
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

تحلیل پویایی سیستمی مدیریت بخش معدن در راستای ارتقای سهم معادن در اقتصاد ملی

دانشجو: **رضا شکورشهابی**

اساتید راهنما:

دکتر رضا کاکایی

دکتر رضا رمضانی خورشید دوست

استاد مشاور:

دکتر لطفعلی عاقلی کهنه‌شهری

رساله جهت اخذ درجه دکتری

آبان ۱۳۸۸

شماره : ۶/۱۷۵۶۱-ص
تاریخ : ۱۸/۹/۵
ویرایش :

بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاع از رساله دکتری (ph.D)

فرم شماره ۱۱

بدینوسیله گواهی می شود آقای رضا شکرزاد دانشجوی دکتری رشته مهندسی عمران
ورودی بهمن ۸۱ سال ۸۱ در تاریخ ۲/۸/۸۸ از رساله خود با عنوان :
کنترل بهینه سیستم سازه-میراگر جرمی تنظیم شونده با استفاده از الگوریتم ژنتیک
دفاع و با اخذ ۱۸/۱ به درجه : بسیار خوب نائل گردید.

الف) درجه عالی : نمره ۲۰-۱۹ ☐	ب) درجه بسیار خوب : نمره ۱۸/۹۹ – ۱۷ ☑
ج) درجه خوب : نمره ۱۶/۹۹– ۱۵ ☐	د) غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐
ذ) رساله نیاز به اصلاحات دارد ☐	

ردیف	هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
	دکتر رضا [illegible]	استاد راهنما	دانشیار	
	دکتر	استاد راهنما / مشاور		
	دکتر [illegible]	استاد راهنما / مشاور	استادیار	
	دکتر محمدرضا [illegible]	استاد مدعو داخلی / خارجی	دانشیار	
	دکتر [illegible]	استاد مدعو داخلی / خارجی	استادیار	
	دکتر [illegible]	استاد مدعو داخلی / خارجی	استادیار	
	دکتر محمد [illegible]	استاد مدعو داخلی / خارجی	دانشیار	
	دکتر [illegible]	سرپرست (نماینده) تحصیلات تکمیلی دانشکده	استادیار	

مدیر محترم تحصیلات تکمیلی دانشگاه

ضمن تأیید مراتب فوق مقرر فرمائید اقدامات لازم بعمل آید .

رئیس دانشکده و رئیس هیأت داوران :

تاریخ و امضاء

تقدیم به پدر و مادرم

به پاس سال‌ها زحمت بی‌ریایشان

و تقدیم به همسرم

یار و همراه همیشگی لحظات زندگیم به پاس همدلی و محبت بی‌دریغش

من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

خداوند متعال را به پاس اعطای توفیق گسترش علم و دانش شاکرم و وظیفه خود می‌دانم که از زحمات دوستان، اعضای هیات علمی و کارکنان دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک در طول دوران تحصیل به ویژه راهنمایی اساتید بزرگوار، آقایان دکتر کاکایی، دکتر رمضانی و دکتر عاقلی سپاسگزاری نمایم.

در پایان از همدلی‌ها، مساعدت‌ها و صبر خانواده‌ام در دوران تحصیل کمال تشکر را دارم.

دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج دراین رساله، نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است. کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این رساله متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد .

آبان ۱۳۸۸

چکیده

مدیریت بخش معدن را می‌توان شامل به‌کارگیری اصول منطقی مدیریت در جهت بهره‌برداری بهینه از منابع معدنی کشور بر مبنای تلفیق رویکردهای بنگاهی و ملی دانست. در این تحقیق، رویکردهای مدیریت بخش معدن در جهت ارتقای سهم آن در اقتصاد ملی با استفاده از روش پویایی سیستمی به عنوان یکی از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مدل‌سازی شده است. در این راستا بهبود ارزش افزوده به عنوان مهمترین عامل ارتقای بخش در سطح اقتصاد کلان هدفگذاری گردید و به بررسی عوامل موثر بر ایجاد ارزش افزوده محصولات معادن و میزان تولید بهینه بخش معدن پرداخته شده است. مدل کلی ارائه شده در این تحقیق دارای هشت زیرمدل اصلی شامل عرضه و تقاضا، منابع معدنی، ارزش افزوده، هزینه و درآمد، سرمایه‌گذاری، فناوری، سرمایه و نیروی انسانی می‌باشد. در این راستا، با جمع‌آوری داده‌های هشت ماده معدنی منتخب معادن در بازه زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ و بکارگیری نظریه تابع تولید، تابع تولید کاب داگلاس با دو نهاده سرمایه و نیروی کار برای ارزش افزوده بالقوه واحد تولید محصولات معادن برآورد گردید. همچنین با بررسی عوامل موثر بر شکل‌گیری هر یک از نهاده‌ها با استفاده از روش پویایی سیستم، تاثیرات متقابل پارامترها و بازخوردهای مربوطه استخراج و در مدل اعمال گردید. مولفه‌های کیفی نیروی انسانی نیز در سه گروه دانش، تجربه و مهارت دسته‌بندی و کمی‌سازی گردید. در ادامه، با بررسی عوامل موثر بر فناوری به عنوان عامل اصلی ارتقای بهره‌وری نهاده‌ها، مولفه‌های تحقیق و توسعه، سرمایه و کیفیت نیروی انسانی به عنوان اجزای اساسی ارتقای فناوری تعیین گردید و تاثیرات متقابل آن با دیگر اجزای مدل مشخص گردید.

در خصوص مدیریت استخراج معادن، با تلفیق ظرفیت سازی محصول در طول زنجیره تولید با رویکردهای بنگاهی و ملی در بهره‌برداری از منابع تجدیدناپذیر معدنی، روابط دینامیک تولید بهینه بر مبنای بیشینه‌سازی تابع منافع اجتماعی و ارزش حال سود نهایی تولید استخراج و در مدل اعمال

گردید. مدل نهایی ارتقای ارزش افزوده بخش معدن بر مبنای تلفیق پارامترهای ارزش افزوده واحد تولید و میزان محصول نهایی فروش رفته به دست آمد.

پس از اجرای مدل در بازه زمانی ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴، روند تغییرات پارامترهای عمده بخش معدن به ازای سناریوهای مختلف و نیز آثار اجرای سیاست‌های جدید بررسی گردید. بر مبنای نتایج تحقیق، پیش‌بینی می‌گردد که ارزش افزوده بخش معدن به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ با رشدی معادل ۱۳/۲ درصد تا سال ۱۳۹۴ به قریب ۱۲ هزار میلیارد ریال برسد. همچنین در این دوره، استخراج معادن با نرخ رشدی معادل ۱۳/۱ درصد به ۴۸۱ میلیون تن افزایش خواهد یافت.

در خصوص پیش‌بینی نتایج اجرای چهار برنامه مدیریت بخش معدن در قالب دو سیاست عمده کمک به تشکیل سرمایه و ارتقای فناوری نشان می‌دهد که برنامه‌های ارتقای فناوری از جمله کمک به ایجاد واحدهای جدید تحقیق و توسعه، ضمن دارا بودن هزینه کمتر، کارآیی بالاتری در خصوص ارتقای ارزش افزوده نسبت به برنامه‌های کمک به تشکیل سرمایه ثابت دارد و در صورت انجام حمایت‌های لازم در این خصوص، ارتقای ارزش افزوده معادن تا ۲۰ درصد در سال ۱۳۹۴ قابل تحقق می‌باشد.

کلمات کلیدی: مدیریت بخش معدن، پویایی سیستم، ارتقای ارزش افزوده، سیاستگذاری معادن، فناوری

فهرست مطالب

شماره	عنوان	صفحه
	فصل اول : کلیات تحقیق	
۱-۱	مقدمه	۱
۱-۲	بیان مساله و ضرورت تحقیق	۲
۱-۳	اهداف تحقیق	۴
۱-۴	روش تحقیق	۴
۱-۵	حوزه تحقیق	۵
۱-۶	جامعه آماری تحقیق	۶
۱-۷	روش جمع‌آوری اطلاعات	۷
۱-۸	روش تجزیه و تحلیل اطلاعات	۸
۱-۹	محدودیت‌ها و مشکلات تحقیق	۸
۱-۱۰	سازماندهی رساله	۹
	فصل دوم: مرور ادبیات موضوع و بررسی پیشینه مطالعات قبلی	
۲- ۱	مقدمه	۱۱
۲-۲	مدیریت بخش معدن	۱۲
۲-۲-۱	مدیریت و تصمیم‌گیری	۱۲
۲-۲-۲	بخش معدن	۱۵
۲-۲-۳	مدیریت معادن	۱۶

۱-۳-۲-۲	مدیریت معادن از دیدگاه بنگاهی	۱۷
۲-۳-۲-۲	مدیریت معادن از دیدگاه بخشی	۱۸
۳-۲	عوامل رشد معادن	۲۰
۱-۳-۲	سرمایه	۲۰
۲-۳-۲	نیروی انسانی	۲۲
۳-۳-۲	پیشرفت فناوری	۲۷
۴-۳-۲	تابع تولید	۳۱
۴-۲	اقتصاد منابع معدنی	۳۴
۱-۴-۲	عرضه و تقاضا	۳۴
۲-۴-۲	هزینه‌های تولید	۴۱
۳-۴-۲	بهره برداری بهینه از معادن	۴۴
۱-۳-۴-۲	استخراج بهینه معادن در قالب تئوری اقتصاد منابع تجدیدناپذیر	۴۴
۲-۳-۴-۲	استخراج بهینه معادن بر مبنای ملاحظات فنی و اقتصادی	۴۹
۵-۲	روش پویایی سیستم و کاربردهای آن	۵۲
۱-۵-۲	مبانی روش پویایی سیستم	۵۲
۲-۵-۲	اجزای مدل‌های پویایی سیستم	۵۴
۱-۲-۵-۲	نمودارهای علت و معلولی	۵۵
۲-۲-۵-۲	حلقه‌های علّی	۵۵
۳-۲-۵-۲	نمودارهای جریان	۵۶

۲-۵-۳	فرایند مدل‌سازی پویایی سیستم	۵۸
۲-۵-۴	بررسی مطالعات صورت گرفته در زمینه کاربردهای روش پویایی سیستم	۵۸
۲-۵-۴-۱	مطالعات داخلی در زمینه کاربردهای پویایی سیستم	۵۸
۲-۵-۴-۱-۱	تحلیل پویایی سیستم اشتغال در اقتصاد ایران	۵۸
۲-۵-۴-۱-۲	تحلیل پویایی سیستم مدیریت منابع آب شهری تهران	۶۰
۲-۵-۴-۱-۳	تحلیل پویایی سیستمی بهره برداری از مخازن آب	۶۱
۲-۵-۴-۱-۴	تحلیل پویایی سیستمی مسائل رشد جمعیت تهران	۶۳
۲-۵-۴-۱-۵	تحلیل پویایی سیستمی‌رقابت پذیری ایران خودرو	۶۴
۲-۵-۴-۱-۱	تحلیل پویایی سیستمی هدفمندسازی یارانه انرژی	۶۵
۲-۵-۴-۲	مطالعات جهانی در زمینه کاربردهای پویایی سیستم	۶۶
۲-۵-۴-۲-۱	مدیریت مخازن آب	۶۶
۲-۵-۴-۲-۲	مدیریت انرژی	۶۷
۲-۵-۴-۲-۳	مطالعات پویایی سیستم در حوزه‌های مرتبط با معادن و مدیریت منابع	۷۱
۲-۵-۴-۲-۳-۱	شبیه‌سازی نقطه‌هوبرت تولید زغال سنگ چین	۷۱
۲-۵-۴-۲-۳-۲	مدل پویایی سیستمی تامین زغال‌سنگ	۷۳
۲-۵-۴-۲-۳-۳	مدل پویایی سیستمی کارکرد نوار نقاله در معادن زیرزمینی	۷۳
۲-۵-۴-۲-۳-۴	مدل‌سازی پویایی سیستمی تولید معادن زیرزمینی	۷۴
۲-۵-۴-۲-۳-۵	مطالعات پویایی سیستم در خصوص مدیریت توام منابع طبیعی و معادن	۷۵
۲-۵-۴-۲-۳-۶	مطالعات پویایی سیستم در خصوص حوادث معادن	۷۹

۲-۵-۴-۲-۳-۷	شناسایی عوامل موثر بر ظرفیت معدن	۸۰
۲-۵-۴-۲-۳-۸	شناسایی عوامل موثر بر جذابیت سرمایه‌گذاری در اکتشاف و توسعه	۸۲
۲-۵-۴-۲-۴	سایر مطالعات مرتبط با پویایی سیستمی	۸۳
۲-۶	نتیجه‌گیری	۸۴

فصل سوم: بررسی وضعیت کلی معادن کشور

۳-۱	مقدمه	۸۵
۳-۲	استخراج مواد معدنی	۸۶
۳-۳	سرمایه گذاری	۸۷
۳-۴	نیروی انسانی	۸۸
۳-۵	ارزش افزوده	۹۱
۳-۶	مصرف مواد معدنی	۹۲
۳-۷	صنایع معدنی	۹۴
۳-۸	اهداف توسعه بخش معدن	۹۵
۳-۹	نتیجه‌گیری	۹۵

فصل چهارم: مدل‌سازی پویایی سیستمی مدیریت بخش معدن

۴-۱	مقدمه	۹۸
۴-۲	شناسایی رویکرد کلی، هدف و مرز مدل	۹۹
۴-۳	شناسایی حلقه‌های علت و معلولی مدل	۱۰۳
۴-۳-۱	حلقه های علت و معلولی عرضه و تقاضای محصولات معدنی	۱۰۵

۲-۳-۴	حلقه های علت و معلولی سرمایه‌گذاری در بخش معدن	۱۰۶
۳-۳-۴	حلقه های علت و معلولی مصرف سرمایه	۱۰۷
۴-۳-۴	حلقه های علت و معلولی نیروی کار	۱۰۹
۵-۳-۴	حلقه‌های علت و معلولی ارتقای فناوری در معادن و ایجاد ارزش افزوده تولید	۱۱۱
۶-۳-۴	حلقه‌های علت و معلولی هزینه و درآمدهای بخش معدن	۱۱۲
۷-۳-۴	حلقه های علت و معلولی اکتشاف و ظرفیت تولید معادن	۱۱۳
۴-۴	شناسایی روابط بین پارامترها و اجزای مدل	۱۱۵
۱-۴-۴	جامعه آماری تحقیق	۱۱۵
۲-۴-۴	برآورد روابط بین پارامترهای تحقیق	۱۱۷
۱-۲-۴-۴	برآورد مولفه‌های سرمایه‌ای معادن	۱۱۷
۱-۱-۲-۴-۴	برآورد موجودی سرمایه	۱۱۷
۲-۱-۲-۴-۴	محاسبات سرمایه‌گذاری	۱۱۸
۲-۲-۴-۴	برآورد مولفه‌های نیروی انسانی	۱۲۴
۱-۲-۲-۴-۴	تجربه انباشته نیروی کار	۱۲۵
۲-۲-۲-۴-۴	سطح کلی دانش	۱۲۶
۲-۲-۲-۴-۴	سطح کلی مهارت نیروی کار	۱۲۹
۳-۲-۲-۴-۴	سطح حقوق و مزایای نیروی کار	۱۳۴
۴-۲-۲-۴-۴	سطح ایمنی نیروی کار	۱۳۵

۳-۲-۴-۴	برآورد سطح فناوری بخش معدن	۱۳۶
۴-۲-۴-۴	برآورد تقاضای مواد معدنی	۱۴۲
۵-۲-۴-۴	هزینه‌های تولید	۱۴۳
۱-۵-۲-۴-۴	هزینه‌های ثابت	۱۴۳
۲-۵-۲-۴-۴	هزینه‌های متغیر	۱۴۵
۶-۲-۴-۴	انرژی	۱۴۷
۷-۲-۴-۴	برآورد پارامترهای فنی اکتشاف و تولید	۱۴۹
۸-۲-۴-۴	برآورد تولید بهینه معدن	۱۵۰
۵-۴	مدل کلی مدیریت بخش معدن	۱۵۵
۱-۵-۴	مدل‌سازی عوامل محیطی	۱۵۸
۱-۱-۵-۴	مولفه‌های اقتصاد کلان	۱۵۸
۲-۱-۵-۴	تورم	۱۵۸
۳-۱-۵-۴	جمعیت	۱۵۹
۲-۵-۴	مدل‌سازی نهاده‌های تولید	۱۵۹
۱-۲-۵-۴	مدل‌سازی سرمایه	۱۵۹
۲-۲-۵-۴	مدل‌سازی نیروی کار معادن	۱۶۳
۱-۲-۲-۵-۴	تجربه نیروی کار	۱۶۶
۲-۲-۲-۵-۴	سطح کلی دانش نیروی کار	۱۶۷
۳-۲-۲-۵-۴	سطح کلی مهارت نیروی کار	۱۶۸

۴-۵-۲-۲-۴	ارتباط ویژگی‌های کیفی و حقوق دریافتی نیروی کار	۱۷۲
۴-۵-۳-۴	مدل‌سازی عوامل داخلی	۱۷۳
۴-۵-۳-۱-۴	مدل‌سازی فناوری	۱۷۳
۴-۵-۳-۲-۴	مدل‌سازی ارزش افزوده	۱۷۵
۴-۵-۳-۳-۴	مدل‌سازی عرضه و تقاضای محصولات معدنی	۱۷۶
۴-۵-۳-۴-۴	مدل‌سازی جذب سرمایه‌گذاری در معادن	۱۷۷
۴-۵-۳-۵-۴	مدل‌سازی هزینه و درآمدهای فعالیت‌های معدنی	۱۷۹
۴-۵-۳-۶-۴	مدل‌سازی منابع معدنی	۱۸۵
۴-۵-۳-۶-۱-۴	مدل‌سازی اکتشاف منابع معدنی	۱۸۵
۴-۵-۳-۶-۲-۴	مدل‌سازی ایجاد ظرفیت بهره‌برداری از ذخایر معدنی	۱۸۷
۴-۵-۳-۶-۳-۴	مدل‌سازی تولید بهینه معادن	۱۸۹
۴-۶	نتیجه‌گیری	۱۹۳

فصل پنجم: ارزیابی مدل و تحلیل سیاست‌ها

۵-۱	مقدمه	۱۹۳
۵-۲	ارزیابی مدل مدیریت بخش معدن	۱۹۳
۵-۲-۱	ارزیابی زیرمدل‌ها	۱۹۵
۵-۲-۱-۱	زیرمدل نیروی انسانی	۱۹۵
۵-۲-۱-۲	زیرمدل سرمایه	۱۹۸
۵-۲-۱-۳	زیرمدل فناوری	۱۹۹

۵-۲-۱-۴	زیرمدل ارزش افزوده	۲۰۱
۵-۲-۱-۵	زیرمدل عرضه و تقاضا	۲۰۲
۵-۲-۱-۶	زیرمدل سرمایه‌گذاری	۲۰۴
۵-۲-۱-۷	زیرمدل منابع معدنی	۲۰۵
۵-۲-۱-۸	زیرمدل هزینه و درآمدها	۲۰۸
۵-۳	پیش‌بینی روند موجود و تحلیل سناریوهای بخش معدن	۲۰۹
۵-۴	تحلیل سیاست‌های مدیریت بخش معدن	۲۱۴
۵-۴-۱	سیاست کمک به تشکیل سرمایه ثابت	۲۱۵
۵-۴-۱-۱	برنامه اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه	۲۱۵
۵-۴-۱-۲	برنامه اعطای کمک‌های فنی و اعتباری به واحدهای معدنی	۲۱۸
۵-۴-۲	سیاست ارتقای فناوری در حوزه معادن	۲۲۰
۵-۴-۲-۱	برنامه حمایت از ایجاد واحدهای جدید تحقیق و توسعه	۲۲۰
۵-۴-۲-۲	برنامه کمک به ارتقای سطح آموزشی نیروی کار معادن	۲۲۴
۵-۵	نتیجه‌گیری	۲۲۸

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱	نتیجه‌گیری	۲۲۹
۶-۲	پیشنهادات	۲۳۲

پیوست‌ها

پیوست ۱:	برآورد موجودی سرمایه گروه‌های منتخب مواد معدنی	۲۳۴

پیوست ۲: روند مصرف انرژی و آب در معادن فعال مربوط به مواد معدنی منتخب ۲۳۵
پیوست ۳: برنامه شبیه‌سازی مدیریت بخش معدن در راستای ارتقای سهم معادن در اقتصاد ملی در نرم‌افزار Vensim ۲۳۷
منابع ۲۷۵

فهرست اشکال

شماره	عنوان شکل	صفحه
۱-۱	متدولوژی تحقیق	۶
۱-۲	دیدگاه سه‌جانبه‌گرایی در خصوص عوامل رشد اقتصادی	۲۰
۲-۲	منحنی تقاضای کالا بر حسب قیمت	۳۶
۲-۳	رابطه بین مصرف مواد و درآمد سرانه بر مبنای مراحل مختلف توسعه کشورها	۳۹
۲-۴	منحنی شدت مصرف فولاد ۱۳ کشور	۴۰
۲-۵	رابطه بین هزینه نهایی، هزینه فرصت و قیمت منبع تجدیدناپذیر	۴۶
۲-۶	تغییرات ارزش جاری تفاضل قیمت و هزینه نهایی به ازای تغییرات زمان	۴۷
۲-۷	رفتار مختلف سیستم‌های پویا	۵۷
۲-۸	اجزای اصلی مدل منابع و مصارف آب زیرزمینی شهر تهران	۶۱
۲-۹	آثار اعمال حالات مختلف اجرای فاضلاب شهر تهران بر سطح آب زیرزمینی و ذخیره آن	۶۲
۲-۱۰	مدل کلی دینامیک رشد جمعیت تهران و عوامل موثر بر آن	۶۳
۲-۱۱	مدل هوبرت تولید نفت خام چین	۷۰
۲-۱۲	نتایج اعمال سه سناریوی مختلف جهت تخمین نقطه هوبرت تولید نفت خام چین	۷۰
۲-۱۳	مدل پویایی سیستم نقطه هوبرت تولید زغالسنگ چین	۷۲
۲-۱۴	نتایج اعمال سناریوهای مختلف تولید زغالسنگ چین	۷۲
۲-۱۵	مدل کلی عرضه و تقاضای زغال‌سنگ	۷۳

۲-۱۶	مدل پویایی سیستمی کارکرد نوار نقاله معادن زیرزمینی	۷۴
۲-۱۷	مدل پویایی سیستمی استخراج منابع زیرزمینی	۷۵
۲-۱۸	ساختار کلی مدل مدیریت توام منابع طبیعی	۷۶
۲-۱۹	نتایج حاصل از اجرای راهبردهای محافظه‌کارانه، رادیکال و متوازن در مدیریت	۷۸
۲-۲۰	زیرمدل‌های اصلی مدل پویایی سیستم ایمنی معادن	۷۹
۲-۲۱	مدل تعیین ظرفیت معدن زیرزمینی زغال	۸۱
۴-۱	تاثیرات علت و معلولی متغیرهای موثر بر عملکرد مدیریت بخش معدن در سطوح	۱۰۰
۴-۲	مدل کلان تاثیرات متقابل عوامل موثر بر عملکرد معادن	۱۰۲
۴-۳	مدل کلی علت و معلولی مدیریت بخش معدن	۱۰۴
۴-۴	مدل علت و معلولی عرضه و تقاضای محصولات معدنی	۱۰۵
۴-۵	مدل علت و معلولی جذب سرمایه‌گذاری در معادن	۱۰۷
۴-۶	مدل علت و معلولی مصرف اقلام اصلی سرمایه و تامین زیرساخت	۱۰۸
۴-۷	مدل تلفیق ویژگی‌های نیروی انسانی	۱۱۰
۴-۸	مدل علت و معلولی نیروی کار معادن	۱۱۰
۴-۹	مدل علت و معلولی ارتقای فناوری معادن	۱۱۱
۴-۱۰	مدل علت و معلولی هزینه و درآمدهای بخش معدن	۱۱۳
۴-۱۱	مدل علت و معلولی اکتشاف منابع معدنی و گسترش ظرفیت معادن	۱۱۴
۴-۱۲	روابط کلی بین اجزای مدل مدیریت بخش معدن	۱۵۶

۴-۱۳	مدل پویایی سیستمی تشکیل سرمایه ثابت معادن	۱۶۰
۴-۱۴	مدل مصرف اقلام اصلی سرمایه معادن	۱۶۱
۴-۱۵	مدل تامین زیرساخت‌های بخش معدن	۱۶۲
۴-۱۶	مدل‌سازی تعادل نیروی کار معادن	۱۶۴
۴-۱۷	مدل‌سازی سطح تجربه نیروی کار تولیدی	۱۶۶
۴-۱۸	مدل‌سازی سطح کلی دانش	۱۶۷
۴-۱۹	مدل‌سازی شاخص آموزش نیروی کار تولیدی	۱۷۰
۴-۲۰	مدل‌سازی تغییرات شاخص مهارت و سطح کلی مهارت شاغلین معادن	۱۷۱
۴-۲۱	مدل‌سازی ارتباط شاخص کیفی و سطح حقوق و مزایای شاغلین	۱۷۲
۴-۲۲	مدل‌سازی عوامل موثر برسطح فناوری	۱۷۳
۴-۲۳	مدل‌سازی شاخص‌های تحقیق و توسعه	۱۷۴
۴-۲۴	مدل‌سازی ارزش افزوده	۱۷۵
۴-۲۵	مدل‌سازی تعادل عرضه و تقاضای محصولات معدنی	۱۷۷
۴-۲۶	مدل عوامل تشکیل دهنده سهم معادن از تشکیل سرمایه ثابت ناخالص کشور	۱۷۸
۴-۲۷	مدل‌سازی هزینه‌های ثابت تولید	۱۷۹
۴-۲۸	مدل‌سازی حقوق دولتی معادن	۱۸۰
۴-۲۹	مدل‌سازی هزینه‌های متغیر تولید	۱۸۱
۴-۳۰	مدل‌سازی تغییرات هزینه مصرف انرژی به ازای واحد تولید محصول	۱۸۲

۳۱-۴	مدل‌سازی هزینه و سود تولید معادن	۱۸۳
۳۲-۴	مدل‌سازی پارامترهای درآمدی و بودجه‌ای بخش معدن	۱۸۴
۳۳-۴	مدل‌سازی سرمایه‌گذاری و هزینه اکتشافات	۱۸۶
۳۴-۴	مدل‌سازی ایجاد ظرفیت بهره‌برداری از ذخایر معدنی	۱۸۸
۳۵-۴	مدل‌سازی رانت ذخایر معدنی	۱۸۹
۳۶-۴	پویایی تولید معادن بر مبنای سود نهایی	۱۹۰
۳۷-۴	مدل‌سازی رفتارهای هدفجوی تولید	۱۹۱
۱-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی شاغلین تولیدی معادن کشور	۱۹۶
۲-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی شاخص کیفی نیروی کار معادن کشور	۱۹۷
۳-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی موجودی سرمایه ثابت معادن کشور بر حسب قیمت ثابت سال ۱۳۷۶	۱۹۹
۲-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی شاخص فناوری کشور	۲۰۰
۵-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر ارزش افزوده معادن کشور به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶	۲۰۲
۶-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی مصرف ظاهری محصولات معدنی کشور	۲۰۳
۷-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی سرمایه‌گذاری سالانه معادن کشور	۲۰۵
۸-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی استخراج ذخایر معدنی کشور	۲۰۶
۹-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی تعداد معادن فعال کشور	۲۰۷
۱۰-۵	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی قیمت فروش محصول معدنی	۲۰۹
۱۱-۵	مقایسه نتایج هریک از سناریوهای مدل بر ارزش افزوده	۲۱۳

۵-۱۲ مقایسه نتایج هریک از سناریوهای مدل بر میزان استخراج سالانه معادن ۲۱۴

۵-۱۳ تاثیر برنامه‌های اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه بر سرمایه‌گذاری ثابت سالانه ۲۱۷

۵-۱۴ تاثیر برنامه‌های اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه بر ارزش افزوده معادن ۲۱۸

۵-۱۵ تاثیر برنامه‌های گسترش تحقیق و توسعه در جهت ارتقای فناوری معادن ۲۲۳

۵-۱۶ تاثیر برنامه‌های گسترش تحقیق و توسعه در ارتقای ارزش افزوده بخش معدن ۲۲۳

۵-۱۷ تاثیر برنامه‌های ارتقای سطح آموزشی در جهت ارتقای فناوری معادن ۲۲۷

۵-۱۸ تاثیر برنامه‌های ارتقای سطح آموزشی بر ارتقای ارزش افزوده بخش معدن ۲۲۷

فهرست جداول

شماره	عنوان جدول	صفحه
۲-۱	فرم‌های اولیه و لگاریتمی توابع تولید پرکاربرد	۳۲
۲-۲	بخش‌های مدل پویایی سیستمی تحلیل اشتغال	۵۹
۲-۳	خلاصه تحقیقات جهانی در حوزه مدیریت منابع آبی بر مبنای روش پویایی سیستم	۶۷
۲-۴	خلاصه تحقیقات جهانی در حوزه انرژی بر مبنای روش پویایی سیستم	۶۹
۳-۱	روند میزان استخراج معادن کشور بر حسب میلیون‌تن	۸۷
۳-۲	وضعیت سرمایه‌گذاری سالانه در معادن کشور و برخی اقلام عمده آن	۸۹
۳-۳	مشخصه‌های نیروی کار معادن فعال کشور	۹۰
۳- ۴	پارامترهای ارزش افزوده بخش معدن	۹۲
۳- ۵	مصرف ظاهری محصولات معدنی	۹۳
۳-۶	سال ۱۳۵۶ بررسی تشکیل سرمایه ثابت صنایع معدنی به قیمت ثابت	۹۴
۳-۷	اهداف کمی بخش معدن در برنامه چهارم توسعه اقتصادی،اجتماعی و فرهنگی کشور	۹۷
۴-۱	روند تغییرات سهم بخش عمومی از سرمایه‌گذاری سالانه و موجودی سرمایه بخش معدن	۱۲۱
۴-۲	متوسط نسبت سود انباشته شرکت‌های مطرح معدنی کشور	۱۲۴
۴-۳	تجربه انباشته شاغلین تولیدی معادن فعال کشور	۱۲۶
۴-۴	مقادیر امتیاز تخصیصی به هریک از گروه‌های تحصیلی	۱۲۷
۴-۵	شاخص تحصیلات شاغلین تولیدی معادن فعال کشور	۱۲۸
۴-۶	مقادیر امتیاز تخصیصی به هریک از گروه‌های مهارتی	۱۳۰

۴-۷	شاخص مهارت نیروی کار تولیدی در معادن فعال کشور	۱۳۱
۴-۸	نسبت هریک از آموزش‌های کاربردی از کل ساعات آموزشی	۱۳۲
۴-۹	متوسط هزینه آموزش کارکنان معادن به قیمت جاری	۱۳۲
۴-۱۰	شاخص سالانه آموزش نیروی کار تولیدی در معادن فعال کشور	۱۳۳
۴-۱۱	سطح کیفی متوسط شاغلین معادن فعال کشور	۱۳۴
۴-۱۲	سطح فناوری مواد معدنی منتخب کشور	۱۳۵
۴-۱۳	ضرایب تاثیرات فناوری بر مصرف نهاده‌های تولید در هریک از مواد معدنی منتخب	۱۳۸
۴-۱۴	ویژگی‌های هزینه‌ای بخش تحقیق و توسعه در مواد معدنی منتخب کشور	۱۴۲
۴-۱۵	تفکیک هزینه‌های ثابت و متغیر تولید معادن	۱۴۴
۴-۱۶	سایر هزینه‌های ثابت تولید در مورد مواد معدنی منتخب به قیمت جاری	۱۴۵
۴-۱۷	کل هزینه‌های ثابت تولید در مورد مواد معدنی منتخب به قیمت جاری	۱۴۶
۴-۱۸	برخی اقلام هزینه‌های متغیر تولید مواد معدنی منتخب	۱۴۷
۴-۱۹	اجزای اصلی مدل مدیریت بخش معدن	۱۵۵
۵-۱	پارامترهای اصلی ارزیابی زیرمدل‌های مدیریت بخش معدن	۱۹۴
۵-۲	مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی نیروی کار معادن کشور	۱۹۵
۵-۳	مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی شاخص کیفی نیروی کار معادن کشور	۱۹۷
۵-۴	مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر محاسبه شده موجودی سرمایه معادن به قیمت ثابت ۷۶ بر حسب میلیارد ریال	۱۹۸
۵-۵	مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی شاخص فناوری معادن کشور	۲۰۰
۵-۶	مقایسه مقادیر واقعی و خروجی مدل در خصوص ارزش افزوده بخش معدن	۲۰۱

۵-۷	مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی مصرف ظاهری محصولات معدنی کشور	۲۰۳
۵-۸	مقادیر واقعی و خروجی پارامتر سرمایه‌گذاری ثابت سالانه	۲۰۴
۵-۹	مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی استخراج سالانه معادن کشور	۲۰۶
۵-۱۰	مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی تعداد معادن فعال کشور	۲۰۷
۵-۱۱	مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی قیمت فروش محصول	۲۰۸
۵-۱۲	سناریوهای مختلف پارامترهای محیطی بخش معدن	۲۱۰
۵-۱۳	مقادیر پارامترهای کلیدی زیرمدل‌ها به ازای سناریوهای مختلف	۲۱۱
۵-۱۴	سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریت بخش معدن در جهت ارتقای ارزش افزوده	۲۱۵
۵-۱۵	عنوان و ویژگی‌های برنامه اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه	۲۱۶
۵-۱۶	آثار برنامه های مربوط به اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه	۲۱۶
۵-۱۷	عنوان و ویژگی‌های برنامه‌های مربوط به اعطای کمک‌های فنی و اعتباری	۲۱۹
۵-۱۸	آثار برنامه های مربوط به تشکیل سرمایه ثابت معادن	۲۲۰
۵-۱۹	ویژگی‌های برنامه حمایت از ایجاد واحدهای جدید تحقیق و توسعه	۲۲۱
۵-۲۰	آثار برنامه‌های مربوط به گسترش واحدهای تحقیق و توسعه	۲۲۲
۵-۲۱	عنوان و ویژگی‌های برنامه‌های تعریف شده جهت ارتقای سطح آموزش نیروی کار	۲۲۵
۵-۲۲	آثار برنامه های مربوط به ارتقای سطح آموزش نیروی کار	۲۲۶

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

رشد پایدار اقتصادی به عنوان یکی از اصلی‌ترین اهداف دولت‌ها در حوزه اقتصاد مطرح می‌باشد. متاسفانه از چندین دهه گذشته، ساختار اقتصاد کشورمان بر مبنای اقتصاد تک محصولی شکل گرفته است و کشورمان علیرغم محدودیت منابع حاصله از نفت، با رشد نیازهای کشور به دلیل افزایش جمعیت کشور مواجه می‌باشد که این مهم، ضرورت کاهش اتکای اقتصاد کشور به نفت و توجه به دیگر بخش‌های جایگزین اقتصادی را ایجاب می‌نماید.

از طرف دیگر وجود منابع معدنی متنوع و گسترده از جمله ویژگی‌های خاص ایران و موهبت‌های الهی به کشورمان می‌باشد که توان بالقوه بالایی را برای اقتصاد کشور فراهم نموده است. بهره‌برداری بهینه از این ذخایر می‌تواند به عنوان یکی از محورهای رشد اقتصادی و از جمله بخش‌های جایگزین درآمدهای نفت مطرح باشد که نقش بی‌بدیلی را در راستای توسعه متوازن کشور ایفا نماید. مدیریت کارآمد بهره‌برداری از ذخایر معدنی کشور در کنار بهره‌گیری مناسب از دیگر مزیت‌های کشور می‌تواند فرصت‌های مناسبی را در جهت گسترش معادن و توسعه فعالیت‌های پیشین و پسین زنجیره تولیدات معادن در راستای ایفای نقش شایسته در اقتصاد ملی ایجاد نماید.

۱-۲- بیان مساله و ضرورت تحقیق

معادن به عنوان عمده‌ترین منبع تامین مواد اولیه مورد نیاز بخش‌های مختلف اقتصادی کشور می‌باشند و نقش آن در شناسایی ثروت‌ها، گسترش صنایع، توسعه متوازن کشور و ایجاد درآمدها قابل توجه می‌باشد لیکن به دلایلی از جمله سهم پایین آنها در تولید ناخالص داخلی، توجه کمی به توسعه آن صورت گرفته است. ارتقای نقش معادن در اقتصاد ملی که به عنوان یکی از برنامه‌های اصلی سیاستگذاران معدنی کشور می‌باشد از سه بعد اصلی ذیل شامل ایجاد ارزش افزوده، گسترش سرمایه‌گذاری و اشتغال قابل بررسی می‌باشد:

- محاسبه ارزش افزوده ناخالص بخش معدن در حساب‌های ملی کشور بر مبنای فعالیت‌های اقتصادی بهره‌برداری از ذخایر معدنی کشور (به جز نفت و گاز) ، در چارچوب گروه صنایع و معادن شامل چهار بخش معدن، صنعت، آب، برق، گاز و ساختمان صورت می‌گیرد. بر این اساس، سهم ارزش افزوده ناخالص بخش معدن به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶، در حال حاضر در حدود ۰/۸ درصد تولید ناخالص داخلی کشور می‌باشد.
- سرمایه‌گذاری در معادن به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل ارتقای تولید می‌باشد که بر اساس آمار سال ۱۳۸۴، سهم تشکیل سرمایه ثابت معادن از کل تشکیل سرمایه ثابت اقتصاد کشور به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶، در حدود ۰/۳۳ درصد است. مهمترین دلیل این موضوع، تفاوت‌های خاص سرمایه‌گذاری در معادن با دیگر بخش‌های اقتصادی می‌باشد که از جمله این موارد می‌توان به نیاز معادن به سرمایه‌گذاری عمده، زمان‌بر بودن فعالیت‌های معدنی جهت بازگشت سرمایه، وجود ریسک بالاتر و نیز ضرورت تامین زیرساخت‌ها اشاره نمود.
- اشتغال در معادن با توجه به ویژگی‌های خاص معادن تاثیر عمده‌ای بر فقرزدایی و توسعه متوازن مناطق محروم کشور دارد. بررسی روند اشتغال در معادن بیانگر رشد نسبتا پایین شاغلین معادن کشور می‌باشد. از طرفی سطح سواد متوسط شاغلین نیز پایین می‌باشد.

عوامل مذکور از طرفی دارای تاثیرات متقابل بر یکدیگر می‌باشند و از طرفی از ماهیت منابع معـدنی و برخی عوامل بیرونی تاثیر می‌پذیرند که در نهایت موجب بروز پویایی‌های مختلـف در عملکـرد بخـش معدن جهت توسعه می‌گردد. بر این اساس نیاز به یک رویکرد علمی و دقیق جهت شناسایی و تحلیـل تاثیرات متقابل هر یک از عوامل مذکور می‌باشد. ارائه این رویکرد علمی در قالب یک مدل جامع و پویا یقینا می‌تواند درجهت کمک به تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌های این بخش در خصـوص چگـونگی فعالیت های معدنی موثر بوده و موجبـات مـدیریت کارآمـد بخـش معـدن را در جهـت ارتقـای نقـش شایسته در اقتصاد ملی فراهم نماید. بکارگیری روش علت و معلولی در قالب ایـن مـدل پویـا، موجـب شناخت وابستگی درونی این عوامل به یکدیگر و تسهیل در شناخت عملکرد بخش معدن مـی‌گـردد و با تحلیل چگونگی تاثیرات اعمال سیاست‌ها بر رشد سـهم معـادن در اقتصـاد ملـی، امکـان ارزیـابی و تحلیل پیامدهای سیاست های اعمالی، قبـل از اجـرا فـراهم مـی‌گـردد. از طرفـی پیچیـدگی و تعـدد پارامترهای موثر بر عملکرد بخش معـدن موجـب گردیـده اسـت تـا بررسـی‌هـای کمـی در خصـوص موضوعات مدیریتی و سیاستگذاری‌های کلان بخشی در معادن، صورت پذیرد. اهمیت موضوع با توجـه به حساسیت و پیچیدگی سیستم‌های تصمیم‌گیری کلان و وسعت حوزه تاثیر و زمان‌بر بودن مشـاهده نتایج سیاستگذاری‌ها بیشتر می‌شود.

در مجموع می‌توان سئوالات اساسی تحقیق را به ترتیب اهمیت به صورت ذیل طرح نمود:

- مهمترین متغیرهای اصلی تاثیرگذار در ارتقای نقش بخش معدن کشور در اقتصاد ملی چیست؟
- کارایی روش پویایی سیستم در جهت مدیریت بخـش معـدن بـه منظـور ارتقـای سـهم معـدن در اقتصاد ملی تا چه میزان می‌باشد؟
- آیا بخش معدن قابلیت ارتقای نقش در اقتصاد ملی را دارد؟
- آیا مدل های پویایی سیستم می توانند در حل مسائل کلان مـدیریتی بخـش معـدن بکـار گرفتـه شوند؟

۱-۳- اهداف تحقیق

اصولا برای هر مدل پویایی سیستمی، تعریف هدف مدل از ضروریات بررسی می‌باشد که بر مبنای آن، عوامل محیطی و داخلی از همدیگر تفکیک می‌شوند. هدف اصلی این تحقیق، ارائه یک مدل جامع با ویژگی‌های ذیل می‌باشد:

- بکارگیری روش پویایی سیستم در تحلیل عوامل موثر بر ارتقای سهم معادن در اقتصاد کشور
- تلفیق رویکردهای بهره برداری بهینه از منابع تجدید ناپذیر معدنی با مولفه‌های اقتصادی و فنی تولید معادن
- ارزیابی آثار اجرای سیاست‌ها و کمک به تصمیم‌گیری‌های کلان مدیریتی بخش معدن
- شناسایی و تحلیل وابستگی‌های درونی بین متغیرهای تاثیرگذار بر ارتقای سهم معادن در اقتصاد کشور

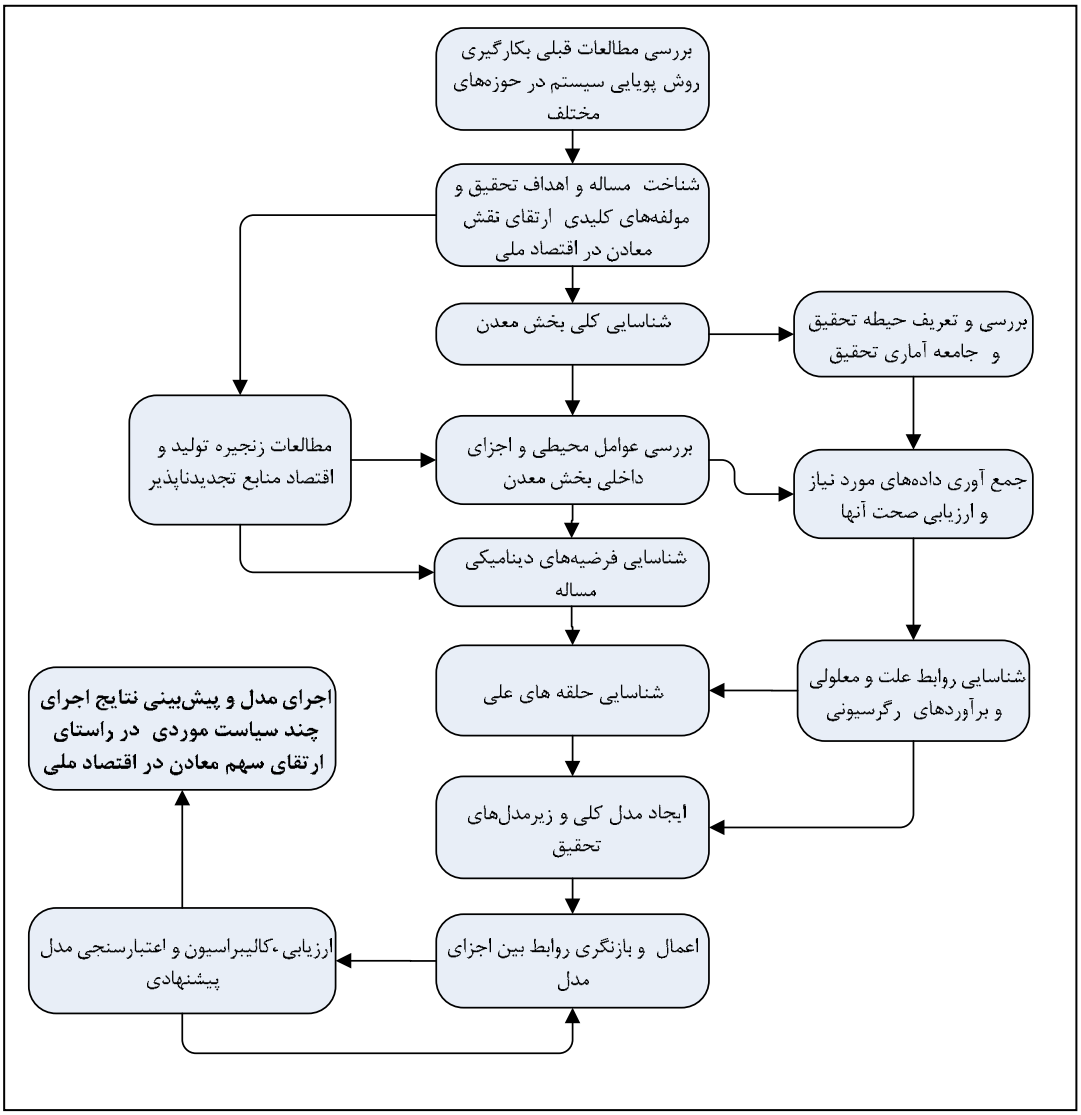
۱-۴- روش تحقیق

با توجه به این که ارتقای هر بخش اقتصادی از دیدگاه‌های مختلفی مانند ایجاد ارزش افزوده، سرمایه‌گذاری و اشتغال قابل بررسی می‌باشد لذا از نظریه تابع تولید بر مبنای بکارگیری دو نهاده اصلی سرمایه و نیروی کار به همراه رشد فناوری جهت تلفیق این نهاده‌ها و تعیین ارزش افزوده بالفعل واحد تولید استفاده خواهد شد. از طرف دیگر رویکرد بهینه بهره‌برداری از معادن به عنوان یک منبع تجدیدناپذیر با لحاظ نمودن توام حداکثرسازی تابع منافع خالص اجتماعی و ارزش حال سود نهایی تولید به همراه محدودیت فنی ظرفیت استخراج ایجاد شده در طول زنجیره فعالیت‌های معدنی تعیین می‌گردد که با لحاظ نمودن تاثیرات بازخوردی عوامل داخلی موثر بر هر یک از نهاده‌های اصلی در قالب روش پویایی سیستم، امکان بررسی توام تغییرات نهاده‌ها بر یکدیگر و نیز تاثیرات مولفه‌های تکنولوژیک بر هریک از این نهاده‌ها را فراهم می‌نماید.

لذا در این تحقیق پس از مرور مطالعات صورت گرفته در خصوص بکارگیری روش پویایی سیستم در حوزه‌های مختلف، بررسی‌های ذیل در این تحقیق صورت خواهد گرفت:

- بررسی عوامل اصلی موثر بر ایجاد ارزش افزوده معادن در قالب برآورد یک تابع تولید مشخص
- بررسی مولفه‌های موثر بر عملکرد هریک از نهاده‌های اصلی تولید
- کمی‌سازی شاخص‌های کیفی نیروی انسانی جهت بکارگیری در مدل
- شناسایی ارتباط بین پارامترهای مختلف بهره‌برداری از معدن از دیدگاه مدیریت بخش معدن و اجزا و مولفه های زنجیره تولید شامل اکتشاف، تجهیز و آماده‌سازی، تامین زیرساخت و استخراج ذخایر معدنی
- بکارگیری تئوری اقتصاد منابع تجدیدناپذیر و تحلیل توام حداکثرسازی منافع خالص اجتماعی و ارزش حال سود نهایی در تعیین حداکثر محصول بهینه فرآیند بهره‌برداری از منابع معدنی و تلفیق آن با محدودیت‌های ناشی از ایجاد و توسعه ظرفیت استخراج مواد معدنی
- ایجاد مدل شبیه سازی پویایی سیستم و تعریف زیرمدل‌های مربوطه مشتمل بر هشت زیرمدل اصلی
- جمع آوری داده‌های کمی مربوط به هر یک از اجزای مدل
- ارزیابی و اعتبار سنجی کارایی مدل از طریق مقایسه با داده‌های واقعی
- تخمین پارامترهای کلیدی بخش معدن تا سال انتهای اجرای مدلبه ازای سناریوهای مختلف محیطی
- پیش‌بینی نتایج حاصل از اجرای مدل در خصوص چند سیاست موردی مشخص در بخش معدن

روند کلی بررسی‌های مورد نیاز و فعالیت‌های کلی تحقیق به صورت شماتیک در شکل شماره (۱-۱) نشان داده شده است.



شکل ۱-۱: متدولوژی تحقیق

۱-۵- حوزه تحقیق

با توجه به اهداف تحقیق، حوزه بررسی شامل معادن فعال کشور به جز معادن شن و ماسه می‌باشد. بازه زمانی اجرای مدل پیشنهادی به مدت ۲۰ سال از سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ می‌باشد و در دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ به تحلیل و ارزیابی تاثیرات متقابل پارامترهای مدل پرداخته خواهد شد. پیش‌بینی روند و تحلیل پویایی‌های موجود مساله بر مبنای تحلیل اطلاعات دوره مذکور برای سال‌های ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۹۴ با استفاده از نرم‌افزار Vensim DSS صورت می‌گیرد.

۱-۶- جامعه آماری تحقیق

اصولا تحلیل جامع عوامل موثر بر عملکرد بخش معدن، نیاز به داده‌های معتبر سری زمانی پارامترهای مختلف در بازه زمانی طولانی دارد. با توجه به کمبود داده‌های مذکور در بخش معدن، از داده‌های سری زمانی مواد معدنی شاخص در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر به عنوان نمونه‌های آماری تحلیل استفاده خواهد شد تا امکان تحلیل اطلاعات جهت استخراج روابط بین اجزای مدل فراهم گردد. مواد معدنی زغال سنگ، سنگ‌های تزئینی، باریت، کائولن و گچ به عنوان مواد شاخص غیرفلزی و مصالح ساختمانی انتخاب گردید و مواد معدنی مس، سنگ‌آهن و سرب و روی به عنوان معادن شاخص مواد معدنی فلزی انتخاب شدند.

۱-۷- روش جمع‌آوری اطلاعات

منبع اصلی اطلاعات، داده‌های منتشر شده مرکز آمار ایران و وزارت صنایع و معادن در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ می‌باشد که در قالب نتایج آمارگیری‌ها و گزارشات کارشناسی مربوط به معادن در حال بهره‌برداری کشور تهیه شده است و تقریبا اطلاعات پیوسته‌ای از داده‌های مورد نیاز را تامین می‌نماید. آمار وزارت صنایع و معادن بر اساس گزارشات سالانه سازمان صنایع و معادن استان‌ها جمع‌آوری می‌گردد و اطلاعات تفصیلی در آنها ارائه نمی‌گردد. داده‌های مرکز آمار ایران در قالب سرشماری معادن در حال بهره‌برداری کشور معمولا بطور سالانه انجام می‌گیرد و با تاخیر یک تا دو ساله منتشر می‌گردد و اطلاعات سالانه معادن فعال کشور به تفکیک نوع ماده و استان در بسیاری از حوزه ها به تفضیل ارائه می‌گردد. بر اساس بررسی صورت گرفته در خصوص ارائه اطلاعات عمومی و غیرتخصصی، گزارشات مرکز آمار ایران از جامعیت بیشتری نسبت به آمار وزارت صنایع و معادن برخوردار بوده است لیکن جهت صحت سنجی داده‌ها، اطلاعات جمع‌آوری شده با اطلاعات منتشره توسط وزارت صنایع و معادن و بانک مرکزی مقایسه گردیده است و با اعمال نهایت دقت، زمان زیادی جهت مقایسه و انتخاب داده‌های معتبر بکار گرفته شده است.

در خصوص برخی پارامترهای فنی از قبیل میزان ذخایر و استخراج تفاوت‌هایی بین اطلاعات ارائه شده توسط مرکز آمار و وزارت صنایع و معادن وجود دارد که در این موارد گزارشات دوره‌ای وزارت صنایع و معادن ملاک بررسی قرار گرفته است.

بازه زمانی جمع‌آوری داده‌های تحقیق، سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ می‌باشد. در مورد برخی پارامترها که جمع‌آوری داده‌های مربوط به بازه‌های طولانی‌تری امکان‌پذیر می‌باشد، تحلیل بر مبنای نتایج بازه زمانی طولانی‌تر در صورت عدم مغایرت مقادیر نرخ متوسط، صورت گرفته است. لازم بذکر است که به دلیل انجام نشدن آمارگیری معادن در حال بهره‌برداری در سال ۱۳۸۳، برخی آمار سال مذکور از دیگر منابع جمع‌آوری شده‌اند.

۱-۸- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

پس از بررسی اولیه در خصوص کلیه متغیرها و عوامل اصلی تاثیرگذار در بخش معدن و مشورت با اساتید و صاحبنظران، رویکرد تابع تولید جهت تحلیل ارزش افزوده معادن انتخاب و بررسی‌های لازم در این خصوص صورت گرفت. از طرفی با توجه به ماهیت منابع معدنی، بکارگیری تئوری‌های اقتصاد منابع تجدیدناپذیر در تحلیل ارتقای بخش معدن ضروری بود. پس از بررسی‌های مذکور، امکان شناخت عوامل موثر بر ارتقای سهم بخش معدن در اقتصاد ملی فراهم می‌شود لیکن مهمترین محدودیت فرآیند زمان‌بر زنجیره تولید محصول معدنی شامل اکتشاف، آماده‌سازی و تجهیز، استخراج به همراه ضرورت تامین زیرساخت می‌باشد. لذا با بررسی عوامل موثر بر شکل‌گیری هریک از اجزا و نهاده‌های مذکور و نقش دولت در این خصوص، مدل‌های علت و معلولی مربوطه ساخته شد. با بررسی صورت گرفته، در خصوص برخی مولفه‌های کیفی از قبیل فناوری و نیروی کار، شاخص‌های جدید کمی تعریف گردید و در مدل بکار گرفته شد. نکته مهم این که اعمال رویکرد مدیریت بخشی در جهت تحلیل، موجب گردید تا از برخی تاثیرات درونی بین اجزای مدل صرفنظر شود. برای شناسایی روابط بین متغیرها علاوه بر تاثیرات بازخوردی بین اجزای مدل، روش‌های اقتصاد سنجی و رگرسیونی

بکار گرفته شد لیکن در برخی موارد از آزمون‌های علت و معلولی نیز جهت تحلیل تاثیرات متغیرها استفاده گردید.

۱-۹-محدودیت‌ها و مشکلات تحقیق

مهمترین محدودیت تحقیق، عدم وجود و یا عدم امکان دسترسی به برخی داده‌های مورد نیاز تحلیل می‌باشد. در این تحقیق تلاش گردیده است تا داده های جمع‌آوری شده پس از کسب اطمینان از صحت آنها در تحلیل به‌کار گرفته شوند و تحلیل بر مبنای داده‌های قابل اطمینان انجام شود. در خصوص مقادیر برخی پارامترها بدلیل نبود آمار قابل اطمینان، نظرات کارشناسان صاحبنظر بخش معدن اخذ شد. لازم به ذکر است که در خصوص پارامتر موجودی سرمایه به دلیل وجود تنها یک منبع آماری، امکان مقایسه و ارزیابی صحت داده‌ها فراهم نگردید.

۱-۱۰- سازماندهی رساله

رساله حاضر مشتمل بر شش فصل می‌باشد که خروجی نهایی آن ارائه یک مدل پویایی سیستم جهت مدیریت بخش معدن جهت ارتقای سهم آن در اقتصاد ملی می‌باشد.

در این راستا پس از مرور کلی تحقیق در فصل جاری، به بررسی مبانی نظری موضوعات بکاررفته در تحقیق، روش پویایی سیستم و موارد بکارگیری آن در حوزه های مختلف از جمله حوزه معادن و مدیریت منابع معدنی در فصل دوم پرداخته می‌شود تا با بررسی دقیق‌تر هریک از جوانب موضوع و کارهای انجام شده، امکان تبیین موضوع و ارائه یک تصویر شفاف از مسئله و رویکردهای موجود در بررسی هریک از موضوعات و اجزای تحقیق فراهم گردد

در فصل سوم تلاش گردیده تا با شناخت متغیرهای کلیدی و روند تغییرات آنها، امکان ارائه تصویر کلی از وضعیت موجود بخش و روند گذشته آن ارائه گردد.

فصل چهارم به تشریح مدل علت و معلولی مساله به تفصیل، شناسایی روابط مورد نیاز تحلیل و در نهایت شبیه‌سازی پویایی سیستمی اجزای مدل مشتمل بر هشت زیرمدل اصلی بهمراه سه بخش محیطی اختصاص یافته است.

در فصل پنجم به ارزیابی و اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، تحلیل سناریوهای مختلف و پیش بینی عملکرد بخش و ارزیابی آثار و نتایج اجرای سیاست‌های کلان مدیریت بخش معدن پرداخته شده است. فصل ششم نیز به ارائه نتایج و پیشنهادات اختصاص یافته است.

فصل دوم

مرور ادبیات موضوع و بررسی پیشینه مطالعات قبلی

۲-۱- مقدمه

مدیریت بخش معدن را می‌توان تلاش در جهت بکارگیری بهینه اجزای بخش معدن بر مبنای اصول مدیریت بیان نمود. از طرفی با توجه به ماهیت تجدیدناپذیر منابع معدنی، مدیریت بخش معدن نیاز به تلفیق مباحث مختلف اقتصاد خرد و اقتصاد کلان در چارچوب تئوری های مربوط به اقتصاد منابع تجدیدناپذیر با ملاحظات فنی تولید معادن دارد. روش پویایی سیستم به عنوان یکی از ابزارهای اصلی سیاست‌گذاری، کاربردهای متعددی در حوزه‌های مختلف پیدا نموده است. در این فصل ابتدا به تعریف جامع مدیریت و بررسی مباحث مختلف در حوزه مدیریت کارآمد بخش معدن و سپس به روش پویایی سیستمی و مبانی تئوریک آن پرداخته شده است. در ادامه کاربرد این روش بر مبنای مطالعات منتخب داخلی و خارجی بررسی می‌گردد و در نهایت به کاربردهای این مدل در حوزه معادن و مدیریت منابع معدنی پرداخته می‌شود. نکته قابل ذکر این که ساخت مدل‌های پویایی سیستمی، عموما به عنوان یک ابزار جهت مدیریت کارآمد حوزه های مختلف و در راستای بررسی و رفع مشکلات تعریف شده صورت می‌گیرد و نمی‌توان روند توسعه مشخص برای حل یک مساله و اقدامات انجام گرفته توسط افراد مختلف را در خصوص حل مساله تعریف نمود.

۲-۲- مدیریت بخش معدن

۲-۲-۱- مدیریت و تصمیم‌گیری

اصولا احداث بسیاری از سازه‌های بزرگ در دوره‌های گذشته، نشان از اطلاع پیشینیان ازمفهوم و فنون مدیریت و تلاش در جهت ساماندهی، برنامه‌ریزی وکنترل فعالیت‌ها بوده است. این پیشرفت با به کارگیری مباحث ریاضی و آماری در قرن بیستم و توسعه نرم‌افزارهای مدیریتی در دهه‌های اخیر شتاب گرفت و هم اکنون به عنوان یکی از رشته‌های جذاب دانشگاهی می‌باشد.

پیشرفت علم مدیریت باعث ارائه رویکردهای مختلف مدیریتی گردید. یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال اصلی‌ترین رویکردهای مدیریت، نگرش کلاسیک می‌باشد، که در اواخر قرن هیجدهم در اثر انقلاب صنعتی ارائه گردید و نتایج آن در اواخر قرن نوزدهم، موجب تحولاتی در توسعه شهرنشینی، گسترش صنایع و بازرگانی، پیشرفت‌های فناوری و تولید انبوه گردید.

نگرش کلاسیک مدیریت از مجموعه نظرات مرتبط به هم شامل بوروکراسی (دیوان سالاری)، مدیریت اجرایی (اداری) و مدیریت علمی تشکیل شده است. اصول عام و ثابت مدیریت کلاسیک شامل اصول هماهنگی، سلسله مراتب، تخصص، صف و ستاد، نظارت و اختیار و مسئولیت می‌باشد (مدنی،۱۳۸۰) . در نظریه بوروکراسی که توسط ماکس وِبر[۱] ارائه گردید، سازمانی را که در آن منشا قدرت قانون باشد و در عین حال ساختاری عقلایی دارد ایده‌آل نامیده می شود. این نوع نظریه اداری به عنوان یکی از اصلی‌ترین رویکردهای مدیریت کلاسیک می‌باشد که توسط یک مهندس معدن و مدیر اجرایی فرانسوی به نام هنری فایول[۲] ارائه گردید. این نگرش مدیریت را مجموعه‌ای از اصول، عناصر و توانایی‌ها تعریف می‌نماید. اصول مدیریتی فایول شامل اصول تقسیم کار[۳]، تفویض اختیار[۴]، انضباط[۵]، وحدت فرماندهی[۶]، وحدت مدیریت[۱]، تقدم منافع عمومی بر منافع فردی[۲]، پاداش[۳]،

---

[۱] Max Weber
[۲] Henri Fayol
[۳] Division of Work
[۴] Authority
[5] Discipline
[۶] Unity of Command

تمرکزگرایی[۴]، سلسله‌مراتب[۵]، نظم[۶]، برابری[۷]، امنیت شغلی[۸]، ابداع و ابتکار[۹] و کار گروهی[۱۰] می‌باشد. تعریف جامع از مدیریت در این نگرش بر مبنای پنج عنصر اصلی ذیل می‌باشد. (ایران‌نژاد و ساسان-گهر، ۱۳۷۰):

- برنامه‌ریزی[۱۱]: به معنی پیش‌بینی، طراحی فعالیت‌ها و اقدامات آتی سازمان
- سازماندهی[۱۲]: به معنی فراهم نمودن منابع و نهاده‌های مناسب برای انجام فعالیت‌ها
- فرماندهی[۱۳] : صدور دستورات اجرایی به کارکنان تحت نظر با هدف هدایت و راهنمایی آنان
- هماهنگی[۱۴]: توافق و سازگاری بین بخش‌های مختلف سازمان، وحدت جهت و هدف سازمان
- کنترل[۱۵]: رسیدگی در خصوص تصویب جریان امور مطابق برنامه‌ها

مدیریت علمی نیز که از اواخر قرن نوزدهم با مطالعات مهندس جوانی به نام تیلور[۱۶] در آمریکا آغاز شد، که بر مبنای اصول علم، هماهنگی، همکاری گروهی و حداکثر تولید استوار است و مبانی فلسفی آن را می‌توان در به‌کارگیری روش علمی جهت انجام هر یک از عناصر تشکیل دهنده کار نامید (نیکواقبال، ۱۳۷۸) .

اتخاذ تصمیم، از دیدگاه بسیاری از صاحبنظران، جوهر اصلی مدیریت است. از بعد تصمیم‌گیری نیز، مدیریت یک سیستم بهم مرتبط منطقی بوده که بوسیله قواعد یا قانونمندی‌ها هدایت می‌گردد. در این فرآیند دوطرفه، نهاده‌ها و اطلاعات وارد سیستم شده و عملیاتی روی آن انجام می‌گیرد و نتایجی

---

[1] Unity of Direction
[2] Subordination of Individual Interests to the General Interest
[3] Remuneration
[4] Centralization
[5] Scalar Chain
[6] Order
[7] Equity
[8] Stability of Tenure of Personnel
[9] Initiative
[10] Team Working
[11] Planning
[12] Organizing
[13] Directing
[14] Coordinating
[15] Control
[16] Frederick W. Taylor

را به بار می‌آورد. اطلاعات بدست آمده در فرآیند بازخورد با نتایج مطلوب و دلخواه که همان ارزش‌ها، معیارها و اهداف هستند مقایسه شده و در صورت مغایرت با آنها تغییر پیدا می‌کند.

به‌کارگیری آمار و ریاضی در دهه ۱۹۵۰، باعث پیشرفت‌های عمده‌ای در مباحث تصمیم‌گیری گردیدکه از جمله این پیشرفت‌ها می‌توان به گسترش روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] اشاره نمود. الگوی اساسی تصمیم‌گیری در قالب معادلات ریاضی از سه بخش اصلی زیر تشکیل می‌شود (سعادت، ۱۳۷۲):

- متغیرهای تصمیم‌گیری یا پارامترهای قابل کنترل، که بیانگر عواملی هستند که تصمیم‌گیرنده قادر به تغییر آنها جهت دسترسی به اهداف خود می‌باشد.
- داده‌های ثابت را می‌توان عوامل خارج از کنترل تصمیم گیرنده نامید.
- تابع هدف که رابطه بین متغیر هدف را با متغیرهای تصمیم‌گیری و داده‌های ثابت نشان می‌دهد و بر اساس نتیجه مورد نظر تصمیم گیرنده و نوع مساله متفاوت می‌باشد.

نکته قابل توجه اینکه انتخاب نقش عوامل متغیر و ثابت بستگی به واحد تصمیم گیرنده و شرایط محیطی دارد بطوری که در هر مدل بسته به حوزه بررسی، نقش این عوامل می‌تواند بصورت محیطی و یا داخلی مورد بررسی قرار گیرد.

مدل‌های تصمیم‌گیری برای تشخیص فرآیندهای مورد استفاده توسط افراد و به منظور تشخیص بهترین نوع تصمیم‌گیری تهیه می‌شوند و به دو سطح کلی کلان و خرد قابل تفکیک می‌باشند. مسائل پیش‌روی مدیریت‌های بخش‌های اقتصادی در سطح کلان و پیچیده است و شبیه‌سازی مسائل و به کارگیری مدل‌ها از مهمترین ابزارهای مدیریت برای حل این گونه مسائل می‌باشد. لذا در این گونه مسائل تصمیم گیرندگان باید بتوانند نتایج حاصل از اجرای تصمیمات مختلف را بر روی مدل ساخته شده بررسی نمایند و مناسب‌ترین تصمیمات انتخاب و اجرا گردد (فخیمی، ۱۳۷۹).

[1] Multiple Criteria Decision Making

۲-۲-۲- بخش معدن

معدنکاری را می‌توان به عنوان فعالیت صنعتی در بخش معدن، جهت دسترسی به کانسارهای سطحی یا زیرزمینی با هدف بهره‌برداری از آنها نامید و یکی از قدیمی‌ترین فعالیت‌های صنعتی بشر پس از کشاورزی می‌باشد. معدنکاری را نمی‌توان یک فعالیت مستقل و منفک از سایر فعالیت‌ها در نظر گرفت. این فعالیت مشابه هر فعالیت اقتصادی و صنعتی دیگر پس از مطالعات امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بر روی منابع معدنی صورت می‌گیرد. این منابع به عنوان جزئی از منابع طبیعی تجدید ناپذیر می‌باشند و در صورت امکان‌پذیری فنی و اقتصادی تولید به عنوان ذخایر شناخته می‌شوند. در فرایند معدنکاری صرف نظر از نوع ماده معدنی و ویژگی‌های ذخیره، فعالیت‌های مختلفی بر روی ذخیره معدنی صورت می‌گیرد تا امکان استخراج مواد معدنی و تهیه یک محصول (کالای مورد مصرف مشتری) فراهم گردد. حیطه بخش معدن بر اساس طبقه‌بندی بین‌المللی استاندارد فعالیت‌های صنعتی[1] می‌توان شامل فعالیت‌های صنعتی مربوط به بهره‌برداری مستقیم از ذخایر معدنی در پنج گروه اصلی شامل زغال‌سنگ و لیگنیت، نفت وگاز، مواد معدنی هسته‌ای، کانه‌های فلزی و سایر معادن می‌باشد (United Nation Statistics Division, 1989). در بسیاری از کشورها بدلیل تفکیک حوزه‌های مدیریتی بخش‌های نفت و گاز و مواد هسته‌ای، فعالیت‌های بهره‌برداری از مواد معدنی مذکور، از فعالیت‌های معدنی جدا گردیده‌اند.

صنایع معدنی که به عنوان صنایع تکمیل‌کننده ارزش مواد معدنی و اصلی‌ترین مصرف‌کننده محصولات معادن می‌باشند شامل دو گروه اصلی از رده تولید محصولات کارخانه‌ای شامل صنایع کانی غیرفلزی (رده ۲۶) و صنایع فلزات اساسی (رده ۲۷) در طبقه‌بندی استاندارد فعالیت‌های صنعتی می‌باشند. در خصوص فعالیت‌های پی‌جویی و اکتشاف به عنوان پیش‌نیازهای فعالیت معدنکاری، فعالیت جداگانه‌ای در تقسیم‌بندی استاندارد فعالیت‌های صنعتی تعریف نشده است و جزو خدمات منظور می‌شود. در برخی از کشورها مدیریت بخش‌های اکتشاف، بهره‌برداری معادن و صنایع معدنی

[1] International Standard of Industrial Classification (ISIC)

بدلیل لزوم سیاستگذاری واحد، بصورت یکپارچه صورت می‌گیرد لیکن از دیدگاه تقسیم‌بندی استاندارد فعالیت‌های صنعتی، نمی‌توان صنایع معدنی و اکتشاف را جزو بخش معدن قرار داد. در مجموع حیطه بخش معدن را می‌توان بر مبنای انتخاب فعالیت‌های معدنکاری از سه گروه زغال‌سنگ، کانه‌های فلزی و دیگر کانی‌ها در نظر گرفت که، با توجه به معیار طبقه‌بندی بین‌المللی استاندارد فعالیت‌های صنعتی صورت می‌گیرد.

اجزای بخش معدن را می‌توان به صورت عوامل و نهاده‌های تولید تعریف نمود که توسط بهره برداران معادن جهت استخراج ذخایر معدنی بکار گرفته می‌شود. بهره‌برداران نیز شامل افراد حقیقی و حقوقی استخراج کننده ذخایر معدنی اعم از دولتی یا غیردولتی، به عنوان واحدهای عملیاتی بخش می‌باشند عوامل اصلی تولید را می‌توان به دو گروه اصلی ذیل تقسیم نمود:

- اموال سرمایه‌ای معادن از قبیل ماشین‌آلات و تجهیزات، تاسیسات و ساختمان، وسایل نقلیه، راه‌اختصاصی
- نیروی انسانی شاغل در معادن

از طرفی پیشرفت فنی نیز به عنوان عامل اصلی بهره‌وری نهاده‌های تولید در حوزه معادن قابل بررسی می‌باشد. نکته قابل توجه، تاثیر اجزای پیشین و پسین زنجیره تولید معادن بر فعالیت های بهره‌برداری از ذخایر معدنی می‌باشد که عمدتا فنی بوده و بسته به نوع ماده معدنی، ویژگی‌های ذخیره معدنی و ماشین آلات موجود متفاوت می‌باشد و معمولا اعمال مدیریت واحد از منظر بخشی بر مسائل موجود آنها امکان‌پذیر نمی‌باشد.

۲-۲-۳- مدیریت معادن

اصولا فعالیت‌های معدنی مانند هر فعالیت صنعتی دیگر باید از شرایط اقتصادی بودن تولید برخوردار باشند تا بتواند از اجزا و نهاده‌های در دسترس استفاده بهینه نماید. با توجه به توضیحات بخش‌های قبلی، مدیریت معادن را می‌توان تلاش در جهت استفاده بهینه از ذخایر بر اساس اصول

مدیریت تعریف نمود. از طرفی با توجه به ماهیت تجدید ناپذیر[1] ذخایر معدنی و ترکیب ذینفعان فعالیت‌های معدنی، اهداف و راهبردهای آن، مدیریت از دو منظر مختلف بنگاهی و بخشی قابل بررسی می‌باشد.

۲-۲-۳-۱- مدیریت معادن از دیدگاه بنگاهی

مدیریت در سطح بنگاهی عمدتا با عنوان مدیریت منابع معدنی[2] شناخته می‌شود و بر اساس دیدگاه بهره‌برداران معادن، جهت کسب حداکثر سود در طول دوره بهره‌برداری از ذخیره تعریف می‌گردد. از جمله این دیدگاه ها می‌توان به نظرات مک‌فارلین[3] و هاریسون[4] اشاره نمود. مک فارلین مدیریت منابع معدنی را یک فعالیت یکپارچه شامل بکارگیری اصول مدیریت جهت حداکثر نمودن دارایی موجود بنگاه با هدف رشد ارزش ذینفعان و سهامداران تعریف می‌نماید(Macfarlane, 2000). هاریسون مدیریت منابع معدنی را بصورت مدیریت کارآمد جهت بهره‌برداری از ذخایر معدنی در اختیار برای نیل به اهداف موسسه یا سازمان تعریف می‌نماید(Harrison, 2000). مک فارلین در تکمیل نظرات قبلی خود و با بررسی مطالعات افراد مختلف، حداکثر نمودن ارزش افزوده را به عنوان بهترین معیار عملکرد مدیریت منابع معدنی در بنگاه معرفی می‌نماید (Macfarlane, 2006). نکته مهم این که مدیریت در سطح بنگاهی، باید درک جامعی از اهداف تجاری بنگاه و نیز فرآیند عملیات معدنی داشته باشد تا بتواند به اهدافی از قبیل حداکثر نمودن ثروت سهامداران از طریق بکارگیری موثر دارایی‌ها، ایجاد تعادل بین اهداف کوتاه مدت و بلند مدت سازمان وایجاد تعادل بین درآمد و هزینه‌ها دست یابد. از بین شاخص‌های مختلف سنجش عملکرد مدیریت بنگاه‌ها، می‌توان به ارزش افزوده اقتصادی[5] به عنوان شاخصی که قادر به ایجاد تعادل بین سوددهی کوتاه مدت بنگاه با اهداف بلندمدت آن می‌باشد اشاره نمود که بیانگر میزان اضافه ارزش ایجاد شده از بابت تفاوت ارزش فروش محصول مورد تقاضای بازار و ارزش کالاها و خدمات خریداری شده جهت تولید آن محصول می‌باشد(McGill, 2005) .

[1] Non Renewable
[2] Mineral Resource Management (MRM)
[3] Alastair S. Macfarlane
[4] Harrison
[5] Economic Value Added (EVA)

۲-۲-۳-۲-مدیریت معادن از دیدگاه بخشی

به طور کلی مدیریت معادن از دیدگاه بخشی را می‌توان بر اساس نقش دولت در تحقق توسعه پایدار از طریق فعالیت‌های معدنی تعریف نمود. هدف اصلی توسعه پایدار، بهبود کیفیت زندگی در افق طولانی مدت با در نظر گرفتن نسلهای بعدی در سه بعد اصلی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌باشد و آن را می‌توان فرآیند پیشرفت جهت تامین نیازهای نسل فعلی با در نظرگرفتن توانایی های نسلهای آتی جهت تامین نیازهایشان نامید. توسعه پایدار در حال حاضر ابعاد مختلفی دارد که می توان به رشد اقتصادی، استفاده متوازن از منابع طبیعی و دیگر منابع و توسعه اجتماعی اشاره نمود (Shields, 2004). این وظایف در ارتباط مستقیم با انجام وظایف حاکمیتی و نظارتی دولت در جهت صیانت از منابع طبیعی، ایجاد محیط کسب و کار مناسب تولید و حفظ منافع جامعه می‌باشد. از این رو در بررسی مفاهیم مدیریت معادن در سطح بخشی علاوه بر حفظ محیط زیست، ملاحظاتی مانند استخراج بهینه ذخایر معدنی، صیانت از نیروی کار، حفظ زنجیره تامین صنایع پایین دستی و بخش‌های اقتصادی کشور مدنظر قرار می‌گیرد تا در نهایت، امکان ایجاد تعادل مناسب در زمینه بهره-برداری کامل ذخایر معدنی با ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی فراهم گردد (Ken Willett, 2002).

از طرفی مدیریت بخشی در عین توجه به اهداف مذکور، باید نگاهی به اهداف مدیریت بنگاهی نیز داشته باشد تا امکان بهبود فضای کسب و کار معدنی فراهم گردد. لیکن تلاش می‌گردد تا میزان بهره‌برداری بهینه از معادن بر مبنای حداکثر سازی منافع اجتماعی حاصل از بهره‌برداری صورت گیرد. در این راستا، رویکردهای ذیل قابل ارائه می‌باشد:

- مدیریت موثر سرمایه‌های ملی بر مبنای تبدیل منابع تجدیدناپذیر معدنی به سرمایه‌های تجدیدپذیر با سرمایه گذاری در منابع انسانی و فیزیکی مورد نیاز نسل‌های آتی
- رعایت ملاحظات و نیازهای عمومی جامعه

- نظارت بر رعایت قوانین و استانداردهای ایمنی، سلامتی و زیست محیطی[1] معادن
- بهبود، تثبیت و ارتقای محیط رقابتی کسب و کار با حذف انحصارات و رانت‌ها
- مدیریت موثر ارتقای فناوری در کلیه اجزای زنجیره تولید مواد معدنی
- معرفی پتانسیل‌های معدنی و تسهیل شرایط جذب سرمایه گذاری جهت بنگاه‌ها
- صیانت از نیروی انسانی و ارتقای مهارت‌های نیروی کار
- کسب درآمدهای پایدار برای دولت

مهمترین ابزارهای دولت در جهت اعمال وظایف فوق‌الذکر شامل موارد ذیل می‌باشد:

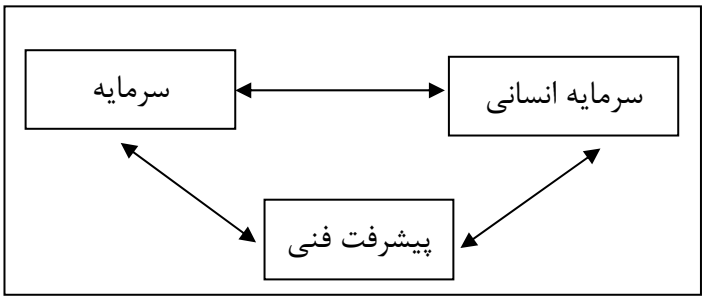
- اعطا و لغو مجوزهای فعالیت‌های معدنی
- وضع قوانین و آیین نامه‌ها
- اخذ حقوق مالکانه[2] و مالیات
- کمک به تشکیل سرمایه و تامین زیرساخت‌های مورد نیاز جهت گسترش فعالیت‌های فعالیت‌های معدنی

در مجموع می توان گفت که مدیریت بخش معدن با به‌کارگیری اصول مدیریت منطقی و با استفاده از ابزارهای مذکور، باید بتواند تا امکان تحقق اهداف مذکور را فراهم نماید. با توجه به موارد فوق‌الذکر، اعمال مدیریت کارآمد بر بخش معدن یک فرآیند کلان و هدف‌گرا بوده و مدیریت مذکور، نیاز به دیدگاه جامع اقتصادی و به‌کارگیری علوم و فنون مختلف در مجموعه فعالیت‌های منتهی به تولید محصولات نهایی دارد تا قادر به اعمال توام اهداف مدیریت بنگاهی و بخشی باشد. از مهمترین و کامل ترین تحقیقات در حوزه مدیریت و سیاستگذاری بخش معدن و تاثیر عوامل محیطی بر آن می‌توان به بررسی های شیخ الاسلامی سلماسی[3] اشاره نمود (Sheikhaleslami salmasi, 1999).

[1] Health, Safety and Environment (H.S.E)
[2] Royalty
[3] K.sheikhaleslami salmasi

۲-۳- عوامل رشد معادن

تولید را می‌توان فرآیند تغییر شکل دادن هدفمند نهاده‌ها به منظور ایجاد محصول نامید که در این فرآیند، نهاده‌های مختلف با یکدیگر ترکیب گردیده و با تغییر شکل به محصول تبدیل می‌شوند. نگرش سه‌جانبه‌گرایی درباره رشد اقتصادی، مطابق شکل (۲- ۱) شامل سه جزو اصلی به هم وابسته و مکمل شامل سرمایه فیزیکی، سرمایه انسانی و پیشرفت فنی در جهت رشد وجود دارد (خوش‌الحان و اسماعیل‌پور، ۱۳۸۳). با توجه به این دیدگاه عوامل موثر بر رشد اقتصادی معادن می‌توان از سرمایه و نیروی انسانی به شرح ذیل بیان نمود:



شکل۲-۱ : دیدگاه سه‌جانبه گرایی در خصوص عوامل رشد اقتصادی (خوش‌الحان و اسماعیل‌پور، ۱۳۸۳)

۲-۳-۱- سرمایه

سرمایه[1] از جمله نهاده‌های اصلی تولید می‌باشد که از جنبه‌های مختلف ظرفیت تولید، رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری اهمیت پیدا می‌کند. از دیدگاه فیزیکی، سرمایه در برگیرنده ماشین آلات و ساختمان و به طور کلی ظرفیت تولیدی بخش، بنگاه و یا سازمان می‌باشد. تشکیل سرمایه ثابت ناخالص[2] یا سرمایه‌گذاری[3] به عنوان یک متغیر اقتصاد کلان، از تقاضای بنگاههای اقتصادی برای عامل سرمایه به عنوان یک عامل تولیدی تاثیر می‌پذیرد. این متغیر را در سیستم حساب‌های ملی[4] می‌توان تغییر حجم سرمایه ثابت موجود در طی یک دوره نامید که از تفاضل ارزش کل دارایی‌های ثابت اضافه

[1] Capital
[2] Gross Capital Formation
[3] Investment
[4] System of National Accounts (SNA)

شده اعم از تولید شده و خریداری شده از مصرف آنها در طول یک دوره حسابداری (که معمولاً یک ساله است) به دست می‌آید. تجلی نهایی تشکیل سرمایه ثابت ناخالص به صورت کالاهای بادوام و سرمایه‌ای است که در راه تولید کالاها و خدمات جدید بکار گرفته می‌شود و عمر اقتصادی آنها بیش از یک سال می‌باشد (سلیمی‌فر و قوی،۱۳۸۱). لازم بذکر است که تهیه زمین و ذخایر معدن در حسابهای ملی جزو تشکیل سرمایه منظور نمی‌گردد لیکن هزینه‌های مربوط به خرید و فروش زمین، معدن و نظایر آن در این حساب جزو تشکیل سرمایه منظور می‌گردد (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۷). موجودی سرمایه تحت تاثیر دو عامل میزان استهلاک[1] و نرخ سرمایه‌گذاری می‌باشد. مصرف سرمایه یا استهلاک، هزینه شامل جایگزینی آن قسمت از موجودی سرمایه که در طی سال در جریان تولید مصرف شده است می‌شود و برای تمام دارایی‌های ثابت مشهود و غیرمشهود که در مالکیت بنگاه می‌باشد به جز اشیای قیمتی محاسبه می‌گردد. لیکن استهلاک، کاهش دارایی‌های تولید نشده‌ای مانند ذخایر معدنی را پوشش نمی‌دهد. روش موجودی پیوسته مهم‌ترین روش برآورد ارزش موجودی سرمایه‌های ثابت برای یک کشور و یا بنگاه اقتصادی می‌باشد. در این روش تخمین ارزش تجمیعی سرمایه‌گذاری‌های قبلی با کسر مقادیر استهلاک آنها در قالب رابطه (۲-۷) صورت می‌گیرد (Mahoy, 1993).

$$K_t = K_0 + \sum_{i=1}^{t} (I - D)_i \qquad (۲-۷)$$

که در رابطه فوق الذکر:

K_t: ارزش خالص موجودی سرمایه ثابت در زمان t

K_0: ارزش موجودی سرمایه در ابتدای دوره

I: ارزش سرمایه‌گذاری ناخالص سالانه در طی دوره t

D: میزان استهلاک سرمایه‌های ثابت در طی دوره t می‌باشد.

[1] Depreciation

بر مبنای پیشنهاد سازمان بهره‌وری آسیایی[1] جهت بکارگیری این روش در محاسبه موجودی سرمایه و محاسبه شاخص‌های بهره‌وری، میانگین عمر مفید ماشین آلات ۸ سال، عمر مفید ساختمان ۱۵ سال و میانگین ترکیبی ارزش موجودی سرمایه ثابت معادل ۱۳ سال در نظر گرفته می‌شود (خوش‌الحان و اسماعیل‌پور، ۱۳۸۳).

۲-۳-۲- نیروی انسانی

اگرچه از دیدگاه بسیاری از اقتصاددانان، نقش سرمایه فیزیکی را شرط لازم می‌دانند لیکن آن را کافی نمی‌دانند و ایجاد توسعه را به برخی از متغیرهای اقتصادی و اجتماعی نسبت می‌دهند. بر این اساس توجیه رشد و توسعه هر کشور یا بخش اقتصادی فقط به عامل سرمایه بر نمی‌گردد و به عوامل دیگری از قبیل ویژگی‌های انسانی، میزان دانش و اطلاعات و نحوه استفاده از سرمایه‌ها نیز وابسته می‌باشد.

در خصوص بخش معدن، نیروی کار معادن به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تولید، نقش کلیدی در به‌کارگیری بهتر سرمایه‌های فیزیکی و منابع مادی در جریان تولید و افزایش بهره‌وری دارد. عدم استفاده از نیروی انسانی مناسب در جهت سازماندهی، مدیریت و اجرای عملیات معدنی در اجزای مختلف زنجیره معدنکاری موجب استفاده ناکارآمد و تضییع منابع طبیعی تجدیدناپذیر معدنی و سرمایه‌های فیزیکی می‌گردد. از طرفی معادن با توجه به ماهیت دوری از مناطق شهری، صعوبت خاص فعالیت‌های معدنی و کمبود امکانات و زیرساخت‌ها از مشکلات خاصی در مورد نیروی کار رنج می‌برند. از مهمترین این مشکلات می‌توان به پایین بودن سطح سواد کارگران فعال در آنها، کاستی-های مدیریتی و نظارتی، ارتباطات و هماهنگی‌های غیرموثر و ناکافی محیط کار معادن با محیط بیرون، پایین بودن سطح بهداشت و ایمنی نیروی کار، ضعف روحیه کاری و فرهنگ نامناسب تولید دانست که در نهایت موجب کاهش بهره‌وری نیروی کار فعال معادن می‌گردد (طرح تحقیقات اساسی بخش صنعت و معدن، ۱۳۸۵).

[1] Asian Productivity Agency

بررسی و حل مسائل نیروی کار در گذشته اغلب با روش‌های کیفی صورت می‌گرفت. لیکن مدل‌های ریاضی در دهه‌های اخیر نقش اساسی در حل این‌گونه مسائل داشته‌اند. از جمله آنها می‌توان به کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی خطی[1] و علم تحقیق در عملیات[2] اشاره نمود. با توجه به تفاوت ماهوی مبحث نیروی انسانی، ونگ[3] روش‌های حل مسائل مربوط به مدیریت نیروی کار را بر مبنای مدل‌های ریاضی در چهارگروه شامل زنجیره مارکوف[4]، شبیه‌سازی کامپیوتری، بهینه‌سازی[5] و پویایی سیستم طبقه‌بندی کرده است. به عقیده ونگ، هریک از روش‌های مذکور جنبه‌های مختلفی از برنامه‌ریزی فرآیند مدیریت نیروی کار و مسائل مرتبط را پوشش می‌دهند، لیکن از بین روش‌های مذکور، روش پویایی سیستم بر مبنای شناخت روابط مولفه‌های کمی و کیفی، مناسب‌ترین روش جهت تحلیل و بررسی دینامیک نیروی کار می‌باشد (Wang, 2005). با توجه به بررسی مطالعات قبلی در زمینه نیروی کار که تعدادی از آنها در ذیل آمده است، عمده مطالعات داخلی بر مبنای روش‌های اقتصاد سنجی[6] صورت گرفته است.

- لیانجون و همکاران[7] در مقاله‌ای به تحلیل عرضه و تقاضای نیروی کار در صنعت فناوری اطلاعات بر مبنای زنجیره تامین و پویایی سیستم پرداخته‌اند. در مقاله مذکور به چالش‌های تقاضای نیروی کار در ارتباط با نیازهای مدیریت پروژه از یک طرف، و نیز عرضه نیروی انسانی بر مبنای مدیریت منابع انسانی توجه گردیده است (Lianjun et al, 2007) .
- عمادزاده و بکتاش، با به کارگیری داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۰ و بر مبنای تابع تولید کاب‌داگلاس و روش حداقل مربعات معمولی به تحلیل تاثیرات آموزش نیروی کار بر ارزش افزوده بخش صنعت پرداخته‌اند. بر اساس نتایج تحقیق مذکور، تولیدات صنعتی کشور کاربر بوده و یک درصد افزایش پارامترهای سرمایه فیزیکی، نیروی کار متخصص و غیرمتخصص به ترتیب

[1] Linear Programming
[2] Operation Research
[3] Wang
[4] Markov Chain
[5] Optimization
[6] Econometrics
[7] Lianjun An

منجر به ۰/۳۴، ۰/۲۹و ۰/۱۱درصد افزایش در ارزش افزوده بخش صنعت می‌گردد (عمادزاده و بکتاش، ۱۳۸۴).

- عاقلی و امامقلی‌پور، در تحقیقی به بررسی ارتباط بین دستمزد نیروهای شاغل در معادن کشور و سطح بهره‌وری معادن از طریق روش‌های اقتصاد سنجی پرداخته‌اند. در تحقیق مذکور، داده‌های مقطعی و سری زمانی مربوط به معادن فعال ۲۸ استان کشور در دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ بکار گرفته شد و ارتباط رگرسیونی بهره‌وری نیروی کار در معادن و حقوق و مزایای پرداختی به شاغلین معادن فعال کشور به مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق، بیانگر بی‌کشش بودن دستمزد پرداختی نسبت به بهره‌وری متوسط نیروی کار می‌باشد (عاقلی و امامقلی‌پور، ۱۳۸۴).
- کریمی با در نظرگرفتن سه شاخص کیفی نیروی انسانی شامل شاغلان تولیدی دارای مهارت و تخصص، کارگران تولیدی دارای تحصیلات آموزش عالی و شاغلان تولیدی دارای تجربه بیش از ۵ سال به تحلیل عوامل موثر بر نیروی انسانی و تعیین میزان تاثیرپذیری هزینه‌های تولید و صادرات کالاها از بهره‌وری نیروی انسانی بخش صنعت طی سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ پرداخته است (کریمی و پیراسته۱۳۸۳).
- در خصوص بررسی تاثیر نیروی انسانی بر رشد اقتصادی، برادران شرکا و همکاران، تاثیر نرخ رشد جمعیت را به عنوان عامل بیانگر نیروی کار با در نظرگرفتن عوامل دیگری از قبیل نسبت سرمایه‌گذاری به تولید ناخالص داخلی و نرخ رشد صادرات در ۱۲۷ کشور دنیا مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج تحقیق مذکور، نشانگر تاثیر بالای رشد جمعیت بر رشد تولید ناخالص داخلی نسبت به دیگر عوامل می‌باشد که این تاثیر در کشورهای فقیر بیشتر از کشورهای ثروتمند می‌باشد (برادران شرکا و همکاران، ۱۳۸۴).

- صمدی با بررسی روابط علّت و معلولی بهره‌وری و سطح دستمزد در بخش صنعت، صرفا وجود رابطه علّیت از دستمزد به بهره‌وری را تایید کرده است و وجود رابطه علّی یک طرفه از بهره‌وری و بیکاری به دستمزد را رد می‌کند (صمدی،۱۳۸۳).
- کمیجانی و معمارنژاد، با هدف بررسی تاثیر کیفیت نیروی انسانی و تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی، به مدل‌سازی رشد اقتصادی کشور بر مبنای مدل رشد با تغییر درونزای فن‌آوری پرداخته‌اند. برای مدل‌سازی نیروی انسانی از شاخص سرمایه انسانی بر مبنای میزان فارغ‌التحصیلان دانشگاهی شاغل و بودجه‌های تحقیقاتی کشور و شاخص نیروی کار فعال کشور استفاده شده است. بر اساس نتایج تحقیق مذکور، لگاریتم تولید ناخالص داخلی کشور در کوتاه مدت بیشترین تاثیر را از نیروی کار فعال کشور به میزان ۰/۹۸۵ می‌پذیرد که این تاثیر در بلندمدت کاهش یافته و به ۰/۴۳رسیده است (کمیجانی و معمارنژاد، ۱۳۸۳)
- کازرونی و سجودی در تحقیقی نقش بهره‌وری را در تعیین سطح دستمزد نیروی کار در بخش صنعت مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج تحقیق مذکور، بیانگر وجود سیستم پرداخت انعطاف ناپذیر دستمزد در بخش صنعت ایران و نقش ناچیز بهره‌وری در تعیین سطح دستمزدها می‌باشد (کازرونی و سجودی، ۱۳۸۴)

بررسی‌های مذکور بیانگر این نکته است که مطالعات پویایی سیستمی (که بعدا به تفصیل بیان خواهد شد) در خصوص مسائل نیروی کار به ویژه در حوزه معدن توسط محققین داخلی صورت نگرفته است لیکن در برخی مقالات خارجی، پاره‌ای مطالعات در این خصوص صورت گرفته است. از طرفی عموما نگاه تک‌بعدی بر مسائل نیروی کار حاکم بوده و صرفا تاثیر شاخص‌های کمی نیروی انسانی بر کارآیی نیروی انسانی مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی وابستگی کمی بین سطح بهره‌وری افراد با سطح حقوق مزایای افراد وجود دارد همچنین کارآیی نیروی انسانی علاوه بر شاخص‌های کمی از قبیل حقوق و مزایای دریافتی، به مولفه‌های کیفی از قبیل سطح مهارت، تجربه و دانش نیروی کار بستگی دارد. لذا بررسی مولفه‌های کیفی نیروی انسانی علاوه بر شاخص‌های کمی، از ضروریات تحلیل

مدیریت بخش معدن می‌باشد. با توجه به بررسی صورت گرفته، مهمترین مولفه‌های کمی و کیفی قابل بررسی نیروی کار را که بر یادگیری سریع فنون، ایجاد نوآوری در کار و در نهایت ارتقای شاخص‌های بهره‌وری در فعالیت‌های معدنی موثر می‌باشد عبارتند از:

- **تجربه**: با توجه به ماهیت فعالیت‌های معدنی در خصوص صعوبت کار، خطرات محیطی و بکارگیری ماشین آلات، وجود تجربه کافی از جمله ضروریات اصلی فعالیت در معادن می‌باشد.
- **دانش:** وجود ارتقای سطح دانش نیروی انسانی بر مبنای میزان تحصیلات مرتبط شاغلین، از ملزومات رشد هر بخش اقتصادی می‌باشد. در جدیدترین و متداول‌ترین تعریف از سرمایه انسانی، میزان تحصیلات و یا سال‌های آموزشی به عنوان سرمایه انسانی هر بخش و یا اقتصاد شناخته می‌شود.
- **مهارت:** مهارت را می‌توان توانایی‌های افراد برای به کاربردن موثر دانش و تجربه شخصی جهت انجام ماهرانه وظایف محوله نامید. بروز مهارت حرفه‌ای پرسنل در محیط کار در صورت وجود انگیزه کافی، علاوه بر تسریع در فرآیند اجرای مسئولیت‌های شغلی، می‌تواند موجب گسترش نوآوری و یادگیری دیگر نیروها می‌گردد. همچنین استفاده از نیروهای ماهر در محیط کار موجب کاهش به‌کارگیری پرسنل نظارتی و هماهنگی می‌گردد.
- **آموزش‌های کاربردی نیروی کار**: آموزش نیروی کار یکی از ابزارهای ایجاد انطباق نیروی انسانی بنگاه‌ها با تغییرات روز افزون دنیا در راستای حفظ ثبات، پایداری، رشد و توسعه می‌باشد و موجب ارتقای مهارت کارکنان در محیط کار برای اجرای وظایف و مسئولیت‌های شغلی می‌گردد و می‌تواند باعث برطرف شدن بسیاری از مشکلات موجود کشور در خصوص فرهنگ نامناسب تولید، رفع ناهماهنگ‌های محیط کار و ایمن سازی محیط کار گردد. آموزش مناسب نیروی کار را می‌توان به نوعی سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی نامید که به ارتقای سطح مهارت‌های افراد منجر می‌شود.

- **تحقیق و توسعه**: تعداد شاغلین بخش تحقیق و توسعه و سطح تحصیلات از عوامل موثر بر ایجاد نوآوری و ارتقای بهره‌وری نهاده‌های تولید می‌باشد.

نکته اساسی این که اصولا با ارتقای شاخص‌های کیفی نیروی کار، هزینه‌های بنگاه بابت جبران خدمات هر نفر نیروی کار افزایش می‌یابد. از طرفی مدیریت بنگاه تابع هزینه خود را با معلوم بودن تابع تولید حداقل می‌سازد. لذا از هر یک از نهاده‌های تولید حداکثر به میزانی استفاده می‌شود که ارزش محصول نهایی به ازای هر نهاده برابر با مقدار هزینه بکارگیری هر نهاده گردد (خاوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۵). لذا با فرض رقابتی بودن بازار کار و از دیدگاه بنگاهی، تعادل عرضه و تقاضای نیروی کار بر مبنای تناسب هزینه آن با ارزش تولیدات به ازای هر نفر نیروی کار می‌باشد. به عبارت دیگر هرگاه ارزش تولید به صورت Q، دستمزد پرداختی هر نفر شاغل برابر با W، L تعداد شاغلین و P قیمت نهایی محصول باشد، تولید نهایی هر نفر(MP_l) بر اساس رابطه (۲-۸) محاسبه می‌گردد.

$$MP_l = \frac{dQ}{dL} \qquad (۸-۲)$$

پس از حداقل سازی تابع هزینه بنگاه می‌توان به رابطه منطقی (۲- ۹) دست یافت:

$$P * MP_l = W \qquad (۹-۲)$$

بر این اساس، حداکثر تعداد نیروی کار بنگاه بر مبنای حل معادله درآمد با بهره‌وری نهایی نیروی کار محاسبه می‌شود. این قاعده را می‌توان در خصوص کلیه عوامل تولید اعم از نیروی کار، سرمایه و داده‌های واسطه با فرض امکان دسترسی به آنها در هر لحظه از زمان به قیمت بازاری، بکار گرفت (خاوری نژاد و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۳-۳- پیشرفت فناوری

ورود پیشرفت فناوری به مباحث تولید بر این اساس شکل گرفت که توضیح منطقی در خصوص رشد ارزش افزوده بر مبنای نهاده‌های نیروی کار و سرمایه صورت نگرفت. عامل باقی مانده و یا ضریب

پسماند[۱] که می‌توانست بیانگر تغییرات ارزش افزوده به ازای نهاده‌های ثابت باشد عامل ارتقای بهره‌وری عوامل تولید می‌باشد. سولو این عامل باقی مانده را فناوری نامید. لیکن افراد دیگری همچون دنیسون[۲] مولفه‌های کیفیت نیروی انسانی را بر ارتقای بهره‌وری عوامل تولید موثر می دانستند (انتظاری، ۱۳۷۷). لیکن در مجموع می‌توان گفت که خروجی نهایی عوامل مذکور موجب ارتقای بهره‌وری عوامل تولید می‌گردد. بهره‌وری از مفاهیم کلیدی در اقتصاد به شمار می‌آید و رابطه بین استفاده از عوامل تولید و محصول تولید شده را نشان می‌دهد. بهره‌وری در مفهوم کلی به معنای نسبت ستانده‌ها به داده‌ها می‌باشد و آن‌را می‌توان ترکیبی از کارایی[۳] و اثربخشی[۴] دانست. در خصوص خصوص بهره‌وری، تعاریف مختلفی ارائه گردیده است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به تعریف آژانس بهره‌وری اروپا[۵] اشاره نمود که بهره‌وری را درجه استفاده موثر از هریک از عوامل تولید می‌داند (سازمان ملی بهره‌وری ایران، ۱۳۷۶).

از دیدگاه اقتصاددانان، بخشی از تغییرات بهره‌وری در قالب تغییرات فناوری به مفهوم کلی عامل تغییر منابع، مواد اولیه و داده‌ها به کالاها، خدمات و ستانده صورت می‌گیرد. بهبود شاخص‌های کیفی نیروی انسانی به عنوان راهکاری مکمل، کم هزینه و کارآمد مطرح می‌باشد که علاوه بر توانمندسازی نیروی کار موجب استفاده بهتر از سرمایه‌های فیزیکی و ماشین‌آلات موجود می‌گردد (طرح تحقیقات اساسی بخش صنعت و معدن، ۱۳۸۵).

در خصوص معادن بسته به نوع ماده معدنی، ارتقای فناوری دارای آثار دیگری از جمله کاهش عیار حد، افزایش میزان ذخایر قابل بهره‌برداری، کاهش مشکلات زیست محیطی و ارتقای ایمنی نیروی کار می‌باشد.

---

۱ Residual
2 Denison
۳ Efficiency
٤ Effectiveness
٥ Europe Productivity Agency

از جمله مطالعات مختلف خارجی صورت گرفته در جهت شناسایی عوامل موثر بر بهره‌وری معادن می‌توان به تحقیقات کولشرشتا[1] و پرکیش[2] در خصوص سنجش بهره‌وری در معادن هند (Kulshreshtha & Parikh, 2001) و بررسی‌های تیلتون و همکارانش در مورد بهره‌وری در معادن مس آمریکا (Tilton et al, 1996) اشاره نمود. در داخل کشور بررسی عوامل موثر بر بهره‌وری، عموما در بخش صنعت و زیرشاخه‌های آن صورت گرفته است و فعالیت‌های تحقیقی کمی در معادن صورت گرفته است. از مهمترین بررسی‌های صورت گرفته داخلی می‌توان به طرح ارتقای بهره‌وری بخش معدن اشاره نمود (طرح تحقیقات اساسی بخش صنعت و معدن، ۱۳۸۵).

مباحث فوق‌الذکر در مجموع موید وجود ارتباط تنگاتنگی بین موضوعات ارتقای بهره‌وری به ویژه بهره‌وری کل عوامل تولید با رشد فناوری می‌باشد. لذا در ادامه به موضوع فناوری و اجزای آن پرداخته خواهد شد.

فناوری به عنوان اصلی‌ترین عامل ارتقای بهره‌وری بر مبنای تعریف دایره‌المعارف علم و تکنولوژی، علم نظام یافته یا سیستماتیک فرآیندهای تولیدی بوده که قابل تعمیم به هر فعالیت دیگر می‌باشد (انصاری و همکاران، ۱۳۸۶). به عبارت دیگر فناوری، کاربرد علمی دانش و ابزاری جهت کمک به تلاش انسان است. اجزای اصلی فناوری شامل چهار بخش ذیل می‌باشد (طرح تحقیقات اساسی بخش صنعت و معدن، ۱۳۸۵):

- سطح برنامه‌ریزی، سازماندهی و دانش فنی و اجرایی نهفته در مدیریت بنگاه‌ها
- سطح مهارت، تجربه کاری مرتبط با فرآیند تولید و دانش فنی نهفته در مهارت و تخصص عوامل انسانی بنگاه‌ها
- سطح اطلاعات و دانش فنی تولید موجود در اسناد، محاسبات، نقشه‌ها و نرم‌افزارها
- سطح ماشین‌آلات و تجهیزات و فناوری موجود در سرمایه‌های فیزیکی

[1] Mudit Kulshreshtha
[2] Jyoti K. Parikh

جهت اندازه‌گیری سطح فناوری در بنگاه‌های اقتصادی و یا سطوح بخشی و ملی، روش‌های مختلفی در زمان‌های مختلف ارائه گردیدند که هریک دارای قابلیت‌ها و کاربردهای خاص می‌باشند. مهمترین این روش‌ها عبارتند از (زنجانی ، ۱۳۷۸):

- روش ارزیابی اقتصادی موقعیت فناوری[۱]
- روش اندازه‌گیری مجزای فناوری[۲]
- روش تجزیه و تحلیل استراتژیک[۳]
- روش اطلس فناوری[۴]
- روش شاخص‌های فناوری[۵]
- روش ارزیابی تناسب فناوری[۶]
- روش پورتر[۷]
- روش چندشاخصی[۸]

هریک از روش‌های مذکور دارای مزایا و معایب خاصی می‌باشند لیکن این روش‌ها عمدتا در سطح بنگاهی کارآیی دارند. در مجموع می‌توان روش چندشاخصی را به عنوان روش انتخابی جهت محاسبه شاخص فناوری معادن در نظر گرفت. دراین روش، معیارهای مختلف برای اندازه‌گیری کمی ورودی‌ها و خروجی‌های فناوری از جمله میزان هزینه خالص تحقیق و توسعه، سهم تحقیق و توسعه از ارزش افزوده در سطح بنگاه، بخش و یا سطح ملی بکار گرفته می‌شود. لذا در این روش با تعریف شاخص‌های مختلف مرتبط با فناوری، امکان محاسبه شاخص فناوری فراهم می‌شود. قابلیت محاسبه آسان شاخص‌ها در سطوح بنگاهی، بخشی و ملی، مهمترین مزیت این روش می‌باشد.

---

[1] Economic Assessment of Status of Technology
[2] Disaggregated Measurement of Status of Technology
[3] Strategic Analysis Approach
[4] Technology Atlas
[5] Technology Indicators Approach
[6] Technology Fitness Audit
[7] Porter Approach
[8] Multiple Indicator Approach

۲-۳-۴- تابع تولید

با توجه به این‌که در بخش‌های قبلی مهمترین نهاده‌های تولید به تفصیل بیان گردید، نیاز به روابط ریاضی جهت تعریف ارتباط بین آنها می‌باشد. تابع تولید[1] رابطه ریاضی موجود بین نهاده‌های بکاررفته و میزان محصول تولیدی را نشان می‌دهد و به ازای هر سطحی از نهاده‌ها، یک مقدار معین محصول می‌دهد (اورعی و خداوردی،۱۳۸۱). این تابع بیانگر ارتباط فنی بین نهاده‌ها و محصول می‌باشد و آن را می‌توان به صورت رابطه شماره (۲-۱۰) بیان نمود که پارامترهای x_1 تا x_n بیانگر میزان نهاده‌های مختلف بکار رفته برای تولید محصول Q می‌باشد (موسی‌نژاد و نجارزاده، ۱۳۷۶).

$$Q = f(x_1, x_2, ..., x_n) \qquad (۲-۱۰)$$

بر این اساس تولیدکننده بر روی ترکیبات مختلف نهاده‌های تولیدی تصمیم‌گیری می‌نماید تا با ترکیب آنها و به کارگیری فناوری مشخص به سطح معین محصول دست یابد. طبیعتا عوامل مختلفی بر این تصمیم‌گیری موثر می‌باشند که از جمله آنها می‌توان به هزینه عوامل تولید اشاره نمود.

در خصوص نهاده های تولید، نهاده‌های تعداد نیروی کار و میزان موجودی سرمایه عموما به عنوان اصلی‌ترین نهاده‌ها جهت برآورد تابع تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی بکار گرفته شده است.

برای برآورد تابع تولید در سطح بخش‌ها و فعالیت‌های اقتصادی از ارزش افزوده به جای ارزش تولیدات استفاده می‌گردد. مزیت به کارگیری ارزش افزوده در محاسبات اقتصادی بدین دلیل می‌باشد که در رقم ارزش تولیدات، ارزش یک یا چند محصول تکرارپذیر است، لیکن در رقم ارزش افزوده، امکان وقوع این تکرار وجود ندارد (موسی‌نژاد و نجارزاده، ۱۳۷۶).

مهمترین فرم‌های توابع تولید شامل توابع کاب‌داگلاس[2]، کشش جانشینی ثابت[3] (CES) و ترانسلوگ[4] می‌باشد (موسی‌نژاد و نجارزاده، ۱۳۷۶). جدول شماره (۲-۱) به طور خلاصه معرف فرم‌های مشهور توابع تولید مذکور می‌باشد.

---

[1] Production Function
[2] Cobb Douglass
[3] Constant Elasticity of Substitution (CES)
[4] Translog Production Function

جدول ۲-۱: فرم‌های اولیه و لگاریتمی توابع تولید پرکاربرد

نوع تابع تولید	فرم اولیه تابع	فرم لگاریتمی تابع تولید	متغیرها
کاب‌داگلاس تعمیم‌یافته	$Q = A\prod x_i^{\alpha_i}$	$\ln(Q)=\ln(A)+\alpha_i\sum x_i$	x_i: مقادیر نهاده تولید i α_i: کشش نهاده تولید i
کشش جانشینی ثابت	$Q = A\left[\lambda x_1^{-\rho}+(1-\lambda)x_2^{-\rho}\right]^{-\nu/\rho}$	$\ln(Q) = \ln(A)+\nu*\lambda*\ln K+\nu*(1-\rho)\ln L-$ $0.5*\nu*\rho*\lambda*(1-\lambda)*(\ln(K)-\ln(L))^2$	λ: ضریب تابع ρ: درجه جانشینی نهاده‌های تولید x_1 , x_2: نهاده‌های تولید A: فاکتور بهره‌وری
ترانسلوگ	$Q = A\ x_1^{\alpha 1}\ x_2^{\alpha 2}\ e^{(\gamma/2)(\ln x_1)(\ln x_2)}$	$\ln Q=\ln A+\alpha_1\ln x_1+\alpha_2\ln x_2+\frac{1}{2}*\gamma*\ln x_1*\ln x_2$	x_1 , x_2:نهاده‌های تولید A : فاکتور بهره‌وری

در خصوص برآورد تابع تولید در بخش‌های مختلف صنعتی، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. لیکن در بخش معدن، فعالیت‌های تحقیقی کمی صورت گرفته است. از مهمترین تحقیقات مرتبط در این حوزه می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- لطفعلی‌پور جهت بررسی ساختار فعالیت‌های معدنی به شناسایی متغیرهای اصلی تولید پرداخته است و با تخمین ۴۱ نوع تابع مختلف، عوامل نیروی انسانی و سرمایه را با یک سال تاخیر به عنوان عوامل تولید اصلی معادن معرفی می‌نماید (لطفعلی‌پور، ۱۳۶۹).
- یونس و همکاران بر مبنای داده‌های ۲۰ معدن مختلف، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت را برای معادن زغال سنگ تخمین زده‌اند. لیکن از دیدگاه آنها، تابع تولید کاب داگلاس دارای نتایج بهتری بوده است (عاقلی، ۱۳۸۵)
- مولایی برای محاسبه بهره‌وری کل صنایع مختلف از توابع تولید کاب داگلاس را برای برآورد ارزش افزوده صنایع بکار گرفته است (مولایی، ۱۳۸۴).
- اورعی و خداوردی با تخمین تابع تولید کاب داگلاس برای معادن ایران بر مبنای نهاده‌های سرمایه و نیروی کار پرداخته‌اند در تابع پیشنهادی کشش نیروی انسانی منفی می‌باشد (اورعی و خداوردی،۱۳۸۱).
- عاقلی بر مبنای بررسی داده‌های ۲۸ استان کشور در بازه ۱۳۷۵تا ۱۳۸۱، تابع تولید کاب داگلاس با بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس و با دو نهاده سرمایه و نیروی کار را به عنوان تابع تولید اصلی بخش معدن معرفی نموده است. خروجی تابع مذکور، میزان تولیدات کشور می‌باشد (عاقلی، ۱۳۸۵)

بررسی مطالعات فوق‌الذکر و دیگر مطالعات مشابه بیانگر این نکته است که تابع تولید بکار گرفته شده برای معادن و بسیاری از صنایع مشابه عمدتا به فرم کاب داگلاس می‌باشد.

۲-۴- اقتصاد منابع معدنی

اگر چه بررسی مباحث تابع تولید، رشد فناوری و هریک از نهاده‌های اصلی تولید از موضوعات مورد نیاز جهت تحلیل هر بخش اقتصادی در راستای تعیین ارزش افزوده می‌باشد لیکن معادن با توجه به ماهیت خاص خود از عوامل دیگری نیز تاثیر می‌پذیرند. لذا در این بخش عوامل موثر بر بهره‌برداری از ذخایر معدنی و نیز مولفه‌های هزینه‌ای، درآمدی و مصرف مواد معدنی جهت شناسایی و ایجاد ارتباطات منطقی بین پارامترهای مربوطه از دیدگاه مدیریت کلان بخش معدن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۴-۱- عرضه و تقاضا

عرضه هرکالا به صورت مقداری از آن کالا تعریف می‌شود که تولید کننده قادر و مایل به فروش آن طی دوره مشخصی از زمان باشد. مهمترین عوامل موثر بر عرضه را می‌توان قیمت کالا، قیمت عوامل تولید، تحولات تکنولوژیک، بحران‌های مقطعی، سیاست‌های دولت‌ها، ساختار بازار و نیازهای عرضه کننده بیان نمود.

- قیمت کالا: طبیعتا افزایش قیمت هر کالا بدلیل ارتقای درآمد عرضه کننده، موجب افزایش جذابیت عرضه می‌گردد (اورعی و خداوردی، ۱۳۸۱). در خصوص مواد معدنی تغیرات قیمتی در کوتاه مدت تاثیر چندانی بر عرضه ندارد چرا که در کوتاه مدت، امکان افزایش تولید به دلیل زمان بر بودن ایجاد ظرفیت جدید امکان پذیر نمی‌باشد. وقفه زمانی طولانی جهت هماهنگی ظرفیت جدید نیز می‌تواند موجب تغییرات قیمت عوامل تولید و افزایش هزینه‌ها گردد (Tilton, 1992).
- قیمت عوامل تولید: تغییرات قیمت عوامل تولید موجب تغییرات قیمت تمام شده محصول و شرایط عرضه محصولات معدنی گردد.
- تأثیرات تکنولوژیک: که با پیشرفت‌های فنی موجب ارتقای بهره‌وری تولید و کاهش قیمت تمام شده و تاثیر بر بازار کالا می‌گردد در خصوص مواد معدنی تغییرات تکنولوژیک، موجب کاهش هزینه تمام شده تولید می‌شود و با فراهم شدن امکان پذیری فنی و اقتصادی استخراج ذخایر کم عیار، بر عرضه محصولات معدنی موثر می‌باشد.

با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، می‌توان رابطه (۲- ۱۱) را به عنوان تابع کلی عرضه بیان نمود (اورعی و خداوردی، ۱۳۸۱):

$$S = f(P_n, f_1, f_2, f..., f_n, G, T) \qquad (۱۱-۲)$$

که در این رابطه P_n معادل قیمت کالا در بازار، f_1 تا f_n قیمت عوامل تولید اول تا nام، T تغییرات تکنولوژیک و G اهداف، نیازها و شرایط عرضه کنندگان می‌باشد.

از دیگر عوامل موثر بر عرضه می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود (Tilton, 1992) :

- بحران‌های مقطعی از قبیل اعتصابات، حوادث غیرمترقبه، بروز جنگ و مشکلات زیرساختی که موجب تحمیل شرایط خاص و تاثیر بر فرآیند عرضه می‌گردند. مهمترین تاثیر عام این بحران‌ها در مورد مواد معدنی، تاثیر بر تولید و حمل مواد معدنی می‌باشد.
- سیاست‌های دولت‌ها که بر مبنای نوع قوانین و مالیات‌ها جهت فعالیت‌های معدنی می‌باشد.
- ساختار بازار که بر مبنای رقابتی و انحصاری بودن آن و تعدد بنگاه‌های عرضه و تقاضا کننده کالا تعریف می‌گردد و استراتژی‌های بنگاه‌های فعال هر حوزه بسته به ساختار بازار متفاوت می‌باشد.

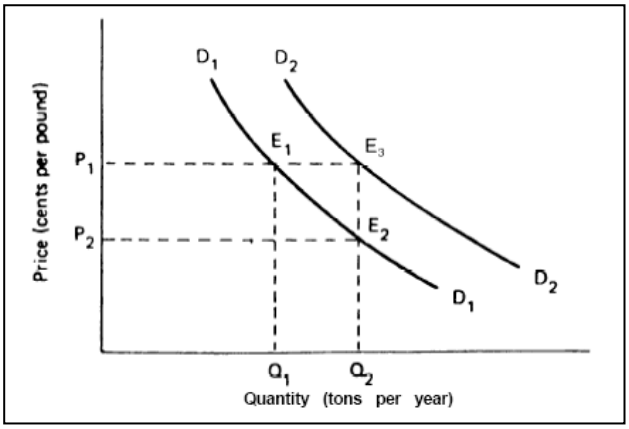
تقاضا به مفهوم مقداری از کالا می‌باشد که در قیمت و زمان معین در بازار مشخص، قابل فروش است. در خصوص کالاهای مصرفی خانواده واحد اصلی تقاضا و بنگاه واحد اصلی رفتار عرضه می‌باشد. تقاضای کالا از عواملی مانند قیمت خود کالا، قیمت سایر کالاها شامل کالاهای جانشین[1] و کالاهای مکمل[2]، درآمد و سلیقه افراد نسبت به کالای مزبور تاثیر می‌پذیرد. عوامل موثر بر تقاضای کالای سرمایه‌ای، که عمدتاً برای مصرف مستقیم تولید نمی‌شوند و بصورت مواد اولیه و یا تجهیزات و وسایل سرمایه‌ای برای تولید کالاهای مصرفی بکار می‌روند از کالاهای مصرفی متفاوت می‌باشند. مهمترین عوامل موثر بر تقاضای کالاهای سرمایه‌ای را می‌توان به شرح زیر بیان نمود (Tilton, 1992):

- تغییرات درآمد که شامل تغییرات کوتاه مدت بهبود محیط کسب و کار و تغییرات بلند مدت رشد اقتصادی می‌باشد. این تغییرات بسته به نوع کالا می‌تواند باعث تأثیرات مختلفی در تقاضا گردد.

[1] Substitute Goods
[2] Complementary Goods

- افزایش قیمت کالا که به دلایل زیر موجب تغییر تقاضای کالاها می‌شود:
  - افزایش هزینه تولید محصولات نهایی و بالتبع آن کاهش تقاضا
  - جانشینی مواد دیگر به جای کالا

در شکل (۲-۲) منحنی تقاضای محصول بر حسب قیمت آن نشان داده شده است. تأثیر قیمت بر تقاضا، بصورت تغییر در مقادیر متناظر منحنی (E_1 به E_2) بروز می‌کند لیکن تأثیر دیگر عوامل می‌تواند به صورت جابجایی منحنی (E_1 به E_3 و بالعکس) صورت گیرد. لازم بذکر است این منحنی بیانگر تقاضا برای یک کانی است و مشخص کننده مصرف و یا تولید محصول مذکور و یا تأثیر تغییرات قیمت بر مبنای زمان نمی‌باشد. همچنین شکل و مقادیر منحنی در ماده معدنی بسته به شرایط کشورها وضعیت بازار متفاوت می‌باشد .



شکل ۲- ۲ : منحنی تقاضای کالا بر حسب قیمت (Tilton, 1992)

- قیمت مواد جانشین و سایر کالاها که با کاهش قیمت، موجب فراهم شدن امکان جانشینی دیگر مواد می‌گردد. همچنین درخصوص کالاهای مکمل، کاهش قیمت موجب افزایش تقاضای کالاهای معدنی می‌گردد.
- تغییرات تکنولوژیک که با توجه به فرآیندهای زیر موجب تغییر تقاضای مواد معدنی می‌شود (Tilton, 1992):
  - کاهش میزان مصرف مواد معدنی در تولید محصولات خاص

- کاهش توانایی مواد معدنی جهت رقابت در بازار مصرف
- تغییر سطح بازار در خصوص اندازه بازار مصرف که به دلیل تغییر نیازهای مصرف کنندگان نهایی در اثر تغییرات تکنولوژیک و سطح درآمد صورت می‌گیرد.

- نیازهای مصرف کنندگان که بسته به نوع کشور و وضعیت مصرف کنندگان متغیر می‌باشد.
- سیاست گذاری خاص دولت‌ها از قبیل سرمایه‌گذاری‌های کلان و تأمین زیرساخت‌ها
- بروز حوادث گسترده مانند جنگ و زلزله که نیاز به عمران و آبادانی در سطح وسیع را ایجاب می‌کند.

با توجه به موارد فوق‌الذکر، تابع کلی تقاضا را می‌توان به صورت رابطه (۲-۱۲) تعریف نمود (اورعی و خداوردی، ۱۳۸۱):

$$D = f(P_n, P_1, \ldots P_{n-1}, I, T, G, C) \qquad (۱۲-۲)$$

که در آن P_n قیمت کالا ، P_1 تا P_{n-1} قیمت کالاهای جانشین و مکمل، T معرف تکنولوژی، G سیاست‌های دولت و C بیانگر نیازهای مصرف کننده می‌باشد.

در خصوص تحلیل روند تقاضای برای محصولات معدنی فلزی، تقاضا برای هر ماده معدنی خاص مطابق رابطه (۲-۱۳)، معمولا به عنوان تابعی از سه متغیر درآمد سالانه کشور، قیمت فلز و قیمت فلزات جانشین فرض می‌گردد (Tilton, 1992):

$$Q_t^d = f(y_t, P_t^0, P_t^S) \qquad (۱۳-۲)$$

که در این رابطه Q_t^d بیانگر تقاضای مواد معدنی، y_t درآمد سالانه، P_t^o قیمت ماده معدنی و P_t^S قیمت کالاهای جانشین در سال t می‌باشد.

تأثیرات رشد اقتصادی به عنوان اصلی‌ترین مولفه موثر بر تقاضای کانی‌ها، می‌تواند به دو صورت انجام شود:

- تغییرات کوتاه مدت در چرخه کسب و کار بخش‌های وابسته
- تأثیرپذیری تقاضا از رشد بلندمدت درآمدها

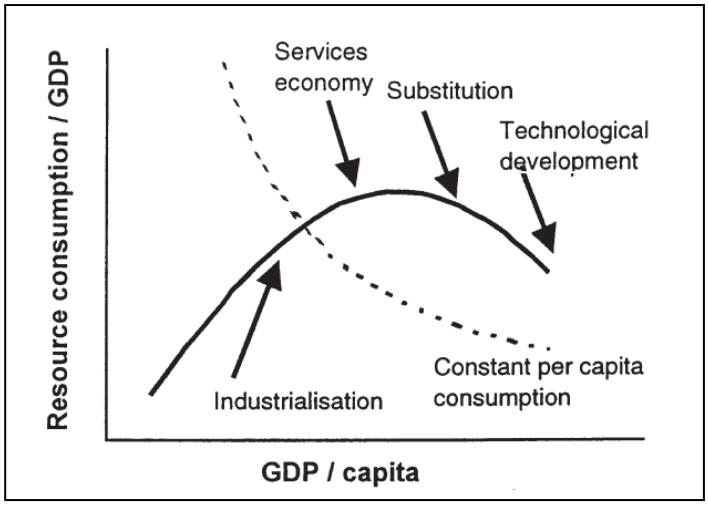
با توجه به این که حوزه اصلی مصرف محصولات معدنی در بخش‌های مختلف از جمله ساختمان و ماشین آلات می‌باشد لذا نوسانات حوزه کسب و کار بخش‌های مربوطه می‌تواند موجب تغییرات تقاضای مواد معدنی گردد. بهبود شرایط اقتصادی کشور تاثیر عمده‌ای بر ارتقای بخش‌های مذکور دارد. در مجموع تأثیرات گسترش فعالیت کسب و کار و بهبود درآمدها، موجب بالا رفتن کشش تقاضا نسبت به درآمد به مقادیر بالاتر از واحد می‌شود.

در خصوص تأثیرپذیری تقاضای مواد معدنی از رشد بلندمدت درآمدها، باید توجه نمود که این رابطه نمی‌تواند دائما به صورت صعودی باشد و بسته به شرایط توسعه هر کشور متفاوت می‌باشد. در خصوص مصرف کانی‌ها بر اساس مطالعات صورت گرفته، افزایش میزان مصرف کانی‌ها (نسبت میزان مصرف به تولید ناخالص داخلی کشور) با سطح توسعه اقتصادی کشورها (تولید ناخالص داخلی سرانه) وابستگی دارد. مطابق شکل (۲- ۴) کشورهایی که در مراحل آغازین توسعه می‌باشند معمولاً در صنایع پایه‌ای، زیرساخت‌ها و پروژه‌های مواد بر[1]سرمایه‌گذاری می‌کنند. در شرایطی که کشوری رو به توسعه می‌باشد تغییرات مربوط به مواد مورد نیاز از سطح کشاورزی (مصرف کم مواد) تا عمران و صنایع کارخانه‌ای (مصرف بالای مواد) روی می‌دهد و تمایل مردم به تجهیزات بادوام بیشتر می‌گردد لذا موجب افزایش مصرف کانی‌ها و فلزات می‌گردد. لیکن پس از رشد اقتصادی، کشورها بیشتر به سمت گسترش خدمات می‌روند که موجب کاهش مصرف کانی‌ها می‌گردد. بر این اساس نوع مصرف کانی‌ها تأثیر زیادی در تغییرات تقاضای کانی دارد. کانی‌هایی که در کالاهای با دوام مانند صنایع ساختمان کاربرد دارند نسبت به کانی‌هایی که در کالاهای مصرفی کاربرد دارند دارای تغییرات کمی نسبت به تغییرات درآمد می‌باشند. از دیگر دلایل بروز این روند می‌توان به تغییرات تکنولوژیک اشاره نمود که علاوه بر کاهش مصرف برخی مواد و جایگزینی آنها با مواد جدید می‌تواند موجب استفاده بهتر مصرف مواد و فلزات گردد. با توجه به موارد فوق الذکر، شکل (۲- ۳) را می‌توان به عنوان راهنمای کلی در جهت ارتباط بین سرانه درآمد و مصرف مواد به ازای درآمد بیان نمود که بیانگر مراحل مختلف توسعه یک کشور می‌باشد.

[1] Material Intensive

بر این اساس کشش تقاضا نسبت به درآمد برای کشورهای در حال توسعه بزرگتر از یک و برای کشور توسعه یافته کوچکتر از یک می‌باشد (Vuuren, 1999).

از جمله بررسی‌های انجام شده در این خصوص می‌توان به تحقیقات ملنبوم[1] و نیشی‌یاما[2] در خصوص فاکتور شدت مصرف[3] یا IOU اشاره نمود. این تحقیقات تجربی، بیانگر ارتباط مستقیم سطح مصرف مواد معدنی با درآمد سرانه می‌باشد. این تابع به صورت تجربی تعیین می‌گردد و به ازای کشورهای مختلف و مواد مختلف متفاوت می‌باشد. لیکن شکل عمومی آن به صورت منحنی U شکل معکوس می‌باشد. ملنبوم فاکتور شدت مصرف را بر مبنای میزان ماده مصرف شده به ازای واحد تولید ناخالص ملی[4] برای پیش بینی مصرف فلزات ارائه نمود (Malenbaum, 1995).

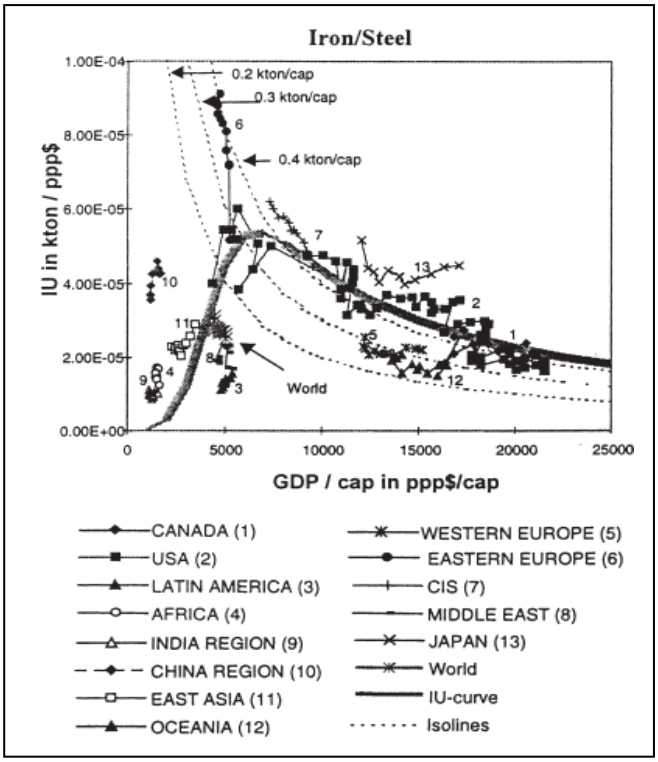


شکل۲- ۳: رابطه بین مصرف مواد و درآمد سرانه بر مبنای مراحل مختلف توسعه کشورها (Vuuren, 1999)

هرگاه تولید ناخالص ملی سرانه کشورهای مختلف بر حسب شدت مصرف در یک منحنی رسم شود می‌توان به یک منحنی سهمی‌وار رسید که مقادیر این منحنی با رشد سرانه تولید ناخالص ملی کشورها تا حد مشخص افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به یک نقطه مشخص، کاهش می‌یابد. به عنوان مثال این منحنی در شکل (۲-۴) برای محصول فولاد دنیا برای ۱۳ کشور نشان داده شده است.

[1] Malenbaum
[2] Takashi Nishiyama
[3] Intensity of Use
[4] Gross National Product(GNP)

هریک از این کشورها بسته به سطح توسعه‌یافتگی در نقاط مختلف منحنی قرار گرفته‌اند. از مهمترین دلایل این موضوع، می‌توان به کاهش نیاز به محصولات، مصرف و تولید بیشتر مواد معدنی و فلزات توسط کشورهای در حال توسعه و نیز جانشینی فلزات توسط فلزات دیگر و مواد جایگزین با گذشت زمان اشاره نمود (Walmer, 1996).



شکل ۲- ۴ : منحنی شدت مصرف فولاد ۱۳ کشور(Walmer, 1996)

۲-۴-۲- هزینه‌های تولید

اصولا عرضه کالا در ازای اخذ وجه نقد و یا خدمات هم ارز صورت می‌گیرد. و دریافت محصول مطلوب در قبال پرداخت هزینه‌های مربوطه صورت می‌گیرد (فضلوی، ۱۳۸۰). بر این اساس هزینه‌های هر بنگاه عبارت از مقدار پولی است که بابت استفاده از منابع و داده‌های مورد نیاز خرج می‌شود. این هزینه‌های داده‌ها برای یک بنگاه، ارزش آنها در بهترین کاربردشان می‌باشد. در اقتصاد هزینه کل تولید شامل هزینه‌های صریح و هزینه‌های ضمنی می‌باشد. هزینه صریح عبارتست از مقدار وجهی که برای

استفاده از داده‌ها و منابع پرداخت می‌شود در حالی که هزینه ضمنی فرصت‌های از دست رفته را نیز شامل می‌گردد (سرفراز، ۱۳۸۱). تفاوت دیدگاه اقتصاددانان و حسابداران در محاسبه سود حسابداری و اقتصادی از دیدگاه اعمال هزینه‌های صریح و ضمنی در محاسبه سود می‌باشد.

تقسیم‌بندی‌های مختلفی در ارتباط با هزینه‌ها به کار گرفته می‌شود که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به تقسیم‌بندی بر مبنای ماهیت هزینه اشاره نمود که در آن کل هزینه‌ها، به دو دسته کلی هزینه‌های سرمایه‌ای و جاری تقسیم می‌گردد. هزینه‌های سرمایه‌ای شامل سرمایه‌گذاری ثابت طرح در زمینه‌هایی مانند ساختمان، ماشین‌آلات، طراحی و اکتشافات، آماده سازی و امکانات جانبی طرح و نیز سرمایه در گردش می‌باشد. هزینه‌های جاری شامل کلیه هزینه‌ها پس از شروع فعالیت رسمی معدن و یا هر واحد تولیدی می‌باشد و در راستای تکمیل سرمایه‌گذاری ثابت طرح نمی‌باشد و می‌تواند بسته به معیارهایی از قبیل نوع ارتباط با تولید و یا تاثیرپذیری با سطح تولید به صور مختلف تقسیم‌بندی گردد (کیانی، ۱۳۸۳).

از دیدگاه حسابداری نیز می‌توان هزینه‌ها را بر حسب معیار زمان به دو صورت کوتاه مدت و بلندمدت تقسیم نمود. دوره کوتاه مدت دوره‌ای است که طی آن مقدار برخی از عوامل تولید تغییر نمی‌کند به عبارت دیگر امکان تغییر کلیه عوامل تولید وجود ندارد. در دوره بلندمدت، بنگاه زمان کافی برای تغییر تمام داده‌ها را دارد. بنابراین در دوره بلندمدت تمام داده‌ها متغیر خواهند بود و داده ثابت وجود ندارد و به عبارت دیگر هزینه ثابت وجود ندارد. از طرفی در فرآیند تولید منابع به دو دسته منابع ثابت و متغیر تقسیم می‌شود. بر این اساس کل هزینه‌های کوتاه‌مدت تولید به دو دسته هزینه‌های ثابت[1] (TFC) و متغیر[2] (TVC) تقسیم می‌گردند.

هزینه‌های ثابت هزینه‌های اجتناب ناپذیری هستند که برای تولید توسط بنگاه هزینه می‌شود. لذا هزینه-های ثابت مستقل از سطح تولید بوده و حداقل در یک محدوده مشخص سطح تولید ثابت می‌باشند. از جمله این هزینه‌ها می‌توان به هزینه‌های ساختمان‌ها، تجهیزات، نگهداری، اجاره، بیمه و هزینه‌های اداری

[1] Total Fixed Costs
[2] Total Variable costs

اشاره نمود. هزینه‌های متغیر، شامل هزینه‌های مربوط به نهاده‌هایی است که در کوتاه مدت قابل تغییر بوده و بستگی به سطح تولید دارند. از جمله این هزینه‌ها می‌توان به هزینه کالاهای واسطه، مواد خام، حقوق و دستمزد، حمل و نقل، تبلیغات و انرژی اشاره نمود (اورعی و خداوردی، ۱۳۸۱).

با توجه به موارد فوق‌الذکر، تابع هزینه یک بنگاه روابط بین هزینه‌ها و میزان تولید مربوط را نشان می‌دهد. توابع هزینه کوتاه مدت را می‌توان با حالات مشابه توابع تولید بدست آورد لیکن بطور کلی تابع هزینه کوتاه مدت را می‌توان به صورت روابط (۲-۱۴) تا (۲- ۱۶) بیان نمود:

$$TC = TFC + TVC \qquad (۱۴ -۲)$$

$$ATC = TC / Q \qquad (۱۵-۲)$$

$$MC = \frac{d(TC)}{d(Q)} \qquad (۱۶ -۲)$$

که در این روابط TC هزینه‌های کل، TFC هزینه‌های ثابت، TVC هزینه‌های متغیر تولید، Q میزان تولید، ATC هزینه متوسط کل و MC هزینه نهایی یا حاشیه‌ای تولید می‌باشد. لازم به ذکر است که هزینه نهایی تولید بر مبنای میزان افزایش هزینه کل به ازای افزایش یک واحد تولید تعریف می‌گردد (اورعی و خداوردی، ۱۳۸۱).

برآورد هزینه بر اساس تقسیم بندی اولیه انجمن مهندسین هزینه آمریکا[1] بسته به سطح دقت می‌تواند به صورت سرانگشتی، مقدماتی و قطعی صورت گیرد. مدل‌های تخمین هزینه در معادن شامل مدل‌های عمومی و یا اختصاصی معادن می‌باشد. از جمله مدل‌های اختصاصی برآورد هزینه در معادن می‌توان به تئوری نیل و جنتری[2] ، مولار[3] و اوهارا[4] اشاره نمود. مدل‌های عمومی برآورد هزینه را می‌توان به صورتهای ذیل تقسیم نمود (کیانی، ۱۳۸۳):

- تخمین مقایسه‌ای که با لحاظ نمودن ویژگی‌های فنی پروژه و بر مبنای داده‌های پروژه مشابه صورت می‌گیرد.

[1] American Association of Cost Engineers
[2] Neil & Gentry
[3] Mular
[4] Ohara

- تخمین آماری و یا اقتصادسنجی که بر مبنای تحلیل آماری داده‌های پروژه‌های مختلف و با استفاده از تکنیک‌های رگرسیونی صورت می‌گیرد.
- تخمین هزینه مستقیم بر مبنای تفکیک اجزای هزینه‌ای مستقیم و غیرمستقیم و تخمین جز به جز آنها صورت می‌گیرد.
- مدل‌های ترکیبی بر اساس تلفیق روش‌های تخمین آماری و تخمین هزینه مستقیم صورت می‌گیرد.

نکته قابل توجه این که روش‌های محاسبه و برآورد هزینه در خصوص معادن با سایر صنایع تفاوت چندانی ندارد لیکن به دلایلی برآورد هزینه در مورد معادن پیچیده‌تر می‌باشد. از طرفی اطلاعات مربوط به هزینه‌ها نظیر سایر صنایع به اندازه کافی در دسترس نیست. همچنین موضوع برآورد هزینه در معادن پیچیده‌تر و با خطای بیشتری همراه است چون میزان واقعی هزینه‌ها شدیدا به شرایط زمین‌شناسی که در حین کار به آن برخورد می‌شود بستگی دارد و عملا شناخت کامل این شرایط در ابتدای کار غیر ممکن است. از دیگر دلایل کم دقت بودن تخمین‌های هزینه‌یابی، می‌توان به ماهیت بعد فاصله معادن و پروژه‌های وابسته از مناطق شهری اشاره نمود که بر کاهش رقابت بین متقاضیان انجام پروژه‌ها و افزایش خطای برآوردها تاثیر دارد. لذا روش‌هایی که بر اساس اقلام تفکیکی هزینه‌ای می‌باشند از دقت بیشتری برخوردار می‌باشند لیکن نیاز به داشتن اطلاعات کافی و صرف زمان و هزینه بیشتر جهت برآورد دقیق هستند (میرعابدینی، ۱۳۸۴).

۲-۴-۳- بهره‌برداری بهینه از معادن

اصولا منابع طبیعی به عنوان مواد اولیه، توسط نیروی انسانی و سرمایه تغییرشکل یافته و به کالاهای مصرفی و تولیدی تبدیل می‌شوند. این منابع از لحاظ کارکردی عمدتا به دو دسته منابع تجدیدپذیر[1] یا

[1] Renewable Resources

قابل احیا و منابع تجدیدناپذیر یا پایان‌پذیر[1] تقسیم می‌شوند. اصولا استخراج بهینه از معادن را می‌توان به دو صورت مورد بررسی قرار داد:

- استخراج بهینه معادن در قالب تئوری اقتصاد منابع تجدیدناپذیر
- استخراج بهینه معادن به عنوان یک فعالیت تولیدی با ملاحظات فنی و اقتصادی خاص فعالیت‌های معدنی

۲-۴-۳-۱- استخراج بهینه معادن در قالب تئوری اقتصاد منابع تجدیدناپذیر

تئوری اقتصاد منابع تجدیدناپذیر به عنوان یکی از پایه‌های اصلی اقتصاد معدن از اوایل دهه ۱۹۷۰ بطور جدی وارد مباحث تحقیقاتی گردید که مبانی اصلی آن عمدتا توسط هارولد هاتلینگ[2] در سال ۱۹۳۱ پایه‌ریزی شد (Minnit, 2007). این نظریه بعدا توسط افراد مختلف از جمله دوارجان[3] در زمینه بررسی رفتار بنگاه‌ها در حالت رقابتی و انحصاری تکمیل گردید (Devajan & Fisher, 1981). نظریه هاتلینگ بر مبنای اقتصاد منابع تجدیدناپذیر و عرضه یکباره مواد شکل گرفته است که مقدار و زمان عرضه به بازار در حال و آینده بر اساس تصمیمات اولیه بنگاه‌ها تعیین می‌گردد (احمدیان،۱۳۷۰).

بهره‌برداری بهینه از منابع معدنی به عنوان یکی از کلیدی‌ترین موضوعات اقتصاد منابع پایان پذیر در قالب مدیریت بخشی و بنگاهی می‌باشد. از دیدگاه مدیریت بخشی، تلاش می‌گردد تا میزان بهره‌برداری بهینه از منابع بر مبنای حداکثر سازی منافع اجتماعی آن باشد. بر این اساس تابع خالص منافع اجتماعی[4] بر مبنای مجموع مازاد خالص مصرف کنندگان و تولیدکنندگان تعریف می‌گردد. هرگاه تابع تقاضا برای محصول بر حسب تولید بصورت $P(v)$ و هزینه کل استخراج معادل با تابع $C(q)$ بر حسب میزان تولید (q) باشد تابع منافع خالص اجتماعی (NB) بصورت رابطه شماره (۲- ۱۷) تعریف می‌گردد:

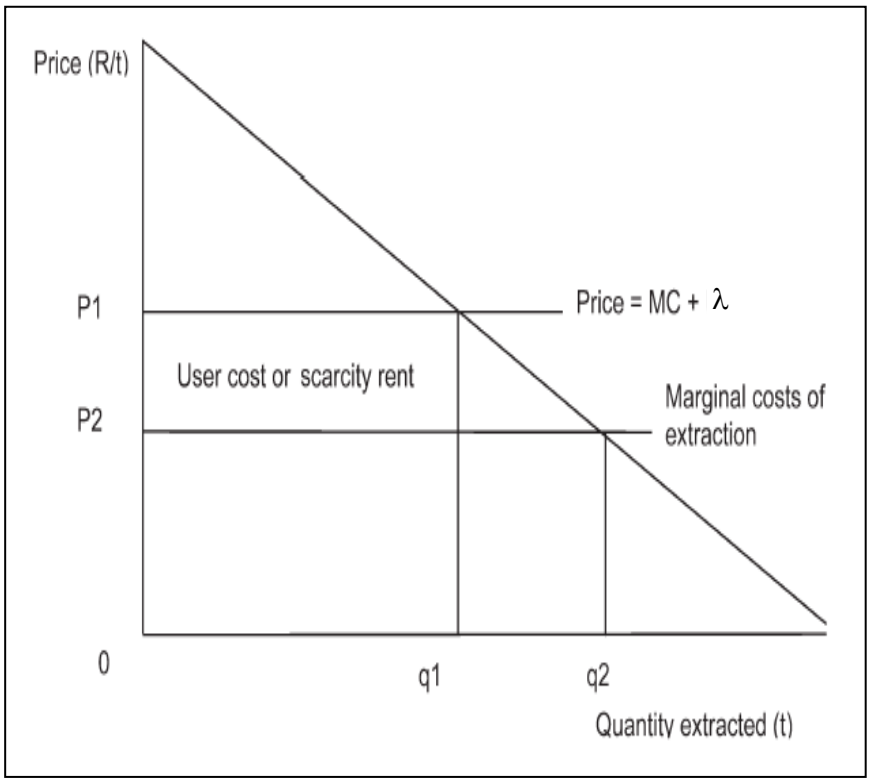
[1] Exhaustible Resource
[2] Harold Hotelling
[3] Devarjan.S
[4] Net Social Benefit

$$NB = \int_0^T \left[\int_0^q P(v)dv - C(q) \right] e^{-rt} \qquad (۱۷-۲)$$

با حل معادله مذکور بر اساس قید محدودیت منابع با روش لاگرانژی و بدست آوردن مشتقات جزئی تابع لاگرانژ نسبت به هریک از متغیرها، در نهایت می‌توان به رابطه (۲- ۱۸) رسید.

$$P_t = MC_t + \lambda_t \qquad (۱۸-۲)$$

که در این رابطه P_t به ترتیب قیمت تعادلی محصول در سال t، MC_t هزینه نهایی[1] تولید هر واحد محصول و r نرخ بهره می‌باشد (Hotelling, 1931& Solow, 1974). این رابطه به عنوان یکی از معادلات کلیدی در اقتصاد منابع تجدید ناپذیر شناخته می‌شود و بهره‌برداری بهینه منابع معدنی باید به صورتی انجام گیرد که قیمت هر واحد منبع در هر زمان بایستی برابر با هزینه نهایی استخراج بعلاوه هزینه فرصت (λ_t) بر اساس شکل (۲-۵) باشد.



شکل۲- ۵ : رابطه بین هزینه نهایی، هزینه فرصت و قیمت منبع تجدیدناپذیر(Solow, 1974)

[1] Marginal Cost

مقدار λ_t نشانگر محدودیت ذخایر و به عبارتی هزینه فرصت یا رانت[1] در سال t می‌باشد. در مجموع می‌توان λ را سود حاصل از نگهداری و حفظ ذخایر دانست که بر اساس تفاوت بین قیمت و هزینه نهایی محاسبه می‌شود (Hotelling, 1931).

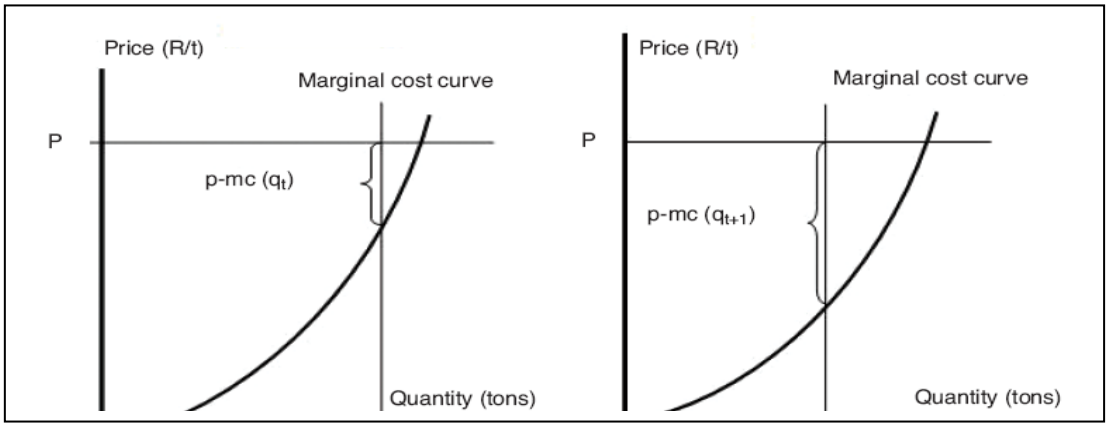
در خصوص رفتار بنگاه استخراج کننده منابع، با فرض رقابتی بودن بازار، بنگاه سعی در بیشینه نمودن ارزش حال سود خالص ناشی از تولید بر اساس رابطه کلی (۲-۱۹) دارد.

$$\Pi = \sum_{t=0}^{T} (P_t q_t - MC * q_t) \Big/ (1+r)^t \qquad (۱۹-۲)$$

که در این رابطه P_t و q_t به ترتیب قیمت بازاری و میزان استخراج محصول در سال t، MC هزینه استخراج هر واحد محصول و r نرخ بهره می‌باشد. محدودیت این رابطه در خصوص پایان‌پذیری ذخایر می‌باشد. با تشکیل رابطه لاگرانژی به ازای زمان‌های $t=0$ و $t=1$ و حل مشتقات جزئی آن نسبت به هر یک از پارامترهای q_t می‌توان در نهایت به رابطه (۲- ۲۰) رسید:

$$P_0 - MC = \frac{P_1 - MC}{(1+r)} \qquad (۲۰-۲)$$

با تعمیم رابطه فوق‌الذکر به زمان t و $t+1$ می‌توان رفتار بنگاه را به صورت شکل (۲-۶) نشان داد که جهت تنظیم تولید بر مبنای یکسان بودن ارزش حال تفاضل قیمت و هزینه نهایی تولید صورت می‌گیرد (Hartwick & Olewiler, 1998).



شکل۲- ۶ : تغییرات ارزش جاری تفاضل قیمت و هزینه نهایی به ازای تغییرات زمان (Hartwick & Olewiler, 1998)

[1] Scarcity Rent

جهت محاسبه رابطه کلی قیمت، با تعمیم رابطه (۲-۲۰) به زمان صفر تا t و تلفیق آنها می‌توان رابطه کلی قیمت محصول را به صورت رابطه (۲- ۲۱) به دست آورد.

$$P_t = MC_t + (P_0 - MC) * e^{rt} \qquad (۲۱-۲)$$

با مقایسه روابط (۲-۱۸) و (۲- ۲۱) می‌توان به روابط (۲-۲۲) و (۲-۲۳) رسید:

$$\lambda_t = \lambda_0 e^{rt} \qquad (۲۲ -۲)$$

$$P_t = P_0 e^{rt} \qquad (۲۳-۲)$$

رابطه (۲- ۲۳) به عنوان مبنای اصلی نظریه هاتلینگ[1] می‌باشد که تغییرات قیمت را به عنوان یک عامل محیطی و شاخص کمیابی فرض می‌نماید (Hotelling, 1931).

بر اساس این نظریه، از دیدگاه بنگاهی که فعالیت‌های آن مبتنی بر کسب حداکثر ارزش فعلی سود از استخراج منابع موجود می‌باشد توجیه‌پذیر بودن استخراج منابع تجدیدناپذیر و زمان مناسب جهت استخراج این منابع منوط به مساوی بودن رشد قیمت خالص بازاری محصول نسبت به نرخ بهره بازار است. بنابراین در حالتی که نرخ رشد قیمت خالص محصول کمتر از نرخ بهره بازار باشد مالک منابع اقدام به استخراج سریع منابع و فروش آنها می‌نماید لیکن در حالت عکس، بنگاه اقدام به تعویق استخراج می‌نماید (احمدیان،۱۳۷۰). جهت محاسبه تغییرات رانت نسبت به زمان با مشتق‌گیری از طرفین رابطه (۲-۲۲) نسبت به زمان می‌توان نوشت:

$$\dot{\lambda} = \frac{\partial \lambda_t}{\partial t} = r * \lambda_t \qquad (۲۴ -۲)$$

با توجه به رابطه فوق‌الذکر برای اعمال مدیریت منافع اجتماعی، رانت منبع دارای رشدی معادل با نرخ تورم باشد که به اصل رشد r درصد هاتلینگ[2] معروف می‌باشد (Hotelling, 1931).

در مجموع با توجه به موارد فوق‌الذکر، می‌توان گفت که در حالت رقابتی، نظریه هاتلینگ قائل به تنظیم نرخ تولید بر مبنای رشد توام قیمت‌های سایه‌ای و بازاری به میزان نرخ تورم می‌باشد تا امکان اجرای

[1] Hotelling Rule
[2] Hotelling r-percent Rule

اهداف مدیریت‌های بنگاهی و بخشی در بیشینه نمودن توام تابع منافع اجتماعی و ارزش حال سود سالانه فراهم گردد.

چنانچه قبلا بیان گردید رانت منابع با توجه به ماهیت ذخایر معدنی شکل می‌گیرد و میزان کمیابی و وفور ذخایر دارای رابطه مستقیمی با رانت منابع و یا قیمت سایه‌ای ذخایر دارد و این قیمت در واقع هزینه فرصت مالکیت منابع را منعکس می‌نماید. مهمترین محدودیت روش هاتلینگ در خصوص فرض رقابت کامل و افزایش قیمت‌ها می‌باشد. بر این اساس روش‌های محاسبه رانت منابع بر مبنای تخمین ارزش اضافی ایجاد شده برای ذخایر استخراج نشده بکار گرفته می‌روند. هدف از این روش‌ها تعیین میزان رانت واقعی به ازای هر واحد از ذخایر استخراج نشده است و تعیین ارزش واقعی این ذخایر همچنین می‌تواند موجب ارائه یک تصویر بهتر از وضعیت استهلاک ذخایر معدنی گردد. یکی از این روش‌ها،روش محاسبه ارزش حال رانت منبع[1] می‌باشد که با توجه به میزان بازگشت سرمایه به محاسبه رانت منابع می‌پردازد. این روش به عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های تعیین رانت منبع می‌باشد و توسط دفتر تحلیل‌های اقتصادی[2] آمریکا ارائه گردیده است. الگوریتم محاسبه رانت منبع در این روش به شرح ذیل می‌باشد(BEA, 1994):

- محاسبه سود سالانه بهره‌برداری از تفاضل کل درآمدها و هزینه‌های نهایی محصول
- محاسبه سود واقعی بر اساس کسر مقادیر استهلاک و میزان سرمایه مصرفی از سود سالانه بهره‌برداری ذخیره
- محاسبه رانت واقعی هر واحد منبع بر مبنای تقسیم سود واقعی بر میزان بهره‌برداری ذخیره
- محاسبه رانت واقعی ذخیره بر اساس حاصل ضرب رانت هر واحد منبع و میزان کل ذخیره قابل بهره‌برداری

[1] Current Rent Method I
[2] Bureau of Economic Analysis

۲-۴-۳-۲- استخراج بهینه معادن بر مبنای ملاحظات فنی و اقتصادی

از دیدگاه اقتصادی، تولید را می‌توان تبدیل نهاده های اولیه به محصولات دانست و هر بنگاه با توجه به توان خود در جهت تامین نهاده‌های در دسترس خود اقدام به تولید می نماید. نرخ تولید از پارامترهای کلیدی موثر بر سودآوری فرآیند تولید می باشد. طبیعتاً در هر بنگاه سطح مناسبی از تولید انتخاب می‌گردد تا در عین استفاده مناسب از نهاده های تولید، سطح سودآوری و بازدهی مورد انتظار را فراهم آورد. این نرخ باید از دیدگاه فنی و اقتصادی قابل قبول بوده و نرخ بازگشت سرمایه مورد انتظار را در یک سطح قابل اطمینان جهت سرمایه گذار فراهم سازد. عوامل موثر بر نرخ تولید را در سطح یک بنگاه صنعتی می‌توان به شرح ذیل تفکیک نمود (حسن‌زاده، ۱۳۸۶):

- سطح بکارگیری مواد اولیه و نهاده های تولید اعم از سرمایه و نیروی انسانی و توانایی تامین این نهاده‌ها
- سطح تکنولوژی و ماشین آلات و عوامل فنی
- شرایط اقتصادی و بازار

در حوزه معادن علاوه بر عوامل فوق، شرایط کانسار نیز به عنوان عامل برونی تأثیرگذار می‌باشد. افزایش نرخ تولید تا حد مشخصی، موجب کاهش قیمت تمام شده و بهینه شدن بهره‌برداری از ذخیره معدنی می‌گردد لیکن نیاز به نهاده های تولید بالاتر و تامین زیر ساخت‌های گسترده‌تر دارد.

اگر چه از دیدگاه تاتمان[1]، نرخ مناسب تولید را می‌توان به ندرت از دیدگاه مهندسی تفسیر نمود (Tatman, 2001). لیکن واقع امر این است که نرخ تولید هر معدن از عوامل مختلف فنی و اقتصادی ذیل تاثیرپذیر می‌باشد (حسن‌زاده، ۱۳۸۶):

- مشخصات فیزیکی کانسار: از قبیل میزان ذخیره قابل استخراج، عیار متوسط، عمق کانسار، گستردگی کانسار و ویژگی‌های ژئومکانیکی

[1] C. R. Tatman

- مسائل فنی و تکنولوژیک شامل روش استخراج، تعداد سینه کارهای استخراجی، ابعاد و تعداد ماشین آلات استخراجی و میزان آماده سازی
- عوامل اقتصادی و بازار از قبیل قیمت و هزینه تمام شده محصول، عرضه و تقاضای محصول

در سطح یک معدن فلزی، تاثیر افزایش نرخ تولید موجب کاهش هزینه تولید، کاهش عیارحد و بالتبع آن افزایش ذخایر، کاهش عیار متوسط و کاهش درآمد از بابت هر تن ذخیره می‌باشد. به طور کلی روش‌های تعیین نرخ بهینه تولید را که عمدتا در سطح یک معدن کارآیی دارند را می‌توان به دو دسته عمده شامل ویژگی‌های فیزیکی ذخیره و شرایط اقتصادی تقسیم نمود (McIsaac, 2008) :

روابط تجربی بر مبنای ویژگی‌های فیزیکی ذخایر عمدتا در خصوص ارتباط مستقیم بین میزان تولید و ذخیره می‌باشد که از جمله آنها می‌توان به قاعده تجربی تیلور[1] و تاتمان اشاره نمود.

روش‌های مرتبط با شرایط اقتصادی پروژه نیز عمدتا بر مبنای ماکزیمم سازی ارزش خالص فعلی نقدینگی و نرخ بازگشت سرمایه شکل گرفته است که در آن نرخ بهینه تولید در شرایط ماکزیمم بودن ارزش خالص فعلی نقدینگی می‌باشد. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش اسمیت، تحلیل حاشیه‌ای عبدالصبور[2]، تئوری گری و هاتلینگ اشاره نمود. به نظر اسمیت و تیلور، معیار ارزش خالص فعلی می‌تواند به نرخ تولید بسیار بالا و یا غیر معمول در چارچوب پروژه های معدنی منجر شود و شکست اقتصادی پروژه را زیاد نماید. همچنین عمر پروژه کم می‌شود. از طرفی با توجه به نرخ تولید بالا، دوره بهره برداری پاسخگوی بازگشت سرمایه نمی‌باشد. همچنین نیاز به امکانات زیربنایی و سرمایه‌ای بالا دارد و در دوره کوتاه تولید علیرغم نرخ تولید بالا، می‌تواند تبعات اجتماعی داشته باشد. لذا نمی‌توان نرخ تولید دارای NPV ماکزیمم را به عنوان معیار تعیین نرخ بهینه تولید در معادن پیاده نمود (حسن‌زاده، ۱۳۸۶).

گری[3] بر اساس مفهوم بهره‌وری در یک معدن در حال فعالیت، نتیجه گرفت که با افزایش نرخ تولید از یک حد مشخص، هزینه‌های عملیاتی افزایش می‌یابد و می‌تواند موجب کمتر شدن درآمد حاشیه‌ای

[1] Taylor
[2] Abdel Sabour
[3] Lewis Cecil Gray

نسبت به هزینه حاشیه‌ای گردد. اگر چه هدف ماکزیمم نمودن در معدن در حال تحقق است لیکن با توجه به محدودیت ذخایر، صاحب معدن در تلاش جهت افزایش سود می‌باشد. لذا تلاش می‌گردد تا سود متوسط حداکثر و هزینه متوسط حداقل شود. با در نظر گرفتن نرخ بهره، می‌توان گفت که در سودهای یکسان، ارزش حال سود در سال جاری نسبت به سال گذشته کمتر است. با فرض تولید مشخص در یک سال، میزان افزایش نرخ تولید در هر سال به صورتی تعیین می‌گردد که سود حاشیه‌ای در آن دوره معادل با ارزش حال سود حاشیه‌ای دوره زمانی قبل گردد (Gray, 1914). تئوری گری به عنوان یک تئوری دینامیک در خصوص تعیین نرخ تولید می‌تواند توضیح منطقی در خصوص تاثیرات تغییرات قیمت سالانه بر سود حاصله را ارائه نماید و در معادله تولید لحاظ نماید. مهم‌ترین مفروضات این روش شامل فرض رقابت کامل و عدم انبار نمودن ماده معدنی می‌باشد. این تئوری علیرغم قدیمی‌بودن، دارای کارآیی مناسب در حوزه معادن می‌باشد. به طوری که ابتدا بر اساس داده‌های معادن زغال‌سنگ آزمون گردید لیکن در سال‌های بعد به سایر مواد معدنی نیز تسری یافت (McIsaac, 2008).

۲-۵- روش پویایی سیستم[1] و کاربردهای آن

۲-۵-۱- مبانی روش پویایی سیستم

اصولا تمامی تحولات و پویایی‌های دنیا از بررسی شرایط موجود آغاز و با اتخاذ تصمیمی ادامه می‌یابد و سپس تصمیم اتخاذ شده به اجرا در می‌آید تا به تحول در شرایط موجود منجر شود. بررسی نتایج اقدام در نائل شدن به اهداف و نیز تاثیرات جانبی می‌تواند منجر به اخذ تصمیمات دیگر جهت بهبود و یا ارتقا و تداوم چرخه مذکور گردد. درک ضعیف از روابط داخلی پیچیده در سیستمها منجر به اتخاذ تصمیماتی توسط مدیریت می‌شود که نتایج آن فاقد پایداری لازم می‌باشد. مهم‌ترین دلیل این موضوع را می‌توان در پیچیدگی‌ها و روابط بین متغیرها دانست که منجر به بروز حالات و نتایج مختلف می‌گردد. از طرفی مسائل مدیریتی عمدتا دارای پیچیدگی‌های خاصی بوده که بدون شناخت آنها، فرآیند مدیریت و سیاستگذاری و بطور کلی اتخاذ هر نوع تصمیم در آینده دور از واقع خواهد بود. روش پویایی سیستم به عنوان یکی از ابزار سیاستگذاران و مدیران جهت مدل‌سازی مسائل مدیریتی و تشخیص آثار تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد. پویایی سیستم یک متدولوژی برای مدیریت سیستم‌های پیچیده و دارای بازخورد می‌باشد که در حوزه های مختلفی از قبیل انرژی، محیط زیست، اقتصاد و مسائل اجتماعی دارای کارآیی مناسبی می‌باشد. این روش به شناسایی متغیرهای تاثیرگذار و روابط علت و معلولی آنها می‌پردازد و موجب تسریع و تسهیل یادگیری رفتار سیستم‌ها و پیش‌بینی آنها در شرایط فعلی و آینده می‌گردد.

روش پویایی سیستم در سال ۱۹۶۱ توسط آقای فورستر[2] با طرح مبحث دینامیک صنعتی[3] و بر مبنای به کارگیری قواعد مهندسی کنترل در حوزه سیستم های اجتماعی ارائه گردید. هدف او از طرح این موضوع، بررسی نحوه کار سازمان‌ها و موسسات صنعتی از راه شبیه‌سازی[4] بود. او در سال ۱۹۶۴

[1] System Dynamics
[2] J. w. Forrester
[3] Industrial Dynamics
[4] Simulation

دینامیک صنعتی را به سیستم‌های شهری نیز تعمیم داد و دینامیک شهری[1] را جهت تحول ساختار شهری مطرح نمود و به دنبال آن در سال ۱۹۷۱ با استفاده از تجارب باشگاه رم در زمینه رشد جمعیت و محدودیت منابع و انتشار کتاب دینامیک جهان[2]، پایه‌های اصلی رشته پویایی سیستم را بنیان نهاد (Forrester, 1989).

روش پویایی سیستم به عنوان یک ابزار قوی جهت شناخت درک تجزیه و تحلیل رفتار و حرکات اجزای سیستم در مسائل پیچیده می‌باشد که با استفاده از مدل‌های ریاضی، امکان بررسی پویایی‌ها و تاثیرات سیاست‌ها فراهم شود (Barlas, 2002). در روش پویایی سیستم، اعتقاد بر این است که تغییرات و تحولات دارای پیچیدگی‌هایی هستند که می‌توان آنها را شناخت و بر اساس آن مسیر تحولات را به جهت مطلوب سوق داد. از مهم‌ترین دلایل پیچیدگی سیستم‌ها به ویژه سیستم‌های اجتماعی می‌توان به مقاومت در برابر اعمال سیاست‌ها، بازخوردها، تاثیرات غیرخطی و دارای وقفه اشاره نمود (Sterman, 2000). لذا در این روش، تصویری از سیستم بر اساس بازخوردها و تاخیرها ایجاد می‌شود تا امکان درک بهتر رفتار سیستم های پیچیده فراهم گردد که در ادامه می‌تواند موجبات تکمیل ساختار مدل را فراهم نماید. همچنین امکان ورود متغیرهای کمی و کیفی به صورت همزمان دراین گونه مدل ها وجود دارد (Caulfield, 2002). از طرفی هر تصمیمی دارای آثار پیش بینی نشده است که موجب تاثیر مضاعف بر محیط می‌شوند (Sterman, 2000). هدف عمده این روش، تسریع و تسهیل یادگیری رفتار سیستم‌ها در شرایط فعلی و آینده و فراهم شدن امکان شناسایی تاثیرات درونی متغیرهای تاثیرگذار در رفتار سیستم‌ها، پیش‌بینی رفتار آتی آنها و آشکارشدن پیامدهای نامشخص تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد (فقیه، ۱۳۸۳). این روش به طور فزاینده‌ای در طراحی سیاست‌های شرکت‌های موفق بکار گرفته می‌شود و مستلزم ترکیب روش‌ها و تئوری‌های خاص هر حوزه و نیز قواعد مرتبط در علوم ریاضی و کامپیوتر تا

[1] Urban Dynamics
[2] World Dynamics

مدیریت و اقتصاد می‌باشد. مدل پویایی سیستمی به عنوان یک ابزار قوی جهت مدیریت کارآمد به تنهایی کاربری چندانی ندارد و از سایر ابزارها و متدها به طور گسترده استفاده می‌کند.

مطالعات پویایی سیستم بیشتر مساله‌گرا هستند و این مسائل از دو ویژگی پویایی و ساختار بازخوردی برخوردار هستند و مدل‌سازی به منظور تبیین رفتار آن مساله و پدیده در طول زمان به کار می‌رود و سیستم و محدوده آن مرزهای یک تغییر و تحول و حرکت را نشان می‌دهد که بر مبنای نوع مساله تعریف می‌گردد(Sterman, 2000). رفتار عناصر درون هر سیستم تحت تأثیر محدودیت‌هایی است که از طرف محیط خارجی به آن تحمیل می‌شود. کلیه متغیرهایی که برای ایجاد رفتار مورد نظر بر یکدیگر تاثیر و تعامل داشته درون محدوده بسته سیستم قرار می‌گیرند. مرز یا محدوده سیستم[1] بر مبنای ماهیت و مقصود مطالعات تعریف می‌شود و نشانگر کلیه پارامترها و متغیرها و نوع روابط آنها برای نشان دادن اهداف و رفتار مورد نظر می‌باشد. به عبارت دیگر مرز سیستم جداکننده سیستم از محیط آن می‌باشد. محیط سیستم را عواملی تشکیل می‌دهد که در خارج از سیستم قرار می‌گیرند و تاثیر مهمی بر عملکرد سیستم دارند (رضائیان، ۱۳۸۴). برای تعیین عوامل داخلی و خارجی باید ماهیت عناصر موجود در داخل محدوده سیستم و بیرون از آن تحلیل شود. در مدل‌سازی تلاش می‌گردد تا کلیه متغیرهایی را که بر هدف تاثیر ندارند از محدوده سیستم خارج شوند (حمیدی‌زاده، ۱۳۷۹).

۲-۵-۲- اجزای مدل های پویایی سیستمی

چنان که بیان گردید مدل‌سازی پویایی سیستمی دارای توانایی فراهم ساختن امکان درک بهتر رفتار و ساختار مسائل پیچیده و نیز ورود متغیرهای کمی و کیفی می‌باشد. مهمترین اجزای این مدل‌ها به شرح ذیل می‌باشند:

[1] System Boundary

۲-۵-۲-۱- نمودارهای علت و معلولی

نمودارهای علت و معلولی، ابزار ترسیم روابط علّی بین مجموعه‌ای از متغیرهای داخل محدوده یک سیستم می‌باشد. این نمودارها متشکل از دو جزء اصلی متغیرها و روابط می باشد. هر متغیر می‌تواند عبارت از یک وضعیت، اقدام و یا تصمیمی باشد که سایر متغیرها را تحت تاثیر قرار داده و یا از آنها تاثیر پذیرد. این متغیرها می‌تواند به صورت کمی و یا کیفی باشد. روابط بین متغیرها بر مبنای رسم فلش‌هایی بین متغیرها انجام می‌گیرد که مشخص‌کننده تاثیر متقابل و تعامل بین پدیده‌ها بوده و نشانگر نوع همبستگی علّی بین دو متغیر و یا میزان تغییر در وضعیت این متغیرها را می‌باشد. به هر نمودار علت و معلولی، یک رابطه به صورت مثبت یا منفی تخصیص می‌یابد تا چگونگی تغییر متغیر وابسته را هنگامی که متغیر مستقل تغییر می‌کند، نشان دهد (Barlas, 2002).

۲-۵-۲-۲-حلقه‌های علی

حلقه‌های علی شامل زنجیره‌ای از نمودارهای علت و معلولی می‌باشد که از متغیر اولیه شروع و در نهایت به آن ختم می‌گردد. به عبارت دیگر هرگاه مجموعه‌ای از متغیرها در یک حلقه متصل به یکدیگر وصل شوند تشکیل یک حلقه علی می‌دهند. حلقه‌های علّی به عنوان سنگ بنای ساختار سیستم می‌باشد که موجب ایجاد بازخورد در سیستم می‌گردد. مفهوم بازخورد بر این اساس است که تغییرات یک متغیر بر مقدار آتی آن موثر می‌باشد. بر اساس نظریه پویایی سیستم، پویایی سیستم‌ها ناشی از حلقه‌های علّی است و تاثیرات حلقه‌های مزبور و بازخوردهای ایجاد شده، مبین رفتار مورد نظر سیستم خواهد بود. بازخورد از دیدگاه مهندسی کنترل، شامل فرایندی است که طی آن یک سیگنال از زنجیره‌ای از روابط علّی عبور می‌کند تا این که مجدداً بر خودش تاثیر بگذارد. مکانیسم بازخورد معمولا با مکانیسم کنترل همراه است (Barlas, 2002). در این سیستم‌ها، یک تغییر در محیط منتهی به یک تصمیم می‌شود که موجب انجام یک اقدام شده و بر محیط تأثیر می‌گذارد. هر حلقه علّی می‌تواند دربرگیرنده تعدادی نمودارهای علت و معلولی مثبت و یا منفی باشد. در صورتی‌که تعداد نمودارهای علت و معلولی منفی در

یک حلقه بازخوری زوج باشد حلقه علّی مثبت است ولی اگر تعداد نمودارهای علت و معلولی منفی در یک حلقه علّی فرد باشد حلقه علّی منفی است. در مدل‌سازی، مرز هر سیستم تا جایی گسترش می‌یابد که حلقه‌های علّی تشکیل شود و در واقع تا زمانی که همه حلقه‌های علّی به طور کامل بسته نشوند محدوده بسته تکمیل نخواهد شد (حمیدی‌زاده، ۱۳۷۹).

۲-۵-۲-۳- نمودارهای جریان

با توجه به این که نمودارهای علت و معلولی و حلقه‌های علّی قادر به بیان رفتار سیستم در طول زمان نمی‌باشند لذا از نمودارهای جریان برای شبیه سازی کمی متغیرها استفاده می شود. مهمترین اجزای تشکیل دهنده نمودارهای جریان شامل متغیرهای ذیل می باشد(Sterman, 2000):

- متغیرهای حالت[1] یا سطح که وضعیت اجزای سیستم را به طور پیوسته و در هر لحظه از زمان نشان می‌دهد.
- متغیر نرخ[2] که بیانگر هرگونه تغییر در متغیر حالت می‌باشد و در یک دوره زمانی بوجود می‌آید و از طریق نمایش تغییرات حاصل در متغیر حالت، بیانگر تغییرات سیستم می‌باشد.
- متغیرهای کمکی[3] معرف ضرایب رابطه بین متغیرها می‌باشند و در بسیاری از موارد تاثیرات محیطی توسط این متغیرها نشان داده می‌شوند.

رابطه ریاضی نرخ و حالت را می‌توان در ساده‌ترین حالت به صورت رابطه شماره (۲-۱) بیان نمود.

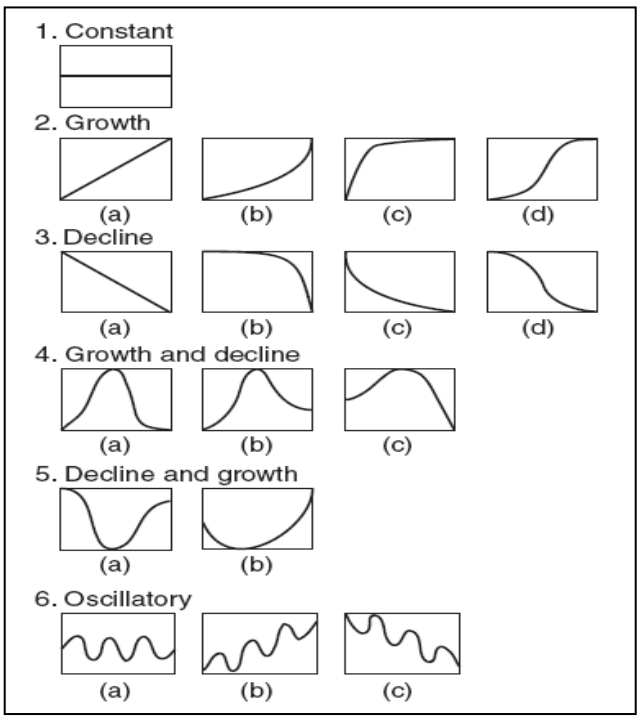
$$K(t) = \int_0^t R \; d(t) \qquad (۱-۲)$$

که در این رابطه K(t) معرف متغیر حالت و R متغیر نرخ می‌باشد. در حالات پیچیده‌تر، معادله نرخ شامل حالات مختلف در ترکیب با متغیر حالت، زمان و متغیرهای کمکی می‌باشد (Barlas, 2002). مطالعات پویایی سیستم مفهوم حالت و نرخ را به تمامی‌حلقه‌های بازخورد گسترش می‌دهد. هر حلقه

[1] Level
[2] Rate
[3] Auxilliary

بازخورد حداقل یک متغیر حالت و یک متغیر نرخ دارد (حمیدی‌زاده، ۱۳۷۹). مدل‌سازی تاثیر عوامل مختلف بر همدیگر و فرآیندهای بازخوردی، از طریق گسترش روابط نرخ و حالت بین عوامل مختلف و به کارگیری متغیرهای کمکی صورت می‌گیرد و تاخیرات زمانی و ساختارهای خطی و غیرخطی سیستم بر آنها اعمال می‌گردد.

سیستم‌های پویا در طول زمان رفتارهای مختلفی را در اثر تلفیق آثار حلقه های علّی از خود بروز می‌دهند. به طوری که رفتارهای پیچیده معمولا از تعامل‌ها و بازخوردها بوجود می‌آیند و کمتر از خود اجزا ناشی می‌شوند (Sterman, 2000). بارلاس[1] (۲۰۰۲) مهمترین حالات مختلف رفتار سیستم‌ها را به صورت شکل (۲-۷) بیان کرده است.



شکل ۲-۷: رفتار مختلف سیستم‌های پویا (Barlas, 2002)

[1] Yaman Barlas

۲-۵-۳- فرایند مدل سازی پویایی سیستمی

به‌طور خلاصه مهمترین مراحل فرآیند مدل سازی پویایی سیستمی را می‌توان به صورت ذیل بیان نمود (Sterman, 2000):

- شناخت کلی مساله و متغیرهای اصلی
- ترسیم رفتار نمودارهای مرجع در طول زمان
- تشکیل و توسعه نمودارهای علت و معلولی
- شناسایی الگوهای کلی حاکم بر سیستم
- جمع آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز
- ترسیم و توسعه نمودارهای جریان مدل
- شبیه سازی وضعیت تعادلی سیستم
- اعتبارسنجی و تحلیل حساسیت مدل
- تعریف و شبیه سازی سناریوها در مدل
- بررسی آثار اجرای سناریوها

اگر چه مراحل فوق‌الذکر در کلیه مسائل مربوطه کمابیش صورت می‌گیرد لیکن در پاره‌ای مسائل امکان تلفیق برخی مراحل، با توجه به ماهیت خاص مساله وجود دارد.

۲-۵-۴- بررسی مطالعات صورت گرفته در زمینه کاربردهای روش پویایی سیستم

۲-۵-۴-۱- مطالعات داخلی در زمینه کاربردهای پویایی سیستم

۲-۵-۴-۱-۱- تحلیل پویایی سیستم اشتغال در اقتصاد ایران

رضوی و همکاران با ارائه مدل پویایی سیستمی شبیه‌سازی شرایط حاکم بر بازار کار کشور بر مبنای وضعیت اقتصادی و جمعیتی ایران به بررسی میزان صحت قانون اکان در خصوص اقتصاد ایران و تعیین

میزان تاثیر واقعی نرخ رشد تولید ناخالص داخلی در کاهش نرخ بیکاری پرداخته‌اند (رضوی و مشرفی، ۱۳۸۵). این مدل را می‌توان به صورت جدول (۲-۲) شامل یازده بخش مجزا خلاصه نمود.

جدول ۲-۲ : بخش‌های مدل پویایی سیستمی تحلیل اشتغال

نام بخش	مشخصات و توصیف بخش
جمعیت	جمعیت مردان، زنان و زاد و ولد در گروه‌های سنی مختلف
آموزش	نسبت جمعیت در حال تحصیل و دارندگان مدرک دانشگاهی در گروه‌های مختلف
تولید	مشخص کننده تولید فعلی و بالقوه هریک از این بخش‌های کشاورزی، صنایع و معادن، خدمات و نفت بر اساس دو نهاده اصلی نیروی کار و سرمایه می‌باشد
مصرف	شبیه ساز مخارج مصرفی بخش‌های دولتی و خصوصی بوده و از بخشهای تولید، پول و تورم، دولت و جمعیت تاثیر پذیرفته و بربخش تجارت خارجی تاثیرگذار است
سرمایه‌گذاری	شبیه ساز سرمایه‌گذاری بخش‌های دولتی و خصوصی بوده و از زیرمدل‌های تولید، پول و تورم، تجارت خارجی و بودجه تاثیر پذیر است و بر بخش تولید تاثیرگذار است.
بودجه دولت	شامل هزینه‌های عمرانی، جاری، درآمدهای مالیاتی و نفتی بوده و از بخش‌های تولید، پول و تورم و نفت تاثیرپذیر است.
پول و تورم	شامل پارامترهایی مانند بدهی‌های دولت به سیستم بانکی، حجم نقدینگی، شاخص‌های ضمنی تولید ناخالص داخلی، قیمت واردات و تورم بوده که بر بخش‌های مصرف، سرمایه‌گذاری، تجارت خارجی و تقاضای نیروی کار تاثیرگذار بوده و از بخش‌های تولید و تجارت خارجی تاثیرپذیر است.
تجارت خارجی	شامل صادرات، واردات، کالاهای مصرفی، واسطه‌ای و سرمایه‌ای است که بر بخش‌های سرمایه‌گذاری، پول و تورم موثر است.
نفت	شامل تولید نفت خام، صادرات نفت و فرآورده‌های نفتی کشور می‌باشد که بر تجارت خارجی و بودجه دولت تاثیرگذار است
عرضه نیروی کار	تعامل زیرمدل‌های جمعیت و آموزش و بر پایه متغیر نرخ مشارکت نیروی کار به تفکیک جنس و سن تشکیل شده است
تقاضای نیروی کار	از گروه‌های چهارگانه بخش تولید و نیز پول و تورم تاثیر پذیرفته و نقش اصلی را در ایجاد ارزش افزوده بخش‌های مختلف اقتصادی ایفا می‌کند.

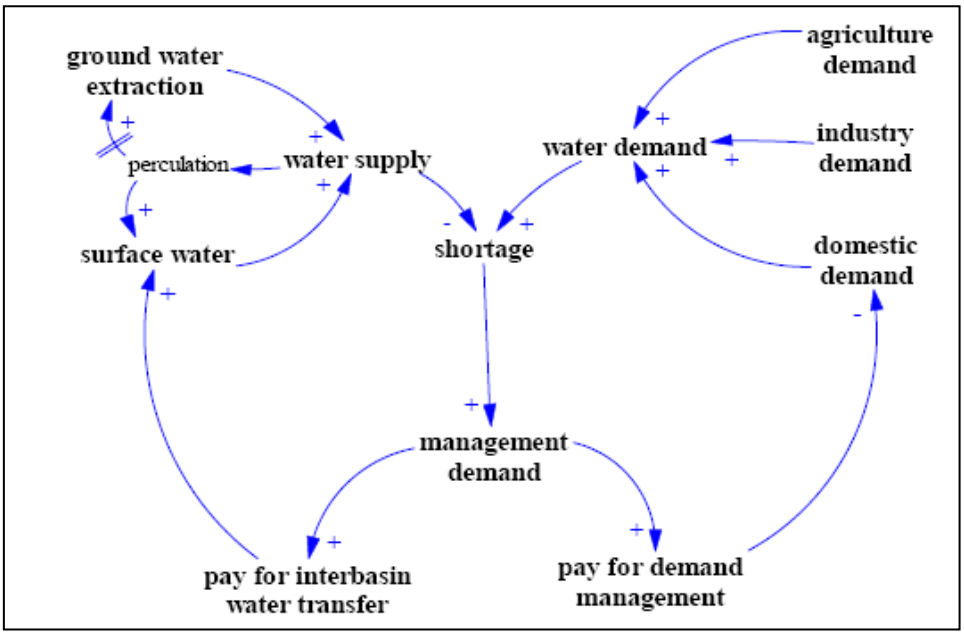
با توجه به نتایج این تحقیق، نرخ رشد متوسط سالانه جمعیت کشور از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۸۵ معادل با ۱/۵۵ درصد خواهد بود و نرخ رشد عرضه نیروی کار در مورد مردان و زنان در این دوره به ترتیب برابر با ۴/۷۳ و ۷/۹۲ درصد می‌باشد. در بخش تقاضای نیروی کار نیز نرخ رشد متوسط سالانه به تفکیک بخش‌های صنعت و معدن، کشاورزی وخدمات و نفت به ترتیب ۴/۵۱، ۲/۳۱، ۲/۳۲ درصد و در مجموع ۳ درصد می‌باشد و در تقاضای نیروی کار بخش نفت تغییر چندانی حاصل نمی‌گردد.

بر اساس نتایج این تحقیق، به ازای هر ۲/۵ درصد در رشد اقتصادی تحقق یافته بالاتر از رشد بالقوه، نرخ بیکاری به میزان ۲/۸ درصد کاهش می‌یابد که نشانگر تاثیر شدید رشد اقتصادی بر کاهش بیکاری کشورمان نسبت به دیگر کشورها با توجه به ماهیت اقتصاد کشور می‌باشد (رضوی و مشرفی، ۱۳۸۵).

۲-۵-۴-۱-۲- تحلیل پویایی سیستم مدیریت منابع آب شهری تهران

ضرغامی و همکاران، با هدف ارزیابی روند تغییرات منابع و مصارف آب و عوامل موثر بر آن، مدل منابع و مصارف آب شهر تهران را با استفاده از روش پویایی سیستم در دو تحقیق مشابه مدل‌سازی نمودند و تاثیرات اعمال سیاست‌هایی مانند انتقال بین حوض‌های آب، استفاده از مدیریت تقاضا و نیز طرح جمع آوری فاضلاب را بر مبنای رفتار متغیر بیلان آب ارزیابی کردند. مدل منابع و مصارف آب زیرزمینی تهران مطابق شکل شماره (۲-۸) از شش زیرمدل مخزن آب زیرزمینی، مخازن آب سطحی، جمعیت، نیاز آبی، بیلان آب و بودجه مدیریت تشکیل شده است. در این مدل دینامیکی دو حالت برای بررسی اثر اجرای شبکه فاضلاب و استفاده از آب حاصل از آن برای تأمین حقابه‌های کشاورزی در دشت تهران در نظر گرفته شده است. در حالت اول فرض بر عدم اجرای شبکه فاضلاب در تهران می-باشد و جذب عمده فاضلاب از طریق چاه‌های جاذب است. در حالت دوم فرض شده که از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ شبکه فاضلاب بصورت مرحله به مرحله اجرا درآید و تکمیل آن به صورت خطی از صفر تا ۱۰۰ درصد در طول این ۲۰ سال تحقق یابد (ضرغامی و همکاران، ۱۳۸۵).

بر مبنای نتایج تحقیق، سهم آب برگشتی ناشی از فاضلاب شهری اهمیت زیادی در تعادل سفره آب زیرزمینی تهران دارد. احداث شبکه فاضلاب تهران موجب می‌شود تا از یک طرف فاضلاب شهری به جای تغذیه سفره زیرزمینی وارد واحدهای تصفیه فاضلاب گردد و تغذیه سفره زیرزمینی کاهش یابد. از طرف دیگر نیاز کشاورزی به جای برداشت از سفره زیرزمینی از فاضلاب تهیه شده تأمین شده و بدین لحاظ سفره زیرزمینی کمتر تخلیه گردد.



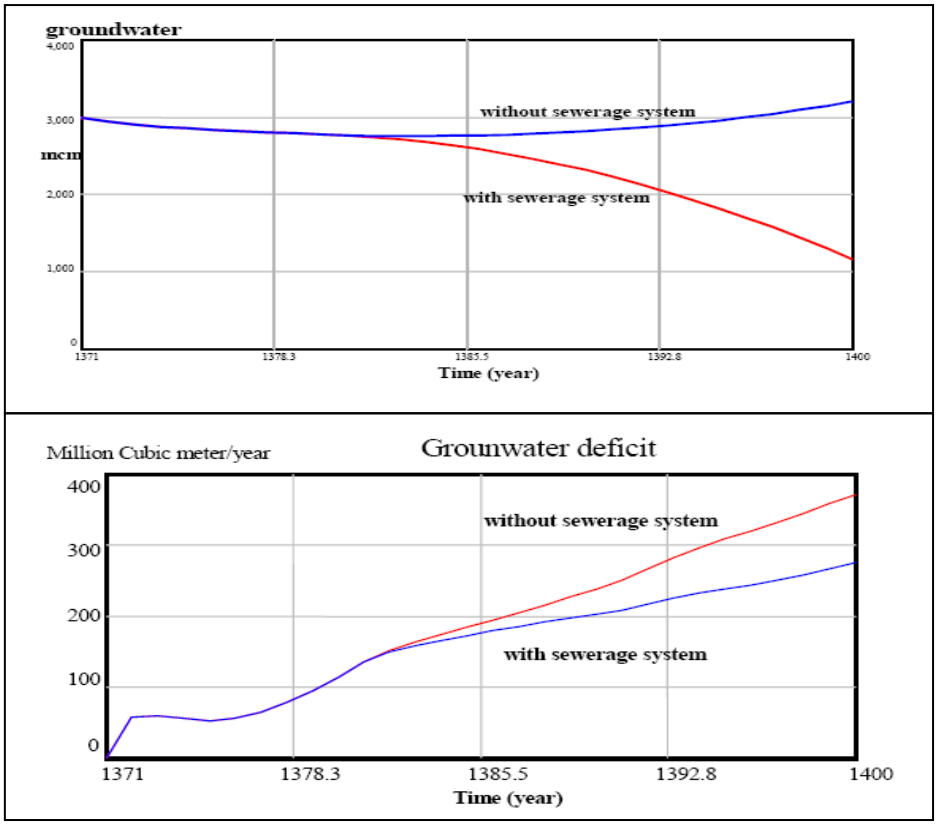
شکل ۲-۸: اجزای اصلی مدل منابع و مصارف آب زیرزمینی شهر تهران (ضرغامی و همکاران، ۱۳۸۵)

با توجه به اینکه میزان آبی که در حال حاضر بر اثر مصرف آب شهری به سفره آب زیرزمینی نفوذ می‌نماید بیشتر از بهره‌برداری آب زیرزمینی توسط مصارف کشاورزی است، لذا پس از احداث و بهره-برداری از شبکه فاضلاب، تغذیه سفره آب زیرزمینی کاهش یافته و سفره آب زیرزمینی با افت تدریجی سطح آب و ذخیره آن مواجه خواهد شد. در شکل شماره (۲-۹) تاثیرات اعمال هریک از حالات اجرا و عدم اجرای فاضلاب شهر تهران بر سطح آب زیرزمینی و ذخیره آن مشخص شده است (ضرغامی و همکاران، ۱۳۸۵).

از دیگر تحقیقات مشابه می‌توان به مطالعات صلوی تبار و همکاران در زمینه اعمال مدیریت منابع آب شهری تهران اشاره نمود (صلوی‌تبار و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۵-۴-۱-۳- تحلیل پویایی سیستمی بهره برداری از مخازن آب

مومنی در سال ۱۳۸۴ مدلی را جهت شبیه‌سازی بهره‌برداری از مجموعه مخزن و ذخایر آب زیرزمینی حوضه آبریز زاینده‌رود با هدف تعیین رفتار سیستم بهره‌برداری مناسب از مخزن و تخصیص



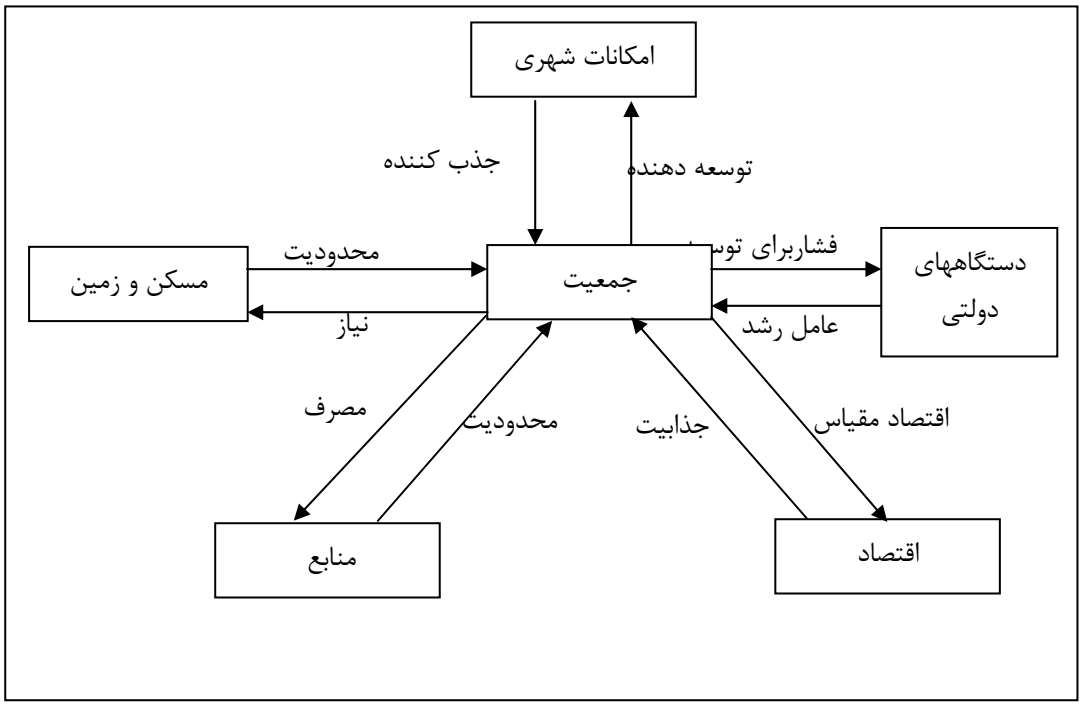
شکل ۲-۹ :آثار اعمال حالات مختلف اجرای فاضلاب شهر تهران بر سطح آب زیرزمینی و ذخیره آن(ضرغامی و همکاران، ۱۳۸۵)

آب به بخش کشاورزی ارائه نمود تا بتوان با حفظ سطح زیرکشت دشت‌های مختلف حوزه، امکان کنترل سطح آب زیرزمینی فراهم گردد. از دیگر اهداف این تحقیق می‌توان به بررسی آثار اعمال سیاست‌هایی مانند تغییر سطح زیر کشت، تغییر میزان تخصیص آب شهری و بهبود راندمان شبکه آبیاری بر سطح آب زیرزمینی با در نظر گرفتن حالاتی مانند افزایش نیاز آتی به آب با توجه به انتقال آب از حوضه زاینده‌رود به دیگر حوضه‌ها اشاره نمود (مومنی، ۱۳۸۴

از دیگر تحقیقات مشابه می‌توان به مطالعات گلیان و همکاران اشاره نمود که به تحلیل سیاست‌های بهره‌برداری منابع آب در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه و اثرات آن بر تراز آب دریاچه پرداخته شده است (گلیان و همکاران، ۱۳۸۶). در تحقیق دیگری در حوزه مدیریت منابع آب می‌توان به بررسی به‌کارگیری روش پویایی سیستم در انتخاب محل بهینه احداث سد اشاره نمود (حمیدی‌زاده، ۱۳۸۲).

۲-۵-۴-۱-۴- تحلیل پویایی سیستمی مسائل رشد جمعیت تهران

قدوسی، تحلیل پویایی سیستمی را برای تحلیل رشد جمعیت و عوامل موثر بر آن در تهران و شهرهای بزرگ بکار گرفت. بر این اساس مهم‌ترین عوامل کلان موثر بر رشد جمعیت شهرهای بزرگ را می‌توان در چند بخش مسکن و زمین، امکانات شهری، منابع موجود، اقتصاد و دستگاه‌های دولتی تعریف نمود که این عوامل و تاثیرات متقابل آنها با جمعیت شهرها در شکل(۲-۱۰) نشان داده شده است. در این مدل به تاثیر پارامترهایی مانند نرخ تخصیص منابع دولتی، سرمایه‌گذاری، کیفیت زندگی، مالیات محلی، هزینه‌های تولید و ظرفیت منابع موجود بر میزان رشد جمعیت پرداخته شده است (قدوسی، ۱۳۸۲).



شکل ۲-۱۰: مدل کلی دینامیک رشد جمعیت تهران و عوامل موثر بر آن

۲-۵-۴-۱-۵- تحلیل پویایی سیستمی‌رقابت پذیری ایران خودرو

برارپور و عراقی، وضعیت رقابت‌پذیری شرکت ایران خودرو را قبل از الحاق به سازمان تجارت جهانی به عنوان نماینده جامعه خودروسازی کشور مدل‌سازی نمودند. در این تحقیق به بررسی دو حالت مختلف شامل تکمیل زیرساخت‌های رقابتی صنعت خودرو و نیز عدم تکمیل این زیرساخت‌ها

جهت پیوستن کامل به سازمان تجارت جهانی تا سال ۱۳۹۱ پرداخته شده است. بر این اساس ورود محصولات خارجی با شاخص‌های رقابت‌پذیری مناسب‌تر موجب کاهش رضایت مشتریان داخل از خودروهای داخلی و افزایش تمایل به خودروهای خارجی می‌گردد که در نهایت موجب کاهش سهم از بازار خودروسازان داخلی می‌گردد. زیرمدل‌های اصلی این تحلیل عبارتند از (برارپور و عراقی، ۱۳۸۵):

- زمان تحویل به موقع محصولات که بر اساس نسبت مجموع سفارشات رسیده به شرکت به ظرفیت تولید شرکت برآورد می‌گردد.
- سرویس و خدمات پس از فروش که بر اساس تعداد پایگاه‌های خدمات پس از فروش و ظرفیت آنها برآورد می‌گردد.
- کیفیت محصولات که بر اساس برآورد فاکتورهای موثر بر سطح تکنولوژیک شرکت و سطح دانایی و مهارت کارکنان شرکت محاسبه می‌گردد و با مقایسه آن نسبت به رقبا، تاثیر کیفیت بر سهم بازار مورد بررسی قرار گیرد.
- قیمت محصولات که با توجه به مقایسه قیمت فروش محصولات داخلی در کلاس مشخص صورت گرفته است.

سهم بازار نیز به عنوان تابع موزونی از عوامل چهارگانه فوق به کمک روش تحلیل سلسله مراتبی[1] محاسبه شده است. تعرفه‌های گمرگی نیز به عنوان یک عامل بیرونی، بر عملکرد مدل تاثیرگذار است که در دوره گذار بصورت مرحله‌ای از ۱۰۰ درصد به ۱۵ درصد کاهش می‌یابد.

[1] Analytical Hierarchy Process

بر اساس نتایج تحقیق، موتورهای رشد ضعیف صنعت خودرو کشور به همراه هزینه بالای قطعات و مواد اولیه و نیز ضعف تکنولوژیک مانع از رشد زیرساخت‌های رقابتی صنعت خودرو کشور می‌گردد و اجرای سیاست‌های آزادسازی تدریجی بدون توجه به تقویت موتورهای رشد صنعت خودرو، منجر به سقوط سهم بازار خودروسازان داخلی در یک محیط رقابتی پویا خواهد شد بطوری که قبل از پیوستن ایران به تجارت جهانی نیز بدلیل رقابت فشرده و نیز کاهش تعرفه‌ها، روند سهم ایران خودرو از بازار داخل نزولی خواهد بود و پس از پیوستن به سازمان تجارت جهانی نیز در صورتیکه زیرساخت‌های رقابتی موجود نباشد این روند شدت بیشتری خواهد یافت.

در این مدل، نتایج اعمال یک سناریوی کلان شامل تغییر روش کاهش تعرفه‌های گمرکی و چهار سناریوی خرد شامل افزایش سرمایه‌گذاری جهت کاهش هزینه‌ها، ارتقای کیفی محصولات، گسترش پایگاه‌های خدمات پس از فروش و کاهش زمان تحویل محصولات بررسی و تحلیل شده است (برارپور و عراقی، ۱۳۸۵).

۲-۵-۴-۱-۶- تحلیل پویایی سیستمی هدفمندسازی یارانه انرژی

قادری و همکاران در سال ۱۳۸۵ با استفاده از یک مدل پویایی سیستمی به تاثیرات اجرای سناریوهای مختلف حذف یارانه‌های غیرمستقیم و پرداخت یارانه مستقیم به اقشار کم درآمد جامعه پرداختند و آثار اجرای این سیاست‌ها بر نرخ تورم، مصرف سرانه انرژی، فشار اقتصادی بر اقشار کم درآمد و قاچاق سوخت را مورد بررسی قرار دادند. در این مدل تاثیرات پرداخت مستقیم یارانه‌ها بر نرخ تورم از جنبه‌های تاثیر بر قیمت انرژی و افزایش هزینه‌های تولید قیمت کالاهای مشمول یارانه و سایر کالاها و نیز افزایش نقدینگی جامعه و بالتبع آن افزایش تقاضای کالاها مدل‌سازی شده است. همچنین تاثیر افزایش قیمت انرژی و پرداخت یارانه‌ها بر بهره‌وری انرژی، قاچاق سوخت، واردات فرآورده‌های نفتی و افزایش هزینه‌های دولت شبیه‌سازی گردیده است. پس از اجرای مدل، آثار چهار سیاست اصلی ذیل بر روی مدل پیشنهادی بررسی شده است (قادری و همکاران، ۱۳۸۴):

- آزادسازی تدریجی قیمت انرژی طی ده سال توام با پرداخت دائمی یارانه معادل به اقشار کم درآمد
- آزادسازی تدریجی قیمت انرژی طی ده سال توام با پرداخت یارانه معادل به اقشار کم درآمد به مدت ۱۵ سال
- آزادسازی یکباره قیمت انرژی توام با پرداخت دائمی یارانه معادل به اقشار کم درآمد
- آزادسازی یکباره قیمت انرژی توام با حذف تدریجی پرداخت یارانه مستقیم طی ۱۵ سال

بر اساس نتایج تحقیق تبدیل تدریجی یارانه غیرمستقیم به یارانه مستقیم موجب تورم حداکثر ۲۰ درصد و تبدیل ناگهانی باعث تورم حداکثر ۵۰ درصد در سال‌های نخستین خواهد شد. شاخص تعریف شده فشار اقتصادی بر اقشار کم درآمد نیز در هریک از حالات تبدیل تدریجی و ناگهانی معادل با ۲/۵ و ۳/۵ برابر خواهد بود. همچنین از لحاظ کاهش یکباره مصرف و قاچاق، سیاست تبدیل ناگهانی یارانه غیرمستقیم به یارانه مستقیم انرژی پیشنهاد شده است (قادری و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۵-۴-۲-مطالعات جهانی در زمینه کاربردهای پویایی سیستم

۲-۵-۴-۲-۱- مدیریت مخازن آب

یکی از مواردی که روش پویایی سیستم جایگاه مناسبی را به عنوان ابزار شبیه‌سازی ایفا نموده است مدیریت مخازن آبی می‌باشد. از جمله محققین این حوزه می‌توان به سیمونویچ[1] اشاره نمود که فعالیت‌های زیادی را در حوزه رودخانه با استفاده از روش پویایی سیستم انجام داده است. جدول (۲-۲)، بیانگر تعدادی از تحقیقات انجام شده در سال‌های اخیر در حوزه مدیریت منابع آب با استفاده از روش پویایی سیستم می‌باشد.

[1] Simonovic, S. P.

جدول۲-۳: خلاصه تحقیقات جهانی در حوزه مدیریت منابع آبی بر مبنای روش پویایی سیستم

موضوع تحقیق	منبع
شبیه‌سازی مطالعات خشکسالی	(Keyes & Palmer, 1993)
مدیریت کم آبی	(Fletcher, 1998)
ارزیابی بلند مدت منابع آبی و تحلیل سیاست‌های اعمالی در حوزه رودخانه نیل	(Simonovic & et al, 1997)
اثرات مدیریت سیلاب در مخازن با سرریزهای دریچه‌دار و بدون دریچه	(Simonovic & Ahmad, 2000)
میزان تولید نیروی برقابی جهت توسعه کشاورزی و انتخاب نوع تولیدات کشاورزی با در نظرگرفتن مولفه‌های زیست‌محیطی	(Saysel &Barlas, 2001)
مدیریت و سیاستگذاری بهره‌برداری از منابع آب	(Chih Chao, 2005) (Simonovic & Rajasekaram, 2004)
تحلیل اقتصادی بهره‌برداری از منابع آبی	(Ewers, 2005)
مدیریت کیفیت منابع آبی	(Elshorbagy & Ormsbee, 2006)
دینامیک مربوط به تولید، مصرف و آلودگی‌های انرژی برقابی پاکستان	(Qudrat-Ullah, 2001)

۲-۵-۴-۲-۲- مدیریت انرژی

موضوعات مرتبط با انرژی از جمله کاربردهای اصلی روش پویایی سیستم بوده است. مهمترین دلایل گسترش مدل‌های یکپارچه انرژی را می‌توان محدودیت منابع تولید انرژی و رشد نمایی مصرف بیان نمود که در صورت عدم مدیریت کارآمد، می‌تواند منجر به تهی شدن منابع موجود و سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی دنیا گردد. از طرفی نیز بررسی محدودیت منابع، ضرورت ساخت مدل‌های جداگانه برای هر نوع انرژی خاص را جهت تکمیل بررسی عوامل موثر بر مدل‌کلی ایجاب می‌نمود. بکارگیری مدل‌های پویایی سیستمی در مباحث انرژی در اولین فعالیت‌های تحقیقاتی فورستر در قالب مدل

پویایی جهانی[1] صورت گرفت و جمع‌بندی این مدل‌ها موجب ارائه مدل World3 گردید که توسط گروه پویایی سیستم انستیتو تکنولوژی ماساچوست انجام گرفت.(Forrester, 1973) .

یکی از مدل‌های اصلی، مدل اکتشاف و تولید گاز طبیعی بود که توسط نیل[2] ساخته شد و بر مبنای تئوری چرخه عمر نفت و گاز و تولید آن و بر مبنای تئوری هوبرت[3] ارائه گردید. نتیجه تحقیق وی این بود که حداکثر تولید گاز طبیعی آمریکا در سال ۱۹۷۳ خواهد بود و تا اوایل قرن بیست و یکم به اتمام خواهد رسید (Naill, 1973). مهمترین ضعف این مدل را می‌توان عدم وجود نرخ ورودی مشخص جهت اضافه شدن به منابع قابل برداشت و نیز رشد نمایی مصرف دانست. همچنین در این مدل، تحلیل تولید و مصرف بر مبنای نوع تکنولوژی، نوع گاز قابل استحصال و عدم امکان جانشینی منابع انرژی صورت نگرفته بود. نیل در رساله دکتری خود با گسترش حوزه تحقیق به منابع انرژی اصلی آمریکا و با ارائه مدل Coal1 نشان داد که زغال‌سنگ بهترین منبع انرژی قابل اتکا جهت دوره گذار انرژی آمریکا می‌باشد (Naill, 1977). در ادامه فعالیت‌های تحقیقاتی، مدل‌های Coal2 و Fossil1 توسط نیل جهت برنامه‌ریزی انرژی تکمیل و ارائه گردید. مدل Fossil1 بر مبنای تئوری هوبرت و با توجه به از بین رفتن منابع انرژی برای آنالیز و طراحی ساختار جدید جهت تغییر نوع انرژی مصرفی بکار گرفته شد. مهمترین بخش‌های این مدل شامل تقاضای انرژی، نفت و گاز، زغال‌سنگ و الکتریسیته می‌باشد. مدل Fossil2 بر مبنای شناسایی تاثیرات اقدامات بخش عرضه بر واردات نفت خام، آسیب‌پذیری عرضه نفت آمریکا از تحولات سیاسی، مالیات انرژی و عوارض دی‌اکسیدکربن در اوایل دهه ۱۹۹۰ ارائه گردید. ویرایش کامل‌تر Fossil2 به نام IDEAS برای شبیه‌سازی تحلیل یکپارچه انرژی بکار گرفته شد (Naill et al, 1992). مهمترین موارد نقص این مدل‌ها را می‌توان شامل مستقل بودن بخش انرژی از دیگر بخش‌های اقتصاد و بالتبع آن محیطی بودن پارامتر تولید ناخالص داخلی، در نظر نگرفتن هزینه بدست آوردن

[1] World Dynamics
[2] Roger Naill
[3] Hubbert Theory

تکنولوژی‌های انرژی، مستقل بودن سرمایه‌گذاری در انرژی با نیازهای انرژی، محیطی بودن نرخ بهره، عدم تاثیرپذیری تورم از قیمت‌های انرژی و عدم تاثیر قیمت داخلی بر قیمت جهانی می‌باشد.

جدول۲-۳: تعدادی از خلاصه تحقیقات جهانی در حوزه انرژی بر مبنای روش پویایی سیستم

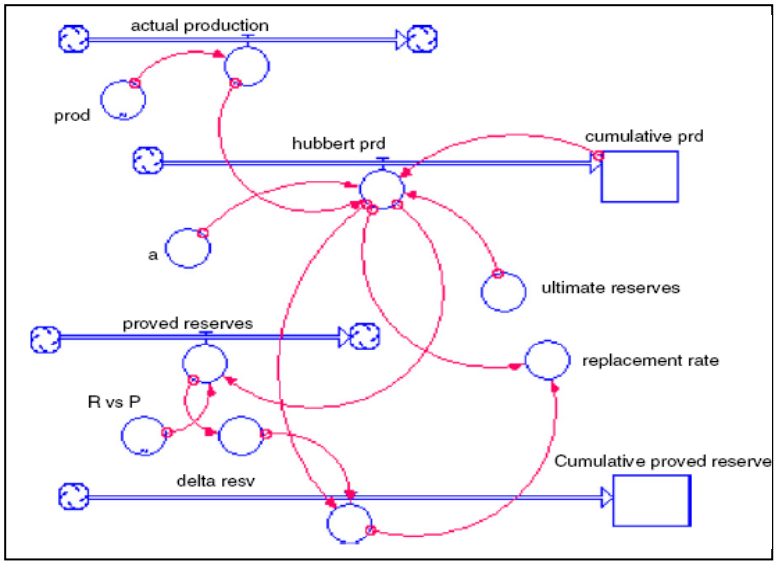
موضوع تحقیق	منبع
مطالعه رفتار اتحادیه اوپک و بازارهای نفتی	(Powel ,1990)
مطالعه رفتار بنگاه‌های تولید کننده نفت و گاز	(Genta & Neville, 1993)
بکارگیری تئوری هوبرت در منابع انرژی مکزیک	(Duncan & Richard, 1996)
مدل مصرف کننده چندگانه انرژی	(Ford, 1997)
مدل تقاضای انرژی آمریکا	(Bassi, 2006)
تاثیرات انرژی در توسعه مناطق روستایی چین	(Xiaohua, 2006)
پیش‌بینی تولید نفت خام چین	(Tao & Lee, 2007)

با توجه به بررسی صورت گرفته، روش پویایی سیستم در حوزه‌های مختلف انرژی کاربردهای مختلفی پیدا کرده است. لیکن اکثر تحقیقات مرتبط با حوزه انرژی مرتبط با مسائل درگیر بنگاه یا صنعت بررسی گردیده‌اند و کمتر به وضعیت منابع پرداخته‌اند. در جدول (۲-۳)، برخی از کاربردهای روش پویایی سیستم در حوزه انرژی در سطح بنگاهی و یا بخشی نشان داده شده است که در ادامه به مدل پیش‌بینی تولید نفت خام پرداخته می‌شود.

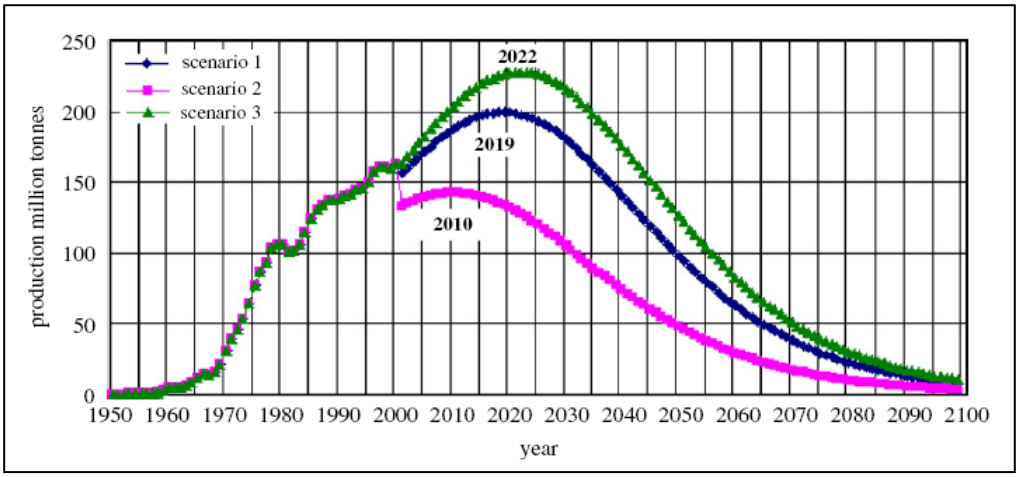
تائو[1] و لی[2] پیش‌بینی منحنی هوبرت[3] و نقطه پیک هوبرت[4] برای تولید نفت خام چین را در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۱۰۰ بر اساس روش پویایی سیستم مدل‌سازی نموده‌اند. در این تحقیق داده‌های آماری مربوط به تولید نفت خام چین در سال‌های ۱۹۴۹ تا ۲۰۰۴ بکارگرفته شده است. در این مدل که مطابق شکل شماره (۲-۱۱) دارای ۴ متغیر جریان، ۲ متغیر حالت و ۶ متغیر کمکی بوده و با نرم افزار Stella طراحی شده است. نتایج اعمال سه سناریوی مختلف بر مبنای میزان ذخایر قطعی نفت خام

[1] Zaipo Tao
[2] Ming Yu Li
[3] Hubbert Curve
[4] Hubbert Peak

چین جهت تخمین نقطه هوبرت مطابق شکل شماره (۲-۱۲) مورد بررسی قرار گرفته است. بر مبنای محتمل‌ترین سناریو که میزان ذخایر قطعی قابل بازیابی چین معادل با ۱۴ میلیارد تن تخمین زده شده است، نقطه هوبرت نفت خام چین برابر با ۱۹۹/۵ میلیون تن و در سال ۲۰۱۹ خواهد بود. همچنین افزایش میزان تقاضا با رشد سالانه ۲ تا ۳ درصد، موجب پدید آمدن فاصله بین عرضه و تقاضا، به مقداری بیش از نصف تقاضا در بیست سال آینده خواهد شد (Tao & Lee, 2007a).



شکل۲-۱۱: مدل هوبرت تولید نفت خام چین (Tao & Lee, 2007a)



شکل۲-۱۲: نتایج اعمال سه سناریوی مختلف جهت تخمین نقطه هوبرت تولید نفت خام چین(Tao & Lee, 2007a)

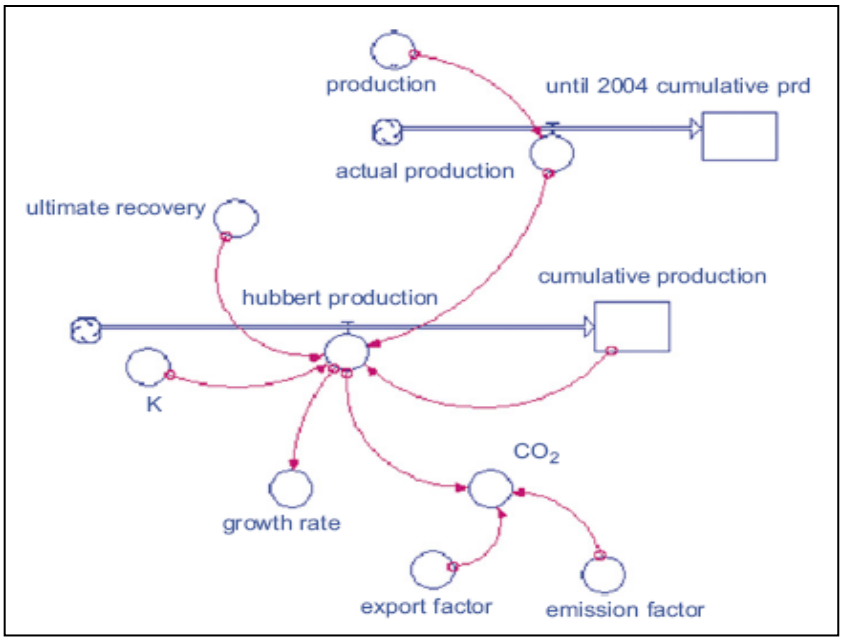
۲-۵-۴-۲-۳-مطالعات پویایی سیستم در حوزه‌های مرتبط با معادن و مدیریت منابع معدنی

مطالعات پویایی سیستم مرتبط با حوزه معادن و صنایع معدنی را عموما می‌توان در سه دسته ذیل طبقه‌بندی نمود:

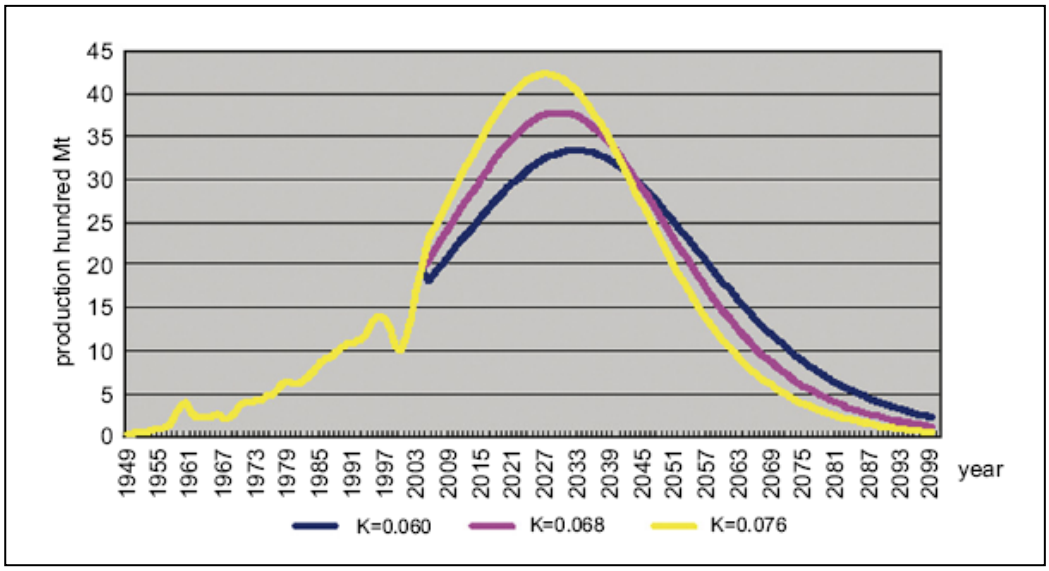
- مطالعات مرتبط با صنعت زغال‌سنگ به عنوان یک منبع فسیلی انرژی
- مطالعات مربوط به ارتباط معادن با دیگر بخش‌های اقتصادی
- تحقیقات خاص معادن و منابع معدنی

۲-۵-۴-۲-۳-۱- شبیه‌سازی نقطه هوبرت تولید زغال سنگ چین

تائو و لی در ادامه مطالعات قبلی خود، منحنی هوبرت و نقطه پیک آن را برای تولید زغال‌سنگ چین در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۱۰۰ بر اساس روش پویایی سیستم و با استفاده از نرم افزار Stella شبیه‌سازی نموده‌اند. مدل ارائه شده مطابق شکل (۲-۱۳) دارای ۱ متغیر جریان، ۲ متغیر حالت و ۷ متغیر کمکی می‌باشد و بر مبنای تئوری هوبرت تعریف گردیده است. در این تحقیق داده‌های تولید زغال‌سنگ چین در سال‌های ۱۹۴۹ تا ۲۰۰۱ بکار گرفته شده است و وضعیت کلی تولید زغال‌سنگ چین از لحاظ مالکیت، تکنولوژی تولید، بهره‌وری، صادرات و واردات بررسی شده است. همچنین با تعریف کشش تولید بر مبنای نسبت نرخ رشد تولید زغال‌سنگ به نرخ رشد تولید ناخالص داخلی، سه سناریوی مختلف تعریف گردید و نتایج اعمال هریک از آنها مطابق شکل(۲-۱۴)، جهت تخمین نقطه هوبرت مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس محتمل‌ترین سناریو تولید زغال‌سنگ چین با رشد سالانه ۴-۳ درصد در سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۲ به حداکثر تولیدی معادل ۴۴۵۲-۳۳۳۹ میلیون تن خواهد رسید و پس از آن شروع به افت خواهد کرد و در سال ۲۰۵۰ به ۲۵۰۰ میلیون تن خواهد رسید. همچنین با توجه به میزان عرضه و تقاضا در این سال، چین با ۷ درصد کمبود عرضه مواجه خواهد شد. همچنین میزان تولید دی‌اکسیدکربن به ازای حالات مختلف تخمین زده شده است (Tao & Lee, 2007b).



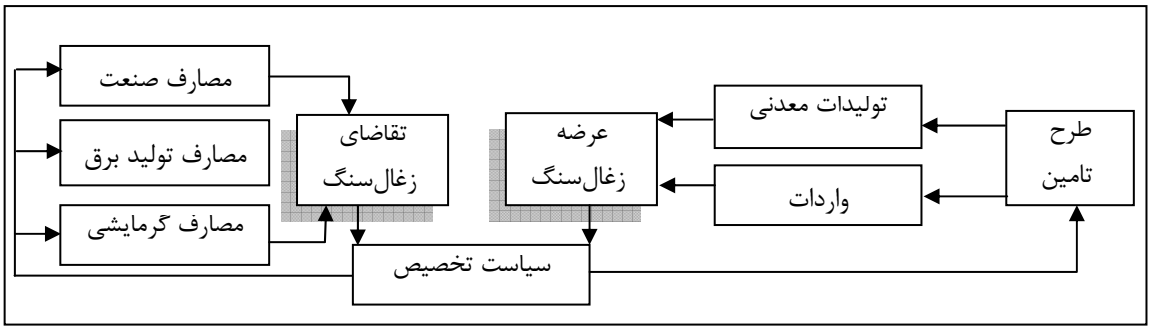
شکل ۲-۱۳: مدل پویایی سیستم نقطه هوبرت تولید زغال‌سنگ چین (Tao & Lee, 2007b)



شکل۲-۱۴: نتایج اعمال سناریوهای مختلف تولید زغال‌سنگ چین (Z.Tao, M.Y.Lee , 2007b)

۲-۵-۴-۲-۳-۲- مدل پویایی سیستمی تامین زغال‌سنگ

زان[1] در بخشی از تحقیق خود جهت بکارگیری روش پویایی سیستم در برنامه‌ریزی بنگاهی به تحلیل وضعیت عرضه و تقاضای زغال‌سنگ در آلمان غربی پرداخت. مدل کلی این تحقیق را می‌توان به صورت شکل (۲-۱۵) خلاصه نمود.



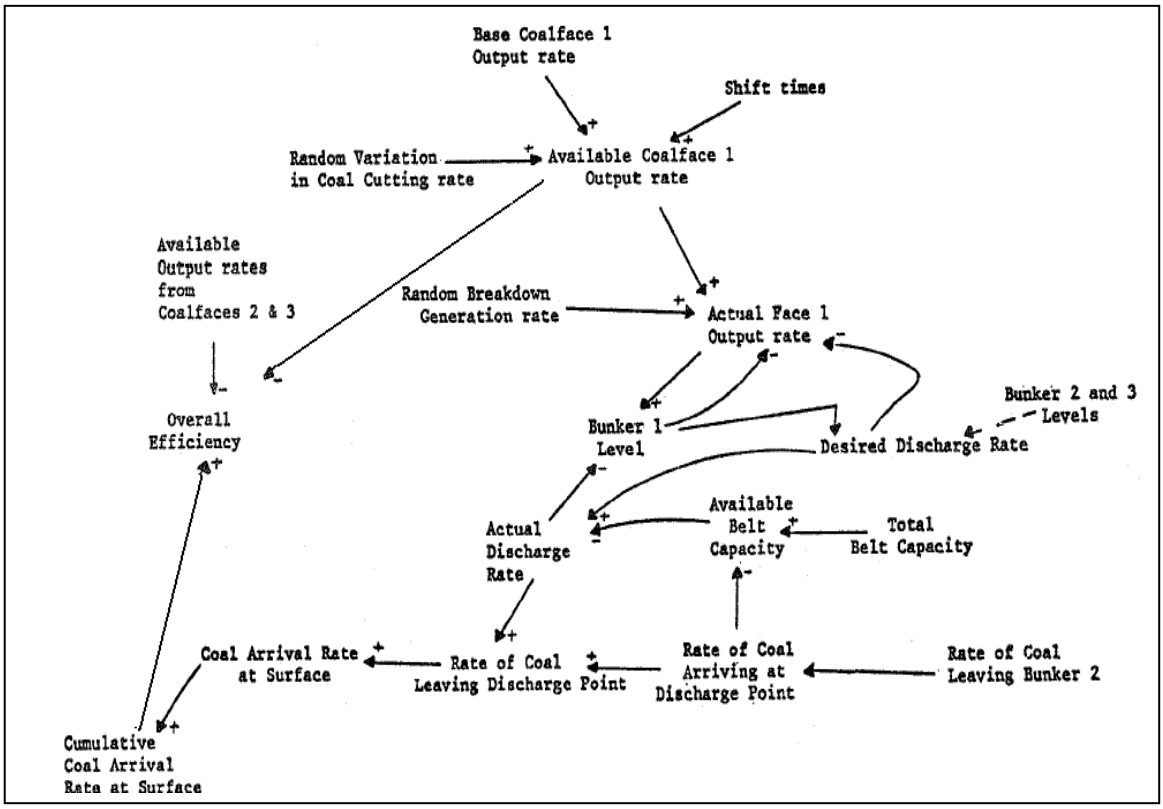
شکل۲-۱۵ : مدل کلی عرضه و تقاضای زغال‌سنگ

در این مدل که دارای سه جزو اصلی مصرف شامل تولید فولاد، تولید برق و مصارف گرمایشی بوده است، تاثیرات تقاضا بر راهبردهای تامین از طریق تولید یا واردات جهت مصرف مورد بررسی قرار گرفته است. از عوامل محیطی موثر بر مدل می‌توان از قیمت نفت و گاز به عنوان پارامترهای موثر بر مصرف گرمایشی و تولیدات برق اشاره نمود (Zhan,1981). از مهمترین موارد کاستی این مدل در نظر نگرفتن مواردی مانند ارتباط ذخایر با تولید، صادرات و نیز سرمایه مورد نیاز جهت اجرای راهبردهای تامین بویژه در حوزه تولید می‌باشد.

۲-۵-۴-۲-۳-۳- مدل پویایی سیستمی کارکرد نوار نقاله در معادن زیرزمینی

ولستونهم[2] با ارائه مدل کارکرد نوار نقاله در معادن زیرزمینی به بررسی تاثیر شرایط مختلف تخلیه بونکر بر کارآیی سیستم نوار نقاله مطابق شکل (۲-۱۶) پرداخت. برای این‌کار با فرض تولید معدن از سه جبهه‌کار مختلف به بررسی تاثیر حالات مختلف تخلیه بونکر بر کارآیی نوار نقاله پرداخت. شاخص کارایی بر مبنای نسبت کل زغال‌سنگ خروجی به سطح زمین به زغال‌سنگ در دسترس قابل برداشت جبهات کاری تعریف گردیده است (Wolstenholme, 1982).

[1] Zhan
[2] Wolstenholme



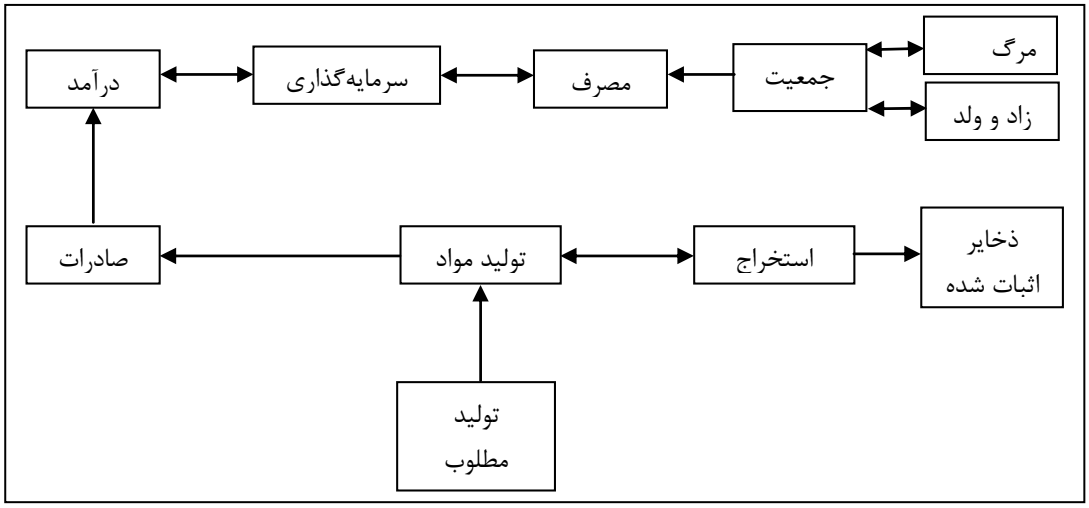
شکل۲-۱۶: مدل پویایی سیستمی کارکرد نوار نقاله معادن زیرزمینی (Wolstenholme, 1982)

۲-۵-۴-۲-۳-۴- مدل‌سازی پویایی سیستمی تولید معادن زیرزمینی

جمشیدیان، عوامل کلی تاثیرگذار بر تولید معادن زیرزمینی سنگ آهن، مس و نفت را در قالب یک مدل پویایی سیستمی ارائه نموده است و تاثیر تعدادی از عوامل بر تولید مطلوب معادن را ارزیابی کرده است. دینامیک مدل پیشنهادی که بسیار ساده فرض شده بر اساس موارد زیر شکل گرفته است (جمشیدیان، ۱۳۷۵):

- ذخایر اثبات شده زیرزمینی کشور، رابطه معکوس با استخراج این منابع دارند و هرچه استخراج زیادتر باشد این ذخایر بیشتر رو به کاهش می‌گذارند.
- تولید مطلوب یک عامل کنترل کننده بر روی استخراج و تولید مواد خام است.
- هر چه تولید مواد خام بیشتر باشد صادرات بیشتر و درآمد ملی افزایش می‌یابد.
- افزایش جمعیت موجب افزایش بودجه جاری جهت تامین مصرف و کاهش بودجه عمرانی شده لذا کاهش سرمایه‌گذاری‌های ملی را بدنبال دارد.

مدل ارائه شده با نرم افزار Dynamo ساخته شده و روابط علت و معلولی آن بصورت شماتیک در شکل شماره (۲-۱۷) نشان داده شده است.



شکل۲-۱۷ : مدل پویایی سیستمی استخراج منابع زیرزمینی

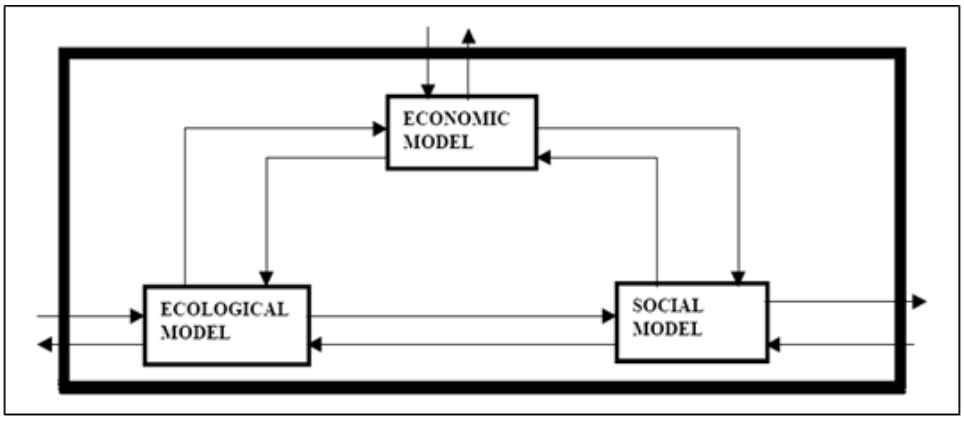
در این تحقیق پنج سناریوی مختلف بر مبنای رشد تولید مس، رشد قیمت مس و سهم صادراتی فولاد و مس مورد ارزیابی قرار گرفته است (جمشیدیان، ۱۳۷۵). از جمله موارد نقص این تحقیق می‌توان به در نظر نگرفتن موضوعاتی مانند عدم تاثیرپذیری مصرف مواد معدنی از سطح توسعه کشور، اکتشافات جدید و صنایع معدنی اشاره نمود.

۲-۵-۴-۲-۳-۵- مطالعات پویایی سیستم در خصوص مدیریت توام منابع طبیعی و معادن

تنگبه[1] مدل پویایی سیستم مدیریت توام منابع طبیعی را با استفاده از نرم افزار Dynamo ارائه نموده است. در این تحقیق، مدل‌های پویایی سیستم در جهت مدیریت هماهنگ بخش‌های معدن و کشاورزی کشور سیرالئون در راستای تحلیل سیاست‌های توسعه‌ای دولت جهت رسیدن به اهداف توسعه پایدار بکارگیری شده است. با توجه به وابستگی کامل اقتصاد این کشور به بخش‌های معادن و کشاورزی، چگونگی تعامل این دو بخش کلیدی و تاثیرات متقابل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی سیاست‌های نیل به توسعه پایدار در این مدل ارزیابی شده است. ساختار کلی مدل پیشنهادی مطابق شکل (۲-۱۸)

[1] J.B.Tengbe

شامل زیرمدل‌های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیک می‌باشد که بین هریک از این زیرمدل‌ها جریان مواد و اطلاعات بر اساس حلقه‌های بازخوردی وجود دارد (Tengbe, 2001).



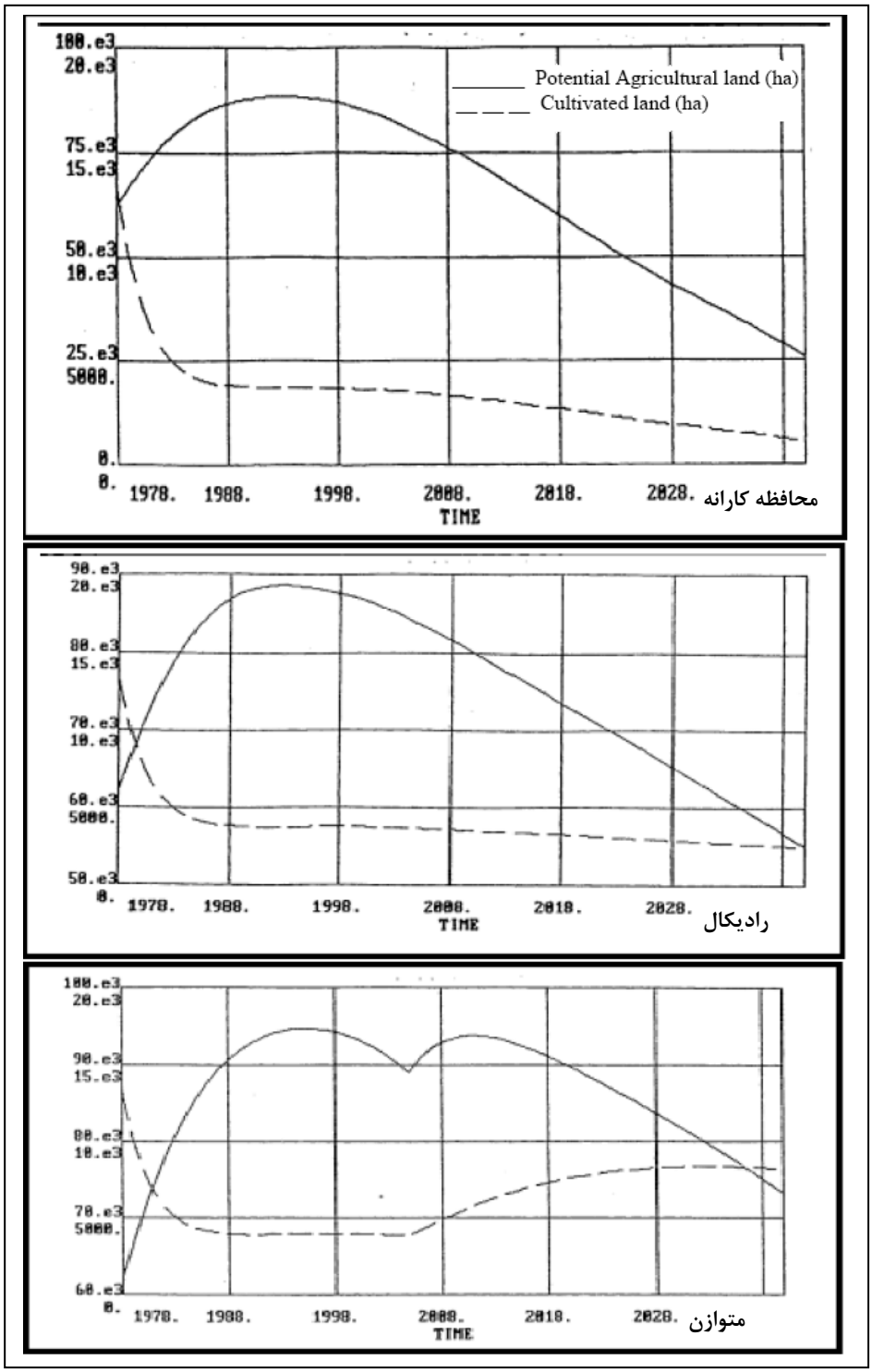
شکل ۲-۱۸: ساختار کلی مدل مدیریت توام منابع طبیعی و معادن(Tengbe, 2001)

بازخوردهای زیرمدل اقتصادی بر مبنای تاثیرات ارزش افزوده تولیدات معادن، هزینه‌های بازسازی معادن و کاهش ارزش افزوده تولیدات کشاورزی بر تولید ناخالص داخلی، درآمدها و هزینه‌های دولت می‌باشد. بازخوردهای زیرمدل اکولوژیک به تاثیرات زیست‌محیطی فعالیت‌های معدنی و کشاورزی بر کاهش پوشش‌های گیاهی، آلودگی زمین و پتانسیل‌های زمین است. در زیرمدل اجتماعی نیز تاثیرات جایگزینی جمعیت بر پوشش گیاهی، تولیدات کشاورزی و تولید ناخالص داخلی بررسی گردیده است.

در خصوص تحلیل سیاست‌ها، سه راهبرد اصلی شامل رویکرد رادیکال، محافظه‌کارانه و متعادل تعریف شد و آثار اجرای آن بر روی مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. مهمترین معیارهای ارزیابی راهبردها شامل حفظ برنامه‌های ملی کشاورزی، حفظ پارک‌های ملی، وجود برنامه‌های بازسازی معادن، حفظ خاک و کمک به اقتصاد ملی بوده است.

ارزیابی راهبرد محافظه‌کارانه که بر ادامه فعالیت‌های معدنی با شرایط موجود به همراه بازسازی آنها تاکید دارد علیرغم رشد تولید ناخالص داخلی در کوتاه مدت، موجب تاثیرات منفی اکولوژیک، اجتماعی و اقتصادی در بلند مدت ایجاد می‌گردد. ارزیابی راهبرد دوم با عنوان راهبرد رادیکال که بر تعطیلی کامل کلیه فعالیت‌های معدنی تاکید دارد و توسط گروههای حامی‌محیط زیست حمایت می‌شود نشانگر

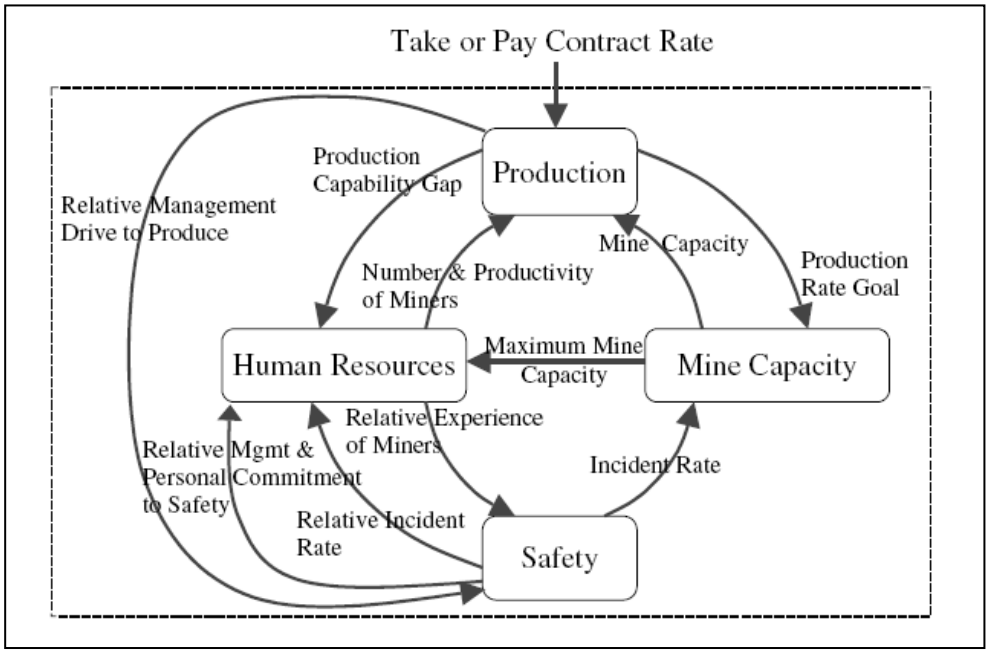
تاثیرات منفی آن در کاهش تولید ناخالص داخلی و نیز نتایج غیرمنتظره آن در کاهش سطح زیرکشت و میزان نواحی دارای پتانسیل کشاورزی به میزان کمتری نسبت به راهبرد محافظه کارانه می‌باشد. راهبرد سوم بصورت راهبردی متوازن و متعادل بین راهبردهای محافظه کارانه و رادیکال جهت نیل به توسعه پایدار ارائه گردیده است. در این راهبرد تغییراتی مانند محدود نمودن بعضی از معادن و تغییر در زمان عایش زمین‌های کشاورزی، موجب کسب مقدار سود و نیز امکان نیل به اهداف توسعه پایدار می‌گردد. در شکل شماره (۲-۱۹) از بالا به پایین نتایج اجرای هریک از راهبردهای محافظه‌کارانه، رادیکال و متوازن بر روی میزان زمین‌های کشاورزی دارای پتانسیل مناسب و سطح زیر کشت زراعی در بازه زمانی ۱۹۷۸ تا ۲۰۲۸ نشان داده شده است (Tengbe, 2001).



شکل۲-۱۹: نتایج حاصل از اجرای راهبردهای محافظه‌کارانه، رادیکال و متوازن در مدیریت توام منابع طبیعی و معادن(Tengbe, 2001)

۲-۵-۴-۲-۳-۶- مطالعات پویایی سیستم در خصوص حوادث معادن

کوکه[1] مدل پویایی سیستم حوادث معدنی در معدن زغال‌سنگ وستری[2] کانادا را ارائه نمود و دلایل ایجاد انفجارات خطرناک معادن زغال‌سنگ را بررسی نمود. اهمیت اصلی این تحقیق در ارائه یک مدل جامع جهت سیستم ایمنی معادن و عوامل موثر بر آن است. مدل پیشنهادی مطابق شکل(۲-۲۰) دارای چهار زیرمدل اصلی تولید، ظرفیت، منابع انسانی و ایمنی می‌باشد (Cooke, 2003).



شکل ۲-۲۰: زیرمدل‌های اصلی مدل پویایی سیستم ایمنی معادن (Cooke, 2003)

مرزهای این مدل محدوده معدن، کارکنان و مدیریت آن و دوره زمانی مورد بررسی تا ۵۰۰ هفته پس از شروع معدنکاری است. در این مدل تاثیر و ارتباط درونی بسیاری از متغیرهای اصلی از قبیل تولید، استخدام، تجربه، تعهد به ایمنی کارکنان و مدیریت، نرخ حوادث، بهره‌وری، سرمایه‌گذاری، آموزش و شرایط ناایمن بر سیستم ایمنی معدن مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در خصوص تحلیل سیاست‌ها نیز شرایط مختلفی از قبیل افت تولیدهای مختلف ناشی از حوادث و نرخ حوادث مختلف و تاثیرات آنها بر روی کاهش ظرفیت، تعداد نیروها، تجارب کارکنان و سرمایه‌گذاری‌ها و استخدام‌های مجدد نیرو جهت جبران این کاهش ظرفیت‌ها بررسی گردیده است (Cooke, 2003).

[1] D.L.Cooke
[2] Westary

در خصوص تحلیل پویایی سیستمی ایمنی در معادن، گوش[1] و همکاران مدلی جهت کنترل حوادث معادن زیرزمینی ارائه نمودند. این مدل که با هدف بررسی رفتار دینامیک سیستم‌های ایمنی معادن ارائه شده است، دارای هشت حلقه علت و معلولی می‌باشد و آثار اعمال سیاست‌هایی از قبیل بازرسی‌های ایمنی، برنامه‌های ایمن‌سازی و حذف مستقیم خطرات[2] بر سیستم ایمنی مورد مطالعه قرار گرفته است. از جمله این حلقه‌ها می‌توان به تاثیرات نرخ حوادث بر توجه بیشتر به تحلیل حوادث و شناسایی عوامل خطرزا، تاثیر شناسایی خطرات بر شرایط ناایمن و متعاقب آن تجهیز و حذف مستقیم خطرات اشاره نمود (Ghosh et al, 1998).

۲-۵-۴-۲-۳-۷- شناسایی عوامل موثر بر ظرفیت معدن

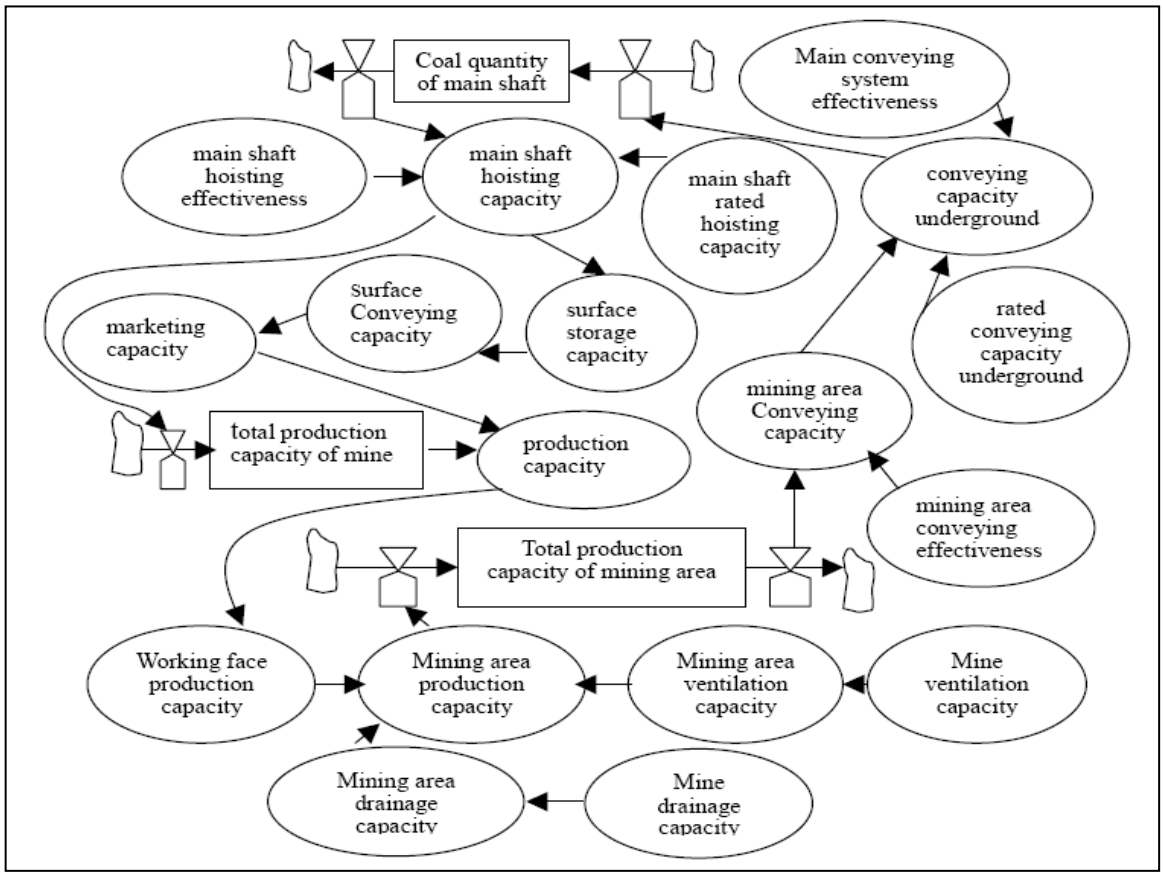
زیون[3] با بکارگیری ابزار پویایی سیستم، به شناسایی و تحلیل علت و معلولی عوامل موثر بر ظرفیت تولیدی یک معدن زغال‌سنگ زیرزمینی پرداخته است. در این مطالعه بر مبنای دو حلقه اصلی علت و معلولی ذیل به ارزیابی ظرفیت معدن زغال‌سنگ پرداخته شده است (Xiwen, 2001):

- تاثیرپذیری متقابل ظرفیت معدن زغال‌سنگ از شرایط فنی شامل ظرفیت باربری شفت اصلی، ظرفیت نوار نقاله زیرزمینی، ظرفیت جبهه‌کارهای زیرزمینی، توان تهویه و آبکشی معدن
- تاثیرپذیری ظرفیت از شرایط فنی و اقتصادی شامل ظرفیت ذخیره سطحی، شرایط بازار و حمل و نقل سطحی

همان طورکه در شکل (۲-۲۱) مشخص شده است مدل اصلی دارای سه متغیر اصلی حالت شامل کل توان استخراج جبهه‌های کاری، ظرفیت کل تولید و توان شفت اصلی می‌باشد. مدل پیشنهادی بر مبنای داده‌های یک معدن زیرزمینی زغال‌سنگ با ظرفیت ۴۵۰ هزار تن در سال اجرا گردید. سیستم باربری شفت شامل یک اسکیپ ۴ تنی، تهویه با دبی ۲۵۵۰ مترمکعب در دقیقه، ۴ پمپ آبکشی می‌باشد. نتایج

[1] A.Ghosh
[2] Direct Hazard Elimination
[3] Feng Xiwen

اجرای مدل مذکور در چگونگی هماهنگ‌سازی ظرفیت ماشین‌آلات، موجب افزایش ظرفیت معدن به ۸۸۰ هزارتن بدون نیاز به سرمایه‌گذاری جدید و بر مبنای تغییرات متناسب سرعت و ظرفیت بخش‌های مختلف معدن را فراهم نمود (Xiwen, 2001).



شکل ۲-۲۱ : مدل تعیین ظرفیت معدن زیرزمینی زغال‌سنگ (Xiwen, 2001)

۲-۵-۴-۲-۳-۸- شناسایی عوامل موثر بر جذابیت سرمایه‌گذاری در اکتشاف و توسعه معادن

اورگان[۱] و مولس[۲] از بخش محیط‌زیست دانشگاه لیمریک[۳] ایرلند یک مدل پویایی سیستم جامع را در خصوص جذابیت سرمایه‌گذاری معدنی و پیچیدگی فاکتورهای موثر بر جذابیت نسبی یک کشور به عنوان محل مناسب جهت سرمایه‌گذاری در اکتشاف و توسعه معادن ارائه نمودند. اجزای اصلی این مدل شامل بنگاه معدنی، دولت و بازار جهانی مواد معدنی می‌باشد و در کلیه مقالات ارائه شده توسط مولفان به جنبه‌های مختلف موضوع جذابیت سرمایه‌گذاری و فاکتورهای موثر بر آن از دید شرکتهای معدنی و حلقه‌های علت و معلولی مختلف موضوع پرداخته شده است. در این تحقیق اثرات ذیل مورد توجه قرار گرفته است (O'Regan, 2002).

- تاثیر شرایط قیمت و ذخایر مواد معدنی و مقرات زیست محیطی بر روی جذابیت سرمایه‌گذاری بر مبنای تعریف نسبت قیمت به هزینه مواد معدنی
- تاثیر گسترش فعالیت‌های معدنی بر راهبردهای زیست محیطی کشورها
- تاثیر بهبود شرایط اقتصادی بنگاه‌های اکتشافی بر سرمایه‌گذاری مجدد در طرح‌های اکتشاف و توسعه بر مبنای کسب درآمد و نائل شدن به اهداف شرکت‌ها

در این مدل چگونگی تصمیم‌گیری شرکت‌های بزرگ معدنی بین‌المللی در زمینه سرمایه‌گذاری در اکتشاف و بهره برداری معادن موجود در کشورهای مختلف نشان داده شده است که با توجه به بازخوردهای دریافتی از شرایط بازار جهانی مواد معدنی، مقررات معدنی و زیست محیطی کشورها و نیز وضعیت ذخایر کشورها صورت می‌گیرد. مدل پیشنهادی در خصوص چگونگی تصمیم‌گیری چهار شرکت چند ملیتی فعال معدنی و جذابیت‌های مورد نظر آنها جهت توزیع سرمایه‌گذاری در اکتشاف و توسعه می‌باشد که برای یک دوره ۱۰۰ ساله و با استفاده از نرم افزار Powersim در خصوص ۲۰ ذخیره ماده

[1] Bernadette Oregan
[2] Richard Moles
[۳] Limerick

معدنی روی در ۴ کشور مختلف صورت گرفته است (O'Regan, 2004). برای شبیه‌سازی کامل‌تر موضوع، هر یک از کشورها دارای شرایط زمین شناسی، ثبات سیاسی، مقررات زیست محیطی، هزینه‌های اکتشاف و هزینه‌های محلی مختلف فرض گردیده‌اند و بنگاه‌های مورد مطالعه نیز دارای شرایط اقتصادی مختلفی از لحاظ نیل به اهداف مصوب، راهبردهای استخراجی، ریسک‌پذیری و ارزش خالص فعلی طرح‌ها می‌باشند. خروجی این مدل میزان بودجه تخصیصی به فعالیت‌های اکتشافی و نیز میزان سرمایه-گذاری هریک از کشورها می‌باشد (O'Regan, 2005).

از دیگر مطالعات مربوط به کارآیی روش‌های پویایی سیستمی در حوزه معدن و صنایع معدنی می‌توان به مطالعات ارزیابی تاثیرات آلودگی کارخانجات سیمان (Anand et al, 2006)، برآورد مصرف فلزات (Van Vuuren, 1999) و تاثیرات سرمایه‌گذاری در جهت گسترش معادن کوچک زغال‌سنگ چین (Fan et al, 2007) اشاره نمود.

۲-۵-۴-۲-۴- سایر مطالعات مرتبط با پویایی سیستمی

مطالعات پویایی سیستمی علاوه بر معادن، در بسیاری از علوم به کار گرفته می‌شوند که از جمله آنها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- حوزه برنامه‌ریزی شرکت‌ها و طراحی سیاست‌های تجاری (Sterman, 2000).
- علوم پزشکی و بیولوژیک (Hansen & et al, 1987).
- مهندسی نرم‌افزار (Abdel Hamid, 1984) .
- مدیریت زنجیره تامین صنایع غذایی (Georgiadis et al, 2005)
- پویایی‌های تولید و مصرف منابع تجدیدپذیر (Woodwell, 1998)
- گسترش گردشگری بر مبنای منابع طبیعی (Chen, 2004)

۲-۶- نتیجه‌گیری

در این فصل ابتدا به بررسی رویکردهای مدیریت بخش معدن و موضوعات مختلف فنی و اقتصادی مرتبط با آن پرداخته شده است. با توجه به ماهیت تجدیدناپذیرخاص منابع معدنی، مدیریت کارآمد بخش معدن نیاز به تلفیق مباحث مختلف اقتصاد خرد و اقتصاد کلان تولید در چارچوب تئوری‌های مربوط به اقتصاد منابع تجدیدناپذیر با ملاحظات فنی تولید معادن دارد. از طرفی شبیه‌سازی پویایی سیستم با توجه به تئوری قابل فهم آن، و با شناسایی تاثیرات درونی متغیرهای تاثیرگذار در رفتار سیستم‌ها، توانایی حل مسائل، تسریع و تسهیل یادگیری رفتار سیستم‌ها را جهت پیش‌بینی رفتار آتی آنها در شرایط فعلی و آینده را دارد. نکته مهم این که مدل‌های پویایی سیستمی با توجه به قابلیت‌های گسترده آنها، عمدتا به عنوان یک ابزار کارآمد جهت بررسی و درک بهتر موضوعات و حل مسائل مربوطه می‌باشند که با استفاده از روابط ریاضی، تئوری‌ها و قوانین مرتبط در مدل آورده می‌شوند. لذا این روش با توجه به توانایی و کاربردهای گسترده مربوطه، قابلیت آن را دارد تا به عنوان یکی از ابزارهای اصلی سیاست‌گذاری بتواند به عنوان یک ابزار مفید در جهت مدیریت کارآمد بخش معدن بکار گرفته شود.

فصل سوم

بررسی وضعیت کلی معادن کشور

۳-۱- مقدمه

وجود ذخایر معدنی متنوع و گسترده از جمله ویژگی‌های کشورمان و موهبت‌های الهی به این سرزمین می‌باشد که توان بالقوه بالایی را برای اقتصاد کشور فراهم نموده است. لذا بهره‌برداری بهینه این ذخایر می‌تواند نقش بی‌بدیلی را در راستای توسعه متوازن کشور و ارتقای نقش معادن در اقتصاد ملی ایفا نماید و در رسیدن به هدف اقتصاد بدون اتکا به درآمدهای نفتی موثر باشد. وجود این ذخایر عظیم در صورت مدیریت صحیح می‌تواند، موجب بروز فرصت‌های مناسبی در جهت گسترش معادن و توسعه اجزای پیشین و پسین زنجیره تولیدات معدنی گردد.

اولین گام مدیریت کارآمد بخش معدن، شناخت متغیرهای کلیدی، وضعیت فعلی بخش و روند تغییرات این متغیرها می‌باشد. در این راستا در این فصل با بررسی کلی وضعیت مولفه‌های موثر بر ارتقای نقش معادن در اقتصاد کشور، امکان شناخت وضعیت موجود و روند گذشته آن فراهم می‌گردد. همچنین بررسی هدفگذاری‌های عمده در این حوزه، موجبات شناخت ویژگی‌های چشم‌انداز مطلوب بخش، از دیدگاه مدیریت بخش را فراهم می‌نماید.

۳-۲- استخراج مواد معدنی

از دیدگاه اقتصاد کلان، معادن به عنوان بخش اقتصادی فعال کشور در زمینه بهره‌برداری از ذخایر معدنی می‌باشد. نقش معادن علاوه بر ایجاد ارزش افزوده، صادرات، اشتغال و محرومیت زدایی در خصوص گسترش صنایع پسین می‌باشد بطوری که معادن به عنوان جزو اصلی زنجیره تامین بسیاری از صنایع و بخش‌های اقتصادی کشور عمل می‌نمایند. مهمترین ویژگی‌های این بخش در تمایز با دیگر بخش‌های اقتصادی کشور شامل موارد زیر می‌باشد (طرح تحقیقات اساسی بخش صنعت و معدن، ۱۳۸۵):

- پایان پذیری و تجدید ناپذیر بودن منابع معدنی
- ماهیت بین نسلی و انفال منابع و ذخایر معدنی
- برخورداری ذخایر معدنی از ارزش ذاتی و قابلیت افزایش ارزش ذاتی ذخایر معدنی
- برخورداری از مخاطرات بالای انسانی،مالی و محیطی در عملیات معدنی
- صیانتی بودن روش استخراج معادن

منابع معدنی ایران در حال حاضر شامل ۳۷/۵ میلیارد تن ذخیره قطعی، ۲۰ میلیارد تن ذخایر احتمالی با ۶۸ نوع ماده معدنی درحال بهره برداری و اکتشاف می‌باشد. بر اساس آمار سال ۱۳۸۶ وزارت صنایع و معادن، از ۵۰۱۹ معدن کشور حدود ۳۵۱۸ معدن فعال بوده‌اند که میزان استخراج این معادن حدود ۲۱۷/۵ میلیون تن بوده است. از نظر میزان استخراج ماده معدنی، مارن و آهک، سنگ‌آهن، سنگ لاشه و سنگ مس به ترتیب با ۶۰/۷، ۳۵/۲، ۳۵ و ۳۴/۶ میلیون تن بیشترین میزان استخراج را دارا می‌باشند. از لحاظ تعداد معادن فعال، مواد معدنی سنگ‌لاشه، مرمریت، گچ و گرانیت بترتیب با ۸۷۴، ۳۱۵، ۳۰۸ و ۲۸۶ معدن دارای بیشترین تعداد معادن فعال هستند. از بعد مکانی، استان‌های کرمان، یزد، اصفهان و آذربایجان‌شرقی به ترتیب با میزان استخراجی معادل با ۴۴/۵۶، ۲۳/۶۴، ۱۷/۱ و ۱۳/۱ میلیون تن بیشترین میزان استخراج را دارا می‌باشند. از کل معادن فعال کشور، ۹۵ معدن در مالکیت دولت بوده که بیشترین تعداد مربوط به زغال‌سنگ می‌باشد (وزارت صنایع و معادن، ۱۳۸۷).

جدول (۳-۱) بیانگر روند میزان استخراج معادن کشور طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۰ می‌باشد. نرخ متوسط افزایش استخراج معادن در طی این دوره معادل با ۷ درصد و در بازه زمانی ۱۳۸۴-۱۳۷۵ معادل با ۶/۸۱ درصد می‌باشد.

جدول ۳-۱: روند میزان استخراج معادن کشور بر حسب میلیون تن
(وزارت صنایع و معادن، ۱۳۸۷)

سال	استخراج	سال	استخراج
۱۳۷۱	۶۵/۴۹	۱۳۷۹	۱۱۰/۶۳
۱۳۷۲	۷۱/۶۷	۱۳۸۰	۱۱۹
۱۳۷۳	۶۹/۶	۱۳۸۱	۱۳۰/۸۷
۱۳۷۴	۷۸/۴۴	۱۳۸۲	۱۳۹/۱۳
۱۳۷۵	۹۵/۴۹	۱۳۸۳	۱۵۵/۸۶
۱۳۷۶	۹۶/۱۴	۱۳۸۴	۱۷۲/۸۴
۱۳۷۷	۱۰۰	۱۳۸۵	۲۰۰/۴۴
۱۳۷۸	۱۰۸/۷	۱۳۸۶	۲۱۷/۴۹
نرخ رشد متوسط طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۷۵ (درصد)		۶/۸۱	

۳-۳- سرمایه گذاری

سرمایه به عنوان یکی از کلیدی‌ترین عوامل تولید عبارت است از مجموع کالاهای سرمایه‌ای پس از کسر استهلاک می‌باشد. سرمایه‌گذاری را می‌توان تغییر حجم سرمایه موجود در طی یک دوره دانست. از منظر اقتصاد کلان سرمایه‌گذاری ثابت شامل خرید دارایی‌های فیزیکی جدید و افزایش ظرفیت تولیدی جامعه می‌باشد که به دو گروه کلی ماشین‌آلات و تجهیزات، و ساختمان تقسیم می‌شود. اصولا نقش سرمایه‌گذاری در حوزه معادن به عنوان مهم‌ترین پیش‌نیاز ایجاد ظرفیت مناسب جهت بهره‌برداری از ذخایر معدنی می‌باشد و جذابیت سرمایه‌گذاری در معادن از پارامترهای مختلفی تاثیرپذیر است. این سرمایه‌گذاری توجه به ماهیت فعالیت‌های معدنی واجد ویژگی‌های ذیل می‌باشد (اورعی و خداوردی، ۱۳۸۱):

- نیاز به سرمایه‌گذاری عمده و کلان
- طولانی‌بودن مدت سرمایه‌گذاری به دلیل زمان‌بر بودن طرح‌های بهره‌برداری معادن
- ریسک پذیری بالای فعالیت‌های معدنی از بعد فنی و تجاری
- مدت زمان بازگشت سرمایه طولانی
- نیاز به سرمایه‌گذاری در حوزه تامین زیرساخت

بررسی روند سرمایه‌گذاری سالانه در معادن مطابق جدول (۳-۲) بیانگر نرخ رشد متوسط معادل با ۲۷/۱ درصد در طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۷۵ بوده است. لازم بذکر است که آمارگیری معادن در حال بهره‌برداری در سال ۱۳۸۳ صورت نگرفته است. نرخ رشد اقلام مهم سرمایه گذاری شامل ماشین‌آلات و ابزار کار، احداث راه اختصاصی، توسعه و اکتشاف به ترتیب معادل با ۲۳/۱، ۱۸/۱ و ۵۴/۷ درصد می‌باشد. در خصوص ماهیت سرمایه‌گذاری، با توجه به بررسی صورت گرفته، در طی دوره مذکور نقش دولت در سرمایه‌گذاری‌های معادن در حال بهره‌برداری عموما کاهش یافته است. بطوری که سهم سرمایه‌گذاری سالانه بخش عمومی اعم از شرکت‌ها و نهادهای دولتی از ۵۱/۵ درصد در سال ۱۳۷۵ به ۱۶/۶ درصد در سال ۱۳۸۵ رسیده است (مرکز آمار ایران، سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۶).

۳-۴- نیروی انسانی

نیروی انسانی به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تولید، نقش اساسی در تولید دارد. استفاده از نیروی انسانی کارآمد، موجب بکارگیری بهتر سرمایه‌های فیزیکی و منابع مادی در جریان تولید و افزایش بهره‌وری می‌گردد (کریمی و پیراسته، ۱۳۸۳). عدم استفاده از نیروی انسانی مناسب در جهت سازماندهی، مدیریت و اجرای عملیات معدنی در اجزای مختلف زنجیره معدنکاری موجب استفاده ناکارآمد و تضییع منابع طبیعی تجدیدناپذیر معدنی و سرمایه‌های فیزیکی می‌گردد (طرح تحقیقات اساسی بخش صنعت و معدن، ۱۳۸۵).

جدول ۳- ۲: وضعیت سرمایه‌گذاری سالانه معادن کشور و برخی اقلام عمده آن (مرکز آمار ایران، سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۶)

سال	سهم سرمایه گذاری بخش عمومی (درصد)	سرمایه‌گذاری به قیمت جاری (میلیارد ریال)				نرخ رشد سرمایه‌گذاری (درصد)			
		کل سرمایه گذاری معادن	ماشین آلات و ابزار بادوام	راه اختصاصی	توسعه و اکتشاف	کل سرمایه گذاری معادن	ماشین آلات و ابزار بادوام	راه اختصاصی	توسعه و اکتشاف
۱۳۷۵	۵۱/۵	۲۹۵/۰	۱۷۴/۰	۹/۸	۵/۸	-۳۲	-۸	-۴۰	-۷۷
۱۳۷۶	۶۵/۵	۵۲۳/۳	۴۰۵/۰	۷/۹	۱۳/۴	۷۷	۱۳۳	-۱۹	۱۳۳
۱۳۷۷	۳۷/۱	۲۵۵/۳	۱۵۵/۴	۹/۶	۳۰/۲	-۵۱	-۶۲	۲۱	۱۲۵
۱۳۷۸	۲۵/۹	۴۰۳/۲	۳۲۲/۹	۱۴/۲	۱۳/۷	۵۸	۱۰۸	۴۷	-۵۵
۱۳۷۹	۲۷/۴	۳۸۲/۳	۲۶۴/۵	۱۸/۰	۱۵/۲	-۵	-۱۸	۲۷	۱۱
۱۳۸۰	۳۹/۲	۶۶۷/۹	۵۳۰/۱	۲۶/۲	۱۰/۳	۷۵	۱۰۰	۴۶	-۳۲
۱۳۸۱	۱۷/۹	۷۱۱/۲	۵۶۴/۱	۱۴/۶	۱۶/۵	۶	۶	-۴۴	۶۰
۱۳۸۲	۷/۸	۸۵۷/۵	۶۷۱/۶	۲۰/۹	۴۵/۷	۲۱	۱۹	۴۳	۱۷۶
۱۳۸۴	۱۳/۸	۲،۵۵۱/۳	۱،۱۲۹/۶	۴۴/۰	۲۹۲/۱				
۱۳۸۵	۱۶/۶	۱،۷۳۷/۲	۱،۳۰۲/۳	۴۲/۷	۱۷۵/۰	-۳۱/۹	۱۵	-۳	-۴۰
نرخ رشد متوسط طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۸۴ (درصد)						۲۷/۱	۲۳/۱	۱۸/۱	۵۴/۷

از طرفی صعوبت کار، خطرات محیطی و به‌کارگیری ماشین آلات سنگین در معادن، ضرورت داشتن تجربه و مهارت کافی را در فعالیت‌های معدنی ایجاب می‌کند. در خصوص ترکیب تحصیلی کارکنان. معادن کشور در حال حاضر با کمبود کاردان مواجه می‌باشند که موجب تضعیف حلقه انتقال دانش و تجربه و نیز کاهش نظارت بر سیستم کاری می‌گردد (معماریان، ۱۳۸۳). در جدول شماره (۳-۳) روند تغییرات مشخصه‌های عمده کمی و کیفی نیروی کار شاغل در معادن فعال کشور طی سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ ارائه گردیده است. بررسی این روند نشانگر افزایش نیروی کار و سطح متوسط حقوق و مزایای

دریافتی آنها به ترتیب با نرخ متوسط ۸/۹ و ۱۵/۱ درصد در طی این دوره بوده است. همچنین نسبت نیروی کار تولیدی به کل کارکنان معادن فعال کشور در سال ۱۳۸۴ به میزان ۸۰/۱ درصد بوده و دارای نرخ افزایش سالانه معادل با ۰/۷۸ درصد می‌باشد. در خصوص تغییرات مهارتی پرسنل، روند موجود نشانگر افزایش نسبت کارشناسان با نرخ ۴/۶ درصد و کاهش نسبت تکنیسین از کل نیروی کار با نرخ متوسط ۱/۶۷- درصد می‌باشد بطوری‌که می‌تواند در آینده موجب بروز مشکل کمبود تکنیسن در معادن گردد. از طرفی بررسی روند موجود، معرف تغییرات پایین تجربه متوسط نیروی کار و میزان آموزش متوسط نیروی کار می‌باشد. در خصوص تحقیق و توسعه، علی‌رغم نرخ افزایش ۸/۷٪ تعداد محققان، نسبت تعداد محققان به کل نیروی کار بطور متوسط حدود ۰/۴درصد بوده است.

جدول ۳-۳ : مشخصه‌های نیروی کار معادن فعال کشور (مرکز آمار ایران، سال‌های ۱۳۸۶- ۱۳۷۶ و محاسبات تحقیق)

سال	جمع کل نیروهای شاغل (نفر)	سهم نیروی تولیدی (درصد)	متوسط دریافتی سالانه هرنفر به قیمت جاری (میلیون ریال)	تجربه متوسط نیروی کار (سال)	آموزش متوسط هر نفر نیروی کار (ساعت)	نسبت کارگر ماهر به کل نیروی کارگری (درصد)	نسبت افراد بیسواد از کل نیروی کار (درصد)	سهم تکنسین از کل نیروی کار (درصد)	سهم کارشناس از کل نیروی کار (درصد)	تعداد محققان بخش تحقیق و توسعه (نفر)
۱۳۷۵	۵۳۰۴۶	۷۴/۷	۹/۵	۸/۲۰	۵/۳۵	۴۵/۱	۱۵/۶	۵/۱	۳/۵	۱۴۷
۱۳۷۶	۵۶۵۱۶	۷۳	۱۱/۳	۹/۶۴	۶/۲۹	۴۰/۵	۱۵/۴	۵/۰	۳/۸	۱۲۴
۱۳۷۷	۵۴۹۵۶	۷۳/۵	۱۳	۸/۹۲	۳/۱۹	۴۶/۳	۱۵/۰	۴/۷	۳/۴	۲۰۴
۱۳۷۸	۵۵۵۷۵	۷۵/۸	۱۳/۳	۹/۱۱	۲/۸۴	۵۳/۳	۱۳/۵	۵/۱	۴/۰	۲۸۴
۱۳۷۹	۵۶۵۵۹	۷۷/۴	۱۵/۲	۹/۰۴	۶/۸۱	۵۱/۵	۱۲/۹	۴/۷	۴/۲	۲۰۵
۱۳۸۰	۵۸۲۲۹	۷۷/۳	۱۷/۳	۹/۱۷	۱۲/۶۸	۵۲/۳	۱۲/۹	۴/۸	۴/۲	۲۱۴
۱۳۸۱	۵۷۲۲۵	۷۷/۹	۲۱/۹	۹/۱۰	۵/۱۱	۴۸/۹	۱۱/۵	۳/۳	۴/۴	۲۷۵
۱۳۸۲	۵۸۷۳۶	۷۹/۲	۲۴/۲	۸/۸۵	۴/۹۳	۴۹/۹	۱۰/۴	۳/۱	۴/۸	۲۱۳
۱۳۸۴	۵۸۵۶۳	۸۰/۱	۳۳/۹	۷/۷۹	۵/۰۳	۴۷/۶	۱۰/۵	۴/۴	۵/۳	۳۱۱

۳-۵- ارزش افزوده

ارزش افزوده[1] به عنوان یکی از شاخص‌های عمده سنجش عملکرد هر بنگاه یا بخش تولیدی تعریف می‌گردد که از دیدگاه اقتصاد خرد معادل با ارزش اضافی ایجاد شده در جریان تولید کالا یا خدمات می‌باشد. برای تعیین ارزش افزوده، تفاضل بین ارزش ستانده و مصرف واسطه در هر فعالیت اقتصادی محاسبه می‌گردد. ستانده هر واحد تولیدی، مجموع کالاها و خدمات تولید شده آن واحد تولیدی و برای استفاده در خارج از آن واحد می‌باشد. مصرف واسطه نیز برابر با ارزش کالاها و خدمات مصرف شده به عنوان داده‌های فرایند تولید، به استثنای مصرف دارایی‌های ثابت است.

از دیدگاه اقتصاد کلان، ارزش افزوده ناخالص کلیه فعالیت‌های اقتصادی کشور بر مبنای سیستم حساب‌های ملی[2] در قالب چهار بخش اصلی خدمات، صنایع و معادن، نفت و کشاورزی در محاسبه تولید ناخالص داخلی کشور مورد محاسبه قرار می‌گیرد. ارزش افزوده ناخالص معادن به عنوان یکی از اجزای بخش صنایع و معادن به همراه بخش‌های صنعت، ساختمان و برق، گاز و آب بر حسب قیمت‌های جاری و ثابت سال پایه توسط بانک مرکزی محاسبه و در گزارش‌های سالانه حساب‌های ملی اعلام می‌شود. جدول (۳- ۴) معرف نرخ متوسط تغییرات ارزش افزوده به قیمت جاری و ثابت سال ۷۶ در طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۷۵ می‌باشد که به ترتیب معادل با ۲۴/۶ درصد و ۸/۵ درصد می‌باشد.

سهم ارزش افزوده ناخالص هر بخش اقتصادی از تولید ناخالص داخلی[3] هر کشور به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های سنجش اهمیت بخش در اقتصاد شناخته می‌شود. تولید ناخالص داخلی برابر با مجموع ارزش افزوده ناخالص همه کالاها و خدمات تولید شده در کشور پس از کسر کارمزد می‌باشد و ارزش اضافی کالاها و خدماتی را اندازه‌گیری می‌کنند که در یک دوره زمانی در اقتصاد یک کشور تولید شده و برای مصارف نهائی در داخل کشور یا برای صادرات به خارج از کشور در دسترس قرار گرفته‌اند. سهم ارزش افزوده ناخالص تولیدات معادن از تولید ناخالص داخلی کشور بر مبنای قیمت‌های ثابت سال

[1] Value added
[2] National Accounts
[3] Gross Domestic Product

۱۳۷۶ با نرخ رشد متوسط ۲/۷۵ درصد از ۶۸/. درصد در سال ۱۳۷۵ به ۸۷/. درصد در سال ۱۳۸۴ رسیده است.

جدول۳-۴: پارامترهای ارزش افزوده بخش معدن (بانک مرکزی، ۱۳۸۴-۱۳۷۵)

سال	ارزش افزوده معادن به قیمت جاری (میلیارد ریال)	ارزش افزوده معادن به قیمت ثابت ۷۶ (میلیارد ریال)	سهم ارزش افزوده معادن از تولید ناخالص داخلی (درصد)
۱۳۷۵	۱،۴۲۶	۱،۶۸۳	۰/۶۸
۱۳۷۶	۱،۶۰۱	۱،۶۰۱	۰/۶۵
۱۳۷۷	۲،۰۰۲	۱،۶۵۲	۰/۷۰
۱۳۷۸	۲،۵۰۳	۱،۸۸۰	۰/۷۳
۱۳۷۹	۳،۰۶۸	۱،۸۲۹	۰/۶۷
۱۳۸۰	۴،۶۱۸	۲،۱۶۶	۰/۷۷
۱۳۸۱	۵،۹۲۷	۲،۵۹۱	۰/۸۲
۱۳۸۲	۶،۹۳۵	۲،۹۲۰	۰/۸۶
۱۳۸۳	۸،۱۱۴	۳،۱۷۷	۰/۸۵
۱۳۸۴	۱۰،۳۷۵	۳،۵۱۲	۰/۸۷
نرخ رشد متوسط دوره (درصد)	۲۴/۶۷	۸/۵۱	۲/۷۵

۳-۶- مصرف مواد معدنی

یکی از ضروریات مدیریت کارآمد بخش معدن، بررسی میزان نیاز کشور به مواد و محصولات معدنی می‌باشد. از طرفی تجارت خارجی مواد معدنی نیز به عنوان یکی از عوامل موثر بر بازار داخلی، نقش مهمی در تامین نیازهای داخلی، ایجاد تقاضای جدید و ارتقای جذابیت سرمایه‌گذاری در حوزه معادن دارد. پارامتر مصرف ظاهری با هدف بیان میزان نیاز کشور و بر مبنای تفاضل صادرات از مجموع تولید و واردات سالانه محاسبه می‌شود. جدول (۳-۵) معرف روند مصرف ظاهری مواد معدنی کشور در سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۷۵ می‌باشد. جدول مذکور بیانگر نرخ متوسط افزایش ۲۳/۲ درصد صادرات و نرخ متوسط

کاهش ۶/۲ درصدی واردات محصولات معدنی می‌باشد. همچنین نسبت صادرات به تولید با نرخ متوسط ۱۵ درصد در حال افزایش می‌باشد که معرف افزایش تولیدات معادن با رویکرد صادراتی معادن کشور می‌باشد. از طرفی کاهش نسبت واردات به مصرف ظاهری با نرخ متوسط ۱۳/۲ درصد در طی سال‌های اخیر نشانگر اتکای بیشتر بازار مصرف به تولیدات داخلی می‌باشد.

جدول ۳- ۵: مصرف ظاهری محصولات معدنی بر حسب میلیون تن
(گمرک ایران و وزارت صنایع و معادن، ۱۳۸۵-۱۳۷۶)

سال	واردات محصولات معدنی	صادرات محصولات معدنی	تولید محصولات معدنی	نسبت واردات به مصرف ظاهری (درصد)	نسبت صادرات به تولید (درصد)
۱۳۷۵	۴/۲۰	۱/۱۰	۶۷/۰۶	۶/۵۶	۱/۶۴
۱۳۷۶	۲/۵۸	۱/۲۹	۶۴/۳۲	۳/۸۶	۱/۸۹
۱۳۷۷	۲/۳۵	۱/۰۷	۷۱/۹۰	۳/۳۳	۱/۴۹
۱۳۷۸	۳/۵۸	۱/۶۸	۷۸/۴۶	۴/۶۸	۲/۱۴
۱۳۷۹	۴/۱۶	۳/۱۶	۷۸/۶۸	۵/۳۶	۴/۰۲
۱۳۸۰	۲/۰۸	۳/۹۹	۸۴/۳۸	۲/۴۱	۴/۷۳
۱۳۸۱	۳/۲۹	۳/۸۳	۹۲/۶۴	۳/۵۴	۴/۱۳
۱۳۸۲	۲/۸۳	۴/۳۵	۹۸/۹۳	۲/۸۲	۴/۴۰
۱۳۸۳	۲/۳۳	۴/۹۶	۱۰۹/۶۲	۲/۰۸	۴/۵۳
۱۳۸۴	۱/۹۳	۷/۱۹	۱۲۴/۱۵	۱/۸۳	۵/۷۹
نرخ رشد متوسط (درصد)	-۶/۲	۲۳/۲	۷/۱	۱۳/۲	۱۵/۰

۳-۷- صنایع معدنی

صنایع معدنی به عنوان صنایع پسین و تکمیل کننده ارزش افزوده مواد معدنی، مهم‌ترین مصرف‌کننده محصولات معادن می‌باشند و شامل دو گروه اصلی از رده تولید محصولات کارخانه‌ای شامل صنایع کانی غیرفلزی[۱] و صنایع فلزات اساسی[۲] در طبقه‌بندی بین‌المللی استاندارد فعالیت‌های صنعتی[۳] فرض شده است. جدول (۳-۶) بیانگر مقادیر تشکیل سرمایه ثابت صنایع معدنی بر حسب میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ در صنایع کانی غیرفلزی و ذوب فلزات بر مبنای پروانه‌های بهره‌برداری و توسعه صادره می‌باشد. روند مذکور بیانگر نرخ رشد متوسط در حدود ۶/۳ درصد تشکیل سرمایه ثابت صنایع معدنی می‌باشد.

جدول۳- ۶: بررسی تشکیل سرمایه ثابت صنایع معدنی
(وزارت صنایع و معادن،۱۳۸۴)

سال	تشکیل سرمایه ثابت به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ بر حسب میلیارد ریال	سال	تشکیل سرمایه ثابت به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ بر حسب میلیارد ریال
۱۳۷۱	۱۷۰۶/۹۲۶	۱۳۷۸	۱۴۵۶/۴۶۳
۱۳۷۲	۱۱۱۰/۶۵۳	۱۳۷۹	۱۰۵۹/۰۹۲
۱۳۷۳	۳۳۴۱/۸۸۲	۱۳۸۰	۱۲۳۹/۸۸۷
۱۳۷۴	۱۴۱۱/۸۶۷	۱۳۸۱	۲۴۸۵/۳۰۹
۱۳۷۵	۲۴۸۵/۰۴۵	۱۳۸۲	۲۹۳۰/۱۸۱
۱۳۷۶	۱۲۶۷/۷۹۴	۱۳۸۳	۴۶۱۸/۷۰۰
۱۳۷۷	۲۱۴۲/۸۲۶	۱۳۸۴	۴۳۲۴/۸۲۰

[1] Manufacture of Non Metallic Mineral Products
[2] Manufacture of Basic Metals
[3] International Standard Industry Classification (ISIC)

۳-۸- اهداف توسعه بخش معدن

طبیعتا دسترسی به ذخایر عظیم و متنوع معدنی می‌تواند فرصت‌های خوبی را در جهت گسترش معادن در راستای ایفای نقش شایسته در اقتصاد ملی ایجاد می‌نماید. بر این اساس اهداف ذیل مطابق جدول (۳-۷) در اسناد راهبردی بخش معدن جهت ارتقای نقش این بخش در اقتصاد ملی تنظیم گردیده است.

رشد تولید ناخالص داخلی به عنوان اصلی‌ترین هدف کمی سیاست‌های اقتصادی دولت‌ها می‌باشد که در برنامه‌های مصوب توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی تنظیم می‌گردد. لذا بهبود عملکرد هر یک از بخش‌های اقتصادی از جمله معادن از طریق ایجاد ارزش افزوده بیشتر، در نهایت باعث رشد تولید ناخالص داخلی و تحقق اهداف دولت در برنامه‌های توسعه می‌شود. بر این اساس رشد متوسط ۱۱/۲ درصد برای ارزش افزوده معادن هدف‌گذاری شده است.

در خصوص سرمایه‌گذاری، هدف رشد متوسط ۱۷/۱ درصدی در برنامه‌های بخش معدن مصوب گردیده است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۴). همچنین در خصوص تعدادی از محصولات اساسی، هدفگذاری‌های کمی بر مبنای میزان رشد مشخص در اسناد راهبردی بخش مصوب گردیده است.

۳-۹- نتیجه گیری

معادن علاوه بر آثار مستقیم هر بخش اقتصادی از قبیل ایجاد ارزش افزوده، صادرات، اشتغال دارای نقش مهمی در محرومیت زدایی و گسترش صنایع پسین خود دارند. لیکن با توجه به بررسی وضعیت کلی بخش، در حال حاضر با چالش‌های ذیل مواجه می‌باشد:

- جذابیت سرمایه‌گذاری پایین
- سطح سواد و مهارت پایین شاغلین
- ضعف تحقیق و توسعه
- تامین زیرساخت

- فناوری ضعیف تولید
- بهره‌وری پایین نیروی کار

مدیریت کارآمد بخش معدن با اجرای سیاست‌های کلان و برنامه‌های اجرایی مربوطه جهت رفع مشکلات مذکور، می‌تواند موجبات بهره‌برداری بهینه از ذخایر معدنی را فراهم نماید و بسیاری از اهداف توسعه‌ای کشور را پوشش دهد. در این فصل تلاش گردید تا با بررسی کلی عملکرد معادن کشور و نیز هدفگذاری‌های عمده در این حوزه، امکان شناخت کلی از وضع موجود و ویژگی‌های چشم‌انداز مطلوب بخش جهت اعمال مدیریت کارآمد فراهم گردد.

جدول ۳-۷: اهداف کمی بخش معدن در برنامه چهارم توسعه اقتصادی،اجتماعی و فرهنگی کشور (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۴)

ردیف	عنوان	واحد	عملکرد ۱۳۸۳	اهداف مصوب					
				۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	درصد رشد متوسط
۱	ارزش افزوده معدن به قیمت ثابت ۱۳۷۶	میلیارد ریال	۲۹۷۳	۳۲۸۴/۱	۳۶۳۸/۰	۴۰۳۹/۴	۴۵۰۴/۲	۵۰۶۳/۳	۱۱/۲
۲	سهم معدن درتولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت ۱۳۷۶	درصد	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۸۷	۳
۳	تشکیل سرمایه ثابت ناخالص به قیمت ثابت ۱۳۷۶	میلیارد ریال	۳۵۷۵	۴۱۸۶/۹	۴۹۰۳/۵	۵۷۴۲/۸	۶۷۲۵/۸	۷۸۷۷/۰	۱۷/۱
۴	کنسانتره ذغالسنگ	میلیون تن	۸۱۴	۱۱۰۰	۱۲۰۰	۱۲۵۰	۱۳۱۵	۳۵۹۰	۳۴/۵
۵	کنسانتره و دانه بندی سنگ آهن	میلیون تن	۱۲۳۰۷	۱۵۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۱۳۰۰	۴۴۱۰۰	۲۹/۱
۶	کنسانتره مس	هزارتن	۴۵۷	۶۰۰	۸۳۱	۸۵۵	۸۶۰	۹۰۷	۱۴/۷
۷	مس کاتد	هزارتن	۱۵۳	۱۸۰	۲۰۴	۲۱۴	۲۴۰	۲۸۵	۱۳/۴
۸	آلومینا	هزارتن	۱۸۰	۲۲۰	۲۶۰	۳۶۰	۵۲۰	۷۸۰	۳۴/۱
۹	تولید سنگ تزئینی خام	میلیون تن	۱۲/۱	۱۲/۶	۱۳/۲	۱۳/۸	۱۴/۴	۱۵	۴/۴
۱۰	تولید سنگ تزئینی فرآوری شده	میلیون تن	۳/۵	۴/۱	۴/۸	۵/۵	۶/۴	۷/۵	۱۶/۵

فصل چهارم

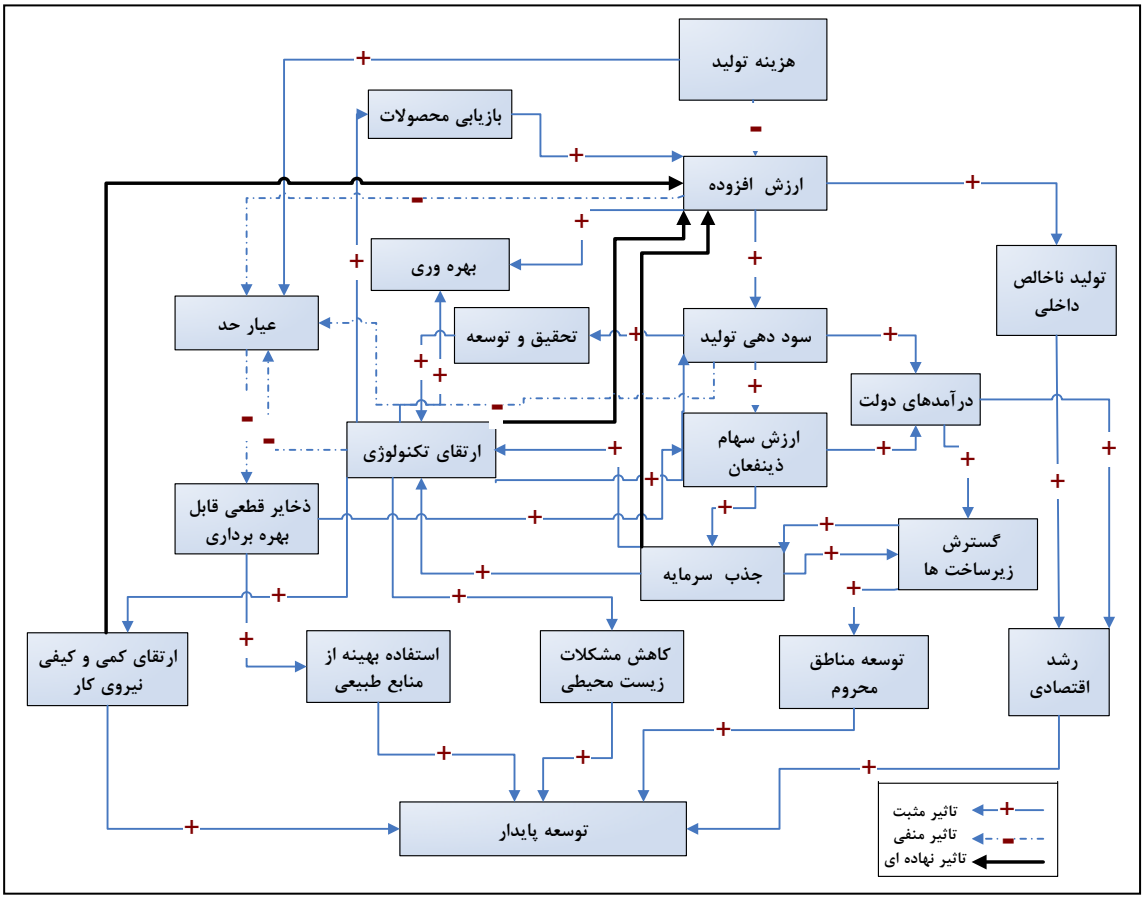
مدل‌سازی پویایی سیستمی مدیریت بخش معدن

۴-۱- مقدمه

چنان که قبلا بیان گردید هدف از این رساله، ارائه مدلی جهت مدیریت کلان بخش معدن می‌باشد تا با استفاده از ابزار پویایی سیستمی به مدل‌سازی ارتقای نقش معادن در اقتصاد ملی پرداخته شود. لذا در این فصل ابتدا مدل کلی پیشنهادی رساله و مدل علت و معلولی مساله به تفصیل تشریح می‌گردد. در مرحله بعد، شناسایی روابط مورد نیاز تحلیل بر مبنای تعریف جامعه آماری مشخص صورت می‌گیرد و در نهایت هر یک از اجزای مدل و شبیه‌سازی آنها به صورت روابط نرخ و حالت بر مبنای مدل‌های علت و معلولی و نیز روابط استخراج شده بیان می‌گردد. مدل کلان مدیریت بخش معدن در مجموع دارای هشت زیرمدل اصلی شامل عرضه و تقاضا، منابع معدنی، سرمایه‌گذاری، هزینه و درآمد، ارزش افزوده، فناوری، سرمایه و نیروی انسانی و دارای ابزارهای سیاستگذاری در حوزه های مختلف می‌باشد که در بازخورد با یکدیگر و با تاثیرپذیری از عوامل محیطی در جهت ارتقای نقش معادن در اقتصاد ملی موثر می‌باشند. عوامل محیطی نیز در قالب سه بخش جمعیت، تورم و اقتصاد کلان بر زیرمدل‌های مذکور اثرگذار می‌باشند.

۴-۲- شناسایی رویکرد کلی، هدف و مرز مدل

اصولا برای هر مدل پویایی سیستمی، تعریف هدف مدل از ضروریات بررسی می‌باشد که بر مبنای شناسایی عوامل موثر بر مدل و نوع تاثیرگذاری متقابل، عوامل محیطی و داخلی از همدیگر تفکیک می‌شوند. چنان که در بخش (۲-۲-۳) بیان گردید هدف اصلی مدیریت بخشی معادن بر اساس تلفیق اهداف مدیریت معادن در سطوح بنگاهی و ملی می‌باشد که در عین ارتقای فضای کسب و کار فعالیت‌های معدنی، موجبات تحقق توسعه پایدار را فراهم نماید. بکارگیری تحلیل علت و معلولی در جهت تلفیق اهداف مذکور و شناسایی تاثیرات اجزای مدل بر هدف کلی مدل صورت می‌گیرد. بررسی تاثیرات متقابل شاخص‌ها و عوامل موجب هماهنگ‌سازی اهداف فوق‌الذکر و نیز شناسایی وابستگی‌های بین این اجزا و اهداف می‌گردد. بر اساس بررسی صورت گرفته، ارتقای ارزش افزوده را می‌توان به عنوان پارامتر کمی در نظر گرفت که در عین تحقق اهداف مدیریت بخشی و بنگاهی، به عنوان مهمترین جنبه ارتقای سهم بخش در اقتصاد ملی می‌باشد. در خصوص دلایل موضوع توجه به نقش ارتقای ارزش افزوده تولیدات بخش در افزایش تولید ناخالص داخلی و رشد اقتصادی به عنوان یکی از اهداف توسعه پایدار اشاره نمود. با توجه به شکل (۴-۱)، افزایش سوددهی بنگاه‌ها در اثر کسب ارزش افزوده بیشتر، می‌تواند موجب افزایش درآمدهای دولتی حاصل از اخذ مالیات و حقوق دولتی و رشد اقتصادی و توسعه دیگر مناطق کمتر توسعه یافته گردد. افزایش سوددهی بنگاه‌ها و ارزش سهام ذینفعان موجب ارتقای جذابیت سرمایه‌گذاری و جذب بیشتر سرمایه و فناوری می‌گردد. همچنین امکان هزینه‌کرد بیشتری را در امر تحقیق و توسعه فراهم می‌گردد که موجب ارتقای فناوری و در نتیجه ارتقای تولید و کسب ارزش افزوده بیشتر گردد. ارتقای فناوری نیز به عنوان عامل اصلی بهره‌وری نهاده‌های تولید در جهت ایجاد ارزش افزوده می‌باشد که با کاهش هزینه‌های جانبی بهره‌برداری، موجب کاهش عیار حد و در نتیجه افزایش میزان ذخایر قابل بهره‌برداری به عنوان پشتوانه جذب سرمایه‌گذاری در معادن می‌شود.



شکل ۴-۱: تاثیرات علت و معلولی متغیرهای موثر بر عملکرد مدیریت بخش معدن در سطوح بخشی و بنگاهی

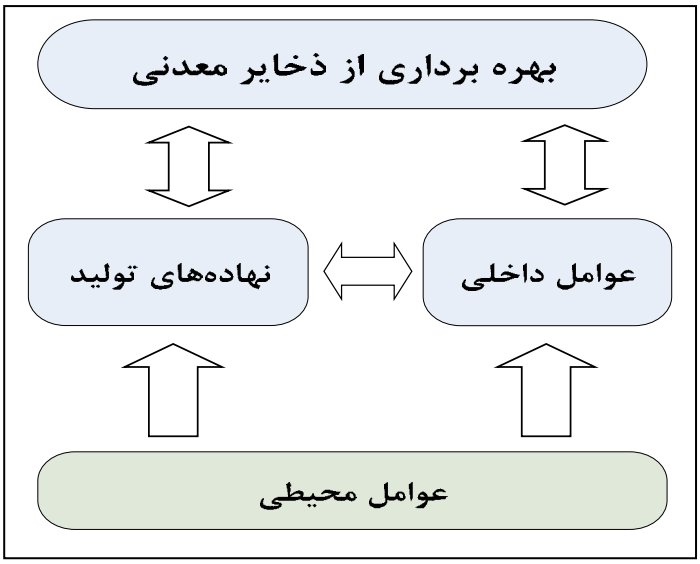
بخشی از سرمایه‌گذاری‌های جدید در قالب ورود تکنولوژی، تکمیل زیرساخت‌ها و نیز اکتشافات تکمیلی معادن صورت می‌گیرد. لذا امکان توسعه مناطق محروم با تامین زیرساخت‌های آنها از قبیل راه و انرژی فراهم می‌شود و امکان تحقق توسعه پایدار به عنوان هدف کلیدی مدیریت بخش معدن فراهم می‌گردد. همچنین ارتقای فناوری با افزایش بهره‌وری تولید و بازیابی کانی‌ها، موجب کاهش مشکلات زیست محیطی، استفاده بهینه از منابع موجود و نیز کاهش بهره‌برداری از منابع جدید در جهت تامین نیازهای نسل فعلی می‌گردد که همگی در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار می‌باشد. ارتقای فناوری همچنین موجبات بهبود مهارت‌های تولید و نیز ارتقای سطح ایمنی نیروی کار را فراهم می‌نماید.

با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، ارتقای ارزش افزوده را می‌توان به عنوان یک هدف کمی و جامع برای مدیریت بخش معدن در نظر گرفت که در عین تامین اهداف مدیریت بخشی، دارای نقش اصلی در جهت ارتقای نقش بخش معدن در اقتصاد ملی و افزایش سوددهی بنگاه‌ها می‌باشد.

با توجه به هدف کلی و روش تحقیق، بخش معدن بصورت مجموعه‌ای از نهاده‌های تولید تعریف گردیده است که توسط بهره‌برداران معادن در جهت بهره‌برداری ذخایر معدنی کشور به‌کار گرفته می‌شود. لذا تحلیل عملکرد بخش معدن در راستای ارتقای آن در اقتصاد ملی، نیاز به شناسایی عوامل موثر بر عملکرد نهاده‌های تولید معادن در جهت بهره‌برداری بهینه از ذخایر معدنی دارد. این نهاده‌های تولید شامل اموال سرمایه‌ای معادن و نیروی انسانی موجود در معادن می‌باشد که به همراه پیشرفت فناوری به عنوان عامل اصلی ارتقای بهره‌وری نهاده‌ها در حوزه معادن مورد بررسی قرار می‌گیرند. تلفیق این نهاده‌ها نیز در قالب یک خروجی جامع، بر مبنای نظریه تابع تولید و جهت تعیین ارزش افزوده بالفعل واحد تولید صورت می‌گیرد. نهاده‌های تولید مطابق شکل شماره (۴-۲)، از دو دسته عوامل ذیل تاثیرپذیر می‌باشند:

- عوامل محیطی شامل مولفه‌های خارج از اختیار مدیریت بخش معدن که شامل جمعیت، شاخص‌های قیمت، تولید ناخالص داخلی کشور و تشکیل سرمایه ثابت اقتصاد می‌باشند
- عوامل داخلی شامل برخی پارامترهای فنی و اقتصادی فعالیت های معدنی و نیز مولفه‌های کارکردی تاثیرپذیر از سیاستهای مدیریت بخش در بنگاه‌های فعال معدنی از قبیل هزینه‌ها و درآمدها ، تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری و منابع معدنی

در خصوص نقش ذخایر معدنی و پارامترهای اکتشافی، اگرچه به تاثیر آن بر مولفه‌های بهره‌برداری از آنها پرداخته شده است لیکن بررسی تاثیرات عمده عوامل فنی و تکنولوژیکی اکتشاف بر بهره‌برداری از



شکل ۴-۲: مدل کلان تاثیرات متقابل عوامل موثر بر عملکرد معادن

ذخایر معدنی خارج از اهداف تحقیق می‌باشد. همچنین تاثیرات سایر اجزای زنجیره تولید بر فعالیت‌های بهره‌برداری عمدتا فنی بوده و بسته به نوع ماده معدنی، ویژگی‌های ذخیره معدنی و ماشین آلات موجود متفاوت می‌باشد. حیطه[1] مدل پیشنهادی را می‌توان با توجه به داده‌های مورد بررسی و اهداف تحقیق، کلیه معادن فعال کشور به جز معادن شن و ماسه در نظر گرفت. نرم‌افزارهای متداول در زمینه مدل‌سازی مسائل پویایی سیستمی شامل نرم‌افزارهای Vensim، Powersim و Stella می‌باشد که نرم‌افزار Vensim به دلایل ذیل جهت تحلیل مدیریت بخش معدن انتخاب گردید

- سهولت شبیه‌سازی و امکان ساخت مدل‌های مفهومی از اطلاعات موجود در نرم افزار Vensim و امکان تحلیل رفتار هریک از عناصر در انتهای شبیه‌سازی
- دسترسی به ویرایش‌های غیرقابل اتکای نرم‌افزارهای Powersim و Stella و عدم امکان تهیه ویرایش‌های پیشرفته نرم افزارهای مذکور به دلایل تحریم
- امکان تامین ویرایش‌های کامل‌تر نرم‌افزار Vensim با مشکلات خاص

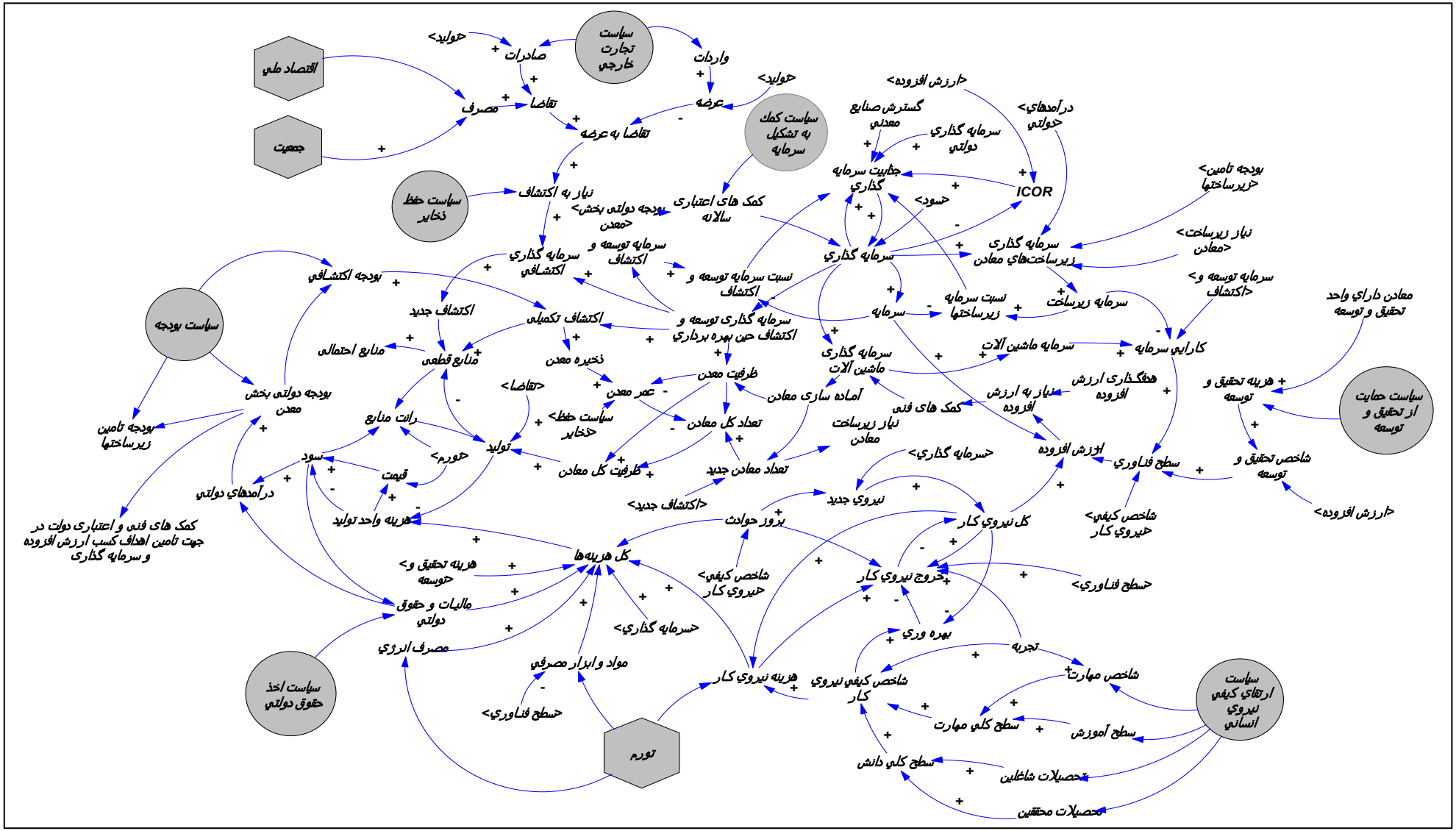
[1] Scope

نرم‌افزار Vensim دارای ویرایش‌های مختلف با قابلیت‌های متفاوت می‌باشد. ساده‌ترین ویرایش این نرم‌افزار با عنوان Vensim PLE دارای توابع محدود بوده و برای ساخت مدل‌های کوچک با دقت پایین، نمودارهای جریان و نهایتاً شبیه‌سازی کاربرد موثری دارد. جهت تحلیل مدیریت معادن ویرایش DSS نرم‌افزار Vensim استفاده گردیده است که دارای قابلیت‌های مناسب در زمینه بهینه‌سازی و تحلیل حساسیت می‌باشد. همچنین قابلیت ارسال و دریافت داده‌ها به فرمت‌های مختلف در این ویرایش وجود دارد. ضمنا جهت ترسیم نمودارهای علت و معلولی از ویرایش PLE نرم‌افزار Vensim استفاده شده است که قابلیت پشتیبانی برخی قلم‌های[1] فارسی را دارا می‌باشد.

۴-۳- شناسایی حلقه‌های علت و معلولی مدل

مدل کلی پویایی سیستمی مدیریت کلان بخش معدن بر مبنای شناسایی عوامل موثر بر نهاده‌های سرمایه و نیروی کار مصرفی به ازای واحد تولید محصول و رشد فناوری و با استفاده از نظریه تابع تولید انجام می‌گیرد. میزان تولید محصول نیز بر مبنای تلفیق تئوری‌های مدیریت بنگاهی و بخشی منابع تجدیدناپذیر تعیین می‌گردد. ارزش افزوده ایجاد شده توسط محصولات مستقیم معادن، نیز خروجی اصلی این مدل می‌باشد. مدل علّت و معلولی کلی مدیریت بخش معدن مطابق شکل (۴-۳) می‌باشد که در بخش‌های بعدی جزئیات مربوطه به تفصیل بیان می‌گردد.

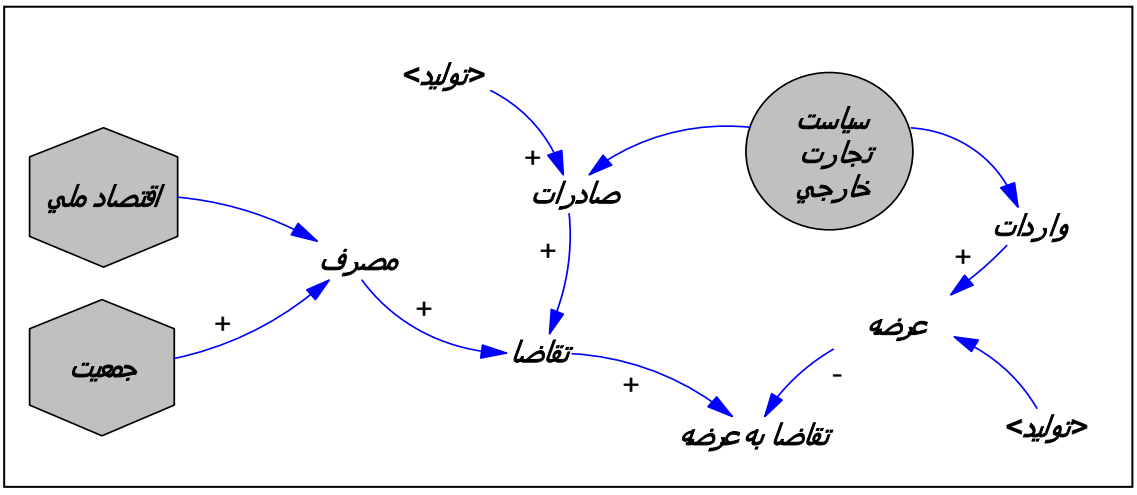
[1] Font



شکل ۴-۳: مدل کلی علت و معلولی مدیریت بخش معدن

۴-۳-۱- حلقه های علت و معلولی عرضه و تقاضای محصولات معدنی

اولین حلقه علت و معلولی مدل را می‌توان در خصوص عرضه و تقاضای محصولات معدنی، مطابق شکل (۴-۴) بیان نمود. اجزای اصلی تقاضای محصولات معدنی شامل مصرف و صادرات کشور می‌باشد. میزان مصرف به عنوان تابعی از سرانه تولید ناخالص داخلی بر مبنای تئوری شدت مصرف قابل محاسبه می‌باشد. میزان صادرات به عنوان جزو دیگر تقاضا، نسبتی از تولید می‌باشد که بسته به شرایط مختلف محیطی قابل تغییر است. این نسبت به عوامل متعددی از جمله شرایط تعرفه‌ای، رقابت‌پذیری، نوع ماده معدنی، کشور مقصد و شرایط حمل و نقل محصول بستگی دارد لذا در این تحقیق، با درنظر گرفتن صادرات مواد معدنی به عنوان یک عامل محیطی، تابعی از سیاست تجارت خارجی لحاظ شده است و در صورت وجود ظرفیت مازاد تولید، نسبت به صادرات اقدام می‌گردد. عرضه محصولات معدنی در بازار کشور از دو حوزه تولید و واردات تامین می‌گردد. تولید بسته به ملاحظات خاص فنی و اقتصادی شکل می‌گیرد و نقش واردات به عنوان تامین کننده نیازهایی است که قابل تامین از طریق تولیدات داخلی نمی‌باشد. سیاست تجارت خارجی به عنوان ابزار اصلی تنظیم‌کننده صادرات و واردات محصولات معدنی می‌باشد. نسبت تقاضا به عرضه تعیین کننده میزان کمبود کشور می‌باشد که بر مبنای آن، میزان اکتشافات جدید کشور و نیز سیاست واردات تنظیم می‌گردد.



شکل ۴- ۴ : مدل‌سازی عرضه و تقاضای محصولات معدنی

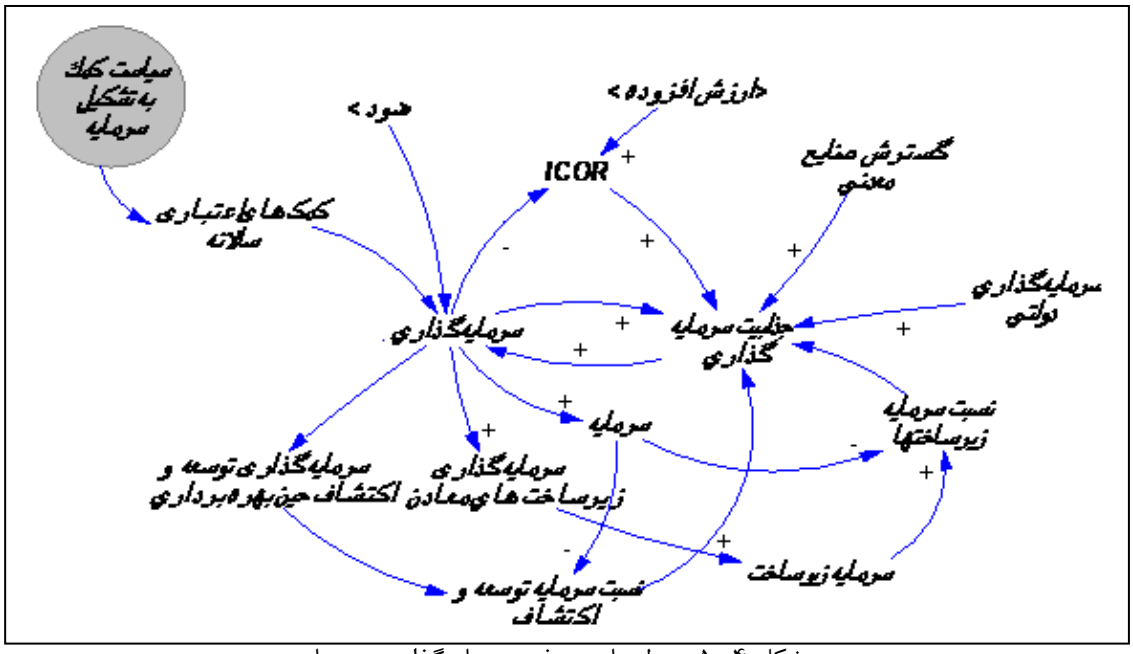
۴-۳-۲- حلقه های علت و معلولی سرمایه‌گذاری در بخش معدن

شناسایی عوامل موثر بر جذب سرمایه گذاری معادن و افزایش سرمایه به عنوان نهاده اصلی تولید، از اهمیت خاصی در مدل‌سازی برخوردار می‌باشد لیکن ماهیت سرمایه‌گذاری در معادن دارای تفاوتهای مشخصی با دیگر بخش‌های اقتصادی می‌باشد. از جمله این موارد می‌توان به نیاز معادن به سرمایه‌گذاری عمده جهت ایجاد ظرفیت، زمان‌بر بودن فعالیت‌های معدنی، وجود ریسک بالا و نیز ضرورت تامین زیرساخت‌ها جهت بهره‌برداری از ظرفیت تولید اشاره نمود. بر این اساس سرمایه گذاری سالانه جذب شده در معادن را می‌توان تابعی از جذابیت سرمایه گذاری در بخش معدن، سود سالانه تولید و نیز کمک‌های اعتباری مستقیم دولت در قالب سیاست کمک به تشکیل سرمایه ثابت معادن دانست. مهمترین عوامل موثر بر جذابیت سرمایه گذاری معادن را می‌توان مطابق شکل (۴-۵) به صورت زیر بیان نمود:

- نسبت سرمایه زیرساختها به کل موجودی سرمایه به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل ارتقای جذابیت سرمایه‌گذاری در معادن
- نسبت سرمایه توسعه و اکتشاف به کل موجودی سرمایه به عنوان یکی از عوامل کاهش ریسک معادن
- نسبت سرمایه‌گذاری دولتی به کل سرمایه‌گذاری سالانه با توجه به اثربخشی آن در جهت کاهش ریسک سرمایه‌گذاری
- میزان گسترش صنایع معدنی به عنوان اصلی‌ترین مصرف کننده تولیدات معادن
- نسبت افزایش سرمایه به افزایش تولید یا $ICOR$[1] به عنوان مقیاسی از بهره‌وری سرمایه معادن و معیار تعیین میزان سرمایه‌گذاری برای ایجاد یک واحد ارزش افزوده طی یک دوره معین

لازم به ذکر است که روابط مربوطه در بخش محاسبات سرمایه‌گذاری (۴-۴-۲-۱-۲) آورده شده است.

[1] Incremental Capital Output Ratio (ICOR)

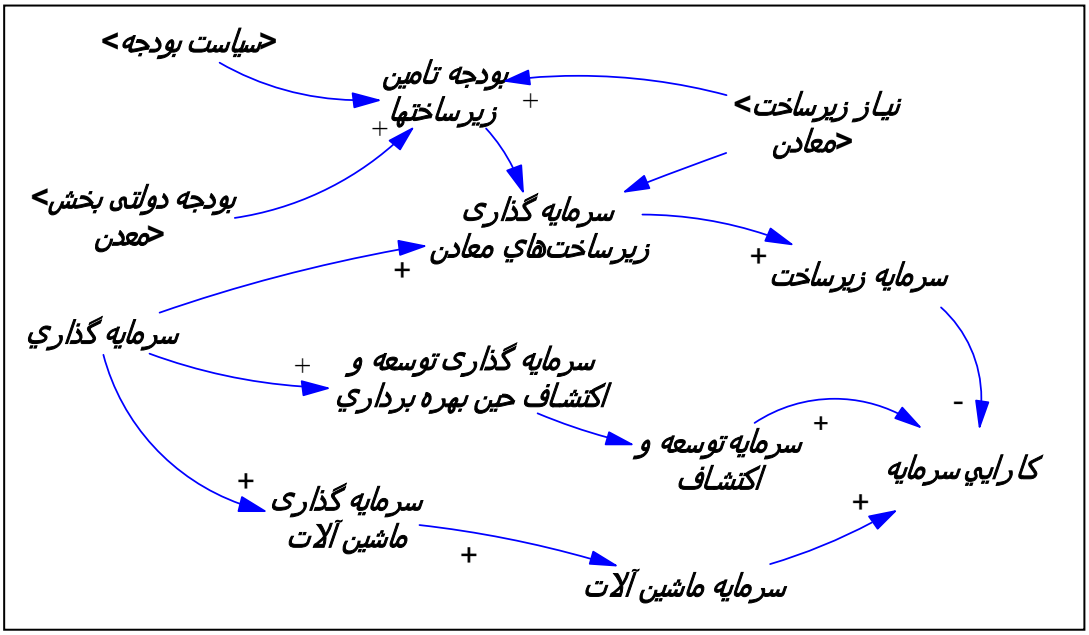


شکل ۴- ۵ : مدل‌سازی جذب سرمایه‌گذاری در معادن

در این چرخه علت و معلولی، سیاست کمک به تشکیل سرمایه ثابت معادن با اعطای کمک های فنی و اعتباری به معادن و متناسب با اهداف و عملکرد سالیانه جذب سرمایه و ارزش افزوده از محل بودجه عمرانی دولت صورت می‌گیرد که اهداف مذکور بر مبنای چشم انداز و اهداف تولید ناخالص داخلی و تشکیل سرمایه ثابت کشور تعیین می‌شود. همچنین بخشی از سود سالانه تولید، در سال بعد، مجددا در چرخه سرمایه‌گذاری معادن وارد می‌شود.

۴-۳-۳- حلقه های علت و معلولی مصرف سرمایه

اصولا سرمایه‌گذاری جذب شده در معادن، در حوزه‌های مختلف معادن هزینه می‌گردد که می‌توان به ماشین‌آلات و تجهیزات تولید، ساختمان و تاسیسات، زیرساخت‌ها، زمین، توسعه و اکتشاف، تجهیزات اداری و وسایل نقلیه اشاره نمود. در این رساله، با توجه به اهمیت و تاثیرات مربوطه، مدل‌سازی سه گروه اصلی ماشین‌آلات و تجهیزات تولید، زیرساخت و توسعه و اکتشاف صورت گرفته است. مدل علت و معلولی مصرف سرمایه و نیز تامین هر یک از اقلام اصلی سرمایه در شکل (۴-۶) نشان داده شده است.



شکل ۴-۶: مدل علت و معلولی مصرف اقلام اصلی سرمایه و تامین زیرساخت

در خصوص سرمایه‌گذاری زیرساختی باید توجه نمود که دورافتادگی معادن و فقدان زیرساخت‌های جاده‌ای و تأسیسات آب، برق و گاز از جمله مشکلات گسترش معادن در بسیاری از مناطق بوده و تامین آن به عنوان یکی از ضرورت‌های جذب سرمایه در معادن و از جمله سیاست‌های حمایتی دولت‌ها می‌باشد. تامین زیرساخت‌ها، سرمایه‌گذاری بالایی را صرف‌نظر از میزان تولیدات معادن ایجاب می‌کند و تامین آن در خصوص معادن کوچک، معمولا فاقد توجیه فنی و اقتصادی می‌باشد. لذا از دیدگاه مدیریت کلان بخش معدن، ارتباط مستقیمی بین میزان تقاضای زیرساخت معادن و تامین آنها برقرار است. لذا میزان نیاز به زیرساخت تابعی از تعداد معادن می‌باشد و تامین بخشی از سرمایه-گذاری زیرساختی معادن باید از بودجه‌های عمرانی بخش معدن در نظر گرفته شود.

از طرفی با توجه به تاثیرپذیری کم ارتقای بهره‌وری عوامل تولید از سرمایه مصرفی در تامین زیرساخت‌ها، نیاز به تعریف شاخصی جهت سنجش اثربخشی سرمایه بکار گرفته در ارتقای بهره وری عوامل تولید وجود دارد. شاخص اثربخشی سرمایه بر مبنای نسبت مجموع سرمایه‌های بکارگرفته در زمینه ماشین آلات، توسعه و اکتشاف بر میزان سرمایه زیرساخت می‌باشد که به عنوان یکی از شاخص‌های ارتقای فناوری در بخش (۴-۴-۲-۳) آورده شده است.

۴-۳-۴- حلقه های علت و معلولی نیروی کار

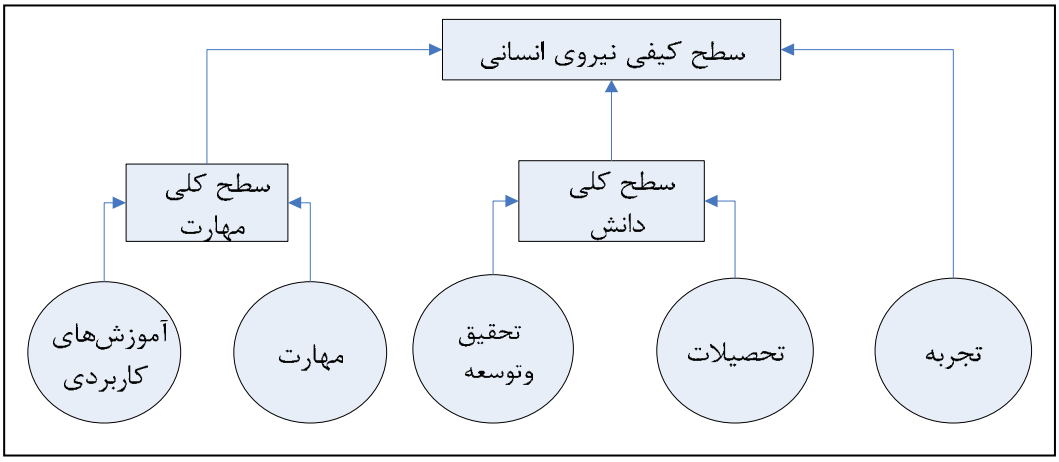
نیروی کار به عنوان دیگر نهاده اصلی تولید، موجب استفاده بهتر از سرمایه‌های فیزیکی و منابع مادی در جهت تولید می‌گردد. اصولا بهره‌وری نیروی انسانی علاوه بر شاخص‌های کمی از قبیل سطح حقوق و مزایای دریافتی، به مولفه‌های کیفی نیز بستگی دارد. مهم‌ترین مولفه‌های قابل بررسی نیروی کار تولیدی را به صورت ذیل بیان نمود:

- تجربه
- میزان تحصیلات
- میزان تحصیلات کارکنان بخش تحقیق و توسعه
- میزان مهارت
- آموزش‌های کاربردی

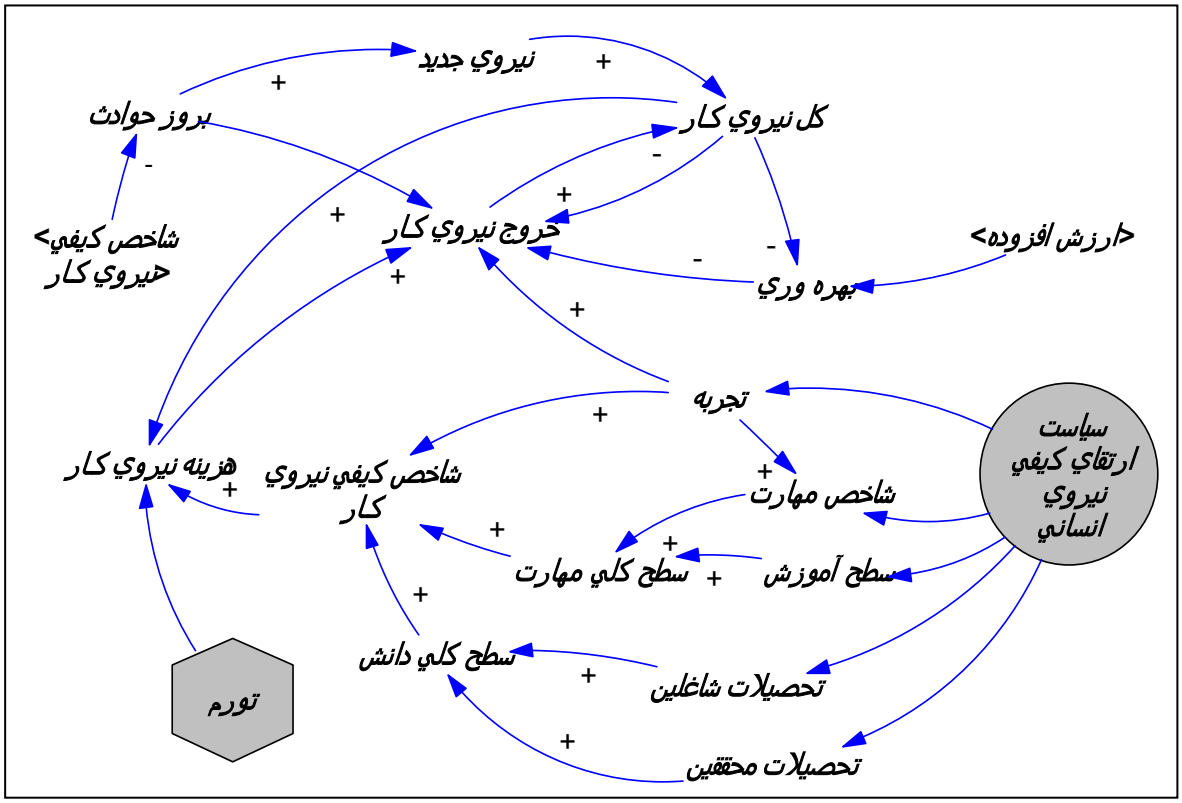
از طرفی با توجه به ماهیت کیفی مولفه‌هایی از قبیل مهارت و دانش، ضروری بود تا مولفه‌های جامع قابل محاسبه تعریف گردد. لذا با بررسی مطالعات قبلی، ویژگی‌های مختلف نیروی کار و تلفیق این مولفه‌ها، دسته بندی آنها در سه گروه اصلی مهارت، دانش و تجربه مطابق شکل (۴-۷) صورت گرفت. سطح کلی دانش هر بخش از دو مولفه سطح تحصیلات شاغلان تولیدی و پرسنل بخش تحقیق و توسعه تاثیر می‌پذیرد. همچنین سطح کلی مهارت از مولفه‌های مهارت‌های حرفه‌ای و میزان آموزش‌های کاربردی نیروی کار تولیدی نشات می‌گیرد.

سطح کلی کیفی نیروی انسانی که بر مبنای مجموع مقادیر سطوح دانش، مهارت و تجربه محاسبه می‌گردد، بر هزینه متوسط نیروی کار ، میزان حوادث، بهره وری نیروی کار و ارتقای فناوری تولید تاثیرگذار می‌باشد. مدل کلی علت و معلولی عوامل موثر بر مولفه‌های کمی و کیفی نیروی کار معادن در شکل (۴-۸) نشان داده شده است که در ارتباط متقابل با یکدیگر موجب تغییر در سایر مولفه‌ها از قبیل میزان نیروی کار، شاخص کیفی نیروی کار و سطح حقوق و مزایا می‌گردد. در خصوص بررسی تعداد شاغلین معادن، مهمترین دلایل تغییر سطح نیروی کار را می‌توان شامل موارد ذیل دانست:

- جذب نیروی انسانی جدید بر مبنای میزان سرمایه گذاری ثابت سالانه
- بازنشستگی پرسنل و جایگزینی آنها با نیروهای جدید کم تجربه
- فوت و ازکارافتادگی دائم ناشی از حوادث معدنی و جایگزینی آنها با نیروهای جدید
- ایجاد تعادل عرضه و تقاضای نیروی کار بر مبنای تناسب هزینه با ارزش تولیدات نیروی کار



شکل ۴-۷: مدل تلفیق ویژگی‌های نیروی کار

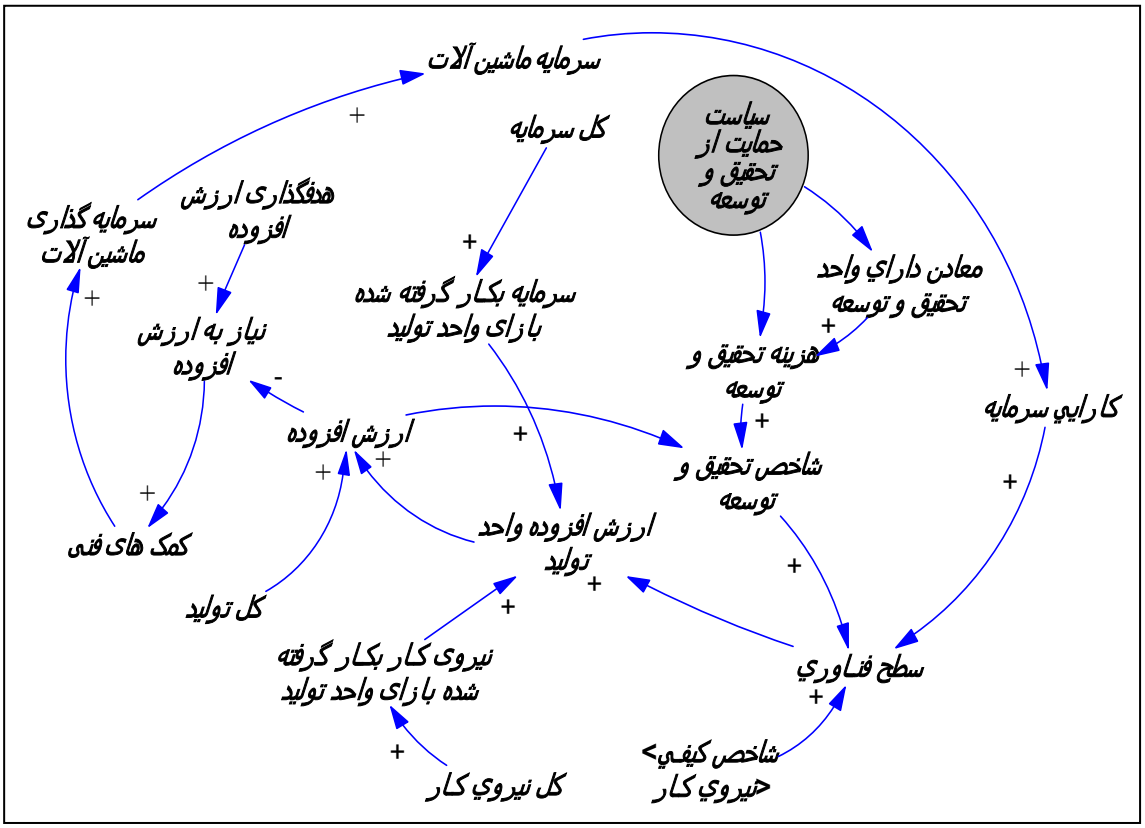


شکل ۴- ۸: مدل علت و معلولی نیروی کار معادن

۴-۳-۵- حلقه های علت و معلولی ارتقای فناوری در معادن و ایجاد ارزش افزوده تولید

رشد فناوری به عنوان عامل اصلی ارتقای بهره‌وری نهاده‌های سرمایه و نیروی کار عمل می‌کند. با توجه به عدم تعریف شاخص کمی رشد فناوری در معادن، شناسایی مولفه‌های اصلی فناوری در بخش معدن ضروری بود که در نهایت و با توجه به توضیحات بخش (۲-۳-۳-۱) مطابق شکل (۴-۹)، پارامترهای ذیل بر اساس اجزای قابل سنجش فناوری انتخاب گردید:

- ارتقای اثربخشی سرمایه‌گذاری بر مبنای شاخص کارآیی سرمایه
- بهبود سطح توانایی‌های شاغلین بر اساس سطح کیفی نیروی انسانی
- گسترش فعالیت‌های تحقیق و توسعه در بخش بر مبنای نسبت هزینه تحقیق و توسعه به ارزش افزوده سال قبل و اعمال سیاست حمایت از تحقیق و توسعه در گسترش تعداد معادن دارای واحد تحقیق و توسعه



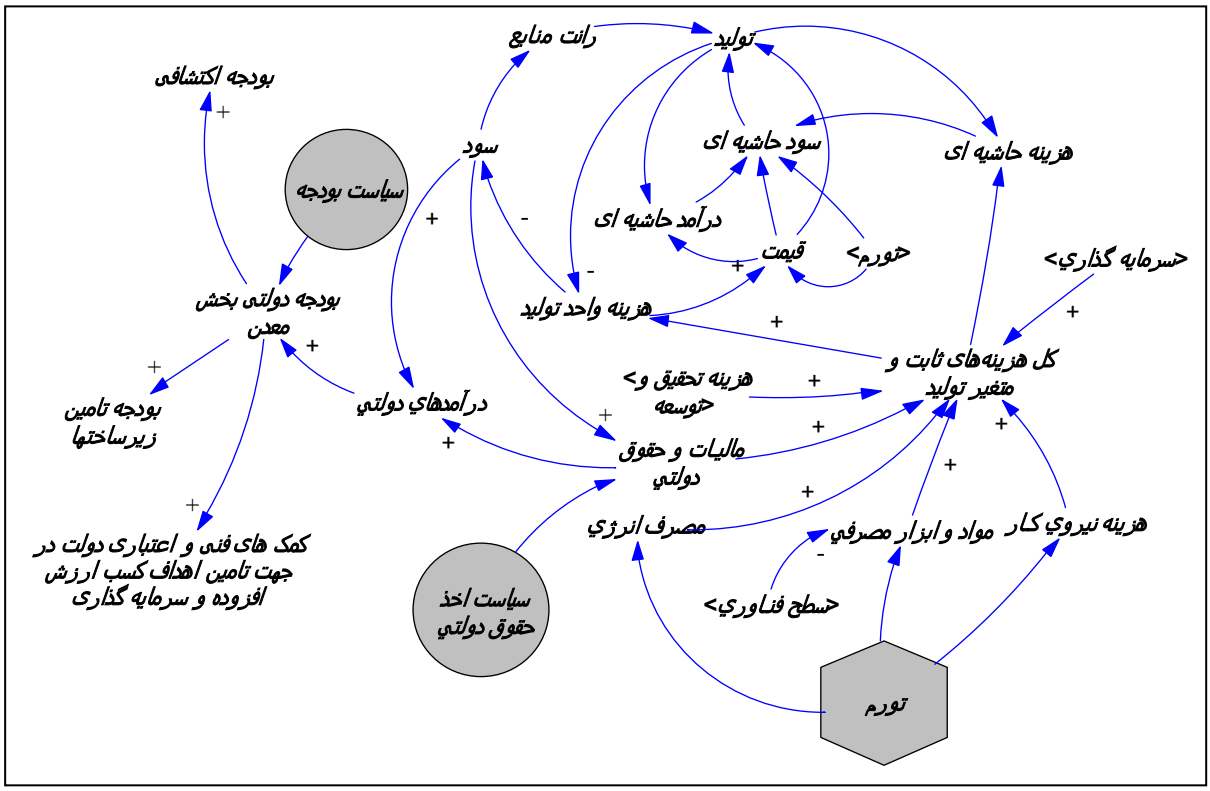
شکل ۴- ۹: مدل علت و معلولی ارتقای فناوری معادن

حال با توجه به شناسایی عوامل موثر بر نهاده های تولید و اجزای فناوری، امکان تعیین ارزش افـزوده بالفعل واحد تولید به سادگی و بر اساس برآورد تابع تولید مشخص فراهم می‌گردد. در این چرخه علت و معلولی، اعطای کمک های فنی و اعتباری به معادن جهت ارتقای ارزش افزوده از محل بودجه هـای عمرانی و بر اساس سیاست بودجه در دو محور ذیل صورت می‌گیرد:

- تخصیص بودجه در راستای تامین سرمایه ثابت مورد نیاز جهت تحقق مقادیر هدفگذاری شـده سالانه و کاهش میزان اختلاف بین اهداف و عملکرد ایجاد ارزش افزوده
- کمک به ایجاد و گسترش واحدهای تحقیق و توسعه

۴-۳-۶- حلقه های علت و معلولی هزینه‌ها و درآمدهای بخش معدن

هزینه و درآمدهای بنگاه معدنی و دولت، از جمله مهم‌ترین عوامل دارای تاثیرات متقابـل بـا سـایر اجزای مدل می‌باشد. هزینه‌های بنگاه‌ها بر اساس تفکیک آنها بـه هزینـه‌هـای ثابـت و متغیـر صـورت گرفته است. هزینه‌های ثابت که مستقل از سطح تولید می‌باشند شامل حقوق دولتی، تحقیق و توسعه، هزینه‌های تامین سرمایه و سایر هزینه‌های ثابـت مـی‌باشـند. هزینـه هـای متغیـر تولیـد نیـز شـامل هزینه‌های نیروی کار، انرژی و مواد مصرفی و سایر هزینه‌ها می‌باشند. نکته مهم تعیین حقـوق دولتـی سالانه بر اساس تخصیص بخشی از سود خالص واحد تولید در هر سال می‌باشد که در هزینه‌های سال بعد بنگاهها، باید مدنظر قرار گیرد. مدل علت و معلولی شامل مولفه‌های هزینه‌ای و درآمدی بنگاههای معدنی و دولت مطابق شکل (۴-۱۰) می‌باشد. بخشی از درآمد دولت به کمک‌هـای فنـی و اعتبـاری و اجرای سیاستها شامل کمک به تشکیل سرمایه و تامین هزینه‌های اکتشافات، بهـره‌بـرداری از معـادن، تحقیق و توسعه، تامین زیرساخت و ارتقای فناوری و ارزش افزوده تخصیص می‌یابد. میزان تولید بهینه محصول نیز بر مبنای تلفیق تئوری‌های بنگاهی و بخشی مدیریت منابع تجدیدناپذیر و با لحاظ نمودن محدودیتهای ظرفیت تعیین می‌گردد که امکان برآورد معادله دینامیـک تعیـین نـرخ تولیـد و قیمـت محصول را در هر سال بر حسب سود حاشیه‌ای و متغیرهای قیمت و هزینه سال قبل حاصل می‌شود.



شکل ۴- ۱۰: مدل علت و معلولی هزینه و درآمدهای بخش معدن

۴-۳-۷- حلقه های علت و معلولی اکتشاف و ظرفیت تولید معادن

با توجه به این که چرخه تولید معادن جهت بهره‌برداری اقتصادی از منابع تجدیدناپذیر معدنی و تامین نیازهای کشور صورت می‌گیرد. لذا حلقه علت و معلولی اکتشاف مطابق شکل (۴-۱۱) بر اساس تامین ذخایر مورد نیاز جهت تولید محصولات معدنی شکل می‌گیرد. بر این اساس میزان نیاز کشور به اکتشاف منابع معدنی تابعی از میزان نیاز کشور و سیاست کلان دولت در زمینه حفظ ذخایر معدنی کشور می‌باشد. میزان اکتشافات انجام گرفته شامل اکتشافات جدید و اکتشاف تکمیلی معادن می‌باشد.

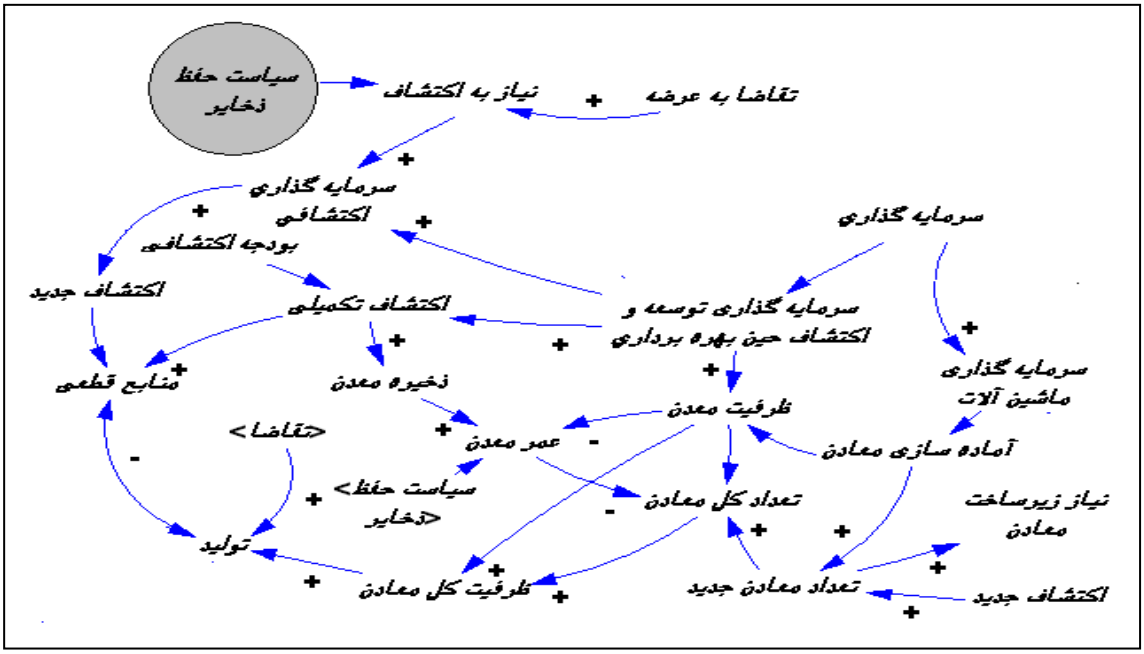
- اکتشافات جدید در بخشهای خصوصی و دولتی که منجر به کشف ذخایر جدید می‌گردد. پس از اکتشاف ذخایر، امکان ایجاد ظرفیت تولید محصولات مورد نیاز کشور پس از دوره آماده‌سازی معادن فراهم می‌گردد. آماده‌سازی ذخایر معدنی عمدتا بر اساس سرمایه گذاری سالانه در زمینه

تجهیزات و ماشین آلات تولید حاصل می‌شود. تامین زیرساخت‌ها که منجر به فعال شدن معادن می‌گردد، بر اساس سرمایه‌گذاری زیرساختی معادن و کمک های دولت حاصل می‌شود.

- اکتشاف تکمیلی معادن نیز که منجر به افزایش ذخایر قابل بهره برداری معادن می‌گردد، بر مبنای فعالیتهای اکتشافی حین بهره برداری می‌باشد و از سرمایه‌گذاری توسعه و اکتشاف معادن قابل محاسبه می‌باشد.

بودجه اکتشافی کشور نیز به عنوان تابعی از بودجه عمرانی بخش معدن درجهت تامین اهداف مصوب در زمینه حفظ ذخایر معدنی کشور، کاهش فاصله بین اهداف و عملکرد حوزه اکتشاف، استخراج کامل ذخایر کشف شده می‌باشد و در راستای کمک به اکتشافات تکمیلی معادن صورت می‌گیرد.

میزان افزایش ظرفیت معادن نیز بر مبنای سرمایه‌گذاری‌های توسعه‌ای سالانه معادن قابل محاسبه می‌باشد. طبیعتا با توسعه ظرفیت تولید هر معادن و اکتشافات جدید و تکمیلی میزان ظرفیت کل معادن افزایش می‌یابد. نکته مهم تناسب ظرفیت تولید معادن و ذخیره کشف شده هر معدن بر مبنای عمر متوسط معادن و نسبت استخراج از ذخیره در طول فعالیت معدن می‌باشد به طوری که حداکثر ذخیره کشف شده، قابل استخراج باشد.



شکل ۴- ۱۱ : مدل علت و معلولی اکتشاف منابع معدنی و گسترش ظرفیت تولید معادن

۴-۴- شناسایی روابط بین پارامترها و اجزای مدل

۴-۴-۱- جامعه آماری تحقیق

اصولا شناسایی روابط و تحلیل عوامل موثر بر هر مساله‌ای از جمله عملکرد بخش معدن، نیاز به سری‌های زمانی پارامترهای مختلف دارد. از طرفی انتخاب مواد معدنی شاخص به عنوان نمونه‌های آماری تحلیل علاوه بر افزایش دقت روابط بین اجزای مدل، موجب به کارگیری مدل نهایی در حوزه مدیریت بر مجموعه معادن مربوط به هر گروه مواد معدنی می‌گردد. بر اساس بررسی صورت گرفته، مهم‌ترین معیارهای شناسایی شده جهت انتخاب مواد معدنی شاخص را می‌توان به شرح ذیل بیان نمود:

- ترکیبی متعادل از مواد معدنی شاخص کشور در گروه کانی‌های فلزی، غیرفلزی و مصالح ساختمانی انتخاب شود.
- مولفه‌های اصلی مواد معدنی منتخب از لحاظ شاخص‌های مورد بررسی از قبیل ارزش تولیدات معادن، تعداد نیروی کار قابل تعمیم به کل معادن کشور باشد.
- امکان اخذ داده‌های معتبر و قابل اطمینان از معادن مربوطه فراهم شود.
- از لحاظ شاخص‌های فنی و موقعیت جغرافیایی دارای تنوع کافی جهت تعمیم به کل کشور باشد.

با توجه به موارد فوق‌الذکر مواد معدنی زغال سنگ، سنگ‌های تزئینی، باریت، کائولن و گچ به عنوان مواد شاخص غیرفلزی و مصالح ساختمانی انتخاب شدند و همچنین معادن مربوط به مس، سنگ آهن، و سرب و روی به عنوان گروه‌های شاخص مواد معدنی فلزی انتخاب گردیدند. از لحاظ شمول داده‌ها جهت تعمیم نتایج به کل معادن کشور، با توجه به آمار سال ۱۳۸۴، حدود ۹۵ درصد ارزش تولیدات معادن، ۸۸ درصد نیروی کار و ۷۷ درصد تعداد معادن در حیطه گروه‌های مواد معادنی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. لازم بذکر است که بر اساس تحقیقی که در سال ۱۳۸۶ با هدف رتبه‌بندی مواد معدنی کشور بر مبنای یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه انجام گرفت، عمده مواد معدنی

منتخب در این تحقیق، دارای رتبه بالا از لحاظ شاخص‌های اقتصادی، فنی، استراتژیکی، اشتغال و زیست محیطی می‌باشند (شکورشهابی و همکاران، ۱۳۸۷).

منبع اصلی اطلاعات، داده‌های مرکز آمار ایران و وزارت صنایع و معادن در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ می‌باشند که در قالب نتایج آمارگیری سالانه از معادن در حال بهره‌برداری کشور و گزارشات تفضیلی عملکرد سالانه منتشر می‌گردد. شناسایی و تحلیل روابط بین پارامترها عموما بر مبنای داده‌های سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ معادن فعال مربوط به مواد معدنی منتخب (به جز سال ۱۳۸۳) صورت گرفته است. جهت حذف آثار تورم، عمده پارامترهای هزینه‌ای، سرمایه‌ای و ارزش افزوده به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ تعدیل شده و در روابط مربوطه بکار گرفته شده است. جهت تحلیل‌های اقتصادسنجی و بررسی تاثیرات پارامترها بر همدیگر، کلیه روابط با استفاده از نرم افزار Eviews مورد آزمون قرار گرفته‌اند (بیدرام ، ۱۳۸۱).

با توجه به تعدد کمی و کیفی معادن مورد بررسی در هر گروه مواد منتخب معدنی، ضروری بود تا مفروضاتی در جهت مدل‌سازی فرآیند تولید محصول درنظر گرفته شود. لذا عدم تغییرات عمده در عیار و کیفیت سنگ معدن ورودی به کارخانجات فرآوری فرض شده است و محصول کارخانه فرآوری در جوار معدن به عنوان محصول نهایی فرآیند تولید در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر در خصوص مواد معدنی که فرآوری آنها معمولا در کنار معدن صورت می‌گیرد محصول مرحله فرآوری و در خصوص سایر مواد معدنی، سنگ معدن استخراجی به عنوان محصول فرآیند تولید در نظر گرفته شده است. کنسانتره‌های زغال، آهن و مس به عنوان محصول نهایی فرآیندهای استحصال زغال، سنگ آهن و سنگ مس در نظر گرفته شده است و در خصوص سایر مواد معدنی منتخب، به دلایلی از جمله ماهیت ماده معدنی و محصول تولیدی، مجزا بودن فعالیت‌های واحدهای فرآوری سنگ معدنی از واحدهای معدنی و نیز نبود اطلاعات کافی، سنگ معدن به عنوان خروجی فرآیند تولید معادن لحاظ گردید.

۴-۴-۲- برآورد روابط بین پارامترهای تحقیق

۴-۴-۲-۱- برآورد مولفه‌های سرمایه‌ای معادن

۴-۴-۲-۱-۱- برآورد موجودی سرمایه

سرمایه به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تولید، شامل ظرفیت تولیدی بخش، بنگاه و یا سازمان می‌باشد که برای تولید یا فروش دیگر محصولات و خدمات استفاده می‌گردد. معلوم بودن موجودی سرمایه برای بخش معدن و هریک از گروه‌های معدنی منتخب، یکی از ضروریات تحقیق و از پیش‌نیازهای برآورد تابع تولید معادن می‌باشد. این در حالی است که داده‌های موجودی سرمایه معادن فعال کشور از سال ۱۳۷۹ به بعد اعلام گردیده است لذا تخمین موجودی سرمایه سال‌های قبل ضروری بود. از طرفی داده‌های سرمایه‌گذاری مربوط به سال‌های قبل از ۱۳۷۹ در خصوص کل معادن و نیز هریک از گروه‌های معدنی وجود دارد. با توجه به توضیحات بخش (۲-۳-۱)، روش موجودی پیوسته، از جمله روش‌های کارآمد جهت برآورد ارزش موجودی سرمایه‌های ثابت در سطح بنگاه، بخش و یا کشور می‌باشد. در این روش تخمین ارزش تجمعی سرمایه‌گذاری‌های قبلی با کسر مقادیر استهلاک سالانه آنها صورت می‌گیرد. مهم‌ترین پیش‌نیاز به کارگیری این روش، معلوم بودن موجودی سرمایه در ابتدای دوره می‌باشد. لذا با استفاده از رابطه (۲-۷)، بصورت برگشتی طی سالهای متوالی می‌توان به رابطه (۴-۱) جهت محاسبه K_{t-1} دست یافت.

$$K_{t-1} = (K_t - I_t)/(1-\alpha) \qquad (۴-۱)$$

که در آن K_t و K_{t-1} معادل با موجودی سرمایه ثابت به قیمت ثابت در انتهای سال t و $t-1$ ، α ضریب استهلاک سرمایه و I_t برابر با سرمایه‌گذاری ثابت در طول سال t به قیمت ثابت می‌باشد.

میزان استهلاک سرمایه در معادن به عنوان تابعی از عمر مفید سرمایه موجود تعریف می‌گردد که بسته به ماهیت سرمایه متفاوت می‌باشد. از طرفی سرمایه تشکیل شده در اقلام مختلف معادن هزینه می‌گردد و از رابطه فوق‌الذکر می‌توان جهت تعیین مقادیر هر یک از اقلام سرمایه استفاده نمود. جهت تعیین میزان استهلاک سرمایه و اقلام آن، با توجه به تصریح آیین نامه سازمان حسابرسی ایران، عمر

مفید سرمایه ثابت معادل با ۸ سال در نظر گرفته شده است که این میـزان بـرای ماشـین‌آلات تولیـد معادل با ۵ سال، برای زیرساخت‌ها ۲۵ سال و برای اکتشافات معـادل بـا ۸ سـال مـی‌باشـد. از طرفـی جهت حذف آثار تورمی، ضروری می‌باشد که مقادیر مذکور به قیمت ثابت در روابـط جاگـذاری شـوند. بررسی داده‌های سرمایه گذاری و موجودی سرمایه به قیمت ثابت در سال‌هـای مختلـف بیـانگر عـدم صحت توام داده‌های اعلام شده به دلیل عدم تناسب آنها بود. از طرفی با توجه بـه ایـن کـه داده‌هـای سرمایه‌گذاری معادن دارای ماهیت قابل سنجش در هرسال بوده و دارای دقت بـالاتری مـی‌باشـد لـذا داده‌های موجودی سرمایه کل معادن کشور در سال ۱۳۸۰ به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ به عنوان مبنای محاسبه در نظر گرفته شد و موجودی سرمایه برای معادن کشور بر اساس مقادیر سرمایه‌گذاری ثابـت و استهلاک سالانه به ازای سال‌های قبلی و بعدی محاسبه گردید، که نتـایج آن در پیوسـت شـماره ۱ آمده است.

۴-۴-۲-۱-۲- محاسبات سرمایه‌گذاری

در خصوص سرمایه‌گذاری ثابت معادن، با توجه به وجود تفاوت‌های مشخصی با دیگـر بخـش‌هـای اقتصادی، از بعد عوامل موثر بر آن ضروری بود تا بررسی دقیقی در این خصوص صورت گیرد. طبیعتـا عوامل کلان موثر بر تشکیل سرمایه در کل اقتصاد، بر میزان سرمایه‌گذاری معادن نیز مـوثر هسـتند و مقدار پارامتر تشکیل سرمایه ثابت اقتصادکشور به عنوان یک پارامتر محیطی معرف تاثیر کلیه عوامـل محیطی می‌باشد. لذا سرمایه‌گذاری سالانه معـادن (I_t) را مـی‌تـوان تـابعی از تشـکیل سـرمایه ثابـت ناخالص کشور و نیز نسبتی از سود حاصله از فروش مطابق رابطه (۴-۲) در نظر گرفت.

$$I_t = MIR_t * NCF_t + IP_t * P_{t-1} + TF_t \qquad (۴-۲)$$

که در این رابطه MIR_t سهم سرمایه‌گذاری در معادن از کل تشکیل سرمایه ثابـت ناخـالص اقتصـاد کشور[1] در سال t، NCF_t تشکیل سرمایه ثابت کشور[1] در سال t، P_{t-1} سود حاصل از تولید در سال

[1] Mine Investment Ratio

$t-1$ و IP_t نسبت سرمایه‌گذاری جدید در سال t از محل سود سال قبل و TF_t کمک‌های اعتباری دولتی[۲] در سال t می‌باشد.

از طرفی عوامل مختلف داخلی بخش معدن بر نسبت سرمایه‌گذاری در معادن از کل تشکیل سرمایه ثابت ناخالص کشور موثر می‌باشند. مهم‌ترین عوامل بررسی شده شامل موارد زیر می‌باشد که این عوامل می‌تواند دارای آثار خطی، غیرخطی و یا تاخیری بر سهم معادن از کل تشکیل سرمایه ثابت اقتصاد داشته باشد.

- نسبت‌های تشکیل سرمایه سالانه در ابزار و ماشین‌آلات، توسعه و اکتشاف و زیرساخت‌ها
- سهم ارزش افزوده معادن از تولید ناخالص داخلی
- سرمایه ثابت صنایع معدنی به عنوان اصلی ترین صنایع مصرف کننده محصولات معادن
- میزان سرمایه ثابت معادن
- مقادیر نسبت‌های شاخص بهره‌وری سرمایه و نیروی کار
- شاخص‌های نسبت سرمایه‌گذاری به هزینه نیروی انسانی و نسبت‌های فروش به سرمایه‌گذاری و موجودی سرمایه
- نسبت موجودی سرمایه بخش عمومی به کل موجودی بخش معدن
- نسبت سرمایه‌گذاری سالانه دربخش عمومی نسبت به کل سرمایه‌گذاری
- شاخص نسبت عرضه به تقاضای مواد معدنی
- نسبت افزایش سرمایه به افزایش ارزش افزوده تولید

با توجه به آزمون تاثیرات هریک از عوامل مذکور بر مبنای داده‌های سری زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۴ کل معادن کشور، و در نهایت رابطه کلی (۴- ۳) جهت محاسبه سهم سرمایه‌گذاری در بخش معدن از کل تشکیل سرمایه ثابت ناخالص کشور در سال t (MIR_t)[۳] بدست آمده است.

---

[1] National Capital Formation
[2] Technical Founds
[3] Mine Investment Ratio

$$MIR_t = -0.009038 + 0.001008*\ln(MII_{t-1}) + 0.007619*GIR_t$$
$$-0.0000822*ICOR_{t-2} + 0.08232*ICR_{t-2} + 0.02185*DCR_{t-2} \quad (۳-۴)$$

که در این رابطه MII_{t-1} تشکیل سرمایه ثابت صنایع معدنی با یک سال وقفه زمانی بر حسب میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶، GIR_t سهم سرمایه بخش عمومی از کل سرمایه‌گذاری سالانه، $ICOR_{t-2}$ نسبت افزایش سرمایه به افزایش تولید و نیز ICR_{t-2} و DCR_{t-2} به ترتیب معرف سهم سرمایه بکار رفته در تامین زیرساخت از کل موجودی سرمایه با دو سال وقفه می‌باشد. مهم‌ترین مولفه‌های تاثیرگذار شامل موارد زیر می‌باشد

- **تشکیل سرمایه ثابت صنایع معدنی:** میزان تشکیل سرمایه ثابت صنایع معدنی[1] در سال قبل (MII_{t-1}) شامل صنایع کانی غیرفلزی و ذوب فلزات را به عنوان یک عامل ایجاد تقاضا برای مواد معدنی و بالتبع آن جذب سرمایه‌گذاری در معادن می‌باشد. این تاثیر با توجه به حداقل فاصله زمانی مورد نیاز جهت بهره‌برداری از واحدها به صورت با وقفه بوده که با آزمون حالات مختلف، وقفه زمانی ۱ساله و رابطه لگاریتمی در مدل منظور گردید.
- **سهم سرمایه‌گذاری دولتی**: سرمایه‌گذاری دولتی در بخش‌های دارای ریسک بالا از جمله می‌تواند اثربخشی لازم را در جهت کاهش ریسک سرمایه‌گذاری ایجاد نماید. شاخص سهم سرمایه‌گذاری دولتی[2] در هر سال (GIR_t) مطابق رابطه (۴-۴) بر اساس نسبت میزان سرمایه‌گذاری سالانه توسط بخش عمومی (GI_t) به کل سرمایه‌گذاری سالانه (I_t) تعریف می‌گردد.

$$GIR_t = \frac{GI_t}{I_t} \quad (۴-۴)$$

که در این رابطه GI_t و I_t به ترتیب معرف سرمایه‌گذاری سالانه در بخش عمومی و کل حوزه بر حسب میلیون ریال به قیمت‌های ثابت ۷۶ می‌باشد. تاثیر این پارامتر بر سهم معادن از تشکیل سرمایه

[1] Mineral Industry Investment (MII)
[2] Governmental Investment Ratio (GIR)

ثابت سالانه بصورت خطی و بدون وقفه می‌باشد. جدول (۴-۱) بیانگر روند تغییرات سهم بخش عمومی از سرمایه‌گذاری سالانه و موجودی سرمایه بخش معدن می‌باشد.

جدول ۴-۱: روند تغییرات سهم بخش عمومی از سرمایه‌گذاری سالانه و موجودی سرمایه بخش معدن

سال	نسبت سرمایه‌گذاری سالانه بخش عمومی به کل سرمایه‌گذاری بخش معدن	نسبت موجودی سرمایه بخش عمومی از کل سرمایه بخش معدن
۱۳۷۵	٪۵۱/۵	٪۳۹/۱
۱۳۷۶	٪۶۵/۵	٪۴۷/۴
۱۳۷۷	٪۳۷/۱	٪۴۵/۸
۱۳۷۸	٪۵۴/۲	٪۵۲/۲
۱۳۷۹	٪۲۷/۴	٪۵۰/۶
۱۳۸۰	٪۳۹/۲	٪۳۷/۰
۱۳۸۱	٪۱۷/۹	٪۳۴/۹
۱۳۸۲	٪۷/۸	٪۴۱/۸
۱۳۸۴	٪۱۳/۸	۲۱/۱٪

با توجه به روند موجود، مقدار سهم بخش عمومی از سرمایه‌گذاری سالانه معادن، معادل با ۵۱/۵ درصد در سال ۱۳۷۵ بوده است که با نرخ متوسط ٪۱۳/۶ در حال کاهش بوده‌است که بیانگر کاهش نقش بخش عمومی در سرمایه‌گذاری‌های آتی بخش معدن و نیز واگذاری معادن به بخش خصوصی و تعاونی بوده است و انتظار می‌روند که این روند در سال‌های بعد تسریع شود و سهم بخش دولتی در مالکیت معادن به حداقل ممکن برسد.

- **نسبت افزایش سرمایه به افزایش تولید :** یا $ICOR$ به عنوان مقیاسی از بهره‌وری سرمایه است که می‌تواند به عنوان راهنمای تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری به‌کار رود. با به کارگیری این شاخص میزان سرمایه‌گذاری برای ایجاد یک واحد ارزش افزوده طی یک دوره معین مشخص

می‌گردد و تأثیر سرمایه‌گذاری بر درآمد ملی و ارزش افزوده تعیین می‌شود. معمولا در بخش‌هایی از اقتصاد که این شاخص کمتر باشد، کارایی و بازدهی سرمایه‌گذاری در آن بخش بیشتر است. برای محاسبه این شاخص مطابق رابطه (۴-۵) مجموع سرمایه‌گذاری طی یک دوره (I_t) بر ارزش افزوده پایان دوره (Q_t) منهای ارزش افزوده ابتدای دوره (Q_{t-1})تقسیم می‌شود.

$$ICOR_t = \frac{I_t}{Q_t - Q_{t-1}} \qquad (۵-۴)$$

که در این رابطه Q_t و I_t به ترتیب معرف ارزش افزوده و سرمایه‌گذاری بر حسب میلیون ریال به قیمت ثابت ۱۳۷۶ و t بیانگر دوره زمانی مورد بررسی می‌باشد. تاثیرات این شاخص در جذب سرمایه می‌تواند از ابعاد نقش در اقتصاد ملی و نیز ارتقای جذابیت سرمایه‌گذاری مورد توجه قرار گیرد. جهت شناسایی آثار تاخیری این پارامتر، حالات مختلف آزمون گردید و در نهایت وقفه زمانی ۲ انتخاب گردید.

- **نسبت‌های زیرساخت و اکتشاف از کل سرمایه معادن:** با توجه به نقش زیرساخت‌ها و سرمایه‌گذاری‌های اکتشافی در کاهش ریسک فعالیت‌های معدنی، پارامترهای سهم زیرساخت‌ها و اکتشافات در موجودی سرمایه[1] تعریف گردید که به عنوان یک شاخص مثبت در جذب سرمایه‌گذاری عمل می‌نماید و افزایش این نسبت موجب ارتقای جذابیت سرمایه‌گذاری در معادن می‌گردد. برای محاسبه این شاخص‌ها مطابق روابط (۴-۶) و (۴-۷) میزان سرمایه جذب شده در جهت ایجاد و گسترش زیرساخت اعم از جاده، راه‌آهن و تامین آب، برق و گاز و نیز فعالیت‌های اکتشافی به کل موجودی سرمایه تقسیم می‌گردد.

$$ICR_t = \frac{IC_t}{C_t} \qquad (۶-۴)$$

$$DCR_t = \frac{DC_t}{C_t} \qquad (۷-۴)$$

[1] Infrastructure Capital Ratio (ICR)

که در این روابط ICR_t و DCR_t به ترتیب بیانگر شاخص سهم زیرساخت‌ها و اکتشافات از کل سرمایه در سال t، IC_t و DC_t به ترتیب معرف سرمایه جذب شده در جهت تامین زیرساخت‌ها و اکتشافات و C_t کل موجودی سرمایه ثابت معادن به قیمت‌های ثابت ۷۶ می‌باشد. با توجه به آثار تاخیری این متغیر در جذب سرمایه و با بررسی حالات مختلف، وقفه زمانی ۲ سال انتخاب گردید.

لازم بذکر است که با توجه به برآورد صورت گرفته، نسبت سرمایه‌گذاری ثابت به کل سرمایه‌گذاری بطور متوسط معادل با ۰/۹۰۶ محاسبه و در روابط مربوطه اعمال گردید.

با توجه به محاسبه سهم سرمایه‌گذاری در هریک از گروه‌های معدنی منتخب از کل تشکیل سرمایه ثابت ناخالص کشور در سال t (MIR_t)، رابطه (۴-۸) بر اساس داده‌های سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ بدست آمد.

$$\begin{aligned} MIR_t &= -0.007406 + 0.000662*\ln(MC_{t-1}) \\ &-0.001766*ICOR_{t-1} + 0.08687*ICR_{t-2} + 0.003584*DCR_{t-2} \end{aligned} \qquad (۴-۸)$$

که در این رابطه MC_{t-1} موجودی سرمایه در سال قبل بر حسب میلیون ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ می‌باشد. سایر پارامترهای رابطه، مشابه رابطه (۴-۷) می‌باشند.

در خصوص سرمایه‌گذاری معادن، تخصیص بخشی از سود سالانه تولید جهت سرمایه‌گذاری در سال بعد (IP_t) به عنوان یکی دیگر از پویایی‌های مساله می‌باشد که با توجه به عدم وجود آمار مشخص، نسبت سود تقسیمی و انباشته در ترازنامه هریک از شرکت‌های معدنی بورس اوراق بهادار کشور استخراج و مورد بررسی قرار گرفت و مطابق جدول (۴-۲) مقدار ۲۶/۷ درصد به عنوان نسبت متوسط سرمایه‌گذاری سالانه شرکت‌های معدنی از محل سود سال قبل محاسبه گردید. شرکت‌های مورد بررسی شامل سنگ‌آهن گل‌گهر، چادرملو، نگین طبس و توسعه معادن روی می‌باشند.

جدول ۴-۲: متوسط نسبت سود انباشته شرکت‌های مطرح معدنی کشور

سال	نسبت سود انباشته
۱۳۷۷	۱۱/۸٪
۱۳۷۸	۱۴/۸٪
۱۳۷۸	۴۱/۲٪
۱۳۷۹	۴۵/۴٪
۱۳۸۰	۲۳/۵٪
۱۳۸۱	۳۸/۷٪
۱۳۸۲	۲۵/۶٪
۱۳۸۳	۱۸/۰٪
۱۳۸۴	۲۱/۰٪
متوسط کل سالها	۲۶/۷٪

۴-۴-۲-۲- محاسبات نیروی انسانی

همان گونه که قبلا بیان شد کارآیی نیروی انسانی علاوه بر شاخص‌های کمی، به مولفه‌های کیفی نیز بستگی دارد که دسته بندی آنها مطابق شکل شماره (۴-۷)، در سه گروه اصلی مهارت، دانش و تجربه صورت گرفت. بر این اساس سه پارامتر اصلی شامل سطح کلی دانش، سطح کلی مهارت و سطح تجربه تعریف گردید. سطح کلی کیفی نیروی کار[1] (LQ_t) برابر با مجموع مقادیر امتیازات معادل سطح کلی دانش[2] نیروی کار تولیدی معادن کشور (KL_t)، سطح کلی مهارت[3] شاغلین تولیدی (SL_t) و امتیاز تجربه انباشته شاغلین تولیدی (EX_t) بر اساس رابطه (۴-۹) می‌باشد.

$$LQ_t = KL_t + SL_t + EX_t \qquad (۴-۹)$$

سطح کلی دانش هر بخش نیز از دو مولفه سطح تحصیلات شاغلان تولیدی و پرسنل بخش تحقیق و توسعه تاثیر می‌پذیرد. همچنین سطح کلی مهارت از مولفه‌های مهارت‌های حرفه‌ای و میزان

[1] Labor Quality Level
[2] Knowledge Level
[3] Skill Level

آموزش‌های کاربردی نیروی کار تولیدی نشات می‌گیرد. سطح کلی کیفی نیروی انسانی نیز بر مبنای مجموع مقادیر سطوح دانش، مهارت و تجربه محاسبه می‌گردد. روش محاسبه هر یک از مولفه‌های نیروی کار به شرح ذیل بیان می‌گردد. لازم به ذکر است که امتیاز دهی به تاثیر هریک از شاخص‌ها بر سطح کیفی نیروی کار با فرض اهمیت یکسان آنها و بر پایه ۱ تا ۱۰ برای هریک از زیرگروه‌های مربوطه بوده است.

۴-۴-۲-۲-۱- تجربه انباشته نیروی کار

با توجه به شرایط عمدتا سخت و ناایمن محیط کار در فعالیت‌های معدنی و نیز به‌کارگیری ماشین‌آلات سنگین، دارا بودن تجربه مناسب از ضروریات شاغلین بخش معدن می‌باشد. اطلاعات سطح تجربه شاغلین تولیدی بر مبنای تعداد افراد در چهار گروه زیر ۵ سال، بین ۵ تا ۹ سال، بین۱۰ تا ۱۹ سال و بالاتر از ۱۹ سال منتشر می‌گردد. بر این اساس برآورد تجربه انباشته شاغلین تولیدی، با در نظر گرفتن متوسط تجربه هر گروه و با فرض تابع توزیع یکنواخت[1] برای پارامتر تجربه نیروی کار صورت گرفت.

مقادیر سطح تجربه انباشته نیروی کار به ازای معادن کشور و هریک از گروه‌های شاخص مواد معدنی محاسبه گردید که نتایج آن در جدول شماره (۴- ۳) آمده است. امتیازدهی مولفه تجربه، جهت محاسبه در رابطه کلی شاخص کیفی با اعمال تعدیلاتی جهت یکسان سازی آن در مقیاس ۱ تا ۱۰ صورت می‌گیرد.

[1] Uniform Distribution Function

جدول ۴-۳: تجربه انباشته شاغلین تولیدی معادن فعال کشور

سال	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل
۱۳۷۵	۹۵۷۳۸	۱۵۳۷۸	۲۷۶۹۰	۳۶۰۷۸	۱۱۰۴۳	۱۰۸۲۸	۲۹۷۳	۱۵۷۰۸	۳۴۷۰۸۰
۱۳۷۶	۱۴۴۳۹۰	۱۵۵۶۰	۲۵۸۶۰	۴۵۹۹۵	۱۲۲۶۸	۱۱۶۳۵	۲۸۶۸	۱۹۴۳۳	۴۲۲۶۳۸
۱۳۷۷	۱۳۰۵۳۵	۱۹۰۶۸	۱۹۰۱۰	۴۴۱۵۳	۹۷۳۰	۹۵۹۸	۳۷۰۳	۱۴۳۵۰	۳۶۸۲۶۸
۱۳۷۸	۱۴۷۴۰۸	۳۱۵۳۵	۲۱۲۳۰	۴۴۷۵۸	۱۰۱۲۳	۴۴۸۰	۲۶۷۸	۱۳۲۲۸	۴۰۸۱۷۳
۱۳۷۹	۱۴۳۵۷۳	۳۳۱۴۵	۱۸۲۳۵	۵۱۰۴۸	۹۹۱۵	۸۲۸۰	۳۳۴۵	۱۵۶۸۸	۴۲۰۵۱۵
۱۳۸۰	۱۲۷۸۸۳	۳۶۹۴۵	۲۳۰۱۰	۵۴۳۴۰	۹۸۳۸	۹۶۳۳	۳۲۴۸	۱۴۹۷۰	۴۱۹۷۶۰
۱۳۸۱	۱۲۴۲۱۵	۲۲۴۰۵	۲۳۹۰۸	۶۱۹۸۰	۱۱۷۸۳	۹۵۱۳	۳۲۴۰	۱۳۸۱۵	۴۱۶۱۶۸
۱۳۸۲	۹۶۲۴۳	۳۶۵۳۸	۲۲۲۰۵	۶۳۳۶۸	۱۳۲۹۰	۱۲۱۴۸	۳۰۷۰	۱۳۶۷۸	۴۲۳۷۴۸
۱۳۸۴	۸۰۰۴۰	۳۲۴۶۵	۲۰۳۰۸	۵۴۱۲۳	۱۰۵۷۰	۴۸۲۰	۲۸۷۸	۹۳۱۰	۳۶۹۸۵۸

۱.۱

۴-۴-۲-۲-۲- سطح کلی دانش

با توجه به ماهیت خاص فعالیت‌های معدنی، ارتقای دانش نیروی انسانی و تربیت متناسب نیروهای کاری در سطوح مختلف تحصیلاتی از قبیل کاردانی، کارشناسی و کارشناسی ارشد ضروری می‌باشد تا امکان ایجاد انطباق و انتقال مناسب تجارب و دستورات فراهم گردد. این مشکل موجب تضعیف حلقه انتقال دانش و تجربه و نیز کاهش نظارت بر سیستم کاری می‌گردد. در این تحقیق سطح کلی دانش بخش معدن معادل با سطح سواد کلیه افراد موثر بر فرآیند تولید تعریف گردیده است. لذا سطح تحصیلات پرسنل شاغل در بخش‌های خط تولید و تحقیق و توسعه مورد بررسی قرار می‌گیرد. بر این اساس، سطح کلی دانش شاغلان معادن کشور[1] (KL_t) در سال t را می‌توان مطابق رابطه شماره

[1] Knowledge Level

(۴-۱۰) از مجموع شاخص کل تحصیلات[1] شاغلین تولیدی (LI_t) و شاخص کل تحصیلات شاغلین تحقیق و توسعه[2] (DI_t) واحدهای تولیدی به شرح ذیل محاسبه نمود.

$$KL_t = LI_t + DI_t \qquad (۴-۱۰)$$

- برای محاسبه شاخص تحصیلات شاغلان تولیدی، مطابق رابطه (۴-۱۰) به ترتیب مقادیر مجموع شاغلان تولیدی در هر سطح تحصیلاتی ($E_{i,t}$)، در ضرایب اهمیت سطح تحصیلی[3] متناظر ($IE_{i,t}$) ضرب شده و مجموع آن به ازای کلیه سطوح تحصیلی در هر سال به عنوان شاخص کلی تحصیلات شاغلین تولیدی محاسبه می‌گردد. ضرایب اهمیت تحصیلی نیز برای هریک از سطوح تحصیلی، بر مبنای تخصیص امتیاز صفر تا ده به هر گروه تحصیلی مطابق جدول (۴-۴) می‌باشد.

$$LI_t = \sum_{i=1}^{n} E_{i,t} * IE_{i,t} \qquad (۴-۱۱)$$

جدول ۴-۴: مقادیر امتیاز تخصیصی به هریک از گروه‌های تحصیلی

دکتری	فوق لیسانس	لیسانس	فوق دیپلم	دیپلم	کمتر از دیپلم	بی‌سواد
۱۰	۵	۲/۵	۱/۲۵	۰/۶۲۵	۰/۳۱۲۵	۰

با توجه به توضیحات فوق‌الذکر مقادیر شاخص تحصیلات شاغلین تولیدی به ازای هر یک از مواد معدنی منتخب محاسبه شده است که نتایج آن در جدول (۴-۵) به ازای هریک از سال‌ها مشخص گردیده است.

[1] Labor Education Index
[2] R&D Education Index
[3] Importance of ,Education

جدول ۴-۵: شاخص تحصیلات شاغلین تولیدی معادن فعال کشور

سال	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل
۱۳۷۵	۲۹۹۶	۷۲۹	۱۵۶۸	۱۸۳۸	۴۵۵	۵۵۰	۱۴۸	۶۰۲	۱۵۸۴۱
۱۳۷۶	۴۰۰۵	۷۳۱	۱۲۹۷	۲۳۳۳	۵۳۰	۴۴۴	۱۳۷	۶۲۶	۱۷۴۶۶
۱۳۷۷	۵۸۴۲	۸۲۲	۸۳۳	۲۳۲۷	۵۱۰	۴۱۷	۱۵۲	۴۴۰	۱۷۷۶۷
۱۳۷۸	۴۶۲۵	۱۰۴۳	۹۶۵	۲۶۸۲	۵۴۶	۳۵۲	۱۶۲	۴۷۴	۱۷۶۵۱
۱۳۷۹	۴۸۱۳	۱۳۹۸	۱۰۶۴	۲۹۰۸	۵۳۲	۵۱۴	۲۰۵	۶۱۷	۱۹۵۴۰
۱۳۸۰	۴۳۵۰	۱۷۸۲	۱۲۵۰	۳۱۸۳	۵۰۶	۵۵۳	۲۱۴	۶۲۳	۱۹۹۴۷
۱۳۸۱	۳۸۴۸	۱۱۳۶	۱۲۲۰	۳۵۸۸	۶۱۹	۶۶۰	۲۲۱	۵۵۲	۱۹۵۲۹
۱۳۸۲	۳۱۶۵	۱۹۱۱	۱۳۷۱	۳۸۹۲	۷۲۲	۶۱۲	۲۲۶	۶۴۲	۲۰۹۲۷
۱۳۸۴	۳۲۰۲	۲۵۳۶	۱۵۲۸	۳۶۲۱	۷۶۶	۴۱۳	۲۲۶	۵۴۳	۲۲۶۸۵

- برای محاسبه شاخص تحصیلات شاغلین بخش تحقیق و توسعه، مطابق رابطه شماره (۴-۱۲)، به ترتیب مقادیر مجموع افراد شاغل در هر یک از سطوح تحصیلاتی در بخش تحقیق و توسعه واحدها نسبت به کل شاغلان[1] ($D_{i,t}$)، در ضرایب اهمیت سطح تحصیلی[2] متناظر ($ID_{i,t}$) ضرب شده و مجموع آن به ازای کلیه سطوح تحصیلی در هر سال محاسبه می‌گردد. با توجه به تمایز بخش تحقیق و توسعه از تولید و بالاتر بودن تاثیر سطح تحصیلات شاغلین این بخش نسبت به سطح تحصیلات دیگر شاغلین در ارتقای بهره‌وری واحدها، ضرایب اهمیت سطوح تحصیلی شاغلین در بخش تحقیق و توسعه، معادل دو برابر مقادیر جدول (۴-۵) فرض می‌گردد.

$$DI_t = \sum_{i=1}^{n} D_{i,t} * ID_{i,t} \qquad (۱۲-۴)$$

[1] Ratio of Research & Development Labors
[2] Importance of Research &Development Labors

با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، مقادیر شاخص کلی تحصیلات شاغلین بخش تحقیق و توسعه، به ازای مجموع معادن و نیز هریک از مواد معدنی منتخب قابل محاسبه می‌باشد.

۴-۴-۲-۲-۳- سطح کلی مهارت نیروی کار

یکی از مهم‌ترین راهبردهای کشورهای توسعه یافته در حوزه توانمندسازی منابع انسانی، تربیت نیروی کار ماهر می‌باشد. عملکرد نیروهای ماهر در محیط کار در صورت وجود انگیزه کافی، علاوه بر تسریع در فرآیند اجرای مسئولیت‌های شغلی، موجب گسترش نوآوری و یادگیری سایر پرسنل تولیدی می‌گردد. استفاده از نیروهای ماهر در محیط کار موجب کاهش به‌کارگیری پرسنل نظارتی و هماهنگی در خطوط تولید می‌گردد. مهم‌ترین راهکارهای گسترش مهارت نیروی انسانی را می‌توان در گسترش آموزش‌های فنی و حرفه‌ای در شاخه‌های تخصصی جهت تربیت نیروهای ماهر جهت ورود به بازار کار و نیز ارتقای افزایش کمی و کیفی آموزش‌های کاربردی حین کار دانست. بر این اساس سطح کلی مهارت نیروی کار به عنوان دیگر شاخص کیفی موثر بر ارتقای بهره‌وری تعریف می‌گردد که از دو عامل اصلی شاخص مهارت[1] پرسنل تولیدی و شاخص آموزش[2] نیروهای تولیدی تاثیر می‌پذیرد. برای محاسبه سطح کلی مهارت شاغلان تولیدی معادن کشور (SL_t) در سال t، رابطه شماره (۴-۱۳) به شرح ذیل بکار گرفته می‌شود که در آن SI_t به ترتیب معادل با شاخص مهارت در سال t و TI_t شاخص تجمعی آموزش های کاربردی سالانه پرسنل تولیدی معادن تا سال t می‌باشد.

$$SL_t = SI_t + TI_t \qquad (۱۳-۴)$$

[1] Skill Index
[2] Training Index

شاخص مهارت نیروی کار تولیدی با توجه به سطح مهارتی موجود معادن از بعد نسبت نیروهای کار ساده، ماهر، تکنیسین و مهندس در فعالیت‌های بهره‌برداری از معادن موجود کشور تعریف می‌گردد. برای محاسبه شاخص مهارت شاغلان تولیدی، مطابق رابطه شماره (۴-۱۴) به ترتیب مقادیر شاغلان تولیدی در هر سطح مهارتی ($S_{j,t}$) در ضرایب اهمیت سطح مهارتی متناظر ($IS_{j,t}$) ضرب شده و مجموع آن به ازای کلیه سطوح مهارتی در هر سال به عنوان شاخص مهارت شاغلین تولیدی محاسبه می‌گردد:

$$SI_t = \sum_{j=1}^{m} S_{j,t} * IS_{j,t} \qquad (۱۴-۴)$$

همچنین تخصیص امتیازات سطوح مهارتی بر مبنای جدول (۴-۶) صورت می‌گیرد.

جدول ۴-۶: مقادیر امتیاز تخصیصی به هریک از گروه‌های مهارتی

مهندسین	تکنسین‌ها	کارگران ماهر	کارگران ساده و امور حمل و نقل
۱۰	۵	۲/۵	۰

با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، مقادیر شاخص مهارت شاغلین تولیدی به ازای مجموع معادن و نیز هریک از مواد معدنی منتخب محاسبه شده است که نتایج آن در جدول (۴-۷) مشخص گردیده است. از طرفی انطباق و همراهی با تحولات یکی از عوامل حفظ ثبات، پایداری، رشد و توسعه محسوب می‌شود و آموزش نیروی کار از کارآمدترین ابزارهای ایجاد انطباق نیروی انسانی با تغییرات روز افزون به شمار می‌آید. آموزش نیروی کار موجب ارتقای مهارت کارکنان در محیط کار برای اجرای وظایف و مسئولیت‌های شغلی می‌گردد و می‌تواند باعث برطرف شدن بسیاری از مشکلات موجود کشور در خصوص فرهنگ نامناسب تولید، رفع ناهماهنگ‌های محیط کار و ایمن سازی محیط کار گردد.

جدول ۴-۷: شاخص مهارت نیروی کار تولیدی در معادن فعال کشور

سال	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل
۱۳۷۵	۱۴۰۶۰	۱۷۷۰	۶۹۹۰	۷۴۲۳	۱۴۹۳	۱۶۴۰	۴۶۳	۲۶۷۸	۵۷۷۶۵
۱۳۷۶	۲۳۲۳۸	۳۲۳۳	۵۸۵۵	۹۹۴۰	۲۰۴۵	۱۱۸۸	۵۶۵	۳۳۳۳	۷۱۹۸۸
۱۳۷۷	۱۴۹۵۵	۳۲۵۸	۳۴۳۰	۱۰۶۱۵	۱۹۴۵	۱۲۱۵	۵۲۵	۱۴۵۰	۵۷۰۲۳
۱۳۷۸	۲۴۵۱۵	۴۵۶۸	۳۴۳۳	۱۰۵۹۰	۱۷۵۸	۱۰۵۵	۴۶۳	۲۶۹۳	۶۶۷۷۰
۱۳۷۹	۲۰۹۶۵	۴۹۹۰	۳۶۰۰	۱۱۴۹۵	۱۹۴۳	۱۶۴۰	۶۹۵	۲۴۰۰	۷۱۱۳۰
۱۳۸۰	۱۹۶۴۳	۵۹۷۰	۳۷۳۵	۱۱۸۶۰	۱۷۸۳	۱۵۸۵	۸۵۳	۲۳۰۵	۶۹۱۶۰
۱۳۸۱	۱۵۹۲۰	۲۸۹۸	۳۷۱۵	۱۳۱۱۵	۲۱۶۸	۱۸۸۵	۷۳۵	۱۹۶۰	۶۵۲۴۳
۱۳۸۲	۱۱۹۹۵	۶۱۹۸	۴۸۲۵	۱۴۹۱۰	۲۵۲۸	۱۷۳۵	۷۲۳	۲۱۵۰	۷۰۱۰۳
۱۳۸۴	۱۲۰۹۸	۷۹۸۸	۴۵۵۳	۱۳۲۸۰	۲۲۷۸	۱۳۵۰	۷۰۳	۱۶۹۳	۷۱۱۷۵

آموزش را می‌توان به نوعی سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی نامید که به ارتقای سطح مهارت‌ها، تخصص‌ها و دانش فنی افراد منجر می‌شود. بر این اساس آموزش مداوم و کاربردی نیروی کار، از اصلی‌ترین راهبردهای بنگاه‌های توسعه‌گرا می‌باشد. شاخص ساعات آموزش پرسنل و ترکیب افراد آموزش دیده در هر سال می‌تواند به عنوان شاخص‌های مقایسه‌ای مناسب جهت ارزیابی بنگاه‌ها بکار رود. بررسی ساعات آموزش به ازای کل معادن بیانگر این است که میزان آموزش‌های کاربردی معادن در مباحث طراحی دارای رشد بوده و آموزش‌های مربوط به استادکاری و کارگری در حال کاهش می‌باشد. جدول (۴-۸) بیانگر سهم هر یک از انواع آموزش‌های کاربردی از کل ساعات آموزشی می‌باشد. تداوم روند فعلی و توجه بیشتر به آموزش‌های طراحی، یقینا موجب حذف آموزش‌های کارگری و استادکاری می‌گردد و سیاستگذاری جدید توسط مدیریت بخش معدن در این حوزه، جهت بهبود عملکرد ضروری می‌باشد.

جدول ۴-۸ : نسبت هریک از آموزش‌های کاربردی از کل ساعات آموزشی

سال	آموزش متوسط هر نفر شاغلین خط تولید (ساعت)	نسبت ساعات آموزشی (درصد)		
		طراحی	استادکاری	کارگری
۱۳۷۵	۷/۱۶	۱۶	۲۴	۶۱
۱۳۷۶	۸/۶۳	۲۱	۲۴	۵۶
۱۳۷۷	۴/۳۴	۲۹	۱۹	۵۲
۱۳۷۸	۳/۷۵	۳۲	۱۹	۴۹
۱۳۷۹	۸/۸۱	۴۷	۲۰	۳۳
۱۳۸۰	۱۴/۰۷	۳۰	۱۳	۵۷
۱۳۸۱	۶/۵۶	۲۵	۳۱	۴۵
۱۳۸۲	۶/۲۳	۲۴	۲۵	۵۲
۱۳۸۴	۶/۲۸	۴۲	۲۰	۳۸
متوسط تغییرات		٪۱۱/۳	٪-۶/۱	٪-۱/۵

با توجه به این که هزینه‌های آموزشی به همراه هزینه‌های حسابرسی و حقوقی در آمارهای کشوری ثبت می‌گردد و از طرفی هیچ منبع دیگری برای اخذ هزینه‌های صورت گرفته در زمینه آموزش به تفکیک نوع آموزش در بنگاه‌های معدنی وجود ندارد. لذا ۷۵ درصد هزینه‌های مذکور به عنوان هزینه‌های مستقیم آموزشی فرض گردید و بر مبنای کل ساعات آموزش، متوسط هزینه آموزش به ازای هر نفر ساعت مطابق جدول (۴-۹) محاسبه گردید.

جدول ۴-۹: متوسط هزینه آموزش کارکنان معادن به قیمت جاری (واحد: میلیون ریال)

سال	هزینه هر نفر ساعت آموزش
۱۳۷۵	۰/۰۰۵۲
۱۳۷۶	۰/۰۰۵۰
۱۳۷۷	۰/۰۰۹۸
۱۳۷۸	۰/۰۱۳۲
۱۳۷۹	۰/۰۱۵۹
۱۳۸۰	۰/۰۱۸۰
۱۳۸۱	۰/۰۱۹۵
۱۳۸۲	۰/۰۲۰۴
۱۳۸۴	۰/۰۲۶۳
متوسط تغییرات	٪۱۹/۷

جهت محاسبه شاخص تجمعی آموزش نیروی کار تولیدی (TI_t)، مطابق رابطه شماره (۴-۱۵)، ساعات کل آموزش‌های کاربردی هر گروه مهارتی ($TT_{j,t}$) در ضرایب اهمیت سطح مهارتی متناظر($IS_{j,t}$) ضرب شده و مجموع آن در هر سال محاسبه می‌گردد. این ضرایب معادل با ضرایب اهمیت گروه‌های مهارتی مطابق جدول (۴-۶) فرض گردید.

$$TI_t = TI_{t-1} + \sum_{j=1}^{m} IS_{j,t} * TT_{j,t} \qquad (۴-۱۵)$$

بر این اساس، شاخص آموزش هر سال به ازای هر یک از مواد معدنی منتخب محاسبه گردید که نتایج آن در جدول شماره (۴-۱۰) آورده شده است. لازم به‌ذکر است که جهت محاسبه شاخص کیفی نیروی کار، مقادیر تجمعی این شاخص در رابطه اصلی بکار گرفته می‌شود.

با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، سطح کیفی متوسط هر نفر شاغلین در هریک از گروه‌های مواد معدنی منتخب و مجموع معادن محاسبه شده است که نتایج آن در جدول (۴-۱۱) بیان گردیده است.

جدول ۴-۱۰: شاخص سالانه آموزش نیروی کار تولیدی در معادن فعال کشور

سال	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل معادن
۱۳۷۵	۷۴۱۲	۲۳۴۰	۱۰۱۸	۱۶۳	۱۰۹	۵۹	۶	۶۵	۱۲۱۶۵
۱۳۷۶	۸۴۹۳	۵۲۷۳	۱۷۵۶	۹۱	۹۲	۲۳	۵	۵۳	۱۶۵۱۷
۱۳۷۷	۱۸۷۷	۲۰۵۳	۳۰۳۳	۱۵۴	۸۱	۵۰	۸	۱۲۲	۸۶۴۶
۱۳۷۸	۲۶۸۵	۱۰۵۳	۳۴۷۵	۱۲۸	۲۰۳	۳۶	۱۷	۸	۸۵۲۶
۱۳۷۹	۱۷۳۹۹	۲۷۰۰	۳۴۸۷	۱۸۵	۸۱	۴۱	۱۹	۵۴	۲۵۲۴۵
۱۳۸۰	۳۰۶۰۶	۴۰۷۱	۰	۲۰۳	۳۳	۹۲	۴۰	۱۳۴	۳۰۶۰۶
۱۳۸۱	۲۴۴۹	۱۰۵۴۳	۰	۸۳۵	۱۰۲	۱۱۳	۳۶	۳۳	۱۴۴۱۵
۱۳۸۲	۷۴۵۸	۴۴۲۱	۰	۹۲۵	۸۴	۱۸	۰	۰	۱۳۶۳۲
۱۳۸۴	۹۸۶	۲۹۱۱	۱۰۳۵۶	۷۶۰	۲۰۰	۳۲	۱۴	۱۸۸	۱۶۹۸۵

جدول ۴-۱۱ : سطح کیفی متوسط شاغلین معادن فعال کشور

سال	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل معادن
۱۳۷۵	۴/۲	۴/۳	۷/۰	۴/۴	۴/۹	۴/۰	۴/۹	۴/۷	۴/۴
۱۳۷۶	۶/۴	۷/۱	۶/۸	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۵	۶/۰	۵/۳
۱۳۷۷	۵/۷	۸/۴	۷/۷	۴/۲	۴/۲	۴/۹	۵/۱	۶/۰	۵/۱
۱۳۷۸	۶/۵	۹/۹	۸/۴	۴/۱	۴/۳	۴/۴	۳/۸	۵/۵	۵/۵
۱۳۷۹	۷/۷	۱۰/۲	۱۱/۹	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۳/۸	۵/۹	۵/۸
۱۳۸۰	۱۰/۳	۱۲/۳	۱۱/۰	۴/۲	۴/۷	۴/۷	۴/۳	۶/۳	۶/۴
۱۳۸۱	۱۱/۵	۱۳/۲	۱۱/۳	۴/۱	۵/۱	۴/۴	۴/۴	۶/۳	۶/۶
۱۳۸۲	۱۳/۴	۱۳/۰	۱۰/۴	۴/۴	۵/۶	۶/۲	۵/۲	۶/۵	۷/۱
۱۳۸۴	۱۴/۴	۱۲/۶	۱۴/۷	۴/۲	۴/۵	۴/۴	۵/۱	۵/۹	۷/۳

۴-۴-۲-۲-۴- سطح حقوق و مزایای نیروی کار

حقوق و مزایای دریافتی به عنوان عامل اصلی انگیزش نیروی کار در محیط به ویژه در شرایط سخت کاری می‌باشد که این عامل با بالارفتن مولفه‌های کیفی و مهارتی نیروی کار افزایش می‌یابد. با توجه به فراهم شدن امکان کمی‌سازی مولفه‌های کیفی نیروی کار در بخش‌های (۴-۴-۲-۲-۱) تا (۴-۴-۲-۲-۳) حال می‌توان به بررسی ارتباط بین سطح حقوق و مزایای دریافتی نیروی کار و مولفه‌های کیفی آنها پرداخت. با بررسی سطح حقوق و مزایای دریافتی شاغلین معادن کشور و آزمون تاثیر پارامترهای مختلف بر آن، می‌توان رابطه غیرخطی شماره (۴- ۱۶) را بر مبنای داده‌های گروه‌های مواد معدنی منتخب به عنوان معادله دینامیک حقوق و مزایا بیان نمود:

$$W_t = 0.3603 * (W_{t-1})^{0.487} * LQ^{0.414} * INF_t^{0.355} \quad (16\text{-}4)$$
$$(-1.9) \quad (6.8) \quad (4.11) \quad (2.80)$$
$$F = 95 \quad D.W = 1.24 \quad \overline{R}^2 = 0.8 \quad N = 72$$

که در این رابطه W_t سطح حقوق و مزایای سالانه کارکنان بر حسب میلیون ریال در سال t به قیمت جاری، LQ سطح کیفی متوسط هر نفر نیروی کار و INF_t شاخص بهای کالاها و خدمات در سال t می‌باشد.

۴-۴-۲-۲-۵- سطح ایمنی نیروی کار

فعالیت‌های معدنی به دلیل ماهیت خاص، دارای پتانسیل‌های بالقوه برای ایجاد خطر و آسیب‌دیدن شاغلین در محیط کار می‌باشند. لذا میزان تلفات و نیروهای آسیب دیده به عنوان یکی از مولفه‌های مهم تحلیل نیروی کار معادن باید مدنظر قرار گیرد. توجه به دلایل حوادث با توجه به تنوع علل بروز حوادث در هریک از معادن خود می‌تواند موضوع تحقیق جداگانه‌ای باشد که فارغ از اهداف این رساله می‌باشد لیکن در چارچوب این تحقیق، بطور کلی می‌توان سطح تکنولوژی و یا سطح کیفی نیروی انسانی را از مهمترین عوامل کاهش تلفات و حوادث بیان نمود. برای بررسی و تحلیل این موضوع، نیاز به داده‌های معادن مختلف در زمان‌های مختلف می‌باشد لیکن به دلیل محدودیت دسترسی به جزئیات داده‌های مربوط به حوادث و ایمنی معادن کشور، داده‌های کلان کشور مورد بررسی قرار گرفت و امکان بررسی روابط بین شاخص‌های کیفی نیروی انسانی با سطح حوادث منجر به فوت و ازکارافتادگی در هریک از گروه‌های معدنی منتخب فراهم نگردید. در ارتباط میزان تلفات معادن بر مبنای شاخص نسبت تولید به فوت با سطح کیفی متوسط شاغلین کشور مورد تحلیل قرار گرفت و رابطه (۴-۱۶) به دست آمد.

$$D_t = 0.000689 * LQ_t^{4.54} \qquad (۴-۱۷)$$
$$(-1.93) \qquad (2.34)$$
$$F = 5.5 \quad D.W = 2.3 \quad \overline{R}^2 = 0.65$$

که در این رابطه D_t نسبت تولید به فوت و LQ_t شاخص کیفی متوسط هر نفر در سال t می‌باشد. لازم به ذکر است که با توجه به تعداد داده‌های موجود، این رابطه جهت اعتبار سنجی به داده‌های بیشتر نیاز دارد.

میزان حوادث منجر به ازکارافتادگی دائم و محرومیت از محیط کار، بطور متوسط معادل با ۶۰ درصد حوادث منجر به فوت در نظر گرفته شد (طرح تحقیقات اساسی بخش صنعت و معدن، ۱۳۸۴).

سهم نیروی کار تولیدی از کل شاغلین به عنوان یکی از شاخص‌های عملکردی نیروی کار بخش معدن می‌باشد که با توجه به روند موجود دارای نرخ متوسط رشد معادل با ۰/۷۹ درصد می‌باشد.

۴-۴-۲-۳- برآورد سطح فناوری بخش معدن

چنان که در بخش (۲-۳-۳) بیان گردید روش‌های مختلفی برای ارزیابی فناوری موجود می‌باشد لیکن هریک از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند. مهم‌ترین دلیل عدم به کارگیری عمده این روش‌ها، عدم توانایی آنها در ارزیابی سطح فناوری از دیدگاه مدیریت بخش می‌باشد و عمدتا جهت ارزیابی سطح فناوری یک بنگاه بکار گرفته می‌شوند. نکته دیگر آنکه برخی از این روش‌ها کیفی بوده و عموما در سطح صنایع کارخانه‌ای بکارگرفته شده‌اند و نمونه‌هایی از بررسی سطح فناوری در معادن با این روش‌ها وجود ندارد. با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، روش انتخابی جهت تحلیل سطح فناوری بخش معدن، روش چندشاخصی می‌باشد که بر مبنای شاخص‌های جامع برای هریک از اجزای فناوری و تلفیق آنها صورت می‌گیرد. از طرفی با توجه به ماهیت تحقیق، تناسب بیشتری جهت به کارگیری این روش و تعیین پویایی‌های مساله وجود دارد. نکته مهم این که، با توجه به ماهیت عمدتا کیفی فناوری، ضروری بود تا بتوان با تعریف یک پارامتر مشخصه برای آن، امکان تعیین پارامترهای موثر بر فناوری فراهم گردد. با توجه به تعریف تابع تولید، ضریب پسماند تابع مذکور به عنوان عامل ارتقای بهره‌وری نهاده‌های بکار گرفته شده برای تولید می‌باشد. این ضریب عمدتا از عامل رشد فناوری تاثیر می‌پذیرد لذا با محاسبه ضریب پسماند برای هریک از سال‌ها و نیز مواد معدنی منتخب می‌توان عامل فناوری را محاسبه و سپس با بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر آن، به تعیین رابطه کلی فناوری پرداخت.

با توجه به بررسی مطالعات قبلی در خصوص تابع تولید معادن ایران، تعیین نوع تابع تولید از ضروریات تحقیق بود. لذا در این راستا، حالات مختلف ترکیب نهاده‌های تولید بر مبنای توابع تولید کاب داگلاس، ترانسلوگ و CES و با استفاده از داده‌های گروه‌های مواد معدنی منتخب بررسی گردید و تابع تولید کاب داگلاس انتخاب گردید. در ادامه جهت تحلیل فناوری بخش معدن، ابتدا با بررسی حالات مختلف ترکیب نهاده‌های تولید به ازای هر تن محصول در قالب تابع کاب داگلاس و بر مبنای داده‌های گروه‌های مواد معدنی منتخب در بازه زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴، رابطه‌ای به صورت رابطه (۴-۱۸) برآورد گردید که شامل دو نهاده اصلی تولید شامل سرمایه مصرفی به ازای تناژ تولید (UPC_{t-1}) بر حسب میلیون ریال بر تن و نیروی کار بکار گرفته شده به ازای تناژ تولید محصول(UPL_{t-1}) بر حسب نفر بر تن در سال ماقبل آن ($t-1$) می‌باشد.

$$UPV_t = 11.132 * UPC_{t-1}^{0.467} * UPL_{t-1}^{0.5213} \qquad (۴-۱۸)$$

$$(6.1) \quad (5.9) \quad (5.6)$$

$$\bar{R}^2 = 0.82 \quad F = 172 \quad N = 79$$

که در این رابطه UPV_t به ترتیب معرف ارزش افزوده حاصل از هر تن محصول معدن بر حسب میلیون ریال بر تن به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ می‌باشد. به عبارت دیگر ارزش افزوده در هر سال تابعی از نهاده‌های مصرفی به ازای واحد تولید محصول در انتهای سال قبل می‌باشد که در جریان تولید در سال جاری به طور کامل به کار گرفته می‌شوند. لیکن عامل ارتقای بهره‌وری نهاده‌ها بر مبنای سطح فناوری سال جاری می‌باشد. بر این اساس می‌توان گفت که عامل پسماند تابع مذکور عمدتا از سطح فناوری سال جاری تاثیر می‌پذیرد. لذا در مرحله بعد با جاگذاری داده‌های مواد معدنی منتخب در تابع کلی، مقدار عامل پسماند تابع به ازای هریک از مواد معدنی منتخب در هر یک از سال‌ها محاسبه گردید. جدول شماره (۴-۱۲) بیانگر عامل پسماند یا سطح فناوری محاسبه شده به ازای هر یک از مواد معدنی منتخب می‌باشد.

جدول ۴-۱۲: سطح فناوری مواد معدنی منتخب کشور

سال	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل
۱۳۷۶	۵/۲۵	۳/۶۴	۱۱/۴۶	۵/۰۳	۳/۵۳	۵/۳۱	۱/۸۷	۱۰/۲۱	۴/۲۵
۱۳۷۷	۵/۳۹	۷/۴۵	۱۰/۱۲	۵/۷۸	۳/۳۵	۴/۴۸	۲/۰۲	۸/۷۰	۴/۰۷
۱۳۷۸	۵/۵۵	۸/۸۹	۱۴/۲۳	۶/۰۳	۳/۶۸	۴/۰۸	۳/۳۵	۹/۱۵	۴/۷۶
۱۳۷۹	۳/۸۴	۱۰/۸۱	۱۳/۳۴	۶/۲۳	۳/۹۲	۴/۵۲	۲/۴۲	۱۲/۶۴	۵/۰۵
۱۳۸۰	۳/۹۸	۱۰/۵۲	۲۰/۰۳	۵/۱۱	۳/۱۹	۷/۰۵	۳/۷۹	۱۰/۴۳	۵/۶۳
۱۳۸۱	۴/۹۷	۱۱/۶۱	۲۲/۳۰	۵/۸۵	۲/۵۸	۳/۹۵	۲/۳۷	۹/۰۳	۶/۳۵
۱۳۸۲	۴/۳۰	۱۰/۰۹	۲۲/۹۶	۵/۸۶	۶/۵۹	۶/۷۰	۲/۶۲	۱۰/۴۷	۶/۳۰
۱۳۸۳	۴/۳۲	۱۷/۹۴	۲۴/۰۷	۶/۰۱	۴/۵۷	۵/۷۱	۲/۴۱	۱۰/۹۸	۶/۲۵
۱۳۸۴	۲/۸۰	۱۶/۰۳	۲۰/۸۱	۵/۵۳	۴/۰۱	۴/۱۳	۲/۳۷	۱۳/۷۲	۶/۷۲

در مرحله بعد سعی گردید تا بر مبنای تعریف اجزای اصلی فناوری و به کارگیری روش‌های اقتصاد سنجی، عوامل اصلی مورد تحلیل قرار گیرد. این عوامل را با توجه به اجزای قابل سنجش فناوری می‌توان بصورت کلی به صورت ذیل بیان نمود:

- ارتقای سطح ماشین‌آلات
- ارتقای سطح توانایی‌های شاغلین
- گسترش فعالیت‌های تحقیق و توسعه در بخش

لذا با به کارگیری روش‌های اقتصاد سنجی، پارامترهای موثر بر سطح فناوری شناسایی گردید. برای هر یک از اجزای فناوری، یک پارامتر شاخص انتخاب و تاثیرات آن بر عامل محاسبه شده پسماند تابع تولید مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به توضیحات فوق الذکر و با توجه به آزمون حالات مختلف منتخب رابطه (۴-۱۹) به عنوان رابطه معرف سطح فناوری به ازای گروه‌های مواد معدنی استخراج گردید.

$$LN(TECH_t) = 0.125 * LN(CER_t) + 3.142 * RDI_t + 0.555 * LN(LQ_t) \quad (۱۹-۴)$$

(4) (5.2) (8.9)

$R^2 = 0.66$ D.W = .94 N = 64

که متغیرهای رابطه مذکور شامل موارد ذیل می‌باشد:

- RDI شاخص کلی تحقیق و توسعه هر سال می‌باشد که معادل با نسبت هزینه صورت گرفته در بخش تحقیق و توسعه نسبت به ارزش افزوده سال قبل می‌باشد.
- CER_t: شاخص اثر بخشی سرمایه[1] در معادن می‌باشد که بر مبنای نسبت میزان مجموع سرمایه سالانه در ماشین آلات و ابزار با دوام و توسعه و اکتشاف به سرمایه جذب شده در حوزه تامین زیرساخت در سال قبل بر اساس رابطه (۴-۲۰) محاسبه می‌گردد.

$$CER_t = \frac{MC_{t-1} + DC_{t-1}}{IC_{t-1}} \quad (۲۰-۴)$$

که در این رابطه MC_t، DC_t و IC_t به ترتیب معرف سرمایه جذب شده در جهت ماشین‌آلات، توسعه و اکتشافات و تامین زیرساخت‌ها در سال ماقبل آن$(t-1)$ به قیمت‌های ثابت ۷۶ می‌باشد.

- LQ_t: شاخص کیفی نیروی انسانی در هر سال می‌باشد که بر مبنای روابط (۴-۹) تا (۴-۱۵) محاسبه می‌گردد.

در مجموع می‌توان گفت که ارزش افزوده واحد محصول در هر سال بر مبنای مقادیر نهاده‌های تولید بکار گرفته در سال قبل و شاخص فناوری در آن سال محاسبه می‌گردد.

مهمترین تاثیرات ارتقای فناوری، علاوه بر ارتقای بهره‌وری نهاده‌های تولید در جهت کسب ارزش افزوده بیشتر، شامل موارد ذیل می‌باشد که موجب پویایی‌های دیگری در جهت کسب ارزش افزوده و نیز تغییر هزینه‌های تولید می‌گردد.

[1] Capital Efficiency Ratio(CER)

- افزایش بازیابی محصول از ماده معدنی[1] (RR_t) که بر حسب سطح فناوری به کار گرفته شده در جهت تولید مطابق رابطه (۴-۲۱) صورت می‌گیرد.

$$RR_t = RI + 0.04063 * LN(Tech_t) \quad (۴-۲۱)$$

$$(2.8)$$

$$R^2 = 0.99 \qquad N = 30$$

که در این رابطه (RI) معادل با ضریب بازیابی برای هریک از مواد معدنی فرآوری شده می‌باشد. این ضریب برای زغال سنگ معادل با ۰/۴۲، سنگ آهن ۰/۵۲۹ و مس معادل با ۰/۰۹محاسبه گردیده است.

- افزایش سرمایه واحد تولید: بدین صورت که با افزایش سطح فناوری، میزان سرمایه مصرفی به ازای تناژ محصول تولیدی افزایش می‌یابد و می‌تواند موجب افزایش هزینه‌های تولید گردد.
- کاهش نیروی کار واحد تولید: که با ارتقای سطح فناوری، نیروی کار مصرفی به ازای تناژ محصول تولیدی کاهش می‌یابد و می‌تواند موجب کاهش هزینه تولید گردد.

با توجه به موارد فوق‌الذکر تاثیرات فناوری بر هریک از مولفه‌های مذکور، بر اساس روابط (۴-۲۲) و (۴-۲۳) تعیین می‌گردد که $Tech_t$ معرف سطح فناوری در سال t ، Upl_t نیروی کار مصرفی به ازای واحد تولید محصول و Upc_t سرمایه به کار گرفته شده به ازای واحد تولید محصول در سال t می‌باشد.

$$LN(Upl_t) = LI - 0.15 * LN(Tech_t) \quad (۴-۲۲)$$

$$(-1.93)$$

$$\bar{R}^2 = 0.98 \qquad N = 79$$

$$LN(Upc_t) = CI + 0.442 * LN(Tech_t) \quad (۴-۲۳)$$

$$(2.67)$$

$$\bar{R}^2 = 0.98 \qquad N = 79$$

[1] Recovery Ratio

که در روابط فوق‌الذکر LI و CI ضرایب ثابت جداگانه تاثیرات فناوری بر نهاده‌های نیروی کار و سرمایه معادن فعال مربوط به هر ماده معدنی می‌باشند. این ضریب بسته به ماهیت ماده معدنی متفاوت می‌باشد و بر اساس مقادیر جدول (۴-۱۳) تعیین می‌گردد.

جدول ۴-۱۳: ضرایب تاثیرات فناوری بر مصرف نهاده‌های تولید در هریک از مواد معدنی منتخب

	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل
LI	-۴/۰۴۲	-۷/۵۱۷	-۴/۶۱۵	-۶/۶۶۲	-۸/۷۲۳	-۶/۷۸۷	-۵/۸۲۲	-۵/۷۸۲	-۷/۱۲۲
CI	-۱/۸۷۱	-۳/۷۹۲	-۲/۴۰۳	-۳/۳۵۸	-۵/۲۶۲	-۳/۹۵۷	-۲/۶۳۵	-۴/۲۳۵	-۳/۷۵۱

گسترش تحقیق و توسعه به عنوان یکی از مهمترین عوامل موثر بر ارتقای فناوری، جزو راهکارهای اصلی بنگاه‌های توانمند در جهت گسترش رقابت‌پذیری محصولات می‌باشد. بررسی صورت گرفته در خصوص شاخص‌های مختلف رشد فناوری در جوامع مختلف بیانگر آن است که مولفه‌های رشد فعالیت‌های تحقیق و توسعه عمدتا بر مبنای محاسبه شاخص‌های نسبتی هزینه و تعداد محققین به عنوان عامل مشترک این شاخص‌ها متمرکز می‌باشد. لذا شاخص کلی تحقیق و توسعه هر سال(RDI_t) بر اساس نسبت هزینه صورت گرفته در بخش تحقیق و توسعه نسبت به ارزش افزوده سال قبل محاسبه می‌گردد.

با درنظر گرفتن کلیه هزینه‌های تحقیقاتی در قالب هزینه‌های تحقیق و توسعه، نرخ رشد هزینه بخش تحقیق و توسعه هر معدن نیز معادل با ۸/۴ درصد می‌باشد. نکته قابل توجه این‌که هزینه‌کرد هزینه‌های تحقیقاتی در مواد معدنی فلزی نسبت به مواد معدنی غیرفلزی دارای مقدار و نرخ رشد بالاتر می‌باشد. بررسی تعداد پرسنل شاغل در واحدهای تحقیق و توسعه فعال در معادن، مطابق جدول (۴-۱۴) بیانگر این نکته است که بطور متوسط ۴/۷ نفر در هر واحد فعال می‌باشد.

جدول ۴-۱۴: ویژگی‌های هزینه‌ای بخش تحقیق و توسعه در مواد معدنی منتخب کشور

(واحد هزینه: میلیون ریال به قیمت جاری)

(سال پایه=۱۳۷۵)		زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل
۲ تعداد شاغلین تحقیق و توسعه هر معدن		۴/۲	۱۰/۰	۲۱/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۶	۱/۷	۶/۷	۴/۷
هزینه بخش تحقیق و توسعه هر معدن	هزینه متوسط در سال پایه	۱۴۹۸	۲۵	۹۷۶	۲۰	۱۵	۴۵	۴/۵	۱۱۸	۱۶۸
	نرخ متوسط تغییرات	٪۲۵/۲	٪۴۳/۵	٪۱۱/۶	٪۲/۰	٪۶/۲	-٪۱۵/۴	٪۱۶/۹	-٪۴/۶	٪۸/۴

۴-۴-۲-۴- برآورد تقاضای مواد معدنی

چنانکه قبلا بیان گردید رشد اقتصادی و قیمت محصولات معدنی به عنوان اصلی‌ترین مولفه‌های موثر بر تقاضای محصولات معدنی می‌باشد. انجام آزمون‌های رگرسیونی جهت بررسی تاثیر قیمت فروش کالا بر میزان مصرف، موید نتایج معنی‌داری در خصوص عدم تاثیر قیمت مواد معدنی بر تقاضای آنها می‌باشد که دلیل منطقی آن، ماهیت محصولات معدنی و غیرمصرفی بودن آنها می‌باشد. همچنین تاثیر رشد اقتصادی بر مبنای سرانه تولید ناخالص داخلی بر میزان مصرف محصولات معدنی به ازای واحد تولید ناخالص داخلی در بازه زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۵ مورد آزمون قرار گرفت. نتایج بررسی وابستگی بالایی بین سطح سرانه تولید ناخالص داخلی (y_t) بر حسب میلیارد ریال بر نفر و میزان مصرف به ازای واحد تولید ناخالص داخلی (Q_t) بر حسب تن بر میلیارد ریال را بر اساس رابطه (۴-۲۴) نشان می‌دهد.

$$Q_t = \underset{(2.68)}{0.6485} + \underset{(2.25)}{0.01869} * y_t^2 - \underset{(-1.93)}{0.17351} * y_t \qquad (۲۴-۴)$$

$$F = 31.7, \quad D.W = 2.02 \quad R^2 = 0.87$$

همچنین نتایج آزمون علت و معلولی گرنجر[1] با استفاده از نرم افزار Eviews، تاثیر سرانه تولید ناخالص داخلی را بر میزان مصرف ظاهری به ازای واحد تولید ناخالص داخلی را تایید می‌کنند (بیدرام ، ۱۳۸۱).

لازم بذکر است که در رابطه (۴-۲۴)، تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ جهت محاسبه هر یک از مولفه‌ها ملاک عمل می‌باشد. همچنین در خصوص کالاهای جانشین با توجه به روند تغییرات تکنولوژیک، نمی‌توان مواد جانشین را در شرایط فعلی حداقل تا دوره ۱۰ سال آتی برای محصولات معدنی به صورت جدی متصور شد.

۴-۴-۲-۵- هزینه‌های تولید

چنانکه قبلا بیان گردید کل هزینه‌های کوتاه‌مدت تولید به دو دسته هزینه‌های ثابت و متغیر تقسیم می‌گردد. هزینه های ثابت مستقل از سطح تولید می‌باشند. لیکن هزینه‌های متغیر هزینه‌های مربوط به نهاده‌های قابل تغییر در کوتاه مدت بوده و بستگی مستقیم به سطح تولید دارند. تفکیک هزینه‌های ثابت و متغیر تولید برای معادن کشور یکی از مهم‌ترین ضرورت‌های برآورد تابع هزینه و قیمت متوسط تولید می‌باشد. بر این اساس سعی گردیده تا با بررسی هریک از اقلام هزینه‌ای معادن امکان برآورد مناسب از هزینه تمام شده تولید فراهم گردد. معیار تفکیک اقلام هزینه‌های ثابت و متغیر در آمار سالانه معادن کشور، بر مبنای جدول شماره (۴- ۱۵) صورت گرفته است.

۴-۴-۲-۵-۱- هزینه‌های ثابت

محاسبه هریک از اجزای هزینه ثابت تولید، با در نظر گرفتن موارد ذیل صورت گرفت:

[1] Granger Causality Test

- هزینه تامین سرمایه ثابت بر مبنای حاصل ضرب میـزان سـرمایه ثابـت معـادن و نـرخ بـه کارگیری سرمایه[1] محاسبه گردید. این نرخ بر مبنای نرخ متداول ارائه تسهیلات بـانکی بـه فعالیت‌های تولیدی معادل با ۱۲ درصد در هر سال به صورت ثابت در نظر گرفته شد.

جدول ۴- ۱۵ :تفکیک هزینه‌های ثابت و متغیر تولید معادن

ثابت	متغیر
هزینه‌های تامین سرمایه ثابت	جبران خدمات نیروی کار
حقوق دولتی	مواد، ابزار کار کم دوام مصرفی
تحقیق و توسعه	هزینه حمل مواد اولیه
آموزش	اجاره ماشین آلات تولید
• سایر هزینه‌های ثابت شامل: • اجاره ساختمان • تعمیرات جزئی ساختمان، ماشین‌آلات،و تجهیزات و لوازم اداری • خدمات حسابرسی، حقوقی و و بهداشتی • خدمات بانکی، ارتباطات و مخابرات • تامین انرژی و آب برای مصارف غیرتولیدی	اقلام انرژی و آب مصرفی برای تولید
	عوارض و مالیات

- حقوق دولتی معادن اگر چه بر مبنای میزان ظرفیت استخراج هر بنگـاه تعریـف مـی‌گـردد لیکن محاسبه حقوق دولتی دریافتی از معادن به صورت مسـتقل از میـزان اسـتخراج و بـا توجه به میزان کل استخراج سالانه مندرج در پروانه بهره‌برداری معادن صـورت مـی‌گیـرد. دیدگاه مدیریت بخشی در این خصـوص دریافـت نسـبت مشخصـی از سـود خـالص واحـد استخراج از معادن می‌باشد که با توجه به بررسی صورت گرفته معادل با ۲۵ درصد در نظـر گرفته شد.
- هزینه تحقیق و توسعه بر مبنای حاصل‌ضرب تعداد معادن دارای واحد تحقیق و توسـعه در هر سال و هزینه متوسط هر واحد تحقیق و توسعه محاسبه می‌شود.

[1] Average Cost of Capital

- هزینه‌های آموزشی بر مبنای حاصل ضرب برنامه آموزشی سالانه طراحی شده برای پرسنل و هزینه متوسط نفرساعت آموزش، با توجه به توضیحات بخش (۴-۴-۲-۲-۳) صورت می‌گیرد.
- محاسبه مجموع سایر هزینه‌های ثابت از قبیل هزینه‌های اجاره ساختمان، تعمیرات جزئی ساختمان و ماشین‌آلات و انرژی مصرفی برای موارد غیرتولیدی با توجه به مقادیر جدول (۴-۱۶) صورت می‌گیرد.

در مجموع هزینه‌های ثابت تولید با احتساب مقادیر هزینه‌های تحقیق و توسعه، آموزش پرسنل، حقوق دولتی و تامین سرمایه در جدول (۴-۱۷) آورده شده است.

جدول ۴-۱۶: سایر هزینه‌های ثابت تولید در مورد مواد معدنی منتخب به قیمت جاری (واحد: میلیون ریال)

(سال پایه=۱۳۷۵)		زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک‌نسوز	باریت	سرب و روی	کل
سایر هزینه‌های ثابت	هزینه متوسط در سال پایه	۳۲۱۸۷	۹۹۴۴۳	۵۰۸۹۵	۹۳۰۳	۳۵۰۱	۳۲۳۲	۵۸۱	۳۳۱۸۶	۳۱۹۱۴۲
	نرخ متوسط تغییرات	٪۲۵/۳	٪۳۶/۸	٪۴۲/۵	٪۳۳/۲	٪۲۹/۱	٪۱۳/۴	٪۲۰/۲	٪۱۵/۸	٪۳۲/۰

۴-۴-۲-۵-۲- هزینه‌های متغیر

مهم‌ترین هزینه‌های متغیر شامل هزینه‌های مربوط به نیروی کار، مواد و ابزار مصرفی، حمل مواد اولیه و محصولات، اقلام انرژی مصرفی، اجاره ماشین‌آلات تولید و عوارض و مالیات می‌باشد. محاسبه هریک از اجزای هزینه متغیر تولید، با در نظر گرفتن موارد ذیل صورت گرفت:

جدول ۴-۱۷: کل هزینه‌های ثابت تولید در مورد مواد معدنی منتخب به قیمت جاری (واحد: میلیون ریال)

	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل
۱۳۷۵	۷۳۹۷۹	۱۷۳۵۵۴	۷۸۸۱۰	۱۰۷۷۱۱	۲۰۰۸۱	۱۲۹۶۴	۴۸۸۷	۳۶۰۵۰	۸۹۳،۷۳۵
۱۳۷۶	۷۹۰۱۳	۲۵۳۳۲۶	۵۳۵۸۸	۱۴۴۰۶۲	۲۳۵۳۱	۱۸۲۱۹	۵۸۲۳	۳۴۶۰۹	۱،۰۹۶،۶۳۴
۱۳۷۷	۱۱۴۳۷۵	۲۸۷۵۰۰	۵۴۳۷۹	۱۷۹۶۸۳	۲۷۴۴۳	۱۵۱۴۵	۶۸۴۱	۳۶۹۳۵	۱،۲۵۱،۹۳۰
۱۳۷۸	۱۳۹۶۱۵	۲۲۰۲۷۵	۶۱۷۳۰	۲۳۷۴۶۰	۳۳۴۵۳	۲۱۵۹۷	۷۷۶۳	۶۹۲۸۳	۱،۴۵۵،۴۴۰
۱۳۷۹	۱۹۲۸۴۴	۳۸۸۶۰۴	۱۲۰۷۴۳	۲۸۵۳۵۴	۳۸۶۵۹	۳۰۱۴۲	۱۰۲۸۸	۷۶۵۲۲	۱،۹۱۹،۳۳۴
۱۳۸۰	۱۱۳۱۵۵	۲۴۶۷۶۳	۹۰۴۰۴	۳۳۹۲۷۲	۳۷۵۷۹	۳۱۲۸۹	۹۶۴۸	۹۶۱۳	۱،۹۵۳،۱۵۱
۱۳۸۱	۱۹۷۳۱۶	۷۹۳۲۸۵	۱۲۷۵۰۵	۴۸۳۳۸۹	۴۷۶۱۳	۴۴۴۸۱	۱۱۸۶۷	۷۲۶۳۸	۳،۱۸۹،۹۹۳
۱۳۸۲	۳۸۲۹۳۸	۱۳۰۸۰۰۰	۲۹۵۴۵۷	۵۵۹۴۲۱	۹۴۶۹۹	۴۴۱۳۷	۱۱۸۵۱	۸۱۹۴۳	۴،۳۸۶،۳۶۵
۱۳۸۴	۴۵۰۷۱۸	۲۴۳۰۵۶۱	۱۸۴۳۸۵۱	۶۶۸۴۳۰	۱۲۲۷۳۰	۴۸۸۲۱	۲۰۱۱۸	۱۷۴۶۷۹	۸،۷۱۶،۸۷۸

- در خصوص برخی هزینه‌های متغیر شامل مواد اولیه، حمل و ماشین آلات تولید، با توجه به تنوع اقلام بکار رفته، امکان استخراج روابطی با دیگر اجزای مدل وجود ندارد. جدول شماره (۴-۱۸) معرف روند تغییرات مقادیر هزینه‌های متغیر مذکور می‌باشد که در آن مقادیر برخی از اقلام هزینه‌های متغیر مذکور به ازای هر تن محصول در گروه‌های شاخص مواد معدنی بیان شده است.
- در خصوص سایر اقلام هزینه‌های متغیر، از جمله میزان مالیات پرداختی معادن، نرخ مالیات معادل با ۲۵ درصد سود تا سال ۱۳۸۷ در نظر گرفته شد. لیکن برای سال‌های بعد، نرخ مالیات معادل با ۳ درصد ارزش افزوده حاصل از تولید در مدل اعمال گردید.
- هزینه نیروی کار تولید به عنوان یکی از مهمترین اقلام هزینه‌ای تولید در معادن می‌باشد. میزان هزینه نیروی کار مصرفی سالانه به ازای هر تن محصول تولیدی ($UPLC_t$) و تغییرات آن جهت به کارگیری در مدل مطابق روابط (۴- ۲۵) و (۴- ۲۶) برابر با حاصل ضرب نیروی کار مصرفی به ازای هر تن محصول (LC_t) در هزینه تامین نیروی انسانی (W_t)می‌باشد.

جدول ۴-۱۸: برخی اقلام هزینه‌های متغیر تولید مواد معدنی منتخب (واحد:میلیون ریال بر تن محصول)

(سال پایه=۱۳۷۵)		زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل
هزینه تمام شده مواد اولیه به ازای هر تن محصول	هزینه متوسط در سال پایه	۰/۰۶۶۸	۰/۰۰۶۷	۰/۱۱۰۲	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۵۹	۰/۰۴۴۵	۰/۰۰۳۶
	نرخ متوسط تغییرات	٪۶/۳	٪-۱۰/۱	٪۱۱/۷	٪۱۳/۱	٪۹/۵	٪-۱/۱	٪۵/۱	٪۵/۵	٪۶/۶
هزینه حمل مواد اولیه به ازای هر تن محصول	هزینه متوسط در سال پایه	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۰۸	۰/۰۰۰۷
	نرخ متوسط تغییرات	٪۵/۷	٪۸۲/۱	٪-۹/۰	٪۹/۴	٪۲۱/۷	٪۲۵/۹	٪۵۳/۹	٪-۱/۸	٪۱۷/۰
هزینه ماشین آلات تولید به ازای هر تن محصول	هزینه متوسط در سال پایه	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۷
	نرخ متوسط تغییرات	٪۲۰/۴	٪-۴/۴	٪-۱/۴	٪۸/۶	٪۱۰/۱	٪۱۵/۴	٪۳۰/۱	٪۱۴/۱	٪۸/۳

$$UPLC_t = LC_t * W_t \qquad (۴-۲۵)$$

$$\frac{d(UPLC)}{dt} = \frac{d(LC)}{dt} * W_t + LC * \frac{d(W)}{dt} \qquad (۴-۲۶)$$

۴-۴-۲-۶-انرژی

تامین انرژی به عنوان یکی از اصلی‌ترین پیش‌نیازهای هر فعالیت تولیدی از جمله معدنکاری مطرح می‌باشد. هر فعالیتی بسته به ماهیت فرآیندها، به انرژی‌های مختلف با مقادیر متفاوت نیاز دارد

همچنین منابع انرژی لازم جهت مصارف غیر تولیدی از قبیل تامین سرمایش و گرمایش محیط نیز بسته به شرایط معادن متفاوت می‌باشد. لذا جهت بررسی دقیق وضعیت انرژی مصرفی در تولید محصولات معدنی، نیاز به بررسی شرایط فنی و تکنولوژیکی هر حوزه می‌باشد لیکن در این تحقیق، روند مصرف انرژی از دیدگاه مدیریت بخش و به صورت کلی بررسی می‌گردد. از طرفی با توجه به این‌که انواع متنوع انرژی شامل نفت سیاه، نفت کوره، بنزین، گازوئیل، گاز طبیعی و برق در فرآیندهای تولیدی و غیرتولیدی معادن کشور مصرف می‌گردد لذا یکسان سازی میزان انرژی مصرفی جهت اعمال در مدل ضروری بود. در این راستا با هدف ارائه یک رویکرد کلی تلاش گردید تا روند مصرف انرژی هریک از محصولات منتخب در طی سالهای مورد بررسی تحلیل شود. برای این کار ابتدا کل داده‌های مربوط به مصرف انواع سوخت‌ها در معادن منتخب در بازه زمانی ۱۳۷۵-۱۳۸۴ جمع‌آوری گردید. در مرحله بعد انرژی معادل هریک از سوخت‌ها بر حسب کیلووات ساعت محاسبه و با برق خریداری شده از شبکه سراسری و نیز برق تولیدی نیروگاههای داخلی معادن جمع گردید. با معلوم بودن میزان محصول نهایی تولیدی، محاسبه میزان انرژی مصرفی به ازای واحد تولید بر حسب معادل کیلووات ساعت بر تن محصول فراهم گردید. از طرفی هریک از معادن مجبور به تامین سبد انرژی با قیمت‌های مختلف می‌باشند. لذا با معلوم بودن میزان کل هزینه مصرفی جهت تامین انواع انرژی، هزینه مصرفی به ازای هرکیلوات ساعت معادل مشخص می‌گردد. میزان هزینه انرژی مصرفی سالانه به ازای هر تن محصول تولیدی[1] ($UPEC_t$) و تغییرات سالانه آن جهت به کارگیری در مدل مطابق روابط (۴-۲۷) و (۴-۲۸) برابر با حاصل ضرب انرژی مصرفی به ازای هر تن محصول[2] (EC_t) در هزینه تامین واحد انرژی[3] (EUC_t) در سال مذکور می‌باشد.

$$UPEC_t = EC_t * EUC_t \qquad (۴-۲۷)$$

[1] Unit Production Energy Cost
[2] Energy Consumption Per Tone
[3] Energy Unit Cost

$$\frac{d(UPEC)}{dt} = \frac{d(EC)}{dt} * EUC_t + EC_t * \frac{d(EUC)}{dt} \qquad (۲۸-۴)$$

در خصوص مصرف آب، روند محاسباتی مشابه جهت محاسبه میزان مصرف بـه ازای واحـد محصـول و هزینه تامین آب صورت گرفت. در پیوست شماره ۲ روند مصرف آب و انرژی و نیز هزینـه‌هـای تـامین آن آورده شده است.

لازم به ذکر است که با توجه به محاسبه مقادیر انرژی معادل و آب مصـرفی و نیـز پیشـرفت فنـاوری، ارتباط بین پارامترهای مذکور با پیشرفت فناوری بر اساس داده‌های گروه‌هـای معـدنی منتخـب مـورد آزمون قرار گرفت لیکن نتیجه معنی‌داری بدست نیامد.

۴-۴-۲-۷- برآورد پارامترهای فنی اکتشاف و تولید

با توجه به ضرورت تفکیک منابع و ذخایر جهت اعمال در مدل نهایی و با مقایسه تعاریف واژه‌های متداول کشور با تعاریف استاندارد بین المللی مشاهده می‌شود که ذخایر قطعی اعلام شده در کشورمان را می‌توان با مفروضاتی معادل با منابع اندازه‌گیری شده[1] در سطح استانداردهای بین‌المللی در نظر گرفت و نمی‌توان آنها را ذخایر معدنی قطعی[2] نامید. همچنین ذخایر احتمالی کشورمان با مفروضاتی می‌تواند معادل با منابع معدنی استنباطی[3](حدسی) در سطح استانداردهای بین المللی لحاظ گردد(Jorc, 2004). در خصوص برآورد پارامترهای بخش اکتشاف موارد ذیل لجاظ شده است:

- بررسی داده‌های هزینه‌ای بخش اکتشاف در سال‌های مختلف نشانگر آن است که هزینه‌های اکتشاف تناژ ذخیره در بخش غیردولتی طی سال‌های مختلف به طور متوسط دارای نرخ رشد سالانه ۵۹/۴٪ می‌باشد. مقدار اولیه این پارامتر معادل با ۸/۳ میلیون ریال به ازای هر یک میلیون تن در سال پایه (۱۳۷۵) به قیمت جاری می‌باشد.

[1] Measured
[2] Proved Ore Reserves
[3] Inferred

- با توجه به این‌که هر فعالیت کامل اکتشافی، علاوه بر اکتشاف منابع اندازه‌گیری شده به شناسایی منابع استنباطی نیز منتج می‌شود که با تعریف نسبت منابع قطعی به استنباطی[1] و بر مبنای بررسی عملکرد حوزه اکتشاف معادن کشور در سال‌های مختلف قابل محاسبه می‌باشد. این نسبت بطور متوسط معادل با ۰/۵۲ محاسبه گردیده است.
- برآورد مقادیر اکتشاف تکمیلی حین بهره‌برداری معادن، از طریق نسبت سرمایه گذاری سالانه معادن در زمینه توسعه و اکتشاف معادن در حال بهره‌برداری کشور بر هزینه متوسط اکتشافات حاصل می‌گردد.
- مدت زمان متوسط فعالیت‌های جدید اکتشافی بطور متوسط معادل با ۳ سال و زمان اکتشافات حین استخراج معادل با ۲ سال فرض شده است.
- بودجه اکتشافی دولت به عنوان تابعی از بودجه عمرانی بخش معدن در نظر گرفته شده است
- با توجه بررسی داده‌های سری زمانی ذخایر متوسط معادن کشور، مقدار متوسط ذخیره هر معدن فعال کشور به طور متوسط معادل با ۷/۷۶ میلیون تن در سال پایه (۱۳۷۵)، با نرخ رشد سالانه ۴/۶ درصد تخمین زده شد.

لازم به ذکر است که با انجام اکتشافات جدید، تناسب میزان استخراج با میزان منابع اندازه‌گیری شده در جهت اعمال سیاست‌های مدیریت بخش و نیز کمک به تامین نیاز کشور در جهت تولید محصولات معدنی رعایت شود.

۴-۴-۲-۸- برآورد تولید بهینه معادن

تولید بهینه محصول به عنوان اصلی‌ترین خروجی فرآیند معدنکاری، موجب توجیه‌پذیری و کلیه هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم تولید می‌گردد. اصولا در هر فعالیت اقتصادی، افزایش تولید محصول تا حد مشخصی، موجب کاهش قیمت تمام شده محصول می‌گردد لیکن معادن با توجه به ماهیت

[1] Inferred to Measured Resource Ratio

تجدیدناپذیر خود، تابع محدودیت‌های خاص در خصوص میزان استخراج می‌باشند که بر مبنای معادلات نظریه اقتصاد منابع تجدیدناپذیر بیان می‌گردند و اصول کلی و روابط اصلی آن در بخش (۲-۴-۳) تشریح گردید. لذا جهت تحلیل تولید معادن از دیدگاه مدیریت کلان بخشی، تلفیق تئوری‌های اقتصاد خرد و اقتصاد منابع تجدیدناپذیر ضروری می‌باشد تا از طرفی امکان سوددهی فرآیند معدنکاری فراهم شود و از طرف دیگر تابع منافع اجتماعی بیشینه گردد. بدین منظور محاسبات ذیل جهت تعیین دینامیک تولید معادن صورت می‌گیرد:

- محاسبه هریک از اقلام هزینه‌های ثابت $C_{i,t}$ با توجه به توضیحات بخش (۴-۴-۲-۵) و محاسبه کل هزینه های ثابت در هر سال (TFC_t) بر اساس رابطه (۴-۲۹)

$$TFC_t = \sum_{i=1}^{n} C_{i,t} \qquad (۴-۲۹)$$

- محاسبه نرخ تغییرات هزینه های ثابت ($TFCR_t$) تولید بر اساس رابطه (۴-۳۰)

$$TFCR_t = \frac{\partial TFC}{\partial t} \qquad (۴-۳۰)$$

- محاسبه هریک از اقلام هزینه‌های متغیر واحد تولید ($UC_{j,t}$) و محاسبه کل هزینه‌های متغیر واحد تولید (UVC_t) بر اساس رابطه (۴-۳۱)

$$UVC_t = \sum_{j=1}^{m} UC_{j,t} \qquad (۴-۳۱)$$

- محاسبه نرخ تغییرات هزینه متغیر واحد تولید ($UVCR_t$) بر اساس مجموع نرخ تغییرات هر یک از اقلام هزینه‌های متغیر مطابق رابطه (۴-۳۲)

$$UVCR_t = \sum_{j=1}^{m} \frac{\partial UC}{\partial t} \qquad (۴-۳۲)$$

- محاسبه کل هزینه‌های متغیر تولید (TVC_t) در هر سال بر اساس حاصل ضرب تولید سالانه (Q_t) در هزینه متغیر واحد تولید مطابق رابطه (۴-۳۳)

$$TVC_t = Q_t * UVC_t \qquad (۴-۳۳)$$

- محاسبه تغییرات سالانه هزینه‌های متغیر تولید ($TVCR_t$) بر اساس مشتق‌گیری از رابطه (۴-۳۴)

$$\mathrm{TVCR_t} = \frac{\partial\,\mathrm{TVC}}{\partial\,\mathrm{t}} = \mathrm{UVC_t} * \frac{\partial\,\mathrm{Q}}{\partial\,\mathrm{t}} + \mathrm{Q_t} * \frac{\partial\,\mathrm{UVC}}{\partial\,\mathrm{t}} \qquad (۳۴-۴)$$

- محاسبه نرخ تغییرات سالانه هزینه‌های تولید ($\mathrm{TCR_t}$) بر اساس مجموع نرخ تغییرات هزینه‌های ثابت و متغیر سالانه مطابق رابطه (۴-۳۵)

$$\mathrm{TCR_t} = \frac{\partial\,\mathrm{TC}}{\partial\,\mathrm{t}} = \mathrm{TFCR_t} + \mathrm{TVCR_t} \qquad (۳۵-۴)$$

- محاسبه کل هزینه‌های تولید سالانه ($\mathrm{TC_t}$) مطابق رابطه (۴-۳۶)

$$\mathrm{TC_t} = \int \mathrm{TCR}\ \mathrm{d(t)} \qquad (۳۶-۴)$$

- محاسبه هزینه متوسط تولید سالانه ($\mathrm{AC_t}$) بر مبنای رابطه (۴-۳۷)

$$\mathrm{AC_t} = \frac{\mathrm{TC_t}}{\mathrm{Q_t}} \qquad (۳۷-۴)$$

- محاسبه هزینه نهایی تولید ($\mathrm{MC_t}$) با توجه به تعریف مربوطه و بر مبنای رابطه (۴-۳۸)

$$\mathrm{MC_t} = \frac{\partial\,\mathrm{TC}}{\partial\,\mathrm{Q}} = \frac{\partial\,\mathrm{TC}/\partial\mathrm{t}}{\partial\mathrm{Q}/\partial\mathrm{t}} = \frac{\mathrm{TCR}}{\partial\mathrm{Q}/\partial\mathrm{t}} \qquad (۳۸-۴)$$

- محاسبه کشش سالانه تولید ($\mathrm{PE_t}$) بر مبنای رابطه (۴-۳۹)

$$\mathrm{PE_t} = \frac{\partial\,\mathrm{P}}{\partial\mathrm{Q}} \qquad (۳۹-۴)$$

- محاسبه کل درآمد تولید (TR_t) بر اساس رابطه (۴-۴۰)

$$\mathrm{TR_t} = \mathrm{P_t} * \mathrm{Q_t} \qquad (۴۰-۴)$$

- محاسبه درآمد نهایی تولید ($\mathrm{MR_t}$) با مشتق گیری از رابطه (۴-۴۰) و جاگذاری رابطه (۴-۳۹) در آن به صورت رابطه (۴-۴۱)

$$\mathrm{MR_t} = \frac{\partial\,\mathrm{TR}}{\partial\,\mathrm{Q}} = \mathrm{PE_t} * \mathrm{Q_t} + \mathrm{P_t} \qquad (۴۱-۴)$$

- محاسبه سود کلی تولید (Π_t) با توجه به رابطه (۴-۴۲) و بر اساس تفاضل کل هزینه‌ها و درآمدهای تولید

$$\Pi_t = TR_t - TC_t \qquad (۴۲-۴)$$

- محاسبه سود نهایی تولید (MP_t) با توجه به رابطه (۴-۴۳) و بر اساس مشتق گیری از تابع سود نسبت به تولید

$$MP_t = \partial \Pi / \partial Q = MR_t - MC_t = PE_t * Q_t + P_t - MC_t \qquad (۴۳-۴)$$

- محاسبه رانت سالانه هر واحد منبع (λ_t) بر اساس رابطه (۴-۴۴) در جهت اعمال مدیریت منابع تجدیدناپذیر و با توجه به رابطه (۲-۱۸)

$$\lambda_t = P_t - MC_t \qquad (۴۴-۴)$$

- جایگزینی رانت سالانه هر واحد از رابطه (۴-۴۴) در تابع سود نهایی تولید (رابطه ۴-۴۳) بر مبنای رابطه (۴-۴۵)

$$MP_t = PE_t * Q_t - \lambda_t \qquad (۴۵-۴)$$

حال با توجه به معلوم بودن کلیه متغیرهای مورد نیاز جهت تحلیل نرخ تولید بر مبنای هزینه‌های تولید، به معادلات مربوط به تعیین دینامیک مساله پرداخته می‌شود:

- محاسبه رانت منبع در سال پایه بر اساس را تفاضل قیمت و هزینه نهایی در سال صفر مطابق رابطه (۴-۴۶)

$$\lambda_0 = P_0 - MC_0 \qquad (۴۶-۴)$$

- محاسبه رانت منبع در هر سال معادل با حاصل ضرب رانت سال قبل و ضریب ($1 + r_{w,t}$)بر مبنای نظریه اقتصاد منابع تجدید ناپذیر به صورت رابطه (۴-۴۷)

$$\lambda_{t+1} = \lambda_t * (1 + r_{w,t}) \qquad t = 0,1,2,...,n \qquad (۴۷-۴)$$

لازم به ذکر است در این بخش نرخ تورم اعمال شده، معادل با ماکزیمم مقدار شاخص بهای کالاها و خدمات و نرخ افزایش قیمت جهانی متوسط مواد معدنی تعریف شده است (USGS,2005).

- محاسبه سود نهایی تولید در سال $t+1$ بر مبنای تئوری گری مطابق با رشد شاخص سالانه بهای کالاها و خدمات (r) به صورت رابطه (۴-۴۸)

$$MP_{t+1} = (1+r) * MP_t \qquad (۴۸-۴)$$

- محاسبه قیمت محصول در سال $t+1$ به صورت رابطه (۴-۴۹) بر مبنای حداکثر سازی تابع منافع اجتماعی

$$P_{t+1} = \lambda_{t+1} + MC_{t+1} \qquad (۴۹-۴)$$

- محاسبه تولید نهایی در سال $t+1$ با استفاده از رابطه (۴-۵۰)

$$Q_{t+1} = \frac{MP_{t+1} + \lambda_{t+1}}{PE_{t+1}} \qquad (۵۰-۴)$$

با توجه به روابط فوق‌الذکر می‌توان معادله دینامیک تعیین نرخ تولید و قیمت محصول را در هر سال بر حسب سود حاشیه‌ای و متغیرهای قیمت و هزینه سال قبل به دست آورد. همچنین در خصوص پارامتر کشش قیمتی تولید، اعمال مقادیر اولیه بر مبنای داده‌های معادن در مدل ضروری می‌باشد. الگوریتم توضیح داده‌شده در این بخش مبنای روابط به کار گرفته در مدل نهایی جهت تعیین میزان تولید می‌باشد. مهمترین مزایای این روش را می‌توان به صورت ذیل بیان نمود:

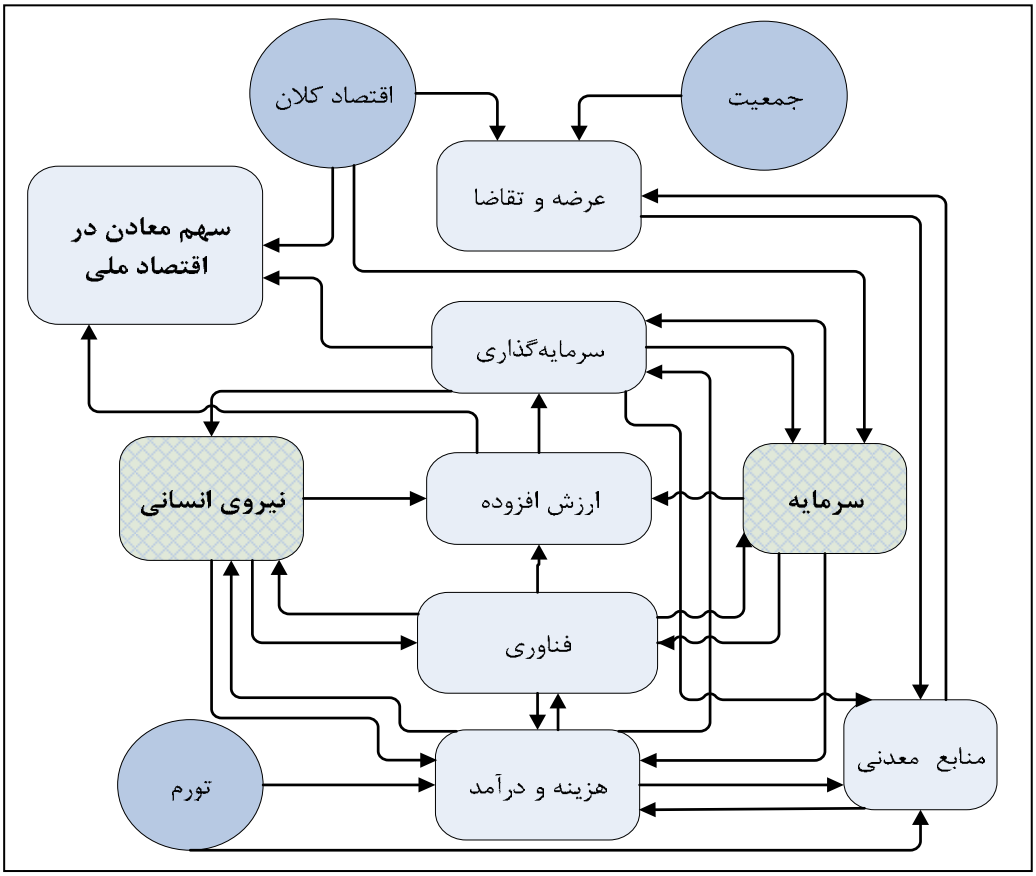
- اعمال اهداف مدیریت هر بخش بر مبنای حداکثر سازی تابع منافع اجتماعی در قالب اقتصاد منابع تجدیدناپذیر
- اعمال اهداف مدیریت بنگاهی بر اساس حداکثرسازی ارزش حال سود نهایی تولید محصول

۴-۵- مدل کلی مدیریت بخش معدن

مدل کلی پویایی سیستمی پیشنهادی جهت مدیریت کلان بخش معدن دارای هشت زیر مدل اصلی می‌باشد که بهمراه سه بخش محیطی شامل جمعیت، تورم و اقتصاد کلان بر تولید ناخالص داخلی کشور تاثیرگذار می‌باشد. جدول (۴-۱۹) بیانگر مشخصات هر یک از اجزای مدل کلی اعم از نهاده‌ها، عوامل داخلی و محیطی و شکل (۴-۱۲) نشانگر بازخوردهای بین اجزای مذکور می‌باشد که موجب پویایی در عملکرد مدل کلی مدیریت بخش می‌گردد.

جدول (۴-۱۹): اجزای اصلی مدل مدیریت بخش معدن

زیر مدل		مشخصات
عوامل محیطی	اقتصاد کلان	مولفه‌های اقتصاد کلان کشور
	جمعیت	پارامترهای جمعیتی و نیروی کار کشور
	تورم	شاخص‌های قیمت داخلی و بین‌المللی
نهاده‌های تولید	سرمایه	تشکیل و مصرف سرمایه
	نیروی انسانی	مولفه‌های کمی و کیفی شاغلین معادن
عوامل داخلی	فناوری	عوامل موثر بر پیشرفت فنی و ارتقای بهره‌وری
	ارزش افزوده	مشخصه‌های تابع تولید
	عرضه و تقاضا	پارامترهای مرتبط با صادرات، واردات و مصرف
	سرمایه‌گذاری	مولفه‌های موثر بر جذابیت سرمایه‌گذاری و تشکیل سرمایه
	هزینه و درآمدها	مولفه‌های هزینه‌ای و درآمدی معادن از دیدگاه مدیریت بنگاهی و بخشی
	منابع معدنی	مولفه‌های اقتصادی اکتشاف و استخراج منابع معدنی



شکل ۴-۱۲: روابط کلی بین اجزای مدل مدیریت بخش معدن

با توجه به شکل (۴-۱۲) مهم‌ترین پویایی‌های مربوط به اجزای مدل به شرح ذیل می‌باشد:

- تاثیرپذیری ارزش افزوده از سرمایه، نیروی انسانی به عنوان نهاده‌های اصلی تولید و پیشرفت فناوری به عنوان عامل ارتقای بهره‌وری نهاده‌های تولید
- تاثیرپذیری سرمایه از مولفه‌های سرمایه‌گذاری، فناوری و اقتصاد کلان
- تاثیرپذیری سرمایه‌گذاری از هزینه و درآمدها، سرمایه و ارزش افزوده
- تاثیرپذیری نیروی انسانی از مولفه‌های سرمایه‌گذاری، فناوری و هزینه و درآمدها
- تاثیر پذیری فناوری از هزینه و درآمدها، سرمایه و نیروی انسانی
- تاثیرپذیری عرضه و تقاضا از مولفه‌های اقتصاد کلان، جمعیت و منابع
- تاثیرپذیری هزینه و درآمدها از تورم، فناوری، نیروی انسانی، سرمایه و منابع
- تاثیرپذیری منابع از مولفه‌های عرضه و تقاضا، هزینه و درآمدها و سرمایه‌گذاری

مهمترین ابزارهای سیاست‌گذاری کلان بخشی در مدل پیشنهادی به شرح ذیل می‌باشند

- سیاست کمک به تشکیل سرمایه ثابت بخش معدن بر اساس برنامه های ذیل:
  - تعیین نرخ حقوق دولتی معادن به عنوان منبع درآمدی دولت و تخصیص بخشی از آن جهت هزینه کرد در بخش معدن
  - اعطای کمک های فنی و اعتباری در حوزه های ذیل:
    - تامین زیرساخت ها
    - اکتشاف تکمیلی
    - ارتقای سطح بهره برداری از ذخایر معدنی
    - حداکثر سازی ظرفیت تولید جهت ارتقای به تولید بهینه
- سیاست ارتقای فناوری جهت اعطای کمک های فنی و اعتباری معادن در راستای:
  - گسترش آموزش‌های کاربردی نیروی انسانی
  - ایجاد واحدهای جدید تحقیق و توسعه
- سیاست حفظ منابع معدنی کشور بر مبنای ارتقای نسبت میزان استخراج به منابع قطعی
- سیاست تجارت خارجی کشور بر مبنای ارتقای نسبت صادرات به تولید

اجرای مدل در بازه زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ به مدت ۲۰ سال صورت می‌گیرد و تحلیل و شناسایی تاثیرات متقابل پارامترهای مدل و به عبارتی دیگر کالیبراسیون مدل بر مبنای داده‌های مربوط به سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ انجام می‌گیرد. سال پایه جهت برآورد تاثیر سیاست‌ها[1] سال ۱۳۸۵ است و پیش‌بینی روند و اجرای مدل با استفاده از نرم‌افزار Vensim DSS تا سال ۱۳۹۴ صورت می‌گیرد.

[1] Policy Year

۴-۵-۱- مدل سازی عوامل محیطی

۴-۵-۱-۱- مولفه‌های اقتصاد کلان

برای مدل سازی تاثیرات اقتصاد کلان کشور بر بخش معدن از پارامترهای تولید ناخالص داخلی و تشکیل سرمایه ثابت ناخالص کشور[1] به عنوان مهمترین مولفه‌های اقتصاد کلان کشور استفاده گردیده است. تولید ناخالص داخلی شامل مجموع ارزش کالاها و خدمات تولید شده نهایی توسط افراد ساکن یک کشور می‌باشد. مدل‌سازی تولید ناخالص داخلی (GDP) کشور به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶، به صورت یک متغیر حالت با متغیر نرخی به نام رشد سالانه تولید ناخالص داخلی در نظر گرفته شده است که به عنوان یک عامل محیطی بر اجزای مدل تاثیرگذار می‌باشد. لازم بذکر است که تاثیر مستقیم افزایش نرخ رشد ارزش افزوده معادن بر افزایش تولید ناخالص داخلی کشور بدلیل تاثیر کم ناشی از نسبت پایین آن لحاظ نگردیده است. نرخ رشد تولید ناخالص داخلی نیز با توجه به آمار سالانه حساب‌های ملی کشور در مدل جاگذاری شده است. در خصوص نرخ رشد تولید ناخالص داخلی، در حالت ایده‌آل مقادیر هدفگذاری شده معادل با ۸ درصد در سال‌های ۱۳۹۴- ۱۳۸۵ بر مبنای اهداف برنامه‌های توسعه‌ای کشور لحاظ شده است.

مدل‌سازی تشکیل سرمایه ثابت ناخالص کشور نیز مشابه تولید ناخالص داخلی با جاگذاری مقادیر مربوط به تشکیل سرمایه ثابت ناخالص کشور به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ و پیش‌بینی نرخ رشد ۱۲/۲ درصد در نظر گرفته شده است.

۴-۵-۱-۲- تورم[2]

تاثیر تورم بر متغیرهای مدل از طریق اعمال مقادیر سه شاخص بهای کالاها و خدمات، شاخص ضمنی تولید ناخالص داخلی و شاخص تعدیل سرمایه بخش صنعت و معدن صورت می‌گیرد که مقادیر

[1] Gross Fixed Capital Formation
[2] Inflation

آن از گزارشات مربوطه استخراج گردیده است. برای هر یک از شاخص‌های مربوط بـه بهـای کالاهـا و خدمات، تعدیل سرمایه بخش صنعت و معـدن در سـال‌هـای آتـی، معـادل بـا ۱۲ درصـد مطـابق بـا هدفگذاری مندرج در اسناد بالادستی در مدل اعمـال گردیـده اسـت. همچنـین رشـد قیمـت جهـانی متوسط مواد معدنی بر مبنای اخذ داده‌های مربوطه در مدل اعمال گردیده است.

۴-۵-۱-۳- جمعیت

برای مدل‌سازی جمعیت[1]، اطلاعات سالانه جمعیت کشور بر مبنای داده‌های مرکز آمار ایران در سال‌های ۱۳۸۴- ۱۳۷۵ در مدل وارد شده و نرخ رشد سالانه[2] معادل با ۱/۴ درصد مطابق با اهداف توسعه‌ای کشور در برنامه چهارم و تعمیم آن به برنامه پنجم برای سال‌های بعدی تعریف شده است.

۴-۵-۲- مدل‌سازی نهاده‌های تولید

۴-۵-۲-۱- مدل‌سازی سرمایه

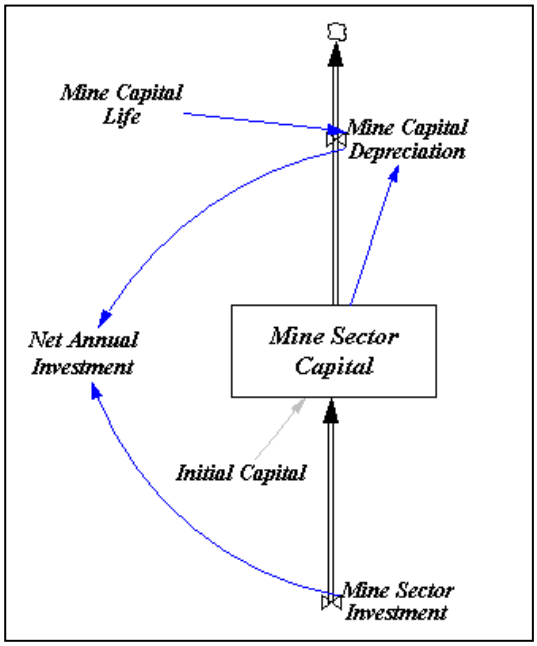
جهت برآورد موجودی سرمایه در هر سال به عنوان یکی از نهاده‌هـای تولیـد مـی‌تـوان از رابطـه شماره (۴- ۵۱) کمک گرفت که در آن K_t و K_{t-1} معادل با موجودی سرمایه ثابـت بـه قیمـت ثابـت سال ۱۳۷۶ در انتهای سال t و $t-1$ می‌باشد همچنین I_t برابر با سرمایه‌گذاری ثابت در طول سـال t به قیمت ثابت و D_t معادل با استهلاک سرمایه تعریف شده است.

$$K_t = K_{t-1} + I_t - D_t \qquad (۵۱-۴)$$

برای شبیه‌سازی سرمایه مطابق شکل (۴- ۱۳) موجودی سرمایه ثابت معادن، بـه عنـوان یـک متغیـر حالت تعریف گردید و میزان سرمایه‌گذاری سالانه بـه عنـوان متغیـر نـرخ ورودی و میـزان اسـتهلاک

[1] Population
[2] Population Rate

سرمایه به عنوان متغیر نرخ خروجی آن می‌باشد. میزان استهلاک سرمایه در معادن به عنوان تـابعی از عمر مفید سرمایه موجود تعریف گردید که بسته به ماهیت سرمایه متفاوت می‌باشد.



شکل ۴-۱۳ : مدل پویایی سیستمی تشکیل سرمایه ثابت معادن

مدل نرخ و حالت تشکیل هر یک از اقـلام سـرمایه (MC_t) شـامل سـرمایه ماشـین آلات[1] و سـرمایه توسعه و اکتشاف[2] مطابق شکل (۴- ۱۴) با بـه کـارگیری رابطـه (۴-۵۲) تعیـین مـی‌شـود کـه در آن مقادیر سالانه اقلام اصلی سرمایه‌گذاری(MI_t) معادل با حاصل‌ضرب کـل سـرمایه‌گـذاری کـل بخـش (I_t) و نسبت سرمایه‌گـذاری سـالانه در هـر یـک از اقـلام مربوطـه (MIR) مطـابق رابطـه (۴-۵۳) می‌باشد.

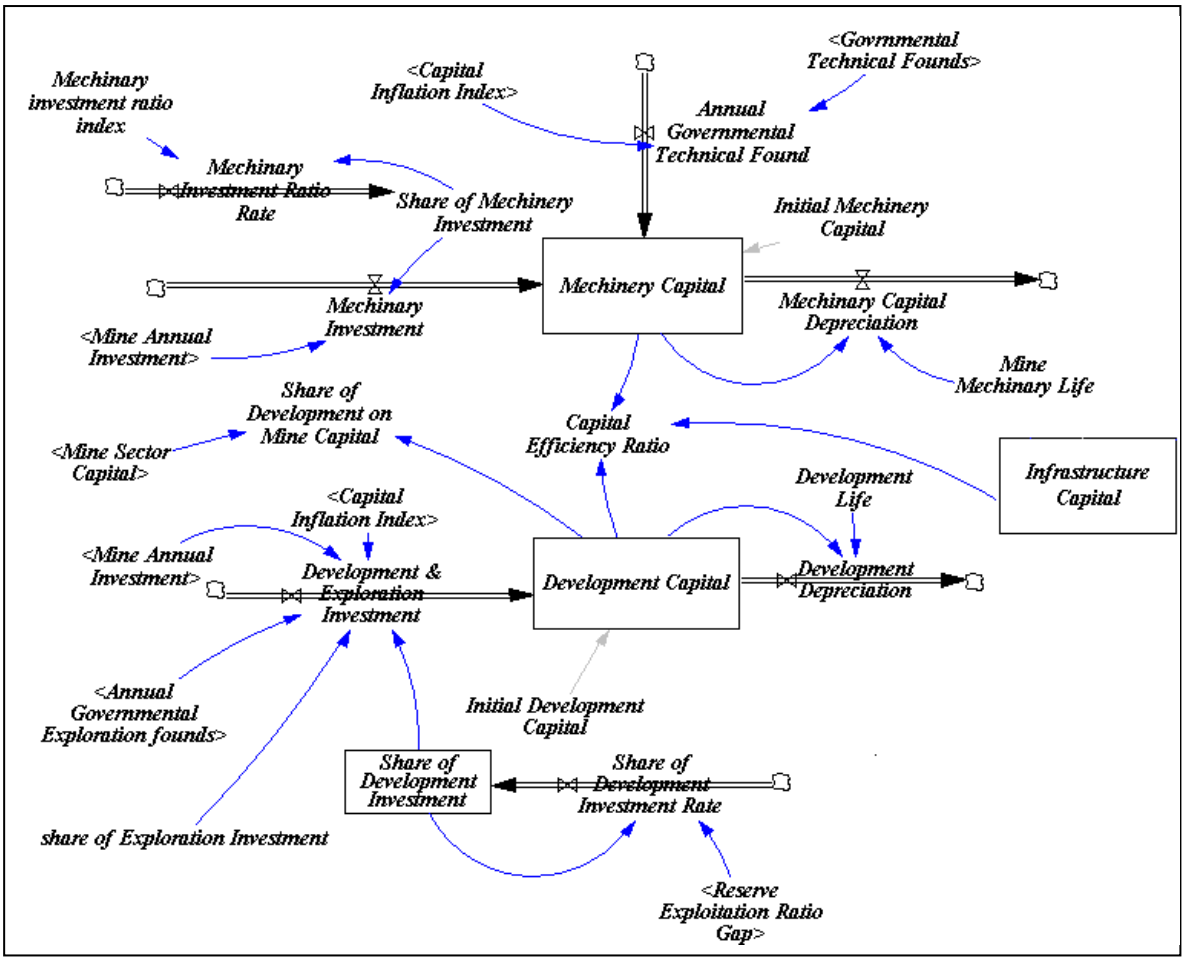
همچنین بر اساس رابطه (۴-۵۴)، میزان استهلاک سرمایه (MD_t) براساس عمر مفید هر یک از اقلام اصلی سرمایه (MIR_t) تعیین می‌شود. مقادیر متوسـط MIR بـه ازای اقـلام ماشـین‌آلات و توسـعه و اکتشاف با توجه به بررسی مقادیر آنها به ترتیب معادل با ۶۱/۹ درصد و ۱۰/۲ درصد می‌باشد.

$$MC_t = INTEG(MI_t - MD_t) \qquad (۴-۵۲)$$

[1] Mechinery Capital
[2] Development Capital

$$MI_t = MIR * I_t \qquad (۵۳-۴)$$

$$MD_t = MC_t / ML \qquad (۵۴-۴)$$



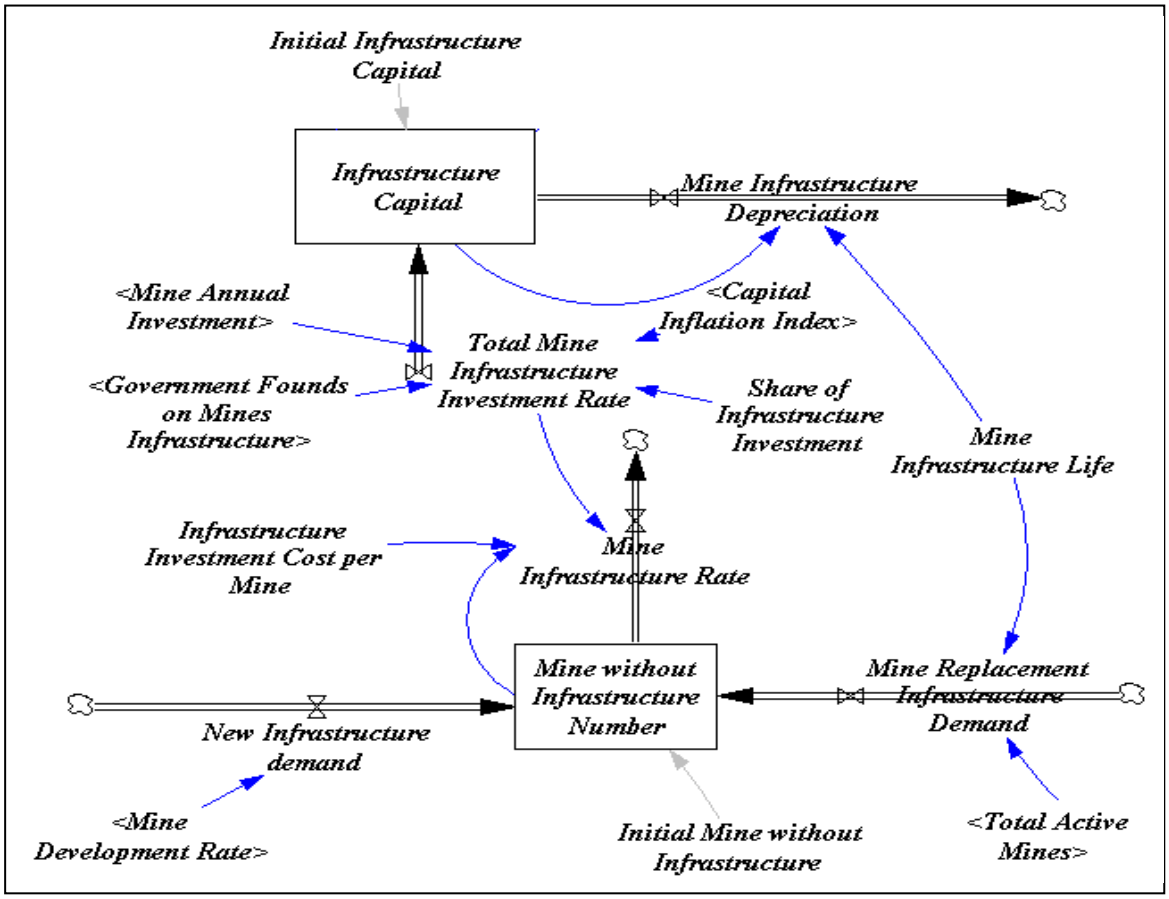
شکل ۴-۱۴: مدل مصرف اقلام اصلی سرمایه معادن

شاخص اثربخشی سرمایه[1] نیز بر مبنای نسبت مجموع سرمایه ماشین آلات و سرمایه توسعه بر میزان سرمایه زیرساخت[2] به عنوان یکی از شاخص‌های ارتقای فناوری بر اساس رابطه (۴-۵۵) محاسبه می‌شود که در این رابطه IC_{t-1} سرمایه زیرساخت، DC_{t-1} سرمایه توسعه و اکتشاف و MC_{t-1} سرمایه ماشین‌آلات به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ می‌باشد.

$$CER_t = \frac{MC_{t-1} + DC_{t-1}}{IC_{t-1}} \qquad (۵۵-۴)$$

[1] Capital Efficiency Ratio (CER)
[2] Infrastructure Capital

در خصوص تامین زیرساختهای فعالیت‌های معدنی، ارتباط مستقیمی بین میـزان تقاضـای زیرسـاخت معادن و تامین آنها برقرار است. مطابق شکل (۴-۱۵) میزان نیاز به زیرساخت تـابعی از تعـداد معـادن می‌باشد و تامین بخشی از سرمایه‌گذاری زیرساختی معادن از بودجه عمرانـی بخـش معـدن[۱] در نظـر گرفته می‌شود. میزان نیاز زیرساختی معادن[۲] برابر با مجموع سرمایه زیرساختی مورد نیاز جهت تامین تقاضای معادن جدید[۳] و میزان سرمایه موردنیاز بابت جـایگزینی و نوسـازی زیرسـاخت‌هـای موجـود[۴] می‌باشد. تقاضای زیرساخت معادن جدید معادل با تعداد معادن آماده سازی شده[۵] می‌باشد.



شکل ۴-۱۵: مدل تامین زیرساخت‌های بخش معدن

[1] Mine Sector Capital Budget
[2] Infrastructure Demand
[3] New Infrastructure Demand
[4] infrastructure Replacement demand
[5] Mine Development Rate

سرمایه مورد نیاز جهت تامین تقاضای زیرساختی، تابعی از تعداد معادن فاقد زیرساخت[1] و متوسط سرمایه زیرساختی مورد نیاز هر معدن[2] می‌باشد. تقاضای جایگزینی زیرساخت[3] نیز معادل با میزان استهلاک زیرساخت معادن فعال[4] در طول دوره بهره برداری زیرساخت[5] در نظر گرفته می‌شود.

کل سرمایه گذاری انجام گرفته جهت تامین تقاضای زیرساخت[6] معادل با مجموع سرمایه گذاری مستقیم معادن در زمینه زیرساخت و نیز بودجه عمرانی تخصیص یافته جهت تامین زیرساخت[7] می‌باشد. بودجه مذکور نیز تابعی از تعداد معادن فاقد زیرساخت[8] و سهم تامین زیرساخت از بودجه عمرانی[9] توسط دولت در بخش معدن می‌باشد. سرمایه گذاری سالانه مستقیم معادن در تامین زیرساخت معادل با حاصل ضرب کل سرمایه گذاری سالانه و سهم زیرساخت از سرمایه گذاری سالانه[10] می‌باشد. ضمنا مدل سازی مشابه در خصوص دیگر اقلام سرمایه امکان پذیر می‌باشد.

۴-۵-۲-۲-مدل‌سازی نیروی کار معادن

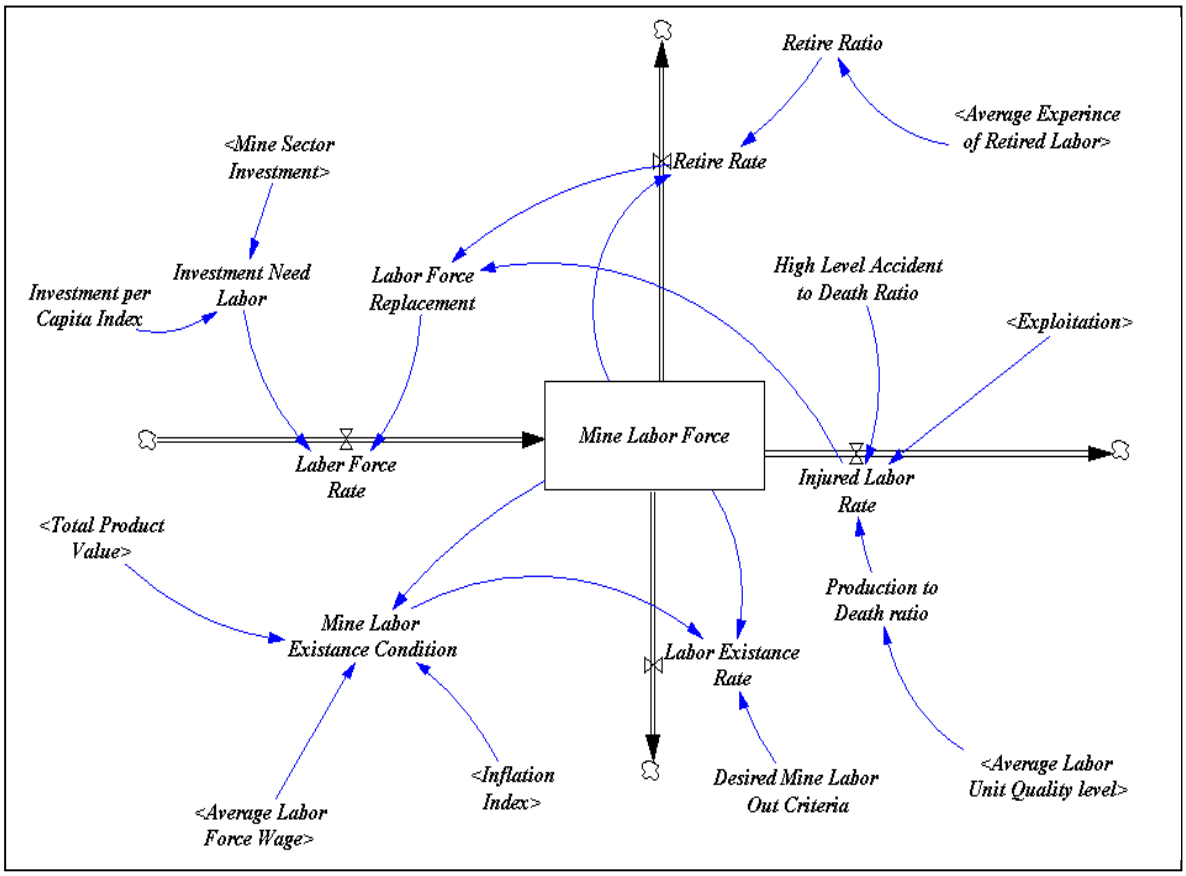
برای مدل سازی تعادل نیروی کار مطابق شکل (۴-۱۶)، مهمترین دلایل تغییر سطح نیروی کار را می‌توان شامل موارد ذیل دانست:

- جذب نیروی انسانی جدید بر مبنای میزان سرمایه گذاری ثابت سالانه[11]
- بازنشستگی پرسنل[12]
- نیروهای خروجی در اثر فوت و ازکارافتادگی دائم ناشی از حوادث معادن[13]

[1] Mine Without Infrastructure Number
[2] Infrastructure Investment Cost per Mine
[3] Mine Replacement Infrastructure Demand
[4] Total Active Mines
[5] Mine Infrastructure Life
[6] Total Mine Infrastructure Investment Rate
[7] Government Founds on Mines Infrastructure
[8] Mine without Infrastructure
[9] Share of Infrastructure on Mine Budget
[10] Share of Infrastructure Investment
[11] Investment Need Labor
[12] Retire Rate
[13] Injured Labor Rate

- ایجاد تعادل عرضه و تقاضای نیروی کار بر مبنای تناسب هزینه با ارزش تولیدات نیروی کار
- جایگزینی نیروهای بازنشسته و از کار افتاده[1]

برای محاسبه میزان نیروهای خروجی در اثر فوت و ازکارافتادگی دائم ناشی از حوادث معادن، از شاخص نسبت تولید به فوت[2] استفاده گردید. میزان حوادث منجر به از کارافتادگی دائم و محرومیت از محیط کار[3]، به طور متوسط معادل با ۶۰ درصد حوادث منجر به فوت در نظر گرفته شد. محاسبه نرخ بازنشستگی[4] به مفهوم میزان خروج شاغلان معادن کشور بدلیل بازنشستگی، به عنوان یکی از ابزارهای سیاستگذاری دولت در این بخش می‌باشد که با فرض سابقه کار مورد نیاز معادل با ۲۵ سال جهت بازنشستگی و با فرض توزیع یکنواخت سنی پرسنل معادن صورت گرفت.



شکل ۴-۱۶ : مدل‌سازی تعادل نیروی کار معادن

[1] Labor Force Replacement
[2] Production to Death Ratio
[3] High Level Accident to Death Ratio
[4] Retire Ratio

لازم به ذکر است که هر بنگاه بابت جبران خدمات هر نفر نیروی کار، هزینه‌ای معادل با حقوق و مزایا پرداخت می‌نماید لیکن تعادل عرضه و تقاضای نیروی کار بر مبنای تناسب هزینه آن با ارزش تولیدات به ازای هر نفر نیروی کار می‌باشد. بطوری که حداکثر تعداد شاغلین حقوق و بگیر هر بنگاه حداکثر به میزانی خواهد بود که هزینه بکارگیری هر نفر نیروی کار معادل با ارزش تولید نهایی بازای نیروی کار گردد. بر این اساس نرخ خروج نیروی کار بر اثر الزامات هزینه‌ای[1] ($L_{e,t}$) با توجه به شاخص تعادل هزینه‌ای نیروی کار[2] ($K_{l,t}$) محاسبه می‌گردد. این شاخص را می‌توان معادل با نسبت مقادیر محصول بازای واحد نیروی کار ($V_{l,t}$) به هزینه سالانه نیروی کار[3] ($C_{l,t}$)، بر اساس رابطه (۴-۵۶) تعریف نمود که در حالت کوچکتر بودن بودن مقدار این شاخص از یک، خروج نیروی کار به میزان $L_{e,t}$ با توجه به رابطه (۴-۵۷) و با اعمال رفتار هدفجو جهت تعدیل شاخص مذکور به مقدار یک صورت می‌گیرد.

$$K_{l,t} = V_{l,t} \Big/ C_{l,t} \qquad (۴-۵۶)$$

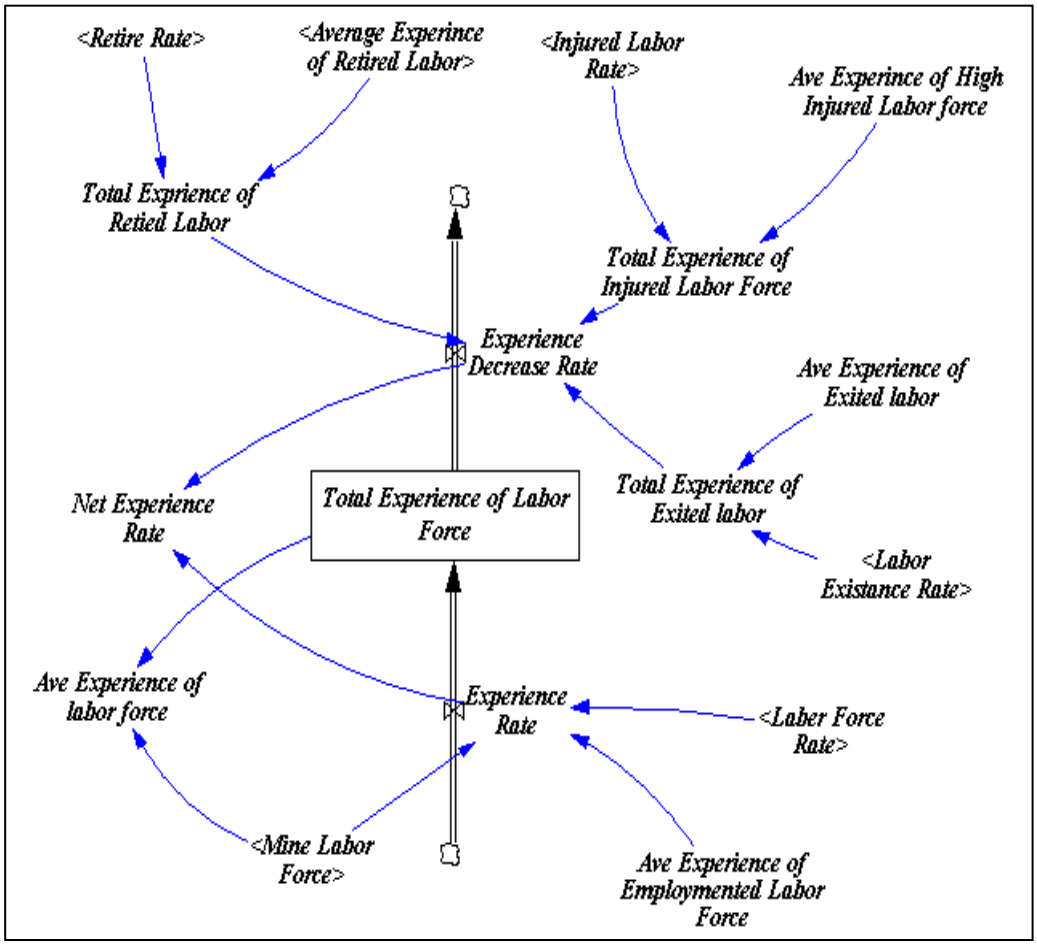
$$\begin{aligned} &\text{IF} \quad (K_{l,t} > 1) \quad \text{THEN} \\ &\qquad L_{e,t} = 0 \\ &\text{ELSE} \\ &\qquad L_{e,t} = L_t - L_t / K_{l,t} \end{aligned} \qquad (۴-۵۷)$$

این قاعده در خصوص کلیه عوامل تولید اعم از نیروی کار، سرمایه و داده‌های واسطه قابل اعمال می‌باشد. پارامتر نیروی کار علاوه بر تعداد، دارای ویژگی‌های کیفی نیز می‌باشد که مدل‌سازی این مولفه‌ها پس از کمی سازی آنها، با توجه به موارد ذیل صورت می‌گیرد.

[1] Labor Existance Rate
[2] Mine Labor Existance Condition
[3] Average Labor Force Wage

۴-۵-۲-۲-۱- تجربه نیروی کار

تجربه نیروی کار به عنوان یکی از مهمترین عوامل موثر در تحلیل بهره‌وری و ارتقای کیفی نیروی انسانی می‌باشد. برای شبیه‌سازی تجربه افراد بر مبنای داده‌های موجود، مطابق شکل (۴-۱۷) تجربه انباشته شاغلین تولیدی معادن درحال بهره‌برداری[1] به عنوان متغیر حالت مشخص گردید. مقادیر نرخ ورودی[2] بر اساس کل تجربه افراد ورودی و مقادیر نرخ خروجی[3] نیز معادل با مجموع تجارب کل افراد خارج شده[4]، حادثه دیده[5] و بازنشسته[6] می‌باشد.



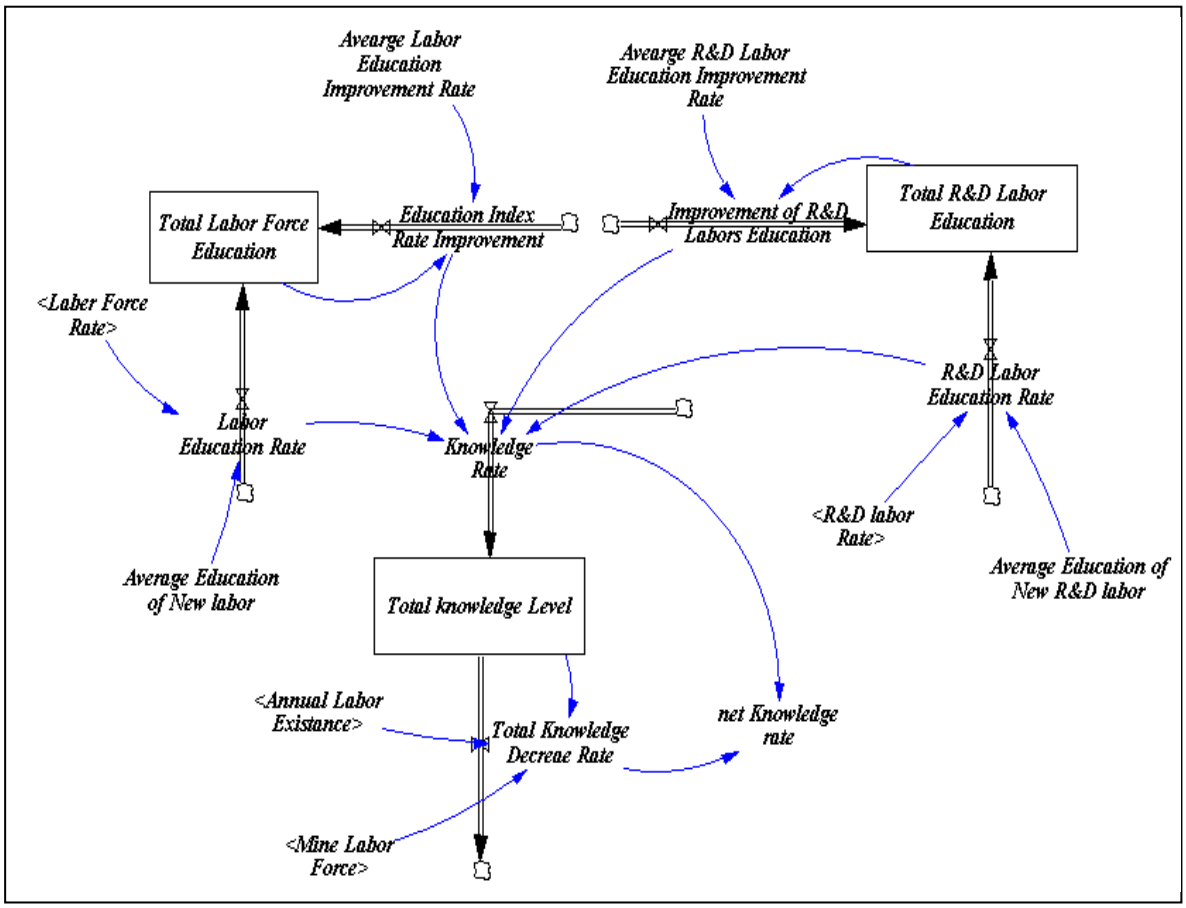
شکل ۴-۱۷ : مدل‌سازی سطح تجربه نیروی کار تولیدی

[1] Total Experience of Labor Force
[2] Experience Rate
[3] Experience Decrease Rate
[4] Total Experience of Exited labor
[5] Total Experience of Injured Labor Force
[6] Total Experience of Retied Labor

۴-۵-۲-۲-۲- سطح کلی دانش نیروی کار

سطح کلی دانش نیروی کار از دو مولفه سطح تحصیلات شاغلان تولیدی و پرسنل بخش تحقیق و توسعه تاثیر می‌پذیرد. از طرفی تغییرات هریک از مولفه‌های مذکور نیز ناشی از بهبود وضعیت موجود شاغلان و نیز تاثیر اشتغال جدید می‌باشد. مدل‌سازی تغییرات سطح کلی دانش[1] مطابق شکل (۴-۱۸) با در نظر گرفتن موارد ذیل به عنوان متغیرهای نرخ صورت گرفته است:

- میزان کاهش سطح کلی دانش[2] بر مبنای میزان خروج نیروی کار و با فرض کاهش متناسب شاغلین از همه سطوح تحصیلی محاسبه می‌گردد.



شکل ۴- ۱۸ : مدل‌سازی سطح کلی دانش

[1] Knowledge Rate
[2] Total Knowledge Decrease Rate

- سطح تحصیلات هر یک از شاغلین جدید تولیدی[1] که به طور متوسط معادل با ۰/۳ فرض گردیده است.
- میزان ارتقای تحصیلات شاغلین تولیدی در حین کار[2] بر مبنای روند تغییرات سطح تحصیلات هر نفر از شاغلین صورت می‌گیرد که با توجه به داده‌های معادن فعال کشور، مقدار آن سالانه معادل با ۳/۶ درصد می‌باشد.
- شاخص کل تحصیلات بخش تحقیق و توسعه[3] بر اساس مجموع تحصیلات شاغلین جدید بخش تحقیق و توسعه و نیز نرخ ارتقای تحصیلات شاغلین موجود بخش تحقیق و توسعه[4] محاسبه می‌شود.
- با فرض اشتغال کلیه محققین در بخش تحقیق و توسعه بنگاه‌ها، نرخ ارتقای سالانه شاغلین موجود بر مبنای تغییرات سطح تحصیلی محققین صورت می‌گیرد که نرخ سالانه آن با درنظر گرفتن اطلاعات معادن فعال کشور، معادل با ۳/۶ درصد می‌باشد.
- شاخص دانش شاغلین جدید بخش تحقیق و توسعه بر اساس حاصل‌ضرب نرخ تغییرات پرسنل بخش تحقیق و توسعه و سطح تحصیلات هریک از شاغلین جدید بخش تحقیق و توسعه[5] محاسبه شده است. مقدار متوسط شاخص تحصیلات هریک از شاغلین جدید بخش تحقیق و توسعه به طور متوسط معادل با ۲۰ در نظر گرفته شده است.

۴-۵-۲-۲-۳- *سطح کلی مهارت نیروی کار*

سطح کلی مهارت از دو مولفه اصلی شاخص مهارت‌های حرفه‌ای شاغلین تولیدی و میزان آموزش‌های کاربردی آنها تشکیل می‌شود و مدل‌سازی هر یک از این مولفه‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

الف-سطح آموزش نیروی کار

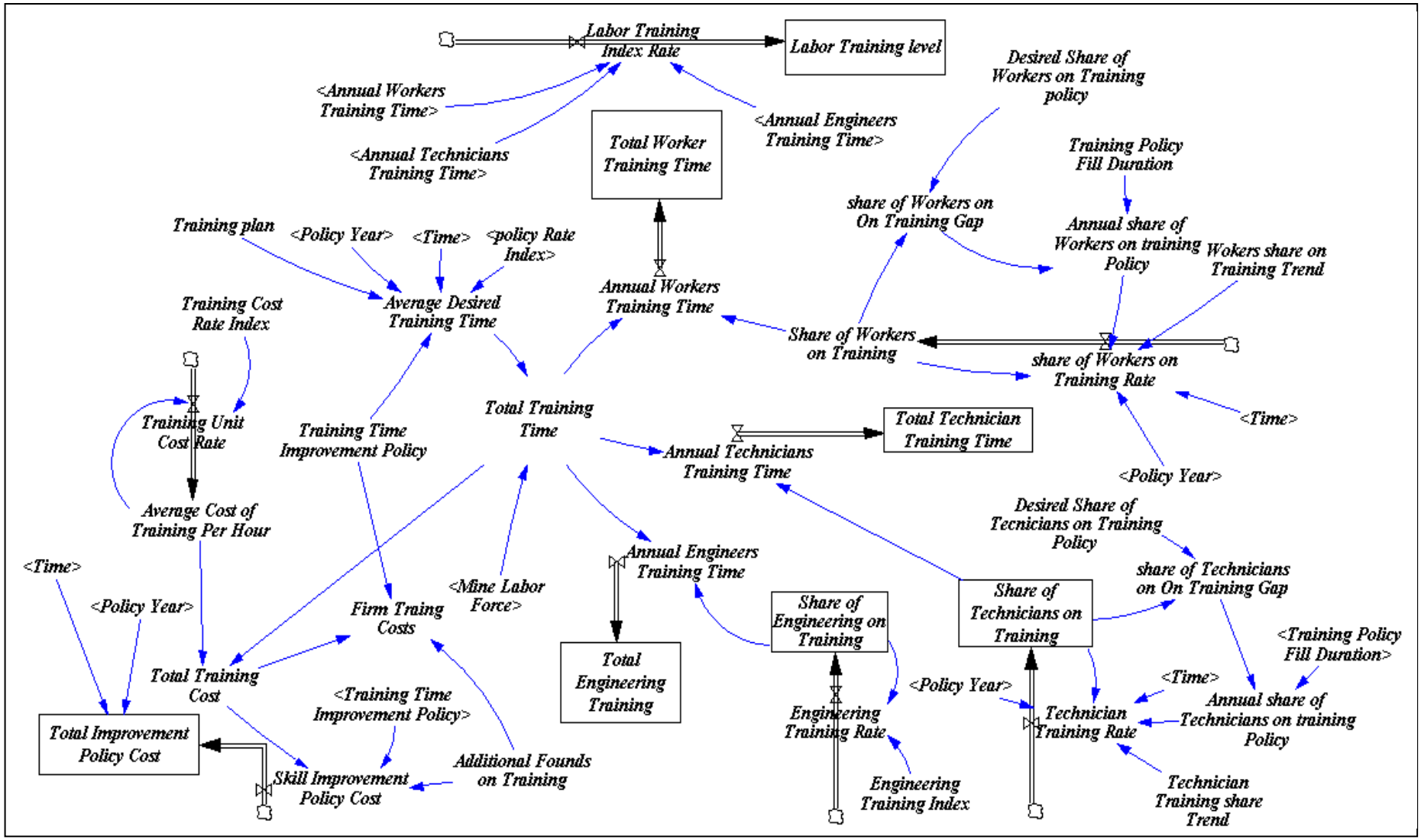
[1] Average Education of New Labor
[2] Average Labor Education Improvement Rate
[3] Total R&D Labor Education
[4] Improvement of R&D Labors Education
[5] Average Education of New R&D Labor

آموزش نیروی کار به عنوان جزو اصلی ارتقای مهارت، اهمیت بسزایی در توانمندسازی منابع انسانی دارد. لذا هدفگذاری یک آموزش سرانه در بنگاه و اجرای برنامه‌های طراحی شده جهت رسیدن به هدف طراحی شده، ضروری می‌باشد. در این رساله، مدل‌سازی سطح آموزش بر مبنای تعریف یک سطح مشخص آموزشی برای پرسنل تولیدی ملاک بررسی و محاسبه سطح آموزش گردید. مهمترین ابزارهای سیاست‌گذاری ذیل در جهت ارتقای کیفی نیروی انسانی معادن در مدل قابل اعمال است:

- سطح هدف‌گذاری شده جهت آموزش سالانه پرسنل تولیدی بر حسب نفر ساعت[۱] و میزان ارتقای سالانه آن[۲] که از بعد تحمیل هزینه‌های آموزشی[۳] بر فعالیت‌های بنگاه تاثیر منفی دارد.
- سهم هریک از گروه‌های مهارتی مهندسین[۴]، تکنسین‌ها[۵] و کارگران[۶] از میزان آموزش طراحی شده شده پرسنل که از بعد ارتقای سطح کلی مهارت و بهره‌وری تاثیر مثبتی بر فعالیت‌های بنگاه دارد.

نکته قابل توجه این که بررسی روند ترکیب افراد آموزش پذیر بیانگر این نکته است که تمرکز عمده بر آموزش‌های مهندسی و طراحی و حذف آموزش‌های کاربردی کارگری و استادکاری صورت گرفته است. لذا از دیدگاه مدیریت بخشی تعریف هدف‌گذاری سهم آموزشی برای گروه‌های کارگری و تکنسین‌ها به میزان مشخص و اعمال رفتار هدفجو برای متغیرهای مربوطه در جهت حفظ سهم آموزشی مصوب در بازه زمانی مشخص ضروری می‌باشد. با توجه به توضیحات فوق الذکر، نرخ شاخص آموزش[۷] بر مبنای میزان آموزش‌های انجام گرفته برای هر یک از گروه‌های مهندسین[۸]، تکنسین‌ها[۹] و کارگران[۱۰] مطابق شکل (۴-۱۹) محاسبه می‌شود.

[1] Average Desired Training Time
[2] Training Time Improvement policy
[3] Total Training Cost
[4] Share of Engineering on Training
[5] Share of Technicians on Training
[6] Share of Workers on Training
[7] Labor Training Index Rate
[8] Annual Engineers Training Time
[9] Annual Technicians Training Time
[10] Annual Workers Training Time

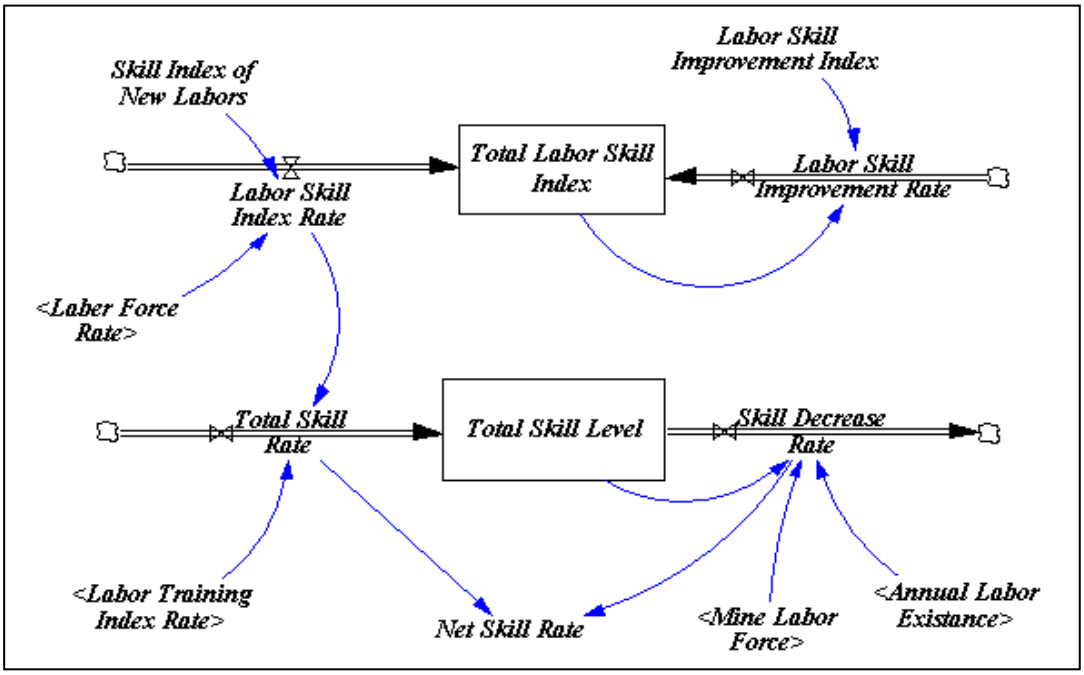


شکل ۴- ۱۹: مدل‌سازی شاخص آموزش نیروی کار تولیدی

ب- شاخص مهارت

شاخص مهارت بر مبنای میزان سطح متوسط مهارت هریک از شاغلین جدید تولیدی[۱] و ارتقای مهارت‌های شاغلین تولیدی در حین کار[۲] صورت می‌گیرد. با توجه به داده‌های معادن فعال و بررسی روند تغییرات مهارتی شاغلین، نرخ بهبود سطح مهارتی پرسنل معادل با ۱/۹۷ درصد و مقدار متوسط شاخص مهارتی پرسنل جدید معادل متوسط معادل با ۱/۱۹۲ محاسبه گردیده است.

با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، مدل‌سازی سطح کلی مهارت[۳] بر مبنای جمع مقادیر شاخص مهارت[۴] مهارت[۴] و شاخص آموزش سالانه مطابق شکل شماره (۴-۲۰) صورت می‌گیرد. میزان کاهش سطح کلی مهارت[۵] با توجه تعداد افراد خروجی از معادن و با فرض کاهش متناسب شاغلین از همه سطوح مهارتی محاسبه می‌گردد. نرخ کلی تغییرات سطح مهارتی[۶] نیز بر مبنای تفاضل نرخ ورودی و خروجی خروجی سطح مهارت محاسبه می‌گردد.



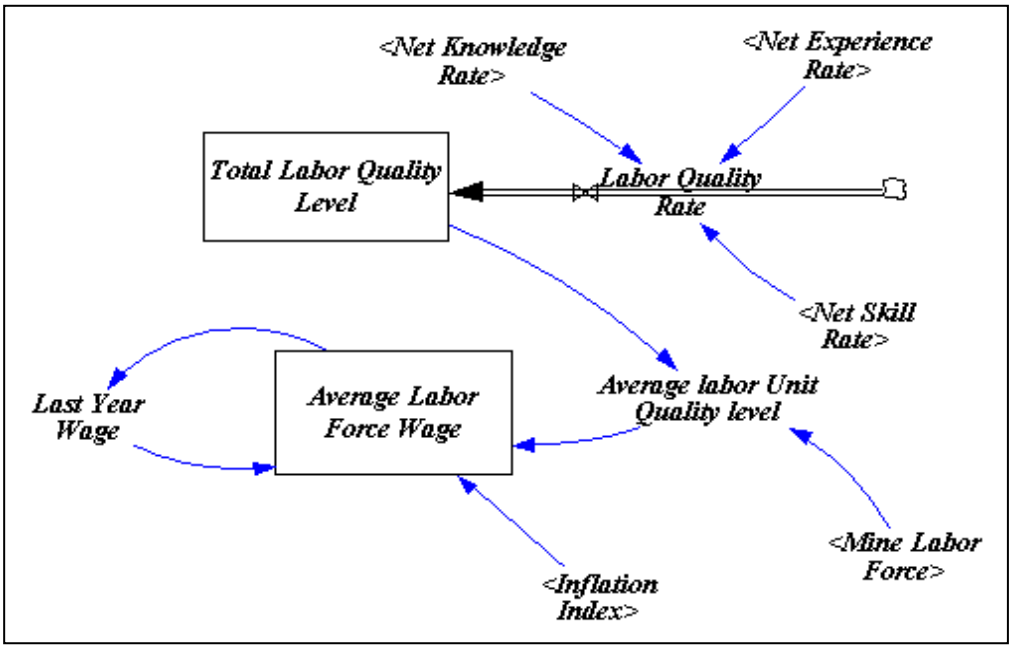
شکل ۴-۲۰: مدل‌سازی تغییرات شاخص مهارت و سطح کلی مهارت شاغلین معادن

[1] Labor Skill Index Rate
[2] Labor Skill Improvement Rate
[3] Total Skill Level
[4] Labor Skill Index
[5] Skill Decrease Rate
[6] Net Skill Rate

۴-۵-۲-۴- ارتباط ویژگی‌های کیفی و حقوق دریافتی نیروی کار

با توجه به توضیحات بخش‌های قبلی، نرخ تغییرات سطح کل کیفی نیروی کار بخش بر اساس مجموع نرخ تغییرات سطوح دانش، تجربه و مهارت شاغلین تولیدی محاسبه می‌شود و سطح کیفی متوسط هر نفر از تقسیم سطح کلی کیفی نیروی کار بر تعداد شاغلین محاسبه می‌شود.

حقوق و مزایای دریافتی نیز به عنوان یکی از عوامل اصلی انگیزشی نیروی کار در هر بخش اقتصادی می‌باشد. این تاثیر با توجه به صعوبت خاص فعالیت‌های معدنی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. حقوق مزایای پرداختی به نیروی کار[1]، تابعی از سطح کیفی هر نفر نیروی انسانی[2]، شاخص تورم و حقوق و مزایای سال قبل[3] بر اساس رابطه (۴-۱۶) می‌باشد. در شکل (۴-۲۱) مدل‌سازی توام عوامل موثر بر سطح حقوق و مزایا و شاخص کیفی نیروی انسانی بیان گردیده است که در آن تاثیر نرخ خالص تغییرات هریک از مولفه‌های دانش، تجربه و مهارت بر سطح کلی کیفی شاغلین و سطح حقوق و مزایا نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۱ : مدل‌سازی ارتباط شاخص کیفی و سطح حقوق و مزایای شاغلین

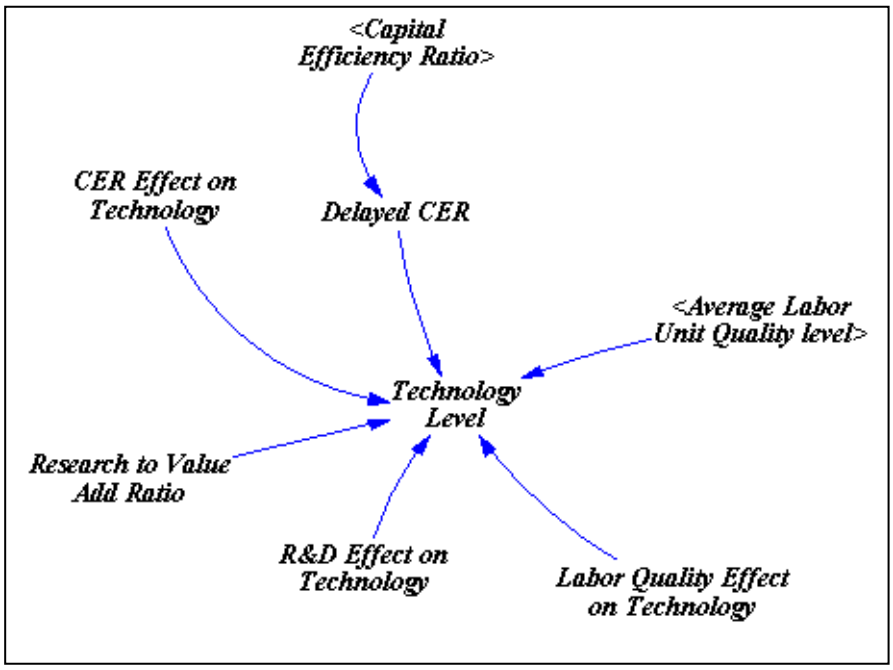
[1] Average Labor Force Wage
[2] Average labor Unit Quality level
[3] Last Year Wage

۴-۵-۳- مدل‌سازی عوامل داخلی

۴-۵-۳-۱- مدل‌سازی فناوری

با توجه به تعریف اجزای اصلی فناوری، مولفه‌های شاخص شناسایی و تاثیرات آن بر جز پسماند تابع تولید مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس مطابق شکل (۴-۲۲) و بکارگیری رابطه (۴-۱۹)، مولفه‌های قابل قبول برای تعیین سطح فناوری عبارتند از:

- ارتقای سطح ماشین‌آلات بر مبنای شاخص نسبت کارآیی سرمایه (CER)
- ارتقای سطح توانایی‌های شاغلین معادن بر مبنای سطح کیفی نیروی کار (LQ)
- گسترش فعالیت‌های تحقیق و توسعه در بخش معدن بر مبنای نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه به ارزش افزوده سال قبل[1]



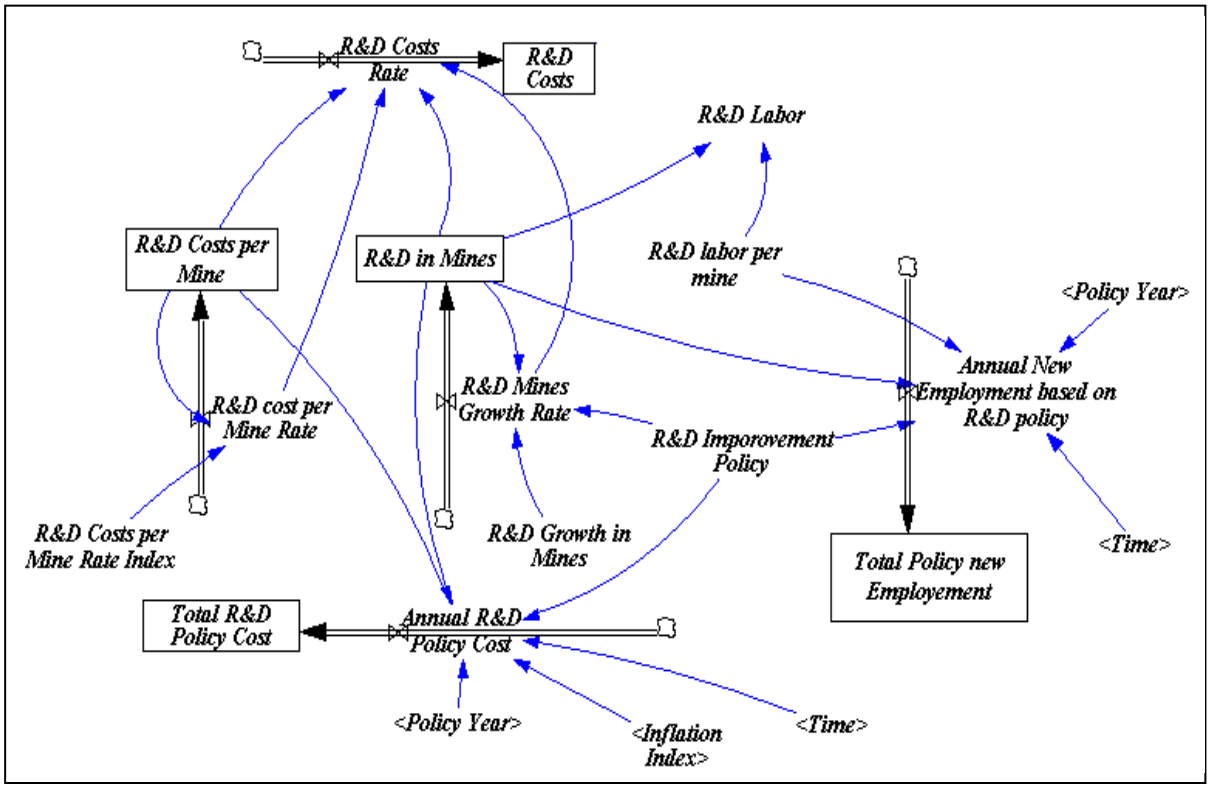
شکل ۴-۲۲ : مدل‌سازی عوامل موثر برسطح فناوری

در خصوص مدل‌سازی تحقیق و توسعه به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل موثر بر ارتقای فناوری، نسبت کل هزینه‌های تحقیق و توسعه به کل ارزش افزوده سال قبل به عنوان شاخص اصلی معرف فعالیت‌های تحقیق و توسعه انتخاب گردید. مدل نرخ و حالت هریک از پارامترهای تحقیق و توسعه در

[1] Research to Value Add Ratio

شکل (۴-۲۳) مشخص شده است. سیاست دولت مبنی بر حمایت از تحقیق و توسعه[1] بر اساس ارتقای نرخ افزایش معادن دارای واحد تحقیق و توسعه[2] تعریف شده است که موجب تامین هزینه های گسترش تحقیق و توسعه[3] توسط دولت می شود. از طرفی با گسترش تعداد معادن، نرخ هزینه‌های تحقیق و توسعه[4] و تعداد پرسنل شاغل در بخش تحقیق و توسعه[5] افزایش می‌یابد.

لازم بذکر است که با بررسی داده‌های معادن فعال کشور، هزینه‌های متوسط هر واحد تحقیق و توسعه محاسبه گردید و این پارامتر به صورت یک متغیر حالت با مقدار اولیه ۸۱۶ میلیون ریال به قیمت ثابت سال ۷۶ و نرخ افزایش سالانه معادل با ۸/۳۶ درصد در نظر گرفته شده است.

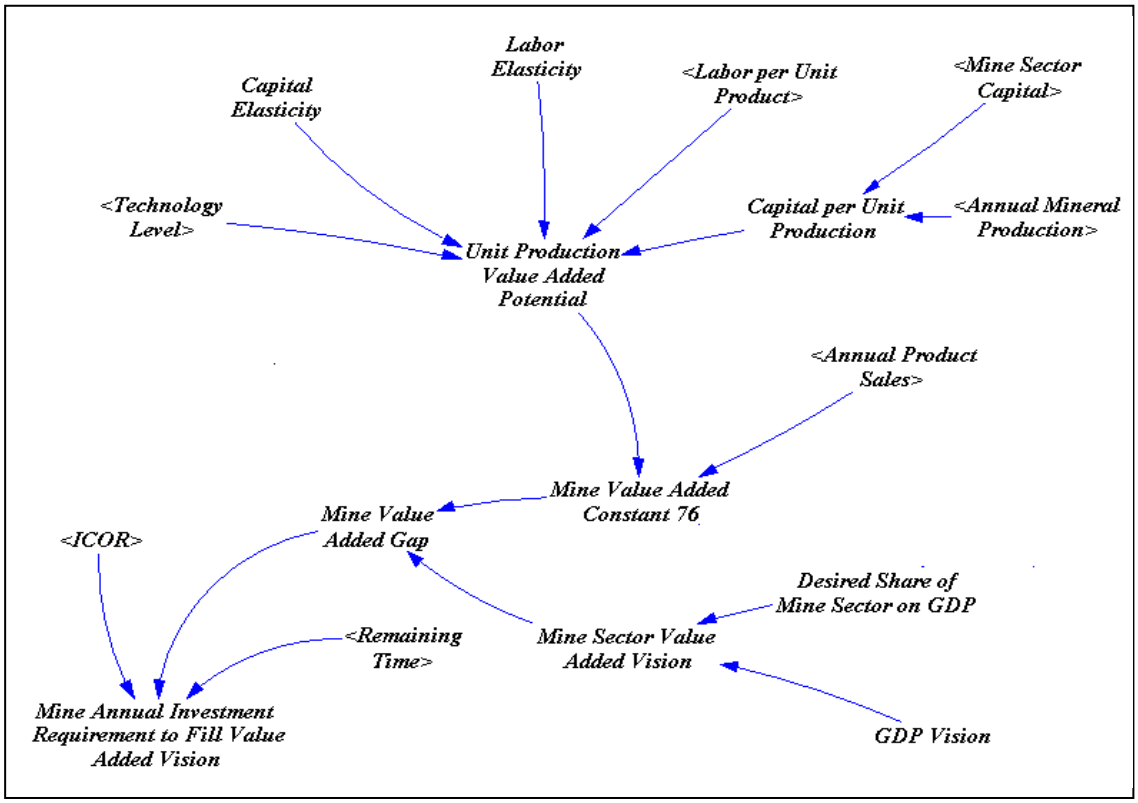


شکل ۴-۲۳: مدل‌سازی شاخص‌های تحقیق و توسعه

[1] R&D Imporovement Policy
[2] R&D Mines Growth Rate
[3] Annual R&D Policy Cost
[4] R&D Costs Rate
[5] R&D Labor

۴-۵-۳-۲- مدل سازی ارزش افزوده

چنانکه قبلا بیان گردید جهت برآورد میزان ارزش افزوده بالفعل به ازای هر واحد محصول تولیدی، از نظریه تابع تولید استفاده گردیده است. بر این اساس دو نهاده اصلی سرمایه بکار گرفته شده به ازای هر تن محصول و نیروی کار مصرفی جهت تولید هر تن محصول به همراه پیشرفت فناوری در فرم تابع تولید اصلی بکار گرفته می‌شوند تا ارزش افزوده نهایی بالفعل هر تن محصول[1] محاسبه گردد. ارزش افزوده کلی[2] از حاصل ضرب کل محصول تولیدی فروش رفته[3] و ارزش افزوده بالفعل حاصله به ازای هر تن محصول به دست می‌آید. لازم به ذکر است که الگوریتم تولید بهینه محصول به صورت جداگانه و بر مبنای تلفیق محدودیت‌های فنی با ملاحظات هزینه‌ای و درآمدی تعیین می‌گردد. شکل (۴-۲۴) معرف تاثیرات هر یک از نهاده‌های اصلی به همراه پیشرفت فناوری در جهت محاسبه ارزش افزوده فعالیت‌های معدنی می‌باشد که بر مبنای رابطه (۴-۱۸) محاسبه شده است.



شکل ۴- ۲۴ : مدل‌سازی ارزش افزوده

[1] Unit Production Value Added Potential
[2] Mine Value Added Constant 76
[3] Annual Product Sales

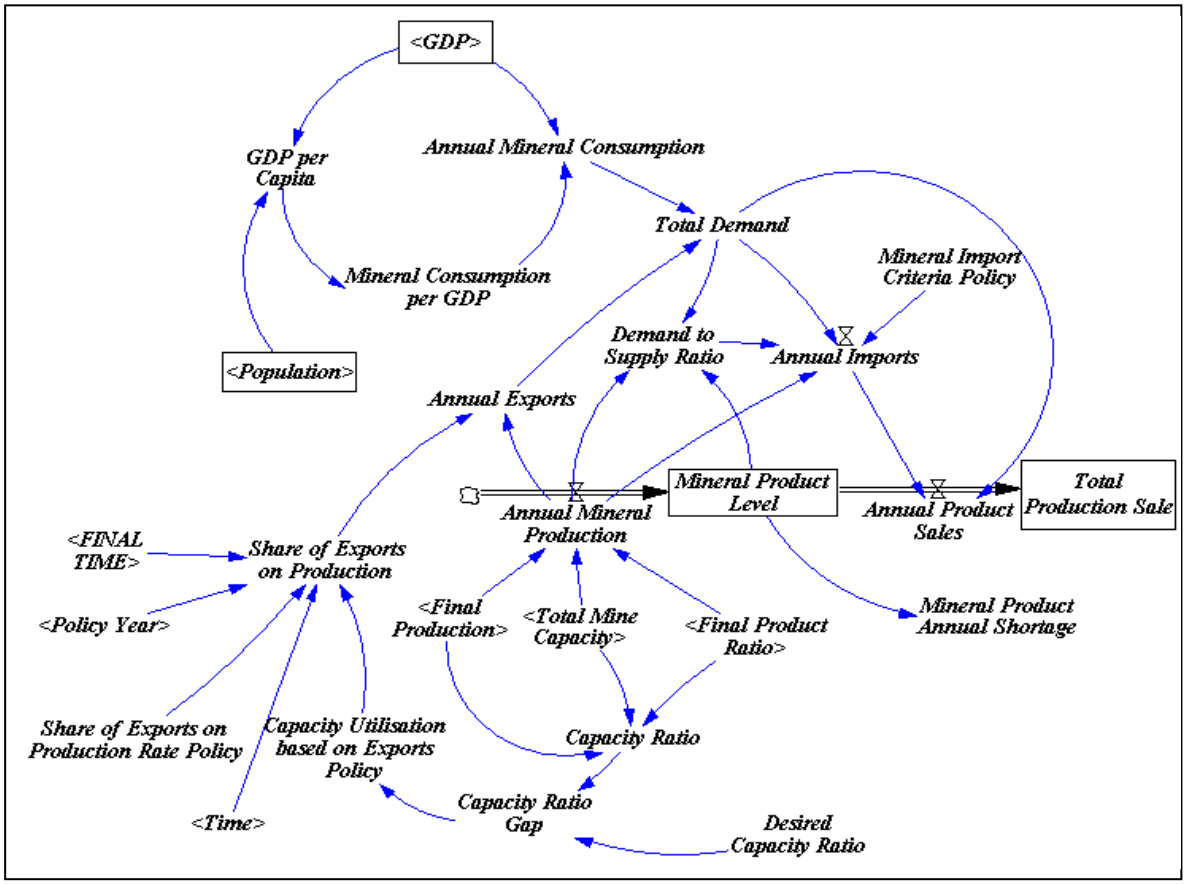
همچنین با هدف سنجش میزان تحقق مقادیر هدفگذاری شده سالانه[1] ارزش افزوده و جهت کاهش میزان اختلاف بین اهداف و عملکرد ایجاد ارزش افزوده[2] مقدار کمک های فنی و اعتباری مورد نیاز جهت رسیدن به اهداف مصوب[3] مشخص می‌شود.

۴-۵-۳-۳- مدل‌سازی عرضه و تقاضای محصولات معدنی

چنانکه قبلا بیان شد جهت برآورد مصرف داخلی محصولات معدنی به عنوان جزو اصلی بخش تقاضا می‌توان با استفاده از پارامتر سرانه تولید ناخالص داخلی[4]، میزان مصرف بازای تولید ناخالص داخلی[5] و جمعیت مطابق رابطه (۴-۲۴) محاسبه نمود. شکل (۴-۲۵) نشانگر مدل پویایی سیستم عرضه و تقاضای مواد معدنی می‌باشد. مهمترین مزیت بکارگیری این روش، قابلیت بکارگیری آسان آن در خصوص تعیین میزان مصرف مواد معدنی عمده می‌باشد. میزان صادرات، نسبتی از تولید[6] می‌باشد که بسته به شرایط مختلف محیطی قابل تغییر است و می‌تواند به عنوان یک ابزار سیاست‌گذاری در حوزه سیاست تجارت خارجی محصولات معدنی مورد توجه قرار گیرد لیکن فرض شده که در صورت وجود ظرفیت مازاد تولید[7]، نسبت به صادرات اقدام می‌گردد. نرخ رشد اجزای عرضه هر محصول شامل تولید تولید و واردات آن محصول می‌باشد. تولید مواد و محصولات معدنی از عوامل مختلفی تاثیر می‌پذیرد که در زیرمدل منابع بررسی می‌گردد. در خصوص واردات فرض می‌شود که کمبود سالانه کشور در حوزه مواد معدنی با واردات تامین می‌گردد. نسبت تقاضا به عرضه[8] تعیین کننده میزان کمبود کشور می‌باشد که بر مبنای آن سیاست واردات تنظیم می‌گردد. با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، پارامتر کمبود سالانه مواد معدنی[9] بر مبنای تفاضل تولید و تقاضای کشور تعیین می‌گردد.

---

[1] Mine Sector Value Added Vision
[2] Mine Value Added Gap
[3] Mine Annual Investment Requirement to Fill Value Added Vision
[4] GDP per Capita
[5] Mineral Consumption per GDP
[6] Share of Exports on Production
[7] Capacity Ratio Gap
[8] Demand to Supply Ratio
[9] Mineral Product Annual Shortage



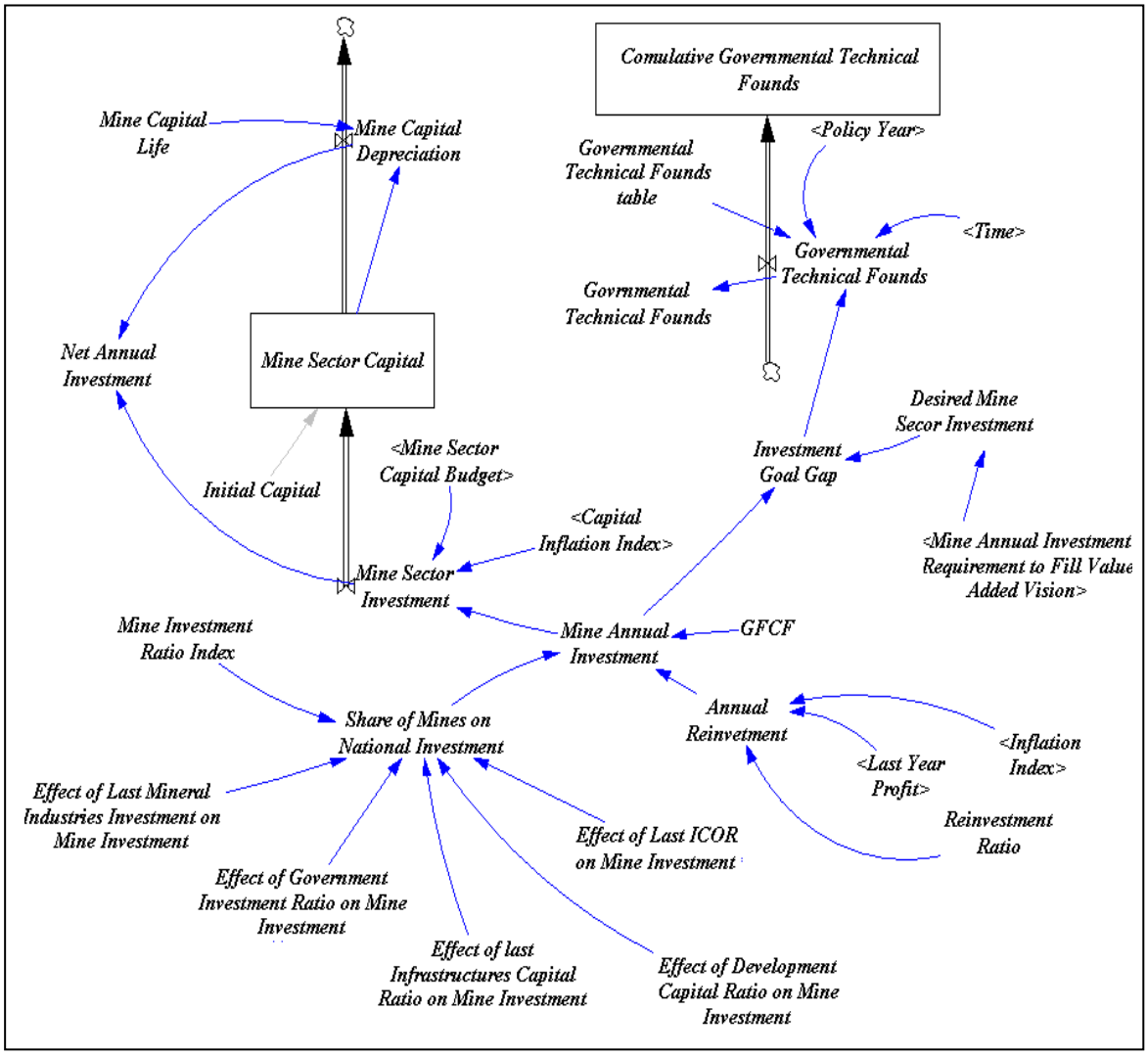
شکل ۴-۲۵: مدل‌سازی تعادل عرضه و تقاضای محصولات معدنی

۴-۵-۳-۴- مدل‌سازی جذب سرمایه‌گذاری در معادن

سرمایه‌گذاری ثابت سالانه به عنوان نرخ ورودی متغیر حالت سرمایه می‌باشد. سرمایه گذاری سالانه در معادن را می‌توان تابعی از جذابیت سرمایه گذاری در بخش معدن، سود خالص تولید و نیز کمک-های اعتباری مستقیم دولت در قالب سیاست کمک به تشکیل سرمایه ثابت معادن دانست که به عنوان نسبتی از تشکیل سرمایه ثابت سالانه کشور[۱] با عنوان سهم معادن از تشکیل سرمایه ثابت کشور[۲] محاسبه می‌شود. این پارامتر دارای روابط همبستگی و بازخوردی با پارامترهای مختلف داخلی و محیطی می‌باشد که شامل تشکیل سرمایه ثابت سالانه صنایع معدنی[۳]، سهم عوامل اکتشاف و توسعه و نیز زیرساخت از موجودی سرمایه، نسبت افزایش سرمایه به افزایش تولید[۴] و سهم

[1] GFCF
[2] Share of Mines on National Investment
[3] Mineral Industry Investment
[4] ICOR

سرمایه‌گذاری دولتی از کل سرمایه گذاری سالانه[1] می‌باشد و در شکل (۴-۲۶) نشان داده شده است. اعطای کمک های فنی و اعتباری[2] به معادن و متناسب با اهداف سالیانه جذب سرمایه[3] صورت می-گیرد و بسته به میزان تحقق مقادیر هدفگذاری شده سالانه ایجاد ارزش افزوده[4] تعیین می‌شود. کمک‌های مذکور پس از تعیین میزان دستیابی به اهداف مربوطه در سال بعدی پرداخت می‌گردد. همچنین بخشی از سود سالانه تولید[5]، در سال بعد، مجددا در معادن سرمایه‌گذاری می‌شود.

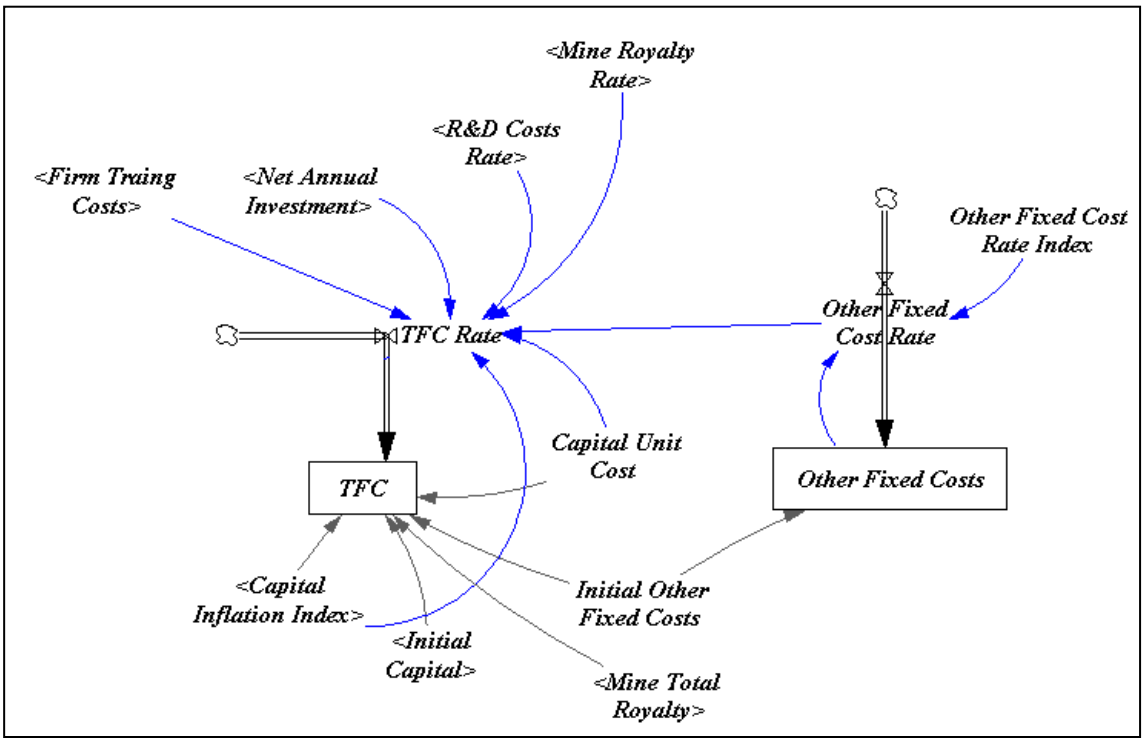


شکل ۴-۲۶: مدل عوامل موثر بر تشکیل سرمایه ثابت ناخالص کشور

[1] Effect of Government Investment Ratio on Mine Investment
[2] Governmental Technical Founds
[3] Desired Mine Secor Investment
[4] Mine Annual Investment Requirement to Fill Value Added Vision
[5] Annual Reinvetment

۴-۵-۳-۵- مدل‌سازی هزینه و درآمدهای فعالیت های معدنی

زیرمدل هزینه و درآمدها به عنوان یکی از مهمترین عوامل داخلی، دارای تاثیرات مختلف بر دیگر بخش‌های زیرمدل می‌باشند. این زیرمدل بطور کلی شامل عوامل موثر بر هزینه‌ها و درآمدهای دولت و بنگاه‌های معدنی می‌گردد. هزینه‌های بنگاه‌ها بر اساس تفکیک آنها به هزینه‌های ثابت و متغیر صورت گرفته است. مدل‌سازی هریک از اقلام هزینه‌های ثابت شامل حقوق دولتی، تحقیق و توسعه، هزینه‌های آموزشی، هزینه‌های تامین سرمایه و سایر هزینه‌های ثابت بصورت یک متغیر نرخ و حالت مطابق شکل (۴-۲۷) صورت گرفت که هزینه‌های آموزشی و تحقیق و توسعه از زیرمدل‌های مربوطه قابل اعمال می‌باشد.

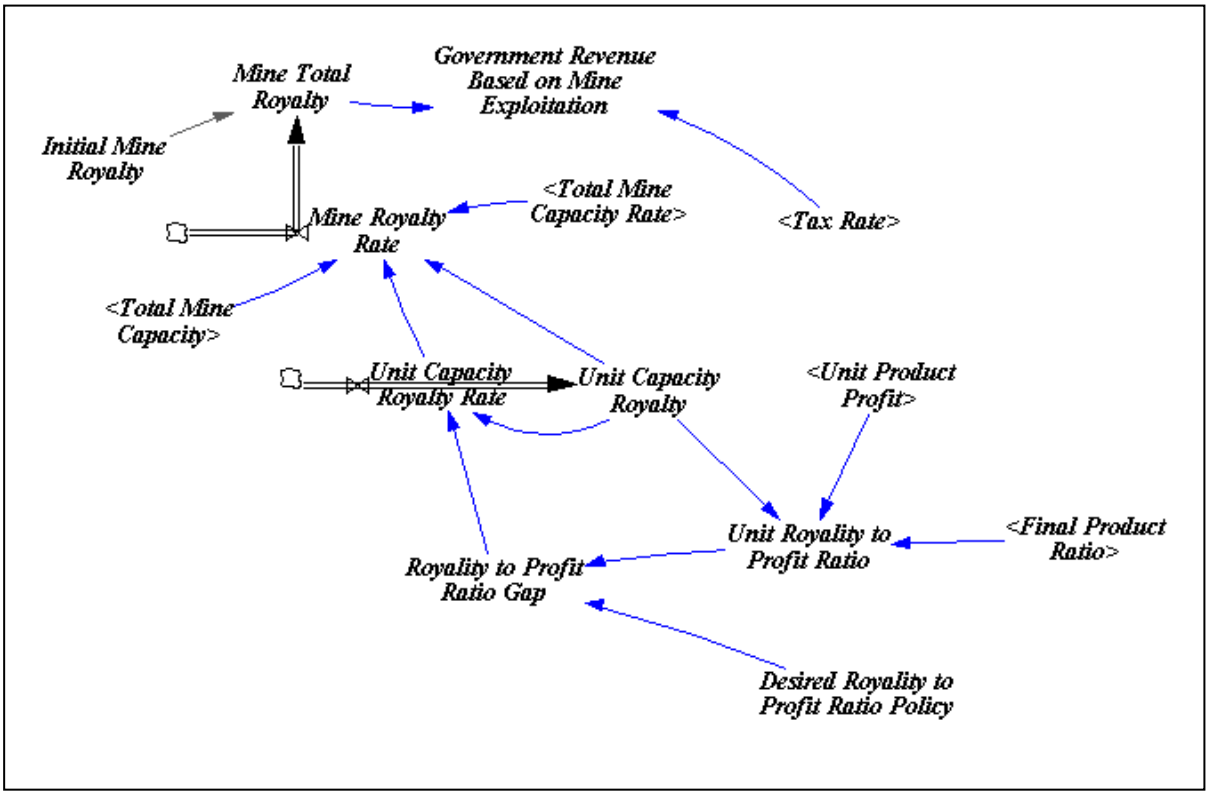


شکل ۴-۲۷: مدل‌سازی هزینه‌های ثابت تولید

پرداختی‌های مستقیم فعالیتهای معدنی به دولت و به عبارت بهتر تامین درآمدهای دولت از بخش معدن[1] از دو منبع اصلی صورت می‌گیرد که شامل اخذ مالیات و حقوق دولتی می‌باشد محاسبه حقوق دولتی معادن[2] به صورت مستقل از میزان استخراج واقعی و با توجه به میزان کل استخراج سالانه

[1] Government Revenue Based on Mine Exploitation
[2] Mine Total Royalty

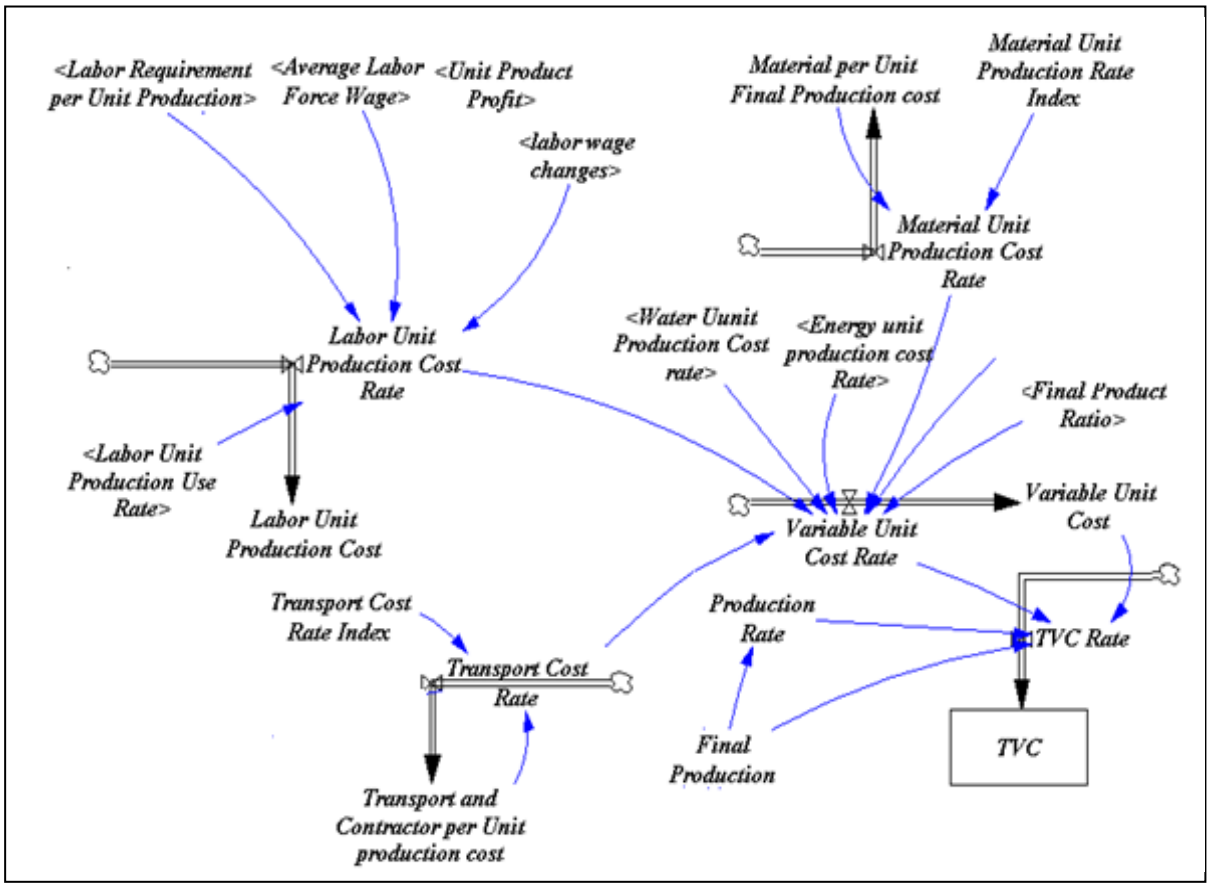
مندرج در پروانه بهره‌برداری معادن[1] صورت می‌گیرد که به عنوان هزینه بنگاه و درآمد دولت منظور می‌گردد. دیدگاه مدیریت بخشی در این خصوص دریافت نسبت مشخصی از سود خالص واحد استخراج از معادن[2] می‌باشد که با توجه به بررسی صورت گرفته معادل با ۲۰ درصد در مدل در نظر گرفته شد و بسته به سیاست تعیین حقوق دولتی قابل تغییر می‌باشد. حقوق دولتی به عنوان ردیف اصلی درآمدی دولت و بر مبنای دریافت بخشی از سود خالص[3] مطابق شکل (۴-۲۸) منظور گردید تا امکان کسب درآمدهای دولت در مدل در جهت دریافت نسبت ثابت از سود خالص واحد استخراج از معادن[4] فراهم گردد به طوری که با تعیین میزان اختلاف بین اهداف مصوب و میزان دریافتی نسبت حقوق دولتی به سود[5] در جهت بهبود میزان مذکور به صورت هدفجو فراهم شود.



شکل ۴-۲۸: مدل‌سازی تعیین حقوق دولتی معادن

[1] Total Mine Capacity
[2] Unit Royality to Profit Ratio
[3] Unit Product Profit
[4] Desired Royality to Profit Ratio Policy
[5] Royality to Profit Ratio Gap

در خصوص هزینه های متغیر به ازای تناژ محصول[1]، مدل‌سازی هر یک از اجزای تشکیل دهنده آن به صورت یک پارامتر حالت و با نرخ تغییرات مشخص بسته به عوامل تاثیرپذیر بر آن مطابق شکل (۴-۲۹) صورت گرفت. واحد کلیه پارامترهای هزینه‌ای میلیون ریال بر تن به قیمت جاری و میزان مصرف به ازای هر تن محصول می‌باشدکه این مقادیر با توجه به مقادیر محاسبه شده در بخش (۴-۴-۲-۵) استخراج و در مدل وارد گردید.

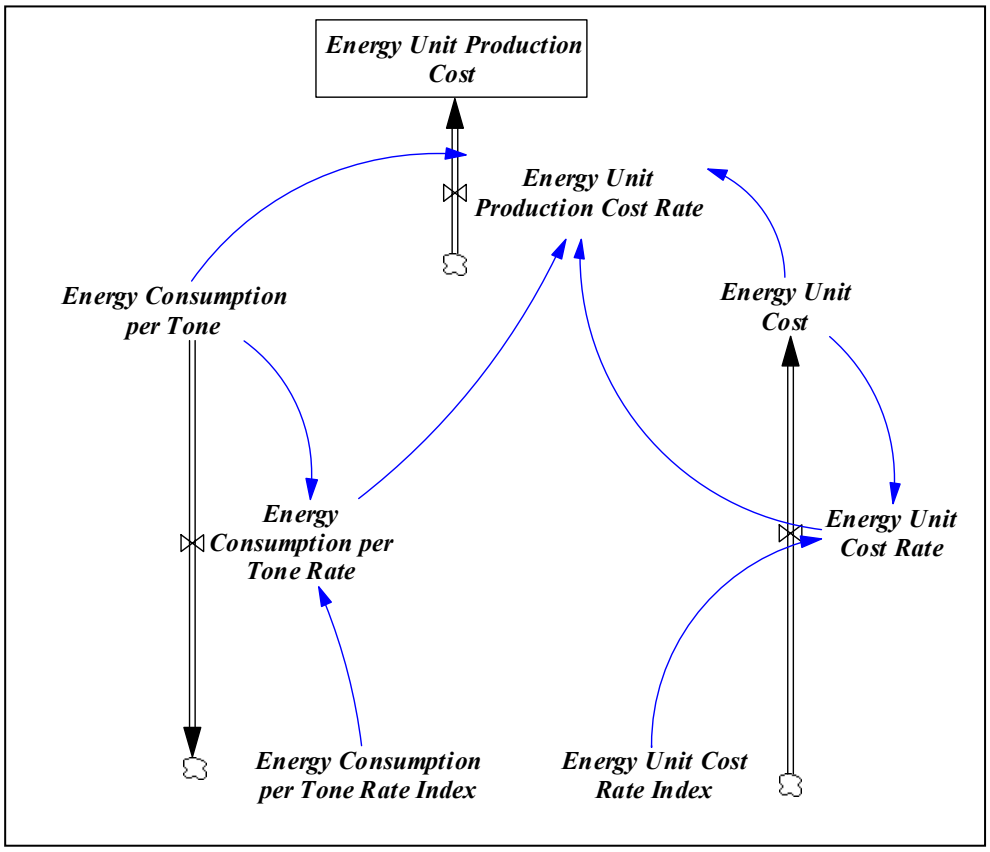


شکل ۴-۲۹: مدل‌سازی هزینه‌های متغیر تولید

مصرف انرژی به ازای تناژ محصول[2] به عنوان یکی دیگر از هزینه‌های متغیر تولید مطابق شکل (۴-۳۰) مدل‌سازی گردید و در آن نرخ تغییرات هزینه مصرف انرژی به ازای تناژ محصول[3] با توجه به روابط (۴-۲۷) و (۴-۲۸) به صورت تابعی از مقادیر هزینه تامین انرژی[4] و میزان مصرف انرژی به ازای

[1] Variable Unit Cost
[2] Energy Unit Production Cost
[3] Energy Unit Production Cost rate
[4] Energy Unit Cost

واحد تولید[1] و نیز تغییرات آنها محاسبه گردید. تغییرات هزینه مصرف آب بازای واحد تولید[2] نیز بصورت مشابه مدل‌سازی گردید. همچنین میزان نیروی انسانی بکار گرفته شده در تولید محصول از زیرمدل نیروی انسانی به دست آمد.

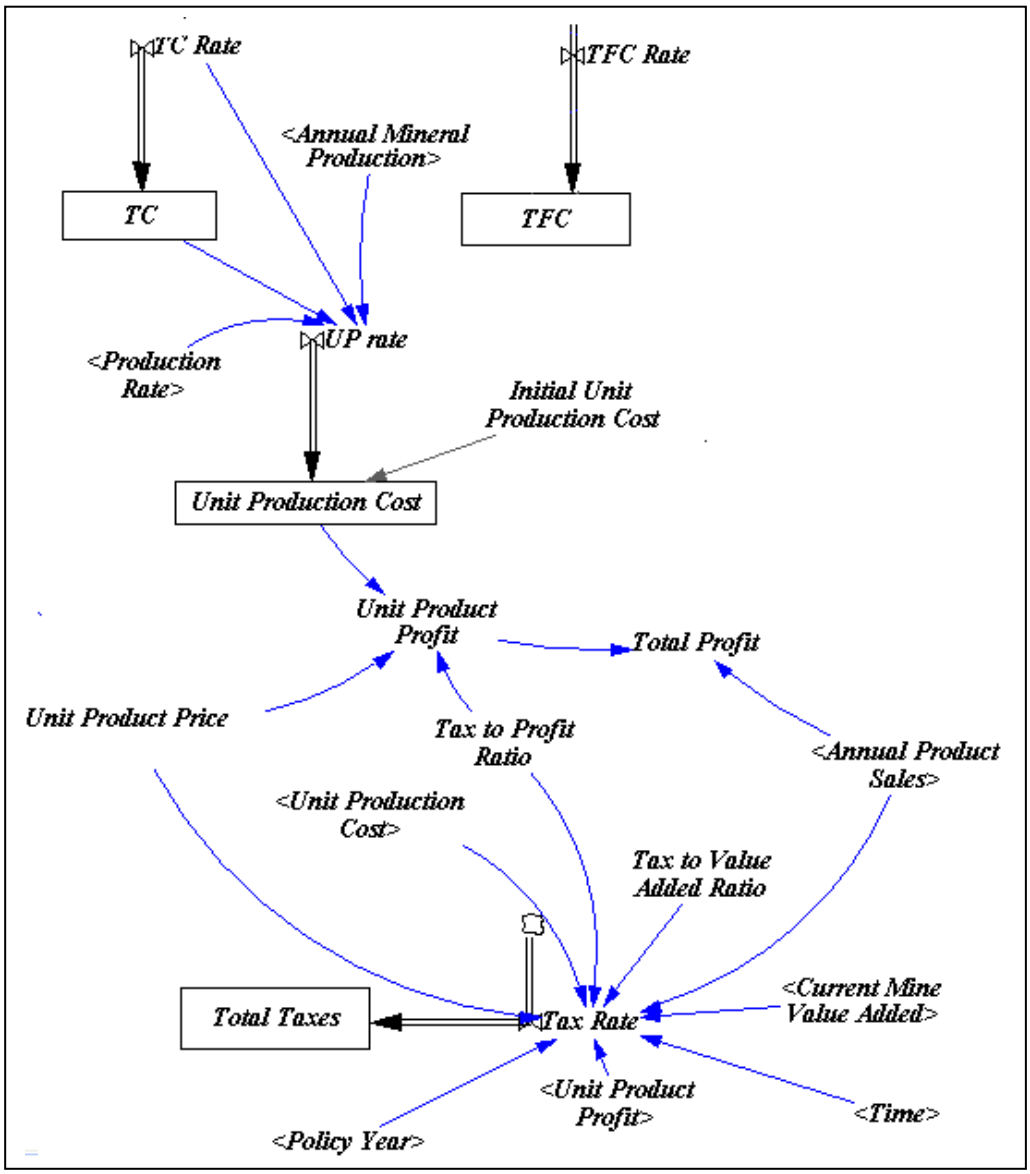


شکل ۴-۳۰: مدل‌سازی تغییرات هزینه مصرف انرژی به ازای واحد تولید محصول

با توجه به موارد فوق‌الذکر و روابط (۴-۲۹) تا (۴-۳۳)، محاسبه نرخ تغییرات هزینه‌های کل تولید[3]، مطابق شکل (۴-۳۱) از مجموع تغییرات هزینه‌های ثابت[4] و تغییرات هزینه‌های متغیر[5] حاصل می‌شود. هزینه متوسط تولید[6] نیز بر اساس تغییرات هزینه تولید[7] و تغییرات تولید[8] تعیین می‌شود.

[1] Energy Consumption per Tone
[2] Water Uunit Production Cost rate
[3] TC Rate
[4] TFC Rate
[5] TVC Rate
[6] Unit Production Cost
[7] UP rate
[8] Production Rate

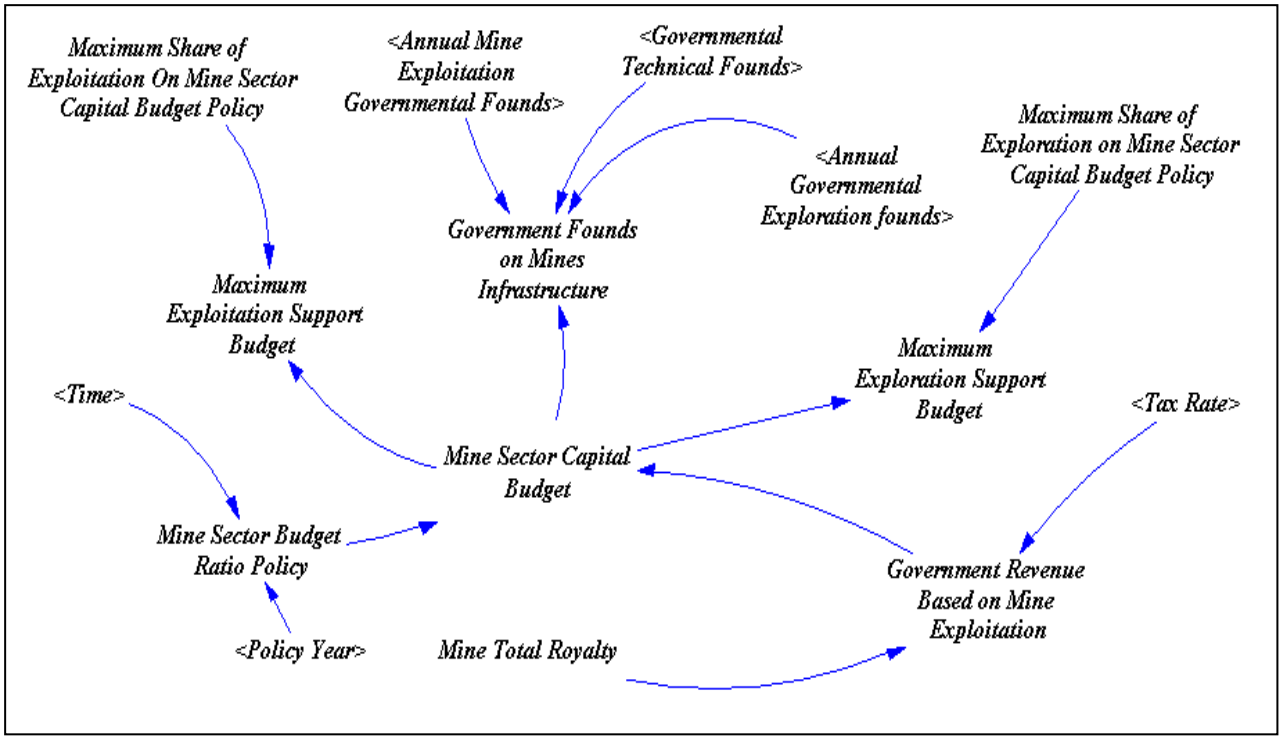
همچنین سود ناشی از واحد تولید[1] از تفاضل هزینه متوسط تولید و قیمت متوسط فروش تولیدات[2] و پس از کسر نسبت مالیات و عوارض[3] محاسبه می‌گردد. نسبت مالیات برای سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۷ بر مبنای ۲۵ درصد سود و برای سال‌های بعد بر مبنای ۳ درصد ارزش افزوده لحاظ گردیده است. کل سود تولید[4] نیز از حاصلضرب سود هر واحد محصول و کل تولیدات فروش رفته[5] محاسبه می‌گردد.



شکل ۴-۳۱: مدل‌سازی هزینه و سود تولید معادن

[1] Unit Product Profit
[2] Unit Product Price
[3] Tax to Profit Ratio
[4] Total Profit
[5] Annual Product Sales

پس از تعیین و وصول پرداختی بنگاههای معدنی به دولت از دو محل مالیات و حقوق دولتی، تخصیص بخشی از این درآمدها مطابق شکل (۴-۳۲) بسته به سیاست دولت، جهت تامین بودجه عمرانی بخش معدن[۱] صورت می‌گیرد. با توجه به محدودیت بودجه، تعیین حداکثر نسبت تامین هریک از اقلام کمک های دولت ضروری است که با تعریف حداکثر نسبت تخصیص بودجه جهت کمک به اکتشاف [۲] و نیز کمک های فنی و اعتباری به معادن[۳] و تخصیص بخشی از آن جهت تامین زیرساختها[۴] صورت می‌گیرد. در این خصوص فرض شده است که کمک های فنی و اعتباری معادن نیز در قالب کمک به تشکیل سرمایه ثابت، حمایت از تحقیق و توسعه و ارتقای آموزش های کاربردی نیروی کار هزینه گردد.



شکل ۴-۳۲: مدل‌سازی پارامترهای درآمدی و بودجه‌ای بخش معدن

[1] Mine Sector Capital Budget
[2] Maximum Share of Exploration on Mine Sector Capital Budget Policy
[3] Maximum Share of Technical Founds On Mine Sector Capital Budget Policy
[4] Government Founds on Mines Infrastructure

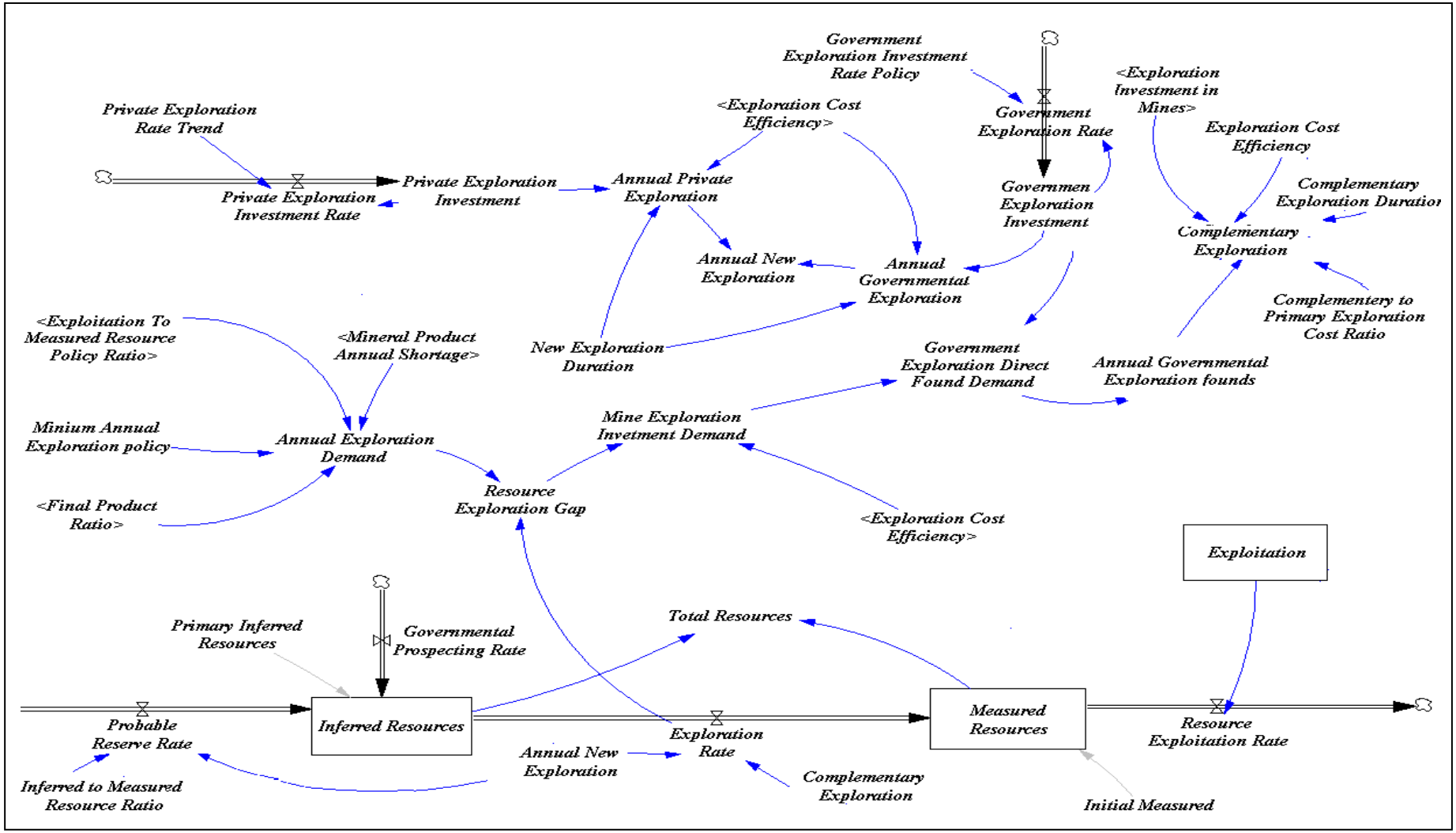
۴-۵-۳-۶- مدل‌سازی منابع معدنی

۴-۵-۳-۶-۱- مدل‌سازی اکتشاف منابع معدنی

میزان اکتشاف منابع معدنی[۱]، تابعی از میزان نیاز کشور به ذخایر محصولات معدنی مورد نیاز و سیاست کلان دولت در زمینه صیانت از منابع می‌باشد و دولت در جهت حفظ نسبت استخراج به منابع اندازه‌گیری شده[۲]، سیاست‌گذاری و نظارت می‌نماید. میزان اکتشافات سالانه[۳] مطابق شکل (۴-۳۳) شامل اکتشافات جدید[۴] و اکتشاف تکمیلی معادن[۵] می‌باشد. اکتشافات جدید در بخشهای خصوصی[۶] و دولتی[۷] منجر به کشف ذخایر جدید بر مبنای زمان متوسط فعالیت‌های اکتشافی[۸] می‌گردد. لیکن با توجه به اختلاف بین اهداف و عملکرد حوزه اکتشاف[۹]، بخشی از اعمال سیاست بودجه‌ای دولت در حوزه معدن، جهت نائل شدن به اهداف مصوب و بر مبنای تخصیص بودجه اکتشافی بخش معدن[۱۰] صورت می‌گیرد که در راستای کمک به اکتشافات تکمیلی معادن صورت می‌گیرد. اکتشاف تکمیلی معادن نیز که منجر به افزایش ذخایر قابل بهره برداری معادن می‌گردد، بر مبنای فعالیتهای اکتشافی حین بهره برداری می‌باشد و از سرمایه‌گذاری توسعه و اکتشاف معادن قابل محاسبه می‌باشد. میزان هزینه متوسط اکتشاف هر تن ذخیره[۱۱] بر مبنای داده های موجود قابل محاسبه می‌باشد. همچنین نسبت منابع قطعی به استنباطی[۱۲] بطور متوسط معادل با ۰/۵۲ در مدل اعمال گردیده است.

---

[1] Annual Exploration Demand
[2] Exploitation to Resource Ratio Policy
[3] Exploration Rate
[4] Annual New Exploration
[5] Complementary Exploration
[6] Annual Private Exploration
[7] Annual Governmental Exploration founds
[8] New Exploration Duration
[9] Resource Exploration Gap
[10] Governmental Exploration Investment
[11] Exploration Cost Efficiency
[12] Inferred to Measured Resource Ratio



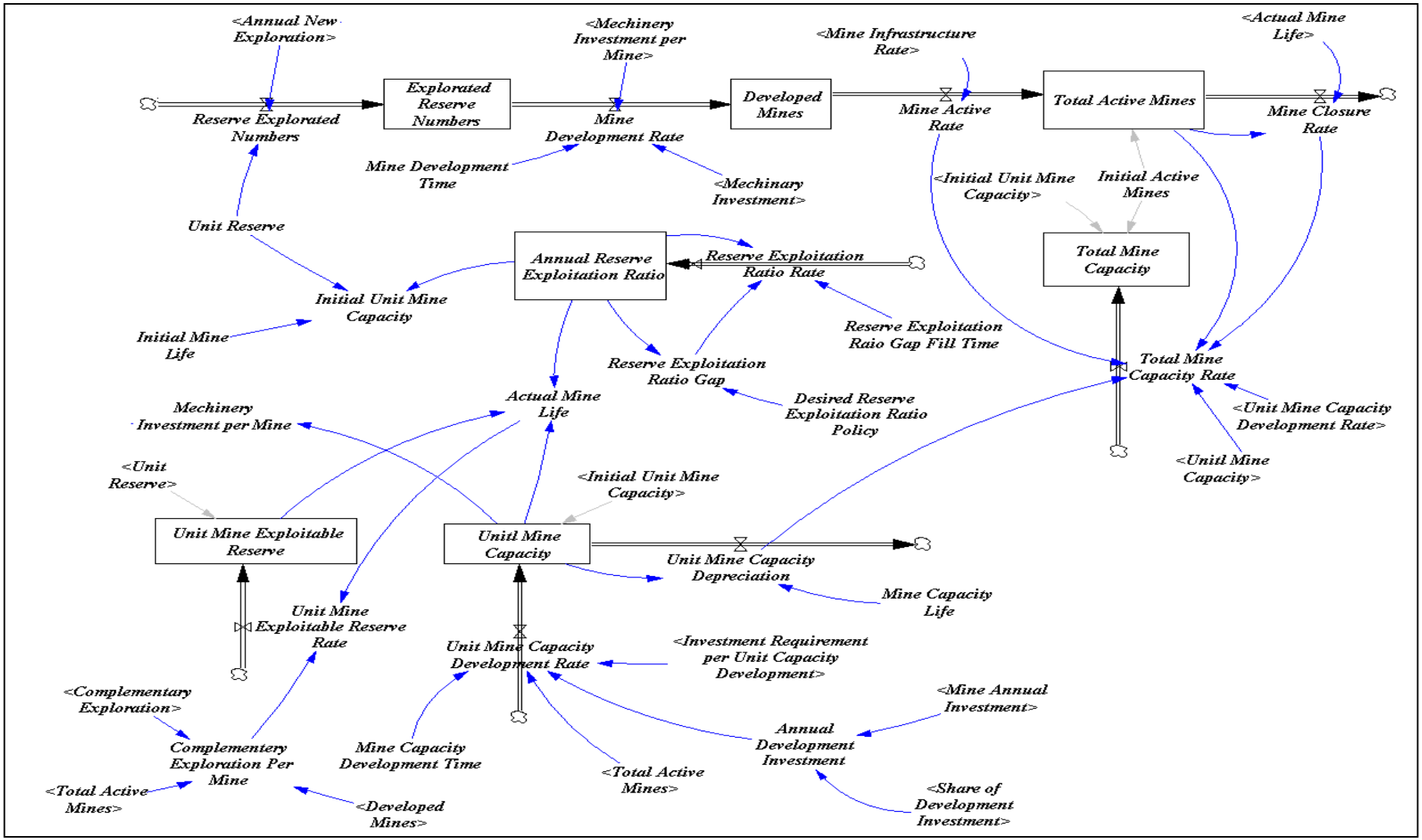
شکل ۴-۳۳: مدل سرمایه گذاری و هزینه اکتشافات

۴-۵-۳-۶-۲-مدل سازی ایجاد ظرفیت بهره برداری از ذخایر معدنی

اصولا پس از اکتشاف ذخایر و مشخص شدن ذخایر قطعی[۱]، امکان ایجاد ظرفیت جدید تولید محصولات مورد نیاز کشور پس از طی دوره آماده‌سازی معادن[۲] فراهم می‌گردد. آماده‌سازی[۳] ذخایر معدنی جهت بهره برداری عمدتا بر اساس سرمایه گذاری سالانه در زمینه تجهیزات و ماشین آلات تولید انجام می‌شود و میزان فعال شدن معادن[۴] پس از سرمایه‌گذاری زیرساختی معادن و تامین زیرساخت‌ها حاصل می‌شود.

میزان افزایش ظرفیت هر معدن[۵] نیز بر مبنای سرمایه‌گذاری‌های توسعه‌ای سالانه معادن قابل محاسبه محاسبه می‌باشد. مطابق شکل (۴-۳۴) با توسعه ظرفیت تولید هر معدن و اکتشافات جدید و تکمیلی، میزان ظرفیت کل معادن[۶] افزایش می‌یابد. نکته مهم تناسب ظرفیت تولید معدن[۷] و ذخیره کشف شده شده هر معدن[۸] بر مبنای عمر متوسط معادن و نسبت بهره برداری از ذخیره[۹] در طول فعالیت معدن می‌باشد به طوری که حداکثر ذخیره کشف شده قابل برداشت باشد.

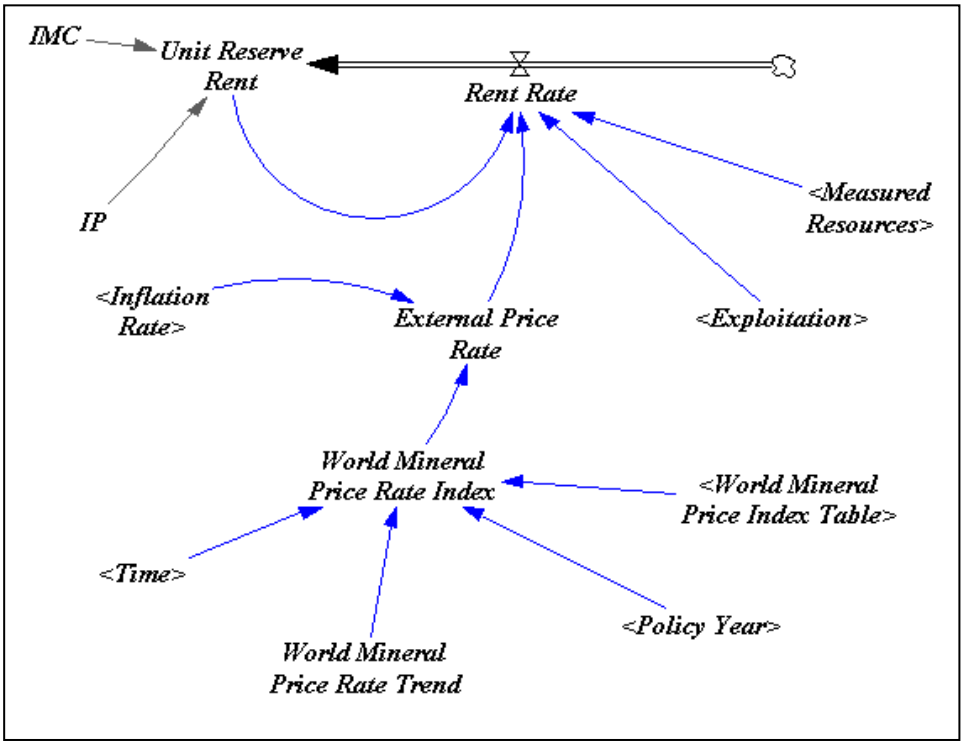
[1] Explorated Reserve Numbers
[2] Mine Development Time
[3] Mine Development Rate
[4] Mine Active Rate
[5] Unit Mine Capacity Development Rate
[6] Total Mine Capacity
[7] Unitl Mine Capacity
[8] Unit Mine Exploitable Reserve
[9] Annual Reserve Exploitation Ratio



شکل ۴- ۳۴ : مدل سازی ایجاد ظرفیت بهره برداری از ذخایر معدنی

۴-۵-۳-۶-۳- مدل‌سازی تعیین تولید بهینه معادن

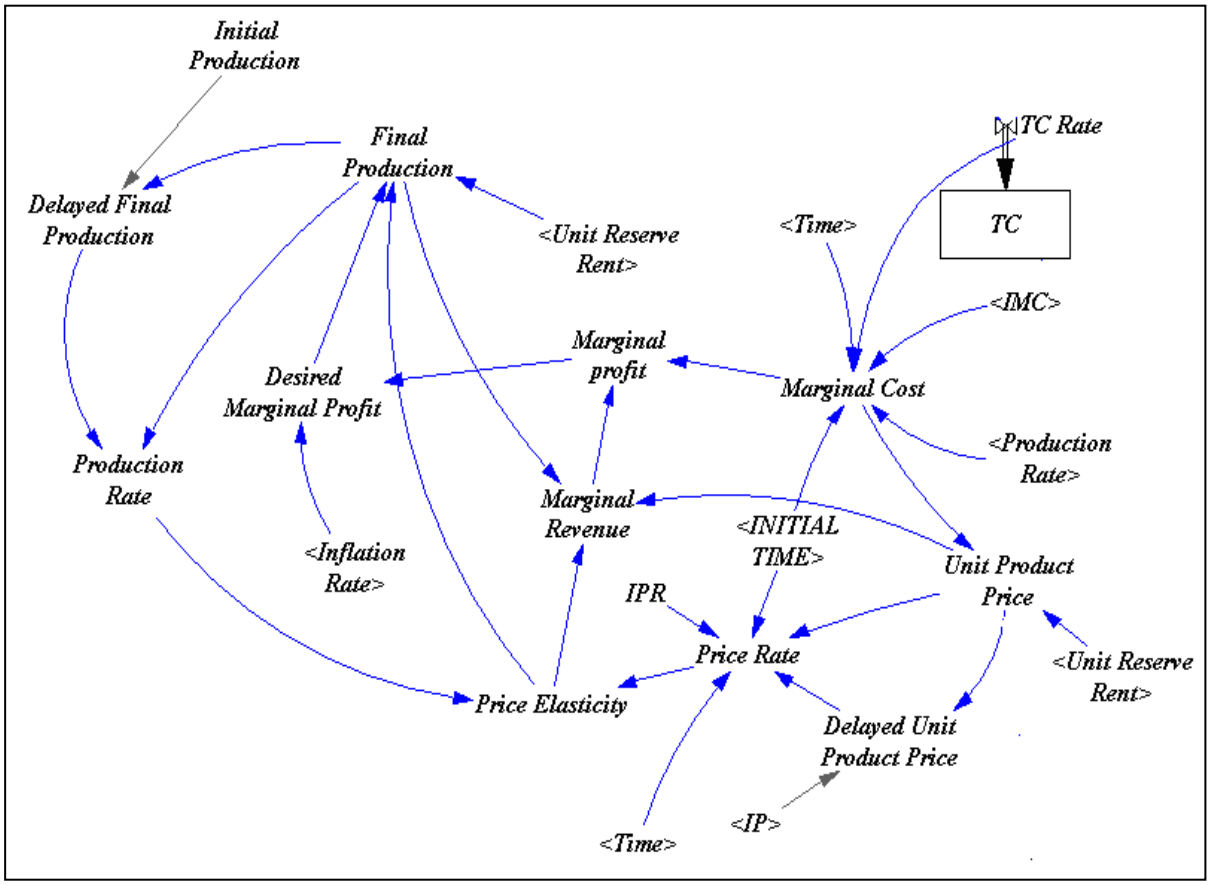
با توجه به توضیحات بخش (۴-۴-۲-۸)، تعیین میزان محصول بهینه و قیمت آن از مهمترین اجزای تحقیق می‌باشد که بر اساس تلفیق حداکثر سازی توام تابع منافع اجتماعی و ارزش حال سود نهایی تولید محصول انجام می‌پذیرد. محاسبه رانت هر واحد منبع استخراج نشده در هر سال[۱] به عنوان یکی یکی از مولفه‌های موثر بر قیمت و میزان تولید بهینه محصول می‌باشد که مقدار اولیه آن از تفاضل قیمت اولیه محصول و هزینه نهایی اولیه به دست می‌آید و تغییرات رانت هر هر واحد[۲] معادل با بیشترین مقدار تاثیرپذیری بر اساس نرخ تورم و شاخص کمیابی محصول می‌باشد. شاخص کمیابی نیز بر اساس میزان استخراج و منابع اندازه‌گیری شده محاسبه می‌گردد. محاسبه رانت منبع در هر سال مطابق شکل (۴-۳۵) و بر اساس نرخ تورم محیطی[۳] معادل با ماکزیمم مقدار نرخ افزایش بهای کالاها و خدمات و نرخ افزایش قیمت جهانی متوسط مواد معدنی[۴] تعریف گردید.



شکل ۴-۳۵: مدل سازی رانت ذخایر معدنی

[1] Unit Reserve Rent
[2] Rent Rate
[3] External Price Rate
[4] World Mineral Price Rate Index

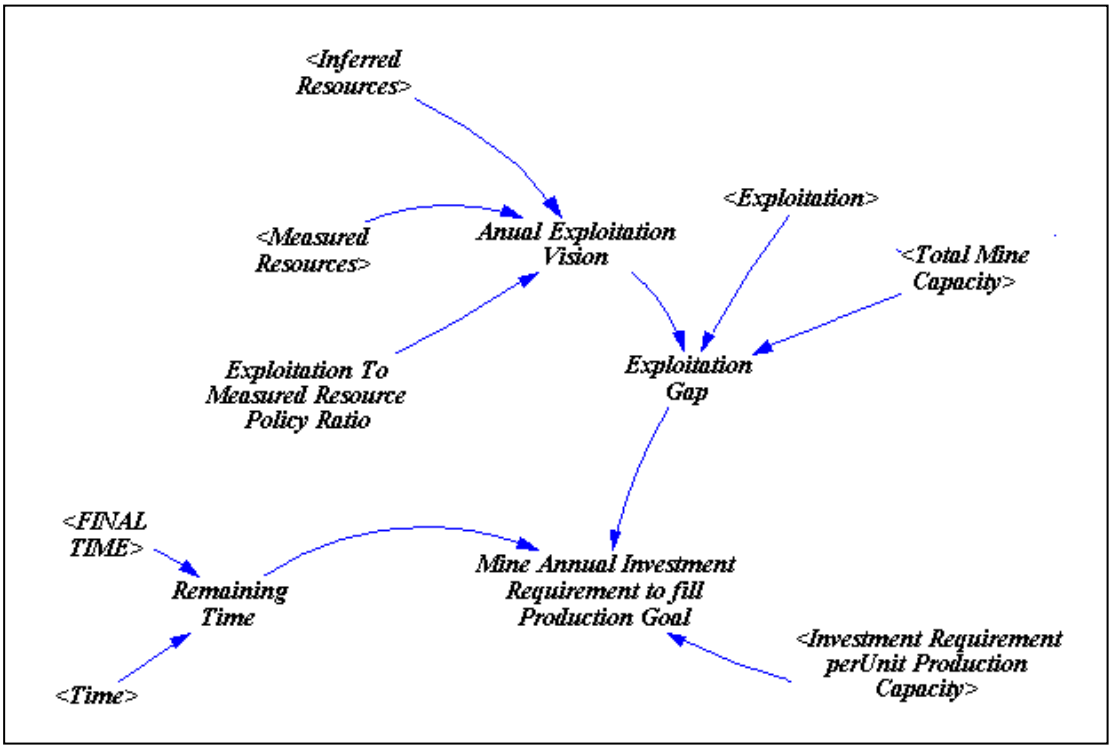
پس از مشخص شدن میزان رانت منبع، نیاز به تعیین هزینه نهایی یا حاشیه‌ای تولید[۱] می‌باشد که از تقسیم نرخ تغییرات هزینه‌های کل بر نرخ تغییرات تولید[۲] به دست می‌آید. درآمد نهایی[۳] حاصل از فروش نیز مطابق شکل (۴-۳۶) بر اساس تفاضل قیمت فروش از حاصل‌ضرب تولید نهایی و کشش قیمتی محصول[۴] محاسبه می‌گردد. سود نهایی هر واحد محصول[۵] نیز بر اساس تفاضل هزینه نهایی و درآمد نهایی محاسبه می‌گردد. تعیین تولید بهینه معدن بر مبنای تئوری گری صورت می‌گیرد. بدین صورت که با استفاده از روابط (۴-۴۶) تا (۴-۵۰) و بر مبنای تعریف سود نهایی جدید[۶] معادل با ارزش ارزش حال سود سال قبل، امکان محاسبه تولید بهینه سال جاری[۷] فراهم می‌شود.



شکل ۴-۳۶:پویایی تولید معادن بر مبنای سود نهایی

[1] Marginal Cost
[2] Production Rate
[3] Marginal Revenue
[4] Price Elasticity
[5] Marginal Profit
[6] Desired Marginal Profit
[7] Final Production

تولید بهینه تعیین شده در این مرحله با ظرفیت ایجاد شده در بخش قبلی مقایسه شده و در صورت کمتر بودن مقدار ظرفیت واقعی معادن نسبت به تولید بهینه، مقدار ظرفیت به عنوان تولید تعیین می‌شود. مقدار تولید فروش رفته نیز با فرض عدم انبار نمودن مواد معدنی بر اساس میزان تولید مورد تقاضا تعین می‌شود که در زیرمدل عرضه و تقاضا مورد بررسی قرار گرفت. نکته مهم رفتار هدفجوی مدل مطابق شکل (۴-۳۷) در جهت هدف استخراج سالانه معادن[1] بر اساس سیاست نسبت استخراج به منابع قطعی[2] می‌باشد که مدل با برآورد میزان اختلاف بین میزان استخراج واقعی با هدفگذاری استخراج[3] در مدت زمان باقیمانده تا سال آخر اجرای مدل، سرمایه‌گذاری مورد نیاز جهت رسیدن به اهداف تولید[4] را مشخص می‌نماید. این مقدار با سرمایه گذاری مورد نیاز جهت تامین سایر اهداف بخش تلفیق و میزان نهایی تشکیل سرمایه ثابت مورد نیاز بخش را جهت تخصیص کمک‌های سالانه فنی و اعتباری از محل بودجه عمرانی بخش تشکیل می‌دهد.



شکل ۴-۳۷: مدل‌سازی رفتارهای هدفجوی تولید

[1] Anual Exploitation Vision
[2] Exploitation To Measured Resource Policy Ratio
[3] Exploitation Gap
[4] Mine Annual Investment Requirement to fill Production Goal

۴-۶- نتیجه گیری

مدل‌سازی علت و معلولی مدیریت بخش معدن در راستای ارتقای سهم آن در اقتصاد و تحلیل پویایی سیستمی مربوطه در این فصل صورت گرفت. این مدل دارای هشت زیرمدل اصلی شامل عرضه و تقاضا، منابع معدنی، سرمایه‌گذاری، هزینه و درآمد، ارزش افزوده، فناوری، سرمایه و نیروی انسانی می‌باشد و اجزای آن در بازخورد با یکدیگر و با تاثیرپذیری از پارامترهای محیطی در جهت ارتقای نقش معادن در اقتصاد ملی موثر می‌باشند. عوامل محیطی نیز در قالب سه بخش جمعیت، تورم و اقتصاد کلان بر زیرمدل‌های مذکور اثرگذار می‌باشند. جزئیات برنامه کامپیوتری تدوین شده در این تحقیق و کلیه روابط بین متغیرهای مدل در قالب نرم افزار Vensim در پیوست شماره ۳ به تفضیل بیان شده است. این مدل در عین پاسخ گویی به نیازهای مدیریت بخش معدن، به نیازهای مدیریت بنگاهی نیز توجه نموده است. از مهمترین قابلیت‌های این مدل می‌توان به تلفیق ویژگی‌های نیروی انسانی و نیز توجه به مباحث فناوری و کمی‌سازی آنها اشاره نمود. همچنین این مدل با درنظر گرفتن ابزارهای مختلف جهت سیاستگذاری کلان بخش معدن، توانایی بکارگیری به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری را برای مدیران بخش معدن دارا می‌باشد.

فصل پنجم

ارزیابی مدل و تحلیل سیاست‌ها

۵-۱- مقدمه

یکی از مهمترین ملزومات مدل پویایی سیستمی مدیریت بخش معدن، سنجش کارآیی مدل پیشنهادی می‌باشد. با توجه به این که در فصل قبلی، مدل پیشنهادی جهت مدیریت بخش معدن تشریح گردید لذا در این فصل به بررسی و ارزیابی میزان دقت نتایج مدل پیشنهادی و نیز پیش‌بینی روند آتی عملکرد بخش معدن تحت سناریوهای مختلف و نتایج اجرای برنامه‌های مدیریت بخش پرداخته می‌شود. در این راستا، ابتدا نتایج اجرای مدل با مقادیر واقعی بخش معدن کشور مقایسه می‌شود. سپس با اجرای مدل به پیش‌بینی روند تغییرات متغیرهای کلیدی بخش معدن با فرض تداوم شرایط فعلی و نیز امکان بروز سناریوهای مختلف پرداخته می‌شود. در نهایت پیش‌بینی نتایج اجرای حالات مختلف چهار برنامه اصلی در راستای دو سیاست اصلی بر روی مدل پیشنهادی ارائه شده است.

۵-۲- ارزیابی مدل مدیریت بخش معدن

چنانکه قبلا بیان گردید مدل پیشنهادی رساله جهت مدیریت بخش معدن بر مبنای تئوری پویایی سیستمی به مدل‌سازی ارتقای نقش معادن در اقتصاد ملی می‌پردازد. این مدل دارای هشت زیرمدل اصلی شامل عرضه و تقاضا، منابع معدنی، ارزش افزوده، هزینه و درآمد، سرمایه‌گذاری، فناوری، سرمایه و نیروی انسانی می‌باشد. اگر چه با مقایسه خروجی‌های مدل نهایی با مقادیر واقعی،

امکان سنجش اعتبار مدل مشخص می‌شود لیکن دقیق‌ترین روش، بررسی خروجی‌های هر یک از زیرمدل‌های تحقیق و مقایسه آن با مقادیر واقعی است. بدین منظور برای سنجش هر یک از زیرمدل‌ها، بسته به ویژگی‌های مربوطه، حداقل یک پارامتر مشخصه تعریف گردید. این پارامترها به نوعی معرف اصلی‌ترین خروجی‌های زیرمدل مربوطه می‌باشد. جدول (۵-۱) بیانگر پارامترهای مشخصه هریک از زیرمدل‌های مدیریت بخش معدن می‌باشد.

جدول ۵-۱: پارامترهای اصلی ارزیابی زیرمدل‌های مدیریت بخش معدن

زیر مدل		پارامتر مشخصه	واحد سنجش
نهاده‌های تولید	نیروی انسانی	تعداد نیروی کار	نفر
	سرمایه	موجودی سرمایه	میلیارد ریال
عوامل داخلی	فناوری	سطح فناوری	بدون واحد
	ارزش افزوده	ارزش افزوده	میلیارد ریال
	عرضه و تقاضا	مصرف سالانه	میلیون تن
	سرمایه‌گذاری	سرمایه‌گذاری سالانه	میلیون ریال
	منابع معدنی	تعداد معادن فعال	بدون واحد
		استخراج سالانه	میلیون تن
	هزینه و درآمدها	قیمت محصول	میلیون ریال بر تن

مقایسه مقادیر واقعی هر یک از پارامترهای ارزیابی با خروجی‌های هر زیرمدل، موجب سنجش میزان صحت نتیجه زیرمدل‌های تحقیق، تعیین کارآیی آنها و در نهایت اعتبار مدل نهایی می‌گردد. لازم به ذکر است که پیش‌بینی مقادیر مربوط از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴، بر مبنای نرخ متوسط تغییرات پارامترهای داخلی مدل در بازه ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ ملاک تخمین بوده است. در خصوص پارامترهای محیطی از قبیل تشکیل سرمایه ثابت اقتصاد کشور و تولید ناخالص داخلی در بازه زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴، فرض تحقق کامل مقادیر نرخ رشد هدفگذاری مندرج در اسناد بالادستی کشور، ملاک عمل بوده‌است لیکن در جهت پیش بینی واقعی عملکرد، مقادیر برآوردی قابل تحقق ملاک عمل خواهدبود.

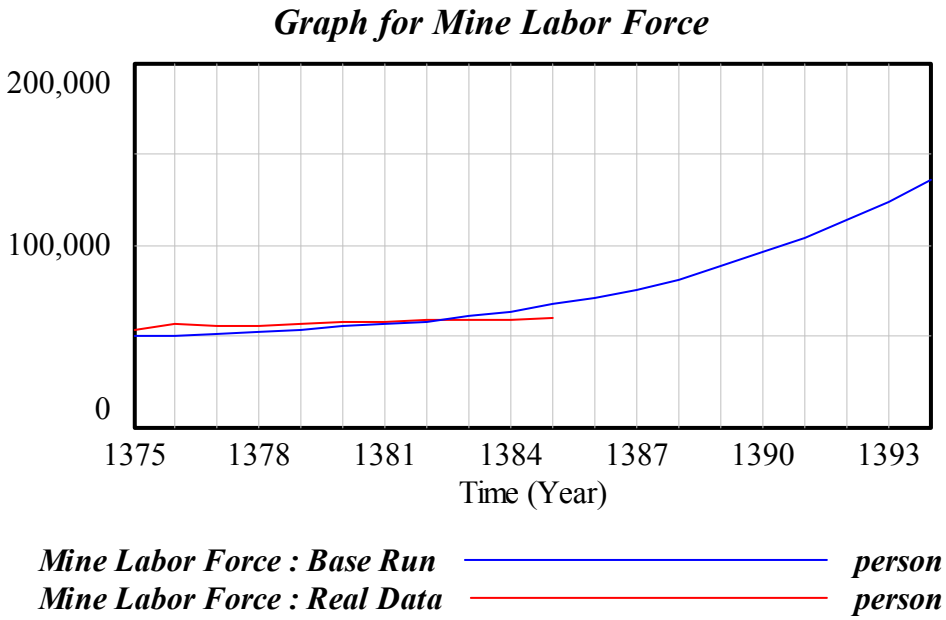
۵-۲-۱-ارزیابی زیرمدل‌ها

۵-۲-۱-۱- زیرمدل نیروی انسانی

زیرمدل نیروی انسانی بر مبنای تغییرات کمی و کیفی سطح نیروی کار و تاثیرات متقابل آنها می‌باشد. جهت ارزیابی کارآیی این زیرمدل می‌توان از تعداد شاغلین تولیدی معادن و شاخص کیفی نیروی انسانی به عنوان خروجی‌های اصلی زیرمدل نام برد که بر عوامل مختلفی از جمله هزینه‌ها، تکنولوژی و ارزش افزوده موثر می‌باشد. جهت سنجش کارآیی این زیرمدل، نتایج اجرای زیرمدل در خصوص تعداد شاغلین تولیدی معادن با داده‌های واقعی کشور مقایسه می‌گردد. جدول (۵-۲) بیانگر تفاوت بین مقادیر واقعی و نتایج اجرای مدل بر مبنای خروجی نرم‌افزار Vensim می‌باشد. همچنین در شکل (۵-۱) خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی شاغلین تولیدی معادن کشور مقایسه گردیده است.

جدول ۵-۲: مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی نیروی کار معادن کشور

سال	تعداد نیروی کار (نفر)	
	مقادیر واقعی	مقادیر خروجی زیرمدل
۱۳۷۵	۵۳۰۴۶	۵۳۰۴۶
۱۳۷۶	۵۶۵۱۶	۵۲۸۳۲
۱۳۷۷	۵۴۹۵۶	۵۴۳۸۱
۱۳۷۸	۵۵۵۷۵	۵۵۰۷۳
۱۳۷۹	۵۶۵۵۹	۵۶۲۸۹
۱۳۸۰	۵۸۲۲۹	۵۸۲۶۹
۱۳۸۱	۵۷۲۲۵	۵۶۵۹۲
۱۳۸۲	۵۸۷۳۶	۵۷۷۳۰
۱۳۸۳	۵۸۶۵۰	۶۰۴۳۶
۱۳۸۴	۵۸۵۶۳	۶۳۴۴۶
۱۳۸۵	۶۰۰۶۲	۶۷۰۹۲
ضریب همبستگی	۰/۸۳۱	



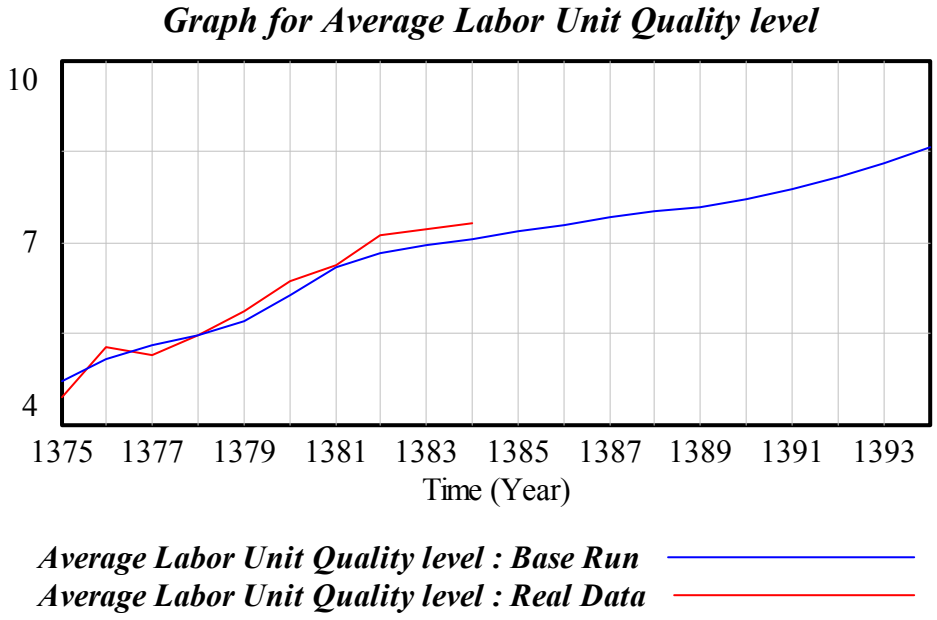
شکل ۵-۱: مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی شاغلین تولیدی معادن کشور (واحد: نفر)

با توجه به شکل (۵-۱) اگر چه در بازه‌های اولیه زمانی، تفاوت بین مقادیر واقعی و خروجی‌های مدل محسوس می‌باشد لیکن با گذشت زمان، تفاوت بین آنها کاهش یافته وکالیبره شدن مدل کلی و کاهش میزان خطای مدل کاملا مشخص می‌باشد.

در خصوص شاخص کیفی نیروی انسانی، مقایسه مقادیر محاسبه شده سالانه شاخص مذکور و خروجی‌های مدل مندرج در جدول (۵-۳) و شکل (۵-۲) بیانگر همبستگی بالای نتایج با داده‌های واقعی می‌باشد.

جدول ۵-۳: مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی شاخص کیفی نیروی کار معادن کشور

سال	مقادیر واقعی	مقادیر مدل
۱۳۷۵	۴/۴۴	۴/۷۱
۱۳۷۶	۵/۲۷	۵/۰۸
۱۳۷۷	۵/۱۳	۵/۳۰
۱۳۷۸	۵/۴۸	۵/۴۶
۱۳۷۹	۵/۸۵	۵/۶۹
۱۳۸۰	۶/۳۶	۶/۱۴
۱۳۸۱	۶/۶۲	۶/۵۸
۱۳۸۲	۷/۱۰	۶/۸۲
۱۳۸۳	---	۶/۹۴
۱۳۸۴	۷/۳۱	۷/۰۶
ضریب همبستگی	۰/۹۸۹	



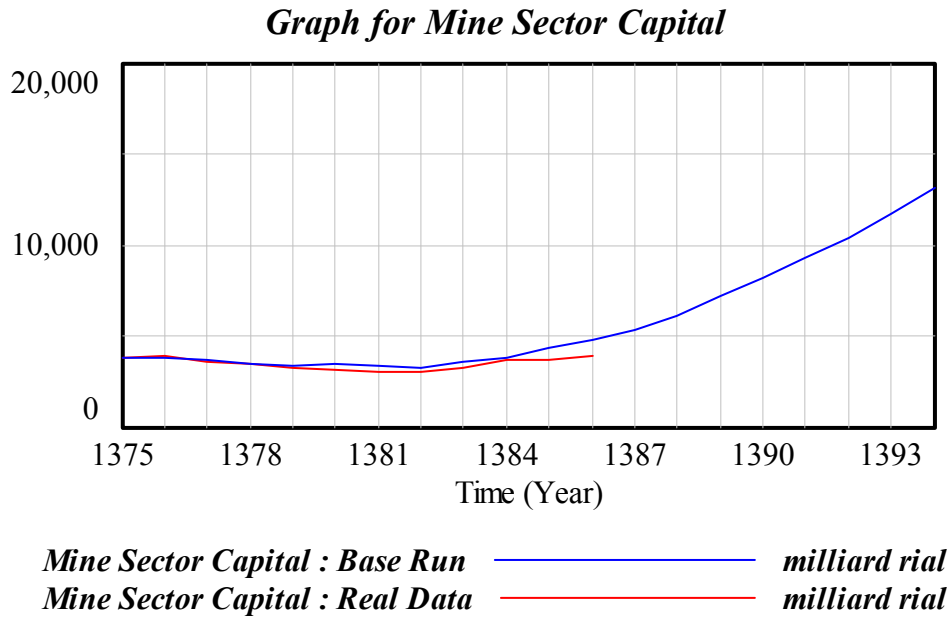
شکل ۵-۲: مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی شاخص کیفی نیروی کار معادن کشور

۵-۲-۱-۲- زیرمدل سرمایه

زیرمدل سرمایه بر مبنای چگونگی تشکیل و مصرف موجودی سرمایه معادن شکل گرفته است و بر زیرمدل‌های مختلفی از جمله ارزش افزوده و هزینه موثر می‌باشد. جهت ارزیابی کارآیی این زیرمدل، نتایج اجرای مدل در خصوص مقدار موجودی سرمایه با توجه داده‌های واقعی کشور مقایسه می‌گردد. در شکل (۵-۳) تفاوت بین مقادیر واقعی و نتایج اجرای مدل نشان داده شده است. همچنین جدول (۵-۴) بیانگر مقادیر خروجی زیرمدل سرمایه و داده‌های محاسبه شده واقعی در بازه زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ می‌باشد.

جدول ۵-۴: مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر محاسبه شده
موجودی سرمایه معادن به قیمت ثابت ۷۶ برحسب میلیارد ریال

سال	مقادیر محاسبه شده	مقادیر مدل
۱۳۷۵	۳۸۱۱	۳۸۱۱
۱۳۷۶	۳۸۵۸	۳۸۱۹
۱۳۷۷	۳۵۹۹	۳۷۳۳
۱۳۷۸	۳۴۱۹	۳۴۷۳
۱۳۷۹	۳۲۰۰	۳۳۶۱
۱۳۸۰	۳۱۶۱	۳۴۵۲
۱۳۸۱	۳۰۷۵	۳۳۴۹
۱۳۸۲	۳۰۳۱	۳۲۳۷
۱۳۸۳	۳۲۲۹	۳۵۱۶
۱۳۸۴	۳۶۶۳	۳۸۴۶
۱۳۸۵	۳۷۰۱	۴۲۸۸
۱۳۸۶	۳۸۷۹	۴۸۳۲
ضریب همبستگی		۰/۸۱



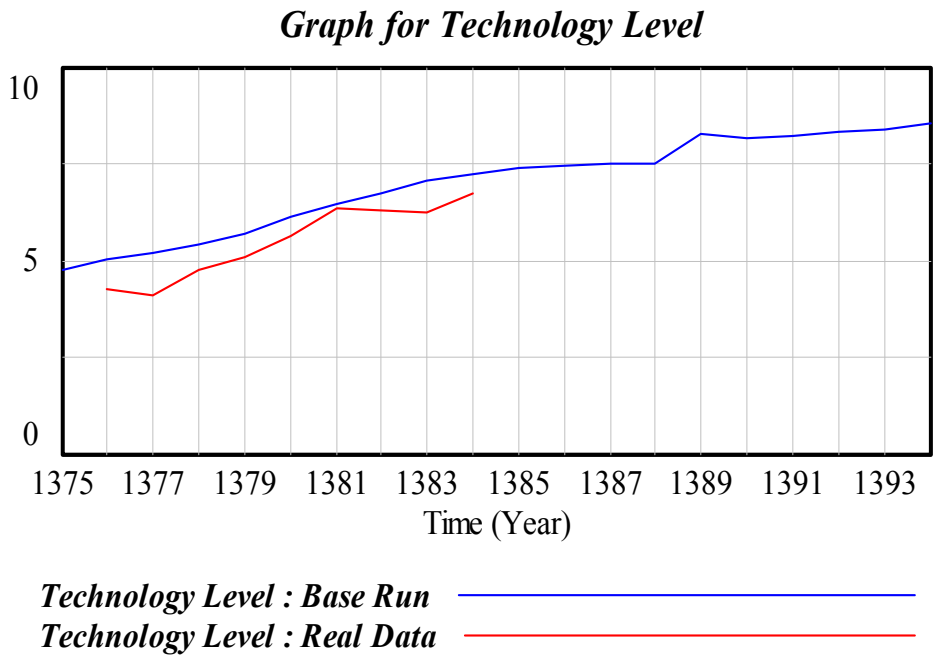
شکل ۵-۳: مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی موجودی سرمایه ثابت معادن کشور بر حسب قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (واحد میلیارد ریال)

۵-۲-۱-۳-زیرمدل فناوری

زیرمدل فناوری بر مبنای مدل‌سازی تاثیرات عوامل موثر بر رشد فناوری در جهت ارتقای بهره‌وری عوامل تولید می‌باشد. این زیرمدل بر عوامل مختلفی از جمله هزینه‌ها و ارزش افزوده موثر می‌باشد. ارزیابی کارآیی این زیرمدل بر مبنای مقایسه مقدار سطح فناوری به عنوان خروجی زیرمدل با مقادیر محاسبه شده شاخص مذکور می‌باشد. با توجه به تاثیرپذیری سطح فناوری از پارامترهای مختلف سرمایه، تحقیق و توسعه و مولفه‌های کیفی نیروی کار، تطابق خروجی مدل با مقادیر محاسبه شده می‌تواند در سنجش کارآیی مدل موثر واقع شود. جدول (۵-۵) و شکل (۵-۴) معرف تفاوت مقادیر محاسبه شده شاخص فناوری با خروجی‌های مدل می‌باشد. همان گونه که ملاحظه می‌شود خروجی پارامتر فناوری به عنوان عامل بهره‌وری نهاده‌ها، تطابق خوبی را با مقادیر محاسبه شده نشان می‌دهد.

جدول ۵-۵: مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی شاخص فناوری معادن کشور

سال	مقادیر محاسبه شده	مقادیر مدل
۱۳۷۵	--	۴/۷۵
۱۳۷۶	۴/۲۵	۵/۰۱
۱۳۷۷	۴/۰۷	۵/۱۸
۱۳۷۸	۴/۷۶	۵/۴۳
۱۳۷۹	۵/۰۵	۵/۷۱
۱۳۸۰	۵/۶۳	۶/۱۳
۱۳۸۱	۶/۳۵	۶/۴۷
۱۳۸۲	۶/۳۰	۶/۷۶
۱۳۸۳	۶/۲۵	۷/۰۴
۱۳۸۴	۶/۷۲	۷/۲۴
ضریب همبستگی		۰/۹۷۱



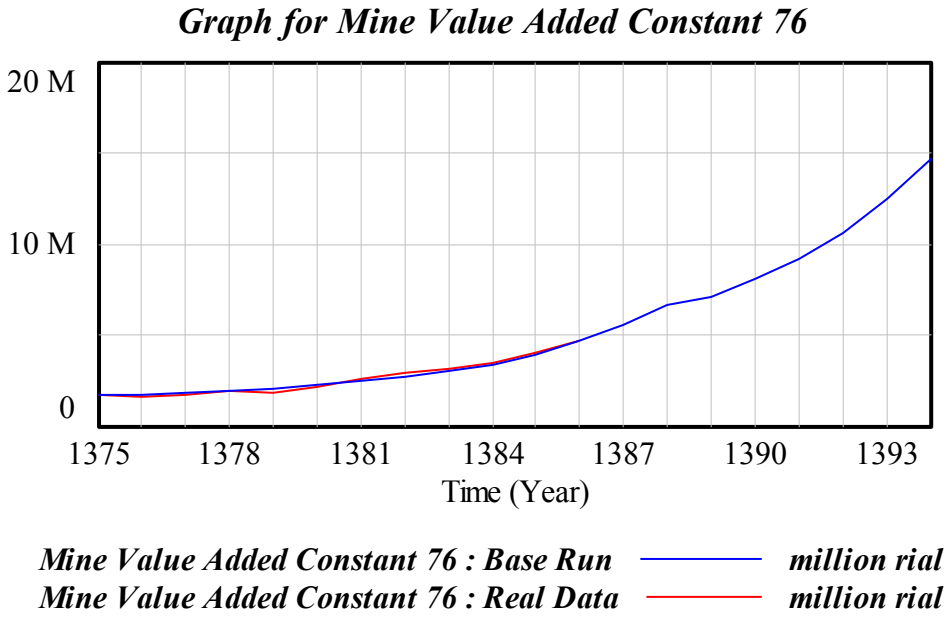
شکل ۵-۴: مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی شاخص فناوری کشور

۵-۲-۱-۴- زیرمدل ارزش افزوده

ارزش افزوده به عنوان خروجی اصلی فرآیند تولید محصول در هر فعالیت اقتصادی می‌باشد. در این رساله دو نهاده اصلی سرمایه و نیروی کار به‌همراه پیشرفت فناوری به عنوان خروجی زیرمدل‌های قبلی در قالب تابع تولید اصلی جهت محاسبه ارزش افزوده بالقوه به کار گرفته می‌شوند. مقدار این پارامتر بر حسب میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ می‌باشد. در جدول (۵-۶) مقادیر ارزش افزوده حاصل از معادن در مقایسه با مقادیر واقعی آورده شده است. همچنین در شکل (۵-۵) مقادیر محاسبه شده شاخص فناوری با خروجی‌های مدل مقایسه شده است. ارزش افزوده به عنوان مهمترین خروجی مدل، انطباق بسیار خوبی را با مقادیر واقعی نشان می‌دهد.

جدول ۵-۶: مقایسه مقادیر واقعی و خروجی مدل در خصوص ارزش افزوده بخش معدن به قیمت ثابت ۱۳۷۶ بر حسب میلیارد ریال

سال	مقادیر واقعی	مقادیر مدل
۱۳۷۵	۱۶۸۳	۱۶۸۶
۱۳۷۶	۱۶۰۱	۱۷۳۵
۱۳۷۷	۱۶۵۲	۱۸۶۳
۱۳۷۸	۱۸۸۰	۱۹۲۷
۱۳۷۹	۱۸۲۹	۱۹۹۱
۱۳۸۰	۲۱۶۶	۲۲۲۰
۱۳۸۱	۲۵۹۱	۲۴۷۰
۱۳۸۲	۲۹۲۰	۲۶۸۹
۱۳۸۳	۳۱۷۷	۳۰۰۱
۱۳۸۴	۳۵۱۲	۳۴۰۰
۱۳۸۵	۳۹۸۲	۳۸۸۲
۱۳۸۶	۴۶۸۶	۴۵۵۸
ضریب همبستگی	۰/۹۸۸	



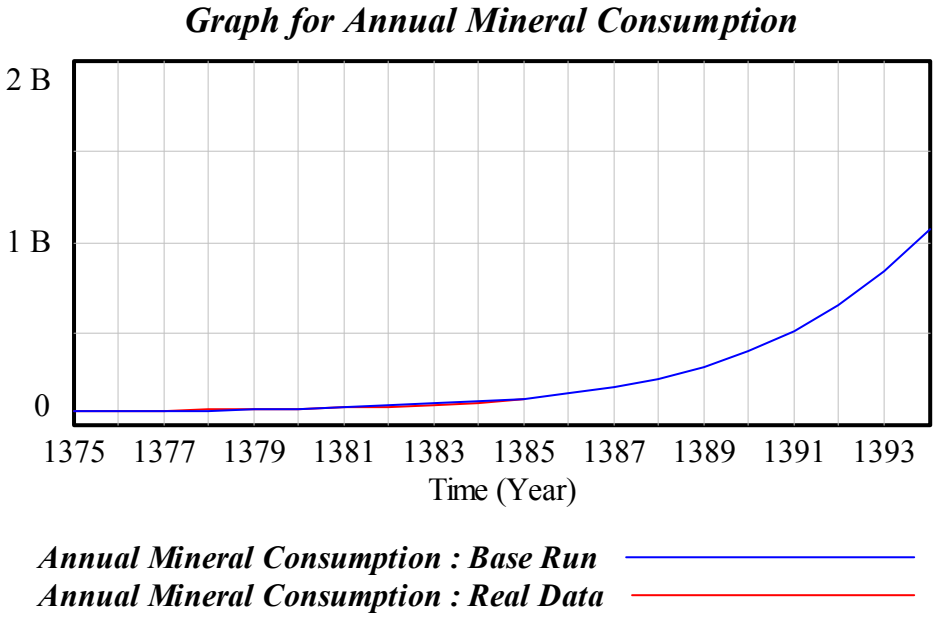
شکل ۵-۵: مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر ارزش افزوده معادن کشور به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (واحد: میلیاردریال)

۵-۲-۱-۵- زیرمدل عرضه و تقاضا

زیرمدل عرضه و تقاضا بر مبنای تعیین نیاز کشور با استفاده از تئوری شدت مصرف ایجاد شده است. میزان مصرف سالانه محصولات معدنی به عنوان موثرترین پارامتر این زیرمدل می‌باشد. جدول (۵-۷) بیانگر تفاوت بین مقادیر واقعی و نتایج اجرای مدل در خصوص میزان مصرف ظاهری سالانه می‌باشد. همچنین در شکل (۵-۶) خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی مصرف محصولات معدنی کشور مقایسه گردیده است.

جدول ۵- ۷ : مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی مصرف
ظاهری محصولات معدنی کشور (واحد: میلیون تن)

سال	مقادیر واقعی	مقادیر مدل
۱۳۷۵	۶۹/۷۸	۶۹/۷۸
۱۳۷۶	۷۱/۸۱	۷۱/۸۷
۱۳۷۷	۷۳/۹۷	۷۳/۵۴
۱۳۷۸	۷۵/۱۴	۷۶/۱۵
۱۳۷۹	۷۹/۳۶	۷۹/۸۱
۱۳۸۰	۸۲/۳۴	۸۵/۳
۱۳۸۱	۹۰/۸۴	۹۴/۵۳
۱۳۸۲	۱۰۰/۴۷	۱۰۳/۶۶
۱۳۸۳	۱۰۸/۳۳	۱۱۲/۹
۱۳۸۴	۱۱۸/۶۸	۱۲۴/۴۸
۱۳۸۵	۱۳۰/۸۶	۱۳۸/۲
ضریب همبستگی	۰/۹۹۹۵	



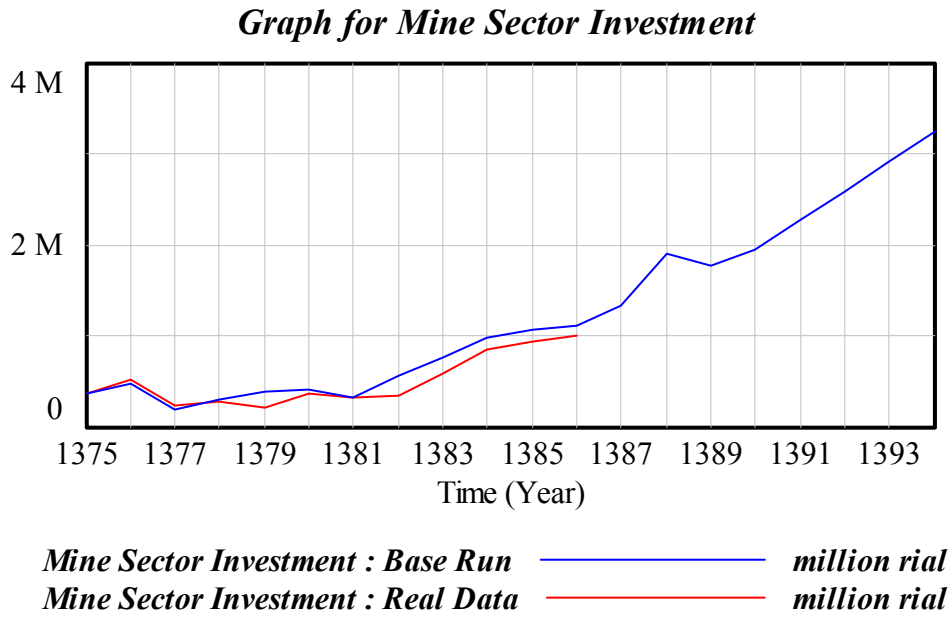
شکل ۵-۶: مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی مصرف ظاهری محصولات معدنی کشور

۵-۲-۱-۶- زیرمدل سرمایه‌گذاری

زیرمدل سرمایه‌گذاری بر مبنای بررسی عوامل موثر بر جذب سرمایه شکل گرفته است. پارامتر تشکیل سرمایه ثابت سالانه به عنوان مهمترین پارامتر این زیرمدل می‌باشد. تفاوت بین مقادیر واقعی سرمایه‌گذاری ثابت سالانه و نتایج اجرای مدل بر حسب میلیون ریال در جدول (۵-۸) آورده شده است. در شکل (۵-۷) نیز خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی سرمایه‌گذاری سالانه معادن کشور مقایسه گردیده است. نتایج اجرای مدل در خصوص مقادیر پارامتر سرمایه‌گذاری سالانه انطباق خوبی را با مقادیر سرمایه‌گذاری سالانه نشان می‌دهد.

جدول ۵-۸: مقایسه مقادیر واقعی و خروجی سرمایه‌گذاری ثابت سالانه به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ بر حسب میلیون ریال

سال	مقادیر واقعی	مقادیر خروجی زیرمدل
۱۳۷۵	۳۶۴۲۷۹	۳۵۸۷۲۰
۱۳۷۶	۵۲۳۱۸۴	۵۸۲۹۸۷
۱۳۷۷	۲۲۳۴۸۲	۲۴۱۷۴۵
۱۳۷۸	۲۶۹۷۴۶	۲۳۶۵۲۸
۱۳۷۹	۲۰۸۷۰۱	۳۲۷۳۸۸
۱۳۸۰	۳۶۱۰۲۳	۳۱۳۳۲۱
۱۳۸۱	۳۰۸۶۰۳	۲۶۶۴۹۳
۱۳۸۲	۳۴۰۷۹۰	۳۸۴۴۲۹
۱۳۸۴	۳۵۷۵۰۰	۵۲۴۱۱۵
۱۳۸۴	۸۳۷۳۶۰	۶۷۰۴۷۷
ضریب همبستگی	۰/۹۶۱	



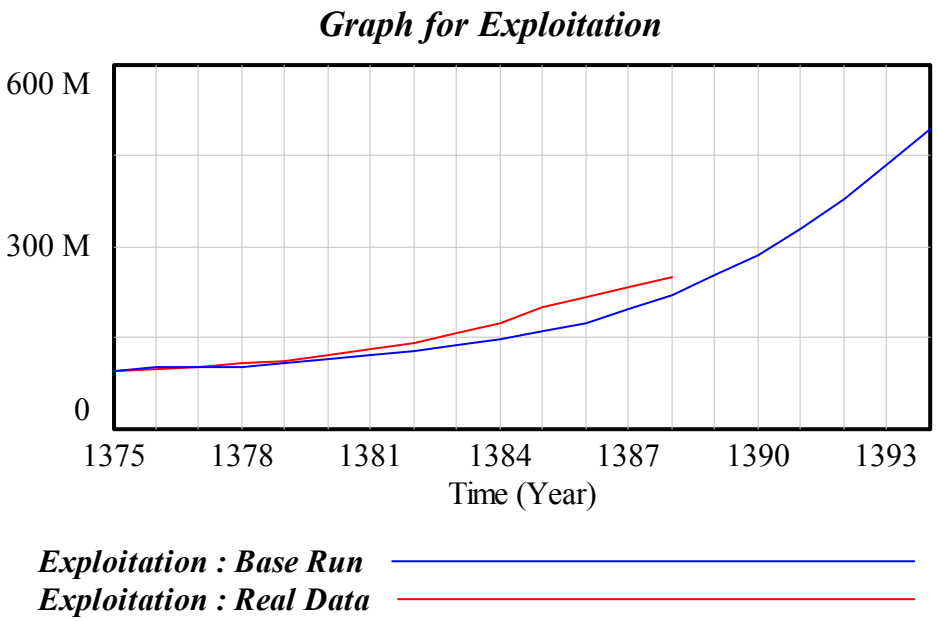
شکل ۵-۷: مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی سرمایه‌گذاری سالانه معادن کشور
(واحد: میلیون ریال بر حسب قیمت ثابت سال ۱۳۷۶)

۵-۲-۱-۷- زیرمدل منابع معدنی

زیر مدل منابع معدنی به عنوان کلیدی ترین زیرمدل تحقیق، بر مبنای تلفیق تئوری های مدیریت بخشی و بنگاهی منابع تجدید ناپذیر معدنی با مولفه‌های فنی و اقتصادی استخراج ذخایر معدنی شکل گرفته است. پارامتر نرخ تولید سالانه و تعداد معادن فعال به عنوان اصلی‌ترین خروجی این زیرمدل می‌باشد که بر زیرمدل‌های هزینه و درآمد، عرضه و تقاضا موثر است. جدول (۵-۹) و شکل (۵-۸) معرف تفاوت مقادیر محاسبه شده میزان استخراج سالانه ذخایر معدنی کشور با خروجی‌های مدل می‌باشد. جهت بررسی بیشتر دقت مدل، خروجی‌های مدل با مقادیر استخراج سالانه معادن کشور در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ مقایسه گردیده است. نتایج مدل، معرف انطباق مناسب استخراج مواد معدنی برآورد شده بر مبنای رویکرد تلفیقی مدیریت ملی و بنگاهی با لحاظ نمودن ظرفیت استخراج مواد معدنی کشور می‌باشد.

جدول ۵-۹: مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی استخراج سالانه معادن کشور بر حسب میلیون تن

سال	مقادیر واقعی	مقادیر مدل
۱۳۷۵	۹۵/۴۹	۹۴/۴۲
۱۳۷۶	۹۶/۱۳	۹۹/۹۷
۱۳۷۷	۱۰۰	۹۹/۳۳
۱۳۷۸	۱۰۸/۷۱	۱۰۱/۵۹
۱۳۷۹	۱۱۰/۶۳	۱۰۸/۲۹
۱۳۸۰	۱۱۹	۱۱۵/۳۵
۱۳۸۱	۱۳۰/۸۷	۱۲۱/۰۸
۱۳۸۲	۱۳۹/۱۳	۱۲۷/۰۰
۱۳۸۳	۱۵۵/۸۶	۱۳۷/۸۴
۱۳۸۴	۱۷۲/۸۴	۱۴۷/۵۶
۱۳۸۵	۲۰۰/۴۴	۱۵۸/۹۷
۱۳۸۶	۲۱۷/۴۹	۱۷۴/۲۷
۱۳۸۷	۲۳۴	۱۹۴/۸۹
ضریب همبستگی	۰/۹۹۴	

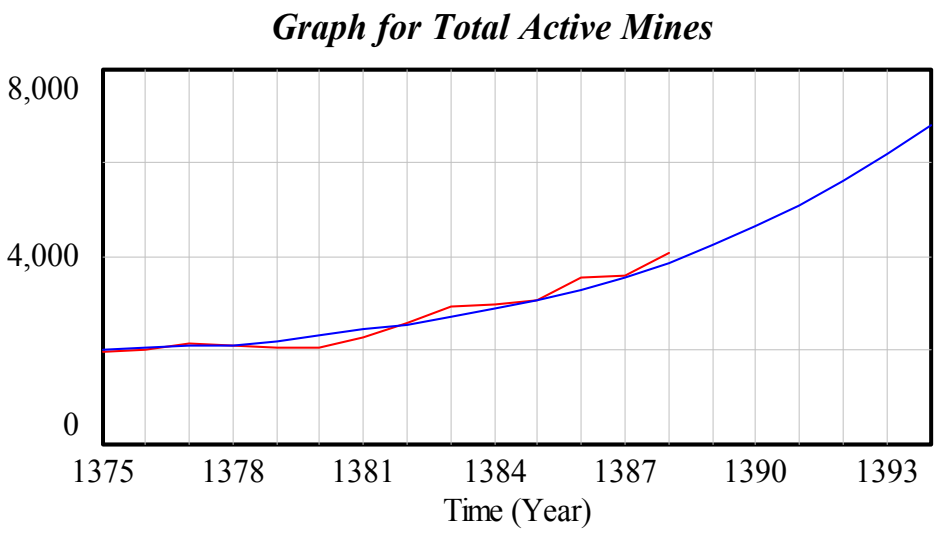


شکل ۵-۸: مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی استخراج ذخایر معدنی کشور (واحد: میلیون تن)

در خصوص تعداد معادن فعال کشور، تناسب خوبی بین مقادیر واقعی و خروجی های مدل در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۶ برقرار می‌باشد که در جدول (۵-۱۰) و شکل (۵-۹) نشان داده شده است.

جدول ۵-۱۰: مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی تعداد معادن فعال کشور

سال	مقادیر واقعی	مقادیر خروجی مدل
۱۳۷۵	۱۹۵۶	۲۰۰۰
۱۳۷۶	۲۰۰۸	۲۰۳۹
۱۳۷۷	۲۱۴۸	۲۰۶۶
۱۳۷۸	۲۱۰۳	۲۰۸۸
۱۳۷۹	۲۰۳۲	۲۱۷۷
۱۳۸۰	۲۰۶۴	۲۳۲۶
۱۳۸۱	۲۲۵۲	۲۴۲۸
۱۳۸۲	۲۵۷۵	۲۵۱۷
۱۳۸۳	۲۹۱۱	۲۷۰۴
۱۳۸۴	۲۹۵۷	۲۸۸۷
۱۳۸۵	۳۰۷۵	۳۰۵۲
۱۳۸۶	۳۵۵۸	۳۲۵۷
ضریب همبستگی	۰/۹۶۹	



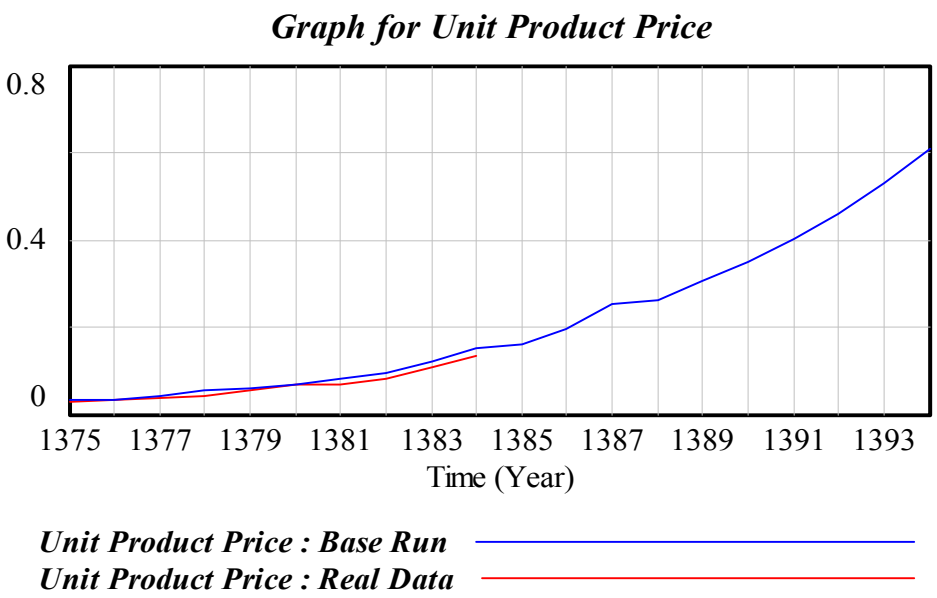
شکل ۵-۹: مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی تعداد معادن فعال کشور

۵-۲-۱-۸-زیرمدل هزینه و درآمدها

زیرمدل هزینه و درآمد بر مبنای اعمال کلیه اقلام ثابت و متغیر تولید و تعیین قیمت فروش محصول معدنی شکل گرفته است که از پارامترهای هزینه‌ای، نرخ تورم و نیز تئوری های اقتصاد منابع تجدیدناپذیر تاثیر می‌پذیرد. تاثیر اصلی این پارامتر بر زیرمدل منابع معدنی در جهت تعیین نرخ تولید می‌باشد. بر این اساس تفاوت بین مقادیر واقعی قیمت فروش تولید و نتایج اجرای مدل بر حسب میلیون ریال بر تن در جدول (۵-۱۱) آورده شده است. در شکل (۵-۹) نیز خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی قیمت تمام شده متوسط محصولات معادن کشور مقایسه گردیده است.

جدول ۵-۱۱: مقایسه مقادیر خروجی مدل و مقادیر واقعی قیمت فروش محصول (میلیون ریال بر تن)

سال	مقادیر واقعی	مقادیر خروجی زیرمدل
۱۳۷۵	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲
۱۳۷۶	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳
۱۳۷۷	۰/۰۳۷	۰/۰۴۳
۱۳۷۸	۰/۰۴۳	۰/۰۵۵
۱۳۷۹	۰/۰۵۳	۰/۰۶۱
۱۳۸۰	۰/۰۶۷	۰/۰۶۷
۱۳۸۱	۰/۰۷۰	۰/۰۸۲
۱۳۸۲	۰/۰۷۹	۰/۰۹۶
۱۳۸۴	۰/۱۰۷	۰/۱۱۹
ضریب همبستگی	۰/۹۹۳	



شکل ۵-۱۰: مقایسه خروجی‌های مدل و مقادیر واقعی قیمت فروش (واحد: میلیون ریال بر تن به قیمت جاری)

در خصوص قیمت محصول نیز مقادیر مدل تناسب خوبی را با مقادیر متوسط قیمت محصولات منتخب کشور نشان می‌دهد. با بررسی و تایید کارآیی مدل، امکان پیش‌بینی وضعیت آتی متغیرهای کلیدی بخش معدن در صورت تداوم وضعیت فعلی و یا اعمال سیاست‌های خاص و تغییر پارامترها فراهم می‌گردد.

۵-۳- پیش‌بینی روند موجود و تحلیل سناریوهای بخش معدن

با توجه به این که در بخش قبلی به ارزیابی مدل پیشنهادی پرداخته شد، نمودارها و جداول ارائه شده، تطابق مناسب مدل با مقادیر واقعی را مشخص نمود. لذا در این قسمت به پیش‌بینی روند موجود بخش معدن با فرض تداوم شرایط و سیاست‌ها و نیز پیش‌بینی بروز سناریوهای مختلف محیطی پرداخته می‌شود. پیش‌بینی مقادیر مربوط به هریک از داده‌های ورودی مدل از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴، بر مبنای نرخ متوسط تغییرات هر پارامتر در بازه ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ صورت گرفته است. چهار پارامتر محیطی اعمال شده در مدل شامل نرخ رشد جمعیت، نرخ رشد تولید ناخالص داخلی کشور، نرخ رشد تشکیل سرمایه ثابت اقتصاد و نرخ رشد تورم (بهای عمده فروشی کالاها و خدمات) می‌باشد

که سناریوهای مدل بر اساس مقادیر این پارامترها تشکیل شده است. در خصوص سناریوی پایه[1] (خوش بینانه)، مقادیر نرخ رشد هدفگذاری برای پارامترهای محیطی مندرج در اسناد بالادستی کشور لحاظ شده است. در سناریوهای دیگر (S1 تا S4)، حالات مختلف رشد مقادیر پارامترهای مذکور مشخص شده است که شرایط هر سناریو به تفکیک در جدول شماره (۵-۱۲) بیان گردیده است. سناریوی چهارم (S4) دارای شرایط قابل تحقق نسبت به دیگر سناریوها می‌باشد که مقادیر سناریوی مذکور، به عنوان مبنای پیش بینی شرایط آتی بخش معدن به کار گرفته می‌شود. لازم به ذکر است که در خصوص برخی پارامترها که امکان ادامه روند قبلی به دلایل منطقی وجود نداشته باشد، نسبت به تصحیح روند در بازه زمانی مورد نظر و اعمال آنها در همه سناریوهای مدل اقدام گردیده است. ضمنا با توجه به سیاست های مدیریتی بخش معدن در سال‌های اخیر، نسبت بازگشت درآمدهای معادن جهت کمک دولت به تشکیل سرمایه ثابت معادن معادل با ۲۰ درصد از سال ۱۳۸۸ به بعد و حداکثر نسبت حقوق دولتی به سود تولید معادل با ۲۵ درصد از سال ۱۳۸۴ به بعد فرض شده است. پس از اجرای مدل در سناریوهای مختلف، مقادیر مولفه های کلیدی استخراج گردید که در جدول (۵-۱۳) مقادیر پارامترهای کلیدی هریک از زیرمدل‌ها به ازای سناریوهای مختلف بیان گردیده است.

جدول ۵-۱۲: سناریوهای مختلف پارامترهای محیطی بخش معدن

عنوان سناریو	نرخ رشد جمعیت کشور (درصد)	نرخ رشد تولید ناخالص داخلی کشور (درصد)	نرخ رشد تشکیل سرمایه ثابت اقتصاد (درصد)	نرخ رشد تورم (درصد)	ملاحظات
Final Base	۱/۴	۸	۱۲/۲	۱۲	رشد پارامترهای محیطی بخش بر مبنای اهداف مندرج در احکام بالادستی
S1	۱/۴	۴	۶	۱۸	نرخ رشد پایین مولفه های اقتصادی به همراه تورم بالا
S2	۱/۴	۸	۴	۱۵	نرخ بالای رشد اقتصادی به همراه تشکیل سرمایه پایین و تورم متوسط
S3	۱/۳	۴	۱۲/۲	۱۸	نرخ پایین رشد اقتصادی به همراه تشکیل سرمایه و نرخ تورم بالا
S4	۱/۵	۶	۶	۱۵	پیش بینی رشد واقعی پارامترهای محیطی بخش معدن

[1] Final Base Scenario

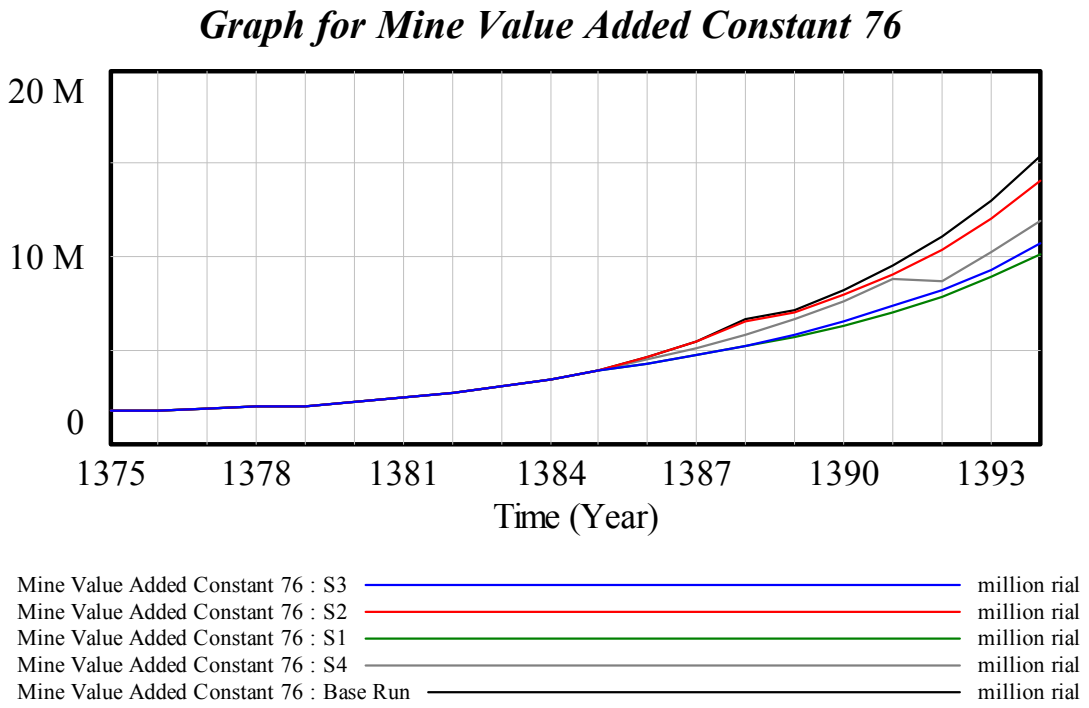
جدول ۵-۱۳: مقادیر پارامترهای کلیدی زیرمدل‌ها به ازای سناریوهای مختلف

		۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
موجودی سرمایه بر حسب میلیارد ریال	Final Base	۴،۲۸۸	۴،۸۳۲	۵،۳۲۹	۶،۱۴۰	۷،۳۹۴	۸،۶۹۰	۱۰،۰۱۸	۱۱،۵۹۵	۱۳،۴۱۵	۱۵،۴۹۸
	S1	۴،۲۸۸	۴،۸۳۲	۵،۳۲۳	۶،۰۰۳	۶،۹۶۰	۷،۷۴۸	۸،۵۸۹	۹،۵۵۸	۱۰،۶۲۲	۱۱،۷۶۳
	S2	۴،۲۸۸	۴،۸۳۲	۵،۳۲۹	۶،۰۰۰	۷،۰۰۲	۷،۸۴۳	۸،۶۳۳	۹،۵۱۴	۱۰،۴۶۴	۱۱،۴۷۴
	S3	۴،۲۸۸	۴،۸۳۲	۵،۳۲۳	۶،۱۰۸	۷،۲۵۵	۸،۳۳۰	۹،۵۶۵	۱۱،۰۷۳	۱۲،۸۳۰	۱۴،۸۳
	S4	۴،۲۸۸	۴،۸۳۲	۵،۳۲۶	۶،۰۱۹	۷،۰۲۵	۷،۸۱۹	۸،۶۸۳	۹،۶۹۶	۱۰،۸۲۶	۱۲،۰۰۰
تعداد نیروی کار	Final Base	۶۷،۰۹۲	۷۱،۳۴۹	۷۵،۶۵۱	۸۱،۵۰۰	۸۹،۵۶۲	۹۸،۲۹۰	۱۰۷،۷۸۱	۱۱۸،۹۵۲	۱۳۱،۸۶۰	۱۴۶،۷۰۰
	S1	۶۷،۰۹۲	۷۱،۳۴۹	۷۵،۶۳۰	۸۰،۹۳۲	۸۷،۷۰۹	۹۴،۱۸۶	۱۰۱،۲۸۴	۱۰۹،۳۱۰	۱۱۸،۱۷۷	۱۲۷،۸۶۰
	S2	۶۷،۰۹۲	۷۱،۳۴۹	۷۵،۶۵۱	۸۰،۹۲۲	۸۷،۸۸۹	۹۴،۵۸۹	۱۰۱،۵۰۳	۱۰۹،۱۹۱	۱۱۷،۵۷۲	۱۲۶،۶۵۱
	S3	۶۷،۰۹۲	۷۱،۳۴۹	۷۵،۶۳۰	۸۱،۳۶۹	۸۸،۹۷۰	۹۶،۷۵۶	۱۰۵،۷۳۵	۱۱۶،۴۲۲	۱۲۸،۸۳۰	۱۴۳،۰۵۸
	S4	۶۷،۰۹۲	۷۱،۳۴۹	۷۵،۶۴۲	۸۰،۹۹۹	۸۷،۹۸۸	۹۴،۵۱۲	۱۰۱،۷۳۹	۱۰۹،۹۹۵	۱۱۹،۲۰۱	۱۲۹،۱۲
شاخص کیفی نیروی کار	Final Base	۷/۱۷	۷/۲۷	۷/۴۱	۷/۵۰	۷/۵۲	۷/۶۰	۷/۷۲	۷/۸۶	۸/۰۳	۸/۲۳
	S1	۷/۱۷	۷/۲۷	۷/۴۱	۷/۵۳	۷/۶۲	۷/۸۰	۸/۰۱	۸/۲۴	۸/۵۰	۸/۸۱
	S2	۷/۱۷	۷/۲۷	۷/۴۱	۷/۵۳	۷/۶۱	۷/۷۸	۸/۰۰	۸/۲۵	۸/۵۳	۸/۸۷
	S3	۷/۱۷	۷/۲۷	۷/۴۱	۷/۵۱	۷/۵۶	۷/۶۸	۷/۸۱	۷/۹۵	۸/۱۲	۸/۳۲
	S4	۷/۱۷	۷/۲۷	۷/۴۱	۷/۵۳	۷/۶۱	۷/۷۹	۷/۹۹	۸/۲۱	۸/۴۶	۸/۷۷
شاخص فناوری	Final Base	۷/۴۰	۷/۴۳	۷/۴۹	۷/۴۸	۸/۱۹	۸/۰۷	۸/۰۷	۸/۰۷	۸/۱۰	۸/۱۷
	S1	۷/۴۰	۷/۶۱	۷/۹۳	۸/۲۷	۸/۵۵	۸/۹۶	۹/۴۴	۹/۹۴	۱۰/۴۶	۱۱/۰۱
	S2	۷/۴۰	۷/۴۳	۷/۴۹	۷/۵۱	۸/۳۰	۸/۲۷	۸/۳۷	۸/۴۹	۸/۶۵	۸/۸۴
	S3	۷/۴۰	۷/۶۱	۷/۹۲	۸/۲۳	۸/۴۵	۸/۷۷	۹/۱۳	۹/۵۰	۹/۸۹	۱۰/۳۰
	S4	۷/۴۰	۷/۵۲	۷/۷۱	۷/۸۹	۷/۹۷	۸/۱۵	۸/۳۶	۸/۵۵	۹/۰۰	۹/۴۲
ارزش افزوده به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)	Final Base	۳۸۸۲	۴۶۵۰	۵۵۰۳	۶۶۵۱	۷۱۴۹	۸۲۵۲	۹۵۱۴	۱۱۰۵۳	۱۳۰۰۸	۱۵۴۱۱
	S1	۳۸۸۲	۴۳۰۵	۴۶۸۹	۵۱۵۵	۵۷۳۹	۶۳۲۹	۷۰۲۰	۷۸۵۲	۸۸۶۵	۱۰۰۹۴
	S2	۳۸۸۲	۴۶۵۰	۵۵۰۳	۶۵۸۵	۶۹۹۳	۷۹۱۷	۹۰۰۷	۱۰۳۳۳	۱۲۰۰۳	۱۴۰۵۴
	S3	۳۸۸۲	۴۳۱۰	۴۷۰۰	۵۲۱۱	۵۸۶۳	۶۵۳۵	۷۳۰۹	۸۲۲۸	۹۳۳۲	۱۰۶۶۴
	S4	۳۸۸۲	۴۴۶۴	۵۰۵۱	۵۷۷۲	۶۶۹۰	۷۶۴۲	۸۷۷۴	۸۷۲۱	۱۰۲۱۰	۱۱۸۶۶

ادامه جدول ۵-۱۳: مقادیر پارامترهای کلیدی زیرمدل‌ها به ازای سناریوهای مختلف عملکرد پارامترهای محیطی بخش معدن

		۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
مصرف سالانه (میلیون تن)	Final Base	۱۳۸	۱۶۶	۲۰۲	۲۵۱	۳۱۴	۳۹۸	۵۰۸	۶۵۱	۸۳۶	۱۰۷۶
	S1	۱۳۸	۱۴۹	۱۶۲	۱۷۶	۱۹۲	۲۱۰	۲۳۰	۲۵۲	۲۷۸	۳۰۶
	S2	۱۳۸	۱۶۶	۲۰۲	۲۵۱	۳۱۴	۳۹۸	۵۰۸	۶۵۱	۸۳۶	۱۰۷۶
	S3	۱۳۸	۱۵۰	۱۶۳	۱۷۷	۱۹۳	۲۱۲	۲۳۳	۲۵۶	۲۸۳	۳۱۲
	S4	۱۳۸	۱۵۷	۱۸۰	۲۰۸	۲۴۱	۲۸۲	۳۳۲	۳۹۲	۴۶۵	۵۵۲
سرمایه‌گذاری سالانه (میلیارد ریال)	Final Base	۱۰۶۶	۱۱۰۶	۱۳۷۷	۲۰۰۸	۱۹۵۳	۲۲۴۲	۲۷۰۹	۳۱۷۲	۳۶۶۷	۴۲۱۳
	S1	۱۰۶۶	۱۱۰۶	۱۲۹۰	۱۷۳۷	۱۶۵۷	۱۸۰۸	۲۰۴۴	۲۲۶۱	۲۴۷۱	۲۶۸۵
	S2	۱۰۶۶	۱۱۰۶	۱۲۸۶	۱۸۰۰	۱۶۳۳	۱۷۳۹	۱۹۶۴	۲۱۶۰	۲۳۵۰	۲۵۴۵
	S3	۱۰۶۶	۱۱۰۶	۱۳۵۹	۱۸۹۶	۱۹۳۰	۲۲۱۸	۲۶۳۹	۳۰۶۶	۳۵۱۶	۴۰۰۶
	S4	۱۰۶۶	۱۱۰۶	۱۲۹۹	۱۷۸۸	۱۶۷۰	۱۸۴۲	۲۱۰۷	۲۳۵۵	۲۶۴۶	۲۷۱۵
استخراج سالانه (میلیون تن)	Final Base	۱۵۹	۱۷۴	۱۹۵	۲۲۱	۲۵۱	۲۸۶	۳۳۱	۳۸۳	۴۴۵	۵۱۹
	S1	۱۵۹	۱۷۴	۱۹۵	۲۲۱	۲۵۱	۲۸۵	۳۲۶	۳۷۱	۴۲۲	۴۷۸
	S2	۱۵۹	۱۷۴	۱۹۵	۲۲۱	۲۵۱	۲۸۵	۳۲۶	۳۷۱	۴۲۱	۴۷۵
	S3	۱۵۹	۱۷۴	۱۹۵	۲۲۱	۲۵۱	۲۸۶	۳۲۹	۳۸۱	۴۴۲	۵۱۳
	S4	۱۵۹	۱۷۴	۱۹۵	۲۲۱	۲۵۱	۲۸۵	۳۲۶	۳۷۳	۴۲۴	۴۸۱
تعداد معادن فعال	Final Base	۳۰۵۲	۳۲۵۷	۳۵۱۸	۳۸۴۸	۴۲۲۶	۴۶۳۰	۵۰۸۶	۵۶۳۶	۶۲۵۶	۶۹۳۴
	S1	۳۰۵۲	۳۲۵۷	۳۵۱۸	۳۸۴۸	۴۲۲۶	۴۶۳۰	۵۰۷۲	۵۵۷۵	۶۱۲۳	۶۶۹۸
	S2	۳۰۵۲	۳۲۵۷	۳۵۱۸	۳۸۴۸	۴۲۲۶	۴۶۳۰	۵۰۷۱	۵۵۷۸	۶۱۲۵	۶۶۸۹
	S3	۳۰۵۲	۳۲۵۷	۳۵۱۸	۳۸۴۸	۴۲۲۶	۴۶۳۰	۵۰۸۳	۵۶۱۸	۶۲۲۷	۶۸۹۳
	S4	۳۰۵۲	۳۲۵۷	۳۵۱۸	۳۸۴۸	۴۲۲۶	۴۶۳۰	۵۰۷۳	۵۵۸۳	۶۱۳۷	۶۷۲۰
قیمت فروش محصول	Final Base	۰/۱۶۲	۰/۱۹۶	۰/۲۵۱	۰/۲۶۲	۰/۳۰۵	۰/۳۵۲	۰/۴۰۴	۰/۴۶۳	۰/۵۲۹	۰/۶۰۴
	S1	۰/۱۶۲	۰/۱۹۶	۰/۲۵۱	۰/۲۷۴	۰/۳۱۷	۰/۳۶۵	۰/۴۱۹	۰/۴۸۱	۰/۵۵۵	۰/۶۴۳
	S2	۰/۱۶۲	۰/۱۹۶	۰/۲۵۱	۰/۲۶۸	۰/۳۱۰	۰/۳۵۷	۰/۴۱۰	۰/۴۷۱	۰/۵۴۳	۰/۶۳۰
	S3	۰/۱۶۲	۰/۱۹۶	۰/۲۵۱	۰/۲۷۵	۰/۳۱۹	۰/۳۶۸	۰/۴۲۳	۰/۴۸۵	۰/۵۵۵	۰/۶۳۵
	S4	۰/۱۶۲	۰/۱۹۶	۰/۲۵۱	۰/۲۶۸	۰/۳۱۰	۰/۳۵۷	۰/۴۰۹	۰/۴۷۱	۰/۵۴۳	۰/۶۲۷

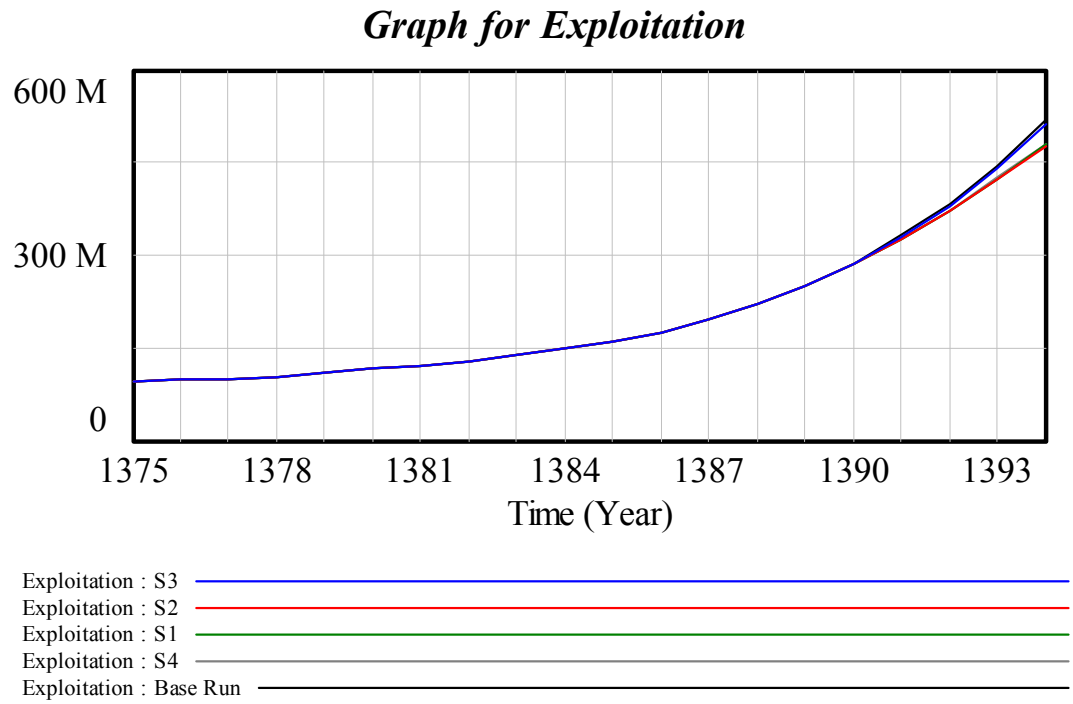
با توجه به جدول (۵-۱۳) در خصوص ارزش افزوده معادن بـه عنـوان مهمتـرین هـدف ارتقـای نقـش معادن در اقتصاد ملی، مقایسه نتایج اجرای هریک از سناریوها در شکل (۵-۱۱) نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۱: مقایسه نتایج هریک از سناریوهای مدل بر ارزش افزوده بخش معدن

بر اساس نمودار مذکور در صورت تحقق اهداف کلان محیطی اقتصاد و تداوم شرایط انتهای سال ۱۳۸۴، ارزش افزوده معادن در سال ۱۳۹۴، معادل با ۱۵۴۱۱ میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶خواهد بود. لیکن در سناریوی چهارم به عنوان حالت قابل تحقق اهداف کلان اقتصاد کشور، ارزش افزوده معادن در سال ۱۳۹۴، با نرخ متوسطی معادل با ۱۳/۲ درصد معادل با ۱۱۸۶۶ میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶خواهد بود و موجودی سرمایه معادن معادل با ۱۲ هزار میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ خواهد بود. در خصوص میزان استخراج معادن ، مطابق شکل (۵- ۱۲) در صورت تحقق اهداف کلان محیطی اقتصاد و تداوم شرایط انتهای سال ۱۳۸۴، میزان استخراج معادن کشور در سال ۱۳۹۴ حداکثر معادل با ۵۱۹ میلیون تن خواهد بود. لیکن در سناریوی چهارم به عنوان حالت قابل تحقق اهداف کلان اقتصاد کشور، میزان استخراج معادل با ۴۸۱ میلیون تن (رشد متوسط

۱۳/۱ درصد)، فعال بودن حدود ۶۷۰۰ معدن (با رشد متوسط ۹/۲ درصد) و نیروی انسانی معادل با ۱۲۹ هزار نفر پیش‌بینی می‌گردد.



شکل ۵-۱۲: مقایسه نتایج هریک از سناریوهای مدل بر میزان استخراج سالانه معادن

در خصوص سایر پارامترهای اصلی مدل، پیش‌بینی عملکرد واقعی بخش معدن بر مبنای مقادیر سناریوی چهارم به ازای هر سال در جدول (۵-۱۳) مشخص گردیده است.

۵-۴- تحلیل سیاست‌های مدیریت بخش معدن

اصولا جهت بکارگیری مدل در زمینه تحلیل آثار اجرای برنامه‌های مدیریتی، ضروری می‌باشد تا تعدادی از سیاست‌های کلان مدیریت بخش و ابزارهای مربوط به سنجش کارآیی سیاست‌های مذکور در مدل تعریف گردد. با توجه به توضیحات قبلی و نیز اهداف تحقیق، تاثیر هریک از برنامه‌ها بر کسب ارزش افزوده به عنوان مهمترین هدف تحقیق مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اگر چه معیار سنجش کارآمدی برنامه‌های مدیریتی بخش‌ها، کمتر بر مبنای ملاک نسبت هزینه به درآمد اجرای هر برنامه می‌باشد لیکن محاسبه میزان هزینه‌ها و درآمدهای مترتب بر اجرای هر برنامه در مدل، امکان ارزیابی

بهتری از آثار اجرای هر برنامه و پیش بینی منابع مورد نیاز را فراهم می‌نماید. از طرفی ضرورت دارد تا تاثیرات اجرای هر برنامه بر دیگر پارامترهای کلیدی تاثیرپذیر مدل در مقایسه با حالت قابل تحقق پارامترها بررسی قرار گیرد. در این راستا در قالب مدل پیشنهادی، می‌توان برنامه های مختلف از جمله برنامه‌های ذیل را با توجه به سیاست‌های منتخب، مطابق جدول (۵-۱۴) تعریف نمود. در خصوص بازه زمانی اجرای برنامه‌های مذکور، فرض گردید که این برنامه‌ها بصورت مستمر از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ اجرا شود و نتایج آن مورد بررسی قرار گیرد.

جدول۵ -۱۴: سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریت بخش معدن در جهت ارتقای ارزش افزوده

عنوان سیاست	نوع برنامه اجرایی
تشکیل سرمایه ثابت	اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه
	کمک‌های فنی و اعتباری جهت ارتقای اکتشافات، تامین زیرساخت‌ها و تامین اهداف ارزش افزوده و تشکیل سرمایه ثابت بخش معدن
ارتقای فناوری	کمک به ایجاد واحدهای جدید تحقیق و توسعه
	کمک به ارتقای سطح آموزشی نیروی کار معادن

۵-۴-۱- سیاست کمک به تشکیل سرمایه ثابت

۵-۴-۱-۱- برنامه اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه

اصولا اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه جهت کمک به تشکیل سرمایه ثابت معادن از مهمترین ابزارهای تشویقی در جهت اجرای سیاست های دولت در بخش معدن و تامین نهاده سرمایه جهت گسترش فعالیت بنگاه‌های اقتصادی می‌باشد. در این راستا برنامه های مختلف بر اساس تغییرات دو شاخص حداکثر نسبت دریافت حقوق دولتی به سود تولید و نسبت تخصیص درآمدهای معادن در جهت تشکیل سرمایه ثابت معادن در مدل تعریف گردید که حالات مختلف آن در جدول (۵-۱۵)

آورده شده است. جدول (۵-۱۶) نیز معرف تاثیرات هر حالت اجرای برنامه بر پارامترهای مشخصه مدل می‌باشد.

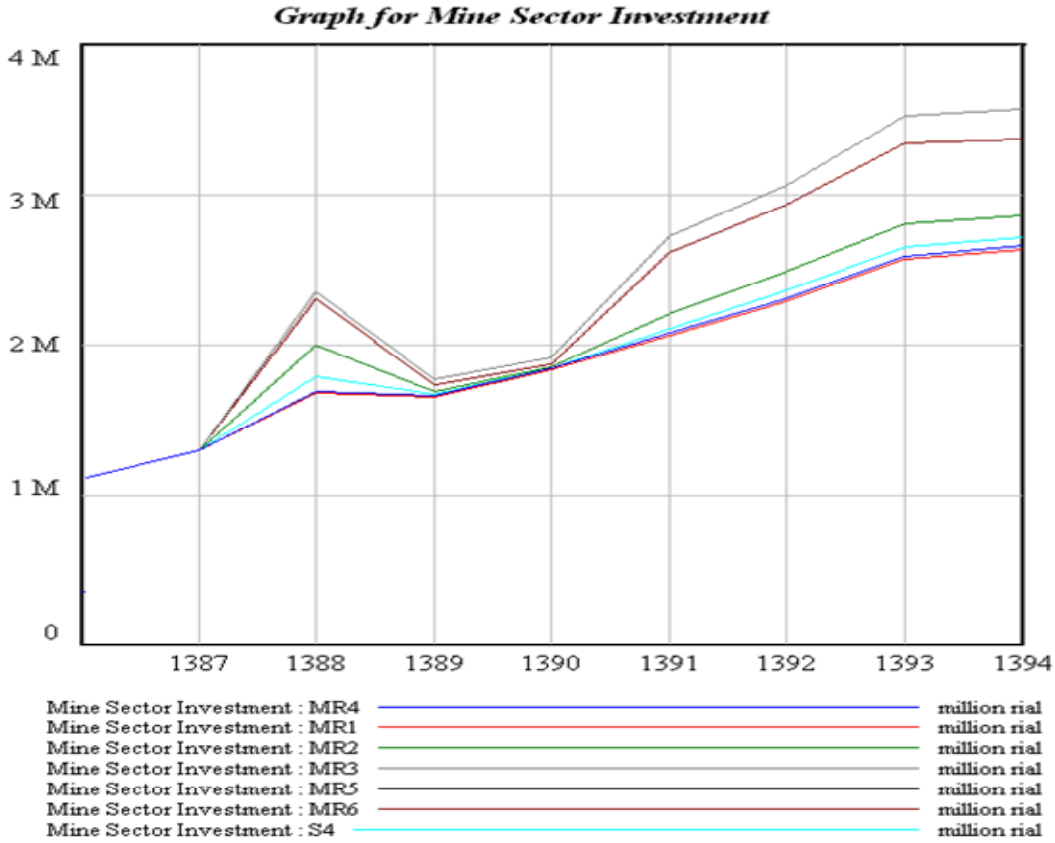
جدول ۵-۱۵: عنوان و ویژگی‌های برنامه اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه

عنوان برنامه	حداکثر نسبت دریافت حقوق دولتی به سود تولید (درصد)	نسبت تخصیص درآمدهای معادن در جهت تشکیل سرمایه ثابت معادن (درصد)
MR1	۱۰	۱۰
MR2	۱۰	۴۰
MR3	۱۰	۷۰
MR4	۴۰	۱۰
MR5	۴۰	۴۰
MR6	۴۰	۷۰

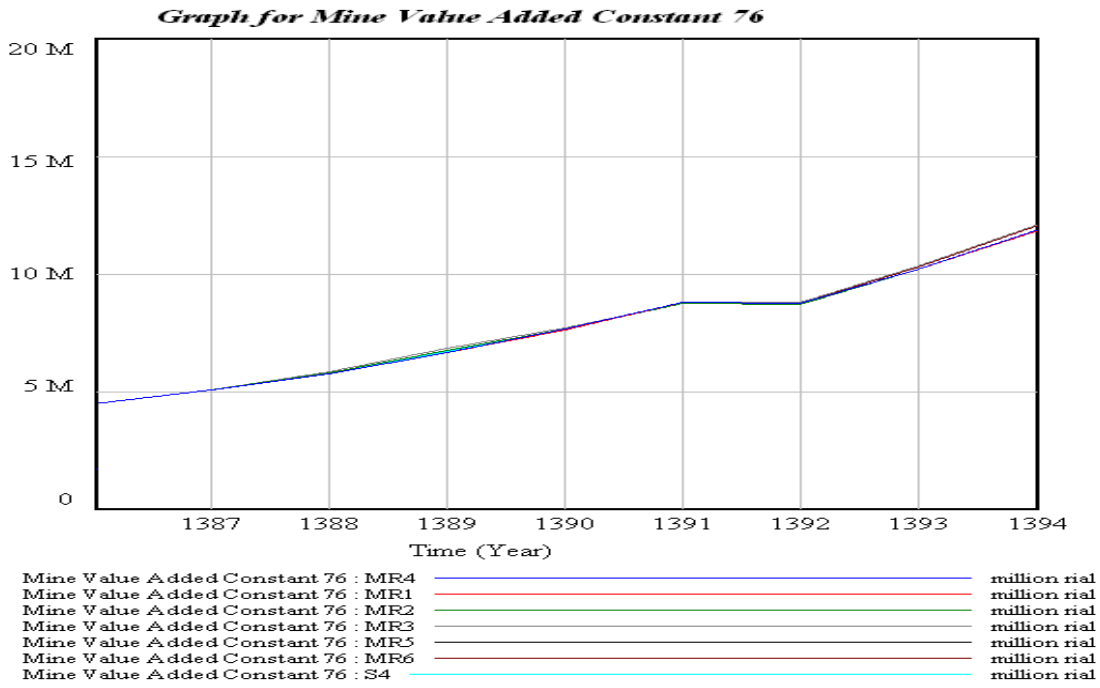
جدول ۵-۱۶: آثار برنامه های مربوط به اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه

مقادیر پارامترهای مشخصه مدل در انتهای سال ۱۳۹۴	پیش‌بینی عملکرد	عنوان برنامه					
	S4	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6
موجودی سرمایه به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)	۱۲،۰۰۰	۱۱،۷۶۵	۱۲،۴۴۴	۱۴،۱۲۱	۱۱،۸۱۹	۱۲،۴۴۴	۱۳،۷۲۵
تعداد نیروی کار	۱۲۹،۱۲۷	۱۲۷،۸۴۱	۱۳۱،۵۲۶	۱۴۰،۰۲۵	۱۲۸،۱۲۵	۱۳۱،۵۲۶	۱۳۸،۰۳۴
شاخص کیفی نیروی کار	۸/۷۷	۸/۸۱	۸/۷۰	۸/۴۴	۸/۸۰	۸/۷۰	۸/۵۰
شاخص فناوری	۹/۴۲	۹/۵۳	۹/۲۲	۸/۶۷	۹/۵۱	۹/۲۲	۸/۷۹
ارزش افزوده به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)	۱۱۸۶۶	۱۱۸۵۸	۱۱۸۹۳	۱۲۱۳۰	۱۱۸۶۵	۱۱۸۹۳	۱۲۰۶۷
مصرف سالانه (میلیون تن)	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲
سرمایه‌گذاری سالانه (میلیارد ریال)	۲،۷۱۵	۲،۶۳۴	۲،۸۶۳	۳،۵۶۹	۲،۶۶۲	۲،۸۶۳	۳،۳۷۲
استخراج سالانه (میلیون تن)	۴۸۱	۴۷۹	۴۸۵	۴۹۵	۴۸۰	۴۸۵	۴۹۳
تعداد معادن فعال	۶،۷۲۰	۶،۶۹۵	۶،۷۶۱	۶،۸۴۴	۶،۶۹۸	۶،۷۶۱	۶،۸۲۹
قیمت فروش محصول (میلیون ریال بر تن)	۰/۶۲۷	۰/۶۲۵	۰/۶۲۶	۰/۶۳۹	۰/۶۳۲	۰/۶۲۶	۰/۶۳۰

در شکل (۵-۱۳) و (۵-۱۴) تاثیر اجرای هریک از این برنامه‌ها از سال ۱۳۸۸ بر شاخص‌های سرمایه-گذاری معادن و ارزش افزوده معادن نسبت به سناریوی پیش‌بینی‌شده عملکرد بخش معدن بر مبنای اهداف کلان قابل تحقق (S4) مشاهده می‌شود. برنامه (MR3) دارای بیشترین تاثیرگذاری بر موجودی سرمایه و اشتغال در سال ۱۳۹۴ به ترتیب به میزان۱۷/۷ و ۸/۴ درصد نسبت به پیش‌بینی عملکرد واقعی معادن می‌باشد لیکن تاثیرپذیری این برنامه بر ارتقای ارزش افزوده در انتهای سال ۱۳۹۴ فقط ۲/۲ درصد نسبت به پیش‌بینی عملکرد واقعی بخش معدن می‌باشد. مهمترین دلیل این موضوع، کاهش سطح فناوری به دلیل کارآیی پایین تزریق صرف منابع جهت سرمایه‌گذاری و عدم برنامه‌ریزی منسجم جهت تخصیص بهینه منابع مالی می‌باشد.



شکل ۵-۱۳:تاثیر سیاست‌های اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه بر سرمایه‌گذاری ثابت معادن



شکل۵ -۱۴: تاثیر برنامه اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه بر ارزش افزوده معادن

۵-۴-۱-۲- برنامه اعطای کمک های فنی و اعتباری

برنامه‌های مختلف کمک‌های بلاعوض فنی و اعتباری به واحدهای معدنی با لحاظ نمودن حداکثر تخصیص منابع مالی جهت کمک به اکتشافات، تامین زیرساخت‌ها و در راستای سیاست تشکیل سرمایه ثابت بخش معدن تعریف می‌گردد. نکته قابل توجه، رفتار هدفجوی سیستم مدیریت بخش معدن در جهت تامین بخشی از کمبود هریک از اقلام سرمایه ثابت در معادن می‌باشد. لذا جهت مدلسازی کمی تاثیر این برنامه، شش برنامه TF1 تا TF6 مطابق جدول (۵-۱۷) بر اساس نسبت تخصیص منابع جهت کمک دولت در جهت رفع کمبودهای اکتشافات، زیرساخت‌ها و نیز جبران اختلاف بین عملکرد و اهداف تشکیل سرمایه بخش معدن تعریف شد.

جدول ۵-۱۷ : عنوان و ویژگی‌های برنامه‌های مربوط به اعطای کمک‌های فنی و اعتباری

عنوان برنامه تخصیص کمک اعتباری	حداکثر نسبت کمک های فنی و اعتباری دولت در جهت تامین اهداف تشکیل سرمایه ثابت بخش	حداکثر نسبت تامین منابع اکتشافات در تشکیل سرمایه ثابت معادن	حداکثر نسبت تامین منابع زیرساخت ها در تشکیل سرمایه ثابت معادن
TF1	۰/۸	۰/۱	۰/۱
TF2	۰/۹	۰/۱	۰
TF3	۰/۶	۰/۳	۰/۱
TF4	۰/۵	۰/۳	۰/۲
TF5	۰/۴	۰/۳	۰/۳
TF6	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳

پس از مدل‌سازی هریک از ابزارهای مذکور و اجرای مدل در بازه زمانی تعریف شده تا سال ۱۳۹۴، تاثیر اجرای هریک از برنامه‌ها بر پارامترهای عمده بخش معدن مطابق جدول (۵-۱۸) مورد بررسی قرار گرفت. مطابق جدول مذکور از دیدگاه اشتغال و موجودی سرمایه، تخصیص منابع بر اساس برنامه (TF6)، موجب رشد نیروی انسانی به میزان ۱/۴ درصد و موجودی سرمایه به مقدار ۳/۴ درصد نسبت به حالت عادی در سال ۱۳۹۴ می‌گردد. لیکن از لحاظ ایجاد ارزش افزوده نمی تواند تاثیرگذار باشد. در مقابل برنامه (TF2) با تغییر کم نسبت های فعلی تخصیص منابع و بدون هیچگونه هزینه‌ای، موجب افزایش ارزش افزوده به میزان ۱۸ میلیارد ریال می‌گردد. نکته قابل ذکر این که با توجه به میزان کم نسبت بازگشت درآمدهای بخش معدن جهت کمک به تشکیل سرمایه ثابت معادن در شرایط فعلی، افزایش نسبت مذکور یقینا موجب تغییرات بیشتری در شاخص های اصلی بخش معدن خواهد شد که با تلفیق برنامه های اجرایی مربوطه و ارزیابی آثار آنها قابل تعیین است.

جدول ۵-۱۸: آثار برنامه های مربوط به تشکیل سرمایه ثابت معادن

مقادیر پارامترهای مشخصه مدل در انتهای سال ۱۳۹۴	پیش بینی عملکرد	عنوان برنامه					
	S4	TF1	TF2	TF3	TF4	TF5	TF6
موجودی سرمایه به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)	۱۲،۰۰۰	۱۱،۸۹۰	۱۱،۷۸۰	۱۲،۱۱۰	۱۲،۲۲۰	۱۲،۳۳۰	۱۲،۴۰۷
تعداد نیروی کار	۱۲۹،۱۲۷	۱۲۸،۶۲۸	۱۲۸،۱۲۸	۱۲۹،۶۲۷	۱۳۰،۱۲۸	۱۳۰،۶۲۸	۱۳۰،۹۷۸
شاخص کیفی نیروی کار	۸/۷۷	۸/۷۹	۸/۸۱	۸/۷۵	۸/۷۳	۸/۷۱	۸/۷۰
شاخص فناوری	۹/۴۲	۹/۴۸	۹/۵۵	۹/۳۶	۹/۳۰	۹/۲۴	۹/۲۰
ارزش افزوده به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)	۱۱،۸۶۶	۱۱،۸۷۲	۱۱،۸۸۴	۱۱،۸۶۲	۱۱،۸۶۱	۱۱،۸۶۲	۱۱،۸۶۵
مصرف سالانه (میلیون تن)	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲
سرمایه‌گذاری سالانه (میلیارد ریال)	۲۷۱۵	۲۶۵۴	۲۵۹۳	۲۷۷۶	۲۸۳۷	۲۸۹۷	۲۹۳۹
استخراج سالانه (میلیون تن)	۴۸۱	۴۸۱	۴۸۲	۴۸۱	۴۸۱	۴۸۱	۴۸۱
تعداد معادن فعال	۶۷۲۰	۶۷۲۷	۶۷۳۴	۶۷۱۳	۶۷۰۴	۶۶۹۷	۶۶۹۲
قیمت فروش محصول (میلیون ریال بر تن)	۰/۶۲۷	۰/۶۲۶	۰/۶۲۵	۰/۶۲۸	۰/۶۲۹	۰/۶۳۰	۰/۶۳۱

۵-۴-۲- سیاست ارتقای فناوری در حوزه معادن

۵-۴-۲-۱- برنامه حمایت از ایجاد واحدهای جدید تحقیق و توسعه

تحقیق و توسعه به عنوان مهمترین عامل ارتقای فناوری، نقش مهمی در ارتقای سطح دانش و کسب ارزش افزوده بیشتر از نهاده‌های تولید می‌باشد و گسترش واحدهای تحقیق و توسعه به عنوان یکی از مهمترین راهکارهای ارتقای فناوری در کشورهای توسعه یافته می‌باشد. بر این اساس، در راستای سیاست کلی ارتقای فناوری کمک به ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه به عنوان یکی از

برنامه‌های اجرایی این سیاست، در معادن تعریف می‌گردد. با توجه به هدفگذاری‌های عمده بخش در زمینه ایجاد ارزش افزوده، کمک به ارتقای فناوری توسط دولت در جهت بهره‌وری بالاتر نهاده‌های تولید ضروری می‌باشد. در این راستا فرض گردید تا این کمک‌ها در پنج سناریوی مختلف، جهت رشد سالانه ایجاد واحدهای جدید تحقیق و توسعه معادن از سال ۱۳۸۵، علاوه بر رشد فعلی آن مطابق جدول (۵-۱۹) انجام گیرد.

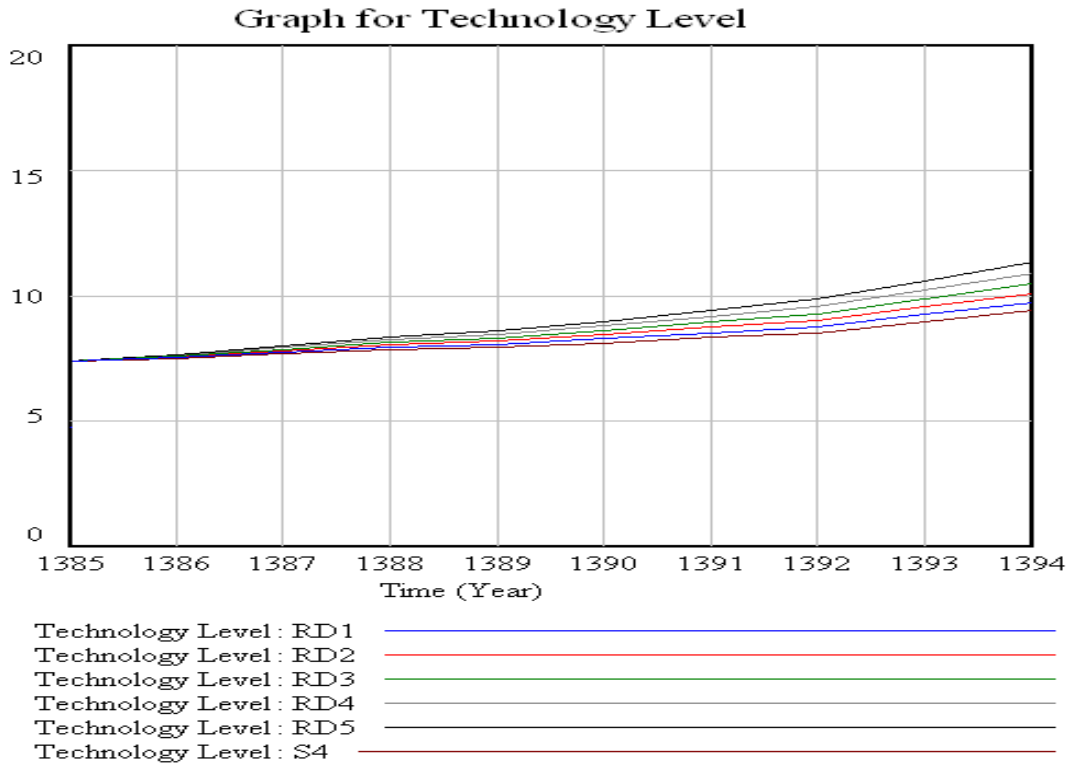
جدول ۵-۱۹: ویژگی‌های برنامه حمایت از ایجاد واحدهای جدید تحقیق و توسعه

عنوان برنامه	رشد هدفگذاری شده سالانه معادن دارای واحد تحقیق و توسعه (درصد)
RD1	۱
RD2	۲
RD3	۳
RD4	۴
RD5	۵

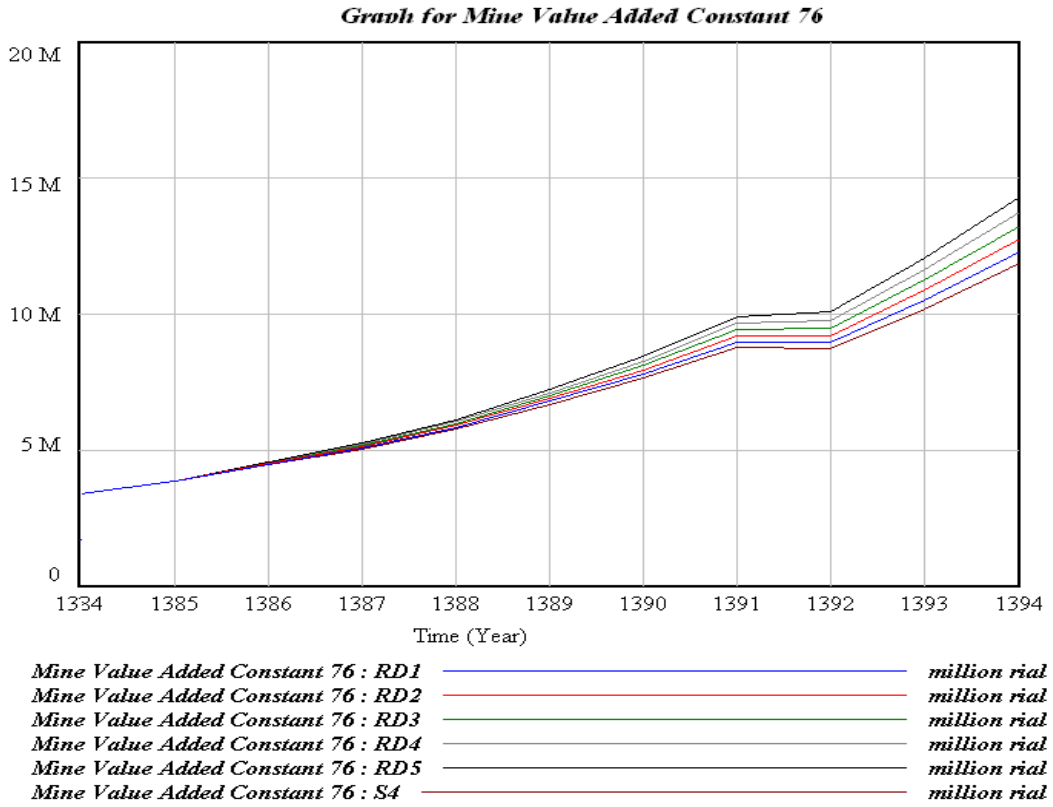
پس از اجرای مدل به ازای برنامه‌های مختلف، آثار برنامه ارتقای تحقیق و توسعه در مدل محاسبه گردید. در جدول (۵-۲۰) مقادیر هریک از پارامترهای کلیدی مدل پس از اجرای برنامه در سال ۱۳۹۴ آورده شده است. همچنین نتایج اجرای هریک از برنامه‌های گسترش تحقیق و توسعه در جهت افزایش تعداد واحدهای تحقیق و توسعه و ارتقای ارزش افزوده معادن در شکل (۵-۱۵) و (۵-۱۶) آورده شده‌است.

جدول ۵-۲۰ : آثار برنامه‌های مربوط به گسترش واحدهای تحقیق و توسعه

مقادیر پارامترهای مشخصه مدل در انتهای سال ۱۳۹۴	پیش بینی عملکرد	عنوان برنامه				
	S4	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5
موجودی سرمایه به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)	۱۲،۰۰۰	۱۲،۰۰۹	۱۲،۰۱۷	۱۲،۰۲۵	۱۲،۰۳۳	۱۲،۰۴۰
تعداد نیروی کار	۱۲۹،۱۲۷	۱۲۹،۱۷۴	۱۲۹،۲۱۹	۱۲۹،۲۶۳	۱۲۹،۳۰۶	۱۲۹،۳۴۷
شاخص کیفی نیروی کار	۸/۷۷	۸/۷۷	۸/۷۸	۸/۷۸	۸/۷۸	۸/۷۸
شاخص فناوری	۹/۴۲	۹/۷۶	۱۰/۱۲	۱۰/۵۱	۱۰/۹۱	۱۱/۳۵
ارزش افزوده معادن به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)	۱۱،۸۶۶	۱۲،۲۹۹	۱۲،۷۶۰	۱۳،۲۴۹	۱۳،۷۶۷	۱۴،۳۱۵
مصرف سالانه (میلیون تن)	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲
سرمایه‌گذاری سالانه (میلیارد ریال)	۲،۷۱۵	۲،۷۳۱	۲،۷۴۶	۲،۷۶۰	۲،۷۷۷	۲،۷۹۶
استخراج سالانه (میلیون تن)	۴۸۱	۴۸۱	۴۸۲	۴۸۲	۴۸۲	۴۸۲
تعداد معادن فعال	۶،۷۲۰	۶،۷۲۰	۶،۷۲۱	۶،۷۲۲	۶،۷۲۲	۶،۷۲۵
قیمت فروش محصول (میلیون ریال بر تن)	۰/۶۲۷	۰/۶۲۷	۰/۶۲۶	۰/۶۲۵	۰/۶۲۴	۰/۶۲۳
تعداد معادن دارای واحد تحقیق و توسعه	۱۷۴	۱۹۰	۲۰۸	۲۲۷	۲۴۹	۲۷۲
کل هزینه گسترش واحدهای تحقیق و توسعه به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیون ریال)	-	۸۲۳	۱،۷۲۲	۲،۷۰۳	۳،۷۷۴	۴،۹۴۳



شکل ۵-۱۵: تاثیر برنامه‌های گسترش تحقیق و توسعه در جهت ارتقای سطح فناوری



شکل ۵-۱۶: تاثیر برنامه‌های گسترش تحقیق و توسعه در ارتقای ارزش افزوده معادن

مقایسه مقادیر هزینه و درآمدهای حاصل از اجـرای برنامـه بـر اسـاس مقـادیر جـدول (۵-۱۹) نشـان می‌دهد که هزینه‌کرد هرچه بیشتر منابع مالی مـدیریت بخـش معـدن در جهـت گسـترش واحـدهای تحقیق و توسعه با درآمد حاصل از مالیات بر ارزش افزوده حاصل از معادن کاملا توجیه پذیر می‌باشـد و با تخصیص منابع لازم در این حوزه، ارتقای ارزش افزوده معادن تا ۲۰ درصد امکان پذیر می‌باشد. بـا توجه به نتایج اجرای مدل، کارآیی برنامه مذکور در جهت ارتقای سهم معـادن در اقتصـاد ملـی کـاملا مشخص می‌باشد لیکن مدیریت بخش، بسته به منابع مالی موجود و نیز هدفگذاری‌های کلان، نسـبت به تخصیص منابع مورد نیاز جهت اجرای هر برنامه اقدام می‌نماید.

از دیگر برنامه‌های موجود در زمینه گسترش تحقیق و توسعه مـی‌تـوان بـه برنامـه حمایـت از توسـعه واحدهای فعال تحقیق و توسعه با جذب افراد تحصیل کرده و افزایش شاغلین بخش تحقیـق و توسـعه اشاره نمود که قابلیت آن در مدل پیشنهادی موجود می‌باشد.

۵-۴-۲-۲- برنامه کمک به ارتقای سطح آموزشی نیروی کار معادن

چنانکه قبلا بیان گردید اهمیت نیروی کار معادن به عنوان نهاده‌های اصلی تولیـد، در بـه‌کـارگیری کارآمد سرمایه‌های فیزیکی در جریان تولید می‌باشد. آموزش مستمر نیـروی کـار در راسـتای ارتقـای سطح مهارت‌های افراد می‌تواند موجبات ارتقای بهره‌وری نهاده‌های موجود از جملـه سـرمایه را فـراهم نماید. لذا در راستای سیاست ارتقای کیفی شاغلین معادن، امکان ارائه برنامه‌ای با عنوان ارتقای سـطح آموزشی نیروی کار می‌تواند در جهت رفع بسـیاری از مشـکلات موجـود کشـور در خصـوص فرهنـگ نامناسب تولید و ایمن سازی محیط کار موثر واقع گردد. برنامه ارتقای سطح آموزشی نیـروی کـار بـر اساس افزایش سطح فعلی آموزش متوسط سالانه افراد به میزان ۲ تا ۱۰ درصد علاوه بر سطح فعلی از سال ۱۳۸۵ به بعد طراحی گردیده است. در راستای این برنامه، فرض گردیده که هزینه‌هـای ناشـی از اجرای آموزش هدف‌گذاری شده برای کلیه پرسنل توسط مدیریت کـلان بخـش تـامین مـی‌گـردد. از طرفی با توجه به این که تداوم روند فعلی موجب تمرکز عمده بر آمـوزش‌هـای مهندسـی و طراحـی و

حذف آموزش‌های کاربردی کارگری و استادکاری می‌گردد لذا در جهت رفع ایـن خـلا، هـدف‌گـذاری سهم آموزشی برای گروه‌های کارگری و تکنسین‌ها به میـزان ۵۰ درصـد و ۲۵ درصـد مطـابق جـدول (۵-۲۱) تعریف گردید و رفتار هدفجو برای متغیرهای مربوطه در جهت حفظ سهم آموزشی مذکور در بازه زمانی ۳ ساله اعمال شد.

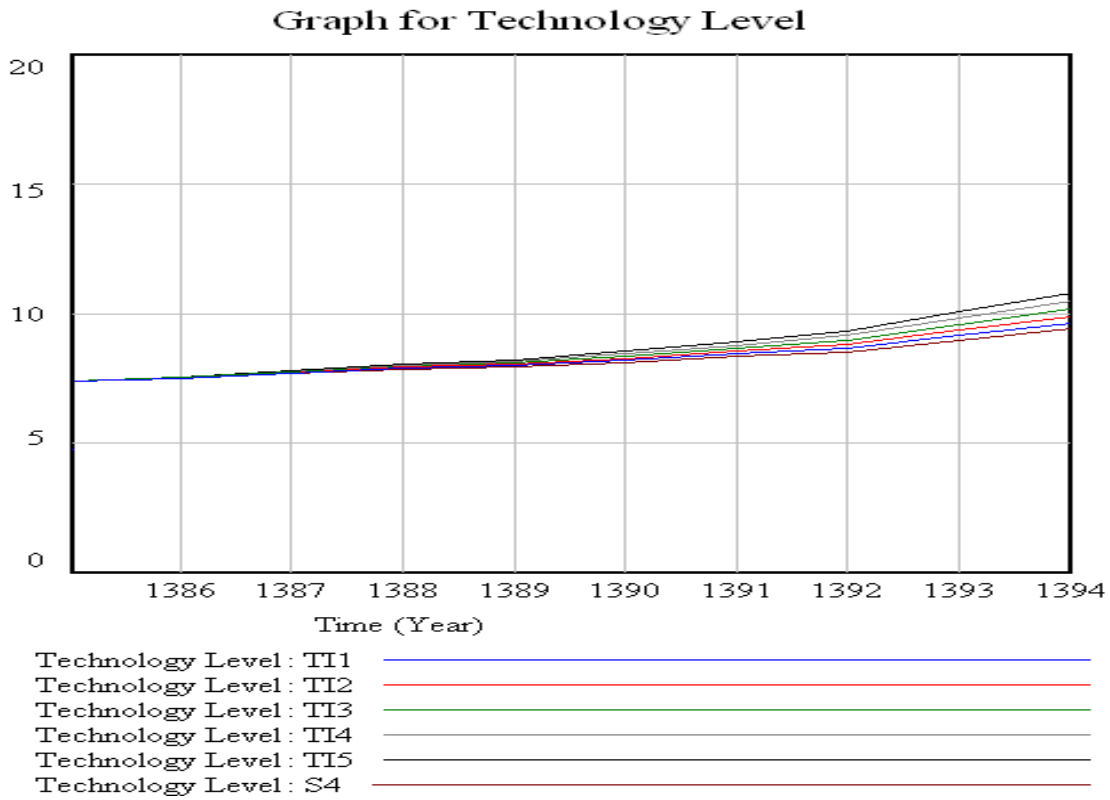
جدول ۵-۲۱ : عنوان و ویژگی‌های برنامه‌های تعریف شده جهت ارتقای سطح آموزش نیروی کار

عنوان برنامه ارتقای سطح آموزش نیروی کار	نرخ افزایش سالانه آموزش هر نفر نیروی کار(درصد)	سهم آموزش کارگری از کل ساعات آموزش (درصد)	سهم آموزش استادکاری از کل ساعات آموزش (درصد)	سهم آموزش طراحی از کل ساعات آموزش (درصد)
TI1	۲	۵۰	۲۵	۲۵
TI2	۴			
TI3	۶			
TI4	۸			
TI5	۱۰			

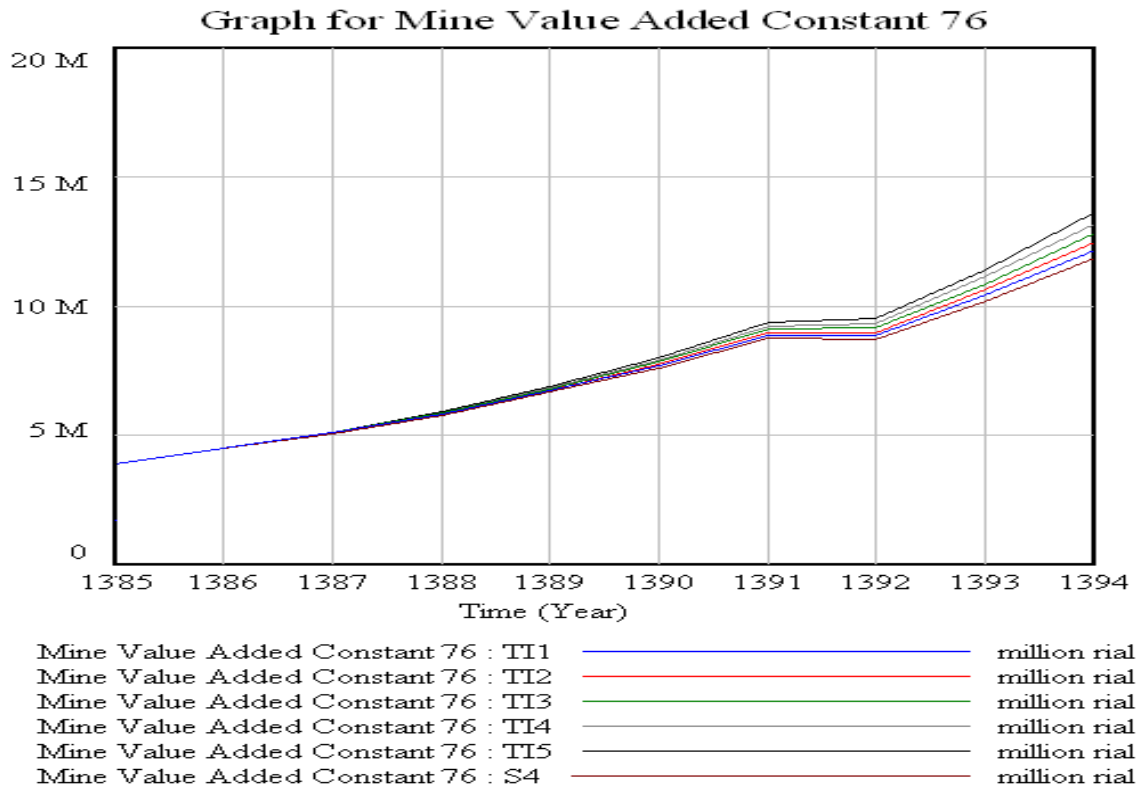
بدین منظور، ابتدا بررسی‌های لازم در خصوص تاثیرات حاصـل از اجـرای برنامـه بـر روی پارامترهـای اصلی مدل صورت گرفت که نتایج اجرای مدل در خصوص سایر پارامترهای مشخصه مدل، در جـدول (۵-۲۲) بیان گردیده است. همچنین در اشکال (۵-۱۷) و (۵-۱۸) اثرات اجرای هریک از برنامه‌هـا بـر روی سطح فناوری و ارزش افزوده مشاهده می‌شود.

جدول ۵-۲ : آثار برنامه های مربوط به ارتقای سطح آموزش نیروی کار

مقادیر پارامترهای مشخصه مدل در انتهای سال ۱۳۹۴	پیش بینی عملکرد	عنوان برنامه				
	S4	TI1	TI2	TI3	TI4	TI5
موجودی سرمایه به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)	۱۲،۰۰۰	۱۲،۰۰۳	۱۲،۰۰۵	۱۲،۰۰۷	۱۲،۰۰۸	۱۲،۰۰۷
تعداد نیروی کار	۱۲۹،۱۲۷	۱۲۹،۱۵۲	۱۲۹،۱۶۹	۱۲۹،۱۸۸	۱۲۹،۲۰۴	۱۲۹،۲۱۷
شاخص کیفی نیروی کار	۸/۷۷	۹/۴۲	۱۰/۰۳	۱۰/۸۰	۱۱/۶۸	۱۲/۶۷
شاخص فناوری	۹/۴۲	۹/۶۷	۹/۹۰	۱۰/۱۸	۱۰/۴۹	۱۰/۸۲
ارزش افزوده به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)	۱۱۸۶۶	۱۲۱۸۱	۱۲۴۷۷	۱۲۸۲۸	۱۳۲۱۰	۱۳۶۲۷
مصرف سالانه (میلیون تن)	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲
سرمایه‌گذاری سالانه (میلیارد ریال)	۲۷۱۵	۲۷۵۲	۲۷۷۷	۲۸۰۰	۲۸۲۳	۲۸۵۱
استخراج سالانه (میلیون تن)	۴۸۱	۴۸۱	۴۸۱	۴۸۲	۴۸۲	۴۸۲
تعداد معادن فعال	۶،۷۲۰	۶،۷۲۰	۶،۷۲۰	۶،۷۲۱	۶،۷۲۲	۶،۷۲۲
قیمت فروش محصول (میلیون ریال بر تن)	۰/۶۲۷	۰/۶۲۸	۰/۶۲۸	۰/۶۲۹	۰/۶۲۹	۰/۶۳۰
کل هزینه اجرای برنامه (میلیون ریال)	-	۱۳،۳۲۴	۳۰،۷۰۶	۵۳،۰۲۵	۸۱،۳۱۱	۱۱۶،۷۷۵



شکل ۵-۱۷: تاثیر برنامه‌های ارتقای سطح آموزشی در جهت افزایش شاخص فناوری



شکل ۵-۱۸: تاثیر برنامه‌های ارتقای سطح آموزشی در جهت افزایش ارزش افزوده معادن

درمجموع می‌توان گفت که برنامه ارتقای سطح آموزشی شاغلین در صورت تداوم و تخصیص منابع لازم، قابلیت ارتقای ارزش افزوده معادن به عنوان مهمترین هدف مدل را به میزان ۱۴/۸ درصد دارا می‌باشد. جهت ارتقای اثربخشی این برنامه، قابلیت بهینه نمودن نسبت ترکیب افراد به ازای هر برنامه در مدل پیشنهادی وجود دارد. در پایان لازم به ذکر است که مدیریت هر سازمان یا بخش معمولا مجموعه ای از برنامه‌ها را در راستای سیاست‌های مشخص به اجرا می‌گذارد که در این صورت باید تاثیرات کل این برنامه‌ها مورد توجه قرار گیرد.

۵-۵- نتیجه‌گیری

در فصل جاری پس از ارزیابی نتایج مدل پیشنهادی با مقادیر واقعی بخش معدن برای هریک از زیرمدل‌های تحقیق، پیش‌بینی روند تغییرات متغیرهای عمده بخش تا سال ۱۳۹۴ بر اساس سناریوهای مختلف پارامترهای محیطی به عمل آمد. بر اساس سناریوی محتمل عملکرد اقتصاد کلان کشور، پیش‌بینی می‌گردد که ارزش افزوده بخش معدن تا سال ۱۳۹۴ با رشدی معادل ۱۳/۲ درصد به ۱۱۸۶۶ میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ برسد. همچنین پیش‌بینی می‌شود که در این دوره، استخراج معادن با نرخ رشدی معادل ۱۳/۱ درصد به ۴۸۱ میلیون تن و اشتغال معادن با نرخ رشدی معادل با ۷/۵ درصد به بیش از ۱۲۹ هزار نفر در سال ۱۳۹۴ برسد.

همچنین با تعریف چهار برنامه اجرایی در قالب دو سیاست عمده کمک به تشکیل سرمایه و ارتقای فناوری و اجرای مدل به پیش‌بینی نتایج اجرای حالات مختلف برنامه‌ها پرداخته شد. بر این اساس برنامه‌های اجرایی در جهت ارتقای فناوری، ضمن دارا بودن هزینه کمتر، کارآیی بالاتری در خصوص ارتقای ارزش افزوده دارد.

فصل ششم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری

با توجه به وجود ذخایر معدنی متنوع و گسترده در ایران، بهره‌برداری مناسب از معادن به عنوان منبع اصلی تامین مواد اولیه مورد نیاز بخش‌های مختلف اقتصادی کشور می‌تواند موجبات ایجاد ارزش افزوده، صادرات، شناسایی ثروت‌ها، گسترش صنایع، اشتغال و محرومیت زدایی را فراهم نماید.

ارتقای نقش معادن در اقتصاد ملی به عنوان یکی از برنامه‌های اصلی سیاستگذاران بخش کشور، از سه بعد اصلی ذیل شامل ایجاد ارزش افزوده، گسترش سرمایه‌گذاری و اشتغال قابل بررسی می‌باشد. مهمترین ذینفعان این بخش را می‌توان دولت و بهره‌برداران معادن دانست. انتظارات دولت در بهره برداری از معادن عموما در قالب کمک به توسعه پایدار قابل جمع‌بندی می‌باشد لیکن اهداف مدیریت بنگاهی و بهره‌برداران بر مبنای حداکثر سازی سود حاصل از بهره برداری معادن می‌باشد. هدف‌گذاری ارتقای ارزش افزوده به عنوان هدف اصلی ارتقای سهم معادن در اقتصاد ملی، ضمن هماهنگی با سایر ابعاد ارتقای معادن در اقتصاد، قادر به ایجاد هماهنگی بین اهداف دولت و بنگاه‌های فعال معدنی در زمینه بهره‌برداری از معادن می‌باشد و می‌تواند موجبات ارتقای سودآوری بنگاه‌های معدنی را نیز فراهم نماید.

مدل پویایی سیستمی ارائه شده در این رساله به شبیه‌سازی نتایج رویکردهای مدیریت بخش معدن در جهت کسب ارزش افزوده و بالتبع آن ارتقای نقش معادن در اقتصاد ملی می‌پردازد. این مدل

دارای هشت زیرمدل اصلی شامل عرضه و تقاضا، منابع معدنی، ارزش افزوده، هزینه و درآمد، سرمایه‌گذاری، فناوری، سرمایه و نیروی انسانی می‌باشد.

با توجه به نیاز تحقیق به داده‌های اولیه، اطلاعات مربوط به هشت ماده معدنی شامل زغال سنگ، سنگ‌های تزئینی، باریت، کائولن، گچ، مس، سنگ آهن و سرب و روی به عنوان جامعه آماری تحقیق انتخاب گردید و تلاش شد تا استخراج کلیه روابط بر مبنای داده‌های مذکور جهت تعمیم روابط به کل بخش معدن صورت گیرد.

روش بررسی عوامل موثر بر تعیین ارزش افزوده واحد محصول با استفاده از نظریه تابع تولید می‌باشد که بر این اساس تابع تولید صورت کاب داگلاس با دو نهاده اصلی سرمایه و نیروی کار با ضرایب کشش ۰/۴۸ و۰/۵۲ به همراه رشد فناوری جهت تعیین ارزش افزوده بالفعل واحد تولید پیشنهاد گردیده است.

در خصوص نیروی انسانی با توجه به نبود تعاریف استاندارد و نیز ماهیت عمدتا کیفی مولفه‌هایی از قبیل مهارت و دانش، دسته بندی آنها در سه گروه اصلی مهارت، دانش و تجربه صورت گرفت و با تعریف شاخص کیفی نیروی انسانی، ارتباط آن با دیگر مولفه‌ها از جمله فناوری و نیز حقوق و مزایای کارکنان مورد بررسی قرار گرفت.

بر اساس محاسبات تحقیق، ضریب فناوری تابع تولید مذکور به عنوان عامل ارتقای بهره‌وری نهاده‌ها از سه عامل تحقیق و توسعه، شاخص کیفی نیروی کار و شاخص اثربخشی سرمایه تاثیر می‌پذیرد لیکن تاثیرپذیری ارتقای فناوری از عامل زمان اثبات نگردید.

در خصوص تعیین میزان تولید محصول، تلفیق ظرفیت واقعی تولید محصول با رویکردهای بخشی و بنگاهی اقتصاد منابع تجدیدناپذیر و مدل‌سازی دینامیک بیشینه نمودن تابع منافع اجتماعی و ارزش حال سود نهایی صورت گرفته است. بر این اساس با تلفیق تئوری گری و نظریه هاتلینگ در خصوص رانت منابع تجدیدناپذیر، روابط مربوط به تعیین تولید بهینه استخراج شد و با تشکیل مدل پویایی سیستمی مربوطه، بازخوردهای دینامیکی مربوط به هزینه‌ها و قیمت مواد معدنی در آن اعمال گردید.

از طرفی نیز با توجه به سرمایه‌گذاری های سالانه درهریک از حوزه‌های اکتشاف، تجهیز معادن و تامین زیرساخت‌ها، میزان ذخیره و ظرفیت قابل بهره برداری تولید تعیین و با تولید بهینه تلفیق گردید.

با توجه به بازخوردهای متقابل بسیاری از پارامترهای مربوط به هزینه‌های متغیر و ارزش افزوده، استفاده از رویکرد پویایی سیستمی موجب شناسایی دقیق‌تر بین اجزای مختلف مدل گردیده است.

مدل ارائه شده، قابلیت ارزیابی و پیش‌بینی آثار اجرای سیاست‌های مختلف مدیریت بخش معدن را از لحاظ کسب ارزش افزوده، اشتغال، استخراج ذخایر معدنی، کسب درآمدهای دولت، سرمایه‌گذاری، فناوری و قیمت تمام شده دارا می‌باشد. بر مبنای نتایج تحقیق، پیش بینی می‌گردد که ارزش افزوده بخش معدن به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ با رشدی معادل ۱۳/۲ درصد تا سال ۱۳۹۴ به قریب ۱۲هزار میلیارد ریال برسد. همچنین پیش بینی می‌شود که در این دوره، استخراج معادن با نرخ رشدی معادل ۱۳/۱ درصد به ۴۸۱ میلیون تن و اشتغال معادن با نرخ رشدی معادل با ۷/۵۵ درصد به بیش از ۱۲۹ هزار نفر برسد.

بررسی حالات مختلف اجرای چهار برنامه در قالب دو سیاست عمده کمک به تشکیل سرمایه و ارتقای فناوری و اجرای مدل و پیش‌بینی نتایج اجرای حالات مختلف برنامه‌ها نشان می‌دهد که برنامه‌های ارتقای فناوری، ضمن دارا بودن هزینه کمتر، کارآیی بالاتری در خصوص ارتقای ارزش افزوده نسبت به برنامه های کمک به تشکیل سرمایه ثابت دارد.

بر اساس نتایج مدل، اجرای برنامه‌های اخذ حقوق دولتی و تخصیص بودجه ارائه کمک‌های فنی و اعتباری اگر چه موجب ارتقای موجودی سرمایه، اشتغال و ظرفیت جدید تولید می‌گردد لیکن تاثیر چندانی بر ارتقای ارزش افزوده ندارد.

از طرفی هزینه‌کرد منابع مالی مدیریت بخش معدن در جهت ایجاد واحدهای جدید تحقیق و توسعه کاملا توجیه پذیر می‌باشد و در صورت انجام حمایت‌های لازم در این حوزه، ارتقای ارزش افزوده معادن تا ۲۰ درصد در سال ۱۳۹۴ قابل تحقق می‌باشد.

کمک دولت در اجرای برنامه‌های آموزش کاربردی و ارتقای مهارت شاغلین، قابلیت ارتقای بهره وری نیروی کار و کسب ارزش افزوده معادن به عنوان مهمترین هدف مدل را به میزان ۱۴/۸ درصد دارا می‌باشد. همچنین قابلیت بهینه نمودن نسبت ترکیب افراد آموزش دیده در مدل پیشنهادی وجود دارد.

۵-۲- پیشنهادات

ارتقای فناوری بخش معدن به عنوان اصلی‌ترین و کارآمدترین راهکار ارتقای سهم معادن در اقتصاد ملی می‌باشد و با توجه به اجزای متشکله آن می‌توان برنامه های مختلفی از قبیل توانمندسازی منابع انسانی، جذب سرمایه بیشتر در زمینه ماشین آلات و اکتشافات و یا گسترش تحقیق و توسعه را در بخش معدن پیاده نمود. پیشنهاد می‌گردد تا برنامه‌های اجرایی دیگر در راستای ارتقای فناوری تعریف و آثار آن مورد بررسی قرار گیرد.

مدل ارائه شده در این تحقیق به عنوان یکی از مراحل اولیه بکارگیری روش‌های تحلیل سیاست‌ها در جهت پیش‌بینی آثار اجرای سیاست‌های مدیریتی در معادن می‌باشد و کارآیی برنامه مذکور در جهت ارتقای سهم معادن در اقتصاد ملی کاملا مشخص می‌باشد. لیکن می‌توان با توسعه مدل و رفع نقاط ضعف احتمالی آن، کارآیی بیشتری را از مدل انتظار داشت. بر این اساس پیشنهادات ذیل در تکمیل این مطالعه، قابل اجرا می‌باشد.

- مدل‌های پویایی سیستمی، دارای کاربرد مناسب به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در جهت شناسایی عوامل موثر بر ارتقای معادن در اقتصاد ملی را دارا می‌باشد لیکن در جهت کارآیی بیشتر این روش، ضرورت دارد تا مسائل دقیق‌تری تعریف گردد. در این مدل فرآیند زنجیره تولید کلی محصولات معدنی از اکتشاف، تجهیز و بهره‌برداری مورد بررسی قرار گرفت لیکن پیشنهاد می‌گردد فرآیند زنجیره تولید محصول معدنی خاص به همراه عملیات فراوری آن مورد مطالعه قرار گیرد و سپس مدل‌سازی دینامیکی فرآیند سیاست‌گذاری جهت اکتشاف و بهره‌برداری و

فرآوری و مصرف یک ماده معدنی مشخص با لحاظ نمودن دیدگاه‌های فنی و تکنولوژیکی خاص آن ماده صورت گیرد.

- مدل‌سازی مدیریت بخشی و یا بنگاهی معادن بر مبنای هدفگذاری دیگری از قبیل ارتقای بهره‌وری هریک از عوامل تولید، استخراج، افزایش اشتغال و یا جذب سرمایه‌گذاری مورد بررسی قرار گیرد.
- نقش سرمایه‌گذاری به تفکیک دولتی و خصوصی و بازخوردهای متقابل آنها استخراج و در مدل اعمال گردد. در این خصوص می‌توان به بررسی تاثیرات اجرای خصوصی‌سازی بر جذب سرمایه-گذاری پرداخت.
- مدل‌سازی پویایی سیستمی اعمال سیاست‌های مدیریت بنگاهی معادن بر مبنای حداکثر سازی ارزش حال سود نهایی و یا سایر روش‌های تولید بهینه معادن صورت گیرد.
- مدل‌سازی تاثیرات هدفمندسازی یارانه‌ها بر اساس سناریوهای مختلف واقعی شدن قیمت نهاده ها و تاثیر آن بر قیمت و ارتقای بهره‌وری مواد معدنی خاص مورد بررسی قرار گیرد.
- ارتباط بین مستقیم بین اکتشاف و بهره‌برداری از ذخیره بر مبنای روش پویایی سیستمی و با لحاظ نمودن شرایط قیمت مواد و هزینه تمام شده فعالیت‌های اکتشاف و بهره‌برداری مورد بررسی قرار گیرد.
- پیشنهاد می‌گردد تا با تعریف شاخص فضای کسب و کار در معادن، امکان تاثیر شاخص مذکور در اثر عواملی مانند قوانین و مالیات‌ها بر دیگر پارامترهای مدل سنجیده شود.
- در خصوص نیروی انسانی، شاخص کیفی با فرض اهمیت یکسان، هریک از مولفه‌های دانش، تجربه و مهارت در ارتقای بهره‌وری نیروی کار محاسبه شده است. پیشنهاد می‌گردد تا این شاخص به صورت موزون محاسبه و در مدل اعمال گردد.
- در خصوص ارتباط بین مصرف انرژی و ارتقای فناوری، تحقیق بیشتری در هریک از مواد معدنی صورت گیرد.

پیوست شماره ۱

برآورد موجودی سرمایه گروه‌های منتخب مواد معدنی

برآورد موجودی سرمایه گروه‌های منتخب مواد معدنی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ بر حسب میلیارد ریال

سال	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگ‌های تزئینی	سنگ گچ	کائولن و خاک نسوز	باریت	سرب و روی	کل
۱۳۷۵	۳۴۳/۲	۶۳۴/۰	۱۲۷/۰	۷۴۴/۹	۱۲۶/۴	۴۶/۸	۳۱/۷	۹/۵	۳،۸۱۰/۷
۱۳۷۶	۳۲۴/۱	۵۸۰/۷	۱۱۱/۷	۷۲۶/۲	۱۲۱/۱	۴۴/۴	۲۸/۸	۱۲/۲	۳،۸۵۷/۶
۱۳۷۷	۲۹۹/۱	۵۲۹/۳	۹۸/۲	۷۱۵/۵	۱۱۳/۳	۴۲/۲	۲۶/۰	۱۴/۶	۳،۵۹۸/۹
۱۳۷۸	۲۷۷/۱	۴۷۶/۰	۸۶/۲	۷۱۰/۷	۱۰۴/۸	۳۹/۷	۲۵/۰	۱۹/۵	۳،۴۱۸/۷
۱۳۷۹	۲۶۷/۲	۴۴۱/۱	۷۵/۸	۶۷۳/۱	۹۶/۸	۵۲/۷	۲۲/۸	۲۳/۳	۳،۲۰۰/۱
۱۳۸۰	۲۴۷/۶	۳۹۸/۶	۶۸/۴	۷۰۲/۸	۹۰/۳	۵۷/۴	۲۱/۵	۲۸/۹	۳،۱۶۱/۱
۱۳۸۱	۲۳۳/۵	۳۵۷/۰	۶۴/۱	۷۳۲/۴	۸۶/۹	۵۶/۷	۲۰/۱	۲۸/۰	۳،۰۷۴/۶
۱۳۸۲	۲۲۰/۷	۳۱۸/۰	۵۹/۸	۷۷۶/۳	۸۶/۳	۵۴/۷	۱۹/۹	۳۸/۵	۳،۰۳۱/۰
۱۳۸۳	۲۱۷/۳	۴۳۹/۶	۸۰/۹	۷۹۰/۹	۸۷/۳	۵۴/۳	۲۰/۳	۴۳/۹	۳،۲۲۹/۵
۱۳۸۴	۲۲۳/۵	۶۹۲/۹	۱۲۲/۹	۷۹۶/۶	۹۰/۶	۵۵/۸	۲۱/۴	۴۶/۶	۳،۶۶۳/۱
۱۳۸۵	۲۳۰/۱	۶۵۲/۰	۱۰۷/۶	۶۹۷/۱	۷۹/۳	۴۸/۹	۱۸/۷	۴۰/۷	۳،۷۰۱/۱

پیوست شماره ۲

روند مصرف انرژی و آب در معادن فعال مربوط به مواد معدنی منتخب کشور

جدول ۱: بررسی روند مصرف انرژی در مواد معدنی منتخب

سال پایه=۱۳۷۵	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگهای تزئینی	سنگ گچ	کائولن	باریت	سرب و روی	کل معادن کشور
متوسط سهم مصرف انرژی در خط تولید	٪۴۷	٪۸۹	٪۵۸	٪۷۴	٪۵۲	٪۵۹	٪۶۰	٪۸۳	٪۶۶/۷
کل مصرف سبد انرژی به ازای تناژ تولید محصول در سال پایه (کیلووات ساعت معادل بر تن)	۷۰۵	۱۹۹	۹۹۵	۱۸۱	۹۸	۳۹۶	۹۹	---	۸۶۶
نرخ متوسط تغییرات سالانه کل مصرف سبد انرژی به ازای تناژ تولید محصول	٪۲/۵	-٪۴/۳	-٪۳/۴	٪۶/۳	-٪۳/۷	٪۱/۲	٪۱۷/۳	---	-٪۶/۶
هزینه تامین سبد انرژی در سال پایه (ریال بر هر کیلوات ساعت معادل)	۱۰	۱۰	۱۷	۵	۱	۳	۷	۰/۵	۱
نرخ تغییرات سالانه هزینه مصرفی تامین سبد انرژی	-٪۱۲	٪۲۱	٪۳۵	٪۱۴	٪۲۷	٪۳	٪۷	٪۱۰	٪۲۳

جدول ۲: بررسی روند تغییرات مصرف آب در مواد معدنی منتخب

سال پایه=۱۳۷۵	زغال سنگ	سنگ آهن	سنگ مس	سنگهای تزئینی	سنگ گچ	کائولن	باریت	سرب و روی	کل معادن کشور
سهم مصرف آب در خط تولید	٪۳۳	٪۸۹	٪۹۰	٪۸۵	٪۲۸	٪۶۶	٪۲۴	٪۶۶	٪۸۴
کل مصرف آب به ازای تناژ تولید محصول در سال پایه (مترمکعب بر تن)	۰/۴۶۸	۰/۶۹۷	--	۰/۱۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳۳	۰/۰۲۵	۰/۰۵	۰/۲۶۸
نرخ تغییرات سالانه کل مصرف آب به ازای تناژ تولید محصول	-٪۱۱/۸۰	-٪۱۱/۲۰	---	٪۴/۸۰	٪۱۰/۸۰	٪۳/۱۰	٪۱۴/۶۰	٪۱۶/۶۰	-٪۹/۴۰
هزینه تمام شده تامین آب در سال پایه (ریال برمترمکعب)	۱۸۰	۳۱	۹۲	۳۴۱۹	۱۳۹۰	۴۲۰	۸۴۷	۳۷۳۲	۲۷۷
نرخ تغییرات سالانه هزینه تمام شده تامین آب	٪۶۴/۳۰	٪۶۲/۶۰	-٪۲/۹۰	٪۱۲/۶۰	٪۱۳/۹۰	٪۳۹/۹۰	٪۳۶/۰۰	٪۱/۲۰	٪۳۰/۵۰

پیوست شماره ۳

برنامه شبیه‌سازی مدیریت بخش معدن در راستای ارتقای سهم معادن در اقتصاد ملی در

نرم‌افزار Vensim

```
Share of Exports on Production= INTEG (share of Exports on Production Rate,  0.0114495          )
        ~
        ~                   |

share of Exports on Production Rate=
        Capacity Utilisation based on Exports Policy*Share of Exports on Production
        ~
        ~                   |

Capacity Utilisation based on Exports Policy= DELAY FIXED (
         Capacity Ratio Gap , 1,0.18)
        ~
        ~                   |

Capacity Ratio=
        Total Demand/(Total Mine Capacity*Final Product Ratio)
        ~
        ~                   |

Governmental Founds on Training=
        Total Training Cost*share of Government on Training Costs Policy*Training Time
Improvement Policy
        ~
        ~                   |

Mine Budget Actual Plan(
        [(1375,0)-(1385,0.2)],(1375,0),(1376,0),(1377,0),(1378,0),(1379,0),(1380,0),(1381,0)\
                ,(1382,0),(1383,0),(1384,0))
        ~
        ~                   |

share of Government on Training Costs Policy=
        1
        ~
        ~                   |

Government Technical Founds on Mines=
        Governmental Technical Founds +Governmental Founds on Training+"Annual R&D Policy
Cost"
        ~
        ~                   |

{UTF-8}
Training Time Trend=
        0
        ~
        ~                   |

Average Desired Training Time=
        IF THEN ELSE( Time<Policy Year , Training plan(Time)   ,(Training plan(Policy Year-1\
                ))*(1+Training Time Trend+Training Time Improvement Policy
        )^policy Rate Index)
        ~
        ~                   |

"Active & Developed Mines Labor Requirement"=
        labor per mine*Mine Active Rate+Labor Per Developmed Reserves*Mine Development Rate
        ~
```

```
	~		|

Labor Per Developmed Reserves=
	10
	~
	~		|

labor per mine=
	25
	~
	~		|

Unit Product Price= Marginal Cost+ Unit Reserve Rent

	~
	~		|

Mine Value Added Constant 76=
	Annual Product Sales*Unit Production Value Added Potential
	~	million rial
	~	CONSTANT 76
	|

Mine Royalty=
	Mine Royalty Table(Time)
	~
	~		|

		|


Actual Value added constant 76=
	Annual Product Sales*Unit Production Value Added*100/Inflation Index
	~
	~		|

Mine Value Added Table(
	[(1375,0)-(1395,6e+006)],(1375,1.6777e+006),(1376,1.59476e+006),(1377,1.65278e+006),\

	(1378,1.8743e+006),(1379,1.82872e+006),(1380,2.16555e+006),(1381,2.59109e+006),(1382\

	,2.92017e+006),(1383,3.17715e+006),(1384,3.51158e+006),(1385,3.98225e+006),(1386,4.686e
+006\
		))
	~
	~		|



Mine Value Added Reality=
	Mine Value Added Table(Time)
	~
	~		|

Mine Sector Investment Reality=
	Mine Sector Investment table(Time)
	~
	~		|

Mine Sector Investment table(
	[(1375,0)-(1400,1e+006)],(1375,364280),(1376,523185),(1377,223482),(1378,269747),(1379\
		,208702),(1380,361023),(1381,308604),(1382,340790),(1383,357500),(1384,837361))
	~
	~		|

Technology Table(
	[(0,0)-(2000,10)],(1376,4.248),(1377,4.067),(1378,4.759),(1379,5.058),(1380,5.632),(\
		1381,6.349),(1382,6.302),(1383,6.247),(1384,6.721))
	~
	~		|
```

```
share of Mines on GDP=
	(100*Mine Value Added Constant 76/1000)/GDP
	~	percent
	~		|

Mine Annual Investment=
	1000*GFCF*Share of Mines on National Investment+Annual Reinvetment
	~
	~		|

Mine Annual Investment Requirement to Fill Capacity Gap=
	Total Investment Requirement to Fill Capacity Gap/(Remaining Time+1)
	~
	~		|

Desired Mine Secor Investment=
	max(Mine Annual Investment Requirement to fill Production Goal, max(Mine Annual
Investment Requirement to Fill Value Added Vision\
		,Mine Annual Investment Requirement to Fill Capacity Gap
	 ))
	~
	~		|

Total Investment Requirement to Fill Capacity Gap=
	IF THEN ELSE(Capacity Ratio>1, (Final Production-Total Mine Capacity*Final Product Ratio\
		)*Investment Requirement perUnit Production Capacity/Final Product Ratio , 0 )
	~
	~		|

Price Elasticity=
	9e-010
	~
	~		|

Marginal Profit Rate=
	Desired Marginal Profit*Inflation Rate
	~
	~		|

Desired Marginal Profit= INTEG (
	Marginal Profit Rate,
		Marginal profit)
	~
	~		|

Annual Mineral Production=
	MIN(Final Production, Total Mine Capacity*Final Product Ratio )
	~
	~		|

Final Production= DELAY FIXED (
	 ((Desired Marginal Profit+ Unit Reserve Rent)/Price Elasticity ), 1 , (9.54e+007*0.86\
		))
	~
	~		|

Production Rate=
	IF THEN ELSE(Time=INITIAL TIME,Initial Production Rate, (Annual Mineral Production-
Delayed Final Production\
		 ))
	~
	~		|

Marginal Revenue=
	(Annual Mineral Production*Price Elasticity+Unit Product Price )
	~
	~		|

		|
```

```
TVC Rate=
	Production Rate*Variable Unit Cost+Annual Mineral Production*Variable Unit Cost Rate
	~
	~		|

Exploitation Gap=
	max(Anual Exploitation Vision-Exploitation,Total Mine Capacity-Exploitation)
	~
	~		|

Anual Exploitation Vision=
	(Inferred Resources+Measured Resources)*Exploitation To Measured Resource Policy Ratio
	~
	~		|

Delayed Final Production= DELAY FIXED (
	Annual Mineral Production, 1 , Initial Production)
	~
	~		|

Maximum Share of Technical Founds On Mine Sector Capital Budget Policy=
	0.7
	~
	~		|

Maximum Technical Found Budget=
	Maximum Share of Technical Founds On Mine Sector Capital Budget Policy*Mine Capital
Budget
	~
	~		|

Annual Development Investment=
	Mine Annual Investment*Share of Development Investment
	~
	~		|

Mechinary Investment=
	Mine Annual Investment*share of Mechinary Investment+(Government Technical Founds on
Mines\
		*100/Capital Inflation Index)
	~
	~		|

Governmental Technical Founds=
	IF THEN ELSE(Investment Goal Gap>0, MIN(Investment Goal Gap , Maximum Technical
Found Budget\
		)
	 , 0 )
	~	million rial
	~	current value
	|

Maximum Exploration Support Budget=
	Maximum Share of Exploration on Mine Sector Capital Budget Policy*Mine Capital Budget
	~
	~		|

Government Founds on Mines Infrastructure=
	IF THEN ELSE(Mine Capital Budget-(Annual Governmental Exploration founds+Government
Technical Founds on Mines\
		)>0, Mine Capital Budget-(Annual Governmental Exploration founds+Government
Technical Founds on Mines\
		) , 0 )
	~
	~		|

Mine Sector Budget Ratio Policy=
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year , Mine Budget Actual Plan(Time) , Mine Sector Policy
Budget\
```

```
		(Time
	) )
	~
	~		|

Mine Capital Budget= INTEG (
	+Annual Mine Sector Capital Budget-Annual Governmental Exploration founds-Government
Founds on Mines Infrastructure\
		-Government Technical Founds on Mines,
		0)
	~
	~		|

Unit Capacity Royalty Rate= DELAY FIXED (
	 (Royality to Profit Ratio Gap)*Unit Capacity Royalty, 1 ,0.0001)
	~
	~		|

Mine Royalty Rate=
	(Total Mine Capacity*Unit Capacity Royalty Rate+Total Mine Capacity Rate*Unit Capacity
Royalty\
		)
	~
	~		|

Mine Sector Policy Budget(
	[(1384,0)-(1395,10)],(1385,0),(1386,0),(1387,0),(1388,0.2),(1389,0.2),(1390,0.2),(1391\
		,0.2),(1392,0.2),(1393,0.2),(1394,0.2))
	~
	~		|

Mechinery Capital= INTEG (
	+Mechinary Investment-Mechinary Capital Depreciation,
		Initial Mechinery Capital)
	~	million rial
	~		|

Actual Mine Life=
	INTEGER(Annual Reserve Exploitation Ratio*Unit Mine Exploitable Reserve/Unitl Mine
Capacity\
		)
	~
	~		|

Share of Development Investment=
	IF THEN ELSE( Share of Exploration Investment+Share of Infrastructure Investment+share of
Mechinary Investment\
		<=1 , 1-(Share of Exploration Investment+Share of Infrastructure Investment+share of
Mechinary Investment\
		)  ,0  )
	~
	~		|

Mine Infrastructure Rate=
	IF THEN ELSE(INTEGER(Total Mine Infrastructure Investment Rate/Infrastructure Investment
Cost per Mine\
		)>Mine without Infrastructure Number
	,Mine without Infrastructure Number, INTEGER(Total Mine Infrastructure Investment Rate\
		/Infrastructure Investment Cost per Mine
	)  )
	~
	~		|

Mechinary Investment per Mine=
	Investment Requirement Per Mine*share of Mechinary Investment
	~
	~		|

Share of Exploration Investment=
```

```
        IF THEN ELSE(Complementery Exploration Investment Demand Gap>0, MIN(Complementery
Exploration Investment Demand Gap\
                /Mine Annual Investment
        ,Maximum share of Exploration Investment in Mines) ,Minimum Share of Exploration In Mines\
                )
        ~
        ~                       |

share of Mechinary Investment=
        0.7
        ~
        ~                       |

Mine Development Rate= DELAY FIXED (
         (INTEGER( Mechinary Investment/Mechinary Investment per Mine)), Mine Development
Time\
                , 0)
        ~
        ~                       |

Investment Requirement Per Mine=
        Investment Requirement perUnit Production Capacity*Unitl Mine Capacity
        ~       million rial
        ~       constant 76
        |

Investment Requirement per Unit Capacity Development=
        Investment Requirement perUnit Production Capacity*0.5
        ~
        ~                       |

        |

Unit Mine Capacity Development Rate= DELAY FIXED (
        Annual Development Investment/(Investment Requirement per Unit Capacity Development*\
                Total Active Mines), Mine Capacity Development Time
         , 25)
        ~
        ~                       |

Infrastructure Investment Cost per Mine=
        Share of Infrastructure Investment*Investment Requirement Per Mine
        ~       million rial
        ~       constant 76
        |

Maximum share of Exploration Investment in Mines=
        0.05
        ~
        ~                       |

Minimum Share of Exploration In Mines=
        0.03
        ~
        ~                       |

TFC= INTEG (
        +TFC Rate,
                (Capital Unit Cost*Initial Capital*10*Capital Inflation Index)+Initial Other Fixed
Costs\
                +Initial Mine Royalty)
        ~       million rial
        ~       Total Fixed Costs (Current Value)
        |

Mine Total Royalty= INTEG (
        Mine Royalty Rate,
                Initial Mine Royalty)
        ~       million rial
        ~                       |
```

```
Total Mine Capacity= INTEG (
	Total Mine Capacity Rate,
		Initial Active Mines*Initial Unit Mine Capacity)
	~
	~		|

Initial Mine Royalty=
	 79282.3
	~	million rial
	~		|

Complementery Exploration Investment Demand Gap=
	Mine Annual New Exploration Invetment Demand-(Annual Governmental Exploration founds\
		*100/Capital Inflation Index)
	~
	~		|

Tax Rate=
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year , Tax to Profit Ratio*Annual Product Sales*(Unit Product
Price\
		-Unit Production Cost) ,( IF THEN ELSE(Time<1388
	 , Annual Product Sales*Unit Product Profit , Current Mine Value Added
	*Tax to Value Added Ratio ) ))
	~
	~		|

Feasible Reserves Ratio=
	0.3
	~
	~		|

Initial Unit Mine Capacity=
	Annual Reserve Exploitation Ratio*Unit Reserve/Initial Mine life
	~
	~		|

Initial Active Mines=
	2000
	~
	~		|

Reserve Exploitation Ratio Gap=
	Desired Reserve Exploitation Ratio Policy/Annual Reserve Exploitation Ratio
	~
	~		|

Desired Reserve Exploitation Ratio Policy=
	0.85
	~
	~		|

Reserve Exploitation Ratio Rate=
	IF THEN ELSE(Reserve Exploitation Ratio Gap>1,(Reserve Exploitation Ratio Gap-1)*Annual
Reserve Exploitation Ratio\
		/Reserve Exploitation Ratio Gap Fill Time , 0
	 )
	~
	~		|

Total Active Mines= INTEG (
	Mine Active Rate-Mine Closure Rate,
		Initial Active Mines)
	~
	~		|

Unitl Mine Capacity= INTEG (
	+Unit Mine Capacity Development Rate-Unit Mine Capacity Depreciation,
		Initial Unit Mine Capacity)
	~
```

```
	~		|

Reserve Exploitation Ratio Gap Fill Time=
	3
	~
	~		|

Initial Mine life=
	60
	~
	~		|

Unit Capacity Royalty= INTEG (
	Unit Capacity Royalty Rate,
		0.0002)
	~
	~		|

Mine Sector Investment=
	Mine Annual Investment+(Annual Mine Sector Capital Budget*100/Capital Inflation Index\
		)
	~	million rial
	~	constant 76
	|

"Development & Exploration Investment"=
	Mine Annual Investment*(Share of Development Investment+Share of Exploration Investment\
		)+(Annual Governmental Exploration founds*100/Capital Inflation Index
	)
	~	million rial
	~	constant76
	|

Share of Mechinery on Mine Sector Capital=
	(Mechinery Capital/1000)/Mine Sector Capital
	~
	~		|

Maximum Share of Exploitation On Mine Sector Capital Budget Policy=
	0.7
	~
	~		|

Annual Governmental Exploration founds=
	IF THEN ELSE( Time >=Mine Exploration Support Policy Run Time ,  MIN(Mine Annual New
Exploration Invetment Demand\
		,Maximum Exploration Support Budget)  , 0 )
	~
	~		|

Mine Annual Investment Requirement to fill Production Goal=
	IF THEN ELSE(Exploitation Gap>0, Exploitation Gap*Investment Requirement perUnit
Production Capacity\
		/(Remaining Time+1) , 0 )
	~
	~		|

Maximum Exploitation Support Budget=
	Annual Mine Sector Capital Budget*Maximum Share of Exploitation On Mine Sector Capital
Budget Policy
	~
	~		|

Mine Exploration Support Policy Run Time=
	1389
	~
	~		|

Exploration Rate=
	Annual New Exploration+Complementary Exploration
```

```
	~
	~		|

Complementary Exploration=
	DELAY FIXED ((Exploration Investment in Mines+Annual Governmental Exploration founds\
		)/(Complementery to Primary Exploration Cost Ratio*Exploration Cost Efficiency),
Complementary Exploration Duration
	 , 0)
	~	tone
	~		|

Maximum Share of Exploration on Mine Sector Capital Budget Policy=
	0.2
	~
	~		|

Annual Exploration Demand=
	max( Minium Annual Exploration policy,Mineral Product Annual Shortage/(Exploitation To
Measured Resource Policy Ratio\
		*Final Product Ratio
	))
	~
	~		|

Private Exploration Investment= INTEG (
	Private Exploration Investment Rate,
		1782.37)
	~	million rial
	~		|

Annual Governmental Exploration= DELAY FIXED (
	Governmen Exploration Investment/Exploration Cost Efficiency, New Exploration Duration\
		 , 0)
	~
	~		|

Governmen Exploration Investment= INTEG (
	Government Exploration Rate,
		10000)
	~	million rial
	~		|

Government Exploration Investment Rate Policy=
	0.1
	~
	~		|

Government Exploration Rate=
	Governmen Exploration Investment*Government Exploration Investment Rate Policy
	~
	~		|

Exploration Investment in Mines=
	Mine Annual Investment*Share of Exploration Investment
	~
	~		|

Mine Annual New Exploration Invetment Demand=
	IF THEN ELSE(Resource Exploration Gap>0, Resource Exploration Gap*Exploration Cost
Efficiency\
		 , 0 )
	~
	~		|

Reserve Explorated Numbers=
	INTEGER( Annual New Exploration/Unit Reserve
	)
	~
	~		|
```

```
Resource Exploration Gap=
	IF THEN ELSE(Annual Exploration Demand-Exploration Rate>0, Annual Exploration Demand\
		-Exploration Rate , 0 )
	~
	~		|

Complementery to Primary Exploration Cost Ratio=
	3
	~
	~		|

Exploration Cost Efficiency=
	0.000257
	~		million rial/tone
	~		current value
	|

World Mineral Price Rate Trend=
	0.0514
	~
	~		|

World Mineral Price Rate Index=
	IF THEN ELSE(Time<Policy Year, World Mineral Price Index Table(Time) , World Mineral
Price Rate Trend\
		)
	~
	~		|

External Price Rate=
	max( Inflation Rate , World Mineral Price Rate Index )
	~
	~		|

Rent Rate=
	max( Unit Reserve Rent*External Price Rate,(Exploitation*Unit Reserve Rent/Measured
Resources\
		) )
	~
	~		|

Government Revenue Based on Mine Exploitation= DELAY FIXED (
	Mine Total Royalty+Tax Rate, 1 , 100000)
	~
	~		|

Desired Royality to Profit Ratio Policy=
	0.25
	~
	~		|

Royality to Profit Ratio Gap=
	Desired Royality to Profit Ratio Policy-Unit Royality to Profit Ratio
	~
	~		|

Unit Royality to Profit Ratio=
	Unit Capacity Royalty/(Unit Product Profit*Final Product Ratio)
	~
	~		|

Unit Mine Exploitable Reserve Rate=
	Complementery Exploration Per Mine/Actual Mine Life
	~
	~		|

Mine Capacity Life=
	50
	~
	~		|
```

```
Total Mine Capacity Rate=
	(Unit Mine Capacity Development Rate-Unit Mine Capacity Depreciation)*Total Active Mines\
		+Unitl Mine Capacity*(Mine Active Rate-Mine Closure Rate)
	~
	~		|

Mine Closure Rate=
	INTEGER(Total Active Mines/ Actual Mine Life)
	~
	~		|

Annual Reserve Exploitation Ratio= INTEG (
	Reserve Exploitation Ratio Rate,
		0.6)
	~
	~		|

Unit Mine Capacity Depreciation=
	Unitl Mine Capacity/Mine Capacity Life
	~
	~		|

Unit Mine Exploitable Reserve= INTEG (
	Unit Mine Exploitable Reserve Rate,
		Unit Reserve)
	~
	~		|

New Infrastructure demand=
	Mine Development Rate
	~
	~		|

Developed Mines= INTEG (
	IF THEN ELSE( (Developed Mines+Mine Development Rate-Mine Active Rate)>0 ,
INTEGER(+\
		Mine Development Rate-Mine Active Rate) , 0 ),
		220)
	~
	~		|

Unit Reserve=
	5e+006
	~
	~		|

Explorated Reserve Numbers= INTEG (
	Reserve Explorated Numbers-Mine Development Rate,
		500)
	~
	~		|

Complementery Exploration Per Mine=
	Complementary Exploration/(Total Active Mines+Developed Mines)
	~
	~		|

Capital per Unit Production=
	1000*Mine Sector Capital/Annual Mineral Production
	~
	~		|

GDP Vision=
	850000
	~
	~		|

Exploitation To Measured Resource Policy Ratio=
	0.01
```

```
	~
	~		|

Mine Annual Investment Requirement to Fill Value Added Vision=
	abs (Mine Value Added Gap*ICOR/(Remaining Time+1))
	~
	~		|

Mine Value Added Gap=
	Mine Value Added Constant 76-Mine Sector Value Added Vision
	~
	~		|

Mine Sector Value Added Vision=
	GDP Vision*Desired Share of Mine Sector on GDP
	~
	~		|

Remaining Time=
	FINAL TIME-Time
	~
	~		|

Desired Share of Mine Sector on GDP=
	0.05
	~
	~		|

Mechinary Investment Ratio=
	0.7
	~
	~		|

Annual Product Sales=
	Total Demand-Annual Imports
	~
	~		|

Delayed Unit Product Price=
	DELAY FIXED(Unit Product Price, 1 , IP )
	~
	~		|

Unit Reserve Rent= INTEG (
	Rent Rate,
		IP-IMC)
	~
	~		|

Mine Replacement Infrastructure Demand=
	INTEGER(Total Active Mines/(2*Mine Infrastructure Life))
	~
	~		|

Mine without Infrastructure Number= INTEG (
	INTEGER(New Infrastructure demand+Mine Replacement Infrastructure Demand-Mine
Infrastructure Rate\
		),
		Initial Mine without Infrastructure)
	~
	~		|

Initial Mine without Infrastructure=
	100
	~
	~		|

Mine Active Rate=
	Mine Infrastructure Rate
	~
```

```
	~		|

Inflation Rate=
	IF THEN ELSE(Time<1388,Inflation rate Table(Time) ,Inflation Rate Trend )
	~
	~		|

Value Added Inflation Index Table(
	[(1370,0)-(1395,2000)],(1375,84.7309),(1376,100),(1377,121.207),(1378,133.152),(1379\

	,167.773),(1380,213.25),(1381,228.74),(1382,237.486),(1383,255.38),(1384,295.44),(1385\

	,384.89),(1386,408.493),(1387,471.3),(1388,543.7),(1389,627.3),(1390,723.8),(1391,835\
		),(1392,963.4),(1393,1111.5),(1394,1282.4))
	~
	~		|

GDP Rate Table(
	[(0,0)-(2000,10)],(1375,0.0608),(1376,0.0281),(1377,0.0287),(1378,0.016),(1379,0.0496\
		),(1380,0.0328),(1381,0.0756),(1382,0.0683),(1383,0.0484),(1384,0.0539))
	~
	~		|

Policy Year=
	1385
	~
	~		|

Population Rate=
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year  , Population*Population Rate Table(Time) , Population\
		*Population Rate Trend )
	~
	~		|

Inflation Index Changes=
	IF THEN ELSE(Time<1388, Inflation Index*Inflation rate Table(Time+1) , Inflation Index\
		*Inflation Rate Trend )
	~
	~		|

GDP Rate=
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year  , GDP*GDP Rate Table(Time+1) , GDP*GDP Rate Trend
)
	~
	~		|

Population Rate Table(
	[(0,0)-(2000,10)],(1375,0.0153),(1376,0.0169),(1377,0.0169),(1378,0.0169),(1379,0.0169\
		),(1380,0.016848),(1381,0.0153),(1382,0.0153),(1383,0.0153),(1384,0.0153))
	~
	~		|

Population Rate Trend=
	0.014
	~
	~		|

GDP Rate Trend=
	0.07
	~
	~		|

GDP= INTEG (
	GDP Rate,
		283807)
	~
	~		|

Value Added Inflation Index =
	Value Added Inflation Index Table(Time)
```

```
	~
	~		|

Population= INTEG (
	Population Rate,
		6.00555e+007
		)
	~
	~		|

Inflation Index= INTEG (
	+Inflation Index Changes,
		91)
	~
	~		|

Inflation rate Table(
	[(1372,0)-(1400,0.4)],(1375,0.252),(1376,0.0989),(1377,0.167),(1378,0.2416),(1379,0.1477\
		),(1380,0.0505),(1381,0.0962),(1382,0.1013),(1383,0.147),(1384,0.0951),(1385,0.1211\
		),(1386,0.1488),(1387,0.252))
	~
	~		|

Inflation Rate Trend=
	0.18
	~
	~		|

Capital Inflation Rate Table(
	[(1372,0)-(1400,0.6)],(1375,0.3),(1376,0.235),(1377,0.142),(1378,0.308),(1379,0.226)\
		,(1380,0.01),(1381,0.246),(1382,0.092),(1383,0.173),(1384,0.032),(1385,0.15))
	~
	~		|

Capital Inflation Rate Trend=
	0.15
	~
	~		|

Capital Inflation Index= INTEG (
	Capital Inflation Rate,
		81)
	~
	~		|

Capital Inflation Rate=
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year  ,Capital Inflation Index* Capital Inflation Rate Table\
		(Time+1) , Capital Inflation Index*Capital Inflation Rate Trend )
	~
	~		|

Total Production Sale= INTEG (
	Annual Product Sales,
		0)
	~
	~		|

Total Profit=
	Unit Product Profit*Annual Product Sales
	~
	~		|

Share of Exports on Production Rate Trend=
	0.02
	~
	~		|

Annual Exports=
	Share of Exports on Production*Annual Mineral Production
	~
```

```
	~		|

Annual Imports=
	IF THEN ELSE(Demand to Supply Ratio>Mineral Import Criteria Policy, DELAY1( Total
Demand\
		-Annual Mineral Production , 1 ) , 0 )
	~
	~		|

Desired Capacity Ratio=
	1
	~
	~		|

Mineral Product Annual Shortage=
	IF THEN ELSE( Mineral Product Level<0 , abs(Mineral Product Level) , 0 )
	~
	~		without imports
	|

Mineral Product Level= INTEG (
	IF THEN ELSE(Annual Mineral Production-Annual Product Sales>=0, Annual Mineral
Production\
		-Annual Product Sales , 0 ),
		0)
	~
	~		|

UP rate=
	(TC Rate*Annual Mineral Production-Production Rate*TC)/(Annual Mineral Production^2)
	~
	~		|

Total Demand=
	Annual Mineral Consumption+Annual Exports
	~
	~		|

Mineral Import Criteria Policy=
	0.95
	~
	~		|

Total Product Value=
	Annual Mineral Production*Unit Product Price
	~
	~		|

Exploitation=
	Annual Mineral Production/Final Product Ratio
	~
	~		|

Capacity Ratio Gap=
	Desired Capacity Ratio-Capacity Ratio
	~
	~		|

Demand to Supply Ratio=
	Total Demand/(Annual Mineral Production+Mineral Product Level)
	~
	~		|

Mine Development Time=
	3
	~
	~		|

Mine Capacity Development Time=
	2
```

```
	~
	~		|

Initial Development Capital=
	88186.7
	~
	~		|

Development and Exploration Capital= INTEG (
	"Development & Exploration Investment"-Development Depreciation,
		Initial Development Capital)
	~	million rial
	~	constant 76
	|

Initial Mechinery Capital=
	2.77112e+006
	~
	~		|

Mine Capital Depreciation=
	Mine Sector Capital/Mine Capital Life
	~
	~		|

Total Training Time=
	Average Desired Training Time*Mine Labor Force
	~
	~		|

Total Experience of Labor Force= INTEG (
	(Experience Rate-Experience Decrease Rate),
		347080)
	~
	~		|

Annual share of Technicians on training Policy= DELAY FIXED (
	share of Technicians on On Training Gap/Training Policy Fill Duration , 1, 0.02)
	~
	~		|

Technician Training share Trend=
	-0.016
	~
	~		|

Technician Training Rate=
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year , Share of Technicians on Training*Technician Training
share Trend\
		, Annual share of Technicians on training Policy
	)
	~
	~		|

share of Technicians on On Training Gap=
	Desired Share of Tecnicians on Training Policy-Share of Technicians on Training
	~
	~		|

Desired Share of Tecnicians on Training Policy=
	0.2038
	~
	~		|

Investment Goal Gap=
	Desired Mine Secor Investment-Mine Annual Investment
	~
	~		|

Wokers share on Training Trend=
```

```
	-0.015
	~
	~		|

Share of Workers on Training= INTEG (
	share of Workers on Training Rate,
		0.61)
	~
	~		|

Training Policy Fill Duration=
	3
	~
	~		|

share of Workers on On Training Gap=
	Desired Share of Workers on Training policy-Share of Workers on Training
	~
	~		|

Desired Share of Workers on Training policy=
	0.5329
	~
	~		|

Annual share of Workers on training Policy=
	DELAY FIXED(share of Workers on On Training Gap/Training Policy Fill Duration, 1, 0.05\
		)
	~
	~		|

share of Workers on Training Rate=
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year , Wokers share on Training Trend*Share of Workers on
Training\
		, Annual share of Workers on training Policy )
	~
	~		|

Comulative Governmental Technical Founds= INTEG (
	Governmental Technical Founds,
		0)
	~
	~		~	:SUPPLEMENTARY
	|

Total Improvement Policy Cost= INTEG (
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year , 0 , Governmental Founds on Training),
		0)
	~
	~		|

Firm Traing Costs=
	Total Training Cost-Governmental Founds on Training
	~
	~		|

TFC Rate=
	(Capital Unit Cost*Net Annual Investment*Capital Inflation Index/100)+Other Fixed Cost Rate\
		+"R&D Costs Rate"+Mine Royalty Rate+Firm Traing Costs
	~
	~		|

Energy Consumption per Tone= INTEG (
	-Energy Consumption per Tone Rate,
		866.3)
	~	kwh/tone
	~		|

Energy consumption requirement per tone=
	789.839-80.2958*ln(Technology Level)
```

```
	~
	~		|

Tax to Value Added Ratio=
	0.03
	~
	~		|

Price Rate=
	IF THEN ELSE(Time=INITIAL TIME, IPR , Unit Product Price-Delayed Unit Product Price \
		)
	~
	~		|

Unit Product Profit=
	(Unit Product Price-Unit Production Cost)*(1-Tax to Profit Ratio)
	~
	~		|

Labor Unit Production Cost Rate=
	Labor Requirement per Unit Production*labor wage changes+Labor Unit Production Use Rate\
		*Average Labor Force Wage
	~
	~		|

Total Taxes= INTEG (
	Tax Rate,
		0)
	~
	~	after policy year
	|

Research to Value Add Ratio=
	"R&D Costs"/delayed constant Mine value added
	~
	~		|

ICOR=
	(Mine Sector Investment/(constant Value added changes))
	~
	~		|

"Total R&D Policy Cost"= INTEG (
	"Annual R&D Policy Cost",
		0)
	~
	~		|

Total Policy new Employement= INTEG (
	"Annual New Employment based on R&D policy",
		0)
	~
	~		|

"Annual R&D Policy Cost"=
	IF THEN ELSE(Time<Policy Year, 0 , "R&D Costs per Mine"*"R&D in Mines"*"R&D
Imporovement Policy"\
		*100/Inflation Index)
	~
	~		|

"R&D Mines Growth Rate"=
	"R&D in Mines"*("R&D Growth in Mines"+"R&D Imporovement Policy")
	~
	~		|

"Annual New Employment based on R&D policy"=
	IF THEN ELSE(Time<Policy Year, 0 ,"R&D Imporovement Policy"*"R&D in Mines"*"R&D
labor per mine"\
		)
```

```
	~
	~		|

"R&D Imporovement Policy"=
	0
	~
	~		|

inflation index table(
	[(1370,0)-(1395,2000)],(1375,91),(1376,100),(1377,116.7),(1378,144.9),(1379,166.3),(\
	1380,174.7),(1381,191.5),(1382,210.9),(1383,241.9),(1384,264.9),(1385,297),(1386,341.2\
	),(1387,427.18),(1388,512.62),(1389,615.14),(1390,738.17),(1391,885.81),(1392,1062.97\
		),(1393,1275.56),(1394,1530.67))
	~
	~		|

Found Policy=
	1
	~
	~		|

{UTF-8}
GFCF=
	IF THEN ELSE( Time<1387 , GFCF table(Time) , GFCF table(1386)*((1+GFCF Rate Trend )^\
		(policy Rate Index-2)))
	~
	~		|

labor=
	Labor Requirement per Unit Production/Labor per Unit Product
	~
	~		|

delayed labor use=
	DELAY FIXED( Labor per Unit Product, 1 , Initial labor Requirement per Unit Productio\
		)
	~
	~		|

Labor Unit Production Use Rate=
	Labor per Unit Product-delayed labor use
	~
	~		|

Labor Requirement per Unit Production= DELAY FIXED (
	EXP(Labor Requirement per Unit Productio Index+Technology Level*(-0.14995)), 1 , Initial
labor Requirement per Unit Productio\
		)
	~
	~		|

Unit Production Value Added Potential=
	(Capital per Unit Production^Capital Elasticity)*(Labor per Unit Product^Labor Elasticity\
		)*(Technology Level)
	~
	~		|

Labor per Unit Product=
	Mine Labor Force/Annual Mineral Production
	~
	~		|

Initial labor Requirement per Unit Productio=
	 0.000791
	~		person/tone
	~		|

Final Product Ratio=
```

```
        Final mineral Ratio Index*Technology Level^0.02294
        ~
        ~                       |

Final mineral Ratio Index=
        0.838391
        ~
        ~                       |

second delay of ICOR=
        SMOOTHI(  first delay of ICOR  , 1 , 3.24 )
        ~
        ~                       |

Effect of Last ICOR on Mine Investment=
        ICOR effect on investment index *second delay of ICOR
        ~
        ~                       |

Share of Mines on National Investment=
        Effect of Government Investment Ratio on Mine Investment +Effect of Last ICOR on Mine
Investment\
                +Effect of last Infrastructures Capital Ratio on Mine Investment
        +Effect of Last Mineral Industries Investment on Mine Investment +Mine Investment Ratio
Index\
                +Effect of Development Capital Ratio on Mine Investment
        ~
        ~                       |

Initial Production=
         6.10596e+007
        ~
        ~                       |

IPR=
        0.003
        ~
        ~                       |

Marginal profit=
        (Marginal Revenue-Marginal Cost )
        ~
        ~                       |

Marginal Cost=
        IF THEN ELSE( Time=INITIAL TIME , IMC , TC Rate/Production Rate )
        ~
        ~                       |

World Mineral Price Index Table(
        [(0,-0.08)-(2e+007,10)],(1375,-0.0171),(1376,0.0215),(1377,0.0014),(1378,-0.0654),(1379\
                ,-0.005),(1380,-0.0185),(1381,0.0379),(1382,0.0619),(1383,0.1506),(1384,0.2539))
        ~
        ~                       |


Unit Production Cost= INTEG (
        UP rate,
                Initial Unit Production Cost)
        ~
        ~           before tax
        |

Initial Unit Production Cost=
         0.026978
        ~
        ~                       |

Capital Requirement per Unit Production= DELAY FIXED (
         EXP(Capital Requirement per Unit Productio Index+(Technology Level)*0.483544)
```

```
, 1 , Initial Capital Requirement per Unit Productio)
	~
	~		~		:SUPPLEMENTARY
	|

Labor Requirement per Unit Productio Index=
	-7.12177
	~
	~		|

Delayed CER=
	DELAY1(Capital Efficiency Ratio, 1 )
	~
	~		|

Capital Requirement per Unit Productio Index=
	-3.81544
	~
	~		|

Technology Level=
	EXP(ln(Delayed CER)*CER Effect on Technology+ln(Average Labor Unit Quality
level)*Labor Quality Effect on Technology\
		+"R&D Effect on Technology"
	*Research to Value Add Ratio)
	~
	~		|

Initial Capital Requirement per Unit Productio=
	 0.0491
	~
	~		|

CER Effect on Technology=
	0.124681
	~
	~		|

"R&D Effect on Technology"=
	51.2
	~
	~		|

Labor Quality Effect on Technology=
	0.55502
	~
	~		|

Annual Mine Sector Capital Budget=
	Government Revenue Based on Mine Exploitation*Mine Sector Budget Ratio Policy
	~
	~		|

Variable Unit Cost Rate=
	Energy Unit Production Cost Rate+Labor Unit Production Cost Rate+Material Unit Production
Cost Rate\
		+(Transport Cost Rate/Final Product Ratio)+Water Uunit Production Cost rate
	~
	~		|

Variable Unit Cost= INTEG (
	Variable Unit Cost Rate,
		0.0136507
		)
	~	million rial/tone
	~		|

Initial Production Rate=
	3.25604e+006
	~
```

~ |

IMR=
0.2356
~
~ |

IMC=
0.025
~
~ |

Total Training Cost=
Average Cost of Training Per Hour*Total Training Time
~
~ |

"R&D Costs Rate"=
"R&D in Mines"*"R&D cost per Mine Rate"+"R&D Costs per Mine"*"R&D Mines Growth Rate"
~
~ |

"R&D Costs"= INTEG (
"R&D Costs Rate",
4933.94
)
~
~ |

TC Rate=
TFC Rate+TVC Rate
~
~ |

Initial Marginal cost=
0.0002008
~
~ |

Initial Product Price=
0.02895
~
~ |

Production to Death ratio=
1e+006*(6.106*(Average Labor Unit Quality level)*0.182)
~
~ |

"Delayed R&D labor numbers"=
SMOOTHI("R&D Labor", 1 , 124)
~
~ |

"R&D labor per mine"=
4.7
~
~ |

"R&D labor Rate"=
"R&D Labor"-"Delayed R&D labor numbers"
~
~ |

"R&D Growth in Mines"=
0.0801
~
~ |

```
"R&D Labor"=
        "R&D in Mines"*"R&D labor per mine"
        ~
        ~                       |

"R&D cost per Mine Rate"=
        "R&D Costs per Mine"*"R&D Costs per Mine Rate Index"
        ~
        ~                       |

"R&D Costs per Mine"= INTEG (
        "R&D cost per Mine Rate",
                168.139
                )
        ~       million rial
        ~       CURRENT
        |

"R&D Costs per Mine Rate Index"=
         0.08365
        ~
        ~                       |

"R&D in Mines"= INTEG (
        "R&D Mines Growth Rate",
                38)
        ~
        ~                       |

"R&D Labor Education Rate"=
        "Average Education of New R&D labor"*"R&D labor Rate"
        ~
        ~                       |

Net Annual Investment=
        Mine Sector Investment-Mine Capital Depreciation
        ~
        ~                       |

Investment Need Labor=
        Mine Sector Investment/Investment per Capita Index
        ~       million rial
        ~                       |

Mine Capital Life=
        8
        ~
        ~                       |

Mine Sector Capital= INTEG (
        (Mine Sector Investment/1000)-Mine Capital Depreciation,
                Initial Capital)
        ~       milliard rial
        ~       constant 76
        |

Initial Capital=
        3810.72
        ~       milliard rial
        ~                       |

Capital Unit Cost=
        0.12
        ~
        ~                       |

Initial Other Fixed Costs=
        319142
        ~       million rial
        ~                       |
```

```
Share of Development and Exploration on Mine Capital=
	(Development and Exploration Capital/1000)/Mine Sector Capital
	~
	~		|

TC= INTEG (
	TC Rate,
		1.21923e+006
		)
	~	million rial
	~		|

Annual Reinvetment=
	IF THEN ELSE(Last Year Profit<0, 0 , Last Year Profit*Reinvestment Ratio*100/Inflation
Index\
		)
	~	million rial
	~	constant 76
	|

Share of Infrastructures on Mine Capital=
	(Infrastructure Capital/1000)/Mine Sector Capital
	~
	~		|

Other Fixed Cost Rate Index=
	 0.3195
	~
	~		|

Other Fixed Cost Rate=
	Other Fixed Cost Rate Index*Other Fixed Costs
	~
	~		|

Other Fixed Costs= INTEG (
	+Other Fixed Cost Rate,
		Initial Other Fixed Costs)
	~	million rial
	~	current value
	|

TVC= INTEG (
	TVC Rate,
		915411
		)
	~	million rial
	~		|

Training Time Improvement Policy=
	0
	~
	~		|

Training plan(
	[(1370,0)-(1390,20)],(1375,7.16),(1376,8.6),(1377,4.43),(1378,3.75),(1379,8.81),(1380\
		,14.07),(1381,6.56),(1382,6.23),(1383,6.25),(1384,6.28))
	~
	~		|

Net Skill Rate=
	Total Skill Rate-Skill Decrease Rate
	~
	~		|

Energy Unit Production Cost Rate=
	(Energy Unit Cost*Energy Consumption per Tone Rate+Energy Consumption per Tone*Energy
Unit Cost Rate\
		)/1e+006
```

```
	~
	~		|

Labor Unit Production Cost= INTEG (
	Labor Unit Production Cost Rate,
		0.000791
		)
	~	million rial/tone
	~		|

labor wage changes=
	Average Labor Force Wage-Last Year Wage
	~
	~		|

Annual Workers Training Time=
	Share of Workers on Training*Total Training Time
	~
	~		|

Annual Engineers Training Time=
	Share of Engineering on Training*Total Training Time
	~
	~		|

Annual Technicians Training Time=
	Share of Technicians on Training*Total Training Time
	~
	~		|

Training Unit Cost Rate=
	Average Cost of Training Per Hour*Training Cost Rate Index
	~
	~		|

Training Cost Rate Index=
	0.1968
	~
	~		|

Share of Technicians on Training= INTEG (
	Technician Training Rate,
		0.2354
		)
	~
	~		|

Experience Rate=
	(Laber Force Rate*Ave Experience of Employmented Labor Force+Mine Labor Force)
	~
	~		|

Experience Decrease Rate=
	Total Experience of Injured Labor Force+Total Exprience of Retied Labor+Total Experience of
Exited labor
	~
	~		|

Share of Engineering on Training= INTEG (
	Engineering Training Rate,
		0.1598
		)
	~
	~		|

Ave Experience of labor force=
	Total Experience of Labor Force/Mine Labor Force
	~
	~		~	:SUPPLEMENTARY
	|
```

```
Engineering Training Index=
        0.113
        ~
        ~                   |

Engineering Training Rate=
        Engineering Training Index*Share of Engineering on Training
        ~
        ~                   |

Total knowledge Level= INTEG (
        Knowledge Rate-Total Knowledge Decreae Rate,
                16781)
        ~
        ~                   |

Total Labor Force Education= INTEG (
        Education Index Rate Improvement+Labor Education Rate,
                15841
                )
        ~
        ~                   |

Total Labor Quality Level= INTEG (
        Labor Quality Rate,
                235543)
        ~
        ~                   |

Net Knowledge Rate=
        Knowledge Rate-Total Knowledge Decreae Rate
        ~
        ~                   |

"Avearge R&D Labor Education Improvement Rate"=
        0.01128
        ~
        ~                   |

"Total R&D Labor Education"= INTEG (
        "Improvement of R&D Labors Education"+"R&D Labor Education Rate",
                940)
        ~
        ~                   |

Skill Decrease Rate=
        Total Skill Level*Annual Labor Existance/Mine Labor Force
        ~
        ~                   |

Ave Experience of Exited labor=
        2
        ~
        ~                   |

Skill Index of New Labors=
        1.192
        ~
        ~                   |

Avearge Labor Education Improvement Rate=
        0.0368
        ~
        ~                   |

Average Cost of Training Per Hour= INTEG (
        Training Unit Cost Rate,
                0.0052)
        ~       million rial
```

```
	~		|

Average Education of New labor=
	0.3404
	~
	~		|

"Average Education of New R&D labor"=
	6.599
	~
	~		|

Labor Training Index Rate=
	(Annual Engineers Training Time*10+Annual Technicians Training Time*5+Annual Workers
Training Time\
		*2.5)/100
	~
	~		|

Net Experience Rate=
	Experience Rate-Experience Decrease Rate
	~
	~		|

Total Experience of Exited labor=
	Ave Experience of Exited labor*Labor Existance Rate
	~
	~		|

Labor Education Rate=
	Laber Force Rate*Average Education of New labor
	~
	~		|

Total Knowledge Decreae Rate=
	Total knowledge Level*Annual Labor Existance/Mine Labor Force
	~
	~		|

Total Skill Level= INTEG (
	Total Skill Rate-Skill Decrease Rate,
		79930)
	~
	~		|

Labor Skill Improvement Index=
	 0.0197
	~
	~		|

Labor Skill Improvement Rate=
	Labor Skill Improvement Index*Total Labor Skill Index
	~
	~		|

Labor Quality Rate=
	Net Knowledge Rate+Net Skill Rate+(Net Experience Rate/2.5)
	~
	~		|

Labor Skill Index Rate=
	Laber Force Rate*Skill Index of New Labors
	~
	~		|

Mine Labor Existance Condition=
	 Total Product Value/( Mine Labor Force*(Average Labor Force Wage*100/Inflation Index\
		))
	~
	~		|
```

```
Total Labor Skill Index= INTEG (
	Labor Skill Improvement Rate+Labor Skill Index Rate,
		57765)
	~
	~		|

Average Labor Force Wage=
	EXP(-1.02083)*(Inflation Index^0.355433)*(Last Year Wage^0.487266)*(Average Labor Unit
Quality level\
		 ^0.41386)
	~	million rial
	~	current  value
	|

Annual Labor Existance=
	Injured Labor Rate+Retire Rate+Labor Existance Rate
	~
	~		|

Knowledge Rate=
	Education Index Rate Improvement+"Improvement of R&D Labors Education"+Labor
Education Rate\
		+"R&D Labor Education Rate"
	~
	~		|

Total Skill Rate=
	Labor Skill Index Rate+Labor Training Index Rate
	~
	~		|

Average Labor Unit Quality level=
	Total Labor Quality Level/Mine Labor Force
	~
	~		|

Education Index Rate Improvement=
	Avearge Labor Education Improvement Rate*Total Labor Force Education
	~
	~		|

"Improvement of R&D Labors Education"=
	"Avearge R&D Labor Education Improvement Rate"*"Total R&D Labor Education"
	~
	~		|

Last Year Wage=
	SMOOTHI(  Average Labor Force Wage  , 1 ,6.6618 )
	~	million rial
	~	current value
	|

Development Depreciation=
	Development and Exploration Capital/Development Life
	~
	~		|

Development Life=
	8
	~
	~		|

Tax to Profit Ratio=
	0.25
	~
	~		|

Inferred Resources= INTEG (
	Probable Reserve Rate+Governmental Prospecting Rate-Exploration Rate,
```

```
                Primary Inferred Resources)
        ~
        ~               |

Governmental Prospecting Rate=
        1e+009
        ~
        ~               |

Energy Unit Production Cost= INTEG (
        Energy Unit Production Cost Rate,
                0.000833
                )
        ~       million rial/tone
        ~               |

Water Uunit Production Cost rate=
        (Water Consumption per Tone Rate*Water Unit Cost+water supply unit cost rate*Water
Consumption per Tone\
                )/1e+006
        ~
        ~               |

Water Unit Production Cost= INTEG (
        Water Uunit Production Cost rate,
                7.4e-005
                )
        ~       million rial/tone
        ~               |

Private Exploration Investment Rate=
        Private Exploration Investment*Private Exploration Rate Trend
        ~
        ~               |

Private Exploration Rate Trend=
        0.594547
        ~
        ~               |

Annual Private Exploration= DELAY FIXED (
        Private Exploration Investment/Exploration Cost Efficiency, New Exploration Duration\
                , 1.5e+008)
        ~
        ~               |

Infrastructure Capital= INTEG (
        +Total Mine Infrastructure Investment Rate-Mine Infrastructure Depreciation,
                Initial Infrastructure Capital)
        ~       million rial
        ~               |

Measured Resources= INTEG (
        Exploration Rate-Resource Exploitation Rate,
                Initial Measured Resources)
        ~       tone
        ~               |

Resource Exploitation Rate=
        Exploitation
        ~
        ~               |

Injured Labor Rate=
        (1+High Level Accident to Death Ratio)*(Exploitation/Production to Death ratio)
        ~
        ~               |

Labor Existance Rate=
```

```
	IF THEN ELSE( Mine Labor Existance Condition>Desired Mine Labor Out Criteria , 0, Mine
Labor Existance Condition\
		-Desired Mine Labor Out Criteria*Mine Labor Force
	/Mine Labor Existance Condition)
	~
	~			|

Total Technician Training Time= INTEG (
	Annual Technicians Training Time,
		1)
	~
	~			|

Average Participated Labors per Hour training=
	2
	~
	~			~		:SUPPLEMENTARY
	|

Total Worker Training Time= INTEG (
	Annual Workers Training Time,
		1)
	~
	~			|

Labor Training level= INTEG (
	Labor Training Index Rate,
		22165)
	~
	~			|

Total Engineering Training= INTEG (
	Annual Engineers Training Time,
		1)
	~
	~			|

Reinvestment Ratio=
	0.267
	~
	~			|

Effect of Development Capital Ratio on Mine Investment=
	effect of Development on Mine Investment index*"share of development on mine capital
(second delay)"
	~
	~			|

"share of development on mine capital (first delay)"=
	SMOOTHI( Share of Development and Exploration on Mine Capital, 1 ,0.02707 )
	~
	~			|

"share of development on mine capital (second delay)"=
	SMOOTHI("share of development on mine capital (first delay)" , 1 , 0.01946 )
	~
	~			|

Water Unit Cost= INTEG (
	water supply unit cost rate,
		277)
	~		rial/m3
	~			|

water unit cost rate index=
	0.305
	~
	~			|

effect of Development on Mine Investment index=
```

```
	0.021852
	~
	~		|

water supply unit cost rate=
	Water Unit Cost*water unit cost rate index
	~
	~		|

Last Year Profit= DELAY FIXED (
	 Total Profit , 1 , 72382)
	~	million rial
	~	current value
	|

Desired Mine Labor Out Criteria=
	1
	~
	~		|

Mine Labor Force= INTEG (
	Laber Force Rate-Injured Labor Rate-Retire Rate-Labor Existance Rate,
		50057
		)
	~	person
	~		|

Capital Efficiency Ratio=
	(Mechinery Capital+Development and Exploration Capital)/Infrastructure Capital
	~
	~		|


mine technology index=
	0.3
	~
	~		|

policy Rate Index=
	IF THEN ELSE( Time>=Policy Year  , 1+Time-Policy Year , 0 )
	~
	~		|

Mineral Industry Investment=
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year , mineral industry investment table(Time) , mineral industry
investment table\
		(Policy Year
	-1)*(1+mineral industry rate trend)^policy Rate Index )
	~
	~		|

Energy Unit Cost= INTEG (
	Energy Unit Cost Rate,
		11.48)
	~	rial /kwh
	~	current value
	|

Energy Consumption per Tone Rate=
	Energy Consumption per Tone*Energy Consumption per Tone Rate Index
	~
	~		|

Energy Consumption per Tone Rate Index=
	0.0658
	~
	~		|

Water Consumption per Tone Rate index=
	0.0944
```

```
	~
	~		|

Energy Unit Cost Rate=
	Energy Unit Cost*Energy Unit Cost Rate Index
	~
	~		|

Energy Unit Cost Rate Index=
	0.2016
	~
	~		|

Water Consumption per Tone= INTEG (
	-Water Consumption per Tone Rate,
		0.268)
	~		m3/tone
	~		|

Water Consumption per Tone Rate=
	Water Consumption per Tone*Water Consumption per Tone Rate index
	~
	~		|

Material per Unit Final Production cost= INTEG (
	Material Unit Production Cost Rate,
		 0.0036
		)
	~		million rial/tone
	~		current
	|

Material Unit Production Cost Rate=
	Material Unit Production Rate Index*Material per Unit Final Production cost
	~
	~		|

Material Unit Production Rate Index=
	 0.0659
	~
	~		|

Transport and Contractor per Unit production cost= INTEG (
	+Transport Cost Rate,
		 0.000686
		)
	~		million rial/tone
	~		|

Transport Cost Rate=
	Transport and Contractor per Unit production cost*Transport Cost Rate Index
	~
	~		|

Transport Cost Rate Index=
	0.1697
	~
	~		|

Labor Elasticity=
	0.521314
	~
	~		|

Capital Elasticity=
	0.46745
	~
	~		|

Share of Productive Labor Force Rate=
```

```
	IF THEN ELSE( Time<Policy Year , Share of Productive Labor Force Trend*Share of
Productive Labor Force\
		 , Base Run Policy*Share of Productive Labor Gap/(FINAL TIME-Time+1)+(1-Base
Run Policy\
		)*Share of Productive Labor Force Trend*Share of Productive Labor Force)
	~
	~			|

Share of Productive Labor Gap=
	Desired Share of Labor Force-Share of Productive Labor Force
	~
	~			|

Share of Productive Labor Force= INTEG (
	Share of Productive Labor Force Rate,
		0.7471)
	~
	~			|

Share of Productive Labor Force Trend=
	0.0079
	~
	~			|

Desired Share of Labor Force=
	0.9
	~
	~			|

Ave labor Experience Table(
	[(1375,-1)-(1384,2)],(1375,0),(1376,1.44),(1377,-0.72),(1378,0.1935),(1379,-0.074),(\
		1380,0.1316),(1381,-0.073),(1382,-0.246),(1383,-0.525),(1384,-0.535))
	~
	~			~	:SUPPLEMENTARY
	|

Ave Experience of Employmented Labor Force=
	2
	~
	~			|

Ave Experience of High Injured Labor force=
	2
	~
	~			|

Experience Rate Trend=
	-0.042
	~
	~			|

Total Experience of Injured Labor Force=
	Ave Experince of High Injured Labor force*Injured Labor Rate
	~
	~			|

Total Exprience of Retied Labor=
	Average Experince of Retired Labor*Retire Rate
	~
	~			|

Initial Infrastructure Capital=
	40315.6
	~	million rial
	~			|

"share of infrastructures on mine capital (first delay)"= DELAY FIXED (
	Share of Infrastructures on Mine Capital, 1 , 0.01478)
	~
	~			|
```

```
Mechinary Capital Depreciation=
	Mechinery Capital/Mine Mechinary Life
	~
	~		|

Mine Infrastructure Depreciation=
	Infrastructure Capital/Mine Infrastructure Life
	~
	~		|

Share of Infrastructure Investment=
	0.029
	~
	~		|

Mine Infrastructure Life=
	25
	~
	~		|

Mine Mechinary Life=
	15
	~
	~		|

Retire Ratio=
	1/Average Experince of Retired Labor
	~
	~		|

Average Experince of Retired Labor=
	25
	~
	~		|

inflation rate lookup(
	[(1372,0)-(1400,0.4)],(1375,0.252),(1376,0.0989),(1377,0.167),(1378,0.2416),(1379,0.1477\
		),(1380,0.0505),(1381,0.0962),(1382,0.1013),(1383,0.147),(1384,0.0951),(1385,0.1211\
		),(1386,0.1488),(1387,0.252),(1388,0.2),(1389,0.2),(1390,0.2),(1390,0.2),(1391,0.2)\
		,(1392,0.2),(1393,0.2),(1394,0.2))
	~
	~		|

GDP Rate Policy=
	0.08
	~
	~		|

Annual Mineral Consumption=
	GDP*Mineral Consumption per GDP*1000
	~
	~		|

GDP per Capita=
	GDP*1000/Population
	~
	~		|

Mineral Consumption per GDP=
	0.648472 -0.173511*GDP per Capita+0.01869*(GDP per Capita)^2
	~
	~		|

Complementary Exploration Duration=
	2
	~
	~		|

Primary Inferred Resources=
```

1.3e+010
~
~ |

New Exploration Duration=
3
~
~ |

Probable Reserve Rate=
Exploration Rate*Inferred to Measured Resource Ratio
~
~ |

Inferred to Measured Resource Ratio=
0.520355
~
~ |

Initial Measured Resources=
1.5e+010
~
~ |

Minium Annual Exploration policy=
1e+009
~
~ |

Annual New Exploration=
Annual Private Exploration+Annual Governmental Exploration
~ tone
~ |

Retire Rate=
Mine Labor Force*Retire Ratio
~
~ |

Laber Force Rate=
Investment Need Labor+Labor Force Replacement
~
~ |

High Level Accident to Death Ratio=
0.6
~
~ |

Investment per Capita Index=248.074
~ million rial
~ constant 76
|

Labor Force Replacement= DELAY FIXED (Injured Labor Rate+Retire Rate , 1 , 0)
~
~ |

share of infrastructures on mine capital table([(1370,0)-
(1400,10)],(1374,0.014775),(1375,0.017856),(1376,0.018933),(1377,0.021678)\

,(1378,0.024535),(1379,0.023146),(1380,0.02877),(1381,0.013467),(1382,0.021761),(1383\
,0.010747),(1384,0.012256))
~
~ |

Base Run Policy=
0
~
~ current runs=0 scienario runs=1

```
	|

Delayed Mineral Industries Investment=
	DELAY FIXED ( ln(Mineral Industry Investment) , 1, 7.25267)
	~
	~		|

Effect of Government Investment Ratio on Mine Investment=
	GIR effect on Mine Investment index*Governmental Investment Ratio
	~
	~		|

Effect of last Infrastructures Capital Ratio on Mine Investment=
	Infrastructure Effect on Investment index*"share of Infrastructures on Mine Capital (second
delay)"
	~
	~		|

Effect of Last Mineral Industries Investment on Mine Investment=
	Delayed Mineral Industries Investment*last mineral industries investment effect on mine index
	~
	~		|

first delay of ICOR=
	SMOOTHI(  ICOR , 1 , -10.51 )
	~
	~		|

GIR effect on Mine Investment index=
	0.0102698
	~
	~		|

government investment ratio rate=
	IF THEN ELSE( Governmental Investment Ratio>0 , Governmental Investment
Ratio*government investment ratio rate index\
		, 0 )
	~
	~		|

government investment ratio rate index=
	0.136158
	~
	~		|

Governmental Investment Ratio= INTEG (
	 IF THEN ELSE( Time<Policy Year , governmental investment ratio rate table(Time+1) ,\
		 (Base Run Policy*Governmental investment ratio policy*governmental investment
ratio rate table\
		(Policy Year-1)+(1-Base Run Policy)*(-1)*government investment ratio rate)),
		0.51505)
	~
	~		|

Governmental investment ratio policy=
	-0.1
	~
	~		|

governmental investment ratio rate table(
	[(1375,-0.8)-(1395,1)],(1375,-0.276748),(1376,0.139706),(1377,-0.284189),(1378,-0.111138\
		),(1379,0.014512),(1380,0.118246),(1381,-0.2129),(1382,-
0.101193),(1383,0.110518),(\
		1384,-0.05064))
	~
	~		|

Governmental Technical Founds table(
	[(1375,0)-(1395,80000)],(1375,0),(1376,0),(1377,0),(1378,0),(1379,0),(1380,0),(1381,\
		0),(1382,0),(1383,0),(1384,0),(1385,5000))
```

```
	~	million rial
	~		|

ICOR effect on investment index=
	-7.74587e-005
	~
	~		|

Infrastructure Effect on Investment index=
	0.082316
	~
	~		|

last mineral industries investment effect on mine index=
	0.001008
	~
	~		|

Mine Investment Ratio Index=
	-0.009038
	~
	~		|

Mineral Industry Capital= INTEG (
	-mineral industry depreciation+Mineral Industry Investment,
		25000)
	~	milliard rial
	~	constant76 ( farz)
	|

Mineral Industry Capital Life=
	13
	~
	~		|

mineral industry depreciation=
	Mineral Industry Capital/Mineral Industry Capital Life
	~
	~		|

mineral industry investment table(
	[(1372,500)-(1400,6000)],(1374,1411.9),(1375,2485),(1376,1267.8),(1377,2142.8),(1378\

	,1456.5),(1379,1059.1),(1380,1239.9),(1381,2485.3),(1382,2930.2),(1383,4618.7),(1384\
		,4324.8))
	~	milliard rial
	~	constant76\!\!\!
	|

mineral industry rate trend=
	0.0635
	~
	~		|

GFCF table([(1375,0)-(1395,200000)],(1375,74465.4),(1376,83764.5),(1377,86485.1),(1378,91505.3)\

	,(1379,85267.4),(1380,108762),(1381,121826),(1382,134969),(1383,144359),(1384,161741\
		),(1385,156730),(1386,166129))
	~
	~		|

GFCF Rate Trend=
	0.09
	~
	~		|

"share of Infrastructures on Mine Capital (second delay)"= DELAY FIXED (
	 "share of infrastructures on mine capital (first delay)" , 1 , 0.00855)
	~
	~		|
```

```
********************************************************
        .Control
********************************************************~
                Simulation Control Parameters
        |

Total Mine Infrastructure Investment Rate=
        Mine Annual Investment*Share of Infrastructure Investment+(Government Founds on Mines
Infrastructure\
                *100/Capital Inflation Index)
        ~
        ~               |

constant Value added changes=
        Mine Value Added Constant 76-delayed constant Mine value added
        ~
        ~               |

Current Mine Value Added=
        Mine Value Added Constant 76*Value Added Inflation Index/100
        ~
        ~               |

delayed constant Mine value added=
        SMOOTHI( Mine Value Added Constant 76, 1 , 1.51865e+006 )
        ~
        ~               |

FINAL TIME  = 1394
        ~       Year
        ~       The final time for the simulation.
        |

INITIAL TIME  = 1375
        ~       Year
        ~       The initial time for the simulation.
        |

SAVEPER  =
     TIME STEP
        ~       Year
        ~       The frequency with which output is stored.
        |

TIME STEP  = 1
        ~       Year
        ~       The time step for the simulation.
        |
```

منابع:

احمدیان م، (۱۳۷۰) **"نظریه قیمت در اقتصاد منابع پایان‌پـذیر "** چـاپ اول، انتشـارات دانشـگاه تهران، ص ۸۲-۱۱

امامی میبـدی ع، (۱۳۸۴) **" اصول اندازه گیری کارآیی و بهره‌وری(علمی و کـاربردی)"** تهـران، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، چاپ دوم، ص ۲۵-۱۴

انصاری م، اصغری زاده ع و اسکویی ع، (۱۳۸۶) " بررسی و ارزیابی اجزای تکنولـوژی در شـرکت‌هـای تابع برق تهران به کمک مدل اطلس تکنولوژی" **دانش مدیریت**، شماره ۷۷، ص۲۰-۳

اورعی ک و خداوردی ا، (۱۳۸۱) **" اقتصاد منابع معدنی"**، انتشارت دانشگاه فردوسـی مشـهد، چـاپ اول، ص ۶۸-۴

ایران‌نژاد پاریزی م و ساسان‌گهر پ، (۱۳۷۰) **" سازمان و مدیریت: از تئوری تـا عمـل"**، موسسـه بانکداری ایران، ص ۵۵-۳۷

بانک مرکزی جمهوری اسـلامی ایـران، ۱۳۷۵-۱۳۸۶ " گـزارش تحـولات اقتصـادی ایـران در بخـش واقعی" گزارشات دوره‌ای،معاونت اقتصادی، اداره حساب‌های اقتصادی

برادران‌شرکا ح و صفاری م، (۱۳۸۴) " انـدازه گیـری اثـر متغیرهـای نیـروی کـار، سـرمایه گـذاری و صادرات بر رشد اقتصادی با استفاده از داده‌های ترکیبی" **پژوهشنامه بازرگانی**، شماره ۳۷، زمسـتان ۱۳۸۴، ص۴۰-۲۵

برارپور ک و عراقی م ،(۱۳۸۵) "تحلیل پویایی سیستم زیرساخت هـای رقـابتی صـنایع خودروسـازی ایران با استفاده از رویکرد سیستمی" **فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی**، شماره ۳۹، ص ۲۸۴-۲۳۷

بیدرام ر (۱۳۸۱) **" Eviews همگام با اقتصادسنجی"** تهران انتشارات منشور بهره‌وری، چـاپ اول، ص ۴۷-۸۳

جمشیدیان م، (۱۳۷۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "مدل‌سازی تخصیص منابع زیرزمینی"، دانشـکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

حسن زاده ا، (۱۳۸۶)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "ارائه مدلی جهت انتخاب نرخ تولید بهینه معـادن" دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

حمیدی‌زاده م، (۱۳۷۹) "**پویایی های سیستم**" انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ اول، ص ۳۳-۲۲۶

حمیدی‌زاده م، (۱۳۸۲) "طراحی رویکرد شناسایی محل احداث سد با استفاده از فنون پژوهش عملیاتی و سیستمهای دینامیکی" **مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی نیروگاه‌های آبی کشور**، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران

خاوری‌نژاد ا، (۱۳۸۵) "شاخص‌های بهره‌وری اقتصاد ایران" **فصلنامه حساب‌های اقتصادی ایران**، شماره ۱، ص ۳۹-۲۴

خوش‌الحان ف و اسماعیل پور ع، (۱۳۸۳) " **بهره‌وری سرمایه:مفاهیم، اندازه‌گیری و تحلیل**" موسسه مطالعات و بهره‌وری منابع انسانی، تهران، ص ۶۵-۳۱

رضائیان ع، (۱۳۸۴) "**تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم** " چاپ هشتم، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها، ص ۴۳-۲۷

رضوی م و مشرفی ر، (۱۳۸۵) "تحلیل دینامیکی اشتغال در اقتصاد ایران" **فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران**، شماره ۱۸، ص ۳۸-۱

زنجانی م، (۱۳۷۸) " **اندازه گیری سطح تکنولوژی در صنعت کاغذ**" سازمان مدیریت صنعتی، تهران، ص ۳۵-۱۶

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، (۱۳۸۴)"**سند ملی توسعه بخش معدن**" سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران

سازمان ملی بهره‌وری ایران، (۱۳۷۶) " **راهنمای اندازه گیری و تحلیل بهره‌وری در واحدهای صنعتی**" نشر بصیر، تهران، ص ۷-۴

سرفراز ل، (۱۳۸۱) "**اقتصاد خرد** " چاپ اول، انتشارات نوید، شیراز، ص ۱۷۶-۱۵۳

سعادت ا، (۱۳۷۲) "**فرآیند تصمیم‌گیری در سازمان**" ،انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ص ۹۵-۶۳

سلیمی‌فر م و قوی م، (۱۳۸۱) " تسهیلات بانک‌ها و سرمایه‌گذاری خصوصی در ایران " **فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران**، شماره ۱۳، ص ۱۷۰-۱۳۵

شکورشهابی ر، کاکایی ر و بصیری م (۱۳۸۶) " رتبه‌بندی مواد معدنی ایران بر اساس روش شباهت به گزینه ایده‌آل" **مهندسی معدن**، ص ۱۰-۱

صمدی ح، (۱۳۸۳) پایان نامه کارشناسی ارشد: "بررسی رابطه دستمزد و بهره وری در بخش صنعت" دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز

صلوی تبار ع، ضرغامی م و ابریشم‌چی ا، (۱۳۸۵) "مدل پویایی سیستم در مدیریت آب شهری تهران" **آب و فاضلاب**، شماره ۵۹، ص ۲۸-۱۲

ضرغامی م ، ابریشمچی ا و اردکانیان ر، (۱۳۸۵) "تحلیل پویایی سیستم در مورد منابع آب: مطالعه موردی ساخت مدل پویایی سیستم برای آب شهری تهران"، **مجموعه مقالات هفتمین کنگره مهندسی عمران،**

طرح تحقیقات اساسی بخش صنعت و معدن، (۱۳۸۵) " خلاصه مطالعات طرح ارتقای بهره‌وری بخش معدن در برنامه چهارم توسعه"، وزارت صنایع و معادن ، معاونت برنامه‌ریزی توسعه و فناوری، ص ۴۸-۶

عاقلی کهنه‌شهری ل و امامقلی‌پور س، (۱۳۸۴) " بررسی بهره وری نیروی کار و ارتباط آن با دستمزد در معادن کشور"، **مجموعه مقالات کنفرانس ملی بهره وری ایران**، تبریز

عاقلی کهنه‌شهری ل، (۱۳۸۳) **"اقتصاد سلامت، نظریه و کاربرد توابع تولید و هزینه"** چاپ اول، انتشارات نور علم همدان، ص ۵۶-۲۳

عاقلی کهنه‌شهری ل، (۱۳۸۵) "برآورد تابع تولید معادن کشور" **فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی**، سال ششم، شماره اول، ص ۵۰-۳۴

عزیزمحمدلو ح، (۱۳۸۳)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "تاثیر سرمایه گذاری بر اشتغال در زیربخش های بزرگ صنعت در ایران در قالب مدل VECM"، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران

عمادزاده م و بکتاش ف، (۱۳۸۴) "اثر آموزش بر ارزش افزوده صنعت" ، **دانش و توسعه**، شماره ۱۶، ص ۵۰-۳۷

طرح تحقیقات صنعتی، آموزش و اطلاع رسانی(تاوا)، (۱۳۸۴) " **تحلیل فنی و آماری حوادث و سوانح در معادن ایران**"، وزارت صنایع و معادن

طرح تحقیقات صنعتی، آموزش و اطلاع رسانی(۱۳۸۴)" **تدوین برنامه و سند ارتقای بهره‌وری بخش معدن در برنامه چهارم**" طرح تحقیقات اساسی صنعت و معدن ، وزارت صنایع و معادن

فخیمی ف، (۱۳۷۹) **"سازمان و مدیریت: تئوری‌ها، وظایف و مسئولیت‌ها"** ، نشر هستان، ص ۱۹۵-۱۲۷

فضلوی ع، (۱۳۸۰) **"اقتصاد معدن"** چاپ دوم، انتشارات سایه گستر، قزوین، ص ۵۷-۳۸

فقیه ن، (۱۳۸۳) **"سیستم های پویا اصول و تعیین هویت"** چاپ اول، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها، ص ۳۶-۱

قادری ف، رزمی ج و صدیقی ع، (۱۳۸۴)" بررسی پرداخت یارانه مستقیم انرژی بر شاخص‌های کلان اقتصادی با نگرش سیستمی"، **نشریه دانشکده فنی**، جلد ۳۹، شماره ۴، ص ۵۳۷-۵۲۷

قبادی ش، (۱۳۸۵) **" سیستم داینامیک (کاربردی از تفکر سیستمی)"** چاپ اول، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی تهران، ص ۸۵-۱۳

قدوسی ح، (۱۳۸۲) ، پایان نامه کارشناسی ارشد: "استفاده از رویکرد پویایی سیستم برای مسائل اقتصادی- اجتماعی: نمونه موردی رشد جمعیت شهر تهران" ، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه صنعتی شریف

کازرونی ع و سجودی س، (۱۳۸۵) " نقش بهره‌وری در تعیین سطح دستمزد نیروی کار بخش صنعت ایران" **تحقیقات اقتصادی**، شماره ۷۷، ص ۱۸۷-۱۶۹

کریمی ف و پیراسته ح، (۱۳۸۳) "ارزیابی و تحلیل تاثیرات متقابل بهره‌وری نیروی انسانی با هزینه-های تولید و صادرات کالاهای صنعتی در ایران"، **تحقیقات اقتصادی**، شماره ۶۵، تابستان ۱۳۸۳، ص ۷۵-۳۳

کمیجانی ا و معمارنژاد ع، (۱۳۸۳) "اهمیت کیفیت نیروی انسانی و R&D در رشد اقتصادی ایران" **پژوهش‌های بازرگانی**، شماره ۳۱، ص ۳۲-۱

گلیان س، ابریشم‌چی ا و تجریشی م، (۱۳۸۶) " تحلیل سیاست‌های بهره‌برداری از منابع آب در حوضه آبریز با روش پویایی سیستم" **آب و فاضلاب**، شماره ۶۳، ص۸۰-۷۰

گمرک ایران،(۱۳۷۳-۱۳۸۷) **" سالنامه آمار بازرگانی خارجی ایران"** گزارشات سالانه، معاونت طرح و برنامه گمرک جمهوری اسلامی ایران، دفتر آمار و خدمات ماشینی، تهران

مختاری ق (۱۳۷۸) **" مقدمه‌ای بر تفکر سیستمی "** شرکت بهساد، ص ۶-۲

مدنی د (۱۳۸۰) **"نظریه‌های سازمان و مدیریت"**، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۷۵-۴۲

مرکز آمار ایران، (۱۳۸۶-۱۳۷۵)" **نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره برداری کشور در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴** "سالنامه های مرکز آمار ایران

مرکز آمار ایران، (۱۳۸۱) "**نتایج آمارگیری از معادن اکتشافی ایران سال ۱۳۸۰** " سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

مومنی‌دهق ا، (۱۳۸۴) ، پایان نامه کارشناسی ارشد: "مدلسازی بهره برداری از مخازن چندمنظوره با استفاده از روش پویایی سیستم"، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

موسی‌نژاد م و نجارزاده ر، (۱۳۷۶) "**اقتصاد تولید کشاورزی**" نویسنده اصلی: دیوید دبرتین، چاپ اول، موسسه تحقیقات اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ص ۲۷۶-۲۲۱

میرزائی دریانی ش، اصلی زاده ا، شاهقلیان ک، سلوک‌دار ع و زنده بافنده ع، (۱۳۸۶) "**پویایی شناسی سیستم**" مولف اصلی: جان د استرمن، انتشارات ترمه، تهران، ص ۱۵۵-۱۲۵

میرعابدینی ح، (۱۳۸۴) " **هزینه یابی و بررسی اقتصادی معادن**" شرکت زمین کاو گستر، وزارت صنایع و معادن، ص ۱۰-۳

نیکواقبال ع، (۱۳۷۸) " **برگزیده نظریه‌های سازمان و مدیریت**" انتشارات سمت، تهران، ص۳۰-۷

کریم م، اکبری ا، عباسیان م، (۱۳۸۷) " **اقتصاد منابع طبیعی**" انتشارات گسترش علوم پایه، تهران، چاپ اول، ص۱۶۲-۱۴۷

گروه تحقیق سازمان مدیریت صنعتی، (۱۳۷۲) "**بررسی و تجزیه و تحلیل روش‌های اندازه‌گیری سطح تکنولوژی و انتخاب مناسب‌ترین مدل**"، سازمان مدیریت صنعتی ایران، ص ۳۵-۱۷

وزارت صنایع و معادن و وزارت معادن و فلزات سابق، (۱۳۸۷-۱۳۷۵) " **گزارشات تفصیلی عملکرد سالانه بخش صنعت و معدن کشور**" وزارت صنایع و معادن، دفتر آمار و فرآوری داده‌ها

Abdel Sabour S.A. (**2002**) "Mine Size Optimization Using Marginal Analysis" **Resources Policy**, **28**, pp **145-151**.

Abdel-Hamid T. K., (**1984**), PhD Thesis, "The Dynamics of Software Development Project Management: An Integrative System Dynamics Perspective", Sloan School of Management, MIT, Cambridge (MA),

APCCT (**1998**) "**Technology Atlas, an overview**" United Nation, Asian and Pacific Center of Technology

Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia (JORC),(**2004**) "Australasian Code for Mineral Resources and Ore Reserves Reporting of Exploration Results" **Joint Committee of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy**, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia

Barlas Y "Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics" **System Dynamics Review** , vol **12**, No **3** , Fall 1996

BEA (Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce), (**1994**),"Accounting for Mineral Resources: Issues and BEA's Initial Estimates", **Survey of Current Business**. **74**, **4**, pp **50-64**.

Caulfield C., Maj P "A Case for System Dynamics", **Global Journal of Engineering Education**, Vol.**6**, No.**1**, 2002

Chih Chao H. (**2005**) "The Application of System Dynamics Modeling to Study Impact of Water Resources Planning and Management in Taiwan", In: **Proceedings of 23rd International Conference of the System Dynamics Society**, Boston, pp **1-16**

Cooke D. L. (**2003**) "A system dynamics analysis of the Westray mine disaster", **System Dynamics Review**, **19**, pp **139-166**

Craig W.K (**1998**) "**An Introduction to System Dynamics**", College of Business, Arizona State University

Devarajan S. and Fisher A.C. (**1981**) "Hotelling's Economics of Exhaustible Resources" Fifty Years Later" **Journal of Economic Literature**, **195**, pp **65–73**

Elshorbagy A and Ormsbee L. (**2006**) "Object-oriented modeling approach to surface water quality management" **Environmental Modeling & Software, 21**, pp **689-698**

Energy and Environmental Analysis, (**1980**),"FOSSIL2: Energy Policy Model Documentation." US Department of Energy Contract. Assistant Secretary for Policy, Planning and Analysis. Washington, D.C.

Ewers M. (**2005**). "Combining Hydrology and Economics in a Systems Dynamics Approach: Modeling Water Resources for the San Juan Basin" In: **Proceedings of The 23rd International Conference of the System Dynamics Society**, Boston, pp.

Fan Y, Yang and Wei Y. (**2007**) "System dynamics based model for coal investment" **Energy, 32, 6**, pp: **898-905**

Fletcher E. (**1998**). "The use of System Dynamics as a Decision Water Support Tool for the Management of Scarce Resources" In: **First International Conference on New Information Technologies for Decision Making in Civil Engineering**

Ford A. (**1997**) "System Dynamics and the Electric Power Industry." **System Dynamics Review, 13, 1,** pp **57-85**.

Forrester, J.W (**1973**) "**World Dynamics**", 2nd ed. Wright Allen Press, Cambridge, Massachusetts.

Genta, P.J. and Neville S. (**1993**). "Applying a Systems Thinking Approach to Business Process Re-Engineering: A Case Study of a Canadian Oil and Gas Producer", In: **The Proceedings of the 1993 International Conference of the System Dynamics Society**" Machuca., Mexico. pp **142-151**

Gentry D.W. and O'Neil T.J. (**1984)** "Mine Investment Analysis" **Society of Mining Engineers**", **American Institute of Mining and Metallurgical** , SME, New York

Georgiadis C.P, Vlachos D and Iakovou E. (**2005**) "A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food" **Journal of Food Engineering**, **70,** pp **351–364**

Ghosh A., Bhattacherjee A. and Ray S.C. (**1998**) "An Application of System Dynamics in Mine Safety Studies" **Mineral Resources Engineering, 7, 2**, pp **131-147**

Gray L.C. (1914) "Rent under the assumption of exhaustibility" **The Quarterly Journal of Economics**, **28**, **3**, pp **466-489**.

Hansen J.E and Bie P, (**1987**) "Distribution of body fluids, plasma protein, and sodium in dogs: a system dynamics model" **System Dynamics Review**, **3**, **2**, pp **116-135**.

Harrison A.G.(**2000**)."Mineral Resource Management-The Anglo gold Approach"**,** Mineral Resource Management –the key to optimal resource utilization and computer based mine planning tools, techniques and the way forward , **SAIMM Colloquium,** pp **3-10**

Hartwick J.M. and Olewiler N.D. (**1998**), "**The Economics of Natural Resource Use"**, 2nd edition, Addison Wesley Publishers.

Hotelling H. (**1931**) "The Economics of Exhaustible Resources" **The Journal of Political Economy**, **39**, **2**, pp **137-175**.

Hubbert M.K (**1956**). "Nuclear Energy and the Fossil Fuels", pp **7-25, In: "Drilling and Production Practice**", Washington, DC: American Petroleum Institute.

Hubbert M.K. (**1950**) "Energy from Fossil Fuels" **Annual Report of the Smithsonian Institution.**", pp. **255-271**

JA. Bellamy, Walker D.H, McDonald G.T and. Syme J. (**2001**) "A systems approach to the evaluation of natural resource management initiatives" **Journal of Environmental Management, 63**, pp **407–423**

Kuan C.C (**2004**) "Decision Support System for Tourism Development: System Dynamics Approach" **Journal of Computer Information Systems، Fall 2004**, pp **105-112**

Kulshreshtha M,. Parikh J.K. (**2001**) "A study of productivity in the Indian coal sector" **Energy Policy**, **29,** pp **701-713**

Lane D.C. (**1997**) "Invited Review and Reappraisal: Industrial Dynamics" **Journal of the Operational Research Society, 48**, pp **1037-1042.**

Lianjun A, Changrui R, Jun-Jang J and Lee Y.M (**2007**) "Effective Workforce Lifecycle Management via System Dynamics Modeling and simulation" In: **Winter Simulation Conference**, pp **2187-2195**

Macfarlane. A.S (**2000**) "Maximizing shareholder Wealth in Mineral projects through Mineral Resource Management" In Mineral Resource Management –the key to optimal resource utilization and computer based mine planning tools, techniques and the way forward, **SAIMM Colloquium**, pp **5-12**

Macfarlane. A.S (**2006**) "Establishing a new metric for mineral resource management", **the journal of South African Institute Of Mining and Metallurgy** ,**106**,pp:**187-198**

Mahoy. O.M. (**1993**) "International Measures of fixed Capital Stocks: A five country study" national Institute of Economic and Social Research, Discussion paper, No 51

McGill J.E (**2005**) "Technical Risk Assessment Techniques in Mineral Resource Management with special Reference to the junior and Small scale Mining sector", University of Pretoria, pp. **24-41**.

McIsaac G, (**2008**), PhD. Thesis, "Strategic Design of an Underground Mine under Conditions of Metal Price Uncertainty", Queen's University, Department of Mining Engineering

Minnitt R.C.A. (**2007**) "Frontiers of usefulness: The economics of exhaustible resources" **The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, **107,** pp **539-555**

MMSD; (**2002**) "**Minerals and Economic Development**", The Report of the Mining, Minerals and Sustainable Development, International Institute for Environment and Development and World Business Council for Sustainable Development, Chapter 8, pp.**1-12**.

Naill R F.,(**1972**) "**Managing the Discovery Life Cycle of a Finite Resource: A Case Study of U.S. Natural Gas**". Master's thesis, Alfred P. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology

Naill R.F. (**1973**). "The Discovery Life Cycle of a Finite Resource: A Case Study of U.S. Natural Gas.". In: "**Toward Global Equilibrium",** Donnella H. Meadows and Dennis L. Meadows, Collected Papers, Wright-Allen Press, Cambridge, MA. pp **213-256**

Naill R.F. (**1976**) PhD Thesis "COAL1: A Dynamic Model for the Analysis of United States Energy Policy", Thayer School of Engineering. Dartmouth College. Hanover, New Hampshire.

Naill R.F. (**1977**) "**Managing the Energy Transition: A System Dynamics Search for Alternatives to Oil and Gas**". Cambridge, MA: Ballinger.

Naill R.F. (**1992**) "A System Dynamics Model for National Energy Policy Planning." **System Dynamics Review**, **8**, **1**, pp **1-19**.

Naill R.F., Sharon B, Adam K and Eric P. (**1992**) "An Analysis of the Cost of Effectiveness of US Energy Policies to Mitigate Global Warming." **System Dynamics Review, 8**, **2**, pp **111-128**.

O'Regan and Moles R. (**2000**) "Using System Modeling To Examine The Relationship Between Environmental Policy and Mining Company Decision Making", **First international conference on System Thinking In Management**, pp **493-497**

O'Regan and Moles R. (**2001**) "An insight into the system dynamics method: a case study in the dynamics of international minerals investment" **Environmental Modeling & Software**, **16**, pp **339–350**

O'Regan and Moles R. (**2002**) "Investment Decisions of International Mining Firms: Policy Approaches" **Simulation**, **78**,**6**, pp: **362-379**

O'Regan and Moles R. (**2002**) "Modeling policies and Decisions: A case study in Mineral Extraction " **Information &Management**, **1977**, pp **1-11**

O'Regan and Moles R. (**2004**) "The dynamics of relative attractiveness-a case study in mineral exploration and development" **Ecological Economics**, **49**, pp: **73– 87**

O'Regan and Moles R.(**2005**) "Using system dynamics to model the Interaction Between Environmental and Economic factors in the mining industry" **Journal of Cleaner Production, 14,** pp **689-707**

O'Hara T. Allan (**1980**) "Quick guides to the evaluation of ore bodies" **CIM Bulletin**, **73**, pp **87-99**.

Palmer R.N., Keyes A.M. and Fisher S. (**1993**) "**Empowering Stakeholders through Simulation in Water Resources Planning. in Water Management in the 90s A Time for Innovation**", New York, ASCE, pp **451-454**

Powell S.G. (**1990**) "The Target-Capacity Utilization Model of OPEC and the Dynamics of the World Oil Market" **Energy Journal, 11**, **1**, pp **27-63**

Powell, S.G (**1990**). "An Evaluation of Behavioral Simulation Models of OPEC", In: **Proceedings of the 1990 International Conference of the System Dynamics Society**, Masachusetts, pp 878-892

Qudrat-Ullah H. and. Davidsen P.I (**2001**) "Understanding the dynamics of electricity supply, resources and pollution: Pakistan's case" **Energy**, **26**, pp **595–606**

Richard.C Duncan, (**1996**). "The Mexican Petroleum 'Play' in Two 'Acts:' Taking Hold of Oil Production Data" In: "**Proceedings of the 1996 International Conference of the System Dynamics Society**, Massachusetts , pp **141-144**

Saysel A.K, Barlas Y and Yenig O (**2002**) "Environmental Sustainability in an Agricultural development project: a System Dynamics Approach", **Journal of Environmental Management**, **64**, pp **247-260**

Schultz T.W. (**1961**) "Investment in human capital" **American Economic review**, **51,** pp **1-17**

Shalini A, Prem V. and Dahiya R.P (**2006**) "Application of a system dynamics approach for assessment and mitigation of CO_2 emissions from the cement industry" **Journal of Environmental Management**, **79**, pp **383–398**

Sheikhaleslami salmasi K (**1999**), PhD Thesis, "Assessment and comparative analysis of Iran's mineral policy: lessons and recommendation" department of mining and metallurgical engineering, McGill university

Shields D.J, Slavko V.S (**2004**) "Sustainable Mineral Resource Management and Indicators: case study Slovenia" **Geological Survey of Slovenia,** pp.**11-18**

Simonovic P. S. and Ahmad S (**2000**). "System Dynamics Modeling of Reservoir Operation for Flood Management" **Journal of Computing in Civil Engineering**, **14(3)**, pp **190-198**

Simonovic S.P. and Fahmy H. (**1999**) "A new modeling approach for water resources policy analysis" **Water Resources Research**, **35**, **1**, pp **295–261**.

Simonovic S.P. and Rajasekaram V. (**2004**) "Integrated analyses of Canada's water resources: A system dynamics approach" **Canadian Water Resources Journal**, **29**, **4**, pp. **223–250**.

Simonovic, S.P, Fahmy H. and Elshorbagy A. (**1997**). "The Use of Object Oriented Modeling for Water Resources Planning in Egypt", **Water Resources Management**, **11**, pp **243-261**

Simonovic, S.P. (**2001**) "World Water: A Tool for Global Modeling of Water Resources" **Canadian Civil Engineer**, **18**, **3**, pp **6-12**.

Simonovic, S.P. (**2003**) "A Tool for Modeling Canadian Water Resources". Presentation at the Canadian Commission for UNESCO (CCU) Annual General Meeting, March 1-3, Ottawa.

Smith L.D. (**1997**) "A critical examination of the methods and factors affecting the selection of an optimum production rate" **CIM Bulletin**, **90**, **1007**, pp **48-54**.

Solow R. M. and Wan F. Y. (**1976**) "Extraction costs in the theory of exhaustible resources" **Bell Journal of Economics, Management Science**, **7**, **2**, pp **359–370**.

Solow R.M. (**1974**) "The economics of resources or the resources of economics" **American Economic Review**, **64**, **2**, pp **1–14**.

Solow, R. M. (**1957**), "Technological change and the aggregate, production function" **Review of Economic and Statistics**, **39**, pp **312-320**

Solow, R.M (**1957**) "Technical change and the Aggregate Production Function" **Review of Economics and Statistics**, **39**, pp **312-320**.

Sterman J.D (**2000**) "**Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World**", McGraw-Hill New York, Irwin, pp **605-629**.

Sterman, J.D, George P, Richardson, and Pal I.D (**1988**) "Modeling the Estimation of Petroleum Resources in the United States." **Technological Forecasting and Social Change 33**, **3**, pp **219-249**.

Sterman, J.D., (**1981**), Doctoral Thesis, "The Energy Transition and the Economy: A System Dynamics Approach", Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

Tao Z. and Li M. (**2007**) "System dynamics model of Hubbert Peak for China's oil" **Energy Policy, 35**, pp **2281–2286**

Tatman C. R. (**2001**) "Production rate selection for steeply dipping tabular deposits" **Mining Engineering**, **53**, **10**, pp **62-64**

Tengbe J.B. (**2001**) "System Dynamics Modeling In Resource Management: A Sustainable Development Approach To Resource Extraction In Sierra Leone " **Journal of Environmental Planning and Management, 44, 6**, pp **783 – 802**

Tilton J.E. (**1992**) "Economics of the Mineral Industries"" **SME Mining Engineering Handbook**, society Of Mining and Metallurgy and Exploration, US, pp **47-62**

Tilton J.E. (**1996**) "Exhaustible resources and sustainable development: Two different paradigms" **Resources Policy**, **22**, **1-2**, pp **91–97**.

Tilton J.E. (**2002) "**Long-term trends in copper prices" **Mining Engineering**, **54**, **7**, pp **25-35**

Tilton J.E. and Landsberg H. (**1997**) "Productivity Growth and the Survival of the U.S. Copper Industry," RFF, preliminary draft

United State Geological Survey, (**2005**)," Mineral Commodity Summaries", U.S. Department of the Interior ,U.S. Geological Survey(**USGS)**, http://www.usgs.gov.

Van Vuren D. P., Strengers B. J. and De Vries H. J. M. (**1999**)"Long-term perspectives on world metal use: a system dynamics model", **Resources Policy**, **25**, pp **239–255**

Wang J. (**2005**) "A review of operations research applications in workforce planning and potential modeling of military training"
<http://www.dsto.defence.gov.au/publications>

Welmer F.W., Berner U., rundsch Geol. (**1997**) "Factors useful for predicting future mineral commodity supply trends" **International Journal of Earth Sciences, 86, 2** pp. **311-321**

Willett K (**2002**) "Managing Australian Mineral Wealth for Sustainable Development" **Mining, Minerals and Economic Development,** pp. **5-20**

Wolstenholme Eric F. (**1982**) "Managing International Mining -- A Case Study Concerning Complex Multiple-Ownership Systems" **European Journal of Operational Research, 9**, **2**, pp **133-143**.

Wolstenholme Eric F. (**1982**) "The Design and Control of Policies for Underground Coal Clearance Systems." **Dynamica, 6**, **2**, pp **15-20**

Wolstenholme, Eric F. (**1981**). "Designing and Assessing the Benefits of Control Policies for Conveyor Belt Systems in Underground Coal Mines, In: "**Proceedings of the International System Dynamics Conference**" Rensselaerville, NY.

Wolstenholme, Eric F. (**1982**) "Managing International Mining: A Case Study Concerning Complex Multiple-Ownership Systems" **European Journal of Operational Research**, **9**, **2**, pp **133-143**.

Wolstenholme, Eric F. (**1983**) "The Relevance of System Dynamics to Engineering System Design." **European Journal of Operational Research**, **14**, **1,** pp **116-126**.

Woodwell J.C. (**1998**) "A simulation model to illustrate feedbacks among resource consumption, production, and factors of production in ecological-economic systems" **Ecological Modeling, 112, pp 227–247**

Xiaohua W, Yunrongb H, Xiaqingc D, Yuedong Zhoa. (**2006**) "Analysis and simulation on rural energy–economy system on Shouyang County in China" **Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10,** pp **139–151**

Xiwen F. (**2001**) "The application of system dynamics theory for the checking and ratifying of Mine Production Capacity" In: **Proceedings of the 2001 International Conference of the System Dynamics Society**, pp: **40-44**

Zahn, E.K.O. (**1981**) "Dynamics of Coal in West Germany" In: **Proceedings of the International Conference of the System Dynamics Society**, Rensselaerville, NY, p **252-255**

Zaipu Tao, Mingyu Li (**2007**) "What is the limit of Chinese coal supplies_A Stella model of Hubbert Peak" **Energy policy, 35, 6**, pp **3145-3154**

Abstract

Mine sector management has been defined as an application of management principles on optimum exploitation of mineral resources based on the combination of firm and national strategies. In this research, management of mine sector elements to promotion share sector in national economy has been simulated with system dynamics approach. Value added improvement has been considered as a major factor of economic promotion. In addition, effective parameters on unit product value added and optimum exploitation has been investigated. The whole model has eight sub models including supply and demand, mineral resources, value added, cost and revenue, investment, technology, labor and capital. To develop the model, at first all the information of eight selected minerals were gathered, and then the Cobb Douglas function with capital and labor factors have been determined for unit product value add by applying production function theory. Moreover, other effective parameters and related feedbacks for each factor have been obtained by the use of cause and effect analysis. Qualitative properties of labor force also have been categorized into three groups including experience, knowledge and skill. Subsequently research and development activities, capital efficiency and labor quality as an operative factor of technology improvement have been extended.

For mine exploitation management, the firm and governmental strategies for exploitation of mineral resources based on exhaustible resource economics theory have been combined with regards to the mine capacity utilization, and the dynamic relation of optimum exploitation has been obtained based on the maximization of net social benefit and profit present value.

Final model of value added promotion has been developed based on the combination of unit product value add and final production. In order to validation of the model, the output of each sub model is compared with real data. The result shows the good agreement between both output and real data.

Major parameters trend under different scenarios have been estimated by running the model for period of 1995 to 2005. The result shows that mine value added reach to 12000 Milliard rial at 2015 by 13.3 percent annual rates. As well as, in this year annual mine exploitation will reach to 481 million tons with 13.1 percent annual rate.

In order to evaluate policies, the effect of different policy plans for technology improvement on model has been assessed. It could be concluded that the potential of value added could be increase up to 20% by technology improvement policies.

Keywords: Mine sector management, System dynamics, mine value added promotion, mine policy making, technology

Shahrood University of Technology
Faculty of Mine, Petroleum and Geophysics

PhD Thesis

System Dynamics Modeling of Mine Sector Management to preferment on Economy

Reza Shakoor Shahabi

Supervisors:
Dr. R.Kakaie
Dr. R.Ramazani

Consultant:
Dr. L.Agheli

Date: October 2009