بررسی عملکرد ماشین آلات بارگیری معدن سنگ آهن چادرملو و بهبود شرایط موجود

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 تجهیز شده و از سال ۱۳۷۶ مورد بهره برداری قرار گرفته است. در حال حاضر ساعتهای قابل توجهی از عمر مفید تعدادی از ماشین آلات بارگیری موجود باقیمانده است. در این مطالعه در ابتدا شرایط فعلی ماشین‌آلات بارگیری از نظر ظرفیت کاری مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور داده‌های عملیاتی- تاریخی این ماشینها برای یک دوره یک ساله جمع آوری و سپس این اطلاعات پردازش شده است. مطالعات نشان داده است که می‌توان بهره وری شاولها را تا حدود ۹۳ درصد افزایش داد. در این خصوص تامین به هنگام قطعات یدکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تناسب هندسی ماشین آلات بارگیری با شاخص‌های هندسی معدن در آحاد مختلف عملیاتی و ماشین آلات نسبت به یکدیگر مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی‌ها نشان داده است که ماشین‌آلات بارگیری مشکل عمده‌ای از این لحاظ ندارند. با توجه به برنامه تولید هفده سال باقیمانده از عمر معدن و بررسی عملکرد آنها در دوره مطالعه، تعداد ماشین آلات بارگیری در سالهای آتی پیش بینی شده است.

واژه‌های کلیدی : ماشین آلات، بارگیری، معدن سنگ آهن چادرملو

۱- مقدمه

یکی از مهمترین نکاتی که طراحان معادن روباز با آن مواجه هستند، انتخاب ماشین آلات مناسب می‌باشد. برای انتخاب این ماشین آلات معیارهای مهمی همچون مشخصات کانسار (شیب، ارتفاع، شرایط کف، نسبت باطله برداری، فشار زمین، فاصله حمل)، فرهنگ سازمانی، سازگاری با تغییرات، مشخصات فنی (عملکرد، تولید)، مهارت اپراتور، عمر معدن و ماشین، تسهیلات نظارت بر عملکرد، مسائل مالی، اعتبار کارخانه سازنده، زمان تحویل و ضمانت، نیروی محرکه (هیدرولیکی، الکتریکی یا مکانیکی)، قابلیت تعمیر، قدرت مورد نیاز (دیزلی، الکتریکی)، امکانات آموزشی در دسترس، ماشین آلات کمکی مورد نیاز، سر پرستی عمومی لازم،

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

درجه اتوماسیون، شرایط کاری، ایمنی، مسائل محیطی و... باید در نظر گرفته شود[۱]. علاوه بر این اثرات متقابل معیارهای مختلف نیز باید در نظر گرفته شود لذا تصمیم‌گیری‌ها اغلب پیچیده هستند.

معدن سنگ آهن چادرملو در استان یزد در ایران مرکزی قرار دارد. سالانه از این معدن حدود ۷/۲ میلیون تن کانسنگ و ۷ میلیون تن سنگ باطله استخراج می‌شود. کانسار دارای بیش از ۲۰۰ میلیون تن ذخیره استخراجی و ۴۰۰ میلیون تن ذخیره اکتشاف شده است که ۳۵۰ میلیون تن آن در توده شمالی و ۵۰ میلیون تن آن در توده جنوبی است. تاکنون بیش از ۲۰ میلیون تن سنگ اکسیده از این معدن استخراج شده است. همچنین در اثر استخراج، ۶۰ متر از ارتفاع تپه کاسته شده و پایین ترین پله فعال در تراز ۱۴۶۵ قرار دارد[۲].

معدن سنگ چادرملو با ماشین آلات بارگیری مختلفی تجهیز شده است که در حال حاضر از عمر مفید این ماشینها مقادیر قابل توجهی باقیمانده است. در این مطالعه، در ابتدا با ایجاد یک بانک اطلاعاتی، عملکرد ماشینهای بارگیری مورد بررسی و سپس تعداد ماشین آلات لازم در سالهای آتی پیش بینی شده است.

۲- طراحی و تجهیز معدن

طرح محدوده نهائی ۳۰ ساله معدن ارائه شده است که بر اساس این طرح، کف معدن به تراز ۱۳۰۰ متری می‌رسد. شکل پیت نهائی بیضوی مانند بوده که محور طویل آن دارای امتداد شمالی جنوبی است. طول محور شمالی جنوبی این محدوده ۹۵۰ متر و طول محور غربی شرقی آن در عریض ترین قسمت ۹۰۰ متر و به طور متوسط ۸۵۰ متر می‌باشد. عمیق ترین بخش محدوده ۳۰ ساله معدن در جنوب غربی کانسار دارای عمق ۲۳۰ متر و کم عمق ترین بخش آن در قسمت شمال شرقی کانسار دارای عمق ۱۳۵ متر می‌باشد[۳].

بر اساس زمان بندی جدید، در طول ۱۷ سال باقیمانده از بهره برداری معدن چادرملو، در مجموع ۱۴۹/۸۱۲ میلیون تن سنگ آهن از توده‌های شمالی و جنوبی استخراج خواهد شد. در این مدت جمع سنگ معدن حمل شده به سنگ‌شکن‌ها با احتساب حمل از انباشتگاه اکسید به میزان۲۳/۲۰۲ میلیون تن، به ۱۷۳/۰۱۴میلیون تن بالغ خواهد شد. میانگین نسبت باطله برداری معدن در طول ۱۷ سال باقیمانده از بهره برداری معدن ۰/۶۷:۱ تن بر تن است[۳]. این مطالعه بر اساس زمان بندی تولید ۱۷ سال باقیمانده از عمر معدن انجام شده است.

۳- بررسی عملکرد ماشین آلات بارگیری موجود

در معدن سنگ آهن چادرملو در حال حاضر ۳ شاول کابلی مدل P&H 2100BL با میانگین ساعت کارکرد ۱۵۲۷۶ ساعت مشغول فعالیت می‌باشند. البته مدیریت معدن جدیداً یک شاول هیدرولیکی مدل PC 4000 برای بارگیری در انباشتگاهها خریداری کرده است.

به منظور بررسی وضعیت ماشین آلات بارگیری موجود در دوره زمانی یک ساله از عملیات عینی دستگاهها 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 منظور شده است. برای ماشین آلات بارگیری اطلاعاتی همچون زمان کارکرد، حجم عملیات، مدت و علت توقف و خرابی، نوع سنگ و محل کار در برهه زمانی یک ساله (شامل ۳۵۰ روز) ثبت شده است. جدول۱ وضعیت تعمیرات و پارامترهای زمانی کارکرد شاولها را در دوره مذکور نشان می‌دهد. ملاحظه می شود، زمان ذخیره (کل زمان موجود منهای زمان برنامه ریزی شده) برای سه شاول ۶۴۳۱ ساعت بوده که در مقایسه با زمان فعال آنها (۴۸۲۹ ساعت)، رقم بالائی است. همچنین زمان توقف تعمیراتی ۱۶۷۸ ساعت بوده که حدود ۳۵ درصد زمان فعال آنها بوده است. به دلیل بالا بودن زمان ذخیره، شاولهای موجود ضریب کاربری موثر نسبتا پائینی را نسبت به زمان کل داشته اند.

جدول۲ میانگین پارامترهای حاصل از زمان سنجی شاول‌ها را نشان می‌دهد. در این جدول پارامترهای بارگیری شاول شامل مدت مانور (مانور قبل از شروع بارگیری شامل جابجایی، تسطیح کف و...)، مدت بارگیری کامیون (از زمان شروع بارگیری تا پایان بارگیری یک کامیون) و انتظار شاول برای کامیون، به تفکیک تعداد بیل بارکننده و وضعیت خردشدگی سنگ محاسبه شده است. ملاحظه می‌شود با بد شدن وضعیت خردشدگی سنگ، تعداد بیلهای بارکننده افزایش یافته و در نتیجه مدت مانور و مدت بارگیری افزایش می‌یابد. افزایش تعداد بیل بارکننده در سیکل بارگیری در وضعیت خرد شدگی خوب نیز دیده می‌شود که این موضوع به علت کاهش ارتفاع دپو بارگیری بوده است.

جدول۱- پارامترهای زمانی کارکرد شاولها در دوره مورد مطالعه[۵]

پارامترها	شاول ۱	شاول ۲	شاول۳	جمع
تعداد روزهای کاری	۲۲۴	۲۲۵	۲۲۶	۶۷۵
تعداد روزهای آتشکاری	۲۸	۲۸	۲۸	
زمان صرف غذا و آتشکاری (ساعت)	۸۶۸	۸۷۱/۵	۸۷۵	۲۶۱۴/۵
زمان قطع برق - جابجایی و... (ساعت)	۸۵/۵	۷۲/۱	۸۵	۲۴۲/۶
زمان تاخیرها (ساعت)	۹۵۳/۵	۹۴۳/۶	۹۶۰	۲۸۵۷/۱
زمان فعال در معدن (ساعت)	۱۷۰۱/۴	۱۱۰۴/۲	۲۰۲۳/۳	۴۸۲۸/۹
زمان بیکاری (ساعت)	۱۳۹/۷	۱۰۷/۸	۱۵۷	۴۰۴/۵
زمان تعمیرات پیشگیرانه (ساعت)	۲۵/۶	۳۰/۹	۶۰/۳	۱۱۶/۸
زمان تعمیرات پیش بینی شده (ساعت)	۱۳۷/۱	۱۲۵/۶	۵۱/۶	۳۱۴/۳
زمان تعمیرات پیش بینی نشده (ساعت)	۳۸۹/۶	۳۸۷/۹	۴۶۹/۴	۱۲۴۶/۹
زمان توقف ناشی از تعمیرات (ساعت)	۵۵۲/۳	۵۴۴/۴	۵۸۱/۳	۱۶۷۸
زمان ذخیره (ساعت)	۲۰۲۹/۱	۲۷۰۰	۱۷۰۲/۴	۶۴۳۱/۵
ضریب کاربری موثر (درصد)	۳۱/۶	۲۰/۵	۳۷/۳	۲۹/۸

جدول۲- میانگین پارامترهای زمان سنجی شده شاولها در محل بارگیری (زمانها به دقیقه و ثانیه)[۵]

نوع سنگ	تعداد بیل		تعداد رکورد	مانور	مدت بارگیری	انتظار	تعداد تاخیر	مدت تاخیرهای متغیر
باطله	۴	خوب	۴۰	00:00:15	00:01:56	00:00:04	۱	00:20:00
ماده معدنی	۴	خوب	۳۳	00:00:30	00:02:47	00:00:21	۲	00:02:07
		متوسط	۱۸	00:00:53	00:02:36	00:00:04	۳	00:01:38
		جمع	**۵۱**	**00:00:43**	**00:02:43**	**00:00:11**	**۵**	**00:01:50**
	۵	بد	۱۷	00:01:29	00:04:27	00:00:08	۲	00:01:07
		خوب	۶۵	00:01:10	00:03:59	00:00:05	۵	00:02:45
		متوسط	۱	00:00:20	00:02:23	00:00:03		
		جمع	**۸۳**	**00:01:14**	**00:04:04**	**00:00:05**	**۷**	**00:02:17**

	۶	بد	۱۹	00:02:32	00:05:21	00:00:13	۴	00:01:13
		خوب	۱۵	00:00:23	00:03:58	00:00:04		
		جمع	**۳۴**	**00:01:40**	**00:04:44**	**00:00:10**	**۴**	**00:01:13**
	۷	بد	۵	00:01:06	00:05:51	00:00:03	۱	00:01:34
		خوب	۲۵	00:00:56	00:03:59	00:00:04	۱	00:08:00
		جمع	**۳۰**	**00:00:58**	**00:04:17**	**00:00:03**	**۲**	**00:04:47**
	۸	خوب	۹	00:02:16	00:05:06	00:00:05		
	جمع		**۲۰۷**	**00:01:12**	**00:03:55**	**00:00:07**	**۱۸**	**00:02:12**
جمع			**۲۴۷**	**00:01:00**	**00:03:36**	**00:00:07**	**۱۹**	**00:03:08**

نتایج داده‌های زمان سنجی (جدول ۱) نشان می‌دهد که می‌توان با ایجاد شرایط مناسب، ظرفیت شاولها را افزایش داد. بدین منظور با توجه به اطلاعات مربوط به دوره مورد مطالعه، پارامترهای زمانی بطور متوسط برای یک هفته (۲۱ شیفت کاری معادل ۱۶۸ ساعت) محاسبه شده است. دو وضعیت A و B مورد بررسی قرار گرفته است. وضعیت A، وضعیتی است که در برهه زمانی تحت مطالعه عملاً رخ داده است. در وضعیت B، زمان ذخیره به ساعتهای قابل کار تبدیل شده که باعث تغییراتی در میانگین توزیع وضعیت زمانی شاولها می‌شود. نتیجه این عملیات در جدول ۳ درج شده است. در این جدول منظور از زمان برنامه ریزی شده (Schedule operating time) زمانی است که برای انجام فعالیت تولیدی پیش بینی میشود. این زمان از جمع زمان دسترسی عملیاتی (Available Operating time) و زمان تعمیرات پیش بینی نشده به‌دست می‌آید. زمان دسترسی عملیاتی بخشی از زمان برنامه ریزی شده است که حاصل جمع سه زمان بیکاری (Idle)، زمان فعال موثر(Operating active) و تاخیرهای ثابت می‌باشد. در زمان فعال موثر، شاول در یکی از وضعیت‌های بارگیری، 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 می‌شود.

جدول ۳ - نتایج پردازش داده‌های مربوط به پارامترهای زمانی کارکرد شاولها[۵]

پارامتر	حالت A	حالت B
زمان بیکاری	۴/۲	۸/۱
زمان فعال موثر	۵۰/۰۸	۹۶/۶۸
تاخیرهای ثابت	۲۹/۶۳	۲۹/۶۳
زمان دسترسی عملیاتی (جمع سه زمان بیکاری، زمان فعال موثر و تاخیرهای ثابت)	۸۳/۹۳	۱۳۴/۴۱
تعمیرات پیشگیرانه	۱/۲۱	۲/۳۴
تعمیرات برنامه ریزی شده	۳/۲۶	۶/۲۹
تعمیرات پیش بینی نشده	۱۲/۹۳	۲۴/۹۶
جمع زمان تعمیرات	۱۷/۴	۳۳/۵۹
جمع زمانهای بیکاری، زمان فعال موثر، تاخیرهای ثابت و تعمیرات	۱۰۱/۳	۱۶۸
زمان برنامه ریزی شده (جمع زمان آمادگی به کار و زمان تعمیرات پیش بینی نشده)	۹۶/۸۴	۱۵۹/۳۷
زمان ذخیره (کل زمان موجود منهای زمان برنامه ریزی شده)	۶۶/۷	
نسبت زمان کل تعمیرات به زمان فعال موثر	۰/۳۴۷	۰/۳۴۷
نسبت زمان تعمیرات پیش بینی نشده به کل زمان تعمیرات	۰/۷۴۳	۰/۷۴۳
نسبت زمان آماده به کار به زمان برنامه ریزی شده	۰/۸۶۶	۰/۸۳۴

در وضعیت A از کل زمان برنامه ریزی شده برای اجرای عملیات، ۸۶/۶۵ درصد آن جهت انجام عملیات در دسترس بوده است. میزان زمان ذخیره نسبت به زمان فعال موثر حدود ۱۳۳ درصد است که رقم بسیار نامناسبی است. از مجموع زمان تعمیرات، حدود ۷۴ درصد آن، زمان مربوط به تعمیرات پیش بینی نشده است که هر دو رقم، ارقام بالا و نامتناسبی است. بررسی عناصر زمانی وضعیت شاول در حالت آمادگی به کار، نشان می‌دهد که رقم مربوط به تاخیرهای ثابت بسیار بالا می‌باشد.

در وضعیت B، زمان ذخیره در حالت A به تناسب وزن، بین زمانهای سه گانه تعمیرات و زمان آمادگی به کار، تسهیم شده است (بجز تاخیرهای ثابت). ملاحظه می‌شود نسبت‌های زمانهای فعال در حالت B به A معادل ۱/۹۳ برابر است. این بدان معنی است که با تامین به موقع قطعات و تعمیرات، توان واقعی شاولها تا ۹۳

درصد قابل افزایش بوده است. بنابراین با توجه به تولید سالانه ۱۴/۴۶ میلیون تن در سال و بدون در نظرگرفتن نتایج زمان‌سنجی‌ها، می‌توان ظرفیت قابل بارگیری شاولها را به ترتیب زیر محاسبه کرد:

۱۴/۴۶ * (۹۶/۶۸) /(۵۰/۰۸) =۲۷/۹۱ میلیون تن

این رقم نشان می‌دهد در شرایط مساوی با زمان تحت مطالعه ویا وضعیت موجود، در صورت برنامه ریزی و اعمال مدیریت و سازماندهی دقیق تر امکان افزایش ظرفیت شاولها تا ۲۸ میلیون تن در سال وجود دارد.

۴- بررسی تناسب ماشین آلات

در اجرای هر طرح معدنی، ابزار و ترکیبی متناسب از ماشین آلات مختلف مورد نیاز است. اگر چه طبیعت معدن و میزان تولید در انتخاب ماشین‌های مورد نیاز تعیین کننده است، ولی از سوی دیگر ماشین آلات نیز به نوبه خود بر برخی از ابعاد هندسی معدن اثر گذارند. بدین منظور تناسب ماشین آلات بارگیری با پله‌های به ارتفاع ۱۵ متر و تناسب ماشین آلات در تقابل با یکدیگر بررسی شده و جایگزینی احتمالی برخی از ماشین آلات با انواع مناسب تر مورد بررسی قرار گرفته است.

برای بررسی تناسب شاولها با پله‌های به ارتفاع ۱۵ متر، کافی است حداکثرارتفاع پله به اندازه کافی از بیشینه ارتفاع برش شاول (Maximum Cutting height) کمتر باشد ولی به طور تجربی اظهار شده که ارتفاع پله نبایستی از ارتفاع قرقره سر دکل شاول (Clearance height – boom point sheaves) بیشتر باشد[۶]. در مورد شاولهای 2100 BL معدن، با مراجعه به کاتالوگ ماشین، بیشینه ارتفاع برش ۱۴/۵ متر و کمتر از ۱۵ متر ارتفاع پله است ولی در عوض ارتفاع قرقره سر دکل شاول ۱۵/۷ متر و ۰/۷ متر بیشتر از ارتفاع پله است. به طوری که ملاحظه می‌شود تناسب ماشین با ملاک علمی قدری در تناقض و با ملاک تجربی کاملاً هماهنگ است. حداقل حدود ۰/۵ متر بالای انباشت، توسط شاول قابل کندن و لق گیری نخواهد بود و دیر یا زود و خود به خود، ریزش خواهد کرد. بر اساس تجربه اگر چه این تناقض چندان مسئله ساز نیست ولی لازم است در هنگام اجرای عملیات، دقت کافی توسط اپراتورهای شاولها، به عمل آید.

جهت بررسی حداقل فضای لازم در کارگاه استخراج توسط شاول و بارگیری کامیونهای معدنی و همچنین بررسی تناسب پارامترهای هندسی شاول و کامیونهای موجود به ترتیب زیر عمل شده است:

حداقل فضای لازم یا عرض کارگاه استخراج (Minimum Width of working face) با روش ایجاد برش موازی با امتداد پله و پهلو گرفتن تک کامیون (Parallel Cut with single spotting)، تعیین می‌شود. عرض کارگاه استخراج (W_b) فاصله لبه پله (crest) ایجاد کننده کف محوطه بارگیری تا پاشنه دیواره حاصل از برش (toe) با روش برش موازی است. حداقل عرض کارگاه (W_b) برابر است با مجموع حداقل عرض ایمنی تا لبه کارگاه (S_b) و عرض برش (W_c)[۶]:

$$W_b = W_c + S_b \qquad (۱)$$

حداقل عرض کارگاه استخراج را می‌توان با توجه به شعاع تمیز کردن شاول از پای پله، شعاع تخلیه مواد در کامیون توسط شاول در بیشترین ارتفاع (Dumping radius at maximum height) و عرض خاکریز ایمنی از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$W_b = G + B + \frac{W_{truck}}{2} + D_p + W_{berm} \quad (۲)$$

که در این رابطه G شعاع تمیز کردن شاول از پای پله، B شعاع تخلیه مواد در کامیون توسط شاول در بشترین ارتفاع، W_{truck} عرض کامیون، D_p فاصله سمت بیرونی چرخ کامیون تا پاشنه داخلی خاکریز ایمنی و W_{berm} عرض خاکریز ایمنی می‌باشد. عرض خاکریز ایمنی نیز به زاویه قرار مصالح خاکریز و ارتفاع خاکریز ایمنی (که معادل شعاع چرخ کامیون در نظر گرفته می‌شود) بستگی دارد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$W_{berm} = \frac{2 \times H_{berm}}{\tan \alpha} \quad (۳)$$

که در این رابطه H_{berm} ارتفاع خاکریز ایمنی و α زاویه قرار مصالح خاکریز می‌باشد.

در معدن سنگ آهن چادرملو، شیب پله ۶۹/۵ درجه، عرض کامیون ۶/۳۰ متر، شعاع چرخ کامیون ۱/۵ متر، زاویه قرار مصالح خاکریز ۴۵ درجه، فاصله سمت بیرونی چرخ کامیون تا پاشنه داخلی خاکریز ایمنی ۱/۵ متر، شعاع تخلیه مواد در کامیون توسط شاول در بیشترین ارتفاع ۱۶/۹ متر، حداکثر ارتفاع تخلیه توسط شاول ۹/۵ متر، شعاع تمیز کردن شاول از پای پله ۱۳/۴ متر، حداکثر شعاع برداشت توسط شاول از لبه پله ۲۰ متر، حداکثر عرض برش پس از آتشکاری بر اساس توصیه سازندگان این قبیل شاولها ۲۴ متر (بدیهی است که عرض برش قبل از آتشکاری را بایستی کمتر و در حدود ۲۱ تا ۲۲ متر در نظر گرفت) می‌باشد لذا عرض لازم برای ایجاد خاکریز ایمنی در لبه پله ۳ متر و عرض پله عملیاتی ۳۸ متر خواهد بود. با دانستن عرض برش و عرض پله عملیاتی، عرض پله ایمنی طبق رابطه ۱ مساوی ۱۶ تا ۱۷ متر خواهد بود. بر اساس تجربه، عرض پله ایمنی بایستی تقریبا معادل ارتفاع پله باشد که در اینجا معادل ۱۶(۱۷) متر محاسبه شده است.

حداقل شیب قابل پیمایش (Scalingable slope) توسط شاولها (θ) را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد[۶]:

$$\tan \theta = \frac{H}{E - G} \quad (۴)$$

که در این رابطه H ارتفاع پله و E حداکثر شعاع برداشت توسط شاول از لبه پله می‌باشد. با توجه به اطلاعات معدن سنگ آهن چادرملو شیبهای ۶۶/۲ درجه تا ۹۰ درجه توسط شاول قابل پیمایش خواهد بود. حداکثر ارتفاع تخلیه توسط شاول به مراتب بیش از ارتفاع لبه صندوقه کامیون نسبت به زمین است.

۵- برآورد تعداد ماشین‌های بارگیری

بارگیری در معدن چادرملو در حال حاضر در دو بخش معدن و در دپوهای موقت ماده معدنی صورت می‌پذیرد. بر اساس برنامه زمان بندی تولید جدید علاوه بر بارگیری از معدن، از دپوهای اکسیده نیز بارگیری به عمل خواهد آمد. این موضوع تا ۱۲ سال ادامه یافته و از سال ۱۳تا آخر عمر معدن، سنگ معدن ذخیره شده در دپوهای اکسیده به اتمام رسیده و توده جنوبی تامین کننده سنگ اکسیده مورد نیاز خواهد شد.

در حال حاضر در معدن سه دستگاه شاول کابلی الکتریکی از نوع P&H 2100BL با ظرفیت اسمی جام ۱۱مترمکعب وجود دارد. در برآورد تعداد ماشین آلات بارگیری مورد نیاز، ابتدا ظرفیت ماشین آلات موجود در شرایط کاری مختلف بر اساس داده‌های تاریخی و نتایج زمان سنجی، محاسبه شده و سپس با میزان تولید برنامه ریزی شده در سالهای مختلف، مقایسه شده است.

۵-۱-محاسبه ظرفیت تولید شاولهای موجود در شرایط کاری مختلف

در محاسبه ظرفیت تولید بهینه شاولها، پارامترهایی همچون جنس سنگ و قابلیت بارگیری در سنگهای مختلف (Diggability or digging condition)، مدت انجام یک سیکل بارگیری(Shovel cycle time)، فاکتور پرشوندگی بیل(Bucket fill factor)، ضریب تورم سنگها (Swell factor) و ضریب بازدهی عملیاتی (Operating efficiency) لازم است. این پارامتر به فاکتورهای از قبیل جنس سنگ، شرایط زمین و خردشدگی سنگها (Fragmentation) بستگی دارند. درمعدن چادرملو، تالوس و دیوریت هوازده دارای قابلیت بارگیری متوسط (Medium digging)، کنگلومراها دارای قابلیت بارگیری متوسط تا سخت (Medium –Hard digging) و در سایر مواد دارای قابلیت بارگیری سخت (Hard digging) می‌باشند.

زمان انجام یک سیکل بارگیری به فاکتورهایی از قبیل قابلیت بارگیری در سنگهای مختلف، مهارت اپراتور، ارتفاع توده تحت بارگیری و زاویه چرخش شاول بستگی دارد. این زمان برای تیپ سنگهای مختلف از رابطه زیر قابل محاسبه است[۵]:

$$T_c = \frac{t_c \times D}{S \times P} \qquad (۵)$$

که در این رابطه T_c مدت یک سیکل بارگیری برحسب ثانیه، t_c زمان تئوری یک سیکل بارگیری برای زاویه چرخش ۹۰ درجه (Swing cycle times)، D فاکتور تصحیح ارتفاع توده (Depth factor)، S فاکتور تصحیح زاویه چرخش (Swing Factor) و P فاکتور تصحیح زمانی جهت مانور مورد نیاز در سیکل بارگیری (Propel time) می‌باشد. در واقع در رابطه فوق، زمان تئوری یک سیکل بارگیری به نوعی با اعمال فاکتورهای تصحیحی به شرایط واقعی نزدیک شده است. فاکتور تصحیح زاویه چرخش مساوی یک و فاکتور تصحیح زمانی جهت مانور مورد نیاز در سیکل بارگیری ۰/۸۵ فرض شده است. برای سنگهای مختلف در معدن

چادرملو پارامترهای فوق الذکر تعیین و در نهایت مطابق جدول ۴ زمان انجام یک سیکل بارگیری محاسبه شده است.

جدول ۴- برآورد مدت انجام یک سیکل بارگیری شاولهای موجود در سنگهای مختلف[۵]

نوع سنگ	هماتیت	مگنتیت	مواد معدنی کم عیار	دیوریت و گرانیت	کنگلومرا و سنگ آهک	تالوس و دیوریت هوازده	باطله حاشیه ای	انباشتگاه
قابلیت بارگیری	سخت	سخت	سخت	سخت	متوسط تا سخت	متوسط	متوسط	سخت
زمان تئوری یک سیکل بارگیری	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۳	۳۰	۳۰	۳۸
فاکتور تصحیح ارتفاع توده	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۰۵	۱/۲۵	۱/۱
یک سیکل بارگیری (ثانیه)	**۴۹/۲**	**۴۹/۲**	**۴۹/۲**	**۴۹/۲**	**۴۲/۷**	**۳۷/۱**	**۴۴/۱**	**۴۹/۲**

ظرفیت تولید شاول‌های موجود در تیپ‌های مختلف سنگی بر حسب متر مکعب بر جا بر ساعت فعال با استفاده از رابطه ذیل محاسبه و در جدول ۵ درج شده است.

$$Q = \frac{3600}{C_t} \times B_c \times F_f \times F_s \qquad (۶)$$

که در آن Q ظرفیت تولید بر حسب متر مکعب برجا، C_t زمان یک سیکل بارگیری (ثانیه)، B_c ظرفیت جام شاول بر حسب متر مکعب، F_f فاکتور پرشوندگی جام و F_s فاکتور تورم سنگها می‌باشد[۵].

جدول ۵- محاسبه ظرفیت تولید در ساعت فعال شاولهای معدن[۵]

نوع سنگ	هماتیت	مگنتیت	مواد معدنی کم عیار	دیوریت و گرانیت	کنگلومرا و سنگ آهک	تالوس و دیوریت هوازده	باطله حاشیه ای	انباشتگاه
زمان یک سیکل (ثانیه)	۴۹/۲	۴۹/۲	۴۹/۲	۴۹/۲	۴۲/۷	۳۷/۱	۴۴/۱	۴۹/۲
تعداد سیکل در ساعت	۷۳	۷۳	۷۳	۷۳	۸۴	۹۷	۸۲	۷۳
فاکتور پر شوندگی	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۸	۰/۷۵
فاکتور تورم	۱/۵۵	۱/۶۵	۱/۴۵	۱/۵۵	۱/۶	۱/۳	۱/۶	۱/۳۵
ظرفیت جام (متر مکعب)	۱۲/۱	۱۲/۱	۱۲/۱	۱۲/۱	۱۲/۱	۱۲/۱	۱۲/۱	۱۳/۵
تولید (متر مکعب در ساعت)	**۴۲۹**	**۴۰۳**	**۴۸۹**	**۴۵۷**	**۵۱۰**	**۸۱۴**	**۴۹۴**	**۵۴۹**

بر اساس اطلاعات زمان سنجی برای شیفت‌های مختلف، میانگین تعداد کامیونی که توسط هر شاول در هر ساعت بارگیری می‌شود محاسبه شده است که نتایج آنها در جدول ۶ درج شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، هر شاول توانسته است بطور متوسط ۲۰ کامیون باطله و ۱۳ کامیون ماده معدنی را در ساعت فعال خود، بارگیری نماید. اگر حداکثر ظرفیت وزنی کامیونها ۱۳۵ تن و حدکثر ظرفیت حجمی کامیونها ۶۵ مترمکعبی باشد، متوسط بار قابل حمل توسط کامیونها مطابق جدول ۷ خواهد بود. بر این اساس هر کامیون بطور تقریب قادر خواهد بود متوسط ۱۲۳ تن باطله و ۱۳۵ تن ماده معدنی حمل نماید. درصورت ضرب ارقام حاصله در ارقام بدست آمده از جدول۶، بطور تقریب و متوسط هر شاول خواهد توانست حداکثر ۲۴۸۰ تن باطله و ۱۷۹۰ تن ماده معدنی را در ساعت فعال خود بارگیری نماید.

جدول ۶- متوسط کارکرد شاولها بر حسب تعداد بارگیری کامیون در ساعت در شرایط مختلف[۵]

شیفت	شاول ۱		شاول ۲		شاول ۳		متوسط در باطله	متوسط در ماده معدنی
	باطله	ماده معدنی	باطله	ماده معدنی	باطله	ماده معدنی		
۱	۲۰/۶	۱۲	۱۸/۷	۱۲/۴	۲۰/۳	۱۴	۲۰/۲	۱۲/۸
۲	۲۰/۶	۱۲/۳	۱۹	۱۳/۷	۲۰/۴	۱۴/۷	۲۰/۳	۱۳/۵
۳	۱۸/۸	۱۲/۸	۲۰/۸	۱۲/۸	۲۱/۲	۱۶/۲	۲۰/۱	۱۴/۲
جمع	**۲۰/۲**	**۱۲/۳**	**۱۹/۲**	**۱۲/۹**	**۲۰/۴**	**۱۴/۷**	**۲۰/۲**	**۱۳/۳**

جدول ۷- برآورد متوسط بار قابل حمل توسط کامیونها[۴]

نوع سنگ	هماتیت	مگنتیت	مواد کم عیار	دیوریت و گرانیت	کنگلومرا و سنگ آهک	تالوس و دیوریت هوازده
وزن مخصوص برجا	۴/۲	۴/۴	۴/۲	۲/۸	۲/۸	۲/۷
وزن مخصوص نابرجا	۲/۷۱	۲/۶۷	۲/۷۱	۱/۸۱	۱/۷۵	۲/۰۸
ورن هر بیل (تن)	۲۴/۵۹	۲۴/۲	۲۶/۲۳	۱۷/۴۹	۱۶/۹۴	۲۲/۶۲
تعداد بیل پر	۵/۵	۵/۵	۵	۶	۶	۶
مجموع بار هر کامیون (تن)	۱۳۵	۱۳۳	۱۳۱	۱۰۵	۱۰۲	۱۳۶
حجم بار هر کامیون (متر مکعب)	۵۰	۵۰	۴۸	۵۸	۵۸	۶۵
درصد تقریبی سهم هر رده سنگ	۸۲	۱۸	۵	۱۸	۱۹	۵۸
متوسط بار هر کامیون(تن)	**۱۳۵**		**۱۲۳**			

۵-۲- برآورد تعداد دستگاه‌های بارگیری اصلی مورد نیاز

جهت برآورد تعداد دستگاههای بارگیری در سالهای مختلف اطلاعاتی همچون ظرفیت تولید ساعتی شاولها، ضریب بازدهی عملیاتی و احجام تیپ سنگ‌های موجود در برنامه ریزی تولید سالیانه معدن ضروری است. در جدول ۸ حجم سنگهای مختلف موجود در برنامه ریزی تولید سالیانه معدن درج شده است. از تقسیم حجم سنگ لازم بر بهره وری ساعتی شاولها (جدول ۵) زمان لازم برای بارگیری محاسبه و در جدول ۹ درج شده است.

جدول ۸- حجم سنگهای مختلف موجود در برنامه ریزی تولید سالیانه معدن (میلیون متر مکعب)

سال	هماتیت	مگنتیت	مواد معدنی کم عیار	گرانیت و دیوریت	کنگلومرا و سنگ آهک	تالوس و سنگ هوازده	باطله حاشیه ای	ماده معدنی از انباشتگاه به سنگ شکن
۱	۱/۳۸۳	۰/۲۹۳	۰/۰۶۵	۰/۳۷۷	۰/۴۰۰	۱/۲۶۹	۰/۲۳۳	۰/۳۷۴
۲	۱/۲۲۴	۰/۴۸۳	۰/۱۳۹	۰/۷۵۳	۰/۲۸۰	۰/۸۳۳	۰/۵۰۴	۰/۳۶۰
۳	۱/۰۸۴	۰/۵۳۰	۰/۱۴۹	۰/۲۲۴	۰/۲۳۴	۱/۳۴۸	۰/۲۱۹	۰/۴۴۴
۴	۰/۸۲۴	۰/۹۰۳	۰/۲۶۰	۰/۴۳۳	۰/۷۸۸	۱/۱۰۷		۰/۵۵۷
۵	۱/۱۴۷	۰/۷۸۵	۰/۲۵۸	۰/۳۱۵	۰/۸۵۸	۲/۰۶۸		۰/۴۴۳
۶	۱/۴۰۳	۰/۵۰۳	۱/۱۱۴	۰/۴۵۱	۰/۴۰۷	۱/۸۵۰		۰/۶۳۳
۷	۱/۳۵۰	۰/۸۴۰	۰/۲۱۰	۰/۴۱۷	۱/۰۲۰	۱/۳۹۵		۰/۵۷۷
۸	۱/۱۵۴	۱/۰۸۴	۰/۱۶۲	۰/۳۰۴	۰/۴۲۴	۱/۲۸۹		۰/۵۲۱
۹	۱/۰۲۵	۱/۱۱۲	۰/۲۱۲	۰/۳۳۹	۰/۷۴۲	۰/۸۴۵		۰/۶۰۵
۱۰	۰/۵۰۲	۱/۶۲۱	۰/۱۱۲	۰/۳۸۶	۰/۵۷۰	۰/۷۹۷		۰/۶۱۹
۱۱	۰/۲۸۲	۱/۷۵۴	۰/۱۵۵	۰/۲۹۵	۰/۵۲۲	۰/۳۳۷		۰/۷۳۱
۱۲	۰	۲/۱۶۷	۰/۰۹۷	۰/۲۶۲	۰/۵۰۵	۰/۵۲۶		۰/۶۱۹
۱۳	۰	۱/۶۴۲	۰/۰۳۹	۰/۲۰۱	۰/۵۳۷	۰/۳۴۰		۱/۲۴۹
۱۴	۰/۱۲۰	۱/۴۸۷	۰/۱۳۸	۰/۰۷۶	۰/۱۹۹	۰/۴۴۵		۰
۱۵	۰	۱/۴۵۱	۰/۱۳۸	۰	۰/۱۲۶	۰/۲۵۷		۰
۱۶	۰	۱/۳۸۴	۰/۱۶۰	۰/۱۵۵	۰/۲۹۰	۰/۱۰۵		۰
۱۷	۰	۱/۳۳۶	۰/۲۶۱	۰/۰۵۷	۰/۱۷۹	۰/۰۸۹		۰
جمع	۱۱/۳۴۶	۱۹/۵۰۶	۲/۸۰۶	۵/۰۱۵	۸/۳۹۲	۱۴/۳۹۸		۷/۷۳۴

جدول ۹- زمان لازم برای بارگیری سنگهای مختلف در برنامه ریزی تولید سالیانه معدن (ساعت)

سال	هماتیت	مگنتیت	مواد معدنی کم عیار	گرانیت و دیوریت	کنگلومرا و سنگ آهک	تالوس و سنگ هوازده	باطله حاشیه ای	جمع بارگیری مواد از معدن	بارگیری از انباشتگاه
۱	۳۲۲۷/۸۷	۷۲۶/۶۷	۱۴۲/۴۶	۸۲۵/۱۸	۷۸۳/۹۳	۱۵۵۹/۱۵	۴۷۲/۶۴	۷۷۳۷/۸۹	۶۸۱/۱۹
۲	۲۸۵۵/۴۲	۱۱۹۹/۹۵	۳۰۳/۴۲	۱۶۴۶/۶۸	۵۴۹/۶۶	۱۰۲۳/۸۵	۱۰۲۰/۳۰	۸۵۹۹/۲۸	۶۵۵/۶۹
۳	۲۵۲۹/۸۸	۱۳۱۷/۳۷	۳۲۶/۷۴	۴۹۰/۱۱	۴۵۹/۶۳	۱۶۵۶/۱۸	۴۲۲/۶۳	۷۲۲۲/۵۴	۸۰۸/۶۸
۴	۱۹۲۳/۴۴	۲۲۴۱/۷۹	۵۶۹/۳۵	۹۴۷/۲۷	۱۵۴۴/۵۴	۱۳۶۰/۱۹	۰	۸۵۸۶/۵۸	۱۰۱۳/۸۹
۵	۲۶۷۶/۵۵	۱۹۵۰/۶۹	۵۶۴/۰۸	۶۸۸/۳۶	۱۶۸۱/۵۳	۲۵۴۱/۷۰	۰	۱۰۱۰۲/۹۰	۸۰۷/۴۷
۶	۳۲۷۳/۲۶	۱۲۴۹/۵۳	۲۴۹/۶۲	۹۸۵/۸۱	۷۹۷/۱۸	۲۲۷۳/۵۷	۰	۸۸۲۸/۹۷	۱۱۵۲/۳۱
۷	۳۱۴۹/۶۷	۲۰۸۶/۳۴	۴۶۰/۳۹	۹۱۲/۳۷	۲۰۰۰/۶۵	۱۷۱۴/۰۹	۰	۱۰۳۲۳/۵۱	۱۰۵۱/۵۳
۸	۲۶۹۳/۰۸	۲۶۹۲/۵۴	۳۵۵/۱۴	۶۶۴/۳۵	۸۳۱/۵۷	۱۵۸۳/۹۴	۰	۸۸۲۰/۶۲	۹۴۹/۵۳
۹	۲۳۹۰/۹۹	۲۷۶۲/۴۲	۴۶۳/۷۰	۷۴۰/۹۸	۱۴۵۵/۷۳	۱۰۳۸/۷۶	۰	۸۸۵۲/۵۸	۱۱۰۲/۵۲
۱۰	۱۱۷۰/۴۶	۴۰۲۶/۳۴	۲۴۴/۳۹	۸۴۴/۰۷	۱۱۱۸/۴۲	۹۷۹/۹۶	۰	۸۳۸۳/۶۵	۱۱۲۸/۰۲
۱۱	۶۵۸/۰۵	۴۳۵۷/۳۶	۳۳۹/۳۰	۶۴۵/۴۹	۱۰۲۳/۷۵	۴۱۴/۳۰	۰	۷۴۳۸/۲۵	۱۳۳۲/۰۱
۱۲	۰	۵۳۸۱/۶۴	۲۱۱/۷۰	۵۷۲/۰۸	۹۹۰/۸۹	۶۴۶/۸۴	۰	۷۸۰۳/۱۴	۱۱۲۸/۰۲
۱۳	۰	۴۰۷۷/۷۲	۸۶/۱۱	۴۳۹/۱۹	۱۰۵۳/۷۳	۴۱۷/۶۹	۰	۶۰۷۴/۴۳	۲۲۷۵/۴۷
۱۴	۲۳۸/۹۷	۳۶۹۲/۶۵	۳۰۱/۶۵	۱۶۵/۵۴	۳۹۰/۷۸	۵۴۶/۵۴	۰	۸۸۶۳/۲۷	۰
۱۵	۰	۳۶۰۳/۵۶	۳۰۱/۷۹	۰	۲۴۶/۸۷	۳۱۵/۴۰	۰	۸۷۹۱/۲۵	۰
۱۶	۰	۳۴۳۷/۶۱	۳۴۹/۱۳	۳۳۹/۳۰	۵۶۸/۶۴	۱۲۸/۹۲	۰	۹۷۷۱/۴۴	۰
۱۷	۰	۳۳۱۹/۰۷	۵۷۱/۷۳	۱۲۵/۴۵	۳۵۱/۶۷	۱۰۸/۹۷	۰	۱۰۱۰۳/۸۴	۰
جمع	۲۶۴۷۰/۷۸	۴۸۴۴۵/۲۳	۶۱۳۸/۳۵	۱۰۹۶۹/۰۳	۱۶۴۵۴/۴۸	۱۷۶۹۳/۳۱	۰	۱۲۶۱۷۱/۱۹	۱۴۰۸۶/۳۳

از تقسیم ساعتهای فعال مورد نیاز در سال به ساعتهای فعال قابل کار هر شاول در سال، تعداد شاول مورد نیاز در سالهای مختلف قابل محاسبه خواهد بود(جدول ۱۰). این محاسبات برای انبارهای سنگ اکسیده، بر اساس مشخصات شاول هیدرولیکی جدید خریداری شده، انجام شده است. در اینجا لازم به توضیح است که گرچه شاول هیدرولیکی خریداری شده، لیکن توصیه میشود به دلیل قابلیت بارگیری انتخابی بهتر شاولهای هیدرولیکی نسبت به شاولهای کابلی، در مناطق خاصی از معدن نیز مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱۰- تعداد شاول مورد نیاز در سالهای مختلف

سال	تعداد شاول مورد نیاز				کارکرد شاولها (ساعت)		زمان ذخیره (ساعت)	
	معدن	انباشتگاه	جمع (تئوری)	جمع (عملی)	شاولهای کابلی	شاول هیدرولیکی	شاولهای کابلی	شاول هیدرولیکی
۱	۱/۴۷	۰/۱۳	۱/۶۰	۲	۵۶۰۴۴/۸۹	۶۸۱/۱۹	۲۲/۴۳	۱۲/۷۵
۲	۱/۶۳	۰/۱۲	۱/۷۶	۲	۶۴۶۴۴/۱۷	۱۳۳۶/۸۷	۲۰/۰۳	۱۲/۸۲
۳	۱/۳۷	۰/۱۵	۱/۵۲	۲	۷۱۸۶۶/۷۱	۲۱۴۵/۵۵	۲۳/۸۶	۱۲/۳۹
۴	۱/۶۳	۰/۱۹	۱/۸۲	۲	۸۰۴۵۳/۳۰	۳۱۵۹/۴۴	۲۰/۰۷	۱۱/۸۲
۵	۱/۹۲	۰/۱۵	۲/۰۷	۳	۹۰۵۵۶/۲۰	۳۹۶۶/۹۰	۱۵/۸۶	۱۲/۴۰
۶	۱/۶۸	۰/۲۲	۱/۸۹	۲	۹۹۳۸۵/۱۷	۵۱۱۹/۲۱	۱۹/۴۰	۱۱/۴۴
۷	۱/۹۶	۰/۲۰	۲/۱۶	۳	۱۰۹۷۰۸/۶۸	۶۱۷۰/۷۴	۱۵/۲۴	۱۱/۷۲
۸	۱/۶۷	۰/۱۸	۱/۸۵	۲	۱۱۸۵۲۹/۳۰	۷۱۲۰/۲۷	۱۹/۴۲	۱۲
۹	۱/۶۸	۰/۲۱	۱/۸۹	۲	۱۲۷۳۸۱/۸۸	۸۲۲۲/۷۹	۱۹/۳۳	۱۱/۵۸
۱۰	۱/۵۹	۰/۲۱	۱/۸۰	۲	۱۳۵۷۶۵/۵۳	۹۳۵۰/۸۱	۲۰/۶۳	۱۱/۵۱
۱۱	۱/۴۱	۰/۲۵	۱/۶۶	۲	۱۴۳۲۰۳/۷۸	۱۰۶۸۲/۸۳	۲۳/۲۶	۱۰/۹۴
۱۲	۱/۴۸	۰/۲۱	۱/۶۹	۲	۱۵۱۰۰۶/۹۲	۱۱۸۱۰/۸۵	۲۲/۲۴	۱۱/۵۱
۱۳	۱/۱۵	۰/۴۳	۱/۵۸	۲	۱۵۷۰۸۱/۳۵	۱۴۰۸۶/۳۳	۲۷/۰۵	۸/۳۲
۱۴	۱/۶۸	۰	۱/۶۸	۲	۱۶۵۹۴۴/۶۲		۱۹/۳۰	۰
۱۵	۱/۶۷	۰	۱/۶۷	۲	۱۷۴۷۳۵/۸۷		۱۹/۵۰	۰
۱۶	۱/۸۵	۰	۱/۸۵	۲	۱۸۴۵۰۷/۳۱		۱۶/۷۸	۰
۱۷	۱/۹۲	۰	۱/۹۲	۲	۱۹۴۶۱۱/۱۵		۱۵/۸۵	۰

جهت برآورد تعداد نهایی شاولهای مورد نیاز، تعداد شاولها بدست آمده در بخشهای مختلف، جمع و در نهایت به سمت بالا گرد شده است. همانطور که دیده میشود تعداد شاولهای مورد نیاز بجز سال ۵ و ۷ که ۳ عدد بوده در تمامی سالها ۲ دستگاه میباشد. در حال حاضر سه دستگاه شاول کابلی در معدن و یک شاول هیدرولیکی در انباشتگاه فعال هستند لذا به نظر می‌رسد در حال حاضر مشکلی از نظر ماشین آلات بارگیری وجود نداشته باشد.

۵-۳- محاسبه سرمایه گذاری مجدد (Reinvestment) مورد نیاز

بر اساس تعداد دستگاههای مورد نیاز و عمر اقتصادی دستگاهها، نحوه خرید مجدد مشخص شده است. عمر مفید شاولها مشابه آنچه در معدن وجود دارد (شاولهای کابلی)، معمولا بسته به سیستم نگهداری وشرایط کار بین ۷۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ ساعت کار مفید در نظر گرفته می‌شود. بنابه شرایط موجود معدن، عمر اقتصادی دستگاههای شاول کابلی ۸۵۰۰۰ ساعت در نظر گرفته شده است. (در مجموع ۲۵۵۰۰۰ ساعت برای ۳ دستگاه موجود) همچنین این رقم برای شاول هیدرولیکی بین ۳۰۰۰۰ الی ۶۰۰۰۰ ساعت بوده که در اینجا نیز متوسط آن ۴۵۰۰۰ ساعت در نظر گرفته شده است. در حال حاضر بر اساس ساعتهای ثبت شده بر روی دستگاه‌های معدن، میانگین ساعتهای کارکرد شاولهای موجود ۱۶۱۰۰ ساعت برآورد شده است. همانطور که

در جدول۱۰ دیده میشود، کارکرد نهائی دستگاهها از عمر اقتصادی آنها کمتر بوده بنابراین دستگاهی جهت خرید مجدد مورد نیاز نمی‌باشد.

۵-۴- محاسبه ساعتهای ذخیره (Standby)

در محاسبات انجام شده، دستگاهی بعنوان ذخیره اضافه نشده است بلکه اختلاف تعداد دستگاههای موجود از عدد صحیح حاصله، خود به نوعی به عنوان رقم ذخیره محسوب میشو. در صورت ضرب این رقم در ساعتهای مفید قابل کار در سال و یا در روز، زمان ذخیره بدست می‌آید. در جدول ۱۰ ساعتهای ذخیره برحسب ساعت در روز برای شاولهای کابلی و هیدرولیکی محاسبه شده است.

۶- نتیجه گیری

معدن سنگ آهن چادرملو در ۱۲۰ کیلومتری شمال‌شرق شهر یزد و ۶۵ کیلومتری معدن سنگ آهن چغارت واقع شده است. این معدن از دو آنومالی شمالی (که خود شامل سه آنومالی می‌باشد) و جنوبی تشکیل شده است. پس از تجهیز معدن، استخراج از آنومالی شمالی معدن در شهریور ۱۳۷۴ بطور رسمی شروع شده است. در حال حاضر از این معدن سالانه حدود ۷/۲ میلیون تن کانسنگ و ۷ میلیون تن سنگ باطله استخراج می‌شود.

در این مطالعه در ابتدا به منظور ایجاد یک بانک اطلاعاتی، داده‌های عملیاتی - تاریخی ماشین آلات بارگیری برای یک دوره یک ساله جمع آوری شده است. پس از پردازش این اطلاعات، شرایط فعلی ماشین آلات بارگیری از نظر ظرفیت کاری مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات نشان داده است که در شرایط مساوی با زمان تحت مطالعه و یا وضعیت موجود، در صورت برنامه ریزی و اعمال مدیریت و سازماندهی دقیق تر امکان افزایش ظرفیت شاولها تا ۲۸ میلیون تن در سال وجود دارد و به عبارت دیگر می‌توان بهره وری شاولها را تا حدود ۹۳ درصد افزایش داد. در این خصوص تامین به هنگام قطعات یدکی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تناسب هندسی ماشین آلات بارگیری با ارتفاع پله‌های معدن مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی‌ها نشان داده است که ماشین آلات بارگیری مشکل عمده ای از نظر تناسب شاولها با پله‌های کنونی معدن ندارند.

با توجه به اطلاعات معدن، حداقل عرض پله عملیاتی لازم برای کار شاول و کامیونهای معدنی، ۳۸ متر محاسبه شده است. با توجه به عرض برش و عرض پله عملیاتی، عرض پله ایمنی ۱۶ تا ۱۷ متر خواهد بود که تقریبا معادل ارتفاع پله می‌باشد. محاسبات نشان می‌دهد که شیبهای ۶۶/۲ درجه تا ۹۰ درجه توسط شاول قابل پیمایش خواهد بود. لذا مشکلی در بارگیری از دامنه پله وجود نخواهد داشت. حداکثر ارتفاع تخلیه توسط شاول به مراتب بیش از ارتفاع لبه صندوقه کامیون نسبت به زمین است. لذا شاول‌ها با کامیونهای معدنی سازگاری دارند.

با توجه به برنامه تولید هفده سال باقیمانده از عمر معدن و بررسی عملکرد آنها در دوره مطالعه، تعداد ماشین آلات بارگیری لازم در سالهای آتی قابل پیش بینی است. بدین منظوردر ابتدا ظرفیت تولید شاول‌های موجود در سنگهای مختلف محاسبه شده است. سپس بر اساس اطلاعات زمان سنجی، بهره وری ساعتی شاولها در سنگهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته که بررسی‌ها نشان می‌دهد هر شاول خواهد توانست حداکثر ۲۴۸۰ تن باطله و ۱۷۹۰ تن ماده معدنی را در ساعت فعال خود بارگیری نماید. سپس از تقسیم حجم سنگها (طبق برنامه ریزی تولید معدن) بر بهره وری ساعتی شاولها، زمان لازم برای بارگیری محاسبه شده است. در نهایت از تقسیم ساعتهای فعال مورد نیاز در سال به ساعتهای فعال قابل کار هر شاول در سال، تعداد شاول مورد نیاز در سالهای مختلف محاسبه شده است. مطالعات نشان می‌دهد که کارکرد نهائی ماشین آلات بارگیری موجود از عمر اقتصادی آنها کمتر بوده بنابراین دستگاهی جهت خرید مجدد مورد نیاز نمی‌باشد.

مراجع

[1] Ercelebi S. G. , Kirmanli C. , (2000), "*Review of surface mining equipment selection techniques*", Mine planning and equipment selection, Panagioto and Michalakopoulos (edu), Balkema, Rotterdam, PP.547-553.

[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 ۱۷ 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"*.

[6] Hustrulid, w. & Kuchta (1995), "*Open -pit mine planning and design*", vol. 1 ,Balkema, Rotterdam, Brookfiled.