

Laboratoriya işi № 6.

SZM şəkillərinin işlənməsi və kəmiyyətə təhlili

6.1. İşin məqsədi	136
6.2. İşin məzmunu	136
6.3. Tapşırıq	140
6.4. Metodik göstərişlər	141
6.5. Yoxlama sualları	143

6.1. İşin məqsədi

SZM şəkillərinin işlənməsi və kəmiyyətə təhlili sahəsində təcrübə vərdişlərin əldə olunması.

Ləvazimat: Skanedic zond mikroskopu(Model SZMU-L5), zond, NanoEducator proqramı və kompüter.

Tədqiqat üçün nümunə: Periodik quruluşlu nümunələr

6.2. İşin məzmunu

SZM şəkillərinin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması

Metodikanın spesifikliyinə əsasən SZM şəkillərə adətən küylərlə əlaqədar məlumatlar daxildir. Bu nümunəyə nəzərən zondun titrəməsi, akustik təsirlər cihazın elektrik küyləri ilə əlaqəli olub zəif siqnalları ölçərkən həmişə yaranır. Şəkildəki təhriflər nümunəyə nəzərən zondun istilik dreyfinə görə də əmələ gəlir. Bununla əlaqədar SZM şəkillərinin yüksək keyfiyyətdə alınması və onların kəmiyyətə təhlilinin aparılması üçün bu şəkillərin xüsusi ədədi üsulların köməyi ilə işlənməsini və təkmilləşdirilməsini tələb edir.

SZM şəkillərinin filtrlənməsinin əsas üsulları bunlardır:

Hamarlama

Sadə halda şəklın hamarlanması hər bir nöqtədə kəmiyyətin qiymətinin, bu nöqtənin yaxın ətrafında kəmiyyətin orta qiyməti ilə əvəz etmək yolu ilə yerinə yetirilir.

Median filtrləmə

Median filtrləmə zamanı şəklın hər bir nöqtəsi üçün, bu nöqtənin müəyyən ətrafına görə variasiya sırası qurulur, yəni bu ətrafın elementləri artan sıra ilə yerləşdirilir və bu nöqtədə qiymət variasiya sırasındakı mərkəzi səviyyədə yerləşən elementin qiyməti ilə əvəz olunur. Median filtrası impuls maneələri olan şəkillərin istifadəsi və ya təkmilləşdirilməsi zamanı xüsusi ilə effektivdir.

Şəkildə üfüqi sahənin silinməsi şəklın hər bir nöqtəsində elementlərin orta qiymətlərinin bərabərləşdirilməsi yolu ilə aparılır. Üfüqi sahələrin şəkildə alınması SZM şəkillərində

xarakterik təhriflərdəndir. Bu onunla əlaqədardır ki, SZM təcrübələrində şəkil adətən xətt boyunca skanedilməsi yolu ilə alınır, bir xətdəki qonşu nöqtələrin ölçmələr arası vaxtı skanetmənin perpendikulyar istiqamətdə qonşu nöqtələrin ölçmələr arası vaxtından kifayət qədər kiçikdir.

Şəkildən meylin silinməsi sahənin sıxılması yolu ilə aparılır. Şəklin meyli nümunənin müstəviyə nəzərən meyllik vəziyyətinin nəticəsinə görə ola bilər, bu skan edərəkəndə zondun yerdəyişməsi zamanı, həmçinin istilik dreyfinin təsiri nəticəsində yarana bilər.

Səthin ikinci tərtibinin çıxılması səthin nazik təbəqəsinin tədqiqi zamanı istifadə olunur. Buna görə də SZM şəkillərində kobud relyef adətən informasiya xarakterli olmadığına görə və onu kənarlaşdırmaq zəruridir.

SZM şəkillərinin kəmiyyətə təhlili

Şəklin histoqramının qurulması

Şəklin analizi üsullarından biri şəkil nöqtələrinin qiymətlərinin histoqramının qurulmasıdır. Histoqramı qurarkən üfqi oxda şəklin nöqtələrindəki bütün qiymətlər diapazonu yerləşir, bu diapazonun bütün qiymətləri üçün uyğun qiymətlər çoxluğu şaquli ox üzə yerləşdirilir.

Səthin hamarlılığının təyini parametrləri

SZM şəkillərinin kəmiyyətə xarakteristikası üçün şəklin hamarlılıq parametridən həmişə istifadə edilir:

Orta hamarlılıq parametri

$$S_a = \frac{1}{MN} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} |z(x_k, y_l) - \mu|, \quad (1)$$

kimi təyin olur.

burada μ şəkilin orta hündürlüyüdür: $\mu = \frac{1}{MN} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} z(x_k, y_l)$

orta kvadratik hamarlılıq isə

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} [z(x_k, y_l) - \mu]^2} \quad (2)$$

kimi təyin olunur.

Hamarlılığın düzgün təyini üçün şəklın qeyri-hamarlığını qabaqcadan silmək zəruridir. Bunun üçün sahəni çıxmaq və ya ikinci tərtib səthi silmək lazımdır.

Şəklın Furye spektrinin qurulması

Şəklın fəza tezliklərinin kompleks eksponentdən ibarət Furye-spektri onun ortanormal bazisdə tezlik təsviridir. Belə fəzada şəklın təsviri kiçik detallar, elementlərin xassələrindəki periodik təkrarlığı və s. ilə əlaqədar struktur xüsusiyyətlərinin müşahidə olunmasına imkan verir. Fəza tezliklərinin ölçüsü, şəkil üzərində məsafənin ölçülməsinin tərs qiyməti ilə təyin olunur.

Şəklın kompleks eksponensial funksiyalar bazisində ayrılışı Furye çevirməsi cütü ilə verilir (sonsuz sahədə verilmiş $a(x,y)$ kəsilməz intensivlik funksiyası halına baxılır).

$$F(f_x, f_y) = \int_{-\infty-\infty}^{\infty} \int_{-\infty-\infty}^{\infty} a(x, y) \exp[-i2\pi((f_x x + f_y y))] dx dy \quad (3)$$

düzünə çevirmə,

$$a(x, y) = \int_{-\infty-\infty}^{\infty} \int_{-\infty-\infty}^{\infty} F(f_x, f_y) \exp[i2\pi((f_x x + f_y y))] dx dy \quad (4)$$

əksinə çevirmədir.

Burada x, y -şəkil müstəvisində koordinatları, f_x, f_y -fəza tezlikləridir.

Sonsuz kəsilməz siqnalların tezliklə əlaqədar ifadə olunması anlayışı təcrübədə istifadə olunan məhdud aralıqlı və diskret siqnallar halına şamil oluna bilər.

Eni N və hündürlüyü M olan düzbucaqlı şəklə baxaq. Belə şəklın Furye çevrilməsi

$$F(u, v) = \int_{-M/2-N/2}^{M/2-N/2} \int_{-M/2-N/2}^{M/2-N/2} a(x, y) \exp[-i2\pi((ux + vy))] dx dy \quad (5)$$

şəklindədir.

Siqnal fəzasında ($|x| > N/2$ və $|y| > M/2$, qiymətlərində $f(x, y) = 0$) əgər bütün müstəvi üzrə məhdud Furye çevirməsi

periodik ifadə olunarsa və diskretdirsə, onda $(k/N, l/M)$ $-\infty < k, l < \infty$ tezliklərdə harmonikanın miqdarı yalnız hesabı saydadır.

Şəkilin diskret fəzasında qeyri məhdud spektri periodik funksiyadır. Əgər Ox və Oy oxları üzrə nöqtələr arası məsafə uyğun olaraq Δx və Δy olarsa, onda Furiye çevirmələrinin təkrarlanma periodları uyğun olaraq $1/\Delta x$ və $1/\Delta y$ olacaqdır. Əgər hesablama başlanğıcını Furiye obrazının təkrarlanan periodlu matrisinin orta nöqtəsində yerləşdirsək, maksimal fəza

tezliyi $\pm \frac{1}{2\Delta x}$ və $\pm \frac{1}{2\Delta y}$ olacaqdır. Verilmiş siqnalın diskretləş-

mə addımında alınmış maksimal tezliyə Naykvist tezliyi adlanır. Alınmış periodik Furiye çevirmələrində təkrarlanan spektrləri atmaq olar və hesab etmək olar ki, diskret siqnal spektr tezliyində görə məhduddur.

Beləliklə yuxarıda verilmiş mühakimələri ümumiləşdirərək belə qərara gəlmək olar ki, şəkilin Furiye çevirməsi diskret fəzada məhduddursa, onda o həmçinin tezliyə görə diskret və məhduddur. Maksimal fəza tezlikləri şəkilin diskretlik addımı ilə təyin olunur.

Tezliyə görə şəkilin diskret spektrinin məhdudluğunun göstərilməsinə sadə misalda baxmaq olar. Ox oxu üzrə əgər ağ və qara nöqtələri növbələşdirərək şəkildə ən kiçik təkrarlanma periodu almaq olar. Bu period $2\Delta x$ -ə bərabər olacaq, buna uyğun fəza tezliyi $1/(2\Delta x)$ -ə bərabərdir.

Verilmiş $f_{k,l}$, $k = 0, \dots, M-1$, $l = 0, \dots, n-1$ nöqtələrdə şəkilin diskret Furiye çevirməsi (DFÇ)

$$F_{m,n} = \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} f_{k,l} \exp \left[-i2\pi \left(\frac{km}{M} + \frac{ln}{N} \right) \right], \quad (6)$$

düsturu ilə təyin edilir.

Şəkilin Furiye-obrazının qrafik təsviri üçün (6) düsturuna görə alınmış kompleks çevirmələr kəmiyyətinin matrislər modulu qurulur. Şəkilin həqiqi çevirmələr matrisi-mərkəzi

simmetrik matris adlanır. Tezliyə görə hesabat onun mərkəzinə görə aparılır. Şaquli oxda tezlik müstəvisində mərkəzdən eyni bir f_0 məsafəsində iki nöqtədən ibarət olan şəklin Furiye-obrazı üfüqi sinusoidal zolaqdan təşkil olunmuşdur. Bu zaman şəkildə təkrarlanma sahəsinin periodu T olub $T = \frac{1}{f_0}$

bərabərdir.

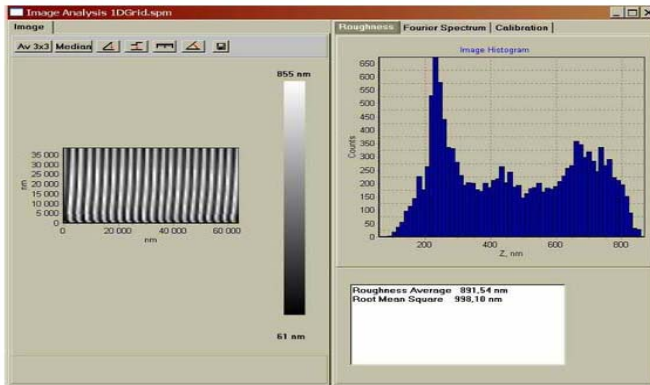
6.3. Tapşırıq

İş iki variantda aparıla bilər:

- Əvvəlki alınmış şəkillərin təhlili
- Ölçmələrin aparılması və yeni şəklin alınması, işlədilməsi və bu şəklin təhlili

İşdə zəruridir:

- Şəklin filtrlənməsinin yerinə yetirilməsi
- Filtrlənmədən qabaq və sonra şəklin kələ - kötürlüyünün parametrlərinin ölçülməsi və müqayisəsi.
- Şəklin Furiye-spektrini qurmaq və spektrin əsas fəza tezliyinin qiymətlərini ölçmək. Şəklin bu tezliklərə uyğun təkrarlanma periodlarının elementləri ilə, həmin intervallarla şəkildə alınmış ölçmələrlə müqayisə etmək.



Şəkil 6-1. Şəkillərin analizi pəncərəsi. Şəkil səthinin xüsusiyyətinin analizinin yerinə yetirilməsi


6.4. Metodik göstərişlər


A variantının yerinə yetirilməsi halında laboratoriya işi üçün zəruridir:

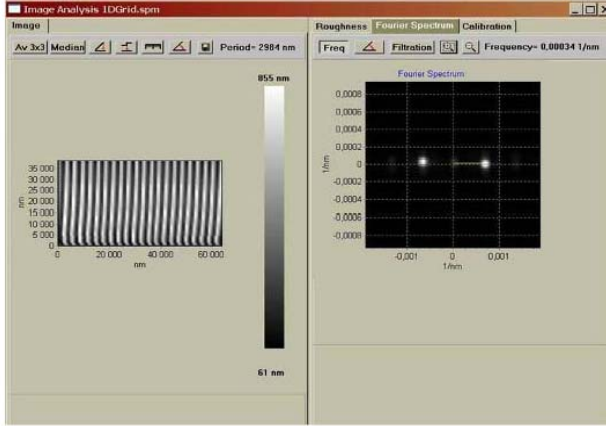
- İstifadəçilərə göstərişlərə uyğun olaraq SZM təcrübələrinin aparılması üçün ilkin hazırlıq işlərinin yerinə yetirilməsi
- İstifadəçilərə rəhbərlik sənədində göstərilmiş üsulların biri ilə nümunənin skan edilməsini yerinə yetirmək.
- Alınmış şəkli seçilmiş qovluqda saxlamalı.

İstifadə olunma və verilənlərin analizinə aid olan növbəti işin mərhələləri A və B variantları üçün üst-üstə düşür.

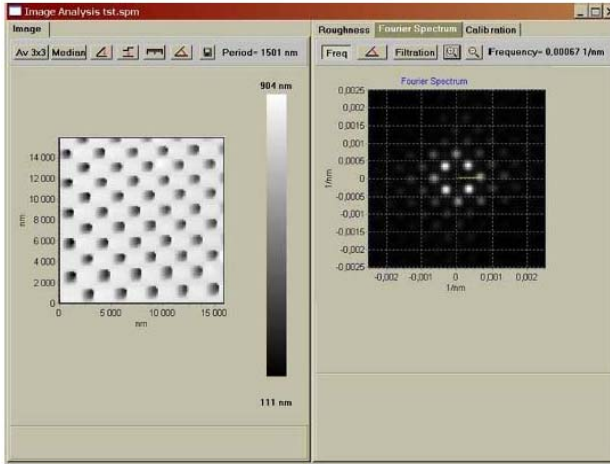
Bunların yerinə yetirilməsi üçün zəruridir:

- İstifadəçilərə köməkdə “əvvəllər alınmış fayllarla iş bölməsi” ilə tanış olmalı.
- **NanoEducator** proqramının köməyi ilə verilənlərə baxılması və işlədilməsinə keçməli.
- İş aparılan faylı açmalı və şəklin yoxlama kəsiyini təyin etməli.
- Proqramda mümkün olan metodların birinin köməyi ilə təhriflərin əmələ gəlmə xarakterini verməli, verilənlərin işlənməsi və filtrasiyasını aparmalı.
- faylın işlənməsindən sonra yoxlama kəsiyinin aparılması və verilmiş şəklin kəsiyi ilə müqayisə etməli.
- İstifadə olunan aktiv pəncərədə şəklin **Image analysis**(Şəkil 6.1.) pəncərəsini açmaq. Şəklin histoqramını öyrənmək və təsvir etmək. Orta və orta kvadratik hamarlılıq qiymətlərini qeyd etmək.
- **Furier Spectrum**(Şəkil 6-2, Şəkil 6-3) imkanını seçmək. Spektrin xarakterinə görə şəkildə periodik strukturların olmasını yəqin etmək. Əgər varsa onda əsas xarakterli tezliyin qiymətini ölçməli(tezliyin ölçülməsinə **Freq** sıxmaqla keçmək olar). Mışın sol düyməsinin köməyi ilə şəkildə Furiye-obrazının şəklini göstərmək. İlkin şəkil üzərində yerləşən  alət vasitəsilə ölçülmüş periodik şəkilləri Furiye-obrazın köməyi ilə alınmış nəticələrlə müqayisə etməli. Furiye-

obrazının şəklinə görə istiqamətlər arası bucaqların qiymətinin təyin edilməsi ( aləti ilə) və tədqiq olunan nümunə şəkillərinin uyğun kəsikləri arası bucağının qiymətləri ilə müqayisə etməli.



Şəkil 6-2. Şəkilin təhlili pəncərəsi. Bir ölçülü periodik strukturlu şəkilin Furye-spektrinin analizinin yerinə yetirilməsi



Şəkil 6-3. Furye-spektrinin köməyi ilə iki ölçülü periodik strukturlu şəkilin analizinin yerinə yetirilməsi

6.5. Yoxlama sualları

1. SZM şəkilləri üçün hansı növ təhriflər xarakterikdir və hansı səbəblərə görə bunlar əmələ gəlir?
2. SZM şəkillərinin hansı əsas filtrlənmə üsulları vardır?
3. Şəkillərin kəmiyyət xarakteristikalarının təyininin bəzi üsullarının adlarını deyin.
4. Hansı şəkillər üçün tezlik təsvirlərindən istifadə olunur?
5. Şəkil haqqında hansı məlumatı onun Furiye obrazına görə almaq olar?