

I BÖLMƏ

Azərbaycanda geoməkan məlumatları. Elmi-təcrübi innovasiyalar

CİS EMAL PROQRAMLARINDAN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ GENİŞ ƏRAZİLƏRDƏKİ DƏYİŞİKLİKLƏRİN AŞKARLANMASI

Musayev İlqar Fəxrəddin oğlu¹

m.t.h.e.f.d., Hərbi təhlillər üzrə aparıcı mütəxəssis
Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi,
Azərbaycan Respublikasının Kosmik Agentliyi (Azərkosmos), Azərbaycan
g-mail: llgar2533@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-4160-9309

Qocamanov Məqsəd Hüseyn oğlu²

t.e.d., professor, Bakı Dövlət Universiteti, Azərbaycan
Geodeziya və Kartoqrafiya kafedrasının müdiri,
email: mgodja@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0002-5653-5675

Ələsgərov Elman Ramazan oğlu³

doktorant, Məhsulun inkişafı üzrə üzrə aparıcı mütəxəssis
Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi,
Azərbaycan Respublikasının Kosmik Agentliyi (Azərkosmos), Azərbaycan
g-mail: elman.ales@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-6608-7028

Xülasə: Yer səthinin müəyyən hissəsini əhatə edən ərazi, insan fəaliyyətinin təbiətlə daima təmasda olduğu məkandır. Bura torpaq, su və bitki örtüyü kimi təbii elementlərlə yanaşı yaşayış məntəqələri, yollar şəbəkəsi, kommunikasiya xətləri, kanallar, fermer təsərrüfatı tikililəri, sənaye və sosial-mədəni obyektlər və insan fəaliyyətinin məhsulu olan digər süni elementlər aid edilir. Global texnoloji inkişaf yerin təkinə, səthinə və atmosfer örtüyünə təsirsiz ötüşmür ki, bu da öz növbəsində iqlim dəyişikliyinə səbəb olur. Nəticədə nəinki insanın ərsəyə gətirdiyi infrastruktur tikililər, bütünlüklə ərazinin lanşaft quruluşu belə durmadan dəyişikliyə məruz qalır. Dəyişikliklərin izlənilməsi, təhlil edilməsi və gələcəyə olğun proqnozlar verilməsi isə dövrümüzün ən aktual məsələlərindən biridir.

Hərbi sahədə əməliyyatların planlaşdırılması və həyata keçirilməsində ərazidə baş vermiş dəyişikliklərin nəzərə alınması mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Çünki hərbi fəaliyyətlər hava məkanını və dəniz akvatoriyasını əhatə etsə də belə, əsas və həlledici mərhələlər quru ərazisində cərəyan edir.

Məqalədə böyük ərazilərdəki dəyişikliklərin operativ aşkar edilməsi üçün Erdas Imagine və ArcGIS Map proqramlarının spektral analiz və dəyişiklik aşkarlama üsullarının qarşılıqlı istifadə edilməsi imkanları təqdim olunur.

Açar sözlər: Coğrafi İnformasiya Sistemi, geoməkan kəşfiyyatı, təsvir kəşfiyyatı, multispektral təsvirlər, spektral analiz, dəyişiklik analizi.

Günümüzdə cərəyan edən müharibələrin təhlilləri göstərir ki, döyüş və əməliyyatların operativ planlaşdırılması və uğurla həyata keçirilməsi üçün tələb olunan kəşfiyyat məlumatları yüksək texnoloji vasitə və üsulların tətbiq edilməsi ilə əldə edilir. Kəşfiyyat məlumatlarının çoxmənbəli qüvvə və vasitələrin cəlb edilməsi ilə toplanması və analiz edilməsi etibarlılıq dərəcəsi baxımdan əhəmiyyət kəsb edir. Çünki bir mənbədən əldə edilən informasiyanın etibarlılığının digər mənbələrdən əldə edilən informasiyalarla təsdiq edilməsi tələb olunur. Yalnız təsdiqini tapan informasiyaların gerçək əməliyyat mühiti daxilində qiymətləndirilməsi aparılır.

İnformasiyaların əldə edildiyi kəşfiyyat növlərinə Açıq mənbə kəşfiyyatı (Open-source intelligence, OSINT), Texniki kəşfiyyat (Technical intelligence, TECHINT), İnsan kəşfiyyatı (Human intelligence, HUMINT), Elektron kəşfiyyat (Electronical intelligence, ELINT), Signal kəşfiyyatı (Signals intelligence, SIGINT), Təsvir kəşfiyyatı (Imagery intelligence, IMINT) və digər kəşfiyyat növləri aid edilir. Açıq mənbə, signal, təsvir və elektron kəşfiyyatları məlumatlarını vahid mühitdə cəmləşdirən yeni kəşfiyyat növünə isə Geoməkan kəşfiyyatı (Geospatial intelligence, GEOINT) deyilir (Harpreet, 2019: s. 1).

Geoməkan kəşfiyyatı fəaliyyətinin tərkib hissəsi olan Təsvir kəşfiyyatı zamanı peyk, təyyarə, helikopter və pilotsuz uçuş aparatları (PUA) ilə əldə olunan təsvirlərin (aerofotoşəkillərin) üzərindəki məlumatların təhlili həyata keçirilir. Hərbi dillə ifadə etsək, təsvir kəşfiyyatı zamanı hərbi fəaliyyətlər meydanlarında və ya maraq sahələrində cərəyan edən fəaliyyətlərin hərbi deşifrənməsi aparılır. Hərbi deşifrəlmə ərazinin topoqrafik elementləri üzərindəki hərbi obyektlərin aşkar edilməsi, fəaliyyətləri barədə məlumatların toplanması, həmçinin onların kəmiyyət və keyfiyyət xüsusiyyətlərinin təyin edilməsi prosesinə deyilir. Hərbi deşifrəlmə bu sahədə fəaliyyət göstərən mütəxəssislərdən məntiqsəl zehni düşüncə, əmək və vizual qavrama tələb edir (Musayev, 2020: s. 12).

Təsvir kəşfiyyatı yuxarı qərargahdan daxil olan tapşırıqlara əsasən müəyyən hərbi obyekt, istiqamət, sahə və geniş əraziləri əhatə edə bilər. İstər hərbi obyektlər və istiqamətlər, istərsə də maraq sahələ-

ri və ərazilər üzrə yerinə yetirilən təhlillərdə vaxt amili mühüm rol oynayır. Əgər əsas diqqət və səylər müəyyən obyektlərə və ya çox da geniş olmayan istiqamətlərə cəmləşdirilmişsə, bu zaman kəşfiyyat informasiyalarının toplanması və emal edilməsi baxımından əldə mövcud olan kompüter təminatı proqramından istifadə edilməsi yetərlidir. Maraq sahələri və geniş ərazilər üzrə təsvir kəşfiyyatının aparılmasında isə vaxt amili və etibarlılığın təmin olunması üçün artıq bir deyil bir neçə kompüter proqramından emal vasitəsi olaraq istifadə olunması səmərəliliyi artırır. Təhlil prosesində informasiyaların təsnifatlandırılması və etibarlılığının artırılmasında baxımından insan, yəni təcrübəli mütəxəssis amilinin nəzərə alınması da vacibdir. Çünki maşın emalı geniş ərazilərdə baş vermiş dəyişiklikləri avtomatik olaraq qısa zamanda təqdim etmə imkanına malik olsa da belə, əməliyyat sahəsində cərəyan edən hadisələrin təhlil edilməsi, şəkilləndirilməsi və məntiqsəl mühakimə yürüdülməsi insan amililə bağlıdır.

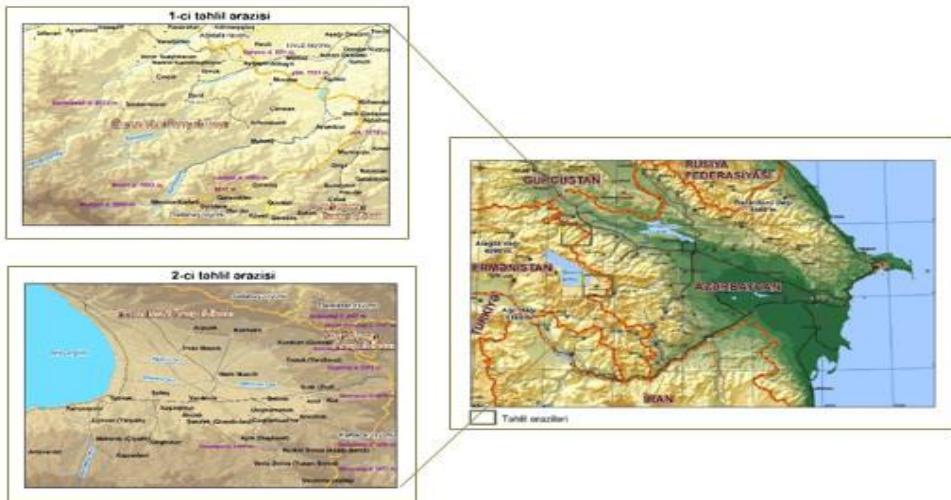
Təsvir kəşfiyyatı dörd mərhələ üzrə yerinə yetirilir. Birinci mərhələdə yuxarı qərargahdan verilən tapşırıqların aydınlaşdırılması aparılır, açıq mənbələrdən əldə edilən kəşfiyyat məlumatları, obyekt/obyektlər qrupu, istiqamətlər, maraq sahələri və əməliyyat ərazilərinin öyrənilməsi həyata keçirilir. Bundan sonra ərazidə cərəyan edən fəaliyyətlərin ümumi xəyali modeli qurulur və formalaşdırılması həyata keçirilir. İkinci mərhələdə təsvir üzərində deşifrənməsi tələb olunan obyektlərin axtarışı yerinə yetirilir. Obyektlərin axtarışı, yaranmış vəziyyət və ərazinin xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla xüsusidən-ümumiyyə və ya əksinə, ümumidən-xüsusiyyə qaydasında aparılır. Üçüncü mərhələdə təsvirlərin təfəsilatlı təhlili aparılmaqla sadə və mürəkkəb obyektlərin tanınması və izahlı şəhr olunması, yəni təfsiri və ya interpretasiyası həyata keçirilir. Dördüncü mərhələdə isə tək-tək obyektlər və ya obyektlər qrupunun ərazi fonunda yeri və fəaliyyətinə dair yekun rəylər formalaşdırılır (Карпович, 1990: s. 62).

1. Təhlil ərazilərinin seçilməsi

Geniş ərazilərdə baş vermiş dəyişiklikləri operativ aşkar etmək üçün əvvəlcə Edas Image proqramında "Spektral analiz" (Spectral Analyses), sonra isə ArcGIS Map proqramında "Dəyişikliyin aşkarlanması" (Change Detection) üsullarının tətbiq olunması düşünülür. Dəyişikliklərin aşkarlanması üçün Ermənistan Respublikasının Azərbaycan Respublikası ilə həmsərhəd olan Tavuş və Geqharkunik (Basarkeçər) vilayətlərinin sərhədə yaxın olan əraziləri seçilmişdir (Şəkil 1). Bu ərazilərin seçilməsində məqsəd "44 günlük Vətən müharibəsi"ndən öncə,

sonra və hazırkı hərbi-siyasi durumda buradakı düşmən hərbi mövqelərindən ölkəmizə qarşı mütəmaddi olaraq təxribat xarakterli fəaliyyətlərin həyata keçirilməsi nəticəsində oradakı mühəndis-istehkam sistemində baş vermiş dəyişikliklərin aşkar edilməsidir.

Birinci təhlil ərazisinin əksər hissəsi Ermənistan Respublikasının keçmiş Şəmsəddin rayonunu əhatə edir. Burada yüksəklik qiymətləri 1100 m. ilə 2000 m. arasında dəyişir. Bu xüsusiyyət göstəricisinə görə ərazini orta yüksəklikli dağlıq relyef quruluşuna aid etmək olar¹. Şərqə doğru, Azərbaycan Respublikasının Tovuz rayonu ərazisinə irəlilədikcə yüksəklik qiymətləri 700 – 1000 m təşkil edir. Relyevin bu xüsusiyyəti, yəni qərbdən-şərqə Kür ovalığına doğru tədricən alçalması sərhəd boyunca müdafiə mövqelərində tərtiblənmiş erməni hərbi bölmələrinə respublikamızın Tovuz rayonu ərazisinin müşahidə olunmasına və hərbi qarşıdurma zamanı mövqelərimizin atəş altına alınmasına imkan yaradır.



Şəkil 1. Monitoring təhlillər aparılan ərazi və maraq sahələri

İkinci təhlil ərazisi Ermənistan Respublikasının Qeqharkunik vilayəti ərazisini əhatə edir. Ərazi şimal, şərq və cənub tərəfdən hündürlüyü 3000 m. ilə 3300 m. arasında dəyişən yüksək silsilə dağlarla əhatələnir. Göyçə gölü sahillərindən silsilə dağların ətəklərinə qədər olan ərazi nisbətən düzənlik olması ilə seçilir. Bu səbəbdən də birinci təhlil ərazisindən fərqli olaraq respublikamızın ərazisindən Qərbi Azər-

¹ Alçaq dağlıq ərazi 500-1000m, orta dağlıq ərazi 1000-2000m, yüksək dağlıq ərazi 2000m və daha hündür (Бушов, 1976: s.61).

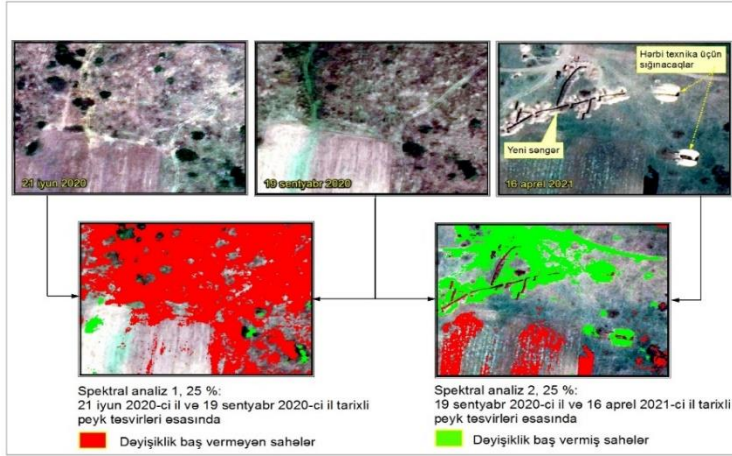
baycanın Basarkeçər mahalı olan bu ərazi tamamilə müşahidə oluna bilər.

2. Erdas Imagine proqramında dəyişikliklərin aşkar edilməsinin yoxlanılması

Qeyd edək ki, Erdas Imagine kompüter proqramında döyüş sahəsinin panxromatik və multispaktral peyk təsvirlərinin müqayisəli təhlilinin aparılması mümkündür. *Panxromatik*, yəni ağ-qara təsvirlər mənzərəni realistik, yəni insan gözü üçün qəbul etdiyi görüntüyə yaxın şəkildə əks etdirir. Panxromatik təsvirlərdə ərazidəki obyektlər daha aydın və təfəsilatlı görünməsinə rəğmən eyni ərazinin müxtəlif tarixlərə aid təsvirlərindəki piksellər eyni dəyərlərə malikdir. Buna görə də müxtəlif tarixlərə aid panxromatik təsvirlər əsasında spektral analiz üsulunun aparılması uyğun deyil. Çünki spektral analiz üsulu təsvirlərdəki piksel dəyərlərinin ($P_1 - P_2$) və spektral parlaqlıq fərqinə əsaslanır. *Multispektral təsvirlər* isə elektromaqnetik spektrin xüsusi dalğa uzunluğu diapazonlarında alınmış təsvirlərdir. Yüksək ayırdetməli panxromatik və aşağı ayırdetməli multispektral təsvirlərin birləşdirilməsi yolu ilə vahid yüksək ayırdetməli *rəngli təsvir alınması prosesinə panşarpetmə prosesi* deyilir (Musayev, 2020: s.18).

Piksel rəng dəyərlərinə malik olduğuna görə Erdas Imagine proqramında yerinə yetirilən spektral analizlərdə multispektral və ya panşarp təsvirlərdən istifadə olunur. Əsasını göy, yaşıl və qırmızı (blue, green, red) rəng bəndləri təşkil edən multispektral təsvirlərlə filtirləmə aparılması əlverişlidir, nəticədə ərazidə baş vermiş cüzi dəyişikliklərin belə təsbit edilməsi və müxtəlif rəng çalarlarında təqdim olunması imkanı yaranır (Musayev, 2019: s.7).

Yuxarıda, coğrafi şəraiti və oradakı hərbi-siyasi duruma dair qısa açıqlama verdiyimiz ərazilərin müqayisəli təhlillərinin aparılmasından öncə dəyişiklik aşkarlanmasında tətbiq edəcəyimiz spektral analiz üsulunun etibarlılığını sınaqdan keçirək. Bunun üçün döyüş sahəsindəki düşmən fəaliyyəti yerlərinin aşkarlanması ilə bağlı müxtəlif tarixlərdə çəkilmiş multispaktral peyk təsvirlərinin spektral analizini aparaq. Spektral analizi aparılacaq multispaktral peyk təsvirləri 2020-ci ilin 21 iyun, 19 sentyabr və 2021-ci ilin 16 aprel tarixlərində çəkilmişdir (Qeyd: peyk təsvirləri Google Earth açıq geoinformasiya portalından götürülmüş və Global Mapper proqramında koordinatlaşdırılmışdır). Sözügedən təsvirlər əsasında yerinə yetirilmiş spektral analizlərin nəticəsi aşağıda, şəkil 2-də təqdim olunur.



Şəkil 2. Müxtəlif tarixlərdə çəkilmiş peyk təsvirləri əsasında yerinə yetirilmiş spektral analizlər (Test variantı)

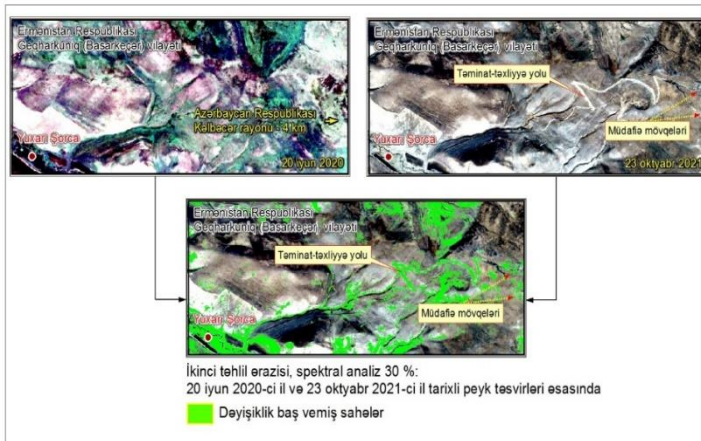
Peyk çəkilişləri aparılan dövr ərzində ərazidəki çəmənliklərdə artıq yaz cücərməsi baş vermişdir ki, bu da spektral analizlərdə oradakı qazıntılarla birlikdə yaşıl rənglə dəyişiklik kimi təqdim olunur. Qazıntıların bitki örtüyü dəyişikliyindən seçilməsi üçün əvvəlcə 10, sonra 20, lazım olduqda 25 və 30 %-li spektral müqayisələrin aparılması tələb olunur (Ələsgərov, 2020: s.11). Nəticədə yeni qazılmış səngər və sığınacaqlar ərazi fonundakı digər dəyişikliklərdən tədricən seçilməyə başlayır (Şəkil 3, spektral analiz 2). Əgər qazıntılar maskalanmış olsaydı və ArcGIS proqramında vizual monitoring zamanı aşkar edilməsəydi belə, Erdas Imagine proqramında aparılan spektral analizlər onların aşkar edilməsini mümkün edərdi.

3. Təhlil ərazilərinin spektral analizlərinin aparılması, dəyişikliklərin aşkar edilməsi

Geniş ərazilərdə baş vermiş dəyişikliklərin operativ aşkar edilməsi üçün əvvəlcədən seçilmiş təhlil ərazilərinin Erdas Imagine proqramında spektral analizlərinin yerinə yetirilməsi tələb olunur. Bunun üçün əvvəlcə Google Earth açıq geoinformasiya portalından götürülmüş peyk təsvirlərinin Global Mapper proqramında koordinatlaşdırılması, sonra ArcGIS Map proqramında məzmun dəyişikliyi yerlərinin müəyyən edilməsi, daha sonra Erdas Imagine proqramında spektral analizlərinin aparılması yerinə yetiriləcək. Qeyd edilməsi lazımdır ki, spektral analizlər zamanı eyni əraziyə aid olan peyk təsvirlərinin koordinatlarının üst-üstə düşmə dəqiqliyinin yoxlanılması da zəruridir. Çünki Erdas Ima-

gine proqramında eyni məkana aid təsvirlər arasındakı məzmun fərqi-
nin müəyyən edilməsi piksellər və parlaqlıq fərfinə görə aparılır. Koor-
dinatlardakı sürüşmələr planlı xətalara yanaşı spektr rənglərinin yayıl-
masına da səbəb ola bilər (Ələsgərov, 2020: s.3).

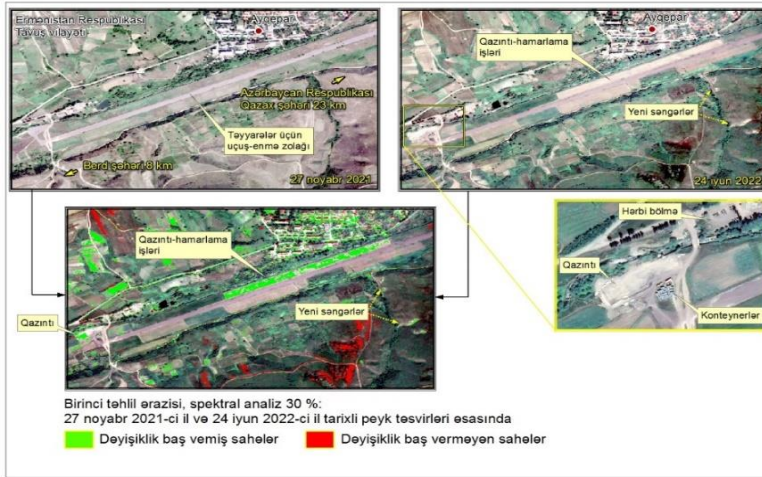
Biz, əvvəlcə 1-ci təhlil ərazisinin 27 noyabr 2021-ci il və 24 iyun 2022-ci il tarixlərdə çəkilmiş, 0.5 m çox yüksək ayırdetmə imkanlı peyk təsvirlərinin Global Mapper proqramında, WGS-84 koordinat siste-
mində koordinatlaşdırılmasını apardıq və bu təsvirlərin TİF formatında olan koordinatlı variantlarının ArcGIS Map proqramında məzmun dəyi-
şikliyini, sonra Erdas Imagine proqramında ardıcılıqla 10, 20 və 30 % spektral analizlərini yerinə yetirdik. Nəticədə Ermənistan Respubli-
kasının Tavuş vilayətinin Berd şəhərindən 8 km şimal-şərqdə, Ayqepar kəndinin yaxınlığında yeni qazıntı aparılması, qazıntı-hamarlama işləri-
nin yerinə yetirilməsi və yeni səngərlər hazırlanması aşkar edildi (şəkil 3).



Şəkil 3. Birinci təhlil ərazisi üzrə yerinə yetirilmiş spektral analiz

Dəyişikliklərin bilavasitə Azərbaycan Respublikasının dövlət sərhədi yaxınlığındakı kənddə yerləşən hərbi bölmənin və təyyarələr üçün ehtiyat uçuş-enmə zolağı yaxınlığında aparılması diqqət olunması məqamlardandır. Qeyd edək ki, bölmə yaxınlığında qazıntıların aparılması ilə təpələrin topoqrafik yalları boyunca yeni səngərlərin hazırlanması eyni vaxta təsadüf edir.

İndi isə Ermənistan Respublikasının Gərharkuniq (Basarkeçər) vi-
layətinin Azərbaycan Respublikasının Kəlbəcər rayonu ilə həmsərhəd hissəsini təşkil edən 2-ci təhlil ərazisi üzrə yuxarıda, 1-ci təhlil ərazi-
sində olduğu qaydada məzmun dəyişikliyini və spektral analiz proro-
seslərini yerinə yetirərək (Şəkil 4)



Şəkil 4. İkinci təhlil ərazisi üzrə yerinə yetirilmiş spektral analiz

Bu təhlil ərazisi üçün 20 iyun 2020-ci il və 23 oktyabr 2021-ci il tarixlərində çəkilmiş peyk təsvirlərinin müqayisəli analizlərindən istifadə edildi. Analizlərin nəticəsi olaraq Yuxarı Şorça kəndindən şərqə doğru, yüksək dağ yamaclarında əvvəlcədən hazırlanmış müdafiə mövqelərinə doğru yeni yolun çəkilməsi təsbit edildi. Yolun müdafiə mövqelərindəki hərbi bölmələrin təminat və təxliyyəsinin həyata keçirilməsi, həmçinin yaxınlıqdakı digər mövqelərlə əlaqə saxlanması məqsədilə çəkildiyi düşünülür.

Nəticə

Böyük ərazilər üzrə dəyişikliklərin operativ aşkar edilməsi üçün CIS proqramlarından qarşılıqlı istifadə edilməsi həm vaxta qənaət edilməsi, həm dəqiqlik, həm də ərazi fonunda çətin seçilən dəyişikliklərin təsbit edilməsi baxımından səmərəlidir. Müxtəf açıq geoinformasiya mənbələrindən əldə edilən peyk təsvirlərinin Global Mapper proqramında mutispektral rəng çalarları pozulmadan dəqiqliklə koordinatlaşdırılması, müxtəlif dövrlərdə çəkilmiş peyk təsvirləri əsasında ArcGIS Map proqramında məzmun dəyişikliyinə, Erdas Imagine proqramında isə spektral analizlərin aparılması əlverişlidir. Erdas Imagine proqramında yerinə yetirilən spektral analizlər nəticəsində aşkar edilən dəyişikliklərin növlərinə görə təsnifatlandırılması məsələsində mütəxəssis amilinin mütləq nəzərə alınması tələb olunur.

CIS proqramlarından qarşılıqlı istifadə edilməsi ilə böyük ərazilərdə baş vermiş dəyişikliklərin aşkar edilməsi üsulunun topoqrafik

xəritələrin yeniləşdirilməsi və xəritə məzmununa operativ düzəlişlər edilməsində praktiki tətbiq olunması tövsiyyə olunur.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Ələsgərov, E.R. Məsafədən müşahidə məlumatları əsasında Spektral Analiz metodunun tətbiqi // Azərkosmos ASC-də keçirilən təlimin mühazirəsi. – Bakı: 04.03.2020. – 11s.
2. Musayev İ.F., Qocamanov M.H., Həşimov E.Q., Dövri peyk şəkillərinin spektral analizi əsasında düşmən mövqelərindəki dəyişikliklərin monitorinqi // – Bakı: Hərbi İcmal, – 2020. №1, – s. 12-24.
3. Бубнов, И.А., Богатов, С.Ф., Дубов, С.Д., Калинин, А.К., Савченко, П.Т., Забитин hərbi topoqrafiya üzrə sorğu kitabı / И.А.Бубнов. – Москва: Воениздат, – 1976. – 333 с.
4. Musayev, İ.F. Yerin məsafədən müşahidə vasitələri ilə formalaşan peyk təsvirlərinin tematik deşifrənməsi // Azərkosmos ASC-də keçirilən təlimin mühazirəsi. – Bakı: 27-28.11.2019. – 25 s.
5. Карпович, И.Н. Военное дешифрирование аэроснимков / И.Н. Карпович. – Москва: Воениздат, – 1990. – 544 с.
6. Harpreet, P. Open source Intelligent Tools: [Electronic resource] /
7. URL:<https://www.greycampus.com/blog/information-security/top-open-source-intelligence-tools>.

DETECTION OF CHANGES OVER LARGE AREAS USING GIS PROCESSING SOFTWARE

Ilgar Musayev

Summary: The area covering a certain part of the Earth's surface is a space where human activity is in constant contact with nature. Along with natural elements such as terrain, land, water and vegetation, it includes settlements, road network, communication lines, canals, farm buildings, industrial and cultural objects and other artificial elements that are the product of human activity. Global technological development does not go unnoticed on the ground, surface and atmospheric cover, which in turn causes climate change. As a result, not only the infrastructural buildings created by man, but also the entire landscape structure of the area is constantly changing. Monitoring the changes, analyzing them and making predictions for the future is one of the most urgent issues of our time.

It is important to take into account the changes that have occurred in the area in the planning and implementation of operations in the military field. Because even though military activities cover the air space and sea water area, the main and decisive stages take place on land. If detecting changes in the area by selecting them from the background of the past area is one side of

the problem, recognizing them and classifying them according to their location is another. All of these processes that is, detection, recognition, and classification must be done faster so that the decisions made take into account the current geographic conditions.

At present, a number of GIS programs are used in military command centers equipped with modern technological supplies and equipment should timely detect all changes in the terrain and combat conditions and for including them in the current operational environment. At this time, in order to speed up the process of data processing and analysis, the characteristics of GIS programs should be taken into account and their mutual use opportunities should be taken advantage of.

The article presents the possibilities of effective use of spectral analysis and change detection methods of Erdas Imagine and ArcGIS Map programs for prompt detection of changes in large areas.

Keywords: Geographic Information System, geospatial intelligence, image intelligence, multispectral images, spectral analysis, change detection.

ВЫЯВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ НА БОЛЬШИХ ПЛОЩАДЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГИС

Ильгар Мусаев

Аннотация: Территория, занимающая определенную часть земной поверхности, является местом, где деятельность человека находится в постоянном контакте с природой. Наряду с природными элементами, такими как земля, вода и растительность, к территории относятся населенные пункты, дорожная сеть, реки, каналы, хозяйственные постройки, промышленные и социально-культурные объекты и другие искусственные элементы, являющиеся продуктом деятельности человека. Глобальное технологическое развитие влияет на недра и поверхности земли, в том числе атмосферу что, в свою очередь, вызывает изменение климата. В результате постоянно меняется не только созданная человеком инфраструктурная застройка, но и вся ландшафтная структура местности. Отслеживание изменений, их анализ и прогнозирование на будущее – одна из самых актуальных проблем современности.

При планировании и осуществлении операций в военной сфере очень важно учитывать произошедшие в районе изменения. Потому что хотя боевые действия охватывают воздушное пространство и морскую акваторию, но основные и решающие этапы происходят на суше. Если обнаружение изменений на местности является одной стороной проблемы, то их распознавание и классификация в соответствии с их местоположением - другая. Все эти процессы, то есть обнаружение, распознавание и классификация, должны выполняться быстрее, чтобы текущие географические условия учитывались при принятии боевых решений.

В настоящее время в военных центрах управления, оснащенных современными техническими средствами и оборудованием, используется ряд программ ГИС, позволяющих своевременно обнаруживать все изменения местности в боевой обстановки. При этом для ускорения процесса обработки и анализа данных следует учитывать особенности программ ГИС и использовать возможности их взаимного использования.

В статье представлены возможности взаимного использования метода спектрального анализа программы Erdas Imagine и оперативного обнаружения изменений на местности программы ArcGIS Map.

Ключевые слова: геоинформационная система, геопространственная разведка, визуальная разведка, мультиспектральные изображения, спектральный анализ, обнаружение изменений.

UOT: 5408.01

ACCURACY INVESTIGATION OF ANTENNA PHASE CENTER CORRECTIONS WITH SINGLE POINT POSITIONING TECHNIQUE

Emre Ayso^{1,a}

Muzaffer Kahveci^{2,a}

MSc., Research Assistant¹,

PhD, Professor²

^aKonya Technical University,

Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Geomatics Engineering,
Konya-Turkey

Email: eayso@ktun.edu.tr

mkahveci@ktun.edu.tr

ID ORCID: 0000-0002-8775-3149¹

0000-0001-5380-7164²

Abstract: Nowadays, especially in engineering and scientific applications where high accuracy is required, some effects need to be well modeled and/or corrected to achieve cm and dm accuracies. This study focuses on three correction models: satellite antenna phase center correction (SAPC), receiver antenna phase center correction (RAPC), and receiver antenna reference point correction (RARP). As it is known, single point positioning (SPP) is an absolute positioning technique that uses only code (C/A: Coarse Acquisition) observations with a single frequency GNSS receiver, and the accuracy that can be obtained from this technique varies between ± 1 -3 meters. In this study, KTUN_SPP software is used to investigate the effect of these correction mo-

dels on position accuracy and satellite-receiver distance (pseudorange). For this purpose, calculations were performed using 24-hour static data sets at 6 different IGS stations on the 31st day of 2022, and the results were compared with the results obtained from the "CenterPoint RTX Post-Processing" service in the topocentric coordinate system. The results show that the contribution of the RAPC correction and RARP correction to the horizontal (east and north) component position accuracy is less than 0%, while the up component improves up to 35%. On the other hand, RMS 3D accuracies of SAPC correction, RAPC correction, and RARP correction improved position accuracy for all selected stations.

Keywords: receiver antenna phase center correction, receiver antenna reference point correction, satellite antenna phase center correction, KTUN_SPP, single point positioning

INTRODUCTION

In order to obtain precise positioning with GNSS, some effects must be well modeled and/or corrected. One of these impacts is antenna phase center correction, which requires exact knowledge of the phase centers of the transmitting signal from the satellite and the received signal from the receiver. The position of the antenna phase center is not always the same as the geometrical center of the antenna. In fact, the phase center is not constant but rather depends on the direction of the incoming radio wave (Kahveci, 2010: p.3-9; Kahveci & Yıldız, 2022: p.130; Schmid et al., 2005: p.283-293).

Single point positioning (SPP) is an absolute positioning technique that uses only code (C/A: Coarse Acquisition) observations with a single frequency GNSS receiver. The real-time accuracy that can be obtained using broadcast ephemeris is between $\pm 1-3$ meters. Since the broadcast ephemeris refers to the satellite's antenna phase center (APC), no further correction is necessary when using the broadcast ephemeris. However, as in this work, antenna phase center corrections are required when precise ephemeris is used instead of broadcast ephemeris. This is because the precise ephemeris referred to the satellite's center of mass (Subirina et al., 2013: p.132).

The satellite antenna phase center (SAPC), receiver antenna phase center (RAPC), and receiver antenna reference point (RARP) corrections are used in this study to investigate the effect of these models on receiver position accuracy RMS (3D, 2D, North, East, Up) and satellite-to-receiver distance using the KTUN_SPP software.

DATA PROCESSING STRATEGY OF KTUN_SPP

Calculations were performed at 6 different IGS stations on Day 31 of 2022 (DOY) using 24-hour static observation files at a sampling rate of 30 seconds and IGS final products of the same day. On the other hand, the 'igs14.atx' file provided by IGS was used for antenna phase center corrections (URL 1). The results from KTUN_SPP and the results from the "CenterPoint RTX Post Processing" evaluation service were compared in the local geodetic (topocentric) coordinate system. The parameters used in the calculation are shown in Table 1, and the geographical distribution of the selected stations (FAIR, MADR, ZECK, CHAN, ABPO, and VACS) is shown in Figure 1.

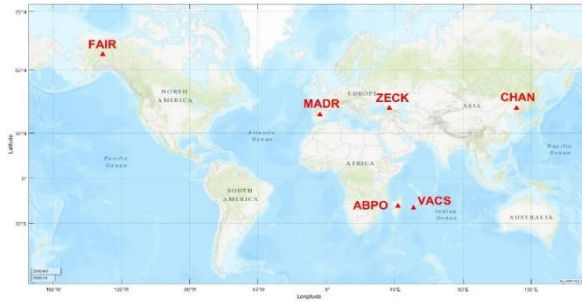


Figure 1. Geographical distribution of selected stations

Table 1. Summary of KTUN_SPP data processing strategy (Ayso, 2021)

Items	Models and Strategies
Observations	Undifferenced code observations
Signal selection	GPS L1 and Galileo E1
Satellite orbit and clock	IGS final products
Ionospheric delay	Iono-free combination
Tropospheric delay	Niell (1996)
PODT*	30 meters
Elevation cut-off angle	10 degrees
PDOP threshold	4
Sampling rate	30 seconds
Estimator	SPP: Kalman filter
Satellite APC	PCO* values corrected with igs14.atx
Receiver APC	PCO* values corrected with igs14.atx
Receiver ARP	Corrected
Relativistic effects	Rel.clock corr./Rel.signal path range
Tidal effects	Solid tides

PODT*: Prefit outlier detector threshold

PCO*: Phase Center Offsets

The mathematical model used in KTUN_SPP is given in Equations 1.

$$P^G = \rho^G + c * (\Delta t_R^G - \Delta t^G + \Delta rel_R^G) + T_R^G + SAPC_R^G + RAPC_R^G + RARP_R^G + RSPR_R^G + STide_R^G \quad (1)$$

where, the superscripts G denote GPS satellites, and the subscripts R denote receiver. P^G denotes the code observations in meters, ρ^G is the geometric range between the satellite and the receiver in meters, c is the velocity of light in vacuum in meters per second, Δt_R^G is the GPS receiver clock offset in seconds, Δt^G is the satellite clock offset in seconds, Δrel^G is the relativistic clock correction in seconds, T_R^G is the tropospheric delay in meters, $RSPR_R^G$ is the relativistic signal path range in meters, $STide_R^G$ is the solid tide effect in meters, $SAPC_R^G$, $RAPC_R^G$ and $RARP_R^G$ are in meters as expressed above.

RESULT AND DISCUSSIONS

Tables 2-7 show the SAPC, RAPC, and RARP corrections obtained from 6 different IGS stations in the topocentric coordinate system. While 'Full Model' in the tables shows the results obtained by taking into account all correction models, 'No SAPC', 'No RAPC', and 'No RARP' show the results calculated without including each of them individually. In addition, the values of each model in terms of the maximum (Max.), minimum (Min.), and average (Avg.) components of the satellite-receiver distance (variation in range) are shown.

Table 2. Topocentric coordinates of the models and range variation at the FAIR station

Model	Topocentric Coordinates (m) - FAIR					Variation in Range (m)		
	RMS 3D	RMS 2D	North	East	Up	Max.	Min.	Avg.
Full Model	0.4217	0.1737	0.1532	0.0818	0.3842			
No SAPC	0.5257	0.2523	0.2210	0.1218	0.4612	-0.6024	-1.6520	-1.1797
No RAPC	0.4798	0.1737	0.1533	0.0818	0.4473	-0.0013	-0.0877	-0.0469
No RARP	0.4776	0.1737	0.1532	0.0818	0.4449	-0.0012	-0.0846	-0.0452

Table 3. Topocentric coordinates of the models and range variation at the MADR station

Model	Topocentric Coordinates (m) - MADR					Variation in Range (m)		
	RMS 3D	RMS 2D	North	East	Up	Max.	Min.	Avg.
Full Model	1.2423	0.2911	0.1714	0.2353	1.2077			
No SAPC	1.4556	0.2666	0.2077	0.1672	1.4310	-0.6026	-1.8118	-1.1861
No RAPC	1.3305	0.2911	0.1708	0.2358	1.2983	-0.0016	-0.0918	-0.0520
No RARP	1.2666	0.2911	0.1714	0.2353	1.2327	-0.0006	-0.0254	-0.0144

Table 4. Topocentric coordinates of the models and range variation at the ZECK station

Model	Topocentric Coordinates (m) - ZECK					Variation in Range (m)		
	RMS 3D	RMS 2D	North	East	Up	Max.	Min.	Avg.
Full Model	1.2790	0.2506	0.1973	0.1545	1.2542			
No SAPC	1.4664	0.2882	0.2090	0.1984	1.4378	-0.6036	-1.7096	-1.1829
No RAPC	1.3639	0.2504	0.1965	0.1552	1.3407	-0.0012	-0.0888	-0.0445
No RARP	1.3220	0.2506	0.1973	0.1545	1.2980	-0.0001	-0.0450	-0.0225

Table 5. Topocentric coordinates of the models and range variation at the

Model	Topocentric Coordinates (m) - CHAN					Variation in Range (m)		
	RMS 3D	RMS 2D	North	East	Up	Max.	Min.	Avg.
Full Model	0.4854	0.2773	0.1923	0.1998	0.3984			
No SAPC	0.7146	0.3415	0.2069	0.2716	0.6277	-0.4449	-1.7758	-1.1834
No RAPC	0.5481	0.2777	0.1923	0.2004	0.4725	-0.0058	-0.0899	-0.0538
No RARP	0.6746	0.2773	0.1923	0.1998	0.6150	-0.0169	-0.2499	-0.1496

CHAN station

Table 6. Topocentric coordinates of the models and range variation at the ABPO station

Model	Topocentric Coordinates (m) - ABPO					Variation in Range (m)		
	RMS 3D	RMS 2D	North	East	Up	Max.	Min.	Avg.
Full Model	1.6956	0.2033	0.1876	0.0783	1.6834			
No SAPC	1.7663	0.2306	0.1746	0.1507	1.7512	-0.5880	-4.3080	-1.2003
No RAPC	1.7817	0.2040	0.1883	0.0785	1.7699	0.0009	-0.0892	-0.0445
No RARP	1.7036	0.2033	0.1876	0.0783	1.6915	0.0000	-0.0083	-0.0041

Table 7. Topocentric coordinates of the models and range variation at the VACS station

Model	Topocentric Coordinates (m) - VACS					Variation in Range (m)		
	RMS 3D	RMS 2D	North	East	Up	Max.	Min.	Avg.
Full Model	1.0267	0.5589	0.5577	0.0373	0.8612			
No SAPC	1.1429	0.6095	0.5944	0.1348	0.9668	-0.5800	-3.9900	1.2100
No RAPC	1.0988	0.5584	0.5571	0.0378	0.9464	-0.0038	-0.0897	-0.0487
No RARP	1.2342	0.5589	0.5577	0.0373	1.1004	-0.0068	-0.2500	-0.1358

The interesting aspect of this study is that KTUN_SPP obtained these results using code observations with an accuracy of 1-3 meters (Ayso & Kahveci, 2022). In other words, it was thought that the effects of these models might be lost in the coarse accuracy of the code observations and that these effects would be more understandable in a PPP (Precise Point Positioning) software that was planned to be developed. However, as shown in Tables 2-7, it is clear that the models improve the

RMS 3D and RMS up position accuracy at all stations, even though code observations are used. More clearly, the RMS 3D SAPC improvements at FAIR, MADR, ZECK, VACS, ABPO and CHAN stations were (19.8%, 14.6%, 12.8%, 10.2%, 4.0%, and 32.1%), RMS 3D RAPC improvements were (12.1%, 6.6%, 6.2%, 6.2%, 6.5%, 4.8%, 11.4%), RMS 3D RARP improvements were (11.7%, 1.92%, 3.3%, 16.8%, 0.5%, 28.0%), respectively.

CONCLUSIONS

In this study, the effects of antenna phase center models (SAPC, RAPC, RARP) added to the KTUN_SPP software, which is under development, on position accuracy and satellite-receiver distance are investigated. The results reveal that these three models improved the RMS 3D and RMS up component accuracies at all stations, but the contribution of the RAPC and RARP models to the horizontal (RMS 2D) component is approximately 0%. On the other hand, the SAPC correction model has the highest effect on the satellite-receiver distance.

References

1. Ayso, E. (2021). GPS L1-C1 ve Galileo E1-C1 gözlemleri kullanılarak üç boyutlu konum belirlenmesi üzerine araştırma [Master's thesis, Konya Technical University]. Retrieved from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
2. Ayso, E. & Kahveci, M. (2022). GNSS kod (pseudorange) ölçüleri ile tek nokta konum belirleme yazılımı: KTUN_SPP. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10 (3), 578-598.
3. Kahveci, M. (2010). GPS/GNSS Gözlemlerini Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, (102), 3-9.
4. Kahveci, M., & Yıldız, F. (2022). Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS): Teori ve Uygulama, Nobel Yayıncılık.
5. Schmid, R., Rothacher, M., Thaller, D., & Steigenberger, P. (2005). Absolute phase center corrections of satellite and receiver antennas. GPS solutions, 9(4), 283-293.
6. Subirana, J.S., Zornoza, J.J. and Hernández-Pajares, M., 2013, GNSS Data Processing Volume 1: Fundamentals and Algorithms, 299, ESA Communications ESTEC, PO Box.
7. Trimble CenterPoint RTX Post-Processing Service. (2022, October 1). Retrieved from <https://trimblertx.com/>
8. URL1:<https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadFile?file=ngs14.atx>