

UOT 002

## GEOİNFORMASIYA MODELƏŞDİRİLMƏSİNDƏ MÖVCUD PROBLEMLƏR VƏ ONLARIN HƏLLİ

**Elvin Məhəmməd oğlu ALIYEV**

*Qərb Universiteti, Yüksək Texnologiyalar  
və İnnovativ Mühəndislik Məktəbi  
texnika üzrə fəlsəfə doktoru  
elvin.a.m@wu.edu.az*

*Geoinformasiya modelinin yaradılmasında qarşıya çıxan əsas problemlərdən biri verilənlərin georeferensiya və interpolyasiya olunması məsələləridir. Məqalədə bu istiqamətdə müxtəlif miqyaslı rastr xəritələrinin transformasiyası məsələlərinə baxılmış, georeferensiyanın mövcud üsullar şərh olunmuş, interpolyasiyanın bəzi üsulları öz əksini tapmışdır.*

**Açar sözlər:** *İnterpolyasiya, polinom, transformasiya, georeferensiya, multispektral.*

Geoinformasiya modelləşdirilməsində yaranan əsas problemlərdən biri georeferensiya əməliyyatıdır, digəri isə obyekt və hadisələrin interpolyasiyası nəticəsində yaranır ki, bu da geoinformasiya modelinin dəqiqliyinə birbaşa təsir göstərir.

Kompleks yanaşmalar əsasında dəqiq geoinformasiya modellərinin yaradılması bir çox sahələrdə xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Belə modellərin kənd təsərrüfatı təyinatlı torpaqlarının idarə olunmasında, ekoloji məsələlərdə və ətraf mühitlə bağlı işlənən layihələrdə, şəhər və regionların planlaşdırılmasında, idarəetmə sistemlərinin qurulmasında, proqnozlaşdırmada və s. sahələrdə tətbiqi öz həllini gözləyən aktual məsələlərdəndir. Obyekt və hadisələrin geoinformasiya modelləşdirilməsi bir sıra mərhələləri özündə əks etdirir. Xüsusi təqdim etmə forması olan geoinformasiya modellərinin yaradılmasında maraq kəsb edən məsələ tədqiq edilən obyekt və hadisənin hansı zaman intervalına aid olması deyil, onun xassələrinin, obrazının naturada daha dəqiq təsvirinin təmin edilməsidir. Belə ki, bizi əhatə edən aləm, obyekt və hadisələr mürəkkəb sistem təşkil edir. Bəzən bu mürəkkəb və unikal sistemdə gedən hər hansı prosesin, həmçinin baş verən hadisənin bütün hissələri ilə öyrənilməsi mümkün olmur. Belə modellər həm mövcud vəziyyəti, həm də proqnozlaşdırma kimi xassələri özündə əks etdirir. Bunun üçün müxtəlif müasir yanaşmalar mövcuddur və belə modellərin xüsusi özəlliyi ondan ibarətdir ki, o obyekt və hadisə haqqında geniş

məlumat vermək imkanına malikdir. Geoinformasiya modelinin qurulmasında iştirak edən faktorlar arasında məkan verilənlərinin georeferensiyası və interpolyasiyası vacib məsələlərdəndir.

Georeferensiya üsullarının öyrənilməsinin mühəndisi sahələrdə xüsusi əhəmiyyəti var. Mühəndis bu metodları bilməklə köhnə kağız xəritələrin elektron şəkilə gətirilməsini sifarişçinin bütün tələblərinə cavab verməklə yerinə yetirə bilər. Geoinformasiya sistemində obyekt və hadisələrin modelləşdirilməsi müxtəlif riyazi metodların tətbiqi ilə öz həllini tapır. Adətən qurulan modellərdə müxtəlifliklər və ya oxşarlıqlar müşahidə olunur ki, bu da həmin məsələlərdə bir çox yanaşmaların olmasını göstərir.

Məqalədə rastr verilənləri üzərində bir sıra transformasiya üsulları şərh olunmuş, həm ümumi təsvir üzrə, həm də hər bir nöqtənin koordinatlarına əsasən orta kvadratik xətlərin hesablanması metodlarına baxılmış, geostatistik və deterministik üsullar və bundan irəli gələn bir sıra məsələlər öz əksini tapmışdır.

Geoinformasiya modelləşdirilməsinin dəqiqliyi rastr verilənlərinin georeferensindən xeyli asılıdır. Buna səbəb georeferens əməliyyatı zamanı təsvirin coğrafi koordinat sistemində və kartoqrafik proyeksiyaya bağlanmasıdır ki, bu da onun üzərində dəqiq hesablamaların aparılmasına imkan verir, həmçinin yaradılacaq modelin daha dəqiq alınmasına şərait yaradır.

Adətən rastr təsvirlər kağız xəritələrin skaner olunmasından, aerokosmik məlumatların emalından və digər əməliyyatların aparılması nəticəsində alınır. Skaner olunmuş təsvirlərin məkan bağlantısı olmadığından, onların georeferens əməliyyatına cəlb edilməsi üçün bir çox hallarda koordinat sistemində bağlanmış məkan informasiyalarından istifadə olunur. Bağlantı məqsədi ilə istifadə edilən məkan informasiyaları nöqtəvi və sahəvi, həmçinin xətti xassələrə malik ola bilər. Belə informasiyalara həm də istinad obyektləri deyilir. İstinad obyektləri müxtəlif çevrilmələrin qurulması üçün istifadə olunur ki, bu da rastr təsvirlərin məkanca dəqiqləşdirilməsi işlərini yerinə yetirir. Qeyd edək ki, təsvirin georeferensiyasında koordinat bağlantıları bərabər səviyyədə aparılmalıdır. Belə ki, miqyasın kiçilməsindən asılı olaraq təsvirin bağlanma üsulları müxtəlif olur. Təcrübələr göstərir ki, georeferens əməliyyatı zamanı dəqiqliyin təminatı üçün transformasiyanın təsvir üzərində həm künc, həm də mərkəz hissələrində aparılması vacibdir. Belə əməliyyatlarda xətlərin minimum həddə çatdırılması üçün deformasiya olunmamış və ayırd etməsi kiçik olmayan təsvirlərdən istifadə olunması mütləqdir. Lakin, bu zaman rastr təsvirlərin formalaşdırılmasında istifadə olunan dpi (dots per inch) göstəricilərinə də xüsusi nəzər yetirilməlidir. Belə ki, skanetmə prosesinin keyfiyyəti 1 düymdə olan nöqtələrin sayından asılıdır. Baxılan məsələlərdə yüksək dpi tələb olunur və təsvirin emalı üçün yüksək göstəricilərə malik kompyuterlərin istifadəsi lazım gəlir.

Xəritə tərtibi zamanı təsvirlərin elektronlaşdırılmasını yerinə yetirmək üçün iri formatlı skanerlərdən istifadə olunur. Bu əməliyyatların daha dəqiq aparılmasını təmin etmək məqsədi ilə qoyulan minimum tələb 600 dpi göstəricisidir [1]. Təsvirin yüksək göstərici əsasında skan olunması onun çap zamanı natural rənglərinin saxlanılmasına imkan verir. Lakin bu da qeyd olunmalıdır ki, təsvirin ayırdetmə qabiliyyəti nə qədər yüksək olarsa, bir o qədər də onun həcmi böyük olar [2]. Məhz bu səbəbdən, təsvirin keyfiyyətli alınması üçün kiçik miqyaslı xəritələrin (kağız xəritələr) yüksək dpi göstəriciləri altında skan olunması məqsədəuyğundur.

İstinad obyektləri təyin olunduqdan sonra rastr verilənləri koordinat sisteminə bağlana bilər və bu prosesi aparmaq üçün polinomal və ya splayn üsulları istifadə olunur. Qeyri-xətti üsullarda isə polinom-2 və onun daha üst metodlarından istifadə edilir. Polinom-3 metodu skan zamanı deformasiya olunmuş xəritələrin bağlantısında tətbiq olunur. Polinom-4 isə çox az hallarda tətbiq olunur və yüksək təhrifli aerofotoşəkillərlə işlədikdə lazım gəlir [3]. Transformasiyada əmsalların qiymətləndirilməsi üçün yerüstü nəzarət nöqtələrinin seçimi mühüm rol oynayır. Bu halda, transformasiyanın nəticələrinin dəqiqliyi nəzarət nöqtələrinin seçilmə dəqiqliyi ilə sıx bağlı olur.

Qeyd olunmalıdır ki, xətti transformasiyalar polinomal çevirmələrin ən sadə üsulu hesab olunur və polinom-1 (Affin üsulu) metodu adlandırılır. Belə transformasiyalar zamanı emal olunmamış rastr təsvirin kartoqrafik proyeksiya müstəvisinə gətirilməsi lazım gəlir. Bu metod əsasən böyük miqyaslı xəritələrin çevrilməsində istifadə olunur. Qeyd edək ki, xətti transformasiya matrisi 6 əmsalın təyin olunmasını nəzərdə tutur [4]. Polinomların dərəcəsi nə qədər yüksək olarsa, bir o qədər də təsvir üzərindəki çətin təhriflər düzəliş edilə bilər. Belə ki, polinomun üst formalarının tətbiq olunması zərurəti istinad nöqtələrinin çoxluğundan irəli gələn məsələlərdir [5] və kiçik miqyaslı xəritələrin tərtib olunması zamanı lazım gəlir.

Adətən müxtəlif miqyaslı təsvirlərin çevrilməsində onların sıxılma xüsusiyyətləri nəzərə alınmır. Miqyasından asılı olmayaraq müxtəlif xəritələrin tərtibi zamanı və geoinformasiya analizlərinin aparılmasında istənilən özək üzrə məlumat itgisinə yol vermək olmaz.

Sıxılma zamanı təsvirlər elə şəkildə saxlanılır ki, onların ilkin vəziyyətini bərpa etmək mümkün olmur və məlumat öz ilkin vəziyyətini tamamilə itirir [6]. Bu səbəbdən, rastr verilənləri ilə işlədikdə sıxılma əməliyyatlarının istifadəsi tövsiyə olunmur.

Təsvirlərin saxlanılması üçün müxtəlif növ rastr formatları mövcuddur və onlar informasiya itkisi olmayan (TIFF, BMP), həm də informasiya itkisinə yol verən (JPEG, GIF) formatlardan ibarətdir. Qeyd etmək lazımdır ki, aerokosmik təsvirlərin saxlanılması üçün vahid format mövcud deyildir. Lakin yerüstü qəbul məntəqələri və ilkin emal mərkəzləri tərəfindən təqdim edilən çoxzonallı

(multispektral) kosmik təsvirlərin formatlarının ümumi struktur elementləri vardır. Buna misal olaraq təsvir haqqında xidməti məlumatları (məsələn, çəkilişin tarixi və vaxtı, çəkiliş aparatının növü, hündürlüyü, kalibrəmə verilənləri, ilkin emal haqqında informasiya və s.) göstərmək olar. Rəqəmsal təsvirlərin sıxılması - bitlərlə və ya baytlarla ifadə edilən qrafiki informasiyanın sıxlaşdırılmasından və həcm baxımından azaldılmasından ibarətdir. Bu əməliyyat məlumatların kiçik ötürmə qabiliyyətli kanallar vasitəsilə peyklərdən Yerə verilməsi zamanı təsvirlərin yazılması və saxlanması üçün tələb edilən yaddaş həcminə qənaət üçün lazımdır. Sıxılma əməliyyatını iki halda məlumatın itki ilə və ya itki olmadan həyata keçirilməsi mümkündür. Əgər hər hansı bir təsvirdə eynitonlu obyektlər (təmiz su hövzələri və s.) öz əksini taparsa, bu zaman sıxılma informasiyanı itirmir və parlaqlıq qiymətləri vahid qiymətlə əvəz edilir. Metodiki olaraq sıxılmanın bu növündə aerokosmik təsvirlərin informasiya həcmi orta hesabla iki dəfə azalır, lakin bu zaman təsvir tamamilə bərpa olunur və bu məsələ dekompressiya üsulundan istifadə etməklə öz həllini tapır. Dekompressiya zamanı da təsvirin detalları tam təfəssilatı ilə bərpa edilmir [7].

Polinom üsullarının tətbiqi zamanı əldə olunmuş yekun qiymətlərinin nəticələri istinad obyektlərinin çoxluğundan asılı olur və bu zaman həm ümumi rastr üzrə, həm də hər bir istinad nöqtəsi üçün orta kvadratik xətalara hesablanması mütləqdir.

Aparılan araşdırmalar onu deməyə əsas verir ki, miqyasından asılı olmayaraq istənilən deformasiya olunmuş təsvirin georeferens olunması səmərəli nəticə vermir. Müxtəlif layihə işlərində və mühəndisi məsələlərdə deformasiya olunmuş təsvirlərin ümumiyyətlə istifadəsi tövsiyə olunmur. Bəzi hallarda kağız xəritələrin və planların georeferensiyası lazım gəlir. Qeyd olunmalıdır ki, georeferensiya zamanı yaranan xətlər müxtəlif qiymətlərə malik olur. Bu qiymətlər istinad obyektlərinin sayından asılı olaraq üst polinomların tətbiqini tələb edir.

Aparılan araşdırmalar onu göstərir ki, baxılan məsələlərin daha dəqiq yerinə yetirilməsi üçün koordinatları məlum olan istinad nöqtələrindən və relyefin rəqəmsal modellərindən istifadə olunmalıdır [9]. Təsvirin transformasiyası zamanı onun miqyası, bucağı və digər faktorların əmsalları müəyyən olunur. Lakin, dağlıq ərazilər üçün ortotransformasiyadan istifadə olunur [10]. Ortotransformasiya əməliyyatı təsvirin ortoqonal proyeksiya müstəvisinə transformasiyasıdır və relyefdən alınmış təhrifləri aradan qaldırır.

Qeyd etmək lazımdır ki, istənilən halda polinomal modelin bütün dərəcələrini kağız xəritələrinin məkan bağlantısında tətbiq etmək olar. Lakin bu zaman qalıq (residual) və orta kvadratik xətalara (RMSE - *root mean square error*) mütləq baxılmalıdır [11]. Nöqtələrə fərdi şəkildə yanaşmaqla onların qalıq xətalara əsasən hər bir nöqtə üzrə orta kvadratik xətlər

$$R_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n XR_i^2} \quad (5); \quad R_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n YR_i^2} \quad (6); \quad T = \sqrt{XR_i^2 + YR_i^2} \quad (7).$$

kimi təyin edilir.

Burada  $R_x, R_y$  -  $x$  və  $y$  oxları üzrə ümumi orta kvadratik xəta;  $T$  - ümumi orta kvadratik xəta;  $n$  - istinad obyektlərinin ümumi sayı;  $XR_i$  və  $YR_i$  -  $x$  və  $y$  oxları üzrə  $i$  indeksli qalıq xətalərin qiymətləridir [12].

Müxtəlif riyazi məsələlərin həll üsullarının öyrənilməsi və onlar əsasında alqoritmlərin qurulması obyekt və hadisələrin modelləşdirilməsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Ümumiyyətlə, hər hansı bir prosesin hesablama riyaziyyatı əsasında tədqiqi zamanı bir neçə mərhələni qeyd etmək lazımdır. İlk mərhələdə riyazi model seçilir, yəni prosesin təsviri üçün cəbri, diferensial, yaxud inteqral tənliklərdən istifadə olunur. Daha dəqiq desək, prosesin təsviri üçün onun müəyyən riyazi struktur şəklində ifadə olunması tələb olunur. Daha sonra məsələnin həlli təqribi ədədi üsulla qurulur, yəni, hesablama alqoritm seçilir. Sonrakı mərhələlər hesablama alqoritmünün proqramlaşdırılması və proqram əsasında hesablama aparılması məsələlərindən ibarət olur [13].

Qeyd edək ki, modelləşdirmə üçün müxtəlif proqram təminatları vardır və onların üstün tərəfi bu işlərdə istifadə edilən qiymətlərin koordinat sistemlərində aparılmasıdır. Modelləşdirmədə qarşıya çıxan əsas problemlərdən biri interpolyasiyanın qeyri-səlis təsvir olunmasıdır. Yəni TIN modelin qurulması zamanı düyünlərin iti bucaq altında təsvir edilməsidir. Bunu vizualizasiya əsasında da korrekt etmək mümkündür. Səlis əyri xətlərin yaradılmasında daha geniş istifadə olunan üsul Splayn interpolyasiya metodudur. Belə üsulların kompleks araşdırılması modelləşdirmədə mühüm əhəmiyyət kəsb edir [14].

Geoinformasiya sistemlərində interpolyasiya olunacaq nöqtələr müəyyən koordinat sistemində yerləşir, hər bir nöqtənin ünvanı məlum olur və konkret sorğular əsasında vahid qiymətə malik nöqtələrdən istənilən xəttin keçirilməsi mümkün olur. Rastr interpolyasiyası da bu prinsipə əsaslanır. Yüksək həssaslı modellər də interpolyasiya olunarkən bu prinsipdən istifadə edilir. Bu prinsip geostatistik analiz üsullarına da aiddir. Amma burada nöqtənin identifikasiya qiyməti, nöqtələr arasındakı məsafələr və digər faktorlar nəzərə alınır.

Coğrafi informasiya sistemində qurulmuş model informativ olur. Modelin informativliyi də onun coğrafi əsasından və hansı dəqiqlikdə interpolyasiya olunmasından xeyli asılıdır. Bu əməliyyatların dəqiq aparılmasını təmin etmək üçün müxtəlif metodlar mövcuddur ki, bu üsulların da tətbiqi baxımdan qarşıya qoyulan konkret şərtlərə görə öyrənilməsi vacibdir. Məhz bu səbəbdən, məqalədə həmin modellərin yaradılması ilə bağlı transformasiya üsullarının və interpolyasiya metodlarının tətbiqi məsələləri öz əksini tapmışdır.

Beləliklə, məqalədə modelləşdirmə zamanı təsvirlərin georeferensiyası üsullarına və orta kvadratik xətlərin qiymətləndirilməsi metodlarına baxılmışdır. Rastr üzrə nöqtənin orta kvadratik xətasının hesablanması metodları da şərh olunmuşdur.

### Ədəbiyyat:

1. [www.graphtec.ru/application/cartography/](http://www.graphtec.ru/application/cartography/)
2. [skanworld.ru/razreshenie-skanera-kakoe-znachenie-optimalnoe.html](http://skanworld.ru/razreshenie-skanera-kakoe-znachenie-optimalnoe.html)
3. Токарева О. С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли. Томск: Изд-во Томский политехнического университета, 2010, 148 с.
4. Методические указания к выполнению курсовой работы по фотограмметрии и дистанционному зондированию. Сост. Лисицин В.Э. Харьков: ХНАГХ, 2006. 90 с.
5. [gis-lab.info/qa/polynom.html](http://gis-lab.info/qa/polynom.html)
6. [www.ukrprint.com/prepress/theory/img\\_compress.php](http://www.ukrprint.com/prepress/theory/img_compress.php)
7. Aliyev E.M. MZ verilənlərinin müxtəlif genişlənmələrdə saxlanması, emal edilməsi və kompressiyası məsələləri / “Azərbaycanda geodeziya və kartoqrafiyanın inkişaf perspektivləri” III elmi-praktik konfransın materialları, Bakı: Ulu, 2011, s.191-199.
8. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В. С. и др. Основы геоинформатики: В 2 книгах. Книга 1: М.: Издательский центр «Академия», 2004, 352 с.
9. [www.scanex.ru/ru/publications/pdf/publication21.pdf](http://www.scanex.ru/ru/publications/pdf/publication21.pdf)
10. Лабутина И.А., Балдина Е.А. Использование ДДЗ для мониторинга экосистем ООПТ. Методическое пособие. Москва: 2011, 88 с.
11. Maria A. Brovelli, Marco Minghini. Georeferencing old maps: a polynomial-based approach for Como historical cadasters // e-Perimtron, 2012, vol. 7, no. 3, pp.97-110.
12. [www.gis.usu.edu/~doug/rs5750/lectures/L7\\_Geometriccorr.pdf](http://www.gis.usu.edu/~doug/rs5750/lectures/L7_Geometriccorr.pdf)
13. Z.Q. Hüseynov, Hesablama üsulları və praktikumu. Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti, Bakı, “Adiloğlu” nəşriyyatı, 2003, 456 s.
14. Aliyev E.M. Yüksək ayırdətəməli aerokosmik məlumatlar əsasında daşınmaz əmlakın geoinformasiya analizi // İnformasiya Texnologiyaları Problemləri, 2015, №2, s.76-87.

**Эльвин Мухаммед оглы Алыев**

**Существующие проблемы в геоинформационном моделировании и пути их решения**

**Резюме**

Один из основных проблем встречающихся в создании геоинформационной модели, являются вопросы геореференция и интерполяция данных. В статье в этом направлении рассмотрены вопросы трансформации растровой карты различного масштаба, в рамках геореференции прокомментированы существующие методы, отражены некоторые детерминистские и геостатистические методы интерполяции.

**Ключевые слова:** Интерполяция, полином, трансформация, геопривязка, мультиспектрал.

**Elvin Muhammad Aliyev**

**Existing problems in geoinformation modeling and ways of their solution**

**Summary**

Data georeference and the interpolation issues are the main problems which is facing when creating geoinformation model. In this article has considered the transformation of the different scale raster maps, commented on the existing methods within georeferens operations and are reflected in a number of deterministic and geostatistic methods of interpolation.

**Key words:** Interpolation, polynomial, transformation, georeference, multispectral.