

ДАЛАЛЫҚ ӨЛШЕМДЕРДІҢ ӨНДІРІСІ БОЙЫНША ҰСЫНЫСТАР

Аманбек Наурызбай

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
магистранты

Резюме

Разработанная методика получения вероятнейших параметров уравнений кривых вида (1) позволяет получить объективные данные, характеризующие профиль дорожного покрытия вдоль линий трассы;

Метод свободной станции, реализуемый при работе с электронным тахеометром, может давать значительный эффект, как для определения ровности дорожного покрытия, так и при геодезическом обеспечении строительства автомобильных дорог.

Жол төсемінің биіктік белгілеулерін анықтаудың ең жеңіл әдісі көлденеңділіктерді геометриялық ниверлеу әдісі болып табылады. Осындай мақсатпен жол төсемінде жолдың зерттелетін учаскесі көрінетін және оған нивелир орнатылатын бір нүкте тандап алынады. Оның белгілеуі кез-келген бір шартты мәнге тең болатындай етіп қабылданады немесе бастапқы белгі бойынша анықталады. Қажет болған жағдайда, жергілікті жердің жағдайына байланысты, жолдың зерттелетін учаскесі бірнеше бөліктерге бөлінуі мүмкін. Нивелирлік рейка 8 нүктенің кез-келгенінде (әр 5-10 м сайын) көлденеңділіктерде дәйектілікпен орнатылады, белгілеу мәніне ие болады. 8 сызықты зерттегенде мұндай шаманың 8*n* мәні болады. Әрбір сызықта 4 нүкте тандап алынады (барлығы 32 болады), сол белгілеулердің мәні арқылы Алға қойылған тапсырманы орындау үшін көп көлемді өлшем керектігін ескере отырып, заманға сай приборларды пайдаланған орынды. Біздің пікірімізше, құрамында кодты рейкасы бар компенсаторлы сандық нивелирді пайдала отырып, ең көп тиімділікті алуға болады. Мұндай жағдайда келесі процестер автоматтандырылады: рейка арқылы өлшемдер алу, оларды прибордың жадында сақтау; рейкаға дейінгі арақашықтықты анықтау; нивелирден рейкаға дейінгі арақашықтықтың теңсіз мәндері (иықтардың теңсіздігі) кезінде нивелирдің басты шарттарының сақталмауының әсерін есепке алу және т.б. Сондай-ақ *TRIMBLE*, *LEICA* және басқа да шетелдік

фирмалар жасап шығаратын ротациялық лазерлі нивелирлерді пайдалануға болады. Біздің ойымызша, *TRIMBLE*, *LEICA* және т.б. фирмалары шығаратын электронды тахеометрлерді пайдалану арқылы тригонометриялық нивелирлеу әдісіне де назар аударуға болады. Бұл тахеометрлер әртүрлі тапсырмаларды автоматты режимде орындауға мүмкіндігі бар бағдарламалар енгізілген прибормен жабдықталған стандартты пакетпен қамтамасыз етілгендігін ескерген жөн. Тахеометрлерді пайдаланудың тиімділігі ЭЕМ-ге арналған бағдарламалардың арнайы пакеттерін пайдалану арқылы біршама артады. Электрондық тахеометр кеңістіктік сызықты - бұрыштық (векторлық) кертiкті жүзеге асырады, ол арқылы биіктіктік қана емес, сондай-ақ жоспарланған координаттар беріледі, және де, оны пайдаланудың ең жоғары тиімділігіне «еркін станция» әдісін қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Бұл әдістің мәні, тахеометрдің келесі екі режимде жұмыс істеу мүмкіндігінің бар болуында:

1) горизонталь, вертикаль бұрыштарды өлшеудің және координаттары прибордың жадына алдын ала енгізілген (өлшеу сапасын бақылауды қамтамасыз етеді), кем дегенде төрт бастапқы пункттен арақашықтықты өлшеудің нәтижелері бойынша приборды үйлестіру және бағдарлау;

2) анықталатын нүктелердің координаттары анықталатын немесе нүктенің болмысына қарай шығарылатын түсірілім, олардың жобалық координаттары прибордың электронды жадына алдын ала енгізілген.

Бастапқы пункттерді, сондай-ақ анықтайтын нүктелерді сәйкес нумерациялау жүйесі кезінде прибордың электронды базасы өлшем туралы, сонымен қатар бастапқы пункттердің координаталары мен анықтайтын приборлардың координаталары жөнінде барлық ақпаратты жадында сақтайды. Бұл мәліметтер қажет болған жағдайда электронды байланыс құралдары арқылы жіберілуі мүмкін.

Анықталатын нүктелердің Δx , Δy координаталарының өсуі мен Δh артуы прибордың геометриялық центріне қатысты келесі формулалар бойынша есептеледі:

$$\begin{aligned}\Delta x &= d \cos \beta \cos \alpha \\ \Delta y &= d \cos \beta \sin \alpha \\ \Delta h &= d \sin \beta\end{aligned}\tag{1}$$

мұндағы d – өлшенген көлбеу арақашықтық, α - дирекциялық бұрыш, β - өлшенген вертикаль бұрыш.

$m_{\Delta x}$, $m_{\Delta y}$ координаталары өсімінің және $m_{\Delta h}$ артуының орташа квадраттық қателіктері прибордың дәлділік класына тәуелді болатын m_d , m_α және m_β өлшенген шамалардың орташа квадраттық қателіктеріне байланысты келесі (2) формула бойынша

$$m_{\Delta x}^2 = (\cos \beta \cos \alpha)^2 m_d^2 + (d \cos \beta \sin \alpha)^2 \left(\frac{m_\alpha''}{\rho''} \right)^2 + (d \cos \alpha \sin \beta)^2 \left(\frac{m_\beta''}{\rho''} \right)^2$$

$$m_{\Delta y}^2 = (\cos \beta \sin \alpha)^2 m_d^2 + (d \cos \beta \cos \alpha)^2 \left(\frac{m_\alpha''}{\rho''} \right)^2 + (d \sin \alpha \sin \beta)^2 \left(\frac{m_\beta''}{\rho''} \right)^2 \quad (2)$$

$$m_{\Delta h}^2 = \sin^2 \beta m_d^2 + (d \cos \beta)^2 \left(\frac{m_\beta''}{\rho''} \right)^2$$

мұндағы α және β - кертпенің дирекциялық және вертикаль бұрыштары, d – өлшенген арақашықтық.

Мұнда m_α дирекциялық бұрыштың орташа квадраттық қателігі дегеніміз горизонталь бұрыштардың орташа квадраттық өлшемдерінің қателіктері.

Векторлық кертпенің дәлділігін есептеу үшін өлшемді жоспарлағанда сәйкесінше қатысты орташа квадраттық қателіктерді өрнектейтін, (9) формулаға ұқсас формулаларды пайдалануға болады:

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{m_{\Delta x}}{\Delta x} \right)^2 &= \left(\frac{m_d}{d} \right)^2 + \operatorname{tg}^2 \beta \left(\frac{m_\beta''}{\rho''} \right)^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha \left(\frac{m_\alpha''}{\rho''} \right)^2 \\ \left(\frac{m_{\Delta y}}{\Delta y} \right)^2 &= \left(\frac{m_d}{d} \right)^2 + \operatorname{tg}^2 \beta \left(\frac{m_\beta''}{\rho''} \right)^2 + \operatorname{ctg}^2 \alpha \left(\frac{m_\alpha''}{\rho''} \right)^2 \\ \left(\frac{m_{\Delta h}}{\Delta h} \right)^2 &= \left(\frac{m_d}{d} \right)^2 + \operatorname{ctg}^2 \beta \left(\frac{m_\beta''}{\rho''} \right)^2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Егер реттелмеген дәлділіктің зерттелетін сызықтарында нүктелердің жоспарлы-биіктіктік жағдайын анықтағанда, өлшеу әдісін және приборлардың дәлдік класын анықтау керек болса, (3) формулаларға бірдей әсер ету ұстанымы қолданылады (4):

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{m_d}{d} \right) &= \operatorname{tg} \beta \left(\frac{m''_{\beta}}{\rho''} \right) = \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{m''_{\alpha}}{\rho''} \right) = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{m_{\Delta x}}{\Delta x} \right) \\ \left(\frac{m_d}{d} \right) &= \operatorname{tg} \beta \left(\frac{m''_{\beta}}{\rho''} \right) = \operatorname{ctg} \alpha \left(\frac{m''_{\alpha}}{\rho''} \right) = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{m_{\Delta y}}{\Delta y} \right) \\ \left(\frac{m_d}{d} \right) &= \operatorname{ctg} \beta \left(\frac{m''_{\beta}}{\rho''} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{m_{\Delta h}}{\Delta h} \right) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Еркін станцияның орналасу орны өлшеу жүргізуге тиімді шарттарды қамтамасыз ету бойынша және кертпенің ең нашар геометриялық параметрлерін ескеру арқылы анықталады. Геодезиялық прибор құрастырудың даму қарқыны бойынша өлшеу процестерін автоматтандыруға, геодезиялық құрылымдарды қолайлы етуге, өлшеу ақпараттарын математикалық өңдеуге қағазсыз жазу, сақтау және жіберу әдістеріне бағытталған инженерлік-геодезиялық өндірістің технологияларын жетілдіру мүмкіндіктері, тұтынушыларға геодезиялық мәліметтерді шынайы уақыт режимінде берудің барлық мүмкіндіктері бірталай ұлғайып келеді [3 және т.б.].

Автомобиль жолында бір бағыттағы қозғалыс жолағының саны әртүрлі болуы мүмкін, және олардың әрқайсысы транспорттың қозғалысының сапасына әсер етеді. Қозғалыстың жеке жолағы ішкі және сыртқы сораптан тұрады, олар жалпы жағдайда біраз кеңістікті қисықтар болып саналады. Бұл қисықтардың теңдеулері жолдың түзу сызықты учаскелерінде бірдей болуы тиіс (нүктелердің биік белгілерінің бір көлденендігіндегі айырмашылық құламаның тек қана тіктігімен шартталған) және (бұрылыстарда вертикаль қисықтар арқылы) қисық сызықты учаскелерге өзгешеленеді.

Жол құрылысын инженерлік-геодезиялық қамтамасыз етуде геодезиялық пункттердің сақталып қалуы үлкен проблема болып отыр, бұл тіректік тораптарда қалай болса, дәл солай бөлшектеу тораптарында үлкен мәселе. Жол құрылысын геодезиялық қамтамасыз ету туралы арнайы әдебиеттерде бұл әдіс баяндалмайды, сондықтан оның мағынасын қысқаша түсіндіру қажет деп есептейміз.

Бұл әдістің ерекшелігі, өлшеу процесі кезінде прибор бастапқы немесе анықталатын геодезиялық пункттің центрінің үстінде орналаспайды, ол прибордың бағытталуына, үйлесуіне және бақылау нүктесіне координаттардың берілуіне қолайлы болатын біршама жағдайдағы нүктеде болады. Жүзеге асырылған электронды тахеометрлерде еркін станциялардың режимі кеңістіктік координат жүйесін пайдаланады.

Белгілі бір шарттарға сәйкес, сәуле түсіргіш режимдегі (арнайы пленкаға) өлшемдер де, сәуле түсірмейтін режимдегі өлшемдер де болады.

Прибордың геометриялық центрінің жоспарлы-биіктік жағдайын және қабылданған координаттар жүйесінде оның бағытталуы біртекті (бақылаусыз) анықтау үшін белгілі жоспарлы-биіктік координаттармен екі бастапқы пунктке позициялау жүргізу жеткілікті. Осы мақсатта екі көлбеу алшақтық өлшенеді, біреуі – горизонталь, екеуі вертикаль бұрыштар. Қазіргі заманғы шетелдік өндіруші фирмалардың тахеометрлерінде әртүрлі режимдерде жұмыс істеуге мүмкіндік туғызатын, бекітілген сәйкес бағдарламалық қамдау бар. Осы этапта «приборды үйлестіру» режимінде жұмыс істеу қажет. Егер белгілі бір себептерге байланысты прибордың стандартты бағдарламалық қамдауын пайдалану мүмкін емес болса, онда тапсырманы шешуді орындау да мүмкін емес. Алдымен, келесі белгілі формуланы пайдалана отырып, горизонталь жазықтықта өлшенген сызықтардың проекциясын есептейді.

$$\left. \begin{aligned} S_a^0 &= S_a \cos \beta_A \\ S_b^0 &= S_b \cos \beta_B \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

A_0 және B_0 бастапқы пункттерінің центрлері проекциясының горизонталь жазықтықтағы арақашықтығы, сонымен қатар координаталардың өсу белгілерін ескере отырып, A_0B_0 (AB) сызығының тура және кері дирекциялық бұрыштары

$$\begin{aligned} S_{ab}^0 &= \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}; \\ \alpha_{ab} &= \arctg \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right); \\ \alpha_{ba} &= \alpha_{ab} \pm \pi \end{aligned} \quad (6)$$

Одан әрі синустар теоремасы бойынша A_0B_0C үшбұрышынан оның A_0 және B_0 шыңдарындағы горизонталь бұрыштар есептеледі:

$$\sin A_0 = \sin B_{ab} \frac{S_b^0}{S_{ab}^0}, \quad \sin B_0 = \sin B_{ab} \frac{S_a^0}{S_{ab}^0} \quad (7)$$

Үшбұрышта артық бір шаманың болуы, үшбұрыштағы қиылыспаушылықты есептеп алып, өлшеу және есептік бақылау жүргізуге мүмкіндік туғызады.

$$B_{ab} + A_0 + B_0 - 180^\circ = W \quad (8)$$

Өлшенген көлбеу алыстықдың бойымен бағытталған дирекциялық бұрыштар келесі формулалар бойынша есептеледі

$$\alpha_{ac} = \alpha_{ab} + A_0; \quad \alpha_{bc} = \alpha_{ba} - B_0. \quad (9)$$

Кез келген нүктеден прибордың центріне дейін координаттардың өсуі және соңғы координаттар келесі формулалар бойынша анықталады:

$$\Delta x_{AC} = S_{A_0C} \cos \alpha_{AC}; \quad \Delta y_{AC} = S_{A_0C} \sin \alpha_{AC} \quad (10)$$

$$X_C = X_a + \Delta x_{AC}; \quad Y_C = Y_a + \Delta y_{AC} \quad (11)$$

Прибор центрінің биіктік белгілеуі тригонометриялық ниверлеуден алынатын, арттыру бойынша екі бастапқы пункттерден бақылау арқылы анықталады.

$$H_C = H_a - S_a \sin \beta_A; \quad H_C = H_b - S_b \sin \beta_A \quad (12)$$

Қазіргі заманғы электронды тахеометрлерде барлық бұл есептеулер автоматты режимде орындалады, жадында сақталады және әрі қарайғы жұмыстарда пайдалануға болады. Шынайы объектілердегі жұмыс тәжірибесі ұсынылған тәсіл бойынша прибордың центрін үйлестіру мен бағдарлауды үш және оданда көп бастапқы пункттерде міндетті түрде орындау қажет. Мұндай жағдайда прибор қажет шаманы ғана көрсетіп қоймай, оларды анықтау қателіктерін де көрсетеді. Бастапқы пункттердің центрлерінің жоспарлы-биіктік жағдайының өзгеруі орын алғанда, үштен артық бастапқы пункттерді алады және міндетті түрде олардың тұрақтылығын талдау керек.

Приборды үйлестіру мен бағдарлауды орындағаннан кейін, бақылау нүктелерін үйлестіруге көшеді («түсірілім» режимі). Координаттары жоғарыда көрсетілген тәртіппен алынған бір, еркін

станциямен үйлестіру жүргізуге болады және көрінетін нүктелердің кез-келген санын бөлшектеуге болады. Шынайы шарттарда объектіде мұндай еркін станциялардың кез-келгені болуы мүмкін, жұмыс үшін саны да жеткілікті болуы мүмкін. Координаталық анықтамалардың қажетті және біртекті дәлділігін қамтамасыз ету үшін, теңдік есептеулердің өндірісі мен өлшеу нәтижелерінің дәлділігін бағалау әрбір еркін өлшеу станциясында басымдықпен орындалады.

Қолданылған әдебиеттер:

1. Леонович, И. И. Диагностика автомобильных дорог / И. И. Леонович, С. В. Богушович, И. В. Нестерович –Минск: Новое знание; М.: ИНФРА – М, 2011.–350 с.
2. Багратуни Г.В. и др. Инженерная геодезия – М: Недра, 1984
3. Молоденский М.С., Еремеев В.Ф., Юркина М.И. М.: Высшая школа, 1980.
4. Масевич А. Г., Тативян С. К. Спутниковая геодезия: достижения и задачи. – М.: Знание, 1981