



# Maden Tetkik ve Arama Dergisi

<http://dergi.mta.gov.tr>



## DERE SEDİMANI VERİLERİNE “FRAKTAL MODEL” VE “FAKTÖR ANALİZİ” UYGULANARAK CR MİNERALİZASYONUNUN TANIMLANMASI: KHOY 1:100.000 PAFTASI, KB İRAN

### DELINEATION OF THE CR MINERALIZATION BASED ON THE STREAM SEDIMENT DATA UTILIZING FRACTAL MODELING AND FACTOR ANALYSIS IN THE KHOY 1:100,000 SHEET, NW IRAN

Somayeh Momeni<sup>a,\*</sup>, Seyed Vahid Shahrokhi<sup>a</sup>, Peyman Afzal<sup>b,c</sup>, Behnam Sadeghi<sup>b,d,e</sup>,  
Taher Farhadinejad<sup>d</sup> ve Mohammad Reza Nikzad<sup>e</sup>

- a. Department of Geological, Khoramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran  
b. Department of Mining Engineering, Faculty of engineering, South Tehran branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran  
c. Camborne School of Mines, University of Exeter, Penryn, UK  
d. Department of Earth and Oceans, James Cook University, Townsville, Queensland 4811, Australia  
e. Hampa Behineh Consultant Engineers Co., Tehran, Iran

Araştırma Makalesi

#### ÖZ

Anahtar Sözcükler:  
Dere Sedimanı, Fraktal Analiz, Konsantrasyon-Numara, Konsantrasyon-Alan, Cr, Khoy, İran

Fraktal yöntemler, sığ ve derin mineralizasyon zonlarının sınırlarının birbirinden daha hassas bir şekilde ayrılması açısından oldukça etkili yöntemler olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada, KB İran’da bulunan Khoy 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası içinde, Cr, Co ve Ni gibi elementleri açısından umutlu olabilecek alanları saptamak amacıyla konsantrasyon-numara (C-N) ve konsantrasyon-alan (C-A) fractal yöntemler uygulanmıştır. Elementler üzerinde factor analizi uygulanmış olup her iki fractal yöntem, elementler ile ilişkili faktörler izole edilerek çalışılmıştır. Ekstrem anomalilerin güncel jeolojik konumları araştırılmış olup sonuçlar karşılaştırıldığında bunların çok yakın ilişki sundukları ve çıktıkları gözlenmiştir. Sunulan model sonuçlarına bakıldığında, incelenen çoğu elementin, paftanın merkez ve GB kesimlerinde kaldıkları anlaşılmıştır. Litoloji açısından bakıldığında ise, bu alanlar serpantininitin harzburgit ve dünit gibi ultramafik kesimlerine karşılık gelmekte olup aynı zamanda Cr mineralizasyonu açısından yüksek olasılıklı alanları göstermektedir. Ulaşılan sonuçlar aynı zamanda faktör analizi ile doğrulanmıştır. Bu ise, bu elementlerin faktör akümüasyonunun her bir elementinki ile tam olarak aynı olduğu anlamına gelmektedir.

Geliş Tarihi: 18.09.2014  
Kabul Tarihi:01.06.2015

#### ABSTRACT

Keywords:  
Stream Sediments,  
Fractal Analysis,  
Concentration-Number,  
Concentration-Area, Cr,  
Khoi, Iran

Fractal methods are regarded as a highly efficient method for more accurate separation of boundaries between mineralized zone in shallow and deep studies. In this research, concentration-number (C-N) and concentration-area (C-A) fractal methods were used in order to identify promising areas of the elements like Cr, Co and Ni in the Khoi 1:100,000 geological mapping sheet, NW Iran. The factor analysis was performed on the elements, and factors, which were related to the elements, were isolated and studied by both fractal methods. The current geological locations of the extreme anomalies were investigated and the results showed a very close relationship and overlapping. The results of the presented models show that the most elements under study are located in the central and southwestern parts of the sheet. From the point of view of the lithology, these areas correspond to the serpentinite ultramafic units of harzburgite and dunite, and as a result, there is a high probability of Cr mineralization. The achieved results are confirmed by factor analysis. This means that a factor accumulation of these elements is exactly the same as those of each element.

## 1. Giriş

Temelde, jeokimyasal anomalilerin yaygın temel değerlerden (background) ayrılaşması, mineralize zonların ayrımı açısından çok önemlidir (Hassanpour ve Afzal, 2013). Jeokimyasal araştırmaların en önemli amacı, anomali saptamak ve bunları birbirinden ayır-

maktır. Bu tür çalışmalarda kullanılan yöntemlerden biri de histogram analizidir. Dere sedimanı örneklerinin histogramının çizilmesine ek olarak ortalama, orta değer, varyans (değişim), maksimum, minimum ve standart sapma değerleri de hesaplanmaktadır. Geleneksel yöntemler ile alansal değişim ve alansal korelasyon konusunda herhangi bir bilgi üretilemeyip sadece element

\*. Başvurulacak yazar: Somayeh Momeni, [somayeh\\_momeni10@yahoo.com](mailto:somayeh_momeni10@yahoo.com)  
<http://dx.doi.org/10.19076/mta.21370>

dağılımının frekansı elde edilebilir. Dahası, histogram analizi veya Q-Q diyagramları gibi konvansiyonel istatistik yöntemlerinde anomali alanının şekli, yayılımı ve şiddeti hesaba katılmaz (Rafiee, 2005; Afzal vd., 2010).

Öklid geometrisi, doğadaki çoğu olayı açıklamakta yetersiz kalan, aralıklı (discrete) ve tamsayı (integer) numaralarını kullandığı için bilim adamları, doğadaki tüm olayları açıklayabilecek bir yol bulmaya çalışırlar. Bu nedenle Mandelbrot (1983), bu sorunları tanımlamak için uygun bir çözüm olarak fraktal geometriyi önermiştir. Önerilen çok sayıda yönteme göre, jeokimyasal anomalileri ayırmada en çağdaş ve uygulanabilir yöntem, fraktal geometridir. Turcotte (1986), bir yatağın kümülatif değeri ile bu yatağa ait değişik kesimlerin ortalama değerleri arasında fraktal bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Meng ve Zhao (1991), jeolojide fraktal yapıların varlığını açıklamıştır. Son yıllarda fraktallar ve çoklu fraktal yöntemler, yer bilimlerinin jeofizik ve jeokimya gibi alanlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Karmaşık jeolojik yapıların analizinde, özellikle ekonomik jeoloji ve maden aramacılığı alanlarında niteliksel alansal dağılım kullanılmaktadır. Fraktal/çoklu fraktal teori belki de, verilen değerden düşük kapamın alanları ile güncel konsantrasyon alanı arasındaki güç-yasası ilişkisinin bir ifadesi olarak da değerlendirilebilir. Veri dağılımının çoklu fraktal bir doğası olup olmadığını test etmek ve sergilemek için oldukça kapsamlı hesaplamalar yapmak gerekir. Veri dağılımı ile fraktal/çoklu fraktal modelleme arasında herhangi bir ilişki de yoktur (Mandelbrot, 1983; Afzal vd., 2010; Mohammadi vd., 2013).

Fraktal geometride her şekil ve bu şeklin karmaşıklığı desimal ve ardışık sayılar olarak gösterildiğinden, bu yöntem, eşik değer in saptanması için oldukça uygun bir araçtır. Yer bilimlerinde kullanılan bazı önemli ve kullanışlı fraktal yöntemler başlıca numara-genişlik (N-S: Mandelbrot, 1983; Agterberg, 1995; Monecke, 2005; Sadeghi vd., 2012a), konsantrasyon-hacim (C-V: Afzal vd., 2011), konsantrasyon-uzaklık (C-D: Li vd., 2003), konsantrasyon-alan ve konsantrasyon-çevre uzunluğu (C-A ve C-P: Cheng vd., 1994) ve konsantrasyon-numara (C-N: Hassanpour ve Afzal, 2013) olarak sayılabilir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Örneklem ve Analiz

Khoy 1:100.000 paftasındaki çalışmalara, 1010 dere sedimanı örneğinin seçilmesi (Şekil 1) ve ALS Chemex (ALS Canada Ltd.) laboratuvarında ICP-MS yöntemi ile 44 element için analizi ile başlanmıştır. Cr, Co ve Ni elementleri için dedeksiyon limiti sırasıyla 10 ppm, 1 ppm ve 2.5 ppm'dir. Buna ek olarak, Thompson-Howarth hata analizi (1976; 1978) çerçevesinde 100 adet rastgele örnek seçilerek analiz kalite güvenliği ve kalite kontrol amacıyla analiz edilmiştir. Bu değerlendirmeye göre, Cr için hata oranı %10'dan düşük, yaklaşık %3 dolayında bulunmuştur. Analizi yapılan elementler içinde Cr, Co ve Ni elementleri, Cr için uygun alanların belirlenmesi amacıyla ele alınmıştır. İki yöntem değerlendirilmiş, parajenez ve yüksek dereceli anomalilerin oluşturulmasında faktör analizi yöntemi uygulanmıştır.

### 2.2 Konsantrasyon-numara (C-N) Fraktal Yöntemi

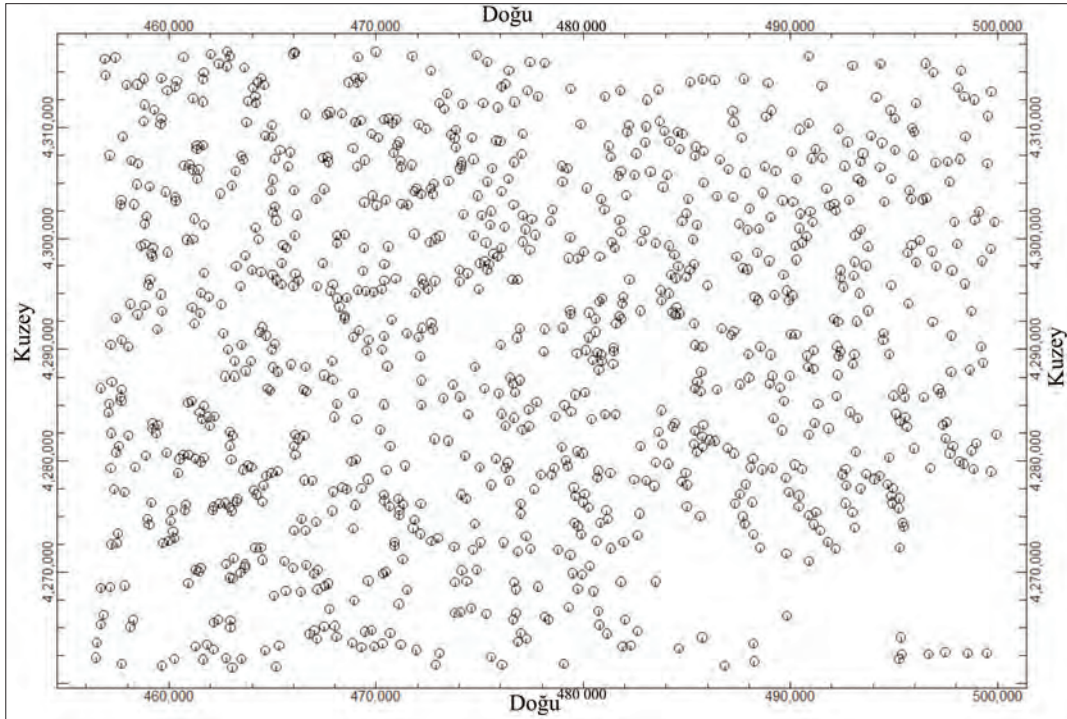
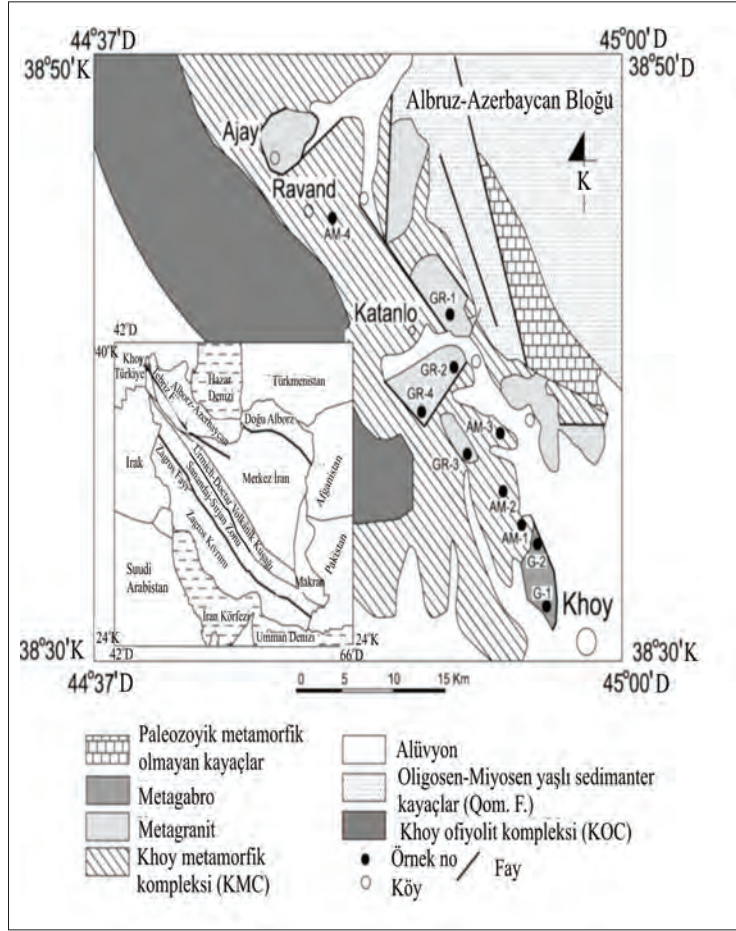
C-N yöntemi, Mandelbrot (1983) tarafından ortaya konmuş ve Hasanpour ve Afzal (2013) tarafından değişik doğal olayları sınıflandırmak amacıyla geliştirilmiştir. Angberg (1995) ve Monecke (2005) bu yöntemi yerbilimlerinde kullanmak üzere geliştirmişlerdir. Bu modelin genel formülü aşağıdaki gibidir (Deng vd., 2010; Mandelbrot, 1983; Sadeghi vd., 2012a):

$$N(\geq p) \propto p^{-\beta} p^{-\beta} \quad (1)$$

Bu eşitlikte  $\beta$  fraktal büyüklüğü;  $p$  element konsantrasyonunu;  $N$  ise,  $p$ 'ya eşit ve daha büyük konsantrasyona sahip örneklerin sayısını belirtmektedir. Bu yöntem, her bir değer in daha yüksek değerlerdeki konsantrasyon ve kümülatif frekansları arasındaki ters orana dayanır. Bu yöntemin avantajı, ham veri kullanılmasıdır (Mandelbrot, 1983; Deng vd., 2010).

### 2.3. Konsantrasyon-alan (C-A) Fraktal Yöntemi

C-A yöntemi, Cheng vd. (1994) tarafından, Kanada'daki KB British Kolombiya'da bulunan Mitchell-Sulphurets porfiri bakır yatağındaki çalışmaları ile ortaya konmuştur. Bu yöntem, her bir konsantrasyon değerine ait alan ile daha yüksek değerler arasındaki değişime dayanır. Daha başka bir deyişle, element konsantrasyonları ile bunların kapladıkları alan arasında ters ilişki bulunmaktadır (Cheng vd., 1994). Bunun anlamı, element konsantrasyonları arttıkça, bunların kapladıkları alan azalmaktadır. Bu modelin genel formülü aşağıdaki gibidir (Cheng vd., 1994; Sadeghi vd., 2012b):



Şekil 1- Khyo 1:100.000 ölçekli paftanın jeolojisi ve İran'ın jeolojisi içinde yeri (Alavi, 1994'ten); bu alanda kalan kromit oluşukları ve dere sedimanı jeokimya örnek yerleri.

$$A(\rho \leq \rho \leq v) \propto \rho^{-\alpha_1} \propto \rho^{-\alpha_2} ; \quad A\rho (\rho \geq \rho \leq v) \propto \rho^{-\alpha_2} \propto \rho^{-\alpha_1} \quad (2)$$

Bu formülde  $\alpha$  fraktal boyutu;  $\rho$  element konsantrasyonunu;  $A$  ise,  $\rho$ 'dan küçük veya eşit ve  $\rho$ 'dan büyük veya eşit element konsantrasyon değerlerine ait alanı belirtir.

#### 2.4 Faktör Analizi

Çok değişkenli analiz yöntemlerinden en yaygın olan faktör analizinin amacı, jeokimyasal değişkenleri sınıflandırmak ve sayısını azaltmaktır. Bu yöntem, çok sayıda birbiriyle ilişkili değişkenin tek bir değişken altında toplanması için ve veri setlerinin çok boyutluluğunun azaltılması için son derece kullanışlı bir yöntemdir. Bu işlem, çok boyutlu değişkenler arasındaki ilişkiyi temsil eden değişkenlerin eşdeğışkisi (covariance) ve korelasyonu temelinde gerçekleştirilir. Bu yöntem kullanılarak geniş bir jeokimyasal değişken veri seti, birleştirilerek birkaç faktöre indirgenir (Reimann vd., 2005; Shamseddin Meygoni vd., 2014).

Hipotezik modele bağlı faktör analizi, birbirleri ile ilişkisiz gibi görünen bir dizi farklı değişken arasında özel bir ilişki saptayabilir. Buradaki etmen (agent: değişkenler arasındaki ilişkilerin özel niteliği anlamında kullanılan ana değişkenlerin doğrusal kombinasyonu) sayısı, ana değişkenlerin sayısından çok daha azdır.

Çizelge 1- Cr, Co, Ni ve F1'in özet istatistik değerleri.

İstatistik parametresi	Cr (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	F1
Dedeksiyon Limiti	10	1	2.5	-
Orta Değer (mean)	481.74	48.79	316.37	3.12
Ortanca D. (median)	350	38	138	2.25
Değişim (varyans)	184680.013	1803.87	224883.44	0.02
Maksimum	2000	560	2000	10.8
Minimum	34	4.15	3.089	-2.21
Standart sapma	429.744	42.47	474.22	0.15

#### 2.5 Khoy 1:100.000 Paftasının Jeolojik Konumu

Khoy 1:100.000 paftası, KB İran'da yer alır. Çalışma alanı, Arap Levhası'nın KD ve GD bölümünü oluşturan (Stocklin ve Nabavi, 1972) Albruz-Azerbaycan bloğu üzerinde yer alır. Çalışma alanının jeoloji haritasına bakıldığında (Şekil 1), Khoy Metamorfik Kompleksi (KMK)'nin batıda Arap Levhası'nı üzerlemiş olan Khoy Ofiyolit Kompleksi (KOK) ile, doğuda ise Albruz-Azerbaycan Bloğu (AA-Block)'na ait metamorfik olmayan ve Paleozoyik yaşlı sedimanter kayaçların arasında kaldığı görülmektedir (Ghoraishi

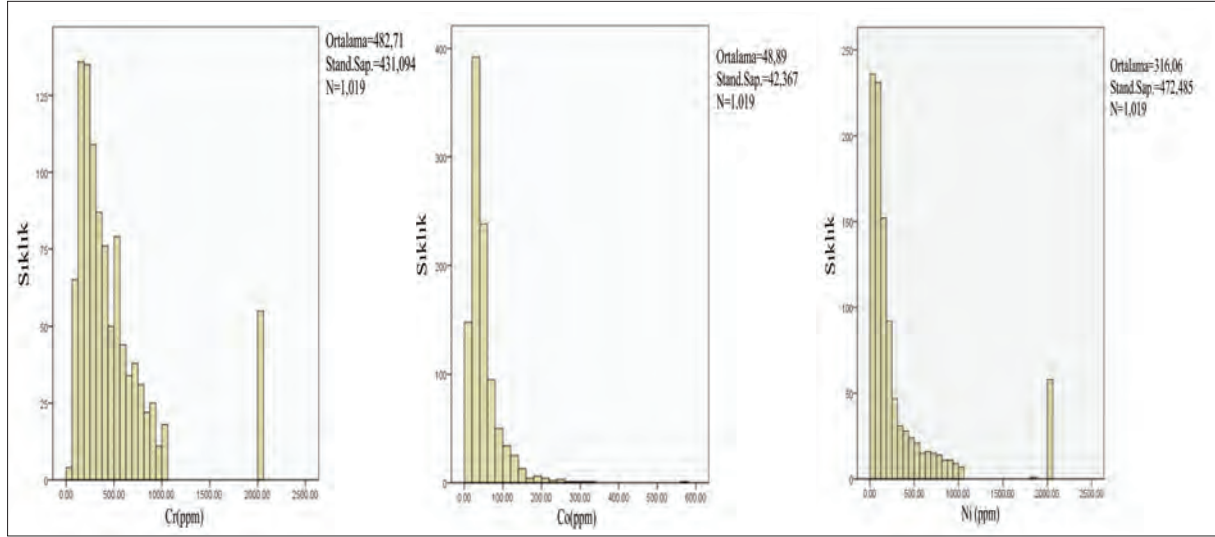
Bu nedenle, bu yöntemin başlıca amaçlarından biri, verinin boyutunu düşürmektir. Bu yöntemde temel hipotez, değişkenler arasındaki karmaşık kavramların tanımlanması ile ilişkili temel bir motif, ya da kendine has bir modelin bulunmasıdır. Bu ilişki, söz konusu hipotetik model için bir faktör ortaya çıkarır. Böylece, bu yöntemin ana amacı, jeokimyasal veri setleri arasında ana kontrolü sağlayan değişkenlerin tanımlanması olarak belirginleşir (Afzal vd., 2013).

Bu çalışmada bunlara ek olarak, SPSS paket programı kullanılarak faktör analizi uygulanmış ve elementler sınıflandırılmıştır. Bu işlem, varimax rotasyonu ile temel bileşen analizi (PCA: principal component analysis) uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bu sınıflandırma, parajenez faktörü formunda oluşturulmuştur. Mevcut tüm elementler çalışılmış olup altı faktör saptanmıştır. Her faktördeki tüm element değeri oldukça net olup hepsi de 0.6'dan daha yüksek bulunmuştur. Faktör 1'de Cr, Co ve Ni olmak üzere toplam üç element bulunmaktadır. Faktör 2'de Cu, Sc ve V'un değeri; faktör 3'te Ba, Ga, Sr ve Y'un değeri; faktör 4, 5 ve 6'da ise sırasıyla sadece Pb, Be ve Mo'nin değeri 0.6'dan daha yüksek bulunmuştur. Tüm faktörler gözü önüne alındığında, faktör 1'deki elementlerin topluca bir parajenez oluşturdukları ortaya çıkmaktadır. Faktör 1'in (F1) istatistiksel parametreleri çizelge 1'de gösterilmiştir.

ve Arshadi, 1987; Radfar ve Amini, 1999; Azizi vd., 2006). KMK, gnays, migmatit ve kuvarsit gibi kayaçları ardışık olarak barındıran metamorfik kayaç birliklerinden oluşur. Tüm bölgesel faylar KB-GD uzanımlı olup Geç Kretase, olasılıkla da Üst Kretase-Paleosen aralığında gelişmişlerdir. İran'ın sedimanter yapısal blok ayrımına göre (Stocklin, 1968) yapı elemanları başlıca iki bölüme ayrılır. Bunlardan ilki, renkli melanj zonudur. İkincisi ise Albruz-Azerbaycan bölümü olup bu blok da kendi içinde Zurabad (renkli melanj zonu) ve Ishgeh-su (albruz-Azerbaycan bölgesi) olarak ikiye ayrılmıştır.

Çalışma alanında sedimanter ve metamorfik kayalar ile volkanik lavlar yüzeyler. Aynı alanda bir dizi metalik ve metalik olmayan mineralleşmeler bulunur. Cu, Zn, Pb, Cr, Co ve Ni gibi metalik elementler ile

talk, asbest, grafit, feldspat ve manyezit gibi metalik olmayan mineraller bunların başlıcalarıdır. Elementer histograma göre Cr ile Ni elementlerinin dağılımı arasında büyük benzerlik bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2- Çalışma alanında Cr, Co ve Ni'in histogramları.

### 3. Tartışma

Çizelge 1'de orta değer (mean), ortanca değer (median), değişim (variance), maksimum, minimum ve standart sapma değerleri görülmektedir. Her bir elementin dağılımı şekil 2 üzerinde gösterilmiştir. Cr, Co ve Ni'in konsantrasyonları oldukça geniş bir aralıktadır ve çizelge 1'de de görüldüğü üzere standart sapma değerleri yüksektir.

Fraktal modellemede ana kayanın ve mineralizasyon zonlarının eşik değerini bulmak için logaritmik grafik kullanılır. Veri noktalarına uyumlu doğru parçalarının oluşturduğu eğim, fraktal boyutu verir. Saplanan eşik değerler kullanıldığında yüksek değerlere ait anomaliler kolayca tanımlanabilir ve ayırtlanabilir. Çizelge 2'de elementlerin eşik değerleri ve faktör analizleri hesaplanarak C-N log-log grafiği (Şekil 3) çizdirilmiştir.

C-N log-log grafiği baz kabul edildiğinde, şekil 3'te de görüldüğü üzere, Cr için iki eşik değer, üç adet

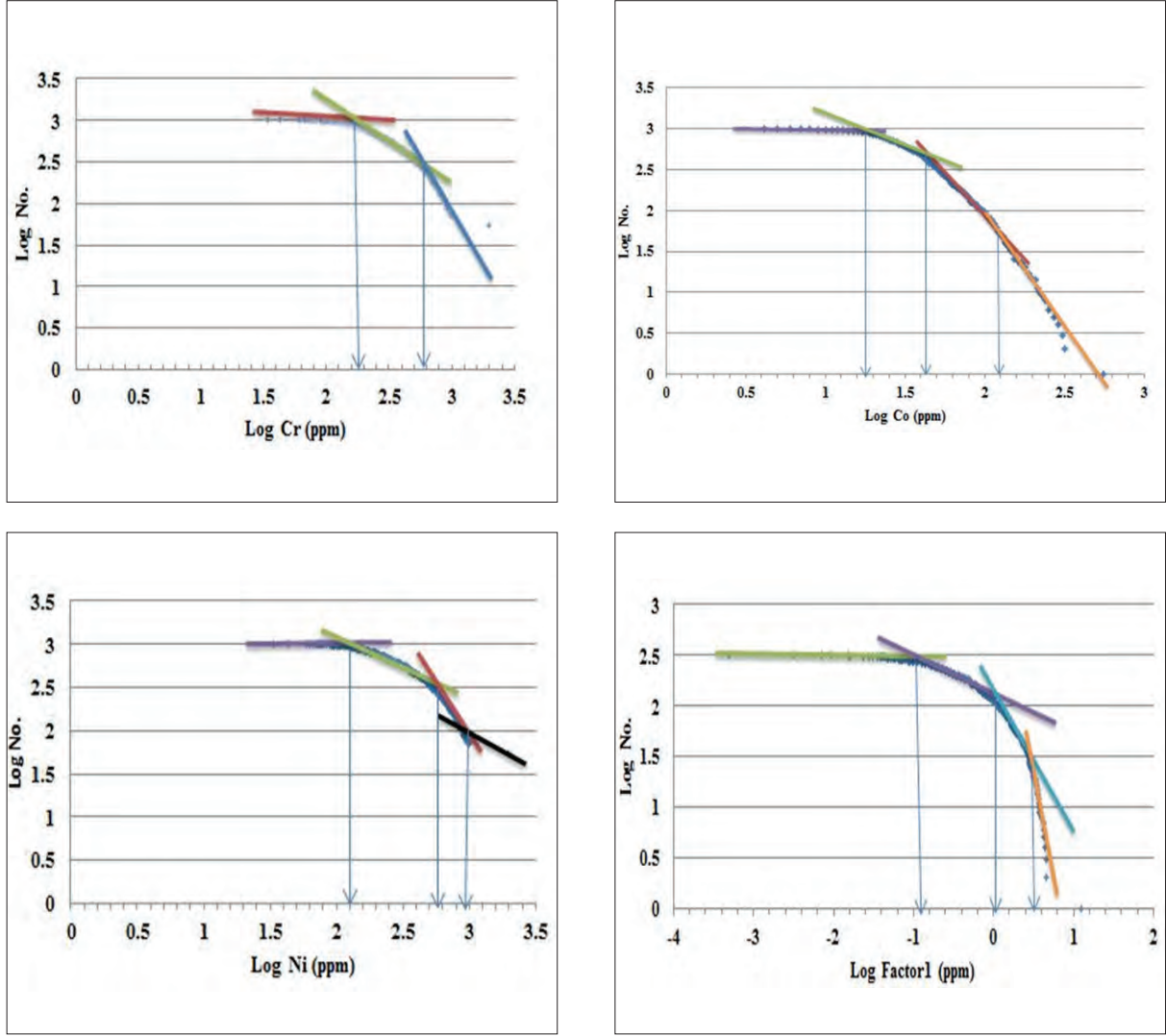
de topluluk değeri ortaya çıkmaktadır. Aynı şekil incelendiğinde, Co, Ni ve Fl için üç kırılma noktası ve dört adet konsantrasyon topluluğunun belirginleştiği görülmektedir. Faktör 1, Cr, Ni ve Co elementlerini içermekte olup bu faktör için üretilen fraktal model, bu faktör için üretilen Cr, Ni ve Co anomalilerini göstermektedir. Cr, Ni ve Co elementlerinin çok yüksek şiddetli anomalileri sırasıyla 630.95, 954.99 ve 123.02 ppm'den başlamakta olup bunlar çizelge 2'de gösterilmiştir.

C-A yönteminin sonuçlarına bakıldığında, Cr ve Co elementlerinin ikişer, Ni elementinin ise üç eşik değere sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, Faktör 1 için üretilen C-A log-log grafiğinde dört adet eşik değer ortaya çıkmıştır (Şekil 4). Bu anormal eşik değerlerin özellikleri çizelge 3'tedir.

C-A log-log grafiğindeki ani değişimler, topluluklardaki ve anomalilerdeki ani değişimleri gösterir. Çizelge 3'te de görüleceği gibi, Cr, Co ve Ni elementlerine ait şiddetli anomaliler sırasıyla 1778.27, 501.18 ve 1258.92 ppm düzeyindedir.

Çizelge 2- C-N fraktal model bazlı eşik değerler.

Çok Yüksek Şiddetli Eşik değer	Yüksek Şiddetli Eşik değer High	Orta	Düşük	Element
630.95	-	-	177.82	Cr (ppm)
123.02	-	40.73	17.78	Co (ppm)
954.99	-	602.55	125.89	Ni (ppm)
3.162	-	1.778	0.125	Factor 1 (ppm)



Şekil 3- Khoypaftasında Cr, Co ve Ni elenemlerinin C-N log-log grafikleri.

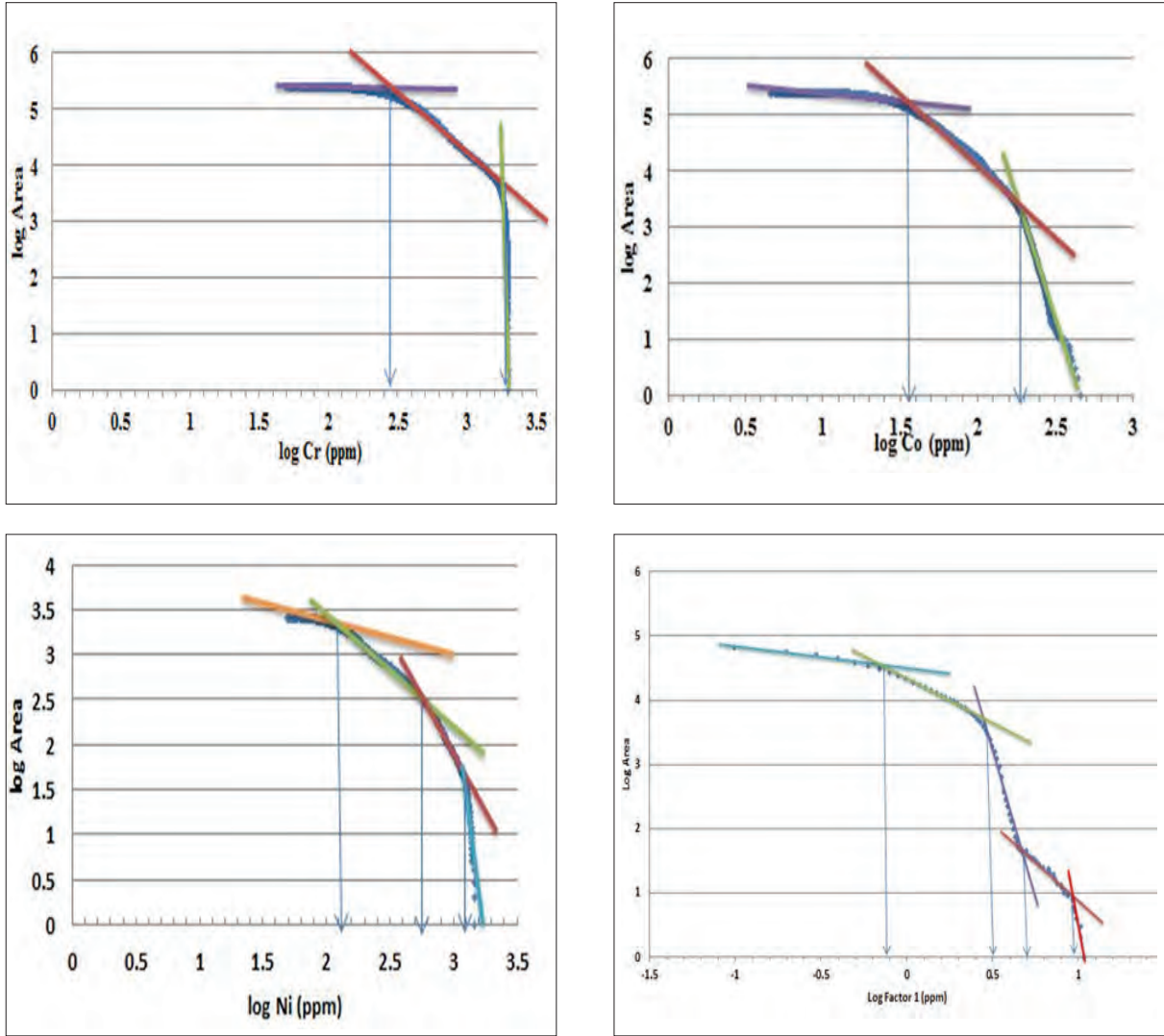
Çizelge 3- C-A fraktal modele göre üretilen eşik değerler.

Element	Çok Şiddetli Eşik değer	Şiddetli Eşik değer	Orta şiddetli Eşik değer	Düşük şiddetli Eşik değer
	1778.27	-	-	281.83
Cr (ppm)	501.18	-	-	35.48
Co (ppm)	1258.92	-	575.43	125.89
Ni (ppm)	9.12	5.011	3.162	0.794

### 3.1 C-N ve C-A Fraktal Modellerin Karşılaştırılması

Fraktal modeller uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, C-A yöntemindeki eşik değerlerin, C-N yöntemindekilere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, C-N fraktal model ile oluşturulan yüksek değerli anomali alanlarının C-A fraktal modelde elde edilen alanlardan daha büyük olduğu da ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, C-N yön-

teminin ilke olarak düzensizliklere dayandığı, bu yöntem kullanılarak yapılan hesaplamaların da bu yöntemin ilkelerini takip ettiği anımsatılmalıdır. Bu durum, daha mantıklı kestirimler yapılmasına izin verir. Diğer taraftan, belirli düzensizliklerin elde edilen alanı belirlemesi ve mineral birliklerinin hiçbir zaman düzenli ve devamlı olmaması nedeniyle, C-A yöntemi kullanıldığında, çalışılan veri çok iyi düzenlenmediği sürece kesin ve mantıklı kestirimler yapılamaz.



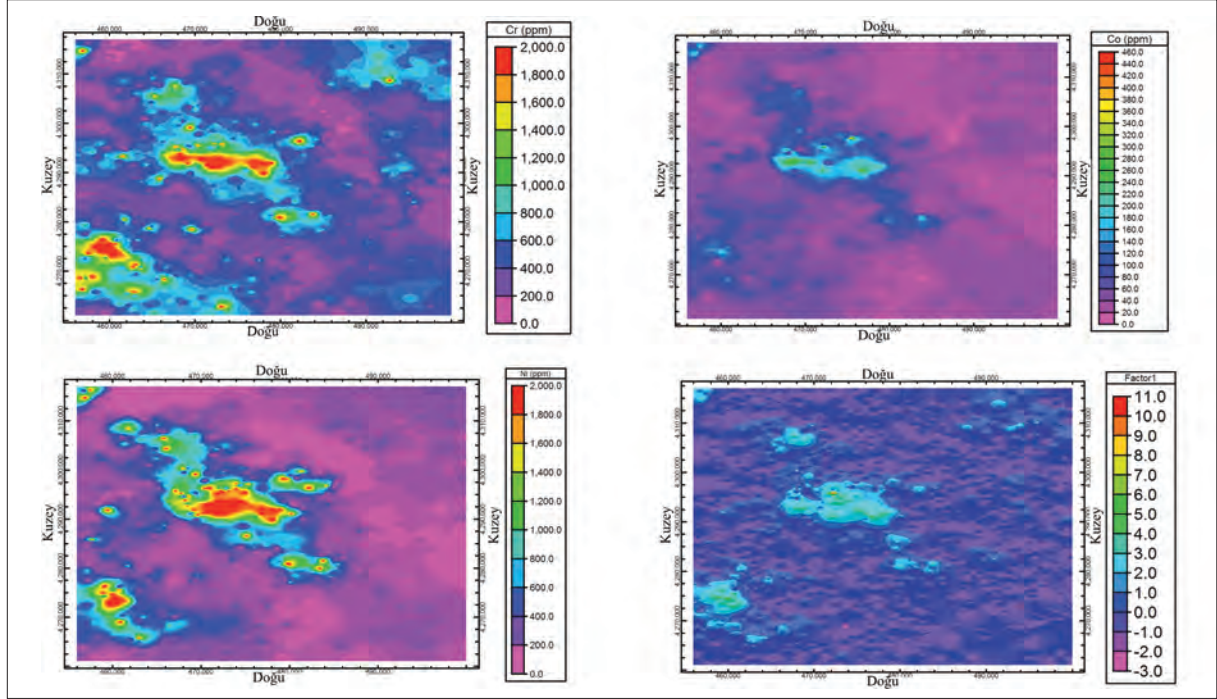
Şekil 4- Khoysaftasında Cr, Co, Ni ve Faktör 1 için C-A log-log grafiği.

Bunun anlamı, bu yöntemde tüm alanlar için kestirim yapıldığından, örnekleme ağı aralıklarının diğer aralıklardan küçük ya da büyük olmaması gerekmektedir. Bu durumda aradaki veri boşlukları arttığında, hata payı da buna bağlı olarak artacaktır.

### 3.2 Elementlerin Alansal Dağılımı

Elde edilen eşik değerler baz alınarak üretilen element alansal dağılım haritaları, Rockworks paket programındaki IDW algoritması kullanılarak çizdirilmiştir. Her iki fraktal modele ait yüksek değerli anomal alanları, özellikle Cr, Ni ve faktör 1'e ait alanlar, çalışma alanının merkezi ve GB kesimlerinde kalmaktadır. Fraktal modele göre Co elementine ait çoğu anomal, merkezi kesimde kalmaktadır (Şekil 5).

Her üç element de birbirleri ile uyum içinde olup bunlar genel olarak çalışma alanının merkez kesiminde, çok az oranda da GB kesiminde yoğunlaşırlar. Tüm haritalar dikkatli bir şekilde incelendiğinde, Cr elementinin ağırlıklı olarak haritanın merkez kısmında, çok az olarak da GB kesimde yer aldığı görülmüştür. Co elementi haritanın merkez kesiminde yoğunlaşmışken, Ni elementinin dağılımı Cr elementi ile aynı olup ağırlıklı olarak haritanın merkezinde ve çok az oranda GB kesiminde yoğunlaşmıştır. Faktör analizine ait alansal dağılım haritasında ise her üç elementin de merkez ve GB kesimde yoğunlaşma gösterdikleri ortaya çıkmıştır (Şekil 5).



Şekil 5- Cr, Co, Ni ve Faktör 1 için uygulanan N-S fraktal model ile üretilen jeokimya haritaları.

#### 4. Sonuçlar

Sonuç olarak, ekonomik jeoloji açısından değerlendirildiğinde, diğer bölgelerden daha büyük bir öneme sahip olabilecek iki alan belirlenmiştir. Bu alanlar, Khoj jeoloji haritasının orta ve batı kesimlerinde yer almaktadır. Bu alanlarda, Cr ve aynı parajenezeye ait elementleri içeren mineral birikimleri bulunur, bu nedenle bu alanlar “yüksek dereceli alanlar” olarak tanımlanmış olup ayrıntılı aramacılık için hedef alanları oluşturmaktadırlar.

Fraktal modeller kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, C-A yöntemi ile elde edilen eşik değerinin C-N yöntemi kullanılarak elde edilen eşik değerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan, C-N fraktal model ile elde edilen yüksek değerli anomali alanları, C-A fraktal model ile oluşan alanlardan daha büyük olmuştur. Başta Cr ve Ni elementleri olmak üzere, her iki fraktal model ile elde edilen yüksek değerli anomali alanları, sahanın merkezi ve GB kesimlerinde ortaya çıkmıştır. Bunun yanısıra, uygulanan faktör analizi, elementlerin ayrıntılı analizlerini doğrulamıştır. Bu elementlerdeki kümelenme de jeoloji haritası ile uyumludur. Bu alanlar çoğunlukla harzburjit ve dünit içeren serpantinitle ultramafik kesimlerine karşılık gelmekte olup kısmen de amfibolit-şist, mika şist, kuvars-feldspat ve aplit damarları

ile kesilen mermerler gibi amfibolitlere bağlıdır. Her iki yöntem (C-N ve C-A) karşılaştırılarak değerlendirildiğinde, elde edilen tüm eşik değerlerin ve kümelenmelerin birbirlerine çok yakın olduğu anlaşılmıştır. Bu durum, her iki yönteme uygulanan faktör analizi ile de ortaya konmuştur. Faktör analizine ait histogram incelendiğinde, parajenez oluşturan elementlerin kümelenmeleri ile bu elementlerin ayrı ayrı kümelenmelerinin tamamen aynı olduğu açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

#### Katkı Belirtme

Yazarlar, bu araştırmaya sağladığı büyük yardımlardan dolayı Sn. Sayed Ali Hosseini'ye teşekkür ederler.

#### Değinen Belgeler

- Afzal. P., Khakzad. A., Moarefvand. P., Rashidnejad Omran. N., Esfandiari. B., Fadakar Alghalandis. Y. 2010. Geochemical anomaly separation by multifractal modeling in Kahang (GorGor) porphyry system, Central Iran. *Journal of Geochemical Exploration* 104: 34–46.
- Afzal. P., Fadakar Alghalandis. Y., Khakzad. A., Moarefvand P., Rashidnejad, N. 2011. Delineation of mineralization zones in porphyry Cu deposits by fractal concentration–volume modeling. *Journal of Geochemical Exploration* 108: 220–232.

- Afzal, P., Zia Zarifi, A., Sadeghi, B. 2013. Separation of Geochemical Anomalies Using Factor Analysis and Concentration-Number (C-N) Fractal Modeling Based on Stream Sediments Data in Esfordi 1:100.000 Sheet, Central Iran, *Iranian Journal of Earth Sciences*, Vol. 5, p. 100-110.
- Agterberg, FP. 1995. Multifractal modeling of the sizes and grades of giant and supergiant deposits. *Int Geol Rev* 37:1–8.
- Azizi, H., Moinevaziri, H., Mohajjel, M., Yagobpoor, A., 2006. PTt path in metamorphic rocks of the Khoy region (northwest Iran) and their tectonic significance for Cretaceous–Tertiary continental collision. *Journal of Asian Earth Science*, 27, 1–9.
- Allavi, M. 1994. Computer-mediated collaborative learning: An empirical evaluation. *MIS Quarterly*, Vol. 18, Issue 2, pp. 159-174.
- Azizi, H., Moinevaziri, H., Mohajjel, M., Yagobpoor, A. 2006. PTt path in metamorphic rocks of the Khoy region (northwest Iran) and their tectonic significance for Cretaceous–Tertiary continental collision. *Journal of Asian Earth Science* 27, 1–9.
- Cheng, Q., Agterberg, FP., Ballantyn, SB. 1994. The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods. *Journal of Geochemical Exploration* 51:109–130.
- Deng, J., Wang, Q., Yang, L., Wang, Y., Gong, Q., Liu, H. 2010. Delineation and explanation of geochemical anomalies using fractal models in the Heqing area, Yunnan Province, China. *Journal of Geochemical Exploration*. 105:95–105.
- Ghoraishi, M., Arshadi, S. 1987. Geology Map of Khoy Quadrangle (1:250.000). Geology Survey of Iran.
- Hassanpour, S., Afzal P. 2013. Application of concentration-number (C-N) multifractal modelling for geochemical anomaly separation in Haftcheshmeh porphyry system, NW Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 6, pp. 957–970.
- Li, C., Ma, T., Shi, J. 2003. Application of a fractal method relating concentrations and distances for separation of geochemical anomalies from background. *Journal of Geochemical Exploration*, 77: 167–175.
- Mandelbrot, B.B. 1983. The fractal geometry of nature. *Freeman, San Francisco*, pp 1–468.
- Meng, X., Zhao, P. 1991. Fractal method for statistical analysis of geological data, *Chinese Journal of Geosciences*, vol. 2, pp. 207-211.
- Mohammadi, A., Khakzad, A., Rashidnejad Omran, N., Mahvi, M.R., Moarefvand, P., Afzal, P. 2013. Application of number–size (N–S) fractal model for separation of mineralized zones in Dareh-Ashki gold deposit, Muteh Complex, Central Iran. *Arabian Journal of Geosciences*. 6: 4387-4398.
- Monecke T, Monecke, J, Herzig, P.M., Gemell, J.B., Monch, W. 2005. Truncated fractal frequency distribution of element abundance data: a dynamic model for the metasomatic enrichment of base and precious metals. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 232: 363–378.
- Radfar, J., Amini, B. 1999. Geology Map of the Khoy Quadrangle (1:100.000). Geological Survey of Iran.
- Rafiee, A. 2005. Separating geochemical anomalies in stream sediment media by applying combination of fractal concentration area model and multivariate analysis (Case study: Jeal-e-Barez 1:100,000 Sheet, Iran), 20<sup>th</sup> World Mining Congress Proceedings, Iran, 461–470.
- Reimann, C., Filzmoser, P., Garrett, R.G. 2005. Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Sci. Total Environ.*, 346, 1–16.
- Sadeghi, B., Moarefvand, P., Afzal, P., Yasrebi, A.B., Daneshvar Saein, L. 2012a. Application of fractal models to outline mineralized zones in the Zaghia iron ore deposit, Central Iran. *Journal of Geochemical Exploration* .Special Issue “fractal/multifractal modelling of geochemical data”, 122: 9–19.
- Sadeghi, B., Afzal, P., Moarefvand, P., Khoda Shenan, N. 2012b. Application of concentration–area fractal method for determination of Fe geochemical anomalies and the background in Zaghia area, Central Iran. 34<sup>th</sup> International Geological Congress (IGC), Brisbane, Australia.

- Shamseddin Meigoony, M., Afzal, P., Gholinejad, M., Yasrebi, A.B., Sadeghi, B. 2014. Delineation of geochemical anomalies using factor analysis and multifractal modeling based on stream sediments data in Sarajeh 1:100.000 sheet, Central Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, 7, 5333–5343.
- Stocklin, J. 1968. Structural history and tectonics of Iran: a review. *AAPG Bulletin*, 52, 1229-1258.
- Stocklin, J., Nabavi, M. 1972. Tectonic Map of Iran. Geological Survey of Iran.
- Thompson, M., Howarth, R.J. 1976. Duplicate analysis in geochemical practice (2 parts). *Analyst*, 101, 690-709.
- Thompson, M., Howarth, R.J. 1978. A new approach to the estimation of analytical precision. *Journal of Geochemical Exploration* 9, 23-30.
- Turcotte, D.L. 1986. A fractal approach to the relationship between ore grade and tonnage. *Econ. Geol.* 18: 1525–1532.