

## محاسبه ذخیره

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

- ۱- مشخصه‌های اصلی محاسبه ذخیره را نام ببرد.
- ۲- روش‌های مختلف محاسبه ذخیره را توضیح دهد.
- ۳- رده‌بندی ذخایر محاسبه شده را نام ببرد.

### ۱۸-۱- 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 معدنی هنگامی به دست می‌آید که آخرین ذرات ماده معدنی 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 بی‌جویی، اکتشافات عمومی و اکتشاف تفصیلی اعدادی به عنوان ذخیره آن مرحله ارائه می‌شود که

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

## ۱۸-۲- مشخصه‌های اصلی محاسبه ذخیره

برای محاسبه ذخیره کانسار به روشهای کلاسیک، ابتدا باید آن را به قسمت‌هایی که مشخصات ماده معدنی در آنها کمابیش یکنواخت باشد تقسیم کرد و در مورد هر منطقه، ابتدا وزن کانسنگ را به دست آورد و از حاصل ضرب 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:

$$P = WG \quad (1-18)$$

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 به کار نمی‌رود، ذخیره کانسار)، از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$W = V\gamma \quad (2-18)$$

که در آن  $V$  حجم و  $\gamma$  وزن مخصوص ماده معدنی است. حجم ماده معدنی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V = At \quad (3-18)$$

که در آن  $A$  سطح مقطع ماده معدنی و  $t$  ضخامت واقعی آنست. بدین ترتیب، برای محاسبه ذخیره، باید عناصر اصلی کانسار را که عبارت از ضخامت، سطح، وزن مخصوص و عیار است در دست داشت و از حاصل ضرب آنها، ذخیره را به دست آورد. در ادامه چگونگی تعیین این عناصر تشریح شده است.

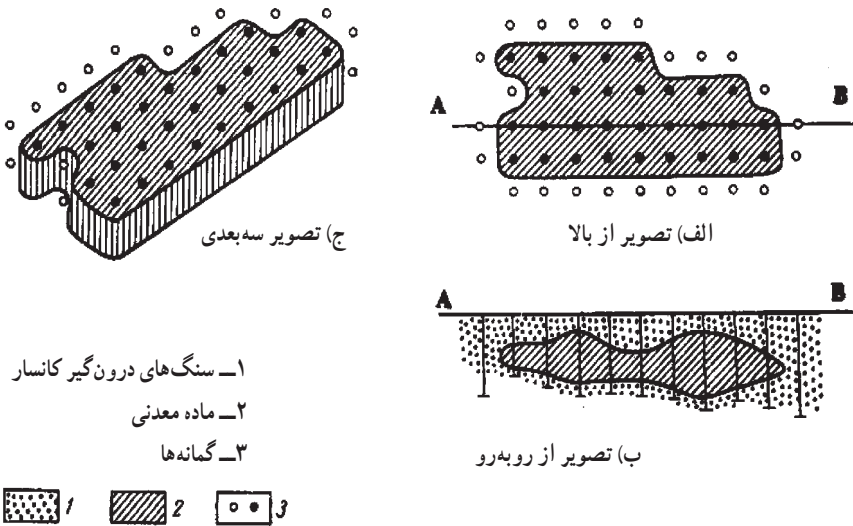
## ۱۸-۳- محاسبه ذخیره به روش میانگین حسابی

روش میانگین حسابی<sup>۱</sup>، ساده‌ترین روش محاسبه ذخیره است و هنگامی به کار 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 حفاریات اکتشافی موجود محاسبه شده و نتایج حاصله به عنوان مشخصات کلی کانسار در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱-۱۸).

<sup>۱</sup>- arithmetic 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 ۱۸-۱ ب است، اما آن را با لایه‌ای با ضخامت ثابت مانند شکل ۱۸-۱ 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، به کار می‌رود و خطای زیادی دارد.

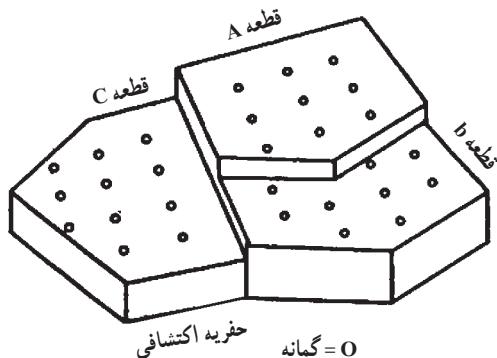


شکل ۱۸-۱ روش میانگین حسابی [۲۴]

#### ۱۸-۴- محاسبه ذخیره روش قطعه‌های زمین‌شناسی

در مواردی که اطلاعات زمین‌شناسی کافی باشد به طوری که بتوان کانسار را به قطعه‌هایی تقسیم کرد که از نظر زمین‌شناسی وضعیت مشابهی داشته باشند، روش قطعه‌های زمین‌شناسی<sup>۱</sup> به کار می‌رود. از آنجا که برخلاف روش میانگین حسابی، در این روش، جامعه کلی کانسار به جوامع کوچک‌تری تقسیم شده است که هر کدام در محدوده خود یکنواخت‌تراند و تغییرپذیری کمتری دارند، لذا دقت این روش بیشتر از روش میانگین حسابی است اما به هر حال، جزو روش‌های دقیق نیست و تنها در مراحل شناسایی و پی‌جویی که اطلاعات عمدتاً داده‌های زمین‌شناسی است، به کار می‌رود (شکل ۱۸-۲).

۱- geological blocks



شکل ۱۸-۲- روش قطعه‌های زمین‌شناسی [۴۱]

در شکل ۱۸-۲، محدوده کلی کانسار براساس اطلاعات حاصل از حفريات اکتشافی، به سه قطعه A، B و C تقسیم شده است. بدیهی است شکل واقعی کانسار این چنین نیست و شکل ۱۸-۲، 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.

### ۱۸-۵- محاسبه ذخیره به روش قطعه‌های معدنی

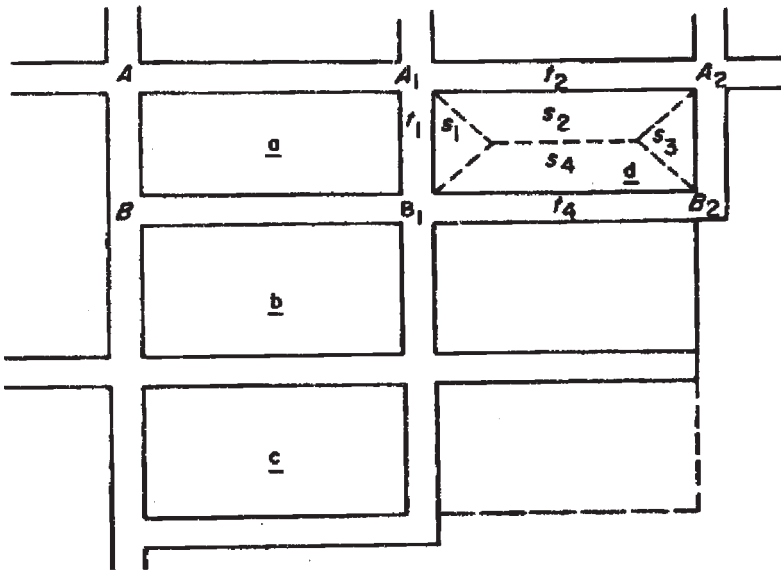
اگرچه روش‌های قطعه‌های معدنی<sup>۱</sup> از جمله دقیق‌ترین روش‌های محاسبه ذخیره است، اما در عین حال، در تمام موارد قابل استفاده نیست. این روش در مواردی به کار می‌رود که ماده معدنی با استفاده از تونل‌های اکتشافی، اکتشاف شده باشد و بنابراین فقط در اواخر مرحله اکتشاف تفصیلی قابل استفاده است. همچنین، این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

۱۸-۵-۱- حالتی که قطعات از چهار طرف اکتشاف شده باشند: مطابق شکل ۱۸-۳، با حفر تعدادی تونل دنباله‌رو و دوپل، ماده معدنی به قطعاتی تقسیم شده است. در مورد هر قطعه مثلاً قطعه  $A_1 A_2 B_1 B_2$ ، با رسم نیمساز حفريات اکتشافی متقاطع، منطقه تأثیر<sup>۲</sup> هر یک از حفريات به دست می‌آید.

۱- mining blocks

۲- منطقه تأثیر هر حفیره اکتشافی محدوده‌ای است که مشخصات ماده معدنی حفیره را به آن محدوده تعمیم می‌دهند. به عنوان مثال در شکل ۱۸-۳، منطقه تأثیر دوپل  $t_1$  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 به دست می آید. به عنوان مثال، در شکل ۳-۱۸، قطعه  $A_1A_2B_1B_2$  مرکب از دو مثلث  $S_1$  و  $S_2$  و دو ذوزنقه  $S_3$  و  $S_4$  است که مساحت آنها را به سادگی می توان محاسبه کرد.



شکل ۳-۱۸- 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 می شود. به عنوان مثال در شکل ۳-۱۸، میانگین حسابی ضخامت، وزن مخصوص و عیار در دوپل  $A_1B_1$  برای قطعه  $S_1$  و میانگین حسابی این مشخصات در تونل دنباله‌رو  $B_1B_2$  به قطعه  $S_4$  نسبت داده می شود. بدیهی است اگر در مورد هر یک از جزء قطعات، گمانه‌هایی نیز ماده معدنی را قطعه کرده باشند، از اطلاعات آنها نیز در محاسبه میانگین حسابی استفاده می کنند.

ج) محاسبه ذخیره: ذخیره هر یک از جزء قطعات تفکیک شده از حاصل ضرب عناصر هر قطعه محاسبه شده و از جمع آنها، ذخیره قطعات به دست می آید. ذخیره کلی بخش اکتشاف شده کانسار نیز از مجموع ذخایر قطعات حاصل می شود.

## ۱۸-۶- رده بندی ذخایر

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

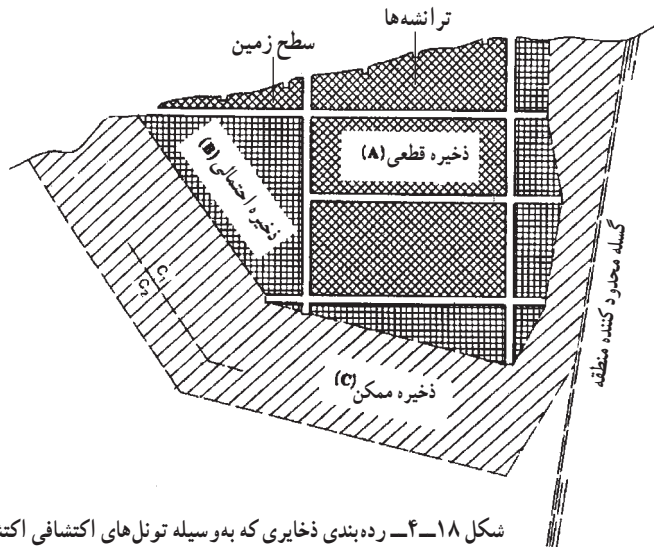
برای رده بندی ذخایر روشهای مختلفی وجود دارد. در ایران از دو روش یکی روش موسوم به قدیمی و دیگری روش جدید استفاده می‌شود که شرح آنها در ادامه آمده است.

۱۸-۶-۱- تقسیم بندی قدیم: این تقسیم بندی که تا سال ۱۳۸۷ در ایران متداول بود و هم‌اکنون نیز بسیاری از افراد آن را به کار می‌برند، بسته به نوع حفريات اکتشافی و خطای محاسبه ذخیره، ذخایر محاسبه شده را به سه رده قطعی (A)، احتمالی (B) و ممکن (C) تقسیم می‌کند. بسته به نوع حفريات اکتشافی مبنای رده بندی تا حدودی متفاوت است:

*الف) هنگامی که کانسار به وسیله تونل های اکتشافی اکتشاف شده باشد.*

در این موارد، بسته به وضعیت تونل های اکتشافی، ذخایر را به رده های زیر تقسیم می‌کنند

(شکل ۱۸-۴).



شکل ۱۸-۴- رده بندی ذخایری که به وسیله تونل های اکتشافی اکتشاف شده اند [۹۹]

— ذخایر قطعی یا ذخایر گروه A: آن قسمت از ماده معدنی که از چهار طرف به وسیله

تونل های دنباله رو و دوپل اکتشاف شده باشد، در این رده جای می‌گیرد.

— ذخایر احتمالی<sup>۱</sup> یا ذخایر گروه B: قسمت‌هایی از ماده معدنی که از دو طرف به وسیله تونل‌های اکتشافی، اکتشاف شده باشد، تحت این رده تلقی می‌شوند.

— ذخایر ممکن<sup>۲</sup> 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 کم عمق‌تر، که به وسیله شبکه انبوه‌تری از گمانه‌ها اکتشاف شده‌اند، در گروه فرعی C<sub>۱</sub> و بخش‌های عمیق، در گروه C<sub>۲</sub> جای می‌گیرند (شکل ۱۸-۴).

(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 ۱۸-۱ تقسیم می‌کنند [۹۹]:

جدول ۱۸-۱— رده‌بندی ذخایری که به وسیله گمانه اکتشاف شده‌اند [۹۹].

درصد خطا	رده ذخیره
۱۵ تا ۲۰	قطعی (A)
۲۰ تا ۳۰	احتمالی (B)
۳۰ تا ۶۰	ممکن (C <sub>۱</sub> )
۶۰ تا ۹۰	ممکن (C <sub>۲</sub> )

۱۸-۶-۲— 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 ۱۸-۲ مبنای رده‌بندی قرار می‌گیرد [۴۳].

جدول ۱۸-۲— مبنای رده‌بندی ذخایر معدنی براساس قوانین جدید [۴۳].

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

۱— Probable (indicated) reserves

۲— Possible (inferred) reserves

مطابق جدول ۱۸-۲، 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

- ۱- مشخصه‌های اصلی محاسبه ذخیره را شرح دهید.
- ۲- روش میانگین حسابی در چه مواردی به کار می‌رود؟
- ۳- در مواردی که کانسار به وسیله تونل‌های اکتشافی اکتشاف شده باشد از چه روشی استفاده می‌شود؟
- ۴- روش‌های مختلف محاسبه ذخیره را نام ببرید.
- ۵- روش مقاطع قائم در چه مواردی به کار می‌رود؟
- ۶- مبنای رده‌بندی ذخایر در روش جدید چیست؟



## فهرست منابع

- [۱] - یعقوب پور، عبدالمجید (۱۳۸۰)، مبانی زمین‌شناسی اقتصادی (چاپ پنجم)، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی
- [2] - Dorokhin I.V. - Bogacheva E.N. (1969), Economic Mineral Deposits, Higher School Publication House Moscow.
- [۳] - عرفانی، حسین (۱۳۵۲)، زمین‌شناسی اقتصادی کانسارها، انتشارات دانشگاه تهران
- [4] - Smirnov (1976), Geology of Mineral Deposits, Mir Publishers, Moscow.
- [۵] - مدنی، حسن (۱۳۸۸) - عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر زغال‌سنگ، انتشارات کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان
- [6] - Crickmer, Douglas F. - Zegeer David A. (1981), Elements of Practical Coal Mining, S.M.E. Inc. New york.
- [۷] - معاریان، حسین (۱۳۸۶)، سفرنفت، انتشارات کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان
- [۸] - معاریان، حسین (۱۳۵۹)، فرآیندهای درونی تغییر دهنده پوسته زمین (۱)، انتشارات دانشگاه آزاد ایران
- [۹] - مدنی، حسن - شفیقی، سرویس (۱۳۹۰)، زمین‌شناسی عمومی (چاپ سی‌ام)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- [10] - Bryan, Sir Andrew - Bulger, Jermy (1989), Coal Technology for Britaine's Future, Mcmilillan, London Limited.
- [۱۱] - راهنمای تهیه گزارش‌های طراحی معدن (۱۳۸۸)، برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن، وزارت صنایع و معادن، معاونت امور معادن و صنایع معدنی
- [۱۲] - مدنی، حسن - یعقوب پور، عبدالمجید (۱۳۸۸)، تخمین و ارزیابی ذخایر معدنی - چاپ سوم، انتشارات دانشگاه پیام نور

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

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

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

[۱۶]– مدیری، مهدی (۱۳۷۵)، اشاره‌ای به مبانی و اصول دورکاوی، انتشارات سازمان

جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح

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

۸۹۱

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

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

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

[21]– Dobrin, Milton B., (1988), Introduction to Geophysical Prospecting, 4th. ed. McGraw-Hill.

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

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

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

[۲۵]– ورشوچی‌فرد، وحید – محمدزاده، محمد جعفر– فلاحت، رضا (۱۳۸۵)، ثبت

آلتراسیون‌های هیدروترمال با استفاده از تصاویر آستر در منطقه ورزقان، مجموعه مقالات بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین

[۲۶]– دورتی، هاریر (۱۹۷۶)، چشمی در آسمان، ترجمه احمد اکیلی – مرتضی قادری (۱۳۶۳)،

انتشارات مرکز نشر دانشگاهی

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

[۲۸]– حسینی پاک، علی اصغر (۱۳۸۵)، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه

تهران

[۲۹]– 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]– 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 حفريات 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 Approach, 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 Bureau 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

