

Код МРНТИ 36.23.31

*М.Б. Игемберлина¹, Г.Е. Жунусова¹, Ә.С. Тұяқбай², С.Б. Асланова¹¹Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті
(Қарағанды қ., Қазақстан),²Қ. Құлажанов атындағы қазақ технология және бизнес университеті (Астана қ., Қазақстан)

ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ӨНЕРКӘСІПТІК АЛАНДА ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕМЕ ЖОБАСЫН ӘЗІРЛЕУ

Аннотация. Мақалада цифрлық технологияларды қолдана отырып, геологиялық қазбалардың орналасуын ескере отырып, өнеркәсіптік аялда геодезиялық негіздеме жасау әдістемесі келтірілген. Заманауи технологиялар, заманауи геодезиялық жабдықтар, геодезиялық түсірілім деректерін өңдеу және жер бетінің жоғары дәлдіктегі цифрлық модельдерін құру қарастырылған. Trimble Business Center және Agisoft Metashape бағдарламалық өнімдерінің көмегімен далалық жұмыстарды өндіру және түсіру нәтижелерін камералдық өңдеу кезеңдері сипатталған. Салынған цифрлық модель негізінде рельефте ең үлкен айырмашылықтары бар аймақтар бөлінді, құрылыс процесінде мүмкін болатын деформациялардың бағыттары анықталды, сондай-ақ өндірістік аялдағы жер жұмыстарының көлемі есептелді.

Түйінді сөздер: өнеркәсіптік аяла, геодезиялық негіздеме, биіктік белгі, ұшқышсыз ұшу аппараттары, статикалық режим, репер, мәліметтерді өңдеу, жердің цифрлық моделі.

Development of a geodetic survey project at an industrial site using digital technologies

Abstract. The article presents a methodology for compiling a geodetic basis at an industrial site, taking into account the location of geological excavations using digital technologies. It discusses modern technologies, modern geodetic equipment, data processing for geodetic surveys, and the construction of high-precision digital models of the Earth's surface. The article describes the stages of field work and the processing of survey results using Trimble Business Center and Agisoft Metashape software products. Based on the constructed digital model, the areas with the greatest differences in terrain were identified, the directions of possible deformations during construction were determined, and the volumes of earthworks at the industrial site were calculated.

Key words: industrial site, geodetic survey, altitude mark, unmanned aerial vehicles, statistical mode, reference, data processing, digital terrain model.

Разработка проекта геодезического обоснования на промышленной площадке с применением цифровых технологий

Аннотация. В статье приведены методика составления геодезического обоснования на промышленной площадке с учетом расположения геологических выработок с применением цифровых технологий. Рассмотрены современные технологии, современное геодезическое оборудование, обработка данных геодезических съемок и построение высокоточных цифровых моделей земной поверхности. Описаны этапы производства полевых работ и камеральной обработки результатов съемки с помощью программных продуктов Trimble Business Center и Agisoft Metashape. На основе построенной цифровой модели были выделены зоны с наибольшими различиями в рельефе, определены направления возможных деформаций в процессе строительства, а также рассчитаны объемы земляных работ на промплощадке.

Ключевые слова: промплощадка, геодезическое обоснование, высотная отметка, беспилотные летательные аппараты, статистический режим, репер, обработка данных, цифровая модель местности.

Кіріспе

Өнеркәсіп және құрылыс салаларының белсенді дамуы жағдайында геодезиялық жұмыстардың жоғары дәлдігі мен жеделдігін қамтамасыз ету міндеті барған сайын өткір тұр. Сенімді геодезиялық негіздеме жасау кез-келген құрылыс жобасының ажырамас бөлігі болып табылады, әсіресе ірі өндірістік нысандарда. GNSS навигациясы, лазерлік сканерлеу, ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) және арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету сияқты заманауи цифрлық технологиялар геодезиялық тапсырмалардың тиімділігі мен сапасын айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік береді. Тақырыптың өзектілігі осы технологияларды инженерлік-геодезиялық қамтамасыз етудің стандартты процестеріне біріктіру қажеттілігіне байланысты.

Заманауи геодезиялық аспаптар мен технологиялар жер бетінің жай-күйін бақылау, инженерлік коммуникациялардың сақталуы және техногендік жағдайларды уақтылы болжау үшін пайдалы қазбалар кен орындарын игеруде кеңінен қолданылды. «Геобизнес» ЖШС жүргізген түсірілім деректері бойынша тау-кен жұмыстарын жоспарлау мен қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз ететін «Көктасжал», «Кузнецкий разрез» ашық кеніштерінің цифрлық модельдері әзірледі және оларды тау-кен өндірісін енгізді.

Осы зерттеудің мақсаты заманауи цифрлық технологияларды қолдана отырып, өнеркәсіптік аялда геодезиялық

негіздеме жасаудың тиімді әдістемесін әзірлеу және негіздеу болып табылады. Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін жұмыс шеңберінде мынадай міндеттер шешіледі:

- геодезиялық құрылыстардың заманауи әдістеріне шолу жасау;
- сандық технологиялардың мүмкіндіктерін талдау (GNSS);
- геодезиялық негіздемені құрудың технологиялық схемасын әзірлеу және іске асыру;
- цифрлық аспаптарды пайдалана отырып, далалық және камералдық жұмыстарды жүргізу;
- құрылған тірек желісінің дәлдігі мен тұрақтылығын бағалау;
- ұсынылған әдістеменің экономикалық тиімділігіне талдау жүргізу.

Зерттеу нысаны шағын өнеркәсіптік аймақтарда электр компоненттерін өндіруге арналған локализациялық орталықтың өндірістік аяны болып табылады және шамамен 30 000 м² ашық аумақ болып табылады, онда әртүрлі мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстар жобаланған: өндірістік корпусстар, пайдалы қазбалардың қоймалары, автожолдар, инженерлік желілер және басқа да күрделі құрылыс объектілері. Жер бедері сәл толқынды, биіктігі 5 м-ге дейін төмендейді, бұл жоспарлау кезінде дәл геодезиялық қамтамасыз етуді қажет етеді.

Геодезиялық негіздеме жасау әдістемесі

Өнеркәсіптік алаңда геодезиялық негіздеме жасау жоғары дәлдік пен тиімділікті қамтамасыз етуге бағытталған кезең-кезеңмен технологиялық схема бойынша жүзеге асырылды. Бірінші кезекте бастапқы деректерді жинау және талдау жүргізілді: жобалық құжаттама, инженерлік-геологиялық іздестіру материалдары, спутниктік суреттер, сондай-ақ мемлекеттік геодезиялық желінің жақын пункттерінің координаттары зерттелді. Бұл жер бедерінің ерекшеліктерін, құрылыстың сипатын және берілген дәлдік талаптарын ескере отырып, болашақ тірек желісінің оңтайлы конфигурациясын анықтауға мүмкіндік береді.

Сапаны бақылау координаттардың дәлдігін талдау кезеңінде жүзеге асырылды: орташа квадраттық ауытқулар есептелді, полигонометриялық соққылардың жабылуы тексерілді және әртүрлі өлшеу әдістерімен алынған нәтижелер салыстырылды. Тірек желісінің дәлдігі мен тұрақтылығын растағаннан кейін барлық нәтижелер цифрлық карталар, координаттар кестелері, атқарушы схемалар түрінде ресімделді және тапсырыс берушіге жобалық жүйелермен үйлесімді форматта берілді. Зерттеу жұмысы аясында Саран қаласының шағын өнеркәсіптік аймақтарында электр компоненттерін өндіруге арналған нысан болды, онда инженерлік құрылыстарды кейіннен салу және орналастыру жоспарлануда. Сайт қолжетімділіктің ыңғайлылығын, геодезиялық іздестірулерді жүргізудің өзектілігін, сондай-ақ дәл спутниктік және тахеометриялық бақылаулар үшін жағдайлардың болуын ескере отырып таңдалды [1].

Келесі кезең геодезиялық пункттерді бекіту болды. Пункттерді орнату орындары анықталғаннан кейін бұрыштама қою бағыттарын, есептік координаттар мен биіктік белгілерін көрсете отырып, орналастырудың алдын ала схемасы жасалды (1-сурет).



Сурет 1. Қоршауы бар бетондалған қатты репер.

Figure 1. Concrete solid anchor with fence.

Рис. 1. Забетонированный твердый репер с ограждением.

Қоршауы бар бетондалған қатты реперлер бойынша өнеркәсіп алаңында планды-биіктік геодезиялық негіз ретінде қызмет етеді.

Келесі кезеңде тірек нүктелерін орналастыру және бекіту жүзеге асырылды, олар болашақта өлшеулер жүргізуге негіз болды. Далалық жұмыстарға GNSS қабылдағыштарын статикалық және RTK режимдерінде пайдалану және тахеометриялық түсірілім жүргізу кірді. Координаттарды нақтылау үшін электронды тахеометрлер қолданылатын спутниктердің көру қабілеті шектеулі учаскелерге ерекше назар аударылды. Далалық кезең аяқталғаннан кейін деректер камералық өңдеуге жіберілді, онда желіні теңестіру, қателерді анықтау және жою, сондай-ақ жердің цифрлық моделін құру жүргізілді [2].

Сонымен қатар, аумақты визуалды зерттеу және геодезиялық белгілерді орнатудың оңтайлы нүктелерін таңдау үшін жерге бару жүзеге асырылды. Пункттерді таңдау кезінде мынадай талаптар ескерілді: спутниктік сигналдарды сенімді қабылдау үшін көкжиектің ашықтығы, тахеометриялық өлшеулер жүргізу үшін көрші пункттер арасында тікелей көрінудің болуы, сондай-ақ қозғалыстарды немесе деформацияларды болдырмау үшін негіздеменің тұрақтылығы. Сонымен қатар, ықтимал зақымдануды немесе бөлшектеуді болдырмау үшін нүктелердің орналасу қауіпсіздігі ескерілді.

Далалық жұмыстар өлшеудің жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ететін заманауи цифрлық геодезиялық аспаптарды пайдалана отырып, екі кезеңде жүргізілді. Негізгі құралдар Trimble R10 GNSS қабылдағышы және Leica TS09 тахеометрі болды, бұл барлық дәлдік талаптарын сақтай отырып, спутниктік және жердегі түсірілімдерді орындауға мүмкіндік берді. Trimble R10 GNSS қабылдағышы-нақты уақыт режимінде және статикада спутниктік өлшеулер жүргізуге арналған заманауи жоғары дәлдіктегі геодезиялық жабдық. Ол инженерлік-геодезиялық зерттеулерде, тірек желілерін құруда, кадастрлық және құрылыс жұмыстарында кеңінен қолданылады. Жоғары дәлдігі және өнімділігінің арқасында Trimble R10 заманауи геодезияда таптырмас құралға айналды [3].

Trimble R10-дің басты ерекшеліктерінің бірі – оның барлық жаһандық навигациялық спутниктік жүйелерден GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou және басқалардан сигналдарды қабылдау мүмкіндігі. Бұл қиын жағдайларда да сигналдың тұрақты қабылдануын қамтамасыз етеді: құрылыс кезінде, орманды жерлерде, биік құрылымдардың жанында. Trimble R10 көп жиілікті өңдеуді қолдайды, бұл координаттардың дәлдігі мен сенімділігін арттырады (2-сурет).

GNSS қабылдағыштары қолдану геодезиялық бақылауды атқару барысында бастапқы тірек пункттердің координаттарын жоғары дәлдікпен қайта анықтауды қамтамасыз етеді.

Статикалық режимде дәлдік миллиметрлік мәндерге дейін артады, бұл оны биіктік негіздемесін құруда әсіресе тиімді етеді және заманауи технологияның арқасында координаттарды есептеу жылдамырақ және сыртқы кедергілерге сезімталдығы төмен. Осылайша, заманауи жабдықтар мен бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдана отырып, барлық кезеңдерді дәйекті іске асыру нормативтік құжаттардың да, жобалық ортаның да талаптарына жауап беретін сенімді, дәл және цифрлық бағдарланған геодезиялық негіздеме құруды қамтамасыз етті [4].



Сурет 2. Trimble R10 GNSS қабылдағышы.
Figure 2. Trimble R10 GNSS receiver.
Рис. 2. GNSS-приемник Trimble R10.

Бірінші кезеңде GNSS өлшемдері статикалық және RTK режимдерінде Trimble R10 қабылдағышын қолдану арқылы орындалды. Статикалық режимде геодезиялық негіздеме құруға және координаттарды кейіннен теңестіруге арналған нүктелерді ұзақ мерзімді түсіру жүргізілді. Әр нүкте шарттарға байланысты 30–60 минут ішінде өлшенді, бұл координаттарды анықтаудың жоғары дәлдігін қамтамасыз етті.

RTK (Real Time Kinematic) режимінде дифференциалды түзетулер базалық станциядан жылжымалы қабылдағышқа жіберілді, соның арқасында координаттар нақты уақыт режимінде 1–2 см дәлдікпен анықталды. тұрақты және дәл орналасуды қамтамасыз ету үшін GPS, GLONASS және Galileo спутниктік жүйелері қолданылды. Бұл ішінара даму жағдайында немесе өсімдіктер болған кезде де сапалы мәліметтер алуға мүмкіндік берді. Алынған координаттар Trimble Business Center бағдарламалық жасақтамасымен үйлесімді форматта сақталды.

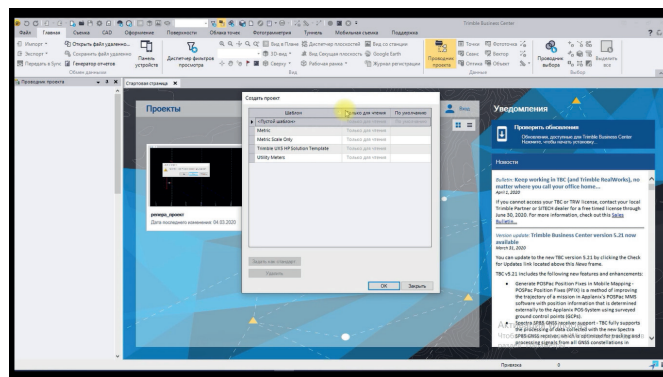
Екінші кезең Leica TS09 тахеометрін пайдаланып тахеометриялық түсірілім жүргізуді қамтыды. Белгіленген мақсаттарға қол қою, көлденең және тік бұрыштарды, сондай-ақ объектілерге дейінгі көлбеу арақашықтықтарды өлшеу жүргізілді. Жер бедерін, инженерлік құрылыстарды, сондай-ақ жер бедерінің контурларын өзгерту нүктелерін егжей-тегжейлі түсіру жүргізілді. Дәлдікті арттыру үшін жабық теодолиттік соққылар қолданылды, бұл өлшеу қателіктерін бақылауға және азайтуға мүмкіндік берді. Тахеометрді бағдарлау RTK-өлшеулер нәтижесінде алынған нүктелер бойынша немесе алдын ала теңдестірілген координаттар бойынша орындалды. Барлық нүктелер объектілердің түрлеріне (жер бедері, ғимараттар, желілер және т. б.) жіктелуін қамтамасыз ететін кодтар мен атрибуттармен қамтамасыз етілді.

Далалық өлшеулерді өңдеу импорттауға, теңестіруге, сапаны талдауға және өлшеу нәтижелерін визуализациялауға мүмкіндік беретін арнайы Trimble Business Center (TBC) бағдарламалық жасақтамасында орындалды. Бағдарламада спутниктік және тахеометриялық деректерді өңдеуге, сондай-ақ дәл геодезиялық желілерді құруға арналған қуатты құралдар бар.

Камералық өңдеудің негізгі кезеңдеріне мыналар кірді:

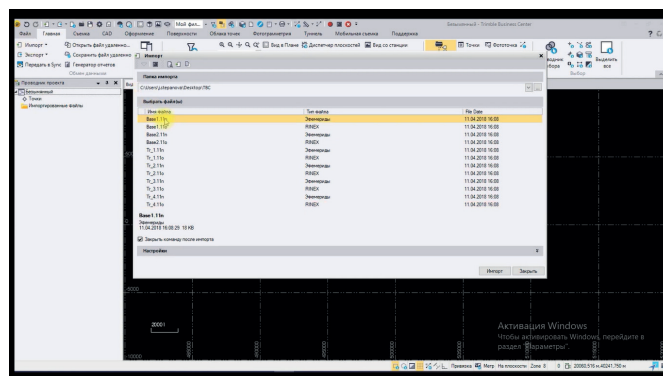
- далалық деректерін импорттау және құрылымдау;
- координаталық торды теңестіру;
- орташа квадраттық қателерді есептеу;
- өңдеу сапасын талдау;
- пункттер схемасын құру [5].

Бірінші кезеңде координаттар жүйесі берілген жаңа жоба құрылды-бұл жағдайда СК-42, 13 аймақ. Әрі қарай, далалық жұмыстар барысында алынған бақылау файлдары импортталды. T02 және RINEX форматындағы файлдар жүктелді, олар сегіз бақылау нүктесінің әрқайсысына, соның ішінде базалық станцияға сәйкес келеді (3–4 сурет).



Сурет 3. TBC бағдарламасында деректерді өңдеу үшін жаңа жоба құру.
Figure 3. Creating a new project for data processing in the TBC program.

Рис. 3. Создание нового проекта для обработки данных в программе TBC.



Сурет 4. TBC бағдарламасында деректерді импорттау.
Figure 4. Importing data in the TBC program.

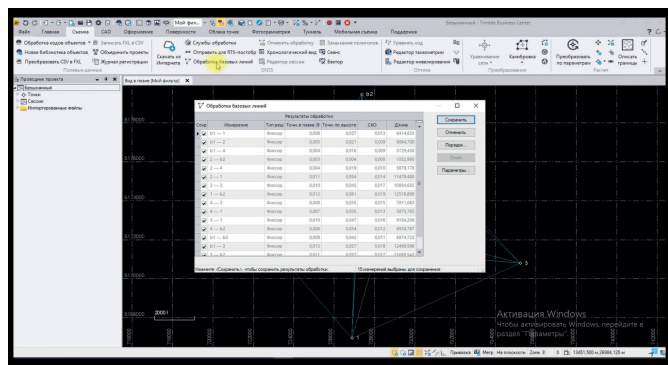
Рис. 4. Импорт данных в программе TBC.

Далалық жұмыстары аяқталғаннан кейін жаңа жоба жасалып, бағдарламаға мәліметтер импортталады, болашақ-

та кейінгі түсірілімдердің нәтижелері бойынша өзгерістер енгізу мүмкіндігі бар.

GNSS Processing бөлімінде әр сессияның параметрлері көрсетілген: басталу күні мен уақыты, бақылаулардың ұзақтығы, қабылдағыштардың түрлері, модельдер және антенналардың сериялық нөмірлері. Әр станция үшін Trimble R10 антеннасының параметрлері қолмен көрсетілген-антеннаның биіктігі (қиғаш және тік), антеннаның түрі, орнату әдісі. Сондай-ақ, деректердің толықтығы мен тұтастығы, барлық спутниктік өлшемдердің болуы және сессиялардың ұзақтығына қойылатын талаптардың сақталуы тексерілді. Бұл кезеңде сапаны бастапқы бақылау жүргізілді: егер сессияда сигнал қабылдау сапасы төмен болса немесе үлкен үзілістер болса, деректер алынып тасталуы немесе қайта түсірілуі мүмкін [6–7].

Келесі кезең бақылау нүктелері арасындағы негізгі сызықтарды – векторлық бағыттарды өңдеу болды. Бағдарлама нүктелер жұбы арасындағы барлық мүмкін болатын негізгі сызықтарды автоматты түрде қалыптастырды және оларды фазалық түсініксіздіктерді шешу алгоритмдерін қолдана отырып есептеді (5-сурет).



Сурет 5. TBC бағдарламасында негізгі деректерді өңдеу.

Figure 5. Processing basic data in the TBC program.
Рис. 5. Обработка базовых данных в программе TBC.

TBC бағдарламасында геодезиялық өлшеу деректерін өңдеу мәліметтер базасының едәуір мөлшерін салыстыруға және талдауға және олардың түсіру жағдайларына тәуелділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Бұл жобадан барлық жолдар бекітілген режимде сәтті шешілді, бұл алынған координаттардың жоғары сенімділігін көрсетеді. Сызықтарды өңдегеннен кейін Adjust Network модулінде желіні теңестіру кезеңі аяқталды. Белгіленген нүкте ретінде белгілі координаттары бар базалық станция қабылданды, қалған нүктелер GNSS өлшеу нәтижелері бойынша теңестірілді. Ішкі және сыртқы дәлдік параметрлерін бағалайтын ең кіші квадраттар әдісі қолданылды. Теңестіру нәтижелері әр нүктенің нақты координаттарын, жоспардағы және биіктіктегі қате мәндерін және сенім коэффициенттерін қамтыды. Бақылаулардың Жоғары сапасы мен нүктелер арасындағы кросс-байланыстардың арқасында (желі ішінде қосымша базалық сызықтар пайда болды) тамаша дәлдік сипаттамаларына қол жеткізілді. Ауытқулар жоспарда ±3 мм-ден және биіктігі бойынша ±4 мм-ден аспады, бұл жобалау сатысында ин-

женерлік геодезиялық жұмыстарға қойылатын талаптарға сәйкес келеді [8–9].

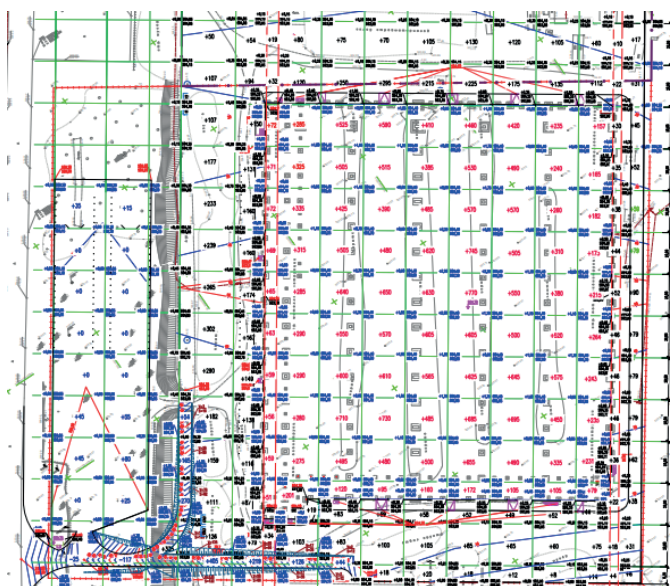
Нәтижелері

Өнеркәсіптік алаңда геодезиялық сүйемелдеудің негізгі кезеңдерінің бірі жер бедерінің цифрлық модельдерін құру және геодезиялық негіздеменің дәлдігіне талдау жүргізу болып табылады. Бұл модельдер жобалау, визуализация, құрылыс жұмыстарын бақылау және дизайн координаттарының сәйкестігін қамтамасыз ету үшін қажет.

GNSS түсірілімінің, тахеометриялық өлшеулердің және ұшқышсыз ұшу аппаратынан аэрофототүсірілімнің нәтижелері негізінде жердің цифрлық моделі (ЖЦМ) салынды. Деректерді өңдеу үшін Trimble Business Center және Agisoft Metashape бағдарламалық жасақтамалары қолданылды. ҰҰА фотограмметриялық кескіндері Agisoft Metashape-ге өңделді, онда суреттерді калибрлеу, нүктелік бұлтты құру, жердегі тірек нүктелерін Туралау және ортофотоплан жасау жүргізілді. Сонымен қатар, Leica TS09 тахеометрін қолдана отырып, жер бедерінің негізгі нүктелерінің координаттары, сондай-ақ суреттерде анық көрінбейтін инфрақұрылым элементтері алынды. Барлық деректер Trimble Business Center-де бірыңғай модельге біріктірілді. Нәтижесінде дизайн мен талдауға жарамды жергілікті координаттар жүйесінде жоғары дәлдіктегі ЖЦМ құрылды.

Геодезиялық негіздеменің дәлдігін бағалау үшін өлшемдерді статистикалық талдау әдістері пайдаланылды, оның ішінде:

- әртүрлі әдістермен алынған координаттарды салыстыру (GNSS, тахеометрия);
- көпбұрышты қозғалыстардағы тұйықталу мен қоспаларды талдау; желіні орташа квадраттық қателерді анықтаумен теңестіру [10–11].



Сурет 6. AutoCAD Civil 3D бағдарламасында өңделген ЖЦМ.

Figure 6. DTM processed in AutoCAD Civil 3D.
Рис. 6. ЦММ, обработанная в программе AutoCAD Civil 3D.

AutoCAD Civil 3D бағдарламасында өңделген ЖЦМ өнеркәсіп алаңында құрылысты атқару кезінде бастапқы құжат ретінде қолданылады. Осылайша, цифрлық өлшемдерге негізделген модельдеу және талдау жасалған геодезиялық негіздеменің дәлдігі мен сенімділігін растады. Алынған нәтижелер жобалау мен құрылыстың кейінгі кезеңдері үшін қажетті ақпараттық базаны қамтамасыз етті.

Қорытынды

Салынған цифрлық модель негізінде жер бедерінің ең үлкен айырмашылықтары бар аймақтар бөлінді, құрылыс процесінде мүмкін болатын деформациялардың бағыттары анықталды, сондай-ақ жер жұмыстарының көлемі есептелді. ЖЦМ AutoCAD Civil 3D жобалық ортасына біріктірілді, онда трассалар, көлбеу есептеулер және көлденең профильдер салынды. Талдау нәтижелері бойынша тірек пункттерінің координаттарының орташа квадраттық қателігі жоспар бойынша ± 1.5 см және биіктігі бойынша ± 2.0 см аспады, бұл нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес келеді (ҚН 126.13330.2021). Тірек нүктелерінің тұрақтылығы бірнеше күннен кейін қайта өлшеу арқылы расталды, бұл рұқсат етілген ауытқулар шегінде координаттардың тұрақтылығын көрсетті. Алынған мәліметтер атқарушы схемалар мен есеп беру құжаттамаларын жасау үшін пайдаланылды. Сонымен қатар, цифрлық модель 3D форматында визуализациялауды қамтамасыз етті, бұл гео-

дезистер, жобалаушылар және құрылыс бөлімшелері арасындағы байланысты коммуникацияны жеңілдетті.

Өнеркәсіптік алаңда геодезиялық негіздеме жасау кезінде жер бетінің цифрлық модельдерін жасау техногендік объектілердің жай-күйін бақылау процестерін автоматтандыруға және тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді болжауға мүмкіндік беретін перспективалы бағыттардың бірі болып табылады. Болашақта осы технологияны дамыта отырып, аэрофототүсірілім дерекқорын автоматтандырылған талдау үшін жасанды интеллект енгізуге, ұшқышсыз ұшу аппараттарының сенсорларын жетілдіруге және оларды әртүрлі геоақпараттық жүйелермен біріктіруге болады.

Ғылыми жаңалығы классикалық әдістерді озық цифрлық технологиялармен үйлестіре отырып, геодезиялық негіздемені құрудың кешенді тәсілі. Жұмыста GNSS қабылдағыштарын, тахеометрлерді және тірек желісін құру және бақылау үшін мамандандырылған бағдарламалық жасақтаманы қолдану ерекшеліктерін ескеретін технологиялық схема ұсынылған.

Алғыс

Авторлар «GeolProject Company» ЖШС маркшейдерлік-геодезиялық қызметінің қызметкерлеріне осы мақаланы жазу кезінде кеңес бергені және кеңес бергені үшін алғыс білдіреді.

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Өндірістік алаңда геодезиялық негіздеме жасаудың технологиялық схемаларын талдау / Уставич Г.А. [және т. б.] // Тау-кен институтының жазбалары. 2021. Т. 249. Б. 366–376 (орыс тілінде)*
2. *ҚР ЕЖ 1.02-101-2014 Құрылысқа арналған инженерлік-геодезиялық іздеулер. Негізгі ережелер. Астана. Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитеті, 2015. 179 б. (орыс тілінде)*
3. *Богданов К.В., Бекетова Е.Б. Пайдалы қазбалар кен орындарын геологиялық-геофизикалық барлауда ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану // Бүкілресейлік ғылыми-практикалық конференция материалдарының жинағы, Апатиты: Мурман мемлекеттік университеті, 2019. Б. 67–79 (орыс тілінде)*
4. *Smith M.W., Carrivick J.L., Quincey D.J. Қозғалыс құрылымына негізделген фотограмметрияның физикалық географиядағы қолданысы // Progress in Physical Geography. 2016. Т. 40. № 2. Б. 247–275 (ағылшын тілінде)*
5. *Бузало Н.А., Кундрюцков Д.Н., Пономарев Р.Р. Маркшейдерияда ҰҰА қолдану // Қазақстанның металлургия және тау-кен ісі. 2021. № 3. Б. 20–25 (орыс тілінде)*
6. *Катеринин К.В., Санжапов Б.Х. Ғимараттар мен құрылыстарды зерттеуде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану // Құрылыс және сәулет. 2022. № 1. Б. 6–10 (орыс тілінде)*
7. *Gerke M. және т. б. Қисайған борттық кескіндер жиынтықтарын бағыттау – ISPRS/EUROSDR мультиплатформалық фотограмметрия бойынша тестілеу нәтижелері // Халықаралық фотограмметрия, қашықтықтан зондтау және ғарыштық ақпарат ғылымдары мұрағаты, ISPRS XXIII Конгресі, 2016. Т. XLI-B1. № 41. Б. 185–191 (ағылшын тілінде)*
8. *Қалалық лидар деректері үшін пиксельдерді салыстыру сипаттамаларына негізделген кездейсоқ ормандар классификаторы / Wang C. [және т. б.] // ISPRS J Photogramm Remote Sens. 2019. № 148. Б. 75–86 (ағылшын тілінде)*
9. *Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. Қолданбалы фотограмметрия: жоғары оқу орындарына арналған оқулық: 21.04.02 – Фотограмметрия және кадастрлар мамандығы бойынша білім алушыларға арналған: М.: Академиялық жоба. 2016. 254 б. (орыс тілінде)*
10. *Лукьянова Д.О., Усеинова Ф.Р., Шульга А.В. Спутниктік позициялау технологиясын қолдана отырып құрылысты қамтамасыз ету үшін негіз құру // Инновация. Ғылым. Білім. 2021. № 7. Б. 1337–1343 (орыс тілінде)*

11. Жиектерді анықтау және геометриялық талдау арқылы 3D нүктелі бұлттардағы сызықтарды бақылау. Әуедегі лидар жүйелеріндегі жетістіктер және деректерді өңдеу / Huan Ni [және т. б.] // Қашықтықтан зондтау. 2018. Б 381–402 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Analiz tekhnologicheskikh skhem sozdaniya geodezicheskogo obosnovaniya na promploshchadke [Analysis of technological schemes for creating a geodetic basis at an industrial site], Ustavich G.A. [et al.], Zapiski Gornogo instituta [Notes of the Mining Institute]. 2021. V. 249. 366–376 pp. (in Russian)
2. SP RK 1.02-101-2014 Inzhenerno-geodezicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. Osnovnye polozheniya. Astana. Komitet po delam stroitel'stva, zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva i upravleniya zemel'nymi resursami Ministerstva natsional'noi ekonomiki Respubliki Kazakhstan [SP RK 1.02-101-2014 Engineering and Geodetic Surveys for Construction. Basic Provisions. Astana. Committee on Construction, Housing and Communal Services, and Land Resources Management of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan]. 2015. 179 p. (in Russian)
3. Bogdanov K.V., Beketova E.B. Primenenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov v geolo-geoficheskoi razvedke metorozhdenii poleznykh iskopaemykh [Application of Unmanned Aerial Vehicles in Geological and Geophysical Exploration of Mineral Deposits], Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference] Apatity: Murmanskii gosudarstvennyi universitet, 2019. 67–79 pp. (in Russian)
4. Smith M.W., Carrivick J.L., Quincey D.J. Structure from Motion Photogrammetry in Physical Geography // Progress in Physical Geography. 2016. V. 40. No. 2. 247–275 pp. (in English)
5. Buzalo N.A., Kundryutskov D.N., Ponomarev R.R. Ispol'zovanie BPLA v marksheiderii [Application of UAVs in Mine Surveying], Metallurgiya i gornoe delo Kazakhstana [Metallurgy and Mining of Kazakhstan]. 2021. No. 3. 20–25 pp. (in Russian)
6. Katerinin K.V., Sanzhapov B.Kh. Primenenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov pri obsledovanii zdanii i sooruzhenii [Application of Unmanned Aerial Vehicles for the Inspection of Buildings and Structures], Stroitel'stvo i arkhitektura [Construction and Architecture]. 2022. No. 1. 6–10 pp. (in Russian)
7. Gerke M. et al. Orientation of Sets of Oblique Aerial Images – Results of the ISPRS/EUROSDR Benchmark on Multi-Platform Photogrammetry // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIII ISPRS Congress, 2016. V. XLI-B1. No. 41. 185–191 pp. (in English)
8. Pixel Comparison Feature-Based Random Forest Classifier for Urban LiDAR Data / Wang C. [et al.] // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2019. V. 148. 75–86 pp. (in English)
9. Limonov A.N., Gavrilova L.A. Prikladnaya fotogrammetriya: uchebnik dlya vuzov: dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenii, obuchayushchikhsya po napravleniyu podgotovki 21.04.02 – Fotogrammetriya i kadastry [Applied Photogrammetry: A Textbook for Universities: For Students of the 21.04.02 – Photogrammetry and Cadastral Studies Program]. Moscow: Akademicheskii proekt, 2016. 254 p. (in Russian)
10. Lukyanova D.O., Huseynova F.R., Shulga A.V. Sozdanie osnovy dlya obespecheniya stroitel'stva s ispol'zovaniem tekhnologii sputnikovogo pozitsionirovaniya [Creating the basis for ensuring construction using satellite positioning technology], Innovatsii. Nauka. Obrazovanie [Innovation. Science. Education]. 2021. No. 7. 1337–1343 pp. (in Russian)
11. Edge Detection and Feature Line Tracing in 3D-Point Clouds by Analyzing Geometri. Advances in Airborne Lidar Systems and Data Processing. / Huan Ni [et al.] // Remote sensing. 2018. 381–402 pp. (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ технологических схем создания геодезического обоснования на промплощадке / Уставич Г.А. [и др.] // Записки Горного института. 2021. Т. 249. С. 366–376 (на русском языке)
2. СП РК 1.02-101-2014 Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Основные положения. Астана. Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан. 2015. 179 с. (на русском языке)
3. Богданов К.В., Бекетова Е.Б. Применение беспилотных летательных аппаратов в геоло-геофической разведке меторождений полезных ископаемых // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Апатиты: Мурманский государственный университет, 2019. С. 67–79 (на русском языке)

4. *Smith M.W., Carrivick J.L., Quincey D.J. Структура по данным фотограмметрии движения в физической географии // Успехи физической географии. 2016. Т. 40. № 2. С. 247–275 (на английском языке)*
5. *Бузало Н.А., Кундрюцков Д.Н., Пономарев Р.Р. Использование БПЛА в маркшейдерии // Металлургия и горное дело Казахстана. 2021. № 3. С. 20–25 (на русском языке)*
6. *Катеринин К.В., Санжапов Б.Х. Применение беспилотных летательных аппаратов при обследовании зданий и сооружений // Строительство и архитектура. 2022. № 1. С. 6–10 (на русском языке)*
7. *Gerke M. и др. Ориентация наборов наклонных бортовых изображений – результаты тестирования ISPRS/EUROSDR по мультиплатформенной фотограмметрии // Международный архив фотограмметрии, дистанционного зондирования и наук о пространственной информации, XXIII Конгресс ISPRS, 2016. Т. XLI-B1. № 41. С. 185–191 (на английском языке)*
8. *Классификатор случайных лесов, основанный на характеристиках сравнения пикселей для городских лидарных данных / Wang C [и др.] // ISPRS J Photogramm Remote Sens 2019. № 148. С. 75–86 (на английском языке)*
9. *А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова Прикладная фотограмметрия: учебник для вузов: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 21.04.02 – Фотограмметрия и кадастры: М.: Академический проект, 2016. 254 с. (на русском языке)*
10. *Лукьянова Д.О., Усеинова Ф.Р, Шульга А.В. Создание основы для обеспечения строительства с использованием технологии спутникового позиционирования // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 7. С. 1337–1343 (на русском языке)*
11. *Обнаружение границ и трассировка характерных линий в 3D точек с помощью анализа геометрических данных. Достижения в области бортовых лидарных систем и обработки данных. / Huan Ni [и др.] // Дистанционное зондирование. 2018. С. 381–402 (на английском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:

Игемберлина М.Б., Ph.D докторы, «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), igemberlina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4243-7748>
Жунусова Г.Е., т.ғ.к., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), lena_gulya@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5472-4061>
Тұяқбай Ә.С., Ph.D докторы, Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Астана қ., Қазақстан), assem_jan@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7333-6419>
Асланова С.Б., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының магистранты (Қарағанды қ., Қазақстан), sabinaaslanovaaa@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-2521-576X>

Information about the authors:

Igemberlina M.B., Doctor of Ph.D, associate professor of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)
Zhunusova G.E. Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)
Tuyakbay A.S., Doctor of Ph.D, associate professor of the Department of Chemistry, Chemical technology and Ecology, K. Kulazhanov Kazakh University of technology and business (Astana, Kazakhstan)
Aslanova S. B., master's student of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Игемберлина М.Б., доктор Ph.D, ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)
Жунусова Г.Е., к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)
Тұяқбай А.С., доктор Ph.D, ассоциированный профессор кафедры «Химия, химическая технология и экология» Казахского университета технологии и бизнеса им. К. Кулажанова» (г. Астана, Казахстан)
Асланова С.Б., магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)