فصل ۱۸

محاسبه ذخیره

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:
۱ـ مشخصه‌های اصلی محاسبه ذخیره را نام ببرد.
۲ـ روش‌های مختلف محاسبه ذخیره را توضیح دهد.
۳ـ رده‌بندی ذخایر محاسبه شده را نام ببرد.

۱۸ــ۱ــ آشنایی

محاسبه ذخیره یکی از هدفهای مهم عملیات اکتشافی است و تنها پس از این مرحله است که می‌توان در مورد کانسار قضاوت و امکان استخراج اقتصادی آن را بررسی کرد. نکته مهمی که در مورد محاسبه ذخیره باید در نظر داشت آن است که چون ذخیره ماده معدنی براساس اطلاعات محدود انجام می‌گیرد، لذا به هر حال، توأم با خطا خواهد بود. البته بسته به میزان و دقت اطلاعات موجود، اعتبار ذخایر مختلف متفاوت است و همان‌گونه که خواهیم دید، ذخایر محاسبه شده را براین اساس، به گروه‌های مختلف تقسیم می‌کنند. در واقع می‌توان گفت که ذخیره حقیقی ماده معدنی‌هنگامی به‌دست می‌آید که آخرین ذرات ماده‌معدنی استخراج شده باشد.

نکته مهم دیگر آنکه در پایان مراحل مختلف اکتشاف یک کانسار، ذخیره آن مرحله محاسبه می‌شود و بدیهی است هر مرحله، اعتبار ویژه خود را دارد و همزمان با تکمیل اکتشافات، ذخایر محاسبه شده نیز در مراحل بعدی چه از نظر کمیت و چه از نظر کیفیت تغییر می‌کند و دقیق‌تر می‌شود. به عبارت دیگر، در پایان مراحل پی‌جویی، اکتشافات عمومی و اکتشاف تفصیلی اعدادی به عنوان ذخیره آن مرحله ارائه می‌شود که

در حالت کلی با هم متفاوت‌اند و نیز حدود تغییرات آنها با هم تفاوت دارد.

۱۸ــ۲ــ مشخصه‌های اصلی محاسبه ذخیره

برای محاسبه ذخیره کانسار به روشهای کلاسیک، ابتدا باید آن‌را به قسمت‌هایی که مشخصات ماده معدنی در آنها کمابیش یکنواخت باشد تقسیم کرد و در مورد هر منطقه، ابتدا وزن کانسنگ را به‌دست آورد و از حاصل‌ضرب آن در عیار، ذخیره فلز را محاسبه کرد. ذخیره کلی کانسار از حاصل جمع ذخایر این مناطق به دست می‌آید. در مورد هریک از مناطق روابط ساده زیر را می‌توان نوشت :

$$P = WG \qquad (۱ــ۱۸)$$

که در آن P وزن فلز، W وزن کانسنگ و G عیار ماده معدنی است.

وزن کانسنگ (و در مورد مواد معدنی‌ای مثل زغال، که عیار در مورد آن به‌کار نمی‌رود، ذخیره کانسار)، از رابطه زیر حاصل می‌شود :

$$W = V\gamma \qquad (۲ــ۱۸)$$

که در آن V حجم و γ وزن مخصوص ماده معدنی است.

حجم ماده معدنی از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$V = At \qquad (۳ــ۱۸)$$

که در آن A سطح مقطع ماده معدنی و t ضخامت واقعی آنست.

بدین‌ترتیب، برای محاسبه ذخیره، باید عناصراصلی کانسار را که عبارت از ضخامت، سطح، وزن مخصوص و عیار است در دست داشت و از حاصل‌ضرب آنها، ذخیره را به دست آورد. در ادامه چگونگی تعیین این عناصر تشریح شده است.

۱۸ــ۳ــ محاسبه ذخیره به روش میانگین حسابی

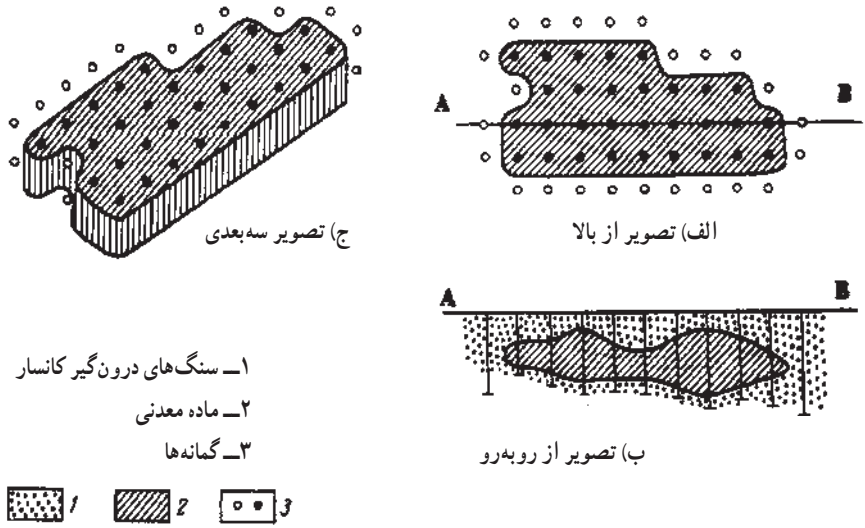
روش میانگین حسابی[۱]، ساده‌ترین روش محاسبه ذخیره است و هنگامی به‌کار می‌رود که مشخصات کانسار در قسمت‌های اکتشاف شده، کمابیش یکسان و عاملی برای تفکیک آن به قطعه‌های مختلف در دست نباشد.

در این روش، میانگین حسابی مشخصات کانسار در حفریات اکتشافی موجود محاسبه شده و نتایج حاصله به عنوان مشخصات کلی کانسار در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱۸ــ۱).

۱ــ arithmatic mean

اگرچه مشخصات ماده معدنی (مثلاً ضخامت آن) در گمانه‌های مختلف متفاوت است و به عنوان مثال مقطع ماده معدنی در امتداد خط AB به صورت شکل ۱۸ــ۱ــ ب است، امّا آن را با لایه‌ای با ضخامت ثابت مانند شکل ۱۸ــ۱ــ ج جایگزین می‌کنند که حجم آن برابر حجم ماده معدنی است.

این روش بسیار تقریبی و در واقع سرانگشتی است و برای محاسبه ذخیره در مراحل شناسایی و پی‌جویی که اطلاعات دقیقی از وضعیت ماده معدنی در دست نیست، به‌کار می‌رود و خطای زیادی دارد.

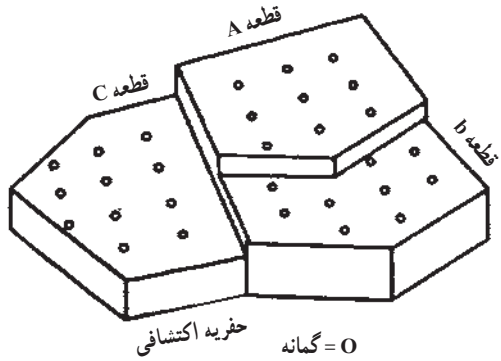


شکل ۱۸ــ۱ــ روش میانگین حسابی [۲۴]

۱۸ــ۴ــ محاسبه ذخیره روش قطعه‌های زمین‌شناسی

در مواردی که اطلاعات زمین‌شناسی کافی باشد به‌طوری که بتوان کانسار را به قطعه‌هایی تقسیم کرد که از نظر زمین‌شناسی وضعیت مشابهی داشته باشند، روش قطعه‌های زمین‌شناسی[۱] به‌کار می‌رود. از آنجا که برخلاف روش میانگین حسابی، در این روش، جامعه کلی کانسار به جوامع کوچک‌تری تقسیم شده است که هرکدام در محدوده خود یکنواخت‌تراند و تغییرپذیری کمتری دارند، لذا دقت این روش بیشتر از روش میانگین حسابی است امّا به هر حال، جزو روش‌های دقیق نیست و تنها در مراحل شناسایی و پی‌جویی که اطلاعات عمدتاً داده‌های زمین‌شناسی است، به‌کار می‌رود (شکل ۱۸ــ۲).

۱ــ geological blocks



شکل ۱۸ــ۲ــ روش قطعه‌های زمین‌شناسی [۴۱]

درشکل ۱۸ــ۲، محدوده کلی کانسار براساس اطلاعات حاصل از حفریات اکتشافی، به سه قطعه A، B و C تقسیم شده است. بدیهی است شکل واقعی کانسار این چنین نیست و شکل ۱۸ــ۲، در واقع وضعیت شبیه‌سازی شده کانسار را نشان می‌دهد.

پس از تقسیم کانسار به قطعه‌های مختلف، در مورد هر قطعه، به روش میانگین حسابی عمل می‌شود.

۱۸ــ۵ــ محاسبه ذخیره به روش قطعه‌های معدنی

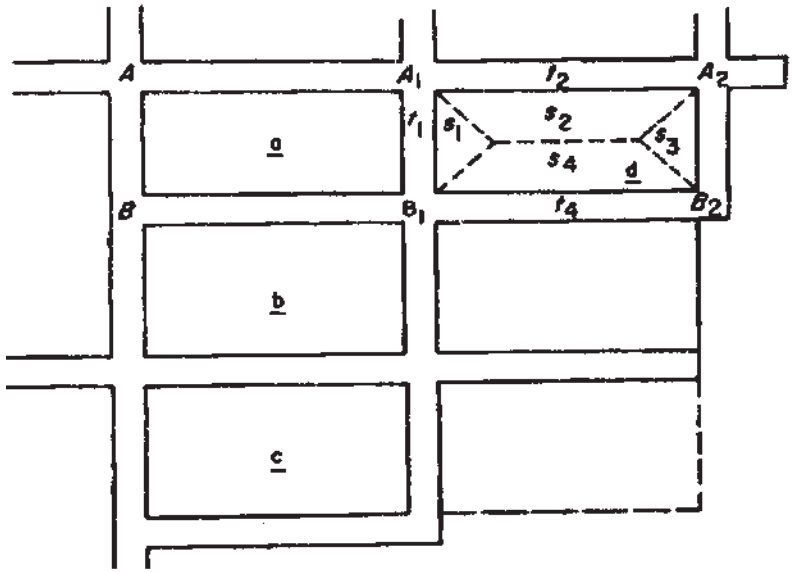
اگرچه روش‌های قطعه‌های معدنی[۱] از جمله دقیق‌ترین روش‌های محاسبه ذخیره است، امّا در عین حال، در تمام موارد قابل استفاده نیست. این روش در مواردی به کار می‌رود که ماده معدنی با استفاده از تونل‌های اکتشافی، اکتشاف شده باشد و بنابراین فقط در اواخر مرحله اکتشاف تفصیلی قابل استفاده است. همچنین، این روش را می‌توان در مرحله اکتشاف حین استخراج، برای محاسبه ذخیره پهنه‌های آماده استخراج به‌کار برد.

۱۸ــ۵ــ۱ــ حالتی که قطعات از چهار طرف اکتشاف شده باشند : مطابق شکل ۱۸ــ۳، با حفر تعدادی تونل دنباله‌رو و دویل، ماده معدنی به قطعاتی تقسیم شده است. در مورد هر قطعه مثلاً قطعه $A_1A_2B_1B_2$، با رسم نیمساز حفریات اکتشافی متقاطع، منطقه تأثیر[۲] هریک از حفریات به‌دست می‌آید.

۱ــ mining blocks

۲ــ منطقه تأثیر هر حفریه اکتشافی محدوده‌ای است که مشخصات ماده معدنی حفریه را به آن محدوده تعمیم می‌دهند. به‌عنوان مثال در شکل ۱۸ــ۳، منطقه تأثیر دویل t_1 مثلث به مساحت s_1 است.

الف) محاسبه مساحت: از آنجا که در این روش، قطعات معمولاً شکل منظم و چهارگوش دارند لذا محاسبه مساحت آنها ساده است. پس از تعیین مساحت هر یک از مناطق تأثیر قطعه در روی نقشه، با توجه به مقیاس و شیب ماده معدنی، مساحت واقعی آن به‌دست می‌آید. به عنوان مثال، در شکل ۱۸ــ۳، قطعه $A_1A_2B_1B_2$ مرکب از دو مثلث S_1 و S_3 و دو ذوزنقه S_2 و S_4 است که مساحت آنها را به سادگی می‌توان محاسبه کرد.



شکل ۱۸ــ۳ــ روش قطعه‌های معدنی [۴۱]

ب) محاسبه ضخامت، وزن مخصوص و عیار: در این حالت، میانگین حسابی مشخصات ماده معدنی در حفریه مجاور هر قطعه، برای آن قطعه تعمیم داده می‌شود. به عنوان مثال در شکل ۱۸ــ۳، میانگین حسابی ضخامت، وزن مخصوص و عیار در دویل A_1B_1 برای قطعه S_1 و میانگین حسابی این مشخصات در تونل دنباله‌رو B_1B_2 به قطعه S_4 نسبت داده می‌شود. بدیهی است اگر در مورد هریک از جزء قطعات، گمانه‌هایی نیز ماده معدنی را قطعه کرده باشند، از اطلاعات آنها نیز در محاسبه میانگین حسابی استفاده می‌کنند.

ج) محاسبه ذخیره: ذخیره هریک از جزء قطعات تفکیک شده از حاصل‌ضرب عناصر هر قطعه محاسبه شده و از جمع آنها، ذخیره قطعات به دست می‌آید. ذخیره کلی بخش اکتشاف شده کانسار نیز از مجموع ذخایر قطعات حاصل می‌شود.

۱۸ــ۶ــ رده‌بندی ذخایر

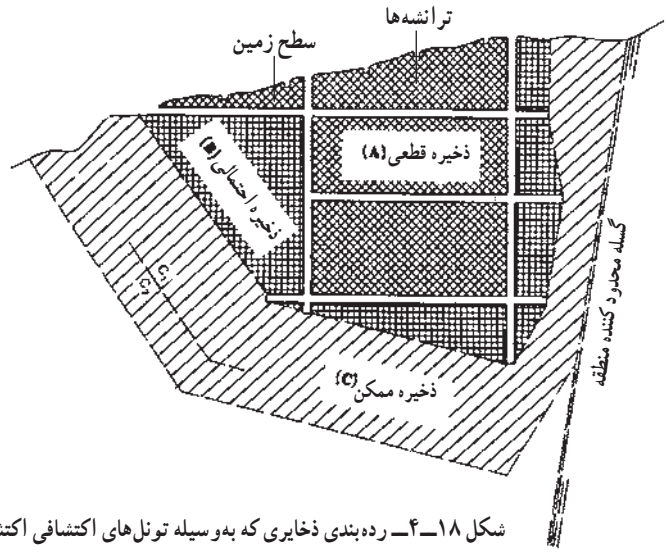
اگرچه همواره سعی می‌شود که ذخیره محاسبه شده حتی‌المقدور به واقعیت نزدیک و اعتبار بالایی داشته باشد امّا به هر حال، محاسبه ذخیره با خطا همراه است و هیچ‌گاه ذخیره محاسبه شده، ذخیره واقعی ماده معدنی نیست و با آن تفاوت دارد.

برای رده‌بندی ذخایر روشهای مختلفی وجود دارد. در ایران از دو روش یکی روش موسوم به قدیمی و دیگری روش جدید استفاده می‌شود که شرح آنها در ادامه آمده است.

۱۸ــ۶ــ۱ــ تقسیم‌بندی قدیم : این تقسیم‌بندی که تا سال ۱۳۸۷ در ایران متداول بود و هم‌اکنون نیز بسیاری از افراد آن را به‌کار می‌برند، بسته به نوع حفریات اکتشافی و خطای محاسبه ذخیره، ذخایر محاسبه شده را به سه رده قطعی (A)، احتمالی (B) و ممکن (C) تقسیم می‌کند. بسته به نوع حفریات اکتشافی مبنای رده‌بندی تا حدودی متفاوت است :

الف) هنگامی که کانسار به وسیله تونل‌های اکتشافی اکتشاف شده باشد.

در این موارد، بسته به وضعیت تونل‌های اکتشافی، ذخایر را به رده‌های زیر تقسیم می‌کنند (شکل ۱۸ــ۴).



شکل ۱۸ــ۴ــ رده‌بندی ذخایری که به‌وسیله تونل‌های اکتشافی اکتشاف شده‌اند [۹۹]

ــ ذخایر قطعی[۱] یا ذخایر گروه A : آن قسمت از ماده‌معدنی که از چهار طرف به وسیله تونل‌های دنباله‌رو و دویل اکتشاف شده باشد، در این رده جای می‌گیرد.

۱ــ proved (measured) reserves

ـ ***ذخایر احتمالی[1] یا ذخایر گروه B :*** قسمت‌هایی از ماده معدنی که از دو طرف به وسیله تونل‌های اکتشافی، اکتشاف شده باشد، تحت این رده تلقی می‌شوند.

ـ ***ذخایر ممکن[2] یا ذخایر گروه C :*** این نام به قسمت‌هایی از ماده معدنی گفته می‌شود که در مورد آنها تونل‌های اکتشافی حفر نشده و تنها به وسیله گمانه‌ها اکتشاف شده باشد. قسمت‌های کم‌عمق‌تر، که به وسیله شبکه انبوه‌تری از گمانه‌ها اکتشاف شده‌اند، در گروه فرعی C_1 و بخش‌های عمیق، در گروه C_2 جای می‌گیرند (شکل ۱۸ـ۴).

ب) هنگامی که کانسار به وسیله گمانه‌ها اکتشاف شده باشد.

در این موارد، با محاسبه خطای محاسبه ذخیره (که با روش‌های مختلف انجام می‌گیرد)، بسته به میزان خطا، ذخایر محاسبه شده را به رده‌هایی به شرح جدول ۱۸ـ۱ تقسیم می‌کنند [۹۹] :

جدول ۱۸ـ۱ـ رده‌بندی ذخایری که به وسیله گمانه اکتشاف شده‌اند [۹۹].

رده ذخیره	درصد خطا
قطعی (A)	۱۵ تا ۲۰
احتمالی (B)	۲۰ تا ۳۰
ممکن (C_1)	۳۰ تا ۶۰
ممکن (C_2)	۶۰ تا ۹۰

۱۸ـ۶ـ۲ـ تقسیم‌بندی جدید : در سال ۱۳۸۷ رده‌بندی جدیدی از سوی وزارت صنعت، معدن و تجارت ابلاغ شد که از آن پس، ذخایر محاسبه شده باید براساس آن رده‌بندی شوند.

در رده‌بندی جدید مواردی مطابق جدول ۱۸ـ۲ مبنای رده‌بندی قرار می‌گیرد [۴۳].

جدول ۱۸ـ۲ـ مبانی رده‌بندی ذخایر معدنی براساس قوانین جدید [۴۳].

مطالعات اکتشافی		مطالعات امکان‌سنجی		مطالعات اقتصادی	
مرحله	کد	مرحله	کد	مرحله	کد
اکتشاف تفصیلی	۱	امکان‌سنجی	۱	اقتصادی	۱
اکتشاف عمومی	۲	پیش امکان‌سنجی	۲	دارای پتانسیل اقتصادی	۲
پی‌جویی	۳	فرصت‌سنجی	۳	بالقوه اقتصادی	۳
شناسایی	۴				

۱ـ Probable (indicated) reserves

۲ـ Possible (inferred) reserves

مطابق جدول ۱۸ــ۲، بسته به مطالعات انجام شده، به ذخیره محاسبه شده کدی سه رقمی تعلق می‌گیرد که ارقام آن به ترتیب از چپ به راست نشانگر مطالعات اقتصادی، مطالعات امکان‌سنجی و مطالعات اکتشافی است. به عنوان مثال ذخیره‌ای که در مورد آن مطالعات هر سه مرحله به طور کامل انجام شده باشد دارای کد ۱۱۱ و ذخیره‌ای که مراحل اکتشاف عمومی و امکان‌سنجی را گذرانده و بالقوه اقتصادی تشخیص داده شده باشد، دارای کد ۳۱۲ خواهد بود.

خودآزمایی

۱ـ مشخصه‌های اصلی محاسبه ذخیره را شرح دهید.

۲ـ روش میانگین حسابی در چه مواردی به‌کار می‌رود؟

۳ـ در مواردی که کانسار به وسیله تونل‌های اکتشافی اکتشاف شده باشد از چه روشی استفاده می‌شود؟

۴ـ روش‌های مختلف محاسبه ذخیره را نام ببرید.

۵ـ روش مقاطع قائم در چه مواردی به کار می‌رود؟

۶ـ مبنای رده‌بندی ذخایر در روش جدید چیست؟

فهرست منابع

[۱]ـ یعقوب‌پور، عبدالمجید (۱۳۸۰)، مبانی زمین‌شناسی اقتصادی (چاپ پنجم)، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی

[2]ـ Dorokhin I.V.ـ Bogacheva E.N. (1969), Economic Mineral Deposits, Higher School Publication House Moscow.

[۳]ـ عرفانی، حسین (۱۳۵۲)، زمین‌شناسی اقتصادی کانسارها، انتشارات دانشگاه تهران

[4]ـ Smirnov (1976), Geology of Mineral Deposits, Mir Publishers, Moscow.

[۵]ـ مدنی،حسن (۱۳۸۸)ـ عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر زغال‌سنگ، انتشارات کانون پرورش فکری کودکان ونوجوانان

[6]ـ Crickmer, Douglas F.ـ Zegeer David A. (1981), Elements of Practical Coal Mining, S.M.E. Inc. New york.

[۷]ـ معماریان،حسین(۱۳۸۶)،سفرنفت،انتشارات کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان

[۸]ـ معماریان، حسین (۱۳۵۹)، فرآیندهای درونی تغییر دهنده پوسته زمین (۱)، انتشارات دانشگاه آزاد ایران

[۹]ـ مدنی، حسن ـ شفیقی، سرویس (۱۳۹۰)، زمین‌شناسی عمومی (چاپ سی‌ام)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[10]ـ Bryan, Sir Andrewـ Bulger, Jermy (1989), Coal Technology for Britaine's Future, Mcmilillan, London Limited.

[۱۱]ـ راهنمای تهیه گزارش‌های طراحی معدن (۱۳۸۸)، برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن، وزارت صنایع و معادن، معاونت امور معادن و صنایع معدنی

[۱۲]ـ مدنی، حسن ـ یعقوب‌پور، عبدالمجید (۱۳۸۸)، تخمین و ارزیابی ذخایر معدنی ـ چاپ سوم، انتشارات دانشگاه پیام نور

[۱۳]ـ حسینی، علیرضاـ رشیدی یزد، سعید ـ شهریاری، محمد ـ مدنی، حسن ـ معماریان، حسین (۱۳۶۰)، بررسی صنعت آلومینیوم، انتشارات شرکت آلومیران ـ سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران

[14]ـ Lewis, S. Robert, EM. (1964), Elements of Mining, John Wiley and Sons, Inc.

[۱۵]ـ قانون معادن (۱۳۷۷)، وزارت معادن و فلزات

[۱۶]ـ مدیری، مهدی (۱۳۷۵)، اشاره‌ای به مبانی و اصول دورکاوی، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح

[۱۷]ـ جاهد، فرشید (۱۳۷۴)، چشمی در آسمان، مقاله مندرج در روزنامه همشهری شماره ۸۹۱

[18]ـ Curran, Paul J.(1988), Principles of Remote Sensing, Longman Scientific and Technical.

[19]ـ Wikipedia (2010), The Free Encyclopedia.

[20]ـ Lo,C.P. (1987), Applied Remote Sensing, Longman Scientific and Technical.

[21]ـ Dobrin, Milton B., (1988), Introduction to Geophysical Prospecting, 4th.ed. Mc Graw_Hill.

[22]ـ Compton, Robert R. (1962), Manual of Field Geoloy, John Wiley & Sons, Inc.

[۲۳]ـ مدنی،حسن(۱۳۷۶)، اصول پی‌جوئی، اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی، چاپ چهارم

[24]ـ Kreiter, V. M (2004), Geological Prospecting and Exploration, Mir Publisher.

[۲۵]ـ ورشوچی‌فرد، وحید ـ محمدزاده، محمد جعفرـ فلاحت، رضا (۱۳۸۵)، ثبت آلتراسیون‌های هیدروترمال با استفاده از تصاویر آستر در منطقه ورزقان، مجموعه مقالات بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین

[۲۶]ـ دورتی،هارپر (۱۹۷۶)، چشمی در آسمان، ترجمه احمد اکلیـ مرتضی قادری (۱۳۶۳)، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی

[27]ـ Solove, A. P. (2004), Geochemical Prospecting, Mir Publishers.

[۲۸]ـ حسنی پاک، علی‌اصغر (۱۳۸۵)، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران

[۲۹]ـ دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱۳۸۹)، برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن، وزارت صنایع و معادن، معاونت امور معادن و صنایع معدنی

[30]ـ Reedman, J.H., (1979), Techniques in Mineral Exploration,Applied Science Publication Ltd.

[31]_ Peters, Willam C. (1987), Exploration and Mining Geology, 2nd ed. John Wiley & Sons Inc.

[32]_ Compton, Robert R. (1985), John Wiley & Sons Inc.

[۳۳]_ معیارهای طراحی و دستورالعمل اجرای حفریات اکتشافی سطحی (۱۳۸۹)، برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن، وزارت صنایع و معادن، معاونت امور معادن و صنایع معدنی

[۳۴]_ میرافضلی، ابوالقاسم (۱۳۴۵)، زمین‌شناسی زیرزمینی، انتشارات گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی دانشگاه تهران (جزوه درس)

[۳۵]_ جواهریان، عبدالرحیم (۱۳۵۰)، گزارش ژئوفیزیک منطقه سراپرده، انتشارات شرکت زغال‌سنگ کرمان (گزارش تایپ شده)

[36]_ Beckman, Heinz (1976), Geological Prospecting of Petroleum, Georg Thieme Publishing Co.

[37]_ International Atomic Energy Agency (1985), Methods for the Estimation of Uranium Ore Reserve, Thechnical Report No255.

[38]_ Annel, Alwyn E. (1991), Mineral Deposit Evaluation, A Practical Approch, Chapman & Hall.

[۳۹]_ جواهریان، عبدالرحیم (۱۳۵۴)، عملیات و پژوهشهای ژئوفیزیکی در اکتشاف منابع زغال‌سنگ کرمان، انتشارات شرکت زغال‌سنگ کرمان (گزارش تایپ شده)

[40]_ Truscott, S. J. (1968), Mine Economics, Mining Publication Ltd.

[41]_ Popoff, Constantine, c. (1966), Computing Reserves of Mineral Deposit, Principles and Conventional Methods, United States Department of Interior Bureaue of Mines.

[42]_ Maximov, A.–Miloserdina, G.–Eremin,N. (1973 ,Short Course of Geological Prospecting and Exploration, Mir Publishers_Moscow

[۴۳]_ دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی (۱۳۸۷)، معاونت برنامه‌ریزی و راهبردی رئیس‌جمهور، نشریه شماره ۳۷۹