

## بازنگری برنامه درسی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن

حسین معاریان<sup>۱</sup> و مهرنوش جوادی<sup>۲</sup>

**چکیده:** آموزش دانشگاهی مهندسی معدن در کشور ایران با تأسیس دانشگاه تهران در سال ۱۳۱۳ آغاز شد. پس از انقلاب، و به دنبال بازگشایی دانشگاهها در سال ۱۳۶۲، برنامه‌های آموزش مهندسی معدن به صورتی متمرکز در چند مرحله بازنگری و در نهایت در سال ۱۳۷۶ برنامه‌ای ارائه شد که هم اکنون نیز در دانشگاههای کشور اجرا می‌شود. گذشت بیش از یک دهه از آخرین بازنگری برنامه آموزش اکتشاف معدن، که همزمان با تحولات چشمگیر در فناوریهای اکتشاف و استخراج معدن در جهان بوده است و همچنین، نیاز مبرم به راه اندازی دوره‌های جدید کارشناسی مهندسی در زمینه‌های دیگر اکتشاف از جمله اکتشاف نفت، اکتشاف منابع آب زیر زمینی و اکتشاف بلایای طبیعی، بازنگری مجدد برنامه موجود را ضروری ساخت. در مقاله حاضر در خصوص تاریخچه آموزش مهندسی معدن در ایران و کاستیهای برنامه کنونی به اختصار مطالبی بیان شده است. در برنامه آموزشی جدیدی که بدین منظور طراحی و در این مقاله ساختار آن تشریح شده است، مهندسی اکتشاف به صورت یک دوره آموزشی مستقل، و نه گرایشی از مهندسی معدن، پیشنهاد شده است. در برنامه جدید دانشجویان با انتخاب دروس تخصصی مناسب در سال چهارم قادر خواهند بود در یکی از گرایشها یا خوشه‌های مهندسی اکتشاف (معدن، نفت، آبهای زیر زمینی و بلایای طبیعی) به اخذ مدرک کارشناسی نایل شوند.

واژه‌های کلیدی: کارشناسی مهندسی معدن، اکتشاف معدن، اکتشاف نفت، اکتشاف آبهای زیر زمینی، اکتشاف بلایای طبیعی، آموزش مهندسی و ایران.

۱. استاد دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران Memarian@ut.ac.ir

۲. کارشناس ارشد مهندسی معدن، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

## ۱. مقدمه

بازنگری در برنامه درسی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن در ابتدای سال ۱۳۸۲ از طرف وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به دانشگاه تهران و از سوی دانشگاه تهران به دانشکده مهندسی معدن دانشکده فنی دانشگاه تهران ارجاع شد. اقدامات انجام شده به منظور بررسی این امر را به نحو زیر می‌توان خلاصه کرد:

- گردآوری اطلاعات برای تهیه و تدوین تاریخچه فشرده آموزش کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن در ایران؛
- گردآوری کلیه برنامه‌های درسی و تک درسهای مرتبط با اکتشاف معدن و دیگر زمینه‌های اکتشافی (نفت، آب و بلایای طبیعی) که تا این تاریخ به تصویب رسیده و در کشور اجرا شده است؛
- گردآوری برنامه‌های آموزشی و سرفصلهای دروس مرتبط با اکتشاف که هم اکنون در کشورهای پیشرفته ارائه می‌شوند؛
- نظرخواهی از گروهی از استادان و دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد اکتشاف در خصوص نقاط قوت و ضعف برنامه کنونی مهندسی اکتشاف معدن؛
- تدوین ساختار جدید برنامه درسی کارشناسی اکتشاف و ارسال آن برای صاحب‌نظران به منظور دریافت دیدگاههای آنان؛
- ارسال سرفصلهای هر یک از درسهای موجود به همراه سرفصلهای دروس مشابهی که در دیگر کشورها ارائه می‌شوند، برای استادان متخصص در هر درس و نظر خواهی از آنها در خصوص محتوای دروس؛
- ارائه نهایی یافته‌ها شامل ساختار برنامه و سرفصلهای هر یک از دروس به کمیته برنامه ریزی درسی رشته اکتشاف و نهایی کردن آنها.

در این مقاله نتیجه بررسیهای صورت گرفته، فرایند طراحی و ساختار و محتوای برنامه آموزشی جدید ارائه شده است. بدین منظور، به دنبال بیان خلاصه‌ای از تاریخچه آموزش مهندسی معدن در ایران، برنامه کنونی آموزش کارشناسی مهندسی معدن (گرایش اکتشاف)، مصوب سال ۱۳۷۶ شورای عالی برنامه ریزی، ارائه شده است. در ادامه، نتیجه بازنگری انجام شده و مشروح برنامه جدید تدوین شده برای آموزش اکتشاف معدن ارائه و در انتها نیز در خصوص تغییرات و نوآوریهای صورت گرفته در برنامه جدید بحث شده است.

## ۲. تاریخچه آموزش اکتشاف معدن

درباره پیشینه آموزش دانشگاهی رشته مهندسی معدن در کشور ایران، به خصوص گرایش اکتشاف، می‌توان به اختصار بیان کرد که با تأسیس دانشگاه تهران در مهر ماه ۱۳۱۳، تا اواسط دهه پنجاه شمسی، دانشکده فنی به مدت چند دهه ارائه‌کننده انحصاری آموزش مهندسی معدن در ایران بوده است. طول آموزش رشته مهندسی معدن در دانشکده فنی از بدو تأسیس تا سال تحصیلی ۴۵-۱۳۴۴ برابر چهار سال و ارزش آن معادل کارشناسی ارشد بوده است، بنابراین، تا سال ۴۵-۱۳۴۴ مقطعی با عنوان کارشناسی مهندسی معدن در این دانشکده وجود نداشته است [۱].

در سال تحصیلی ۱۷-۱۳۱۶ برنامه درسی رشته معدن شامل اکتشاف و استخراج مواد معدنی و نفت بوده است. این برنامه تا سال تحصیلی ۴۱-۱۳۴۰ به همان صورت اجرا می‌شده است. در این سال برنامه چهار ساله رشته مهندسی معدن شامل سه گرایش استخراج معدن، زمین شناسی و استخراج نفت بوده است. گرایش زمین شناسی بعدها با تغییراتی به اکتشاف معدن تغییر نام یافت. از سال تحصیلی ۴۵-۱۳۴۴، نظام آموزشی دانشکده فنی به نظام واحدی تغییر یافت و یک سال به دوره دانشکده افزوده شد، بدین ترتیب که دانشجویان پس از ۵ سال تحصیل، مدرک کارشناسی ارشد پیوسته را اخذ می‌کردند. با پنجساله شدن دوره آموزش این امکان ایجاد شد تا کسانی که به علمی نمی‌توانستند تا مرحله اخذ درجه کارشناسی ارشد ادامه تحصیل دهند، پس از چهار سال تحصیل با درجه کارشناسی فارغ التحصیل شوند. در این برنامه در دوره کارشناسی ارشد دروس تخصصی اکتشاف و استخراج معدن از هم جدا شده بودند. اجرای برنامه یاد شده تا سال ۱۳۵۵ ادامه یافت. در این سال شورای عمومی مهندسی معدن دانشکده فنی دانشگاه تهران برنامه آموزشی جدیدی را برای دوره کارشناسی به تصویب رساند. این برنامه از مهر ماه ۱۳۵۵ تا سال ۱۳۵۹ با تغییرات مختصری اعمال می‌شده است [۱].

اولین دانشگاهی که پس از دانشگاه تهران به تربیت مهندسان معدن پرداخت، پلی تکنیک تهران (دانشگاه امیر کبیر کنونی) بود. در سال ۱۳۵۶ اولین گروه دانشجویان کارشناسی اکتشاف از دانشگاه پلی تکنیک فارغ التحصیل شدند. پس از انقلاب اسلامی، دانشگاه‌های دیگر نیز به تدریج آموزش رشته مهندسی معدن و به خصوص گرایش اکتشاف را به برنامه‌های آموزشی خود افزودند. در فاصله سالهای ۱۳۶۲-۱۳۵۹، دانشگاه‌های کشور به دلیل انقلاب فرهنگی تعطیل شدند. در این فاصله ستاد و سپس، شورای انقلاب فرهنگی تأسیس شد و همراه آن، گروه‌ها و کمیته‌های بازنگری برنامه‌های آموزشی دانشگاه‌ها تشکیل شدند. اعضای این کمیته‌ها عمدتاً اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها بودند که با همکاری نمایندگان از صنعت و وزارتخانه‌های مربوط برنامه‌های آموزش جدیدی را برای رشته‌های مختلف مهندسی از جمله معدن تدارک دیدند.

پس از بازگشایی دانشگاهها در سال ۱۳۶۲، برنامه درسی جدیدی برای دوره کارشناسی چهار ساله مهندسی معدن ارائه شد. دروس این برنامه‌ها به سه بخش دروس پایه، اصلی و تخصصی تقسیم می‌شدند. شورای عالی برنامه ریزی، که به دنبال شورای انقلاب فرهنگی، متولی برنامه‌ریزی شد، برنامه کارشناسی قبلی را مورد بازنگری قرار داد. برنامه مصوب شورای عالی برنامه ریزی در سالهای ۶۹-۱۳۶۵ اجرا می‌شده است. در سال ۱۳۷۶ برنامه درسی مصوب دهه شصت مورد بازنگری قرار گرفت و در کنار آن برنامه‌های درسی متنوع و جدیدی در زمینه مهندسی معدن گرایشهای اکتشاف و استخراج اجرا شد. این برنامه‌ها عمدتاً امروزه نیز در حال اجرا هستند [۲].

برنامه درسی کنونی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی در سیصد و چهل و سومین جلسه مورخ ۱۳۷۶/۴/۸ است که طرح پیشنهادی آن توسط گروه فنی و مهندسی شورای عالی برنامه‌ریزی تهیه شده است. این دوره آموزشی یکی از مجموعه‌های آموزش عالی در زمینه مهندسی معدن است و هدف آن تربیت کارشناسان برای به‌کارگیری روشهای اکتشافی گوناگون به منظور کشف آنومالیها، تعیین نوع و شکل کانسار، محاسبه ذخیره، ارزیابی اقتصادی و بررسی مسائل استخراج و کانه‌آرایی ماده معدنی است. طول دوره آموزشی چهار سال و برنامه‌ریزیهای درسی آن در هشت نیمسال سازماندهی شده است. علاوه بر دروس نظری و عملی، کارگاه و پروژه، دو دوره کارآموزی یک واحدی هر یک به مدت ۱/۵ ماه نیز در برنامه وجود دارد. تعداد دروس این دوره ۶۳، تعداد واحدهای درسی ۱۴۱، به همراه ۲ واحد کارآموزی است. برای هر واحد نظری ۱۷ ساعت و عملی ۳۴ ساعت در نظر گرفته شده است. طول آموزش دوره ۲۷۷۱ ساعت بدون احتساب ۲ واحد کارآموزی و ۴ واحد کارگاه و پروژه، است. در این دوره آموزشی فعالیتهای نظری ۶۸ درصد و فعالیتهای عملی ۳۲ درصد زمان آموزش را به خود اختصاص داده است [۲].

### ۳. کاستیهای برنامه کنونی

کاستیهای عمده آموزش مهندسی معدن (گرایش اکتشاف) را از دو دیدگاه کمی و کیفی می‌توان بررسی کرد. در زمان انجام دادن بررسیهای بازنگری جاری (سال ۱۳۸۵)، آموزش کارشناسی مهندسی معدن (گرایش اکتشاف) در ۱۹ دانشگاه دولتی و ۱۳ واحد دانشگاه آزاد ارائه می‌شده است. تعداد دانش‌آموختگان گرایش اکتشاف در طول چند سال گذشته سالیانه به طور متوسط ۶۸ نفر بوده است. بررسیهایی که در این زمینه انجام گرفته [۳ و ۴]، نشان داده است که تعداد دانش‌آموختگان کارشناسی معدن (گرایش اکتشاف) همانند بسیاری دیگر از رشته‌های دانشگاهی به مراتب بیش از قدرت جذب بازار کار در این زمینه است. از سوی دیگر، تعداد مراکز عرضه‌کننده آموزش معدن نیز در مقایسه با دیگر کشورها به مراتب بیشتر است. آموزش اکتشاف معدن، که دروس مختلف آن نیاز به آزمایشگاهها و وسایل و تجهیزات خاص دارد، در حال حاضر، گاه در مراکزی با امکانات نامناسب

عرضه می‌شود. به نظر می‌رسد که با تجمیع برخی از این مراکز بتوان به تعداد کمتری مراکز آموزشی با توانایی بیشتر و دارای قدرت رقابت در بازار جهانی دست یافت [۵ و ۶].

برنامه درسی کارشناسی مهندسی معدن (گرایش اکتشاف) در سالهای اولیه پس از انقلاب تدوین شده است. گرچه این برنامه چند سال بعد بار دیگر مورد بازنگری قرار گرفت و نسخه اصلاح شده آن در سال ۱۳۷۶ عرضه شد، ولی با توجه به پیشرفتهایی که در دهه اخیر در زمینه اکتشاف مواد معدنی صورت گرفته است، بازنگری مجدد برنامه به خصوص با توجه به نیازهای جدیدی که در سطح ملی مطرح شده است، ضروری تشخیص داده شد.

بررسیهای انجام شده کاستیهای برنامه موجود را که حدود یک دهه از اجرای آن می‌گذرد، آشکار ساخت. این کمبودها را می‌توان در دو محدوده محتوای دروس و ساختار برنامه درسی، بررسی کرد. با مرور سرفصلهای دروس برنامه کنونی آموزش کارشناسی مهندسی معدن (گرایش اکتشاف)، که جزئیات آن در گزارش این بررسیها آمده است [۱]، مشخص شد که:

- برخی از دروس سرفصلهای مصوب را ندارند؛
- سرفصلهای دیگر دروس با درجات مختلفی از جزئیات تدوین شده‌اند؛
- کلیه دروس مصوب بدون هدف و مراجع اصلی هستند؛
- همه یا قسمتی از سرفصلهای برخی از دروس نامناسب‌اند؛
- برخی از دروس، که بیشتر جنبه تشریحی و کیفی دارند، به طور کلی زاید و نامناسب‌اند؛
- نیاز به ارائه برخی دروس، که بیشتر جنبه کمی یا محاسباتی و بهینه سازی دارند، در برنامه وجود دارد.

در کنار موارد یاد شده باید به این نکته نیز توجه داشت که بخشهایی از دروس اصلی برنامه آموزش اکتشاف هم اکنون با سرفصلهای دارای عمق و گسترش بیشتر در گروههای زمین شناسی دانشگاهها عرضه می‌شود. از این رو، در بازنگری برنامه بیشتر بر عرضه دروسی تأکید شده است که دارای محتوای مهندسی و مستقیماً دارای کاربرد در صنعت اکتشاف‌اند. از سوی دیگر، عنوان و ساختار کنونی برنامه کارشناسی مهندسی معدن (گرایش اکتشاف) مشکلات چندی را به وجود آورده است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۱]:

- نیاز مبرم به راه‌اندازی دوره‌های کارشناسی در زمینه‌های دیگر اکتشاف که ارائه آنها با عنوان اکتشاف معدن با مشکلاتی همراه خواهد بود؛
- گسترش فعالیتهای بالادستی نفت در سطح کشور و راه‌اندازی دوره‌های کارشناسی ارشد اکتشاف نفت، ضرورت راه‌اندازی دوره کارشناسی آن را بیش از پیش روشن ساخته است. راه‌اندازی این دوره به صورت گرایشی از اکتشاف معدن مورد تأیید صنعت نفت نیست؛

- نبود دوره کارشناسی مهندسی اکتشاف منابع آب زیر زمینی که به شدت مورد نیاز وزارت نیرو و صنعت آب کشور است و راه اندازی آن با عنوان مهندسی اکتشاف معدن امکان پذیر نیست؛
- با وجود آنکه کشور ایران یکی از ۱۰ کشور مستعد مخاطرات طبیعی دنیا اعلام شده است، متأسفانه، تاکنون آموزش اکتشاف بلایای طبیعی از دیدگاه مهندسی در کشور ارائه نشده است. راه اندازی احتمالی این دوره و موارد مشابه نیز با عنوان اکتشاف معدن امکان پذیر نیست.

با توجه به موارد مذکور به نظر می‌رسد که زمان آن فرا رسیده است که آموزش کارشناسی مهندسی اکتشاف به صورت یک دوره مستقل، و نه به صورت یک گرایش از مهندسی معدن، تدوین و عرضه شود. این دوره آموزشی خود به ضرورت می‌تواند دارای چند گرایش یا خوشه مختلف باشد.

#### ۴. اهداف بازنگری

به دنبال آگاهی از نقاط قوت و ضعف برنامه کنونی آموزش اکتشاف معدن کشور، با نظرخواهی از تعدادی از استادان و دانشجویان اکتشاف و مقایسه آن با وضعیت برنامه‌های آموزشی مشابه در تعدادی از کشورهای دارای فعالیت پیشرفته معدنی (جدول ۱) و همچنین، مشورت با صاحب نظران صنعت و دانشگاه، اهداف ویژه بازنگری برنامه و دروس آموزش مهندسی معدن (گرایش اکتشاف) در ایران به نحو زیر تدوین شد. این اهداف علاوه بر اهداف عمومی برنامه‌های آموزش کارشناسی مهندسی است که توسط مؤسسات ارزیابی جهانی همچون CEAB کانادا یا ABET آمریکا پیشنهاد شده است [۷]:

- کاربردی بودن و توسعه دهنده مهارت‌ها و قابلیت‌های مهندسی؛
- تا حد امکان کمی و محاسباتی و کمتر توصیفی و کیفی بودن؛
- قابل مقایسه با آنچه هم اکنون در کشورهای پیشرفته تدریس می‌شود؛
- تأمین کننده نیازهای صنعت کشور در زمینه‌های اکتشافی؛
- عدم همپوشانی هدف و سرفصل‌های دروس پیشنهادی با یکدیگر؛
- قابل اجرا بودن در شرایط و امکانات موجود کشور؛
- دارای ساختار و محتوای مناسب برای موفقیت در ارزیابی آتی برنامه در سطح بین‌المللی.

همچنان‌که در بند آخر اهداف یاد شده دیده می‌شود، هر برنامه‌ریزی آموزش مهندسی جدید در کشور باید همخوان با برنامه‌های تجویز شده توسط مؤسسات و مراکز ارزیابی جهانی باشد [۷ و ۸]. در

سند منتشر شده در سال ۲۰۰۹ توسط مؤسسه ارزیابی آموزش مهندسی آمریکا (ABET)، ملاکهای خاص برنامه آموزش کارشناسی مهندسی معدن به نحو زیر ارائه شده است [۷ و ۹]:

- توانایی کاربرد ریاضیات توسط معادلات دیفرانسیل، فیزیک، شیمی عمومی و آمار و احتمال، به گونه‌ای که در کاربرد مسائل معدنی مطرح می‌شود؛
  - دانش پایه در علوم زمین شامل توصیف کانسارها، زمین شناسی فیزیکی، زمین شناسی ساختاری یا مهندسی، شناسایی و تعیین ویژگیهای کانیها و سنگها؛
  - کارایی در استاتیک، دینامیک، مقاومت مصالح، مکانیک سیالات، ترمودینامیک و مدارهای الکتریکی؛
  - کارایی در موضوعات مهندسی مرتبط با معدنکاری سطحی و زیر زمینی شامل روشهای معدنکاری، برنامه ریزی و طراحی، نگهداری و مکانیک سنگ، ایمنی و بهداشت، مسائل زیست محیطی و تهویه؛
  - کارایی در موضوعات دیگر مهندسی مثل خردایش سنگ، بررسی مواد، فرآوری کانیها یا زغال سنگ، نقشه برداری، ارزیابی معدنی و تعیین ذخیره منابع معدنی متناسب با اهداف برنامه؛
  - عملیات آزمایشگاهی کافی که ایجاد مهارت در خصوص مفاهیم زمین شناسی، مکانیک سنگ، تهویه معدن و دیگر موضوعات مرتبط با اهداف برنامه منجر بشود.
- همچنان که دیده می‌شود، ملاکهای مذکور برای آموزش کارشناسی مهندسی معدن به طور عام و نه آموزش اکتشاف معدن پیشنهاد شده است. در بازنگری حاضر کوشش شده است تا برنامه تدوین شده بخشهایی از موارد یاد شده را، که مرتبط با اکتشاف معدن است، پوشش دهد.

#### جدول ۱: فهرست دانشگاههای خارجی مورد بررسی [۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳]

| کشور     | دانشگاه                                       |
|----------|---|
| آمریکا   | آریزونا، آیداهو، استنفورد، مدرسه معدنی کلرادو |
| استرالیا | کوئینزلند، نیوساوت ولز، ولونگونگ              |
| انگلستان | کمبریج، لیدز، ناتینگهام                       |
| کانادا   | آلبرتا، بریتیش کلمبیا، تورنتو، کوئینز، مک گیل |

بررسی حاضر نشان داد که برنامه‌ای مشابه آنچه در کشور ما با عنوان کارشناسی مهندسی معدن (گرایش اکتشاف) عرضه می‌شود، در دانشگاههای دیگر کشورها رایج نیست. کشور ما دارای ذخایر زیادی از مواد معدنی متنوع است که متأسفانه، بخش عمده‌ای از آنها تاکنون زیر پوشش اکتشاف مناسب قرار نگرفته‌اند. اکتشاف بایسته این مواد به ثروت ملی کشور می‌افزاید و مواد معدنی لازم برای

گردش بسیاری از صنایع کشور را فراهم می‌آورد. از این‌رو، به نظر می‌رسد که تا سالها نیاز به دانش آموختگان اکتشاف در کشور احساس شود.

### ۵. برنامه پیشنهادی آموزش کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن

در این قسمت ابتدا در باره مشخصات کلی و سپس، محتوای برنامه پیشنهادی جدید به طور خلاصه مطالبی بیان شده است.

#### ۵. ۱. مشخصات کلی

این برنامه یکی از مجموعه‌های آموزش عالی در زمینه مهندسی اکتشاف است و هدف آن تربیت کارشناسان برای به‌کارگیری روشهای اکتشافی گوناگون به منظور کشف آنومالیها، تعیین نوع و شکل توده کانسار، محاسبه ذخیره، ارزیابی اقتصادی و بررسی مسائل استخراج و کانه آرایی ماده معدنی است و دروس آن ترکیبی از دروس عمومی، دروس علوم پایه، فنون مهندسی و دروس تخصصی اکتشاف معدن است (جدول ۲).

جدول ۲: توزیع واحدهای درسی کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن [۱]

|          |                      |
|----------|----------------------|
| ۲۱ واحد  | • دروس عمومی         |
| ۳۱ واحد  | • دروس علوم پایه     |
| ۴۷ واحد  | • دروس اصلی          |
| ۳۴ واحد  | • دروس تخصصی + پروژه |
| ۲ واحد   | • کارآموزی           |
| ۶ واحد   | • دروس اختیاری       |
| ۱۴۱ واحد | جمع                  |

طول این دوره چهار سال و برنامه درسی آن در هشت ترم برنامه ریزی شده است. علاوه بر درس پروژه، دو دوره کارآموزی یک واحدی هر یک به مدت ۱/۵ ماه نیز در این دوره وجود دارد. طول هر ترم ۱۷ هفته آموزش کامل است. مدت هر واحد نظری ۱۶ ساعت و هر واحد عملی و آزمایشگاهی ۳۲ ساعت در ترم است. کارآموزی در واحدهای ذی ربط انجام می‌گیرد.

دانش آموختگان این دوره دارای تواناییها و مهارتهای زیر خواهند بود:

- گردآوری، ساماندهی و بهره‌گیری از اطلاعات زمین شناسی و معدنی؛



- تعیین مناسب‌ترین روش اکتشافی با استفاده از اطلاعات فنی و علمی مربوط به ناحیه مورد اکتشاف؛
- طراحی شبکه بهینه اکتشافی (ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی، حفاری و ژئوتکنیکی)؛
- انتخاب امیدبخش‌ترین آنومالیها یا اندیسه‌های اکتشافی با توجه به ماهیت آنها و عوامل اقتصادی، امکانات معدنکاری (کانه آرای، دسترسی به خدمات صنعتی، محورهای اصلی حمل و نقل و بازار مصرف) برای ادامه مراحل بعدی؛
- طراحی شبکه اکتشاف تفصیلی آنومالی و اندیسه‌های انتخاب شده به منظور انتخاب مناطق امید بخش برای حفاریهای مقدماتی؛
- طراحی شبکه حفاریهای پیشرفته؛
- محاسبه پارامترهای مینا، عیار، ذخیره کانسار و ارزیابی اقتصادی آن؛
- بهره‌گیری از اطلاعات به دست آمده در خلال عملیات استخراجی به منظور مشخص کردن بیشتر پارامترهای مینا، عیار و ذخیره کانسار.

#### ۵. ۲. ساختار برنامه پیشنهادی

در جدول ۳ آمار توزیع دروس برنامه پیشنهادی آموزش کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن نشان داده شده است. در جدولهای ۴، ۵، ۶ و ۷ نیز به ترتیب دروس عمومی، پایه، اصلی و تخصصی برنامه پیشنهادی عرضه شده است. در جدول ۸ نیز دروس اختیاری در نظر گرفته شده برای این برنامه نشان داده شده است. در جدول ۹ برنامه درسی پیشنهادی دوره چهارساله کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن به تفکیک نیمسال عرضه شده است. برای نشان دادن الگوی تهیه محتوای دروس این برنامه در جدول ۱۰ یک نمونه درس طراحی شده "مطالعات مکان سنجی" آورده شده است [۱].

جدول ۳: آمار توزیع دروس برنامه پیشنهادی دوره کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن

| نوع درس   | تعداد |      | تعداد واحد              |      | ساعت |      |
|---|-------|------|-------------------------|------|------|------|
|   | درس   | نظری | عملی                    | نظری | عملی | نظری |
| عمومی   | ۱۱    | ۱۹   | ۲                       | ۳۰۴  | ۶۴   | -    |
| پایه  | ۱۳    | ۲۷   | ۴                       | ۴۳۲  | ۱۲۸  | -    |
| اصلی  | ۲۳    | ۳۴   | ۱۳                      | ۵۴۴  | ۴۱۶  | -    |
| تخصصی   | ۱۴    | ۲۶   | ۵                       | ۴۳۲  | ۱۹۲  | -    |
| اختیاری   | ۳     | ۶    | -                       | ۹۶   | -    | -    |
| پروژه   | ۱     | -    | ۳                       | -    | -    | -    |
| کارآموزی  | ۲     | -    | ۲                       | -    | -    | -    |
| جمع   | ۶۷    | ۱۱۲  | ۲۹                      | ۱۸۰۸ | ۸۰۰  | -    |
| جمع کل  | ۶۷    | -    | ۱۴۱                     | -    | ۲۶۰۸ | -    |
| فعالیت‌های نظری ۷۹ درصد                           |       |      | فعالیت‌های عملی ۲۱ درصد |      |      |      |
| ملاحظات: گذراندن واحد پروژه نیاز به کار عملی دارد |       |      |                         |      |      |      |

جدول ۴: دروس عمومی دوره کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن\*

| ردیف   | نام درس                          | تعداد واحد |      |     | تعداد ساعات |      |     | پیش‌نیاز |
|--------|----------------------------------|------------|------|-----|-------------|------|-----|----------|
|        |                                  | نظری       | عملی | جمع | نظری        | عملی | جمع |          |
| ۱      | معارف اسلامی ۱                   | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    | ۳۲  | -        |
| ۲      | معارف اسلامی ۲                   | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    | ۳۲  | -        |
| ۳      | اخلاق و تربیت اسلامی             | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    | ۳۲  | -        |
| ۴      | انقلاب اسلامی و ریشه‌های آن      | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    | ۳۲  | -        |
| ۵      | تاریخ اسلام                      | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    | ۳۲  | -        |
| ۶      | متون اسلامی (آموزش به زبان عربی) | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    | ۳۲  | -        |
| ۷      | فارسی                            | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    | ۴۸  | -        |
| ۸      | زبان خارجی                       | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    | ۴۸  | -        |
| ۹      | تربیت بدنی ۱                     | -          | ۱    | ۱   | ۳۲          | ۳۲   | -   | -        |
| ۱۰     | تربیت بدنی ۲                     | -          | ۱    | ۱   | ۳۲          | ۳۲   | -   | -        |
| ۱۱     | تنظیم خانواده                    | ۱          | -    | ۱   | ۱۶          | -    | ۱۶  | -        |
| جمع کل |                                  | ۱۹         | ۲    | ۲۱  | ۳۰۴         | ۶۴   | ۳۶۸ | -        |

\* کلیه دروس عمومی بدون تغییرات از برنامه مصوب برداشت شده و مورد بازنگری قرار نگرفته است.

جدول ۵: دروس پایه دوره کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن\*

| ردیف | نام درس                | تعداد واحد |      |     | تعداد ساعات |      |     |
|------|------------------------|------------|------|-----|-------------|------|-----|
|      |                        | نظری       | عملی | جمع | نظری        | عملی | جمع |
| ۱    | ریاضی ۱                | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    | ۴۸  |
| ۲    | ریاضی ۲                | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    | ۴۸  |
| ۳    | معادلات دیفرانسیل      | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    | ۴۸  |
| ۴    | آمار و احتمالات مهندسی | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    | ۴۸  |
| ۵    | برنامه نویسی کامپیوتر  | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    | ۴۸  |
| ۶    | فیزیک ۱                | ۲          | ۱    | ۳   | ۳۲          | ۳۲   | ۶۴  |
| ۷    | فیزیک ۲                | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    | ۴۸  |
| ۸    | آزمایشگاه فیزیک ۱      | -          | ۱    | ۱   | ۳۲          | ۳۲   | -   |
| ۹    | آزمایشگاه فیزیک ۲      | -          | ۱    | ۱   | ۳۲          | ۳۲   | -   |
| ۱۰   | محاسبات عددی           | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    | ۳۲  |
| ۱۱   | شیمی عمومی             | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    | ۴۸  |
| ۱۲   | آزمایشگاه شیمی عمومی   | -          | ۱    | ۱   | ۳۲          | ۳۲   | -   |
| ۱۳   | شیمی فیزیک             | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    | ۳۲  |
|      | شیمی عمومی، فیزیک ۱    |            |      |     |             |      |     |
|      | جمع کل                 | ۲۷         | ۴    | ۳۱  | ۴۳۲         | ۱۲۸  | ۵۶۰ |

\* کلیه دروس پایه به استثنای شیمی و فیزیک، که در حیطه تخصصی مهندسی اکتشاف معدن نیستند، بدون تغییرات از برنامه مصوب قبلی برداشت شده و مورد بازنگری محتوایی قرار نگرفته اند.

جدول ۶: دروس اصلی دوره کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن

| ردیف | نام درس                        | تعداد واحد |      |     | تعداد ساعات |      |     |
|------|--------------------------------|------------|------|-----|-------------|------|-----|
|      |                                | نظری       | عملی | جمع | نظری        | عملی | جمع |
| ۱    | نقشه کشی صنعتی*                | -          | ۱    | ۱   | -           | ۳۲   |     |
| ۲    | استاتیک*                       | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    |     |
| ۳    | دینامیک*                       | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    |     |
| ۴    | مقاومت مصالح*                  | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    |     |
| ۵    | مکانیک سیالات*                 | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    |     |
| ۶    | نقشه برداری*                   | ۲          | ۱    | ۳   | ۳۲          | ۶۴   |     |
| ۷    | زمین شناسی فیزیکی              | ۲          | ۱    | ۳   | ۳۲          | ۶۴   |     |
| ۸    | کانی شناسی توصیفی ۱            | ۱          | ۱    | ۲   | ۱۶          | ۴۸   |     |
| ۹    | کانی شناسی توصیفی ۲            | ۱          | ۱    | ۲   | ۱۶          | ۴۸   |     |
| ۱۰   | کانی شناسی نوری                | ۱          | ۱    | ۲   | ۱۶          | ۴۸   |     |
| ۱۱   | سنگ شناسی ۱                    | ۱          | ۱    | ۲   | ۱۶          | ۴۸   |     |
| ۱۲   | سنگ شناسی ۲                    | ۱          | ۱    | ۲   | ۱۶          | ۴۸   |     |
| ۱۳   | ژئوتکنیک                       | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    |     |
| ۱۴   | زمین آمار                      | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    |     |
| ۱۵   | آبهای زیر زمینی                | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    |     |
| ۱۶   | زمین شناسی ساختاری             | ۲          | ۱    | ۳   | ۳۲          | ۶۴   |     |
| ۱۷   | مبانی حفاری                    | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | ۰    |     |
| ۱۸   | دور سنجی                       | ۱          | ۱    | ۲   | ۱۶          | ۴۸   |     |
| ۱۹   | سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) | ۱          | ۱    | ۲   | ۱۶          | ۴۸   |     |
| ۲۰   | برداشت زمین شناسی ۱            | -          | ۱    | ۱   | -           | ۳۲   |     |
| ۲۱   | برداشت زمین شناسی ۲            | -          | ۱    | ۱   | -           | ۳۲   |     |
| ۲۲   | زمین شناسی ایران               | ۲          | -    | ۲   | ۳۲          | -    |     |
| ۲۳   | اصول استخراج معدن              | ۳          | -    | ۳   | ۴۸          | -    |     |
|      | جمع کل                         | ۳۴         | ۱۳   | ۴۷  | ۵۴۴         | ۹۶۰  |     |

✓ در برنامه مذکور فعالیتهای عملی هر درس به صورت یک واحد عملی همراه درس مربوط در نظر گرفته شده است. دانشگاههای مجری این برنامه می توانند عملیات هر درس را به طور جداگانه و به صورت درس دارای شماره مستقل ارائه دهند. تنها شرط پیشنهادی، ارائه همزمان بخشهای نظری و عملی هر درس در یک نیمسال است.

\* دروس مشخص شده، که در حیطه تخصصی مهندسی اکتشاف معدن نیستند، بدون تغییرات از برنامه مصوب قبلی برداشت شده و مورد بازنگری محتوایی قرار نگرفته اند.

جدول ۷: دروس تخصصی دوره کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن

| ردیف | نام درس                 | تعداد واحد |      |     | تعداد ساعات |      |     |
|------|-------------------------|------------|------|-----|-------------|------|-----|
|      |                         | نظری       | عملی | جمع | نظری        | عملی | جمع |
| ۱    | تجزیه مواد معدنی        | ۱          | ۱    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۲    | نقشه برداری معدنی       | ۱          | ۱    | ۲   | ۳۲          | ۴۸   |     |
| ۳    | مکانیک سنگ              | ۲          | ۱    | ۳   | ۳۲          | ۶۴   |     |
| ۴    | مبانی کانه آرایبی       | ۲          | ۱    | ۳   | ۳۲          | ۶۴   |     |
| ۵    | زلزله شناسی مهندسی      | ۲          | -    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۶    | زمین شناسی اقتصادی      | ۲          | ۱    | ۳   | ۳۲          | ۶۴   |     |
| ۷    | ژئوشیمی اکتشافی ۱       | ۲          | -    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۸    | ژئوشیمی اکتشافی ۲       | ۲          | -    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۹    | ارزیابی ذخایر معدنی     | ۲          | -    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۱۰   | اقتصاد معدن             | ۲          | -    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۱۱   | ژئوفیزیک اکتشافی ۱      | ۲          | -    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۱۲   | ژئوفیزیک اکتشافی ۲      | ۲          | -    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۱۳   | چاه پیمایی              | ۲          | -    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۱۴   | مطالعات امکان سنجی      | ۲          | -    | ۲   | -           | ۳۲   |     |
| ۱۵   | برداشت داده‌های اکتشافی | -          | ۱    | ۱   | ۳۲          | ۳۲   |     |
| ۱۶   | کارآموزی                | -          | ۱    | ۱   | -           | ۳۲   |     |
|      | جمع کل                  | ۲۶         | ۷    | ۳۳  | ۴۳۲         | ۶۲۴  |     |

جدول ۸: دروس اختیاری دوره کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن\*

| پیشنیاز                                      | تعداد ساعات |      |      | تعداد واحد |      |      | نام درس                        | ردیف |
|--|-------------|------|------|------------|------|------|--------------------------------|------|
|  | جمع         | عملی | نظری | جمع        | عملی | نظری |                                |      |
| زبان عمومی، سنگ‌شناسی ۱                      | ۳۲          | -    | ۳۲   | ۲          | -    | ۲    | زبان تخصصی                     | ۱    |
| -  | ۳۲          | -    | ۳۲   | ۲          | -    | ۲    | کاربرد مواد معدنی              | ۲    |
| زمین شناسی ساختاری، زمین شناسی ایران         | ۴۸          | -    | ۴۸   | ۳          | -    | ۳    | زمین شناسی نفت                 | ۳    |
| مقاومت مصالح، زمین‌شناسی فیزیکی، سنگ شناسی ۱ | ۳۲          | -    | ۳۲   | ۲          | -    | ۲    | مصالح ساختمانی                 | ۴    |
| -  | ۳۲          | -    | ۳۲   | ۲          | -    | ۲    | مدیریت ایمنی و بهداشت در معادن | ۵    |
| دورسنجی                                      | ۶۴          | ۳۲   | ۳۲   | ۳          | ۱    | ۲    | خطرهای زمین شناختی             | ۶    |
| اصول استخراج معادن                           | ۳۲          | -    | ۳۲   | ۲          | -    | ۲    | معدنکاری و محیط زیست           | ۷    |
| -  | ۳۲          | -    | ۳۲   | ۲          | -    | ۲    | حرفه مهندسی                    | ۸    |
| معادلات دیفرانسیل                            | ۳۲          | -    | ۳۲   | ۲          | -    | ۲    | پژوهش عملیاتی                  | ۹    |
|  | ۳۳۶         | ۳۲   | ۳۰۴  | ۲۰         | ۱    | ۱۹   | جمع کل                         |      |

دانشجو باید ۶ واحد از دروس اختیاری ارائه شده در جدول را بگذراند.

- دروس اختیاری از بین دروس جدول ۸ یا به صلاحدید استاد راهنما از یکی از حالت‌های زیر انتخاب می‌شود: دروس اجباری برنامه کارشناسی استخراج، دروس کارشناسی ارشد، دروس کارشناسی یکی دیگر از رشته‌های دانشکده فنی، دروس احتمالی دیگر که توسط گروه آموزشی به این جدول اضافه می‌شود.

**جدول ۹: برنامه درسی پیشنهادی دوره چهارساله کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن**

| تعداد واحد       | نیمسال دوم                         | تعداد واحد | نیمسال اول                    | سال   |
|------------------|------------------------------------|------------|-------------------------------|-------|
| ۲                | - معارف اسلامی ۲                   | ۲          | - معارف اسلامی ۱              | اول   |
| ۲                | - اخلاق و تربیت اسلامی             | ۱          | - تربیت بدنی ۱                |       |
| ۳                | - ریاضی ۲                          | ۳          | - ریاضی ۱                     |       |
| ۳                | - فیزیک ۲                          | ۳          | - فیزیک ۱                     |       |
| ۱                | - آزمایشگاه فیزیک ۲                | ۱          | - آزمایشگاه فیزیک ۱           |       |
| ۲                | - شیمی فیزیک                       | ۳          | - شیمی عمومی                  |       |
| ۲                | - استاتیک                          | ۱          | - آزمایشگاه شیمی عمومی        |       |
| ۲                | - کانی شناسی توصیفی ۱              | ۳          | - زمین شناسی فیزیکی           |       |
|                  |                                    | ۱          | - نقشه کشی صنعتی              |       |
| ۱۷               | جمع                                | ۱۸         | جمع                           |       |
| ۲                | - تاریخ اسلام                      | ۳          | - زبان خارجی                  | دوم   |
| ۳                | - آمار و احتمالات مهندسی           | ۲          | - معادلات دیفرانسیل           |       |
| ۳                | - برنامه نویسی کامپیوتر            | ۲          | - دینامیک                     |       |
| ۲                | - مکانیک سیالات                    | ۲          | - مقاومت مصالح                |       |
| ۲                | - سنگ شناسی ۱                      | ۳          | - نقشه برداری                 |       |
| ۲                | - ژئوتکنیک                         | ۲          | - کانی شناسی توصیفی ۲         |       |
| ۲                | - نقشه برداری معدنی                | ۲          | - کانی شناسی نوری             |       |
| ۱                | - برداشت داده‌های اکتشافی          | ۲          | - تجزیه مواد معدنی            |       |
| ۱۷               | جمع                                | ۱۸         | جمع                           |       |
| ۲                | - متون اسلامی (آموزش به زبان عربی) | ۲          | - محاسبات عددی                | سوم   |
| ۲                | - دور سنجی                         | ۲          | - سنگ شناسی ۲                 |       |
| ۲                | - زمین آمار                        | ۲          | - آبهای زیر زمینی             |       |
| ۲                | - زمین شناسی ایران                 | ۳          | - مکانیک سنگ                  |       |
| ۲                | - زلزله شناسی مهندسی               | ۳          | - زمین شناسی ساختاری          |       |
| ۳                | - زمین شناسی اقتصادی               | ۲          | - مبنای حفاری                 |       |
| ۱                | - برداشت زمین شناسی ۱              | ۳          | - مبنای کانه آرای             |       |
| ۲                | - اختیاری                          | ۲          | - اختیاری                     |       |
| ۲                | - کارآموزی (تابستان)               |            |                               |       |
| ۱۸               | جمع                                | ۱۹         | جمع                           |       |
| ۱                | - تنظیم خانواده                    | ۱          | - تربیت بدنی ۲                | چهارم |
| ۳                | - فارسی                            | ۲          | - انقلاب اسلامی و ریشه‌های آن |       |
| ۳                | - پروژه کارشناسی                   | ۲          | - ژئوشیمی اکتشافی ۱           |       |
| ۲                | - ژئوشیمی اکتشافی ۲                | ۲          | - GIS                         |       |
| ۲                | - مطالعات امکان سنجی               | ۲          | - ارزیابی ذخایر معدنی         |       |
| ۲                | - ژئوفیزیک اکتشافی ۲               | ۲          | - اقتصاد معدن                 |       |
| ۲                | - چاه پیمایی                       | ۲          | - ژئوفیزیک اکتشافی ۱          |       |
| ۲                | - اختیاری                          | ۳          | - اصول استخراج معدن           |       |
|                  |                                    | ۱          | - برداشت زمین شناسی ۲         |       |
| ۱۷               | جمع                                | ۱۷         | جمع                           |       |
| جمع کل: ۱۴۱ واحد |                                    |            |                               |       |

### جدول ۱۰: نمونه ای از درسهای طراحی شده برای دوره کارشناسی مهندسی اکتشاف معدن

| مطالعات امکان سنجی<br>(Feasibility Studies)   |  |
|---|--|
| تعداد واحد: ۲ (نظری)، تخصصی   |  |
| پیشنیاز: اقتصاد معدن، ارزیابی ذخایر معدنی   |  |
| هدف: آشنا کردن دانشجویان با روشهای ارزیابی پروژههای معدنی بر اساس جنبه‌های مختلف زمین شناسی، معدنی، متالورژیکی و مالی برای تصمیم گیریهای اقتصادی. |  |
| سرفصلها   |  |
| - مقدمه و جنبه‌های عمومی ارزیابی پروژه  |  |
| - ویژگیهای صنعت معدن از دیدگاه اقتصادی:   |  |
| - ویژگیهای اقتصادی  |  |
| - اثرهای عرضه و تقاضا بر سرمایه گذاری معدنی   |  |
| - فرایندهای امکان سنجی:   |  |
| - تعریف و اصول  |  |
| - مراحل امکان سنجی  |  |
| اصول تخمین ذخیره:   |  |
| - روشهای تخمین کلاسیک   |  |
| - روشهای تخمین زمین آماری   |  |
| - طبقه بندی ذخایر و منابع معدنی   |  |
| - مفهوم عیار حد و کاربردهای آن  |  |
| - ساختار هزینه‌ها و تخمین هزینه‌ها  |  |
| - مفهوم ارزش و ملاکهای ارزش اقتصادی کانی سازی   |  |
| - مفاهیم ارزش زمانی، هزینه سرمایه، پول ثابت و پول جاری  |  |
| روشهای ارزیابی اقتصادی:   |  |
| - روشهای مبتنی بر جریان نقدینگی   |  |
| - روشهای مبتنی بر جریان نقدینگی تنزیل شده   |  |
| - ارزیابی اقتصادی در فضای عدم قطعیت:  |  |
| - ریسک و اثرهای آن در سرمایه گذاریهای معدنی   |  |
| - آنالیز حساسیت   |  |
| مراجع   |  |
| ۱. حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۸۲، مدیریت خطا و ریسک در اکتشاف، انتشارات دانشگاه تهران  |  |
| ۲. حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۸۰، تحلیل دادههای اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران  |  |
| ۳. حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۸۵، طراحی پروژههای اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران   |  |
| 1. Annels, A.E., Mineral Deposit Evaluation, Chapman and Hall, 1991.  |  |
| 2. Gentry, D.W. and O'niell, T.J., Mine Investment Analysis, SME, 1984.   |  |
| 3. Alastair j. Sinclair, Garston H., Applied Mineral Inventory Estimation, Cambridge University Press, 2002.                                      |  |
| 4. Wellmer, Friedrich-Wilhelm, Economic Evaluation in Exploration, Springer-Verlag, Germany, 1989.  |  |



## ۶. بحث در خصوص ساختار و محتوای برنامه پیشنهادی

تغییرات و اصلاحات صورت گرفته در فرایند این بازنگری را می‌توان به دو گروه ساختار برنامه و محتوای دروس آن تقسیم کرد. در ادامه بخشهای از این تغییرات به طور خلاصه مورد بحث قرار گرفته است.

### ۶.۱. ساختار برنامه

مواردی چون عنوان برنامه آموزشی، پیش‌نیازهای دروس، کارآموزیها و پروژه کارشناسی از جمله نکاتی هستند که در این قسمت مورد بحث قرار می‌گیرد.

عنوان برنامه: به منظور مقابله با مشکلاتی که عنوان کنونی برنامه ایجاد کرده است، و پیشتر به آن اشاره شد، پیشنهاد شد که عنوان دوره از "کارشناسی مهندسی معدن (گرایش اکتشاف)" به کارشناسی مهندسی اکتشاف تغییر یابد. بدین ترتیب، امکان راه‌اندازی گرایشهای تازه و مورد نیاز کشور در زمینه‌های متنوع اکتشافی فراهم می‌شود. گرایشهایی که در حال حاضر در زمینه کارشناسی مهندسی اکتشاف پیشنهاد می‌شوند، عبارت‌اند از:

- مهندسی اکتشاف معدن
- مهندسی اکتشاف نفت
- مهندسی آبهای زیر زمینی
- مهندسی مخاطرات طبیعی

در برنامه پیشنهادی جدید، دروس سه سال اول دوره مهندسی اکتشاف برای همه گرایشها مشترک است [یک سال دروس عمومی و دو سال دروس پایه و اصلی مهندسی] و سال آخر به دروس تخصصی گرایشهای مختلف مهندسی اکتشاف اختصاص یافته است. حدود ۳۰ واحد از دروس سال چهارم برای دروس اجباری گرایش مربوط در نظر گرفته شده است. در این برنامه ۶ واحد نیز برای دروس اختیاری در نظر گرفته شده است که با نظر استاد راهنما از سبد دروس اختیاری یا از بین دروس اجباری گرایشهای دیگر و حتی دروس کارشناسی ارشد انتخاب می‌شوند.

پیش‌نیازها: زنجیر طولانی پیش‌نیازهای برخی از دروس یکی دیگر از مشکلات ساختاری موجود در برنامه فعلی است. برای مثال، برای گذراندن درس ژئوشیمی اکتشافی ۲ دانشجو باید ۸ درس قبلی را با موفقیت گذرانده باشد. برای رفع این مشکل کوشش شده است تا در برنامه پیشنهادی زنجیر دروس پیش‌نیاز تا حد امکان کوتاه شود.

کارآموزیها: بر طبق برنامه مصوب ۱۳۷۶، دانشجویان اکتشاف باید دو کارآموزی هر یک به مدت ۳۰۰ ساعت را در دو تابستان متوالی بگذرانند. در طی یک نظرخواهی که از دانشجویان و استادان راهنمای

کارآموزیها در خصوص کاستیهای نظام کنونی کارآموزی دانشجویان معدن به عمل آمد، مشخص شد که عوامل متعددی از جمله تعداد زیاد متقاضیان کارآموزی تابستانی از دانشگاههای دولتی و دانشگاه آزاد، عدم رغبت مراکز معدنی به سرپرستی و راهنمایی کارآموزی دانشجویان و نبود سیستم کنترل مؤثر کارآموزی توسط دانشگاه مبدأ، بازده کارآموزیها را به شدت پایین آورده است. این در حالی است که در سالهای اخیر دانشگاههای معتبر دنیا به خصوص در رشتههای مهندسی با راه اندازی دورههای مستقل کارآموزی، **CO-OP** و **Internship**، هر چه بیشتر به سمت ایجاد رابطه نزدیکتر بین آموزش دانشگاهی و فعالیتهای حرفهای پیش می روند [۱۴ و ۱۵].

ایجاد امکان کارآموزی در غیر از فصل تابستان، عقد قرارداد همکاری دانشگاهها با مراکز صنعتی و ارتباط مستقیم و مؤثر استادان راهنما با دانشجویان در طول کارآموزی از جمله فعالیتهایی هستند که می توانند در ارتقای کارآموزیها مؤثر واقع شوند. علاوه بر این، پیشنهاد می شود که در صورت امکان و آماده بودن شرایط [به ویژه در خصوص دانشگاههایی که در مناطق معدنی کشور قرار دارند] یکی از دو کارآموزی به صورت متمرکز در یک مرکز معدنی انجام شود، بدین ترتیب که دانشجویانی که در کارآموزی ثبت نام کرده اند، همراه با استاد یا استادان راهنمای خود در محل معدن مستقر شوند و در گروههای دو یا چند نفری هر یک از فعالیتهای زیر را به مدت دو تا سه روز در بخش مربوط در معدن انجام دهند. این کارآموزی در واقع، یکی از درسهای دوره کارشناسی است که به جای دانشگاه در محل معدن ارائه می شود. این کارآموزی به صورت یک درس مستقل و به نام "برداشت دادههای اکتشافی" عرضه می شود. سرفصلهای در نظر گرفته شده برای این درس عبارتاند از: نقشه برداری معدنی (سطحی یا داخل تونل)، برداشت شکستگیها و دیگر ساختارها در رخنمونها، برداشت دادههای اکتشافی از عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره ای، برداشت عملی ترانشه ها، برداشت عملی گمانه ها، برداشت عملی تونلها، شفتها یا سینه کار استخراجی، آشنایی با نحوه تهیه نقشه های ساختاری، تعیین ذخیره معدن و مانند آن. بدیهی است که با توجه به نیازهای آموزشی و شرایط معدن می توان سرفصلهای کارآموزی را تغییر داد. با تجربه ای که دانشجویان در این درس به دست خواهند آورد، کارآموزی دوم که به صورت سابق؛ یعنی کارآموزی انفرادی در مراکز مختلف برگزار خواهد شد، کیفیت بهتری پیدا خواهد کرد. در سالهای اخیر، درس کارآموزی به صورت اجباری، ولی اغلب بدون واحد، ارائه می شده است. در برنامه حاضر پیشنهاد شده است که کارآموزیها به صورت دو درس اجباری یک واحدی ارائه شوند.

**پروژه کارشناسی:** یکی دیگر از مشکلات کنونی آموزش کارشناسی، نحوه اجرا و محتوای پروژه های کارشناسی است. پروژه کارشناسی در حال حاضر، به صورت یک درس ۳ واحدی در سال چهارم اخذ می شود. مشکلات موجود پروژه کارشناسی، که با آمارگیری از دانشجویان و استادان معدن به دست آمده است، عبارت اند از: توجه کم به پروژه کارشناسی به دلیل تعداد زیاد دانشجویان متقاضی پروژه و

مشغله استادان، تا حدی که در مواردی پروژه کارشناسی به ترجمه چند صفحه از یک کتاب یا مقاله محدود می‌شود. در مواردی نیز پروژه‌ها کپی برداری از کارهای انجام شده در همان دانشگاه یا دانشگاه‌های دیگر است. مشکل دیگر این است که به راهنمایی پروژه‌های کارشناسی معمولاً نمره آموزشی - پژوهشی کمی اختصاص داده می‌شود، در نتیجه، گزارش پروژه‌های کارشناسی به طور دقیق بررسی نمی‌شود و اغلب ارائه شفاهی هم ندارد.

برای رفع این مشکلات پیشنهاد می‌شود که پروژه کارشناسی به صورت گروهی (گروه‌های ۲ تا ۵ نفره) انجام شود. بدین ترتیب، از تعداد پروژه‌ها کاسته می‌شود و به هر استاد سالیانه یک یا دو پروژه کارشناسی اختصاص می‌یابد. علاوه بر این، به دلیل همکاری چند دانشجو در یک پروژه به ساعات فعالیت‌های پژوهشی آن افزوده و حجم آن کم و بیش معادل فعالیت‌های یک پایان نامه کارشناسی ارشد می‌شود. در شرایط جدید، راهنمایی پروژه، گزارش کتبی و ارائه شفاهی آن درست همانند یک پروژه کارشناسی ارشد خواهد بود. همچنین، دانشگاه‌ها خواهند توانست نمره آموزشی - پژوهشی مناسب حدود یک پروژه کارشناسی ارشد را به هر پروژه کارشناسی اختصاص دهند و بالاخره، دانشجویان تجربه‌ای از کار گروهی را، که پس از دانش آموختگی باید به طور عملی در صنعت تجربه کنند، به دست خواهند آورد.

## ۲.۶. محتوای دروس

به دلیل ضرورت‌هایی که در سالهای اخیر به وجود آمده است، درس‌هایی از جمله حرفه مهندسی، زمین‌شناسی برای مهندسان، دورسنجی، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، زمین آمار، زلزله شناسی مهندسی، خطرهای زمین شناختی، معدنکاری و محیط زیست و مطالعات امکان سنجی به برنامه پیشنهادی اضافه شده‌اند. در مقابل، برخی از دروس که از اولویت زیادی برخوردار نبودند، از برنامه مهندسی اکتشاف حذف یا همه یا بخشی از محتوای آنها در درس‌های دیگر گنجانده شدند. درس‌های حذف شده عبارت اند از: فیزیک ۳، اجزای ماشین، کارتوگرافی و کاربرد عکسهای هوایی، مبانی مهندسی برق، کاربرد کامپیوتر در معادن، متالورژی عمومی، فسیل شناسی و کارگاه. در ادامه، در خصوص علت این تغییرات به اختصار مطالبی بیان شده است.

**درس حرفه مهندسی:** در یک نظرخواهی که در سال ۱۳۸۴ از تعدادی از دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی معدن به عمل آمد، مشخص شد که اغلب آنها با مفاهیم پایه‌ای همچون مفهوم مهندسی، تفاوت یک دانش آموخته مهندسی با دانش آموخته دیگر رشته‌ها، ساختار نظام مهندسی، انجمن‌های مهندسی، ارتباطات مهندسی، فرایند طراحی، مالکیت فکری و روش‌های برنامه ریزی پروژه‌ها آشنایی ندارند. به منظور آشنا کردن دانشجویانی که به تازگی تحصیل در یکی از رشته‌های مهندسی را آغاز کرده‌اند، درس جدیدی به نام "حرفه مهندسی" طراحی شده است که در

سال اول دوره کارشناسی ارائه خواهد شد. مشابه این درس در سال اول کلیه رشته‌های مهندسی بیشتر دانشگاه‌های بزرگ دنیا عرضه می‌شود [۱۰]. درس حرفه مهندسی برای اولین بار موفقیت در سال اول رشته تازه تأسیس "کارشناسی علوم مهندسی" در دانشگاه تهران ارائه شد. برای این درس کتابی نیز تهیه شده که توسط انتشارات دانشگاه تهران به چاپ رسیده است [۱۶ و ۱۷].

**درس زمین شناسی برای مهندسان:** درس زمین شناسی عمومی هم اکنون در نیمسال سوم و در ۲ واحد نظری ارائه می‌شود. زمین شناسی عمومی، آن گونه که در گروه‌های زمین شناسی ارائه می‌شود، دامنه گسترده‌ای از مطالب را شامل می‌شود. امروزه، در گروه‌های مهندسی دنیا، هر جا که نیاز به ارائه مطالب پایه درباره زمین شناسی وجود داشته باشد، بخشهایی از درس زمین شناسی عمومی، که بیشتر در فعالیتهای مهندسی به کار می‌آید، در درسی به نام زمین شناسی فیزیکی یا زمین شناسی برای مهندسان ارائه می‌شود. فعالیتهای عملی درس زمین‌شناسی برای مهندسان مشتمل بر چند بازدید یک روزه صحرایی از مواد و مصالح، ساختارها و فرایندهای زمین‌شناسی است.

**درس برداشت زمین شناسی:** در برنامه کنونی اکتشاف معدن یک درس برداشت (۱ واحدی) منظور شده است، بدون آنکه سرفصلهایی برای آن در نظر گرفته شده باشد. بررسی حاضر نشان داد که دانش آموختگان از نظر مهارتهای عملی و صحرایی کمبودهای بسیاری دارند. نظر به اهمیت آشنا شدن دانشجویان با عملیات صحرایی زمین شناسی، در برنامه جدید دو درس یک واحدی برای برداشت صحرایی در نظر گرفته شده است. در برداشت ۱ دانشجویان با روشهای عملی تهیه نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی با کمپاس و ژالون و GPS و رسم نیمرخهای زمین شناسی آشنا می‌شوند. درس برداشت ۲ عمدتاً به تهیه نقشه زمین شناسی توسط عکسهای هوایی متمرکز شده است.

**درس زمین شناسی ساختمانی:** درس زمین شناسی ساختمانی (ساختاری) و فعالیتهای عملی مربوط به آن از بخشهای مهم آموزش مهندسی اکتشاف است. فعالیتهای عملی وابسته این درس تاکنون در درس دیگری به نام "کارتوگرافی و عکسهای هوایی" و در نیمسال بعد از اخذ درس زمین‌شناسی ساختاری ارائه می‌شده است. بررسیها نشان داد که نیمی از درس کارتوگرافی در واقع، عملیات درس زمین شناسی ساختمانی است و نیم دیگر آن به عکسهای هوایی می‌پردازد که از طبیعت متفاوتی برخوردار است. علاوه بر این، ارائه این مطالب در دو نیمسال متفاوت با مشکلاتی همراه است. در برنامه جدید پیشنهاد شده است که نیمی از درس کارتوگرافی به عنوان عملیات درس زمین شناسی ساختاری ارائه شود. درس عملیات زمین شناسی ساختاری به نحوه تهیه و کار با انواع نقشه و تکنیکهای کار با تصاویر استریوگرافیک می‌پردازد. آشنایی با نحوه کار با عکسهای هوایی، به همراه مطالب مربوط به تصاویر ماهواره‌ای، در درس دو واحدی جدیدی با عنوان دور سنجی ارائه می‌شود.

**درس زمین آمار:** در چند دهه اخیر، روشهای مبتنی بر ساختار فضایی مانند زمین آمار گسترش زیادی یافته‌اند تا حدی که امروزه، کمتر روش اکتشافی را می‌توان یافت که از یکی از این روشها استفاده نکند. علت این امر توسعه روشهای تخمین مبتنی بر ساختار فضایی مؤثر در اکتشاف است. مباحث مربوط به زمین آمار در گذشته به صورت درس کارشناسی ارشد ارائه می‌شد. در برنامه جدید آموزش اکتشاف معدن درس زمین آمار به عنوان یک درس اصلی دوره کارشناسی منظور شده است.

**درس مطالعات امکان سنجی:** گشایش یک معدن جدید نیاز به صرف زمان، نیرو و هزینه‌های گزاف دارد. گاه اتفاق افتاده است که پس از راهاندازی یک معدن به دلیل عدم توجه به یک یا تعدادی از پارامترهای تأثیرگذار، مشکلاتی در کار معدن و بازدهی اقتصادی آن به وجود آمده است. درس جدید مطالعات امکان سنجی با هدف آشنا کردن دانشجویان با روشهای ارزیابی پروژه‌های معدنی بر اساس جنبه‌های مختلف زمین شناسی، معدنی، متالورژیکی و مالی ارائه می‌شود تا مهندسان بتوانند با توجه به آن تصمیم‌گیریهای صحیح و اقتصادی داشته باشند (جدول ۱۰).

**درس خطرهای زمین شناختی:** کشور ایران یکی از ۱۰ کشور جهان از نظر وقوع بلایای طبیعی است [۱]. همه ساله تعداد زیادی از هموطنان ما جان خود را در اثر وقوع بلایای طبیعی چون زمین‌لرزه یا سیل از دست می‌دهند و خسارات مالی زیادی به کشور وارد می‌شود. تجربه چند دهه گذشته نشان می‌دهد که مهندسان اکتشاف در طول کار حرفه‌ای خود با این گونه خطرهای مواجه می‌شوند و متأسفانه، چون آموزشهای لازم برای شناسایی، اکتشاف و مقابله با آنها را ندیده‌اند، در مقابله با این گونه خطرهای ناموفق هستند. بررسیها نشان داده است که برخی از فعالیتهای مهندسی گاه باعث تشدید فرایندهای مخرب طبیعی همچون زمین لرزه، سیل، زمین‌لغزش، بیابانزایی و فرونشست زمین می‌شود. در این درس جدید، طبقه بندی، روشهای شناسایی، اکتشاف و بالاخره، تعیین ریسک و خطر بلایای طبیعی تعریف شده است و روشهای مقابله یا همزیستی کم خطرتر با این پدیده‌ها آموزش داده می‌شود.

**درس زلزله شناسی مهندسی:** هر چند مدت یک بار زمین لرزه‌ای مخرب در بخشی از کشور به وقوع می‌پیوندد و خسارات جانی و مالی بسیاری را به دنبال دارد. متأسفانه، تا این تاریخ روشهای مطمئنی برای پیشگیری و حتی پیش بینی زمین لرزه ابداع نشده است. از این رو، کوششها به ساخت سازه‌هایی معطوف شده است که در اثر زمین لرزه‌های محتمل پایداری خود را حفظ کنند و تخریب نشوند. تعیین میزان لرزه خیزی یک ساختمان که می‌تواند به عنوان مبنایی برای طراحیهای مهندسی به کار آید، از وظایف مهندسان اکتشاف است. متأسفانه، تا این تاریخ درسی در این زمینه در برنامه آموزش اکتشاف منظور نشده است. درس جدید زلزله‌شناسی مهندسی آن دسته از اطلاعات را در

زمینه لرزه شناسی و زمین لرزه در اختیار فراگیران قرار می‌دهد که بتوانند زمین لرزه مبنای طراحی را برای یک ساختمان معدنی یا عمرانی برآورد سازند.

**درس فیزیک ۳:** درس فیزیک ۳، که هم اکنون در برنامه‌های کارشناسی مهندسی معدن ارائه می‌شود، عمدتاً به فیزیک موج و ارتعاش اختصاص دارد. در حال حاضر، ظاهراً این درس به ندرت در دوره‌های آموزش مهندسی کشور ارائه می‌شود. علت گنجاندن این درس در برنامه قبلی نیاز به پاره‌ای از مطالب آن در درس ژئوفیزیک بوده است. در برنامه پیشنهادی در سرفصلهای درس جدید زلزله شناسی مهندسی مطالب پایه در زمینه موج و ارتعاش گنجانده و بدین ترتیب، درس ۳ واحدی فیزیک ۳ از برنامه حذف شده است.

## ۷. نتایج

بازنگری برنامه آموزش کارشناسی "مهندسی معدن (گرایش اکتشاف)" پیشنهادهای زیر را به همراه داشته است:

۱. برای رفع مشکلات مختلف از جمله ایجاد امکان پوشش دامنه گسترده‌تری از زمینه‌های اکتشافی و همچنین، رفع موانع ساختاری و استخدامی، عنوان برنامه به "مهندسی اکتشاف" تغییر یابد.
۲. با توجه به محتوای برنامه پیشنهادی، "مهندسان اکتشاف" توانایی لازم برای طراحی شبکه اکتشافی، گردآوری داده‌ها از زمین و به‌کارگیری آنها را به منظور تعیین پارامترهای مبنا برای شناسایی و بهره برداری از زمین و مواد معدنی کسب خواهند کرد.
۳. بازنگری برنامه "مهندسی اکتشاف معدن" به افزوده شدن دروس جدید، تغییر در عنوان و سرفصلهای برخی از دروس و حذف برخی دیگر از دروس منجر شد.
۴. برنامه سال ابتدایی این دوره، مجموعه دروس عمومی، پایه و همچنین، دروس اصلی "اکتشاف" را شامل می‌شود. برنامه سال چهارم عمدتاً به دروس تخصصی "اکتشاف معدن" اختصاص یافته است.
۵. بدین ترتیب، دانشگاه‌های عرضه کننده برنامه کارشناسی مهندسی اکتشاف قادر خواهند بود که با طراحی و عرضه تعدادی واحد تخصصی مناسب در سال چهارم، گرایش یا خوشه جدیدی در یکی از زمینه‌های دیگر اکتشاف از جمله اکتشاف نفت، آبهای زیر زمینی یا بلایای طبیعی عرضه کنند.

## مراجع

۱. معماریان، حسین. بازنگری برنامه آموزش کارشناسی مهندسی معدن (گرایش اکتشاف)، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تابستان ۱۳۸۵.
۲. شورای عالی بازنگری، برنامه آموزش کارشناسی مهندسی معدن (گرایش اکتشاف)، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ۱۳۷۶.

3. Memarian, H. "Mining Engineering Education in Developing Countries", The Case of Iran, **Canadian Institute of Mining Journal (CIM Bulletin)**, Vol. 100, No. 1100, pp.1-7, 2007.
4. UNESCO, Iran Education System, World Higher Education Database, Iran National Center on Higher Education, Available at: [www.unesco.org/iau/ad.html](http://www.unesco.org/iau/ad.html), 2000.
۵. معاریان، حسین، "تضمین کیفیت آموزش مهندسی معدن در ایران"، فصلنامه آموزشی مهندسی ایران، سال پنجم، شماره ۱۹، صص. ۴۹-۱۵. ۱۳۸۲.
۶. معاریان، حسین، "آسیب شناسی آموزش مهندسی در ایران"، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، سال دوازدهم، شماره ۵۳، صص. ۳۲-۱۶. ۱۳۸۳.
7. UNESCO, Higher Education in the Twenty-first Century, Vision and Action, World Conference on Higher Education, Paris, 1998.
8. ABET, Criteria for Accrediting Engineering Programs (Effective for Evaluations During the 2008-2009 Accreditation Cycle, 21 pp., Available at: [www.abet.org](http://www.abet.org), 2009
۹. معاریان، حسین، "ارزیابی داخلی برنامه‌های آموزش مهندسی ایران"، فصلنامه آموزشی مهندسی ایران، سال یازدهم، شماره ۴۲، صص. ۱۸-۱. ۱۳۸۸.
۱۰. برنامه‌های آموزشی دانشگاه‌های کشورهای دیگر:  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه آریزونا  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه آیداهو  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه استنفورد  
برنامه آموزش مهندسی معدن مدرسه معدنی کلرادو  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه کوئینزلند  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه نیوساوت ولز  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه ولونگونگ  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه کمبریج  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه لیدز  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه ناتینگهام  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه آلبرتا  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه بریتیش کلمبیا  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه تورنتو  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه کوئینز  
برنامه آموزش مهندسی معدن دانشگاه مک گیل
11. Galvin J. M. and Roxborough F. F., Mining Engineering Education in 21st Century; Will Universities Still be Relevant, The AusIMM Annual Conference, pp. 301-307, 1997.
12. Lim, D., "Quality Assurance in Higher Education in Developing Countries". **Assessment and Evaluation in Higher Education**, Vol. 24, No.4, pp. 379-390, 1999.

13. Phillips, H.R., "Mining Education in South Africa, Past and Future", **Canadian Institute of Mining Journal (CIM Bulletin)**, Vol. 92, No 1033, pp. 98-102, 1999.
14. Archibald, J. F., **The Status of Canadian University Program in Mining Engineering**, Department of Mining Engineering, Queens University, Ontario, Canada, 2000.
15. Golosinski T.S., "Mining Education in Australia; a Vision for the Future", **Canadian Institute of Mining Journal (CIM Bulletin)**, Vol. 93, No. 1039, pp. 60-63. 2000.

۱۶. معماریان، حسین، پیشنهاد درس جدید حرفه مهندسی برای دوره‌های کارشناسی مهندسی ایران، اولین کنفرانس آموزش مهندسی ایران، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.

۱۷. معماریان، حسین، **حرفه مهندسی**، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۳۰ صفحه، ۱۳۸۸.

(دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۱۱/۱۷)

(پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۸/۱۴)