

UOT 528.4, 528.856**ATMOSFER CƏBHƏLƏRİNİN GPS SİQNALLARININ
GECİKMƏSİNİN EHTİMALININ HESABLANMASI ÜÇÜN DÜSTUR TƏKLİF EDİLMİŞDİR.**

R.Ə. EMİNOV*

GPS sistemi siqnallarının troposfer gecikməsinə gətirib çıxaran və qoşa hadisələr nəticəsində baş verən, yəni *isti cəbhənin gəlməsi və soyuq cəbhənin gəlməsi* ilə əlaqədar olan, ən vacib amillərdən biri kimi atmosfer cəbhələri təhlil olunmuşdur. Atmosfer cəbhələrinin gəlməsi ilə əlaqədar troposfer gecikməsinin müəyyən səviyyədən artıq baş verməsi ehtimalının hesablanması üçün düstur təklif edilmişdir. Atmosfer cəbhələrinin gəlməsinin proqnozu üçün məsafədən zondlaşdırmanın texniki vasitələrinin quraşdırılması qaydaları müəyyən olunmuşdur.

Açar sözlər: atmosfer cəbhələri, GPS siqnallar, troposfer gecikmə, məsafədən zondlaşma, proqnozlaşdırma.

Giriş. Bir çox alimlərin tədqiqatları, göstərir ki, atmosfer amilləri GPS siqnallarına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edərək, təyin olunan nöqtə koordinatlarının və yüksəkliklərinin qiymətlərində müəyyən səhvlərin yaranmasına səbəb olur [1].

İş [2]-də qeyd olunur ki, atmosfer cəbhələri nəinki havanın dəyişməsinə gətirən və hətta GPS sistemlərinin işini pozan ən vacib meteoroloji hallardır. Bu cəbhələr troposferdə yarandığı üçün, əsasən siqnallar yayılmasının troposfer gecikməsinə təsir edir.

Bu prosesləri dərinlən öyrənmək üçün aşağıda atmosfer cəbhələrin qısa xarakteristikasını verək. Atmosfer cəbhəsi iki müxtəlif hava kütlələri arasındakı sərhəd hesab olunur. Hava kütlələri aşağıdakı parametrlərlə fərqlənir: Hərərət; Küləyin sürətilə; Rütubət.

Müşahidə zonasında cəbhənin hərəkəti istiqamətindən və hərəkətinin sonrakı dəyişməsindən asılı olaraq atmosfer cəbhəsi soyuq, yaxud isti adlanır. Əgər soyuq hava isti hava ilə əvəz edilərsə, onda hərəkət etməyən müşahidəçi üçün bu hal soyuq cəbhənin gəlməsi deməkdir və əksinə, əgər isti hava soyuq hava ilə əvəz edilərsə, onda bu hal isti cəbhənin gəlməsi deməkdir.

Fiziki cəhətdən atmosfer cəbhəsi nisbətən nazik (qalınlığı 40-200 km olan) və iki hava kütlələrini ayıran üçölçülü hava siperinə bənzəyir. Bəzi hallarda cəbhəni frontal zona da adlandırırlar.

Cəbhələr hərəkətlərinin bu vacib xüsusiyyətləri nəticədə atmosfer cəbhələrinin GPS sisteminin işinə etdiyi təsirini biruzə verir.

İş [2]-ə əsasən atmosfer cəbhələr gəlişinin əsas göstəriciləri kimi aşağıdakılar hesab olunur:

İsti cəbhənin gəlişi: bu cəbhənin gəlişinə qədər hərərət tədricən qalxır; küləyin sürəti artır, təzyiq düşür, nisbi rütubət isə yağıntılara görə artır. Cəbhənin keçməsi müddətində hərərət qalxır, külək istiqamətini dəyişir, təzyiqin enməsi dayanır, hava rütubəti maksimuma çatana qədər artır. İsti cəbhə keçəndən sonra ciddi dəyişikliklər baş vermir. Soyuq cəbhənin keçməsi bir qədər başqa cür baş verir. Soyuq cəbhədən əvvəl hərərət cüzi dəyişir, təzyiq isə kəskin artır, ancaq rütubət və külək sürəti artdığından təzyiq kəskin enir. Soyuq cəbhə keçəndən sonra külək və hərərət dəyişməni da-

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
eminovramiz@mail.ru

vam edir, rütubət sürətlə azalır, təzyiq isə tədricən artır. Atmosfer yağıntılarının baş verməsi daha çox yer planetinin orta en dairələrində müşahidə olunur. Məsələn, iş [2]-də göstərilirdiyi kimi, qarşılıqlı havada İngiltərədə sutka ərzində 3-4 cəbhələrin keçməsi müşahidə olunur. Bütün bu hallar atmosfer cəbhələrin GPS sistemlər siqnallarının gecikməsinə etdiyi təsirinin öyrənilməsinin aktuallığını bir daha təsdiq edir.

İş [2]-də göstərilirdiyi kimi isti atmosfer cəbhəsinin gəlişi zamanı cəm troposfer zenit gecikməsi 11 saat ərzində 8 sm artır. Soyuq cəbhə keçdikdən sonra gecikmə həmin qiymət qədər 7 saat ərzində azalır. Bu zaman gecikmənin dəyişməsi aşağıdakı iki səbəbdən baş verir: rütubət gecikməsinin dəyişməsindən (su buxarlarının, buludların və yağışların hesabına görə);

- quru gecikmənin dəyişməsindən (atmosfer təzyiqin dəyişməsi hesabına görə).

Qeyd edək ki, cəbhələrin xüsusi qrupu da mövcuddur – onlar okklüziya cəbhələri adlanır və soyuqla isti cəbhələrin zamanla sıx ardıcıl keçməsi halında əmələ gəlir. İş [3]-də qeyd olunduğu kimi, onlar hava kütlələrinin qurulması ilə xarakterizə olunduğu üçün, GPS siqnallar gecikməsinin tədqiqi istiqamətində böyük maraq doğurur.

M s l nin qoyulu u. GPS siqnallarının troposfer gecikməsinin qiymətləndirilməsi səmərəliliyi üçün soyuqla isti cəbhələrin ardıcıl keçməsi halında rütubətli və quru gecikmələrin zamanla dəyişməsi qrafikini nəzərdən keçirək (şək.) [2]. Şəkildə görüldüyü kimi isti cəbhələrin keçməsi zamanı «quru gecikmənin» azalması, «rütubətli gecikmənin» isə kəskin artması müşahidə olunur. Bu halda soyuq cəbhənin keçməsi zamanı «rütubətli gecikmənin» kəskin azalması, «quru gecikmənin» isə sabitliyi müşahidə olunur.

M s l nin h lli. GPS siqnallar gecikməsinin təqribi ehtimalı qiymətinin tapılması üçün hesab edək ki, atmosfer cəbhələri keçərkən dəyişən yalnız rütubətli gecikmə olur. Anomal gecikməsi müəyyən A səviyyəsindən yüksək olarsa, elementar hadisələrin mühiti bu cür təyin edilə bilər:

$$\omega_A = \{\omega_1, \omega_2\},$$

burada ω_1 - soyuq cəbhənin gəlmə hadisəsidir; ω_2 - isti və soyuq cəbhələrin ardıcıl gəlmə hadisəsidir. Beləliklə, ω hadisəsinin baş vermə ehtimalı bu cür təyin olunacaq:

$$P(\omega) = P_1(\omega_1) + P_2(\omega_2).$$

Hesab edək ki, müşahidə zamanı n_1 sayda isti cəbhələr və n_2 sayda soyuq cəbhələr qeydə alınmış və bu zaman cəm troposfer gecikmə $A = 2,35 m$ qiymətindən yüksək olmuşdur; bu halda $n_3 = n_1$ sayda isti və soyuq cəbhələrin ardıcıl gəlmə hadisələri qeydə alınmışdır.

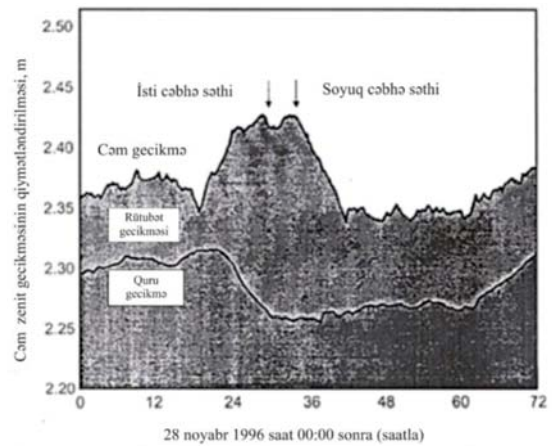
Birinci yaxınlaşmada hesab etmək olar ki, tək soyuq cəbhənin keçməsi halı ilə müqayisədə, n_3 halda olmuş zaman gecikməsinin baş vermə müddəti k dəfə çox olmuşdur. Beləliklə, A səviyyəsindən yuxarı ola bilən anomal gecikmənin baş vermə ehtimalı bu cür hesablanacaq:

$$P(\omega) = \frac{(n_1 - n_2)\Delta t}{T_H} + \frac{n_1 \cdot k \cdot \Delta t}{T_H} = \frac{n_2 \cdot \Delta t + n_1 \cdot \Delta t (k-1)}{T_H}, \quad (1)$$

burada Δt - troposfer gecikmə $2,35 m$ səviyyənə aşan müddət ərzində soyuq cəbhənin keçmə vaxtıdır. Əgər $k > 1$ olarsa, onda

$$P(\omega) \approx \frac{\Delta t n_1 (k-1)}{T_H}. \quad (2)$$

Əgər şəkildə göstərilmiş prosesi Qauss prosesi ilə approksimasiya etsək, onda aşağıdakı tənliyi almaq olar:



Şək. Rütubətli və quru gecikmələrin atmosfer cəbhələrlə bağlı dəyişməsinin dinamikası

$$n_1 = N_a \exp \left[-\frac{(A-a)(A+a-2m_x)}{2\sigma_x^2} \right], \quad (3)$$

burada N_a – əvvəldən seçilmiş a səviyyəsindən yuxarı olan yağıntıların miqdarıdır; m_x, σ_x - prosesin riyazi gözləməsi və orta kvadratik kənarlaşmasıdır.

(2)-ci və (3)-cü düsturlar əsasında aşağıdakını alırıq:

$$P(\omega) \approx \frac{\Delta t \cdot (k-1) \cdot N_a}{T_n} \exp \left[-\frac{(A-a)(A+a-2m_x)}{2\sigma_x^2} \right]. \quad (4)$$

Beləliklə (4) düstur GPS sistemlərdə $A = 2,35$ m səviyyəsindən yuxarı ola bilən troposfer gecikməsinin baş verə biləcək ehtimalını təqribən təyin edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, soyuq cəbhələrin tez gəlməsini proqnozlaşdırmaq üçün məsafədən təyinetmə vasitələrini tədqiqat obyektinin zonasından kənarında qurmaq tələb olunur. Bu onunla əlaqədardır ki, soyuq cəbhənin özünəməxsus meyletməsi nəticəsində onun gəlməsinin ilkin əlamətləri özünü aşağı yüksəkliklərdə biruzə verir.

N tic . Müəyyən olunmuşdur ki, GPS siqnallarının troposfer gecikməsinə gətirib çıxaran ən vacib amillərdən biri kimi qoşa təsir nəticəsində əmələ gələn atmosfer cəbhələri hesab oluna bilər. Onlar aşağıdakı qaydada gəlir: *isti cəbhənin gəlməsi; soyuq cəbhənin gəlməsi.*

Atmosfer cəbhələrin gəlməsi ilə əlaqədar troposfer gecikməsinin müəyyən səviyyədə artıq başverməsi ehtimalının hesablanması üçün düstur təklif edilib.

Atmosfer cəbhələrin gəlməsinin proqnozu üçün məsafədən zondlaşdırmanın texniki vasitələrinin quruluşlandırılması qaydaları müəyyən olunub.

Müəyyən olmuşdur ki, soyuq cəbhənin özünəməxsus meyletməsi nəticəsində onun gəlməsinin ilkin əlamətləri özünü aşağı yüksəkliklərdə biruzə verir.

REFERENCES

1. **Eminov R.** . GPS baza stansiyalarına arxalanaraq enerji-rütubət kriterisinə görə geodinamik poliçon məntəqələrinin mövqe təyin edilməsinin optimallaşdırılması. "Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri", Cild 10, №3, s. 108-113
2. **Gregorius T., Blewitt G.** The effect of Water-Fronts on GPS measurements. GPS World, May, 1998, pp. 52-60
3. En. Wikipedia. Org/wiki/Weather_front