

**AZƏRBAYCAN HAVA YOLLARI
QAPALI SƏHMDAR CƏMİYYƏTİ
MİLLİ AVİASIYA AKADEMİYASI**

Əlyazması hüququnda

FİRDÖVSİ ƏLƏDDİN OĞLU MAHMUDLU

**VEYVLET ÇEVİRMƏLƏRİ ƏSASINDA VIDEOSPEKTRAL
VERİLƏNLƏRİN İLKİN TƏSNİFATININ BORT
ALTSİSTEMİ**

İxtisas: 3324.07 – Məsafədən aerokosmik tədqiqatlar

**Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

A V T O R E F E R A T I

BAKİ- 2013

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi Institutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru, professor

R.Ə.Tağıyev

Rəsmi oponentlər: texnika elmləri doktoru, professor

B.M.Əzizov

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor

V.Ə.Məhərrəmov

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası
“İnformasiya-ölçmə və kompüter texnikası” kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi « 15 » mart 2013-cü il saat 14⁰⁰
Milli Aviasiya Akademiyasının B/D 06.001 Dissertasiya şurasının
iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ 1045, Bakı şəh., Binə 25-ci km.

Dissertasiya ilə MAA-nın kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat « 13 » fevral 2013-cü ildə göndərilmişdir.

B/D 06.001 Dissertasiya şurasının
elmi katibi, tex. üzrə f.d., dosent

S.B. Həbibullayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Hal-hazırda kosmik çəkiliş və müxtəlif spektral diapazonlarda Yer səthinin məsafədən zondlanması, monitoring məsələlərinin həllində əsas informasiya mənbəyi olaraq qalır. Yer səthinin geniş ərazilərinin kosmik monitoring verilənləri əlverişlidir və məsafədən verilənlərin ümumi həcmindən tematik informasiyanın avtomatlaşdırılmış sürətdə çıxarılması məsələləri daha çox aktuallıq kəsb edir.

0,4-2 mkm optik diapazonda aparılan tədqiqatlar xüsusi maraq doğurur. Övvəllər 3-7 spektral kanala malik çoxspektrallı sistemlər geniş tətbiq olunurdu. Lakin çoxspektrallı skaner verilənlərinin emalı tətbiqi məsələlərin həlli zamanı yer səthi örtüyünün bir çox obyektlərinin tanınmasında az effektivliyə malik olmasını göstərmişdir. Bununla əlaqədar olaraq çoxspektrallı sistemlərin növbəti inkişafı hiperspektral zondlamaya keçməkdən ibarətdir, yüksək ayırdetmə qabiliyyətinə malik və kifayət qədər fəza ayırdetməsi ilə spektral kanalların sayı 200-1000-ə çatır. Ənənəvi çoxzonalı çəkilişdən hiperspektrala keçid informasiyanın miqdarını artırmaqla, həm də hiperspektral çəkiliş verilənlərinin unikal keyfiyyət xarakterini təmin edir.

Hiperspektrometrlər kənd təsərrüfatında, ekoloji monitoringdə, torpaqların rekultivasiyasında, neft və qaz kəşfiyyatında öz effektivliyini nümayiş etdirmişdir.

Yer səthi örtüyünün videotəsvirinin və fəza-spektral verilənlərinin formalaşdırılması üçün hiperspektral sistemdə yük əlaqəli cihaz videokamerasından istifadə edilmişdir ki, onun da çıxış parametrləri TV sətir və kadr standartlarına cavab verir. Bu səbəbdən də çıxış informasiyası yüksək sürətə və videospektral verilənlərin böyük həcmində malikdir. Böyük həcmli videospektral verilənlərin ötürülməsi, saxlanması və emalı çox baha başa gəlir, emal olunmuş verilənlər isə istehlakçıya bir neçə gündən sonra çatır. Özü də verilənlərin çoxunun konkret istehlakçı üçün heç bir əhəmiyyəti olmur, baxmayaraq ki, o bortdan Yerə tam şəkildə ötürülür və bir neçə emal mərhələsindən keçir.

Uçan aparatın bortunda verilənlərin dəyərinin qiymətləndirilməsi, bu verilənləri vaxtında, daha effektiv və daha az məsrəflə emal etməyə imkan verərdi. Ona görə də ilkin emalın əsas məsələsi kənar verilənlərin aşkar edilməsi və onların süzgəclənməsidir. Bu məsələ-

nin həllində hiperspektral verilənlərin keyfiyyətə yeni riyazi emal prosedurunun yaradılması və təfsiri durur.

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alsaq, hiperspektral verilənlərin ilkin təsnifatı prinsipləri və reallaşdırılması xüsusiyyətlərinin tədqiqi aktual məsələdir və onun yeni informasiya və elektron texnologiyaları əsasında həll edilməsi məsafədən zondlama (MZ) komplekslərinin funksional imkanlarını və onların vasitəsilə aparılan müşahidələrin effektivliyini artırmağa imkan verəcək.

İşin məqsədi videospektral verilənlərin ilkin təsnifatı və emalı bort altsisteminin arxitektura konsepsiyasının və texniki reallaşdırılmasının işlənməsindən ibarətdir.

Göstərilən məqsədlərə çatmaq üçün dissertasiyada aşağıdakı məsələlər qoyulmuş və həll edilmişdir:

1. Videospektral verilənlərin emalının alqoritm və strukturunun tədqiqi və işlənməsi;

2. Müasir sxemotexnika və hesablama vasitələrinin əsasında işlənməmiş strukturların texniki reallaşdırılması;

3. Videospektral verilənlərin ayrılması üçün rəqəmli süzgəclərin qurulması prinsiplərinin işlənməsi;

4. MZ məsələlərinin reallaşdırılmasında videospektral verilənlərin emalı kontekstində istifadə edilən fraktal metodların tədqiqi və veyvlet-analizinin aparılması;

5. “Atmosfer-yer səthi örtüyü” sisteminin riyazi modelinin tədqiqi;

6. Yer səthi örtüyü obyektlərinin verilənlərinin emalının multifraktal modelinin qurulması.

Tədqiqat metodları. İşdə yerinə yetirilmiş nəzəri tədqiqatlar informasiya-hesablama sistemlərinin nəzəriyyəsi metodlarına, obrazların tanınması nəzəriyyəsinə, məntiqi qurğuların sintezi nəzəriyyəsinə, informatikanın nəzəri əsaslarına, riyazi və informasiya modelləşməsi metodlarına əsaslanır. Bundan əlavə müasir informatika və hesablama texnikasından, o cümlədən videotəsvirlərlə işləmənin aparat və proqram vasitələrindən istifadə edilmişdir.

Dissertasiyanın **elmi yenilikləri** aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Real zaman miqyasında emalı təmin edən bort videospektrometrin verilənlərinin ilkin təsnifatının informasiya-hesablama altsisteminin arxitekturası təklif edilmiş və əsaslandırılmışdır.

2. Universal xüsusiyyətlərə malik və süzgəclənən küyə görə operativ şəkildə sazlanı bilən, geniş maneə şəraitində verilənlərin effektiv süzgəclənməsini təmin edən, proqramla idarə olunan rəqəmli süzgəclərin strukturunun qurulması üçün hibrid süzgəcləmə metodu təklif edilmişdir.

3. Məsafədən zondlamanın videospektral verilənlərinin emalının istifadə edilməsi kontekstində keyfiyyətli informasiya texnologiyası kimi frakal riyazi konsepsiya təklif edilmişdir.

4. Strukturunda radial-bazis düyünlərə malik olan neyron şəbəkənin köməyi ilə alınmış informasiyanın müəyyən təsnifatı təklif edilmişdir. Təsnifatlaşdırmada obrazlar fazasının bölücü hiperüstəvilər vasitəsilə bölünmə proseduru yerinə yetirilmişdir.

5. Yer səthi örtüyü obyektlərinin emalının multifraktal modeli təklif edilmiş, multifraktal əlamət fazasının formalaşma alqoritmi və onun tematik analizi verilmişdir.

6. "Atmosfer-yer səthi örtüyü" sisteminin tədqiqi üçün yeni riyazi model təklif edilmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəyə çıxarılan əsas müddəaları:

1. Real zaman miqyasında verilənlərin emalına imkan verən videospektrometrin verilənlərinin ilkin təsnifatı altsisteminin konveyer strukturu.

2. Universal xüsusiyyətlərə malik və süzgəclənən küyə görə operativ şəkildə sazlanı bilən, geniş maneə şəraitində verilənlərin effektiv süzgəclənməsini təmin edən, proqramla idarə olunan rəqəmli süzgəclərin strukturunun qurulması üçün hibrid süzgəcləmə metodu.

3. MZ məsələlərinin reallaşdırılmasında videospektral verilənlərin emalının istifadə edilməsi kontekstində frakal metodlar və veyvlet-analiz.

4. "Atmosfer-yer səthi örtüyü" sisteminin tədqiqi üçün yeni riyazi model.

5. Yer səthi örtüyü obyektləri verilənlərinin emalının multifraktal modeli.

Praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işində yerinə yetirilmiş tədqiqatların praktiki əhəmiyyəti yeni keyfiyyətli riyazi emal prosedurunun yaradılmasından, videospektral verilənlərin ilkin təsnifatı altsisteminin texniki reallaşdırılmasından və aparılan müşahidələrin effektivliyinin artırılmasından ibarətdir.

Dissertasiya işinin nəticələri TEKTI-nin plan işlərində «Elektron açılışlı panoram tipli bort spektral skaneri», dövlət qeydiyyat nömrəsi № 01101AZ00220, 2001-2003-cü illər (şifri “Palitra”) və MAKА ETАII-də 2008-2009-cu illərdə yerinə yetirilmiş «Peyk məlumatlarının tədqiq və təshih edilməsi üçün atmosferin spektral optik sıxlığının yüksək dəqiqliklə ölçülməsi metodlarının işlənilib hazırlanması» adlı ETI-lərdə tətbiq edilmişdir.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin materialları Milli Aviasiya Akademiyasının professor-müəllim heyətinin seminarlarında və Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının aspirantlarının elmi konfransında (2005-ci il) məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur.

Dərc olunan məqalələr. Dissertasiya işinə aid elmi jurnallarda və bir sıra konfransların məcmuələrində 8 məqalə nəşr edilmişdir.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, 4 fəsildən və nəticədən ibarətdir. Dissertasiyanın materialı 145 səhifə maşın mətnindən, 51 şəkildən, 9 cədvəldən və 95 sayda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri formalaşdırılmış, görülmə işin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti verilmişdir.

Birinci fəsil bort videospektrometrlərinin ilkin təsnifat altsisteminə qoyulan tələblərin qiymətləndirilməsi məsələlərinə həsr olunmuşdur. Dərc edilmiş işlərin müqayisəli analizi göstərdi ki, məsafədən zondlamanın yeni məsələlərinin həlli üçün hiperspektral verilənlərin bort emalı sistemi spektral kanalların seçilməsini, çevrilməsini və spektral kanalda yerləşməsinə təmin etməlidir.

Müşahidə edilən obyektlərin həm spektral, həm də tekstur xarakteristikalarını təmin edən videospektrometrlərin yeni sinfinin yük əlaqəli cihaz (YƏC) strukturlu, fotoqəbulediciyə malik videoinformasiya cihazları nəzərdən keçirilmişdir.

Yerə göndərilən verilənlər axınının informativliyini artırmaq məqsədilə uçan aparatın bortunda videospektrometr verilənlərinin ilkin təsnifatı aparılmış, onların ötürmə kanalları ilə uzlaşdırılması və verilənlərin qeyd edilməsinin zəruriliyi barədə nəticə çıxarılmışdır.

Bort təsnifat altsisteminin funksional parametrlərinə qoyulan tələblər - cəld işləmə, verilənlərin çevrilmə dəqiqliyi, fərqləndirilən obyektlərin sayı, əlamət fəzasının ölçüləri, düzgün aşkarlama ehtimalı analiz edilmiş və ümumiləşdirilmişdir:

İkinci fəsil ilkin bort təsnifat altsisteminin struktur sintezi məsələlərinə və videospektral verilənlərin emalı modullarına həsr olunmuşdur.

İlkin təsnifat bort altsisteminin strukturu əsaslandırılmışdır. Birprosessorlu, ikiprosessorlu, multiprosessorlu və konveyer konfigurasiya bazası əsasında qurulan bort altsistemlərin qiymətləndirilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Aparılan analiz göstərir ki, sistemə qarşı qoyulan sərt tələblərə yalnız konveyer strukturu tam şəkildə cavab verir, verilənlər növünün birinin hesablanması üçün emal müddəti $\tau \leq 10^{-8}$ san tərtibində olur, bu da təcrübədə maraqlı olan bütün məsələləri əhatə etməyə imkan verir. Sistemin rekonfigurasiyasını və inkişafını təmin etmək üçün daha məqsəduyğun verilənlərin konveyer mübadiləli funksional-modul prinsipi və ümumi şına vasitəsilə emal modullarının idarə edilməsi sistemi seçilmişdir.

Göstərilmişdir ki, verilənlərin ilkin təsnifat bort altsisteminin verilmiş xarakteristikalarını təmin etmək üçün ümumiyyətlə YƏC-matrisinin tərkib elementlərinin xarakteristikalarının qeyri-identikliyinin qeydiyyatı aparılmalıdır. Bu halda qaranlıq signal səviyyələrinin kompensasiyası və YƏC-matrisinin bütün elementləri üzrə güclənmə əmsallarının səpələnməsinin korreksiyası tələb olunur. Bu halda qeyri-xəttiliyin xətasını nəzərə almamaq olar. Bu şərtlər daxilində korreksiya məsələləri aşağıdakı ifadənin hesablanması ilə əlaqədardır:

$$X_i = \frac{U_i - B_i}{A_i},$$

burada U_i - YƏC matrisi elementinin ölçülmüş çıxış signalı; A_i - ötürmə əmsalı; B_i - i matris elementin qaranlıq signalının səviyyəsi; $i = 1, 2, \dots, 2^{18}$ - sətirin nömrəsidir.

Real zamanda işləyən proqramla idarə edilən rəqəmli süzgəclərin strukturunun qurulması məsələsi qoyulmuş və həll edilmişdir. Bu məqsədlə hibrid süzgəcləmə metodu işlənmişdir. Burada impuls küylərinin aradan qaldırılması üçün median süzgəcləmə metodundan

istifadə edilmişdir. Qiymətləndirmənin özü aşağıdakı kimi verilə bilər:

$$X^* = \sum_{i=1}^S P_i X_i,$$

burada S - seçmənin həcmi; $X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(S)}$ - nizama salınmış seçmə; P_i - çəki əmsallarıdır.

Həm tezlik üzrə buraxma sərhəddinin təyin edilməsinin universal metodu, həm də çevrilmələrin birindən alınan siqnalın ayrılma əmsallarının nəzərə alınmaması üçün məhdudiyyət yoxdur.

Bununla əlaqədar olaraq süzgəcləmə məsələsinin həlli üçün Kalman süzgəclərində (KS) istifadə edilən digər yanaşmalar da vardır.

Burada qeyd etmək vacibdir ki, bu halda süzgəcin modeli prosesin dinamikasının fiziki mahiyyəti üzərində qurulur, yəni, siqnal şəklində aprior informasiyadan istifadə edilir.

Bu məqsədlə ümumi sxemə qoşulmuş proqram modulu işlənməmişdir ki, burada əvvəlcə $s(t)$ siqnalının veyvlet çevrilmələri aparılır, sonra isə siqnalın daxilolma ardıcılığı ilə onun növü haqqında informasiyadan istifadə etməklə alınmış ayrılma əmsallarının Kalman süzgəci vasitəsilə süzgəclənməsi aparılır. Bu halda veyvlet-spektr küyə malik olan və Kalman süzgəci vasitəsilə hamarlanması tələb olunan siqnal kimi nəzərdən keçirilir.

Bundan sonra əks çevrilmələrin yerinə yetirilməsi məqsədilə köçürülmüş əmsalın matrisinin miqyaslanan əmsallar vektoruna və müvafiq olaraq detallaşdırılmış əmsallara vurulmaqla hasilləri hesablanır və nəticələrin komponentlər üzrə toplanması yerinə yetirilir.

2^d uzunluğuna malik diskret veyvlet-çevrilməsi (DVÇ) aşağıdakı ifadəyə uyğun olaraq yerinə yetirilir:

$$W(a, b) = -\frac{1}{a^d} \sum_{t=0}^z S(t) \psi \left[\frac{t-b}{a} \right],$$

burada b - sürüşmə parametri; a - miqyas əmsalı; z - seçmənin uzunluğu; $\psi(t)$ - bazis funksiyası; d - natural ədəd; $s(t)$ - siqnalın alınmış qiymətidir.

Süzgəclənmiş siqnalın bərpa edilməsi məqsədilə əks veyvlet-çevrilmənin aparılması nəzərdə tutulduğundan, işdə baza veyvletin

seçiminə ortoqonallıq üzrə məhdudiyyət qoyulur. Bunun üçün süzgəcin uzunluğu 4-ə bərabər olan Dobeş veyvletləri qəbul edilmişdir. Nəticədə adekvatlıq dərəcəsinin müəyyənləşdirilməsi məqsədilə L-W-AKS sxemi üzrə alınmış spektral xarakteristikaları “fraktal ölçü – spektr” sxemi üzrə etalon spektral xarakteristikalarla müqayisə edilir.

Strukturunda radial-bazis düyünlərinə malik olan neyron şəbəkənin köməyi ilə alınmış informasiyanın müəyyən təsnifatı təklif edilmişdir. Təsnifatlaşdırmada obrazlar fazasının bölücü hipermüstəvilər vasitəsilə bölünmə proseduru yerinə yetirilir. Təsnifatın məqsədi n - ölçülü giriş vektorunun şəbəkədə saxlanılan hər hansı bir prototipin təsir sahəsində yerləşməsini müəyyənləşdirməkdən ibarətdir. Prototip - n - ölçülü fəzada nöqtənin koordinatlarını müəyyən edən vektordur. Bu məsələ giriş vektorunun saxlanılan bütün prototiplər arasındakı məsafənin ölçülməsi və sonradan onun hər bir prototipin sahəsi ilə müqayisə edilməsindən ibarətdir.

Üçüncü fəsildə keyfiyyətli informasiya texnologiyası kimi MZ məsələlərinin reallaşdırılması zamanı hiperspektral verilənlərin emalında fraktal metodlara baxılır və veyvlet-analizlər aparılır.

Məsafədən zondlamanın hiperspektral verilənlərinin istifadə edilməsi kontekstində fraktal riyazi konsepsiyası verilmişdir.

Fraktal ölçülər nəzəriyyəsinin riyazi aparatı nəzərdən keçirilmişdir; qeyri-bircinslik əmsalı – informasiya ölçüsünü özündə əks etdirən xarakteristikadır; MZ-də “atmosfer - yer səthi örtüyü” sisteminin birbaşa indikasiya əlamətlərinin təyin edilməsi kontekstində fraktal ölçmələrin tədqiqi yerinə yetirilmişdir.

Bununla əlaqədar olaraq “atmosfer - yer səthi örtüyü” sisteminin tədqiqi məqsədilə yeni riyazi model təklif edilmişdir, onun strukturu Mandelbrot qanununa əsaslanır və multifraktal köçürmə tənliyindən ibarətdir. Modelin reallaşdırma alqoritmı verilmişdir.

Qəbul edək ki,

$$SFM \stackrel{def}{=} \langle HFM, MFM, AFM, KFM \rangle,$$

burada SFM - sistemin fraktal modeli; HFM - topoqrafik hündürlüyün fraktal modeli; MFM - səthin mailliyinin fraktal modeli; AFM - atmosferin fraktal modeli; KFM - səs-küyün (turbulentliyin) fraktal modeli və s.

Riyazi modeli təşkil edən toplananların, səpələnmənin fraktal

analizi aparılmışdır.

“Atmosfer-yer səthi örtüyü” sisteminin riyazi modelini tamamlayan amili kimi səpələnmə indikatrixinin fraktal modeli təklif edilmişdir.

MZ birbaşa indikasiya əlamətlərinin daha korrekt surətdə təyin edilməsi üçün veyvlet analiz nəzəriyyəsinin müəyyən müddəalarına baxılmışdır.

Belə qarşılıqlı əlaqələrin tədqiqi istiqaməti geoindikasiya modeləşdirmə adını almışdır. Bu halda hiperspektral şəklin tanınması prosesində geoindikator kimi tədqiq olunan yerin təbii xarakteristikalarını təsvir edən hər hansı bir əlamət başa düşülür ki, bunun da vəsi-təsilə aerokosmik şəkildə müəyyən dəqiqliklə demək mümkündür ki, Yer səthi üzərində bu və ya digər sinif obyektlər mövcuddur.

Bu verilənlərin analizi zamanı elə alqoritmlər tələb olunur ki, onlar prototipə analoji olan spektral əlamətlərə malik Yer in təsvirinin bütün elementlərinin aşkar edilməsi üçün spektral əlamətləri cəld uyğunlaşdırmağa imkan versin. Prototip təsvirlərin özündən və ya spektral dayaq kitabxanasından müəyyən edilə bilər.

Lakin analizin göstərdiyi kimi, hər hansı bir metodlardan istifadə edilməsinə baxmayaraq hiperspektral təsvirlərin emalı nəticə-sində seçilmiş əlamətlər həmişə asılı olmayan olurlar, bu da təbii ki, alınmış informasiyanın dəqiqliyini və səhihliyini aşağı salır. Ona görə də nəticələrin dəqiqliyinin və səhihliyinin artırılmasının ən doğ-ru yolu bütün mümkün spektral əlamətlər çoxluğundan informativ məcmunun seçilməsidir. Bununla əlaqədar olaraq aşkar edilir ki, ana-loji miqdarda stoxastik asılı olmayan əlamətlərə nəzərən bir-biri ilə xüsusi olaraq korrelyasiya edilmiş əlamətlər məcmusu daha çox in-formasiyaya malikdir (tanınma səhihliyinin yüksəldilməsi məna-sında).

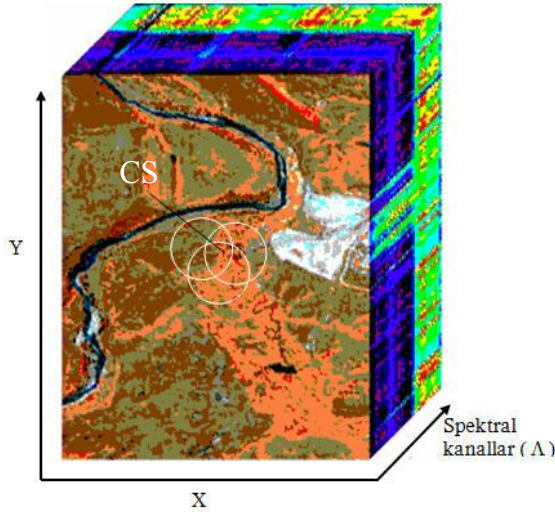
Burada informasiya “korrelyasiya edilmiş çoxluq” (correlation set – CS) adlandırılan müəyyən struktur vasitəsilə akkumulyasiya edilməlidir.

Korrelyasiya edilmiş çoxluğun strukturu informasiyanın böyü-dülməsi nöqtəyi nəzərdən elə olmalıdır ki, semantik cəhətdən maksimal, həcmcə isə minimal olsun:

$$CS = \sup_{seman}^{def} \inf_V I$$

burada V - informasiyanın həcmidir, yəni semantika nöqtəyi nəzərinə korrelyasiya çoxluğu metodu kompleks biliklər oblastını elə sıxmağa imkan verir ki, onunla baza aspektində qənaətverici həlli qəbul etmək mümkün olsun.

Tutaq ki, hiperspektral təsvir çəkilişi kub şəklində verilmişdir (şək.1).



Şək.1. CS korrelyasiyalı çoxluğun hiperspektral təsviri

Burada spektral A – şkalasında əks olunan mümkün CS korrelyasiyalı çoxluqların fraqmentləri qeyd olunmuşdur, yəni $CS \Rightarrow A$.

Buradan aşağıdakılar alınır.

Məsələnin qoyuluşu.

Tutaq ki, X müəyyən S səthinin (surface) məkan-zaman seqmentlərinin sərbəst çoxluğudur. Tutaq ki, korrelyasiyalı heterogen sahələrin özünəoxşar altçoxluqlarıdır $L_{i,j} \subset A$, burada $A \subseteq X$, $i \neq j$, $i, j = \overline{1, n}$. Tutaq ki, (i, j) sahələri hər bir $d_{m_{i,j}}$ $i \neq j$,

$i = \overline{1, n}$ fraktal ölçüləri xarakterizə edir. Onda $(X \subset S, A \subseteq X, d_{m_{i,y}})$ üçlüyü $d_{m_{i,y}}$ Minkovski ölçülü fraktal fəzadır.

Tutaq ki, $(r, \tilde{i}, c)$ -triadası əlamətlər dəstidir, harada ki, r - xətti (right), $\tilde{i}$ - dolayısı (indirect), c - kontekst (contect).

Onda $(r, \tilde{i}, c) \in \text{Sign}$, burada Sign əlamətlər çoxluğuudur. Fraktal fəza – fraktal əlamət fəzası kimi nəzərdən keçirilir. Yəni:

$$(x \subset S, A \subseteq X | A \Rightarrow \text{Sign}, d_{m_{i,j}}).$$

Mümkün əlamətlər kombinasiyası $\text{comb}(r, \tilde{i}, c) \in \text{Sign}$ CS korrelyasiyalı çoxluqların əmələ gəlməsi obyektin multifraktal ölçülərini xarakterizə edən hiperobraz yaradır.

$$D_{\cap_{i,y}} = \bigcap_{i,j}^n d_{m_{i,j}}, \quad i \neq j, \quad i, j = \overline{1, n}.$$

Onda multifraktal-əlamət fəzası aşağıdakı şəkllə düşür:

$$(X \subset S, A \subseteq X | A \Rightarrow \text{Sign}, D_{\cap_{i,j}}).$$

Beləliklə, aerokosmik ölçmələrin verilənləri əsasında yer səthi örtüyünün ayrı-ayrı seqmentlərinin indikasiya əlamətlərini identifikasiyası məsələsi qoyulur.

Alqoritmin reallaşması.

1. $A \subseteq X \subset S$ seqmentini ayıraq.
2. $CS \in A$ yaradırıq.
3. $L_{i,j} \subset A$ sahələrinin $d_{m_{i,y}}$ verilənləri əsasında multifraktal ölçüləri müəyyən edirik:

$$\bigcap_{i,j}^n d_{m_{i,j}} = \left(\sum_{i=1}^n d_{m_i} + \sum_{j=1}^n d_{m_j} \right) - d.$$

$$4. \bigcap_{i,j}^n d_{m_{i,j}} \Rightarrow \text{Sign} | \text{Sign} \Rightarrow CS \text{ əks etdiririk.}$$

$$5. d_{m_{i,j}} \Rightarrow \Lambda_{i,j} - \text{əksətmə şkalasını formalaşdırırıq}$$

$(\Lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n))$. $\Lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ - $L_{i,j}$ da ayrı-ayrı sahələrin fraktal ölçülərinə uyğun olan spektral xarakteristikalar çoxluğuudur).

6. 5 bəndinin verilənlərinə əsasən

$$D_{\cap_{i,j}} \Rightarrow \Lambda_{i,j}$$

əksetməsinə formalaşdırırıq.

7. $D_{\cap_{i,j}}$ vektoru RBF - in girişinə daxil olur.

8. Seçim klasterinin formalaşması Xausdorf ölçüsündən istifadə etməklə, şəbəkənin girişinə daxil olan cari $D_{\cap_{i,j}}$, vektorların yaxın K qonşu klasterlərinin mərkəzinədək olan məsafənin müqayisəsi yolu ilə aparılır.

$$H(E, F) = \text{dist}(E, V) \vee \text{dist}(F, E),$$

burada $E_{i,j}$ - giriş vektoru; $F_{i,j}$ - prototipdir.

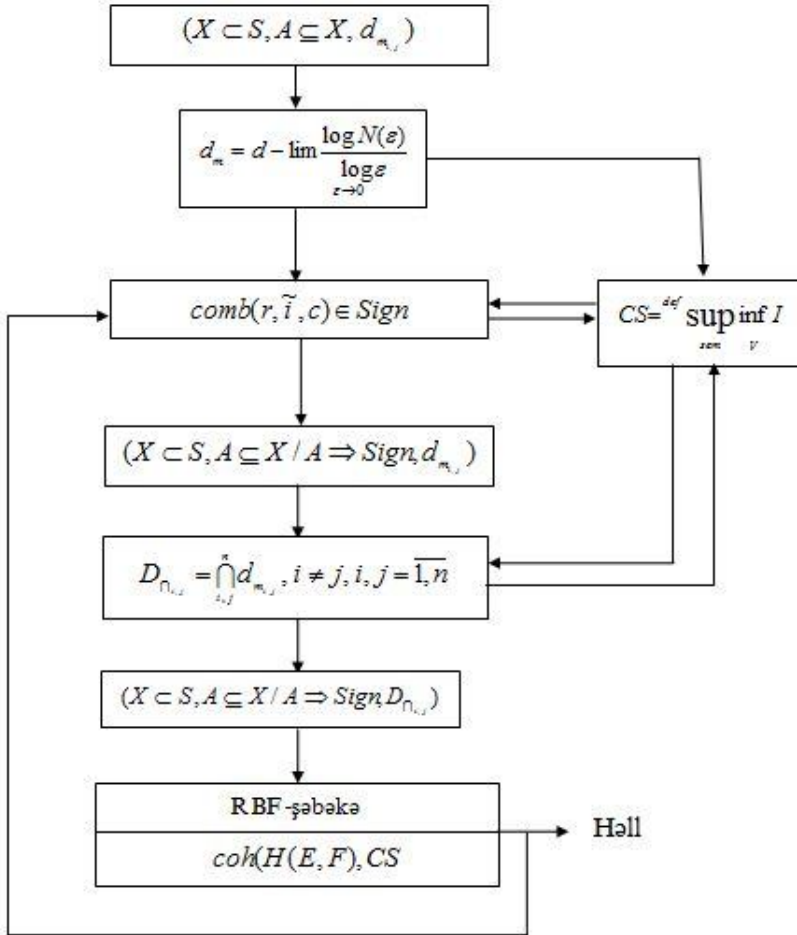
9. Hər bir prototipin yanında təsir sahəsi quraşdırılır (korrelyasiya çoxluğu - (CS)).

Qeyd. Hər bir prototip klasterə və ümumiləşmə mümkün ola bilən prototip ətrafında N -ölçülü fəzanın hissəsini əksətdirən təsir sahəsinə CS əsaslanır.

10. Şəbəkədə saxlanan hər hansı prototipin təsir sahəsində N -ölçülü giriş vektorunun yerləşdiyini aydınlaşdırırıq. Bu giriş vektoru ilə bütün saxlanılan prototiplər arasındakı (sonradan hər bir prototipin CS təsir sahəsi ilə müqayisəsi) məsafəni hesablamaqla həyata keçirilir. Yəni, $\text{coh}(H(E, F), CS)$ qarşılıqlı əlaqəsi mövcuddur.

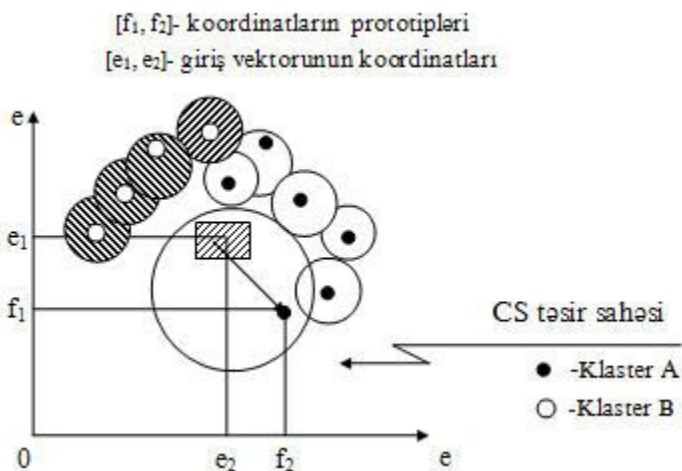
11. Şəbəkə üzrə həll növbəti sxem üzrə qəbul edilir:

- Əgər daxil edilən vektor heç bir CS təsir sahəsində yerləşmirsə, o aşkar edilmir;
- Əgər daxilən vektor bir klasterə aid olan bir və ya bir neçə prototipin CS təsir sahəsində yerləşirsə, o, bir klasterə aid olduğu elan edilir;
- Əgər daxilən vektor müxtəlif klasterlərə aid olan iki və daha çox prototipin CS təsir sahəsində yerləşirsə, o tanınır, lakin formal olaraq qeyri müəyyəndir ;
- Əgər daxil edilən vektor tanınıb, lakin formal olaraq müəyyən edilməyibsə, onda əlamətləri və CS -korrektə etməklə $\text{comb}(r, \tilde{t}, c) \in \text{Sign}$ formalaşma blokuna qayıdırıq (şək.2).



Şək.2. Multifraktal əlamət fəzasının və onun tematik analizinin formalaşması alqoritminin blok sxemi

Beləliklə, şəbəkənin öyrənilməsi fəzanın prototiplərlə doldurulmasından və CS təsir sahələrinin K qonşularına uyğun qurulmasından ibarətdir (şək.3). Öyrənmə zamanı etalonlar dəyişməz qalır, lakin təsir sahələri isə şək.2-də göstəriləndiyi kimi korrektə oluna bilər.



Şek.3. Prototiplərin və onların təsir sahələrinin ikiölçülü fəzada təsviri

Sonda qeyd etmək lazımdır ki, nəzərdən keçirilən metodika yer səthi örtüyü sahələrinin indikasiya əlamətlərini identifikasiya etməyə və faydalı qazıntıların mümkün yataqlarını proqnozlaşdırmağa imkan yaradan multifraktal ölçülərlə xarakterizə olunan təbii heterogen obyektlərin korrelyasiya çoxluqlarının CS etalon cədvəlini (cədv.1) yaratmağa imkan verir.

Cədvəl 1

$i, j, i \neq j, i, j = \overline{1, n}$ parametr	$D_{\cap_{i,j}}, i, j = \overline{1, n}$	$\Lambda_{i,j}$
Uçuş zolağı səthi - bitki örtüyü	$1.5 \cap 1.6 = 1.1$	$\lambda_{1,2}$
Uçuş zolağı səthi - narın torpaq gil	$1.5 \cap 1.8 = 1.3$	$\lambda_{1,3}$
Uçuş zolağı səthi - topoqrafik yüksəkliklər	$1.5 \cap 1.5 = 1.0$	$\lambda_{1,4}$
Bitki örtüyü - su	$1.5 \cap 1.5 = 1.0$	$\lambda_{2,5}$
Topoqrafik yüksəkliklər - su	$1.5 \cap 1.5 = 1.0$	$\lambda_{4,5}$
Topoqrafik yüksəkliklər -qum tərkibli torpaqlar	$1.5 \cap (1.6-1.8) = 1.1-1.3$	λ_4, λ_6
Topoqrafik yüksəkliklər - kəsik-gilli torpaqlar.	1.5	λ_4, λ_7

Dördüncü fəsilə videospektral verilənlərin ilkin təsnifat məsələlərinin təcrübi tədqiqatları aparılmışdır. İlkin təsnifatın nəzəri məsələlərinin təcrübi yolla yoxlanması üçün veyvlet çevrilmələr, MZ məsələlərinin reallaşdırılmasında keyfiyyətli informasiya texnologiyası kimi verilənlərin emalının irimiqyaslı analizi yerinə yetirilmişdir.

Təklif edilən yanaşmanın effektivliyi təcrübənin kompüter modeləşdirilməsinin nəticələri ilə təsdiq edilmişdir. Bu məqsədlə “Matlab” sistemində verilənlərin emalının proqram modulu işlənmiş, onun vasitəsilə yer səthi örtüyü təsvirinin fraqmentindən istifadə etməklə aşağıdakı məsələlər siyahısı kontekstində təcrübə aparılmışdır:

1. Təsvirlərin vizuallaşdırılması. Təsvirin növündən asılı olaraq: indeks təsvirlərin vizuallaşdırılması; yarımton təsvirlərin vizuallaşdırılması; binar təsvirlərin vizuallaşdırılması; tam rəngli təsvirlərin vizuallaşdırılması; vizuallaşdırılmaya xüsusi yanaşmalar.

2. Təsvirlərin yaxşılaşdırılması: diapazondan asılı olaraq intensivliyin qiymətinin tənzim edilməsi; xətti filtrasiyadan istifadə edilməsi; median filtrasiyadan istifadə edilməsi; adaptiv filtrasiyadan istifadə edilməsi.

3. Təsvirlərin təzadlığının və parlaqlığının tənzim edilməsi: maraq oblastları ilə işləmə; poliqonun seçilməsi; təsvirin vizuallaşdırılması zamanı onun miqyaslanması; işçi fəzasından təsvirin verilənlərinin ötürülməsi.

4. Küyün təmizlənməsi. Müxtəlif veyvletlərdən istifadə etməklə təsvirin küylərdən təmizlənməsi.

Aparılan tədqiqatlar onu deməyə imkan verir ki, videospektral verilənlərin təsnifatı zamanı keyfiyyətli informasiya kontekstindən istifadə edilməsində fraktal riyazi konsepsiya verilənlərin məsafədən ölçülməsi və analizi üçün effektiv vasitədir. Belə ki, videospektral verilənlərin indikasiya əlamətlərinin müəyyənləşdirilməsində fraktal həndəsə metodlarından istifadə edilməsi müxtəlif mühitlərdə zəif həyacanlanma təzadlığına malik antropogen obyektlərin təsvirlərində indikasiya əlamətlərinin identifikasiya edilməsi məsələlərinin həll edilməsinə imkan verir.

Lakin təcrübə göstərir ki, videospektral verilənlər əsasında indikasiya əlamətlərinin müəyyənləşdirilməsi üçün fraktal ölçülərin daha “incə” analizi üçün veyvlet-analizdən istifadə edilməsi fəsil 3-

də nümayiş etdirildiyi kimi daha effektivdir və bu təcrübənin nəticələri ilə təsdiqlənir.

Beləliklə, veyvlet nəzəriyyəsinin həm nəzəri mülahizələri, həm də işdə alınmış təcrübi nəticələri videotəsvirlərin həlli mümkün olan geniş spektrinin analizini yalnız fraktal metodlardan istifadə edilməsində alınan nəticələrlə müqayisədə daha yüksək olduğunu göstərdi.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. MZ ilə təbii obyektlərin daha böyük dəqiqliklə öyrənilməsi üçün videospektral verilənlərin seçilməsini və çevrilməsini təmin edən bort təsnifat altsistemi təklif edilmişdir və alınan informasiyanın (cəld işləmə, verilənlərin çevrilməsinin düzgünlüyü, fərqləndirilən obyekt siniflərinin sayı, əlamət fəzasının ölçüləri, düzgün aşkarlanma ehtimalı) tələblərə uyğunluğu qiymətləndirilmişdir.
2. Videospektral verilənlərin ilkin təsnifat altsisteminin strukturu təklif edilmiş və göstərilmişdir ki, o funksional-modul prinsipi ilə, verilənlərin konveyer üzrə mübadiləsi yolu ilə və ümumi şına vasitəsilə idarə etməklə qurula bilər.
3. Videospektral verilənlərin emalının funksional modulları təklif edilmiş və sistem tələblərini ödəyən, tərkibində korrektor və rəqəmli süzgəc olan strukturlar əsaslandırılmışdır.
4. Universal xüsusiyyətlərə malik və süzgəclənən küyə görə operativ şəkildə sazlanı bilən, geniş maneə şəraitində verilənlərin effektiv süzgəclənməsini təmin edən, proqramla idarə olunan rəqəmli süzgəclərin strukturunun qurulması üçün hibrid süzgəcləmə metodu təklif edilmişdir.
5. Strukturunda radial-bazis düyünlərinə malik olan neyron şəbəkənin köməyi ilə alınmış informasiyanın (siqnalların) müəyyən təsnifatı təklif edilmişdir. Təsnifatlaşdırmada obrazlar fazasının bölücü hipermüstəvilər vasitəsilə bölünmə proseduru yerinə yetirilir.
6. MZ-nin hiperspektral verilənlərinin emalında fraktal riyazi konsepsiya əsasında keyfiyyətli informasiya texnologiyası təklif edilmişdir. "Atmosfer-Yer səthi örtüyü" sisteminin tədqiqi üçün yeni riyazi model işlənmişdir.
7. Yer səthi örtüyü obyektlərinin öyrənilməsi üçün informasiya emalının multifraktal modeli təklif edilmişdir, multifraktal əlamət fəzasının formalaşma alqoritmı və onun tematik analizi verilmişdir.

**Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıda nəşr olunmuş
elmi işlərdə öz əksini tapmışdır**

1. Тагиев Р.А., Махмудлу Ф.А. Перспективы внедрения электронно – картографических систем местности в системы радионавигации. МАА, Elmi məcmuələr, Cild 6, №1, Bakı 2004, s. 39-41.
2. Тагиев Р.А., Махмудлу Ф.А. Эффективные способы отображения радионавигационной информации. МАА, Elmi əsərlər, №1, Bakı 2004, s. 170-179.
3. Тагиев Р.А., Владимирский Э.И., Махмудлу Ф.А. Принципы фрактальной геометрии при определении размерности природных объектов по космической информации. МАА, Elmi əsərlər, №2, Bakı 2004, s. 85-94.
4. Тагиев Р.А., Владимирский Э.И., Махмудлу Ф.А. Мультифрактальная размерность модели взаимодействий в процессах, происходящих в тракте дистанционного зондирования. МАА, Elmi məcmuələr, Cild 7, №1, Bakı 2005, s. 40-43.
5. Тагиев Р.А., Владимирский Э.И., Махмудлу Ф.А., Тагиев Р.Р. Мультифрактальная модель обработки гиперспектральных данных при дистанционном зондировании объектов подстилающей поверхности. Изв. АНАКА, т.8, №4(8), Баку 2005, стр.27-32.
6. Махмудлу Ф.А. Мультифрактальные размерности в тематическом анализе задач ДЗ. АМЕА-nın aspirantlarının elmi konfransının materialları. Bakı – «ELM» - 2005, səh.171-172.
7. Махмудлу Ф.А. Метод Калмана для алгоритма обработки нестационарной информации в геоинформационной системе. ТНИИ, Вопросы специальной радиоэлектроники, Выпуск 2, Таганрог 2008, стр.131-136.
8. Махмудлу Ф.А. О биспектральном вейвлетном анализе данных. Известия ЮФУ. Технические науки. №2 (127), Таганрог 2012, стр.176-180.

F.A.MAHMUDLU

**ONBOARD SUBSYSTEM OF PRIMARY CLASSIFICATION
OF VIDEO SPECTRAL DATA ON THE BASIS OF
WAVELET-TRANSFORMATIONS
ANNOTATION**

Dissertational work is devoted research of principles establishment features of technical realization of multichannel onboard subsystem of primary classification of hyper spectral data on the basis of the newest information and electronic technologies, allowing to expand functionality of complexes of remote sounding and to raise efficiency of supervision spent with their help.

In work on the basis of the analysis of remote information parameters of natural objects, the estimation of requirements to information parameters of subsystem of onboard classification is spent: to speed, accuracy of transformation of data, number of distinguished classes of objects, dimension sign spaces, probabilities of correct detection. Structural synthesis of onboard subsystem of primary classification and modules of processing of hyper spectral data is as a result spent. It is shown, that the system can be constructed by an is functional-modular principle with data exchange on the conveyor and management on the general tyro.

In work are investigated fractal methods and the wavelet-analysis for processing of hyper spectral data at realization of problems of remote sounding. Certain classification of the received information by means of the neural network containing in the structure radically-basic knots is considered. It is developed multi-fractal model of data processing of objects of a spreading surface; the algorithm of formation multisign spaces and its thematic analysis is given.

The carried out researches have shown, that the concept fractal mathematics and the wavelet-analysis as qualitative information technology in a context of its use at classification of hyper spectral data, is an effective remedy for the analysis of the given remote measurements.

Ф.А.МАХМУДЛУ

**БОРТОВАЯ ПОДСИСТЕМА ПЕРВИЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
ВИДЕОСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

РЕЗЮМЕ

Диссертационная работа посвящена исследованию принципов построения бортовой подсистемы многоканальной классификации гиперспектральных данных на базе новых информационных и электронных технологий, позволяющих расширить функциональные возможности комплексов дистанционного зондирования (ДЗ), а также вопросов повышения эффективности проводимых с их помощью наблюдений. В работе на основе анализа информационных параметров, полученных путем дистанционного наблюдения природных объектов, проведена оценка требований, предъявляемых к бортовой подсистеме классификации: быстродействие, точность преобразования данных, количество классов различаемых объектов, размерность признакового пространства, вероятность правильного распознавания. В результате получены модули обработки гиперспектральных данных и проведен структурный синтез бортовой подсистемы первичной классификации. Показано, что подсистема может быть построена по функциональному принципу с обменом данными по конвейеру и управлением по общей шине.

В работе исследованы фрактальные методы и вейвлет-анализ для обработки гиперспектральных данных при реализации задач ДЗ. Рассмотрена классификация информации, полученной с помощью нейронных сетей, содержащих в своей структуре радиальные базисные узлы. Разработана мультифрактальная модель обработки данных объектов подстилающей поверхности, дан алгоритм формирования мультипризнакового пространства и его тематический анализ.

Проведенные исследования показали, что при классификации гиперспектральных данных в контексте их применения новые информационные технологии – вейвлет-анализ и концепция фрактальной математики – являются эффективным средством при анализе данных дистанционных измерений.

**АЗЕРБАЙДЖАН ХАВА ЙОЛЛАРЫ
ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
НАЦИОНАЛЬНАЯ АВИАЦИОННАЯ АКАДЕМИЯ**

На правах рукописи

ФИРДОВСИ АЛАДДИН оглы МАХМУДЛУ

**БОРТОВАЯ ПОДСИСТЕМА ПЕРВИЧНОЙ
КЛАССИФИКАЦИИ ВИДЕОСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ
НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

**Специальность: 3324.07 – Дистанционные
аэрокосмические исследования**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике**

БАКУ- 2013