

شناسایی منبع اقتصادی تیتانیم و تعیین منشأ آن در رسوبات

ساملی منطقه لاریج و فرح‌آباد (استان مازندران)

اعظم داودی*^۱ و راضیه لک^۲

۱) کارشناسی ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی دانشگاه تربیت معلم، davoudi242@gmail.com

۲) استادیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، lak_ir@yahoo.com

*عهد‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۱/۴/۲۵؛ دریافت اصلاح شده: ۹۱/۵/۳؛ پذیرش: ۹۱/۵/۱۳؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۱/۱۲/۵

هکیده

تیتانیم عنصری است که در طبیعت به صورت ترکیب با سایر عناصر وجود دارد. این عنصر دارای کاربردهای فراوانی است. با توجه به اینکه سواحل دریای خزر محیط مناسبی برای ذخایر پلاسری می‌باشند، این پژوهش با هدف شناسایی منبع اقتصادی تیتانیم صورت پذیرفت. در این مطالعه، ۱۱ نمونه از رسوبات منطقه لاریج و فرح‌آباد برداشت و مورد تحلیل‌های دانه‌بندی و ICP قرار گرفتند. نتایج با استفاده از پارامترهای آماری از جمله شاخص‌های گرایش مرکزی، شاخص‌های پراکندگی، توزیع نرمال، انواع ضرایب همبستگی، تحلیل خوشه‌ای و فاکتوری بدست آمد. بر اساس محاسبات انجام شده، میانگین غلظت این عنصر در منطقه مطالعاتی نسبت به میانگین آن در پوسته زمین بیشتر است. بر اساس مطالعه رسوبات منطقه، حداکثر مقدار تیتانیم نسبت به سایر عناصر، بالاتر از حد آستانه اقتصادی است که بیشتر در رسوبات گراولی مشاهده شده و به عنوان یک پتانسیل اقتصادی محسوب می‌گردد.

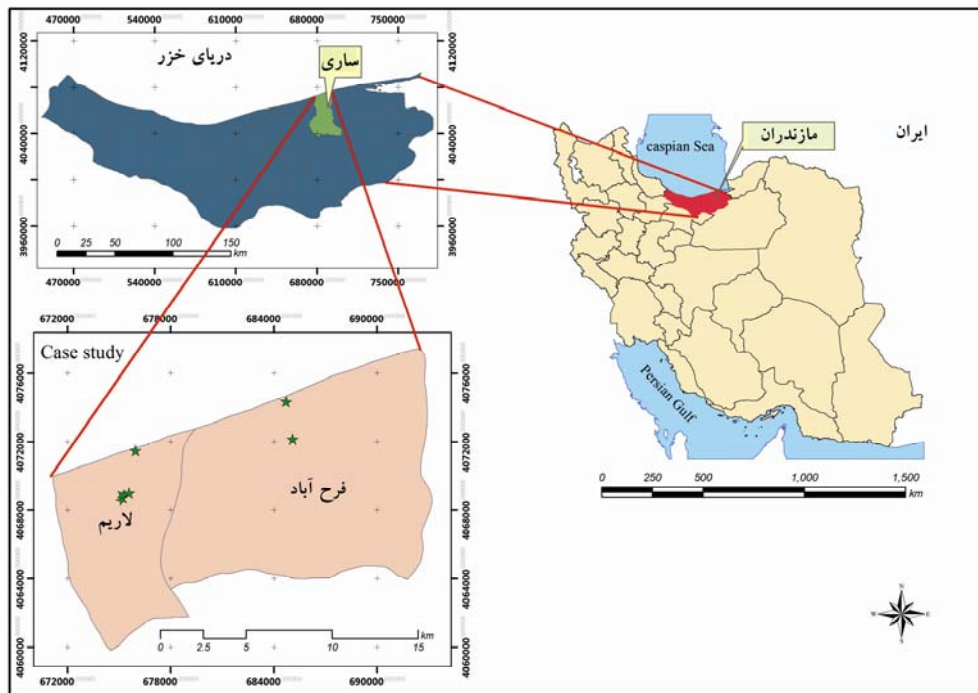
واژه‌های کلیدی: تیتانیم، پارامترهای آماری، حد آستانه اقتصادی، دریای خزر.

۱- مقدمه

سایر عناصر وجود دارد. این عنصر در آب‌های بین ذره‌ای رسوبات دریایی نسبت به آب‌های سطحی فراوان‌تر است (Skrabal & Terry 2002) و بیشتر در سنگ‌های آذرین و رسوبات یافت می‌شود. حدود ۹۰ درصد تیتانیم به صورت دی‌اکسید (در ساخت رنگدانه‌ها) و ۱۰ درصد آن به صورت فلز (جهت ساخت آلیاژهای مختلف به ویژه در صنایع هوا-فضا) مورد استفاده قرار می‌گیرد (مهدیلو و ایران نژاد ۱۳۸۳).

در این پژوهش با توجه به بالا بودن غلظت عنصر تیتانیم در منطقه لاریج شهرستان ساری، زمینه محلی و میانگین پوسته‌ای آن مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه منشأ تیتانیم نیز بررسی گردید. در تصویر ۱، موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری رسوب در منطقه مطالعاتی نشان داده شده است.

در دهه‌های اخیر، مطالعات زیادی بر روی رسوبات فلات قاره، ساحل و دلتا به منظور تعیین منشأ عناصر مختلف به خصوص فلزات سنگین صورت گرفته است (Evans et al. 2003). فلزات سنگین در طی حمل رسوبات به وسیله جریان‌های رودخانه‌ای (از مناطق خارج حوضه‌ای غنی از این فلزات، مناطق دارای سنگ‌های الترامافیک، نواحی مینرالیزه شده و غیره عبور می‌نمایند (Angelidis & Aloupi 2000) و بدنبال تشکیل ذخایر پلاسری تمرکز می‌یابند (Robb 2005). بیشتر کانسارهای پلاسری متعلق به عهد حاضر هستند (Gilbert & Park 1997). یکی از منابع پلاسری، عنصر تیتانیم می‌باشد که در پوسته زمین (۰/۰۵ درصد کل جرم) فراوان است (Taylor & McLennan 1985) و در طبیعت به صورت ترکیب با



تصویر ۱- نقشه موقعیت منطقه لاریم و فرح آباد و ایستگاه‌های نمونه برداری رسوب که به رنگ سبز مشخص شده است.

۲- زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه، در حاشیه جنوبی دریای خزر و در شهرستان ساری واقع شده است. این محدوده در شمال گسل البرز قرار دارد و از نظر چینه‌شناسی، زمین ساخت و روند چین خوردگی‌ها، از روند عمومی البرز تبعیت می‌کند (درویش زاده ۱۳۸۳). امتداد و انحنای آن، تابع سیستم لبه جنوبی کف سخت دریای خزر است. در کل، محور تغییر شکل‌ها خاوری-باختری و انحناء به سمت جنوب می‌باشد. علت این انحناء، انعکاس برجستگی لبه‌ی جنوبی کف دریای خزر است (محمودی ۱۳۷۲). بیشتر رسوبات دشت‌های ساحلی مازندران ترکیبی از رسوبات ناپیوسته و جابجا شده‌ای است که در اثر امواج و جریان‌های مختلف رودخانه‌های نهشته شده‌اند. بخش جنوبی دریای خزر از نظر رسوب‌شناسی و محیط‌های رسوبی در بخش‌های مختلف ویژگی‌های متفاوتی دارند، به طوری که نوع رسوبات در بخش جنوبی از نواحی غربی تا کرانه‌های شرقی از لحاظ جنس و دانه‌بندی تغییر می‌نماید (خوشروان ۱۳۷۹، کریم‌خانی ۱۳۸۹). در این منطقه رودخانه تجن قرار دارد که از مهمترین رودهای استان مازندران است و از ارتفاعات شمالی البرز شرقی و غربی سرچشمه گرفته و پس از عبور از شهر ساری و فرح آباد به دریای خزر می‌ریزد. میانگین ورود آب این رود به دریای خزر در حدود ۱۹/۴ متر مکعب در ثانیه گزارش شده است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران ۱۳۷۹). حوضه رودخانه تجن بیشتر شامل انواع تشکیلات و رسوبات آهکی، سنگ آهکی،

شیلی و ماسه‌سنگی بوده که این بر کیفیت آب رودخانه تأثیرگذار است (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ۱۳۶۹).

۳- مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۱۱ نمونه رسوبی از ۶ ایستگاه مختلف برداشت گردید (تصویر ۱). مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری نیز در جدول ۱ ارائه شده است. ۹ نمونه رسوب از طریق حفر ترانشه (اعماق بین ۰ تا ۷۰ سانتی‌متر) و ۲ نمونه رسوب از سطح برداشت شد. پس از حفر ترانشه، نوع رخساره‌های هر نمونه مشخص و موقعیت هر کدام با دستگاه GPS ثبت گردید. رسوبات جمع‌آوری شده به سازمان زمین‌شناسی منتقل و پس از فهرست‌برداری و مخلوط نمودن یکنواخت آنها، با دستگاه شکاف دهنده (Splitter) به دسته‌های کوچکتر تقسیم شدند. برای ایجاد پراکنش در رسوبات از دستگاه فراصوتی و برای دانه‌بندی رسوبات (به روش مرطوب انجام شد) از الک‌های استاندارد امریکایی A.S.T.M (۲۰۰ میلی‌متر، ۱ میلی‌متر، ۵۰۰ میکرون، ۲۵۰ میکرون، ۱۲۵ میکرون و ۶۳ میکرون) استفاده گردید. در این فرآیند، ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرون، با استفاده از دستگاه دانه‌بندی لیزری تفکیک شدند. مطالعات آی‌سی‌پی (Inductively Coupled Plasma, ICP) جهت دستیابی به مقادیر غلظت عناصر اصلی و فرعی، در سازمان زمین‌شناسی انجام شد. در ذرات تشکیل دهنده رسوبات نیز با دستگاه بینوکولر مطالعه شدند. با توجه به

واریانس بالای داده‌های زیست محیطی، بسیاری از محققان سعی می‌کنند برای ارزیابی و تفسیر بهتر و دقیقتر داده‌ها از روش‌های پیشرفته آماری استفاده کنند (کلانتری و همکاران ۱۳۹۰). در ادامه، پردازش داده‌ها با تعیین مقادیر شاخص‌های گرایش مرکزی، شاخص‌های پراکندگی، همبستگی، تحلیل خوشه‌ای و فاکتوری در محیط نرم-افزار SPSS, Sediment Size و Excel صورت گرفت و داده‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج تجزیه برای عناصر برحسب ppm و برای اکسیدها برحسب درصد می‌باشد.

جدول ۱ - موقعیت نمونه‌های برداشت شده (طول و عرض جغرافیایی)، عمق و نتایج دانه‌بندی رسوبات.

Case Number	latitude	longitude	Depth	Silt	Sand	Clay	Gravel
L1-1	364444.00	525558.00	-5.00	12.55	83.42	3.52	.52
L1-2	364444.00	525558.00	-28.00	42.35	40.81	15.99	.85
L1-3	364444.00	525558.00	-42.00	10.37	85.28	3.88	.47
L2-1	364541.00	525559.00	-14.00	14.14	76.45	8.78	.63
L2-2	364541.00	525559.00	-64.00	40.99	28.34	30.67	.00
L3-1	364551.00	525555.00	-50.00	6.40	90.06	3.42	.12
L4	364554.00	525553.00	0-20	.83	98.77	.40	.00
F1-1	364847.00	530622.00	0-20	.73	98.66	.61	.00
F2-1	364446.00	530542.00	-70.00	43.04	9.29	47.57	.09
F2-2	364446.00	530542.00	-50.00	43.78	.28	55.94	.00
F2-3	364446.00	530542.00	-25.00	55.27	.85	43.60	.28

۴- نتایج و بحث

۴-۱- دانه‌بندی رسوبات

بر اساس جدول ۲، عنصر تیتانیم در نمونه L1-3 (۹۹۴۹/۳۰ ppm) بیشترین غلظت و در نمونه F1-1 (۳۶۱۴/۴۰ ppm) کمترین غلظت را نشان می‌دهد. در مغزه L1-1، غلظت تیتان با افزایش عمق افزایش و در مغزه‌های F2 و L2 کاهش می‌یابد.

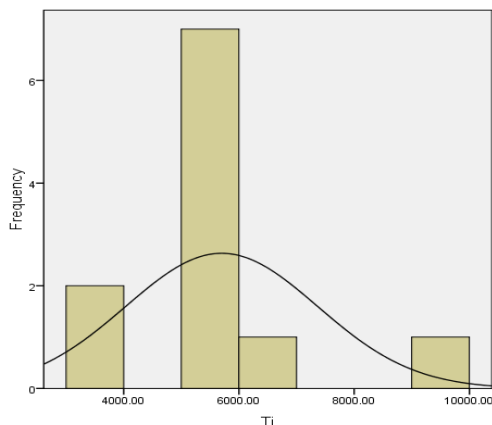
مطالعات گسترده‌ای در رابطه با ترکیب شیمیایی رسوبات سطحی دریای مازندران انجام شده است (Kholodov & Lisitsina 1989).

جدول ۲- غلظت عناصر موجود در نمونه‌های رسوبی (نتایج تجزیه برای عناصر برحسب ppm و برای اکسیدها برحسب درصد).

Sample name.	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	K ₂ O%	Mn(ppm)	Ti(ppm)	Ni(ppm)	Sr(ppm)	V(ppm)
L1-1	14.80	8.30	6.50	2.40	766.20	5434.60	76.60	245.30	160.50
L1-2	8.60	5.90	13.30	1.40	540.50	7702.00	56.10	277.30	111.60
L1-3	7.20	7.10	19.20	1.10	738.70	9949.30	49.40	341.20	124.00
L2-1	15.70	6.90	12.10	2.80	725.50	5890.30	75.80	341.50	172.10
L2-2	7.40	3.90	16.40	1.40	616.90	5142.30	32.30	402.00	66.60
L3-1	6.40	4.90	18.60	1.00	741.10	5692.40	36.50	415.10	89.80
L4	7.10	3.70	16.60	1.30	692.20	3761.10	33.30	422.20	53.60
F1-1	8.20	3.50	15.70	1.60	592.50	3614.40	30.30	469.80	45.00
F2-1	8.90	5.10	15.50	1.60	763.10	5285.10	38.80	374.10	88.80
F2-2	14.10	6.10	11.50	2.60	594.30	5574.00	74.60	322.80	140.20
F2-3	13.90	6.70	14.80	2.60	807.20	5653.60	73.80	358.00	165.80

مهم‌ترین گام در پردازش داده‌ها، به دست آوردن پارامترهای آماری و نحوه توزیع آن‌ها است (پرند ۱۳۷۵). در جدول ۳، مقادیر پارامترهای آماری عناصر موجود در رسوبات منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. در این جدول بیشترین مقادیر میانگین، میانه، انحراف معیار و واریانس

عناصر مربوط به عنصر تیتانیم است. بیشترین درصد کشیدگی و کج-شدگی در تیتانیم به ترتیب با مقادیر ۲/۶۸ و ۱/۳۵ مشاهده می‌شود. در نمونه‌های مورد مطالعه، میانگین عنصر تیتانیم ۵۷۹۰/۸۲ ppm است. بر اساس جدول ۳، کمترین مقدار میانگین، میانه، انحراف معیار و



تصویر ۲- هیستوگرام فراوانی مربوط به عنصر تیتانیم (Ti).

واریانس مربوط به اکسید پتاسیم است و کمترین کشیدگی و کج‌شدگی به ترتیب مربوط به نیکل و کلسیت با مقادیر $1/98$ و $1/01$ می‌باشد. این اطلاعات نشان‌دهنده نحوه پراکندگی و نوع توزیع داده‌ها می‌باشد. برای مشخص نمودن تابع توزیع می‌توان از هیستوگرام داده‌ها نیز استفاده نمود. برای تمامی داده‌ها، هیستوگرام مربوطه رسم گردید. به عنوان نمونه، در تصویر ۲ هیستوگرام عنصر ارائه شده است. بر اساس محاسبه پارامترهای آماری و رسم هیستوگرام داده‌ها، نحوه توزیع عناصر در منطقه مطالعاتی اغلب به صورت غیر نرمال می‌باشد.

جدول ۳- مقادیر پارامترهای آماری عناصر موجود در نمونه‌های برداشت شده از منطقه فرح‌آباد و لاریم.

پارامترهای آماری	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	K ₂ O%	Mn(ppm)	Ti(ppm)	Ni(ppm)	Sr(ppm)	V(ppm)
حدافل	6.40	3.50	6.50	1.00	540.50	3614.40	30.30	245.30	45.0
حداکثر	15.70	8.30	19.20	2.80	807.20	9949.30	76.60	469.80	172.10
میانگین	10.20	5.64	14.56	1.800	688.92	5790.82	52.50	360.84	110.72
میانه	8.6	5.9	15.5	1.600	725.5	5574.0	49.40	358.00	111.60
انحراف معیار	3.59	1.56	3.6	.664	88.022	1751.87	19.49	65.57	45.57
واریانس	12.94	2.44	12.96	.442	7747.98	3069077.88	380.15	4299.47	2077.2
کشیدگی	-1.71	-0.99	1.41	-1.618	-1.24	2.686	-1.98	-2.39	-1.45
چولگی (کج‌شدگی)	.583	.061	-1.01	.464	-457	1.358	.234	-1.191	-0.34

گرفت (جدول ۴). در این جدول، معنی‌دار بودن هر یک از ضرایب همبستگی در سطح اعتماد ۹۵ درصد با یک ستاره و بسیار معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد با دو ستاره مشخص شده است. عنصر تیتانیم با عمق همبستگی منفی دارد که مقدار آن $0/224$ است. این عنصر با ماسه همبستگی غیر مستقیم دارد و ضریب همبستگی آن با سیلت و رس نیز به ترتیب $0/273$ و $0/218$ می‌باشد. همبستگی مستقیم معنی‌داری بین عنصر تیتانیم با رسوبات گراولی وجود دارد که مقدار $0/782$ می‌باشد. بررسی نمونه‌های رسوبی با استفاده از دستگاه بینوکولر، وجود خرده سنگ‌های آذرین را نشان می‌دهد. تیتانیم با اکسید آهن و وانادیم دارای همبستگی مستقیم معنی‌داری است. همبستگی مستقیم میان آهن و تیتانیم، بیانگر طبیعی بودن منشأ این عناصر (حاصل فرسایش سنگ‌ها و رسوبات) می‌باشد (غضبان و زارع خوش‌اقبال ۱۳۹۰). بر اساس جدول ۴، عنصر تیتانیم با کلسیم و استرانسیم به ترتیب با مقادیر $0/27$ و $0/609$ دارای یک همبستگی غیر مستقیم است. همبستگی مثبت تیتانیم با عناصر شاخص منشأ زمینی (آلومینیوم، آهن و نیکل) و همبستگی منفی آن با عناصر شاخص زیستی و درون

در نمونه‌های رسوبی که با بینوکولر مورد بررسی قرار گرفت به طور عمده کوارتز، فلدسپار، کانی‌های میکا (مسکویت، بیوتیت و فلوگوپیت)، خرده‌های اسکلتی و خرده سنگ‌های آذرین مشاهده گردید. بخش عمده کربنات کلسیم می‌تواند حاصل فعالیت‌های درون حوضه‌ای باشد. در نتیجه، می‌توان گفت که رسوبات منطقه مورد مطالعه، حاصل فرسایش حوضه‌ای آبریز و فرسایش رخنمون‌های آذرین سازندهایی می‌باشند که در مسیر قرار گرفته‌اند.

۴-۲- تحلیل ضرایب همبستگی

ضریب همبستگی، ارتباط و وابستگی متغیرهای مختلف را نشان می‌دهد. در مطالعات ژئوشیمیایی، عوامل مختلفی از قبیل عوامل ژنتیکی و غیره می‌تواند در ارتباط و وابستگی متغیرها به یکدیگر مؤثر باشد، مقدار این وابستگی را می‌توان با ضریب همبستگی نشان داد (حسینی‌پاک و شرف‌الدین ۱۳۸۰). با توجه به پراکندگی غیرنرمال عناصر در نمونه رسوبات، ضرایب همبستگی این عناصر با روش مرتبه‌ای اسپیرمن که مستقل از نوع تابع توزیع متغیر است، مورد بررسی قرار

حوضه‌ای، بیانگر آن است که منشا تیتانیم زمینی است. این مسأله توسط رودها حمل شده و رسوبات پلاستی را تشکیل داده است. نشان‌دهنده‌ی آن است که تیتانیم پس از فرسایش رخنمون‌های آذرین،

جدول ۴ - ضرایب همبستگی اسپیرمن (Spearman Correlation) بین عمق، عناصر و رسوبات در منطقه مطالعاتی (معنی‌دار بودن هر یک از ضرایب همبستگی در سطح اعتماد ۹۵ درصد با یک ستاره و بسیار معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد با دو ستاره مشخص شده است).

	Depth	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Mn	Ti	Sr	V	Ni	Sand	Silt	Clay	Gravel
Depth	1.000													
Al ₂ O ₃	.114	1.000												
CaO	-.155	.918(**)	1.000											
Fe ₂ O ₃	-.018	.600	-.464	1.000										
K ₂ O	.179	.938(**)	.833(**)	.394	1.000									
Mn	-.100	.173	-.009	.491	.128	1.000								
Ti	-.224	.118	-.027	.673(*)	-.059	.127	1.000							
Sr	.114	-.609(*)	.645(*)	.845(**)	-.352	-.109	-.609(*)	1.000						
V	.009	.709(*)	-.582	.891(**)	.604(*)	.445	.664(*)	.727(*)	1.000					
Ni	.068	.791(**)	.755(**)	.891(**)	.622(*)	.364	.545	.855(**)	.927(**)	1.000				
sand	.598	-.573	.527	-.336	-.572	-.127	-.191	.473	-.473	-.445	1.000			
silt	-.530	.555	-.518	.382	.540	.200	.273	-.509	.527	.500	.973(**)	1.000		
clay	.690(*)	.500	-.427	.300	.490	.082	.218	-.436	.400	.373	.982(**)	.945(**)	1.000	
Gravel	.115	.381	-.326	.712(*)	.143	.242	.782(**)	.670(*)	.670(*)	.656(*)	-.056	.177	.028	1.000

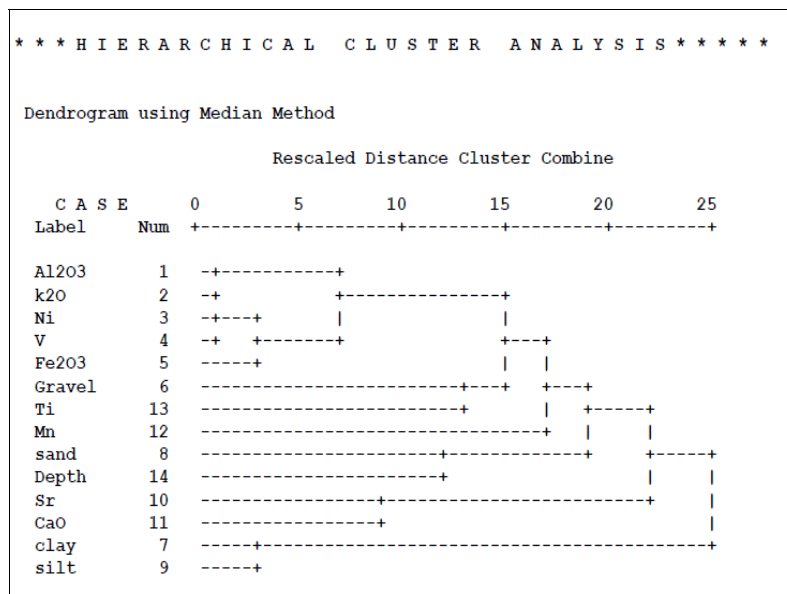
تجزیه خوشه‌ای داده‌های عناصر، رسوبات و عمق گروه‌بندی، جدول ۵ به دست آمده است. با توجه به همبستگی بالای عنصر تیتانیم و رسوبات گراولی، این دو در یک گروه قرار گرفته‌اند.

در این تحقیق به منظور بیان روابط بین گروهی در عناصر، در گروهی از متغیرها که به وسیله حد اکثر تعداد متغیرهای اصلی کنترل کننده تغییرات که اصطلاحاً فاکتور نامیده می‌شود (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ۱۳۸۴) از تحلیل فاکتوری استفاده شده است. تحلیل فاکتوری، تفکیک مناسبی برای کاهش داده‌ها در اکتشافات ژئوشیمیایی است، به طوری که با استفاده از امتیازات فاکتوری به جای متغیرهای اولیه می‌توان مشاهدات صحرائی و کل تمرکز آنومالی‌ها را تغییر داد (میسون و مر ۱۳۸۳).

در تحلیل فاکتوری، عناصر به ۳ فاکتور تقسیم گردیده و عناصر هر منشأ در جدول ۶ ارائه شده‌اند. در این تحلیل عناصری که با هم از یک ضریب همبستگی بالایی برخوردارند در یک منشأ قرار گرفته‌اند. در فاکتور ۱، اکسید آلومینیوم، اکسید آهن، اکسید پتاسیم، نیکل، وانادیم و تیتانیم قرار دارند. که این عناصر همبستگی بالایی با یکدیگر دارند که نشان دهنده منشأ زمینی آنها می‌باشد. کلسیت و استرانسیم در فاکتور ۲ دارای ضریب همبستگی بالایی هستند که منشأ زیستی آنها را نشان می‌دهد. افزایش استرانسیم در رسوبات بیانگر وجود آراگونیت

عناصر نسبت به برخی عوامل محیطی واکنش‌های کم و بیش مشابهی نشان می‌دهند بنابراین، شناخت ارتباط و همبستگی ژنتیکی متقابل میان عناصر، به شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی کمک شایانی می‌نماید. در کل، شناخت همبستگی ژنتیکی میان عناصر، اطلاعات لازم را برای تفسیر هر چه صحیح‌تر داده‌های ژئوشیمیایی در اختیار می‌گذارد. فرضیات روش آنالیز خوشه‌ای شامل واریانس همسانی و توزیع نرمال متغیرها می‌باشد (Alther 1979). در تحلیل خوشه‌ای، هدف طبقه‌بندی متغیرها بر اساس تشابه هرچه بیشتر درون گروهی و اختلاف هرچه بیشتر بین گروهی است (حسنی‌پاک و شرف‌الدین ۱۳۸۰). در این مطالعه، گروه بندی داده‌ها با استفاده از روش سلسله مراتبی انجام گردید و نتایج به صورت دندروگرام نمایش داده شد. برای به دست آوردن بهترین دندروگرام، از روش‌های مختلف تجزیه‌ی خوشه‌ای استفاده شد و در نهایت بهترین دندروگرام با استفاده از روش میانگین به دست آمد (تصویر ۲). عنصر تیتانیم در این تصویر با رسوبات گراولی در یک گروه قرار گرفته است و علت آن همبستگی زیاد تیتانیم با ذرات دانه درشت گراولی است. این مسأله نشان‌دهنده‌ی آن است که تیتانیم در فاز رسوب به صورت آواری وارد حوضه شده است (اینگونه نبوده که یک عنصر آلاینده در آب باشد که جذب سطحی ذرات رسی شده باشد). با در نظر گرفتن دندروگرام حاصل از

بیوژنیک است (رحیم پور بناب ۱۳۸۴). در فاکتور ۳، فقط عنصر منگنز از جمله صنعت، کشاورزی، گردشگری و غیره در محدوده مطالعاتی دارای ضریب بالایی است، که این افزایش ناشی از فعالیت‌های انسانی است.



تصویر ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای عناصر، رسوبات و عمق به روش میانگین در منطقه لاریم و فرح آباد.

جدول ۵- گروه‌بندی عناصر، رسوبات و عمق با توجه به تحلیل خوشه‌ای و همبستگی بین آنها.

گروه	تقسیم‌بندی همبستگی بین عناصر، عمق و رسوبات
۱	Al ₂ O ₃ -K ₂ O-V-Ni- Fe ₂ O ₃
۲	Ti-Gravel
۳	Mn
۴	Depth-Sand
۵	CaO - Sr
۶	Silt-Clay

در جدول ۷، میانگین پوسته‌ای عناصر با میانگین عناصر موجود در رسوبات منطقه مطالعاتی مقایسه شده‌اند. بر این اساس، میانگین پوسته-ای زمین عنصر تیتانیم ۴۴۰۰ ppm (میسون و مر ۱۳۸۳) و میانگین آن در منطقه ۵۷۹۰/۸۲ ppm را نشان می‌دهد. در پوسته زمین و در سنگ-های آذرین تیتانیم به صورت اپلمنیت حضور دارد. این عنصر می‌تواند جانشین آلومینیوم در کوردیناسیون شش گردیده و به همین دلیل در پیروکسن، هورنبلند و بیوتیت احتمالاً به صورت اسیر شده حضور دارد. علت حضور تیتانیم به صورت اسیر شده، بار الکتریکی بزرگتر آن است (میسون و مر ۱۳۸۳). در تصویر ۴ نیز نمودار مقایسه میانگین عناصری که در منطقه مطالعاتی میانگین آنها بیشتر از یک درصد است با میانگین پوسته‌ای ارائه شده است. در این نمودار، میانگین غلظت ترکیبات اکسید آهن و کلسیت موجود در رسوبات نسبت به میانگین پوسته‌ای زمین بیشتر است. در تصویر ۵، نمودار عناصری که مقدار

جدول ۶- ماتریکس فاکتوری حاصل از آنالیز فاکتوری.

	Factor		
	1	2	3
	منشا زمینی (Geogenic)	منشا زیستی (Biogenic)	منشا انسانزاد (Anthropogenic)
Al ₂ O ₃	.922	-.356	.165
CaO	-.777	.443	.399
Fe ₂ O ₃	.909	.405	.026
K ₂ O	.830	-.463	.220
Mn	.286	.199	.408
Sr	-.821	.497	-.290
Ti	.850	.267	-.006
V	.960	.198	.213
Ni	.975	-.024	.040

Extraction Method: Unweighted Least Squares.
a. 3 factors extracted. 7 iterations required.

داوودی و لک: شناسایی منبع اقتصادی تیتانیم و تعیین منشا آن در رسوبات ساحلی منطقه لاریم و فرح آباد (استان مازندران)

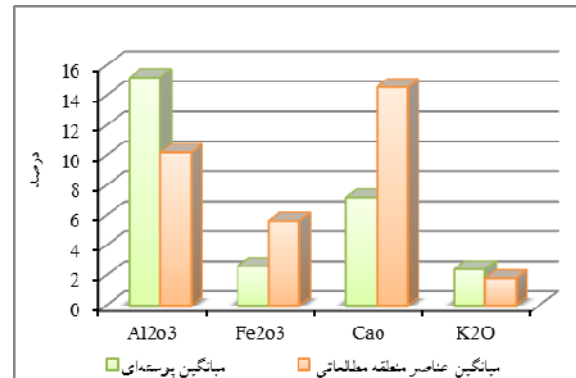
میانگین آنها در منطقه مطالعاتی بر حسب ppm است، ارائه شده است. بیشتر از میانگین پوسته‌ای زمین است. بر اساس تصویر ۵، میانگین غلظت عنصر تیتانیم در منطقه مطالعاتی

جدول ۷ - مقایسه میانگین پوسته‌ای زمین (میسون و مر ۱۳۸۳) با میانگین عناصر موجود در رسوبات منطقه مطالعاتی (عناصر بر حسب ppm و برای اکسیدها بر حسب درصد است).

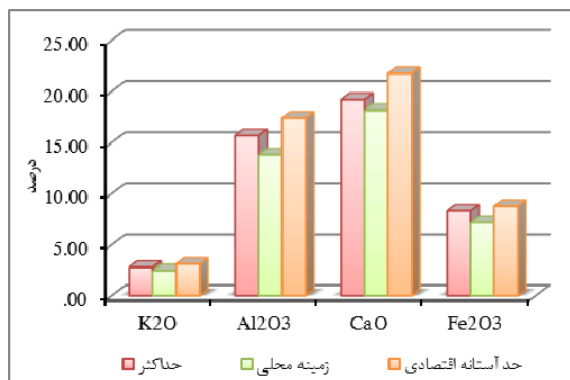
عصر	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	K ₂ O%	Ni(ppm)	V(ppm)	Ti(ppm)	Mn(ppm)	Sr(ppm)
میانگین پوسته‌ای	۱۵/۸	۲/۶	۷/۲	۲/۴	۷۵	۱۳۵	۴۴۰۰	۹۵۰	۳۷۵
میانگین عناصر منطقه مطالعاتی	۱۰/۲۰	۵/۶۴	۱۴/۵۶	۱/۸	۵۲/۵	۱۱۰/۷۲	۵۷۹۰/۸۲	۶۸۸/۹۲	۳۶۰/۸۴

رابطه (۲) $(X+2S)$

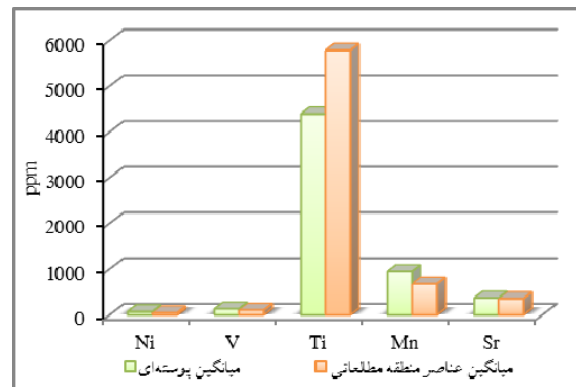
در رابطه (۱) و (۲)، X میانگین و S انحراف معیار عنصر مورد نظر می‌باشد (حسینی پاک ۱۳۶۲). رابطه (۱) و (۲) و مقایسه حداکثر مقدار عناصر اصلی با مقدار زمینه محلی و حد آستانه اقتصادی (تصویر ۶) نشان‌دهنده آن است که حداکثر مقدار عناصر اصلی در منطقه مورد مطالعه پایین تر از حد آستانه اقتصادی و زمینه محلی است و به عنوان آنومالی محسوب نمی‌شود. حداکثر مقدار عنصر تیتانیم (ppm ۹۹۴۹/۳) در منطقه لاریم و فرح آباد از حد آستانه اقتصادی این عنصر (ppm ۹۲۹۴/۵۸) بالاتر است و به عنوان آنومالی در منطقه شناخته می‌شود (تصویر ۷).



تصویر ۴- نمودار مقایسه میانگین پوسته‌ای زمین با میانگین اکسید عناصر (بر حسب درصد).



تصویر ۶- نمودار مقایسه حد آستانه اقتصادی، زمینه محلی و حداکثر مقدار عناصر در منطقه مطالعاتی بر حسب درصد.

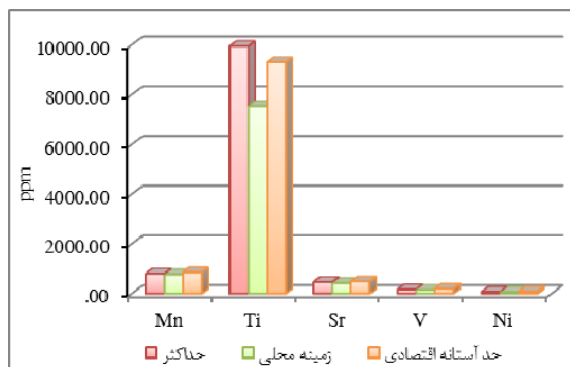


تصویر ۵- نمودار مقایسه میانگین پوسته‌ای زمین با میانگین عناصر (بر حسب ppm).

۳-۴- تعیین آنومالی

روش‌های آماری مختلفی برای تعیین مقادیر آستانه‌ای و آنومالی وجود دارد که پس از مقایسه‌ی نتایج حاصل از هر روش، آنومالی‌های نهایی انتخاب می‌شوند (Sadeghi & Steele 1989). در این مطالعه برای تعیین آنومالی داده‌های ژئوشیمی، از روش حد آستانه اقتصادی استفاده شد. با مقایسه حداکثر مقدار عنصر در منطقه مطالعاتی با مقدار زمینه و حد آستانه اقتصادی، می‌توان آنومالی را تعیین نمود. بنابراین، برای محاسبه مقدار زمینه عنصر از رابطه (۱) و برای تعیین حد آستانه اقتصادی از رابطه (۲) استفاده شد.

رابطه (۱) $(X+S)$



تصویر ۷- نمودار مقایسه حد آستانه اقتصادی، زمینه محلی و حداکثر مقدار عناصر در منطقه مطالعاتی بر حسب ppm.

۴- نتیجه‌گیری

عنصر تیتانیم در منطقه لاریم و فرح‌آباد دارای ارزش اقتصادی است. حداکثر غلظت تیتانیم بالاتر از حد آستانه اقتصادی آن می‌باشد، بنابراین، در منطقه به عنوان یک آنومالی اقتصادی محسوب می‌گردد. این عنصر با کلسیم و استرانسیم (عناصر شاخص زیستی)، دارای همبستگی منفی است.

همبستگی مثبت تیتانیم با عناصر شاخص منشا زمینی (آلومینیوم، آهن، نیکل) و همبستگی منفی آن با عناصر شاخص زیستی و درون حوضه‌ای، بیانگر آن است که منشا تیتانیم زمینی است. حضور خرده سنگ‌های آذرین بیانگر آن است که تیتانیم پس از فرسایش رخنمون‌های آذرین، توسط رودها حمل شده و رسوبات پلاستی را تشکیل داده است. ارتباط و همبستگی تیتانیم با ذرات درشت دانه حاکی از آن است که تیتانیم در فاز رسوبات آواری وارد حوضه شده و در اثر جذب عنصر از آب توسط ذرات ریز دانه رسی و موجودات زنده، به وجود نیامده است.

مراجع

- پرنده، س.، ۱۳۷۵، "روشهای اکتشاف ژئوشیمیایی ذخایر معدنی"، تهران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۶۲ ص.
- حسنی پاک، ع.، ا.، ۱۳۶۲، "اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)"، تهران، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ۶۱۵ ص.
- حسنی پاک، ع.، ا. و شرف‌الدین، م.، ۱۳۸۰، "تحلیل داده‌های اکتشافی"، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۹۱ ص.
- خوشروان، ه.، ۱۳۷۹، "پهنه‌بندی ریخت‌شناختی سواحل جنوبی دریای خزر"، وزارت نیرو منابع آب، ۱۲۳ ص.
- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۳، "زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی، تکتونیک، دگرگونی و ماگماتیسیم"، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۶ ص.
- رحیم پور بناب، ح.، ۱۳۸۴، "سنگ شناسی کربناته، ارتباط دیاژنز و تکامل تخلخل"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۸۷ ص.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۶۹، "نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی ورق ساری".
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۴، "گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ تلخاب (۱)"، ۳۹ ص.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، ۱۳۷۹، "طرح مدیریت زیست‌محیطی اکوسیستم‌های آبی در حوضه آبریز رودخانه تجن"، بخش ۱، ج ۱ و ۲: ۹۸-۱۱۵.
- غضبان، ف. و زارع خوش‌اقبال، م.، ۱۳۹۰، "بررسی منشاء آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران)"، محیط‌شناسی، سال ۳۷ (۵۷): ۴۵-۵۶.
- کریم‌خانی، ا.، ۱۳۸۹، "اطلس و گزارش رسوب شناسی و ژئوشیمی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ لنگرود"، مدیریت زمین‌شناسی دریایی، سازمان
- زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۴ ص.
- کلاتسری، ن.، سجادی، ز.، مکوندی، م. و کشاورزی، م.، ۱۳۹۰، "خصوصیات شیمیایی خاک و آب زیرزمینی دشت آبرفتی عسلویه، با تأکید بر آلودگی فلزات سنگین"، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ۷ (۴): ۳۴۲-۳۳۳.
- محمودی، ف.، ۱۳۷۲، "جزوه درسی واحدهای بزرگ ژئو مورفولوژی ایران"، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ۱۳ ص.
- مهدیلو، ا. و ایران نژاد، م.، ۱۳۸۳، "فرآوری کانسنگ تیتانیم قره آغاج ارومیه"، کنفرانس مهندسی معدن ایران، تهران، دانشگاه تربیت مدرس.
- میسون، ب. و مر، ک. ب.، ۱۳۸۳، "اصول ژئوشیمی"، ترجمه: مر، ف. و شرفی، ع.، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۹۷ ص.
- Alther, G. A., 1979, "A simplified statistical sequence applied to routine water quality analysis, a case history", *Ground Water*, Vol. 17 (6): 556-561.
- Angelidis, M. O. & Aloupi, M., 2000, "Geochemical study of coastal sediments in-uenched by river-transported pollution: southern evoikos gulf, greece", *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 40 (1): 77-82,
- Evans, G., Howarth, R. J. & Nombela, M. A., 2003, "Metals in the sediments of ensenada de San Simo'n (inner Ría de Vigo)", *Applied Geochemistry*, Vol. 18: 973-996.
- Gilbert, J. M. & Park, C. F., 1997, "The geology of ore deposits", *Reaman and Company, New York*, 985 pp.
- Kholodov, V. N. & Lisitsina, N. A., 1989, "The Caspian Sea: sedimentology", *Moscow, Nauka*, 180 pp.
- Robb, L., 2005, "Introduction to ore-forming processes", *Blackwell Science Ltd., 1^{edn}*, 373 pp.
- Sadeghi, A. & Steele, K. F., 1989, "Use of stream sediment elemental enrichment factors in geochemical exploration for carbonatite and uranium, Arkansas, U.S.A.", *Geochemical Exploration*, Vol. 32 (1-3): 279-286.
- Skrabal, S. A. & Terry, C. M., 2002, "Distributions of dissolved titanium in porewaters of estuarine and coastal marine sediments", *Marine Chemistry*, Vol. 77 (2-3): 109-122.
- Taylor, S. R. & McLennan, S. M., 1985, "The continental crust: Its composition and evolution", *Blackwell Scientific Publications, Oxford*, 312 pp.