کاربرد روش آماري ویژه مقدار و ویژه بردار در مطالعات ساختاري نوشته: علیرضا ندیمي*

Usage Of Eigenvalue and Eigenvector Method in Structural Studies

By: A. R. Nadimi *

چکیدہ

در مطالعات سـاختاري، اسـتفاده از روشـهاي آماري مناسب كه توانايي تفسير دادههاي فراوان را داشـته باشـند، اهميت بسـيار دارد. روش آماري ويژه مقدار و

ويژه بردار يكي از روشـهايي اسـت كه در مطالعات سـاختاري امكان تفسـير بهتر دادهها را فراهم ميكند. در اين تحقيق، افزونبر تشـريح اين روش و ذكر مثالهايي از دادهبردارهاي جهت يافتگي ترجيحي شبكه بلوري اليوين و آمفيبول، نموداري براي مقايسـه شـكل چين خوردگيها و مقادير K و C ارائه شده اسـت.

كليد واژهها: ويژه مقدار، ويژه بردار، زمين شـناسـي سـاختاري، جهت يافتگي ترجيحي شـبكه بلورر، چين خوردگي.

Abstract

In structural studies, usage of appropriate statistical methods renders practical analysis of abundant data. Eigenvalue and eigenvector method is one of the approaches that provides better interpretation of data in structural studies. In addition to describing the method and citing examples from lattice preferred orientation of olivine and amphibole, a chart for comparison of folding forms and K and C values are introduced in this study.

KeyWords: Eigenvalue, Eigenvector, Structural Geology, Lattice Preferred Orientation, Folding.

- مقدمه

(eigenvalue, eigenvector) اشاره کرد. در این روش، با تحليل آماري داده ها ميتوان به وضعيت و شکل پراکندگي داده ها و فابريکها پي برد (Woodcock, 1977).ویژه مقادیر و ويژه بردارها، از مباحث رياضي و آمار است که براي تفسير مجموعهاي از داده ها به کار ميرود. داده هاي پردازش شده در اين علوم، به صورت اعداد بررسـي مي شوند، در حالي که در زمين شناسي، اتفسير دادههايي كه اغلب شامل شيب و امتداد ساختارهاي صفحه اي و خطي ميباشد، بر روي يك شبکه استريونتي و به شکل گرافيکي انجام ميگيرد (براي آشـنايي با ديدگاه رياضي ويژه مقدار و ويژه بردار به منابع جبر خطي مراجعه شود). بنابراين، ويژه مقادير و ويژه بردارها، طبق توضيحات بعدي ميتوانند به ترتيب شكل فابريكها و جهتهاي ميانگين دادهها را نشان دهند. از چنين روشـي براي نمايش دادههاي صحرايي و پيگيري دگر شکلي تدريجي فابريكها استفاده ميشود. در اين مقاله، ابتدا به معرفي ويژه مقدار و ويژه بردار، در زمين شناسي و سپس به ذکر

مسئله مشترك بعضي شاخههاي علوم زمين مانند زمين شناسي ساختاري، مغناطيس ديرين، رسوب شناسي و يخسارشناسي، نمايش حالتهاي ويژهاي از مشاهدات جهتدار است. در اغلب موارد، براي نمايش مشاهدات و بررسي اطلاعات از شبكههاي استريوگرافيك و شبكههاي هم مساحت استفاده ميشود. در اين مطالعات وضعيت فضايي و شكل پراكندگي داده ها بر روي شبكه هاي استريونت با شكل پراكندگي داده ها بر روي شبكه هاي استريونت با روي شبكه ها اغلب به صورت نواري (gridle)، خوشه اي روي شبكه ها اغلب به صورت نواري (gridle)، خوشه اي ساختاري، بر حسب شكل بهوجود آمده بر روي استريونت، از مهات ميانگين داده هاي خوشه اي و يا قطب شكلهاي نواري براي تفسير و مقايسه دادهها استفاده ميشود.

براي تحليل بهتر سـاختارها، روشـهاي مختلفي وجود دارد كه مي توان به روش آماري ويژه مقدار و ويژه بردار



مثالهايي از مطالعات انجام شده، پرداخته شده است.

2- ویژه مقدار و ویژه بردار

براي شناسايي ويژه مقدار و ويژه بردار، ابتدا فرض مي شود که همة دادههاي اندازه گيري شده در يك منطقه، بر روي يك شبکه استريونت توزيع شوند. پراکندگي دادهها در بعضي نقاط بيشترين و در بعضي نقاط کمترين مقدار را دارد. نقاط تجمع بيشينه و کمينه و حالت ميانگين آنها بر روي شبکه را مي توان با ويژه مقدار و ويژه بردار معادل دانست. با اين تجسم، محورهاي اصلي پراکندگي ها، ويژه بردارها (۷۱, ۷2, ۷3) و محورهاي اصلي پراکندگي ها، ويژه بردارها (۷1, ۷2, ۷3) و بزرگي آنها، ويژه مقدارها ($\lambda, 2\lambda, 1\lambda$) منطبق بر آنها را نشان ميدهند. در اين حالت، ويژه بردار ۷۱) به عنوان جهتي برآوردي از پراکندگي درنظر گرفته ميشود. اين ويژه بردار، بيشترين پراکندگي ميانگين دادههاست. ويژه بردار ۷3 بيشترين پراکندگي ميانگين دادههاست. ويژه بردار نظب بهترين نوار انطباقي (best-fit gridle) پراکندگي ها در نظر گرفته ميشود. ويژه بردار ۷2 بر دو بردار ديگر عمود است نظر گرفته ميشود. ويژه مقادير ۲۱، ۲۵ و در داراي حاصل:

- (1)
- $\lambda 2 + \lambda 3 = N$

هستند. در این معادله، N تعداد دادهها را نشان میدهد. چنانچه هر کدام از ویژه مقادیر بر تعداد کل داده ها تقسیم شود، میزان تجمع یا درجه خوشه ای شدن داده ها حول ویژه بردارها به دست میآید:

)2 S1 + S2 + S3 = 1 ($j = \lambda j / N$

در اين رابطه، S نسبت ويژه مقدار هر محور بر تعداد كل دادههاست. مطالعات واتسون (1966) نشان داد كه پراكندگيهاي خوشـهاي تمايل به S3 ≈ S2 < S1 و نوارهاي دواير بزرگ تمايل به S3 < S2 ≈ S1 دارند، بنابراين، ويژه مقدارها به طور مستقيم به شكل فابريكها مربوطند. پس از واتسون، ارتباط بين ويژه مقدارها و شكل فابريكها با نمودارهاي ترسيمي نشان داده شد (Woodcock, 1977). تاكنون روشهاي مختلفي براي نمايشهاي ترسيمي ويژه مقدارها مطرح شده كه در اينجا به اختصار مهمرترين آنها يعني نمايش دو محوري، معرفي ميشود.

1-2- نمایش نسبت دو محوري

در اين نوع نمايش، دو نسبت از سه ويژه مقدار بر روي محورهاي عمود بر هم، رسم ميشوند. اين محورهاي عمود بر هم، با نمايش حالتهاي كرنش هاي اصلي قابل مقايسه هستند (Ramsay, 1967). در نمودار دو محوري، هر سه مقدار



S1، S1 و S3 (معادله2) مستقل و نسبت مقادیر S2/S3 به عنوان طول از مبدا و S1/S2 به عنوان عرض از مبدا در نظر گرفته شده است،که نسبت هاي فوق را فلين براي نمايش بيضوي هاي كرنش پيشنهاد كرده (Woodcock, 1977). پراکندگي دادههاي بهوجود آمده به طور طبيعي نسبت ويژه مقدار كمتر از 100 دارند ولي در حالتهاي خاص، محدودههاي 1000 و يا بيشتر نيز وجود دارند. بنابراين براي رسم نسبتها روي محورهاي نمودار، استفاده از مقياس لگاريتم طبيعي آنها مناسب تر است. رمزي (1967) رسم لگاريتم طبيعي ارا نسبت به (ln(S1/S2، به طور كامل براي توضيح ln(S1/S3) نمودار فلين به كار برده است (شكل1). برروي اين نمودار، تقارن محوري خوشهها در جايي که S2=S3 است، در طول خط 0=(S2/S3) قرار ميگيرد. تقارن محوري نوارهاي دواير بزرگ در جايي که S1=S2 است، در طول خط O=(S1/S2) قرار دارد. بقيه مناطق اين نمودار توسط پراكندگيهايي با حالتهاي گوناگون از هر دو حالت خوشهاي و نواري، اشغال شده است که مسیرهای دگرشکلی بیضویهای کرنش را در يك دگرشكلي تدريجي در جسم نشان ميدهد (شكل2). مقادير حالتهاي مختلف دگرشکلي فابريك ها توسط پارامتر K

معلوم شود:

λ1 +

(2) $K = \ln(S1/S2) / \ln(S2/S3)$ (3) (5) $K = \ln(S1/S2) / \ln(S2/S3)$ که در آن K شيب خط هاي مستقيمي است که از مبدا منشعب ميشوند. پراکندگيهايي با نوارها و خوشههاي، مساوي، بر روي خط K = 1 قرار ميگيرند که در آن S1/S2=S2/S3 است. نوارهايي که زير اين خط قرار دارند در ناحيهاي هستند که $1 \ge X \ge 0$ و خوشههاي قسمت بالايي ناحيهاي هستند که $1 \ge X \ge 0$ و خوشههاي قسمت بالايي براکندگيهاي يکنواخت بر روي مبدا نمودار قرار ميگيرند. در ياين نمودار، نسبت (S1/S3) به عنوان پارامترC در نظر گرفته ميشود. پارامتر C به مقاومت اجسام در برابر دگرشکلي بستگي دارد و مقدار آن ميزان سوگيري

ترجيحي و براكندگي دادهها را نشان ميدهد (جدول1- ب). بر روي اين نمودار، پراكندگيهاي همگن و يا تصادفي نزديك مبدا با مقادير C كوچك و پراكندگيهاي با سوگيري ترجيحي قوي با مقادير C بزرگتر به تدريج از مبدا دور ميشوند.

2-2- ویژه بردارها در استریونت

هنگامي كه منحني هاي هم تراكم (منحني ميزان) دادههاي جمع آوري شده از منطقه مورد مطالعه بر روي استريونت رسم شود، شكلهاي مختلفي بهوجود ميآيد. اين شكلها در حالت كلي ممكن است به صورت مدلهاي خوشهاي، نواري



و یا ترکیبي از آنها دیده شوند. موقعیت ویژه بردارها با توجه به مدلهاي پراکندگي داده ها روي استریونت بهدست ميآید. وضعیت این بردارها نسبت به پراکندگي داده ها ميتواند به شکلهاي مختلفي ديده شود که در شکل3 آورده شده است. در اين شکل از لحاظ تقارن پراکندگي و ويژه بردارها، حالتهاي ارتورومبيك، منوکلينيك و تريکلينيك معرفي شده است. در وضعيت ارتورومبيك (شکل3- الف، د و ه) پراکندگيها نسبت بهبردارها متقارن هستند، در حالي که در منوکلينيك و تريکلينيك پراکندگيها به ترتيب از يك سمت و از سه سمت با ويژه بردارها عدم تقارن دارند (شکل3-ب و ج).

2-3- چگونگي بهدست آوردن ويژه مقدارها و ويژه بردارها

در مطالعات زمينشـناسـي سـاختاري، داده هاي جمع آوري شده، شامل شيب و امتداد ساختارهاي صفحهاي و يا خطي است. پردازش این اطلاعات و بهدست آوردن ویژه مقدارها و ويژه بردارهاي آن، به دو طريق دستي و رايانه اي انجام ميگيرد. 1) روش دستي: اين روش بسيار وقت گير است و در آن، ابتدا قطب دادههاي اندازه گيري شده بر روي يك شبكه استريوگرافيكي هم مساحت رسم شده و سپس با استفاده از روش رسم منحنيهاي هم تراكم، شكل پراکندگي به دست ميآيد. مقدار مقادير از روابط رياضي محاسبه شده و موقعیت بردارها با مقایسه شکل پراکندگيها و مدلهاي ارائه شده در شکل هاي 2 و 3 بدست ميآيد. رسم دستي ويژه بردارها در مواقعي که مناطق مورد مطالعه از لحاظ زمينساختي پيچيده و دچار چندين فاز چين خوردگي باشند، مناسب تر است. در چنين مواردي، به دليل اين که در روش رايانه اي پراکندگېها به طور ميانگين بررسي ميشود، بهتر است پس از رسم رايانه اي شکل پراکندگي، آنرا براي جدا كردن فازهاي مختلف دگر شكلي بهطور دستي پردازش كنيم. 2) روش رايانهاي: اين روش سادهتر و سريعتر است. در اين حالت با پردازش آماري دادهها، ويژه مقدارها محاسبه و همچنين تصاوير استريوگرافيکي آنها رسم ميشوند. برنامههاي رايانهاي متعددي وجود دارد که براي مطالعات ســــاختاري طراحي شــدهاند، و ميتوان به رايجتـــرين آنها مانند Stereonet ،Dips و Spheristat اشاره كرد. برنامه Spheristat يكي از برنامه هاي پيشرفته زمين شناسي است که افزون بر رسم تصاوير استريوگرافيك، ويژه مقدارها و ویژه بردارها را نیز محاسبه کرده و موقعیت آنها را بر روي تصاوير اسـتريوگرافيك نشـان مي دهد. در اين برنامه، نمودارهاي دو محوري ويژه مقدارها نيز محاسبه و رسم مي شود. در اين تحقيق مثالهايي آورده شده است که با استفاده از این برنامه پردازش شدهاند.

3- فعاليت هاي تجربي

در این قسمت سعي شده است با ذکر چند مثال از فعالیت هاي انجام شده، کاربرد اين روش در مطالعات ساختاري و ريز ساختاري بيان شود.

1-3- ريزساختارها

در بيشتر سنگهاي ديگر شكل شده، سوگيري محورهاي بلور شناختي كانيها به طور سامانهمند در جهتهاي خاصي گسترش يافتهاند. اين گونه سنگها سوگيري ترجيحي شبكه بلور را براي يك كاني ويژه به نمايش ميگذارند. در بخش ريز ساختاري اين تحقيق، بلورهاي آمفيبول و اليوين مورد بررسي قرار گرفتهاند. اين نتايج از مطالعات انجام شده بر روي افيوليت نيريز (شكل4) جمع آوري شده است.

1-1-3- آمفيبول

بلورهاي آمفيبول (هورنبلند) مطالعه شده، از نمونه هاي جهتدار گابروميلونيتهاي يك پهنه برشي شكل پذيردر بخش مافيك توالي افيوليت نيريز انتخاب شدهاند (شكل4). تصاوير استريوگرافيك محورهاي شبكه بلوري آمفيبول به همراه موقعيت آنها بر روي نمودار فلين در شكل 5 آورده شده است. در تصاوير استريوگرافيك، با استفاده از روش منحنيهاي هم در تصاوير استريوگرافيك، با استفاده از روش منحنيهاي هم تراكم در مطالعات آماري ساختارها (استريونت)، قطب محورهاي شبكه بلوري آمفيبول به صورت قطب ساختارهاي خطي به طور جداگانه پردازش قرار شدهاند. موقعيت نقاط تمركز و بيشينه هر كدام از محورها نسبت به شبكه استريونت و سطح برگوارگي، ميل و روند آنها، ميتواند نشان دهنده سيستم لغزش بلوري كاني باشد.

سيستمرهاي لغزش بلوري برخي كانيها از جمله آمفيبول، اليوين، ارتوپيروكسن، كوارتز، فلدسپار و كلسيت از مطالعات آزمایشگاهي محاسبه شده است. در اين گونه مطالعات، نمونه هاي بلور در شرايط فشار و دماي مختلف قرار مي گيرند. بر روي نمونهها پس از دگر شکلي و ســـوگيري ترجيحي بررســـــيهاي محورهاي شـــــناختي، بلور ميكروســـــكوپي Universal stage صورت گرفته و تصاوير مربوط به هر كدام محاسـبه ميشود. در مطالعات ريزساختاري بعدي و مقايسـه شـكلهاي به دسـت آمده با چنين الگوهاي خاصي مي توان به سيستمهاي لغزش بلوري و به دنبال آن به شـــرايط دگـــر شــــکلي و دگــــرگـــوني Keyssner, et al., 2002 ; Mainprice & Nicolas,) پـــي برد .(1989

با بررسي نتايج به دست آمده از تصاوير استريوگرافيك بلورهاي آمفيبول در بخش مافيك توالي افيوليت نيريز مشخص شده است كه [001] عموما موازي با خطوارگي و [100]



موازي با برگوارگي است (شکل6). اين وضعيت نشان دهنده است. سيستم لغزش [001](100) در شبكه بلوري آمفيبول است. چنين سيستم لغزشي نشانه دگر شكلي در درجههاي بالاي **3-2- مطالعات ساختاري** دگرگوني در حد رخساره گرانوليت مي باشد (نديمي،1377). در شكل 5 همچنين داده هاي مربوط به محورهاي شبكه بلوري آمفيبول پس از پردازش توسط نرم افزارSpheristat و محاسبه ویژه مقدارها و ویژه بردارهاي آن بر روي نمودار فلین نشان داده شده است. مقادیر K و C این دادهها در جدول 2-الف مشخص شده است. موقعيت اين داده ها بر روي نمودار فلين و مقايسه با شكل نشان مي دهد كه محور a آمفيبول به صورت خوشهاي متوسط و محور c به صورت نوارهاي ضعيف تا متوسط است. دگر شکلي محورc آمفيبول بهصورت نوارهاي ضعيف تا متوسط و در نظر گرفتن قابليت دگر شکلي پلاستيکي بسيار ضعيف آمفيبولها، اين نتيجه را در پي خواهد داشت که دگر شکلي و دگرگوني شديدي بر بلورهاي آمفيبول گذشته است.

2-1-3- اليوين

در اين قسمت بلورهاي اليوين در سنگهاي هارزبورژيت بخش الترامافيك توالي افيوليت نيريز مورد مطالعه قرار گرفته است. تصاوير استريوگرافيك محورهاي شبكه بلوري اليوين به همراه موقعیت آنها بر روي نمودار فلین در شکل5 نشان داده شده است. همانگونه که در مورد بلورهاي آمفيبول گفنه شد، با مقايسه تصاوير استريوگرافيك حاصل از مطالعات ميكروسكوپي بر روي اليوين و مقايسـه آنها با الگوهاي آزمايشـگاهـي مي توان سيستم لغزش بلوري اليوين را به دست آورد. در تصاوير استريوگرافيك مشاهده مي شود كه [100] به صورت نقطه بيشينه و گاهي نوارهاي کوتاه با زاويه کمي نسبت به خطوارگي و [001] به صورت نقطه بيشينه و گاهي نوارهاي كوتاه با زاويه زيادي نسبت به خطوارگي، زاويه كمي نسبت است. به برگوارگي قرار گرفته است (شکل6). رخداد نوارهاي محورهاي اصلي و نيز خوشه ها به ترتيب بيانگر سيستم هاي **3-2-2- برگوارگي هارزبورژيتي** لغزش [100](010) و گاهي [100](0k1) است. بلورهاي اليوين در طي اين لغزش، به صورت پلاستيك دگر شكل شـدهاند. از سـوي ديگر، با پردازش آماري داده هاي اندازه گیری شده توسط نرم افزار اشاره شده، ویژه مقدارها و ویژه بردارها محاسبه گردیده و سپس موقعیت آنها بر روی نمودار فلين مشخص شده است (جدول2- ب). موقعيت اين داده ها بر روي نمودار فلين و مقايسه با شـكلهاي 2 و 5 نشان ميدهد كه محورa اليوين به صورت خوشهاي متوسط و محور c به صورت نوار و خوشه ضعيف است. حالت نواري شدن اليوين در هارزبورژيت نشـان دهنده رفتار پلاسـتيکي بلور در محيط، تشكيل دهنده آن يعني مركز گسترش اقيانوس

بيشتر سنگهاي رســوبي و دگرگوني داراي ســـاختارهاي صفحهاي صفحهاي مشخصي هستند كه با انامهاي امختلفي از جمله لايه بندي يا برگوارگي معرفي ميشوند. شناسايي ارتباط اين ساختارها و نيروهاي عمل كننده از اهميت ويژهاي برخوردار بوده و ميتواند در شناسايي مسير دگرشکلي و تاریخچه آن در منطقه مورد استفاده قرار گیرد. در بخش ساختاري اين تحقيق شيب و راستاي ساختارهاي صفحهاي مختلفي از جمله سنگهاي آهکي لايه لايه در منطقه باختر سيوند، برگوارگي هارزبورژيتي و راديولاريتهاي چين خورده در بخشهاي مختلف مجموعه افيوليتي نيريز جهت مطالعه انتخاب شده است.

1-2-3- سنگهاي آهکي لايهاي باختر سيوند

در اين قسمت سنگهاي آهکي لايهاي سازند سروك با سن آلبین تا تورونین واقع در تاقدیس کوه حسین در باختر سیوند مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل7). این منطقه همانند ديگر نواحي زاگرس، دچار چينخوردگي شده است. شيب و راستاي لايهبندي در نقاط مختلفي از اين تاقديس اندازهگيري شد. این دادهها توسط نرم افزار مورد پردازش قرار گرفت و تصوير استريوگرافيك، مقادير K و C آن به دست آمد (شكل8). با توجه به تصوير استريوگرافيك، مشاهده ميشــود كه محل ویژه بردار V2 با موقعیت محور b چین مطابقت دارد و همچنین ميتوان نصف النهار ٧١٧٧ را به عنوان سطح محوري اين چين در نظر گرفت. فابريك چين خوردگي در اين مورد خوشهاي متوسط به دست آمده است. مطالعات صحرايي نشان ميدهد كه پهلو هاي اين چين داراي شيب و ارتفاع متوسط

یکي از مشخصات مشترك افیولیدها داشتن ساختارهاي صفحه اي دماي بالايي هستند كه اصولا موازي موهو تشكيل ميشوند (Nicolas,1989). با مطالعه آماري برگوارگي هارزبورژيتي در افيوليت ها ميتوان سرگذشت حركات هارزبورژیت و بخش الترامافیك افیولیت ها را مطالعه کرد. شيب و راستاهاي اندازهگيري شده در منطقه افيوليت نيريز نشان ميدهد که اين برگوارگيها هنگام تشکيل و جايگزيني بر روي پوسته قارهاي و چينخوردگيهاي بعدي دگرشکل شدهاند. مقادير K و C دادههاي اندازهگيري شده، تصاوير استريوگرافيك به همراه ويژه بردارها و ويژه مقدارهاي آنها در شکل8 نشان داده شده است. همانند حالت پیش،



در اين مورد نيز ميتوان سطح و محور چينخوردگي را مشخص کرد. فابریك به دست آمده براي این نمونه نوار همراه با خوشههاي متوسط است و شکل چين نيز به صورت يك چين باز و پهلوهاي با شيب متوسط مي باشد.

3-2-3- راديولاريتهاي چين خورده

راديولاريتها و رسوبات پلاژيك، بخش رسوبي و بالاترين قسمت توالي افيوليتها را تشكيل ميدهند. راديولاريتها در منطقه نيريز در بخشهاي باختري و خاوري بيرونزدگي مرکزي افیولیت، رخنمون دارند (شکل4). در مسیر جاده نیریز-استهبان شيب و راستاي لايه هاي چين خورده راديولاريتها اندازهگيري شد و تصوير استريوگرافيکي، مقادير K و C آن در شكل 8 آورده شده است. فابريك بهدست آمده براي اين مثال خوشهاي متوسط تا قوي ميباشد. مطالعات صحرايي در اين منطقه نشان مي دهد که اين مجموعه به شدت چين خورده اند و چينهاي تشکيل شده داراي پهلوهاي پرشيب است.

4- ىحث

بررسـي نتايج حاصل از اندازهگيريهاي آماري كه به صورت تصاویر استریوگرافیك و نمودار K و C ارائه شده، نشان ميدهد که پراکندگي هاي مختلف دادههاي خطي (خطواره ها، محورهاي شبکه بلوري) و صفحهاي (برگوارگي، لايه بندي) در شبکه استريونت، شکلهاي مختلفي را به وجود مي آورد كه مي توان موقعيت آنها را با بردارهاي ٧١ الي ٧3 مطابقت داد. مقادير مربوط به هر بردار بيانگر پراکندگي دادهها نسبت به آن بردار است که جمع مقادیر آن برابر تعداد دادههاي اندازهگيري شده است. در چينها، ويژه بردارهاي مختلف را ميتوان با محورهاي اصلي b ،a و c چين مقايسه کرد. در این حالت، میتوان محور V2 را با محور b چین یکسان در نظر گرفت و مشخصات روند و میل آن را به عنوان روند و ميل محور چين شناسايي نمود. بردارهاي ۷۱ و ۷3 به ترتيب با محورهاي a و c چين مطابقت دارند. دايره بزرگ در برگيرنده بردارهاي ٧1 و ٧2 را ميتوان سطح محوري چين در نظر گرفت و مشخصات آن را با استفاده از شبکه استریوگرافیك هم مساحت بدست آورد. با این کار، افزون بر میل چین، ميتوان تقارن آن را نيز دقيقتر مطالعه كرد. دايره بزرگ در برگيرنده بردارهاي ۷۱ و ۷3 به عنوان نمودار π چين تفسير ميشود. مقادير K و C همان گونه که در مطالعات ريزساختاري به پهن و نواري شدن يا خوشهاي و كشيده روندهاي اصلي كرنش و محورهاي دگر شكلي را در هر نمونه شدن فابريكها اشاره ميكند، ميتواند در مطالعات ساختاري مشخص كرد و نيز با توجه به فابريك به وجود آمده و خواص نيز به کار برده شود. اين فابريکهاي دگرشکلي را مي توان

در چين خوردگي به صورت شکل9 تفسير کرد. در اين شکل، فابريكهاي مربوط به K=1 و C<C95 به چين هايي با سطح مقطع نيمدايرهاي تشبيه مي شوند كه هرچه مقادير C آن افزايش يابد، از وضعيت پراكندگي يكنواخت به سمت وضعيت هاي توسعه يافته و چين هاي بسته تغيير ميکنند. در فابريكهاي با 1>K<1، چينهايي مشاهده مي شود كه عرض آنها به مراتب بیشتر از ارتفاع آنهاست. چینهای پهن و گسترده در این بخش قرار دارند. تغییرات مقادیر C شکلهای مختلفي از چين هاي يهن ملايم و باز تا چينهاي يهن بسته را به وجود ميآورد. در فابريكهاي با I<K چين هايي مشاهده ميشود که ارتفاع آنها و اوجگيري چين به مراتب بيش از عرض آنهاست و ميتوان چينهاي بلند و تيز را در آنها ديد. مقادير مختلف C، چينهايي را در محدوده چينهاي تيز و بلند ملايم تا بسته به وجود ميآورد.

5- نتيجه گيري

در مطالعات سـاختاري هر منطقه، ميتوان اطلاعات با ارزشـي از سـرگذشـت دگر شـکلي بهدسـت آورد. گاهي مناطق چين خورده به دلايلي مانند فرسايش، به طور كامل در سطح زمين نمايان نيستند. بنابراين در هنگام مطالعه ساختاري چنين مناطقي، ميتوان با اندازهگيري هاي صحرايي شيب و راستاي ساختارهاي صفحهاي يا خطي و بررسي آماري آنها، اطلاعات با ارزشـي از چين خوردگي به دست آورد و يا با مشاهده شکل چین و مقایسه با نمودار ارائه شده، به سرعت به محدوده تقريبي K و C پي برد. مطالعه اين مقادير و يا شكل چين به طور غير مستقيم، ميتواند نوع تاثير نيروهاي عمل کننده و خواص فيزيکي سنگهاي منطقه را نشـان دهد. از طرف دیگر ویژه مقدارهاي مختلف، بیانگر پراکندگي در راستاي ويژه بردارها ميباشند و نشان ميدهند که در چه راستايي بيشترين و يا کمترين پراکندگي وجود دارد. بنابراين، با بررسـي موقعيت ويژه بردارها ميتوان به طور دقيق.تر به سـاز و کار چين خوردگي، مشخصات روند و ميل محور چين، محورهاي اصلي چين خوردگي و محورهاي اصلي کرنش پي ىرد.

در بخش ریزساختاری نیز با توجه به مقادیر K و C و شکل به وجود آمده، ميتوان با اندازهگيريهاي آزمايشگاهي و ميكروسكوپي از جمله استفاده از Universal Stage، فيزيكي سنگ، روند توسعه دگر شكلي را مطالعه كرد.



سياسگزاري

برخود لازم ميدانم از همكاريهاي استاد ارجمند محمد تقي شناسـي و اكتشـافات معدني كشـور و حسـن نديمي از گروه صالحي از گروه شيمي دانشگاه پيام نور اصفهان سپاسگزاري نمايم. همچنين از آقايان داود يحييآبادي از سازمان زمين

فيزيك دانشـگاه پيام نور مركز اصفهان كه در اين راه مرا ياري نمودند سياسگزاري کنم .



شكل1- نمودار فلين براي نشان دادن شكل بيضوي كرنش. Ryz وRxy به ترتيب عبارتند از نسبت طويل شدگي محورهاي دوم-سوم و اول- دوم. مقدار نسبت k بيضوي كه بر روي نقطه P قرار دارد برابر خواهد بود با تانژانت زاویه q (اقتباس از & Ramsay .(Huber, 1983



شکل2- نمایش نسبت لگاریتمي دو محوري ویژه مقدارها به همراه مثالهايي از شكل فابريكها (اقتباس اَز 1977 ،Woodcock).



شکل3- نمایش استریوگرافیکي هم سطح فابریکهاي ایدهآل با تقارنهاي ارتورومبیك (الف، د و ه)، منوکلینیك (ب) و ترېکلینیك (ج) به همراه ویژه بردارهای مربوطه (اقتباس ازWoodcock, 1977).







شـكل4- نقشـه زمين شـناسـي مجموعه افيوليت نيريز. در اين نقشـه محل مطالعات انجام شـده با دايره نشـان داده شـده اسـت. در اين دايرهها(Am) آمفيبول، (OI) اليوين، (Hz) برگوارگي هارزبورژيت و (Ra) راديولاريتهاي چين خورده اسـت. همچنين موقعيت نمونه برداريها از باختر سـيوند بر روي نقشـه راهنماي فوق و شـكل 7 نشـان داده شـده اسـت (اقتباس از2002).



شكل5- نمودار فلين و تصاوير استريوگرافيكي محورهاي a و c نمونههاي اليوين (OI) و آمفيبول (Am) به ترتيب در بخش هاي الترامافيك و مافيك توالي افيوليت نيريز. تصاوير استريوگرافيك مربوط به نيمكره پاييني و خطوط تراز تراكمهاي1، 4 و 8% و شمارههاي 1،2 و3 به ترتيب محل ويژه بردارها را نشان ميدهند.

جدول1- مقادیر مختلف K (الف) وC (ب) و نوع الگوهاي
پراکندگي نمونهها (اقتباس ازWoodcock, 1977).

(ال	K	شكل فابريك
	0 - 0.05	نوار محورى
	0.05 - 0.5	نوار
	0.5 - 0.8	نوار با خوشہ
	0.8 - 1.25	نوار و خوشه
	1.25 - 2	خوشه و توار
	2 - 20	خوٹه
	K > 20	خوشه محوري
(ب	С	مقاومت فابريك
	C < C ₉₅	پراکندگی یکنواخت
	C ₉₅ -C ₉₅ +1	توسعه ضعيف
	Cy1-1-C55+35	توسعه متوسط
	C > C ₃₅ +3.5	ئوسعه قوى







شكل 6- تصاوير استريوگرافيك محورهاي b ،a و c نمونه هاي اليوين (O)، ارتوپيروكسـن (Opx) در بخش الترامافيك و آمفيبول (Am) در بخش مافيك توالي افيوليت نيريز. در اين تصاوير خطها و نقاط نشـان دهنده خطواره و برگواره در نمونه ها است. تصاوير اسـتريوگرافيكمربوط به نيمكره پاييني و خطوط به ترتيب تراز تراكمهاي 1، 4 و 8% را نشـان مي دهد (اقتباس از 2002).







شـكل7- نقشـه زمين شـناسـي تاقديس كوه حسـين در غرب سـيوند، اسـتان فارس. موقعيت اين نقشـه در شـكل 4 نشـان داده شـده اسـت. در اين نفشـه (Sm) سـازند سـورمه، (Fa) فهليان، (Gd) گدوان، (Dr) داريان، (Kz) كژدمي، (Sv) سـروك و (Q) آبرفت است. (اقتباس از نديمي و همكاران، 1378).



شكل8- نمودار فلين و تصاوير استريوگرافيكي شيب و راستاهاي ساختارهاي مطالعه شده در سنگهاي آهكي لايه لايه غرب سيوند (S)، برگوارگي هارزبورژيتي مجموعه افيوليت نيريز (H) و راديولاريتهاي چين خورده منطقه نيريز (R). تصاوير استريوگرافيك مربوط به نيمكره پاييني و خطوط تراز بهترتيب تراكمهاي 1، 4 و 8% و شمارههاي 1،2 و3 بهترتيب محل ويژه بردارها را نشان ميدهند.



شکل9- نمودار مقایسه شکل چینها و مقادیر K و C بر روي نمودار فیلین. در این نمودار نوع چین بر روي مبدا از نوع چینهاي دایره اي و با دور شدن از مبدا بر روي محور افقي به چينهاي پهن و باز و بر روي محور قائم به چينهاي دراز و بسته نزديك ميشود.

جدول2- ويژه مقدارها و ويژه بردارها (1)، مقادير K و C و نوع الگوي پراكندگي ريزساختارهاي مطالعه شده (2) در نمونههاي آمفيبول (الف) و اليوين (ب). در اين جدول بخشـهاي بالايي مربوط به محور a و بخشـهاي پاييني مربوط به محور c است.الف- ويژه بردارها و ويژه مقدارها در بلور آمفيبول ب -ويژه بردارها و ويژه مقدارها در بلور اليوين









كتابنگاري

نديمي، ع. 1377- تحليل ريزساختاري حركت پلاستيكي گوشته فوقاني و زونهاي برشـي افيوليت نيريز، پايان نامه كارشناسـي ارشـد تكتونيك، دانشـگاه شـيراز، 135 صفحه.

نديمي، يوسفي و كارگر، 1378- بررسي عوامل تكتونيكي زمين لغزشهاي تاقديس كوه حسين، غرب سيوند، استان فارس. اولين كنفرانس زمين شناسي مهندسي و محيط زيست ايران. صفحه 259-265.

Reference:

Keyssner, S., Standner, P., & et. al., 2002 - Annual report 2002. Experimentelle Geochemie and Geophysik, Universitat Bayreuth, 216p.

Mainprice, D., & Nicolas, A., 1989 - Development of shape and lattice preferred orientationss: application to the seismic anisotropy of the lower crust. J. Struct. Geol., 11, 175-190.

Nadimi, A., 2002- Mantle flow patterns at the Neyriz Paleo-spreading center, Iran, Earth & Planet. Sci. Lett., 203(1), 93-104.

Nicolas, A., 1989- Structures of ophiolites and dynamics of oceanic lithosphere, Kluwer Academic Publishers. 367p. Ramsay, J.G., 1967- Folding and fracturing of rocks. New York, McGraw-Hill Book Co., 568p.

Ramsay, J.G., & Huber, M.I., 1983 -The techniques of modern structural geology, 1- strain analysis. Academic Press, London. Watson, G.S., 1966- The statistics of orientation data. Geology, 74, 786-797.

Woodcock, N.H., 1977- Specification of fabric shapes using an eigenvalue method. Geol. Soc. Am. Bull., 88, 1231-1236.

* گروه زمين شـناسـي دانشـگاه آزاد اسـلامي واحد محلات * Geology Department, Islamic Azad University, Mahallat, Branch, Mahallat, Iran

