталады (1.33-сурет).



1.32-сурет. Стереожұп нүктелерін орналастыру



1.33-сурет. Биіктігі бойынша нүктелерді орналастыру және көпбұрышты белдеуде құрастыру

Графикалық интерполяция горизонтальдарды жүргізу барысында, кескіндер S_i және S_{i+1} арасында, кескіндер ортасын аналитикалық интерполяциялаумен алмастырылды. Осыдан орта кескіннің S_{op} ауданы H_{op} биіктігімен төмендегі теңдік бойынша анықталады

$$H_{op} = \frac{H_i + H_{i+1}}{2} \quad (49)$$

ал кескіннің ауданы:

$$S_{op} = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \quad (50)$$

белдеулердің көлемі V тең:

$$V_i = S_{iop} h \quad (51)$$

Төменгі және жоғарғы қалдықтардың көлемі (толық емес белдеу) оның пішінін қанағаттандыратын келесі формула бойынша анықталады.

жалпы көлем V_0 тең:

$$V_0 = \sum_{i=1}^n V_d \quad (52)$$

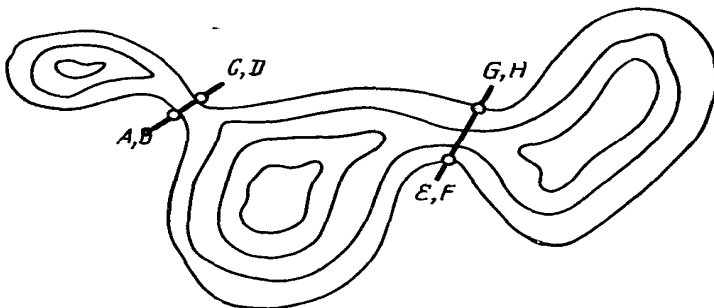
аудандардың айырмашылығынан туындаған көлемді анықтаудың қателігі орнатылған

$$\Delta S = S_i - S_{i-1} \quad (53)$$

келесі қатынасқа кері пропорционал

$$k_s = \frac{S_i + 1}{S_i} \quad (54)$$

Ірі және пішіні бойынша күрделі нысандардың аудандары мен көлемдерін анықтағанда, оларды бөліктерге бөледі. Ол үшін жазықтықты төрт нүкте координаталарымен анықтау жеткілікті (1.34-сурет).



1.34-сурет. Күрделі конфигурациялы нысандарды бөлу

Ауданды аналитикалық тәсілмен анықтаудың қателігі:

$$m_s = \sqrt{m_{S_i}^2 \sum_{i=1}^n l_{OP}^2} \quad (55)$$

Көлемді анықтау қателігі:

$$m_v = \sqrt{m_s^2 h^2 + m_{H_{OP}}^2 S^2}, \quad (56)$$

мұндағы m_{S_i} – нүктенің (пикеттің) пландағы орнын анықтау қателігі;

l_{op} – пикеттер арасындағы орташа арақашықтық;

$m_{H_{OP}}$ – орташа биіктікті анықтау қателігі;

$$\sum_{i=1}^n l^2 = S \quad \text{– нысанның ауданы;}$$

Аудандар мен көлемдерді m_s , m_H және m_{S_i} қателіктерін ескермей есептеудің қателігін ΔS арқылы аламыз:

$$\Delta S = (X_1 + X_2)(Y_1 + Y_2) = X_2 Y_1 = X_1 Y_2 \quad (57)$$

бұдан дифференциалдаудан кейін аламыз

$$dS = X dY + Y dX \approx 2 X dY \quad (58)$$

және көлемінің қателігі

$$\Delta V = dSh \quad 59)$$

Осыдан координаталардың үлкен мәндерінің керек емесі айқын. Сондықтан координаталардың басын нысанға жақын немесе оның ортасына орналастыру керек.

Кескіндер ауданын координаталар бойынша анықтау доға мен хордаларды теңестіру кезіндегі бұрмалануларға әкеледі, осыдан сегменттің $S_{сег}$ ауданын жою, неғұрлым қолайсыз жағдайларда (шеңбер үшін) 0,3% S_i құрайды. Егер нысандардың пішіні алуан түрлі екенін ескерсек, онда мұндай қателіктерді есепке алмауға болады.

1.27. Деформацияны анықтаудың фотограмметриялық тәсілдері

Есептерді шешуге мәліметтер ретінде контурлық және еңістікте орналасқан, динамиканы зерттеудің бастапқы кезеңінде алынған нүктелер координаталары және жылжудың белгілі кезеңінде координаталар осі бойынша абсолюттік шамалары пайдаланылады.

Нүкте координаталарын және координаталар осьтері бойынша жылжу шамаларын аналитикалық есептеу нәтижесі бойынша белгілі бір уақыт кезеңінде бақыланған нысанның динамикасының схемасын құрастырады.

Еңістік нүктелерінің жылжуын анықтаудың ең көп тараған түрі координаталар тәсілі болады.

Еңістіктердегі жылжудың шамасын, координаталық әдіспен анықтау, бір атаулы контурлық нүктелердің сәйкес координаталарының айырмашылығы ретінде, әртүрлі кезеңдегі жер беті фотосуреттерін өңдеу нәтижесінде алады.

Контурлық нүктелер координаталарын стереофотограмметриялық немесе фотограмметриялық қиылыстырулардың формулалары бойынша есептейді.

Егер алғашқы түсірудің материалдары бойынша тандалған контурлық нүктенің кеңістіктік координаталары X_1 , Y_1 , Z_1 тең

болса, ал келесі түсіру материалдары бойынша осы нүктенің сол координаталар жүйесінде есептелген координаталары X_2, Y_2, Z_2 болса, онда кеңістікте нүктенің жылжуы:

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_2 - X_1, \\ \Delta Y &= Y_2 - Y_1, \\ \Delta Z &= Z_2 - Z_1.\end{aligned}\tag{60}$$

Іргелес түсірулер суретінде бейнеленген контурлық нүктелердің толық жылжуын табады:

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}\tag{61}$$

Горизонталь арақашықтығы B тең базистен, белгілі бір уақыт аралығында тау еңістіктерінде екі фототүсіру жүргізілген болсын. Бірінші жағдайда фотокамераның оптикалық осьтерінің нормал және горизонталь жағдайында L_1 және R_1 фотосуреттері алынған, ал екіншісінде – L_2 және R_2 . Алғашқы түсірудің фотосуреттерінде контурлық нүктенің жағдайы x_1, z_1 координаталарымен және p_1 паралаксымен анықталған, оның кеңістіктік координаталары фотограмметриялық жүйеде X_1, Y_1, H_1 тең болады.

Сол базистен келесі түсіру кезінде тандалған нүкте жылжыды және оның координаталары және паралаксы фотосуретте x_2, y_2, p_2 болды, ал фотограмметриялық жүйеде x_2, y_2, H_2 . Жылжулардың мәндері (62) формула бойынша (60), (61) формулалар негізінде табылуы мүмкін:

$$\begin{aligned}\Delta Y &= f \frac{B}{p_2} - f \frac{B}{p_1} = -\frac{fB\Delta p}{p_1 p_2}, \\ \Delta X &= x_2 \frac{B}{p_2} - x_1 \frac{B}{p_1} = B \frac{\Delta x p_1 - x_1 \Delta p}{p_1 p_2}, \\ \Delta H &= z_2 \frac{B}{p_2} - z_1 \frac{B}{p_1} = B \frac{\Delta z p_1 - z_1 \Delta p}{p_1 p_2}.\end{aligned}\tag{62}$$

мұндағы: $\Delta x = x_2 - x_1$ және $\Delta z = z_2 - z_1$ – келесі және алдыңғы түсірулердің сол жақтағы суреттерін бақылаудың нәтижесі

бойынша есептелген, сәйкес координаталардың айырмашылықтары; $\Delta p = p_2 - p_1$ келесі және алдыңғы түсірулердің фотосуреттерінің стереоскопиялық жұбын өлшеудің нәтижелері бойынша есептеледі.

Стереофотограмметриялық қиылыстыру формулалары бойынша есептелген контурлық нүктелер координаталарына негізгі әсерді фотосуреттерді өлшеудің қателіктері тигізеді, жылжуды сәйкес координаталардың айырмашылығы ретінде табатындығын есепке ала отырып, жылжуды анықтаудың орташа квадраттық қателіктерінің формулаларын жазамыз:

$$m_{\Delta Y} = \frac{Y^2}{Bf} m_p \sqrt{2} = \frac{f B m_p \sqrt{2}}{p^2} = f B \frac{m_{\Delta p}}{p^2},$$

$$m_{\Delta X} = \sqrt{2 \left(\frac{Y}{f} \right)^2 m_x^2 + 2 \left(\frac{Y^2 x}{B f^2} \right)^2 m_p^2},$$

$$m_{\Delta H} = \sqrt{2 \left(\frac{Y}{f} \right)^2 m_z^2 + 2 \left(\frac{Y^2 z}{B f^2} \right)^2 m_p^2}.$$
(63)

Толық жылжуды анықтаудың орташа квадраттық қателіктерінің (63) теңдеуін есепке ала отырып, табады:

$$m_D = \frac{\sqrt{\Delta X^2 m_{\Delta X}^2 + \Delta Y^2 m_{\Delta Y}^2 + \Delta Z^2 m_{\Delta H}^2}}{D}.$$
(64)

Нүктелер координаталарын тура фотограмметриялық қиылыстыру формулалары бойынша есептегенде, нүктелердің орнындағы абсцисса және ордината осьтері бойынша қателігі мынадай:

$$m_{X,Y} = \frac{m_\lambda L}{\rho \sin \gamma}$$

ал жылжуды анықтаудың қателігі:

$$m_{\Delta X, \Delta Y} = \frac{m_{\lambda} L}{\rho \sin \gamma} \sqrt{2}, \quad (65)$$

мұндағы: m_{λ} - базиске жакын бұрышты есептеудің орташа квадраттық қателігі;

L – анықталатын нүктеге дейінгі орташа арақашықтық;

γ – қиылыстыру бұрышы.

1.28. Контурлық нүктелердің жылжуы бойынша деформацияны анықтау

Тұрақты орында әртүрлі кезеңде суретке түсірудің бір станциясынан алынған фотосуреттерді бірге қарастырғанда, нөлдік стереоскопиялық эффект пайда болады және бейнеленген нысандар бақылаушыға жазық түрінде қабылданады. Егер олардың кейбіреулері, қайтадан суретке түсірген уақытта жылжыса, онда бұл жерде кеңістіктік көрініс пайда болады. Оның пайда болуы нысанның сәйкес нүктелерінің координаталарының өзгеруіне байланысты.

Жеке контурлық нүктелердің, олардың алғашқы орнына қатысты жылжуының шамаларын, бойлық $\Delta\rho$ паралакстар мен көлденең q паралакстардың айырмашылығы ретінде стереокомпараторлардың паралактикалық винттерімен өлшейді.

Жалпы қабылданған әдіс нүктенің орналасуын алғашқы стереоскопиялық L_1, R_1 жұпты бақылау бойынша, ал жылжуды сол жақтағы суреттерді L_1, L_2 және оң жақтағы суреттерді R_1, R_2 өлшеудің нәтижесінде табуды қарастырады.

Стереокомпараторда бақылаулардың нәтижесінде x_1, z_1 координаталарын, келесі және алдыңғы түсірулердің координаталарының айырмашылықтарын $\Delta x = x_2 - x_1, \Delta z = z_2 - z_1$ – сол жақтағы суреттерде, сондай-ақ сәйкес координаталар және айырмашылықтарды оң жақтағы суреттерде $-x_1', z_1'$ табады,

$$\Delta x' = x_2' - x_1', \quad \Delta z' = z_2' - z_1'.$$

(62) формула негізінде және еске ала отырып,
 $p_i = x_i - x_i'$, $\Delta p = p_2 - p_1 = (\Delta x_2 - x_2') - (\Delta x_1 - x_1') = \Delta x - \Delta x'$,

кішкене өзгертулерден кейін аламыз:

$$\begin{aligned}\Delta Y &= -\frac{fB(\Delta x - x')}{(x_1 - x_1')[(x_1 + \Delta x) - (x_1' + \Delta x')]} \\ \Delta X &= B \frac{x_1 \Delta x' - x_1' \Delta x}{(x_1 - x_1')[(x_1 - \Delta x) - (x_1' + \Delta x')]}, \\ \Delta H &= B \frac{\Delta z(x_1 - x_1') - z_1(\Delta x - \Delta x')}{(x_1 - x_1')[(x_1 + \Delta x) - (x_1' + \Delta x')]}.\end{aligned}\quad (66)$$

(66) формулалар сол және оң фотосурет жұптарында жеке өлшенген шамаларды қолдануды қарастырады және белгіленген нүктелердің жылжуын анықтауда ыңғайлы. Контурлық нүктелерді фотосуреттерді солдан L_1 оңға R_1 қарай қайта тану процесінде қолданғанда біршама қателіктер кетуі мүмкін, алайда координаталық тәсілді қолдануға қарағанда, олардың пайда болу мүмкіндігі біршама аз.

Фотосуреттерді өлшеу тәртібін өзгертеміз, алдымен L_1 , L_2 сол фотосуреттерді, содан соң L_1 , R_1 стереоскопиялық жұбын және L_2 , R_2 жұбын бақылау арқылы.

L_1 , L_2 фотосуреттері бойынша зерттелетін жазықтықтың жылжыған учаскелерін анықтайды, осы учаскелерде табуға болатын контурлық нүктелердің жылжуын сипаттайтын x_1 , z_1 координаталарын және Δx және Δz координаталар айырмашылығын өлшейді. Стереоскопаторда байқауларда үлкен жылжулар болған жағдайларда да, ұқсас контурлық нүктелердің қажет санын таңдау мүмкіндігі бар.

Аспаптың оң жағындағы L_2 суретін R_1 суретіне алмастырып, L_1 , R_1 стереожұбын бақылауға көшеміз. Сонымен қатар бұрыннан таңдалған нүктелерді табу үшін, x_1 және z_1 сәйкес бұрынғы есептерді орнату жеткілікті. Паралакс өлшенуі қажет $p_1 = x_1 - x_1'$ және $q_1 = z_1 - z_1'$. L_1 , R_1 стереожұбын бақылау нәтижелері бойынша ары қарай контурлық нүктелердің кеңістіктік фотограмметриялық координаталарын есептейді.

Содан кейін стереокомпаратордың оң жағына R_2 суретін орнатады және x_1 және z_1 сәйкес келетін есептің сол мәндері бойынша шамалар өлшенеді

$$p' = x_1 - x_2' \quad \text{және} \quad q' = z_1 - z_2'.$$

Бақылаудың осындай тәртібінде:

$$p_2 = x_2 - x_1' = (x_1 + \Delta x) - (x_1 - p') = p' + \Delta x, \quad \Delta p = p_2 - p_1 = p' + \Delta x - p_1.$$

Онда (62) формула негізінде:

$$\begin{aligned} \Delta Y &= B \frac{f[p_1 - (p' + \Delta x)]}{p_1(p' + \Delta x)}, \\ \Delta X &= B \frac{[p_1(x_1 + \Delta x) - x_1(p' + \Delta x)]}{p_1(p' + \Delta x)}, \\ \Delta H &= B \frac{[p_1(z_1 + \Delta z) - z_1(p' + \Delta x)]}{p_1(p' + \Delta x)}. \end{aligned} \quad (67)$$

Бақылау ретінде, бірқатар түрлендірулерден кейін алынған келесі формулаларды пайдалануға болады:

$$\begin{aligned} \Delta Y &= \frac{fB[p_1 - (p' + \Delta x)]}{p_1(p' + \Delta x)} R_{x_1} + \frac{B\Delta x \sin \varphi}{p' + \Delta x}, \\ \Delta X &= \frac{x_1 B[p_1 - (p' + \Delta x)]}{p_1(p' + \Delta x)} R_{x_1} + \frac{B\Delta x x_1 \sin \varphi}{f(p' + \Delta x)} + \frac{B\Delta x R_{(x_1 - p')}}{p' + \Delta x}, \\ \Delta H &= \frac{z_1 B[p_1 - (p' + \Delta x)]}{p_1(p' + \Delta x)} R_{x_1} + \frac{B\Delta x z_1 \sin \varphi}{f(p' + \Delta x)} + \frac{B\Delta z R_{(x_1 - p')}}{p' + \Delta x}. \end{aligned} \quad (68)$$

Еністіктерде жылжуды анықтаудың фотограмметриялық тәсілі, тек қана XZ жазықтығында жылжу векторының проекциясын анықтауды қарастырады. Контурлық нүктелердің орналасуын, алғашқы түсірудің әртүрлі базисінен алынған, жер беті фотосуреттерінің стереожұптары бойынша стереофотограм-

метриялық қиылыстыруды шешу нәтижесінде, немесе фототүсірудің жеке станцияларының фотосуреттерін қолдануды қарастыратын, фотограмметриялық қиылыстыру формулалары бойынша табады.

Әдісті өте еңіс немесе тік еңіс беткейлердің деформацияларын зерттегенде қолданады және түсіру бағыты, мүмкін болатын жылжулардың бағытына перпендикуляр орнатылуы мүмкін.

Жылжу векторларын, бір және сол суретке түсіру станциясынан әртүрлі кезеңде алынған жер үсті фотосуреттерді бақылаудың нәтижесінде табады.

Вектордың абсолюттік мәндерін формулалар бойынша есептейді:

$$\begin{aligned}\Delta X &= \Delta x \frac{Y}{f}, \\ \Delta Z &= \Delta z \frac{Y}{f}.\end{aligned}\tag{69}$$

Δx және Δz мәндері жылжуды сипаттайды және екі кезеңдегі фотосуреттерді бірге қарастыру кезінде немесе оларды бөлек өлшегенде анықтайды.

Бірінші жағдайда стереокомпаратордың сол жағына алғашқы түсірудің фотосуреті, оң жаққа келесі түсірудің фотосуреті қойылады. Зерттелетін еңістік беткейінің жылжыған учаскесін белгілей отырып, жылжу тәсіліндегідей сияқты, бойлық және көлденең паралакс бұрандаларымен контурлық нүктелерде Δx және Δz шамаларын стереоскопиялық өлшейді.

Стереокомпаратордың сәйкес шкалаларының нөл орны болып, бірнеше қозғалмайтын нүктелерді бақылау нәтижесінде алынған орташа есептер табылады. Δx және Δz мәндерін, бойлық және көлденең паралакс бұрандалары бойынша анықталатын нүктеге және аспаптың сәйкес шкалаларының нөл орнының есеп айырмашылықтары ретінде есептейді.

Екінші жағдайда фотосуреттерді монокулярлы түрде жеке-жеке өлшейді, сондықтан әртүрлі кезеңдегі фотосуреттердегі контурлық нүктелерді теңестіру кезіндегі қателіктер ерекше қауіпті болады.

Фотограмметриялық тәсілмен жылжуды анықтаудың орташа квадраттық қателіктері формулалар негізінде мына теңдіктермен көрсетіледі:

$$m_{\Delta x} = \Delta X \sqrt{\left(\frac{m_{\Delta x}}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{m_Y}{Y}\right)^2 + \left(\frac{m_f}{f}\right)^2},$$

$$m_{\Delta z} = \Delta Z \sqrt{\left(\frac{m_{\Delta z}}{\Delta z}\right)^2 + \left(\frac{m_Y}{Y}\right)^2 + \left(\frac{m_f}{f}\right)^2}.$$
(70)

Фототеодолиттік камералардың фокустық арақашықтығын анықтаудың орташа квадраттық қателіктері $\pm 0,02$ мм-ден аспайды, сондықтан салыстырмалы орташа квадраттық қателік 1:10000-нан аспайды. Y тұруының қателігін есептеудің дәлдігі, оны анықтаудың тәсіліне байланысты, ал стереофотограмметриялық қиылыстыруда – $Y:B$ базистік қатынасқа. Контурлық нүктелердің абсцисса мен аппликата айырмашылықтарын өлшеудің орташа квадраттық қателігінің шамасы, алдыңғы көрсетілген қателіктермен бірге, фотосуреттерді өлшеу тәсіліне де байланысты.

Егер Δx және Δz әртүрлі кезеңдердің фотосуреттерінде монокулярлы өлшенген координаталар айырмашылығы ретінде есептелсе, онда оларды анықтаудың қателігін төмендегідей қабылдауға болады

$$m_{\Delta x} \approx m_{\Delta z} = m_{x,z} \sqrt{2} = \pm 0.015 \sqrt{2} \approx \pm 0.02 \text{ мм.}$$

Егер бұл шамалар әртүрлі кезеңдегі фотосуреттерді бірге бақылаудан алынса, олардың анықтау дәлдігі паралакстарды өлшеу дәлдігіне сәйкес келеді және шегі аралығында болады және бұл зерттелетін нысанның фотосуреттерінің санына, өлшеу санына, фотосуреттердің өздерінің сапасына, контурдың айқындығына және т.б. факторларға байланысты $\pm 0,005 - 0,01$ мм шегінде болады.

1.29. Шөгінді жарықшақтардың параметрлерін өлшеу

Шөгінді жарықшақтардың дамуын бақылау деформациялар жайын бағалауға мүмкіндік береді, олардың жеке бөліктерінің өзара жылжуын және олардың пайда болу себептерін анықтайды.

Шөгінді жарықшақтарды өлшеу барысында олардың ұзындығын, тереңдігін және енін, сонымен бірге олардың белгілі бір уақыт өткендегі өсімшелерін тіркейді.

Шөгінді жарықшақтарды бақылау әдетте қарапайым аспаптармен әртүрлі конструкциялы маяктар көмегімен тікелей өлшеу арқылы орындалады.

Маяктарды қолдану әрдайым тиімді және мүмкін емес, мысалы қиын қолжетімді жерлерде (ғимараттардың төбелері, машиналарға жақын жерлер), маяктар ғимараттың түрлерін бұзады және т.б. Бұл жағдайларда жарықшақтарды өлшеу үшін фотограмметриялық әдісті қолдануға болады. Жарықшақтарды түсіруді фототеодолитпен бірге, жай фотоаппаратпен орындауға болады.

Жарықшақтар өлшемдерін анықтау үшін суреттегі бейне масштабын білу қажет, және оны конструкция бөліктерінің стандартты өлшемдері бойынша анықтайды, мысалы панельдердің, кірпіш салымдарының және т.б.

Түсіру кезінде перспективтік бұрмалануларды болдырмау үшін фотокамераның қолданбалы рамкасын ғимарат жазықтығына параллель орнату қажет. Жарықшақтар өсімшелерін анықтау үшін келесі циклдардың суреттерінің масштабы бастапқы суреттің масштабымен бірдей болуы тиімді. Ол үшін аспаптың тұру нүктесін бекіту қажет.

Жарықшақтар өсімшелерін, суреттердегі жылжуларды Δx , Δz стереоскопиялық өлшеулер жолымен анықтауға болады, деформацияны өлшеу фотограмметриялық тәсілдегідей орындалады және келесі формулалармен есептеледі:

$$\Delta X = X' - X = \Delta x M \quad (71)$$

$$\Delta Z = Z - Z' = \Delta z M \quad (72)$$

мұндағы x, x' және z, z' – деформацияға дейінгі және кейінгі ғимарат нүктелерінің координаталары;

$\Delta x, \Delta z$ – сурет жазықтығындағы нүктелердің жылжуы.

Фазалық циклдегі суреттер масштабы бірдей болмаса, жылжудың өлшенген мәніне түзету енгізу қажет

$$\Delta p = \Delta p' - \delta p = \Delta p' - x \frac{\delta l_x}{l_x} \quad (73)$$

мұндағы Δp – жылжудың өлшенген мәні;

$\delta p' = x \frac{\delta l_x}{l_x}$ – суреттің әртүрлі масштабтығына түзету;

X – бастапқы суреттегі абсцисса нүктелерінің айырмашылығы, өлшеулер бойынша олардың арасындағы жылжу Δp анықталады;

$\delta l_x = l'_x - l_x$ – масштабтың өзгеруіне байланысты l_x бақылау кесіндісінің ұзындығының өзгеруі;

Суреттердің әртүрлі масштабтығына түзету енгізудің дәлдігін жоғарылату үшін, Δx жылжуларды өлшеуде, жақын жатқан нүктелерді (көбінесе жарықшақтардың шетін алады), және бақылау кесіндісінің ең үлкен шамасын алу керек. Жарықшақ енінің өсімшелерінің әсерін болдырмау үшін, түзетуді шеттері жарықшақпен бір жақта орналасқан бақылау кесіндісі бойынша анықтау қажет.

Перспективтік қателерді болдырмау және дәлдігін жоғарылату үшін, жарықшақтың әртүрлі жағында жатқан екі бақылау кесіндісін алу керек, сондықтан бақылау кесіндісінің ұзындығы келесі суреттерде жарықшақ енінің өсімшелерінің шамасына бұрмаланады, осының арқасында δp түзетудің мәні (73) формулада масштабтың өзгеруі үшін төмендегі формулалармен есептелінеді.

$$\delta p = x \frac{\delta l_x - \Delta p}{l_x} = x \frac{\delta l_x}{l_x} - x \frac{\Delta p}{l_x} \quad (74)$$

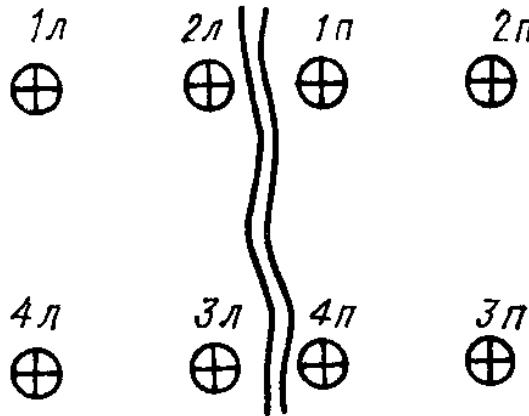
мұндағы $\Delta p = (\Delta p' - \delta p')$ – бірінші жақындаудан есептелген жылжудың мәні.

Жарықшақтар өсімшелерін анықтаудың дәлдігі артады, егер жарықшақтар шетінде белгіленген нүктелер болса, солар арқылы суреттерде жылжуды стереокомпаратормен өлшейді. Қарапайым фотоаппараттарды пайдаланған жағдайда дәлдікті арттыру үшін суреттерді ұлғайту қажет. Жарықшақтарды өлшеу бойынша тәжірибелік-өндірістік жұмыстар «Салют» фотоаппаратымен өлшенгенде (кадр форматы 6*6 см, $f=80\text{мм}$) 3-4 есе ұлғайтылған суреттер бойынша жарықшақтардың енін өлшеудің екі тәсілінде 0,01 мм орташа квадраттық қателікпен орындалады, енінің өсімшесі 0,005 мм қателікпен есептеледі. Ұлғайтқан суреттер масштабына байланысты $1/M = 1/20$ жарықшақтар енін нақты жағдайда 0,2 мм қателікпен, ал өсімшелерді 0,1 мм қателікпен анықтайды.

Гимараттарда жарықшақтардың дамуын бақылауды жақын арақашықтықтарда түсіру әдісі бойынша жүргізеді. Тұру нүктесі мына теңдікпен анықталады:

$$Y = \frac{m_{\Delta X} f}{m_{\Delta x}} \quad (75)$$

Фотограмметриялық түсіруде жарықшаққа жақын әр жақтан төрт-төрттен бақылау белгілерін орнатады, ал стереоскопиялық әдісте - екі маркадан (1.35-сурет).



1.35-сурет. Жарықшақтарды бақылауда бақылау белгілерін орналастырудың схемасы

Жарықшақтың вертикаль орналасуында белгілердің арасындағы арақашықтық мына теңдік бойынша табылады:

$$L_M = \frac{Y}{f}(x_n - x_l) \quad (76)$$

Фотограмметриялық әдісте жарықшақ өсімшесі ΔL формула бойынша анықталады:

$$\Delta L_\phi = \left[\frac{Y}{f}(x_n - x_l) \right]^1 - \left[\frac{Y}{f}(x_n - x_k) \right] \quad (77)$$

мұндағы Y – рулеткамен өлшенетін ара қашықтық;

Егер арақашықтық өлшенбесе, масштабтық коэффициент бақылау нүктелері арасында мына теңдікпен анықталады:

$$\frac{Y}{f} = \frac{L_{12} + L_{34}}{(x_2 - x_1) + (x_3 - x_4)} \quad (78)$$

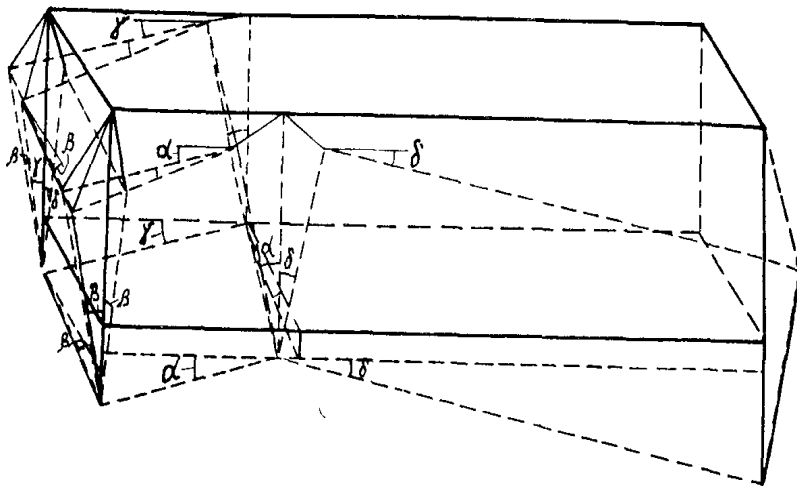
мұндағы L – бақылау нүктелері арасындағы арақашықтық;

Стереофотограмметриялық әдісте жарықшақ өсімшесі мынаған тең:

$$\Delta L_c = \left[\frac{B}{p_l p_n} (p_l x_n \quad p_n x_l) \right]^1 - \left[\frac{B}{p_l x_n} (p_l x_n \quad p_n x_l) \right] \quad (79)$$

мұндағы x_l , p_l , x_n , p_n – жарықшақтың оң және сол жағында орналасқан нүктенің абсциссасы және паралаксы.

Сыртқы бағдарлау элементтерін анықтау үшін бақылау сызықтарын пайдаланады. Ол бақылау нүктелері арасындағы арақашықтық. Өлшеу нәтижелері бойынша деформация макетін құрады (1.36-сурет), онда векторлармен жарықшақтың дамуының бағыты мен шамасын көрсетеді.



1.36-сурет. Жарықшақтардың дамуын бакылау нәтижесінде құрастырылған құрылыс деформациясының макеті

2. ФОТОТЕОДОЛИТТІК ТҮСІРУДІҢ МАҢЫЗЫ. ДАМУ ТАРИХЫ

Жер үсті фотограмметриясындағы зерттеулер 1888 жылдан бастау алады. Астрономияның көптеген жаңалықтары фотограмметриямен тығыз байланысты. Фотограмметрия аспанның әр түрлі бөліктерінің толық және нақты картасын алуға, планетадан қозғалмайтын жұлдызды айыруға және жаңа планетаны ашуға мүмкіндік береді. Астрономияда стереофотограмметрияны қолдану тәжірибеде алғашқы рет 1901 жылы стереокомпараторды ойлап тапқаннан кейін жүргізілді.

Фотограмметриялық әдіс архитектуралық құрылыстарды өлшеуді тез жүргізуге және олардың горизонталь және вертикаль жазықтықтағы проекциясын алуға мүмкіндік береді.

Фототеодолиттік түсіру инженерлік фотограмметрияда таулы аймақтарға жол салуда, геологиялық және гидротехникалық ізденіс жұмыстарында, құрастырудың дәлдігін, деформацияларды анықтау мақсатында ғимараттарды түсіруде, архитектуралық – құрылыстық өлшеулерде қолданыс тапты.

Инженерлік ғимараттардың моделін зерттеудің бар ерекшелігі, фотограмметриялық әдіспен қысқа базистерден бастап, үлкен арақашықтықтарға дейінгі суретке түсіру болып табылады.

Жер үсті стереофотограмметриялық түсіруде объективтердің кеңістіктегі координаталарын анықтау және топографиялық планды құрастыру арнайы аспап – фототеодолитпен алынған жер базисінің кейбір фотосуреттерінің көмегі арқылы орындалады.

Түсірудің бұл түрінде геодезиялық жұмыстар базистің бір шетінің үш координатасын анықтаудан, базиске дирекциондық бұрышты беру және оның ұзындығы мен көлбеулігін өлшеуден тұрады. Қосымша стереожұпта үш бақылау нүктесінің пландық геодезиялық координатасын анықтайды. Камеральдық жағдайда бақылау нүктесінің фотограмметриялық координатасын анықтап және оларды геодезиялық берілгендермен салыстырып, нақтылығын тексеріп, фотограмметриялық берілгендерге түзетулер енгізеді.

Жер үсті стереофотограмметриялық түсіруде фотосуреттердің ішкі бағдарлау элементтері жоғары дәлдікпен белгілі. Бұл айтарлықтай дәрежеде суретті өңдеуді жеңілдетеді, себебі модельдерді өзара және геодезиялық бағдарлау сияқты көп еңбекті қажет ететін процесс орындалмайды. Соңында қайта қалпына келтіру жұмыстарын жасауға мүмкіндік беретін метрикалық құжаттарды алу және оларды жалпы зерттеу үшін ескерткіш суреттері пайдаланылады. Фототеодолит, стереофотограмметриялық камера мен сандық фотоаппараттың көмегімен осы мақсатта жұмыстың қажеттілігіне байланысты орындалуы мүмкін, стереотүсіруді қолданудың тиімділігі өте маңызды.

2.1. Фототеодолиттік түсіру

Топографиялық карта үшін фототеодолиттік түсіруді қолдану туралы мәселені шешкенде, түсіретін учаскенің физикалық-географиялық жағдайларын негізге алу керек. Осыған байланысты мыналарды ескеру керек:

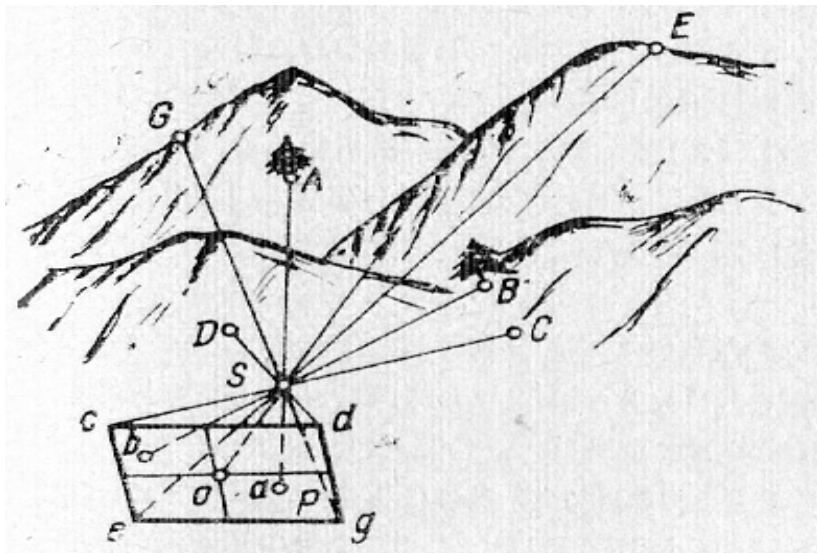
Фототеодолиттік түсіруді тек аэрофототопография әдісі тиімсіз және техникалық мүмкін емес жағдайда ғана қолдануға ұсыныс береді, мысалы:

- жер бетіндегі аумағы үлкен емес учаскелерді картаға түсіруде;

- 1:5000 масштабынан үлкен түсірулерде;

- үлкен массивтегі жеке учаскелерді картаға түсіруде, аэрофототопографиялық түсірумен құрамдастыруда, техникалық себептерге байланысты әуеден түсіру әдісімен орындау мүмкін болмаған жағдайда.

Таулы немесе биік төбелі, жер бедері күрделі, көбінесе ашық аймақтарда мензулалық және тахеометриялық түсірулерді орындау қиын, ал кей жағдайда тіпті мүмкін емес болғанда, фототеодолиттік түсіру ең үлкен техникалық-экономикалық тиімділікті береді (2.1-сурет).



2.1-сурет. Таулы учаскенің суреті

Фототеодолиттік түсіру басқа жер үсті әдістеріне қарағанда қашықтықтағы, аз қоныстанған елді-мекендерде, климаттық жағдайлары жайсыз аймақтарда (қысқа далалық кезең, жауын-шашыны көп, төмен температуралы, абсолюттік биіктігі үлкен) түсіргенде айрықша үлкен мәнге ие, себебі жер үсті стереотүсіруде далалық жұмыстардың көлемі мензулалық немесе тахеометриялық түсіруге қарағанда бірнеше есе аз.

Фототеодолиттік түсіру әдісі топографиялық емес мақсатта адам өмірінің әртүрлі сферасында туындайтын ғылыми және инженерлік-техникалық мәселелерді шешу үшін кең қолданылады. Ондай мәселелер: түсіру нысанының пішіні мен өлшемін анықтау (архитектура және өнер ескерткіштерін өлшеу, бұлттардың биіктігін анықтау, көзәйнек линзасын дайындау үшін, көз алмасының пішінін анықтау), әртүрлі процестердің динамикасын үйрену (Жердің жасанды серіктерінің қозғалысы, ғимараттардың деформациясы, мұздықтардың қозғалысы, өзен, арна, су қоймаларының жағалауларының шайылуы, топырақ эрозиясы).

Ескере кететін жағдай, топографиялық емес мәселелерді шешуде жер үсті түсіруді пайдалану аймағы кеңею үстінде.

Осылай, қандай да бір учаскеде фототеодолиттік түсіруді орындау мақсаты, алдын ала танысқан жұмыс көлемі негізінде болуы мүмкін, нәтижесінде жер бедерінің пішінінің сипаттамасы жайлы жалпы көрініс, өсімдік жабындысының түрі мен орналасуы, өндірістік ғимараттардың сипаттамасы мен құрылысының орналасуы, сонымен қатар жұмыс аймағының климаттық жағдайы жайында мәлімет алыну керек.

Фототеодолиттік түсірудің тиімділігі анықталғаннан кейін түсіру жобасын құру, түсіру құралдарының құрамын дайындау және тексеру жұмыстарын қамтитын дайындық жұмыстары, сонымен қатар қажетті құралдар мен материалдарды дайындау жүргізілуі керек.

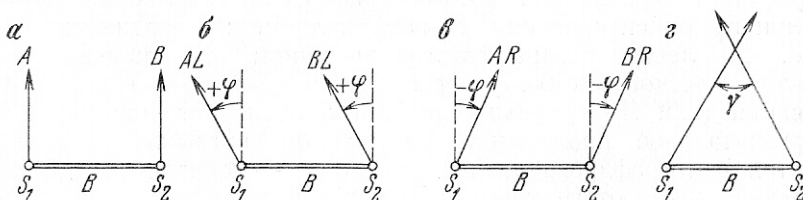
2.2. Жер үсті фототеодолиттік түсірулердің түрлері

Түсіру кезінде фотокамераның оптикалық осін горизонталь жазықтық пен базис сызығына қатысты әртүрлі жағдайда қабылдауға болады. Қабылданған бұрыштық ішкі бағдарлау элементтеріне байланысты фототүсіру жағдайларын келесідей бөлуге болады: қалыпты, бірқалыпты ауытқыған, конвергентті, бірқалыпты көлбеу және жалпы.

Фототүсірудің қалыпты жағдайында оң және сол фотокамераның оптикалық осі базиске горизонталь және перпендикуляр орналастырылады, фототүсіру тік жағдайда болады. Фототүсірудің қалыпты жағдайы ең көп қолданылады. Ол координаталарды анықтауда барынша нақты нәтижені қамтамасыз етеді, кеңістік координаталарын есептеу формулалары әлдеқайда жеңіл. Қалыпты жағдайдағы түсіру 2.2а-суретте бейнеленген.

2.2 б,в-суреттерде көрсетілген бірқалыпты ауытқыған, фотокамераның оң және сол оптикалық осі оңға және солға бірдей ϕ бұрышқа ауытқыған. Нәтижесінде бір базистен фотосуреттің үш стереожұптарын алуға болады: стереожұпқа

қалыпты жағдайда фототүсіру үшін, стереожұпта оңға және солға ауытқуы болғанда.



2.2-сурет. Фототүсірудің негізгі жағдайлары: а) қалыпты;
б, в) бірқалыпты ауытқыған; г) конвергентті

Бірқалыпты ауытқыған жағдайда фототүсіруде фотокамераның оң және сол оптикалық осі бірдей ω бұрышқа ауытқыған, бұл жағдай биік ғимараттардың фототүсіруінде қолданылады.

Фототүсірудің жалпы жағдайында фотокамераның оптикалық осін өз бетімен қоюға болады.

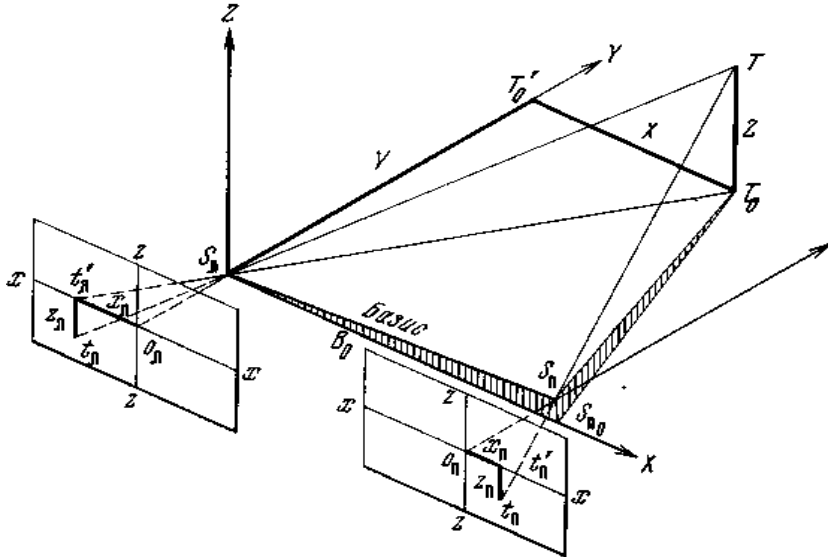
Конвергентті жағдайда фототүсіруде фотокамераның оң және сол оптикалық осьтері 2.2 г-суретте көрсетілгендей γ бұрышында қиылысады.

Нысан мен фототүсіру нүктелері координаталарының байланыс формуласының түрі, сонымен қатар фотограмметриялық координаталарды геодезиялыққа қайта есептеу формуласы мен қайтадан қабылданған жүйедегі ішкі бағдарлау элементтері координаталардың фотограмметриялық кеңістіктегі жүйесінде Y осінің таңдалған бағытына тәуелді.

Жергілікті фотограмметриялық жер үсті түсіруі бір-бірінен әлдеқандай қашықтықта орналасқан екі нүкте арқылы түсіріледі. Бұл нүктелер тұрақ немесе станция нүктелері деп, ал станцияларды байланыстыратын сызық түсірудің базисі деп аталады. Жер үсті стереофотограмметриялық түсірудің қалыпты жағдайдағы геометриялық сызбасы 2.3-суретте бейнеленген.

Кейбір базистің соңынан суретке түсіруде фокустық арақашықтық f болатын камерамен екі сурет алынған, ол 2.3-суретте көрсетілген. Камераның оптикалық осі базис сызығына

горизонталь және перпендикуляр жағдайда орналасты. Бұл суреттерде жергілікті кейбір Т нүктесі сәйкесінше x_L, z_L және x_P, z_P координаталарымен t_L және t_P нүктелерінде бейнеленген. Стереожұп түсірулерінде t нүктесінің координаталарын есептеп, жергілікті Т нүктесінің өзінен кеңістік координаталарын табуға болады.



2.3-сурет. Стереожұпта жергілікті нүктені бейнелеу

Алдымен шартты координаталық жүйеде Т нүктесінің орналасу жағдайын анықтаймыз. Ол үшін жергілікті координата басында S_L нүктесін қабылдаймыз, Y осі үшін оптикалық ось бағытын, X осі үшін базис сызығының горизонталь жатысын, ал Z осі үшін XU жергілікті жазықтығына перпендикулярды қабылдаймыз. XU жергілікті жазықтығына Т нүктесінің горизонталь проекциясын табамыз және алынған t_0 нүктені Y осіне проекциялаймыз.

Сонда Т жергілікті нүктесінің координатасы шартты фотограмметриялық жүйеде X, Y және Z қималары болады.

2.3. Карьердегі фототеодолиттік түсіруде қолданылатын фотограмметриялық аспаптар

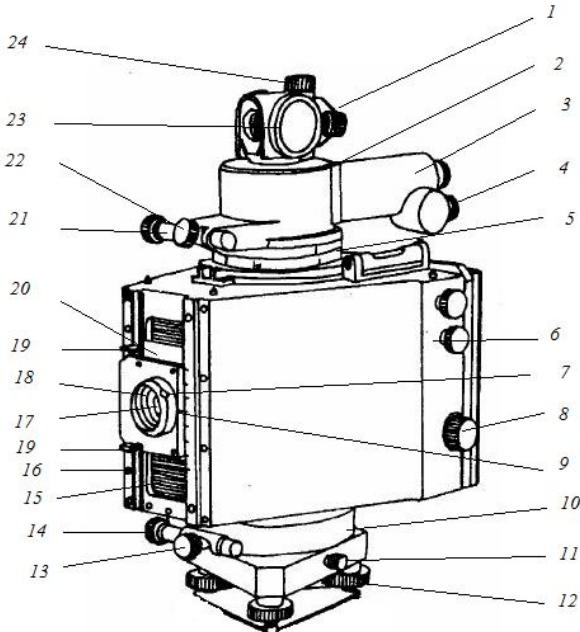
Түсірудің бұл түрінде, түсіру жұмыстарын жүргізу үшін, әртүрлі нысандарды суретке түсіріп қана қоймай, сонымен қатар қажетті геодезиялық өлшеулер жүргізуге болатын арнайы фотографиялық аспаптар қолданылады. Мұндай аспаптарды фототеодолиттер деп атайды. Фототеодолиттердің сан алуан түрлері кездеседі, яғни олар бір-бірінен фотокамера және бұрыш өлшегіш құрылғысы арасындағы қатынас арқылы ерекшеленеді. Бірақ олардың барлығы үш негізгі топқа жіктеледі:

- бірінші топ фототеодолиттерінде фотокамера және теодолит біріктірілген;
- екінші топ фототеодолиттерінде осы екі элемент бір құрылымда орнатылған;
- үшінші топ теодолиттерінде фотокамера және бұрыш өлшегіш құрылғысы бөлек орналасқан.

Заманауи аспаптардың көпшілігі, өнімділігі жоғары далалық түсіру жұмыстарын жүргізуге болатын үшінші топтағы фототеодолиттерге жатады. Қазіргі әртүрлі фототеодолиттік түсіру түрлерімен айналысатын көптеген ұйымдар «Карл Цейсс Йена» (Германия) фирмасы шығаратын Photheo 19/1318; UMK 6,5/1318; UMK 10/1318; UMK 20/1318; UMK 30/1318 және басқа да заманауи фототеодолиттерді пайдаланады.

2.4. Photheo 19/1318 фототеодолиті

Бұл фототеодолиттің құрамына кіретіндер: фотокамера; жәшікте орналасқан 13X18 см форматындағы фотопластинкалы бір реттік таспа жинағы; қозғалмалы ағаш ұштағаны; марка және инелі тіктеуіші бар үш трегерлі үстелше; Theo 020; Bala базистік тақтайшасының ұзындығы 2 м.

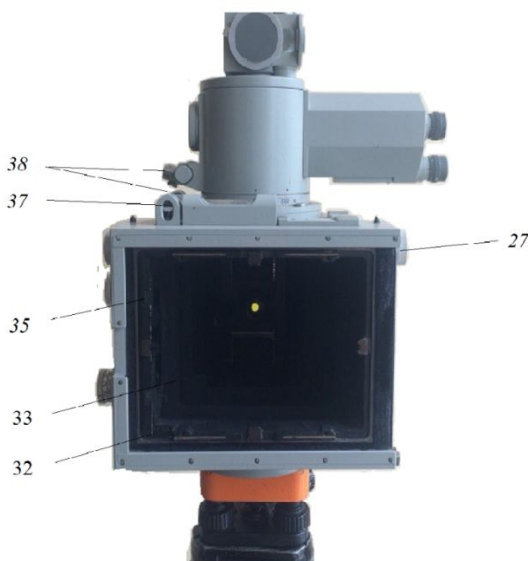


2.4-сурет. Photheo 19/1318 фототеодолиті:

1 – окуляр, 2 – коллиматор, 5 – түсіру индексінің түрі, 7 – айна, 8 – кремальера, 9 – объектив жағдайының индексі, 10 – трегерлік тіреуіш, 11 – қысу бұрандасы, 12 – көтергіш бұрандасы, 13 – қысу бұрандасы, 14 – микрометрлік бұранда, 15 – жапқыш перде, 16 – калибрлі тақтайша, 17 – сары сүзгіш ЖЗ, 18 – объектив, 19 – объектив ауыспасының тұтқасы, 20 – қозғалғыш суппорт, 23 – вертикаль дөңселек, 27 – симметриялық маховиктер, 32 – фокустық арақашықтығының трафареті, 33 – суретке түсіру номерінің трафареті, 35 – түсіру бағытының трафареті, 25 және 37 – цилиндрлік деңгейлер, 38 – деңгейлердің түзету бұрандасы

2.4 және 2.5-суреттерде сыртқы көрінісі көрсетілген фотокамера, сызықтық кеңею коэффициенті аз болатын жеңіл металл қоспасынан жасалған. Оның алдыңғы бөлігінде 18 «Ортопротар» объективі орналасқан, 19 фокустық арақашықтығы және 20 жылжымалы суппортқа орнатылған 1:25 қатынастағы ойық. Оны 19 рычаг көмегімен вертикаль жазықтықта қолданбалы рамкаға параллель орталық жағдайына

қатынасты $+30 \div -40$ аралығында қозғалтуға болады. Объектив биіктігінің өзгеруі әрбір 5 мм сайын калибрленген 16 ойықты рейкамен және 9 индекс көмегімен осындай бөліктермен шкала бойынша белгіленеді. Бір уақытта объективтің биіктігі бойынша орны фотосуретте де белгіленеді. Ол үшін объектив шеңберіне 18 штрихқа жарық түсіретін суретте сыртқы көрінісі көрсетілген арнайы оптикалық жүйеде орнатылған айна 7 бекітілген. Штрих бейнесі коллиматор 2 көмегімен суреттің сол жағына проекцияланады. Суппорттың 20 орташа жағдайында штрихтың биіктік бойынша бейнесі 2.4-суретте көрсетілген негізгі жазықтықтың (1) координаталық белгісімен сәйкес келуі керек.



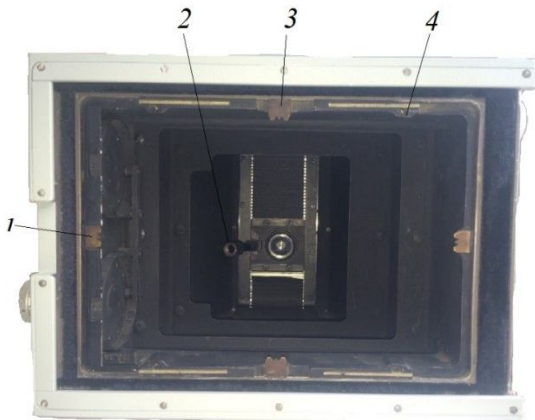
2.5-сурет. Photheo 19/1318 фототеодолитік камера

Объективтің биіктігін өзгерту мүмкіндігі, проекциялайтын сәулесі байланыстырушы негізгі сәуленің жазықтық жағдайында көтеру бұрышы және 32 төмендеу бұрышы бар жергілікті нүктелерді ұстау үшін, жазық бұрышын үлкейтуге мүмкіндік береді.

Объективті тасымалдағанда камера корпусына жарық түспеуін алдын ала қорғау үшін 2.4-суретте жарық өтпейтін 15 жапқышпен көрсетілген.

Объективтің өзі жоғары геометриялық сапаға ие. Ол іс жүзінде ортоскопиялы. Бейнелеу алаңы бойынша дисторсия 0,003 мм шегінен шықпайды. Жоғары контраста оның рұқсат етілген қабілеті 70 лин/мм жетеді. Оның жарық өткізгіштігін жоғарылату мақсатында онда жарықтың шағылыстыруын азайтатын жұқа пленка енгізілген, ал шеңбер сыртына орнатылған сары фильтр ЖЗ17 атмосфераның құрамындағы көк сәулелерді жою үшін қолданылады және ол көру шеңберіне орнатылған. Фильтрдің сынакөргіштігі 10" шегінен аспайды. Объективтің ысырмасы жоқ. Оның рөлін жарық өткізбейтін қалпақ атқарады.

Қолданбалы рамка камера корпусының жалғасы болып табылады. Оның жоғарғы және төменгі ұштарында екі жылтыратылған жолақтар бар, онда 2.6-суретке сәйкес 1,3 өзара екі перпендикуляр белгі орналасқан.



2.6-сурет. Photheo 19/1318 фототеодолиттік камера
(қолданбалы рамка):

1,3 – координаталық белгілер, 4 – бұрандалық тесіктер

Өз пішіні бойынша олар тістері кесілген тік бұрышты пластинкалар болып табылады, оның үстінде диаметрі 0,2 мм

тесік бұрғыланған. Әр белгі түсірудің жазық координата жүйесін қондыру мен оның басын, суреттің негізгі нүктесімен біріктіру үшін тығындау бұрандасы бар үлкен емес суппорттарда бекітілген. Жылтыратылған жолақтар соңында 2.4-суретте көрсетілген бұрандалы тесік 4 құймасы орналасқан және оған реттегіш құрал бекітіледі. Олар бір уақытта негізгі және ауытқу суреттерінің арасын жабатын аймақ шекарасын анықтайтын қосымша координаталық белгі болып табылады.

Қолданбалы рамканың сол жағында таңбаланатын құрылғы бар. Төменгі бөлігінде 2.4-суретте көрсетілген фокустық арақашықтығы цифрланған трафарет 32, ал трафарет бүйірінде түсіру бағытын сілтегіш 35 пен суретке түсіру станциясының нөмірі 33 орналасқан. Трафареттер ұшының беткі бөлігінде базистің оң және сол жақ соңындағы камера осінің жағдайына сәйкес түсіру бағытында AL, A, AR және BL, B, BR әріптері кескінделген.

Түсіру қалыпты осьте жүргізілгенде А және В орнатылады, AL және BL – оптикалық осі қалыптыдан базиске стандартты бұрышпен солға, ал AR және BR – сәйкесінше оңға бұрылған. Орнату корпустың сыртқы жағына шығарылған кремальера арқылы жүргізіледі.

Сол сияқты трафареттерде станция нөмірін орналастыру кремальера 8 көмегімен орындалады.

Камера корпусына кассетаны орнату үшін жылжымалы ойығы бар рамка бекітілген. Оны симметриялық маховик 27 көмегімен жылжытып, бұдыр әйнекті жарық шахта немесе ағаш кассета (қалауы бойынша) салуға болады.

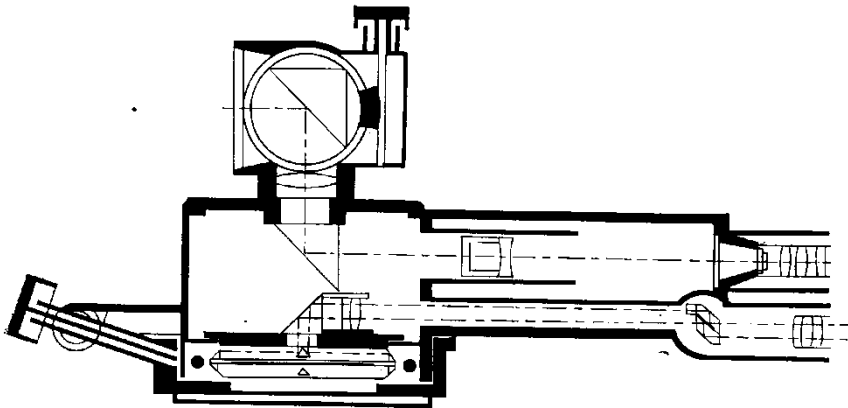
Кассета жылжымалы рамкаға тиек көмегімен тығындалады. Объектив қалпақпен жабылғаннан кейін кассета жапқышын шығарып алады және симметриялық маховик 27 көмегімен камераның қолданбалы рамка жазықтығына оны фотопластинкамен бірге қысады. Осылайша, ол қолдануға дайын болады.

Егер суретке түсіру жұқа металл кассета көмегімен жүргізілсе, қозғалмалы рамка саңылауына аралық рамка қойылады.

Камера корпусының жоғары бөлігіне камераның оптикалық осі мен жазықтық координаталар жүйесінің xx осін горизонталь жағдайға келтіруге түзету бұрандасы 38 бен 15'' бөлу бағасы бар екі цилиндрлік деңгей 25 пен 37, сонымен қатар базиске қатысты оның соңында түсіру кезінде суретке түсіруде оптикалық осьті қажетті жағдайға келтіру үшін бағдарлау құрылғысы орналасқан.

2.5. Phototheo 19/1318 фототеодолиттік камераның бағдарлау құрылғысы

Бағдарлау құрылғысы, негізінде бұрыш өлшеу құрылғысы болып табылады және 400 немесе 360 бөліктерден тұратын бөлу бағасы 20'' немесе 10' тең шыны лимбтен, есеп алатын микроскопты алидада мен көру дүрбісінен тұрады. Лимб камерамен мынадай байланыста болуы керек, оның нөлдік диаметрі камераның оптикалық осі арқылы өтетін вертикаль жазықтықта болуы керек және ол өз кезегінде түсіруді параллель осьтермен және берілген (ψ) бұрыштармен орындауға мүмкіндік береді.



2.7-сурет. Phototheo 19/1318 фототеодолиттік камерасының вертикаль қимасы және оның оптикалық схемасы

Көру дүрбісінің жарық диаметрі 20 мм және үлкейтуі 21 есе, жіп торлы окуляры, кремальера 2 мен іштен фокустаушы линзасы, горизонттың түрлі жақтары бойынша орналасқан нүктелерге дәлдеуге мүмкіндік беретін қозғалатын және қозғалмайтын призмасы болады. Призманың айналуы микрометрдің басымен 24 жүзеге асырылады.

Дәлдеу сәулесінің еңкіштігі микрометр 24 шкаласы бойынша және окулярдың 1 көмегімен $80^0\div 120^0$ шегінде зениттік бұрыштар үшін бөліктері бар вертикаль шеңбер 23 бойынша түсіріледі. Есеп алу микроскопы арқылы горизонталь шеңбер бойынша есеп алынады. Құрылғының оптикалық схемасы күрделі призмадан тұрады, ол 200 (180^0) жылжыған лимб штрихтарын қосуға арналған ромбтан, трапеция пішінді оптикалық тегіктен және кубтан құралған. Кубтан өткеннен кейін сәуле тікбұрышты призма арқылы өтеді, ол лимб бейнесін 100^0 бұрады. Одан кейін олар трапеция пішінді призма арқылы өтіп есеп алу микроскопының 4 окулярына түседі. Куб лимб ортасына қатынасты жылжығандықтан, микроскоп дүрбісі де көру дүрбісіне қатынасты жылжыған.

Лимбке жарық түсіру бағдарлаушы құрылғы кожухының жоғарғы жағында орналасқан иллюминатор арқылы жүзеге асады. Лимб бойынша есеп алу келесідей жүргізіледі. Индекс ретінде қарама-қарсы штрихтар қолданылады. Град саны штрихтың тікелей бейнесінен алынады. Ондық град саны тура және кері штрихтар арасындағы толық бөлу саны бойынша алынады. Жүздік град саны интерполирациялау жолымен алынады, түсіру үшін суретке түсіру базисіне қатынасты камераның оптикалық осінің қалыпты ауытқу бұрыштары пайдаланылады. Олар бағдарланатын құрылғының қаптама тұғырының сыртқы шеңберінде базистің сол жақ шетінен түсіргенде AL, A, AR әріптерімен және базистің оң жақ шетінен түсіргенде BL, B, BR әріптерімен белгіленген.

Осыған байланысты оларға лимбта мына алынған есептер сәйкес келеді

$$AL - \frac{121^030'}{301^030'}; \quad A - \frac{90}{270}; \quad AR - \frac{58^030'}{138^030'}; \quad BL - \frac{301^030'}{121^030'};$$

$$B - \frac{270}{90}; \quad BR - \frac{138^{\circ}30'}{58^{\circ}30'}.$$

Есептерді шамамен орнату 2.4-суретте көрсетілген индекс 5 көмегімен жүргізіледі, ал дәл орнату бұранданы 22 бекіткеннен кейін, есеп алатын микроскоп арқылы бақыланатын сәйкес лимбтің қарама-қарсы штрихтарын микрометрлік бұрандамен 21, дәл біріктіру жолымен бұранданы 22 бекіткеннен кейін жүргізіледі. Ауытқу бұрышы камераның оптикалық осін мына жағдайда, яғни лимбінің нөлдік диаметрі онымен бір вертикаль жазықтықта орналасқанда дұрыс бағдарланатын болады. Бұл шартты тексеру үшін арнайы юстировка жасайтын құрылғы қолданылады. Ол ойығы бар металл табаннан тұрады, оның үстінде вертикаль штрихты, жазық параллель шынымен пластинка 30 және биссектор орнатылған.

Табаны бұранданың 26 көмегімен қолданбалы рамка жазықтығына бекітіледі, ал пластинка 30 бұрандалармен 34 былайша, биссектордың шеткі штрихтары камераның бас вертикаль координаталық белгісімен бірігетіндей етіп бағдарланады. Пластинка 30 үстінде 29 бағыттауыш орналасқан, онымен жылжығыштың көмегімен лупа 2 жылжып отырады. Оны бас вертикаль жазықтығында айналдыруға болады. Осылайша, фотокамера юстировка жасайтын құрылғының көмегімен ерекше көру дүрбісіне айналады, ол лимбінің нөлдік диаметрін орнатудың дұрыстығын тексеруді орындауға мүмкіндік береді. Камера корпусының төменгі тұғырында аспаптың вертикаль айналу осінің цилиндрлік цапфасы бекітілген. Оның камераның азимут бойынша бірқалыпты айналуы үшін қысатын бұрандасы 13 пен микрометрлік бұрандасы 14 болады. Цапфа трегерлік табанға 10 орнатылады және оған қысатын бұранда 11 көмегімен бекітіледі. Камера көтеру бұрандаларының 12 көмегімен деңгей бойынша нивелирленеді.

Геодезиялық жұмыстарды орындау үшін Theo 010 қайталама оптикалық теодолиті қолданылады. Оның вертикаль айналу осінің цапфасының өлшемі фотокамераныкі, сигнал маркасы мен Bala рейкасы сияқты. Осылайша, оларды центрлеу қатаңдығын бұзбай, трегерлік тұғырда алмастыруға болады.

Алидада мен көру дүрбісінің бекітпе бұрандалары рычаг тәрізді жасалған және сәйкесінше микрометрлік бұрандалармен қатар тұрады. Лимб пен алидаданың горизонталь шеңберінің бірге бұралуы ілмектің көмегімен жүзеге асады. Вертикаль шеңбер, вертикаль бұрышты өлшеу нәтижесіне аспаптың вертикаль айналу осінің еңкіштігінің әсерін автоматты түрде жоятын компенсатормен жабдықталған. Көру аймағы 10 болғанда көру дүрбісі 25 есе ұлғайта алады. Горизонталь шеңбер бойынша есептеу дәлдігі $0,1' (0,2с)$, ал вертикаль бойынша $0,2' (0,25^0)$.

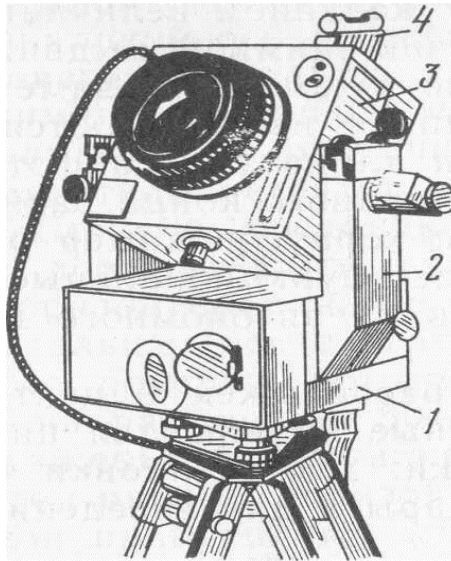
Суретке түсіру базисін және полигонометриялық қысқа базисті қабырғаларды өлшеу үшін Бала рейкасы қолданылады. Оның оймалы ойықты орташа төлкесі бар, өзімен бірге орталық сигнал маркасын ала жүретін, өлшенетін түзудің бойына рейканың перпендикулярлығын орнату және қадағалау үшін дөңгелек деңгейі мен визирлік құрылғысы болады. Оған, оның ішінде инварлы стерженьдер маркалармен орналасқан жеңіл қоспадан жасалған екі құбыр бекітіледі. Ортаңғы бөлігімен қатайтылғаннан кейін, стерженьдердің ішкі шектері шығыңқы жерлерімен, маркалар арасындағы арақашықтығының 2 м өзгермейтіндігін қамтамасыз ете түйіседі.

2.8-суретте көрсетілген «Карл Цейсс Йена» фирмасының UMK 10/1318 универсал өлшеу камерасы инженерлік түсірулерді орындауға арналған, сонымен қоса оны жер бетіндегі фототопографиялық түсірулер үшін де қолдануға болады. Оның құрамында кернеуі 12В батарея бар, ол затвор мен индикаторлық лампалардың жұмысын қамтамасыз ету үшін қажет. Затвор механикалық түрде жұмыс істеуі мүмкін.

Фотокамера цафтың көмегімен үш белгіленген жағдайында аспаптың төменгі бөлігінің лагерлеріне орнатылады: бас сәуленің вертикаль жағдайымен және оның горизонталь жағдайымен ($\chi=0^0$ және $\chi=90^0$). Жаңа фотокамераларда бас сәуленің еңкіштігін – 30^0 -тан + 90^0 -қа дейін 15^0 интервалмен өзгертуге болады.

Қазіргі кезде стереокамералардың қолдану аймағын кеңейтуге, суретке түсіруді вертикаль төмен, стеротүсіруді жақын қашықтықтан орындауға мүмкіндік беретін әртүрлі типтегі ілгіштер құрастырылған. Бағдарлаушы құрылғының көру

дүрбісі мен аспаптың төменгі бөлігін, горизонталь бұрыштарды өлшеу үшін теодолит сияқты қолдануға болады.



2.8-сурет. Универсал UMK 10/1318 өлшеу камерасы

«Карл Цейсс Йена» (Германия) фирмасы стереоөлшегіш камераларын тұрақты 400 - 1200 мм базистерімен шығарады. Олар 10—30 м арақашықтықта орналасқан нысандарды түсіруге арналған. Камералардың құрылымы түсірудің қалыпты және тең еңкіштелген жағдайларына есептелген. Базис ұзындығының тұрақтылығын сақтау 400 немесе 1200 мм ұзындықпен құбырлардың шеттерінде камералардың корпустарын қатты бекітумен қол жеткізіледі. Әрбір камерада диафрагмамен және затвормен объектив, жазықтықты – параллель пластиналармен және координата белгілерімен қолданбалы рамка, фотокамераның f фокустық арақашықтықтарының шамасын көрсетумен тіркеу жиегі, сурет есептегіштері, қолжазбаларды тіркеу үшін қозғалмалы шыны пластинкалар және кассета болады. Сонымен қатар сол жақтағы фотосуретте, А әрібі – базистің сол шетінің индексі және суретке түсіру базисінің

ұзындығы, оң жақтағы фотосуретте, В әрібі – базистің оң шетінің индексі және аспаптың номері бейнеленеді. Камера корпусының ішінде автономиялы қоректену көзінен затвордың жұмысын басқаратын механикалық және электрлік функционалды элементтер орналасқан.

Камералардың жұмысын басқаратын пульт құбырдың орталық бөлігінде орналасқан және онда аспапты нивелирлеуге қажет жарықтандырылған деңгейлер бар, сонымен қатар диафрагма санын, выдержканы, стереожұп номерін орнату үшін және затворды қосу үшін тұтқасы бар. Жұмыс жағдайындағы камера мен құбырды келтіретін тұтқасы және червякты беріліс көмегімен, биіктіктері бойынша реттелетін штативке орнатады.

2.6. Түсіру жобасын құру

Түсіру жобасы түсініктеме хаттамасынан және графикалық бөлімнен тұрады. Түсініктеме хаттамасында келесі мәселелер қарастырылады:

- түсіру учаскесінің орны мен суреттемесі (жер бедерінің сипаттамасы, өсімдіктердің орналасу түрлері, құрылыстар, метеорологиялық жағдай);

- учаскенің геодезиялық зерттеу мәліметі, геодезиялық тірек торы, оның дәлдігі, картографиялық материалдардың болуы және т.б.

- тірек торларын жиілетумен байланысты есептеулер;

- түсіру негіздемесі нүктелерін анықтаудың дәлдігі бойынша негізгі рұқсаттамалардың тізімі, контурларды, жер бедерін салу және стереожұпты жинастыру (қолданыстағы инструкцияларға сәйкес орнатылады немесе түсірудің арнайы қолданылуына байланысты есептеледі);

- фототеодолиттік түсірумен байланысты есептеулер (жобаның бұл бөлімі келесі өңдеу әдісін есепке ала отырып және планды құру үшін аспаптардың болуы);

- әртүрлі жұмыс көлемі (смета құру үшін).

Жобаның графикалық бөлімінде:

- а) геодезиялық тірек торлары пункттерінің орналасу схемасы және геодезиялық анықтамалары;

б) базистік және бақылау нүктелерін анықтаудың схемасы;

в) бақылау нүктелерінің суретке түсіру базистерінің орнын көрсетумен фототеодолиттік түсіру схемасы, «өлі» деп аталатын кеңістіктердің бөліп көрсетілген әрбір базистен түсіру участкесінің шекаралары. «Өлі» кеңістік деп – жер бедерінің ерекшелігі немесе басқа да себептермен фототеодолиттік әдіспен түсіруге болмайтын учаскелерді айтады.

Жобаның графикалық бөлімін планда (картада) жеткілікті ірі масштабта құрастырады. Түсіру кезінде жобалау үшін мейлінше тиімді деп, келесі масштабтар есептеледі:

- 1: 500 — масштаб планы 1: 2000;
- 1:1000— және де 1:5000;
- 1:2000—масштаб картасы 1: 10000;
- 1:5000— және де 1:25000.

Бұл негізде құрылған жоба - ереже бойынша, далалық рекогносцировкадан кейін құрастырылатын жұмыс жобасы үшін негіз болады. Керекті масштабтағы топографиялық негіз болмаған жағдайда, қолда бар неғұрлым толық картаны сәйкес үлкейту арқылы схемалық планды (картаны) дайындау ұсынылады.

Егер жұмыс алаңында аэросуреттер болған жағдайда, онда оларды жобаны құруға арналған картаның контурлық бөлігін толықтыру және нақтылау үшін қолдану керек. Сәйкес карта болмаған жағдайда, аэросуреттерді схемалық топографиялық негізді құру үшін қолдану қажет, оны келесі тәсілмен алуға болады.

Жобаның графикалық бөлімін құруды суретке түсіру базистерін орналастырудан бастайды. Мұнда, базистен түсірілетін ауданның алыс шекарасына дейінгі арақашықтық мына шекті шамалардан $Y_{пр}$ аспауы керек екендігін ескеру қажет. Ең үлкен қашықта болу $Y_{пр}$ планның берілген дәлдігі мен түсіру камерасының фокустық арақашықтығына байланысты және келесі формулалармен анықталады (80) және (81).

а) түсірудің қалыпты түрі үшін

$$Y_D = \frac{f_{\kappa} m_t}{8m_p} \left(1 + \sqrt{1 - 16L \frac{m_p}{f_{\kappa} m_t}} \right); \quad (80)$$

б) түсірудің тең ауытқыған түрі үшін

$$Y_D = \frac{f_{\kappa} m_t}{8m_p} t_{\min} \left(1 + \sqrt{1 - 16L \frac{m_p}{f_{\kappa} m_t t_{\min}}} \right). \quad (81)$$

Универсал аспаптарда план құрғанда шекті қашықтық $Y_{\text{пр}}$, аспап координатасының ең үлкен мәнінен Y_{ϕ} аспауы керек.

Осылайша табылған $Y_{\text{пр}}$ мәнін қолданғанда кейбір ұсақ нысандар суреттерде көрінбей қалуы мүмкін. Бұл жағдайда далалық жұмыстарды жүргізу кезінде, оларды аспаптар арқылы байланыстырады немесе қосымша, түсіруді неғұрлым жақын орналасқан суретке түсіру базистерінен жүргізеді.

Жобаны құрудың басты мақсаты – «өлі» кеңістігі неғұрлым аз болатындай және ең аз базистер санымен участкені түсіруді камтамасыз ету. Бұл міндеттерді орындау үшін:

- базисті жергілікті жердің биік деген жерінен таңдау, яғни фототеодолиттің орналасу нүктесінің биіктігі артқан сайын «өлі» кеңістіктің саны мен өлшемдері азаяды;

- базисті еңістігі 10^0 аспайтындай етіп орналастыру керек;

- беткейді түсіруді жобалағанда, суреттің бас сәулесін мүмкіндігінше суретке түсірілетін беткейдің горизонтальдарының жалпы бағытына перпендикуляр етіп орналастыру керек, бұл жанынан түсіру кезінде көрінбей қалуы мүмкін болатын, суреттерде ойпат, жыра, сай немесе жер бедерінің басқа да элементтерін алуға мүмкіндік береді;

- кейбір жағдайда фотостанцияны мақсатты түрде жеке жыралар, тар алқап пен жалпы пішіндерін қиындататын жер бедерінің басқа да элементтеріне қарсы орналастырады;

- түсіруді жақын қашықтықтардан орындамауға тырысу керек, себебі мұндай жағдайда стереожұптың пайдалы ауданының қысқаратынын ескеру керек;

- мүмкіндігінше әрбір базисте түсіруді қалыпты және тең ауытқулы (оңға және солға) осьтермен жобалау қажет; ауытқу

бұрыштарын ереже бойынша берілген фототеодолит үшін стандартты түрде қабылдаған жөн, ал $f_k = 190$ мм (Photheo, TAN) фототеодолиттері үшін стандартты ауытқу бұрышы $\varphi = 35^g = 31^{\circ}30'$;

-суретке түсірудің көршілес базистеріндегі шектес стереожұптардың қажет жабыны болу керек: жобалау үшін қолданылатын планның (картаның) сенімділік дәрежесіне және жер бедерінің күрделілігіне байланысты тиісті жабынның шамасы 20-дан 40%-ға дейін болуы керек;

-ғимаратты түсіру кезінде, базисті мүмкіндігінше құрылымның негізгі жазықтығына параллель орналастыру қажет. Егер (82) формула бойынша есептелген қолайлы қашықтықта, құрылыс (ғимарат) биіктігі бойынша шаршыға симаған жағдайда, арақашықтықты сәйкес ұлғайтады, мұнда фотосуреттерді өлшеудің дәлдігін арттыру бірге қамтамасыз етіледі, немесе фототүсіруді фотокамераның көлбеу оптикалық осьтерімен орындайды. Ең үлкен қашықтық келесі формуламен есептеледі

$$Y_{\max} = \frac{m_{\Delta Y}}{m_{\Delta x} \sqrt{2}} \rho_{\text{omm}} . \quad (82)$$

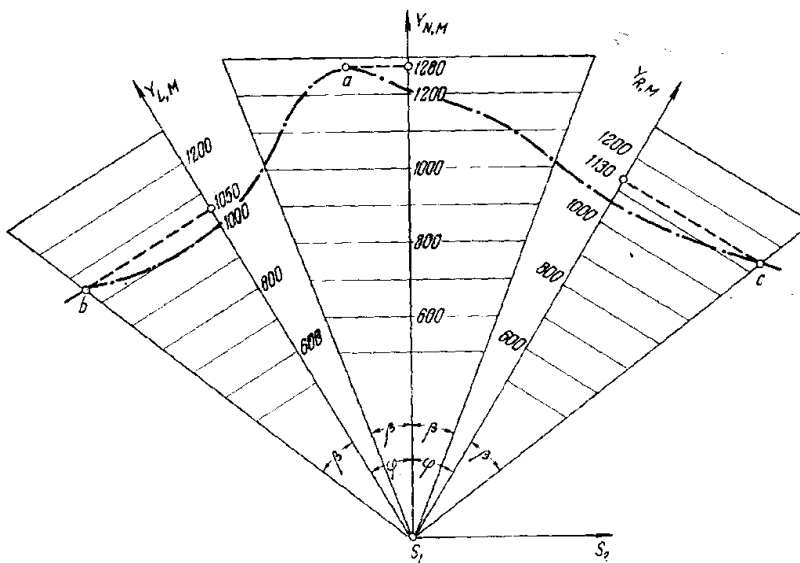
-стереожұптың алыс шекарасына дейінгі қашықтық $Y_{\text{пр}}$ шамасынан аспауы керектігін ескеру керек. Жер бедерінің жағдайы немесе басқа да себептермен учаскеде түсіру жұмыстарын $Y_{\text{пр}}$ шамасынан аспайтын арақашықтықтан жобалау мүмкін болмаса, оны «өлі» кеңістікке жатқызып, басқа тәсілдермен немесе (ерекшелік ретінде) мейлінше кіші масштабта түсіру керек, содан кейін оны қосымша берілген масштабқа дейін үлкейту керек. Базистің орналасқан жері анықталғаннан кейін, планның берілген дәлдігін қамтамасыз ететін оның қажетті ұзындығы анықталады.

Базис ұзындығын формуламен анықтайды:

$$B_{\min} = \frac{Y_D^2 m_p}{f_{\kappa} m_l t_{\min}} . \quad (83)$$

мұнда $m_p = \pm 0,04$ мм деп қабылдайды. m_l қателігінің мәні нұсқаулықпен немесе түсірудің арнайы шартымен анықталады. $t_{\min}$ коэффициентін есептеуде 13×18 см сурет форматы үшін $x = 60$ мм етіп қабылдау ұсынылады. Сонда $f_k = 190$ мм және стандартты бұрылу бұрышы $\varphi = 31^\circ,5$ болған кезде түсірудің қалыпты түрі үшін $t_{\min} = 0,69$ аламыз, $\varphi = 0$ болғанда, коэффициент $t_{\min} = 1$.

Базисті есептеуге қажетті арақашықтық Y_D мәнін, жоба жасалынатын топографиялық негіз бойынша 2.9-суретте көрсетілген палеткамен анықтау ыңғайлы. Палетканы тұрғызудың бастапқы деректері болып - фототеодолит камерасының көру аймағының горизонталь бұрышының жартысына тең, φ бұрылу бұрышы және β бұрышы табылады.



2.9-сурет. Түсірудің қашықтығын анықтауға арналған палетка

β - бұрышының мәні келесі формуламен анықталады

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{l}{2} f_k \quad (84)$$

мұндағы l - суреттің горизонталь өлшемі.

Палетканы көрінетін пластик парақшасына салады Y_N , Y_L , Y_R осьтері түсірудің қалыпты және тең ауытқу түрлерінде камераның оптикалық осі бағытына сәйкес келеді. Y осіне жоба жасау үшін қолданылатын топографиялық негіз масштабында арақашықтық шкаласы белгіленген. Сонымен бірге палеткада түсірудің қалыпты түрінде, камераның көру аймағының горизонталь бұрышының шекарасы мен камераның оңға және солға φ бұрышына бұрылуындағы түсіру секторының шекарасы көрсетілген.

Y_D анықтау үшін негізде, жер бедерімен бірге, базистен көріністің алыс шекарасын жүргізеді. Содан кейін палетканы негізге салады. Мұнда нүктені базистің сол жақ нүктесімен, ал S_1S_2 сәулесін базис бағытымен біріктіреді. Қашықтық изосызықтары бойынша түсірудің қалыпты және тең ауытқу түрі үшін Y_D мәнін есептейді. Қалыпты түрі үшін Y_D - мейлінше алыс нүктенің қашықтығы, а нүктесі, $Y_D = 1280$ м., солға бұрылуда - түсіру секторының шеткі сол нүктесінің қашықтығы, b нүктесі, $Y_D = 1050$ м., оңға бұрылуда - шеткі оң нүктенің қашықтығы, с нүктесі, $Y_D = 1130$ м. Егер анықталған Y_D мәні, қашықтықтың шеткі мәнінен артық болғанда $Y_D = Y_{np}$ деп қабылданады, базистен түсірудің алыс шекарасында Y_{np} сәйкес изолиния қашықтығы есептеледі.

Барлық жобаланушы стереожұптар үшін суретке түсіру базисі ұзындығының мәнін (83) формула бойынша есептеп, соңғы мәні ретінде ең үлкен B -ны қабылдайды және түсірудің жақын шекарасына дейінгі Y_{min} арақашықтығын келесі формуламен анықтайды

$$Y_{min} = 4B. \quad (85)$$

Бұрылу бұрышының үлкен мәнінде, $\varphi > 45^\circ$ болғанда төмендегі формуланы қолданады

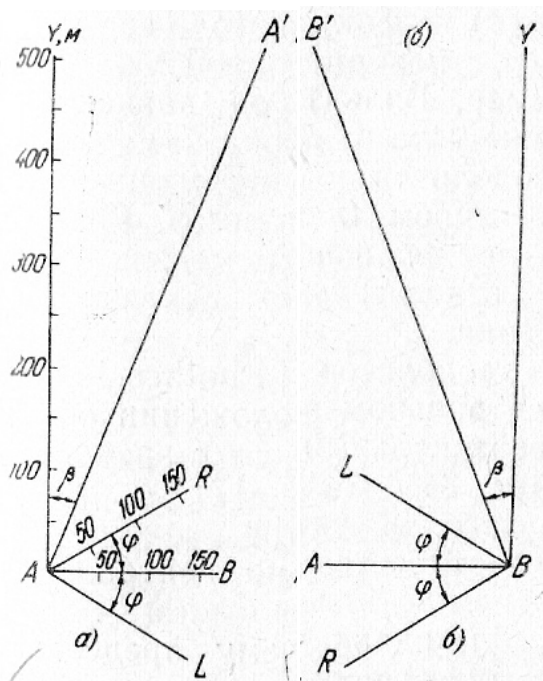
$$Y_{min} = 6B \sin \varphi. \quad (86)$$

Базистерді таңдағаннан кейін, оларды жоба схемасына салады және мұнда көрсетілуі қажет:

- 1) базистің орны мен номері, оның ұзындығы және түсіру түрі;
- 2) базистен түсірудің әртүрлі түрімен түсірілетін аудан шекаралары;
- 3) «өлі» кеңістіктер;
- 4) түзету нүктелерінің орналасу аймақтары.

Түсіру ауданының шекараларын, қалыпты түрі үшін және стандартты ауытқу бұрыштарымен көрінетін материалдан жасалған екі палетка көмегімен (біреуі сол, ал басқасы базистің оң нүктесі үшін) салу ыңғайлы.

2.10 а-суретте көрсетілген базистің сол нүктесі үшін палетка төмендегідей тұрғызылады.



2.10-сурет. Жоба схемасына түсіру секторын салуға арналған палетка:
а) базистің сол нүктесі үшін; б) базистің оң нүктесі үшін

AB түзуін сызады (түсірудің қалыпты түріндегі базистің бағыты) және A нүктесінен базистің сол жақ нүктесіндегі камераның оптикалық осінің бағытын анықтайтын AU перпендикуляр сызығын тұрғызады. A нүктесінен β бұрышымен AU түзуіне суретке түсіретін учаскенің оң жақ шекарасының орнын анықтайтын AA' сызығын жүргізеді. Содан кейін A нүктесінен - ϕ және + ϕ бұрыштарымен AB түзуіне ауытқудың стандартты оңға және солға жағдайы үшін базистің орнын анықтайтын AR және AL сызықтарын жүргізеді. AB, AR, AL сызықтарына базис ұзындығының шкаласы, ал AU осіне арақашықтық шкаласы салынады. Бұл шкалаларды жобаны құру үшін қолданылатын карта масштабында салады.

2.10 б-суретте көрсетілген палетканы базистің оң жақ нүктесі үшін осындай етіп жасайды, бірақ шкаласыз.

Стереожұп шекарасын салу үшін, палетканы картаға A нүктесі базистің сол жақтағы нүктесімен сәйкес келетіндей етіп орналастырады; AB арақашықтығы есептелген базис ұзындығына тең болу керек; түсіру түріне сәйкес бағыттар біріктірілуі және AB кесіндісі базистің бағытымен бірдей болуы керек. Содан кейін картада базистің шеткі нүктелері мен түсірілетін ауданның (AA' және BB' сызықтары бойынша) қаптал шекаралары белгіленеді. Оның жақын шекарасын алдын ала есептелген Y шамасымен Y осіне перпендикуляр етіп сызады.

Photheo – 19/1318 фототеодолиттерінде объективтің орталық жағдайында көрудің вертикаль бұрышы 34° ($-17^\circ - +17^\circ$) құрайды; сонымен қатар орталық жағдайына қатысты объектив 45 мм дейін төмен және 30 мм дейін жоғары ауытқуы мүмкін, соның салдарынан жобалаушы сәулелердің шекті еңкіш бұрыштары сәйкес - 29° және + 25° дейін ұлғаяды. Бұл ерекшелікті жобаны құрастыру кезінде ескеру қажет.

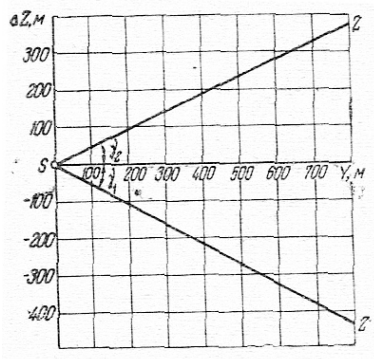
Жергілікті жердің нүктелерінің өсімшелеріне байланысты, түсіру шекаралары туралы мәселелерді шешуді жеңілдету үшін палетка тұрғызылады: тығыз қағаз бетіне екі өзара перпендикуляр остерді сызады – SY қашықтық осі және ΔZ өсімше осі; γ_1 және γ_2 бұрыштарымен SY осіне S нүктесінен вертикаль бойынша түсірудің қармау секторының мөлшерін анықтайтын Sz' және Sz түзулерін жүргізеді. Сәйкесінше γ_1

және γ_2 бұрыштары жобалаушы сәуленің шекті еңкіш бұрыштары болып табылады.

2.11-суретте бейнеленген палетка Photoe фототеодолиті үшін құрастырылған. Сондықтан онда

$$\gamma_1 = -29^\circ, \text{ а } \gamma_2 = +25^\circ.$$

Y осінде арақашықтық шкаласы, ал ΔZ осінде базис нүктесінен жоғары, жергілікті жер нүктесінің өсімшелер шкаласы тұрғызылады. Бұл екі шкаланы жоба құрастырылатын план масштабында салады. Түсірумен участкенің қармау шекарасын анықтау үшін картадан учаскенің ең биік және ең аласа нүктелерін таңдайды және әрқайсысының базиске қатысты өсімшелерін анықтайды. Содан кейін базистің сол жақтағы нүктесінен әр нүктенің қашықтығын Y өлшейді. Өлшенген қашықтар бойынша осы нүктелерді палеткаға түсіреді. Егер барлық нүктелер zSz' түсіру секторына енсе, онда барлық учаске суретке түсірілуі мүмкін. Егер секторға кірмеген нүктелер болса, осы нүкте айналасында орналасқан учаске бөлігі фототеодолиттің көру аймағының шекарасынан шығып тұрғандығын білдіреді.



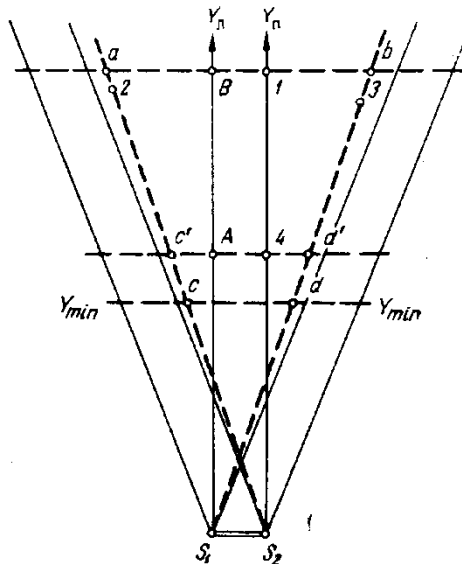
2.11-сурет. Биіктігі бойынша түсіру шекарасын анықтауға арналған палетка

Планға базистер мен әр базисті түсіру учаскесінің шекарасын түсіргеннен кейін, модельді түзету үшін нүктелерді орналастыруға кіріседі.

Модельді сенімді түзету үшін әрбір стереожұп геодезиялық координаталары белгілі үш нүктемен қамтамасыз етілуі керек. Түзету нүктелерінің мұндай мейлінше тиімді орналасуы, нүкте стереожұптың алыс жағында орналасқан жағдайда: 2.10-суретте көрсетілгендей, біреуі оң жақтағы суреттің бас сәулесінде, қалған екеуі стереожұптың шеттерінде. Нүктелердің мұндай орналасуын ары қарай стандартты деп атаймыз.

Бақылау нүктелерінің орналасуын таңдау үшін, жергілікті жердің жер бедерін ескеру және олардың геодезиялық анықтамаларын мүмкіндігінше қарапайым және ыңғайлы етуге тырысу керек. Сондықтан нүктенің стандартты орналасулары барлық уақытта мүмкін емес және де тәжірибеде әдетте ауытқулар жіберуге тура келеді, яғни орналасу схемасында және нүкте санында.

Түсіру учаскесінде түзету нүктелерінің жалпы санын азайту үшін, оларды стереожұптың бірдей жабын аймақтарында орналастыру ұсынылады. Нүктені таңдау барысында базистердің орналасуының жоба схемасына түсіреді және оларды реттік номерлермен жазады.



2.12-сурет. Бақылау нүктелерінің орналасу схемасы

Стереожұптың үш түзету нүктелерімен қамтамасыз етілген жұмыс алаңы. Жұмыс алаңының шекаралары болып жүргізілген түзулер табылады:

- а) базистің соңғы нүктелерінен 2 және 3 нүктелерге дейін;
- ә) Y осьтеріне перпендикуляр мейлінше алыс орналасқан түзету нүктесі арқылы;
- б) түзетудің ең кіші арақашықтығында Y_{min} тең қашықтықта.

Түсіру участкесінің ішіндегі «өлі» кеңістікті жабуға арналған стереожұптарда, түзету нүктелерінің орны жобаланбайды.

2.7. Аспаптарды, құрал-жабдықтарды және материалдарды дайындау

Жұмысты орындау кезінде аспаптарды, құрал-жабдық және материалдарды жұмысқа тиянақты дайындау, оның сәтті орындалуына мүмкіндік береді. Көп жағдайларда (әсіресе, адам тұрмайтын және алыс аудандарда) жұмыс орындарында аспаптар мен материалдарды дайындау және тексеру жұмыстарына қолайлы жағдай жасалмаған. Сондықтан жұмыс орнына барардың алдында:

- аспаптарды мұқият тексеріп, жөндеуден өткізу керек;
- жұмысқа қажетті материалдар мен жабдықтардың тізімін құру керек;
- барлық материалдар мен құрал-жабдықтарды, аспаптарды жұмыс орнына жеткізуге дайындау керек.

Түсіруге қажетті аспаптар тізімі:

- 1) фототеодолиттік жинақ;
- 2) түсіру негізін құрумен байланысты өлшеуге арналған теодолит (горизонталь және вертикаль дөңгелектер бойынша 10" - тан кем емес өлшеу дәлдігімен);
- 3) техникалық дәлдікті нивелир және рейкаларының жинағымен;
- 4) болат рулетка (ұзындығы 50 м-ге дейін);
- 5) аспаптың биіктігін өлшеуге арналған рулетка;

6) «өлі кеңістіктерді» толық түсіруге арналған теодолит-тахеометр немесе мензула жинағы;

7) алты немесе сегіз есе үлкейтетін дүрбі;

8) түзету нүктелерін рекогносцировкалау үшін қарапайым бұрыш өлшегіш;

9) рекогносцировка жұмыстары үшін компас;

10) фотоэкспонетр.

Жұмысқа аспаптарды дайындауды бірінші кезекте, әрбір аспапты сырттай барлық бөліктері мен бөлшектерін, қозғалатын бөліктерінің жеңіл және қалыпты қозғалысын және т.б. мұқият тексеруден өткізуден бастау керек.

Әрбір аспаптардың қосымша құрал-жабдықтарының жинағының табылған дұрыс емес жерлерін жөндеуден өткізгеннен кейін, аспапты тексеру, юстировкалау және жұмыс істеу дәлдігін зерттеу қажет. Геодезиялық құрал-жабдықтарды жөндеу баршаға мәлім.

Фотолабораториялық, есептеу және графикалық жұмыстарды орындау үшін келесі аспаптар мен құрал-жабдықтарды дайындау қажет:

- егер түсіру отряды елді-мекеннен тыс жерде болса, онда фотолабораториялық – арнайы шатыр;

- негативтерді фотолабораториялық өңдеу үшін кішігірім бак (3-тен кем емес);

- 300×400 мм өлшеммен кюветтер (5-тен кем емес);

- қызыл фильтрі бар шам (немесе қызыл түсті электр шамы); Электр жарығы болмайтын аймақта, құрғақ гальваникалық элементтерден жасалған қорек көзі бар арнайы шамды (фонарь) қолдану қажет (энергияны үнемдеу ретінде 3-5 ваттық қуаты бар шамды алу қажет);

- айқындауыш пен фиксажды жасау және сақтауға арналған шыны ыдыс;

- әр түрлі салмақты қарапайым таразы;

- техникалық термометр;

- көшірме рамка немесе көшірме аспап;

- лупалар (6–10^x);

- нысандарды топографиялық дешифрлеуге арналған стереоскоп;

- негативтің фотографиялық және фотограмметриялық сапасын бағалау үшін эталонды суреттер жинағы;
- есептеуге арналған құралдар мен кестелер (калькулятор, логарифмдік сызғыштар, логарифм кестелері, тригонометриялық функциялардың натурал мәндерінің кестесі);
- сызуға арналған құралдар мен жабдықтар.

Фототеодолиттік түсіру үшін келесі материалдар дайын болуы қажет:

1) айқындаушыты, фиксажды және негативтерді айқындау үшін ерітінділерді жасайтын химиялық реактивтер;

2) 1–4 бірліктегі жарық сезгіштігімен фототеодолиттік пластинкалар МЕМСТ: түрлі-түсті нысандар үшін бірқалыпты контрасты пластинкалар ұсынылады; бір түсті нысандар үшін контрасты және аса жоғары контрасты; пластинкалар санын фотостанцияның жобадағы саны бойынша, фотостанциялардың негізгі санының көбеюі мүмкіндігін ескере отырып, бір жарым есе етіп көбейтіп есептейді, тәжірибелік түсірулер мен қайта түсірулер;

3) контрастығы әр түрлі номерлі фотоқағаз (күлңгір және жылтыр);

4) түзету нүктелерінде таңбалау белгілерін дайындауға арналған материалдар (фанера, мата);

5) далалық журналдар, есептеуге және сызуға арналған қағаз, калька мен кеңсе тауарлары.

Түсіруді орындауға шығардың алдында, бұзылған пластинкаларды алып тастаған дұрыс. Тексеру қою-қызыл жарықта орындалады.

Пластинканы эмульсиясымен төмен қарай шыны немесе металл пластинаға жатқызады, жарыққа қыр жағынан қойып, деформацияланған деңгейін анықтайды. Қисықтығы едәуір байқалатын пластинкалар түсіру үшін жарамсыз.

2.7. Учаскені рекогносцировкалау

Фототеодолиттік түсірудегі далалық жұмыстар түсіру учаскесінің рекогносцировкасынан тұрады; тірек торларды жиілету және оларға базистер мен түзету нүктелерін жалғау;

түзету нүктелерін белгілеу; учаскенің фотосуреттері; фотолабораториялық жұмыстар; негатив сапасын бақылау; суреттерді топографиялық дешифрлеу; «өлі» кеңістікті қосымша қайта түсіру; тірек, базистік және түзету нүктелерінің жұмыс координаталарын, базистердің дирекциондық бұрыштарының ұзындығын есептеу.

Тірек торларының нүктелерін, фототеодолиттік станциялар және түзету нүктелерін алдын ала орналастыру және геодезиялық анықтауды, көбінесе салыстырмалы кіші масштабтық картада учаскені зерттеу негізінде құрастырады, сондықтан жер бетінде алдын ала жобаны іске асыру алдында оған түзетулер енгізеді. Рекогносцировканың басты мақсаты қажетті өзгерістерді анықтау және алдын ала жобаға қосымшаларды енгізу.

Рекогносцировка нәтижесі бойынша базистік және түзету нүктелерінің орналасуы мен геодезиялық байланысының жұмыс жобасын құрады.

Сол үшін жергілікті жерде рекогносцировка процесінде түсіру учаскесінің шекарасын, фотосуретке түсіру және түзету нүктесі базистерінің орналасқан орнын анықтайды, базистік немесе түзету нүктелерімен сәйкес келмейтін түсіру негіздері нүктелерінің орналасу орнын белгілейді, әрбір стереожұп үшін жұмыс алаңының шекарасын орнатады. Фототеодолиттік тәсілімен түсіруді орындау мүмкін емес немесе белгілі бір себептермен тиімсіз болғандағы жер учаскесінің шекарасын анықтайды, базистік және түзету нүктелерінің геодезиялық анықтамаларының схемасын құрастырады.

Бұл мәліметтердің барлығын рекогносцировка процесінде, алдын ала жобаны құруда пайдаланған топографиялық картаның көшірмесіне жұмсақ қаламмен салады.

Фотостанция орналасқан аумаққа келгенде, ең алдымен, суретке түсіру орындалатын базистен учаскесінің көрінісін қарау, оның жақсы көрінетіндігін анықтау, қажет болған жағдайда басқа орын таңдау керек. Базисті таңдау барысында келесі шарттарды ескеру қажет:

1) базистің шеткі жақтарынан түсіруге арналған учаске толық көрінуі қажет, мүмкіндігінше «өлі» кеңістіктер болмауы керек (базисті таңдау барысында түзету нүктелерін

фотограмметриялық анықтау үшін бұл талапты орындау міндетті емес, тек суреттерде түзету нүктелерін анықтау белгіленген учаскелер бейнеленуі керек; түсіру учаскесінің кейбір жерлері жер бедерімен немесе басқалармен (ағаштар, тал-шыбықтар, құрылыс, үйінділер және т.б.) жабылып тұрмауы тиіс;

2) таңдалған аумақ штативте фототеодолит және қашықтық өлшейтін рейка орнатуға ыңғайлы болу қажет;

3) базис нүктелері ұзақ сақталатын аумақта орналасуы қажет, сондықтан оларды көшкін болатын, үсті басылып қалатын жерлерден (жолдар, құрылыс алаңдары және т.б.) таңдамау қажет;

4) базистің бір нүктесін геодезиялық анықтау ыңғайлы болу керек, сол үшін оны ашық және биігірек жерлерде, тірек торларының немесе түсіру негізінің жақын пункттерінен көрінетін етіп таңдау, яғни осыларда орнатылған фототеодолит және дәлдеу маркасының өзара көрінуін қамтамасыз ету керек;

5) базистің нақты ұзындығы оның есептік мәніне сәйкес келу керек, ал еңкіштік 10° - тан аспау керек;

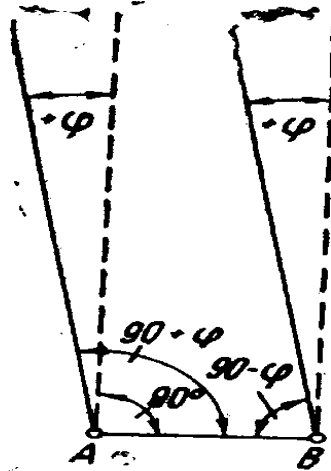
6) егер базисті бұта немесе орманы бар учаскеде орналастырсақ, онда базис нүктелерін көру үшін үлкен учаскелерді олардан тазаламайтындай етіп таңдау керек;

7) базис бағытын, осы базистен белгіленген учаскені түгел түсіруге неғұрлым аз стереожұп қолданатындай етіп таңдайды. Көру жағдайы бойынша мүмкін болса, онда түсіруді үш бағытта проекциялау қажет. Ол үшін базисті түсірудің бірқалыпты жағдайында, камераның оптикалық осін учаске аймағына перпендикуляр (түсірілетін учаскенің жер бедерінің горизонтальдарының жалпы бағытына) етіп орналастыруға тырысу керек.

Базис бағытын жер бетіне шығару үшін, сол аумақта бағдарлап, базис нүктелерінің бірінен түсірудің бірқалыпты жағдайында камераның оптикалық осі бағытын белгілеу керек, содан соң перпендикуляр бойымен базисті шығару керек. Егер түсіру осы базистен оңға немесе солға ауытқумен проекцияланса, онда базис бағытын алу үшін остен сол жақ нүктесі бойынша $\beta = 90^\circ + \varphi$ бұрышы, оң жақ нүктесі бойынша $\beta = 90^\circ - \varphi$ бұрышы салынады 2.13-суретте көрсетілген. φ белгісі осьтің

перпендикулярдан базиске сол жаққа ауытқуында дұрыс, он жаққа ауытқыса теріс болып есептеледі. Бұрышты сызғыш пен транспортирмен немесе бұрыш өлшеуішпен салады.

Базисті тандап алған соң, оның шеткі нүктелерін сол жерге бекітеді. Содан кейін жергілікті нысандар және жер бедерінің пішіні бойынша бағдарлай отырып, базис нүктелерінің біреуін картаға салады және бұл нүктеден камераның оптикалық осінің бағытын жүргізеді (сонымен бірге жергілікті нысандар бойынша немесе ауытқуды ескере отырып компастың көмегімен).



2.13-сурет.

Базис бағытын жер бетіне шығару

Осы оське перпендикуляр немесе сәйкес бұрышпен сәйкес базистің бағытын сызады және ұзындығын салады. Содан кейін картаға 2.9 және 2.10-суреттерде көрсетілгендей, берілген базистен түсірудің дәлденген шекарасын палеткалардың көмегімен салады, сонымен қатар, базистің шеткі нүктелерінен анық көрінетін, тірек торлары мен түсіру негізінің пункттеріне бағыттарды сызады. Содан «өлі» кеңістікке түсетін учаске шекарасын анықтап, оларды түсіру үшін қосымша базистерді белгілейді.

Әрбір фотостанцияда жұмыстарды осылай орындайды.

Геодезиялық анықтауға жататын, түзету нүктелерін орналастыру үшін белгіленен аймақтағы жұмыстар, нүктелердің орнын таңдау, оны орнату және белгілеу болып табылады. Белгіленген аймақта түзету нүктесін суретке түсіру базисінен жақсы көрінетіндей етіп таңдайды. Картада нүктені тандап

алғаннан соң, оның орнын белгілейді, одан көрінетін тірек торлары немесе түсіру негіздерінің пункттерін салады (немесе олардың белгіленген аумақтағы орналасуын).

Рекогносцировканы аяқтаған соң екі жұмыс схемасын құрады: фототеодолиттік түсірудің схемасы, базистік және түзету нүктелері мен түсіру негіздерінің пункттерінің геодезиялық анықтауларының схемасы.

Фототеодолиттік түсіру схемасына салынады:

а) түсіру учаскесінің шекарасы;

б) әрбір базистің ұзындығын, реттік номері және түсіру түрлерін көрсете отырып, суретке түсіру базисінің орналасуы;

в) әрбір базистен түсіру алаңының контуры;

г) түсірілуге дейінгі басқа әдістермен қосымша түсіруге жататын «өлі» кеңістіктер мен учаскелердің контуры; геодезиялық және фотограмметриялық әдістермен анықталатын түзету нүктелерінің орны.

Геодезиялық анықтаулардың схемасына базистік, түзету нүктелері және түсіру негіздерінің басқа да пункттерін, олардың номері мен анықтау тәсілдерін көрсетіп салады. Фототеодолиттік түсіру әдетте таулы аумақтарда қолданылатындықтан, схеманы құру барысында аналитикалық торлармен және қиылыстырулармен осы нүктелерді анықтауға бағыттау ұсынылады.

Екі схеманы да рекогносцировканың қосымша берілгендерімен түзетілген топографиялық картаның көшірмесінде дайындайды.

2.8. Суретке түсіру орталықтарын және бақылау нүктелерін бекіту, белгілеу

Түсіру негізінің пункттерін, базистік және түзету нүктелерін тұрақты немесе уақытша орталықтармен бекітеді.

Әрбір трапецияда тұрақты орталықтармен бекітілуге жататын пункттер санын, топографиялық түсіру бойынша инструкцияға немесе ерекше талаптарға сәйкес анықтайды.

Қалған барлық геодезиялық анықтау нүктелерін уақытша орталықтармен бекітеді.

Барлық түзету нүктелері үшін, сонымен бірге базистердің анықталатын нүктелері үшін уақытша орталықтар ретінде ұзындығы 30 см-ден 60 см-ге дейінгі ұзындықпен, 5 см-ге жуық диаметрмен (жердің қаттылығына байланысты), темір түтіктерді қолдану ұсынылады.

Әрбір базистің екінші нүктесін ағаш қадасымен бекітсе жеткілікті. Аспапты центрлеу үшін қадаға шеге қағады. Түтікті немесе қаданы жердің бетімен бірдей етіп қағады. Нүктеден 20-30 см жерде белгі қадасын қағады, оның жоғарғы жағында нүктенің номері, түсіруді орындайтын ұйымның қысқартылған атауы, жұмыстың орындалған жылы жазылады. Базистік және түзету нүктелерін табу оңай болуы үшін, оларды түсіру негіздері нүктелерін рәсімдеуге қойылатын, топографиялық түсіру бойынша инструкция талабына сәйкес қазып қопсытады. Тасты жерлерде әрбір нүктенің айналасына 1м-ге жуық диаметрмен тастардан шеңбер қалайды.

Түсіруге дейін геодезиялық жолмен анықталатын барлық түзету нүктелерін, түсіру учаскесінің шекарасында орналасқан, суретке түсірудің әрбір базисінің бір нүктесін, сонымен қатар тірек торлары мен түсіру негіздерінің пункттерін таңбалайды.

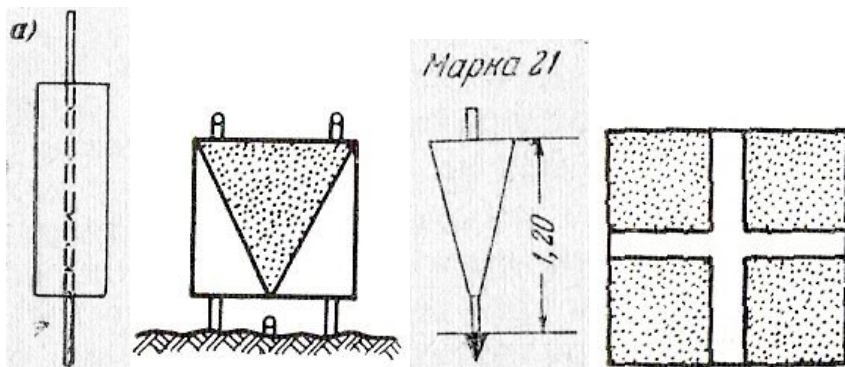
Фотограмметриялық жолмен анықталатын түзету нүктелерін таңбалаудың қажеттілігін рекогносцировкалау кезінде, келесі түсініктерге сүйене отырып, орнатады: егер түзету нүктесі үшін белгіленген аймақ, жақсы көрінетін контурсыз немесе жергілікті заттарсыз біркелкі учаске болса, онда таңдалған нүкте міндетті түрде таңбалануы тиіс. Кері жағдайда, таңбалау міндетті емес.

Таңбалау үшін нүктелердің үстіне тастан шеңбер салады немесе фанерадан, тақтайдан, матадан арнайы жасалған белгілерді орнатады.

Фанерадан жасалған таңбаны, қалқанның екі жағына 20-30 см-ден шығып тұратын, таяқшаға қағылған тікбұрышты қалыптағы қалқан түрінде дайындайды (2.14 а-сурет). Таяқшаның бір ұшын нүкте бекітілген түтікке кигізеді, екінші

ұшын басқа пункттерден таңбаны геодезиялық бақылауда дәлдеу үшін қолданады.

Сондай-ақ, таңбаны созылыңқы тең бүйірлі үшбұрыш түрінде біртүсті матадан дайындауға болады (2.14-сурет, 21 таңба).



2.14-сурет. Таңбалардың үлгілері

Таңбаның түсі базисті бақылауды жобалау барысындағы реңінен айтарлықтай өзгеше болуы керек. Сондықтан фанерадан жасалған таңбаларды бояу қажет, ал матадан жасалған таңбалар үшін, қажетті түсті матаны таңдау керек. Көп жағдайда, таңбаны ақ немесе ашық-сары түспен жасаған дұрыс. Аспанда немесе қарда жобаланатын таңбаларды қара түспен жасау ұсынылады.

Таңбаны қондырып болғаннан соң, оның биіктігін пункт орталығынан (түтіктің кесіндісі, қаданың үсті және т.б.) таңбаның жоғарғы шетіне дейін өлшейді және өлшеу нәтижесін арнайы журналға жазады; таңба пішінінің суретін келтіріп, орнатылған күнін көрсетеді. Тік немесе тіп-тік құздарда таңбаларды бояумен мүмкіндігінше құздардан ерекшеленетін түспен бояуға болады. Ғимараттардың үстіне крест түріндегі таңбалау белгісін орнатады. Таңбалау белгісінің үлгісі 2.15-суретте көрсетілген.

Таңбаның ең кіші өлшемдері таңба мен базис арасындағы арақашықтыққа байланысты және суреттегі таңба көрінісінің өлшемі 0,10 x 0,04 мм кем болмайтындай етіп таңдалуы қажет.

Таңбаның шекті ең кіші өлшемдерін анықтау үшін төмендегі формуланы қолдану ұсынылады

$$R = \frac{\ell Y}{f_{\kappa}} \quad (87)$$

мұндағы R - таңбаның жер бетіндегі вертикаль немесе горизонталь өлшемі, метрмен;

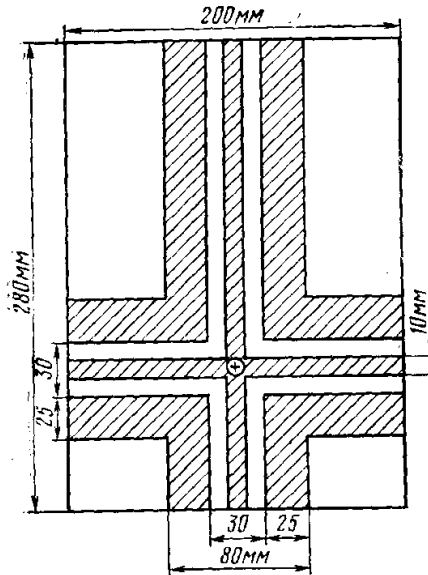
ℓ - суреттегі таңба көрінісінің сәйкес өлшемі, миллиметрмен;

Y - базистік нүктеден камераның оптикалық осі бойымен таңбаға дейінгі арақашықтық, метрмен;

f_{κ} – түсіру камерасының фокустық арақашықтығы.

Түсіру негізінің пункттерінің, базистік және түзету нүктелерінің координаталарын анықтау үшін, геодезиялық өлшеулерді оларды анықтаудың бұрын құрастырылған схемасына сәйкес жасайды.

Мұнда алынған қателіктер, түсіру жобасымен тағайындалған шектерді қанағаттандыру керек.



2.15-сурет. Таңбалау белгісінің үлгісі

2.9. Нысанды суретке түсіру

Фототүсіруді бастар алдында жұмыс тексерулерін орындау және сапалы суретке түсіру керек. Түсіру кезінде сезгіштікті анықтау үшін есептелген төмен сезгіштікті пластинкаларда, фотоэкспонетр болған жағдайда сапалы түсіруді орындамауға да болады.

Фототеодолиттік жинақты жұмыс алаңына алып келгеннен кейін, аспаптың түзулігіне көз жеткізу үшін жұмыс тексерулерін орындайды.

Сапалы суретке түсіру үшін нүктені жақсы шолуға болатындай таңдайды және одан жарықтың түрлі жағдайларында және күннің әр түрлі уақытында бірнеше пластинкаларда түсіруді орындайды. Суреттерді келесі жағдайларда жасау ұсынылады: таңертең ашық аспанда, күндіз ашық аспанда, күндіз сәл бұлттанған уақытта, күндіз толық бұлттанған уақытта, кешке күн ашықта.

Суретке түсіруді әрбір жағдайда екі – үш, әр түрлі сезгіштікпен орындайды, мұнда әрбір келесі сезгіштікті алдыңғысынан екі есе үлкен етіп таңдайды, (мәселен, 2, 4 және 8 сек.). Түсіру барысында міндетті түрде күннің уақытын, жарық жағдайын және сезгіштіктің ұзақтығын жазып қояды.

Алынған негативтерді көру барысында, әртүрлі жағдайлар үшін неғұрлым ыңғайлы сезгіштікті анықтайды. Алынған мәліметтерді фототеодолиттік түсірудің журналының соңғы беттерінің біріне, кестеге енгізеді және жұмыстың бас кезеңінде сезгіштікті анықтау үшін қолданады. Одан әрі түсіру материалдары бойынша бұл кестені нақтылап толықтырады.

Көрсетілген дайындық шараларын орындағаннан кейін түсіруді бастайды. Фотостанциядағы жұмыстарға кіретіндер:

- фототеодолиттік түсіруді орындау; ұзындықты және базистің еңкіш бұрышын өлшеу;
- геодезиялық анықтау схемасында қарастырылған өлшеулерді орындау.

2.10. Түсіруді орындау

Базистің оң және сол жақтағы нүктелеріне штативті орнатады. Сол жақтағы штативке фототеодолит, ал оң жақтағыға дәлдегіш маркасы орнатылады. Центрлеуді геодезиялық аспаптар үшін жәй тәсілмен орындайды.

Аспаппен жұмыс істеу ыңғайлы болу үшін штативтің бір аяғы түсірудің бір жағына орнатылады, ал басқа екі аяғының шеттерін қосатын сызық базиске параллель болуы керек. Аспаптың нық тұруын қамтамасыз ету үшін штативтің аяқтары жерге берік басылып орнатылады. Бос, батпақты жерлерде штативтің аяқтарының астына қазықшаларды қағу ұсынылады.

Фототеодолитті және дәлдегіш марканы орнатқаннан кейін аспаптың биіктігін i өлшейді. Бұл биіктікті трегер втулкасының жоғарғы кесілген жеріне дейін өлшеу ұсынылады. Сонда аспаптың биіктігін, өлшенген арақашықтықтың i және әрбір аспап үшін тұрақты шаманың Δi қосындысы ретінде алады.

Photheo фототеодолиті үшін тұрақты шама Δi объективтің орта жағдайында 11 см-ге тең; фототеодолит жиынтығына кіретін Theo-020 теодолиті үшін -14 см; марка үшін – 14 см және базистік арақашықтық рейкасы үшін – 4 см. Өлшеудің нәтижелерін фототеодолиттік түсірудің далалық журналына жазады. Содан кейін нөлдік жағдайдан бастап биіктігі бойынша объективтің жылжуының қажеттігін анықтайды. Ол үшін бұлыңғыр әйнектің қақпағын ашып, объективтің қақпағын алып, түсіретін нысанға аспапты бағыттап оның бейнесін бұлыңғыр әйнекте көреді. Егер қандай да бір учаскенің бөлігі (төменгі немесе жоғарғы) «кесілсе», онда объективтің жылжуымен көру шегінде оның көрінуіне қол жеткізіледі. Егер суретте түсіруге тиіс нысанның барлық жері бір мезгілде алынбаса, онда түсіруді объективтің екі жағдайында орындау керек (біреуін учаскенің жоғарғы бөлігін түсіру үшін, басқасын - төменгі бөлігі үшін). Объективтің алынған жағдайын фототеодолиттік түсіру журналына жазады.

Оң және сол жақтағы нүктелерді түсіруді неғұрлым аз уақыт аралығында орындау керек. Суретке түсіруді күннің ашық немесе аз ғана биік бұлтты кезінде орындаған дұрыс. Мұнда, күн аспаптың бір жақ шетінде, артқы жағында болған кезде түсіруді орындаған дұрыс. Егер бұлай түсіруге белгілі бір себептермен мүмкіндік болмаса, онда түсіруді күн бір жақ шетте және біршама алда болса да орындауға рұқсат етіледі. Бірақ алаңда басқа көлеңкелі кеңістіктер болмағаны дұрыс. Бұл жағдайда пластинканы көру кезінде, объективке тікелей күн сәулесі түспегенін бақылау керек. Егер суретке түсіру қолшатырсыз орындалса, объективті кассетаның жапқышы арқылы күннен қорғау керек. «Күнге қарсы» түсірулерден сақтану керек, өйткені ол негативтің сапасына кері әсерін тигізеді.

Түсіруге қатысты барлық мәліметтер фототеодолиттің түсіру журналына жазылады.

2.11. Суретке түсіру базисін өлшеу

Суретке түсіру базисін фототүсіруден кейін өлшейді. Базисті өлшеудің салыстырмалы қателігі 1:1000-нан аспауы керек. Топографиялық түсіру шарттары үшін $f_k = 190$ мм және $m_p = 0,01$ мм болғанда, бұл формулалар бойынша есеп 1:700 мәнін береді. Артық дәлдікпен салыстырмалы қателік 1:1000 етіп қабылданады.

Егер мүмкіндік болса, қысқа базистерді (50 м дейін) тексерілген таспамен өлшеу ұсынылады. Біршама ұзын базистерді теодолиттің және базистік арақашықтық өлшеу рейкасының көмегімен, арақашықтықты өлшеудің параллактикалық әдісін қолдану арқылы анықтау тиімді.

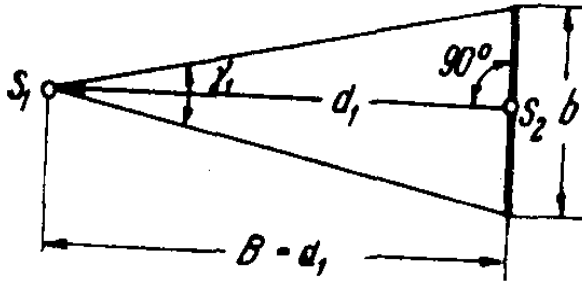
Арақашықтық өлшеу рейкасымен базисті өлшеудің үш схемасы ұсынылады:

1) рейка базистің соңғы жағында орналасқан, 2.16-суретте көрсетілген.

Базистің горизонталь арақашықтығын мына формуламен есептейді

$$B = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \quad (88)$$

мұндағы b – рейка ұзындығы; γ – теодолитпен өлшенген параллактикалық бұрыш.

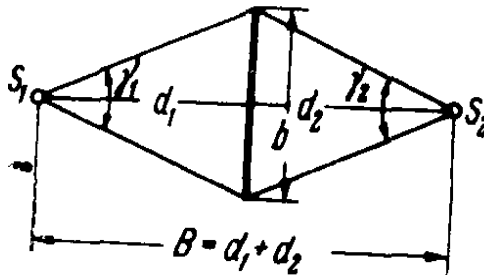


2.16- сурет. Базисті оның соңында арақашықтық өлшеу рейкасын орнатумен өлшеудің схемасы

Бұл схемада базистің шекті ұзындығы келесі шартпен анықталады

$$B \leq 200b/m\gamma, \quad (89)$$

мұндағы $m\gamma$ - параллактикалық бұрышты өлшеудің орташа квадраттық қателігі, секундпен.



2.17-сурет. Базисті оның ортасында арақашықтық өлшеу рейкасын орнатумен өлшеудің схемасы

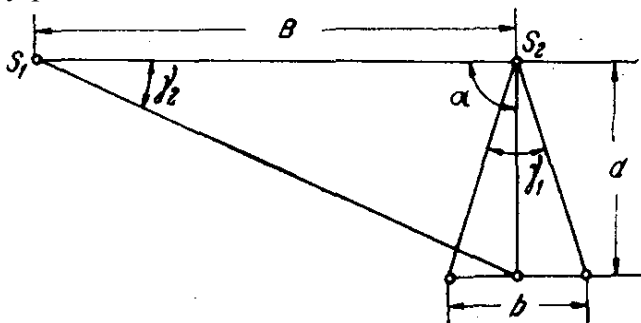
2) Арақашықтық өлшеу рейкасы базистің ортасында орналасқан, 2.17-суретте көрсетілген. Базистің горизонталь арақашықтығын мына формуламен есептейді

$$B = \frac{b}{2} \left(\operatorname{ctg} \frac{\gamma_1}{2} + \frac{\gamma_2}{2} \right) \quad (90)$$

Бұл схемада базистің шекті ұзындығы келесі шартпен анықталады

$$B \leq 560 \frac{b}{m_\gamma} \quad (91)$$

3) базистің ұзындығын анықтау үшін 2.18-суретте көрсетілген d көмекші базисін пайдаланады, оның ұзындығын арақашықтық өлшеу рейкасымен өлшейді. Көмекші d және негізгі B базистері арасындағы α бұрышын түзуге жақын етіп таңдау ұсынылады.



2.18-сурет. Көмекші базисті қолданумен түсіру базисін өлшеудің схемасы

Көмекші базистің ең қолайлы ұзындығын $d = \sqrt{Bb}$ қатынасымен анықтайды. Мұнда параллактикалық γ_1 және γ_2 бұрыштарын өлшеудің орташа квадраттық қателігі мына шартты қанағаттандыру қажет:

$$m \leq 140'' \sqrt{\frac{b}{B}} \quad (92)$$

Базистің арақашықтығын мына формуламен есептейді

$$B = d \frac{\sin(\alpha + \gamma_2)}{\sin \gamma_2} \quad (93)$$

(91), (92) және (93) шарттарды орындаған жағдайда, В базисін анықтау 1:1000-нан үлкен емес салыстырмалы қателікпен қамтамасыз етіледі.

Бірінші және екінші схемаларда параллактикалық бұрышты орташа квадраттық қателік 2" тан аспайтындай етіп өлшеу қажет. 2.18-суретте көрсетілгендей, үшінші схемадағы α бұрышын, қолданыстағы кез келген теодолитпен бір тәсілмен өлшесе жеткілікті. Көрсетілген ұсыныстарды орындау барысында, бірінші схема ұзындығы 200 м-ге дейінгі базистер үшін қолданылуы мүмкін, ал екіншісі – 600 м-ге дейінгі. Үшінші схеманы ұзындығы 600 м - ден асатын базистер үшін қолданған дұрыс, сонымен бірге 200 м-ден асатын базис ұзындығында, егер оның соңғы нүктелерінің арасында арақашықтық өлшегіш рейкасын орнатуға болмайтын болса, қолдануға болады.

Кейбір жағдайларда базис өлшенбеуі мүмкін, бірақ мұнда базистің сол жақтағы нүктесінің геодезиялық координаталары анықталуы тиіс, ал стереожұптар төрт түзету нүктелерімен қамтамасыз етілуі тиіс. Есептеулердің көлемін қысқарту үшін, берілген базистік нүктелерінің координаталары анықталған пункттерін таңдау ұсынылады.

Горизонталь бұрыштармен бір уақытта дүрбінің екі жағдайында базистің екінші нүктесіне вертикаль бұрышты өлшейді.

Горизонталь бұрыштарды өлшеудің орташа квадраттық қателігі 30"-тен аспауы керек. Photo-19/1318 фототеодолиттік жиынтығына кіретін Theo-010 теодолиті, бір амалмен бұрышты өлшеуде осындай дәлдікті қамтамасыз етеді.

Қиылыстыру әдісімен түзету нүктелерінің геодезиялық координаталарын фотограмметриялық анықтау үшін қолданылатын әрбір сурет, белгілі геодезиялық координаталары бар бір-екі таңбаланған нүктелермен, ал егер олар болмаған жағдайда, кем дегенде екі бағдарлау бағыттарымен қамтамасыз етілуі керек. Бағдарлау бағыты деп, суретте бейнеленген жер

учаскесінің шегінде, суретке түсіру нүктесінен әйтеуір бір нүктеге бағыттың дирекциондық бұрышы табылады. Көрсетілген нүктелер немесе бағыттар суретке түсіру кезінде камераның оптикалық осінің жағдайын дәлелдеуді тексеру үшін қажет.

Бағдарлау ретінде анық контурлардың немесе ерекшеленген жергілікті нысандардың сипаттама нүктелерін таңдайды, мысалы: соқпақтардың қиылысуы, шұңқырлар түбі, жақсы көрінетін тастар мен дөңес жерлер, бағаналар, жеке бұталар.

Суреттерде таңдалған нысандар немесе контурларды сенімді тану үшін, алты есе үлкейтетін бинокльде олар айқын көрінетіндей шамаларда болу керек.

Мүмкіндігінше бағдарлау нүктелерін суреттің бас сәулесінің жанында таңдау ұсынылады. Барлық нүктелер «ден, дан» индексімен (мысалы, 37-ден) реттік номерлермен белгіленеді. Арнайы журналда әрбір нүктеге келешекте суретте оны қатесіз тануға болатын абрис және сипаттама құрады.

Абристерді құрғаннан кейін суретке түсіру нүктесінен, бағыттар арасындағы екі геодезиялық пунктке горизонталь бұрыштарды және барлық бағдарлау нүктелерді, сонымен қатар бағдарлау нүктелеріне вертикаль бұрыштарды өлшейді. Бұл өлшеулерді дирекциондық бұрыштарды және базистің еңкіш бұрышын анықтаумен бір уақытта орындаған тиімді. Өлшеу нәтижелері фототеодолиттік түсіру журналына жазылады.

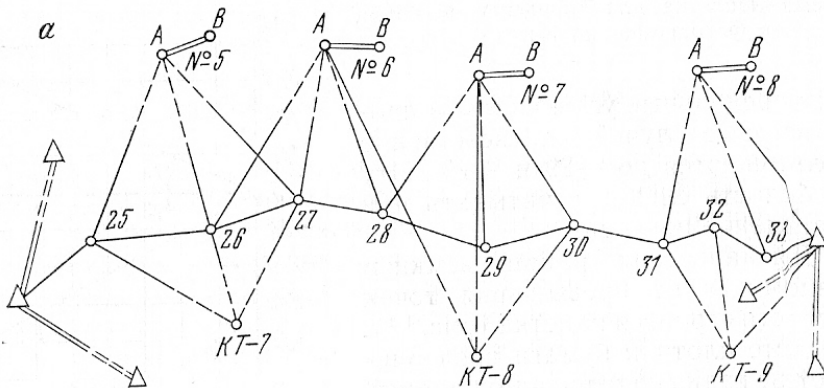
2.12. Суретке түсіру базистері мен бақылау нүктелерін геодезиялық байланыстыру

Суретке түсіру базистері мен түзету нүктелерін таңдап болған соң, оларды геодезиялық тірек торларына байланыстыру мәселелері шешіледі. Суретке түсірудің барлық базистерін геодезиялық байланыстыруды қарастыру ұсынылады. Ерекшелік ретінде «өлі» кеңістіктерді түсіруге арналған, учаскенің шекарасына жалғаспайтын базистер мен геодезиялық байланыстыруы күрделі және далалық жұмыстардың айтарлықтай көлемін қажет ететін базистер құрауы мүмкін.

Планға базистер мен түсіру учаскесінің шекараларын әрбір

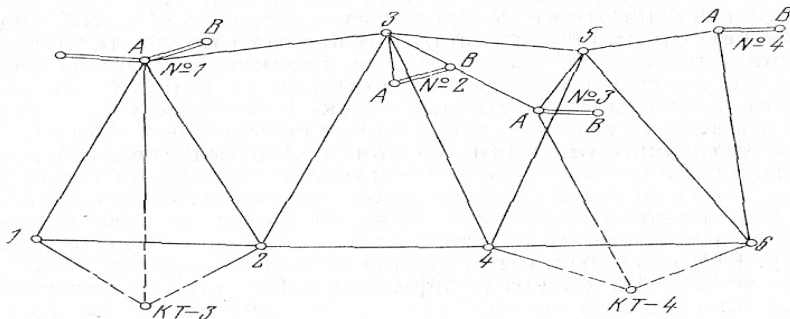
базистен салғаннан кейін, әрбір стереожұптар үшін тексеру нүктелерін орналастыруға кіріседі. Мұнда тексеру нүктелерінің координаталарын анықтау тәсілін ескеру қажет.

Геодезиялық байланыстыру схемасын, түсіру негіздері нүктелері үшін немесе арнайы техникалық шарттармен, сәйкес масштабта топографиялық түсіру инструкцияларын қолданумен бақылау және базистік нүктелер координаталарын анықтаудың дәлдігін қамтамасыз етумен жобалайды. Базистер мен бақылау пункттерін геодезиялық байланыстыруды, жобаланушы трасса ауданында салынатын, магистраль жүрістерінің нүктелерінен қиылыстырумен жүзеге асырады (2.19-сурет).



2.19-сурет. Магистраль жүрістерінің нүктелерінен бақылау және базистік нүктелердің геодезиялық байланыстыру схемасы

Егер бұл аумақ қиын қолжетімді және магистраль жүрістерін салу тиімді емес, немесе мүмкін болмаса, онда аумақтың шеттерінде магистраль жүрістерінің шеткі нүктелеріне тірелетін, түсірудің геодезиялық негізі үшін аналитикалық тор салады (2.20-сурет).



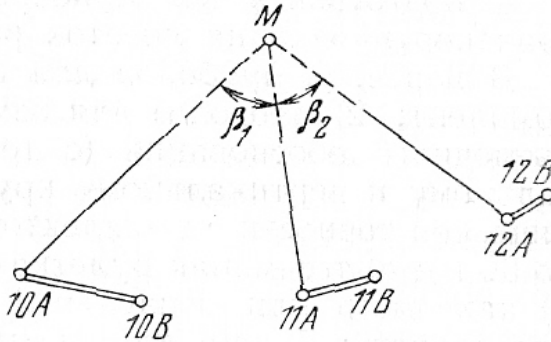
2.20-сурет. Аналитикалық тор

Бұл жағдайда аналитикалық торды мүмкіндігінше, тор пункттері базистік немесе бақылау нүктелерімен сәйкес болатындай етіп жобалайды. Геодезиялық байланыстыру схемасын, координаталарды және әрбір базис нүктелерінің біреуінің биіктігін (сол жағындағысын алған жақсырақ) анықтау есебімен құрастырады.

Бақылау нүктелерін байланыстыруды, координаталары дәл анықталған бірнеше базистік нүктелерден тура қиылыстырумен жүзеге асырады.

Түсіру учаскесін сиретілген геодезиялық байланыстыруда, шеткі стереожұптардағы бақылау нүктелерінің координаталарын және, сонымен қатар барлық суретке түсіру базистерінің дирекциондық бұрыштарын анықтайды.

Нүктелерді тура фотограмметриялық қиылыстырумен анықтау кезінде, әрбір нүктенің белгіленген орналасу зонасы, геодезиялық тәсілмен байланған кем дегенде екі базистерден суретке түсірілуі керек. Фотограмметриялық анықтамалардың ұсынылған схемалары 2.21-суретте көрсетілген. Нүктелерді анықтау үшін қолданылатын базистер, қиылыстыру бұрыштары (2.21-суретте β_1 және β_2) анықталушы нүктеде 30^0 -тан төмен емес және 120^0 -тан жоғары емес болатындай орналасуы керек.



2.21-сурет. Қиылыстыру бұрыштары

Жұмыс көлемін азайту мақсатында, бақылау нүктелерін анықтау үшін, мүмкіндігінше бұрын жобаланған түсіру станцияларын қолданған жөн және тек қажет жағдайда ғана қосымша базистерді тандайды. Бұл базистерді де жобалаушы схемаға енгізу керек. Схемада оларды реттік номерлермен, оған «а» индексін қосымен белгілеу ұсынылады, яғни «арнайы» (мысалы, 35 Аа).

Бақылау нүктелерін «пикеттік» тәсілмен анықтау кезінде, геодезиялық жолмен немесе фотограмметриялық қиылыстырумен анықталған, қажетті бақылау нүктелерінің мөлшерімен қамтамасыз етілген, тек қана бір стереожұпты қолданады. Негізгі деп аталатын бұл стереожұп бойынша, камеральдық өңдеу процесінде үлкен емес аумақтарды («өлі» кеңістіктер) жабатын қосымша стереожұптар үшін, немесе негізбен жабылған, бірақ бақылау нүктелерімен қамтамасыз етілмеген көршілес стереожұптар үшін бақылау нүктелері анықталады. «Пикеттік» тәсілмен бақылау нүктелерін, сонымен қатар фототеодолиттің объективінің екі жағдайында қандай да бір базистен түсіру кезінде көмекші стереожұптар үшін де анықтайды (бұл жағдайда көмекші болып, жақын жатқан планды өңдеуге арналған стереожұп саналады).

Тіркелмеген базистерден түсірілген стереожұптар, жақын жатқан планда, оң жақтағы суреттің осіне жақын орналасқан

қосымша төртінші түзету нүктесімен қамтамасыз етілуі керек. Төрт бақылау нүктелерімен қамтамасыз етілген, стереожұптың жұмыс алаңы $abc'd'$ төртбұрышы. Оның жақын шекарасы болып, жақын жатқан планда, түзету нүктесі арқылы жүргізілген U осыне перпендикуляр түзу табылады.

Бақылау нүктелерінің координаталары геодезиялық өлшеулерден немесе фотограмметриялық тәсілмен анықталуы мүмкін. Жобаланған бақылау нүктелерінің әрбіреуін анықтаудың тәсілін таңдағанда, геодезиялық жұмыстардың күрделілігін және еңбек сыйымдылығын, таңбалау және қосымша фототеодолиттік жұмыстарды орындаудың қажеттігін есепке алған жөн.

Осыны және фототеодолиттік түсіруді орындау тәжірибесін есепке ала отырып, ұсынылады:

а) 1: 500 және 1: 1000 масштабтағы түсіруде бақылау нүктелерін геодезиялық тәсілмен анықтау;

б) 1: 2000 және 1: 5000 масштабтағы түсіруде далалық геодезиялық жұмыстар және таңбалау үшін жеткілікті ыңғайлы болатын пункттердің бөлігін геодезиялық, ал қалғандарын фотограмметриялық әдіспен анықтау;

в) тек жеке «өлі» кеңістіктерді жабуға арналған, барлық қосымша стереожұптар үшін бақылау нүктелерін топографиялық түсірудің масштабынан тәуелсіз фотограмметриялық тәсілмен анықтау ұсынылады.

Базистік және түзету нүктелерінің геодезиялық жалғауы келесі жағдайлармен сәйкес жобаланады:

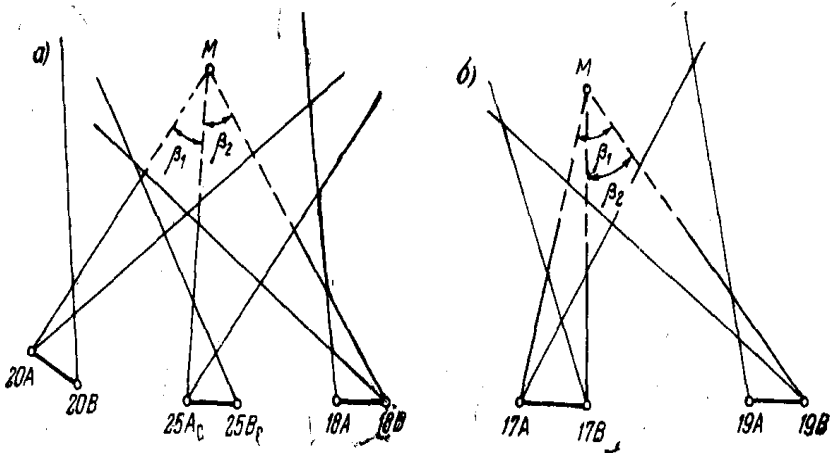
1) базистік және түзету нүктелерінің геодезиялық анықталуы, түсіру негіздерінің пункттері үшін сәйкес масштабта, топографиялық түсіру бойынша инструкциялармен қарастырылған дәлдік нормаларын және әдістерін сақтаумен орындалады; осыған сәйкес көрсетілген нүктелердің координаталарын әртүрлі тәсілдермен, теодолиттік жүріспен, аналитикалық тормен, түзумен, құрастырылған және кері қиылыстырулармен анықтау рұқсат етіледі;

2) геодезиялық жұмыстардың көлемін азайту үшін, түсіру торының неғұрлым көп пункттерінің, мүмкіндігінше базистік немесе түзету нүктелерімен сәйкес келуіне ұмтылған жөн;

3) әрбір базис үшін оның шеткі нүктелерінің тек біреуінің геодезиялық координатасын анықтау жеткілікті. Базистің сол жақтағы нүктесін анықтаған жақсырақ (егер бұл жұмыстың белгілі бір күрделенуімен байланысты болмаса).

Түзету нүктелерінің фотограмметриялық анықталуы тура қиылыстыру немесе пикеттік тәсілмен орындалуы мүмкін.

Нүктелерді тура фотограмметриялық қиылыстырумен анықтауда әрбір нүктенің белгіленген орналасуының аймағы геодезиялық тәсілмен тіркелген кем дегенде екі базистен суретке түсірілуі керек. Фотограмметриялық анықтаулардың ұсынылатын схемалары 2.22-суретте көрсетілген (анықталушы нүкте М). Фотограмметриялық жолмен анықталған барлық нүктелерді, жобалық схемада нүктелерді геодезиялық байлауды белгілеуден ерекшеленетін шартты белгімен көрсету және ф әрпін қосудымен, реттік сандармен жазу (мысалы, 15ф) ұсынылады.



2.22-сурет. Тура фотограмметриялық қиылыстырулармен нүктелерді анықтау:

а) үш фотостанциядан, б) екі фотостанциядан

Далалық жұмыстарда жобалық схемаларды қолданудың ыңғайлылығы үшін, пикеттік тәсілмен анықталатын нүктелер үшін әр түрлі шартты белгілер берген тиімді.

2.13. Кіші арақашықтықта жасалған фототеодолиттік түсірулердің ерекшеліктері

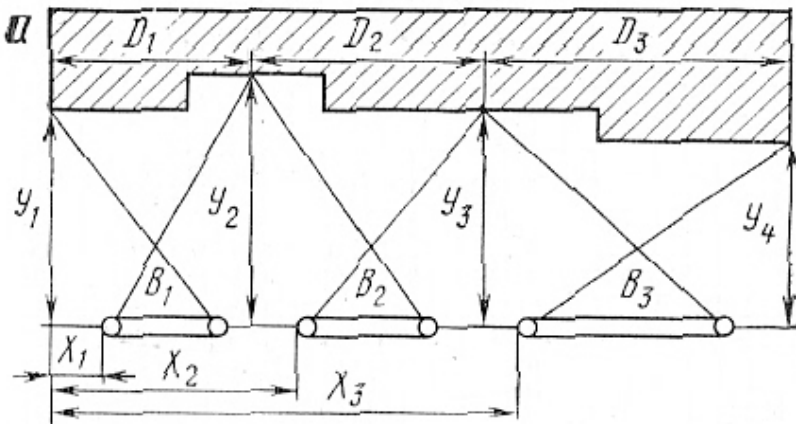
Модельдерді зерттеу үшін фотограмметриялық өлшеулерді қолдану, топографиялық мақсаттар үшін және ғимараттарды түсіруде қолданылатын белгілі бір әдістер мен аспаптарға сүйенеді.

Дегенмен модельдерді сынақтан өткізгенде бірнеше арнайы ерекшеліктер пайда болады. Модельдерді түсіру кіші арақашықтықтарда орындалады, сондықтан нысан мен оның бейнесі арасында оптикалық жанасулар орнату қажет.

Ғимараттарды түсіруге топографиялық мақсаттар үшін қолданылатын фототеодолиттер объективтің фокустық арақашықтығына тең тұрақты фокустық арақашықтығы бар фотокамерадан құралған. Сондықтан фотокамералардың қолданбалы рамкасының жазықтығы, сондай-ақ фотопластинка объективтің фокаль жазықтығында орналасқан, бұл алыстағы нысандарды суретке түсіргенде бейненің айқындығын алуға сәйкес келеді. Кіші арақашықтықтан түсіруде бейненің айқындық шартын орындау үшін, түсіру нысанына жақындағанда, фотокамераның фокустық арақашықтығын ұлғайтудың қажеттігі белгілі. Сондықтан әртүрлі арақашықтықта түсіру жұмыстарын орындауға арналған фотокамералардың ауыспалы фокустық арақашықтығы болу қажет.

Кіші арақашықтықтардан түсіру үшін, кейбір стереофотограмметриялық камералардың нысанға дейін арақашықтықтың белгілі диапазонында, айқын көріністі алу үшін юстировкаланған тұрақты фокустық арақашықтығы болады. Осындай камераларға SMK 5,5/0808 стереофотограмметриялық камералары жатады.

Жақын арақашықтықтан модельдерді түсіру үшін УМК 10/1318, УМК 20/1318 фотокамераларын, ИФ-1, ИФ-2 (КГУ) қозғалатын объективі бар фотокамераларын қолдануға болады. Олар түсіруді 1-2 м арақашықтықтан бастап орындауға мүмкіндік береді.



2.23-сурет. Оқшауланған базистерден ғимаратты түсіру

Кіші арақашықтықтардан, шексіздікке юстировкаланған фотокамералардың тұрақты фокустық арақашықтығымен фототеодолиттермен түсіруде, бейненің айқын еместігі пайда болады. Сондықтан өлшеу мақсаттары үшін, оның суреттегі бейнесінің едәуір анық болатынын қамтамасыз ететін, нысанға дейінгі ең кіші арақашықтықты есептеу қажет. Бұл арақашықтық келесі формуламен анықталады:

$$D = \frac{F^2}{\delta} \cdot \frac{d}{F}, \quad (94)$$

мұндағы δ – нүктенің анық емес бейнесінің шеңберінің шекті диаметрі; $\frac{d}{F}$ – фотокамера объективінің салыстырмалы ойығы.

Бұл арақашықтық D гиперфокальды деп аталады, яғни фотокамераның оптикалық осінде, нүктеге дейінгі арақашықтығынан бастап шексіздікке дейін бейнедегі барлық нысандар анық болып келеді (шеңбердің айқын еместігінің δ берілген ең үлкен диаметрінде).

(87) формула кіші арақашықтықтардан түсіруде бейненің айқындылығын диафрагмалаумен арттыруға болатынын

көрсетеді. Шеңбердің айқын еместігін δ арттыру, суреттің өлшеу дәлдігіне әсерін тигізеді. Бірақ егер суреттегі өлшеулерді белгіленген нүктелер арқылы жүргізсе, онда айқын еместігінің шамасы аз дәрежеде әсер етеді. Сонымен қатар, маркалардың шеттері біршама айқын емес бейнеленсе де стереокомпараторда өлшеуде марканың ортасына дәлдеу бірдей дәлдікпен орындалады.

Тәжірибе нәтижесінде, белгіленген нүктелер бойынша өлшеуде айқын еместікті 0,1 мм дейін рұқсат етуге болады, сондай-ақ белгіленген нысандарды белгіленбегендерге қарағанда 5 есе аз арақашықтықтан түсіруге болады.

Модельдерді түсіруде бақылау және анықталатын нүктелер әрқашан белгіленеді, сондықтан (89) формула бойынша есептеуде $\delta = 0,1$ мм деп қабылдауға болады.

Көптеген фототеодолиттер С-Зв, Photo 19/1318 және тағы басқалар 1/25-ке тең тұрақты диафрагмаға ие. Сондықтан осы фотокамералармен түсіруде $f = 200$ мм ең аз шекті арақашықтықтары 15-16 м-ден аз болмауы қажет. Бірақ модельдерді көбінесе жақын арақашықтықтан түсіру қажет болады, сондықтан жақын арақашықтықтан түсіруде фотокамераның фокустық арақашықтығын ұлғайтудың қажеттігі туындайды. Фокустық арақашықтықтың бұлай өзгеруі оптиканың негізгі теңдеуіне сәйкес мына формуламен анықталады

$$\Delta f = \frac{F^2}{Y_0 - F}, \quad (95)$$

мұндағы Y_0 – айқындыққа бағыттау орындалатын, нысан жазықтығына дейінгі қашықтық.

2 метр қашықтықтан түсіру үшін фотокамералардың фокустық арақашықтықтарын $f = 200$ мм-ден 20 мм-ге үлкейту қажет; 1 метр кезінде 50 мм-ге ұлғайту қажет. Фототеодолиттің фокустық арақашықтықтарын мұндай ұлғайтуды жылжымалы сақиналар көмегімен ең қарапайым орындауға болады. Бірақ жылжымалы сақиналардың ұзындығы үлкен болған жағдайда көрініс аумағы кішірейеді. Сонда 1 метр арақашықтықтан түсіруде, жылжымалы сақина ұзындығы 50 мм болғанда, көрініс

аумағының диаметрі 12 см-ге кішірейеді. Көрініс аумағын сақтау үшін фототеодолиттердің алдыңғы бөліктерін үлкен диаметрлі сақиналар орнату үшін өзгертеді. Фотокамераның фокустық арақашықтығын өзгерту, қолданбалы рамканы өзгерту арқылы мүмкін, бірақ бұл өте күрделі.

Жақын арақашықтықтардан түсіруде анық көрініс алуға назар аудару қажет, әсіресе ұзын фокусты фотокамералармен түсіруде, себебі, жақын нысандарға ауыспалы фокустық арақашықтықтармен фотокамераны бағыттаған кезде айқындық тереңдігі олар үшін азаяды.

Бейнеленетін кеңістіктің айқындық тереңдігін ΔY түсіру кезінде гиперфокальды арақашықтық мәні бойынша анықтауға болады

$$\Delta Y = \frac{2Y_0^2 D}{D^2 - Y_0^2}, \quad (96)$$

мұндағы Y_0 – айқындыққа бағыттау жазықтығына дейінгі қашықтық; D – анық емес шеңберінің диаметрінің δ берілген мәндерінде (98) формула арқылы анықталатын гиперфокальды арақашықтық.

Айқындық тереңдігінің шекарасын келесі формулалармен есептеуге болады:

$$Y_{\min} = \frac{Y_0(D + F)}{D + Y_0} = \frac{DY_0}{D + Y_0}; \quad (97)$$

$$Y_{\max} = \frac{Y_0(D + F)}{D - Y_0} = \frac{DY_0}{D - Y_0}. \quad (98)$$

Айқындық тереңдігінің шекарасына байланысты, айқындыққа бағыттау жазықтығына дейінгі қашықтық келесі формула бойынша анықталады:

$$Y_0 = \frac{2Y_{\min} Y_{\max}}{Y_{\min} + Y_{\max}} = \frac{Y_{\min} Y_{\max}}{Y_{cp}}. \quad (99)$$

(96)-(99) формулалары объективтің фокустық арақашықтығын, айқындыққа бағыттау жазықтығының тереңдігін және айқындық шекарасын таңдау үшін жақын арақашықтықтан түсіруде есептік болады.

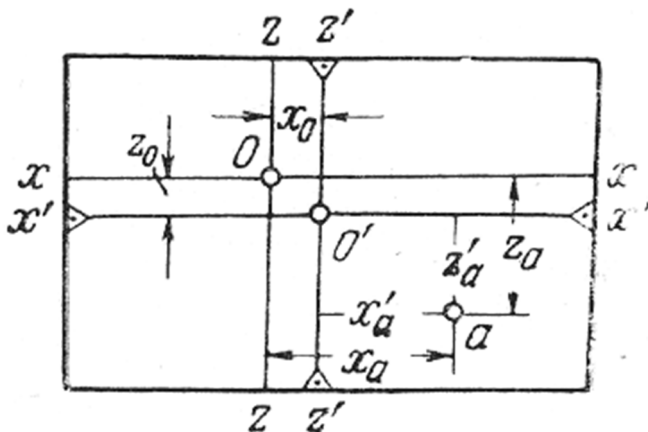
Нәтижелердің дәлдігін ұлғайту мақсатында және қашықтықтың шамалы ауытқуларын ескере отырып, төмендегі шартты қабылдау қажет

$$B \min \div Y \max \geq \frac{1}{10}. \quad (100)$$

Бұл жағдайда бақыланатын нүктелерде фотограмметриялық қиылыстырулардың бұрышы ұлғаяды, осыған сәйкес соңғы нәтижелердің дәлдігі жоғарылайды.

2.14. Фототеодолиттік суреттердің бағдарлау элементтері

Ішкі бағдарлау элементтерімен суретке қатысты проекция ортасының орнын анықтайды. Олар: f_k – фотокамераның фокустық арақашықтығы, x_o , z_o – суреттің басты нүктесінің координаталары (2.24-сурет).



2.24-сурет. Ішкі бағдарлау элементтері

Бұл шамалар суретке түсіру кезінде болған сәулелер тізбегін, сурет бойынша қалпына келтіруге мүмкіндік береді.

Басты o нүктесіне қатысты суреттегі нүктелердің орны, x' және z' осьтеріне параллель болатын xz жүйесінде, олардың x , z координаталарымен анықталады, ал o нүктесі басы болып келеді (2.24-сурет).

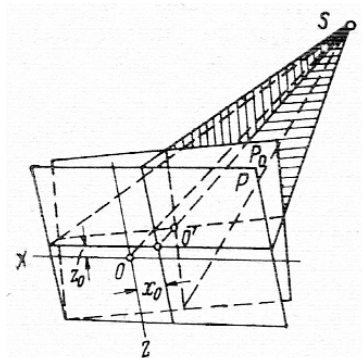
x , z координаталары келесі формулалармен анықталады

$$\left. \begin{aligned} x &= x' - x_o \\ z &= z' - z_o \end{aligned} \right\} \quad (101)$$

Фототеодолитті юстировкалағанда координаталық белгілерді, $x'x'$ және $z'z'$ түзулерінің қиылысу нүктесі, қолданбалы рамканың жазықтығына камера объективінің артқы түйін нүктесінен түсірілген перпендикуляр табанымен іс жүзінде сәйкес келетіндей етіп орналастырады. Перпендикулярмен сәйкес келетін түзуді, *камераның оптикалық осі* деп атайды. Суретке түсіру кезінде фотопластинка арнайы құрылғының көмегімен қолданбалы рамкаға қыстырылады. Сондықтан o' координата басы бас нүктемен сәйкес келеді, яғни $x_o = z_o = 0$ және $x = x'$, $z = z'$, ал суреттің фокустық арақашықтығы объективтің артқы түйін нүктесінен қолданбалы рамканың жазықтығына дейінгі арақашықтыққа тең.

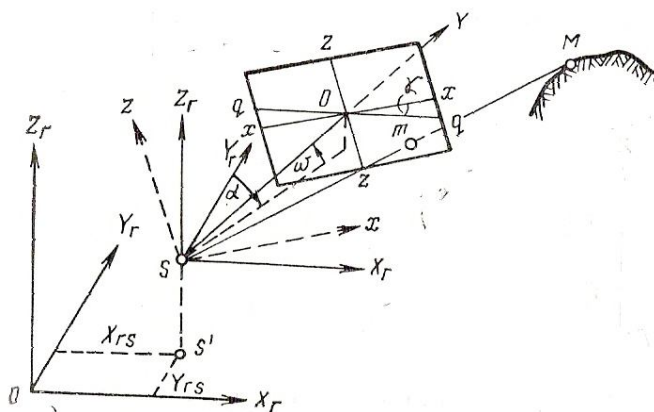
Егер кез келген себептермен суретке түсіру кезінде P пластинка (2.25-сурет) P_o камераның қолданбалы рамкасына тығыз қысылмаса, онда $f = So'$ суреттің фокустық арақашықтығы $f_k = So'$ камераның фокустық арақашықтығынан ерекшеленеді және суреттің бас нүктесінің x_o , z_o координаталары нөлге тең болмауы мүмкін.

Сондықтан проекциялаушы сәулелердің тізбек қалпына келтіру үшін сурет нүктелерінің x , z координаталарына және фототеодолит камерасының f_k фокустық арақашықтығына сәйкес түзетулерді енгізу қажет.



2.25-сурет. Қолданбалы рамкаға фотопластинканың тығыз емес орналасуы

Геодезиялық координаталар жүйесіне қатынасты проекциялаушы сәулелердің тізбек орнын *сыртқы бағдарлау элементтері* (2.26-сурет) деп аталатын алты шамалармен анықтайды.



2.26-сурет. Сыртқы бағдарлау элементтері

Оларға жататындар: X_s , Y_s , Z_s – геодезиялық жүйедегі S проекция ортасының координаталары; α – S_0 бас сәуленің дирекциондық бұрышы; ω – горизонталь жазықтыққа бас сәуленің еңкіш бұрышы; χ – суреттің бұрылу бұрышы (x осі мен горизонталь арасындағы бұрыш).

Сурет нүктесінің орнын анықтау үшін $SXYZ$ кеңістіктік координаталар жүйесі қолданылады. Бұл жүйеде a нүктесінің координаталары $X'Y'Z'$ болады.

Сурет нүктесінің кеңістіктік координаталарын жазықтықтық арқылы көрсетеміз. Ол үшін $Sx'y'z'$ көмекші координаталар жүйесін енгізеді. Бұл жүйенің басы S проекция ортасында орналасқан, x' осі суреттің x осіне параллель, z' осі суреттің z осіне параллель, y' осі бас So сәулесіне сәйкес келеді.

$Sx'y'z'$ жүйесінде a нүктесінің координаталары тең болады:

$$\begin{aligned}x' &= x - x_o \\y' &= f \\z' &= x - z_o\end{aligned}\tag{102}$$

$X'Y'Z'$ кеңістіктік координаталары тең болады:

$$\begin{aligned}X' &= a_1(x - x_o) + a_2f + a_3(z - z_o) \\Y' &= b_1(x - x_o) + b_2f + b_3(z - z_o) \\Z' &= c_1(x - x_o) + c_2f + c_3(z - z_o)\end{aligned}\tag{103}$$

мұндағы a_i, b_i, c_i - бағыттаушы косинустар.

Бағыттаушы косинустар келесі формулалармен есептеледі

$$\begin{aligned}a_1 &= \cos\alpha \cos\chi - \sin\alpha \sin\omega \sin\chi \\a_2 &= \sin\alpha \cos\omega \\a_3 &= -\cos\alpha \sin\chi - \sin\alpha \sin\omega \cos\chi \\b_1 &= -\sin\alpha \cos\chi - \cos\alpha \sin\omega \sin\chi \\b_2 &= -\sin\alpha \cos\chi - \cos\alpha \sin\omega \sin\chi \\b_3 &= \sin\alpha \sin\chi - \cos\alpha \sin\omega \cos\chi \\c_1 &= \cos\omega \sin\chi \\c_2 &= \sin\omega \\c_3 &= \cos\omega \cos\chi\end{aligned}\tag{104}$$

Егер бағыттаушы косинустар белгілі болса, онда суретті сыртқы бағдарлаудың бұрыштық элементтерін келесі формулалармен табуға болады

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_2}{b_2}, \quad \sin \omega = c_2, \quad \operatorname{tg} \chi = \frac{c_1}{c_3} \quad (105)$$

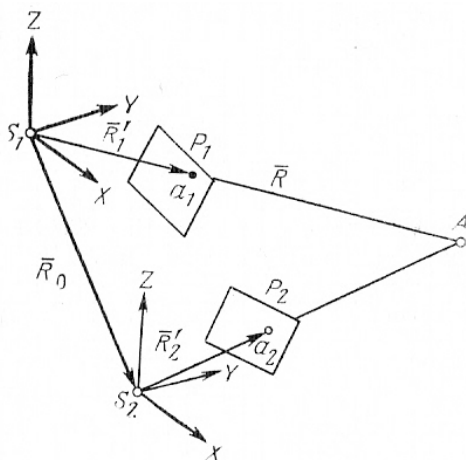
2.15. Нысан нүктелерінің координаталарын анықтау

Нысан нүктелерінің координаталары мен оның стереожұптағы бейнесінің координаталары арасындағы байланыс формулаларын аламыз. Бұл мәселені стереотүсірудің әртүрлі жағдайына қатысты шешеміз.

Жалпы жағдай. S_1 және S_2 базис шеттерінен P_1 және P_2 суреттер жұбы алынған болсын (2.27-сурет).

А нүктесінің бейнесін екі суретте a_1 және a_2 деп белгілейміз.

Суретке түсіру базисінің шамалары мен бағыттары S_1 нүктесінен басталған $\overline{R}_0$ векторымен, А нүктесінің орны - $\overline{R}$ векторымен, a_1 және a_2 нүктелерінің орны - $\overline{R}'_1$ және $\overline{R}'_2$ векторларымен анықталады.



2.27-сурет. Екі суреттегі А нүктесінің бейнесі

$\overline{R}$ және $\overline{R}_1'$ векторлары коллинеарлы болады:

$$\overline{R} = N \overline{R}_1' \quad (106)$$

мұндағы, N – скаляр. $\overline{S_2 A} = \overline{R} - \overline{R_o}$ векторлары және $\overline{R}_2'$

мен $\overline{R}_2'$ коллинеарлы болады, демек:

$$(\overline{R} - \overline{R_o}) \times \overline{R}_2' = 0$$

$$\text{немесе} \quad \overline{R} \times \overline{R}_2' = \overline{R_o} \times \overline{R}_2'$$

Бұл теңдеуге (83) формуладан $\overline{R}$ шамасын қоя отырып аламыз

$$N (\overline{R}_1' \times \overline{R}_2') = \overline{R_o} \times \overline{R}_2' \quad (107)$$

(106) және (107) формулалар векторлық түрде жұп суреттер үшін математикалық байланысты көрсетеді. Осы байланысты координаталық түрде көрсету үшін X , Y , Z координаталық осьтеріне векторларды проекциялаймыз. Сонда алатынымыз

$$\begin{aligned} X &= N X_1', & Y &= N Y_1', & Z &= N Z_1' \\ N &= \frac{Y_o Z_2' - Z_o Y_2'}{Y_1' Z_2' - Z_1' Y_2'} = \frac{Z_o X_2' - X_o Z_2'}{Z_1' X_2' - X_1' Z_2'} = \frac{X_o Y_2' - Y_o X_2'}{X_1' Y_2' - Y_1' X_2'}, \end{aligned} \quad (108)$$

мұндағы X_1' , Y_1' , Z_1' - S_1XYZ жүйедегі a_1 нүктесінің координаталары;

X_2' , Y_2' , Z_2' - S_2XYZ жүйесіндегі a_2 нүктесінің координаталары, S_1XYZ жүйесіне параллель;

X_o , Y_o , Z_o - S_1XYZ жүйесіндегі S_2 нүктесінің координаталары;
 X , Y , Z - S_1XYZ жүйесіндегі A нүктесінің координаталары.

(108) формуласы бойынша нысан нүктесінің координаталарын анықтау үшін, оң және сол жақтағы суреттерден осы нүкте бейнесінің координаталарын өлшейді, бағыттаушы косинустар мен нүктелердің кеңістіктік координаталарын (103) формуламен есептейді.

Конвергенттік жағдай. Бұл жағдайда $\alpha_1, \omega_1, \chi_1, \omega_2, \chi_2$ бұрыштары нөлге тең, $\alpha_2 = -\gamma$. Сондықтан бағыттаушы косинустар сол жақтағы сурет үшін $a_1 = b_2 = c_3 = 1$, ал оң жақтағы сурет үшін

$$\begin{aligned} a_1 &= \cos \gamma, & b_1 &= \sin \gamma, & c_1 &= 0, \\ a_2 &= -\sin \gamma, & b_2 &= \cos \gamma, & c_2 &= 0, \\ a_3 &= 0, & b_3 &= 0, & c_3 &= 1. \end{aligned}$$

(24) формулалар бойынша аламыз

$$\begin{aligned} X'_1 &= x_1, & X'_2 &= x_2 \cos \gamma - f \sin \gamma; \\ Y'_1 &= f, & Y'_2 &= x_2 \sin \gamma + f \cos \gamma; \\ Z'_1 &= z_1, & Z'_2 &= z_2. \end{aligned}$$

Ендігі кезекте N шамасын (29) формула бойынша есептейміз:

$$N = \frac{X_o Y'_2 - Y_o X'_2}{X'_1 Y'_2 - Y'_1 X'_2}$$

Осыған $X_o = b \sin \varphi, Y_o = b \cos \varphi$ және сәйкес нүктелердің кеңістіктік координаталарының мәндерін қояды. Осыдан,

$$N = b \frac{f \sin(\varphi + \gamma) - x_2 \cos(\varphi + \gamma)}{(f^2 + x_1 x_2) \sin \gamma + f p \cos \gamma}, \quad (109)$$

мұндағы p – көлденең параллакс.

(108) формуламен сәйкес табамыз

$$X = N x_1, \quad Y = N f, \quad Z = N z_1 \quad (110)$$

Тең ауытқыған жағдай. Параллель жағдай үшін формулаларды (109) және (110) теңдеулерінен аламыз, егер $\gamma = 0$ екенін есепке алсақ

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{b}{p} x_1 (\sin \varphi - \frac{x_2}{f} \cos \varphi) = Y \frac{x_1}{f}; \\ Y &= \frac{b}{p} f (\sin \varphi - \frac{x_2}{f} \cos \varphi); \\ Z &= \frac{b}{p} z_1 (\sin \varphi - \frac{x_2}{f} \cos \varphi) = Y \frac{z_1}{f}. \end{aligned} \right\} \quad (111)$$

Қалыпты жағдай. (111) формулаға $\varphi = 90^\circ$ шамасын қоя отырып

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{b}{p} x_1 = Y \frac{x_1}{f}; \\ Y &= \frac{b}{p} f; \\ Z &= \frac{b}{p} z_1 = Y \frac{z_1}{f}. \end{aligned} \right\} \quad (112)$$

2.16. Геодезиялық және фотограмметриялық координаталар арасындағы байланыс формулалары

Фотограмметриялық координаталардан нысан нүктелерінің геодезиялық координаталарға ауысуы қарапайым формулалармен жүзеге асады:

$$X_G = X_{GS} + Y; \quad Y_G = Y_{GS} + X; \quad Z_G = Z_{GS} + Z, \quad (113)$$

мұндағы X_{GS}, Y_{GS}, Z_{GS} – S суретке түсіру нүктесінің геодезиялық координаталары,

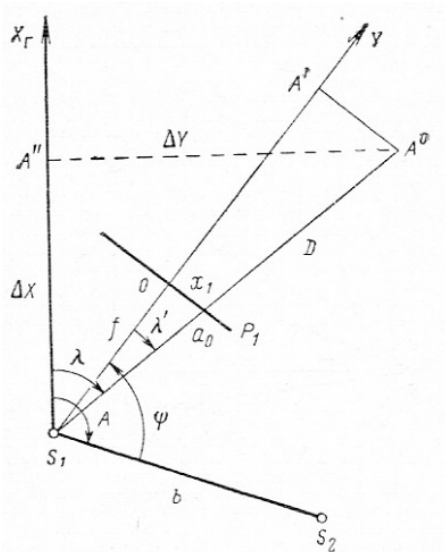
X, Y, Z – жергілікті жердегі нүктелердің фотограмметриялық координаталары.

Мұнда, егер нысан суретке түсіру нүктесінен айтарлықтай қашықтықта болса, онда жердің қисықтығы мен рефракция үшін анықталатын биіктікке түзетулер енгізіледі.

2.28-суретте b – горизонталь жазықтыққа суретке түсіру базисінің проекциясы; P_1 – сол жақтағы сурет; A^0 – анықталатын нүктенің проекциясы; S_1X_Γ – геодезиялық координаталар жүйесінің X_Γ осіне параллель түзу; Y – фотокамераның оптикалық осінің проекциясымен сәйкес келетін фотограмметриялық координаталар жүйесінің осі; $D = S_1A^0$ – суретке түсірудің сол жақтағы ортасынан нүктеге дейінгі арақашықтық; A – суретке түсіру базисінің дирекциондық бұрышы; λ – S_1A^0 бағытының дирекциондық бұрышы; λ' – S_1A^0 бағытының фотокамераның оптикалық осіне қатысты дирекциондық бұрышы; φ – бұрылу бұрышы.

A нүктесінің геодезиялық координаталарын келесі формулалармен анықтаймыз:

$$\left. \begin{aligned} X_\Gamma &= X_{\Gamma S} + \Delta X; \\ Y_\Gamma &= Y_{\Gamma S} + \Delta Y; \\ Z_\Gamma &= Z_{\Gamma S} + \Delta Z, \end{aligned} \right\} \quad (114)$$



2.28-сурет. A нүктесінің координаталарын анықтау

Координаталардың өсімшелері келесі формулалар бойынша есептеледі

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= D \cos \lambda ; \\ \Delta Y &= D \sin \lambda ; \\ \Delta Z &= Z_{\phi} + (k + r), \end{aligned} \right\} \quad (115)$$

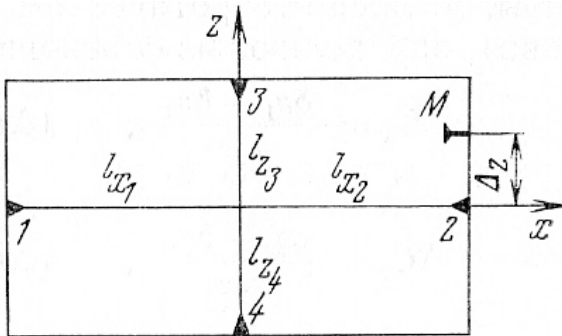
мұндағы Z_{ϕ} – А нүктесінің фотограмметриялық биіктігі,
 $(k + r)$ – жердің қисықтығы мен рефракцияға түзетулер.
 Суреттен көріп отырғанымыздай

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= A - \varphi + \lambda' ; \\ \operatorname{tg} \lambda' &= \frac{x_1}{f} ; \\ D &= \frac{Y}{\cos \lambda'} = \frac{X}{\sin \lambda'} . \end{aligned} \right\} \quad (116)$$

Фотосурет нүктелерінің x_i және z_i координаталарының мәндерін келесі теңдеумен өрнектейді

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x'_i - MO_x ; \\ z_i &= z'_i - MO_z , \end{aligned} \right\} \quad (117)$$

мұндағы x_i және z_i - стереокомпаратор шкаласы бойынша есептер



2.29-сурет. Координаталық белгілер

Нөлдік орындар координаталық белгілерді өлшеу арқылы анықталады

$$MO_x = \frac{1}{2}(x'_3 + x'_4)$$

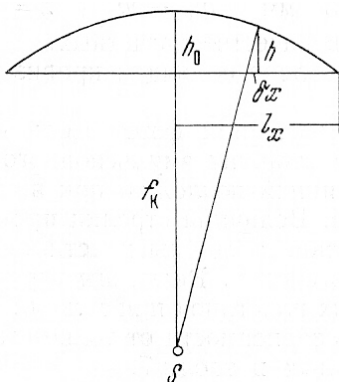
MO_z = горизонт көрсетуіне есеп

$$MO_p = \frac{1}{4}(p'_1 + p'_2 + p'_3 + p'_4) \quad (118)$$

$$MO_z = \frac{1}{4}(q'_1 + q'_2 + q'_3 + q'_4)$$

2.17. Суреттердің ішкі бағдарлау элементтеріне түзетулерді анықтау

Фототеодолиттік түсіруде қолданылатын фотопластинкалардың қисықтығы оның иілуінен туады.



2.30-сурет. Фокустық арақашықтық қателігінің әсер етуі

Суреттің ішкі бағдарлау элементтері фототеодолит камерасының сәйкес элементтерінен ерекшеленуі мүмкін (2.30-сурет). Осы айырмашылықтарды анықтау үшін келесідей шаралар қолданады.

Стереокompatордың сурет ұстағышына негативті орнатып және оны x осі бойынша бағдарлап, горизонталь координаталық

белгілер ортасы арасындағы L арақашықтықты өлшейді. L шамасын өлшеу маркаларын оң және сол жақтардағы координаталық белгілермен біріктіргенде, стереокомпаратордың x шкаласы бойынша алынған есептердің айырмашылықтары ретінде анықтайды, яғни $L = x_2 - x_1$ (2.28-сурет). Алынған қашықтықтарды фототеодолиттің зерттеулерінен белгілі L_0 шамасымен салыстыра отырып, айырмашылықтың шамасын $\Delta L = L - L_0$ анықтайды. Егер осы айырмашылық 0,03 мм аспаса, онда суреттердің ішкі бағдарлау элементтерін фототеодолит камерасына сәйкес бағдарлау элементтеріне тең деп қабылдайды. Егер айырмашылықтың шамасы ΔL_0 үлкен болса, онда камераның ішкі бағдарлау элементтерінен сәйкес суреттердің бағдарлау элементтеріне көшу үшін қажет түзетулерді анықтайды. Мұнда, егер сурет жер бедері мен контурларды салуға арналған болса, онда тек фокустық арақашықтықтарға δf түзетулерді анықтайды

$$\delta f = \frac{f_k}{L_0} \Delta L \quad (119)$$

Тура фотограмметриялық қиылыстыру әдісімен тексеру нүктелерінің координаталарын анықтауда, қолдану үшін белгіленген суреттер үшін, ішкі бағдарлаудың барлық үш элементтеріне түзетуді табады. Ол үшін стереокомпаратордың өлшегіш маркасын кезекпен барлық төрт координаталық белгілердің ортасымен біріктіреді және стереокомпаратордың x және z шкалалары бойынша есептер алады: сол жақтағы маркалар үшін x_1, z_1 , оң жақтағы үшін x_2, z_2 ; жоғарғы жақтағы үшін x_3, z_3 , төменгі жақтағы үшін x_4, z_4 (2.28-сурет).

Өлшенген x және z мәндері бойынша l кесінділерін есептейді:

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= \frac{1}{2}(x_3 + x_4) - x_1 \\ l_2 &= x_2 - \frac{1}{2}(x_3 + x_4) \\ l_3 &= z_3 - z_1 \end{aligned} \right\} \quad (120)$$

$$l_4 = z_1 - z_4$$

Содан кейін айырмашылықтарын табады:

$$\left. \begin{aligned} \Delta l_1 &= l_1 - l_1^o \\ \Delta l_2 &= l_2 - l_2^o \\ \Delta l_3 &= l_3 - l_3^o \\ \Delta l_4 &= l_4 - l_4^o \end{aligned} \right\} \quad (121)$$

мұндағы $l_1^o, l_2^o, l_3^o, l_4^o$ - камераның қолданбалы рамкасына, фотопластинканың тығыз орналасқан жағдайы үшін, сәйкес арақашықтықтардың фототеодолитті зерттегенде алынған шамалары.

Түзетулерді келесі формулалармен есептейді:

$$\left. \begin{aligned} \delta f &= \frac{f_k}{L_o} (\Delta l_1 + \Delta l_2) \\ \delta x_o &= \frac{2f_k^2}{L_o^2} (\Delta l_1 - \Delta l_2) \\ \delta z_o &= \frac{2f_k^2}{L_{ol}^2} (\Delta l_4 - \Delta l_3) \end{aligned} \right\} \quad (122)$$

мұндағы L_o - фототеодолиттің зерттеулерінен белгілі, горизонталь белгілер арасындағы арақашықтық; L_{ol} - сондай, вертикаль белгілер арасындағы.

Түзетуді анықтаумен байланысты өлшеулер мен есептеулер арнайы журналдарға жазылады.

2.18. Фотограмметриялық қиылыстыруды шешудің аналитикалық тәсілі

Тура фотограмметриялық қиылыстыру әдісімен нүктелердің координаталарын анықтаудың аналитикалық тәсілі келесідей

процестерден тұрады: суреттерде анықталатын нүктелерді таңдау және тану, бастапқы және анықталатын нүктелердің координаталарын суретте өлшеу, түсіру нүктесінен анықталатын нүктелерге дейінгі дирекциондық және вертикаль бұрыштарды фотограмметриялық анықтау, тура қиылыстыруды шешу, нүктелердің биіктіктерін анықтау.

Фотограмметриялық жолмен анықталатын тексеру нүктесі ретінде нақты контур немесе жергілікті нысандар (арнайы қойылған таңбалар, бағана, жалғыз тұрған ағаш, қоршаудың бұрышы, тас және т.б.) қолданылуы мүмкін.

Таңдалған нысан, фототеодолиттік түсірудің белгіленген есептік схемасында, тексеру нүктесінің орналасқан аумағында болуы керек, сонымен бірге нүктені анықтауда қолданылатын барлық суреттерде, сонымен қатар берілген нүкте солар үшін анықталатын суреттерде айқын бейнеленуі және сенімді танылуы керек.

Схемада белгіленген аумақты суреттерде табу келесідей болады.

Схемалар бойынша Y_ϕ орнын базистің сол жақтағы нүктесінен анықталатын тексеру нүктесіне дейін өлшейді, содан кейін нүктенің бойлық параллаксын (дәлдігі шамамен 0,1 мм) формулалармен есептейді: түсірудің қалыпты түрі үшін:

$$p = \frac{Bf_k}{Y_\phi} \quad (123)$$

түсірудің тең ауытқыған түрі үшін

$$p = \frac{B(f_k \cos \varphi + x_2 \sin \varphi)}{Y_\phi} \quad (124)$$

мұндағы B – түсіру базисінің горизонталь ұзындығы; φ — түсіру кезіндегі орнатылған бұрылу бұрышы; x_2 – стереожұптың оң жағындағы суретте анықталатын нүктенің абсциссасы.

Түзету нүктелерінің ең тиімді орналасуын ескере отырып, стереожұптың сол жақ шетінде орналасқан нүкте үшін $x_2 = 70$ мм қабылдау керек; ортадағы нүкте үшін $x_2 = 0$ және оң жақ шетінде

орналасқан нүкте үшін $x_2 = +50$ мм.

Егер жергілікті жерде бағдар бола алатын, нақты сипатталған контурлар болса, онда басқа станцияларда алынған суреттерде тандалған нүктені тану қиынға соқпайды.

Барлық негативтерде тандалған нүктені шыны жағынан айналдырып сызады және жанастырушы таңбалардың бірінде түйреумен белгілейді. Түйреудің радиусын 5 мм шеңбермен белгілейді және схемадағы номеріне сәйкес нүкте номерімен тіркейді. Жанастырушы таңбаның теріс жағында абрис салады және сипаттамасын жасайды. x_1 және z_1 координаталарынан басқа, барлық анықталатын нүктелердің бойлық p және көлденең q параллакстарының мәндерін де өлшейді. Стереожұптың оң жақтағы суретінде анықталатын нүктелердің x_2 , z_2 координаталарын сол нүктелердің сол жақ суреттегі x_1 , z_1 координаталары арқылы және олардың параллакстарын формулалар бойынша есептейді

$$x_2 = x_1 - p \quad (125)$$

$$z_2 = z_1 - q \quad (126)$$

Егер суреттердің ішкі бағдарлау элементтері фототеодолит камерасының сәйкес элементтерінен ерекшеленсе, онда нүктелердің өлшенген жазықтық координаталарына түзетулер енгізеді.

Нүктелердің түзетілген фотокоординаталарын келесі формулалармен есептейді

$$x^o = x - \delta x_o + \delta x_n \quad (127)$$

$$z^o = x + \delta z_n \quad (128)$$

$$\text{мұндағы } \delta x_n = \frac{xz}{f_k^2} \delta z_o, \quad \delta z_n = \frac{z^2}{f_k^2} \delta z_o.$$

(125) - (128) формулаларындағы:

x, z - стереокомпараторларда өлшеу кезінде алынған нүктелердің фотокоординаталары;

$\delta x_o, \delta z_o$ - (122) формула арқылы есептелген суреттің бас нүктесінің координаталарына түзетулер.

Бастапқы және анықталатын нүктелердің түзетілген координаталарын ала отырып, суреттің бас сәулесімен әрбір нүктеге бағыттар арасындағы λ горизонталь бұрышты табады. λ бұрышын анықтау үшін келесі формула қолданылады

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{x^o}{f} \quad (129)$$

мұндағы $f - f = f_k + \delta f$ формуласы бойынша анықталатын суреттің фокустық арақашықтығы, мұндағы f_k – фототеодолитті зерттеу кезінде алынған камераның фокустық арақашықтығының шамасы;

δf - (122) формула бойынша анықталған түзету.

2.19. Координаталарды анықтаудың аналитикалық әдістері

Нысан нүктелерінің координаталарын, суреттердің бағдарлау элементтері белгілі және стереожұп нүктелерінің координаталары өлшенген болса (114) – (118) формулалары бойынша анықтауға болады. Мұндай жағдайда тура қиылыстыру шешіледі.

Кейбір кездері суретте бейнеленген бірнеше тірек нүктелері бойынша кері қиылыстыруды шешудің қажеттігі пайда болады, онда суретке түсіру нүктесінің координаталары және басқа да бағдарлау элементтері анықталады.

Бастапқы мәліметтер болып табылатындар: 1) өлшеу аспабының түрі; 2) сол жақтағы суреттегі тексеру нүктелерінің саны; 3) оң жақтағы суреттегі тексеру нүктелерінің саны; 4) суреттердің өңделетін жұбына ортақ тексеру нүктелерінің саны; 5) интерациялық процесте сол және оң жақтағы суреттердің бағдарлау элементтерін есептеудің дәлдігі; 6) суреттің бағдарлау элементтерін есептеуде интерацияның ең үлкен саны; 7) сол және

оң жақтағы суреттердің жуық бастапқы мәліметтері $X_{S_l}, Y_{S_l}, Z_{S_l}, \alpha_l, \omega_l, \chi_l, x_{ol}, z_{ol}$

$$X_{S_n}, Y_{S_n}, Z_{S_n}, \alpha_n, \omega_n, \chi_n, x_{on}, z_{on}.$$

S_lXYZ жүйесінде A нүктесінің X, Y, Z координаталары, сонымен қатар P суретінің бағдарлау элементтері белгілі болсын. $Sx'y'z'$ жүйесінде A нүктесінің a бейнесіндегі x және z координаталарын табамыз.

Егер проекция ортасындағы X_S, Y_S, Z_S координаталары нөлге тең болмаса, онда

$$\begin{aligned} x - x_o &= \frac{a_1(X - X_S) + b_1(Y - Y_S) + c_1(Z - Z_S)}{a_2(X - X_S) + b_2(Y - Y_S) + c_2(Z - Z_S)} \\ z - z_o &= \frac{a_3(X - X_S) + b_3(Y - Y_S) + c_3(Z - Z_S)}{a_2(X - X_S) + b_2(Y - Y_S) + c_2(Z - Z_S)} \end{aligned} \quad (130)$$

Суреттерде тірек және анықталатын нүктелер бейнелерінің координаталарын өлшейді және белгісіздердің жуық шамаларын қолдана отырып, осы координаталарды есептейді. Содан кейін тордың әрбір нүктесі үшін екі тендеулерді құрады.

$$\begin{aligned} a\delta X_S + b\delta Y_S + c\delta Z_S + d\delta\alpha + e\delta\omega + f\delta\chi + g\delta\varphi + h\delta x_o + i\delta x_o + \\ + j\delta X + k\delta Y + l\delta Z + x_o - x = v \end{aligned} \quad (131)$$

$$\begin{aligned} a'\delta X_S + b'\delta Y_S + c'\delta Z_S + d'\delta\alpha + e'\delta\omega + f'\delta\chi + g'\delta\varphi + h'\delta x_o + i'\delta x_o + \\ + j'\delta X + k'\delta Y + l'\delta Z + z_o - z = v' \end{aligned}$$

мұндағы $a, b, \dots, l$ және $a', b', \dots, l'$ - $X_S, Y_S, \dots, Z_S$ ауыспалы мәндері бойынша функцияның жеке туындылары (129), $\delta X_S, \delta Y_S, \dots, \delta Z_S$ - суреттердің бағдарлау элементтерінің жуық мәндеріне және анықталатын нүкте координаталарына түзетулер.

(131) тендеуді кезекпен жуықтау жолымен кіші квадраттар әдісімен шешеді.

(131) теңдеуін матрицалық түрде жазамыз:

$$AX + L = V \quad (132)$$

мұндағы A – түзетулер теңдеуінің коэффициенттерінің матрицасы;

X - белгісіздердің векторы;

L – бос мүшелердің векторы.

Бесінші қатардағы қалыпты теңдеу жүйесі құрылады

$$BX + C = 0 \quad (133)$$

мұнда $B = A'PA$ $C = A'PL$,

A' - тасымалданған матрица

P – салмақтар матрицасы

(131) теңдеуін келесі шарттармен шешеді

$$[pv^2 + pv'^2] = \min \quad (134)$$

мұндағы p және $p' - x$ пен z өлшенген мәндерінің салмағы

2.20. Технокарт теориясы

1971 жылдан бастап «Карл Цейсс Йена» (Германия) фирмасы түсіру камерасының оптикалық осі мен xx суреттер осьтерінің горизонталь орналасуы кезінде алынған, жер беті түсірулерінің стереоскопиялық жұптарын өңдеуге арналған жаңа жоғары дәлдікті аспап – технокарт шығара бастады.

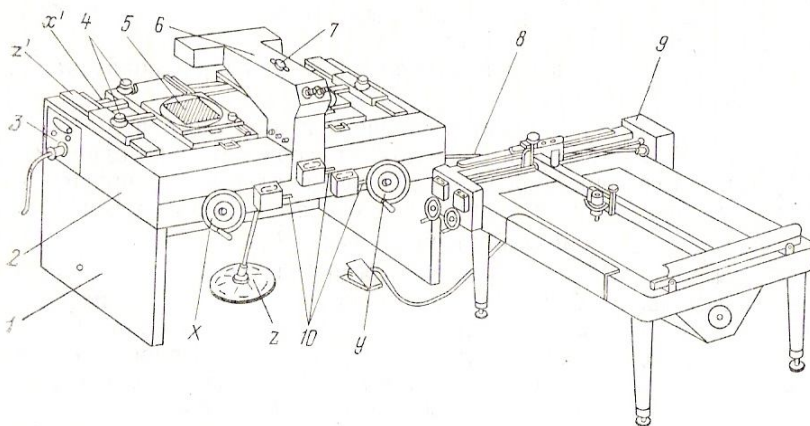
Онда кеңістіктік фотограмметриялық қиылыстыру, кеңістіктік проекциялаушы сәулелерді XY және YZ проекцияларының екі жазықтығы бойынша бөлетін жазық сызғыштар арқылы орындалады. Технокартта тұру (MO) мен биіктік көпірі (MB) бақылау жүйесі жағында, ал суреттер артында орналасқан. Осылайша, стереомодельдің артқы планындағы нүктелерді бақылау үшін Y жетегімен бақылаушыдан MO -ны алыстатпайды, керісінше жақындату керек. Технокартта суреттер

форматы 23×23 см-ге дейін және фокустық арақашықтықтар қондырғысының диапазоны 50-ден 215 мм-ге дейін үлкейді. Базистік құрауыштардың суппорттары олардың мәндерін мына шектерде қоюға мүмкіндік береді: b_x 0-ден 215 мм-ге

дейін; $b_y = b_z$ 0-ден 20 мм-ге дейін. Модельдік координаталардың (КО және КВ) диапазоны ± 240 мм-ге тең, ал MO — 35-тен 350 мм-ге дейін.

Аспап биіктігінің санағышы модельді әр түрлі тоғыз масштабта құруға мүмкіндік береді: 1:800; 1:1000; 1:1250; 1:1600; 1:2000; 1:2500; 1:3000; 1:4000; 1:5000. Аспап координатографының редукторы модель масштабының план масштабына 0,16 - 6,25 шегінде берілуін қамтамасыз етеді.

Координатографпен бірге технокарттың жалпы түрі 2.31 - суретте көрсетілген.



2.31-сурет. Технокарт

Ол өзара байланысқан келесі түйіндерден тұрады: тұғыр, проекциялаушы жүйе, бақылаушы жүйе, механикалық тасымал жүйесі, санағыш механизмдер жүйесі, координатограф.

1. Аспаптың тұғыры — 2, үш көтергіш бұранда көмегімен табанына, өз кезегінде төрт көтергіш бұрандасы бар

үстел түрінде - 1 орнатылған. Оның алдыңғы панеліне X және Y тұтқалары шығарылған. Олардың қасында өзара бұрандалар мен координаталар санағыштары орналасқан. Тұғырдың астында телескопиялық кардан және проекциялаушы жүйенің биіктік күймешесімен (БК) тісті жүйелерін тасымалдаушы мен тұғыр панелінің ортаңғы бөлігіне бекітілген, биіктік санағышы арқылы байланысқан Z аяқ тұтқасы бар.

Тұғырдың жоғарғы бетінде проекциялаушы жүйенің фокустық арақашықтықтар суппорттары шкалалармен тұтқалар - 4 және суреттер күймешесінің орнын ауыстыратын x' және z' бағыттауыштары орналасқан - 5.

Сурет күймешелерінің үстінде аспаптың бақылаушы жүйесінің оптикалық элементтері құрастырылған консоль орналасқан - 6. Онда окулярлар, суреттер бейнесінің айқындығын реттеуге арналған тұтқалар, сурет пен маркалардың жарық түсіру жарықтығын реттейтін тұтқалар, өлшегіш маркалардың түзеткіш бұрандалары, сонымен қатар 23×23 см немесе 18×18 см форматтағы суреттерді қолданған кезде шектеуіштерді ауыстырып – қосатын құрылғы орналасқан.

КО және KB күймешелеріне, b_x , b_y , b_z базистік суппорттарға, γ конвергенттік қондырғыға және X , Z жетектерінің ажыратқыш гайкаларына қол жету үшін тұғырдың алдыңғы қақпақтары алмалы салмалы болып жасалынған.

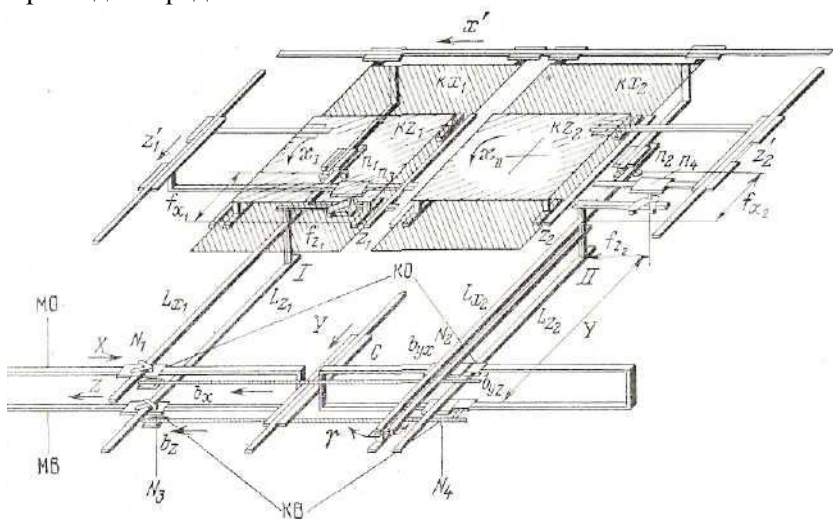
Тұғырдың оң жақ қабырғасында X , Y , Z жетектерін қосатын кардандық вал - 8, координатографтың тасымал механизміне баратын кардандық вал цапфалары шығарылған - 9. Тұғырдың сол жақ қабырғасында аспапты 50 Гц жиіліктегі және 110, 127 және 220В кернеуі бар айнымалы ток желісіне қосуға арналған розеткалар, ажыратқыш және тежегіштер орналасқан қалқанша 3 орналасқан. Қауіпсіздік техникасын сақтау үшін аспап жерге қосылады.

2. Аспаптың п р о е к ц и я л а у ш ы ж ү й е с і 2.32-суретте көрсетілген.

Нүктенің пландық және биіктік орнын анықтау механизмдері бөлінген және бір - бірінің астына горизонталь орналасқан.

Тұғырда I және II екі вертикаль айналу осьтері бекітілген, олардың айналасында сәйкесінше L_{x1} , L_{z1} және L_{x2} , L_{z2} сызғыштары айналады. L_{x1} , және L_{x2} сызғыштарының ұзын иінді бұранда және X жетек арқылы C қолшанамен қатты байланысқан X бағыттаушы бойынша орын ауыстыра алатын КО күймешелермен N_1 және N_2 топсалы роликтерімен байланысқан. Өз кезегінде C қозғалғыш бұранда және Y жетек (2.32 – суретте көрсетілмеген) арқылы Y проекциясында таңдалған модель масштабында қажетті проекциялау базисі орнатылады. Геометриялық түрде оның шамасы I және II — N_1 — N_2 кесінділердің айырмасына тең.

N_2 ролик оң жақ күймешеді b_{yx} крест тәрізді базистік суппортта бекітілген, ол осы базистік құрауышты Y осі проекциясында орнатуға және осылайша суреттердің ауытқыған жағдайларында стереожұптың өңделуін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.



2.32 - сурет. Технокарттың проекциялаушы жүйесі

L_{x1} және L_{x2} сызғыштарының қысқа иіндері fx_1 және fx_2 фокустық арақашықтықтар және kx_1 , kx_2 сурет күймешелері

суппортында орналасқан n_1 және n_2 топсаларымен байланысқан. L_{x1} және L_{x2} сызғыштарын бұрғанда күймешелер суреттерді x' бағыттаушы бойынша ауыстырады. Егер L_{x1} сызғышының қысқа иіні әрқашан ұзынымен бір сызық бойында жатса, онда L_{x2} сызғышының қысқа иіні ұзынымен γ бұрышта орналаса алады, ол $+6^\circ$ -дан -2° -ге дейінгі, яғни көрсетілген шектерде түсірудің конвергенттік жағдайларының өңдеуін жүргізуге мүмкіндік беретін шекте орнатылады. Сол I және II осьтерінде L_{x1} және L_{x2} сызғыштары астында L_{z1} , L_{z2} сызғыштары айналады. Олардың N_3 және N_4 топсаларымен бірге ұзын иіндері модель масштабында суретке түсіру базисінің соңдарының арту шамаларын орнату үшін өзара b_z бұрандамен жалғасқан КВ күймешесімен байланысқан. КВ күймешесі аяқ тұтқамен (2.31-суретте көрсетілмеген) байланысқан қозғалғыш бұранда арқылы X бағыттаушыдан төмен орналасқан Z бағыттаушы бойынша бірге орын ауыстырады. N_4 ролигі КВ оң жақ күймешесінде b_{yz} крест тәрізді суппортта орнатылған, ол b_z -пен бірге стереомодельді бақылау кезінде көлденең параллакс шамасын автоматты түрде жоюға мүмкіндік береді. L_{z1} және L_{z2} сызғыштарының қысқа иіндері 90° -қа бұрылған және f_{z1} , f_{z2} фокустық арақашықтықтар суппорттарында орнатылған n_3 және n_4 топсаларымен x' бағыттаушыға перпендикуляр орнатылған z'_1 , z_1 және z'_1 , z_2 өзара параллель бағыттаушылар бойынша суреттермен бірге орын ауыстыратын kz_1 және kz_2 күймешелеріне байланысқан.

3. А с п а т ы ң б а қ ы л а у ж ү й е с і. Бақылау жүйесінің оптикалық элементтері сурет күймешелерінен 5 жоғары орналасқан консоль түрдегі қорапта 6 орналасқан (2.31 - сурет). Ол 6° үлкейткен кезде 50 л/мм-ден кем емес рұқсат етілумен суреттердің конгруэнтті бақылауын жүргізуге мүмкіндік береді. Стереокопиялық өлшеулер үшін жүйеде фильтрлер арқылы жасыл түске боялған екі марка принципі қолданылған. Әрбір марка өзінің жеке жарық көзіне ие.

Консольдің – 6 жоғарғы қақпағына бақыланып отырған суреттерді 7-фокустауға арналған тұтқа шығарылған. Оның қасында, консольдің жанында аспаптың b_x , X , b_z , Z шкалаларының нөлдік орнын анықтауға қажетті маркалардың баға белгілеу бұрандалары шығарылған. Олардан басқа

консольдің сол жақ қабырғасында түсетін немесе шағылатын жарықта бақыланатын суреттердің жарық түсуін ауыстыратын тұтқа, оң жақ марканың жарықтық реостаты орналасқан. Оң жақ қабырғада оң жақ суреттің жарық беру реостаты, оң жақ марканың жарықтық реостаты, 18×18 см және 24×24 см форматында z осі бойынша суреттердің өлшеу диапазонын қосу тұтқасы орналасқан.

Бақылау жүйесінің окулярлары көз қарашығы орталарының арақашықтықтарын 54 – 75 мм шегінде өзгертуге және өлшегіш маркаларды – 5 диоптрий шегінде айқындау етіп орнатуға мүмкіндік береді.

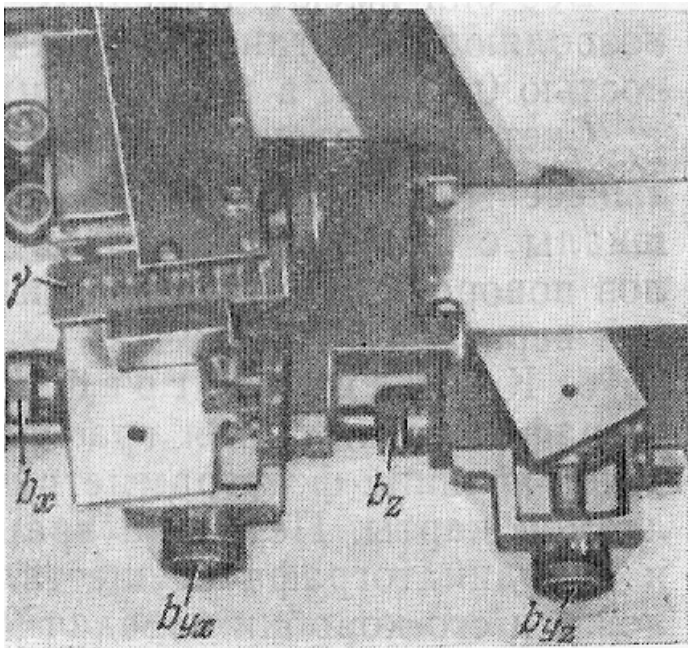
4. Жетекші бұрандалардан, кардандардан және тегершіктерден тұратын аспаптың механикалық тасымал жүйесі қашықтық көпірінің, X , Y тұтқаларының айналу кезінде қашықтық пен биіктік күймешелері және Z аяқ тұтқалары, X, Y, Z санағыштары, сонымен қатар координатографтың кардандық валдарын қосуға арналған кардандық тығындардың орын ауыстыруы үшін қызмет етеді. Соңғылары тұғырдың алдыңғы оң жақ бұрышының ішіне орнатылған жалпы тактада келтірілген. Такта әрбір координаталар үшін және тегістелген тұтқа бойынша және координатографтың кардандық валдарының қосылуын кез келген үйлесімде жасауға, осылайша горизонталь, вертикаль немесе қабырғалық координаталық жазықтықтарды проекциялауды қамтамасыз ете отырып мүмкіндік беретін екі кардандық тығынға ие. Тегістелген тұтқалар реверсивті тегершіктерді бейтарап күйге немесе кардандық валдармен байланысты күйге орын ауыстыруға арналған.

5. Санағыш механизмдер жүйесі кеңістіктік координата санағыштардан, Y орнатқыш шкаладан, базистік құрауыштардың проекциялаушы жүйелерінен, конвергенттік құрылғылар және фокустық қашықтық санағыштардан тұрады.

Тұғыр корпусының алдыңғы панеліне кеңістіктік координаталардың санағыштары шығарылған. X және Y тұтқаларының айналуы тұрақты тегершік жүйесі арқылы X және Y санағыштарына беріледі. Тұтқалардың бір айналымында MO мен KO -ның 3 мм-ге орын ауыстыруы болады. Санағыш

бойынша санау да осындай шамаға өзгереді. Санағыш бойынша санау дәлдігі 0,01 мм-ге сәйкес келеді. Аналогтық санағыш Z координатасында да бар. Ол екі жұп тегершік, құрамына әр түрлі тасымал қатынасы бар 4 тегершік кіретін, алмалы-салмалы тегершік жүйесімен кардандық вал арқылы аяқ тұтқамен байланысқан. Бұл Z бойынша тікелей метрде санаулар алуға мүмкіндік береді. Бұл тегершіктердің іріктемесі 1 – кесте бойынша жүргізіледі.

Олардың қондырылуы бақылау жүйесінің төменгі бөлігінің оң жағымен жүзеге асырылады, қолжетімділік тұғырдың қорғаныш қаптамасын жылжытқан кезде ашылады. X , Y және Z санағыштардың оң жағында тегістелген басшалармен теңселіп тұратын стерженьдер орналасқан (2.31 – сурет). Стерженьдердің орталық күйінде координаталар санағыштары өшіріледі. Басшалардың айналуы арқылы оларға қажетті бастапқы санауларды орнатуға болады. Стерженьдердің шеткі оң немесе сол жақ күйінде санағыштар тасымалдайтын тегершіктермен жалғасады. Бұл кезде тек санағыш құрылғының санның айналу бағыты ғана өзгереді. Y санағышын орнатқан кезде сандардың өсуі тұтқаның сағат тілі бойынша айналуына, X және Z санағыштары kx және kz суреттердің күймешелерінің орын ауыстыруы кезінде – солға және бақылаушыға сәйкес келуі керек. МО-ны L_{x1} сызғышының I - айналу осінен шынайы жоюды орнату үшін миллиметрлік бөліктері және Y қозғалғыш бұрандасына параллель орналасқан нониусы бар шкала қызмет атқарады. Сонымен қатар Y санағышы бойынша есептеулер 0,1 мм-ге дейінгі дәлдікпен 35 – 350 мм аралығындағы бөліктермен сәйкес келуі керек. 2.33-суретте b_x , b_{y_x} , b_{y_z} , b_z санағыш тетіктердің және оң жақ КО-да орналасқан γ конвергенттік құрылғының сыртқы түрі көрсетілген.



2.33-сурет. Технокарттың конвергенттік құрылғысы және базистік суппорттары

Олардың барлығы сызықтық шкалаларға және базистік құрауыштардың мәнін 0,02 мм дәлдікпен, ал конвергенцияны сантиград дәлдікке дейін орнатуға мүмкіндік беретін барабан – микрометрлерге ие.

f_{x1} , f_{x2} , f_{z1} , f_{z2} фокустық арақашықтықтарды құру санағыштары тұғырдың жоғарғы панеліне шығарылған. Олар 0,02 мм бөлік мәні бар шеңбер шкалаларға ие. Сол жақта верньердің бөлік мәні 5° , $\pm 30'$ шектерде χ бұрышқа бұрылған суреттерде бұрышты шкалалар орналасқан.

6. Z - E 900 × 1200 к о о р д и н а т о г р а ф ы бақылайтын нүктелердің және фотограмметриялық модельдің сызықтарының, құрылатын карталардың масштабында графикалық тіркелуі үшін қызмет етеді. Технокарт пен координатографтың қозғалатын бұрандалар айналуының берілуі кардандық валдар 8 және мына коэффициентке сәйкес оның 160

берілу қорапшасы – 9 (2.30 – сурет) көмегімен жүзеге асырылады:

$$R = \frac{M_m}{M_k}, \text{ мұнда } M_m - \text{ модель масштабының бөлімі, ал } M_k - \text{ план}$$

масштабының бөлімі. Тасымал қорабына 1 – кестеге сәйкес таңдалған 4 – тегершік қойылады.

Координатограф топокартаны құру кезінде негізді дайындауға қолданыла алатын аспаптың X және Y аналогтар координаталарының екі санағышымен жабдықталған. Технокартта суреттерді өңдеу кезінде оларды координатографтан ажыратқан жөн. Санағыштардың бөлік мәні 0,01 мм.

Технокартты қолдану аясын кеңейту үшін «Карл Цейсс Йена» (Германия) фирмасы өзіндік түйін ретінде UMK10/1318 камерасымен түсірілген, оптикалық осьтердің - 15, 30, 45°-қа тең белгіленген еңкіш бұрыштарымен түсірілген суреттерді өңдеуге мүмкіндік беретін еңкіш бұрыштарының түрлендіргішін шығара бастады.

Оның жұмыс істеу принципі Y_ω және Z_ω координаталарын осы бұрыштардың синус, косинус және суммасын үлгілейтін дифференциалдарына, сондай-ақ туындылардың айырымына тәуелді тегершіктер жиыны көмегімен келесі формулалар бойынша механикалық түрлендіруге негізделген

$$5 = Y_\omega \cos\omega - Z_\omega \sin\omega, \quad Z = Y_\omega \sin\omega + Z_\omega \cos\omega, \quad (135)$$

Бұл жағдайда X -тің координаталары өзгермейді.

2.21. Технокартта фототеодолиттік суреттерді өңдеу әдістемесі

Топографиялық план құру мақсатымен, жер бетінің түсіру суреттерін өңдеу, сәйкес универсал аспаптарда бірдей орындалады.

Ол үшін мынадай материалдар қажет:

- суретке түсіру станциясы бойынша таңдалған әртүрлі жағдайдағы түсірулердің стереоскопиялық жұптарының негативтері;

- тура кийылыстыруды шешуде теодолит жіп торларын дәлдеу орындары көрсетілген, дешифрленген тексеру нүктелері

және олардың абрисі немесе фотоабрисі бар жанастырушы таңбалар;

- жағдай мен жер бедері элементтерінің далалық дешифрлеу нәтижелерімен бірге жанастырушы таңбалар;

- суретке түсіру станциялары мен тексеру нүктелерінің координаталар каталогы;

- суретке түсіру базистерінің және олардың дирекциондық бұрыштарының ведомосы;

- фототеодолиттік түсірудің есеп схемасы.

Құру процесінің алдында аспаптарды тексеру мен құруға негізді дайындау кіретін, дайындық жұмыстары болады.

Топографиялық пландар қатты негізі бар планшеттерде немесе қабылданған жол-жол етіп сызық түсіру трапециясы шектеріндегі пластинкаларда құрылады.

Координатограф көмегімен планшетте геодезиялық координаталардың торы құрылады. Координаталар бойынша координатограф санағыштары арқылы план масштабында трапеция жиектемесінің бұрыштары, суретке түсіру станциялары, тексеру нүктелері және координаталардың фотограмметриялық жүйелерінің мына формула бойынша түсірудің әр түрлі жағдайлары үшін алдын ала есептелген дирекциондық бұрыштар бойынша У осінің бағыттары қойылады:

$$\alpha_N^o = A_b - 90^\circ, \quad \alpha_L^o = A_b - 585^\circ, \quad \alpha_R^o = A_b - 1215^\circ \quad (136)$$

Бұл бағыттар алдын ала есептелген нүктелердің координаталары бойынша құрылады, олар камера тұрысының сол жақ нүктесінен ең үлкен қашықтықта планшет шегінде тұратындай есеппен таңдалынады.

Координаталар мына формулалар бойынша есептеледі

$$\begin{aligned} X_i^o &= X_{S_1}^o + Y \sin \alpha_{(L,N,R)}^o \\ Y_i^o &= Y_{S_1}^o - Y \cos \alpha_{(L,N,R)}^o \end{aligned} \quad (137)$$

мұндағы $\alpha_{(L,N,R)}^o$ — түсірудің әр түрлі жағдайларында

оптикалық осьтердің сәйкес бағыттарының дирекциондық бұрыштары.

Егер тұру нүктесі берілген стереожұп бойынша топокарта құруға болатын планшет шектерінде орналаспаса, онда оптикалық ось бағытының екі нүктесі есептеледі. Біреуі планшеттің төменгі, ал екіншісі жоғарғы жағына түсуі керек. S_1 нүктесінен қашықтық еселенген ондық метрлермен таңдалынады (50, 100, 200 және т.б.).

Планшеттегі барлық нүктелерді енгізгеннен кейін каталогқа сәйкес олардың номерлері және олардың геодезиялық белгілері жазылады.

Кейін проекциялаушы сәулелердің тізбегін құруға кіріседі. Бұл мақсат үшін, бір жағынан олардың шеттеріне пружиналық итергіш, бір жағынан центрлеуші бұрандалар тірелу үшін, сол жақтағы негатив сол жақтағы сурет ұстағышқа эмульсиясымен төмен, ал оң жақтағы сәйкесінше оң жағына қойылады. Негативтер қысқыш планкамен сурет ұстағышқа аздап қыстырылады.

Центрлеуші лупаның және бұрандалардың көмегімен координаталық таңбалардың саңылаулары, сурет ұстағыштардың координаталық штрихтарымен қиылысатындай жағдайға келтіріледі. Осыдан кейін негативтер қысқыш планкалармен бекітіледі, ал сурет ұстағыштар центрлеуші түйреуіштер бойынша аспап суреттерінің сәйкес күймешелеріне қойылады.

Кейін, фокустық арақашықтықтардың барлық төрт суппорттарының қысқыш бұрандалары шешіліп, бекіткіш бұрандалар арқылы суреттің фокустық арақашықтығының мәні орнатылады. Нәтижесінде суретке түсіру моментіне ұқсас жобалаушы сәулелердің тізбегі құрылады.

Фотосуреттердің қолданбалы жиектеменің жазықтығына қыстырылмағаны белгілі болса негативтерді орнату [12]-ге сәйкес келесі тәртіпте жүргізіледі. Y тұтқасы арқылы қашықтық көпірі $Y = 2f$ жағдайына ауысады және тоқтатқыш бұранда арқылы бекітіледі. X тұтқа арқылы сол жақтағы өлшегіш марканы сол жақтағы сурет ұстағыштың орталық кресімен қыстырады, ал оң жақтағы марканы y конвергенттік бұрандасымен оң жақтағы сурет ұстағыштың орталық кресімен қиыстырады. Осыдан кейін сол және оң жақтағы негативтерде 1, 2, 3, 4 координаталық

таңбаларының абсциссаларын өлшейді және $V^n Ai$ есептеуін алады, ол мына формула арқылы x осі бойынша таңбалар қиысуын есептейді.

$$\begin{aligned}\delta^{ln}x_1 &= MO_{x_1} - V^{ln}X_1 - 2l^ox_1 \\ \delta^{ln}x_2 &= MO_{x_1} - V^{ln}X_2 - 2l^ox_2,\end{aligned}\quad (138)$$

мұндағы

$$MO_{x_1} = 0.5(V^lX_3 + V^lX_4) = 0.5(V^nX_3 + V^nX_4)$$

l^ox_1, l^ox_2 — сурет пен сызықтың xx осі бойынша фотопластинканы камераның қолданбалы жиектемесіне берік қиыстыру үшін 3, 4 координаталық таңбаларын байланыстыратын 1, 2 координаталық таңбалары арасындағы арақашықтық. Қыстырылмау үшін түзетілген сол және оң жақтағы фотосуреттерге арналған фокустық арақашықтықтар мына формула бойынша анықталады

$$f^{ln} = f + \Delta f^{ln} \quad (139)$$

$$\text{мұндағы } \Delta f^{ln} = k(\delta^{ln}x_1 - \delta^{ln}x_2), \text{ а } k = \frac{f}{2}(l^ox_1 + l^ox_2)$$

Осыдан кейін табылған фокустық арақашықтықтар мәндері пландық және биіктік сызғыштардың сәйкес суппорттарында орнатылады. Кейін координаталық таңбалардың абсциссаларын

$$\delta p = V^lX_1 - V^nX_1, \quad \delta p = V^lX_2 - V^nX_2$$

кайтадан өлшеу арқылы табады. Егер $|\delta p_1 - \delta p_2| > 0,02$ мм болса, онда оң жақтағы

суппорттың f^n есептелуін құруға енгізетін

$$\delta f^n = k(\delta p_1 - \delta p_2) \text{ түзетуін есептейді. Содан кейін оң жақтағы}$$

суреттің децентрациясын есептейді $\Delta x = -8k^2(\delta p_1 - \delta p_2)$.

Оң жақтағы негативтің x_2 осі бойымен жылжуын қолданып, оң жақтағы сурет ұстағыштың центрлеуші бұрандасымен 3 немесе 4 координаталық таңбасын оң жақтағы өлшегіш маркасымен қиыстырады. Сол жақтағы марканы X тұтқасымен –

3 немесе 4 – координаталық таңбамен қиыстырады, ал оң жақтағы марканың оң жақтағы негативтегі вертикаль таңбамен қиылыспауын конвергенттік құрылғы арқылы жояды.

Қыстырылмауды жоюдың дұрыс тексерілуі барлық төрт координаталық таңбаларда бойлық параллактардың жоқтығы болып табылады. Бойлық параллактстың рұқсат етілетін шамасы марканың диаметрінің жартысынан аспауы керек.

2.22. Фотограмметриялық модельді құру

Технокартта фотограмметриялық модельдерді құру пландық және биіктік қиылыстыру механизмдер суппорттарында базистік құрауыштардың құрылуына келтіріледі. Олар мына формулалар бойынша есептеледі

$$\left. \begin{aligned} b_x &= \frac{B}{M_m} \sin \varphi \\ b_{y_x} &= b_{y_z} = \frac{B}{M_m} \cos \varphi \end{aligned} \right\} \quad (140)$$

$$b_z = \frac{h}{M_m}$$

мұндағы B – суретке түсіру базисінің горизонталь құрауышы; M_m – модель масштабының бөлімі; h – оң жақтағы сурет проекциясының ортасының сол жақтан асып кетуі; φ – базистің бағытынан есептелген қисаю бұрышы, қалыптыдан базиске есептелген қисайту бұрышы. b_y шамасы қисаю бұрышының таңбасына тәуелді, ол суппорттың индикатор шкаласында сол жаққа қисаю кезінде – L және оң жаққа қисаю кезінде R индекстерімен белгіленеді. b_z мәні де әр түрлі таңбаларға ие бола алады. Олар осы шкаланың индикаторында белгіленген бағыттауыштар көмегімен осы суппорттың қозғалыс бағыттарымен орнатылады.

Тегершіктерді таңдау және санағышта Z биіктікті орнату

Модельдер масштабы	Тегершіктер жиыны				Модельдер масштабы	Тегершіктер жиыны			
	z ₁	z ₂	z ₃	z ₄		z ₁	z ₂	z ₃	z ₄
1:800	84	42	65	104	1:2500	88	88	34	85
1:1000	84	42	40	80	1:3200	42	84	69	104
1:1250	84	42	34	85	1:4000	42	84	40	80
1:1650	88	88	65	104	1:5000	42	84	34	85
1:2000	88	88	40	80					

Координатографтағы тегершіктерді мына қатынасқа сәйкес

$$\text{орнатады } B = \frac{M_m}{M_k}$$

мұндағы M_m - модель масштабының бөлімі, M_k - құрылатын картаның бөлімі.

Егер қаламды құрылғының (немесе микроскоптың маркасы) ұшы оптикалық осьтің орнатылатын нүктесімен шамамен 0,1 мм-ден көп болып сәйкес келмесе, фотограмметриялық модельдің сыртқы бағдарлауы аяқталған деп есептейді. Егер көп жылжытылса оны нормаға дейін координатограф құрылғысының сызу құрылғысының өзара перпендикуляр түзеткіш бұрандаларын айналдыру арқылы келтіріп жеткізеді.

2.23. Фотограмметриялық модельдің корректурасы

Фотограмметриялық модельді құрғаннан кейін топоплан құру процесіне кірісуге болады. Алайда түсіру кезіндегі стереожұптардың сыртқы бағдарлау элементтерін бұзу нәтижесінде пайда болатын жүйелік қателіктердің, сонымен қатар аспапты юстировкалау кезінде аналогтық қателіктер әсерінің салдарынан модель планда да, биіктігі бойынша да бұзылған болады. Бұл тексеру нүктелері бойынша жүзеге асырылатын оның түзетілуін талап етеді.

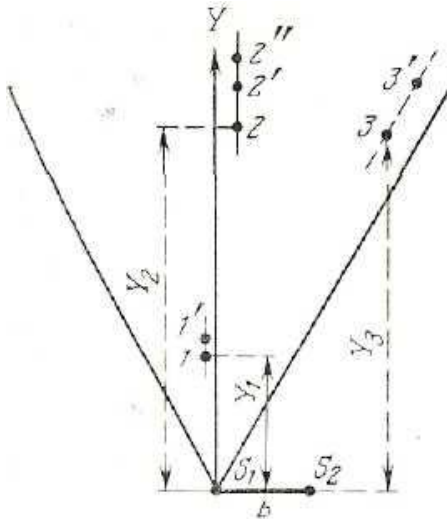
Мұндай түзетудің негізі мына теңдеулер жүйесін шешуге негізделген

$$\Delta Y = Y \frac{\Delta b}{b} - Y^2 \frac{\Delta \gamma}{b \cos^2 \lambda} + 2Y \operatorname{tg} \lambda \Delta \varphi \quad (141)$$

Оған Δb , $\Delta \gamma$, $\Delta \varphi$ үш белгісіздер кіреді. Демек, шешу үшін үш бақылау нүктелеріне ΔY шамасын білу қажет: олардың екеуі координаталардың фотограмметриялық жүйесінің Y осі бағыты бойынша S_1 проекциялау ортасынан әр түрлі арақашықтықта, ал үшіншісі – тұру нүктесінен максималь жойылуда жұптың стереокопиялық жабуының шетінде жатады.

Фототеодолиттік түсіру тәжірибесінде, жылжу шамасы тұрудың сол жақтағы нүктесінен тексеру нүктелеріне жүргізілген бағыт бойынша план масштабында $\Delta Y = \pm 5$ мм мәнінен сирек асады.

Осылайша, b_x , b_y , γ орнатылатын шамаларына түзетуді жүйелі жақындату әдісімен аспапта тікелей анықтайды. Сызу құрылғысының немесе цангтік микроскоп маркасының инесінің Y және X тұтқалар қозғалысымен планшетте 1 – нүктесімен қиыстырылады, ал модель нүктесі бар марканың стереокопиялық қиыстырылмауы b_x қозғалысы және Z аяқ тұтқасымен жойылады.



2.34-сурет. Тексеру нүктелері бойынша модельдерді түзету сызбасы

Осыдан кейін Z тұтқамен биіктік санағышында 2 – нүктенің геодезиялық белгісі орнатылады және сызу құрылғысы немесе цангтік микроскоп маркасының инесінің Y және X тұтқаларының айналуымен планшеттегі 2 – нүктесінің орнымен қиыстырылады. Модельдегі 2 нүктесі бар марканың бақыланып отырған стереоскопиялық қиыстырылмауы конвергенция бұрандасымен және Z аяқ тұтқасының қозғалысымен жойылады. Әдетте екі-үш жақындатудан кейін стереоскопиялық марканың 1 және 2 модель нүктелерімен қиыстырылуы және сызу құрылғысының нүктелерінің осы нүктелермен планшеттегі жағдай бойынша қиыстырылуы бақыланады.

Геометриялық модель толығымен түзетілген болып саналады, егер марканы бақылау нүктелеріне стереоскопиялық дәлдеу кезінде планда қиыстыру 0,2 мм-ден, ал биіктігі бойынша бедер қимасын $\frac{1}{6}$ -ден аспаса. Түзету біткен соң іргелес стереожұптарды өңдеу үшін қажетті жетіспейтін пландық және биіктік дәлелдеменің қоюлануы жүргізіледі. Бұл үшін олардың алыс және жақын пландағы жабу зоналарында жақсы танитын және бұл жұптардың жанастырушы таңбаларында қайтадан танитын нүктелерді таңдайды. Бұл нүктелерді суреттерге түсіреді, шеңбермен жүргізеді және оларға сәйкес номерлерді береді. Бұл нүктелерді көп мәрте нысаналағаннан кейін оларды планшеттерге түсіреді және сәйкес түрде безендіреді. Олардың қасына Жердің және рефракцияның қисықтығына түзетуі есепке ала отырып орташа белгіні жазады.

2.24. Сандық тахеометрлерді фототеодолиттік түсірулерде қолдану

Шағылыстырғышсыз инженерлік тахеометрлердің GPT-7000i бірегей сериясы. ПРИН компаниясы фототахеометрлерді әлемде алғаш болып шығарды. GPT-7000i сериясының тахеометрлері екі сандық фотокамерамен жабдықталған, оның біріншісі көру дүрбісіне орнатылған, ал екіншісі объектив үстінде орналасқан және операторға жұмыс аумағының

кеңбұрышты суретін алуға мүмкіндік береді.

Фотокамераларды қолдану түсіру жұмыстарын жүргізудің мүмкіндіктерін едәуір кеңейтеді. Бұл және жер бетінде түсірілген нүктелерді тікелей бақылаумен сандық бейнемен түсіруді сүйемелдеу; зенитке жақын нүктелердің жеңіл дәлденуі; бөлу жұмыстарында (жобалық нүктелер дисплейде сипаттамалық маркерлермен көрсетіледі) жер бетіне нүктелерді ыңғайлы және көрнекі шығару және т.б.

Бірақ аспаптардың ең басты артықшылығы, жердің үш өлшемді сандық моделін ыңғайлы және оңай құрудың мүмкіндігі.

Өлшенетін арақашықтық призмада 3000 м-ге және призмасыз 250 м-ге дейін. Арақашықтықты өлшеу дәлдігі $\pm (2\text{мм}+2\text{ppm})$, бұрыштарды өлшеу дәлдігі $1''$, ішкі жады 256 Мб.

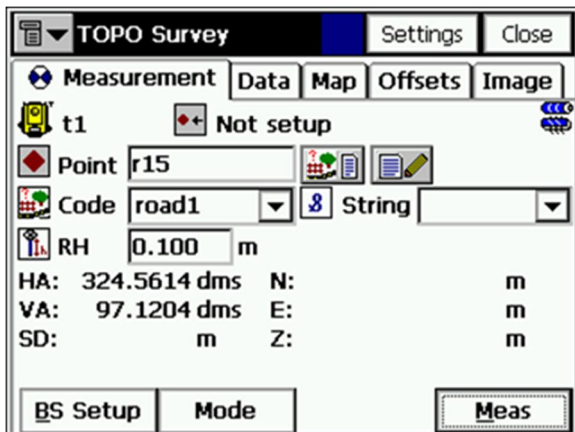
Операциялық жүйе: Windows CE



2.35-сурет. Сандық тахеометр

GPT – 7000i тахеометріне орнатылған қосымша бағдарламалық қамтамасыз ету үш өлшемді модельдеуге арналған.

2.36-суретте өлшеудің қарапайым режимінде операциялық жүйенің панелі көрсетілген.



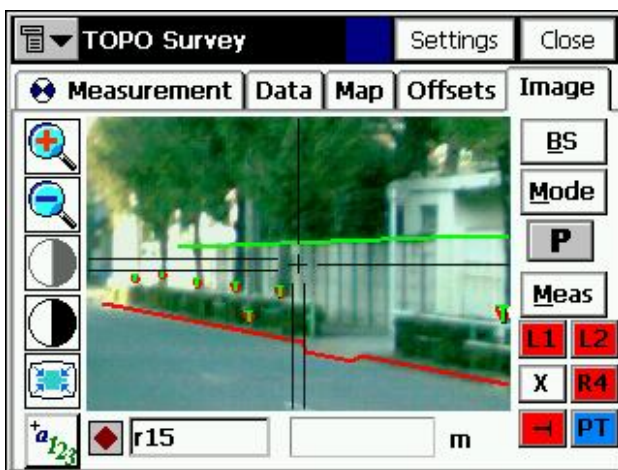
2.36-сурет. Өлшеудің қарапайым режимі

N – солтүстікке бағытталған координата

E – шығысқа бағытталған координата

Z – нүктенің биіктігі

Тахеометрді геодезиялық координаталары бар нүктелердің үстіне орнатады. Осы координаталарды тахеометр жадына енгізеді. Белгілі координаталары бар басқа нүктелерге дәлдейді.



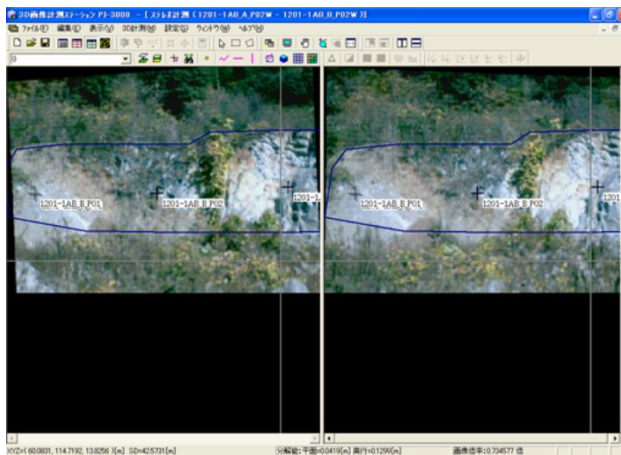
2.37-сурет. Сандық бейнемен жүретін өлшеу режимі

Кері геодезиялық есеп шешіледі, бастапқы дирекциондық бұрыш анықталады. Көру дүрбісін анықталатын нүктелерге дәлдейді, Р командасын басады. Жадыға анықталатын нүктелердің координаталары жазылады.



2.38-сурет. Түсірілетін аймақ

Өлшеу нәтижелері енгізілгеннен кейін, автоматты түрде бағдарлау есептеледі және экранға стереобейне шығарылады.



2.39-сурет. Стереобейне

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. Лобанов А. Н. Фотограмметрия.- М.: Недра, 1984
2. Ильинский Н.Д., Обиралов А. И., Фостиков А. А. Фотограмметрия и дешифрирование снимков. - М.: Недра, 1985
3. Обиралов А. И. Дешифрирование снимков для целей сельского хозяйства. - М.: Недра, 1982
4. Келль Л. Н. и др. Фотограмметрия.- М.: Недра, 1989
5. Обиралов А. И. Практикум по фотограмметрии и дешифрированию снимков. – М.: Недра, 1990
6. Дробышев Ф. В. Основы аэрофотосъемки и фотограмметрии. - М.: Недра, 1963 Госгеолтехиздат
7. Основные положения по аэрофотосъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов. - М.: Недра, 1982
8. Буров М. И., Краснопевцев Б. В., Михайлов А. П. Практикум по фотограмметрии . - М.: Недра, 1987
9. Инструкция по дешифрированию снимков и фотопланов в масштабе 1:10 000 и 1:25 000 для целей землеустройства государственного учета земель и земельного кадастра. ВИСХАГИ. - М.: Недра, 1978
10. Инструкция по топографической съемке в М 1:5 000, 1:2000; 1:1000,1:500.- М.:Недра 1982
11. Инструкция по топографической съемке в М 1: 5 000, 1:2000; 1: 1000, 1:500.- М.: Недра, 1974
12. Бруевич П. Н., Кириленко В. С., Лысков Г. А. Наземная фототопографическая съемка при инженерных изысканиях. –М.: Недра, 1979.
13. Трунин А. П., Финаревский И. И., Чистяков С. В. Фототеодолитная съемка в крупных масштабах. –М.: Недра, 1970.
14. Руководство по наблюдениям за осадками и смещениями инженерных сооружений фотограмметрическими методами, ГУГК. –М.: Недра, 1979.
15. Киенко Ю. П. Аналитические методы определения координат в наземной стереофотограмметрии. -М.: Недра, 1972.
16. ZEISS UMK 1318, Универсальные фотограмметрические камеры системы, Инструкция по эксплуатации, Jena: ГДР, 1980.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ.....	3
1. Фотограмметрия туралы жалпы мәліметтер.....	4
1.1. Аэрофототопографиялық түсірудің әдістерін жіктеу.....	5
1.2. Аэрофототүсіру.....	7
1.3. Аэрофототүсірулердің негізгі параметрлерін есептеу.....	8
1.4. Объективпен бейнені құрудың арнайы схемасы.....	10
1.5. Монокулярлық көру және бинокулярлық көру.....	12
1.6. Суреттерді және жергілікті жердің модельдерін бақылау тәсілдері.....	14
1.7. Орталық проекциялаудың оптикалық негіздері.....	17
1.8. Орталық және ортогональ проекциялар.....	18
1.9. Орталық проекцияның негізгі элементтері.....	19
1.10. Жалғыз аэросуретті талдау.....	21
1.11. Жалғыз аэросуреттің бағдарлау элементтері.....	22
1.12. Жергілікті жердің нүктелерінің координаталары мен олардың фотосуреттегі бейнелерінің арасындағы байланыс...	26
1.13. Горизонталь және еңкіш суреттердің сәйкес нүктелерінің координаталары арасындағы байланыс.....	30
1.14. Сурет нүктелерінің, оның еңкіштігі мен жергілікті жер бедерінің әсерінен жылжуы.....	32
1.15. Суреттің еңкіштігі әсерінен туындаған жылжулар.....	34
1.16. Аэросуреттерді трансформациялау.....	36
1.17. Трансформациялаудың қондыру элементтері.....	42
1.18. Фотосхемалар және фотопландар.....	44
1.19. Жұп суреттерді талдау.....	45
1.20. Жергілікті жердің нүкте координаталары мен олардың жұп фотосуреттердегі бейнелерінің координаталары арасындағы байланыс.....	50
1.21. Универсал стереоаспаптардың мәні және түрлері.....	52
1.22. Кеңістіктік фототриангуляция	55
1.23. Кеңістіктік фототриангуляцияның жобасын құрастыру	58
1.24. Жер үсті түсірудің негіздері.....	59
1.25. Жергілікті суреттердің бағдарлау элементтері.....	63
1.26. Көлемдер мен аудандарды анықтау.....	66

1.27. Деформацияны анықтаудың фотограмметриялық тәсілдері.....	71
1.28. Контурлық нүктелердің жылжуы бойынша деформацияны анықтау.....	74
1.29. Шөгінді жарықшақтардың параметрлерін өлшеу.....	79
2. Фототеодолиттік түсірудің маңызы. Даму тарихы.....	84
2.1. Фототеодолиттік түсіру.....	85
2.2. Жер үсті фототеодолиттік түсірулердің түрлері.....	87
2.3. Карьердегі фототеодолиттік түсіруде қолданылатын фотограмметриялық аспаптар.....	90
2.4. Photo 19/1318 фототеодолиті.....	90
2.5. Photo 19/1318 фототеодолиттік камераның бағдарлау құрылғысы.....	95
2.6. Түсіру жобасын құру.....	100
2.7. Аспаптарды, құрал-жабдықтарды және материалдарды дайындау.....	110
2.7. Учаскені рекогносцировкау.....	112
2.8. Суретке түсіру орталықтарын және бақылау нүктелерін бекіту, белгілеу.....	116
2.9. Нысанды суретке түсіру.....	120
2.10. Түсіруді орындау	121
2.11. Суретке түсіру базисін өлшеу.....	122
2.12. Суретке түсіру базистері мен бақылау нүктелерін геодезиялық байланыстыру.....	126
2.13. Кіші арақашықтықта жасалған фототеодолиттік түсірулердің ерекшеліктері.....	132
2.14. Фототеодолиттік суреттердің бағдарлау элементтері.....	136
2.15. Нысан нүктелерінің координаталарын анықтау.....	140
2.16. Геодезиялық және фотограмметриялық координаталар арасындағы байланыс формулалары.....	143
2.17. Суреттердің ішкі бағдарлау элементтеріне түзетулерді анықтау.....	146

2.18. Фотограмметриялық қиылыстыруды шешудің аналитикалық тәсілі.....	148
2.19. Координаталарды анықтаудың аналитикалық әдістері....	151
2.20. Технокарт теориясы.....	153
2.21. Технокартта фототеодолиттік суреттерді өңдеу әдістемесі.....	161
2.22. Фотограмметриялық модельді құру.....	165
2.23. Фотограмметриялық модельдің корректурасы.....	166
2.24. Сандық тахеометрлерді фототеодолиттік түсірулерде қолдану.....	168
БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ.....	172

Оқулық басылым

Омар Абдуллаұлы Сарыбаев

ФОТОГРАММЕТРИЯ

Оқу құралы

РБ бастығы

Редакторы

Компьютерде беттеген

З. Ғұбайдулина

А. Бейсебаева

Л. Қасжанова

Басуға қол қойылды 29.04.2015 ж.

Пішімі №1 баспаханалық қағаз.

Көлемі 11,0 есепті баспа табақ. Шартты баспа табағы

10,2. Таралымы 300 дана. Тапсырыс № 324.

Бағасы келісімді.

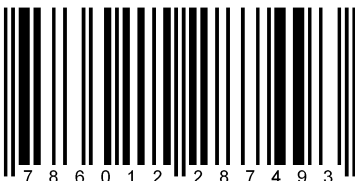
Қ.И. Сәтбаев атындағы

Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы,

Оқу-баспа орталығы.

Алматы қ., Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-228-749-3



9

7 8 6 0 1 2 2 8 7 4 9 3