تحلیل سیستم باربری معدن سنگ آهن چادرملو

محمد عطائی*[۱]، فرج الله زمانی[۲]

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود

۲ - شرکت مهندسین مشاور کانی کاوان شرق

Email:Ataei_m@yahoo.com

چکیده

معدن سنگ آهن چادرملو با استفاده از ماشین آلات اصلی و کمکی تجهیز شده و از سال ۱۳۷۶ مورد بهره برداری قرار گرفته است. در حال حاضر ساعات قابل توجهی از عمر مفید ماشین آلات باربری موجود باقیمانده است. در این مطالعه در ابتدا شرایط فعلی ماشین آلات باربری از نظر ظرفیت کاری مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور داده های عملیاتی – تاریخی این ماشین آلات برای یک دوره یک ساله جمع آوری و سپس این اطلاعات پردازش شده است. مطالعات نشان داده است که با افزودن بر ساعات فعال موثر، بهره وری کامیونهای موجود ۸۰ تا ۱۰۰ درصد قابل افزایش است. در این خصوص تامین به هنگام قطعات یدکی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به برنامه تولید هفده سال باقیمانده از عمر معدن و بررسی عملکرد آنها در دوره مطالعه، تعداد ماشین آلات باربری در سالهای آتی پیش بینی و زمان مناسب برای خرید ماشین آلات جدید پیشنهاد شده است.

واژه های کلیدی : ماشین آلات، باربری، معدن، سنگ آهن

۱- مقدمه

ماشین آلات معادن روباز ۵۰ تا ۶۰ درصد کل هزینه های معدنکاری را به خود اختصاص می دهند لذا تجزیه و تحلیل ماشین آلات، تعیین کننده بقا و سود آوری معدن می باشد. انتخاب نوع، تعداد و ظرفیت ماشین آلات به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها در جدول ۱ درج شده است[۱].

معدن سنگ آهن چادرملو در ۱۲۰ کیلومتری شمال‌شرق شهر یزد و ۶۵ کیلومتری معدن سنگ آهن چغارت در دامنهٔ رشته کوه‌هایی که در امتداد شمال‌غربی- جنوب‌شرقی فروافتادگی بافق را همراهی می‌کنند، واقع شده است. موقعیت جغرافیایی این معدن ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقهٔ طول شرقی می‌باشد. کانسار چادرملو از دو آنومالی شمالی و جنوبی تشکیل شده است[۲]. استخراج از آنومالی

* - شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک، تلفن ۳۳۵۰۹۳۳ - ۰۲۷۳

شمالی معدن در شهریور ۱۳۷۴ بطور رسمی شروع شده است. پیت معدن به شکل قلب با پهنای حدود ۹۶۰ متر و عمق ماکزیمم ۲۲۵ متر برای مدت ۳۰ سال طراحی شده است[۳].

به منظور باربری در معدن سنگ چادرملو ۱۲ کامیون مورد استفاده قرار می گیرد که در حال حاضر از عمر مفید این کامیونها مقادیر قابل توجهی باقیمانده است. در این مطالعه، در ابتدا با ایجاد یک بانک اطلاعاتی، عملکرد کامیونها مورد بررسی و سپس تعداد کامیونهای لازم در سالهای آتی پیش بینی و زمان مناسب برای خرید کامیونهای جدید پیشنهاد شده است.

جدول ۱- عوامل موثر در انتخاب نوع، تعداد و ظرفیت ماشین آلات معدن[۱]

معیار	زیر معیار
پارامترهای معدن	نسبت باطله برداری، ارتفاع پله، نوع و هندسه کانسار، شرایط جوی، اندازه مواد پس از خرد شدگی، مسافت حمل، روش استخراج
مشخصات فنی ماشین	نوع، ساخت، ظرفیت و قابلیت تولید ماشین، نیازهای عملیاتی، قابلیت تطابق با دیگر تجهیزات در سیستم تولید، قابلیت مانور
ملاحظات مالی	هزینه سرمایه گذاری و عملیاتی تجهیزات، ارزش ماشین آلات در طول دروه زندگی، انرژی یا سوخت مصرفی
قابلیت اطمینان	پارامترهای طراحی، قابلیت انعطاف پذیری، سطح تکنولوژی، قوانین کاری، هزینه های اضطراری
قابلیت تعمیرو نگهداری	قابلیت تعمیر، دانش و مهارت کارگران، قابلیت جداسازی قطعات، هزینه تعمیرات، سرویس های پشتیبانی
عمر معدن	مقدار ذخیره، سرعت تولید و...
شرایط کاری، ایمنی و محیط کاری	شرایط کاری در معدن، ایمنی و وسایل حفاظتی در مواقع حوادث، سهولت عملیات، نیاز به پیروی از قوانین

۲- برنامه ریزی تولید معدن

بر اساس برنامه ریزی تولید در طول هفده سال باقیمانده از بهره برداری معدن چادرملو، در مجموع ۱۴۹/۸۱۲ میلیون تن سنگ آهن از توده های شمالی و جنوبی استخراج خواهد شد. در این مدت جمع سنگ معدن حمل شده به سنگ شکن ها با احتساب حمل از انباشتگاه اکسید به میزان ۲۳/۲۰۲ میلیون تن به ۱۷۳/۰۱۴ میلیون تن بالغ خواهد شد. از این مقدار سنگ حدود ۹/۱۱۴ میلیون تن برای تولید لمپ که در کوره های بلند مورد استفاده قرار می گیرد، اختصاص می یابد. میانگین نسبت باطله برداری معدن در طول این مدت ۱:۰/۶۷ تن بر تن است[۴].

۳- بررسی عملکرد کامیونهای موجود

در معدن سنگ آهن چادرملو در حال حاضر ۱۲ کامیون معدنی مدل CAT785 با میانگین کارکرد۱۶۳۱۰ساعت مشغول فعالیت می باشند. ظرفیت باربری این کامیونها حداکثر ۱۳۵ تن متریک است. به منظور بررسی وضعیت کامیونهای موجود در دوره زمانی یک ساله از عملیات کامیونها زمان سنجی به عمل آمده است و در نهایت یک بانک اطلاعاتی از عملکرد یکساله آنها تهیه شده است. در این بانک اطلاعاتی نوع و مدت توقف دستگاهها اعم از توقفهای تعمیراتی و غیر تعمیراتی، نوع و مدت فعالیت انجام شده و شرایط محل کار، زمان کارکرد، حجم عملیات، مدت و علت توقف و خرابی، نوع سنگ و محل کار، فواصل حمل بر اساس محل کار آنها در برهه زمانی یک ساله (شامل ۳۵۰ روز) ثبت و سپس این اطلاعات پردازش شده است.

در جدول ۲ وضعیت کارکرد (راهبری، سرویس و تعمیرات) کامیونها درج شده است. همانطور که ملاحظه میشود از جمع مدت ۱۵۹۶۸ ساعت توقف تعمیراتی کل کامیونها، ۳۰۵۶ ساعت آن صرف تعمیرات و مابقی بابت نبود قطعه گزارش شده است. بیشترین زمان توقف تعمیراتی مربوط به کامیون ۸ بوده که در دوره تحت بررسی ازگردونه کار خارج بوده است. متوسط ساعات فعال هر کامیون در دوره تحت بررسی ۵۱/۰۲ ساعت در هفته بوده است. زمان ذخیره یا زمانی که ماشین از نظر فیزیکی آماده به کار است ولی به دلایلی به کار گماشته نمی شود، ۱۵۹۳۱/۶ ساعت و زمان تعمیرات پیش بینی نشده ۹۵۲۴ ساعت می باشد. مشاهده می شود که زمان ذخیره و زمان تعمیرات پیش بینی نشده مدت قابل توجهی از کارکرد کامیونها را شامل می شود. میزان زمان ذخیره نسبت به زمان فعال موثر حدود ۸۱ درصد است که رقم بسیار نامناسبی است. استمرار زمانهای توقف کامیونها به علت نبود قطعات یدکی باعث شده است که جمع زمان توقف تعمیراتی به زمان فعال موثر نیز ۸۱ درصد شده و این در حالی است که حدود ۶۰ درصد زمان تعمیرات، زمان مربوط به تعمیرات پیش بینی نشده است که هر دو رقم، ارقام نامتناسبی است. نتایج زمان سنجیها نشان می دهد که می توان با ایجاد شرایط مناسب، ظرفیت حمل را به طور نسبی برای کامیونها افزایش داد.

جدول ۲- پارامترهای زمانی کارکرد کامیونها در معدن در دوره مورد مطالعه (واحد : ساعت)[۵]

شماره کامیون	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	جمع
تعداد روزهای کاری	۲۲۴	۲۲۴	۲۲۵	۲۲۴	۲۲۴	۲۲۵	۲۲۵	۲۲۴	۲۲۵	۲۲۴	۲۲۵	۲۲۶	۲۶۹۵
تعداد روزهای آتشکاری	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	
زمان تاخیرهای ثابت	۹۲۷	۱۰۰۴/۷	۱۰۱۱/۱	۹۶۵/۳	۹۸۹/۸	۱۰۴۶/۷	۹۶۷/۴	۸۶۸	۱۰۰۵/۶	۹۰۱/۴	۹۵۵	۱۰۴۵/۸	۱۱۶۸۷/۸
زمان فعال موثر	۹۲۱/۸	۲۱۲۶	۲۱۸۰	۱۳۵۳/۵	۲۱۷۰/۸	۲۷۱۲/۱	۱۵۱۷/۱		۲۴۶۰/۵	۵۲۶/۷	۱۲۷۱/۳	۲۴۰۲/۵	۱۹۶۴۲/۱
زمان بیکاری	۸۸	۱۴۹/۱	۱۵۲	۱۱۰/۴	۱۵۰/۵	۱۷۹	۱۱۸/۳	۴۱/۳	۱۶۵	۶۸	۱۰۶	۱۶۴/۲	۱۴۹۱/۹
زمان قابل دسترس	۱۹۳۶/۹	۳۲۷۹/۸	۳۳۴۳	۳۴۲۹/۲	۳۳۱۱/۱	۳۹۳۷/۷	۲۶۰۲/۸	۹۰۹/۳	۳۶۳۱/۱	۱۴۹۶	۲۳۳۲/۳	۳۶۱۲/۵	۳۲۸۲۱/۸
تعمیرات پیشگیرانه	۱۰/۲	۲۶/۷	۲۶/۷	۳۳/۷	۲۸/۲	۲۹/۷	۲۰/۵		۳۱	۶/۵	۲۰	۳۰	۲۶۲/۹
تعمیرات پیش بینی شده	۲۰/۶	۳۰۲	۷۱/۲	۰	۲۶۵	۲۵۵	۸۰/۴	۴۴۶۶/۷	۴۱۳/۶	۰	۲۶۵/۳	۰	۶۱۳۹/۷
تعمیرات پیش بینی نشده	۲۰۵۶/۲	۱۱۶۴/۷	۱۰۴۸/۲	۱۷۹۷/۹	۴۲/۵	۱۵۵/۵	۱۶۹/۸		۲۹/۱	۱۴۰۸	۱۶۲۳/۵	۲۸/۵	۹۵۲۳/۹
جمع زمان تعمیرات	۲۰۸۷	۱۴۹۳/۴	۱۱۴۶/۱	۱۸۳۱/۳	۳۳۵/۷	۴۴۰/۲	۲۷۰/۷	۴۴۶۶/۷	۴۷۳/۶	۱۴۱۴/۵	۱۹۰۸/۸	۵۸/۵	۱۵۹۲۶/۶
زمان ذخیره	۱۳۵۲/۱	۶۰۲/۹	۹۱۰/۹	۱۱۱۵/۳	۱۷۲۹/۲	۱۰۲۲/۱	۲۵۲۶/۵	۰	۱۲۹۵/۳	۲۴۶۵/۵	۱۱۵۸/۹	۱۷۵۳	۱۵۹۳۱/۶

بررسی عناصر زمانی وضعیت کامیون در حالت آمادگی به کار، نشان می دهد که رقم مربوط به تاخیرهای ثابت بسیار بالا می باشد. بالا بودن این رقم باعث کاهش ضریب کاربری در حدود ۶۰ درصد شده است. به همین دلیل در صورت تامین به موقع قطعات یدکی و اضافه کردن زمان توقف ناشی از نبود قطعه و یا ساعات ذخیره به ساعات قابل دسترس کامیونها، حالات مختلفی در توزیع زمانی فعالیت کامیونها پیش می آید که نتایج آن در جدول۳ درج شده است. در این جدول منظور از زمان برنامه ریزی شده زمانی است که برای انجام فعالیت تولیدی پیش بینی میشود. این زمان از جمع زمان آمادگی به کار و زمان تعمیرات پیش بینی نشده بدست می آید. زمان آمادگی به کار بخشی از زمان برنامه ریزی شده است که حاصل جمع سه زمان بیکاری، زمان فعال موثر و تاخیرهای ثابت می باشد. در زمان فعال موثر، کامیون در یکی از وضعیت های بارگیری، حمل، تخلیه، رجعت، انتظار و به طور کلی واجد یکی از عناصر تشکیل دهنده چرخه بارگیری – باربری است. تاخیرهای ثابت زمانهای نهار و غذا، استراحت، تعویض شیفت، آتشکاری، تاخیر و تعجیل در ورود و خروج و... را شامل می شود.

در جدول مذکور سه حالت بررسی شده است. حالت اول، حالت واقعی دوره تحت مطالعه را نشان میدهد. در این حالت، وضعیت A وضعیتی است که در عمل واقع شده است و در وضعیت B زمان ذخیره حذف و به نسبت بین سایر زمانها تقسیم شده است. ملاحظه می شود نسبت های زمانهای فعال در وضعیت B به وضعیت A در حالت اول معادل ۱/۳۳ درصد است. این بدان معنی است که با برنامه تدارک قطعه و تعمیرات موجود در دوره تحت بررسی، توان واقعی ناوگان کامیونها تا ۳۳ درصد قابل افزایش بوده است.

حالات دوم بر این فرض استوار است که اگر قطعات یدکی به موقع تدارک شود، چه تغییراتی در میانگین توزیع وضعیت زمانی کامیونها حاصل می شود. لذا در حالت دوم، زمان نبود قطعه از زمان تعمیرات حذف و ابتدا به زمان ذخیره اضافه شده است (وضعیت A). در این حالت نیز با توزیع نسبی زمان ذخیره، بین کلیه زمانها، زمان فعال در طول هفته برای هر کامیون از ۵۱/۰۲ به ۹۱/۹۸ ساعت افزایش یافته است. به عبارت دیگر نسبت وضعیت B در این حالت به وضعیت A، ۱۸۰ درصد است. این بدان معناست که اگر برای مجموع زمان توقف کامیونها، که ناشی از عدم تدارک به هنگام قطعات یدکی مورد نیاز است، تدارک به هنگام قطعات یدکی برنامه ریزی شود، توان کامیونها می تواند تا ۱/۸ برابر توان موجود افزایش یابد.

در حالت دوم زمان تاخیرهای ثابت به نسبت افزایش یافته ولی زمان تعمیرات و در نتیجه نسبت تعمیرات کاهش یافته است. در صورتی که در زمانهای تاخیر ثابت نیز صرفه جویی شود و همچنین نسبت زمان کل تعمیرات به زمان فعال موثر از ۰/۱۵ به ۰/۲۵ جهت تامین مدت تعمیرات لازم، افزایش داده شود وضعیت B در حالت سوم بوجود می آید. در این حالت میزان ساعات فعال در طول هفته برای هر کامیون از ۵۱/۰۲ به ۱۰۳ساعت افزایش یافته است. به عبارت دیگر نسبت وضعیت B در این حالت به وضعیت A، ۲۰۰ درصد است. بعبارتی میتوان انتظار داشت که مشروط به ثابت بودن بقیه شرایط، توان کامیونها تا ۲ برابر قابل افزایش باشد.

تولید کانسنگ و باطله در دوره مورد مطالعه، معادل ۱۴/۴۶ میلیون تن بوده است. با توجه به جدول ۲ در وضعیت B، با افزودن بر ساعات فعال موثر، توان تولید سالیانه ناوگان کامیونهای موجود (مشروط به ثابت ماندن سایر شرایط در برهه زمانی تحت بررسی مطابق نتایج زمان سنجی ها) در حالتهای ۲ و ۳ به ترتیب به ۲۹ و ۲۶ میلیون تن خواهد رسید. این ارقام حداقل ظرفیت قابل حمل کامیونها در حال حاضر و در شرایط تحت بررسی است. این که کدامیک از ارقام فوق در شرایط تحت بررسی قابل حصول باشد به در اختیار داشتن نقدینگی کافی برای خرید به هنگام قطعات یدکی، اعمال مدیریت و سازماندهی و برنامه ریزی دقیق در اجرای انواع تعمیرات مربوطه بستگی دارد.

بدیهی است که در طول عمر باقیمانده از ناوگان موجود، به تدریج از یک سو زمان تعمیرات صرف شده به علت افزایش سطح فرسودگی و استهلاک دستگاهها و از سوی دیگر به علت افزایش فاصله حمل و فراز راه، توان مجموعه کامیونها، در کلیه حالات کمتر از مقادیر فوق خواهد بود.

جدول ۳- نتایج پردازش داده های مربوط به پارامترهای زمانی کارکردکامیونها (واحد: ساعت در هفته)[۵]

	حالت ۱		حالت ۲		حالت ۳	
	A	B	A	B	A	B
زمان بیکاری	۳/۸۸	۵/۱۴	۳/۸۸	۶/۹۹	۳/۸۸	۷/۸۲
زمان فعال موثر	۵۱/۰۲	۶۷/۶۹	۵۱/۰۲	۹۱/۹۸	۵۱/۰۲	۱۰۳
تاخیرهای ثابت	۳۰/۳۶	۴۰/۲۸	۳۰/۳۶	۵۴/۷۳	۳۰/۳۶	۳۱/۰۲
زمان آمادگی به کار	۸۵/۲۵	۱۱۳/۱۱	۸۵/۲۵	۱۵۳/۶۹	۸۵/۲۵	۱۴۱/۸۵
تعمیرات پیشگیرانه	۰/۶۸	۰/۹۱	۰/۶۸	۱/۲۳	۰/۶۸	۲/۲۶
تعمیرات برنامه ریزی شده	۱۵/۹۵	۲۱/۱۶	۴/۶۱	۸/۳	۴/۶۱	۱۵/۱۷
تعمیرات پیش بینی نشده	۲۴/۷۴	۳۲/۸۲	۲/۶۵	۴/۷۷	۲/۶۵	۸/۷۳
جمع زمان تعمیرات	۴۱/۳۷	۵۴/۸۹	۷/۹۴	۱۴/۳۱	۷/۹۴	۲۶/۱۶
جمع زمانهای آمادگی به کار و تعمیرات	۱۲۶/۶۲	۱۶۸	۹۳/۱۹	۱۶۸	۹۳/۱۹	۱۶۸
زمان ذخیره (کل زمان موجود منهای زمان برنامه ریزی شده)	۴۱/۳۸		۷۴/۸۱		۷۴/۸۱	
زمان برنامه ریزی شده	۱۰۹/۹۹	۱۴۵/۹۳	۸۷/۹۰	۱۵۸/۴۷	۸۷/۹۰	۱۵۰/۵۷
نسبت زمان کل تعمیرات به زمان فعال موثر	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲۵
نسبت زمان تعمیرات پیش بینی نشده به کل زمان تعمیرات	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳
نسبت زمان آماده به کار به زمان برنامه ریزی شده	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۴

۴- برآورد تعداد کامیون مورد نیاز

بر اساس برنامه تولید هفده ساله معدن، باربری در سالهای اول الی سیزدهم شامل حمل سنگ از توده شمالی معدن و از دپوهای سنگ آهن اکسیده به سنگ شکن و حمل باطله از معدن به خاکریزهای باطله است. از سال چهارده الی هفده، حمل سنگ از توده جنوبی معدن جایگزین حمل از دپوهای اکسیده خواهد شد و حمل کانسنگ و باطله به مقصد های یاد شده دیگر، کماکان ادامه خواهد یافت. جهت انباشت باطله در بخش شمالی و جنوبی معدن دو محل در نظر گرفته شده است. بر اساس اطلاعات موجود تا سال هفتم باطله های استخراجی به انباشتگاه شمالی و از آن به بعد به انباشتگاه جنوبی حمل می شود. بطور کلی در برآورد ظرفیت حمل ناوگان موجود و برآورد تعداد کامیون مورد نیاز در سالهای مختلف در ابتدا پارامترهای همچون فواصل حمل و مشخصات فنی و هندسی مسیرها در سالهای مختلف، پارامترهای زمانی چرخه باربری شامل: مدتهای مانور و بارگیری، مدت رفت، برگشت، مدت تخلیه، انتظار و تاخیرها متغیر، تقویم کاری در سال، زمانهای قابل دسترس، ساعات فعال و عمر اقتصادی ماشین ها و ظرفیت قابل حمل هر کامیون در هر سیکل و در هر سال در سنگهای مختلف باید مورد بررسی قرار گیرند.

۴-۱- میزان سنگ قابل حمل در سالهای مختلف

میزان سنگی که در سالهای مختلف بارگیری و به سنگ شکن و یا انباشتگاههای باطله حمل می شود، بر اساس برنامه تولید ارائه شده در جدول ۴ درج شده است.

۴-۲- محاسبه فواصل حمل از مبادی به پایانه های مختلف

بر اساس برنامه استخراج از معدن در سالهای مختلف است، فواصل حمل در سالهای مختلف محاسبه و در جدول ۵ درج شده است.

۴-۳- برآورد پارامترهای زمانی چرخه حمل

از آنجا که پاره ای از زمانهای چرخه حمل از جمله مدت رفت و برگشت وابسته به مشخصات مسیر و مسافت حمل، و مدت بارگیری، انتظار و تاخیرها متغیر وابسته به شرایط محل بارگیری در سالهای مختلف بوده و متغیر است، بنابراین در تمامی حالات استفاده از داده های موجود اعم از داده های زمان سنجی و یا تاریخی جهت تخمین این پارامترها و تعمیم آن به سالهای آتی صحیح نیست. بنابراین در پاره ای موارد شبیه مدت مانور و تخلیه از داده های زمان سنجی شده در معدن بهره گرفته و در بقیه موارد بر اساس روش های متداول، برآورد شده ولی در هر حالت نیز با داده های تاریخی و زمان سنجی مقایسه شده اند.

جدول ۴- میزان سنگ قابل حمل در سالهای مختلف (واحد میلیون تن)

سال	ماده معدنی از معدن به سنگ شکن	لمپ	باطله به خاکریز باطله	باطله حاشیه ای	جمع
۱	۶/۶۷۸	۰/۴۲	۵/۸۷۵	۰/۶۳	۱۳/۶۰۳
۲	۶/۷۲	۰/۵۴۶	۵/۷۲۵	۱/۳۶	۱۴/۳۵۱
۳	۶/۴۶۸	۰/۴۲	۵/۵۵	۰/۵۹	۱۳/۰۲۸
۴	۶/۹۳	۰/۵۰۴	۷/۵		۱۴/۹۳۴
۵	۷/۷۷	۰/۵۰۴	۹/۹۵		۱۸/۲۲۴
۶	۷/۶۰۲	۰/۵۰۴	۷/۸۷۵		۱۵/۹۸۱
۷	۸/۵۶۸	۰/۷۹۸	۸/۶۷۵		۱۸/۰۴۱
۸	۸/۷۳۶	۰/۸۸۲	۶/۲		۱۵/۸۱۸
۹	۸/۴۸۴	۰/۷۱۴	/۲		۱۵/۳۹۸
۱۰	۸/۴۴۲	۰/۷۹۸	۵/۳		۱۴/۵۴
۱۱	۸/۱۰۶	۰/۷۹۸	۳/۸۵		۱۲/۷۵۴
۱۲	۸/۴۴۲	۱/۰۹۲	۳/۹۷۵		۱۳/۵۰۹
۱۳	۶/۵۵۲	۰/۶۷۲	۳/۱۵		۱۰/۳۷۴
۱۴	۶/۵۱	۰/۴۶۲	۲/۵۵		۹/۵۲۲
۱۵	۶/۳۸۴		۱/۶۲۵		۸/۰۰۹
۱۶	۶/۰۹		۲/۲		۸/۲۹
۱۷	۵/۸۸		۲		۷/۸۸
جمع	۱۲۴/۳۶۲	۹/۱۱۴	۸۸/۲	۲/۵۸	۲۲۴/۲۵۶

جدول ۵- برآورد فواصل حمل در سالهای مختلف

سال	فاصله حمل تا سنگ شکن					فاصله حمل تا خاکریز باطله				
	شیب ۸ درصد به سمت بالا	روی پله	افقی	شیب ۸ درصد به سمت پایین	جمع	شیب ۸ درصد به سمت بالا	روی پله	افقی	شیب ۸ درصد به سمت پایین	جمع
۱	۹۴/۵۹	۳۸۰/۷۵	۲۰۲/۴۷	۶۵۲/۱۲	۱۳۲۹/۹۴	۹۶	۳۵۱/۷	۶۲۶/۴۹	۲۵/۹۴	۱۱۰۰/۱۳
۲	۱۸۸	۴۳۹/۰۶	۲۴۴/۸۴	۵۹۷/۶۶	۱۴۶۹/۵۶	۳۵۲/۵۱	۴۳۹/۵۲	۴۴۷/۸۷	۰	۱۲۳۹/۹۰
۳	۲۷۱/۰۱	۵۳۰/۹۱	۲۷۸/۴۱	۵۶۲/۵۰	۱۶۴۲/۸۳	۲۹۱/۱۷	۵۰۷/۳۰	۶۰۶/۶۴	۱۵۳/۴۱	۱۵۵۸/۵۲
۴	۴۳۸/۶۷	۵۱۳/۷۹	۲۸۴/۴۷	۵۶۲/۵۰	۱۷۹۹/۴۲	۴۰۷/۲۷	۵۸۲/۸۷	۷۹۸/۳۳	۰	۱۷۸۸/۴۷
۵	۷۷۳/۳۴	۴۴۶/۳۵	۱۵۰	۷۵۰	۲۱۱۹/۶۹	۴۷۳/۰۸	۵۲۴/۱۱	۸۱۶/۹۶	۳۵۲/۷۰	۲۱۶۶/۸۵
۶	۸۶۶/۲۵	۴۱۹	۱۵۰	۷۵۰	۲۱۸۵/۲۵	۱۳۶۵/۳۶	۴۶۱/۹	۷۸۵/۱۲	۷۵۰	۳۳۶۲/۳۸
۷	۱۰۳۴	۳۲۱/۰۸	۱۵۰	۷۵۰	۲۲۵۵/۰۸	۱۷۲۰/۸۸	۴۳۴/۵۲	۵۰۰	۷۵۰	۳۴۰۵/۴۱
۸	۱۱۸۱/۳۳	۳۸۷/۶۴	۱۵۰	۷۵۰	۲۴۶۸/۹۷	۱۵۹۳/۸۹	۳۹۷/۹۴	۵۰	۷۵۰	۲۷۹۱/۸۳
۹	۱۳۹۰/۴۶	۲۴۷/۹۲	۱۵۰	۷۵۰	۲۵۳۸/۳۸	۲۰۲۳/۰۴	۴۰۰/۸۱	۴/۱۳	۷۵۰	۳۱۷۷/۹۸
۱۰	۱۴۵۸/۱۷	۳۸۰/۷۵	۱۵۰	۷۵۰	۲۷۳۸/۹۲	۲۰۵۳/۵۸	۵۱۱/۱۳	۰	۷۵۰	۳۳۱۴/۷۲
۱۱	۱۶۳۰/۶۳	۳۴۴/۶۱	۱۵۰	۷۵۰	۲۸۷۵/۲۴	۲۳۳۲/۱۳	۳۸۲/۲۱	۰	۷۵۰	۳۴۶۴/۳۴
۱۲	۱۷۰۱/۳۵	۳۹۸/۴۱	۱۵۰	۷۵۰	۲۹۹۹/۷۶	۲۳۴۳/۸۶	۵۳۴/۱۵	۰	۷۵۰	۳۶۲۸/۰۱
۱۳	۱۸۳۱/۷۹	۴۳۶/۵۴	۱۵۰	۷۵۰	۳۱۶۸/۳۳	۲۷۲۲/۰۱	۴۸۲/۵۴	۱۲/۵	۷۵۰	۳۹۶۷/۰۵
۱۴	۲۰۰۱/۲۹	۳۳۷/۷۴	۱۵۰	۷۵۰	۳۲۳۹/۰۳	۲۸۵۸/۰۵	۴۹۶/۰۸	۱۲/۵	۷۵۰	۴۱۱۶/۶۳
۱۵	۲۱۸۷/۹۷	۲۷۱/۰۵	۱۵۰	۷۵۰	۳۳۵۹/۰۳	۳۱۳۲/۷۶	۳۶۴/۴۶	۱۲/۵	۷۵۰	۴۲۵۹/۷۲
۱۶	۲۲۳۹/۱۴	۲۸۵/۸۶	۱۵۰	۷۵۰	۳۴۲۵/۰۱	۳۳۵۵/۳۶	۲۸۹/۰۹	۱۲۵	۷۵۰	۴۵۱۹/۴۵
۱۷	۲۴۴۴	۲۷۵	۱۵۰	۷۵۰	۳۶۱۹	۳۷۵۶/۵	۳۷۵	۳۷/۵	۷۵۰	۱۹۱۹
جمع	**۱۲۷۸/۳۵**	**۳۷۷/۴۴**	**۱۷۴/۱۳**	**۷۱۳/۲۲**	**۲۵۴۳/۱۴**	**۱۸۱۶/۳۲**	**۴۴۳/۲۶**	**۲۸۴/۴۴**	**۵۶۰/۷۱**	**۳۱۰۴/۷۳**

۴-۳-۱- برآورد مدت رفت و برگشت

سرعت رفت و برگشت بر اساس نمودارهای استاندارد کامیونهای ۷۸۵ تعیین شده است(جدول۶). مقاومت رویه جاده ها (Rolling resistance) برای جاده های خوب نگهداری شده شبیه جاده های اصلی معدن ۲۰ کیلوگرم بر تن معادل ۲ درصد شیب جاده و برای درون پله ها و نزدیک سینه کارها ۴۰ کیلوگرم بر تن معادل ۴ درصد شیب جاده در نظر گرفته شده است. مدت رفت و برگشت در هر سال از تقسیم فواصل حمل بر سرعت رفت و برگشت محاسبه شده است.

۴-۳-۲- برآورد مدت بارگیری، تخلیه و انتظار در شرایط مختلف

بر اساس چرخه بارگیری شاولها در ظرفیت بهینه قابل حمل کامیونها، مدت بارگیری هر کامیون در هر رده سنگ، مطابق جدول ۷ برآورد شده است. از آنجا که مدت بارگیری در رده های مختلف سنگ باطله، متفاوت بوده لذا برای سنگ باطله با توجه به سهم هر نوع سنگ در تامین تولید سالیانه، متوسط مدت بارگیری در هر سال محاسبه شده است. مدت تخلیه بر اساس زمانسنجی ها انجام شده در سنگ شکن به طور متوسط ۱۴۲/۱۹ ثانیه و در محل تخلیه باطله ۵۳/۶ برآورد شده است. در نهایت در هر سال، متوسط جمع زمان یک سیکل کامل حمل (بارگیری، رفت، تخلیه و برگشت) محاسبه و از آن تعداد سیکل در ساعت فعال هر کامیون در حالات مختلف بدست آمده است. حاصل این محاسبات در جدول ۸ درج شده است.

۴-۳-۳- برآورد تقویم کاری سالانه، زمانهای قابل دسترس، ساعات فعال

بر اساس نتایج داده های تاریخی عملکرد کامیونها در معدن و امکان ارتقاء سطح عملکرد هر یک از کامیونها، جدول ۳ بدست آمده است. همانطور که در این جدول مشاهده میشود زمان فعال در هفته برای هر کامیون به ۱۰۳ ساعت در هفته قابل افزایش است. همچنین مطابق این جدول احتمال در دسترس بودن دستگاه در زمانهای برنامه ریزی شده، ۹۴ درصد می باشد لذا در برآورد های انجام شده و در برآورد تعداد کامیونهای مورد نیاز، ساعات فعال در هفته هر کامیون ۱۰۳ ساعت و تعداد هفته قابل کار در سال ۵۱ هفته در نظر گرفته شده است. بنابراین ساعات فعال برای هر کامیون در سال معادل ۵۲۵۰ ساعت خواهد بود.

جدول ۶- حداکثر سرعت حمل بر حسب کیلومتر بر ساعت در مسیرهای مختلف

نوع مسیر	حمل تا سنگ شکن		حمل تا دمپ باطله	
	کامیون پر	کامیون خالی	کامیون پر	کامیون خالی
شیب ۸ درصد رو به بالا	۱۲	۳۳	۱۴/۰۴	۳۳
روی پله	۳۱/۸	۵۰/۷	۳۱/۸	۵۰/۷
مسیر افقی	۴۱/۲۲	۵۲/۸	۴۱/۲۲	۵۲/۸
شیب ۸ درصد رو به پایین، فاصله کمتر از ۹۰۰ متر	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲
شیب ۸ درصد رو به پایین، فاصله بیشتر از ۹۰۰ متر	۳۰	۴۲	۳۰	۴۲

جدول ۷- برآورد مدت بارگیری یک کامیون در شرایط مختلف

نوع سنگ	هماتیت	مگنتیت	مواد کم عیار	دیوریت و گرانیت	کنگلومرا و سنگ آهک	تالوس و دیوریت هوازده	باطله حاشیه ای	انباشتگاه
تعداد بیل	۵/۵	۵/۵	۵	۶	۶	۶	۶/۵	۴/۳
زمان هر سیکل بارگیری (ثانیه)	۴۹/۲	۴۹/۲	۴۹/۲	۴۹/۲	۴۲/۷	۳۷/۱	۴۴/۱	۴۹/۲
بارگیری یک کامیون (ثانیه)	۲۹۵/۱	۲۹۵/۱	۲۴۵/۹	۲۹۵/۱	۲۵۶/۲	۲۲۲/۴	۳۰۸/۸	۲۴۵/۹
بارگیری یک کامیون (دقیقه)	۴/۹	۴/۹	۴/۱	۴/۹	۴/۳	۳/۷	۵/۱	۴/۱
زمان مانور (دقیقه)	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۸	۱	۱
تاخیرها (دقیقه)	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
جمع مدت بارگیری (دقیقه)	**۴/۶**	**۶/۴**	**۵/۶**	**۶/۴**	**۵/۸**	**۵**	**۶/۶**	**۵/۶**

جدول ۸- برآورد متوسط زمان یک سیکل باربری و تعداد سیکل در هر ساعت

	متوسط زمان یک سیکل باربری (دقیقه)			تعداد سیکل در هر ساعت		
سال	از : معدن به : سنگ شکن	از : معدن به : خاکریز باطله	از: انباشتگاه به : سنگ شکن	از : معدن به : سنگ شکن	از : معدن به : خاکریز باطله	از: انباشتگاه به: سنگ شکن
۱	۱۷/۰۱	۱۲/۵۹	۱۵/۰۵	۳/۵۳	۴/۷۷	۳/۹۹
۲	۱۸/۱۸	۱۴/۸۴	۱۵/۰۵	۳/۳	۴/۰۴	۳/۹۹
۳	۱۹/۴۷	۱۵/۶۶	۱۵/۰۵	۳/۰۸	۳/۸۳	۳/۹۹
۴	۲۱/۱۸	۱۷/۴	۱۵/۰۵	۲/۸۳	۳/۴۵	۳/۹۹
۵	۲۴/۸۰	۱۹/۴۸	۱۵/۰۵	۲/۴۲	۳/۰۸	۳/۹۹
۶	۲۵/۶۵	۲۹/۵۱	۱۵/۰۵	۲/۳۴	۲/۰۳	۳/۹۹
۷	۲۶/۹۳	۳۱/۶۴	۱۵/۰۵	۲/۲۳	۱/۹	۳/۹۹
۸	۲۸/۸۲	۲۸/۲۴	۱۵/۰۵	۲/۰۸	۲/۱۲	۳/۹۹
۹	۳۰/۳۲	۳۲/۲۶	۱۳/۹۶	۱/۹۸	۱/۸۶	۴/۳
۱۰	۳۱/۷۱	۳۳/۱	۱۳/۹۶	۱/۸۹	۱/۸۱	۴/۳
۱۱	۳۳/۳۵	۳۵/۲۱	۱۳/۹۶	۱/۸	۱/۷	۴/۳
۱۲	۳۴/۳۶	۳۵/۹۶	۱۳/۹۶	۱/۷۵	۱/۶۷	۴/۳
۱۳	۳۵/۹۳	۳۹/۳۷	۱۳/۹۶	۱/۶۷	۱/۵۲	۴/۳
۱۴	۳۷/۲۳	۴۰/۴۳		۱/۶۱	۱/۴۸	
۱۵	۳۸/۸۶	۴۲/۳		۱/۵۴	۱/۴۲	
۱۶	۳۹/۴۸	۴۴/۹۲		۱/۵۲	۱/۳۴	
۱۷	۴۱/۵۸	۴۸/۶۱		۱/۴۴	۱/۲۳	

۴-۴- برآورد تعداد کامیون های مورد نیاز در هر سال

متوسط ظرفیت قابل حمل هر کامیون در هر سال از رابطه زیر محاسبه قابل است:

$$Q_t = P_t \times N_{trip} \times N_{hour} \qquad (۱)$$

که در این رابطه Q_t ظرفیت تولید هر کامیون در سال، P_t متوسط ظرفیت حمل هر کامیون، N_{trip} تعداد سرویس حمل در ساعت و N_{hour} تعداد ساعتهای فعال هر کامیون در سال می باشد. از تقسیم تولید مورد نیاز به ظرفیت تولید هر کامیون، تعداد کامیونهای مورد نیاز در هر سال محاسبه شده است. نتیجه این محاسبات در جدول ۹ درج شده است. افزایش ناگهانی تعداد کامیونها درسال هفتم بدلیل افزایش میزان استخراج برنامه ریزی شده و در نهایت میزان حمل مورد نیاز بوده است.

جدول ۹- تعیین ظرفیت تولید هر کامیون و تعداد کامیون لازم در سالهای مختلف

سال	ظرفیت تولید هر کامیون در سال (میلیون تن)			تعداد کامیون لازم				زمان سرمایه گذاری مجدد	
	ماده معدنی به سنگ شکن	باطله به خاکریز باطله	انباشتگاه	ماده معدنی به سنگ شکن	باطله به خاکریز باطله	انباشتگاه	جمع	گزینه ۱	گزینه ۲
۱	۲/۴۹۹	۳/۰۹۲	۲/۸۲۷	۲/۸۴	۲/۱	۰/۴	۶		
۲	۲/۳۳۴	۲/۵۳۲	۲/۸۲۷	۳/۱۱	۱/۸	۰/۳۸	۷		
۳	۲/۱۷۷	۲/۵۶۹	۲/۸۲۷	۳/۱۶	۲/۳۹	۰/۴۷	۷		
۴	۱/۹۹۵	۲/۱۴۷	۲/۸۲۷	۳/۷۳	۳/۴۵	۰/۵۹	۸		
۵	۱/۷۰۷	۲/۰۱۰	۲/۸۲۷	۴/۸۵	۴/۹۵	۰/۴۷	۱۱	۶	
۶	۱/۶۵۵	۱/۳۴۱	۲/۸۲۷	۴/۹	۵/۸۷	۰/۶۷	۱۲	۱	
۷	۱/۵۷۳	۱/۱۹۴	۲/۸۲۷	۵/۹۵	۷/۲۷	۰/۶۱	۱۴	۲	۱۴
۸	۱/۴۶۸	۱/۳۸۹	۲/۸۲۷	۶/۵۵	۴/۴۶	۰/۵۵	۱۲		
۹	۱/۳۹۴	۱/۱۶۲	۳/۰۴۷	۶/۶	۵/۳۴	۰/۶	۱۳	۳	
۱۰	۱/۳۲۸	۱/۱۳۱	۳/۰۴۷	۶/۹۶	۴/۶۹	۰/۶۱	۱۳		
۱۱	۱/۲۶۱	۱/۰۳۳	۳/۰۴۷	۷/۰۶	۳/۷۳	۰/۷۲	۱۲		
۱۲	۱/۲۲۱	۱/۰۲۹	۳/۰۴۷	۷/۸۱	۳/۸۶	۰/۶۱	۱۳	۶	
۱۳	۱/۱۶۷	۰/۹۱	۳/۰۴۷	۶/۱۹	۳/۴۶	۱/۲۳	۱۱	۱	
۱۴	۱/۱۲۸	۰/۹۷۲		۸/۷۲	۳/۷		۱۳	۲	
۱۵	۱/۰۷۹	۰/۹۴۴		۸/۹۴	۲/۶		۱۲		۱۲
۱۶	۱/۰۶۳	۰/۸۱۲		۸/۵۸	۴/۰۶		۱۳	۳	۱
۱۷	۱/۰۰۹	۰/۷۹۲		۸/۸۶	۳/۸۴		۱۳		

۴-۵- محاسبه زمان سرمایه گذاری مجدد (Reinvestment) و تعداد مورد نیاز

عمر متوسط کامیونهای بزرگ غیر الکتریکی مشابه کامیونهای موجود، بسته به شرایط کار بین ۳۰۰۰۰ الی ۴۰۰۰۰ساعت در نظر گرفته می شود. همچنین ساعات کارکرد دستگاههای موجود بر اساس ساعت کارکرد فعلی آنها، بطور متوسط در حال حاضر بالغ بر ۱۷۵۰۰ ساعت برای هر کامیون می باشد. بر این اساس در جدول ۱۰، زمان و تعداد سرمایه گذاری مجدد مورد نیاز در دو گزینه در نظر گرفته شده است. در گزینه اول فرض شده است که از ۱۲ کامیون موجود، تعدادی که در هر سال مورد نیاز است، مورد استفاده قرار گرفته و مابقی آنها بصورت ذخیره نگهداری شوند. در این حالت تا سال ششم، ۱۲ کامیون موجود به تدریج وارد کار شده و بنابراین استهلاک و جایگزینی مجدد آنها نیز به تفکیک محاسبه شده است.

در گزینه دوم فرض شده است از همه ۱۲ کامیون موجود از همان ابتدا استفاده شود. در این حالت زمان های ذخیره هر کامیون با توجه به تعداد مورد نیاز آنها در هر سال، افزایش یافته و بعبارتی ساعات کارکرد هر کامیون در سال کاهش می یابد. با این وجود در این حالت کلیه کامیونهای موجود درپایان سال ششم مستهلک شده و بایستی در سال هفتم به تعداد کامیونهای مورد نیاز آن سال، یعنی ۱۴ کامیون خریداری شود. در این گزینه، تعداد ۱۲ کامیون جدید در سال پانزدهم و یک عدد در سال شانزدهم بایستی خریداری شود که در انتهای سال هفده تنها قسمتی از عمر مفید آنها مستهلک خواهد شد. این موضوع باعث شده که در نهایت، در گزینه دوم سه کامیون بیشتر خریداری شده و سرمایه گذاری کامیونها در سال هفتم و پانزدهم نیز بصورت یکجا صورت پذیرد. ملاحظه می شود در چگونگی استفاده از کامیون های موجود و تجدید سرمایه گذاری کامیونها، پیروی از سیاستگزاری طبق گزینه ۱ به مراتب با صرفه تر است.

۵- نتیجه گیری

معدن سنگ آهن چادرملو با استفاده از سال ۱۳۷۶ مورد بهره برداری قرار گرفته است. در این معدن ۱۲ کامیون با ظرفیت ۱۳۵ تن مشغول فعالیت می باشند که در حال حاضر ساعات قابل توجهی از عمر مفید این کامیونها باقیمانده است. در این مطالعه در ابتدا شرایط فعلی کامیونها از نظر ظرفیت کاری مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور داده های عملیاتی – تاریخی این ماشین آلات برای یک دوره یک ساله جمع آوری و سپس این اطلاعات پردازش شده است. مطالعات نشان داده است که با افزودن بر ساعات فعال موثر، بهره وری کامیونهای موجود (مشروط به ثابت ماندن سایر شرایط در برهه زمانی تحت بررسی مطابق نتایج زمان سنجی ها) ۸۰ تا ۱۰۰ درصد قابل افزایش است. این ارقام حداقل ظرفیت قابل حمل کامیونها در حال حاضر و در شرایط تحت بررسی است. این که کدامیک از ارقام فوق در شرایط تحت بررسی قابل حصول باشد به در اختیار داشتن نقدینگی کافی برای خرید به هنگام قطعات یدکی، اعمال مدیریت و سازماندهی و برنامه ریزی دقیق در اجرای انواع تعمیرات مربوطه بستگی دارد.

با توجه به برنامه تولید هفده سال باقیمانده از عمر معدن و بررسی عملکرد آنها در دوره مطالعه، تعداد ماشین آلات باربری در سالهای آتی پیش بینی شده است. به منظور تعیین زمان و تعداد سرمایه گذاری مجدد مورد نیاز، باید از ۱۲ کامیون موجود، تعدادی که در هر سال مورد نیاز است، مورد استفاده قرار گرفته و مابقی آنها بصورت ذخیره نگهداری شوند. در این حالت تا سال ششم، ۱۲ کامیون موجود به تدریج وارد کار شده و بنابراین استهلاک و جایگزینی مجدد آنها نیز به تفکیک محاسبه شده است. محاسبات نشان می دهد که در طول سالهای آینده باید ۲۴ کامیون دیگر خریداری شود.

مراجع

[1] Samanta B., Sarkar B. and Mukherjee S.K., (2002), "*Selection of open pit mining equipment by a multi-criteria decision- making process*", Trans. Instn min. metal. (Sect. A: min. Technol.), PP A136-A141.

[۲] ابریشمی،"*بررسی زمین شناسی و توجیه فنی و اقتصادی سنگ آهن چادرملو*"، مجتمع معدنی و صنعتی چادرملو.

[3] EBE, "*Detail Engineering Services*", Section II; Volume 1,2,3, Ministry of Mines & Metals (Chador-Malu Iron ore Project M.C.M.P)

[۴] دفتر طراحی معدن سنگ آهن چادرملو، (۱۳۸۱)، "*گزارش برنامه تولید هفده سال باقیمانده از عمر معدن*"، مجتمع معدنی و صنعتی چادرملو.

[۵] مهندسین مشاور کانی کاوان شرق، (۱۳۸۱)، "*بررسی ماشین آلات معدنی و تعیین نیازهای فعلی و آتی ماشین آلات و تجهیزات معدن چادرملو*".