جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

مدیریت بهره برداری ماشین آلات عمرانی

نشریه شماره ۴۴۹

معاونت نظارت راهبردی

دفتر نظام فنی اجرایی

www.nezamfani.ir

۱۳۸۸

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- *شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.*

۲- *ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.*

۳- *در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.*

۴- *نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.*

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علی‌شاه، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

Email: info@nezamfani.ir **web:** www.nezamfani.ir

omoorepeyman.ir

پیشگفتار

ماشین‌آلات عمرانی نقش بسیار مهمی در اجرای پروژه‌های عمرانی دارند و امروزه تقریباً هیچ پروژه عمرانی را نمی‌توان یافت که بدون استفاده از ماشین‌آلات قابل اجرا باشد. دلیل استفاده از ماشین آلات در پروژه های عمرانی، در اجرای صحیح کار با سرعت زیاد پیشرفت و با هزینه پایین نهفته است. علاوه بر این امروزه به کمک ماشین آلات می‌توان پروژه‌های بزرگ را در مدت زمان کمی می‌توان اجرا کرد که پیش از این امکان پذیر نبود. همچنین برخی مشکلات اجرایی و مخاطرات مربوط، منجر به تولید ماشین‌های ویژه و سفارشی برای انجام برخی از عملیات‌های خاص شده است. بنابراین روند موجود در پروژه ها به سمت استفاده هر چه بیشتر از ماشین آلات در عملیات‌های اجرایی پیش می‌رود.

در این میان انتخاب ماشین‌آلات بخش مهمی از مراحل اولیه یک پروژه و از وظایف مدیران پروژه است. انتخاب نادرست ماشین‌آلات، پیامدهای ناخوشایندی مانند افزایش زمان و هزینه پروژه و کیفیت نامطلوب اجرای پروژه را در پی خواهد داشت. اما انتخاب صحیح ماشین‌آلات به پیشرفت و کیفیت پروژه و حداقل نمودن هزینه‌ها کمک شایانی خواهد نمود. روند انتخاب ماشین‌آلات برای هر نوع پروژه عمرانی به مواردی نظیر بازدهی (راندمان)، خصوصیات فنی زمین، هزینه‌های به کارگیری ماشین و سایر موارد ارتباط دارد. هدف از این کتاب، ارایه شاخص‌های کیفی و کمی به منظور تعیین مناسب ماشین‌آلات برای انجام یک کار عمرانی می‌باشد.

در فصل اول (مدیریت و سرپرستی و برنامه ریزی ماشین‌آلات ساختمانی)، انتخاب ماشین‌آلات ساختمانی از منظر اقتصادی و فنی مطرح می‌شود. این فصل در بردارنده مطالب کلی مدیریت و سرپرستی ماشین‌آلات و برنامه ریزی و مدیریت کار می‌باشد. فصل دوم (هزینه‌های تهیه، به کارگیری و نگهداری ماشین‌آلات) مربوط به اقتصاد ماشین‌آلات نظیر سرمایه و عوامل مؤثر از نظر اقتصادی در انتخاب ماشین‌آلات، بررسی مخارج تملک ماشین‌آلات، محاسبه استهلاک و هزینه‌های مصرف سوخت، روغن، لاستیک، قطعات یدکی و غیره بوده و در نهایت به محاسبه مخارج ساعتی ماشین‌آلات می‌پردازد. فصل سوم (مشخصات فنی، روشهای اجرا و انتخاب صحیح ناوگان ماشین آلات) مربوط به محاسبات انتخاب ماشین‌آلات به صورت تک و سپس ناوگانی بوده و با داشتن احجام عملیات و مدت زمان اجرای عملیات به طراحی و انتخاب ناوگان ماشین آلات می‌پردازد. در این مباحث علاوه بر مطرح نمودن راندمان اسمی و واقعی کارکرد ماشین‌آلات به صورت تک، به نحوه عملکرد آنها به صورت گروهی پرداخته می‌شود. همچنین در ادامه مبحث به موضوعات نوین در انجام محاسبات طراحی ناوگان پرداخته می‌شود و در انتها به عنوان نمونه برای یک پروژه واقعی ناوگان بهینه و مطلوب ماشین‌آلات محاسبه می‌گردد.

معاون نظارت راهبردی

۱۳۸۸

omoorepeyman.ir

مدیریت بهره‌برداری ماشین‌آلات عمرانی

نشریه شماره ۴۴۹

تهیه کننده:

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس با همکاری آقایان مهندس احسان فرصت‌کار، مهندس مجید پرچمی جلال و مهندس یوسف فروزانفر تهیه و تدوین شده است.

مدیر طرح

همچنین شرکت مهندسان مشاور آوند طرح بعنوان مدیر طرح، با استفاده از نظرات متخصصین ذیربط نشریه حاضر را مورد بررسی و اصلاح قرار داده است.

کمیته راهبری و تصویب نهایی

مسئولیت کنترل و تصویب نهایی این مجموعه با آقایان دکتر سید جواد قانع‌فر معاون دفتر و مهندس مصطفی اشجع‌مهدوی رییس گروه دفتر امورفنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله بوده است.

کمیته پشتیبانی تهیه کننده:

این نشریه با پشتیبانی و همکاری آقایان محمدرضا حدادی، سیدمرتضی حسینی، محمدعلی رحیمی، علی محمد علیرضالو، علی اکبر برزگر، محمدتقی رجبی، حسام دهقان، حمید برهانی، علی ضیایی، پویا عباسپور نادری، یعقوب فرنام، محمدامین عصاره، محمد نیکپور، فرید مرادی، هادی فضلی، مهدی محمدی و خانم‌ها سمانه قاسمی، میترا بختیاری و آرزو ابراهیمی تهیه گردیده است.

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ : مدیریت و سرپرستی ماشین آلات

۱-۱- عوامل موثر در انتخاب ماشین‌آلات ۱

۱-۱-۱- بازدهی ماشین‌آلات ۱

۱-۱-۲- مشخصات فنی پروژه ۶

۱-۱-۳- نوع کار ۶

۱-۱-۴- حجم کار ۶

۱-۱-۵- تکنولوژی به کار رفته برای انجام کار ۶

۱-۱-۶- مدت زمان پروژه ۶

۱-۱-۷- بودجه پروژه ۷

۱-۱-۸- هزینه‌ها ۷

۱-۲- برنامه ریزی و مدیریت کار ۷

۱-۲-۱- برنامه ریزی ۷

۱-۲-۲- زمانبندی ۷

فصل ۲ : هزینه‌های تهیه، به کارگیری و نگهداری ماشین‌آلات

۲-۱- مقدمه ۱۱

۲-۲- تامین ماشین آلات از طریق خریداری و محاسبه مخارج ساعتی تملک و بهره‌برداری ۱۱

۲-۲-۱- هزینه های مالکیت و بهره برداری ماشین آلات ۱۳

۲-۳- ساعات کارکرد ماشین آلات ۲۴

۲-۴- هزینه های بهره برداری ماشین آلات ۲۷

۲-۵- عمر اقتصادی ماشین آلات ۳۰

۲-۶- انواع روشهای محاسبه مخارج ساعتی مالکیت و بهره‌برداری از ماشین آلات ۳۵

۲-۷- دستورالعمل سازمان برنامه و بودجه ۴۴

۲-۸- بررسی مخارج تملک ماشین آلات و مقایسه با روشهای دیگر ۵۲

۲-۹- معیارهای موثر در تامین ماشین آلات ۵۶

فصل ۳ : مشخصات فنی، روشهای اجرا و انتخاب صحیح ناوگان ماشین آلات

۳-۱- روش های اجرایی ۵۹

۳-۲- محاسبه اتلاف زمان در انجام عملیات ۶۰

۳-۲-۱- طولانی شدن مدت عملیات اجرایی به دلیل تاخیرهای طولانی ۶۰

omoorepeyman.ir

۳-۲-۲- طولانی شدن مدت عملیات اجرایی به دلیل تاخیرهای کوتاه مدت ۶۰
۳-۳- تعیین حجم عملیات و برنامه ریزی انجام عملیات ۶۱
۳-۳-۱- تعریف عملیات خاکی ۶۱
۳-۳-۲- اندازه گیری حجم عملیات ۶۳
۳-۳-۳- برآورد عملیات خاکی ۶۴
۳-۳-۴- مشخصات انواع خاک ۷۰
۳-۴- راندمان اسمی و واقعی ماشین آلات ۷۲
۳-۴-۱- محاسبه حجم عملیات خاکی بیل مکانیکی ۷۳
۳-۴-۲- محاسبه حجم عملیات خاکی گریدر : ۷۶
۳-۴-۳- محاسبه حجم عملیات خاکی لودر ۷۸
۳-۴-۴- محاسبه حجم عملیات خاکی غلتک ۸۳
۳-۴-۵- محاسبه حجم عملیات خاک بولدوزر ۸۴
۳-۴-۶- محاسبه ظرفیت تولید و حجم عملیاتی کامیون ۸۹
۳-۴-۷- محاسبه حجم عملیات خاکی اسکریپر ۹۶
۳-۵- ارتباط ماشین آلات همکار ماشین های خاکی ۱۰۴
۳-۶- ارتباط حجم عملیات با تعداد ماشین‌آلات ۱۰۹
۳-۶-۱– استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی ۱۱۱
۳-۶-۲- استفاده از سیستم های خبره (expert system) ۱۱۴
۳-۷- ارتباط ما بین زمان اجرای پروژه و ظرفیت ماشین‌آلات ۱۱۵
۳-۷-۱- طراحی گروه کار و تحلیل آن از طریق شاخص هزینه (Cost Index) ۱۱۷
۳-۷-۲- استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری ۱۱۸
۳-۸- انتخاب صحیح دستگاه ها، ظرفیت و تعداد ۱۲۰
پیوست ۱ ..... ۱۲۸
پیوست ۲ ..... ۱۲۹

omoorepeyman.ir

فصل اول - مدیریت و سرپرستی ماشین آلات

با توجه به حجم عظیم پروژه‌ها سه مقوله مدیریت، ماشین‌آلات و فن‌آوری اجرا، بیش از پیش پیشرفت کرده‌اند و هنوز نیز احتیاج به پیشرفت دارند. در این میان با ازدیاد حجم پروژه‌ها، مقوله مدیریت دارای شاخه‌های گسترده‌ای شده است، زیرا هر کدام از بخش‌های مختلف پروژه احتیاج به تخصص ویژه و خاص خود دارد. مدیریت ماشین‌آلات عمرانی نیز از شاخه‌های علم مدیریت است که در پروژه‌های عمرانی جایگاه ویژه خود را پیدا کرده است. یکی از قابلیت‌های علم مدیریت ماشین‌آلات این است که با توجه به نیازها، شرایط، خواسته‌ها، محدودیت‌ها، هزینه‌ها و سایر عوامل حاکم بر پروژه می‌تواند ما را به سمت انتخاب ماشین‌آلات مناسب برای انجام کارهای مختلف راهنمایی کند. انتخاب صحیح ماشین‌آلات علاوه بر اجرای صحیح پروژه، به ما کمک می‌کند تا مدیریت ساده‌ای نیز بر ماشین‌آلات پروژه و همچنین کل پروژه داشته باشیم و از سوی دیگر انتخاب نادرست ماشین‌آلات بر مشکلات ما خواهد افزود. برای انتخاب ماشین‌آلات مناسب، باید شناخت دقیق از عوامل موثر بر انتخاب ماشین‌آلات داشت و با توجه به آن عوامل و اطلاع صحیح از ماشین‌آلات موجود، ماشین‌آلات مورد نظر را انتخاب کرد.

۱-۱- عوامل موثر در انتخاب ماشین‌آلات

۱-۱-۱- بازدهی ماشین‌آلات

بازدهی ماشین‌آلات را می‌توان با روش علمی و یا با روش رایج آن تعریف نمود:

تعریف علمی بازدهی عبارت است با نسبت مقدار کار انجام شده توسط ماشین به مقدار کار قابل انجام توسط آن. با توجه به این تعریف، بازدهی همیشه عددی بین ۰ تا ۱ و در صورتی که با درصد نشان داده شود بین ۰٪ تا ۱۰۰٪ می‌باشد.

تعریف رایج: بازدهی برابر است با مقدار کار انجام شده توسط ماشین در واحد زمان. این تعریف، همان تعریف علمی توان است که نشان‌دهنده قدرت و توانایی ماشین در انجام مقدار کار مشخص در واحد زمان می‌باشد. این تعریف استفاده و رواج بیشتری در کارهای عمرانی دارد. زمانی که یکی از دست‌اندرکاران کارگاه‌های عمرانی این جمله را بیان می‌کند: "بازدهی ماشین الف بیشتر از ماشین ب است" منظور این است که ماشین الف توان و کارآیی بیشتری از ماشین ب برای انجام کاری مشخص و تعریف شده در زمان مشخص دارد.

بازدهی ماشین‌آلات به عوامل مختلفی مانند نوع و ساخت ماشین، شرایط فیزیکی، اپراتورها و نحوه مدیریت کلی و هماهنگی بین عوامل کار، بستگی دارد. به این ترتیب، دو تعریف جدید دیگر نیز مطرح می‌شود:

- **بازدهی حداکثر:** هرگاه بین کلیه عوامل کار، هماهنگی و همکاری کافی و کامل کاری وجود داشته باشد و شرایط فیزیکی نیز آماده باشد، بازدهی ماشین‌آلات به حداکثر مقدار ممکن خود می‌رسد که اصطلاحاً آن را بازدهی حداکثر می‌گویند.
- **بازدهی عادی:** در شرایط عادی به علت تأثیر عواملی از قبیل نقص در ایجاد هماهنگی و توقف‌های کوتاه و نظایر آن، بازدهی پایین‌تری حاصل می‌گردد که آن را بازدهی عادی می‌گویند.

omoorepeyman.ir

با بررسی این دو تعریف می‌توان نتیجه گرفت که در واقع بازدهی علمی یک ماشین برابر است با نسبت بازدهی عادی به بازدهی حداکثر. همان طور که گفته شد، عوامل مختلفی در بازدهی ماشین‌آلات تأثیر دارند که یا به صورت آشکار و یا پنهان اثر خود را نشان می‌دهند. این عوامل عبارتند از:

- تأثیر ارتفاع کارگاه

ارتفاع از عوامل مهم موثر بر بازدهی ماشین آلات است که این عامل به طور مستقیم بر روی نیروی محرکه هر ماشین تاثیر می‌گذارد. برای بررسی این عامل ابتدا انواع روش‌های تامین نیروی محرکه مورد بررسی قرار می‌گیرد:

نیروی محرکه یا جلو برنده ابزار و ماشین‌آلات به سه روش تامین می‌گردد:

الف- نیروی انسانی: بعضی از ماشین‌آلات و ابزار توسط نیروی انسانی کار می‌کنند مانند: بیل، کلنگ، چکش، برخی جراثقالهای کوچک نظیر تی فور.

ب- موتورهای الکتریکی: بعضی از ماشین‌آلات توسط نیروی الکتریسیته کار می‌کنند، مانند دریل‌های برقی. بعضی از ماشین‌آلات بزرگ نیز با الکتروموتور کار می‌کنند، مانند دستگاه حفاری تونل.

ج – موتورهای احتراقی: بخش عمده‌ای از ماشین‌آلات مورد استفاده در کارهای عمرانی از موتورهای احتراقی استفاده می‌کنند که با بنزین و یا گازوییل کار می‌کنند. این موتورها برای انجام کار احتیاج به هوا دارند. عمل تامین هوای این موتورها را اصطلاحاً تنفس می‌گویند. موتورهای احتراقی از نظر تنفس به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱.موتورهای با تنفس آزاد:در این موتورها، در زمان مکش و به علت خلا نسبی که در موتور به وجود می‌آید، هوای بیرون که فشارش بیشتر از هوای درون است، از طریق صافی هوا به درون موتور مکیده می‌شود.

۲.موتورهای با تنفس اجباری:این موتورها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- **توربو شارژ**: در این نوع موتورها، برای این که بتوانند هوای بیشتری به موتور برسانند تا تراکم هوا بیشتر شود، از دستگاه به نام توربو شارژ استفاده می‌کنند که در نتیجه مقداری هوای اضافی وارد موتور می‌شود و از طرفی، تزریق سوخت از طریق انژکتور نیز افزایش می‌یابد و قدرت موتور به مقدار ۱۸٪ تا ۲۵٪ افزایش می‌یابد. توربو شارژ از دو پره که در طرفین یک شفت نصب شده‌اند تشکیل شده است و یکی از پره‌ها کار توربین و دیگری کار پمپ را انجام می‌دهد. پره‌های توربین از دود خروجی موتور به حرکت درمی‌آید و باعث چرخاندن شفت می‌شود و با چرخیدن شفت، پمپ به حرکت درمی‌آید و هوای صاف شده را از صافی هوا می‌گیرد و با سرعت به موتور می‌رساند. سرعت دوران محور توربو شارژ به ۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ دور در دقیقه می‌رسد. این دستگاه، دستگاه بسیار ظریفی است و در تامین و نگهداری آن باید دقت کافی داشت.

- **سوپر شارژ**: این دستگاه مانند توربو شارژ عمل می‌کند، ولی تفاوت آن در این است که چرخش پره‌های شارژ توسط تسمه و یا چرخ دنده است.

با توجه به مطالب گفته شده، می‌توان تأثیر ارتفاع کارگاه در بازدهی ماشین‌آلات را با دقت بیشتری بیان کرد. هرچه ارتفاع کارگاه بیشتر باشد، فشار هوا کاهش پیدا می‌کند. این مسئله تأثیر مستقیم بر روی نحوه کار موتورهای احتراقی می‌گذارد. معمولاً سازنده‌های ماشین‌آلات، نمودارهای مربوط به کاهش قدرت موتور نسبت به ارتفاع از سطح دریا را ارائه می‌کنند. مقدار این تغییر در قدرت موتور،

omoorepeyman.ir

در ارتفاعات بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا، به ازای هر ۳۰۰ متر، تقریباً برابر ۳٪ می‌باشد. با توجه به این مطلب می‌توان نیروی کشش موتور را با رابطه زیر نشان داد.

$$P_H = P.\frac{۱۰۰ - ۳\left(\frac{H - ۱۰۰۰}{۳۰۰}\right)}{۱۰۰}$$

در این فرمول P قدرت موتور، H ارتفاع کارگاه از سطح دریا بر حسب متر و P_H قدرت موتور در ارتفاع H می‌باشد.

ماشین‌هایی که موتور آنها، توربو شارژ می‌باشند، قادر هستند تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری، قدرت خود را حفظ کنند. نیروی کششی موتور آنها نیز افت چندانی نمی‌کند.

- تأثیر درجه حرارت

درجه حرارت بر راندمان عملکرد موتورهای دیزلی و بنزینی به صورت مستقیم و بر راندمان موتورهای الکتریکی به صورت غیرمستقیم اثر می‌گذارد. راندمان موتورهای دیزلی در درجه حرارت بیش از ۱۵/۵ درجه و یا کمتر از ۱۵/۵ درجه سانتیگراد افت پیدا می‌نماید و این افت با هر ده درجه افزایش یا کاهش حدود ۲٪ از راندمان موتور خواهد بود. این مسئله را می‌توان با رابطه زیر نشان داد.

$$P_T = P.\frac{۱۰۰ - ۲\left|\frac{T - ۱۵.۵}{۱۰}\right|}{۱۰۰}$$

در این فرمول P قدرت موتور، T دمای محیط بر حسب درجه سانتیگراد و P_T قدرت موتور در دمای T می‌باشد.

- مقاومت در مقابل حرکت ماشین

سیستم حرکت ماشین‌آلات تاثیر به سزایی در راندمان آن دارد. انواع سیستم‌های حرکت ماشین‌آلات عبارتند از:

۱- چرخ فولادی ۲- چرخ لاستیکی ۳- چرخ زنجیری ۴- کابل

هر کدام از سیستم‌های حرکتی مزایا، معایب و کاربرد خود را دارند، به طور مثال از سیستم حرکتی چرخ زنجیری برای محل‌هایی که مقاومت خاک آنها بسیار پایین بوده و امکان حرکت با چرخ‌های لاستیکی و فولادی وجود ندارد استفاده می‌شود. چرخ‌های لاستیکی برای محل‌هایی که خاک آنها چسبنده است مناسب می‌باشد. با توجه به این مطالب، عواملی که با سیستم حرکتی ماشین در ارتباط است و بر روی راندمان ماشین نیز مؤثر است را بررسی می‌کنیم. یکی از مهمترین عواملی که در راندمان ماشین تاثیر می‌گذارد مقاومت در برابر حرکت است. مقاومت در برابر حرکت به دو بخش تقسیم می‌شود.

- مقاومت غلتش

مقاومت غلتشی عبارت است از نیروی مقاوم در برابر شروع حرکت ماشین که عامل ایجاد آن ناهمواری مسیر، عدم تراکم صحیح جاده، فرو رفتن ماشین در مسیر حرکت و نوع خاک سطح جاده است. در واقع مقاومت غلتشی برابر است با نیروی کشش لازم برای شروع حرکت یک ماشین. مقاومت غلتشی برای یک وسیله چرخ لاستیکی که در روی یک سطح تراز، صاف و تخت قرار دارد حدوداً برابر است با ۲۰ کیلوگرم به ازای هر تن از وزن ماشین. به ازای هر ۲/۵ سانتیمتر نفوذ لاستیک وسیله نقلیه در زمین ۱۵ کیلوگرم به ازای هر تن وزن ماشین به مقاومت غلتشی افزوده می‌شود. بنابراین می‌توان ضریبی به نام ضریب مقاومت غلتشی (r) را با رابطه زیر تعریف کرد.

omoorepeyman.ir

$$r = ۲۰ + ۱۵n$$

که در این رابطه n برابر است با مقدار نفوذ ماشین در خاک بر حسب اینچ (۲/۵ سانتی متر) و r برابر است مقدار مقاومت غلتشی به ازای هر تن از وزن ماشین. با این وصف، می‌توان مقاومت غلتشی را از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$R_r = r.W$$

در جدول شماره ۱-۱ مقادیر مقاومت غلتشی بر حسب کیلوگرم در هر تن برای انواع رویه زمین ارائه شده است:

جدول ۱-۱- مقاومت غلتشی برای انواع سطوح

نوع و مشخصات رویه و سطح جاده	مقاومت غلتشی (Kg/ton)
آسفالت یا بتن	۲۰
سطح محکم، صاف و تا حدی انعطاف‌ناپذیر زیر بار	۳۰
خاکی آب پاشی نشده روی اساس محکم	۴۰
جاده خاکی، زیر بار وسایط نقلیه سست و نرم و با نفوذ بین ۲ تا ۵ سانتیمتر	۴۵
جاده خاکی، زیر بار وسایط نقلیه سست ونرم با نفوذ بین ۵ تا ۱۰ سانتیمتر	۷۰
ماسه سست و یا شن	۹۰
زمین گلی و نرم و سست	۱۴۰-۱۸۰

در مورد وسایط نقلیه چرخ زنجیری معمولاً فرض می‌شود که مقاومت غلت در مقابل حرکت آنها وجود ندارد و از مقاومت غلت این وسایل صرف نظر می‌شود.

- *مقاومت شیب*

در سطوح شیب‌دار در اثر سربالایی‌ها و یا سرپایینی‌ها، مقاومت در برابر حرکت بیشتر می‌شود که این مقاومت اضافه، مقاومت شیب نامیده می‌شود. این مقاومت در سربالایی به صورت مثبت و در سرپایینی به صورت منفی عمل می‌کند. مقدار این نیرو از حاصل ضرب وزن ماشین در سینوس زاویه سطح شیبدار به افق به دست می‌آید که در زوایای کوچک می‌توان از تانژانت به جای سینوس استفاده کرد. به این ترتیب Q (مقدار نیروی مقاومت شیب بر حسب کیلوگرم) از رابطه زیر برابر خواهد بود با:

$$Q = P.\ Sin\ (j) = P.\ Tg\ (j) = P.j$$

که در این رابطه P وزن ماشین بر حسب کیلو گرم و j شیب بر حسب رادیان می‌باشد.

مقاومت شیب را به ازای هر یک درصد شیب و یک تن بار حمل شده معادل ۱۰ کیلوگرم در نظر می‌گیرند. بنابراین ضریب مقاومت شیب برای یک تن وزن وسیله نقلیه طبق رابطه زیر خواهد بود.

که در آن i عدد درصد شیب می باشد .

$$g = ۱۰\ (Kg/ton).\ i$$

به این ترتیب مقاومت شیب برای کل وزن وسیله نقلیه از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R_g = g.W$$

در این رابطه R_g مقاومت شیب وسیله نقلیه بر حسب Kg و W وزن وسیله نقلیه بر حسب تن می‌باشد.

omoorepeyman.ir

- نیروی کشش ماشین‌آلات

نیروی کشش ماشین‌آلات عبارتست از نیروی کششی که در چرخ لاستیکی یا فولادی یا زنجیری هنگام حرکت استاندارد ماشین در آن وجود دارد. مقدار قابل استفاده این نیرو از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$P = t.W$$

در این رابطه P برابر است با حداکثر نیروی کشش مفید بر حسب کیلوگرم و t برابر است با ضریب اصطکاک چرخ‌لاستیکی یا فلزی یا چرخ زنجیری برحسب نوع و برحسب جنس سطح مسیر حرکت چرخ، که در جدول ۱-۲ مقادیر این ضریب برای انواع رویه ها داده شده است. W برابر است با مقدار وزن وارد بر روی چرخ‌های محرک بر حسب کیلوگرم.

جدول ۱-۲ – مقادیر ضریب اصطکاک برای چرخ‌های لاستیکی و زنجیری در سطوح مختلف

نوع سطح جاده	چرخ لاستیکی	چرخ زنجیری
بتن خشک	۰/۹	۰/۴۵
بتن مرطوب	۰/۸	۰/۴۵
خاکی خشک	۰/۶	۰/۹
خاکی مرطوب	۰/۴۵	۰/۷
ماسه خشک متراکم نشده	۰/۲۵	۰/۳
ماسه خیس	۰/۲	۰/۲۵
برف متراکم شده	۰/۲	۰/۲۵
یخ	۰/۱	۰/۱۵

- تأثیر عوامل جوی

این عوامل عبارتند از باد، باران، برف، تابش آفتاب، درجه حرارت، فشار هوا و رطوبت که همگی در عملکرد ماشین و در نتیجه انتخاب آن مؤثرند. این عوامل همچنین در انجام وظیفه متصدیان و اپراتورها و مسئولین نیز تأثیر می‌گذارد، مسلماً کار کردن در هوای گرم یا سرد و شرجی یا خشک سخت‌تر از هوای عادی است. ضمن این که عامل گرما و سرما در روی نیروی انسانی و عملکرد آن نیز تأثیر می‌گذارد.

- میزان مهارت نیروهای انسانی

مهارت نیروی انسانی که با ماشین‌آلات سر و کار دارند به طور واضحی بر عملکرد آن تأثیر خواهد داشت. یک اپراتور ماهر می‌تواند با مصرف زمان کمتر، مصرف انرژی کمتر خود و ماشین، کار بیشتری نسبت به یک راننده نیمه‌ماهر یا تازه کار انجام دهد. از طرفی گاهی اوقات دیده می‌شود که یک فرد مثلاً یک راننده لودر در کار کردن با یک نوع لودر خاص توانایی و کارآیی بالاتری دارد و در کار کردن با یک نوع لودر دیگر آن مهارت را ندارد که این مسئله به دلایل مختلفی از قبیل عادت، آموزش و شرایط فیزیکی شخص بستگی دارد. بنابراین انتخاب نیروی انسانی مناسب بربازدهی ماشین‌آلات تاثیر آشکاری خواهد داشت.

- مشخصات محل کار از نظر وجود خطرات و فضای کافی برای تحرک

گاهی اوقات یک لودر در یک فضای بسته مانند یک تونل با محدودیت حرکتی و امکان ریزش کار می‌کند، گاهی ممکن است در یک زمین بیابانی کار کند و گاهی ممکن است در یک جاده کوهستانی کنار یک دره عمیق کار کند. مسلماً محدودیت‌های حرکت و خطرات کار کردن در کنار دره یا جایی که امکان ریزش وجود دارد بر بازده کار اثر می‌گذارد.

omoorepeyman.ir

- مشخصات فنی و نوع کار

نوع کار نیز بر روی راندمان ماشین تأثیر خواهد گذاشت. به طور مثال عملیات حفاری در خاک سخت و خاک نرم و یا خاک چسبنده با سرعت‌های مختلف توسط یک ماشین انجام می‌شود. مسلماً راندمان حفاری با ماشین‌آلات حفاری در خاک سخت بسیار پایین‌تر است. گاهی اوقات عدم وجود تجربه در انجام بعضی کارها باعث کاهش راندمان می‌شود به طور مثال وقتی برای اولین بار تجربه ساخت مترو در تهران انجام شد، به علت بی‌تجربگی، بی‌نظمی و شلوغی، راندمان کار تا حد زیادی پایین بود.

۱-۱-۲- مشخصات فنی پروژه

مشخصات فنی یک پروژه، به خودی خود اثر شایانی بر نوع ماشین‌آلات لازم بر آن پروژه می‌گذارد. به طور مثال یک پروژه راهسازی بسیار متفاوت از یک پروژه ساختمان‌سازی است و طبعاً ماشین‌آلات لازم برای این دو پروژه نیز متفاوت است. در ادامه به توضیح اثرات مشخصات فنی پروژه بر نوع ماشین‌آلات می‌پردازیم.

۱-۱-۳- نوع کار

انتخاب ماشین باید با توجه به نوع کار انجام می‌شود. به طور مثال برای کار حفاری باید از ماشین‌هایی استفاده کرد که توانایی انجام کار حفاری را داشته باشد.

۱-۱-۴- حجم کار

نوع و تعداد ماشین‌ها باید متناسب با حجم کار باشد. به طور مثال برای عملیات خاکبرداری با حجم زیاد باید نوعی از لودر استفاده شود که توانایی جابجایی حجم بالایی از خاک را داشته باشد و یا باید تعداد لودرها را زیاد کرد.

۱-۱-۵- تکنولوژی به کار رفته برای انجام کار

تکنولوژی به کار رفته برای اجرای کار در انتخاب نوع ماشین تأثیر مهمی دارد. به طور مثال در صورتی که احتیاج به بتن‌ریزی داشته باشیم می‌توان از روش‌های مختلفی برای بتن‌ریزی استفاده کرد، در صورتی که روش بتن‌ریزی با پمپ انتخاب شود به پمپ احتیاج خواهیم داشت و در صورتی که بتن‌ریزی با باکت و جرثقیل انتخاب شود به باکت و جرثقیل احتیاج خواهیم داشت. یا مثلاً یک تونل دایره‌ای را می‌توان هم با دستگاه TBM حفر کرد، هم با ردهدر و هم با انفجار و روش‌های دستی.

۱-۱-۶- مدت زمان پروژه

مدت زمان پروژه می‌تواند اثر مهمی بر روی انتخاب ماشین‌آلات داشته باشد. گاهی برای تسریع در اجرای پروژه لازم است که از دستگاه‌های خاصی استفاده شود که سرعت انجام پروژه را بالا ببرد. مدت زمان بر روی تعداد ماشین آلات نیز تاثیر دارد، افزایش تعداد لودر و کامیون زمانی که باید عملیات خاکی در یک محدوده زمانی کوتاه انجام شود امری طبیعی است.

omoorepeyman.ir

۱-۱-۷- بودجه پروژه

هزینه‌های پروژه را می‌توان با انتخاب ماشین‌آلات مختلف تغییر داد. با توجه به محدودیت‌های مالی گاهی مجبور بـه اسـتفاده از ماشین‌آلات خاصی می‌شویم، گاهی نیز به خاطر عدم محدودیت مالی می‌توان از ماشین‌آلات مختلفـی اسـتفاده کـرد کـه سـرعت و کیفیت را مطابق میل ما تغییر دهد.

۱-۱-۸- هزینه‌ها

هزینه‌های به کارگیری و استفاده و نگهداری ماشین‌آلات، عامل بسیار موثری در انتخاب آنها هستند که در بخش بعد به تفصـیل به توضیح آنها می‌پردازیم.

۱-۲- برنامه ریزی و مدیریت کار

روند برنامه‌ریزی مهمترین اصل در موفقیت پروژه‌های عمرانی است. تجربه نشان می‌دهد که هزینه پروژه‌هایی که با برنامه‌ریزی ضعیف انجام می‌شوند، تا ۵۰ درصد بیشتر از مواردی است که با برنامه‌ریزی مناسب به پایان رسیده‌اند. معمـولاً در صـنعت سـاخت و ساز، دو واژه برنامه‌ریزی و زمان‌بندی به اشتباه به صورت جایگزین هم مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حالیکه این دو واژه یک معنـی ندارند.

۱-۲-۱- برنامه ریزی

برنامه ریزی یک واژه کلی است که مراحل و اهداف آن بسته به نوع برنامه ریزی متفاوت است. یک مدیر پروژه در هنگام برنامه ریزی باید موارد زیر را در نظر بگیرد:

۱. اهداف پروژه را از نظر زمان، کیفیت و هزینه مشخص کند.
۲. منابع مورد نیاز پروژه را از قبیل ماشین آلات و نیروی انسانی به طور دقیق شناسایی نماید.
۳. در مورد بهترین اقدام ممکن و بهترین کاربری منابع تصمیم بگیرد.
۴. روش های اجرای برنامه را تعیین کند.

برنامه ریزی عملیات در واقع به عنوان اساس و پایه برای چندین وظیفه مرتبط با یکدیگر عمل می‌کند. این وظایف شامل برآورد فعالیت ها، زمانبندی و کنترل پروژه است.

۱-۲-۲- زمانبندی

زمانبندی، تعیین زمان عملیات در پروژه و مرتب کردن فعالیت ها برای تعیین کوتاهترین زمان تکمیل پروژه می‌باشد. در حقیقـت زمانبندی انعکاس برنامه ریزی است.

پس از مشخص شدن نوع و مدت زمان اجرای پروژه مجری باید برنامه زمانبندی اجرای عملیات را تدوین نماید، بـه طوریکـه در هر مقطع زمانی، گام های اجرایی که باید برداشته شوند مشخص باشد. داشتن چنین برنامه‌ای تردیدهای مزاحم و بازدارنـده را حـذف کرده، ایجاد تحرک نموده و از اتلاف وقت و انرژی جلوگیری می‌کند.

omoorepeyman.ir

تهیه برنامه زمانبندی در یک فرایند تجزیه، بررسی اجزا و ترکیب اجزای بررسی شده به نحوی مطلوب و مناسب و با رعایت مسیر بهینه به شرح زیر انجام می‌گیرد:

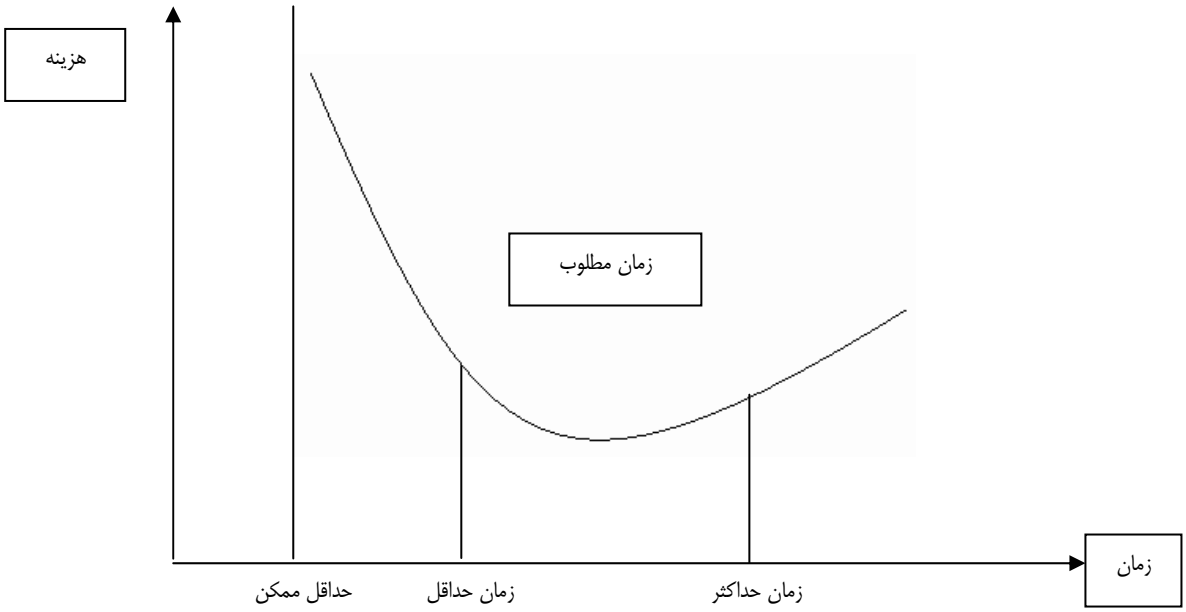
- ابتدا فهرستی از تمامی کارهای لازم به منظور انجام عملیات از قبیل تهیه و تامین مصالح مورد نیاز، نصب تجهیزات و ماشین آلات و سایر موارد تدوین می‌گردد.
- سپس متناسب با حجم کار و شرایط موجود، عملیات به چند فعالیت اصلی تقسیم می‌شود.
- پس از مشخص شدن فعالیت ها یا اعمال اصلی، هر یک از آنها به تعدادی فعالیت جزء یا جزء عمل تجزیه می‌شوند که با انجام آنها عمل اصلی مورد نظر به اجرا در می‌آید.
- برای اجرای هر واحد فعالیت جزء؛ مصالح، تجهیزات و نیروی انسانی، آهنگ انجام و زمان لازم و نیاز های کل آن فعالیت جزء برآورد می‌شوند. در این مرحله با توجه به حجم عملیات مورد نظر که بستگی به ابعاد و اندازه پروژه دارد و همچنین با توجه به موقعیت و شرایط انجام پروژه هریک از موارد مصالح، ماشین آلات، تجهیزات و شرایط موجود می‌توانند بر آهنگ انجام کار و در نتیجه بر زمان لازم برای انجام آن تاثیر بگذارند.
- بر اساس مطالعات انجام شده درباره مصالح و نیازهای تجهیزاتی، نیاز به نیروی انسانی تعیین شده، منابع، امکانات، ضوابط تامین نیروی انسانی، اعم از ماهر، نیمه ماهر و غیر ماهر (در امر سرویس و نگهداری و یا بهره برداری از ماشین آلات) در حالت های مختلف مطالعه و ارزیابی می‌شوند.
- پس از مشخص شدن نیازهای عملیات و انجام مطالعات فوق، بسته به مورد قدم بعدی برای تهیه برنامه زمانبندی، به شرح زیر برداشته می‌شود:

o اگر زمان محدود باشد، پیمانکار از طریق مقایسه و بازنگری نیازها با آنچه در حال حاضر در اختیار دارد، کفایت یا عدم کفایت امکانات خود را ارزیابی می‌کند و در صورت لزوم کمبودها را بر طرف می‌نماید. نحوه تامین (خرید، اجاره و ساخت)، چگونگی آماده به کار نگاه داشتن تعمیر و نگهداری و تامین قطعات یدکی متناسب با حجم ماشین آلات باید مورد توجه قرار گیرد.

o اگر زمان محدود نباشد، سازنده زمان تقریبی لازم برای اجرای کار را با امکانات موجود خود برآورد کرده و معقول بودن این زمان را بررسی می‌کند و اگر لازم باشد، تعادل منطقی را بین امکانات و مدت زمان اجرا برقرار می‌سازد. در این مورد باید توجه داشت که امروزه زمان با ارزش ترین اقلام مصرفی در کارگاه است و هنر یک مجری است که با تامین به موقع تجهیزات، مصالح و نیروی انسانی با مناسب ترین نوع و مقدار حتی المقدور زمان لازم برای اجرا را کوتاه کرده و از این راه هزینه‌ها را کاهش دهد.

- لازم به یاد آوری است که برای انجام عملیات اجرایی، یک بازه زمانی مناسب واقع در حد فاصل زمان حداقل و زمان حداکثر انجام آن وجود دارد که در این بازه زمانی می‌توان کار را با صرف هزینه‌های متعارف به پایان رساند. ولی تقلیل زمان اجرا به کمتر از حداقل فوق یا طولانی تر شدن مدت زمان عملیات اجرایی از حداکثر مزبور، به افزایش تصاعدی هزینه اجرایی منجر می‌شود. بدیهی است که با توجه به ملاحظات فوق باید در مورد مدت زمان اجرا اتخاذ تصمیم به عمل آید و با ایجاد تعادل بهینه بین امکانات و زمان اجرا، مدت زمانی مناسب و معقول برای اجرای عملیات تعیین و تثبیت شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۱-۱ تعادل بهینه بین هزینه و زمان اجرا

- پس از تثبیت مدت زمان اجرا با در اختیار داشتن تمامی اطلاعات، طرح اولیه سازماندهی و گردش کاری محل اجرای عملیات با این هدف تهیه می‌شود که با به کار بردن اصول مهندسی و ابداع روش‌های اجرای بهتر، بتوان با همسو کردن همه نیروها با تامین گردش کاری مناسب، به نحوی که هیچ فعالیتی مزاحم فعالیت‌های دیگر نشود و همچنین با هماهنگ کردن تعداد و حجم ماشین آلات، حداکثر استفاده از حجم عملیاتی آنها صورت گیرد، سعی می‌شود با صرف حداقل ماشین آلات و انرژی و زمان بیشترین نتیجه ممکن را به دست آورد.
- بر مبنای طرح سازماندهی تهیه شده و با در نظر گرفتن امکانات و محدودیت ها، در یک نظم منطقی و با رعایت تقدم و تاخر منطقی عمل های مختلف، کوشش می‌شود با هماهنگ کردن فعالیت ها به نحوی که با هم تداخل زمانی نداشته باشند، برنامه زمانبندی عملیات اجرایی طوری تهیه گردد که از امکانات بیشترین استفاده به عمل آید.

اگر تامین این نقطه نظرها، تغییر، تکمیل یا تعدیلاتی در طرح اولیه سازماندهی و گردش کار عملیاتی ایجاب نماید، با اعمال این تغییرات برنامه زمانبندی نیز اصلاح می‌گردد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل دوم- هزینه‌های تهیه، به کارگیری و نگهداری ماشین‌آلات

۲-۱- مقدمه

در مباحث آنالیز اقتصادی یک ماشین ساختمانی در درجه اول در مورد تخمین مخارج مالکیت و مخارج عملکرد آن بحث می‌شود و در ضمن سعی میگردد که عمر بهینه یک ماشین از نظر اقتصادی تخمین زده شود.

مخارج کارکرد و تملک ماشین آلات بر حسب مخارج ساعتی آن برآورد می‌شود. مخارج هزینه شده را می‌توان از تقسیم مخارج ساعتی ماشین بر کارکرد ساعتی آن تعیین نمود. رقم تخمینی برای مخارج کارکرد ماشین آلات به منظور استفاده در برآورد مبلغ مناقصه توسط پیمانکاران به کار می‌رود. البته محاسبه دقیق آن برای کنترل هزینه کارگاه و حسابداری پیمانکاری ضروری است.

از سوی دیگر آنالیز اقتصادی می‌تواند در مورد جابجایی و تعویض یک دستگاه ماشین به کار رود و معمولاً این هدف را دنبال می‌کند که مدت زمانی را برای عمر ماشین تعیین نماید که با آن عمر، سود حاصل از کار ماشین حداکثر شود. همیشه بخشی از طول زمان تملک ماشین که بیشترین بهره را می‌دهد از عمر اقتصادی ماشین کمتر می‌باشد.

اغلب انتخاب مناسبترین ماشین آلات مساله‌ای است که پیمانکاران برای اجرای پروژه با آن مواجه‌اند. مخارجی که برای خرید ماشین آلات ساختمانی هزینه می‌شود، باید به عنوان سرمایه‌ای در نظر گرفته شود که این سرمایه را بتوان با مقداری سود در مدت طول عمر مفید ماشین آلات بازگرداند. پیمانکار باید قادر باشد پول خرید ماشین آلات را از محل درآمد حاصل از به‌کارگیری آن تادیه کند. بنابراین اگر در ابتدا مشخص شود که درآمد حاصل از ماشین از مقدار سرمایه گذاری کمتر می‌شود، نباید چنین ماشینی خریداری شود.

پیمانکار هرگز نباید به دنبال آن باشد که تمام انواع و اقسام ماشین آلات مورد نیاز پروژه‌ای را که انجام می‌دهد خریداری نماید، ولی می‌تواند به وسیله خریداری ماشین آلاتی که در پروژه بیشتر مورد استفاده می‌باشند، نیاز خود را برطرف نماید. از آنجا که اگر پروژه به اندازه کافی بزرگ و طولانی نباشد نمی‌توان ماشین آلات را بعد از پایان پروژه به قیمت مناسب فروخت، لذا خرید ماشین در این مورد معقول نیست. آنالیز اقتصادی از این جهت کمک بسیار موثری در انتخاب نوع و روش به کارگیری ماشین‌آلات بوده و از سوی دیگر در تخمین قیمت پروژه‌ها برای کارفرمایان اهمیت فراوانی دارد.

در این فصل ابتدا تامین ماشین‌آلات به وسیله خریداری مورد بحث قرار گرفته و پیرو آن هزینه‌های ناشی از خریداری و محاسبه مخارج ساعتی ناشی از تملک و بهره‌برداری در حالت کلی و از دیدگاه چندین مرجع داخلی و خارجی مورد بحث واقع شده، سپس عمر اقتصادی ماشینها معرفی گردیده و نهایتاً مقایسه انواع روشهای به خدمت گیری ماشین‌آلات (مانند خریداری، اجاره، اجاره به شرط تملیک و خرید اقساطی یا همراه با وام) به بحث گذاشته شده است.

۲-۲- تامین ماشین آلات از طریق خریداری و محاسبه مخارج ساعتی تملک و بهره‌برداری

خرید ماشین آلات دارای چندین مزیت به شرح زیر است:

۱. در صورتی که ماشین به اندازه کافی مورد استفاده قرار گیرد، در دراز مدت نسبت به اجاره اقتصادی تر خواهد بود.

omoorepeyman.ir

۲. دسترسی به ماشین در هنگام نیاز، سریع تر و آسان تر است.

۳. به دلیل تملک، صاحب ماشین آلات، آنها را در وضعیت مکانیکی بهتری نگهداری می‌کند.

خرید ماشین آلات معایب زیر را نیز دارد:

۱. خرید ماشین ممکن است در مواردی گران تر از اجاره تمام شود.

۲. سرمایه هزینه شده برای خرید ماشین آلات می‌تواند در قسمتهای دیگری که دارای بازده بالاتری است صرف شود.

۳. تملک ماشین توسط پیمانکار ممکن است عامل بازدارنده‌ای برای بسنده کردن به استفاده از همان نوع ماشین آلات در مقایسه با دیگر ماشین آلات دارای بازده و قابلیت های بیشتر باشد.

۴. معمولا تملک ماشین آلات باعث استفاده از آنها در مدتی بیشتر از عمر اقتصادیشان می‌شود که در نتیجه هزینه کار به طور صعودی افزایش می‌یابد.

اگر پیمانکار دارای نوعی ماشین باشد که بتواند در پروژه به کار گرفته شود، ولی راندمان آن از ماشین جدید که مورد نیاز پروژه است کمتر باشد، در این صورت اگر پیمانکار مطمئن باشد که می‌تواند ماشین جدید را در پروژه های آینده بکار گمارد، باید اقدام به خرید آن نماید. زیرا اگر چه هزینه‌ای بر او تحمیل می‌شود، ولی پول آنرا می‌تواند در دراز مدت مستهلک نموده و ضمناً در پروژه صرفه جویی بیشتری نماید.

هزینه های کارکرد ماشین آلات مسلما در موفقیت کاری پیمانکاران نقش حیاتی دارد. هزینه ثابت مالکیت یک ماشین، چه دستگاه در حال کار باشد و چه بیکار، خرج انجام شده‌ای محسوب می‌شود و بنابراین کاهش زمان بیکاری به حداقل ممکن امری اساسی است. به همین جهت در صورت لزوم بهتر است که تجهیزات حتی با هزینه سر به سر (یعنی بدون سود) کار کنند، تا اینکه با بیکار ماندن دستگاه و افت قیمت آن و دیگر هزینه های ثابت دچار ضرر شود. البته باید توجه داشت از طرف دیگر کار کردن تجهیزات با کمتر از قیمت تمام شده روش خوبی نیست. لذا اهمیت محاسبه هزینه تملک ماشین به خوبی روشن می‌شود.

پیمانکار باید حتی‌الامکان سعی کند ماشین آلات استاندارد و متعارف را خریداری نماید. زیرا به جز مواردی که نوع ماشین آلات در قرارداد تعیین شده باشد، تحویل ماشین آلات استاندارد توسط کارخانجات سریعتر انجام می‌شود و همچنین امکان بکار گرفتن آنها در پروژه های مختلف بیشتر بوده و تهیه قطعات یدکی آنها راحتتر، سریعتر و ارزانتر است و در صورت عدم نیاز، بازار مناسب برای فروش آنها وجود دارد.

ماشین آلات ویژه ماشین آلاتی هستند که توسط کارخانجات برای یک پروژه خاص یا عملیات ویژه ساخته می‌شوند. به عنوان نمونه می‌توان به ماشین حفاری TBM یا بیل هیدرولیکی با ظرفیت بسیار زیاد که برای برداشتن مواد در معادن روباز به کار می‌رود، اشاره کرد. این دسته از ماشینها عموماً کاربرد خاص در یک پروژه داشته و برای همان پروژه ساخته می‌شوند. لذا امکان اجاره آنها ضعیف بوده و معمولاً از طریق خریداری به کار گرفته می‌شوند. در این ماشینها بررسی اقتصادی با توجه به کاربرد یکباره و هزینه سنگین خریداری از اهمیت به سزایی برخوردار است. لذا پیمانکاران باید با توجه به محاسبات دقیق انواع هزینه‌های تملک، اقدام به پیشنهاد قیمت کنند.

در این بخش به بررسی اقتصادی خریداری ماشین آلات شامل سرمایه، هزینه های ساعتی، استهلاک و عمر مفید ماشین آلات پرداخته می‌شود تا دستیابی به انتخابی صحیح در رابطه با خرید یا اجاره ماشین آلات مقدور گردد و همچنین هزینه معادل استفاده از هر دستگاه ماشین قابل حصول گردد.

omoorepeyman.ir

۲-۲-۱- هزینه های مالکیت و بهره برداری ماشین آلات

بهترین روش برای تخمین هزینه‌های مالکیت و بهره‌برداری توسط پیمانکار استفاده از اطلاعات دقیق ثبت شده از ماشین آلات قبلی است. اگرچه نمی‌توان اطمینان دقیق داشت که ماشین آلات مشابه دارای هزینه‌های مشابهی باشند، بخصوص اگر در کارهای مختلف و در زمانهای مختلف بکار برده شده باشند. با این همه اگر بانک اطلاعاتی جامع، کامل و دقیقی از تجارب در اختیار باشد، می‌توان با دقت خوبی به تخمین این هزینه‌ها اقدام کرد.

عوامل نحوه تحویل ماشین آلات به پیمانکار، دشواری کار، تعداد ساعات مورد بهره برداری در سال، عمر مفید سالیانه ماشین، میزان مهارت اپراتور هر ماشین، نگهداری مناسب و تعمیر به موقع آن و وضعیت بازار فروش ماشین آلات دست دوم در زمان فروش آنها بر روی هزینه ماشین آلات تاثیر دارد. اما در حالت کلی هنگامی که ماشین آلات برای اولین بار خریداری می‌شوند، ارزیابی هزینه‌های آنها شامل دو بخش کلی تملک و بهره‌برداری می‌باشد.

- هزینه‌های تملک

هزینه استهلاک

استهلاک طبق تعریف عبارت است از کاهش ارزش ماشین آلات به دلیل استفاده در کارگاه و یا گذشت زمان از تاریخ تولید ماشین. پیمانکار باید به گونه‌ای برنامه ریزی کند که استهلاک ماشین آلات را در طول عمر مفیدشان جبران نماید. قیمت کل یک دستگاه ماشین شامل خرید، هزینه حمل و نقل آن و هزینه بارگیری و تخلیه می‌باشد. این ارزش کل از زمانی که ماشین تحویل گرفته شد به دلیل استفاده و گذشت زمان کاهش می‌یابد. این کاهش نشان دهنده بازگشت هزینه است و در حسابهای دفتری و حسابداری بعنوان یک هزینه وارد شده و از دارایی‌های مشمول مالیات کاسته می‌شود.

تخمین نرخ استهلاک ماشین به منظور تعیین هزینه ساعتی کارکرد آن ضروری است. بنابراین با استفاده از فرمولهای مختلف باید میزان استهلاک ساعتی محاسبه شود. به صورت خیلی ساده می‌توان استهلاک ساعتی را هزینه ماشین بخش بر ساعات کاری مورد انتظار آن در نظر گرفت.

ارزش اسقاطی

ارزش اسقاطی ارزش یک ماشین پس از استهلاک کامل آن است که می‌تواند قیمت فروش واقعی یا ارزش آن برای پیمانکار هنگام اتمام عمر اقتصادی آن باشد. ارزش اسقاطی بسته به نوع ماشین، تنوع کاربرد آن در کارگاه های مختلف، وضعیت ظاهری و فنی ماشین و وضعیت بازار فروش ماشین آلات دست دوم و غیره متفاوت است که معمولا بین ۵ تا ۲۰ درصد ارزش اولیه ماشین در نظر گرفته می‌شود.

روشهای محاسبه استهلاک

روشهای مختلفی برای محاسبه هزینه استهلاک به کار می‌رود که متداولترین آنها عبارتند از :

۱. روش خط مستقیم
۲. روش دو برابر کردن
۳. روش تسهیم به نسبت معکوس
۴. روش وزارت امور اقتصادی و دارایی

omoorepeyman.ir

۱) روش خط مستقیم

در این روش برای محاسبه استهلاک فرض بر این است که ارزش ماشین آلات بطور یکنواخت از قیمت اولیه کاهش پیدا می‌کند. استهلاک ممکن است بر حسب کاهش ارزش خریداری در واحد زمان یا در واحد کار انجام شده محاسبه گردد. استهلاک بر حسب کاهش ارزش در واحد زمان از تقسیم قیمت اولیه ماشین منهای ارزش نهایی آن به عمر مفید ماشین بدست می‌آید. (در ماشین های چرخ لاستیکی قیمت لاستیک ها از قیمت اولیه ماشین کم می‌شود) محاسبه استهلاک در واحد کار از تقسیم قیمت اولیه ماشین منهای ارزش نهایی آن به واحد کار انجام شده در طول عمر مفید آن بدست می‌آید. این روش بیشتر برای ماشین آلاتی بکار می‌رود که عمرشان بر حسب میزان کارشان تعیین می‌گردد. نمونه‌ای از این نوع ماشین آلات عبارتند از : موتور پمپ، سنگ شکن، تسمه نقاله و ماشین حفاری سنگ.

$$\text{استهلاک سالیانه} = \frac{\text{قیمت نهایی} - (\text{قیمت لاستیک ها} - \text{قیمت اولیه})}{\text{عمر مفید ماشین (سال)}}$$

مثال:

قیمت اولیه ماشین (بدون لاستیک): ۱۰،۰۰۰ واحد

قیمت نهایی تخمینی: ۱۰۰۰ واحد

عمر مفید ماشین ۵ سال

$$\text{استهلاک سالیانه} = \frac{۱۰،۰۰۰ - ۱،۰۰۰}{۵} = ۱۸۰۰$$

خلاصه محاسبات در جدول ۲-۱ آورده شده است.

جدول ۲-۱

سال	استهلاک	ارزش دفتری
۰	۰	۱۰،۰۰۰
۱	۱۸۰۰	۸۲۰۰
۲	۱۸۰۰	۶۴۰۰
۳	۱۸۰۰	۴۶۰۰
۴	۱۸۰۰	۲۸۰۰
۵	۱۸۰۰	۱۰۰۰

۲) روش دو برابر کردن

با استفاده از این روش می‌توان ارزش استهلاک را با ارزیابی عمر ماشین بر حسب سال بصورت میانگین درصدی از استهلاک سالانه حساب کرد. این درصد را باید دو برابر کرد و بر مبنای ۲۰۰ درصد حساب نمود. ارزش استهلاک در هر سال به وسیله ضرب کردن درصد استهلاک در ارزش اولیه ماشین بدست می‌آید. هنگام محاسبه استهلاک اگر ارزش نهایی ماشین مطرح نباشد، در این

omoorepeyman.ir

صورت ارزش استهلاک نباید از یک حد متعادل ارزش نهایی پایین تر رود. هنگامی که جمع ارزش استهلاک از قیمت اولیه کسر شود، حاصل را ارزش باقیمانده می‌نامند.

مثال:

قیمت کل اولیه ماشین	۸۰۰،۰۰۰ واحد
ارزش نهایی تخمینی	۸۰،۰۰۰ واحد
عمر مفید ماشین	۵ سال
میانگین نسبت استهلاک	٪۲۰ در سال
دو برابر نسبت استهلاک	٪۴۰=۲۰*۲
استهلاک سال اول	۰/۴۰*۸۰۰۰۰۰=۳۲۰۰۰۰ واحد
ارزش باقیمانده	۸۰۰۰۰۰-۳۲۰۰۰۰=۴۸۰۰۰۰ واحد
استهلاک سال دوم	۰/۴۰*۴۸۰۰۰۰=۱۹۲۰۰۰ واحد

خلاصه محاسبات در جدول ۲-۲ نوشته شده است.

جدول ۲-۲- استهلاک سالیانه به روش دو برابر کردن

انتهای سال	درصد استهلاک	استهلاک سال مربوطه	ارزش باقیمانده
۰	۰	۰	۸۰۰،۰۰۰
۱	۴۰	۳۲۰،۰۰۰	۴۸۰،۰۰۰
۲	۴۰	۱۹۲،۰۰۰	۲۸۸،۰۰۰
۳	۴۰	۱۱۵،۲۰۰	۱۷۲،۸۰۰
۴	۴۰	۶۹،۱۲۰	۱۰۳،۶۸۰
۵	۴۰	۴۱،۴۷۲	۶۲،۲۰۸

همان طور که در جدول ۲-۲ دیده می‌شود، ارزش باقیمانده در انتهای سال پنجم کمتر از ۸۰۰۰۰ واحد شده است. در این صورت ارزش باقیمانده در انتهای سال پنجم ۸۰۰۰۰ واحد و استهلاک سال پنجم نیز (واحد ۲۳۶۸۰ =۸۰۰۰۰-۱۰۳۶۸۰) در نظر گرفته می‌شود.

روش تسهیم به نسبت معکوس (روش مجموع ارقام سالهای عمر ماشین)

در این روش ابتدا ارقامی که نمودار هر سال عمر ماشین می‌باشد، باید با هم جمع گردد. به عنوان مثال اگر عمر یک ماشین ۵ سال باشد مجموع ارقام آن برابر است با : ۱۵=۵+۴+۳+۲+۱

سپس برای تعیین استهلاک بعد از کسر ارزش نهایی از قیمت اولیه ماشین حاصل را باید در نسبتهای مربوطه ضرب نمود. به عبارت دیگر برای محاسبه استهلاک در هر سال استهلاک کل در نسبت استهلاک ضرب می شود.

$$\text{استهلاک سال اول} = \frac{۵}{۱۵} \text{ (ارزش نهایی - قیمت اولیه)}$$

$$\text{استهلاک سال دوم} = \frac{۴}{۱۵} \text{ (ارزش نهایی - قیمت اولیه)}$$

omoorepeyman.ir

مثال

قیمت کل ۸۰۰،۰۰۰ واحد

ارزش نهایی تخمینی ۸۰،۰۰۰ واحد

استهلاک کل ۷۲۰،۰۰۰ واحد

عمر مفید ماشین ۵ سال

جدول۲-۳- استهلاک سالیانه به روش مجموع سالهای عمر ماشین

انتهای سال	نسبت استهلاک	کل استهلاک	استهلاک سالانه	ارزش باقیمانده
۱	۵/۱۵	۷۲۰،۰۰۰	۲۴۰،۰۰۰	۵۶۰،۰۰۰
۲	۴/۱۵	۷۲۰،۰۰۰	۱۹۲،۰۰۰	۳۶۸،۰۰۰
۳	۳/۱۵	۷۲۰،۰۰۰	۱۴۴،۰۰۰	۲۲۴،۰۰۰
۴	۲/۱۵	۷۲۰،۰۰۰	۹۶،۰۰۰	۱۲۸،۰۰۰
۵	۱/۱۵	۷۲۰،۰۰۰	۴۸،۰۰۰	۸۰،۰۰۰

$$\text{استهلاک سالیانه} = (\text{مبلغ قابل استهلاک}) \times \frac{\text{رقم سال}}{\text{مجموع ارقام}}$$

۴) روش وزارت امور اقتصاد و دارایی

در ایران چنانکه در قانون مالیات های مستقیم مصوب ۱۳۸۰ آمده است، استهلاک ماشین آلات در زمره مخارج قابل قبول مالیاتی به حساب آمده و بر اساس جداول استهلاک اعلام شده از سوی سازمان امور مالیاتی کشور به شرح زیر است:

جدول۲-۴- استهلاک سالیانه با روش اعلام شده از سوی سازمان امور مالیاتی کشور

ماشین آلات	نرخ استهلاک نزولی
۱- انواع خودرو بنزینی و دیزلی- کامیون و کامیونت دیزلی تا چهار سیلندر و تا ۵ تن ظرفیت	٪۲۵
۲- کامیون و انواع بارکش دیزلی از ۴ سیلندر به بالا و تا ۱۰ تن ظرفیت	٪۳۰
۳- کامیون، بارکش، تریلر و دامپتراک با هر ظرفیت	٪۳۵
۴- کلیه ماشین آلات ساختمانی، مکانیکی، هیدرولیکی، الکتریکی، چرخ لاستیکی و یا زنجیری، همچنین جراثقالها و ماشین‌های حفاری کارخانه های تهیه بتون و سنگ شکن ها و ماشینهای پایه کوبی، دمپر، الواتور، میکسر، ویبراتور و مشابه ماشین آلات راه سازی (انواع بلدوزرها، گریدرها، غلطکها، فنیشر، ماشین های تهیه اسفالت، فیلرها و شمع کوب و کمپکتورها و غیره) ماشین آلات مربوط به فرودگاه مانند ماشین‌های علامت گذار، برف‌روب و خشک کن و یدک کش و پله های متحرک و کمپرسورها و جکهای هیدرولیکی و غیره ماشین آلات مربوط به بندرسازی (ماشین های بتون ریزی)	٪۲۵

omoorepeyman.ir

زیرآب، لوازم غواصی، اسکله های موقت و غیره ماشین آلات مربوط به سدسازی (ماشین حفر کانال و ...) کلیه ماشین‌آلات شهرسازی و ابنیه سازی (اعم از ماشین بلوک زنی، لوله گذار، ماشین های جذب کننده، جوش زنی لوله ها و سایر ماشین های مشابه)	

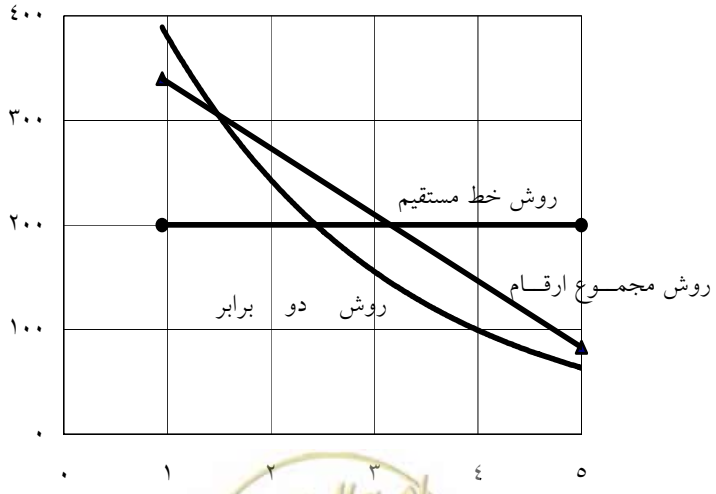
نحوه محاسبه استهلاک به این ترتیب است که در هر سال، بصورت نزولی درصدی از قیمت تمام شده ابتدای سال (ارزش دفتری)، به عنوان استهلاک آن سال محاسبه می‌شود. به این ترتیب چنانکه مشاهده می‌شود ارزش ماشین هیچ گاه به صفر نمی‌رسد.

انتخاب روش مناسب برای محاسبه استهلاک

روش دو برابر کردن و مجموع ارقام سالهای عمر برای مستهلک نمودن بیشتر ارزش ماشین در سالهای اولیه عمر آن طراحی شده‌اند و استهلاک سریع را که مورد دلخواه صنعت است فراهم می‌نمایند و به شکل دقیقتری با کاهش عملی ارزش تجهیزات در بازارهای متعارف منطبق می‌باشند.

این روش ها در تبدیل به پایه ساعتی برای استفاده در محاسبات هزینه ساعتی کار، مشکلاتی ایجاد می‌کنند. استفاده از نرخ استهلاک متفاوت برای هر سال مشکل خواهد بود. اگر چندین ماشین با یک مدل یکسان ولی سالهای کارکرد متفاوت وجود داشته باشد، تلاش در جهت در نظر گرفتن هزینه های متفاوت برای آنها پیچیده بوده و قیمت گذاری دقیق کار را ناممکن خواهد ساخت.

پیمانکار صرفنظر از روش مورد استفاده برای حسابداری خود، در محاسبه مالیات بر درآمد و گزارشات سالیانه باید از روش خط مستقیم استفاده نماید. در شکل (۲-۱) منحنی های مربوط به این سه نوع برآورد استهلاک نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می گردد، در روشهای دوم و سوم ازدیاد قیمت‌ها در سالهای اول در مقایسه با سالهای بعد کاملا رعایت شده است. از آنجا که در سالهای اول عمر، مخارج نگهداری بسیار کمتر و در عوض مقدار استهلاک به مراتب بیشتر است، لذا می توان استهلاک را خطی فرض نموده و مخارج را نیز در تمام عمر مفید یکسان در نظر گرفت. ارقام حاصله در این روش متوسط قابل قبول هستند که کار محاسبات را آسان می‌کنند.



شکل۲- ۱. مقایسه سه روش محاسبه استهلاک

محاسبه استهلاک بر اساس ساعات کارکرد

پیمانکار می‌تواند استهلاک را بر اساس مجموع ساعات استفاده از ماشین، بدون توجه به زمان تقویمی محاسبه نماید. مثلا اگر بولدوزری را به قیمت ۲۵ میلیون خریداری می‌کند و انتظار کارکرد ۵ هزار ساعت را برای آن دارد، بایستی برای هر ساعت کار، ۵

omoorepeyman.ir

هزار تومان بعنوان استهلاک در نظر بگیرد و در پایان سال ساعات کارکرد سالیانه را در ۵ هزار تومان ضرب نماید تا استهلاک سالانه بدست آید. اگر به میزان ۶۰۰ ساعت کار کرده باشد استهلاک سالانه معادل ۳ میلیون و در صورتی که ۱۴۰۰ ساعت کار کرده باشد معادل ۷ میلیون خواهد شد.

محاسبه استهلاک بر اساس واحد کارکرد

در نظر بگیرید که برای یک معدن، یک بیل مکانیکی به قیمت ۱۰۰ میلیون تومان خریداری شده است و انتظار کارکرد ۲۰ هزار ساعت و بارگیری ۴ میلیون تن سنگ معدن در طول عمر مفید، برای آن متصور است. اگر شرایط کار مناسب باشد، این ماشین ۶ هزار ساعت در سال کار خواهد کرد. ولی ممکن است شرایطی پیش بیاید که ماشین کاملا بیکار بماند. در چنین شرایطی محاسبه استهلاک بر اساس ساعات کارکرد مناسب نخواهد بود و بجای آن می‌توان هزینه ۱۰۰ میلیون تومانی بیل را به تناژ کارکرد مورد انتظار (۴ میلیون تن) تقسیم نموده رقم ۲۵ تومان برای هر تن را بعنوان استهلاک در نظر گرفت. بنابراین در هر سال این ماشین بر اساس تناژ بارگیری مستهلک خواهد شد. مواردی که باید در محاسبه استهلاک مدنظر قرار گیرند، شامل موارد زیر می‌باشند.

الف) لاستیک‌ها

معمولاً هزینه لاستیک را از قیمت خریداری ماشین کم می‌کنند و قیمت لاستیک را به عنوان هزینه‌های اجرایی در نظر می‌گیرند. مزایا و معایب این روش در بخش های بعدی بررسی خواهد شد.

ب) هزینه‌های تعمیرات به عنوان سرمایه گذاری

تعمیرات تا جایی که منجر به افزایش غیر متعارف قیمت ماشین نشود، به عنوان هزینه های تملک در نظر گرفته می‌شود. اما تعمیرات اساسی مخصوصاً اگر در پایان دوره استهلاک انجام گیرد، به عنوان سرمایه گذاری کلی محسوب می‌شود که باید در چند سال مستهلک شود. به عنوان مثال اگر پیمانکاری برای تعمیر ماشین ۱۰۰ میلیون تومانی خود ۴۰ میلیون تومان در سال آخر جدول زمانی استهلاک ماشین، هزینه کند، مجبور خواهد شد این مخارج را به عنوان سرمایه گذاری اولیه فهرست نموده و جدول زمانی جدیدی برای استهلاک ماشین ترتیب دهد.

ج) تجهیزات کاملا مستهلک شده

اگر ماشینی بیش از مدت استهلاک آن نگهداری شود، استهلاک بیشتری برای آن پرداخت نمی‌گردد. به عبارت دیگر ارزش دفتری آن در حد قیمت اسقاطی باقی می‌ماند. در این حال هزینه ساعتی آن باید ثابت باقی بماند. بخشی از درآمدهای ناشی از ماشین که قبلا برای استهلاک کنار گذاشته شده بود، به عنوان سود نصیب پیمانکار می‌شود و به پیمانکار کمک می‌کند تا به کار خود ادامه دهد. با این حال این سود اضافی، به دلیل هزینه‌های تعمیرات و مدت زمان بیکاری زیاد، به راحتی می‌تواند تبدیل به ضرر و زیان گردد. به همین دلیل استفاده از ماشین آلات قدیمی مگر زمانی که در وضعیت خوبی نگداری شده باشند کار صحیحی نیست.

د) استفاده کوتاه مدت

بسیاری از پیمانکاران ماشین آلات را برای کارهای خاص خریداری می‌کنند و پس از اتمام، آنها را می‌فروشند. برخی دیگر از پیمانکاران قوانین داخلی خاصی برای تعویض ماشین آلات پس از مدت زمان مشخصی از کارکرد دارند تا به این طریق وقفه های کاری را کاهش داده و اعتبار بکار گیری ماشین آلات به روز خود را حفظ نمایند. بنابراین تخمین هزینه ها بر اساس اختلاف قیمت خرید و فروش انجام می‌پذیرد.

omoorepeyman.ir

بعنوان مثال پیمانکاری، تعدادی اسکریپر به قیمت هرکدام ۳۰۰ میلیون تومان برای استفاده در دو فصل، هر یک در حدود ۱۲۰۰ ساعت کار، خریداری می‌کند و پس از انقضای این مدت آنها را به قیمت یک سوم می‌فروشد. هر یک از این ماشین ها ۲۰۰ میلیون تومان مستهلک خواهد شد و بنابراین هزینه ساعتی استهلاک ۸۳۳۰۰ تومان می‌باشد که با استهلاک ساعتی ۳۰۰۰۰ تومان برای ۱۰ هزار ساعت کار بدون در نظر گرفتن ارزش اسقاطی، قابل مقایسه است. بنابراین هنگامی که مدت زمان کار بسیار کوتاه است اجاره ماشین آلات بسیار ارزانتر و نیز دارای ریسک کمتری خواهد بود.

توضیحات بیشتر در مورد این موضوع در بخش ۲-۵ از همین فصل ارائه شده است.

هـ) افزایش قیمت ها

پیمانکاران نیز مانند سایر مصرف کنندگان ماشین آلات مدرن با مسائل مربوط به افزایش قیمت ها دست به گریبان هستند. قیمت هر ماشین در طول عمر خود در معرض افزایش است. بنابراین هزینه تعویض بسیار بیشتر از هزینه اولیه ماشین می‌باشد. این افزایش قیمت ماشین هم از افزایش عمومی قیمت ها و هم پیشرفت تجهیزات ناشی می‌شود.

گاهی خرید ماشین آلات جایگزین با استفاده از حساب استهلاک ماشین آلات موجود مقدور نیست. بنابراین باید به سایر منابع مالی و یا وام های دریافتی اتکا نمود. این مشکل را تا حدودی می‌توان اینگونه حل نمود که برای ماشین هیچگونه ارزش اسقاطی قائل نشویم. از آنجا که تقریبا همیشه مقداری ارزش اسقاطی وجود دارد (حتی اگر آهن قراضه باشد) این ارزش به اضافه هزینه مستهلک شده می‌تواند هزینه جایگزینی با همان اندازه و نوع را تامین نماید.

مانع دیگری که در مقابل تورم قیمت ها می‌توان ایجاد نمود، افزایش میزان استهلاک بسته به افزایش قیمت ماشین است. بگونه ای که این هزینه مشابه هزینه استهلاک ماشین جدید باشد. به عنوان مثال بولدزر ۲۰ میلیون تومانی با استهلاک ساعتی ۴ هزار تومان در ۵ هزار ساعت را در نظر بگیرید. اگر پس از دو سال قیمت ماشین آلات مشابه به ۲۳ میلیون تومان از طرف کارخانه افزایش یابد، استهلاک در مقایسه با ماشین قدیمی به ۴۶۰۰ تومان افزایش می‌یابد. این افزایش فقط برای ثبت داخلی است و نمی‌توان در گزارشات مالیات بر درآمد مورد استفاده قرار داد. مزیت اینکار این است که تا حدودی به تعویض ماشین با قیمت های افزایش یافته کمک می‌نماید. در نظر گرفتن هزینه‌های استهلاک جدید برای پوشش افزایش هزینه‌های تعویض ماشین آلات مخصوصاً برای شرکت هایی که عمده درآمد خود را از محل اجاره ماشین آلات به دست می‌آورند بسیار مهم است.

- هزینه سرمایه

هزینه سرمایه‌ای، هزینه‌ای است که در اثر مالکیت ماشین آلات صرفنظر از مقدار بهره گیری از آنها به وجود می‌آید. این هزینه که بنام هزینه سرمایه‌گذاری نامیده می‌شود شامل سود سرمایه، مالیاتهای مربوط به ماشین آلات، بیمه و اجاره پارکینگ (در ایام بیکاری) می‌باشد. نسبت ارقام فوق بین صاحبان مختلف و در محلهای مختلف متفاوت است.

روشهای متعددی برای تعیین سود متعلقه به پولی که بر روی ماشین آلات سرمایه گذاری می‌شود موجود است. اگر خریدار حتی کل قیمت ماشین آلات را نقداً پرداخت نماید، باید سود پول را در سرمایه‌گذاری او منظور کرد. زیرا اگر خریدار پول خود را در کار دیگری و یا بانک سرمایه گذاری می‌کرد سود مربوطه به او تعلق می‌گرفت.

بعضی از خریداران اگر قیمت کل ماشین آلات را نقداً پرداخت کرده باشند، یک نرخ سود برای خود در نظر می‌گیرند. هر سالی که ماشین مورد استفاده قرار می‌گیرد صاحب سرمایه باید هزینه استهلاک را از درآمد خود کسر نماید. بنابراین سرمایه گذاری اولیه به

omoorepeyman.ir

میزان پولی که بدین نحو برای مالک ذخیره می‌شود کاهش پیدا می‌کند. در هر صورت سود باید بر مبنای ارزش واقعی ماشین آلات به جای قیمت اولیه تعیین گردد. سود متوسط سالانه باید بر اساس ارزش متوسط ماشین آلات در طول عمر مفیدشان محاسبه گردد. این مقدار را ممکن است به وسیله جدولی تعیین کرد که مقدارش برای ابتدای هر سال که ماشین آلات مورد استفاده قرار می‌گیرد، محاسبه شده است.

حداقل سه روش برای در نظر گرفتن سرمایه وجود دارد که عبارتند از: سرمایه گذاری اولیه، سرمایه گذاری کلی و سرمایه متوسط سالیانه.

۱) سرمایه گذاری اولیه

عبارتست از هزینه خالص و کل وام هایی که پیمانکار برای خرید ماشین آلات متقبل می‌شود. این سرمایه‌گذاری موجب بالاتر رفتن ترازنامه ها و افزوده شدن بر فهرست دارایی ماشین آلات در ازای کاهش نقدینگی و یا افزایش دیون می‌شود.

۲) سرمایه گذاری کلی

هر چند ممکن است این مطلب منطقی به نظر نرسد، اما مرسوم است که سود پولی که بر روی ماشین آلات سرمایه گذاری می‌شود، به عنوان سرمایه به حساب بیاید. همچنین مالیات و بیمه خسارات نیز بر پایه ارزش ماشین محاسبه می‌شود. از آنجا که بخش معینی از سرمایه گذاری اولیه در هزینه های استهلاک مد نظر قرار می‌گیرند، سرمایه‌ای که این محاسبات بر روی آنها انجام می‌شود در گامهای سالیانه بایست کاهش داده شود. برای سال اول قیمت خرید مبنا قرار می‌گیرد و برای سال دوم قیمت خرید منهای استهلاک یک سال مبنا خواهد بود و به همین ترتیب الی آخر.

برای سهولت در محاسبات چنین هزینه‌هایی در طول عمر ماشین، استفاده از مفهوم سرمایه گذاری کلی مناسب تر است. این سرمایه با افزودن ارزش دارایی های ماشین آلات برای هر سال از عمر ماشین بدست می‌آید. همچنین سرمایه گذاری کلی را با فرمول زیر می‌توان محاسبه نمود.

$$TI = (۱ + DP_{yrs}) \times \frac{C}{۲}$$

TI سرمایه گذاری کلی

DP_{yrs} تعداد سالهای استهلاک

C هزینه اولیه

۳) سرمایه متوسط سالیانه

این عنوان رقم واقعی تری را بدست می‌دهد. چرا که هزینه خرید را در طول سالهای عمر ماشین میانگین‌گیری می‌نماید. این رقم از تقسیم سرمایه کلی بر تعداد سالها بدست می‌آید. همچنین فرمول زیر را برای سرمایه متوسط سالیانه می‌توان بکار گرفت.

$$AAI = \frac{C \times (DP_{yrs} + ۱)}{۲ \times DP_{yrs}}$$

omoorepeyman.ir

نرخ سود

نرخ های سود می‌تواند بسته به نوع وام و درجه ریسک متغیر باشد. مقادیر صحیح نرخ سود را می‌توان با تقسیم سود پرداختی به مقدار وام و سپس ضرب در نسبت یک بر تعداد سالها (یا ۱۲ بر تعداد ماهها) بدست آورد. به عنوان مثال اگر ۱۰۰ هزار تومان برای دو سال قرض گرفته شود و ۵ هزار تومان بعنوان سود پرداخت شود داریم :

$$\text{نرخ سود} = \frac{۵}{۱۰۰} \times \frac{۱}{۲} = ۲/۵٪$$

و اگر مدت قرض ۴ ماه باشد در اینصورت:

$$\text{نرخ سود} = \frac{۵}{۱۰۰} \times \frac{۱۲}{۴} = ۱۵٪$$

برای هزینه های خرید ماشین آلات می‌توان سود منظور کرد، حتی اگر به صورت نقدی خریداری شده باشند. این سود از روی سرمایه گذاری متوسط سالیانه محاسبه می‌شود. البته اینکار با روشهای حسابداری چندان سازگار نیست و بنابراین می‌توان به اشکال دیگری با این قضیه برخورد نمود.

یک راه، واگذاری این سود بر عهده خود ماشین است. محول نمودن سود وام های خرید ماشین آلات بر خود ماشین ها دلیل منطقی دارد. هرچند محاسبه آن به صورت هزینه های بالاسری عمومی نیز منطقی به نظر می‌رسد. در نظر گرفتن این هزینه‌ها بعنوان مخارج ماشین باعث سادگی کار و تشخیص آسان منبع این هزینه ها می‌شود.

روش دوم، بدست آوردن هزینه سود ماشین های خرید نقدی، با همان نرخ سود یکسان با وام های اخذ شده برای اهداف کلی دیگر است. باید توجه شود که پولی که برای اهداف کلی وام گرفته می‌شود، یک آیتم کلی بالاسری است که مسئولیت آن بین قسمتهای مختلف تقسیم می‌شود. معمولا ارزش ماشین آلات تحت مالکیت، بسیار بیشتر از میزان وامهای کلی است. مثلا اگر برای موجودی ۱۰۰ میلیون تومانی ماشین آلات یک شرکت، بدلیل ۲۰ میلیون وام کلی اخذ شده ۸ درصد سود در نظر گرفته شود، مبلغ سود ۸ میلیون تومان خواهد شد که ۶/۴ میلیون تومان بیشتر از سودی واقعی پرداخته شده برای وام کلی (۲۰ میلیون با نرخ ۸ درصد) است.

روش سوم، یک نرخ سود- مثلا در حدود نرخ سود حسابهای سپرده کوتاه مدت بانکی، مانند ۶ درصد- به هزینه های خرید ماشین آلات اختصاص داده شود، حتی اگر مالک ماشین آلات هیچ بهره وامی نیز پرداخت ننماید. ایده این است که پیمانکار می‌توانست نقدینگی خود را در صورت عدم خرید ماشین در جایی دیگر سرمایه گذاری کند، اما تنها سرمایه گذاری که پیمانکار می‌تواند انجام دهد و در ضمن پولش را در کار خود موجود نگه دارد، حسابهای سرمایه گذاری کوتاه مدت است که آن هم سود اندکی عاید پیمانکار می‌کند. این امکان نیز وجود دارد که سرمایه های خارج از شرکت کلاً یا به صورت جزئی از بین برود. ماشین آلات پیمانکار چیزی نیست که خود را با پرداخت سود تنظیم نماید، بلکه با کار و تولید، هزینه های خود را تامین می‌کند. پیمانکار نباید سود وام های کلی خود را متوجه ماشین آلات نماید، در دنیای کاری پر رقابت امروز چنین افزایش دلخواهی در هزینه ها ممکن است بمعنی از دست دادن کار باشد. البته از آنجا که منظور نمودن بهره امروزه امری متداول است، در مثال های این راهنما نیز گنجانده شده اند.

omoorepeyman.ir

سود اقساطی

نرخ سود در قراردادهای خرید اقساطی با تقسیم سود کل بر دیون کل بدست می‌آید. دیون کل رقمی است که شبیه سرمایه کل می‌باشد. این رقم از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$TD = (I + ۱) \times \frac{L}{۲٤}$$

TD دیون کل

I اقساط ماهانه

L مقدار قرض شده

مقدار کل سود با جمع کردن تمام قسط ها با هم و یا مجموع حاصلضرب هر کدام از قسط ها در تعداد آنها و تفاضل آن از مقدار کل وام به دست می‌آید.

فرض کنید از ۱۶ میلیون تومان پول خرید یک ماشین، ۱۲ میلیون تومان آن مربوط به وامی با بازپرداخت ۳۶ ماهه باشد. برای باز پرداخت این وام باید ۳۵ قسط ۳۹۳,۳۳۰ تومانی و یک قسط ۳۹۳,۴۵۰ تومانی پرداخت شود. جمع این مبلغ ۱۴۱۶۰۰۰۰ تومان است. تفاضل این عدد با ۱۲ میلیون تومان وام مبلغ کل سود و برابر با ۲۱۶۰۰۰۰ تومان خواهد بود. در این حالت I=۳۶ و L=۱۲۰۰۰۰۰۰ و با استفاده از فرمول فوق دیون کل ۱۸/۵ میلیون تومان به دست می‌آید. با تقسیم ۲/۱۶ بر ۱۸/۵ به رقم ۰/۱۱۷ یا ۱۱/۷ درصد برای نرخ سود می‌رسیم.

برخی پیمانکاران علاقمندند که نرخ سود فاینانس را در هزینه کل خرید بدانند. اگر ماشین فوق دارای استهلاک ۵ سال باشد سرمایه کل آن ۴۸ میلیون خواهد بود که با تقسیم ۲/۱۶ بر آن به نرخ سود ۴/۵ درصد برای ماشین دست خواهیم یافت. درک نرخهای سود برای یک پیمانکار ارزشمند خواهد بود. با داشتن چنین درکی او قادر خواهد بود مقادیر کلانی را با تشخیص صحیح خطاها یا تقلب های صورت گرفته در حساب ها حفظ کند.

- مالیات دارایی

پیمانکار باید مالیات و عوارض مختلفی را پرداخت نماید. در این مبحث منظور مالیات های دارایی است که بر ارزش برآورد شده تجهیزات تعلق می‌گیرد. در برخی کشورها مالیات ماشین آلات مشابه دارایی‌های حقیقی محاسبه می‌شود. این مالیات از ۲ تا ۴/۵ درصد ارزش برآورد شده ماشین متغیر است. ارزش برآورد شده ماشین ممکن است از فهرست اموال مستهلک شده توسط پیمانکار پیروی کند، ولی روش کلی اینست که ارزش یک ماشین برای حداقل ۲۰ درصد هزینه آن تا زمانی که به نظر قابل کاربرد می‌رسد، برآورد گردد. در برخی کشورهای دیگر مانند ایران، تجهیزات ساختمانی مشمول مالیات دارایی‌های شرکت‌ها به شمار نمی‌آیند. اما چنانچه در طول سال شرکت مالک آنها با استفاده از آنها بتواند درآمدی کسب کند، درآمد حاصله مشمول مالیات خواهد بود. در این حالت مالیات بر درآمد پس از کسر مخارج و هزینه‌های قابل قبول و محاسبه سود ناخالص شرکت، محاسبه می‌شود. در محاسبه مخارج و هزینه های قابل قبول، استهلاک ماشین آلات جزو اقلام قابل قبول اداره مالیات به شمار می‌آید.

در ایران خریدار بابت خرید ماشین مالیات خرید و فروش می‌پردازد، ولی بابت استفاده از آن به عنوان ابزار و وسایل کار، مالیاتی نمی‌پردازد. بلکه مالیات بر درآمد شرکت در طول سال مالی محاسبه شده که مقدار آن ۲۵ درصد سود پس از کسر مخارج و هزینه ها می‌باشد.

omoorepeyman.ir

- هزینه شماره گذاری

ماشین های راه سازی بایستی دارای پلاک باشند. هزینه پلاک برای ماشین های سبک نظیر سواری ها، وانت ها و جیپ ها کم ولی برای کامیون های سنگین رقم های بزرگتری خواهد شد. در بسیاری کشورها هزینه پلاک بر اساس وزن یا ظرفیت ماشین به آن تعلق می‌گیرد. هزینه پلاک، یک هزینه بالاسری است که در برآورد هزینه کارکرد کامیون به هزینه های دیگر اضافه می‌شود. در ایران بدلیل اینکه طبق ضوابط راهنمایی و رانندگی تردد ماشین آلات سنگین در جاده ها و معابر کشور ممنوع می‌باشد، لذا به این دسته از ماشین‌ها اساسا پلاک راهنمایی و رانندگی تعلق نمی‌گیرد. این ماشین ها باید با استفاده از کفی و تریلرهای مخصوص در بین کارگاه ها انتقال داده شوند.

- بیمه

ماشین آلات راه سازی معمولا تحت عنوان بیمه کلی مسئولیت و خسارت پیمانکار قرار نمی‌گیرند و دارای بیمه‌های خاص با نرخ های بالاتر هستند. این مبلغ نیز یکی از مخارج مالکیت است که به هزینه خرید مربوط نمی‌شود. میزان این حق بیمه تحت تاثیر وزن، نوع و سابقه تصادفات و نیز مقدار کارکرد آن می‌باشد.

هزینه بیمه در برابر آتش سوزی، تصادفات، واژگونی و سرقت جز هزینه‌های مالکیت است که در ازای هر قطعه از ماشین به نسبت ارزش آن محاسبه می‌شود. برای پیمانکاران جزء با ماشین آلات کم این مقدار در حدود ۱ درصد از ارزش واقعی هر ماشین است. هر چه پروژه ها بزرگتر شوند این هزینه کاهش می‌یابد، که این موضوع بدلیل متوازن شدن موقعیت های پرخطر کاری با شرایط کاری ایمن تر در پروژه است. بالاترین نرخ برای پوشش بیمه ای حوادث ۱/۵ تا ۲ درصد است. این نرخ ها برای شرایط کاری پرخطر یا پیمانکارانی که در مدیریت، بی ملاحظه تشخیص داده شوند به کار برده می‌شوند. در ایران بیمه تحت عنوان ماشین آلات وجود ندارد، بلکه این بیمه تحت بیمه تجهیز کارگاه پوشش داده می‌شود.

- هزینه‌های انبار و نگهداری

بسیاری از پیمانکاران حداقل یک جایگاه در نزدیکی محل تعمیر خود برای تعدادی از قطعات یدکی و مصرفی دارند و بقیه موارد در محل دورتری نگهداری می‌شوند. معمولاً می‌توان این ماشین آلات را در نزدیکی محل کار نگه داشت تا به محل کار دیگر منتقل شوند.

تملک و نگهداری از محوطه انبار مشخصاً یکی از هزینه‌های بالاسری عمومی است. چرا که با خرید یا فروش ماشین آلات این امکان گسترش یا کاهش پیدا نمی‌کند. با این حال اگر پیمانکار بخواهد هزینه‌های انبار را برای هر یک از ماشین آلات جداگانه محاسبه نماید، می‌تواند با پیدا کردن هزینه سالیانه بازای هر متر مربع از محوطه انبار، سهم هر ماشین را به ازای مساحتی که اشغال می‌نماید بدست آورد. بعنوان مثال فرض کنید هزینه های سالیانه هر متر مربع از یک قطعه زمین که برای انباری استفاده می‌شود شامل هزینه بهره، مالیات، نگهداری و نگهبان برابر ۲۰۰ تومان محاسبه شده باشد. یک اسکریپر بزرگ با ابعاد ۴ متر در ۱۵ متر، فضای ۶۰ متر مربع اشغال می‌کند و با در نظر گرفتن ۴۰ متر مربع بعنوان فضای مانور نیاز به ۱۰۰ متر مربع خواهد داشت. به این ترتیب هزینه سالیانه انبار برای این اسکریپر ۲۰۰ * ۱۰۰ یا ۲۰ هزار تومان خواهد بود.

omoorepeyman.ir

۲-۳- ساعات کارکرد ماشین آلات

استهلاک سالانه و سایر هزینه‌های مالکیت ماشین آلات به یک رقم ساعتی به عنوان مبنایی برای محاسبه زمان کارکرد ماشین آلات تبدیل می‌شوند. در نگاه اول این مساله ممکن است ساده به نظر برسد. فقط لازم است که هزینه‌های سالانه را بر کل ساعات کار سالیانه و یا کل کارکرد تقسیم نمود. به عنوان مثال ماشینی که هزینه‌های ثابت سالانه آن ۳/۶ میلیون تومان است و ۱۲۰۰ ساعت کار کرده است، هزینه ثابت ۳ هزار تومان در ساعت را خواهد داشت یا اگر هزینه کل آن در طول عمر مفیدش ۱۸ میلیون و کل ساعات کارکرد آن ۶ هزار ساعت باشد، این رقم باز هم ۳ هزار تومان خواهد بود. اما تعیین ساعات کارکرد یک ماشین کار مشکلی است، چرا که تحت تاثیر فاکتورهای متغیری قرار می‌گیرد. در اینجا بحث را به مسائل پیمانکارانی که تنها یک شیفت کار می‌کنند و در معرض تاخیر ناشی از شرایط جوی، بدست آوردن کار جدید و در حال کار نگه داشتن ماشین آلات می‌باشند، محدود خواهیم نمود. همچنین به طور عمده به ماشین آلات ردیف اول پیمانکار که در بیشتر اوقات مشغول کار می باشند پرداخته خواهد شد.

حداکثر به کارگیری. توصیه سازندگان ماشین آلات ۲ هزار ساعت کار سالیانه و ۵ سال عمر مفید می‌باشد. اما بیشتر کارهای ساختمانی در روزهای کاری ۸ ساعته و هفته‌های کاری ۵ روزه انجام می‌شود. به این ترتیب حداکثر کار صورت گرفته در سال حدود ۲۰۴۰ ساعت می‌باشد.

شرایط بد جوی

آب و هوا اغلب ساخت و سازهای سنگین را دشوار و گاهی ناممکن می‌سازد. حداکثر ساعات کاری تحت تاثیر شرایط محل کار قرار دارد. کار در زمینهای سنگی، شنی یا جاده‌های ترابری مسطح تحت شرایط بد جوی می‌تواند ادامه پیدا کند. در حالی که همین شرایط، کار را در زمینهای دارای خاک کشاورزی و رسی یا لجنی غیر ممکن می‌نماید. محدودیت زمانی می‌تواند کار در شرایط بسیار نامساعد را توجیه نماید. فقط به این امید که مقداری پیشرفت در کار حاصل شود.

نوع ماشین نیز بر زمان از دست رفته در شرایط جوی نامساعد موثر است. یک ماشین خاکبرداری که در حال کندن خاک مرطوب است، ممکن است توسط بارش متوقف نشود، مگر اینکه سیلاب ایجاد شود. با این وجود ماشین آلات چرخ زنجیری در زمینهای باتلاقی به راحتی به حرکت ادامه می‌دهند. وسایل نقلیه نیمه پر می‌توانند به حرکت ادامه دهند. در حالی که ماشین های پر، در گل فرو می‌روند. در صورت فقدان اطلاعاتی که خلاف این را ثابت کند، برآورد کننده باید اجازه کاهش ۲۰ درصدی ساعات کار سالیانه را بخاطر شرایط جوی صادر کند. در ایران آماری برای این موضوع وجود ندارد، لذا از همین درصد متداول و مرسوم جهانی استفاده می‌شود.

زمان بیکاری

ماشین آلات فقط زمانی می‌توانند کار کنند که کاری وجود داشته باشد. یعنی نه تنها کار در حالت کلی بلکه برای ماشین خاص مورد نظر نیز بایست کار وجود داشته باشد.

برخی پیمانکاران برای پیدا کردن کار در تمام سال یا در تمام فصل های کاری دچار مشکلاتی می‌شوند و برخی نیز دوره های طولانی کار نامناسب یا بیکاری را سپری می‌نمایند. تفاوت ها مربوط به فعالیت های ساختمانی در آن ناحیه، تخصصهای پیمانکار و تقاضا برای این تخصص ها و تا حدودی شانس پیمانکار در مناقصه و فروش خدمات می‌باشد. حتی زمانی که پیمانکار کاری در دست

omoorepeyman.ir

داشته باشد، ممکن است این کار برای تمامی ماشین های او فراهم نباشد. حتی ممکن است ماشین آلات خود را بیکار رها کند و با ماشین آلات اجاره‌ای که در فیلد کاری متداول او نیستند کار کند. به عنوان میانگین کلی یک پیمانکار توانا می‌تواند امیدوار باشد که ماشین آلات رده اول او ۸۰ درصد مدت زمانی که آب و هوا اجازه می‌دهد درحال کار باشند.

اوقاتی که نمی‌توان از ماشین استفاده کرد

حتی زمانی که آب وهوا خوب و کار فراهم است، یک ماشین ممکن است به دلیل نیاز به تعمیر، یا کمبود مصالح، اعتصاب یا مسائل دیگر قادر به کار نباشد. بیشتر این زمان تعطیلی بعنوان زمان کاری در نظر گرفته خواهد شد (اگر ماشین اجاره‌ای باشد، بایستی اجاره پرداخت شود)، اما پیمانکار باید زمان از دست رفته را در محاسبه کاری که از ماشین بدست می‌آورد، مورد ملاحظه قرار دهد. چنین تعطیلی هایی علاوه بر تاخیر کوتاهی است که با در نظر گرفتن ساعات کاری ۴۵ یا ۵۰ دقیقه ای به حساب آورده می‌شوند و در بخش بعدی شرح داده خواهد شد.

خلاصه ساعت کاری

قاعده سرانگشتی برای ساعات کاری ماشین آلات سنگین اینست که ۲ هزار ساعت کار تک شیفتی در نظر گرفته شود، ۲۰ درصد بخاطر بدی آب و هوا از آن کم شود و دوباره ۲۰ درصد بدلیل کمبود کار و ۲۰ درصد نیز برای زمان از دست رفته در کار کم می‌شود که در نهایت زمان خالص ۱۰۲۴ یا بعبارتی ۱۰۰۰ ساعت باقی می‌ماند. این قاعده به سه بیست مشهور است. مانند سایر قواعد سرانگشتی این قاعده نیز ممکن است دقیق نباشد، بنابراین بهتر است پیمانکاران برمبنای اطلاعات و مستندات مربوط به کارهای قبلی خود نسبت به اصلاح این عدد اقدام نمایند. اما قبل از اینکه برآورد کننده آن را رد کند باید شرایط خود را به دقت مطالعه نماید تا ببیند که آیا واقعاً شرایط بهتری موجود هست یا کاملاً نامطلوب می‌باشند.

این قاعده در مورد معادن و جاهایی که ممکن است کار سه شیفته با هفت روز کاری در هفته صورت بگیرد و بالای ۸۶۰۰ ساعت کار ماشین آلات برنامه ریزی شده باشد، بکار برده نمی‌شود.

زمان کارکرد

زمان را می‌توان به صورت تقسیمات ساعت و تقویم یا بر پایه ساعات کاری که نسبتی از این ترکیبات می‌باشد بیان نمود.

ساعات موثر

یک ساعت کاری می‌تواند ۶۰ دقیقه متداول یا به صورت یک ساعت موثر شامل ۵۰ دقیقه یا کمتر تعبیر شود. این تعریف خاص از ساعت امکان ملاحظه زمانهای تلف شده در کار را می‌دهد. به عنوان مثال ماشینی که قادر به حرکت دادن ۲ متر مکعب خاک در دقیقه می‌باشد، دارای خروجی ۱۲۰ متر مکعب در ساعت خواهد بود. اما نمی‌توان از هیچ ماشینی انتظار داشت که در شرایط ثابت کار کند. چرا که وقفه‌هایی برای انجام تنظیمات و تعمیرات جزئی، تغییر موقعیت، مواجهه با موانع کندن خاک و غیره پیش می‌آید.

به عنوان مثال تولید واقعی ماشین که در ساعات کاری یک هفته متوسط گرفته می‌شود شاید ۹۰ متر مکعب باشد که ۷۵ درصد خروجی حداکثر آن است و کارائی ۷۵ درصد نامیده می‌شود. به این معنی که ماشین با ظرفیت ۳ ساعت از ۴ ساعت کار می‌کند.

متداول است که این کاهش در ظرفیت به جای کاهش درصد تولید با کاهش تعداد دقایق در یک ساعت کاری بیان شود. در این مثال ساعت کاری ۴۵ = ۶۰ × ۰/۷۵ دقیقه خواهد بود. در محاسبات آنالیز، راندمان را ۷۰٪ منظور می‌نمایند. بنابراین یک ساعت ۴۲ دقیقه ای بسیار متداول است.

omoorepeyman.ir

روز و هفته کاری

یک روز کاری شامل تمامی ساعات کار در طول یک شبانه روز است که معمولا ۸ ساعت می‌باشد. اما می‌تواند ۸/۵ یا ۱۰ ساعت نیز در اوقات فشار کاری باشد. یک هفته کاری در صنعت ساخت ۶ روز است و برای روزهای بیشتر اضافه کار تعلق می‌گیرد. در ایران بر اساس قانون کار مبنای کارکرد هفتگی برای پرسنل در استخدام باید ۴۴ ساعت باشد. البته این عدد می‌تواند به صورت ۲۲ روز کار و ۸ روز استراحت نیز در ماه توزیع گردد.

سال کاری

سال کاری می‌تواند مشابه سال تقویمی یا سال مالی باشد که از زمانی مناسب آغاز می‌شود. یک سال کاری ۸ ماهه به این معنی است که کار در طول ۴ ماه زمستان عملی تشخیص داده نشده است.

زمان کار

زمانی که از آغاز تا پایان کار به طول می‌انجامد، به زمان کار موسوم است. زمان تکمیل کار در قرارداد ذکر می‌شود و می‌تواند دارای جریمه دیرکرد باشد. این زمان برحسب ساعت، روز، هفته یا سال سنجیده می‌شود. تعداد روزهای کاری باید از تعداد روزهای تقویمی تمیز داده شود.

زمان کار، کنترل خوبی بر میزان پیشرفت پروژه فراهم می‌کند. نمودارهای انجام کار در برابر درصد زمان مصرف شده، نشان دهنده پیشرفت کار بر طبق برنامه زمان بندی شده می‌باشد.

اجاره ماشین آلات

انواع مختلفی از اجاره ماشین آلات وجود دارند. نوع خاصی از قراردادهای اجاره که در اینجا بررسی می‌شود، اجاره خصوصی است به گونه ای که ماشینی تحت مالکیت یک پیمانکار، توزیع کننده یا موسسه اجاره ماشین آلات قرار دارد، به پیمانکاری که در مدت زمان انجام پرداخت، مثل ماشین آلات خود از آن استفاده می‌کند، اجاره داده می‌شود.

پیمانکاری که ماشین آلات خود را از کاری به کار دیگر منتقل می‌نماید و مراقبت کافی را به عمل می‌آورد، هزینه‌های عملیاتی کمتری در مقایسه با اجاره ماشین آلات خواهد داشت. اما برای کارهای کوتاه مدت که پس از اتمام کار استفاده قابل توجهی از ماشین آلات صورت نمی‌گیرد، اجاره ارزانتر است. پیمانکارانی که در نقاط مختلف کشور کار می‌کنند، در عوض تملک و انتقال ماشین آلات خود از نقطه‌ای به نقطه دیگر ترجیح می‌دهند آنها را اجاره نمایند.

در ایران نحوه اجاره ماشین آلات به این ترتیب است که اجاره دهندگان بخش خصوصی طی قرارداد اجاره‌ای که با پیمانکاران اصلی منعقد می‌کنند، تمام هزینه های جانبی ماشین آلات نظیر دستمزد راننده، تعمیرات، مالیات و بیمه را متقبل شده و تنها تهیه و تامین سوخت و روغن بر عهده پیمانکار می‌باشد. معمولاً قراردادهای اجاره بصورت ماهانه و بر اساس ساعت کارکرد مشخص بسته می‌شود برخی ماشین آلات پرکاربرد نظیر ماشین آلات راهسازی بر اساس ساعت کارکرد ۲۵۰ تا ۳۰۰ ساعت در ماه و برخی ماشین آلات با کارکرد کم تر مانند پمپ بتن بصورت مقطوع ماهانه اجاره داده می‌شوند. بنابراین در قراردادهای متداول اجاره در ایران صرفاً پرداخت اجاره ساعتی و هزینه سوخت و روغن بر عهده پیمانکاران می‌باشد. البته در برخی قراردادهای اجاره تا حداقل ساعت کارکرد ماهانه توافق شده و مازاد آن بصورت ساعتی محاسبه می‌گردد.

omoorepeyman.ir

۲-۴- هزینه های بهره برداری ماشین آلات

مخارج بهره برداری از تجهیزات و ماشین آلات در بیشتر مواقع شامل موارد زیر خواهد بود:

سوخت: هزینه سوخت و جابجایی آن

روغنکاری: هزینه روغن، گریس، تجهیزات روغنکاری و کارگر

نگهداری و تعمیر: قطعات، پشتیبانی، تجهیزات کارگاه و نیروی انسانی

نیروی کار: اپراتور ماشین، کارگر تعویض روغن، کمک کار و ناظرین

- سوخت

هزینه سوخت با قدرت، نوع و شرایط موتور، نوع و شرایط تجهیزات و نوع کار و درجه سوخت فرق می‌کند. مصرف سوخت در ارتباط با اسب بخار و بار حمل شده بعداً شرح داده خواهد شد. هزینه‌های سوخت بسته به قیمت نفت خام، فاصله از منبع، مقادیر تحویل شده، تقاضای فصلی و مالیات اعمالی متفاوت است. مقادیر تحویلی می‌تواند بسیار مهم باشد. هرچه مقادیر تحویلی بیشتر باشد قطعاً پول کمتری برای سوخت پرداخت خواهد شد. در ایران رسم بر این است که در کارگاههای بزرگ پیمانکار پمپ بنزین احداث می‌کند و شرکت نفت نیز در مقابل نسبت به برقراری سهمیه و تحویل آن در کارگاه اقدام می‌کند که قیمت آن کمی بیشتر از قیمت مصوب است. در غیر این صورت پیمانکار خود موظف به خرید سوخت و انتقال آن به کارگاه با تانکر است. البته در هزینه سوخت باید هزینه انتقال آن به جبهه‌های کاری با تانکرهای کوچک (وانت بار) را نیز در نظر گرفت.

- روغنکاری

هزینه های روغنکاری شامل قیمت روغن، هزینه مالکیت و بهره برداری از تجهیزات پخش کننده و هزینه نیروی کار می‌باشد.

- روغن

سازندگان تجهیزات توصیه می‌کنند که روغن موتور در فواصل زمانی منظم که می‌تواند از ۷۵ تا ۲۰۰ ساعت تغییر نماید، تعویض گردد. این فواصل زمانی را می‌توان در شرایط دشوار محیطی مانند گرد و خاک یا دمای زیاد کاهش داد. ظرفیت مخازن روغن بطور گسترده‌ای بسته به طرح و اندازه موتورها تغییر می‌نماید. در حالی که مصرف روغن در موتورهای جدید ناچیز است، در موتورهایی که رینگ پیستون دچار سایش جدی شده یا نشت روغن وجود دارد مصرف روغن تا یک بیستم مصرف سوخت بالا می‌رود. با این حال در کارهایی که به طور مناسبی اداره می‌شوند مصرف روغن از یک پنجاهم مصرف سوخت فراتر نخواهد رفت. تعویض روغن در پاییز بسیار حائز اهمیت است. هرگونه نشتی روغن باعث ورود گرد و خاک به داخل موتور می‌شود و لذا باید در اولین فرصت تعمیر شود.

مصرف گریس در ماشین آلات بسیار متفاوت است. بعنوان مثال تراکتور ۲۰ تنی مدل قدیم در هر ۵ ساعت ممکن است ۲ کیلوگرم گریس مصرف نماید. در حالی که ماشین مشابه با آب بندی مناسب تنها در هر هزار ساعت نیازمند تعویض گریس می‌باشند.

قاعده سرانگشتی

عموماً هزینه روغن و گریس یک سوم هزینه بنزین یا یک چهارم هزینه گازوئیل مصرفی است. مساله مهم در برآورد این هزینه ها این است که یک سیستم مناسب انتخاب و دنبال شود. پیمانکاری که در هر زمان از یک روش استفاده می‌کند قادر نخواهد بود

omoorepeyman.ir

بین کارهای متفاوت و نیز بین سالهای مختلف مقایسه انجام دهد. همیشه باید در ذهن داشت که بیشترین هزینه ناشی از روغنکاری، توقف هایی است که به واسطه روغنکاری نامناسب ایجاد می‌شود.

- هزینه‌های نگهداری و تعمیرات

بین نگهداری و تعمیرات هیچ مرز تعریف شده‌ای وجود ندارد. متداول این است که نگهداری شامل آیتم هایی نظیر تمیز کردن، بازدید، تنظیم، جایگزینی روتین قطعات و جوشکاری های موردی است، در حالی که تعمیرات شامل تنظیم و جایگزینی قطعات شکسته یا فرسوده می‌باشد. روغنکاری معمولاً یک آیتم نگهداری محسوب می‌شود و در مواردی اساسی ترین و مهمترین آیتم نگهداری نیز می‌باشد.

بسیاری از پیمانکاران و شرکت های اجاره ماشین آلات تعمیرات را به دو طبقه کلی تعمیرات اصلی و تعمیرات جزئی تقسیم بندی می‌نمایند. طبقه اول به تعمیرات کارگاهی و طبقه دوم به تعمیرات سرپایی یا میدانی موسوم است. در قراردادهای اجاره‌ای معمولاً تعمیرات کارگاهی توسط مالک انجام می‌شود و سایر تعمیرات توسط پیمانکار صورت می‌گیرد. تعمیرات کلی شامل بازرسی دقیق و بازسازی دوباره کلیه قطعات مورد نیاز یک ماشین می‌شود.

هرگونه طبقه بندی که بکار برده شود، مهمترین مساله برای موفقیت یک پیمانکار نگهداری دقیق و تعمیرات بی درنگ است که باعث حفظ دارایی و تجهیزات پیمانکار می‌شود.

اگر پیمانکار اطلاعات ثبت شده از تعمیرات ماشین آلات داشته باشد می‌تواند برای برآورد مخارج آتی از آن استفاده نماید. اما اگر این اطلاعات وجود نداشته باشد یا زمانی که تجهیزات جدیدی وارد کار می‌شوند، این کار باید با استفاده از اطلاعات ثبت شده و ایده‌های دیگران انجام شود. البته این اطلاعات باید برای مطابقت با شرایط جدید اصلاح گردند. بسیاری از سازندگان برای هزینه‌های تعمیر غیر از لاستیک، ۶۰ تا ۱۰۰ درصد هزینه استهلاک را در طول عمر ماشین پیشنهاد می‌نمایند. البته فاکتورهای زیادی در این حوزه وجود دارند که موارد ثبت شده تجربی می‌تواند هرگونه تخمینی را پشتیبانی کند. هزینه ها تحت تاثیر کیفیت ماشین، در دسترس بودن قطعات آن، استانداردهای روغنکاری، مهارت مکانیک ها، شرایط کاری، ساعات و سالهای استفاده و کیفیت نظارت و اجرا می‌باشند.

هزینه انتهای دوره

هزینه های تعمیرات با افزایش عمر ماشین آلات افزوده می‌شود. مطلوب است که نرخ افزایش عملی در انتهای دوره عمر محتمل آن محاسبه شود تا تعیین گردد که آیا ادامه استفاده از ماشین اقتصادی است یا خیر. هزینه متوسط تعمیرات را می‌توان با بکار بردن یکی از فاکتورهای زیر به هزینه انتهایی تبدیل نمود.

جدول۲-۵. فاکتورهای تبدیل به هزینه انتهایی

ساعات استفاده	فاکتور	ساعات استفاده	فاکتور
۲۰۰۰	۱	۸۰۰۰	۱/۸
۳۰۰۰	۱/۳	۹۰۰۰	۱/۸
۴۰۰۰	۱/۵	۱۰،۰۰۰	۱/۸
۵۰۰۰	۱/۶	۱۲۰۰۰	۱/۹
۶۰۰۰	۱/۷	۱۵۰۰۰	۱/۹
۷۰۰۰	۱/۷	۲۰،۰۰۰	۱/۹

omoorepeyman.ir

لاستیک ها

لاستیکها بخش مهمی از هزینه های قطعات مصرفی را به خود اختصاص می‌دهند و دارای ویژگی‌هایی هستند که گنجاندن آنها را در محاسبات دیگر هزینه، مشکل می‌نماید.

بررسی غیر سرمایه‌ای لاستیک ها

روش استاندارد این است که هزینه لاستیک ها را قبل از محاسبات استهلاک از قیمت ماشین نو کم می‌کنند. دلیل اصلی برای این کار بدست آوردن سریعترین استهلاک ممکن است. دلیل این کار این است که لاستیک ها جزء فیزیکی ماشین نیستند و با سرعت بسیار بیشتری فرسوده می‌شوند. یک ماشین ممکن است قبل از اینکه کاملاً فرسوده شود، چندین بار لاستیک عوض کند. اگر لاستیک های اولیه جزء سرمایه محسوب شود، مالک ماشین علیرغم تعویض آنها همچنان هزینه‌های استهلاک آنها را کم نکرده است و در حالی که هزینه جایگزینی آنها را پرداخته هنوز نتوانسته است کاهش مالیاتی را بر روی قیمت اولیه آنها انجام دهد.

دلیل دیگر برای جدا کردن حساب لاستیک ها از ماشین حامل آنها فرسایش آنها با سرعت‌های مختلف و تاثیر پذیری آنها از شرایط متفاوت می‌باشد. در حالی که تاثیر خاکهای سنگ و شنی و خاکهای رسی بر روی قطعات مکانیکی ماشین چندان زیاد نیست، این شرایط بر روی فرسایش لاستیک ها تاثیر بسیاری دارد. سرمای شدید هزینه های تعمیر قطعات ماشین را افزایش می‌دهد، در حالی که ممکن است عمر لاستیک ها زیاد کند.

هزینه عملیاتی لاستیک ها

اصلی ترین هزینه اجرایی لاستیک جایگزینی آن است. هزینه واقعی تقسیم بر ساعات کار، هزینه ساعتی لاستیک را به دست می‌دهد. از آنجا که بسیاری لاستیک ها در اثر اتفاقات یا استفاده ناصحیح زودتر از موعد از رده خارج می‌شوند، باید عمر تعدادی لاستیک را میانگین گیری نمود تا رقم منصفانه‌ای برای عمر لاستیک بدست آید. تعمیرات و نگهداری لاستیک ها ۱۵ درصد هزینه تعویض آنها در نظر گرفته می‌شود.

- هزینه نیروی کار

علیرغم مکانیزه شدن کارها هزینه نیروی کار بخش مهمی از هزینه‌های کارهای ساختمانی سنگین می‌باشد. هزینه اپراتور اغلب از هزینه ماشین جدا می‌شود، چرا که از مکانی به مکان دیگر فرق می‌کند. اپراتور معمولاً بیشتر از تعداد ساعات کار، پول دریافت می‌کند. معمولا حقوق اپراتور مطابق گزارش روزانه پرداخت می‌شود و بستگی به انجام کار یا بیکاری ندارد. در طول وقفه‌های کوتاه مدت میان کار نیز این پرداخت‌ها به اپراتور صورت می‌گیرد.

اگر پرداخت به اپراتور بر پایه دستمزدهای سالیانه صورت گیرد، باید برای بدست آوردن نرخ ساعتی دستمزد او به ساعات کارکرد ماشین تقسیم شود. برای پیدا کردن هزینه کلی نیروی کار باید مالیات و سایر اقلام بالاسری مانند بیمه نیز اضافه شود. هزینه هایی مانند بیمه بیکاری، مزایای جانبی، ذخیره بازنشستگی و مسافرت های خاص و پرداخت های زمان بیکاری نیز بایستی مدنظر قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

۲-۵- عمر اقتصادی ماشین آلات

صاحب ماشین آلات علاقمند به فراهم آوردن امکانات لازم جهت ایجاد کمترین هزینه برای هر واحد تولید است. برای انجام این موضوع مالک باید از برنامه تعویض ماشین آلات مطلع باشد. اگر مالک آنها را زودتر تعویض نماید، مقداری ضرر بی مورد در سرمایه را باید متحمل شود. در مقابل اگر زیاد صبر کند از زمان بهره‌برداری اقتصادی ماشین آلات خواهد گذشت. به منظور تعیین بهترین زمان اقتصادی جهت تعویض ماشین آلات باید بایگانی کاملی از هزینه نگهداری و هزینه تعمیرات و زمان خرابی هر ماشین ایجاد شود. مالک باید هزینه های مربوط به مالکیت و بهره برداری از ماشین آلات و تاثیر ادامه کار بر روی این مخارج را مورد بررسی قرار دهد. مخارجی که باید مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

۱. استهلاک و تعویض ماشین آلات
۲. سرمایه گذاری
۳. نگهداری و تعمیر
۴. زمان بیکاری
۵. مطرودی (از کار افتادگی و اسقاطی)

هزینه استهلاک و تعویض

زمانیکه تعویض ماشین آلات مورد بررسی قرار می‌گیرد، دانستن ارزش نهایی ماشین و هزینه تعویض آن با ماشین مشابه لازم می‌باشد. به علت افزایش قیمت متوسط ماشین آلات حدود ۵ درصد در سالهای گذشته و احتمال ادامه آن در آینده، باید این افزایش در تجزیه و تحلیل استهلاک و تعویض در نظر گرفته شود. ارزش نهایی باید مقدار واقعی باشد که هنگام معامله برای تعویض ماشین آلات بتوان آنرا فروخت.

هزینه های سرمایه گذاری

برای بدست آوردن سرمایه گذاری یک نسبت درصد کلی که نماینده سرمایه گذاری مالیاتها و بیمه می‌باشد، در قیمت ماشین آلات ضرب می‌شود تا مخارج سالیانه برای اقلام فوق بدست آید.

هزینه های نگهداری و تعمیر

به علت تغییرات زیاد در هزینه نگهداری و تعمیرات که به وضعیت کاری ماشین آلات وابسته است، داشتن یک بایگانی دقیق برای این نوع هزینه ها بسیار مهم می‌باشد.

هزینه زمان بیکاری

زمان بیکاری عبارت از زمانی است که ماشین در اثر خرابی کار نمی‌کند، زمان بیکاری با سنوات خدمت ماشین رابطه مستقیم دارد. آمادگی عبارتست از زمانی که ماشین مشغول تولید واقعی است یا آماده برای تولید می‌باشد و بر حسب درصد بیان می‌شود. برای مثال اگر ماشینی ۵ درصد از زمان بیکار باشد، آمادگی کار آن ۹۵ درصد است.

نیروی تولید عبارت است از مقیاس اندازه گیری توانایی تولید ماشین آلات در وضعیت معمولی. اگر نیروی تولیدی ماشین در اثر استفاده از آن کاهش پیدا کند، تاثیر این کاهش باعث افزایش هزینه تولید و در نتیجه باعث افزایش هزینه ساعتی در صورت ادامه کار با ماشین می‌گردد.

omoorepeyman.ir

هزینه مطرودی (از کارافتادگی و اسقاطی)

سابقه ماشین آلات ساختمانی نشان می‌دهد که پیشرفت های مستمر در جهت استفاده از ظرفیت تولید باعث کاهش هزینه تولید گردیده است. استفاده از این پیشرفتها که فقط با تعویض ماشین آلات قدیمی با ماشین آلات جدید عاید می‌شود، باعث کاهش تمایل به ادامه مصرف ماشین آلات قدیمی گردیده است. برای مثال اگر یک ماشین جدید بتواند هزینه تولید را ده درصد کاهش دهد، وقتی که با هزینه تولید ماشین موجود مقایسه می‌گردد، ملاحظه می‌شود که ماشین موجود باید ضرری بارزش ده درصد را متحمل شود. این مبلغ بعنوان ضرر مطرود شدن تعریف می‌شود. کوتاهی در استفاده از مزیت تقلیل هزینه تولید در اثر استفاده از ماشین آلات جدید باعث افزایش غیر ضروری هزینه تولید برای صاحب ماشین آلات قدیمی می‌گردد.

مصرف سوخت

هنگامی یک موتور بنزینی تحت شرایط استاندارد بکار گرفته می‌شود، حدود ۰/۲۲۷ لیتر سوخت بازای هر اسب بخار ساعت قدرت انتقالی به چرخ ها مصرف می‌کند. در حالیکه موتور دیزل حدود ۰/۱۵ لیتر سوخت بازای هر اسب بخار ساعت قدرت انتقالی به چرخ ها مصرف می‌کند. اسب بخار ساعت واحد اندازه گیری کار انجام شده بوسیله موتور می‌باشد

برای تعیین کار انجام شده بوسیله موتور دانستن قدرت متوسط تولید شده و همچنین مدت اجرای کار بوسیله موتور لازم می‌باشد. موتورهایی که در کارهای ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به جز در یک زمان کوتاه بندرت با یک بازده ثابت از آنها بهره برداری می‌شود. از حداکثر قدرت موتور یک تراکتور ممکن است در زمانی از سیکل که جهت بارگیری اسکریپر بکار گرفته می‌شود و یا در شیب سربالایی حرکت می‌کند، استفاده گردد و در بقیه زمان سیکل کار نیاز به قدرت کامل ماشین بطور محسوسی کاهش پیدا کرده و نتیجتاً مصرف سوخت تقلیل می‌یابد. همچنین ماشین آلات ساختمانی بندرت تمام ۶۰ دقیقه را در ساعت کار می‌کنند.

مثال

یک بیل مکانیکی با موتور دیزل و میزان قدرت انتقالی به چرخ ها برابر ۱۶۰ اسب بخار، مورد بررسی قرار می‌گیرد. جهت بارگیری کامیون موتور ممکن است با حداکثر قدرت برای پر کردن بیل بکار گرفته شود و زمان لازم برای آن ۵ ثانیه از یک سیکل ۲۰ ثانیه ای می‌باشد. در ۱۵ ثانیه دیگر موتور ممکن است با کمتر از نصف قدرت حداکثر کار کند. همچنین بیل ممکن است بمدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه یا بیشتر در ساعت بیکار باشد و موتور فقط نیاز به تولید قدرت برای قسمتهای داخلی خود داشته باشد.

فرضاً این بیل ۵۰ دقیقه در ساعت بکار گرفته شود، فاکتور بهره گیری آن برابر خواهد بود :

$$\text{فاکتور بهره گیری} = (\frac{۵۰}{۶۰}) \times ۱۰۰ = ۸۳/۳ \ \%$$

مقدار سوخت مصرفی در ساعت را بطور تقریب می‌توان بصورت زیر تعیین نمود:

اسب بخار۱۶۰ = میزان قدرت انتقال یافته به چرخ ها

فاکتور های موتور

$$\text{پر کردن بیل} = \frac{۵}{۲۰} \times ۱ = ۰/۲۵$$

$$\text{بقیه سیکل} = \frac{۱۵}{۲۰} \times ۰/۵ \times ۱ = ۰/۳۷۵$$

۰/۶۲۵ = کل فاکتور

omoorepeyman.ir

$$\text{فاکتور زمان} = \frac{۵۰}{۶۰} = ۰/۸۳۳$$

فاکتور بهره گیری = ۰/۶۲۵×۰/۸۳۳ = ۰/۵۲

سوخت مصرفی در ساعت = ۰/۵۲×۱۶۰×۰/۱۵ = ۱۲/۵ لیتر

برای سایر فاکتورهای اجرائی مقدار سوخت مصرفی باید مشابه روش فوق ارزیابی شود.

توان موتور (اسب بخار)× فاکتور مصرف سوخت = مصرف سوخت ماشین در ظرفیت کامل (گالن بر ساعت)

جدول (۲-۶) فاکتور مصرف سوخت برای شرایط کاری مختلف را برای چند نوع ماشین نشان می‌دهد:

جدول۲-۶. فاکتور مصرف سوخت (بر حسب درصد)

نوع ماشین	کم	متوسط	زیاد
کلامشل و دراگلاین	۴۰	۵۰	۶۰
جرثقال	۳۰	۴۰	۵۰
گریدر	۴۵	۶۰	۸۵
لودر چرخ لاستیکی	۴۵	۶۰	۸۵
لودر چرخ رنجیری	۵۰	۷۵	۹۰
کامیون مخصوص خارج از جاده	۲۵	۳۵	۵۰
اسکریپر دارای بالابر	۵۰	۶۵	۸۰
اسکریپر دوتایی (تاندوم)	۴۵	۶۵	۸۰
بیل مکانیکی و بیل معکوس	۵۰	۶۰	۷۰
تراکتور چرخ زنجیری	۴۵	۶۰	۸۰
تراکتور چرخ لاستیکی	۵۰	۶۵	۸۵

به کمک جدول۲-۶ می‌توانیم مصرف ساعتی سوخت را با ضرایب عملکرد متفاوت برای ماشین ها تخمین بزنیم. نظر به اینکه ماشین آلات تحت شرایط گوناگونی کار می‌کنند، راهنمایی های کاربردی نیز در دستیابی به ضریب عملکرد کمک می‌کند.

برای تخمین هزینه ساعتی سوخت ضریب عملکرد مربوطه را که تحت شرایط کاری متفاوت فرق می‌کند، انتخاب کرده و از آنجا مصرف ساعتی سوخت را بدست می‌آوریم که با ضرب در قیمت محل سوخت، هزینه ساعتی سوخت تعیین می‌شود.

جدول۲-۷. مصرف سوخت برای دو نمونه از ماشینها

مدل	شرایط کاری					
	کم		متوسط		زیاد	
	لیتر	گالن US	لیتر	گالن US	لیتر	گالن US
بولدوزر D۸R (۳۵۰hp)	۲۳-۲۸	۶-۷/۵	۲۸-۳۸	۷/۵-۱۰	۳۸-۵۱	۱۰-۱۳/۵
لودر ۹۶۶ کاترپیلار	۱۷-۲۱	۴/۵-۵/۵	۲۳-۲۸	۶-۷/۵	۳۲-۳۸	۸/۵-۱۰

مصرف روغن موتور :

مقدار روغن مصرفی بوسیله موتور با اندازه موتور، ظرفیت مخزن روغن، وضعیت رینگهای پیستون و تعداد ساعات بین تعویض روغن متغیر است. برای کارهای خاک آلود تعویض روغن ممکن است هر ۵۰ ساعت مناسب باشد، ولی این یک وضعیت غیر معمول

omoorepeyman.ir

است. مقدار روغن مصرفی بوسیله یک موتور در هر تعویض شامل روغن در هنگام تعویض به اضافه روغنی که بین دو تعویض در اثر کم کردن به آن اضافه می‌کنند، می‌باشد. فرمولی که می‌توان برای ارزیابی مقدار روغن لازم بکار برد عبارتست از:

$$q = \frac{hp \times ۰/۶ \times ۰/۰۰۲۷۲ \times (kg/hp - hr)}{۰/۸۸۷(kg/Lit)} + \frac{c}{t}$$

q مقدار روغن مصرفی بر حسب لیتر در ساعت

hp میزان اسب بخار موتور

c ظرفیت مخزن روغن بر حسب لیتر

t تعداد ساعت بین دو تعویض

فرمول فوق بر اساس فاکتور بهره گیری ۶۰ درصد استوار است. همچنین فرض بر اینست که مقدار روغن مصرفی بر حسب میزان اسب بخار ساعت بین تعویض ها برابر با ۰/۰۰۲۲۷ لیتر باشد. جدول ۲-۸ روغن و گریس مصرفی برای دو نمونه از ماشینها را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۸. تخمین مصرف ساعتی روغن و گریس

مدل	روغن موتور		روغن گیربکس و دیفرانسیل		روغن ترمز و کلاچ		کنترل آب		دفعات تعویض روغن در ۲۰۰۰ ساعت	دفعات تعویض گریس در ۲۰۰۰ ساعت
	لیتر	گالن	لیتر	گالن	لیتر	گالن	لیتر	گالن		
بولدوزر D۸R	۰/۱۲۹	۰/۰۳۴	۰/۱۴۴	۰/۰۳۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۰/۰۳۸	۰/۰۱	۱۳/۷	۵۸۰
لودر ۹۶۶	۰/۱۴۴	۰/۰۳	۰/۰۴۵	۰/۰۱۲	۰/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۷	۰/۰۱۹	۱۳	۴۳۲

لاستیک

مخارج تعمیر و تعویض لاستیک یکی دیگر از اقلام مهم مخارج ماشین آلات می‌باشد و این قلم پس از مخارج تعمیر کلی ماشین آلات از سایر اقلام بیشتر است. این عامل هزینه را به سختی می‌توان تخمین زد زیرا عمر لاستیک به طور دقیق مشخص نیست.

مهمترین و مطمئن ترین روش تخمین عمر لاستیک استفاده از تجارب قبلی دارنده ماشین آلات می‌باشد. در صورتیکه چنین آمار و تجاربی موجود نباشد می‌توان از جدول زیر به طور تقریبی این مدت زمان را تعیین نمود. قیمت لاستیک بر عمر لاستیک بر حسب ساعات کار تقسیم می‌شود تا مخارج ساعتی لاستیک بدست آید. مخارج تعمیرات لاستیک بر حسب درصدی از قیمت لاستیک بیان می‌شود. این مبلغ در صورت فقدان ارقام دقیق چیزی در حدود ۱۳ تا ۱۷ درصد قیمت لاستیک در نظر گرفته می‌شود.

معمولا عمر لاستیک کامیون ها بر حسب کیلومتر مطرح می‌شود. در این صورت عمر ساعتی لاستیک را می‌توان با در نظر گرفتن سرعت حداکثر ۱۶ کیلومتر بر ساعت بدست آورد. به عنوان مثال لاستیک گودیر مدل E-٤ دارای عمر ۵۶۵۰۰ کیلومتر است که عمر ساعتی آن برابر مقدار زیر بدست می‌آید.

$$\frac{۵۶۵۰۰}{۱۶} = ۳۵۳۱ \text{ ساعت}$$

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۹. عمر لاستیک ها (ساعت)

نوع ماشین	شرایط کاری		
	مناسب	متوسط	نامناسب
بولدوزر و لودر	۳۲۰۰	۲۱۰۰	۱۳۰۰
گریدر موتوردار	۵۰۰۰	۳۲۰۰	۱۹۰۰
اسکریپر			
تک موتوری	۴۶۰۰	۳۳۰۰	۲۵۰۰
دو موتوری	۴۰۰۰	۳۰۰۰	۲۳۰۰
فشاری، کششی و بالابر	۳۶۰۰	۲۷۰۰	۲۱۰۰
کامیونها	۳۵۰۰	۲۱۰۰	۱۱۰۰

قطعات یدکی

عاملی که در هنگام خرید ماشین آلات ساختمانی باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد، سهولت در امر تهیه قطعات یدکی آن ماشین می‌باشد. چون در دسترس بودن قطعات یدکی از مهمترین مزایای یک ماشین به شمار می‌آید. بطور کلی تمام قطعات ماشین آلات حتی در صورت مراقبت و نگهداری صحیح باز در معرض خرابی قرار می‌گیرند، مثلاً از بین رفتن یک قطعه اساسی در ماشینی مانند TBM باعث تاخیر در تحویل پروژه می‌شود. لذا پیمانکار باید قبل از خرید ماشین آلات بررسی نماید که قطعات یدکی آنها را از کجا و به چه طریق می‌تواند تهیه کند و در صورتیکه متوجه شد که قطعات یدکی را نمی‌توان به آسانی و به سرعت تهیه نمود، بهتر است که ماشین آلات دیگری را جایگزین کند که قطعات یدکی آن راحت تر و سریعتر بدست می‌آید.

نگهداری و تعمیرات

هزینه نگهداری و تعمیرات با نوع ماشین، نحوه بکارگیری و کیفیت نگهداری آنها متغیر است. مثلاً اگر یاتاقانی از یک موتور بطور مرتب گریسکاری و تنظیم شود، عمرش طولانی تر از یاتاقانی خواهد بود که مراحل فوق در مورد آن انجام نگرفته است. مخارج نگهداری و تعمیر ممکن است بصورت درصدی از استهلاک سالانه یا بصورت مستقل از استهلاک بیان گردد. به هرحال برای بهره برداری از ماشین آلات باید این نوع مخارج به حد کافی در نظر گرفته شود. مثلا مخارج متوسط سالانه نگهداری و تعمیر یک بیل هیدرولیکی بین ۸۰ تا ۱۲۰ درصد استهلاک سالانه آن متغیر است، ولی ممکن است مخارج سالانه بعضی ماشین آلات دیگر مانند سنگ شکن بیشتر و مثلاً موتور الکتریکی کمتر از مقدار فوق باشد. سوابق تجربی ماشین آلات می‌تواند راهنمای خوبی برای ارزیابی این نوع مخارج باشد.

۲-۶- انواع روشهای محاسبه مخارج ساعتی مالکیت و بهره‌برداری از ماشین آلات

برای بدست آوردن مخارج ساعتی، کل مخارج ثابت سالانه که شامل مخارج مالکیت، استهلاک، نگهداری و تعمیر و هزینه سرمایه گذاری است، به دست آورده، سپس مجموع آنها بر تعداد ساعات بهره گیری از ماشین در سال تقسیم می‌گردد. دستورالعمل‌های مختلفی برای محاسبه هزینه ساعتی ماشین آلات وجود دارد که در اینجا به بررسی آنها پرداخته می‌شود.

omoorepeyman.ir

- روش انجمن پیمانکاران آمریکا

این دستورالعمل در سال ۱۹۹۰ از سوی انجمن پیمانکاران آمریکا (AGC) تهیه و برای استفاده در اختیار پیمانکاران آن کشور قرار گرفته است. این دستورالعمل دارای مطالب گوناگون و مفصلی است که می‌تواند به عنوان راهنما به کار رود. برای محاسبه مخارج ساعتی اقلام متعددی باید محاسبه شود که در ادامه تشریح می‌شوند.

الف) هزینه استهلاک

استهلاک به کاهش ارزش تجهیزات بر اثر عمر ماشین، شرایط کاری و از کارافتادگی اطلاق می‌شود. استهلاک عاملی است که برای متعادل نمودن هزینه مالکیت در طول عمر اقتصادی یک ماشین لازم می‌باشد. به هزینه استهلاک در محاسبه مالیات تعلق نمی‌گیرد. هزینه استهلاک در تمامی مدتی که ماشین آلات در تملک شرکت قرار دارد محاسبه می‌شود، چه ماشین بطور مفید کار کند یا در حالت بیکاری باشد.

عمر اقتصادی به ساعت عبارت است از دوره‌ای که در طول آن هزینه‌های استهلاک پوشش داده می‌شود. برای ماشین آلات جدید این هزینه ها در طول عمر مفید توزیع می‌گردد. وقتی از ماشین آلات خریداری شده استفاده می‌شود بهتر است هزینه آن را تا عمر باقی مانده اقتصادی ماشین مستهلک نمود.

ب) هزینه های غیر مستقیم ناشی از مالکیت تجهیزات

هزینه‌های غیر مستقیم زیادی به مالکیت تجهیزات مربوط می‌شوند. این هزینه‌ها بایستی بوسیله نرخهای بهره‌برداری یا روشهای دیگر حسابداری پوشش داده شوند. هزینه‌های مالکیت مورد بررسی در این دستورالعمل هزینه‌های سرمایه می‌باشند. هزینه‌های انبار و تامین امنیت، بیمه های معمول، مالیات، هزینه‌های کسب مجوز هزینه‌های معاینه و نظارت بر تجهیزات، در نرخهای بهره‌برداری از پیش محاسبه شده گنجانده نشده‌اند. اما در جداول فاکتور هزینه می‌توان داده های مربوطه را پیدا نمود.

هزینه ای انبار و تامین امنیت شامل هزینه انبار و نگهداری از تجهیزات در دوره بیکاری ماشین آلات می‌باشد.

هزینه بیمه معمول در قبال حفاظت از ماشین آلات در برابر حوادثی چون سرقت، تصادفات و خرابکاری صرف می‌شود. این هزینه شامل حفاظت در برابر ریسکهای خاص مثل کارهایی که در نواحی خطرناک انجام می‌گیرد، نمی‌گردد.

مالیات‌ها شامل مالیات دارایی های خصوصی شرکت در صورتی است که این مالیات ها مستقیماً به تجهیزات بکار گرفته شده مربوط می‌شوند.

هزینه های اخذ مجوز برای استفاده از تجهیزات در صورت نیاز گنجانده می‌شوند.

مخارج بازرسی و نظارت بر تجهیزات شامل دستمزد ناظر و مکانیک باتجربه می‌باشد.

هزینه سرمایه تجهیزات (CFC) در این دستورالعمل گنجانده شده است. این هزینه با ضرب نرخ پول در ارزش متوسط تجهیزات و سرشکن نمودن آن در ساعات مصرف سالیانه ماشین بدست می‌آید.

$$\text{فاکتور هزینه سرمایه سالیانه} = \frac{(N-1)(1+S)+2}{2N} \times (\text{نرخ بهره پول})$$

$$\text{هزینه ساعتی سرمایه} = \frac{(\text{فاکتور هزینه سالیانه}) \times (\text{هزینه مالکیت})}{\text{ساعات مصرف سالیانه}}$$

omoorepeyman.ir

عمر بهره برداری (سال) : N

فاکتور ارزش اسقاطی : S

هزینه بیمه های خاص، بیمه مشمول مالیات، هزینه های اجرایی عمومی، هزینه های آموزش مکانیک و مالیات بر درآمد جز هزینه هایی هستند که در نرخهای قابل بازیافت گنجانده نشده‌اند. ولی به روشهای دیگر جبران می‌شوند.

ج) هزینه های تعمیر و نگهداری

۱) هزینه کارگر برای سوار کردن قطعات ماشین، هزینه تعمیر در محل و هزینه نگهداری شامل دستمزد و پرداخت های اضافی مکانیک می‌باشد. این تعمیرات شامل بازرسی‌های دوره‌ای تعویض قطعات اصلی و تنظیم یا تعویض قطعات فرعی می‌باشد.

۲) هزینه قطعات شامل آنهایی است که برای تعمیرات جزئی و کلی لازم می‌باشند.

۳) هزینه روکش کردن و جا انداختن لاستیک در طول عمر متوسط لاستیک اضافه می‌شود. همچنین تعمیرات سطح لاستیک و هزینه های وابسته به آن مانند وصله زدن، جا انداختن و بازکردن لاستیک، تمیز کاری، تنظیم باد لاستیک و بازرسی لاستیک از مواردی هستند که هزینه تعمیرات را به وجود می‌آورند.

۴) هزینه تعمیر چرخ زنجیری در هزینه های تعمیر و نگهداری گنجانده می‌شود. شرایط کاری بر عمر مفید چرخ زنجیرها اثر می‌گذارد. بنابراین برای کاربرد های پر مشقت تعدیل هزینه هم بر روی قطعات و هم بر روی کار پیشنهاد می‌شود.

د) هزینه های حرکت دادن و مستقر کردن تجهیزات

هزینه‌های انتقال تجهیزات از کارگاهی به کارگاه دیگر در این نرخها گنجانده نشده است. این هزینه‌ها شامل عوارض بزرگراه، عوارض گمرکی، کرایه کشتی، بارگیری و تخلیه از کشتی و هزینه اسمبل (مونتاژ) کردن و بازکردن دوباره تجهیزات خواهد بود.

هـ) هزینه سوخت و روغن

در این دستورالعمل هزینه سوخت بر اساس هزینه متوسط هر گالن و مصرف هر اسب بخار در شرایط کاری نرمال تخمین زده می‌شود. در حقیقت مصرف سوخت تحت تاثیر عوامل متغیر زیادی مانند زمین، سیکل بارگیری، قدرت موتور و کفایت متصدی قرار دارد.

هزینه روغن شامل هزینه مصرف روغن، تراوش روغن، نگهداری روغن و خنک کننده های روغن به علاوه فیلتر هوا و فیلتر روغن می‌باشد.

خ) سایر هزینه های بهره‌برداری از تجهیزات

قطعات و تجهیزاتی که برای تمامی ماشین ها و نه فقط یک ماشین خاص انبار می‌شوند. این اقلام شامل دندانه های جام، لبه های برنده، شیلنگ آب، کابل و غیره می‌شود. جبران این هزینه‌ها تحت عنوان کلی هزینه های نیروی کار صورت می‌گیرد.

سایر ملاحظات هزینه تجهیزات

مالیات سرمایه در این دستور العمل مد نظر قرار نمی‌گیرد. در این دستور العمل بهره متعلق به سرمایه در نظر گرفته نمی‌شود.

در این دستور العمل پیش بینی برای حوادث غیر مترقبه گنجانده نمی‌شود، هر چند باید پیمانکار برای حوادث غیر مترقبه نیز چاره اندیشی کند. جدول ۲-۱۰ به عنوان منبعی سریع جهت برآورد هزینه‌های تجهزات می‌باشد. هزینه‌های قابل جبران مشخص گردیده و برای سایر هزینه ها روشهای جبران هزینه پیشنهاد شده است. کلیه هزینه های نیروی کار شامل مزایا می‌باشند.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۰. هزینه تجهیزات

هزینه استهلاک	
استهلاک	هزینه های قابل جبران
هزینه های ترابری	
هزینه های غیر مستقیم مالکیت تجهیزات	
هزینه سرمایه تجهیزات	هزینه های قابل جبران
هزینه های انبار	هزینه بالاسری کلی/ پروژه
هزینه های تامین امنیت	یا
هزینه بیمه (با ریسک نرمال)	هزینه اضافه شونده
مالیات های محلی و ایالتی	
هزینه های اخذ مجوز	
هزینه های بازرسی و نظارت	
هزینه مکانیک	
بیمه های خاص	هزینه مستقیم
هزینه قطعات موجود در انبار	بالاسری پروژه
هزینه قطعات و تجهیزات کارگاه	
هزینه های عمومی اجرایی	
هزینه های عمومی مدیریت تجهیزات	
هزینه های عمومی موجودی قطعات	بالاسری عمومی
هزینه های ثبت	
هزینه های آموزش مکانیک	
مالیات دارایی	
هزینه های تعمیر و نگهداری	
هزینه های نیروی کار برای تعمیرات اساسی	
هزینه قطعات تعمیری	
هزینه نیروی کار برای نگهداری و تعمیر جزئی	هزینه های قابل جبران
هزینه قطعات تعمیری	
هزینه های تعویض و روکش نمودن لاستیک	
هزینه تعمیر چرخ زنجیری	
هزینه سرویس اساسی تجهیزات در کارگاه	رقم مجزا
هزینه سرویس تجهیزات در محل کار	
هزینه ابزار و تجهیزات کارگاه	بالا سری عمومی
هزینه حمل و استقرار تجهیزات	
هزینه حمل به محل کار	
هزینه تخلیه نصب و مونتاژ	
هزینه حمل از محل کار	هزینه مستقیم
هزینه حمل ویژه (شرایط اضطراری)	
عوارض بزرگراهی	
عوارض گمرکی	

omoorepeyman.ir

هزینه سوخت و سرویس روغنکاری	
هزینه های سوخت هزینه روغن هزینه فیلتر	هزینه های قابل جبران
هزینه بارکش سوخت هزینه وسیله حمل روغن	رقم مجزا
هزینه انبار سوخت و روغن	بالاسری پروژه
سایر هزینه های بهره برداری	
هزینه قطعات موجود قابل مصرف هزینه تجهیزات موجود قابل صرف هزینه نیروی کار	هزینه های قابل جبران
سایر ملاحظات هزینه تجهیزات	
مالیات بر سرمایه گذاری سود هزینه حوادث غیر مترقبه	گنجانده نشده

فرضیات و روش برآورد هزینه

الف. فاکتورهای هزینه ساعتی که در دستورالعمل جامعه پیمانکاران آمریکا منتشر شده است، بر پایه دو فرض زیر استوار است:

۱. فاکتورهای هزینه مرتبط با تجهیزات که قابل کاربرد در شرایط متوسط مکانیکی و شرایط کاری غیر سخت باشد توسعه داده می‌شود.

۲. وقتی این فاکتورها استفاده می‌شوند، هزینه‌های اضافی ساعتی برای تجهیزات در دراز مدت قابل پرداخت خواهد بود.

ب. فاکتور های هزینه تحت تاثیر عوامل متغیر زیادی می‌باشند.

۱. ابداعات جدید در تکنولوژی ماشین آلات

۲. تغییر در تعداد و نوع پیمانکاران شرکت کننده در پروژه

ج. فاکتورهای هزینه در فرمول های جدول (۲-۱۰) استفاده می‌شوند. این فرمول ها روش محاسبه هزینه‌های مندرج در دستورالعمل جامعه پیمانکاران آمریکا را نشان می‌دهد. نتایج این برآوردها برای شرایط متوسط بکار برده می‌شود و برای شرایط کاری دشوار حتما باید تنظیم های لازم بر روی فاکتورها صورت گیرد. تعدیل یک فاکتور هزینه می‌تواند بر مقدار سایر فاکتورها تاثیر بگذارد، برای مثال تعدیل ساعات کارکرد سالیانه بر هزینه های مالیات، بیمه و هزینه سرمایه تاثیر می‌گذارد.

د. هزینه تجهیزات کارکرده

۱) استهلاک

۱-۱) اگر ماشینی بیش از عمر اقتصادی آن به کار برده شود، هزینه های استهلاک از فرمول جدول (۲-۱۰) محاسبه می‌شود.

۱-۲) وقتی یک ماشین کارکرده در شرایط کاری خوب خریداری می‌شود، هزینه کسب ماشین، قیمت واقعی پرداخت شده برای خرید ماشین خواهد بود. عمر اقتصادی این ماشین را می‌توان متناسب با یک ماشین نو محاسبه نمود، برای مثال اگر قیمت خرید ماشین ۱۲۵ هزار واحد باشد و هزینه ماشین نو ۲۵۰ هزار واحد در این صورت عمر اقتصادی ماشین ۵۰ درصد ماشین نو خواهد بود.

omoorepeyman.ir

۱-۳) وقتی یک ماشین کارکرده خریداری و تعمیر می‌شود، هزینه کسب ماشین برابر مجموع قیمت خرید و هزینه تعمیرات خواهد بود.

۲) هزینه های بهره‌برداری

۲-۱) برآورد هزینه های بهره برداری برای ماشین آلات کارکرده تقریبا غیر ممکن است. در صنعت ساخت این نتیجه بدست آمده که عموماً هزینه تعمیر ماشین آلات دست دوم بیشتر از ماشین‌آلات نو می‌باشد. به هر حال تعیین هزینه بهره برداری ماشین آلات دست دوم نیازمند ارزیابی مکرر از وضعیت ماشین است.

۲-۲) تجهیزات متوقف شده

۲-۲-۱) برای برآورد هزینه تعمیر و لاستیک ماشین آلات متوقف شده فرمول های جدول (۲-۱۰) باید اصلاح شود. برای تعدیل اثر افزایش قیمت قطعات تعویض شده و لاستیک‌ها، قیمت پایه ماشین در این فرمول ها بر اساس فاکتورهای تعدیل قیمت مندرج در ضمیمه اصلاح می‌گردد.

مثال : لودر چرخ لاستیکی در ۱۹۷۸ به قیمت اولیه ۷۰ هزار واحد خریداری شده است که شامل هزینه ساعتی و تعویض قطعات و لاستیک خواهد شد. بنابراین قیمت پایه آن باید توسط فاکتور تعدیل برای دوره چرخ لاستیکی ۱۹۷۸ افزایش یابد

قیمت پایه ماشین:	۷۰ هزار واحد
فاکتور اصلاحی :	×۱/۷۵۲
قیمت پایه اصلاح شده:	۱۲۲/۶۴ هزار واحد

۲-۲-۲) فاکتورهای تعدیل به کمک آنالیز نمایه های دولتی، نشریه های راهنمای صنعتی و لیست قیمت سازنده ها، تعیین می‌شوند.

هـ شرایط بهره برداری سخت

۱) از آنجا که همه فاکتورهای هزینه در این دستورالعمل مقادیر متوسط می‌باشند، لذا نمی‌توانند نماینده همه شرایط کاری باشند. بنابراین در تمام شرایط ممکن اعم از آب و هوا، عوارض زمین محل عملیات، شرایط محیطی، ساعات اضافه کاری و شرایط غیر معمول باید فاکتورهای هزینه ارزیابی شوند.

و. کار چند شیفتی

۱) در طول زمانی که کار به صورت چند شیفته انجام می‌گیرد، تنظیمات لازم بر روی مقادیر هزینه‌های ثابت سالیانه صورت می‌گیرد. جبران این هزینه‌ها معمولاً بر پایه استفاده تک شیفتی در طول یک سال صورت می‌گیرد. برای شیفت دوم و سوم پیشنهاد می‌شود که هزینه‌های ثابت در ۵۰ درصد قیمت ها لحاظ شود.

۲) هزینه‌های بهره برداری در شیفت دوم و سوم را می‌توان در قیمت کلی لیست شده برای یک شیفت منظور کرد. به هرحال ممکن است تنظیم هزینه های بهره برداری برای در نظر گرفتن اثر فرسودگی در شیفت های کاری متعدد لازم آید.

ز. هزینه های زمان بیکاری تجهیزات

۱) ماشین آلات متعلق به یک پروژه در زمان بیکاری خود هزینه‌هایی را به دنبال دارند. زمان بیکاری زمانی است که تجهیزات آماده بکار می‌باشند، ولی تا موعد مورد نیاز بکار گماشته نمی‌شوند.

۲) سه نوع زمان بیکاری می‌توان در نظر گرفت :

omoorepeyman.ir

۲-۱) داوطلبانه : پیمانکار می‌تواند از یک ماشین بعنوان جایگزین برای سایر ماشین آلات مشابه در حال کار استفاده نماید. به منظور عدم ایجاد وقفه در روند کار از دستگاه جایگزین استفاده می‌شود.

۲-۲) اجباری : چنانچه پروژه به هر دلیلی به تعویق بیافتد یا کار برای مدتی تعطیل شود، دستگاه‌ها همچنان در سایت باقی می‌مانند، بدون اینکه کاری انجام دهند.

۲-۳) قانونی : به دستور دولتی یا تصمیم قضایی ممکن است پروژه به تعویق بیافتد، ولی ماشین آلات باید در سایت باقی بمانند.

۳) در هر موقعیت و شرایطی حتی هنگامی که از ماشین آلات استفاده نمی‌شود، هزینه‌ای که تجهیزات بوجود می‌آورند همچنان به قوت خود باقی است. در حالت بیکاری اجباری و قانونی صاحب تجهیزات یا کاربران آنها باید هزینه های مستقیم و غیر مستقیم مانند تاثیر دسترسی به ماشین‌آلات برای سایت های کاری دیگر، هزینه تامین امنیت، استخدام نگهبان و هزینه بالاسری تجهیزات ناشی از بیکاری آنها باید در نظر گرفته شود.

فرمول های محاسباتی مورد نیاز

الف . هزینه های مالکیت

هزینه مالکیت = (قیمت ثبت شده ماشین) × (فاکتور حمل و نقل + فاکتور تخفیف – ۱)

$$\text{استهلاک} = \frac{\text{(قیمت لاستیک)– (هزینه مالکیت) (ارزش اسقاطی–۱)}}{\text{عمر اقتصادی ماشین آلات (ساعت)}}$$

$$\text{هزینه سرمایه} = \frac{\text{(فاکتور هزینه سرمایه) (هزینه مالکیت)}}{\text{کارکرد سالانه ماشین آلات (ساعت)}}$$

$$\text{بیمه، مالیات، انبار، اخذ مجوز و ...} = \frac{\text{(فاکتور هزینه بیمه مالیات و ...) × (هزینه مالکیت)}}{\text{کارکرد سالانه ماشین آلات (ساعت)}}$$

$$\text{ب . هزینه نیروی کار} \quad \frac{\text{(ساعات تعمیر سالانه) (نرخ دستمزد کارگر)}}{\text{کارکرد سالانه ماشین آلات (ساعت)}}$$

ج . قطعات یدکی

قطعات یدکی = (قیمت ثبت شده ماشین) × (فاکتور سالانه قطعات)

د . تدارکات

تدارکات = (هزینه ساعتی قطعات یدکی) (فاکتور تدارکات)

$$\text{هـ . لاستیک} \quad \frac{\text{(قیمت ثبت شده ماشین) × (فاکتور لاستیک)}}{\text{عمر لاستیک (ساعت)}}$$

و . هزینه سوخت

omoorepeyman.ir

(قدرت اسب بخار ماشین) × (فاکتور سوخت) × (قیمت هر گالن سوخت)

ز. هزینه روغن

۱. برای تجهیزات با هزینه سوخت (هزینه سوخت ساعتی) (فاکتور روغن)

۲. برای تجهیزات بدون هزینه سوخت حجم روغن از جدول فاکتور هزینه محاسبه می‌شود.

ح . هزینه های مرکب

۱. هزینه ماهانه = (روغن+سوخت+استهلاک+هزینه سرمایه+هزینه کارگر+ قطعات یدکی+تدارکات+هزینه لاستیک) × ۱۷۵

۲. با داشتن هزینه ماهانه هزینه هفتگی روزانه و ساعتی قابل محاسبه است. برای محاسبه هزینه هفتگی فرض می‌شود ۲ روز در هفته تلف می‌گردد. بنابراین در یک ماه تقریبا ۴ هفته کار مفید صورت می‌گیرد. بنابراین (۰/۲۵= ۴ هفته ÷ ۱ ماه). برای محاسبه هزینه های روزانه فرض می‌شود ۴ ساعت در هفته هدر می‌رود و ۸ ساعت در روز کار انجام می‌گیرد (۰/۲۲۲=۳۶ ساعت ÷ ۸ ساعت) و برای محاسبه هزینه‌های ساعتی فرض می‌شود ۱ ساعت در روز هدر می‌رود یعنی ۷ ساعت کار در روز

(۰/۱۴۳=۷ ساعت ÷ ۱ ساعت)

۳. هزینه هفتگی = (هزینه ماهانه) × ۰/۲۵

۴. هزینه روزانه = (هزینه هفتگی) × ۰/۲۲۲

۵. هزینه ساعتی = (هزینه روزانه) × ۰/۱۴۳

۶. روش معمول برای تعیین هزینه های مرکب فوق استفاده از روش کمترین هزینه است. چنانچه مبنای زمان محاسبه هزینه‌ها ماهیانه باشد، هزینه ساعتی اضافی بر ۱۷۶ تقسیم می‌شود و چنانچه مبنا هزینه هفتگی باشد، هزینه ساعتی اضافی بر ۴۰ تقسیم می‌شود.

۷. در جاهایی که شرایط اجازه کار در ۱۲ ماه از سال را می‌دهد، پیمانکار می‌تواند از نرخ ماهیانه برای توزیع یکنواخت ساعات بهره برداری ماشین آلات در یک سال تقویمی استفاده نماید. در این صورت ۱۷۶ در فرمول هزینه ماهانه با ساعات متوسط کارکرد ماهانه که از فرمول زیر بدست می‌آید، جایگزین خواهد شد.

$$\text{ساعات کارکرد متوسط ماهانه} = \frac{\text{ساعات کارکرد سالانه}}{۱۲}$$

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۱. ماتریس تنظیم فاکتورها (این ماتریس دید کلی نسبت به تاثیر متغیرهای کاربر بر روی هزینه های تجهیزات فراهم می‌کند.)

متغیرهای کاربر	استهلاک	مالیات بیمه	نیروی کار	قطعات یدکی	تدارکات	لاستیک	سوخت	روغن	ماهانه	هفتگی	روزانه	ساعتی
تجربه پیمانکار	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
فعالیت ساخت	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
کار سخت	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
اجاره از طرف ثالث	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
کار چند شیفته	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
قیمت ثبت شده ماشین	*	*		*	*	*			*	*	*	*
ساعات عمر اقتصادی	*	*							*	*	*	*
کارکرد ساعتی سالیانه		*							*	*	*	*
تخفیف	*	*							*	*	*	*
فاکتور حمل و نقل	*	*							*	*	*	*
فاکتور پاداش	*	*							*	*	*	*
فاکتور مالیات بیمه و ...		*							*	*	*	*
فاکتور هزینه سرمایه		*							*	*	*	*
نرخ پول		*							*	*	*	*
جبران بیکاری ماشین			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ساعات تعمیر سالانه			*						*	*	*	*
نرخ دستمزد مکانیک			*						*	*	*	*
تجهیزات متوقف شده				*	*	*			*	*	*	*
فاکتور ساعتی قطعات یدکی				*	*				*	*	*	*
فاکتور تدارکات برای قطعات					*				*	*	*	*
فاکتور ارزش لاستیک						*			*	*	*	*
عمر ساعتی لاستیک						*			*	*	*	*
فاکتور سوخت							*	*	*	*	*	*
قیمت سوخت							*	*	*	*	*	*
تغییرات اسب بخار موتور							*	*	*	*	*	*
فاکتور روغن								*	*	*	*	*
قیمت روغن								*	*	*	*	*

omoorepeyman.ir

مثال: هزینه‌های مالکیت و بهره برداری ساعتی را برای لودر کاتر پیلار مدل ۹۶۶ محاسبه کنید.

اطلاعات زیر برای این ماشین از راهنمای هزینه تجهیزات پیمانکاران بدست آمده است.

جدول ۲-۱۲. فاکتورهای هزینه برای لودر کاترپیلار مدل ۹۶۶ (۲۱۶ اسب بخار)

ساعات عمر اقتصادی	ساعات کار سالیانه	فاکتور تخفیف	فاکتور حمل	فاکتور اسقاطی	فاکتور مالیات بیمه و ...	فاکتور cfc	ساعات تعمیر سالانه	فاکتور ساعتی قطعات یدکی	فاکتور تدارکات برای قطعات	فاکتور ارزش لاستیک	عمر ساعتی لاستیک	فاکتور سوخت (گالن بر اسب بخار برساعت)	فاکتور روغن
۹۸۱۰	۱۴۴۰	۰/۱۶۵	۰/۰۲۴	۰/۰۲۱	۰/۰۴۳	۰/۰۵	۲۴۰	۰/۰۰۰۰۳	۰/۱۹۶	۰/۰۴۷	۳۱۶۵	۰/۰۳۶	۰/۱۸۸

نرخ بهره : ۸/۵ درصد

قیمت سوخت : ۰/۸۱ واحد برای هر گالن

دستمزد مکانیک : ۲۳/۳ واحد

هزینه پایه تقریبی : ۲۱۲۴۲۰ واحد

۱. هزینه های مالکیت

هزینه کسب ماشین $= [۲۱۲۴۲۰ \times (۱ - ۰/۱۶۵ + ۰/۰۲۴)] = ۱۸۲۴۶۸$

استهلاک : $= \frac{۱۸۲۴۶۸ \times (۱ - ۰/۰۲۱ - ۰/۰۴۷)}{۹۸۱۰} = ۱۷/۳۳$

هزینه سرمایه : $= \frac{۱۸۲۴۶۸ \times ۰/۰۵}{۱۴۴۰} = ۶/۳۴$

هزینه های سوخت و تعمیرات :

هزینه نیروی کار: $= \frac{۲۴۰ \times ۲۳/۳}{۱۴۴۰} = ۳/۸۸$

هزینه قطعات : $۲۱۲۴۲۰ \times ۰/۰۰۰۰۳ = ۶/۳۷$

هزینه تدارکات : $۶/۳۷ \times ۰/۱۹۶ = ۱/۲۵$

هزینه لاستیک : $= \frac{۲۱۲۴۲۰ \times ۰/۰۴۷}{۳۱۶۵} = ۳/۱۵$

هزینه سوخت : $۲۱۶ \times ۰/۰۳۶ \times ۰/۸۱ = ۶/۴۲$

هزینه روغن : $۶/۴۲ \times ۰/۱۸۸ = ۱/۲۱$

هزینه مرکب ماهانه : $۱۷۶(۱۷/۳۳ + ۶/۳۴ + ۳/۸۸ + ۶/۳۷ + ۱/۲۵ + ۳/۱۵ + ۶/۴۲ + ۱/۲۱) = ۸۰۸۷/۲$

omoorepeyman.ir

هزینه هفتگی : ۰/۲۵ × ۸۰۸۷/۲ = ۲۰۲۱/۸

هزینه روزانه : ۰/۲۲۲ × ۲۰۲۱/۸ = ۴۴۸/۸

هزینه ساعتی : ۰/۱۴۳ × ۴۴۸/۸ = ۶۴/۲

جدول۲-۱۳. هزینه های لودر کاترپیلار مدل ۹۶۶ (۲۱۶ اسب بخار)

هزینه پایه تقریبی	ساعات عمر اقتصادی	ساعات کار سالیانه	هزینه‌های مالکیت ساعتی		هزینه های ساعتی سوخت و تعمیرات						هزینه‌های مرکب مالکیت و تعمیر			
			استهلاک	بهاء	نیروی کار	قطعات یدکی	تدارکات	لاستیک	سوخت	روغن	ماهانه	هفتگی	روزانه	ساعتی
۲۱۴۲۰	۹۸۱۰	۱۴۴۰	۱۷/۳۳	۶/۳۴	۳/۸۸	۶/۳۷	۱/۲۵	۳/۱۵	۶/۴۲	۱/۲۱	۸۰۸۷/۲	۲۰۲۱/۸	۴۴۸/۸	۶۴/۲

۲-۷- دستورالعمل سازمان برنامه و بودجه

این دستورالعمل از سوی سازمان برنامه و بودجه (سابق) برای استفاده پیمانکاران به صورت نشریه منتشر شده است.

استهلاک ساعتی سرمایه برای دارندگان ماشین آلات

ماشینی که مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، به تدریج بازدهی کاریش کم می‌شود و این افت بازدهی وقتی به ۶۰ درصد بازدهی زمانی که نو بوده است برسد، ماشین عمر مفید خود را نموده و ادامه کار با آن غیر اقتصادی می‌شود. حداکثر افت قیمت چنین ماشینی با توجه به شرایط روز در ایران ۷۰ درصد قیمت خرید اولیه‌اش در هنگامی که نو بوده می‌باشد و همین مقدار نیز در محاسبات مربوطه تحت عنوان استهلاک در نظر گرفته می‌شود. علت عدم استهلاک کامل (۱۰۰ درصدی) ماشین به این دلیل است که در کشورهای تولید کننده ماشین آلات نسبت تعمیرات و تهیه قطعات یدکی به قیمت اولیه ماشین در مقایسه با چنین هزینه‌هایی در ایران به نحوی است که نمی‌توان ضوابط کشورهای تولید کننده را عیناً در ایران ملاک عمل قرار داد و به طور مثال در آمریکا وقتی یک بولدوزر ده هزار ساعت بطور متوسط کار کند، این ماشین صد درصد مستهلک شده است و بدنه ماشین دیگر هیچ ارزشی نخواهد داشت. در صورتیکه در ایران ماشین مستهلک شده معمولاً پس از انجام یک سری تعمیرات اساسی و تعویض قسمت های اصلی دوباره آماده کار و بهره‌برداری می‌شود و به همین دلیل اسکلت ماشین دارای ارزش است و این ارزش تقریباً به میزان ۳۰ درصد قیمت اولیه ماشین می‌باشد.

S عمر مفید ماشین بر حسب ساعت

B مبلغی که دارنده ماشین برای خرید نقدی آن پرداخته است (قیمت خرید نقدی)

C مبلغ حاصل از فروش ماشین مستهلک شده $= ۰,۳B$

omoorepeyman.ir

استهلاک ساعتی سرمایه از فرمول زیر بدست می‌آید :

$$\frac{B-C}{S}=\frac{۰,۷B}{S}$$

بهره ساعتی سرمایه برای دارندگان ماشین آلات :

مبلغی که بابت بهره سرمایه در نظر گرفته می‌شود، دارای دو جزء است :

الف- افت ارزش پول که ناشی از عوامل تورم و سایر عوامل اقتصادی در یک کشور است و به صورت گران شدن کالاها و خدمات تجلی پیدا می‌کند. لذا هنگام محاسبه هزینه ساعتی ماشین آلات باید صاحب سرمایه نه تنها به استهلاک سرمایه توجه نماید، بلکه باید متوجه باشد که برگشت سرمایه حاصل از کار ماشین به میزانی باشد که پس از مستهلک شدن ماشین بتواند با آن سرمایه، ماشین نو مشابهی به قیمت روز تهیه و جایگزین ماشین اولیه نماید.

نکته مهمی که در اینجا لازم به یادآوری است این که افت ارزش پول معمولاً از طریق شاخص تورم به طور مرتب اعلام می‌گردد. ولی این شاخص نمی‌تواند ملاک عمل برای محاسبات قرار گیرد، زیرا شاخص تورم از عوامل متفاوتی که با یکدیگر اختلاف زیاد دارند تشکیل یافته است. لذا در مورد ماشین آلات باید از رقم شاخص تورم صرفاً به عنوان راهنما استفاده کرد. با توجه به اینکه ماشین‌آلات عمدتاً از طریق واردات تامین می‌شوند، برای این منظور بهتر است به افزایش قیمت ماشین آلات در سطح بین المللی و همچنین نرخ برابری ارزهای خارجی توجه نمود.

ب- سهمی از سودی که گیرنده پول با به کار انداختن آن بدست می‌آورد.

میزان سود سرمایه

در شرایط فعلی اگر قیمت کالایی زیاد باشد، اغلب خریداران اقدام به خرید نقد و اقساط می‌نمایند و چون ماشین آلات ساختمانی اکثراً گران هستند، لذا در این بررسی واقعیت های فعلی ملاک عمل قرار گرفته و میزان سود سرمایه با توجه به شرایط فعلی در نظر گرفته می‌شود.

مبلغی که در حال حاضر بطور نقدی برای خرید ماشین‌آلات پرداخت می‌شود، اکثراً زیر ۲۰ درصد قیمت ماشین می‌باشد و بقیه پول در اقساط بلند مدت از خریداران دریافت می‌شود. چون خریداران ۸۰ درصد از قیمت ماشین را عملاً سرمایه گذاری نمی‌کنند، بلکه از کارکرد ماشین درآمد خود ماشین را بدست می‌آورند. لذا بند ب از قسمت سود سرمایه شامل این ۸۰ درصد قیمت ماشین نمی‌شود، ولی به عوض خریداران، سود کمپانی فروشنده را باید بپردازند که در آن افت ارزش پول نیز منظور شده است.

بنابراین چنانچه در محاسبات سود ۲۰ درصد نقدی خریدار را نیز معادل سود کمپانی فروشنده در نظر بگیریم، می‌توانیم در حد قابل قبولی که با واقعیات کار تطبیق می‌نماید قرار بگیریم.

در حال حاضر سود اکثر کمپانی‌های فروشنده ماشین آلات ۱۶ درصد است و ما نیز همین رقم را پیشنهاد کرده و در محاسبات خود منظور می نماییم

نکته دیگری که در محاسبات باید در نظر گرفته شود این است که چون ۷۰ درصد قیمت ماشین در محاسبات مستهلک می‌گردد و لذا سود ۷۰ درصد قیمت ماشین نیز بطور استهلاکی حساب می‌شود، ۳۰ درصد بقیه باید از سود کامل برخوردار گردد. یعنی ۷۰٪ با سود یکنواخت $\frac{۱۶}{۲}=۸$ درصد و ۳۰٪ با سود یکنواخت ۱۶ درصد باید مبنی محاسبات قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

فرمول های محاسبه سود ساعتی سرمایه برای دارندگان ماشین آلات

با توجه به آنچه گفته شد:

S عمر مفید ماشین بر حسب ساعت

B قیمت خرید نقدی ماشین

C مبلغ حاصل از فروش ماشین مستهلک شده = $۰,۳B$

D سود سالیانه سرمایه بر حسب درصد (دراینجا ۱۶٪)

N عمر بهره برداری از ماشین بر حسب سال

سود ساعتی سرمایه برابر است با :

$$\frac{۰,۳B.D.N + ۰,۷B.D.N \times \frac{۱}{۲}}{۱۰۰S} = \frac{۰,۶۵B.D.N}{۱۰۰S}$$

و برای سود ۱۶ درصدی بصورت زیر در می‌آید:

$$= \frac{۰,۱۰۴B.N}{S}$$

هزینه‌های سرمایه‌ای جهت برآورد مقدماتی

با توجه به اینکه برآورد کنندگان و یا کارفرمایان هنگام محاسبه هزینه‌های سرمایه‌ای اغلب به نوع، مدل، قدرت و قیمت ماشین دسترسی ندارند، لذا باید شرایط متوسطی را که بتوان به کمک آن به رقم قابل قبول رسید، مورد استفاده قرار داد. برای رسیدن به چنین رقمی باید ماشینی را مورد نظر قرار داد که نیمی از عمر مفید خود را پشت سر گذاشته که به این ترتیب دارای بازدهی متوسط تعمیرات عمر متوسط و بالاخره هزینه های متوسط خواهد بود.

استهلاک ساعتی سرمایه برای برآورد مقدماتی

استهلاک ساعتی سرمایه برای برآورد مقدماتی از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$\text{استهلاک ساعتی سرمایه} = \frac{۰,۷B}{S}$$

اگر E را قیمت متوسط ماشینی که برای محاسبه هزینه ساعتی متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرد، در نظر بگیریم، مقدار آن به این ترتیب حساب می‌شود. اولاً فرض می‌کنیم قیمت ماشین نو در تاریخی که برآورد مقدماتی انجام می‌شود، B باشد و ثانیاً قیمت ماشین آلات بطور متوسط در هر سال ۱۰ درصد اضافه شده باشد و ثالثاً عمر بهره برداری ماشین N سال باشد. حال قیمت متوسط ماشین با عمر N سال به دست می‌آید:

$$E = B + ۰,۱B\frac{N}{۲} = B(۱ + ۰,۰۵N)$$

یا

$$B = \frac{E}{(۱ + ۰,۰۵N)}$$

omoorepeyman.ir

و با توجه به استهلاک ساعتی سرمایه جهت برآورد مقدماتی : $\frac{۰,۷B}{S}$

استهلاک ساعتی سرمایه برای برآورد مقدماتی بدست می‌آید:

$$\frac{۰,۷E}{(۱+۰,۰۵N)\times S}$$

سود ساعتی سرمایه برای برآورد مقدماتی :

با توجه به توضیحات پیش گفته سود ساعتی سرمایه جهت برآورد مقدماتی با استفاده از قیمت متوسط ماشین به جای قیمت خرید نقدی بصورت زیر بدست می‌آید:

$$= \frac{۰,۱۰٤\,B.N}{S}$$

$$\text{سود ساعتی سرمایه برای برآورد مقدماتی} = \frac{۰,۱۰٤\,E.N}{(۱+۰,۰۵N)\times S}$$

نگهداری، تعمیرات، تهیه قطعات یدکی و قطعات مصرفی

در مواردی که دسترسی به ارقام صحیح امکان پذیر نیست می‌توان از فرمول زیر که ارقام متوسط تجربی را ارائه می‌دهد، استفاده نمود:

الف. هزینه ساعتی تعمیر و نگهداری برای آن دسته از دارندگان ماشین‌آلات که دارای دستگاه حسابداری صنعتی نبوده و از رقم صحیح هزینه اطلاع ندارند، در این حالات هزینه ساعتی تعمیر و نگهداری و تهیه قطعات یدکی و قطعات مصرفی از فرمول زیر بدست می‌آید :

$$\text{هزینه ساعتی تعمیر و نگهداری و تهیه قطعات یدکی} = \frac{I.B}{S}$$

I: ضریب هزینه تعمیر و نگهداری

B: قیمت نقدی خرید اولیه ماشین

S: عمر مفید ماشین بر حسب ساعت

ب. هزینه ساعتی تعمیر و نگهداری، که در این حالت هزینه ساعتی از فرمول محاسبه می‌شود:

$$\text{هزینه ساعتی تعمیر و نگهداری و تهیه قطعات یدکی} = \frac{I.B}{S}$$

B: از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$B = \frac{E}{(۱+۰,۰۵N)}$$

N: عمر بهره برداری از ماشین بر حسب سال

E: قیمت متوسط ماشین جهت برآورد مقدماتی

با توجه به مطالب فوق هزینه ساعتی تعمیر، نگهداری و تامین قطعات یدکی را با رابطه زیر می‌توان حساب کرد:

omoorepeyman.ir

$$\text{هزینه ساعتی تعمیر و نگهداری و تهیه قطعات یدکی} = \frac{I.E}{(۱+ ۰,۰۵N)\times S}$$

سوخت

مقدار سوخت مصرفی ماشین آلات بنزین سوز یا گازوئیل سوز را بر اساس فرمول های سازمان برنامه و بودجه می‌توان بدست آورد:

- برای ماشین های سنگین $۰/۱۷۵\,x$
- برای ماشین های نیمه سنگین $۰/۱۴\,x$
- برای ماشین های سبک $۰/۱۲\,x$

x: قدرت موتور ماشین بر حسب اسب بخار(hp) می‌باشد. در مورد ماشین هایی که با برق کار می‌کنند، می‌توان از فرمول زیر استفاده نمود :

یک کیلو وات (kw) = ۱/۳۷ اسب بخار(hp)

ماشین های سبک: بتونیر، سواری، ویبراتور، لندرور یا انواع وانت، وینچ دیزلی، پمپ های دیزلی کوچک.

ماشین آلات نیمه سنگین: تراک میکسر، انواع مینی بوس و اتوبوس، دامپر، پمپ بتن، انواع کمپکتور دیزلی، انواع شمع کوب، ماشین های پخش کننده قیر

باقی ماشین آلات سنگین به حساب می آیند.

روغن، گریس، آب، باطری

هزینه مواد مصرفی برای ماشین آلات مختلف متفاوت است. ولی بعلت تاثیر کمی که این نوع هزینه ها بر هزینه ساعتی ماشین آلات دارند، می‌توان از دقت زیاد صرفنظر نمود و رقم متوسطی را به کار برد. به طور کلی هزینه مواد مصرفی معادل ۲۰ درصد هزینه سوخت پیشنهاد می‌شود.

مثال

مطلوبست برآورد هزینه مالکیت و بهره برداری برای ماشین لودر کاترپیلار مدل ۹۶۶

عمر مفید ۱۰،۰۰۰ ساعت

عمر بهره برداری ۶/۷ سال

تعداد ساعات بهره گیری سالیانه ۱۵۰۰ ساعت

قیمت تحویل ماشین ۱۶۰۰ میلیون ریال

قدرت موتور ۲۱۶ اسب بخار

نرخ سود ۱۰ درصد

قیمت سوخت ۱۶۰ ریال برای هر لیتر

اسقاط ماشین $۰/۳E = ۰/۳\times ۱۶۰۰ = ۴۸۰$ میلیون ریال

قیمت لاستیک ۳۲ میلیون ریال

omoorepeyman.ir

عمر لاستیک ۳۰۰۰ ساعت

مخارج مالکیت

$$\text{استهلاک} = \frac{۲۰۰Y}{N} \times \text{ارزش ماشین در ابتدای سال}$$

$$= \frac{۲ \times (۱۶۰۰ - ۳۲)}{۶/۷} = ۴۶۸/۰۵۹۷ \text{ میلیون ریال}$$

سرمایه گذاری در ابتدای سال ۱۶۰۰ میلیون ریال

سرمایه گذاری در انتهای سال ۱۶۰۰ − ۴۶۸/۰۵۹۷ = ۱۱۳۷/۹۴ میلیون ریال

سرمایه متوسط $\frac{۱۶۰۰ + ۱۱۳۷/۹۴}{۲} = ۱۳۶۵/۹۷$ میلیون ریال

مخارج سود ساعتی $۱۳۶۵/۹۷ \times \frac{۰/۱}{۱۵۰۰} \times ۱۰^۶ = ۹۱۰۶۵$ ریال در ساعت

کل مخارج مالکیت $\frac{۴۶۸/۰۵۹}{۱۵۰۰} \times ۱۰^۶ + ۹۱۰۶۵ = ۴۰۳۱۰۴$ ریال در ساعت

مخارج بهره برداری از ماشین

مخارج سوخت

مصرف سوخت ساعتی (فاکتور مصرف ۶۰ درصد) ۲۹/۴۲ = ۰/۶ × ۲۱۶ × ۰/۲۲۷ لیتر

قیمت سوخت ۲۹/۴۲ × ۱۶۰ = ۴۷۰۷/۱ ریال

مخارج سرویس ساعتی (۱/۳ مخارج سوخت تخمین زده می‌شود) ۱/۳ × ۴۷۰۷/۱ = ۱۵۶۹ ریال

مخارج تعمیرات

هزینه تعمیرات در طول عمر ماشین (با ضریب ۰/۶) ۹۴۰/۸ = ۰/۶ × (۳۲ − ۱۶۰۰) میلیون ریال

هزینه ساعتی تعمیرات برای سال اول:

$$\frac{۱}{۱ + ۲ + ۳ + \ldots + ۶ + ۶/۷} \times ۹۴۰/۸ = ۳۳/۹۶۴ \text{ میلیون ریال}$$

مخارج ساعتی تعمیرات $\frac{۳۳/۹۶۴}{۱۵۰۰} \times ۱۰^۶ = ۲۲۶۴۳$ ریال

مخارج لاستیک

مخارج تعویض لاستیک $\frac{۳۲}{۳۰۰۰} \times ۱۰^۶ = ۱۰۶۶۷$ ریال

مخارج تعمیر لاستیک ۱۰۶۶۷ × ۰/۱۵ = ۱۶۰۰ ریال

کل مخارج لاستیک ۱۲۲۶۷ ریال

omoorepeyman.ir

مخارج روغن

مصرف ساعتی روغن $q = \frac{hp \times ۰/۶ \times ۰/۰۰۲۷۲}{۰/۸۸۷} + \frac{c}{t}$

لیتر در ساعت $= \frac{۲۱۶ \times ۰/۶ \times ۰/۰۰۲۷۲}{۰/۸۸۷} + (۰۱۴۱ + ۰/۰۴۵ + ۰/۰۵ + ۰/۰۷) = ۰/۷۰۶$

هزینه ساعتی روغن (از قرار لیتری ۱۰،۰۰۰ ریال) ۰/ ۷۰۶ ×۱۰،۰۰۰ = ۷۰۶۰ ریال

کل مخارج بهره برداری ساعتی **۴۸۲۴۶**

- روش کلاسیک

این روش در کتب متداول ماشین‌آلات ارایه شده و می‌تواند به عنوان راهنمای عمومی مورد استفاده قرار گیرد.

مثال

مطلوبست تعیین هزینه ساعتی بابت مالکیت و بهره برداری یک بیل مکانیکی که با موتور دیزل نصب شده روی شاسی با چرخ زنجیری و ظرفیت ۱/۵ مترمکعب و اطلاعات زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

موتور ۱۶۲/۱۷۶ اسب بخار

ظرفیت مخزن روغن ۲۲/۷۱۲ لیتر

جمع ساعات بین دو تعویض ۱۰۰ ساعت

فاکتور بهره گیری از موتور ۰/۶

محاسبه سوخت مصرفی لیتر در ساعت ۰/۶×۰/۱۵+۱۶۲/۱۷۶=۱۴/۵۹۶

روغن مصرفی لیتر در ساعت $\frac{۱۶۲/۱۷۶ \times ۰/۶ \times ۰/۰۰۲۷۲}{۰/۸۸۷} + \frac{۲۲/۷۱۲}{۱۰۰} = ۰/۵۲۵$

وزن خالص ۶۱۷۰۰ کیلوگرم

عمر مفید ۶ سال

تعداد ساعات بهره گیری از ماشین در سال ۲۰۰۰ ساعت

مخارج مالکیت

قیمت ماشین ۶۵۸۰۸۰۰ واحد

هزینه حمل و نقل ۶۱۷۰۰ کیلوگرم (بازای هر ۱۰۰ کیلوگرم ۳۱۷/۴ واحد) = ۱۹۵۸۴۰ واحد

تخلیه و آماده کردن ۱۷۶۰۰ واحد

مخارج کل مالکیت ۶۷۹۴۲۴۰ واحد

ارزش متوسط ماشین ۶۷۹۴۲۴۰×۰/۵۸۳۳ = ۳۹۶۳۰۸۰ واحد

مخارج سالیانه

استهلاک ۶۷۹۴۲۴۰÷۶ =۱۱۳۲۳۷۳ واحد

نگهداری و تعمیرات؛ ۱۰۰ درصد استهلاک ۱۱۳۲۳۷۳ واحد

omoorepeyman.ir

بهره سرمایه گذاری ۱۲ درصد

هزینه سرمایه‌گذاری ۰/۱۲×۳۹۶۳۰۸۰ = ۴۷۵۵۷۰ واحد

کل مخارج ثابت سالانه ۲۷۴۰۳۱۶ واحد

مخارج ساعتی

مخارج ثابت در ساعت ۲۷۴۰۳۱۶÷۲۰۰۰ = ۱۳۷۰ واحد

سوخت ۱۴/۵۹۶ لیتر ۱۰×۱۴/۵۹۶ = ۱۴۵/۹۶ واحد

روغن موتور ۰/۵۲۵×۶۰ = ۳۱/۴۴ واحد

جمع کل هزینه در ساعت بدون کارگر ۱۵۴۷/۴ واحد

مثال

مطلوبست مخارج ساعتی مالکیت و بهره برداری یک واگن تخلیه کننده از زیر با طرفیت توده ای ۱۹ متر مکعب که با شش چرخ لاستیکی مجهز شده است. چون چرخ و واگن دارای عمر مختلف هستند، بنابراین آنها به طور جداگانه مورد بحث قرار می‌گیرند. اطلاعات زیر مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

موتور دیزل بقدرت ۲۵۳/۴ اسب بخار

ظرفیت مخزن روغن ۵۳ لیتر

تعداد ساعات بین دو تعویض روغن ۸۰ ساعت

فاکتور بهره گیری ۰/۶

محاسبه مصرف سوخت در ساعت ۰/۶×۰/۱۵×۲۵۳/۴ = ۲۲/۸۱ لیتر

مصرف روغن در ساعت $\frac{۵۳}{۸۰} + \frac{۲۵۳/۴ \times ۰/۶ \times ۰/۰۰۲۷۲}{۰/۸۸۷} = ۱/۱۳$ لیتر

عمر مفید ماشین ۵ سال

تعداد ساعات بهره گیری درسال ۲۰۰۰ ساعت

هزینه نگهداری و تعمیر ، ۵۰ درصد استهلاک

عمر لاستیک ۵۰۰۰ ساعت و هزینه تعمیرات آن ۱۵ درصد استهلاک

مخارج مالکیت

قیمت تحویل ماشین به مالک ۳۸۱۱۲۰۰ واحد

قیمت لاستیک کسر می‌شود ۷۴۸۸۰۰- واحد

قیمت خالص (بدون لاستیک) ۳۰۶۲۴۰۰ واحد

سرمایه گذاری متوسط (ارزش متوسط) ۰/۶×۳۸۱۱۲۰۰ = ۲۲۸۶۷۲۰ واحد

هزینه سالیانه

استهلاک ۵÷۳۰۶۲۴۰۰ = ۶۱۲۴۸۰ واحد

نگهداری و تعمیرات ۰/۵×۶۱۲۴۸۰ = ۳۲۶۲۴۰ واحد

omoorepeyman.ir

بهره سرمایه گذاری ۱۲ درصد	
سرمایه گذاری	۰/۱۲×۲۲۸۶۷۲۰ = ۲۷۴۴۰۶ واحد
مخارج کل ثابت سالانه	۱۱۹۳۱۲۶ واحد
مخارج ساعتی	
هزینه ثابت	۱۱۹۳۱۲۶ ÷ ۲۰۰۰ = ۵۹۷ واحد
استهلاک لاستیک	۷۴۸۸۰۰ ÷ ۵۰۰۰ = ۱۵۰ واحد
تعمیر لاستیک	۱۵۰×۰/۱۵ = ۲۳ واحد
سوخت ۲۲/۸۱ لیتر و هر لیتر ۱۰ واحد	۲۲۸/۱ واحد
روغن ۱/۱۳ لیتر و هر لیتر ۶۰ واحد	۶۷/۸ واحد
جمع کل هزینه در ساعت بدون کارگر	۱۰۶۵/۹ واحد

۲-۸- بررسی مخارج تملک ماشین آلات و مقایسه با روشهای دیگر

پیمانکاران و سایر مصرف کنندگان ماشین‌آلات ساختمانی دائماً در برابر این تصمیم قرار دارند که آیا ماشین آلات را خریداری یا اجاره نمایند. تحت شرایط خاصی خریداری ماشین آلات دارای مزایای اقتصادی زیادی است، در صورتیکه ممکن است تحت شرایط دیگر کرایه آنها اقتصادی تر و موفقیت آمیزتر باشد.

یک پیمانکار ممکن است تصمیم بگیرد تمام یا قسمتی از ماشین آلات مورد نیاز خود را در یک پروژه به دلیل مدت زمان کوتاه انجام کار، عدم اطمینان از وجود کار در آینده یا فقدان سرمایه کافی اجاره نماید. مسائلی که در کرایه ماشین آلات باید مورد توجه قرار گیرند، هزینه و تعمیرات ماشین آلات کرایه‌ای است. هزینه کرایه ماشین تحت تاثیر میزان تقاضا برای آن، وضعیت ماشین و موقعیت اقتصادی طرفین می‌باشد.

هزینه‌ها معمولا بر پایه میزان کارکرد ساعتی ماشین محاسبه می‌شود. میزان کارکرد را می‌توان از روی گزارشات پیمانکار یا گزارش ناظر یا از روی شمارنده کارکرد موتور و یا ترکیبی از این روش ها تعیین نمود.

تعمیرات جز مسائل اساسی در هر توافق نامه اجاره ماشین آلات می‌باشد. بسته به عرف محلی و نوع و شرایط تجهیزات، خط مشی مالکین ماشین آلات متفاوت خواهد بود. مالک باید بازدیدهای فنی و تعمیرات اساسی را به موقع انجام دهد تا ماشین در دوره اجاره بتواند بدون نقص فنی قابل ملاحظه به کار بپردازد. موجر نیز باید تمامی تعمیرات جزئی، خسارات ناشی از استفاده غیر صحیح یا تعویض لوازم مصرفی مانند کابلها، تیغه‌های برش و سایر قطعات در معرض سایش را بر عهده گیرد و ماشین را به همان فرم اولیه صرفنظر از فرسایش طبیعی به مالک بازگرداند.

- تملک در مقایسه با اجاره

هدف از این بحث تعیین اقتصادی ترین روش برای مصرف کنندگان می‌باشد. حداقل سه روش متداول موجود است و پیمانکار باید بررسی کند که استفاده از کدام یک از این روشها مطمئن تر می‌باشد.

۱. خریدن ماشین‌آلات

omoorepeyman.ir

۲. اجاره کردن ماشین‌آلات

۳. اجاره کردن ماشین‌آلات به شرط تملیک آنها در یک زمان طولانی

روش انتخاب شده باید بگونه‌ای باشد که بتواند مصرف ماشین آلات را با کمترین مخارج کل تامین نماید. هر کدام از روشها دارای محاسن و معایبی هستند که باید قبل از تصمیم گیری مورد بررسی قرار گیرند. اگر هزینه تنها عامل مورد نظر باشد، یک تحلیل اقتصادی متعارف هزینه/سود با هر کدام از روشها جوابگو خواهد بود. اگر عوامل دیگری باید مورد نظر قرار گیرند، ابتدا باید آنها را ارزیابی کرد و سپس در هزینه جهت کمک به تصمیم گیری منظور نمود. تصمیم صحیح برای یک پیمانکار ممکن است برای پیمانکار دیگر مفید نباشد.

به عنوان مثال ممکن است برای یک پیمانکار استفاده از سیستم تخلیه آبهای سطحی در گودبرداری به وسیله حفر چاه در اطراف آن و تخلیه آبهای زیر زمینی آنها بوسیله پمپاژ کردن مقدور باشد. در صورتیکه برای پیمانکار دیگر مصرف اینگونه سیستم فقط یک بار در چند سال پیش بیاید. لذا پیمانکار اول باید ماشین‌آلات لازم را خریداری کند و پیمانکار دوم آنها را اجاره نماید. بنابراین پیمانکاری که ماشین آلات را خریداری می‌نماید، آنها را دائماً مصرف می‌کند و دیگری که آنها را بندرت مورد استفاده قرار می‌دهد، باید ماشین آلات را اجاره کند.

در اینجا با استفاده از یک سری فرضیات معادله‌ای ارائه می‌شود که تعداد ساعات مصرف در سال را که مخارج مالکیت و اجاره ماشین آلات برابر می‌شود، محاسبه می‌کند. به علت فرضیات انجام شده و نوسانات در وضعیت بهره گیری از ماشین نمی‌توان چندان انتظار داشت که نتیجه دقیق باشد، ولی می‌تواند به عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرد.

P: هزینه کل ماشین

S: ارزش نهایی تخمین زده شده در انتهای عمر مفید ماشین آلات

N: تعداد سال عمر مفید

p : نسبت هزینه سالانه نگهداری و تعمیرات تقسیم بر هزینه سالانه استهلاک بر اساس مصرف۲۰۰۰ ساعت ماشین آلات در سال

q: مساوی P است اگر ماشین آلات ۲۰۰۰ ساعت در سال مورد استفاده قرار گیرند و کوچکتر از P است اگر ماشین آلات کمتر از ۲۰۰۰ ساعت در سال مورد استفاده قرار گیرند.

i: مجموع هزینه های سالانه، بهره، بیمه، مالیات و توقفگاه که به صورت درصدی از ارزش متوسط ماشین‌آلات بیان می‌شود و حدود ۰/۱۳ در نظر گرفته می‌شود.

Q : عاملی که در قیمت اولیه ماشین آلات به منظور تعیین ارزش متوسط در طول عمر مفیدش ضرب می‌شود و بصورت کسر اعشاری بیان می‌گردد. مقادیر Q در جدول ۲-۱۴ ارائه شده است.

C: مخارج ماهیانه اجاره ماشین آلات، بدون هزینه های سوخت روغن و گریس و دستمزد راننده

n : تعداد ساعات مصرف سالیانه که در آن مخارج مالکیت و اجاره ماشین آلات مساوی می‌شود.

با استفاده از علائم و اصطلاحات فوق هزینه سالانه مالکیت و بهره برداری ماشین آلات را می‌توان تعیین نمود:

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۴. مقادیر فاکتور ارزش متوسط (Q)

عمر (سال)	ارزش متوسط به صورت درصد قیمت اولیه
۲	۷۵
۳	۶۶/۷
۴	۶۲/۵
۵	۶۰
۶	۵۸/۳۳
۷	۵۷/۱۴
۸	۵۶/۲۵
۹	۵۵/۵۵
۱۰	۵۵
۱۱	۵۴/۵۴
۱۲	۵۴/۱۷

هزینه ساعتی مالکیت ماشین آلات

$$\text{استهلاک} = \frac{P-S}{N}$$

$$\text{نگهداری و تعمیر} = q\frac{P-S}{N}$$

$$\text{سرمایه گذاری} = iPQ$$

$$\text{هزینه} = \frac{P-S}{Nn} + q\frac{P-S}{Nn} + \frac{iPQ}{n} \qquad (a)$$

مخارج ساعتی اجاره ماشین آلات

$$\text{فقط اجاره} = \frac{C}{۱۷۵}$$

$$\text{تعمیرات} = \frac{۱}{۳}p\frac{P-S}{Nn}$$

$$\text{هزینه در ساعت} = \frac{C}{۱۷۵} + \frac{۱}{۳}p\frac{P-S}{Nn} \qquad (b)$$

با مساوی قرار دادن (a)و (b)خواهیم داشت :

$$\frac{P-S}{Nn} + q\frac{P-S}{Nn} + \frac{iPQ}{n} = \frac{C}{۱۷۵} + \frac{۱}{۳}p\frac{P-S}{Nn} \qquad (c)$$

معادله فوق را می‌بایست برای بدست آوردن n حل کرد.

omoorepeyman.ir

مثال

یک دستگاه بولدوزر با ارزش اولیه ۲/۴۴ میلیون ریال و عمر مفید ۵ سال و ۲۰۰۰ ساعت کارکرد در سال و ارزش نهایی تخمینی ۲۴۰۰۰۰ ریال را در نظر بگیرید. تعداد ساعات بهره برداری از ماشین که در آن هزینه‌های اجاره و تملک ماشین با هم برابر می شوند حساب کنید.

$P = ۲۴۴۰۰۰۰$

$S = ۲۴۰۰۰۰$

$P - S = ۲۲۰۰۰۰۰$

$N = ۵$

$p = ۰/۹$

$q = ۰/۲ - ۰/۰۰۰۰۳۵$

$i = ۰/۱۳$

$Q = ۰/۶$

$C = ۲۱۲۰۸۰$ ریال

اگر مقادیر فوق را در معادله (C) قرار دهیم بدست می آید:

$n = ۶۰۰$ ساعت در سال

بنابراین برای ماشین فوق اگر میزان استفاده کمتر از ۶۰۰ ساعت در سال می‌باشد، اجاره آن از نظر اقتصادی به صرفه تر است و در صورتیکه بیشتر از ۶۰۰ ساعت مورد استفاده قرار گیرد، خرید آن صحیح تر خواهد بود.

- اجاره ماشین‌آلات با امکان خرید

تحت این گزینه ممکن است پیمانکار ماشین آلات را با یک میزان متداول اجاره کند، به این شرط که در صورت تمایل بعداً بتواند آنها را خریداری نماید. هنگامیکه او تصمیم به خرید ماشین آلات می‌گیرد، ممکن است قسمت معینی از اجاره پرداختی را بابت قیمت اولیه ماشین آلات به حساب آورد. در قرارداد ممکن است تعیین شود که مثلاً ۹۰ درصد از اجاره پرداختی بابت خرید منظور شود.

بر اثر این برنامه صرف نظر از بهره، تنها ۱۰ درصد از مقادیری که بابت اجاره پرداخت شده به قیمت خرید ماشین آلات اضافه می‌شود. به هرحال چون اجاره کننده الزامی به پرداخت بهره مالیات و بیمه ماشین آلات استیجاری ندارد، نتیجتاً صرفه جویی این هزینه‌ها قیمت را کاهش می‌دهد.

این برنامه را در مورد بولدزر مثال قبلی بکار می‌بریم.

قیمت اولیه =	۲۴۴۰۰۰۰
اجاره داده شده در ۸ ماه بقرار ماهیانه۲۱۲۰۸۰ =	۱۶۹۶۶۴۰
قسمتی از اجاره که بابت خرید منظور می گردد =	۱۵۲۶۹۷۶ =۰/۹×۱۶۹۶۶۴۰
موازنه	۹۰۳۰۲۴

بنابراین پیمانکار می‌تواند بولدوزری را که دارای عمر مفید ۴ سال و ۴ ماه است، به قیمت کمتر از نصف قیمت اولیه‌اش خریداری نماید و اگر نیاز به ماشین دارد حتما باید آنرا خریداری نماید. همچنین با در نظر گرفتن ارزش نهایی قیمت اولیه بیشتر کاهش می‌یابد.

omoorepeyman.ir

هزینه ساعتی بعد از خرید برای مدت ۴ سال و ۴ ماه را می‌توان بصورت زیر تعیین نمود :

مخارج اضافی	= ۹۱۳۰۲۴
ارزش نهایی تخمینی	= ۲۴۰۰۰۰
استهلاک خالص	= ۶۷۳۰۲۴
ارزش متوسط در هنگام عمر مفید ماشین آلات	۰/۶۲ ×۹۱۳۰۲۴ = ۵۶۶۰۷۵
هزینه سالیانه	
استهلاک	۶۷۳۰۲۴ ÷۴/۳۳ =۱۵۵۴۳۳
نگهداری و تعمیرات	$\frac{۰/۹ \times ۲۴۴۰۰۰۰ - ۲۴۰۰۰۰}{۵} = ۳۹۶۰۰۰$
(مانند ماشین نو محاسبه می‌شود)	
بهره سرمایه‌گذاری ۱۳ درصد	۰/۱۳ × ۵۶۶۰۷۵ = ۷۳۵۹۰
جمع سالانه	۶۲۵۰۲۳
مخارج ساعتی	
مخارج ثابت	۶۲۵۰۲۳ ÷ ۲۰۰۰ = ۳۱۳
سوخت ۱۹ لیتر از قرار لیتری ۱۰ واحد	= ۱۹۰
روغن و گریس	= ۵۲
هزینه کل ساعتی	= ۵۵۵

بنابراین پیمانکاری که اجاره این واحد را برای ۸ ماه پرداخت کرده است، می‌تواند آنرا خریداری کرده و در بقیه عمر مفیدش با هزینه بسیار مناسب مورد بهره برداری قرار دهد.

۲-۹- معیارهای موثر در تامین ماشین آلات

خرید یک ماشین جدید یا کار کرده مستلزم در نظر گرفتن نوع و حجم کار در دست انجام و مورد انتظار، قیمت و وجود مدل های مناسب به علاوه مهارت شخصی که ماشین را بکار خواهد برد و نیز وضعیت کاری و استراتژی سازمان می‌باشد.

اندازه . بحث اندازه ماشین باید به درستی مورد توجه قرار گیرد. یک ماشین حفاری بزرگ بسیار گرانتر و دارای هزینه‌های حمل و نقل بیشتری است و نیز به فضای کاری بیشتری نیاز دارد. البته در یک زمان مشخص قادر به حرکت دادن مواد بیشتر و کار کردن در زمینهای سخت تر بوده و در صورت وجود فضا برای کار، هزینه کمتری بازای هر مترمکعب خاک کنده شده خواهد داشت. به دلیل حجم زیاد سوخت و روغن مورد استفاده و وزن قطعات، سرویس و نگهداری آن سخت تر است. در زمینهای نرم به راحتی فرو می‌رود، ولی در زمینهای سفت کمتر دچار مشکل می‌گردد.

در زمینهای نرم و جاهایی که فضای کار محدود است و یا شرایط نامساعد دیگری برای کار کردن ماشین‌های بزرگ وجود دارد، یک ماشین کوچکتر نه تنها با هزینه کمتری بازای هر متر مکعب خاک کار می‌کند، بلکه می‌تواند حجم بیشتری را نیز جابجا نماید.

omoorepeyman.ir

ماشین بزرگتر به نسبت، بازگشت سرمایه بیشتری به هنگام فروش به همراه دارد و در کل می‌توان جمع‌بندی نمود که تمایل به استفاده از ماشین آلات بزرگتر بیشتر است.

انتخاب ماشین نو یا کار کرده به منظور خرید

برخی پیمانکاران موفق فقط ماشین‌آلات نو خریداری می‌کنند، در حالی که برخی دیگر تنها تجهیزات کارکرده را می‌خرند. در کل اما نه همیشه یک ماشین نو مشکلات مکانیکی کمتری به همراه دارد و خدمات پس از فروش بهتری را از طرف فروشنده دریافت خواهد کرد. البته هزینه خرید بسیار بالاتر و افت قیمت آن هنگام فروش بیشتر است. ولی از طرفی ارزش تبلیغاتی و اعتباری برای شرکت پیمانکاری دارد.

خریدار ماشین کارکرده باید در مورد شرایط مکانیکی و قیمت های بازار اطلاع کافی در اختیار داشته باشد و منتظر حراجی‌ها و سایر فروش های اجباری باشد. ممکن است زمانی زیادی برای یافتن یک مدل خاص با قیمت خوب صرف شود. به طور متوسط هزینه تعمیرات بسیار بیشتر بوده و خدمات در مقایسه با ماشین جدید رضایتبخشی کمتری به دنبال خواهد داشت.

خریداران با تجربه ماشین های دست دوم، اغلب پس از دریافت مقدار معتنابهی کار از این ماشین ها قادر به فروش آنها با بهره خوب می‌باشند.

هزینه. پیمانکار باید هزینه خرید تجهیزات مورد نظر خود را به دو طریق نقد و اعتباری که برای خرید و به‌کارگیری ماشین کنار گذاشته شده و ارتباط بین هزینه مالکیت و عملکرد مالی ماشین، مورد ملاحظه قرار دهد. مخارج اولیه برای پیمانکاری که منابع مالی محدودی در اختیار دارد، آیتم مهمی محسوب می‌شود، ولی برای پیمانکاران بزرگ با بنیه مالی قوی در مقابل هزینه های طولانی مدت فاکتور چندان مهمی نیست.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مشخصات فنی، روشهای اجرا و انتخاب صحیح ناوگان ماشین‌آلات

۳-۱- روش های اجرایی

با پیدایش ماشین آلات سنگین و روش های جدید انجام کار، کل زمان لازم برای اجرای پروژه های مهندسی راه و ساختمان به نحو چشم گیری کاهش یافته است. در کشورهای دارای نرخ دستمزد بالای کارگر استفاده از ماشین آلات به سرعت و صرفه جویی اقتصادی بیشتر منجر شده می‌گردد، اما در مکان هایی که نرخ دستمزد پایین است، استفاده از ماشین آلات سنگین تنها برای صرفه جویی در زمان توجیه پذیر است، البته در صورتی که زمان ارزش سرمایه ای زیادی داشته باشد. با این حال انجام برخی کارها (صرف نظر از هزینه کار) بدون استفاده از ماشین آلات بزرگ ممکن نیست، اما برای کارهای کوچک هنوز هم روش های دستی در بسیاری موارد ارزانتر از به کار بردن تجهیزات مکانیکی سنگین تمام می‌شود. قبل از انتخاب روش صحیح اجرا باید پروژه و عملیات تشکیل دهنده آن را به دقت مورد بررسی قرار داد. نیروی کار زیاد، درجه بالایی از مکانیزاسیون یا ترکیبی از نیروی کار و نیروی مکانیکی سه راه حلی هستند که باید مورد توجه قرار گیرند. گستردگی و پیچیدگی کارهای منفرد و زمان محدود انجام پروژه های عمرانی اخیر افزایش چشمگیری یافته است. این وضعیت سبب شده تا توجه مهندسین بر روی بررسی جزئیات تمامی روش های اجرایی ممکن متمرکز گردد.

انتخاب روش اجرایی جزء ضروری برنامه ریزی یک پروژه ی عمرانی محسوب می‌شود. روشهای پایه‌ای عملیات ساختمانی بر اساس سالها تجربه و از روی روشهای سنتی که مهندس باید کاملاً با آنها آشنایی داشته باشد، به وجود آمده‌اند. ولی در برخی شرایط متناسب با موقعیتهای ویژه تغییراتی در روش های اجرایی سنتی داده می‌شود و در مواقع ضروری با قضاوت مهندسی معمولاً روشهای جدیدی می‌توان ابداع کرد.

ملاحظات اساسی در انتخاب روشهای اجرایی و ماشین آلات، با توجه به ماهیت پروژه موجود متفاوت است. به عنوان مثال در کارهای پراکنده معمولاً چند کاره بودن تجهیزات امری ضروری است تا بدین ترتیب بتوان کارهای کوچک را بدون جابه جایی زیاد ماشین آلات یا بیکاری بیش از حد آنها انجام داد. (مساله ای که اغلب در مورد اقلام تخصصی وجود دارد.) یک نمونه خوب بیل مکانیکی دوزری است که علاوه بر پاک سازی درختان سبک روی معدن قرضه و برداشتن مواد سطحی، می‌تواند با شکافتن مواد سخت، کار حفاری و بار گیری مواد را نیز انجام دهد. استفاده از چنین دستگاهی سبب پیوستگی عملیات، صرفه جویی در هزینه‌های حمل و نقل و صرفه جویی اقتصادی کلی می‌شود، هر چند که هر یک از این عملیات جداگانه را با ماشین آلات مخصوص بتوان به شکل بهتر و با قیمت پایین تری انجام داد. یکی از هدف‌های مفید و قابل مطالعه در ساخت ماشین‌آلات می‌تواند ساخت دستگاه‌هایی با بدنه ثابت باشد که با اضافه کردن ادوات مختلف و نصب بر روی آن بتوان آن را به دستگاهی چند کاره تبدیل نمود. این روش در صورت به کارگیری، به نفع استفاده‌کنندگان از ماشین‌آلات با حداقل هزینه خواهد بود و بسیاری از عملیات را با یک دستگاه با بدنه ثابت که روی آن ادوات و ابزارهای متعددی قابل نصب و سوار شدن است می‌توان انجام داد. برای نمونه می‌توان به مینی لودرهای چندکاره اشاره نمود که با یک بدنه ثابت و استفاده از ابزارهای جانبی آن، عملیات مختلفی از قبیل برش آسفالت، حفاری، حمل خاک،

omoorepeyman.ir

تسطیح و یا کوبش را می‌توان انجام داد. بعضی از سازندگان بزرگ ماشین‌آلات سنگین روندی خلاف این مطلب را تعقیب می‌نمایند و آن عبارت از ساختن ماشین‌هایی است که منحصراً یکی از عملیات خاکی را انجام خواهد داد. در مورد کارهای پراکنده باید به محدود کردن ابعاد ماشین آلات در جهت اقتصادی بودن حمل و نقل آنها نیز توجه کرد. در مقابل در پروژه های عظیم و ثابتی نظیر سد یا تونل می‌توان از تجهیزات بسیار تخصصی و در برخی موارد نسبتاً سنگین نیز استفاده کرد. پس از استفاده از این تجهیزات، چنانچه پروژه کاملاً مناسب دیگری برای آنها وجود نداشته باشد، این تجهیزات را می‌توان فروخت.

بسیاری از ماشین آلات نیز مانند سازه های دائمی، خود به فوندانسیون های خوب نیاز دارند. در صورت مناسب بودن محوطه ساختمانی می‌توان از تجهیزات متحرک سنگین استفاده کرد، در غیر این صورت به تجهیزات سبکتر نیاز خواهد بود. در کارهایی نظیر پل سازی که به حایل موقت نیاز است، وزن ماشین آلات روی حایل موضوعی جدی است. ایمنی کار همواره از اهمیت درجه یک برخوردار است و ثبات دستگاه عاملی اساسی در انتخاب آن محسوب می‌شود. به عنوان مثال تجهیزات بار برداری متحرک معمولاً سنگین هستند و در طولهای دسترسی بلند ظرفیت نسبتاً پایینی دارند، بنابراین آنها را باید در نزدیکی محل کار مستقر کرد. هنگام بلند کردن بار، مرکز ثقل به سمت جلو حرکت می‌کند و به این ترتیب فشارهای سنگینی به قسمت زیرین انتهای ماشین تحمیل می‌گردد.

با توجه به مطالب ذکر شده چنین نتیجه گیری می‌شود که انتخاب روش های مناسب اجرا بسته به ماهیت پروژه، نوع کار و حجم عملیات برای پروژه های مختلف متفاوت بوده و در هر مورد مدیر پروژه می‌بایست با بررسی شرایط پروژه روش مناسب را اتخاذ نماید.

۳-۲- محاسبه اتلاف زمان در انجام عملیات

عوامل مختلفی در طولانی شدن مدت اجرای عملیات تاثیر می‌گذارند، پاره ای از آنها اجتناب ناپذیر بوده و تعدادی از أنها را می‌توان از بین برد و یا به حداقل رساند. در زیر خلاصه‌ای از عوامل مؤثر در هدر رفتن زمان در حین عملیات بیان شده است.

۳-۲-۱- طولانی شدن مدت عملیات اجرایی به دلیل تاخیرهای طولانی :

هدر رفتگی ناشی از تاخیرهای طولانی (تاخیر های بیش از ۱۵ دقیقه) از ۲ قسمت تشکیل شده اند:

۱. تاخیرهای ناشی از بدی آب و هوا که گاهی اوقات موجب تعطیلی کار می‌گردد.

۲. تاخیرهای ناشی از شکسته شدن قطعات ماشین آلات و احتمالا نبودن قطعات یدکی در کارگاه و زمان لازم برای تهیه آنها و بالاخره زمان مربوط به تعمیرات.

۳-۲-۲- طولانی شدن مدت عملیات اجرایی به دلیل تاخیرهای کوتاه (کمتر از ۱۵ دقیقه)

این هدر رفتگی‌ها مجموع تاخیرهای کوتاه مدتی است که ظاهراً چندان مؤثر به نظر نمی‌رسند، ولی مجموع آنها رقم قابل ملاحظه ای می‌باشد. این تاخیرها ناشی از استراحت های کوتاه مدت لازم برای متصدیان ماشین آلات و بی نظمی‌هایی است که برنامه روزانه عملیات را به مدت کوتاهی بر هم می‌زند.

omoorepeyman.ir

در ادامه برای روشن شدن مطلب جزئیات اتلاف زمان در عملیات دراز مدت با بیل مکانیکی تشریح می‌گردد. لازم به ذکر است که این اعداد به عنوان مثال بیان شده و ممکن است تحت شرایط مختلف تغییر نماید.

در محاسبه اتلاف زمان در هنگام کار با بیل اگر مدت اجرای عملیات را ۱۰۰ واحد زمان در نظر بگیریم، مدت واقعی اجرای عملیات برابر با ۴۲ واحد زمان خواهد بود. تأخیرهایی که باعث این اتلاف می‌شوند شامل تأخیرهای طولانی مدت مانند ناهار راننده، برخی از تعمیرات، شرایط نامناسب جوی و تأخیرهای کوتاه مدت کمتر از ۱۵ دقیقه هستند. برخی از تأخیرها در زیر آورده شده اند:

- مدت اجرای عملیات ۱۰۰ واحد زمان
- مدت واقعی اجرای عملیات ۴۴ درصد
- تاخیرهای طولانی (بیش از ۱۵ دقیقه ناشی از بدی آب و هوا) ۴۰ درصد
- تاخیرهای کوتاه مدت (کمتر از ۱۵ دقیقه جمعاً) ۱۶ درصد

که شامل تاخیرهای زیر است:

- کمبود کامیون نسبت به میزان محاسبه شده ۵ درصد
- استقرار کامیون ۱/۵ درصد
- جابه‌جا شدن بیل نسبت به جبهه عملیات ۲ درصد
- تعمیر و نگهداری بیل مکانیکی ۱/۵ درصد
- برداشتن موانع مانند تنه درخت و قطعات سنگ ضمن اجرا ۱ درصد
- بدون راننده ماندن بیل مکانیکی ۱/۵ درصد
- مدت لازم برای آماده کردن جبهه‌های سنگی و منظم کردن محل عملیات پس از انفجار ۳/۵ درصد

۳-۳- تعیین حجم عملیات و برنامه ریزی انجام عملیات

۳-۳-۱- تعریف عملیات خاکی:

انجام حفاری‌های روباز، تغییر شکل و تغییر مکان مواد خاکی که مستلزم هر دو عمل خاکریزی و خاکبرداری باشد، عملیات خاکی نامیده می‌شود. عملیات خاکی شامل این موارد اصلی می‌شود:

پاکسازی محوطه از پوشش گیاهی، سست کردن و خاکبرداری مواد، حمل به نقاط خاکریزی، خاکریزی، متراکم ساختن خاک ریخته شده، بسترسازی نهایی نقاط خاکریزی و خاکبرداری، ایجاد زهکش (جهت تخلیه آبهای سطحی جمع شده حاصل از تغییر مسیر جریان طبیعی آب در نتیجه عملیات و تغییر شکل سطحی) و جلوگیری از شسته‌شدن و فرسایش خاکهای سطحی در اثر تمرکز آب و ناهمواری سطح طبیعی.

- پاکسازی محوطه:

پاکسازی معمولاً با قطع درختان و درآوردن کنده‌ها به کمک ماشین ریشه‌کنی، تراکتور، کابل و بولدوزر انجام می‌شود. در مجموع پاکسازی سطح زمین را ممکن است بر چندین عملیات بسته به نوع علفها و درختچه‌ها، شرایط خاک و فرم هندسی زمین، مقدار پاکسازی مورد نیاز و هدف پاکسازی، بصورت زیر تقسیم نمود:

omoorepeyman.ir

الف) از بین بردن کامل تمام درختها و ریشه‌های آنها

ب) برطرف نمودن فقط علفها و بوته‌های روی سطح زمین و رها کردن ریشه‌ها و کنده‌ها به حال خود.

ج) نابود کردن علفها و بوته‌ها به وسیله توده کردن آنها و سوزاندن

د) بیرون آوردن گیاهان و یا بریدن آنها و قطعه قطعه کردن و خرد کردن آنها در روی سطح زمین و یا سوزاندن آنها

- سست کردن زمین :

سست کردن زمین، به صورت مکانیکی و با استفاده از ریپر انجام می‌شود. از ریپرها برای کار در شیستهای رسی، ماسه سنگها و دیگر سنگهای غیر سخت و متوسط استفاده می‌شود. اما برای شکافتن سنگ های سخت ابتدا باید آنها را با مواد منفجره سست کرد. در صورت امکان موثرترین روش برای این منظور، شکافتن زمین در جهت سراشیبی و عمود بر رگه‌های لایه‌بندی مواد است. همچنین یک نوع دندانه (ناخن) موجود است که در پشت تیغه بولدوزر قرار می‌گیرد. این عمل باعث سست شدن خاک در محل کار بولدوزر شده و سپس با استفاده از تیغه بولدوزر خاک را می‌توان بطور دلخواه جابجا نمود. استفاده از این ناخن ها، مقدار تولید را در همه نوع خاک به جز خاکهای خیلی سست افزایش می‌دهد. هنگامی که بولدوزر بطرف جلو حرکت می‌کند، پشت دندانه با زمین در تماس بوده و بدون ایجاد اشکال بطور آزاد روی زمین کشیده می‌شود.

- خاکبرداری

هنگام انتخاب دستگاه خاکبرداری، بسته به هدف عملیات خاکی، نوع مواد و ابعاد پروژه باید به امکان استفاده از بولدوزرها، اسکرپیرها، بیلهای مکانیکی، بیلهای کششی و انواع مختلف لودر توجه کرد. محدوده واقعی بازده بهینه انواع مختلف تجهیزات موجود خاکبرداری به منظور حمل در مسافتهای کوتاه، متوسط و طولانی را باید براساس هرکار مشخص تعیین نمود.

برای مسیرهای کوتاه (حداکثر حدود ۷۵ متر) معمولاً از بولدوزر استفاده می‌شود. این دستگاه به ویژه برای برداشتن لایه سطحی در عملیات خاکبرداری کم عمق مناسب است. خاک حفر شده در میان پشته‌های خاکی (ریسه) به جلو رانده می‌شود تا حتی‌الامکان مواد بیشتری در جلوی تیغه باقی بماند. به این روش کار، خاکبرداری شیاری گفته می‌شود.

برای مسیرهای متوسط (بین ۲۰۰۰–۱۰۰ متر) چنانچه مواد را بتوان به راحتی شخم زد اسکرپیرها، که در صورت لزوم به وسیله تراکتور چرخ‌لاستیکی کشیده می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای مسیرهای طولانی بیش از ۲ یا ۳ کیلومتر یک دستگاه خاکبرداری نظیر بیل مکانیکی یا لودر همراه با واحدهای بارکش مستقل ترجیح داده می‌شوند. لازم به ذکر است در زمانی که برای کارهای مجزای کوچک از سیستم حمل خاک مستقل استفاده می‌شود. باید دیگر روشهای ساده بارگیری را نیز مدنظر قرار داد. در این حالت کار بارگیری مواد حفر شده را می‌توان به کمک بولدوزر، لودر یا اسکرپیرهای کوچک در پیوند با سکوهای بارگیری بلند به روش بسیار اقتصادی انجام داد، البته به شرطی که مقدار این مواد استقرار سکوی بارگیری را توجیه کند. (یعنی حجم عملیات به قدری زیاد باشد که از نظر اقتصادی استقرار سکوی بارگیری ازسیستم لودر بهتر باشد.)

omoorepeyman.ir

- انتقال مواد حفاری:

انتقال مواد حاصل از حفاری یکی از مهمترین مسائل موجود در عملیات خاکی می‌باشد. انواع فراوانی از وسایل حمل و نقل مواد خاکی حفاری شده وجود دارند که شامل کامیون، تسمه نقاله، اسکرپیر و ریل و واگن می‌باشند. گرچه از اسکرپیر می‌توان برای حمل مواد استفاده نمود، ولی این ماشین هم برای کندن و هم حمل مواد حاصل از حفاری طراحی شده است.

تسمه نقاله نیز در محل مواد حفاری شده می‌تواند استفاده شود. سیستم تسمه نقاله یا برای حمل مواد در فاصله محدودی در کارگاه عملیات خاکی برپا می‌شود و یا قسمتی از یک سیستم حفاری نظیر لودر همراه با تسمه نقاله می‌باشد. با این همه در بعضی اوقات که حجم پروژه ایجاب می‌کند (نظیر حفاری در معادن ذغال سنگ یا سنگ آهن) سیستم‌های عظیم تسمه نقاله با سرمایه زیاد تعبیه می‌شوند تا مقادیر بسیار زیادی از مواد حاصل از حفاری را جابجا نمایند.

خط آهن هم در حمل مواد خاکی استفاده می‌شود. سیستم‌های ریلی و باربری فقط در مورد پروژه‌های سنگین و اگر ریل در محل حفاری و تخلیه وجود داشته باشد، می‌تواند جالب توجه باشد. اگرچه در بسیاری موارد ریلهای موقت نیز در کارگاه احداث می‌گردد. گذشته از سیستم‌های یاد شده، معمول‌ترین روش حمل و تخلیه مواد خاکی در پروژه های عمرانی استفاده از کامیون می‌باشد. کامیونها در مورد حمل مواد دارای انعطاف‌پذیری زیادی بوده و بخصوص بر روی انواع جاده با سهولت بسیار بین پروژه‌های مختلف قادر به تحرک می‌باشند.

- بسترسازی:

بسترسازی یا اصلاح سطح پستی و بلندی ها را با ماشین‌آلات مختلفی می‌توان انجام داد. چنانچه ایجاد یک سطح هموار کافی باشد، از بولدوزر نیز می‌توان استفاده کرد، اما این دستگاه را معمولاً جزء تجهیزات بسترسازی در نظر نمی‌گیرند. از طرف دیگر اسکرپیرها در دستان افراد کارآزموده ابزار بسیار موثری هستند و در شیبهای حداکثر ۱ در ۲ سطح همواری به وجود می‌آورند. کار بسترسازی چنانچه با بیلهای کششی (دراگلاین) و توسط فرد ماهری انجام شود، نتایج رضایت‌بخشی خواهد داشت. در بسیاری موارد به ویژه در کار راه‌سازی از گریدر به عنوان ابزار بسترسازی و نگهداری سطح صاف جاده‌ها، شانه‌های جاده و نهرهای جانبی استفاده می‌شود. از گریدرها همچنین می‌توان برای پخش مواد بر روی خاکریزها استفاده کرد، اما به خاطر فاصله زیاد دو محور عقب و جلوی دستگاه، حرکت آنها در شیبهای تند با مشکل روبرو می‌شود و برای این منظور مناسب نیستند.

- تراکم:

متراکم کردن نقاط خاکریزی و توده های خاک با عبور واحدهای حمل و انواع مختلف غلتکهایی انجام می‌شود که یا با نیروی محرکه خود حرکت می‌کنند و یا به دنبال تراکتورها، یدک کشیده می‌شوند. هنگام متراکم کردن خاک باید مقدار مجاز صحیحی برای تراکم خاک در نظر گرفت، زیرا مواد بعداً حجم کمتری را نسبت به حجم فعلی خود در مکان خاکبرداری اولیه اشغال خواهند کرد. نوع غلتک مورد استفاده (چرخ‌لاستیکی، پاچه‌بزی، شبکه‌ای، فولادی صاف) و یا غلتکهای ویبره و تعداد دفعات ضروری عبور غلتک به مقدار تراکم مورد نیاز و نوع بستر خاکی بستگی دارد.

۳-۳-۲- اندازه گیری حجم عملیات:

در صنعت ساخت و ساز کلمه تولید دارای معنای مشابهی با خروجی کار می‌باشد که در لغت به معنی میزان کار انجام شده در زمان مشخص است. تولید در عمل ممکن است از ۳ دیدگاه مورد توجه قرار گیرد:

omoorepeyman.ir

- بر اساس نیاز کاری کل. (به عنوان مثال اگر برنامه زمانبندی برای ۲۰۰ روز کار به منظور انتقال ۱,۰۰۰,۰۰۰ متر مکعب خاک تنظیم شده باشد میزان تولید ماشین آلات پیمانکار باید ۵,۰۰۰ متر مکعب در روز باشد.)
- میزان تولید یک ماشین مشخص، برای تعیین تعداد ماشین‌آلات مورد نیاز در نظر گرفته شود. (به عنوان مثال برای جابجایی ۵۰۰۰ متر مکعب خاک در روز به ۱۰ اسکریپر با ظرفیت تولید ۵۰۰ متر مکعب بر روز نیاز می‌باشد.)
- میزان تولید برای هزینه، این میزان باید بسیار دقیق بوده و بدین منظور نیاز به مشخص بودن ماشین‌آلات می‌باشد.

اندازه‌گیری حجم عملیات خاکی ممکن است بر حسب نیاز و شرایط موجود بر اساس موارد زیر محاسبه شود:

- اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس حجم:

لازم به ذکر است اکثر کارهای عملیات خاکی بر اساس حجم اندازه‌گیری می‌شوند. حجم محاسبه شده ممکن است در مورد خاک کنده نشده، کنده شده و یا متراکم شده باشد.

- اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس وزن:

در مورد معادن، وزن واحد اندازه گیری میزان عملیات انجام شده می‌باشد. محصولاتی از قبیل سنگدانه های مصرفی، سیمان و غیره نیز معمولاً بر اساس وزن اندازه‌گیری می‌شوند.

- اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس سطح:

در بسیاری مواقع وزن و حجم نمی‌توانند معیار خوبی برای ارزیابی کار انجام شده باشند. به عنوان مثال در بوته کنی و ریشه کنی زمین، زمان و هزینه پاکسازی در هر منطقه عملیاتی متفاوت است. از این رو بوته کنی و ریشه کنی معمولاًبر اساس اندازه سطح پاکسازی شده گزارش می‌شود. همچنین در مواردی که ضخامت عملیات مشخص و تعیین شده باشد از معیار سطح استفاده می‌شود. عملیات تراکم و تسطیح در این دسته قرار می‌گیرد.

- اندازه گیری عملیات انجام شده بر اساس طول:

در کارهایی از قبیل ایجاد زهکش‌ها و کانالها که در طول وسیع ابعاد مقطع تغییر نمی‌کند، ممکن است حجم عملیات بر اساس میزان طول کار انجام شده مورد محاسبه قرار گیرد.

۳-۳-۳- برآورد عملیات خاکی

تخمین میزان عملیات مورد نیاز برای انجام کار هنگام برآورد احجام فعالیت های پروژه، همچنین تعیین میزان کار انجام شده برای پرداخت به پیمانکار و نیز میزان خاک برداشت شده از یک معدن نیازمند استفاده از روشهایی برای برآورد میزان عملیات خاکی می‌باشد. این برآورد بسته به اینکه خاک مورد نظر در چه وضعیتی قرار دارد عموما به صورت تقریبی انجام می‌شود و دقت نتایج حاصله به تعداد نقاطی که در واحد سطح، ارتفاع آنها اندازه گیری شده است بستگی کامل خواهد داشت. این کار به روشهای مختلفی انجام می‌شود که در ادامه شرح داده شده است.

- تعیین حجم با استفاده از منحنی های تراز:

این روش که دقت آن بستگی کامل به فاصله خطوط تراز و نیز دقتی که در تعیین و ترسیم این خطوط به کار رفته دارد، در مواردی که حجم عملیات بسیار زیاد باشد، مثلا در ساختمان مخازن و سدهای خاکی ومعادن روباز، بسیار ارزشمند است. همچنین در

omoorepeyman.ir

مراحل اولیه پروژه های مسیر سازی (جاده، راه آهن، کانال و غیره) برای برآورد اولیه هزینه ها و مقایسه چند مسیر و انتخاب بهترین پروفیل نیز این روش دارای اهمیت خاص می‌باشد.

این روش اصولا بر این اساس استوار است که حجم توده خاک مورد نظر در امتداد سطوح تراز به یک سری اجسام منشوری که قاعده های فوقانی و تحتانی آن افقی است، تقسیم می‌گردد. ارتفاع این منشورها برابر با فاصله قائم خطوط تراز خواهد بود و همانطور که ذکر شد، سطوح فوقانی و تحتانی آن محدود به خطوط تراز در ارتفاع مورد نظر می‌باشد. سطح داخل خطوط تراز با استفاده از پلانیمتر یا هر وسیله مناسب دیگر از روی نقشه تعیین می‌شود.

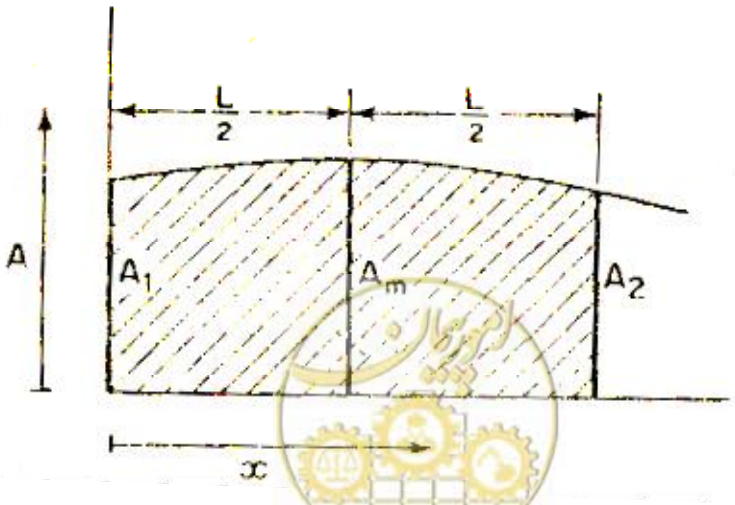
اگر در اینجا بخواهیم قانون منشوری را در مورد هر یک از منشورها بطور جداگانه مورد استفاده قرار دهیم، در این صورت لازم است که خطوط تراز را در وسط دو خط تراز فوقانی و تحتانی نیز با روش درونیابی تعیین و ترسیم نموده، سپس با اندازه گیری سطح محدود شده به این خطوط تراز جدید مساحت مقطع عرضی متوسط در وسط دو سطح فوقانی و تحتانی را برای هر یک از منشورها تعیین کنیم. با این حال، معمولاً کافی است که منشورها را به صورت زوج زوج در نظر گرفته و با استفاده از قاعده سیمسون حجم را محاسبه نمود. حجم قسمتهایی از جسم که به وسیله دو سطح تراز در بر گرفته نشده است باید جداگانه و با استفاده از نزدیک ترین شکل هندسی به حجم قسمت مورد نظر، تعیین گردد. با توجه به شکل ۳-۱ (فاصله قائم خطوط تراز =۱۰متر)، با استفاده از قانون "سطح –انتهایی" (End-Area Rule) خواهیم داشت:

$$V = \frac{۱۰}{۲}[A_{۱۲۰} + ۲(A_{۱۳۰} + A_{۱۴۰} + A_{۱۵۰}) + A_{۱۶۰}] + \frac{۷}{۳}A_{۱۶۰}$$

سطح زیر یک منحنی را می‌توان بطور تقریب از روی قانون سیمسون و با استفاده از عرض سه نقطه روی منحنی که متساوی الفاصله بوده و به فاصله $L/۲$ از هم قرار دارند محاسبه نمود. با استفاده از این قانون حجم جسم برابر است با:

$$V = (\frac{L}{۶})(A_۱ + ۴Am + A_۲)$$

(تذکر: Am عبارت است از مساحت مقطع عرضی در وسط فاصله بین دو سطح A۱, A۲. باید توجه داشت که این مقدار با مقدار متوسط این دو سطح متفاوت است.)

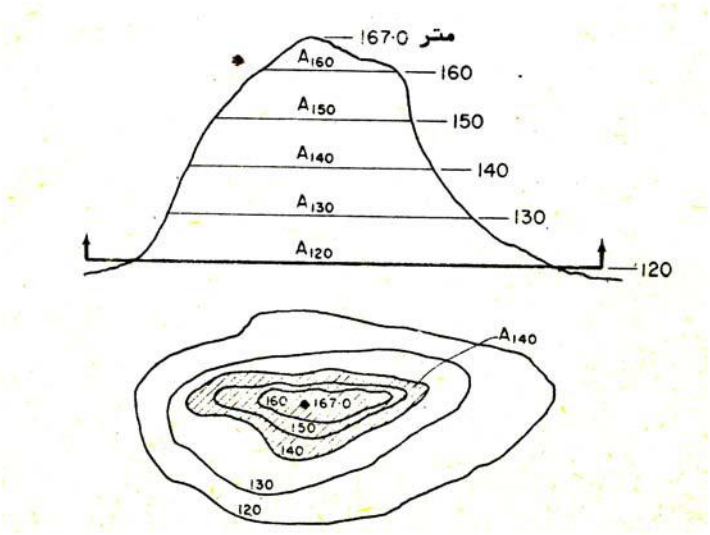


شکل ۳-۱- تعیین حجم با روش سطح- انتهایی

omoorepeyman.ir

با استفاده از قانون منشوری (یا قائده سیمسون) می‌توان نوشت:

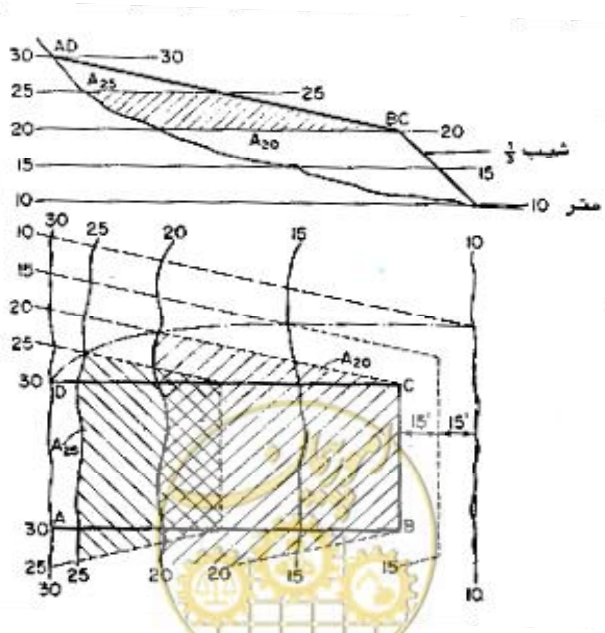
$$V = \frac{۱۰}{۳}[A_{۱۲۰} + ٤A_{۱۳۰} + ۲A_{۱٤۰} + ٤A_{۱٥۰} + A_{۱٦۰}] + \frac{۷}{۳}A_{۱٦۰}$$



شکل ۳-۲- استفاده از منحنی های تراز برای تعیین حجم

هنگامی که پروفیل جدید (پروفیل سطح زمین بعد از پایان کار) یک سطح افقی نباشد، باید خطوط تراز جدید، بعد از اتمام کار را روی خطوط تراز زمین قدیمی تلفیق نمود و در این صورت سطوح انتهایی منشور عبارت است از سطوح محدود شده بین خطوط تراز جدید و قدیمی برای ارتفاع مورد نظر.

در شکل ۳-۳ خطوط تراز جدید روی زمین بعد از ایجاد یک تراس که در مقطع عرضی نشان داده شده، با خطوط تراز تپه در حالت طبیعی (قبل از تغییر) تلفیق شده است و سطوح انتهایی منشور در ارتفاعات ۲۰ متری و ۲۵ متری نسبت به سطح مقایسه با هاشور مشخص گردیده است.



شکل ۳-۳- خطوط میزان پس از ایجاد تراس

omoorepeyman.ir

در تمام عملیات های خاکی، معمولا ترسیم خطوط تراز بعد از انجام کار احتیاج به تعمق و تفکر بیشتری دارد و نیازمند محاسبات تقریبا پیچیده ای می‌باشد.

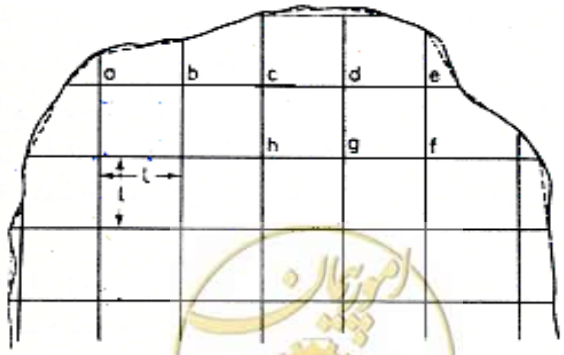
- تعیین حجم با استفاده از ارتفاع نقاط:

این روش که دقت آن بستگی به تراکم نقاطی که ارتفاع آن برداشت شده دارد، معمولا برای کارهایی چون خاکبرداری های روباز و وسیع نظیر مخازن خاکی، عملیات تسطیح اراضی، زمین های بازی ویا محل ساختمان ها به کار برده می‌شود. با استفاده از روشهای فتوگرامتریک برای تعیین ارتفاع نقاط از روی عکس های هوایی و استفاده از کامپیوتر برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، میتوان تعداد بسیار زیادی از نقاط ارتفاع دار را مورد استفاده قرار داد. این روش را می توان تقریبا برای هر نوع پروژه عملیات خاکی که ارتفاع نقاط فتوگرامتریک آن دارای دقت کافی باشد، به کار برد.

در روش های متداول زمینی، محل پروژه به وسیله یک سری خطوط متعامد که تشکیل مربعاتی می‌دهند (گاهی ممکن است مستطیل نیز تشکیل شود) شبکه بندی می‌شود و ارتفاع سطح زمین در محل نقاط تقاطع خطوط شبکه تعیین می‌گردد. همراه با این نقاط ارتفاع بعضی نقاط دیگر نیز که مورد نیاز باشد، نظیر نقاطی که پستی بلندی به طور ناگهانی تغییر کرده و سطح زمین نامنظم شده یا نقاطی از محدوده زمین مورد نظر که ارتفاع آن لازم باشد، برداشت می‌شود. فاصله خطوط شبکه به طبیعت و شکل زمین بستگی خواهد داشت و این خطوط باید آنقدر به هم نزدیک باشند که بتوان سطح زمین دو خط مجاور را به عنوان یک سطح مسطح در نظر گرفت.

ارتفاع نقاط پیشنهادی در گوشه های مربعات شبکه از روی نقشه های ترسیمی توسط طراح تعیین شده و حجم عملیات خاکی برای هر مربع برابر با مساحت سطح آن مربع ضرب در متوسط عمق خاک برداری یا خاک ریزی در چهار گوشه مربع در نظر گرفته می‌شود. حجم قطعات واقع بین خارجی ترین خط شبکه و مرز زمین مورد نظر برابر خواهد بود با مساحت سطح بین این دو خط، که معمولاً معادل با یک ذوزنقه یا مثلث فرض می‌شود، ضرب در متوسط عمق در گوشه های شکل (به شکل ۳-۴ مراجعه شود). چون همه عمق های خاک برداری یا خاکریزی در نقاط تقاطع داخل خطوط شبکه در محاسبه حجم عملیات، برای بیش از یک مربع به کار برده می‌شوند. برای این منظور از فرمولی به صورت زیر می‌توان استفاده کرد.

$$V = (\frac{L^2}{4})(\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4) + \sum R$$



شکل ۳-۴- تعیین حجم با استفاده از ارتفاع نقاط

omoorepeyman.ir

که در آن:

L = طول ضلع هر مربع شبکه

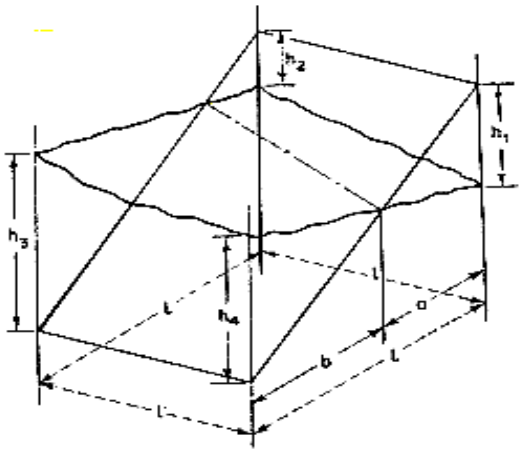
h_1 = عمق نقاطی مثل a و e که فقط یک بار در محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرند.
h_2 = عمق نقاطی مثل bو cو d که دو بار در محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرند.
h_3 = عمق نقاطی مثل f که سه بار در محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرند.
h_4 = عمق نقاطی مثل g و h که چهار بار در محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرند.
R= حجم قسمتهای ذوزنقه‌ای و مثلثی نامنظم که باید بطور مجزا محاسبه شود.

چنانچه در داخل یک شبکه تغییر از خاکبرداری به خاکریزی و یا بالعکس موجود باشد، مساله پیچیده‌تر خواهد بود (به شکل ۳-۴ مراجعه شود)، هرگاه $h_2 = -h_3$ و $h_1 = -h_4$ محاسبه از طریق فرمول قبل یعنی:

$$V = l^2 (h_1+h_2+h_3+h_4)/4$$

که مقدار حجم عملیات خاکی در یک مربع را معادل صفر نشان خواهد داد، که البته واضح است این محاسبه غلط می‌باشد. زیرا محاسبهٔ فوق حجم خالص عملیات خاکبرداری یا خاکریزی (هر کدام که بزرگتر باشد) را مشخص خواهد نمود. اگر خطوط شبکه خیلی به هم نزدیک باشند، فرمول فوق را بصورت زیر می‌توان نوشت:

$$V_{fill} \text{ خاکریزی} = \frac{l^2(0+0+h_3+h_4)}{4} \qquad V_{cut} \text{ خاکبرداری} = \frac{l^2(h_1+h_2+0+0)}{4}$$



شکل۳-۵- محاسبه حجم خاکبرداری و خاکریزی

به هر حال هر گاه فاصله خطوط شبکه زیاد باشد، باید محاسباتی نظیر عملیات زیر انجام داد. (اگر ۳ راس از عمق گوشه‌های شکل دارای علامت‌های متفاوت نسبت به گوشه چهارم داشته باشند، باید آنرا اصلاح نمود) اگر فرض کنیم که زمین مسطح باشد.

$$a = \frac{lh_1}{(h_1 - h_4)} \quad , \quad b = lh_2(h_2 - h_3),...$$

(تذکر: چون h_3, h_4 منفی هستند، پس h_1-h_4 برابر خواهد بود با جمع عددی h_1 و h_4 و به همین ترتیب تا آخر) با استفاده از قانون سطح انتهایی خواهیم داشت:

$$V_{cut} \text{ خاکبرداری} = \frac{l^2}{4}\left(\frac{h_1^2}{h_1 - h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 - h_3}\right)$$

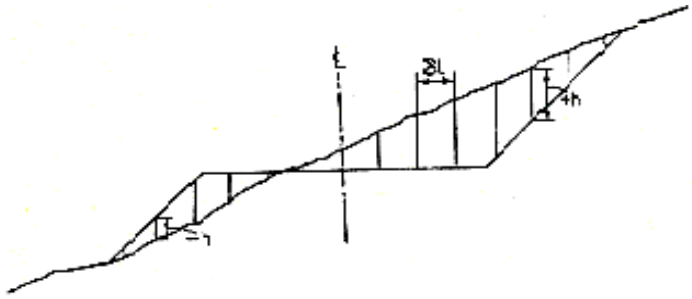
omoorepeyman.ir

$$V_{\text{fill}} \text{ خاکریزی} = \frac{l^2}{4}\left(\frac{h_4^2}{h_1 - h_4} + \frac{h_3^2}{h_2 - h_3}\right)$$

واضح است که اگر مقدار زیادی از این مربعات در دست باشد انجام عملیات محاسباتی بسیار سنگین بوده و بـه کـار زیـادی نیـاز خواهد داشت و حتی اگر شیب زمین نسبتاً یکنواخت باشد، استفاده از شبکه‌ای با فواصل کمتر مقرون به صرفه‌تر خواهد بود.

- تعیین حجم عملیات خاکی با استفاده از مقاطع عرضی

این روش تنها روشی است که به میزان وسیعی و برای همه نوع پروژه های مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به ویژه بـرای پروژه های راه سازی، راه آهن و کانال های انتقال آب و غیره بسیار مناسب می‌باشد. در این روش مقاطع عرضی در امتداد خطـوطی عمود بر محور اصلی مسیر تعیین شده و حجم بین مقاطع عرضی مجاور به صورت یک منشور فرض می‌شود و با استفاده از مسـاحت مقاطع عرضی در دو انتها یا مقطع عرضی متوسط محاسبه می‌گردد. در نقشه برداری مسیرها معمولا بهتر است که مقاطع عرضـی در نقاطی که فاصله از مبداء آنها ارقام رندی است، گرفته شود. البته در نقاطی که شکستگی یا نا همواری غیر معمولی پیش آید باید یک مقطع عرضی اضافه تهیه شود. وقتی که سطح زمین خیلی نامنظم باشد بهترین راه این است که پروفیـل زمـین در حالـت موجـود و پروفیل طرح پیشنهادی را با مقیاس مناسبی ترسیم و مساحت مقاطع عرضی را با استفاده از پلانیمتر یا کاغذ شطرنجی یا رایانه تعیین نمود. باید توجه داشت که در چنین مواردی مرسوم آن است که برای وضوح بیشتر در مقیاس قائم مقطع عرضـی بـه میـزان زیـادی اغراق شده و این مقیاس چندین برابر مقیاس طولی گرفته می‌شود. در صـورت اسـتفاده از ایـن روش بـرای محاسـبه سـطح مقـاطع عرضی، این نکته باید در نظر گرفته شود.



شکل ۳-۶- تعیین حجم عملیات خاکی با استفاده مقاطع عرضی

وقتی که سطح زمین به میزان قابل قبولی منظم باشد و پروفیل های عرضی زمین را بتوان بـه نحـو رضـایت بخشـی بـا شـیب یکنواخت نشان داد، در این صورت می‌توان با استفاده از فرمول مناسبی برای محاسبه سطوح مقاطع عرضی، کار را بسـیار سـریع تـر انجام داد.

همان طور که در قسمت قبل اشاره شد، استفاده از ارتفاعات فتوگرامتریک همراه با استفاده از کـامپیوتر مـی‌توانـد بـا ایـن روش کمک بسیار نماید. در چنین حالاتی، سطح مقاطع عرضی را می‌توان با استفاده از یک سری نقاط ارتفاع دار متساوی الفاصله به دست آورد. همان طور که در شکل ۳-۵ دیده می‌شود، اگر عمق عملیات در نقاطی تعیین شود که فاصله بین آنها δl به اندازه کافی کوچک باشد، سطوح مقطع عرضی را می‌توان از رابطه زیر تعیین نمود.

$$A_{\text{fill}} \text{ خاکریزی} = \delta L \sum(-h) \qquad A_{\text{cut}} \text{ خاکبرداری} = \delta L \sum(+h)$$

چون عمق بعد از مقطع انتهایی صفر خواهد بود، احتیاجی به تعیین عرض کلی مقطع به طور مستقل نیست.

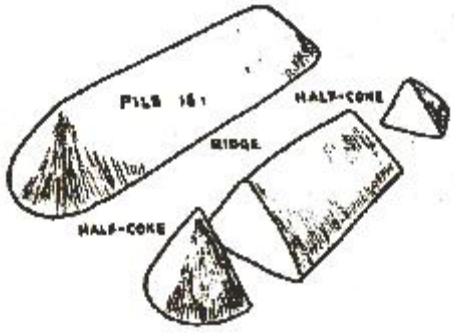
omoorepeyman.ir

- استفاده از نرم افزارهای رایانه ای در تعیین حجم خاک

با استفاده از نرم افزارهای موجود نیز می‌توان حجم خاک را محاسبه نمود. این نرم افزارها با استفاده از نقشه های توپوگرافی و محاسبه احجام این نقشه ها حجم خاک مورد نظر را با دقت بالایی دست می‌دهند.

- تعیین حجم توده خاک

معمولاً افراد با تجربه می‌توانند با مشاهدهٔ تودهٔ خاک، حجم آنرا بدون محاسبات ریاضی تخمین بزنند. با این وجود اکثر مهندسین، انجام محاسبات ریاضی با توجه به شکل توده خاک را روش مطمئن تری برای برآورد حجم توده خاک می‌دانند. به منظور محاسبهٔ حجم توده خاک معمولاً آنرا با اشکال منظمی که بتوان حجم آنرا پیدا کرد تقسیم کرده با محاسبه تک تک احجام، حجم کل توده خاک را از مجموع احجام محاسبه شده بدست می‌آورند. به عنوان مثال خاکهای خشک از دو نیم مخروط و یک منشور مثلثی شکل تشکیل یافته‌اند. تفکیک این نوع توده خاک در شکل شماره ۳-۷ نشان داده شده است.



شکل ۳-۷- تفکیک توده خاک

- نحوه محاسبه ابعاد خاکریز

گاهی در عملیات خاکی لازم می‌شود که ابعاد خاکریزهایی که از انبار کردن مواد کنده شده خاکی به وجود می‌آیند محاسبه شود. باید توجه داشت که مواد موجود در اینگونه خاکریزها در حالت سست (LCM) بوده و بنابراین باید حجم خاک طبیعی که بر حسب (BCM) هستند تبدیل به (LCM) شوند. تعریف اصطلاحاتی نظیر حجم خاک به صورت طبیعی (BCM) و حجم خاک به صورت سست (LCM) در بخش بعد بیان شده است.

۳-۳-۴- مشخصات انواع خاک :

خاکها در موارد متعددی و در بسیاری از عملیات های ساخت به کار می‌روند و برای تقویت بستر ساختمانها، زیرسازی راهها و فرودگاهها و همچنین سدها و سیل‌بندها مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعضی از خاکها در صورتیکه به وضع طبیعی مورد استفاده قرار گیرند ممکن است مناسب باشند، در صورتیکه بعضی دیگر باید بعد از خاکبرداری و عمل آوری و بهسازی برای هدفی که پیش‌بینی شده است، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- خواص خاک:

قبل از بحث در مورد تهیه خاک و آنالیز کردن مسائل درگیر با عملیات خاکی، آشنایی بیشتر با بعضی از خواص فیزیکی خاک بسیار مهم می‌باشد. این خواص دارای تاثیر مستقیم بر روی تهیه و انتخاب نوع خاک، انتخاب ماشین‌آلات و میزان تولید ماشین‌آلات می‌باشند.

omoorepeyman.ir

از آنجایی که حجم و وزن مخصوص خاک هنگام حفاری، حمل، ریختن و تراکم تحت تاثیر تغییرات نسبتاً زیادی قرار می‌گیرد، آشنایی با خواص خاک در وضعیتهای متفاوت به منظور تعیین صحیح حجم خاک در عملیات‌های گوناگون لازم می‌باشد.

الف – خاک در حالت طبیعی (کنده نشده):

حجم خاک طبیعی عبارت از حجم خاک اندازه‌گرفته شده در محل قرضه، نهر، کانال و ترانشه قبل از کندن آن می‌باشد. این حجمی است که معمولاً پرداخت ها براساس آن تعیین می‌گردد و با محاسبات هندسی قابل دستیابی است. واحد حجم خاک در این حالت بر حسب مترمکعب قرضه بیان می‌شود. (BCM[۱])

ب – خاک سست (کنده شده):

خاک پس از کنده شدن و خاکبرداری و یا در هنگام بارگیری سست تر از زمانی است که در حالت طبیعی در قرضه وجود دارد و حجمش اضافه می‌گردد. واحد حجم خاک در این حالت برحسب مترمکعب سست بیان می‌گردد. (LCM[۲])

ج – خاک متراکم (کوبیده):

خاک پس از تراکم حجمش کمتر می‌شود. در ایران برای محاسبه احجام قابل پرداخت بر مبنای فهارس بها، حجم کوبیده شده ملاک قرار می‌گیرد. (CCM[۳])

- ضریب تورم خاک:

وقتی خاک کنده می‌شود معمولاً به حجمش افزوده می‌گردد. بطوریکه خاک موجود در یک مترمکعب قرضه، پس از خاکبرداری، حجمی بیشتر از یک متر مکعب اشغال خواهد کرد. این افزایش حجم خاک در اثر خاکبرداری را تورم خاک می‌نامند. رابطه زیر برای تعیین تورم یا ضریب افزایش خاک به کار می‌رود:

$$\text{ضریب تورم (درصد)} = \left(\frac{\text{وزن متر مکعب طبیعی}}{\text{وزن متر مکعب سست}} - ۱\right) \times ۱۰۰$$

- ضریب انقباض:

حجم خاک در اثر تراکم تقلیل می‌یابد. به طوریکه یک وزن معین خاک پس از تراکم حجم کمتری را نسبت به زمان حالت طبیعی خاک اشغال خواهد نمود. این تقلیل حجم را انقباض خاک می‌گویند. رابطه زیر برای تعیین انقباض خاک به کار می‌رود:

$$\text{ضریب انقباض (درصد)} = \left(۱ - \frac{\text{وزن متر مکعب طبیعی}}{\text{وزن متر مکعب متراکم}}\right) \times ۱۰۰$$

ضرایب تقریبی تبدیل حجم خاک در جدول شماره (۳-۱) نشان داده شده است. به طور مثال اگر وزن خاکی در حالت طبیعی ۱۷۰۰ kg/m۳، در حالت سست (پس از حفاری) ۱۳۶۰ kg/m۳ و در حالت متراکم شده (پس از کوبیده شدن) ۱۸۸۹ kg/m۳ باشد ضرایب تورم و انقباض آن به شرح زیر خواهد بود:

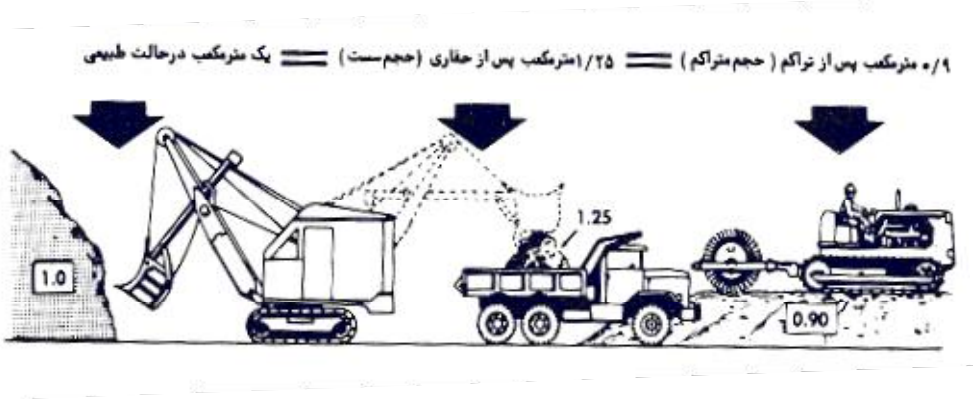
ضریب تورم = (۱۷۰۰/۱۳۶۰ -۱) = ٪۲۵

omoorepeyman.ir

[۱] BCM – Bank Cubic Meter
[۲] LCM-Loose Cubic Meter
[۳] CCM-Compacted Cubic Meter

ضریب انقباض = (۱- ۱۷۰۰/۱۸۸۹) = ٪۱۰

در شکل ۳-۸ مقادیر این ضرایب نشان داده شده است.



شکل ۳-۸- تغییر حجم مواد خاکی پس از خاکبرداری و تراکم

جدول ۳-۱- ضرایب تبدیل خاک

نوع خاک	شرایط اولیه خاک	در محل طبیعی	تبدیل به حالت سست	متراکم
رس	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۲۷	۰/۹۰
	سست	۰/۷۹	۱/۰۰	۰/۷۱
	متراکم	۱/۱۱	۱/۴۱	۱/۰۰
زمین معمولی	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۲۵	۰/۹۰
	سست	۰/۸۰	۱/۰۰	۰/۷۲
	متراکم	۱/۱۱	۱/۳۹	۱/۰۰
سنگ شکسته	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۵۰	۱/۳۰
	سست	۰/۶۷	۱/۰۰	۰/۸۷
	متراکم	۰/۷۷	۱/۱۵	۱/۰۰
ماسه	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۱۲	۰/۹۵
	سست	۰/۸۹	۱/۰۰	۰/۸۵
	متراکم	۱/۰۵	۱/۱۸	۱/۰۰

۳-۴- راندمان اسمی و واقعی ماشین آلات

تولید واقعی ماشین آلات با توجه به تاثیر شرایط کارگاهی، نحوه مدیریت و عوامل موثر موجود در کارگاه‌های هر کشور، تغییر می‌کند. این تولید معمولا از میزان اسمی کمتر بوده و تحت شرایط کارگاهی به دست می‌آید. ولی برای به دست اوردن راندمان اسمی روشهای مختلفی پیشنهاد شده است که در ادامه بیان می‌گردد.

omoorepeyman.ir

۳-۴-۱- محاسبه حجم عملیات خاکی بیل مکانیکی:

با استفاده از فرمول زیر و همچنین یافتن متغیرهای این فرمول از طریق مطالب شرح داده شده می‌توان حجم عملیات خاکی بیل مکانیکی را محاسبه نمود.

$$Q = \frac{۶۰ \times C \times E \times D \times K}{T \times F}$$

Q = حجم عملیات خاکی در یک ساعت (m^3/hr)

T = زمان یک دوره کامل عملیات بر حسب دقیقه

C = ظرفیت جام بیل مکانیکی (m^3)

E = بازده بیل مکانیکی (میزان زمان کار مفید در یک ساعت)

F = ضریب تورم خاک

D = ضریب میزان مهارت راننده

K= ضریب راندمان جام

به منظور یافتن موارد ذکر شده، به طریق زیر عمل می‌شود:

۱- محاسبهٔ زمان یک دورهٔ کامل عملیات (T):

زمان حفاری کل برای بیل مکانیکی متشکل از ۴ زمان است:

۱- پر کردن جام

۲- چرخش با جام پر از محل کار به محل استقرار کامیون

۳- خالی کردن جام

۴- چرخش با جام خالی به محل اولیه برای ادامه حفاری

زمان حفاری کل بستگی به اندازه ماشین (ماشینهای کوچکتر سریعتر از ماشینهای بزرگ عمل می‌کنند)، موقعیت کاری و جنس خاک دارد. این زمان حفاری را می‌توان با استفاده از جداول تخمین زمان برای بیلهای مختلف بدست آورد. این جداول توسط کارخانه سازنده تهیه و در اختیار کاربران قرار داده می‌شود. یک نمونه از این جداول از شرکت کاترپیلار در جدول شمارهٔ (۳-۲) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۲- زمان قسمت های مختلف عملیات کاری بیل مکانیکی شرکت کاترپیلار

Cycle Time Estimating Chart

Model		307C	311C	312C, 312C L	315C, 315C L	317B L, 317B LN	318B L, 318B LN	M312	M315	M318	M320
Bucket Size											
L		280	450	520	520	520	800	610	750	900	1050
(yd^3)		0.37	0.59	0.68	0.68	0.68	1.05	0.80	0.98	1.18	1.37
Soil Type		←			Packed Earth		→	←	Sand/Gravel		→
Digging Depth	(m)	1.5	1.5	1.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	(ft)	5	5	6	10	10	10	10	10	10	10
Load Bucket	(min)	0.08	0.07	0.07	0.10	0.10	0.09	0.05	0.06	0.06	0.08
Swing Loaded	(min)	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06
Dump Bucket	(min)	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04
Swing Empty	(min)	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05
Total Cycle Time	(min)	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.25	0.17	0.18	0.20	0.23

Cycle Time Estimating Chart

Model		320C	322C	325B	330B	345B Series II	365B	375
Bucket Size								
L		800	1000	1100	1400	2400	1900	2800
(yd^3)		1.05	1.31	1.44	1.83	3.0	2.5	3.66
Soil Type		←			Hard Clay			→
Digging Depth	(m)	2.3	3.2	3.2	3.4	4.0	4.2	5.2
	(ft)	8	10	10	11	13	14	17
Load Bucket	(min)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.13	0.10	0.11
Swing Loaded	(min)	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.10
Dump Bucket	(min)	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04
Swing Empty	(min)	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.09
Total Cycle Time	(min)	0.23	0.25	0.25	0.27	0.28	0.30	0.34

با توجه به نوع خاک، بیل مکانیکی مورد استفاده، ظرفیت جام و همچنین نحوه عملکرد و میزان زاویه دوران بیل در حین کار می‌توان زمان انجام عملیات را از اینگونه جداول برداشت نمود.

۲- بازده بیل مکانیکی (E):

این بازده به چگونگی مدیریت و سرپرستی کار، مهارت راننده در شرایط محیطی و محل بستگی دارد و عبارتست از:

$$E = \frac{\text{میزان زمان واقعی انجام کار}}{\text{میزان زمان صرف شده}}$$

۳- ضریب تورم خاک (f):

هنگام انجام عملیات خاکی، خاکی که برداشت می‌شود تغییر حجم داده و حجمش افزایش می‌یابد. به همین دلیل ضریب تورم خاک در این فرمول پیش بینی شده است. این ضریب را برای خاک های مختلف می‌توان از جدول (۳-۲) برداشت نمود.

۴- یافتن ضریب راندمان جام بیل مکانیکی (K):

با توجه به این که نوع خاکی که روی آن عملیات انجام میشود، بر میزان پر شدن جام بیل مکانیکی تاثیر دارد، این تاثیر در میزان تولید ماشین در نظر گرفته شده است. با استفاده از جدول شماره (۳-۳) می‌توان ضریب راندمان جام بیل‌های مکانیکی را یافت:

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۳- ضریب راندمان جام

نوع مواد	ضریب راندمان جام (٪)
زمین طبیعی	۱۰۰-۱۱۰
دانه‌بندی مخلوط	۹۵-۱۰۰
دانه‌بندی یکنواخت :	
تا ۱/۸ اینچ	۹۵-۱۰۰
۱/۸ تا ۳/۴ اینچ	۹۰-۹۵
بالای ۳/۴ اینچ	۸۵-۹۰
موارد به هم چسبیده :	
خوب خرد شده	۸۵-۹۵
متوسط	۷۰-۸۰
بد خورد شده	۶۰-۷۰

۵- تعیین میزان مهارت راننده (D)

ضریب مهارت راننده را می‌توان از جدول ۳-۴ استخراج نمود:

جدول ۳-۴- ضریب مهارت راننده

ضریب	مهارت راننده
۱	خوب
۰,۹	متوسط
۰,۸	ضعیف

مثال:

برای کندن و برداشتن خاکی که کندنش نسبتا آسان است، از بیل مکانیکی ۳۱۲C شرکت کاترپیلار استفاده شده است. هرگاه زاویه استقرار بیل با جبهه عملیات ۹۰ درجه بوده و تعداد کافی کامیون در اجرای عملیات شرکت داده شده باشد مدت اجرا را برای ۱۰۰۰۰ متر مکعب خاکبرداری محاسبه کنید.

بازده بیل ۰/۸

ضریب تورم ۱/۲۷

ضریب جام ۰/۹

حل: زمان اجرا با توجه به جدول ۱ برابر با ۰/۲۱ دقیقه به دست می‌آید. با مراجعه به کاتالوگ ماشین ظرفیت جام این نوع بیل ۰/۷ متر مکعب می‌باشد.

(۰/۸*۰/۹*۶۰*۰/۷)/(۰/۲۱*۱/۲۷)=۱۱۳/۳

۱۰۰۰۰ / ۱۱۳/۳ = ۸۸ معادل ۱۱ روز کاری

omoorepeyman.ir

۳-۴-۲- محاسبه حجم عملیات خاکی گریدر:

مقدار تولید گریدر معمولاً بر حسب مقدار سطح کار بیان می‌شود. واحد مقدار کار متر مربع در ساعت و یا به صورت خطی (کیلومتر در ساعت) می‌باشد. برای تعیین مقدار کار ساعتی گریدر ابتدا باید زمان لازم برای اجرای عملیات را حدس زده و بر اساس آن حجم عملیات ساعتی را محاسبه نمود. این زمان را با فرمول زیر می‌توان تخمین زد:

$$T = \frac{P * D}{E * S}$$

T = مدت اجرای عملیات (ساعت)

P= تعداد عبور لازم

D= مسافت طی شده در هر عبور (کیلومتر)

E = بازده گریدر

S= سرعت حرکت گریدر در طول عملیات (کیلومتر در ساعت)

۱- تعداد عبور لازم (P)

تعداد دفعاتی که گریدر برای اجرای کامل عملیات باید در مسیر خود عبور نماید، تعداد عبور لازم نامند. این تعداد بستگی به مهارت راننده گریدر دارد و به همین جهت رقم معینی نمی‌توان ارائه کرد. از آنجا که هر عبور اضافی ممکن است تا ۲۵ درصد مدت اجرای عملیات را بالا ببرد، لازم است که از هرگونه عبور اضافی جلوگیری شود.

۲- مسافت طی شده در هر عبور (D)

مسافتی است که گریدر برای انجام عملیات معینی طی می‌نماید.(بر حسب کیلومتر)

۳- بازده گریدر (E)

نسبت زمان واقعی انجام کار به زمان مصرف شده برای اجرای آن را بازده گریدر نامند. این بازده متغیر بوده و بستگی به طرز مدیریت و سرپرستی در کارگاه، مهارت راننده، شرایط و تسهیلات در تعمیرات و نگهداری و بالاخره شرایط محلی دارد.

$$E = \frac{\text{میزان زمان واقعی انجام کار}}{\text{میزان زمان صرف شده}}$$

۴- سرعت حرکت (S)

سرعت حرکت گریدر را در حین اجرای عملیات، سرعت حرکت آن می‌نامند این سرعت بستگی به مهارت راننده، نوع کار، مشخصات ماشین و شرایط زمین دارد.

نکته‌ای که باید به آن توجه داشت آنست که از نظر اقتصادی باید همیشه سرعت حرکت گریدر حداکثر ممکن انتخاب شود. در جدول شماره ۳-۵ سرعت گریدر در شرایط مختلف داده شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۵- سرعت گریدر در شرایط مختلف

کندن جوی	۴-۶ کیلومتر در ساعت
شیب خاکریز	۴ کیلومتر در ساعت
ترمیم راه	۶-۸ کیلومتر در ساعت
فینیشینگ و رویه کار	۶-۱۲ کیلومتر در ساعت
پخش کردن مواد	۸-۱۲ کیلومتر در ساعت
مخلوط کردن مواد	۱۲-۳۰ کیلومتر در ساعت
برف‌روبی	۱۸-۳۰ کیلومتر در ساعت

با توجه به مطالب بالا، وقتی زمان اجرای عملیات بدست آمد، سطحی که عملیات روی آن انجام شده نیز محاسبه می‌گردد و با تقسیم سطح عملیات بر زمان اجرای آن میزان تولید ساعتی گریدر معلوم می‌شود. برای روشن شدن مطلب مثالی ارائه می‌گردد.

مثال:

برای مخلوط کردن و تسطیح و تنظیم رویهٔ جاده‌ای شنی به طول ۱۰ کیلومتر و عرض ۸ متر از گریدری که پهنای تیغه آن ۳/۵ متر می‌باشد استفاده می‌شود. با توجه به شرایط کار و جنس مواد خاکی، تخمین زده شده تعداد عبور لازم ۶ بار باشد به طوری که گریدر در عبورهای اول و دوم با دنده (۳) یعنی سرعتی معادل ۶ کیلومتر در ساعت و در عبورهای سوم و چهارم با دنده (۴) یعنی سرعتی معادل ۹ کیلومتر در ساعت و در دو عبور آخر با دنده (۵) یعنی سرعتی معادل ۱۲ کیلومتر در ساعت مسیر مورد نظر را طی کند. مطلوب است محاسبه مدت اجرای عملیات و حجم عملیات در یک ساعت (تولید ساعتی) این گریدر با فرض این که راندمان ۶۰٪ است.

حل:

چون هر نوار کار که از عبور تیغه گریدر ایجاد می‌شود، بایستی حداقل نیم‌متر روی نوار قبلی را بپوشاند، لذا از ۳/۵ متر پهنای تیغه گریدر ۳ متر آن مؤثر خواهد بود. با توجه به اینکه پهنای مسیر ۸ متر است، بنابراین طولی را که گریدر برای انجام عملیات باید طی نماید، سه برابر طول راه یعنی ۳۰=۱۰*۳ کیلومتر است. عوامل دیگری که در فرمول مدت اجرای عملیات تأثیر دارند همگی معلوم می‌باشند.

مدت اجرای عملیات معادل:

$$T=\frac{P\times D}{S\times E}=\left(\frac{۲\times ۳۰}{۶\times ۰/۶}+\frac{۲\times ۳۰}{۹\times ۰/۶}+\frac{۲\times ۳۰}{۱۲\times ۰/۶}\right)=۱۶/۷+۱۱/۱+۸/۳=۳۶/۱ \text{ ساعت}$$

اگر مدت اجرای عملیات روزانه ۱۰ ساعت در نظر گرفته شود، کل مدت اجرا در حدود ۴ روز خواهد بود. سطحی که رویه آن مخلوط، تسطیح و تنظیم شده برابر است با:

$S = ۱۰ * ۱۰۰۰ * ۸ = ۸۰۰۰۰$ متر مربع

بنابراین مقدار عملیات در هر ساعت برابر است با : $\frac{۸۰۰۰۰}{۴۰}=۲۰۰۰\ m^۲/_{hr}$

سرعت‌های تیپ گریدر

در مورد مدیریت کار با گریدر توصیه‌های زیر برای بالا بردن مقدار تولید گریدر شده است:

omoorepeyman.ir

۱- همواره از حداقل تعداد گذر برای پایان یک کار استفاده شود. در این مورد برنامه‌ریزی دقیق، نظارت هوشیارانه و رانندگان ماهر نیاز می‌باشد.

۲- تا حد امکان پیچ‌ها و دور زدن‌های گریدر باید حذف شود. معمولاً در گذرهای کمتر از ۳۰۰ متر بهتر است گریدر از دنده عقب استفاده نماید و مبادرت به دور زدن نکند. هنگامیکه راننده ماهر است حتی در گذرهای طولانی هم می‌توان از دنده عقب استفاده نمود. این امر مخصوصاً در شرایطی که دور زدن مشکل یا غیر ممکن است لزوم پیدا می‌کند.

۳- از گریدرهای دوتایی (پهلو به پهلو) هم می‌توان بصورت مؤثر استفاده نمود. به شرطی که اولاً ماشین به اندازه کافی موجود باشد و در ثانی وسعت محل کار اجازه بدهد، از این تکنیک بخصوص در تراز کردن سطح زمین، پخش و مخلوط‌کردن مواد استفاده می‌شود.

۳-۴-۳- محاسبه حجم عملیات خاکی لودر

با استفاده از فرمول زیر و همچنین یافتن متغیرهای این فرمول از طریق روش‌های ذکر شده می‌توان حجم عملیات خاکی لودر را بدست آورد.

$$Q = \frac{٦٠ \times C \times K \times E}{T \times F}$$

در این فرمول علائم عبارتند از :

Q : حجم عملیات خاکی در یک ساعت (m^3/hr)

T : زمان یک دوره کامل عملیات بر حسب دقیقه

C : ظرفیت جام لودر (m^3)

K : ضریب راندمان جام برای لودرها

E : بازده لودر (میزان کارمفید در یک ساعت)

F :ضریب تورم خاک

برای یافتن هر یک از موارد ذکر شده به طریق زیر عمل می‌کنیم:

- ظرفیت جام لودر (C)

ظرفیت اسمی جام لودر عملا مساوی با حجم مواد حفاری شده در جام لودر با در نظر گرفتن استانداردهای موسسه SAE (Society of Automotive Engineers) است. این حجم برحسب متر مکعب سست (LCM) بیان می‌شود و برای تبدیل آن به حجم مواد در محل دو نوع تصحیح باید در ظرفیت جام به عمل آید.

عامل اول توسط ضریب راندمان جام که برای تبدیل ظرفیت اسمی جام به حجم متوسط مواد سست موجود در هر محوطه جام بیان می‌شود. عامل دوم برای تبدیل حجم مواد سست به حجم مواد در محل حفاری (BCM) به کار می‌رود. تحت استاندارد SAE، بار مجاز لودر با چرخ لاستیکی در حین عملیات نباید هیچگاه از ۵۰٪ بار استاتیک واژگونی (باری که تحت آن مطابق با تعریف SAE به خاطر لنگر حاصل از وزن جام پر شده، لودر واژگون می‌شود.) در حالتی که لودر در حال گردش کامل است تجاوز کند. این مقدار

omoorepeyman.ir

برای لودر چرخ زنجیری ۳۵٪ بار استاتیک واژگونی می‌باشد. البته بار واژگونی را می‌توان با استفاده از سربار یـا افـزودن ملحقـات بـه انتهای ماشین بالا برد و لذا مشاهده می‌شود که وزن ماشین هم علاوه بر قدرت بالا بردن بار، در تعیین حجم جام موثر است.

- محاسبه زمان یک دوره کامل عملیات (T)

برای محاسبه زمان یک دوره کامل عملیات لودر در دو مرحله باید عمل کـرد. مرحلـه اول، محاسـبه زمـان ثابـت و مرحلـه دوم استفاده از نمودارها برای محاسبه زمان رفت و برگشت (زمان متغیر) می‌باشد.

الف - محاسبه زمان ثابت برای لودر چرخ لاستیکی:

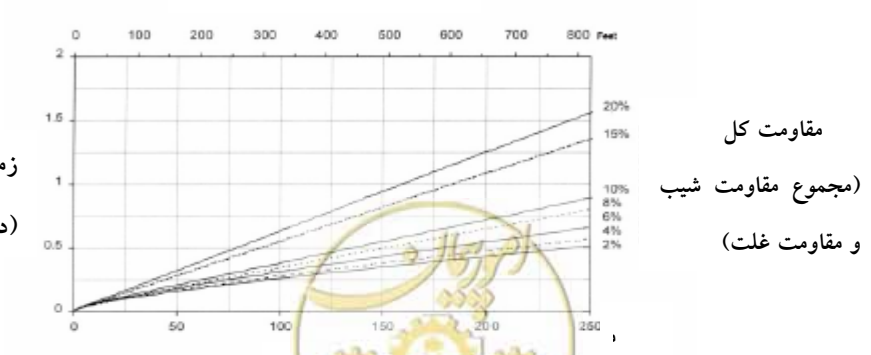
در این مرحله یک سیکل زمانی پایه در نظر گرفته شده و با توجه به شرایط مختلف، زمان‌های مشخصی به این زمان پایه اضافه و یا از آن کاسته می‌شود. زمان پایه (زمان لازم برای بارگیری، تخلیه و مانور) برای لودرهای چرخ لاستیکی معمول، ۰/٤٥ تا ۰/٥٥ دقیقه در نظر گرفته می‌شود. البته این میزان برای لودرهای بزرگ کمی بیشتر در نظر گرفته می‌شود. با اضافه کـردن یـا کـم کـردن زمان‌های متغیر زمان نهایی پایه بدست می‌آید. زمان یک دوره کامل عملیات بطور متوسط برای لودرها در جدول ۳-۶ زیر ارائه شـده است:

جدول ۳-۶- زمان متوسط عملیات برای لودرهای چرخ لاستیکی

توان لودر (hp)	حجم جام (m^3)	زمان یک دوره ثابت T (دقیقه)
۹۰-۲۱۰	۰/٦-۳/۳	۰/٤٥-۰/٥
۲۳٥-۳۱۹	۳/۳-٥/۷	۰/٥-۰/٥٥
٤۷٥-٦۷۹	٦/٤-۸/٦	۰/٥٥-۰/٦
۸۰۰-۱۲٥۰	۱۱/٥-۱۹	۰/٦-۰/۷

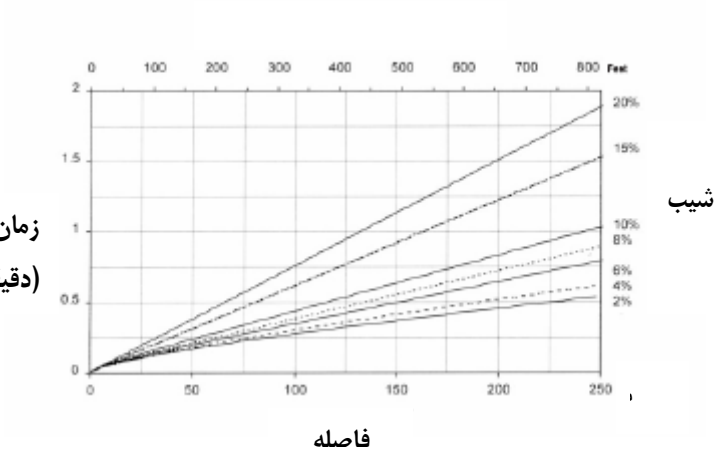
ب - محاسبه زمان رفت و برگشت برای لودر چرخ لاستیکی:

با استفاده از نمودارهایی که کارخانه‌های سازنده ماشین در اختیار قرار می‌دهند، نیز می‌توان این زمان را محاسبه نمـود. بـه طـور معمول این نمودارها ۳ محوره می‌باشند، محور سمت راست میزان کل مقاومت موجود که متشکل از مقاومت شیب و مقاومت غلـتش است را نشان می‌دهد و محور سمت چپ زمان رفت یا برگشت را می‌دهد. محور افقی نیز فاصله حمل یا برگشت را نشـان مـی‌دهـد. باید توجه شود برای رفت که بیل لودر پر از مصالح است و همچنین برگشت که بیل لودر خالی اسـت نمودارهـای جداگانـه‌ای وجـود دارد. شکل ۳-۹ یک نمونه لودر کاترپیلار ۹۳۸G خالی و شکل ۳-۱۰ همان لودر را با جام پر نشان می‌دهد.



شکل ۳-۹- زمان سفر ۹۳۸G در حالت خالی

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۱۰- زمان سفر ۹۳۸G در حالت پر

لازم به ذکر است که زمان‌های بدست آمده در دو مرحله فوق را باید با یکدیگر جمع نمود تا زمان نهایی یک سیکل فعالیت لودر بدست آید .

$$T_{total} = T_{(\text{بدست آمده از مرحله (۱)})} + T_{(\text{بدست آمده از مرحله (۲)})}$$

ج- محاسبه زمان ثابت برای لودر چرخ زنجیری:

زمان ثابت (زمان لازم برای بارگیری، تخلیه و مانور) برای لودرهای چرخ زنجیری معمولی ۰/۲۵ تا ۰/۳۵ دقیقه می‌باشد. البته این میزان برای لودرهای بزرگ تر کمی بیشتر در نظر گرفته می‌شود. با افزودن و یا کسر زمان های ثابت که در شرایط مختلف تحمیل می‌شوند، زمان سیکل پایه نهایی بدست می‌آید .

T ثابت = زمان بارگیری + زمان مانور + زمان تخلیه

۱- محاسبه زمان بارگیری:

زمان لازم برای بارگیری لودرهای چرخ زنجیری از جدول (۳-۷) قابل برداشت است :

جدول ۳-۷- زمان بارگیری لودر چرخ زنجیری

نوع خاک	زمان (min)
سنگدانه یکنواخت	۰/۰۳-۰/۰۵
سنگدانه مخلوط و مرطوب	۰/۰۳-۰/۰۶
رس شندار و مرطوب	۰/۰۳-۰/۰۷
خاک، سنگ	۰/۰۴-۰/۲
مصالح سیمانی شده	۰/۰۵-۰/۲

۲- محاسبه زمان مانور:

این زمان شامل تغییر موقعیت و همچنین چرخش لودر می‌باشد و میزان آن حدوداً ۰,۲دقیقه (با یک راننده مجرب) در نظر گرفته می‌شود.

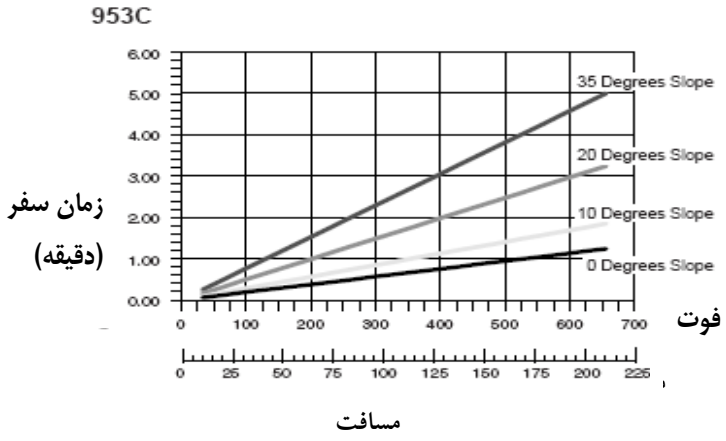
omoorepeyman.ir

۳- زمان تخلیه:

این زمان بسته به محلی که لودر تخلیه را انجام می‌دهد تغییر می‌کند و برای تخلیه در کامیون‌ها و تراک‌ها بین ۰,۰۴ تا ۰,۰۷ دقیقه متغیر می‌باشد. زمان‌هایی که شرایط کاری در محل به زمان لودر آن تحمیل می‌شود با توجه به موارد ذکر شده در لودر چرخ لاستیکی برداشته و به زمان ثابت حاصل از جمع زمان‌های بارگیری، تخلیه و مانور اضافه و یا از آن کاسته می‌شود.

۴- محاسبه زمان رفت و برگشت برای لودر چرخ زنجیری:

به استناد نمودارهایی که کارخانه های سازنده ماشین در اختیار قرار می‌دهند، می‌توان این زمان را محاسبه نمود. به طور معمول این نمودارها دارای ۲ محور می‌باشند، محور سمت چپ زمان رفت و برگشت و محور افقی فاصله حمل را نمایش می‌دهد این نمودار زمان رفت وبرگشت بر حسب فاصله را برای شیب های مختلف نشان می‌دهد نمونه‌ای از این نمودار در شکل ۳-۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۱- محاسبه مستقیم زمان سفر از روی نمودار کارخانه

همانگونه که مشاهده می‌شود، برای لودرهای چرخ زنجیری برای رفت و برگشت از یک نمودار استفاده می‌شود، ولی برای لودرهای چرخ لاستیکی از ۲ نمودار استفاده می‌گردد.

$$T_{total} = T_{((\text{بدست آمده از مرحله }(۳))} + T_{((\text{بدست آمده از مرحله }(۴))}$$

یافتن ضریب راندمان جام لودرها (K)

با استفاده از جدول۳-۸ می‌توان ضریب راندمان جام لودرها را پیدا کرد

جدول ۳-۸- ضریب راندمان جام لودرها در انواع مواد

نوع مواد	ضریب راندمان جام (٪)
زمین طبیعی	۱۱۰-۱۰۰
دانه‌بندی مخلوط	۱۰۰-۹۵
دانه‌بندی یکنواخت	
تا ۱/۸ اینچ	۱۰۰-۹۵
۱/۸ تا ۳/۴ اینچ	۹۵-۹۰
بالای ۳/۴ اینچ	۹۰-۸۵
موارد به هم چسبیده :	

omoorepeyman.ir

خوب خرد شده	۸۵-۹۵
متوسط	۷۰-۸۰
بد خرد شده	۶۰-۷۰

بازده لودر (E)

این بازده به چگونگی مدیریت و سرپرستی کار، مهارت راننده و شرایط محیطی و محلی بستگی دارد.

$$E = \frac{\text{میزان زمان واقعی انجام کار}}{\text{میزان زمان صرف شده}}$$

ضریب تورم خاک (f)

این ضریب میزان تغییر حجم خاک پس از کنده شدن را مشخص می‌کند و می‌توان میزان آن را برای انواع خاک‌های مختلف در جدول (۳-۱) مشاهده کرد.

مثال:

برای گودبرداری ۱۲۰۰ متر مکعب خاک (به طول ۳۰متر، عرض ۲۰ متر و ارتفاع ۲ متر) از لودر کاترپیلار ۹۵۰G استفاده شده است. در صورتی که جنس زمین از خاک نرم با دانه بندی مخلوط تشکیل شده و طول جاده الحاقی ۱۰ متر باشد، مدت اجرای عملیات را محاسبه کنید.

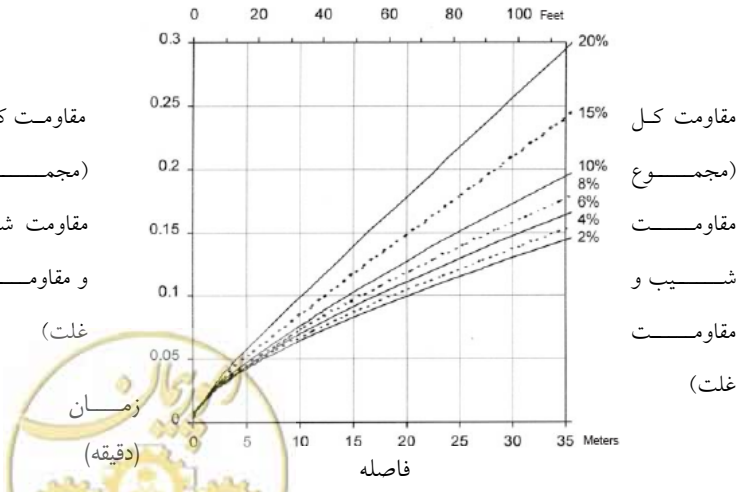
مقاومت کل ۴٪

بازده ۸۳/.

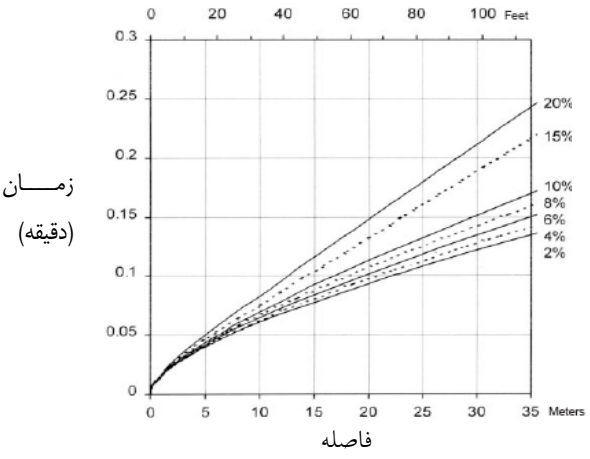
حل:

با توجه به ابعاد محیط خاکبرداری مسافت متوسط ۳۰/۲+۱۰=۲۵

محاسبه زمان یک دوره کامل (T): زمان ثابت ۰/۵ دقیقه فرض شده است. زمان متغیر با استفاده از دو نمودار زیر برای حالت رفت ۰/۱۲۵ دقیقه و برای حالت برگشت که جام خالی است ۰/۱۱۵ دقیقه به دست می‌آید.



شکل ۳-۱۲- لودر پر۹۵۰G



شکل ۳-۱۳- لودرخالی ۹۵۰G

omoorepeyman.ir

زمان کل=۰/۱۲۵+۰/۱۱۵+۰/۵=۰/۷۴ min

ضریب جام ۰/۹۵

ضریب تورم خاک۱/۲۷

ظرفیت جام ۳ متر مکعب

بازده لودر ۰/۸۳

Q=(۳*۰,۹۵*٦۰*۰,۸۳)/(۱,۲۷*.۷٤)=۱۵۱ m³/hr

مدت اجرا =۱۲۰۰/۱۵۱=۷/۹۳ hr تقریبا ۸ ساعت معادل یک روز کاری

۳-۴-۴- محاسبه حجم عملیات خاکی غلتک :

مقدار کار غلتک بر حسب متر مکعب در ساعت تابع سرعت غلتک و تعداد گذر برای رسیدن به تراکم مطلوب می‌باشد. لذا عواملی مانند جنس خاک، رطوبت خاک ، ضخامت آن و سرعت حرکت، می‌توانند بر مقدار تولید مؤثر باشند. ولی به طور کلی از فرمول‌های زیر مقدار خاک متراکم شده تعیین می‌شود:

$$Q = \frac{۱۰ \times S \times w \times E \times D}{N}$$

$$A = \frac{۱۰ \times S \times w \times E}{N}$$

Q= حجم خاک متراکم شده در ساعت $(m^۳/_{hr})$

A= سطح خاک متراکم شده در ساعت $(m^۲/_{hr})$

E= بازده غلتک

S= سرعت حرکت غلطک $(m/_{hr})$

D= عمق قشر خاک قبل از متراکم شدن (cm)

N= تعداد عبور غلتک

W= پهنای مفید غلطک (m)

لازم به ذکر است برای تبدیل حجم و یا سطح خاک کنده شده به حجم یا سطح خاک پس از کوبیده شدن، کافیست ارقام بدست آمده را در (f) یعنی ضریب تبدیل خاک ضرب نمود. مقدار این ضریب از جدول ۳-۱بدست می‌آید.

۱- بازده غلتک (E): این بازده به چگونگی مدیریت و سرپرستی کار، مهارت راننده و شرایط محیطی و محلی بستگی دارد.

$$E= \frac{\text{میزان زمان واقعی انجام کار}}{\text{میزان زمان صرف شده}}$$

۲- پهنای مفید (W) : بسته به نوع غلطک مورد استفاده متفاوت می‌باشد که اندازه آن در مشخصات عمومی ماشین مورد استفاده، آورده شده است.

۳- سرعت حرکت(S): سرعت حرکت غلطک‌های مختلف بر حسب نوع کاری که انجام می‌دهند تغییر می‌نماید. اندازه سرعت نیز برای هر ماشین در مشخصات عمومی آن آورده شده است.

omoorepeyman.ir

۴- قطر قشر خاک قبل از متراکم شدن (D): بر حسب جنس خاک و نوع غلطک و همچنین میزان تراکم مورد نظر تغییر می‌کند. لذا در هر کارگاهی باید آزمایشات لازم به عمل آمده و قطر مناسب را تعیین کرد.

۵- تعداد دفعات عبور غلطک (N): تعداد دفعات عبور غلطک، برای متراکم ساختن مواد، بستگی به میزان تراکم مورد نظر، نوع غلطک، سرعت حرکت آن، جنس مواد، قطر قشر کوبیده شده و رطوبت آن دارد. برای هر نوع خاک لازم است در هر کارگاهی آزمایشات لازم برای تعیین تعداد عبور مناسب بدست آید.

نکته : معمولاً سعی می‌شود رطوبت مواد در موقع متراکم شدن آن تا حد امکان به رطوبت نظیر تراکم حداکثر نزدیک باشد. تراکم حداکثر و رطوبت نظیر آن را می‌توان طبق استانداردهای مختلف مکانیک خاک تعیین کرد.

مثال:

برای کوبیدن جاده‌ای به طول ۲ کیلومتر و پهنای ۸ متر از غلطک پاچه بزی استفاده شده است. اگر ضخامت قشر خاک ۲۰ سانتی‌متر، تعداد عبور ۱۰ بار و سرعت حرکت غلطک ۸ کیلومتر در ساعت باشد، میزان تولید برای این عملیات را حساب کنید. (بازده غلطک ۷۰٪ و پهنای مفید آن ۱/۴ متر می‌باشد.)

حل : باید عبورها حداقل ۰/۳ متر بر هم منطق باشند. لذا پهنای مفید (۱/۱=۰/۳-۱/۴) در نظر گرفته می‌شود.

حجم خاک (کوبیده نشده) در یک ساعت:

$$Q = \frac{۱۰ \times S \times w \times E \times D}{N} = \frac{۱۰ \times ۸ \times ۲۰ \times ۰/۷ \times ۱/۱}{۱۰} = ۱۲۳/۲ \ (\frac{m^۳}{hr})$$

حجم خاک (کوبیده شده) در یک ساعت:

با فرض f=۰/۸

Q'=۱۲۳*۰/۸=۹۸/۴ $m^۳/hr$ (حجم خاک کوبیده شده)

۳-۴-۵- محاسبه حجم عملیات خاک بولدوزر:

محاسبه حجم عملیات خاکی بولدوزر به دو صورت می‌تواند انجام گیرد. روش اول محاسبهٔ فرمولی است که با توجه به ظرفیت جام، راندمان کارگاهی، زمان کامل یک سیکل و ضریب تورم خاک انجام می‌شود. روش دوم با استفاده از نمودارهای روی کاتالوگهای ماشین آلات به محاسبهٔ ماکزیمم تولید می‌پردازد و سپس با اعمال ضرایب اصلاحی میزان تولید واقعی را محاسبه می‌کند. در ادامه هر دو روش مذکور به ترتیب توضیح داده شده است.

روش اول) استفاده از روش های محاسباتی:

برای بولدوزرها فرمول زیر برای محاسبهٔ حجم عملیات خاکی ارائه می‌گردد.

$$Q = \frac{C \times ۶۰ \times E}{T \times f}$$

در این فرمول علائم عبارتند از:

Q = حجم عملیات خاکی در یک ساعت بر حسب متر مکعب

T = زمان کل بر حسب دقیقه

C = (قابل استخراج از کاتالوگ ماشین) ظرفیت تیغه بولدوز بر حسب متر مکعب

omoorepeyman.ir

f = ضریب تورم خاک

هنگام استفاده از این روش باید به نکات زیر توجه نمود:

۱) ظرفیت تیغه بولدوزر (C) : دو عامل در ظرفیت تیغه بولدوزر تأثیر گذار می‌باشند.

الف) ابعاد تیغه

ب) جنس زمین (نوع خاکی که ماشین قرار است در آن کار کند)

بار تیغه به روش های مختلف به شرح زیر تخمین زده می‌شود:

- نرخ تیغه از طرف سازندگان ماشین

نرخ تیغه از طرف سازندگان با فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$Vs = ۰,۸W\ H^{۲}$

$Vu = Vs + ZH(W-Z)\tan(X)$

که در آن:

Vs = ظرفیت تیغه مستقیم یا زاویه ای در حالت LCM

Vu = ظرفیت تیغه فراگیر در حالت LCM

W = طول تیغه (متر)

H = ارتفاع موثر تیغه (متر)

Z = طول بال (متر)

X = زاویه بال

- تجربه قبلی (مصالح، ماشین و شرایط کار مشابه)

تجربه قبلی نیز از روش های تخمین در حد عالی می‌باشد.

- اندازه گیری در کارگاه

اندازه گیری در کارگاه به شرح زیر انجام می‌شود:

۱- تعیین بار تیغه معمولی

بلدوزر بر سطح تراز پیش می‌رود. سپس متوقف می‌گردد. در همین حال تیغه را بالا آورده و کمی به طرف جلو حرکت می‌دهد تا دپوی قرینه ایجاد شود. در نهایت بلدوزر به سمت عقب حرکت کرده و از دپو دور می‌شود.

۲- اندازه گیری

ارتفاع (H) دپو در دو نقطه اندازه گیری می‌شود.

عرض (W) دپو در دو نقطه اندازه گیری می‌شود.

بیشترین طول (L) دپو اندازه گیری می‌شود.

۳- محاسبه

میانگین دو ارتفاع و دو عرض محاسبه می‌شود. اگر اندازه گیری به متر است، بار تیغه بر حسب LCM از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

omoorepeyman.ir

بارتیغه (LCM) = HWL

۲) بازده بولدوز (E):این بازده متغیر بوده و بستگی به چگونگی مدیریت و سرپرستی، طرز کار و مهارت راننده و نگهداری و تعمیر بولدوزر و بالاخره شرایط محلی دارد.

$$E = \frac{\text{میزان زمان واقعی انجام کار}}{\text{میزان زمان صرف شده}}$$

۳) زمان حمل (T): زمان حمل عبارت از مدتی است که طول می‌کشد تا بولدوزر خاک را از محل بارگیری تا محل تخلیه حمل نموده و دوباره به محل اولیه خود جهت ادامهٔ عملیات بازگردد. (به عبارت دیگر زمان انجام یک سیکل کاری) زمان حمل به دو قسمت زمان متغیر و زمان ثابت تقسیم می‌شود.

الف) زمان متغیر، زمانی است که صرف رفت و برگشت بولدوزر می‌شود و ارتباط مستقیم با مسافت دارد.

$$T_{\text{متغیر}} = \frac{\text{فاصله رفت}}{\text{سرعت رفت}} + \frac{\text{فاصله برگشت}}{\text{سرعت برگشت}}$$

ب) زمان ثابت: زمانی که جهت تغییر دنده، شتابگیری و موارد مشابه لازم است.

۴) ضریب تورم خاک (f): هنگام انجام عملیات، خاکی که برداشت می‌شود تغییر حجم داده و حجمش افزایش می‌یابد. به همین دلیل ضریب تورم خاک در این فرمول پیش بینی شده است. این ضریب را برای خاک های مختلف می‌توان از جدول شمارهٔ (۳-۲) برداشت نمود.

مثال:

تولید تقریبی یک بولدوزر را برای شرایط زیر محاسبه کنید.

اندازه تیغه بطول ۲/۸۹ و ارتفاع ۰/۹۲ متر است و ظرفیت برآورد شدهٔ آن ۲/۷۵ متر مکعب می‌باشد. خاک از نوع رس متراکم بوده و میزان بهره‌گیری ۵۰ دقیقه در ساعت است. مسافت حمل برابر ۳۰ متر بوده و سرعت رفت ۲/۲ کیلومتر بر ساعت و سرعت برگشت ۵/۶ کیلومتر بر ساعت محاسبه شده است.

زمان ثابت به منظور تعویض دنده و شتاب‌گیری ۰/۳ دقیقه فرض شده است.

حل:

با توجه به جدول، ضریب تورم خاک برابر با ۱/۴۱ می‌باشد.

زمان متغیر نیز قابل محاسبه است و داریم:

متغیر رفت $T = \frac{۳۰}{۳۶/۶۶} = ۰/۸۱۸$ دقیقه

سرعت رفت بر حسب متر در دقیقه

متغیر برگشت $T = \frac{۳۰}{۹۳/۳} = ۰/۳۲۱$ دقیقه

سرعت برگشت بر حسب متر در دقیقه

omoorepeyman.ir

$T_{total} = \underbrace{۰/۸۱۸+۰/۳۲۱}_{\text{ثابت}} + \underbrace{۰/۳}_{=} = ۱/۴۴$ دقیقه

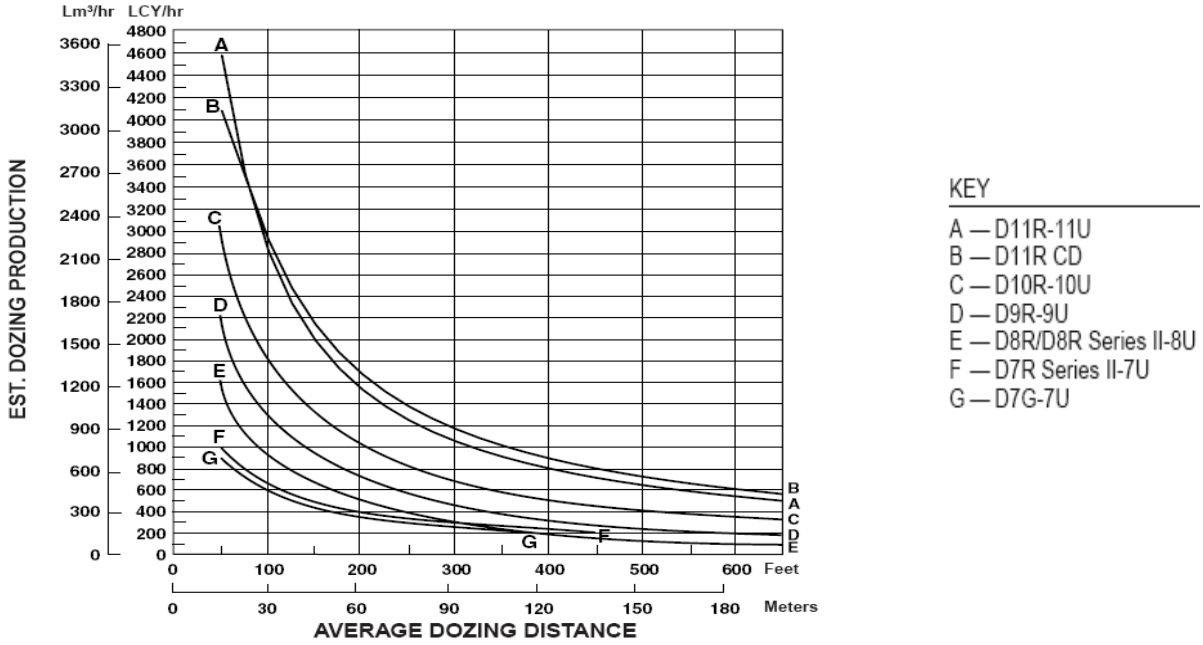
حجم عملیات خاکی $Q = \dfrac{۲/۷۵ \times ۶۰ \times \frac{۵۰}{۶۰}}{۱/۴۴ \times ۱/۴۳}$ = ۶۶/۷۷ متر مکعب در ساعت

بازده شرایط فوق در حالتی در نظر گرفته شده که اجازه بارگیری با ظرفیت کامل به تیغه داده شود ولی برای اکثر پروژه‌ها مقدار بارگیری کمتر از مقدار ظرفیت حداکثر ممکن خواهد بود.

روش دوم – استفاده از نمودارهای ماشین آلات مورد استفاده:

در این روش میزان تولید بولدوزر را می‌توان از منحنی‌های تولید موجود در کاتالوگ ماشین‌ها و ضرایب اصلاحی که نحوه محاسبهٔ آن در ادامه توضیح داده خواهد شد، محاسبه کرد. (یک نمونه از این نمودارها در شکل شماره ۳- ۱۴ نشان داده شده است.)

ضرایب اصلاحی * ماکزیمم تولید (بدست آمده از روی نمودار) = تولید



شکل شماره ۳-۱۴ میزان تولید تخمینی بولدوزر $D^{۷}G$ تا $D^{۱۱}R$ شرکت کاترپیلار با تیغه یونیورسال

بافرض چگالی خاک $۱۳۷۰ Kg/m^{۳}$

در این نمودار محور افقی فاصله حمل بر حسب متر و فوت و محور قائم میزان تولید است. حروف نشان داده شده نیز معرف نوع بولدوزر مورد استفاده است. پس از برداشت تولید تقریبی از نمودار، با استفاده از ضرایب اصلاحی جدول ۳-۹ میزان تولید ماشین محاسبه می‌شود.

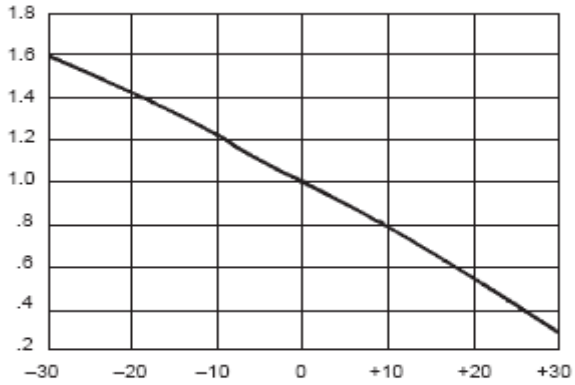
جدول ۳-۹- ضرایب اصلاحی موقعیتهای مختلف کاری بولدوزر

بولدوزر چرخ لاستیکی	بولدوزر چرخ زنجیری	
		اپراتور :
۱	۱	خوب
۰/۶	۰/۷۵	متوسط
۰/۵	۰/۶	ضعیف

@omoorepeyman.ir

مواد : مواد انباشته شده است	۱/۲	۱/۲
منجمد، سخت برای برش : با سیلندر شیب دار	۰/۸	۰/۷۵
بدون سیلندر شیب دار	۰/۷	-
مواد بسیار چسبنده و تودهٔ سخت مواد	۰/۸	۰/۸
بالاستی، صخره‌ای	۰/۶–۰/۸	-
حفاری در شیار	۱/۲	۱/۲
حفاری در کنار هم	۱/۱۵–۱/۲۵	۱/۱۵–۱/۲۵
تاریکی، گرد و غبار، مه، برف، باران	۰/۸	۰/۷

علاوه بر موارد فوق تأثیر شیب را از روی شکل شماره ۳–۱۵ می‌توان برداشت نمود. همچنین میزان کارکرد ماشین در یک ساعت را بصورت نسبت آن میزان عملکرد تقسیم بر ۶۰ دقیقه به صورت ضریب تأثیر می‌دهیم.



شکل ۳–۱۵– ضریب تولید بر اساس شیب (منفی سرازیری و مثبت سربالایی)

مثال:

میزان حجم عملیات خاکی در یک ساعت از لودر D۸R/۸SU (دارای سیلندر شیب دار) که رس سخت را در فاصلهٔ ۴۵ متر انتقال می‌دهد محاسبه کنید.

میزان شیب ۱۵٪ سرپایینی است.

چگالی مصالح $۱۶۰۰\ {}^{kg}/_{m^3}$

راننده دارای مهارت متوسط است.

میزان بازده کار در یک ساعت ۵۰ دقیقه می‌باشد و حفاری در شیار انجام می‌گیرد.

حل :

با توجه به نمودار میزان ماکزیمم تولید $۴۵۸\ m^3/hr$ بدست می‌آید. از آنجایی که نمودارها برای خاک با چگالی ۱۳۷۰ تنظیم شده اند باید ضریب اصلاح چگالی محاسبه شود.

اصلاح چگالی ۰/۸۷ = ۱۳۷۰/۱۶۰۰

مصالح سخت برای برش ۰/۸

omoorepeyman.ir

اصلاح شیب ۱/۳ (با توجه به نمودار)

حفاری در شیار ۱/۲

راننده متوسط ۰/۷۵

بازده کاری ۰/۸۳ = ۵۰/۶۰

میزان تولید = ۴۵۸ * (۰ /۸ *۱ /۳ *۱ /۲ * ۰ /۷۵ * ۰/۸۳ *۰ / ۸۷) = ۳۰۹/۶ m^3/hr

۳-۴-۶- محاسبه ظرفیت تولید و حجم عملیاتی کامیون:

ظرفیت تولیدی یک کامیون یا یک واگن بستگی به مقدار بار و تعداد سفرهایی دارد که در یک ساعت می‌تواند انجام دهد:

مقدار بار * تعداد سفر در ساعت = ظرفیت تولید

- تعداد سفر در یک ساعت بستگی به وزن کامیون، قدرت موتور، فاصله حمل و شرایط جاده دارد. این عوامل بر روی مدت زمان یک سیکل کاری اثر می‌گذارند که با محاسبه آن می‌توان تعداد سفر در ساعت را بدست آورد.
- روش تعیین مقدار بار (ظرفیت) کامیون در قسمت بعد شرح داده شده است.

برای مثال کامیونی که دارای ظرفیت ۱۲ متر مکعب می‌باشد و حدوداً در هر ساعت ۳ مرتبه مواد خاکی را در مسیر مشخص شده جابجا می‌کند، دارای ظرفیت تولید ساعتی ۳۶ m^3/hr برای آن مسیر خاص می‌باشد.

- مقدار بار (ظرفیت) کامیون‌ها و واگن‌ها:

سه روش برای بیان ظرفیت واگن‌ها و کامیون‌ها وجود دارد:

۱) مقدار بار قابل حمل بر حسب تن
۲) بوسیله حجم پر بر حسب متر مکعب
۳) بوسیله حجم انباشته بر حسب متر مکعب

در هنگامی که حمل مواد سنگین‌وزن نظیر سنگ آهن مورد نظر است ظرفیت وزنی، حجم مواد را محدود می‌نماید. ولی هنگامیکه وزن مخصوص مواد چنان باشد که مقدار بار از مقدار مجاز بیشتر نشود، دستگاه را می‌توان تا ظرفیت انباشته بار نمود.

ظرفیت پر مساوی حجم هندسی اتاق بارگیری کامیون است ولی ظرفیت انباشته حالتی است که کامیون تا لبه ها پر و خاک به صورت مخروطی روی آن قرار گیرد.

ظرفیت پر برای هر ماشین مقداری ثابت است و معمولاً در موارد حمل مواد سیال یا نسبتاً سیال نظیر بتن تعیین کننده نیست. در حالی که ظرفیت انباشته مقدار متغیری دارد (خاکهای مرطوب یا خاک رس ماسه‌ای با زاویه شیب ۱ به ۱ می‌توانند حمل شود، در حالیکه شن خشک و یا ماسه، شیبی بیشتر از ۱ به ۳ نخواهند داشت.) جاده هموار اجازه بهره‌برداری با ظرفیت انباشته بیشتری را نسبت به راه موقت ناهموار می‌دهد.

برای تعیین ظرفیت انباشته یک دستگاه لازم است که ظرفیت پر، طول و عرض اتاق کامیون و زاویه‌ای که تحت آن مواد بار شده در هنگام حرکت ثابت می‌ماند معلوم باشد. ولی همواره باید توجه داشت که وزن مواد در این حالت کمتر از ظرفیت وزنی مجاز ماشین باشد.

omoorepeyman.ir

- تعیین تعداد باربرهای مورد نیاز در عملیات:

برای تعیین تعداد باربرهای لازم برای هر ماشین حفار، باید ابتدا محاسبه نمود که مدت زمان لازم برای هر سیکل کامل باربری چقدر است. این مدت زمان از پارامترهای زیر تشکیل شده است:

۱) بارگیری که توسط لودر یا ماشین حفار در محل حفاری انجام می‌شود.

۲) حمل که از محل بارگیری تا محل تخلیه صورت می‌پذیرد.

۳) تخلیه که در محل تخلیه انجام گرفته و شامل مانور در محل تخلیه هم می‌شود.

۴) بازگشت که شامل بازگشت از محل تخلیه به محل بارگیری است.

۵) مدت زمانی که طول می‌کشد تا نوبت بارگیری به باربر برسد.

۶) شتابگیری که بین مراحل بارگیری و حمل و یا تخلیه و بازگشت است و شامل زمانی است که طول می‌کشد تا ماشین به سرعت حد خود برسد.

عوامل فوق به دو دسته مدت زمان‌های ثابت و مدت زمان‌های متغیر گروه‌بندی می‌شوند.

مدت زمان متغیر + مدت زمان ثابت = سیکل حمل مواد

مدت زمان ثابت عبارتست از مجموع عوامل ۱، ۳، ۵ و ۶ مندرج در فوق (بدین دلیل اینها را ثابت فرض می‌کنیم که این عوامل تابع فواصل حمل و سرعت وسیله نقلیه نمی‌باشند.) این مدت زمان‌ها برای هر نوع عملیات بخصوصی با دقت قابل قبولی محاسبه می‌شوند.

مدت زمان متغیر سیکل، همان زمان سفرهای مربوط به حرکت ماشین می‌باشند که به هم افزوده می‌شوند. این زمان سفرها را می‌توان با تقسیم مسافت حمل بر سرعت متوسط باربر تخمین زد. تعیین سرعت باربر معمولا به دو طریق صورت می‌گیرد (یا از طریق نمودارهای ارائه شده از طرف کارخانه تولید کننده و یا از طریق جداولی که سرعت را در هر دنده می‌دهند) روش دوم و عوامل مؤثر بر آن (قدرت موتور، وزن ناخالص ماشین، مقاومت غلتشی، شیب، ارتفاع و ...) در پایان این فصل طی مثالی به طور کامل تشریح شده است. در حال حاضر فرض می‌کنیم سرعت و به تبع آن زمان سفر محاسبه شده و معلوم است.

پس از تعیین مدت زمان لازم برای هر سیکل باربری، اکنون به محاسبه تعداد باربرهای لازم در عملیات می‌پردازیم.

در ابتدا از یک روش معین استفاده می‌شود که در آن فرض می‌شود در هر لحظه یک ماشین باربر برای بارگیری موجود است. در مرحله بعد با تعمیم روش فوق و با استفاده از یک تکنیک ریاضی به نام تئوری صف، اثر متغیر بودن مدت زمان سفر و بارگیری باربرها را در محاسبات وارد می‌کنیم تا به نتایج واقع بینانه‌تری از روش معین دست یابیم. در روش معین فرض بر این است که مدت زمان های سیکل کاری کامیون مقدار ثابت و قابل ملاحظه ای دارد ولی در روش تئوری صف فرض می‌شود که این مدت زمان‌ها تابع یک توزیع آماری می‌باشند.

روش سنتی محاسبه تعداد ماشین‌های باربری که از یک لودر سرویس می‌گیرند. به این صورت است که همواره باید تعداد ماشین‌ها را طوری در نظر گرفت که هیچگاه ماشین حفار بیکار نباشد. به عبارت دیگر در هر لحظه یک ماشین باربر برای بارگیری موجود باشد. این روش یک روش معین بوده و فرض می‌شود که مدت زمان لازم برای بارگیری، تخلیه و حمل مواد کاملاً قابل پیش بینی است:

omoorepeyman.ir

مدت زمان بارگیری با استفاده از یکی از روابط زیر بدست می‌آید:

$$\text{زمـــــان} = \frac{\text{ظرفیت ماشین‌باربر}}{\text{تولید بارکن با راندمان ۱۰۰٪}}$$

تعداد جام‌های تخلیه شده در باربر* سیکل ماشین حفار= مدت زمان بارگیری

در رابطه بالا بدین دلیل راندمان را ۱۰۰٪ می‌گیریم که معمولاً لودر در هنگام عمل بار زدن دارای راندمان برابر یا نزدیک به ۱۰۰٪ می‌باشد.

$$\text{تعداد باربرهای مورد نیاز } (N) = \frac{\text{سیکل کلی حمل و تخلیه مواد}}{\text{مدت زمان بارگیری}}$$

اگر حاصل رابطه فوق به عدد صحیح بالاتر گرد شود، می‌توان اطمینان داشت که همواره لااقل یک ماشین باربر در کنار ماشین حفار موجود است. در نتیجه میزان کار سیستم مساوی خواهد بود با میزان تولید حفار که البته با در نظر گرفتن ضریب راندمان کار حفار خواهد بود. اگر تعداد ماشین‌ها از N کمتر باشد، میزان تولید به همان نسبت نقصان می‌یابد طبق رابطه زیر:

$$\text{تولید مورد انتظار } (N>\text{تعداد باربرها}) = \frac{\text{تعداد باربرها}}{N} * \text{تولید نرمال}$$

تولید نرمال عبارتست از میزان تولید در حالتیکه تعداد باربرها مساوی N باشد.

ارائه یک مثال عددی می‌تواند مطالب بالا را روشن کند. (در این مثال فرض می‌شود که مدت زمان‌های عملیاتی کامیون معلوم است. روش بدست آوردن این زمان‌ها در مثال انتهای فصل آمده است.)

مثال:

یک لودر با ظرفیت متوسط جام $۱/۵m^۳$ دارای میزان تولید ۸۰ متر مکعب در ساعت و راندمان ۰/۷۵ است. کامیون‌های در نظر گرفته شده برای سرویس گرفتن از این لودر دارای ظرفیت ۳ متر مکعب می‌باشند. مدت زمان سفر و تخلیه این کامیون‌ها ۳۰ دقیقه برآورد شده، مطلوب است تعداد کامیون لازم و میزان تولید ساعتی مجموعه.

$$\text{مدت زمان بارگیری} = \frac{۳}{۸۰} = ۰/۰۳۷۵ \text{ hr} \quad \text{و} \quad \text{مدت زمان سفر + تخلیه} = ۰/۵ \text{ hr}$$

$$\text{تعداد باربری‌های مورد نیاز } (N) = \frac{۰/۰۳۷۵ + ۰/۵}{۰/۰۳۷۵} = \frac{۰/۵۳۷۵}{۰/۰۳۷۵} = ۱۴/۳۳$$

بنابراین ۱۵ کامیون مورد نیاز می‌باشد و میزان تولید ساعتی سیستم نیز همان تولید لودر می‌باشد البته با احتساب راندمان کار لودر:

$$\text{میزان تولید سیستم} = ۸۰ * ۰/۷۵ = ۶۰ \ m^۳/hr$$

البته چون از ۱۵ کامیون استفاده کرده‌ایم و زمان لازم برای بارکردن این تعداد کامیون $۱۵ * ۰/۰۳۷۵ = ۰/۵۶۲۵ hr$ می‌باشد. لذا زمان از دست رفته به ازای هر دوره تناوب کامیون برابر با $۰/۵۶۲۵ - ۰/۵۳۷۵ = ۰/۰۲۵ hr$ به ازای هر کامیون می‌شود. این امر فاکتور بهره‌وری ۹۵٪ را برای هر کامیون بوجود می‌آورد.

$$\frac{۰/۵۳۷۵}{۰/۵۶۲۵} = ۰/۹۵$$

omoorepeyman.ir

حال اگر فرض کنیم که به جای ۱۵ کامیون از ۱۴ کامیون استفاده نموده‌ایم. بنابراین میزان تولید سیستم به صورت زیر بدست می‌آید.

$$\text{تولید مورد انتظار} = \frac{۱۴}{۱۴/۳۳} * ۶۰ = ۵۸/۶۲ \ m^3/hr$$

در این صورت لودر مزبور مدت زمانی را در بارگیری کامیون‌ها از دست خواهد داد.

$$\text{مخارج عملیات در واحد حجم} = \frac{\text{مخارج کلیه ماشین آلات در واحد زمان}}{\text{میزان تولید در واحد زمان}}$$

برای روشن شدن بیشتر مطلب به مثال پایان فصل مراجعه شود.

- روش تئوری صف‌بندی

در سال ۱۹۴۷ روشی بر مبنای تئوری صفوف محدود (finite queues) ارائه شد که به کمک آن می‌توان توزیع بهینه تعمیر کارانی را که برای سرویس ماشین‌های اتوماتیک در نظر گرفته شده بودند، تعیین کرد. انواع مختلف این مدل که معمولا مدل ماشین سوئدی (Swedish Machine Model) خوانده می‌شود، در حل برخی از مسائل به کار رفته و موفقیت آمیز بوده است.

اسپاف (spaugh) این مدل را برای اولین بار در یک عملیات حفاری و حمل و نقل بکار برده است. گرچه تئوری صفوف بر مبنای تئوری های ریاضی نسبتا پیچیده بنا شده ولی می‌توان آن را به سادگی در مساله حفاری و حمل و نقل به کار برد. حل ریاضی روابط و فرمول های مربوطه در اینجا آورده نمی‌شوند. علاقه‌مندان می‌توانند به کتاب های مربوطه مراجعه نمایند. با این همه باید در نظر داشت که در این روش فرض بر این است که مدت زمان های بارگیری و حمل مواد به محل تخلیه و بازگشت به محل بارگیری تابع یک توزیع آماری (پواسون یا اکسیونانسیل) می‌باشند. مشاهدات در محل کارگاه ها نشان می‌دهد که گرچه این مدت زمان ها کاملا از این توزیع های آماری متابعت نمی‌کنند، ولی میزان تولید محاسبه شده توسط این روش به میزان حقیقی تولید به اندازه کافی نزدیک است.

نمادهای زیر در کاربرد تئوری فوق الذکر در عمل حفاری و حمل مواد مورد استفاده واقع می‌شوند:

n : تعداد باربر سیستم

a : متوسط تعداد دفعاتی که یک باربر (کامیون) به محل بارگیری رجوع می‌کند. (بر حسب تعداد دفعات ورود در ساعت)

l : متوسط تعداد باربرهایی که توسط یک بارکن (حفار) بار می‌شوند. (بر حسب تعداد باربر بار شده در ساعت)

r : نسبت a به l

P_0 : احتمال اینکه در یک لحظه بخصوص باربری برای گرفتن بار از بارکن در محل بارگیری موجود نباشد.

P_t : احتمال اینکه یک یا بیش ازیک باربر در محل بارگیری وجود داشته باشد.

باتوجه به تعریف Pt و P_0 خواهیم داشت: $(P_t=۱-P_0)$

برای یافتن Pt و P_0 لازم است که مقدار r تعیین شود.

$$a = \text{تعداد دفعات ورود به محل بارگیری} = ۱ / \text{زمان سفر}$$

$$l = \text{تعداد دفعات بارگیری در ساعت} = ۱ / \text{زمان بارگیری} = ۱ / (\text{تولید لودر} / \text{ظرفیت کامیون})$$

لذا خواهیم داشت:

$$r = \frac{\text{زمان بارگیری}}{\text{زمان سفر}} = \frac{\text{ظرفیت کامیون}}{\text{تولید لودر} \times \text{زمان سفر}}$$

omoorepeyman.ir

در رابطه بالا، تولید لودر بر مبنای راندمان ۱۰۰٪ در نظر گرفته شده است. دلیل این عمل قبلا ذکر شد. مقادیر Pt و P_0 علاوه بر رابطه با r، به n (تعداد باربرهای موجود در سیستم) نیز بستگی دارد. جداولی برای تعیین Pt تهیه شده اند که نمونه ای از آنها در جدول ۳-۱۰ نشان داده شده است. میانیابی خطی در مورد مقادیر r واقع در بین مقادیر داده شده در این جدول می‌تواند به کار گرفته شود. برای دقت بیشتر، می‌توان مقدار P_0 را از رابطه زیر تعیین نمود:

$$P_0 = [\sum_{i=0}^{n} \frac{n!}{(n-i)!}(r)^i]^{-1}$$

جدول ۳-۱۰- احتمال این که کامیون و یا وسیله نقلیه حمل بار در محل آماده باشد (Pt)

تعداد کامیون و یا وسیله حمل بار

r	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
.01	.030	.040	.049	.059	.069	.079	.089	.099	.109	.119	.129	.138	.148
.02	.059	.078	.098	.117	.137	.156	.176	.195	.215	.234	.253	.274	.292
.03	.087	.116	.145	.174	.203	.231	.260	.288	.317	.345	.373	.401	.429
.04	.115	.153	.191	.229	.266	.304	.341	.378	.414	.450	.486	.522	.556
.05	.142	.189	.236	.282	.328	.373	.418	.462	.506	.548	.590	.631	.670
.06	.169	.224	.279	.333	.386	.439	.490	.541	.590	.637	.682	.726	.766
.07	.194	.258	.320	.382	.442	.501	.558	.613	.665	.715	.762	.804	.843
.08	.220	.291	.361	.429	.495	.559	.620	.678	.732	.782	.827	.866	.900
.09	.244	.323	.399	.473	.545	.613	.676	.736	.789	.837	.876	.911	.938
.10	.268	.353	.436	.515	.591	.662	.727	.785	.837	.880	.916	.943	.964
.11	.291	.383	.471	.555	.634	.706	.771	.828	.875	.914	.943	.964	.979
.12	.314	.412	.505	.593	.673	.746	.810	.863	.906	.939	.962	.978	.988
.13	.335	.439	.537	.627	.709	.782	.843	.892	.930	.957	.975	.987	.993
.14	.357	.465	.567	.660	.742	.813	.871	.915	.948	.970	.984	.992	.996
.15	.377	.491	.596	.690	.772	.840	.894	.934	.962	.979	.989	.995	.998
.16	.397	.515	.622	.718	.799	.864	.914	.949	.972	.986	.993	.997	.999
.17	.416	.538	.648	.743	.823	.885	.930	.960	.979	.990	.996	.998	
.18	.435	.560	.672	.767	.844	.902	.943	.969	.985	.993	.997	.999	
.19	.453	.581	.694	.788	.863	.917	.954	.976	.989	.995	.998		
.20	.470	.602	.715	.808	.879	.930	.963	.982	.992	.997	.999		
.21	.487	.621	.735	.826	.894	.941	.970	.986	.994	.998			
.22	.504	.639	.753	.842	.907	.950	.975	.989	.995	.998			
.23	.519	.657	.770	.857	.919	.958	.980	.991	.996	.999			
.24	.535	.673	.786	.871	.929	.964	.984	.993	.997				
.25	.549	.689	.801	.883	.937	.970	.987	.995	.998				
.26	.564	.704	.815	.894	.945	.974	.989	.996	.999				
.27	.577	.719	.828	.904	.952	.978	.991	.997					
.28	.591	.732	.839	.913	.957	.981	.993	.997					
.29	.603	.745	.851	.921	.962	.984	.994	.998					
.30	.616	.757	.861	.928	.967	.986	.995	.998					
.31	.628	.769	.870	.935	.971	.988	.996	.999					
.32	.639	.780	.879	.941	.974	.990	.997						
.33	.650	.791	.887	.946	.977	.991	.997						
.34	.661	.800	.895	.951	.980	.993	.998						
.35	.671	.810	.902	.955	.982	.994	.998						
.36	.681	.819	.909	.959	.984	.995	.998						
.37	.691	.827	.915	.963	.986	.995	.999						
.38	.700	.835	.920	.966	.987	.996							
.39	.709	.843	.925	.969	.989	.996							
.40	.718	.850	.930	.972	.990	.997							
.41	.726	.857	.935	.974	.991	.997							
.42	.734	.863	.939	.976	.992	.998							
.43	.742	.870	.943	.978	.993	.998							
.44	.750	.875	.946	.980	.994	.998							
.45	.757	.881	.950	.982	.994	.998							
.46	.764	.886	.953	.983	.995	.999							
.47	.771	.891	.956	.985	.995								
.48	.777	.896	.958	.986	.996								
.49	.783	.900	.961	.987	.996	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999
.50	.780	.905	.963	.988	.997	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999
.51	.795	.909	.965	.989	.997								
.52	.801	.913	.968	.990	.997								
.53	.807	.916	.969	.990	.997								
.54	.812	.920	.971	.991	.998								
.55	.817	.923	.973	.992	.998								
.56	.822	.926	.974	.992	.998								
.57	.827	.929	.976	.993	.998								
.58	.831	.932	.977	.993	.998								
.59	.836	.935	.978	.994	.999								
.60	.840	.938	.980	.994									
.61	.844	.940	.981	.995									
.62	.848	.942	.982	.995									
.63	.852	.945	.983	.995									
.64	.856	.947	.984	.996									
.65	.860	.949	.985	.996									
.66	.863	.951	.985	.996									
.67	.867	.953	.986	.997									
.68	.870	.954	.987	.997									
.69	.873	.956	.987	.997									
.70	.877	.958	.988	.997									
.71	.880	.959	.989	.997									
.72	.882	.961	.989	.998									
.73	.885	.962	.990	.998									
.74	.888	.964	.990	.998									
.75	.891	.965	.991	.998									
.76	.893	.966	.991	.998									
.77	.896	.967	.992	.998									
.78	.898	.968	.992	.998									
.79	.901	.970	.992	.998									
.80	.903	.971	.993	.998									
.81	.905	.972	.993	.999									
.82	.907	.973	.993										
.83	.910	.973	.994										
.84	.912	.974	.994										
.85	.914	.975	.994										
.86	.915	.976	.994										
.87	.917	.977	.995										
.88	.919	.978	.995										
.89	.921	.978	.995										
.90	.923	.979	.995										
.91	.924	.980	.996										
.92	.926	.980	.996										
.93	.928	.981	.996										
.94	.929	.981	.996										
.95	.931	.982	.996										
.96	.932	.983	.996										
.97	.933	.983	.997										
.98	.935	.984	.997										
.99	.936	.984	.997	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999

omoorepeyman.ir

تعداد بهینه باربرها (کامیون ها):

میزان تولید یک سیستم حفاری و حمل مواد، با استفاده از تئوری صفوف، از ضرب تولید عادی حفار در احتمال وجود باربر (کامیون) در محل بارگیری در هر لحظه بدست می‌آید. بنابراین، میزان تولید عبارت است از حاصل ضرب تولید نرمال حفار در Pt با توجه به تعداد کامیون موجود در سیستم:

تولید سیستم = تولید عادی حفار * P_t

وقتی از تئوری صفوف استفاده می‌شود، تعداد بهینه کامیون های یک پروژه بخصوص طوری انتخاب می‌شود که مجموعه حاصل کمترین هزینه را برای تولید ایجاد نماید. قیمت تمام شده برای تعداد مخالفی از کامیون ها محاسبه شده و تعداد کامیونی که به ازای آن، این هزینه کمترین می‌باشد انتخاب می‌گردد. یک مقدار تقریبی برای n برابر با عکس r می‌باشد. بنابراین مقادیری برای n در اطراف ۱/r انتخاب شده، هزینه مربوط به هر کدام محاسبه می‌شود و کمترین آنها تعیین می‌گردد.

مشاهدات کارگاهی نشان می‌دهد که مدت زمان های حقیقی بارگیری و حمل مواد کاملا از توزیع نرمال متابعت نمی‌کند، اما تولید حقیقی با تولید محاسبه شده توسط روش فوق خیلی به هم نزدیک است. در یک تحقیق، تولید محاسبه شده در حدود ۳٪ از تولید حقیقی کمتر بود.

اکنون به بررسی یک مثال جامع می‌پردازیم و در آن تأثیر عوامل مختلفی نظیر مقاومت غلتشی، شیب جاده و ارتفاع را روی سرعت کامیون در نظر می‌گیریم. (نحوه محاسبه این عوامل در فصل‌های گذشته آمده است.) همچنین اثر آنالیز بها را روی انتخاب صحیح تعداد کامیون ها بررسی می‌نماییم و در محاسبات صورت گرفته از تئوری صف استفاده می‌کنیم.

مثال:

برای اجرای پروژه‌ای نیاز به m^3 ۸۰۰۰۰۰ خاک کنده نشده است. نوع خاک معمولی خوب بوده و وزن آن ۱۶۰۰ کیلوگرم بازاء هر متر مکعب خاک کنده نشده با ضریب تورم ۲۵ درصد است.

از محل قرضه نیاز به حمل خاک به مسافت متوسط ۱/۲ کیلومتردر سر بالایی با شیب ۲/۵ درصد است. خاکبرداری در عمق بهینه انجام می‌گیرد. شرایط کار عالی بوده و شرایط مدیریت خوب است. خاک با بیل مکانیکی ۳ متر مکعبی خاکبرداری خواهد شد که تولید احتمالی آن ۳۵۰ متر مکعب خاک کنده نشده در ساعت و راندمان کار ۷۵٪ است. دیگر اطلاعات پروژه به شرح زیر است:

- مقاومت غلتشی راه موقت : ۳۰ کیلوگرم برای هر تن وزن
- ضریب اصطکاک کششی بین لاستیک کامیون و راه موقت : بطور متوسط ۰/۶ خواهد بود.
- این پروژه در ارتفاع ۱۶۰۰ متری از سطح دریا اجرا می‌شود.
- خاک با واگن تخلیه شونده از زیر، حمل می‌شود که ظرفیت انباشته تخمین زده شده آن ۱۲ متر مکعب خاک کنده نشده است.

مشخصات کامیون به شرح زیر است :

ظرفیت بار قابل حمل ۱۸۰۰۰kg، موتور دیزلی با قدرت ۲۰۰hp، وزن کامیون خالی ۱۷۰۰۰kg، وزن کامیون با بار (ناخالص) ۳۵۰۰۰kg

omoorepeyman.ir

نحوه تقسیم وزن ناخالص روی محورها	
چرخهای جلو	۵۰۰۰kg
چرخهای محرک	۱۵۰۰۰Kg
محور تریلی	۱۵۰۰۰Kg

سرعت در دنده‌های مختلف و کشش مورد نیاز آن :		
دنده	کشش زیر چرخ (kg)	سرعت ($^{km}/_{hr}$)
۱	۹۰۲۷	۵/۱۲
۲	۴۵۸۱	۱۰/۰۸
۳	۲۴۲۷	۱۹/۰۴
۴	۱۳۸۸	۳۳/۲۸
۵	۸۸۲	۵۲/۳۲

-هزینه ساعتی بیل مکانیکی ۳۰۰۰۰۰ ریال و هزینه ساعتی هر کامیون ۱۵۰۰۰۰ ریال می‌باشد.

با توجه به اطلاعات داده شده تعداد کامیون بهینه را برای این پروژه بدست آورید و هزینه واحد عملیات تعیین نمائید.

حل :

-مقدار حداکثر کشش زیر چرخ کامیون بار شده توسط ضریب کشش محدود می‌شود

$T=۱۵۰۰۰*۰/۶=۹۰۰۰Kg$

چون در ارتفاع ۱۶۰۰ متری هستیم اثر ارتفاع با رابطه زیر لحاظ می‌شود:

$$\text{افت نیروی کششی} = \frac{۰/۰۳(۱۶۰۰-۳۰۰)}{۳۰۰} = ۱۳٪$$

بنابراین ضریب تصحیح نیروی کششی ۰/۸۷ می‌باشد :

۹۰۰۰ * ۰/۸۷ = ۷۸۳۰

۷۸۳۰ < ۹۰۲۷

۷۸۳۰ > ۴۵۸

بنابراین در دنده ۱ بکسواد خواهیم داشت دلی در دنده ۲ به بعد مشکلی وجود ندارد.

-ترکیب اثر مقاومت غلتشی و سطح شیب دار در کامیون بارشده بصورت زیر خواهد بود:

کیلوگرم به ازای هر تن ۳۰	→	مقاومت غلتشی
کیلوگرم به ازای هر تن ۲/۵*۱۰=۲۵	→	مقاومت شیب
کیلوگرم به ازای هر تن ۵۵	→	جمع
تن ۳۵=۱۰۰۰ ÷ ۳۵۰۰۰	→	وزن ناخالص کامیون
کیلوگرم ۳۵*۵۵=۱۹۲۵	→	مقدار کشش مورد نیاز درزیر چرخ
کیلومتر در ساعت ۱۹/۰۴	→	سرعت حداکثر کامیون پر

- ترکیب اثر مقاومت غلتشی و سطح شیب دار در کامیون خالی در هنگام برگشت بصورت زیر خواهد بود.

کیلوگرم به ازای هر تن ۳۰	→	مقاومت غلتشی
کیلوگرم به ازای هر تن ۲۵-=۱۰*(۲/۵-)	→	مقاومت شیب
کیلوگرم به ازای هر تن ۵	→	جمع
تن۱۷=۱۰۰۰ ÷ ۱۷۰۰۰	→	وزن کامیون خالی
کیلوگرم ۱۷*۵=۸۵	→	مقدار کشش مورد نیاز زیر چرخ
کیلومتر در ساعت۵۲/۳۲	→	سرعت حداکثر کامیون خالی

زمان مورد نیاز برای هر عمل در یک سیکل رفت و برگشت به صورت زیر محاسبه می‌شود :

omoorepeyman.ir

$$\text{زمان بارگیری} = \frac{\text{ظرفیت ماشین باربر}}{\text{تولید بارکن با راندمان ۱۰۰٪}} = \frac{۱۲}{۳۵۰} = ۰/۰۳۴۳ \text{ ساعت}$$

زمان از دست رفته در گودال قرضه و زمان شتاب گیری = ۱/۵ دقیقه = ۰/۰۲۵ ساعت

$$\text{زمان سفر تا محل خاکریزی (رفت)} = \frac{\text{مسافت حمل}}{\text{سرعت حرکت}} = \frac{۱/۲}{۱۹/۰۴} = ۰/۰۶۳ \text{ ساعت}$$

زمان تخلیه، دور زدن و شتاب گرفتن = ۱ دقیقه = ۰/۰۱۶۷ ساعت

$$\text{زمان سفر تا محل قرضه (برگشت)} = \frac{\text{مسافت}}{\text{سرعت حرکت}} = \frac{۱/۲}{۵۲/۳۲} = ۰/۰۲۲۹ \text{ ساعت}$$

مجموع زمان یک سیکل کاری = حاصل جمع زمان‌های فوق = ۰/۱۶۱۹ ساعت

- اکنون با استفاده از روش تئوری صف تعداد بهینه کامیون و هزینه واحد عملیاتی معادل آن را بدست می‌آوریم:

$$r = \frac{\text{ظرفیت باربر}}{\text{تولید بارکن} \times \text{زمان}} = \frac{۱۲}{۰/۱۶۱۹ \times ۳۵۰} = ۰/۲۱۲$$

$$\text{مقدار تقریبی } n = \frac{۱}{r} = \frac{۱}{۰/۲۱۲} = ۴/۷۲$$

تعداد کامیون	P_t (از جدول)	تولیدتخمینی $(۳۵۰ * ۰/۷۵ * p_t)(m^3/hr)$	مخارج ماشین آلات (ریال در ساعت)	قیمت واحد عملیات (ریال بر متر مکعب)
۳	۰/۴۸۷	۱۲۷/۸۴	۷۵۰۰۰۰	۵۸۶۶,۷
۴	۰/۶۲۱	۱۶۳/۰۱	۹۰۰۰۰۰	۵۵۲۱,۱
۵	۰/۷۳۵	۱۹۲/۹۴	۱۰۵۰۰۰۰	۵۴۴۲,۱
۶	۰/۸۲۶	۲۱۶/۸۲	۱۲۰۰۰۰۰	۵۵۳۴,۵
۷	۰/۸۹۴	۲۳۴/۶۷	۱۳۵۰۰۰۰	۵۷۵۲,۷

بنابراین استفاده از ۵ کامیون جواب بهینه است: ۱۹۲,۹۴ (m^3/hr)= تولید معادل

۳-۴-۷- محاسبه حجم عملیات خاکی اسکریپر

مانند اغلب ماشین‌آلات خاکبرداری تولید اسکریپر با تخمین بار متوسط در هر سیکل کار و ضرب آن در تعداد سیکل‌های انجام شده در یک ساعت محاسبه می‌گردد. برای تعیین تعداد سیکل‌های انجام شده در یک ساعت، مدت زمان هر سیکل باید تخمین زده شود. سیکل کار کلی عبارتست از مجموع سیکل متغیر و سیکل ثابت:

سیکل کار = سیکل متغیر + سیکل ثابت

omoorepeyman.ir

- سیکل ثابت:

۱- زمان بارگیری: بهترین روش برای تخمین زمان بارگیری مشاهدات کارگاهی و تعیین دقیق زمان متوسط بارگیری یا استفاده از آمار موجود مربوط به کارهای گذشته و مشابه می‌باشد. بر اساس مشاهدات بسیار، نتیجه گرفته شده که این مدت زمان برای بارگیری اسکریپر دارای ماشین هل دهنده (تراکتور کمکی) زیر ۱/۵ دقیقه می‌باشد.

۲- زمان لازم برای مانور و تخلیه بار

۳- زمان لازم جهت تعیین محل حفاری و تخلیه و تأخیرهای ایجاد شده: عبارتست از زمانی که طول می‌کشد تا اسکریپر در محل مورد نظر برای کندن زمین قرار گیرد و برای تراکتور کمکی معطل شود. معمولا این عامل در سیکل کار اسکریپردر نظر گرفته می‌شود، ولی در این صورت باید ضریب راندمان کار را بر این اساس تصحیح کرد.

۴- زمان شتاب گیری: همان زمان لازم جهت ازدیاد یا کاهش سرعت نسبت به حداکثر سرعت حمل در جاده است.

۵- در مجموع میزان زمانهای ثابت برای ماشین های مختلف، متفاوت است که می‌توان آنها را یا از طریق جداول و گراف‌های شرکت سازنده ماشین یا به طریق تجربی با اندازه‌گیری در محل کارگاه بدست آورد.

- سیکل متغیر:

۱) زمان حمل بار

۲) زمان برگشت به محل بارگیری

برای تعیین زمان‌های متغیر می‌بایست ابتدا سرعت حرکت اسکریپر را پیدا کرد تا با تقسیم مسافت حمل بر سرعت متوسط، زمان حمل بدست آید. بعضی از کمپانی‌ها، منحنی‌هایی برای تعیین زمان سفر با ظرفیت پر و خالی تهیه می‌کنند. در اینگونه منحنی‌ها، تصحیح لازم جهت در نظر گرفتن شتاب گیری و کم کردن سرعت منظور شده است. در صورت در دسترس نبودن چنین منحنی‌هایی، راه حل کل آن است که با توجه به پارامترهایی مانند وزن ناخالصی اسکریپر، ضریب اصطکاک جاده، مقاومت غلتشی، شیب و ارتفاع، سرعت متوسط حرکت اسکریپر محاسبه شده و زمان سفر از رابطه زیر محاسبه گردد:

$$\text{زمان سفر (min)} = \frac{\text{مسافت حمل (متر)}}{\text{سرعت متوسط (کیلومتر در ساعت)}} * \frac{۶۰}{۱۰۰۰}$$

لازم به یاد آوری است که زمان لازم برای حمل و برگشت بستگی به فاصله سفر و سرعت متوسط وسیله نقلیه دارد و چون حمل و برگشت معمولاً در سرعت‌های مختلف صورت می‌گیرد، لازم است که زمان هر یک را بطور جداگانه تعیین کنیم.

اکنون برای روشن تر شدن مطلب به ارائه مثالی می‌پردازیم. در این مثال فرض شده که سرعت حرکت اسکریپر را می‌دانیم در مثال‌های بعدی نحوه بدست آوردن این سرعت بیان خواهد شد.

مثال:

مطلوبست تعیین زمان سیکل یک اسکریپر جهت حمل خاک از قرضه به خاکریز با فاصله ۶۰۰m تحت شرایط زمان ثابت متوسط با سرعت ثابت حمل ۱۹ کیلومتر در ساعت و سرعت برگشت ۳۸ کیلومتر در ساعت.

حل :

زمان تأخیر برای تعیین محل حفاری + زمان شتاب گیری + زمان تخلیه و دور زدن + زمان بارگیری= زمان ثابت

omoorepeyman.ir

دقیقه ۲/۵= ۲/۰+۰/۸+۰/۵+۱= زمان ثابت

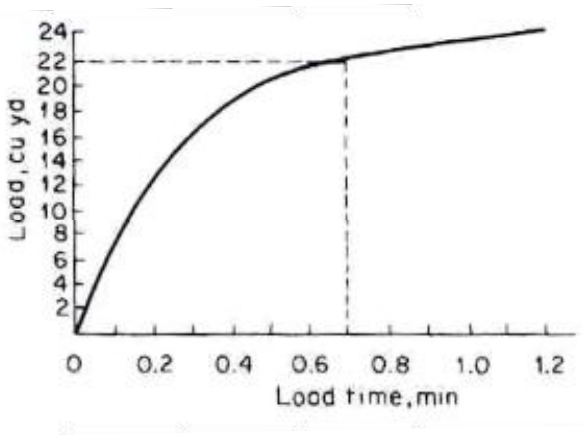
$$\text{زمان حمل} = \frac{\text{مسافت حمل}}{\text{سرعت حمل}} * \frac{۶۰}{۱۰۰۰} = \frac{۶۰۰\times۶۰}{۱۹\times۱۰۰۰} = ۱/۹ \text{ دقیقه}$$

$$\text{زمان برگشت} = \frac{\text{مسافت برگشت}}{\text{سرعت برگشت}} * \frac{۶۰}{۱۰۰۰} = \frac{۶۰۰\times۶۰}{۳۸\times۱۰۰۰} = ۱ \text{ دقیقه}$$

مدت زمان یک سیکل کاری اسکریپر =۱+۱/۹+۲/۵= ۵/۴دقیقه

- بکار بردن منحنی بار- رشد در بارگیری اسکریپر:

بدون یک ارزیابی دقیق از اطلاعات موجود، ممکن است در مرحله اول اینطور به نظر برسد که کمترین هزینه جابجایی خاک با اسکریپر در صورتی به دست می‌آید که هر اسکریپر با حداکثر ظرفیت خود قبل از اینکه محل خاکبرداری را ترک نماید بارگیری کند. مطالعات متعددی بر روی بارگیری عملی آشکار نموده است که بارگیری اسکریپرها در حداکثر ظرفیتشان معمولاً به جای افزایش، باعث کاهش میزان تولید خواهد شد. زیرا هنگامیکه یک اسکریپر شروع به بارگیری می‌نماید، خاک سریع و براحتی بداخل آن جریان پیدا می‌کند، اما همانطوریکه مقدار خاک در محفظه افزایش یافت، خاک‌های وارده با مقاومت زیادتری مواجه خواهند شد و میزان بارگیری کاملاً سریع کاهش خواهد یافت. رابطه بین بار در اسکریپر و زمان بارگیری در شکل ۳-۱۶ نشان داده شده است. (هر یارد ۰/۷۳ متر مکعب می‌باشد) این شکل منحنی بار- رشد می‌باشد و اطلاعات آن از یک مطالعه کارگاهی بر روی تولید اسکریپر بدست آمده است.



شکل ۳-۱۶- منحنی بار- رشد

- محاسبه حجم عملیات ساعتی با اسکریپر:

اکنون با توجه به مطالب بیان شده در قسمت‌های قبل در مورد محاسبه مدت زمان سیکل کاری اسکریپر و ظرفیت بهینه آن از طریق منحنی بار رشد در این قسمت می‌توانیم میزان تولید ساعتی یک اسکریپر را طبق فرمول زیر بدست آوریم که در واقع همان ضرب مقدار بار متوسط حمل شده برای هر بار اجرای عملیات در تعداد سیکل‌های انجام شده در یک ساعت می‌باشد. البته با در نظر گرفتن عواملی چون تغییر حجم خاک و راندمان ماشین.

$$Q = \frac{C \times E \times ۶۰}{T \times f}$$

Q= حجم عملیات خاکی در یک ساعت، بر حسب متر مکعب (m^3/hr)

C= ظرفیت بار قابل حمل، بر حسب متر مکعب (m^3)

omoorepeyman.ir

f=ضریب تبدیل خاک

E= بازده اسکریپر

T= مدت زمان یک سیکل کاری بر حسب دقیقه (min)

۱- ظرفیت بار قابل حمل (C): معمولاً برابر با ظرفیت جام اسکریپر در حالت پر یا انباشته می‌باشد. ظرفیت پر وقتی حاصل می‌شود که جام اسکریپر لب به لب پر شده و سطح افقی صافی از خاک پر شده بوجود آمده باشد، در حالیکه ظرفیت انباشته موقعی است که بارگیری جام بوسیله یک بارکن طوری انجام شود که ارتفاع خاک در وسط جام به حداکثر ممکن برسد.

۲- ضریب تبدیل خاک(f) : ظرفیت جام اسکریپرها بر حسب حجم خاک کنده شده مشخص شده است. لذا با اعمال این ضریب می‌توان حجم خاک را بر حسب خاک کنده نشده محاسبه نمود.

۳- بازده اسکریپر(E) : بازده اسکریپر بر حسب چگونگی مدیریت و سرپرستی، میزان مهارت راننده اسکریپر، وجود تراکتور کمکی در تمام مدت اجرای عملیات، نگهداری و تعمیر مداوم ماشین‌آلات و ترمیم و تعمیر راه موقت و بالاخره شرایط محلی فرق می‌کند.

۴- مدت زمان یک سیکل کاری(T) : در بخش‌های قبل در این مورد توضیحات کاملی ارائه شده است.

در ادامه مثالی جامع در مورد محاسبه حجم عملیاتی یک اسکریپر آورده شده است:

مثال:

در کارگاهی به ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا برای حمل یک نوع خاک رسی ماسه‌دار و کوبیدن آن با غلتک از یک اسکریپر استفاده می‌شود. مطلوبست محاسبه میزان تولید ساعتی با استفاده از اطلاعات زیر:

تراکتور اسکریپر، ظرفیت پر ۱۵ متر مکعب، ظرفیت انباشته با شیب ۳:۱ ، ۲۰/۵ متر مکعب می‌باشد.

وزن خالص دستگاه اسکریپر ۲۷۰۰۰ کیلوگرم است.

وزن بر روی محور متحرک :در حالت خالی ۱۷۰۰۰ کیلوگرم و در حالت پر ٪۷۰ وزن ناخالص اسکریپر است.

خاک رسی ماسه دار، با تورم ٪۳۳، وزن مخصوص ۱۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب

مقاومت غلتشی ۵۰ کیلوگرم بر تن می‌باشد و ضریب اصطکاک کششی ۰/۶ است. راندمان کار ٪۸۰ است.

مسیر حمل و نقل :

قسمت ۱ : منطقه بارگیری که مسطح است.

قسمت ۲ : سراشیب به طول ۳۰۰ متر و شیب ٪۴ سرپایینی

قسمت ۳ : منطقه تخلیه بار که مسطح است

قسمت ۴ : بازگشت به محل بارگیری، به طول ۳۰۰ متر وشیب ٪۴ سربالایی

قسمت ۵ : محل دور زدن در منطقه بارگیری، مسطح به طول ۸۰ متر

omoorepeyman.ir

جدول زیر نیروی کششی وسرعت حرکت اسکریپر در دنده‌های مختلف که با تراکتور کشیده می‌شود را نشان می دهد:

دنده	سرعت(km/h)	نیروی کششی (kg)
۱	۲/۴	۱۴۷۴۰
۲	۳/۵	۱۰۳۰۰
۳	۵	۶۸۰۰
۴	۷/۴	۴۶۶۰
۵	۹/۵	۳۷۰۰

حل:

ابتدا سرعت حرکت را در قسمت‌های مختلف عملیات بدست آورده و با توجه به آن مدت زمان سیکل کاری را محاسبه نموده و در پایان حجم عملیاتی را تخمین می‌زنیم:

- محاسبه وزن ناخالص اسکریپر:
- با فرض اینکه از ظرفیت انباشته آن استفاده می‌شود:

$$\text{وزن بار}=\frac{۲۰/۵(m^۳)\times ۱۸۰۰(kg/m^۳)}{۱۰۰۰}=۳۶/۹\ ton$$

وزن ناخالص اسکریپر= وزن بار+وزن خالص=۳۶/۹+۲۷=۶۳/۹ ton

در حالت پر =۰/۷*۶۳/۹=۴۴/۷۳ ton در حالت خالی : وزن بر روی محورمتحرک =۱۷ ton

- محاسبه مقاومت کل:

حمل مواد ← شیب ٪۴− ← مقاومت شیب =−۴۰

بازگشت ← شیب ٪۴+ ← مقاومت شیب =+۴۰

مقاومت کل=مقاومت شیب+مقاومت غلتشی ←
- حمل مواد: ۵۰−۴۰=۱۰
- بازگشت: ۵۰+۴۰=۹۰
- دور زدن: ۵۰+۰=۵۰

دور زدن ← شیب ٪۰ ← مقاومت شیب =۰

- محاسبه نیروی کششی لازم زیر چرخ‌ها :

وزن * مقاومت کل= نیروی کششی لازم زیرچرخ‌ها ←
- حمل مواد: ۱۰*۶۳/۹=۶۳۹kg
- بازگشت: ۹۰*۲۷=۲۴۳۰kg
- دور زدن: ۵۰*۲۷=۱۳۵۰kg

- محاسبه محدودیت از نظر اصطکاک:

خالی =۱۷۰۰۰*۰/۶=۱۰۲۰۰kg

همراه با بار =۴۴۷۳۰*۰/۶=۲۶۸۴۰kg

چون حداقل اصطکاک تولید شده همیشه از ماکزیمم نیروی کششی مورد نیاز بیشتر است. اصطکاک در این مورد عامل تعیین‌کننده نیست.

omoorepeyman.ir

- **اثر ارتفاع بر نیروی کششی :** ارتفاع باعث کاهش نیروی کششی می‌شود که میزان تقلیل معادل ۳ درصد کاهش برای هر ۳۰۰ متر ازدیاد ارتفاع می‌باشد:

$$\text{ضریب تقلیل} = \frac{۰/۰۳(۱۵۰۰-۳۰۰)\times ۱۰۰}{۳۰۰} = ۱۲٪$$

لذا نیروهای کششی داده شده در جدول اصلاح می‌شود (در ۰/۸۸ ضرب می‌گردد)

دنده	سرعت (km/h)	نیروی کششی (kg)	نیروی کششی‌اصلاح‌شده (kg)
۱	۲/۴	۱۴۷۴۰	۱۲۹۷۱
۲	۳/۵	۱۰۳۰۰	۹۰۶۴
۳	۵	۶۸۰۰	۵۹۸۴
۴	۷/۴	۴۶۶۰	۴۱۰۰
۵	۹/۵	۳۷۰۰	۳۲۵۶

- تعیین سرعت در هر قسمت از عملیات: با توجه به نیروی کششی لازم در زیر چرخ‌ها که در مرحله قبل بدست آمد و مقایسه آن با نیروی کششی اصلاح شده داریم:

سرعت ⟵
- حمل مواد ۹/۵ $(^{km}/_{h})$ — در دنده ۵
- بازگشت ۷/۴ $(^{km}/_{h})$ — در دنده ۴
- دور زدن ۹/۵ $(^{km}/_{h})$ — در دنده ۵

- **محاسبه زمان عملیات (T)** : با بدست آوردن سرعت‌های اسکریپر برای هر قسمت از مسیر عملیات در مرحله قبل اکنون می‌توان زمان کامل یک سیکل کاری را بدست آورد که مجموعه‌ای از زمان‌های ثابت و متغیر می‌باشد. (زمان‌های ثابت در این مثال برای یک اسکریپر خاص فرض شده است):

زمان‌های متغیر:
- حمل مواد: $\frac{۳۰۰\times ۶۰}{۹/۵\times ۱۰۰۰} = ۱/۹\text{min}$
- بازگشت: $\frac{۳۰۰\times ۶۰}{۷/۴\times ۱۰۰۰} = ۲/۴\text{min}$
- دور زدن: $\frac{۸۰\times ۶۰}{۹/۵\times ۱۰۰۰} = ۰/۵\text{Min}$

زمان‌های ثابت:
- بارگیری: ۰/۸min
- مانور و تخلیه: ۰/۶ min
- شتاب‌گیری: ۰/۵ min
- معطلی و زمان لازم برای قرار گرفتن در محل: ۰/۶ min

زمان کل یک سیکل کاری (T) = زمان‌های ثابت + زمان‌های متغیر = ۷/۳min

- محاسبه حجم عملیات خاکی:

$$Q = \frac{C \times E \times ۶۰}{T \times f} = \frac{۲۰/۵\times ۰/۸\times ۶۰}{۷/۳\times ۱/۳۳} = ۱۰۱/۳۵ \ (^{m^3}/_{hr})$$

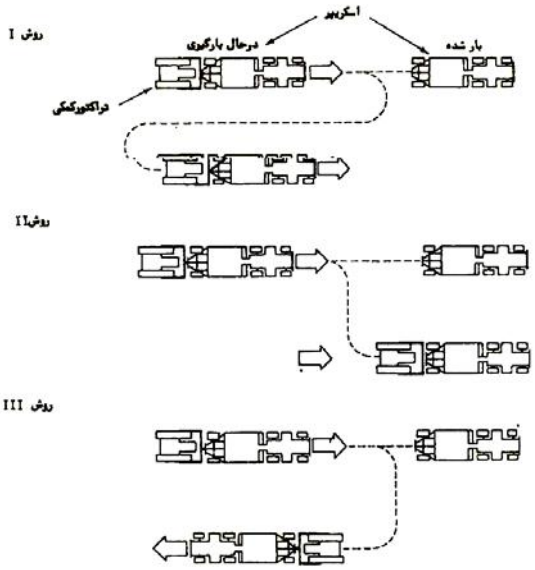
omoorepeyman.ir

- بارگیری با استفاده از تراکتور کمکی:

معمولاً اسکریپرها برای دستیابی به کارکرد بهینه و تولید ماکزیمم احتیاج به تراکتور کمکی دارند. روش‌های استفاده از تراکتورهای کمکی، تعیین تعداد تراکتورهای لازم و تخمین مخارج کار این سیستم در این قسمت شرح داده خواهد شد.

سه روش اساسی برای استفاده از تراکتور کمکی در شکل۳-۱۷ نشان داده شده است. روش شماره ۱ از سایر روش‌ها کندتر است. زیرا مسافت بین نقاط بار زدن بیشتر از سایر روش‌هاست.

روش‌های ۲ و ۳ دارای راندمان تقریباً یکسان می‌باشند. انتخاب روش تابع طول ناحیه حفاری و همچنین امکان یاعدم امکان حرکت اسکریپر در دو جهت مخالف هم در منطقه حفاری می‌باشد.



شکل ۳-۱۷- روشهای بارگیری اسکریپرها به وسیله تراکتور کمکی

سیکل کلی تراکتور عبارتست از مجموع مدت زمان‌های ذکر شده در معادله زیر:

زمان انتقال+ زمان برگشت + زمان شتابدهی اسکریپر + زمان بارگیری = سیکل تراکتور کمکی

زمان بارگیری عبارت از زمان لازم جهت بارگیری اسکریپر می‌باشد. زمان شتاب‌دهی به اسکریپر مدت زمانی است که تراکتور پس از پایان عملیات بارگیری اسکریپر در تماس با اسکریپر باقی می‌ماند تا با فشار به آن به اسکریپر کمک کند تا شتاب لازم را جهت خروج از منطقه حفاری کسب کند. مدت زمان برگشت، مدت زمان لازم برای تراکتور کمکی جهت ایجاد تماس با اسکریپر و آغاز یک سیکل بارگیری جدید می‌باشد.

تعداد تراکتورهای کمکی لازم :

تعداد اسکریپرهایی که می‌توانند به طور کامل سرویس بگیرند (یعنی هیچگاه اسکریپری برای یک تراکتور کمکی معطل نماند.) با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{\text{سیکل کار اسکریپر}}{\text{سیکل کار تراکتور کمکی}} = \text{تعداد اسکریپرهایی که از یک تراکتور کمکی سرویس می‌گیرند}$$

omoorepeyman.ir

توصیه می‌شود که نتیجه حاصل تا یک رقم اعشار گرد گردد و سپس در رابطه زیر بکار رود که تعداد تراکتورهای لازم برای یک گروه اسکریپر را محاسبه می‌کند:

$$\text{تعداد تراکتورهای کمکی لازم} = \frac{\text{تعداد اسکریپر}}{\text{تعداد اسکریپرهایی که از یک تراکتور کمکی سرویس}}$$

در زیر مثالی ارائه خواهد شد و در آن علاوه بر محاسبه تعداد تراکتور لازم برای یک گروه اسکریپر، روش محاسبه مخارج عملیات نیز شرح داده می‌شود.

مثال:

مطلوبست محاسبه تعداد تراکتورهای کمکی برای یک گروه ۶ تایی از اسکریپرها. شرایط کار نظیر شرایط داده شده در مثال قبل می‌باشد. فرض می‌شود سیکل کاری هر تراکتور کمکی ۱/۲ دقیقه می‌باشد.

همچنین با توجه به اطلاعات جدول زیر مخارج عملیات را برای ناوگان ماشین‌آلات داده شده در این عملیات بـرای واحـد حجـم عملیات محاسبه کنید .

ماشین آلات و تعداد آنها	مخارج (ریال بر ساعت)
اسکریپر (۶ دستگاه)	۵۰۰,۰۰۰
تراکتور کمکی	۴۰۰,۰۰۰
گریدر(۱ دستگاه)	۱۵۰,۰۰۰
غلتک (۱ دستگاه)	۲۰۰,۰۰۰

حل:

$$\text{تعداد اسکریپرها برای هر تراکتور} = \frac{۷/۳}{۱/۲} = ۶/۰۸$$

$$\text{تعداد تراکتورهای مورد نیاز} = \frac{۶}{۶/۰۸} = ۰/۹۸ \text{ (به یک گرد شود)}$$

$$\text{مخارج عملیات گروه ماشین آلات} = \frac{۶\times۵۰۰۰۰۰+۱\times۴۰۰۰۰۰+۱۵۰۰۰۰+۲۰۰۰۰۰}{۶\times۱۰۱/۳۵} = ۶۱۶۶/۷ \ \frac{\text{ریال}}{m^۳}$$

omoorepeyman.ir

۳-۵- ارتباط ماشین آلات همکار ماشین های خاکی

از آنجایی که در انجام عملیات خاکی به ندرت ماشین آلات به صورت تک مورد استفاده قرار گرفته و معمولاً در یک گروه با یکدیگر همکاری می‌کنند، بررسی نحوه ارتباط بین آنها ضروری می‌باشد. با توجه به موارد ذکر شده در بند گذشته، هر عملیات خاکی در گام های پاکسازی، سست کردن زمین، خاکبرداری، انتقال مواد حفر شده، بستر سازی و تراکم انجام می‌گیرد. با توجه به اینکه هر یک از این گام ها با یک یا چند ماشین خاص انجام می‌گیرد، بنابراین در عملیات خاکی چندین ماشین به صورت همزمان و وابسته به یکدیگر کار می‌کنند. در یک گروه همکار از آنجایی که تولید یک یا چند ماشین توسط ماشین بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بررسی و بهینه کردن خط تولید در عملیات خاکی امری ضروری می‌باشد. در این قسمت با ذکر دو مثال به بررسی روند برخورد با ماشین آلات همکار و بهینه سازی میزان تولید آنها می‌پردازیم.

مثال: یک پیمانکار با داشتن ماشین‌آلات زیر می‌خواهد عملیات خاکی با مشخصات مشروح را انجام دهد. میزان تولید را تخمین بزنید.

تجهیزات:

اسکریپر چرخ لاستیکی ۶۳۱E (کاترپیلار) ۱۱

غلطک C ۸۲۵ (کاترپیلار) ۱

مشخصات رس ماسه‌دار مرطوب:

چگالی دستخورده (کنده نشده) ۱۷۷۰ $\frac{kg}{m^3}$ (BCM)

ضریب تراکم ۰/۸۵

ضریب تورم ۱/۲۵

ضریب کشش ۰/۵

ارتفاع ۲۳۰۰ متر از سطح دریا

ضریب راندمان ۵۰/۶۰

شکل۳-۱۸ – منحنی شیب زمین

۱- محاسبه وزن تخمینی اسکریپر :

اسکریپر ظرفیت (LCM)* نشده کنده چگالی

ضریب تورم

وزن خاک kg ۳۴۰۰۰ = $\frac{۲۴ \times ۱۷۷۰}{۱.۲۵}$

omoorepeyman.ir

وزن دستگاه خالی kg ۴۰۰۰۰

وزن کل kg ۷۴۰۰۰

۲- محاسبهٔ حد نیروی کششی :

درصد وزن روی محور متحرک در حالت پر ۰/۵۴

درصد وزن روی محور متحرک در حالت خالی ۰/۶۹

ضریب کشش * وزن کل* درصد وزن روی محور متحرک = نیروی کششی

پر ۰/۵۴*۷۴۰۰۰ * ۰/۵ = ۱۹۹۸۰kg

خالی ۰/۶۹*۴۰۰۰۰*۰/۵ =۱۳۸۰۰ kg

۳- ضریب کاهش تأثیر ارتفاع :

اسکریپر ۶۳۱E ٪۱۰۰

غلطک ۸۲۵C ٪۹۴

۴- مقایسه مقاومت کل با نیروی کششی برای جلوگیری از لغزش چرخ روی خاک و زمان رفت

مقایسه مقاومت کل با نیروی کششی :

secA : $۱۰۰\frac{kg}{ton}\times ۷۴ = ۷۴۰۰$ kg غلتش

secB : $۴۰\frac{kg}{ton}\times ۷۴ = ۲۹۶۰$ kg غلتش

secC : $۴۰\frac{kg}{ton}\times ۷۴ = ۲۹۶۰$ kg غلتش

$۱۰\frac{kg}{ton}\times ۷۴\times ٪۴ = ۲۹۶۰$ kg مقاومت شیب

۵۹۲۰ مجموع

secD : $۱۰۰\frac{kg}{ton}\times ۷۴ = ۷۴۰۰$ kg غلتش

همانگونه که مشاهده می‌شود مقاومت حداکثر مورد نیاز ۷۴۰۰ کیلوگرم می‌باشد در حالی که مقاومت موجود در حالت بارگیری شده ۱۹۹۸۰ کیلوگرم می‌باشد. بنابراین امکان لغزش چرخ روی خاک در زمان رفت وجود ندارد.

محاسبه زمان رفت با استفاده از منحنی‌ها:

secA : ۰/۶

secB : ۱

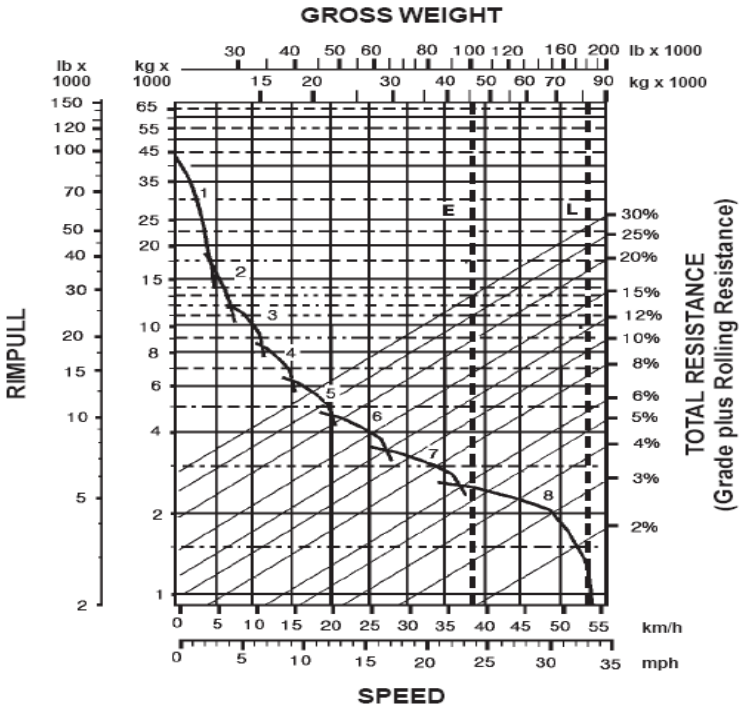
secC : ۱/۲

omoorepeyman.ir

secD : ۰/٦

$\frac{}{٣/٤\ min}$

برای هر قطعه از مسیر با توجه به شیب موثر و وزن پر (زیرا ماشین در حالت رفت پر است) از شکل ۳-۱۹، سرعت ماشین در هر قطعه به دست آمده و از تقسیم طول هر قطعه بر سرعت به دست آمده زمان مورد نیاز برای طی مسیر به دست می‌آید. به عنوان نمونه نحوه استفاده برای قطعه A در شکل ۳-۱۹ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۹- نمودار اسکریپر مدلG ۶۳۱ کاترپیلار

البته باید توجه داشت که زمان محاسبه شده، زمان تخمینی بوده، زیرا زمانهای شتابگیری و کاهش شتاب در آن در نظر گرفته نشده و نتایج حاصل از این محاسبات چندان دقیق نخواهد بود.

۵- مقایسه مقاومت غلتشی کل با نیروی کششی برای جلوگیری از لغزش چرخ روی خاک و زمان برگشت:

secA = ۱۰۰*۴۰=۴۰۰۰ kg غلتش

secB = ۴۰*۴۰=۱۶۰۰ kg غلتش

secC = ۴۰*۴۰=۱۶۰۰ kg غلتش

−۱۰*۴۰*۴=−۱۶۰۰ kg شیب → مقاومت کل صفر می‌شود

secD = ۱۰۰*۴۰=۴۰۰۰ kg غلتش

omoorepeyman.ir

همانگونه که مشاهده می‌شود مقاومت حداکثر مورد نیاز زمان برگشت ۴۰۰۰ کیلوگرم می‌باشد و مقاومت موجود در حالت خالی ۱۳۸۰۰ کیلوگرم می‌باشد. بنابراین امکان لغزش چرخ روی خاک در زمان برگشت وجود ندارد.

محاسبه زمان برگشت با استفاده از منحنی:

secD : ۰,٤ min

secC : ۰,۵۵ min

secB : ۰,۸ min

secA : ۰,٤ min

۲/۱۵ min

۶- محاسبه زمان‌های انجام عملیات:

زمان لازم برای رفت و برگشت = ۲/۱۵+۳/۴=۵/۵۵ min

زمان بارگیری (فرض می‌شود) = ۰ /۷ min

زمان مانور و پخش مواد(فرض می‌شود) = ۰/۷ min

۶ /۹۵min

۷- کنترل ترکیب اسکریپر و ماشین هل دهنده:

(از آنجایی که اطلاعات کافی در دسترس نیست ما از فرضهای زیر استفاده می‌کنیم).

زمان تنظیم = ۰/۱ min

زمان برگشت = ۱/۴ * زمان بارگیری اسکریپر

زمان مانور = ۰/۱۵ min

زمان کل لازم = ۱/۴ * زمان بارگیری اسکریپر +۰/۲۵=۱/۴*۰/۷+۰/۲۵=۱/۲۳ min

حال از تقسیم زمان سیکل کاری اسکریپر بر این زمان تعداد اسکریپرهایی که توسط یک ماشین هل دهنده حمایت می‌شوند بدست می‌آید.

$$n = \frac{۶/۹۵}{۱/۲۳} = ۵/۶۵$$

هر کدام از بولدوزرها می‌تواند ۵/۶۵ اسکریپر را تحت پوشش قرار دهد. بنابراین دو بولدوزر می‌توانند ۱۱ اسکریپر را تحت پوشش قرار دهند.

omoorepeyman.ir

۸- تخمین میزان تولید:

تعداد سیکل کاری در ساعت = $\frac{\text{دقیقه ۶۰}}{\text{۶/۹۵}}$ = سیکل در ساعت ۸/۶

میزان بارگیری در یک سیکل = ۲۴ (LCM) / ۱/۲۵ =۱۹/۲ (BCM)

میزان بارگیری در ساعت = ۱۹/۲*۸/۶=۱۶۵ (BCM)

تأثیر ضریب راندمان = $\frac{۵۰}{۶۰}$ *۱۶۵=۱۳۷ (BCM)

میزان تولید گروه کاری = ۱۱*۱۳۷=۱۵۰۷ (BCM)

۹- تخمین میزان تراکم :

میزان تراکم = میزان تولید گروه * ضریب تراکم = ۰/۸۵*۱۵۰۷ = ۱۲۸۰ CCM

عرض متراکم کردن (W) = ۲/۲۶ متر

سرعت متراکم کردن (S) = ۹/۶ ساعت/کیلومتر

ضخامت لایه (L) = ۱۸ سانتی متر

تعداد عبور لازم (P) = ۳ متر

میزان تراکم = $\frac{W \times S \times L \times ۱۰}{P} = \frac{۲/۲۶ \times ۹/۶ \times ۱۸ \times ۱۰}{۳} = ۱۳۰۲$ $\frac{CCM}{\text{ساعت}}$

میزان خاک متراکم شده که (CCM) ۱۳۰۲ شده است نشان می‌دهد که غلتک انتخاب شده پاسخگوی گروه کاری ماشین‌آلات است. زیرا خاک متراکم شدهٔ تولیدی توسط گروه همکار ۱۲۸۰(CCM) می‌باشد. ولی اگر میزان تولید گروه کاری افزایش پیدا کند دیگر غلتک موجود پاسخگو نخواهد بود. لازم به ذکر است که در این مثال یک گروه ماشین همکار از پیش تعیین شده را از لحاظ کفایت تعداد و حجم تولید مرتبط با یکدیگر بررسی کردیم. در مثالهای دیگری تعیین تعداد ماشین لازم مرتبط را انجام خواهیم داد.

مثال: یک لودر با ظرفیت متوسط جام m^3 ۱،۰ دارای میزان تولید ۸۰ متر مکعب در ساعت و راندمان ۰/۷۵ است. کامیون‌های در نظر گرفته شده برای سرویس گرفتن از این لودر دارای ظرفیت ۳ و۴/۵ متر مکعب می‌باشند. با توجه به اطلاعات داده شده در زیر، حساب کنید که چند کامیون و با چه ظرفیتی باید مورد استفاده قرار گیرد تا مخارج بارگیری و حمل کمینه گردد. در این حالت مقدار تولید سیستم چقدر است؟

- مخارج ساعتی لودر ۳۰۰۰۰ تومان در ساعت
- ارقام مربوط به کامیون‌ها به شرح زیر است.

ظرفیت کامیون (مترمکعب)	مخارج (تومان در ساعت)	زمان سفر (ساعت)
۳	۱۵۰۰۰	۰/۵
۴/۵	۲۰۰۰۰	۰/۵۳

omoorepeyman.ir

مدت زمان بارگیری کامیون ۳ متر مکعبی $= \frac{۳}{۸۰} =$ ۰/۰۳۷۵hr

مدت زمان بارگیری کامیون ۴/۵ متر مکعبی $= \frac{۴،۵}{۸۰} =$ ۰/۰۵۶۲۵hr

تعداد کامیون‌های ۳ متر مکعبی $= \frac{۰/۰۳۷۵ + ۰/۵}{۰/۰۳۷۵} =$ ۱۴ /۳۳

تعداد کامیون‌های ۴/۵ متر مکعبی $= \frac{۰/۰۵۶۲۵ + ۰/۵۳}{۰/۰۵۶۲۵} =$ ۱۰/۴۲

به عنوان نمونه میزان تولید ۱۴ کامیون ۳ متر مکعبی به صورت زیر به دست می‌آید:

میزان تولید = ۱۴/(۱۴/۳۳)*۰/۷۵*۸۰ = ۵۸/۶۲

به همین ترتیب نتایج این محاسبات در جدول زیر ارائه شده است.

اندازه مترمکعب	تعداد	تولید (m^3/hr)	مخارج کل سیستم (ساعت/تومان)	مخارج عملیات (مخارج کل سیستم / تولید)
۳	۱۴	۵۸/۶۲	۲۴۰۰۰۰	۴۰۹۴/۱۷
۳	۱۵	۶۰	۳۹۰۰۰۰	۶۵۰۰
۴/۵	۱۰	۵۷/۵۸	۲۳۰۰۰۰	۳۹۹۴/۴۴
۴/۵	۱۱	۶۰	۲۵۰۰۰۰	۴۱۶۶/۶۷

بنابراین استفاده از ۱۰ کامیون ۴/۵ متر مکعبی جواب بهینه است.

تولید معادل = ۵۷/۵۸ $m^3/_{hr}$

۳-۶- ارتباط حجم عملیات با تعداد ماشین‌آلات

در این فصل چگونگی برنامه‌ریزی اجرایی پروژه‌های عملیات خاکی با توجه به حجم پروژه و انتخاب صحیح ناوگان ماشین‌آلات شرح داده می‌شود. تعیین گروه‌های کاری ماشین‌آلات برای هر عملیات و اثر آن روی زمان آن عملیات و هزینه متناظر آن برای یک پروژه با برنامه‌ریزی مشخص، در فصل بعد مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

برنامه‌ریزی یک واژه کلی است که مراحل و اهداف آن بسته به نوع برنامه‌ریزی متفاوت است. روند برنامه‌ریزی مهمترین اصل در موفقیت پروژه‌های ساخت است. تجربه نشان می‌دهد که هزینه پروژه‌هایی که با برنامه‌ریزی ضعیف انجام می‌شوند، تا ۵۰ درصد بیشتر از مواردی است که با برنامه‌ریزی مناسب به پایان رسیده‌اند. در حال حاضر تجربه و روشهای سنتی بالاترین سهم را در برنامه‌ریزی پروژه‌های مختلف عمرانی بر عهده دارند. سیستم‌های مهندسی عمران سعی می‌کنند تا چارچوب‌هایی پایه‌ای را، نه به منزله جایگزینی برای تجربه بلکه برای افزایش کارایی آن، به منظور یک تصمیم‌گیری نظام‌مند فراهم نمایند. با استفاده از یک مهندسی سیستماتیک باید بتوان رفتار پروژه طراحی شده مهندسی عمران را تحت شرایط کاری آن تحلیل و پیش بینی نمود. این کار بطور معمول از طریق ساختن مدل ریاضی مناسبی که در بردارنده قوانین معلوم فیزیکی است، صورت می‌گیرد. حل این مدل ریاضی

omoorepeyman.ir

به یافتن مقادیری عددی برای پارامترهای رفتاری سیستم منجر می‌شود. فرایند تصمیم‌گیری نظام‌مند را می‌توان به صورت چهار سئوال زیر مطرح کرد:

۱- چه تصمیماتی باید گرفت؟
۲- این تصمیمات چه ارتباطی با یکدیگر دارند و عوامل خارجی محدود کننده آنها کدام است؟
۳- چه معیاری برای تعریف خوبی یا بدی تصمیم‌گیری‌ها وجود دارد؟
۴- چگونه می‌توان بهترین تصمیمات را گرفت؟

سوالات بالا روش تصمیم‌گیری نظام‌مند را تعریف می‌کنند. با جواب دادن به این سئوالات می‌توان به اطلاعات کافی برای تصمیم‌گیری خوب (همچون متغیرهای تصمیم، مجموعه روابط بین متغیرهای تصمیم، معیار کارایی تصمیمات به صورت تابعی از این متغیرها و سرانجام روش حل مدل) دست یافت. بدین ترتیب روش نظام‌مند مورد نظر را نیز می‌توان به صورت مدل ریاضی، که هریک از مراحل آن به گونه‌ای به چهار سئوال اساسی بالا مرتبط هستند، بیان کرد. اکنون به بررسی این مسئله در پروژه‌های عملیات خاکی می‌پردازیم.

در هر پروژه ساخت یک سیستم با چهار قید هدف، هزینه، زمان و منابع اعمال می‌گردد. تمامی این قیود تابع یکدیگر هستند زیرا تغییر در هر یک، سبب تغییر در دیگری می‌شود. در تمام مدت طول عمر پروژه هزینه مهمترین پارامتر می‌باشد. منابع معمولاً دارای محدودیت هستند. در یک پروژه عملیات خاکی که در آن هدف معمولاً برداشت خاک، جابجایی آن، ریختن و انجام عملیات روی خاک ریخته شده می‌باشد، مدیر پروژه می‌بایست برای منابع مورد نیاز در دراز مدت و کوتاه مدت برنامه‌ریزی کند تا منابع در موقع نیاز در دسترس قرار گیرد. معمولاً منابع به نیروی انسانی، تجهیزات و ماشین‌آلات و مصالح تقسیم می‌شوند. در عملیات خاکی، ماشین‌آلات مهمترین و پر هزینه‌ترین منابع موجود می‌باشند.

برای محاسبه و انتخاب ماشین‌آلات مورد نیاز در یک پروژه عملیات خاکی از نرخ تولید آنها استفاده می‌شود. در عمل همواره پیمانکاران در آماده و مهیا کردن ماشین‌آلات محدودیت دارند. کمبود این منابع اصلی می‌تواند نقش موثری در شروع، انجام و تکمیل فعالیتها داشته باشد و سبب گردد که مدت پروژه بیشتر از مدت پیش‌بینی شده گردد. بنابراین در یک پروژه عملیات خاکی هدف اصلی، حداقل کردن هزینه کلی عملیات می‌باشد. برای ایجاد تصویری صحیح از مساله می‌بایست ابتدا معلومات و مجهولات مساله را مشخص نمائیم.

معلومات مساله شامل حجم کلی عملیاتی پروژه، مدت زمانی که می‌بایست پروژه طی آن زمان به اتمام برسد و همچنین تعداد و مشخصات کلیه ناوگان هایی که می‌توان از آنها برای این پروژه استفاده نمود و همچنین میزان تولید و هزینه متناظر برای هر ناوگان می‌باشند. در مقابل مجهول مساله برنامه‌ریزی دقیق اجرای عملیات می‌باشد یعنی چه حجمی از خاک از کجا به کجا توسط چه ناوگانی منتقل گردد.

در سالهای اخیر پیشرفت‌های چشمگیری در رابطه با بررسی اندرکنش احجام و روشهای اجرای عملیات خاکی با ماشین‌آلات مرتبط و انتخاب بهینه آنها از لحاظ نوع، ظرفیت و تعداد صورت گرفته است. در این قسمت دو روش مرسوم برای حل این مسئله مورد بررسی قرار خواهند گرفت:

omoorepeyman.ir

۳-۶-۱- استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی

یکی از راه‌هایی که می‌توان به وسیله آن پروژه‌های عملیات خاکی را مدل نموده و با اعمال قیود، مدل ساخته شده را به واقعیت نزدیک کرد، مدل برنامه‌ریزی خطی می‌باشد. به دلیل وجود محدودیت‌هایی در استفاده از دیاگرام امروزه استفاده از مدل خطی در اختصاص عملیات خاکی با کمترین هزینه، رواج یافته است.

استفاده از مدل خطی برای پروژه‌های عملیات خاکی ابتدا توسط (Stark and Nicholls ۱۹۷۲) پیشنهاد شد و بعدها توسط (Mayer and Stark ۱۹۸۱) ، (Nandgaonkar ۱۹۸۱)، (Easa ۱۹۸۸) و Jayawardane and Harris(۱۹۹۰) توسعه یافت. متغیرهای تصمیم، معیار کارایی تصمیم‌گیری و روابط بین متغیرهای تصمیم، نمایشگر سه مولفه اصلی هر مدل تصمیم‌گیری (از جمله مدلهای برنامه‌ریزی خطی) می‌باشند. مسئله برنامه‌ریزی خطی عمومی را می‌توان بصورت ریاضی، به شکل زیر بیان نمود:

تابع $f = \sum_{i=1}^{N} a_i x_i$ را به ازای متغیرهای Xi و i=۱,…,N و تحت شرایط زیر کمینه گردد.

$g_i = \Sigma_{i=1}^{N} b_{ji} x_i \geq C_j$	j=۱,…,M۱
$h_j = \Sigma_{i=1}^{N} b_{ji} x_i \leq C_j$	j=M۱+۱,…,M
$x_i \geq ۰$	i=۱,…,N

در این مساله f بیانگر یک تابع خطی است که باید آن را به ازای متغیرهای x_i کمینه نمود و تابع f اغلب به نام تابع هدف یا تابع مزیت خوانده می‌شود. ضرایب a_j ثابت‌هایی معلومند. اگر حل مساله‌ای مستلزم بیشینه‌سازی تابع f باشد در این صورت به سادگی می‌توان آن را به مساله‌ای از نوع کمینه‌سازی تابع دیگری چون $f_۱$ که برابر (f-) است تبدیل کرد. اکنون این مدل را برای یک مساله عملیات خاکی مورد بررسی قرار می‌دهیم.

هدف روش های برنامه‌ریزی خطی موجود در سیستم‌های بهینه‌سازی عملیات خاکی معمولاً حداقل کردن هزینه و یا حداکثر کردن سود است، که در آن مدت زمان کل پروژه نیز دخیل می‌باشد. بهینه‌سازی عملیات خاکی در ساخت شاهراه‌ها، سدهای خاکی و دیگر پروژه‌های بزرگ، یک عامل مهم در تخمین دقیق عملیات و در نتیجه باعث پیروزی در مناقصه و در عین حال ماکزیمم نمودن سود می‌باشد. انتخاب دقیق معادن قرضه و دپو، ماشین‌آلات و پخش صحیح مواد به وضوح در این فرایند لازم می‌باشد. به علاوه عواملی چون ضرایب تورم و انقباض خاک، امکان استفاده از معادن دپو و قرضه، درجات مختلف تراکم در لایه‌های مختلف، و وجود لایه‌های مختلف خاک در مناطق خاکبرداری نیز باید مد نظر قرار داده شود.

همانند تمامی مدلهای خطی، این مدل نیز دارای متغیرهای تصمیم، تابع هدف و قیدهایی می‌باشد. متغیرهای تصمیم در این مدل احجام خاک جابجا شده بین دو قطعه i و j می‌باشند که به صورت x_{ij} بیان می‌گردند. (در این مساله فرض می‌شود که می‌خواهیم خاک را از مناطق خاکبرداری i برداشته و به مناطق خاکریزی j منتقل نمائیم. همچنین امکان استفاده از معادن دپو d و قرضه b نیز وجود دارد.)

تابع هدف در این مدل حداقل کردن هزینه کلی پروژه است که به صورت مجموعی از ضرب احجام جابجا شده بین مناطق خاکبرداری و خاکریزی در هزینه واحد این جابجایی‌ها می‌باشد. که این دو خود به ناوگانی که عمل انتقال را انجام می‌دهد، لایه‌های خاک موجود در مقاطع خاکریزی و خاکبرداری و میزان تحکیم خاک در مقاطع خاکریزی بستگی دارند.

omoorepeyman.ir

قیدهایی نیز به این مدل اعمال می‌شوند یکی از این قیود محدود بودن حجم قابل برداشت خاک در مناطق خاکبرداری و قرضه، و همچنین محدود بودن حجم قابل ریختن خاک در مناطق خاکریزی و دپو می‌باشد. یکی دیگر از قیود مهم در این مدل، قید مربوط به مدت زمان انجام پروژه می‌باشد که خود به دو بخش تقسیم می‌شود. یکی اینکه مجموع مدت زمان کاربرد هر ناوگان در میان قطعات کاری مختلف از مدت زمان پروژه بیشتر نشود. (مدت زمان کار یک ناوگان بین دو قطعه برابر با حجم کار انجام شده در آن قسمت، بخش بر تولید ناوگان برای آن قسمت می‌باشد) بخش دوم قید زمان نیز به این صورت بیان می‌شود که در بین هر دو قطعه کاری مفروض، مجموع مدت زمان کار ناوگانهای مختلف بین آن دو قطعه از کل مدت پروژه بیشتر نگردد.

بدین ترتیب قید زمان به طور کامل ارضا گردیده و انتخاب ناوگان بهینه نیز توسط این قید و همچنین در نظر گرفتن تابع هدف مدل که هزینه کل پروژه را کمینه می‌کند صورت می‌گیرد. قیود دیگری نیز در این مدل وجود دارند که در مدل ریاضی ارائه شده به آنها پرداخته می‌شود.

اگر:

شماره قطعاتی که در آنها خاکریزی انجام می‌شود = j — شماره قطعاتی که از آنها خاکبرداری می‌شود = i

شماره معادن قرضه موجود در عملیات = b — شماره ناوگانی که بین قطعات کار می‌کند = n

حجم خاکی که بین قطعات جابجا می‌شود (متغیر تصمیم) =x — شماره معادن دپو موجود در عملیات =d

هزینه واحد حجم خاک جابجا شده بین قطعات = c

باشند خواهیم داشت:

تابع هدف : مینیمم کردن هزینه کلی عملیات:

$$\min Z = \Sigma_i\Sigma_j\Sigma_n C(i,j,n).x(i,j,n) + \Sigma_i\Sigma_d\Sigma_n C(i,d,n).x_{d(i,j,n)} + \Sigma_b\Sigma_j\Sigma_n C(b,j,n).x_{B(b,j,n)}$$

که در آن مقدار C برای جابجایی خاک بین هرکدام از قطعات و توسط هر ناوگانی به صورت مجزا بدست آمده (جزء اطلاعات مساله است) و عددی ثابت فرض می‌شود.

- قید ۱ : محدودیت حجم لازم برای برداشت در مقاطع i :

اگر Q_c (i) حجم خاکبرداری لازم در مقطع i باشد برای هر مقطع خاکبرداری i داریم:

$$\Sigma_j\Sigma_n x(i,j,n) + \Sigma_d\Sigma_n x_{D(i,j,n)} = Q_{c(i)}$$

- قید ۲ : محدودیت حجم لازم برای ریختن در مقاطع j :

اگر Q_F (j) حجم خاکریزی لازم در مقطع j و S^f ضریب تورم خاک باشد برای هر مقطع خاکریزی j داریم:

$$\Sigma_i\Sigma_n S^f.x_{(i,j,n)} + \Sigma_b\Sigma_n S^f.x_{(b,j,n)} = Q_{F(j)}$$

- قید ۳ : محدودیت حجم قابل برداشت در منابع قرضه b :

اگر Q_B (b) حجم خاکبرداری ممکن در منبع قرضه b باشد داریم:

$$\Sigma_j\Sigma_n x_{(d,j,n)} \le Q_{B(b)}$$

- قید ۴ : محدودیت حجم قابل دپو کردن در منابع دپو d :

اگر $Q_{D(d)}$ حجم خاکبرداری ممکن در منبع دپو d باشد داریم :

$$\Sigma_i\Sigma_n S^f.x_{D(i,d,n)} \le Q_{D(d)}$$

omoorepeyman.ir

- قید ۵ : محدودیت زمان پروژه برای هر ناوگان :

اگر D زمان کل اجرای پروژه و P تولید هر ناوگان برای قطعات مختلف باشد، برای هر ناوگان n داریم:

$$\Sigma_i \Sigma_j \left[\frac{x_{(i,j,n)}}{P_{(i,j,n)}}\right] + \Sigma_b \Sigma_j \left[\frac{x_{B(b,j,n)}}{P_{B(b,j,n)}}\right] + \Sigma_i \Sigma_d \left[\frac{x_{(i,d,n)}}{P_{(i,d,n)}}\right] \le D$$

- قید ۶ : محدودیت زمان پروژه برای کار انجام شده بین هر دو قطعه مفروض:

برای جابجایی خاک بین هر دو قطعه مفروض j,i داریم:

$$\Sigma_n \left[\frac{x_{(i,j,n)}}{P_{(i,j,n)}}\right] \le D$$

برای جابجایی خاک بین هر قطعه i و منبع دپو d داریم:

$$\Sigma_n \left[\frac{x_{(i,d,n)}}{P_{(i,d,n)}}\right] \le D$$

برای جابجایی خاک بین هر منبع قرضه b و قطعه j داریم :

$$\Sigma_n \left[\frac{x_{(b,j,n)}}{P_{(b,j,n)}}\right] \le D$$

با اعمال قیود بالا و با توجه به تابع هدف مدل که حداقل کردن هزینه می‌باشد و با حل مدل خطی توسط روشهای موجود می‌توان مقادیر متغیرهای تصمیم (که همان احجام جابجا شده خاک (xها) می‌باشند) بدست آورد. البته در اغلب مواقع به علت پیچیدگی زیاد محاسبات، نیاز به استفاده از برنامه‌های کامپیوتری وجود دارد و سپس با بدست آمدن ریز عملیات‌ها و زمان کل پروژه (D) زمان‌بندی دقیق عملیاتهای پروژه را نیز می‌توان تهیه نمود. در مدل بالا اشاره به نکات زیر ضروری است :

۱- در حل این مدل ساده‌سازی‌هایی صورت گرفته است. مثلاً امکان وجود لایه‌های مختلف خاک طبیعی و همچنین ریختن خاک و کوبیدن آن با درجات تراکم متفاوت، در نظر گرفته نشده است. برای حل دقیق‌تر مدل می‌توان پارامترهای لایه‌های مختلف خاک (s) و درجات مختلف تراکم (c) را نیز منظور نمود و در مدل ریاضی نیز وارد کرد که در نتیجه آن متغیرهای مدل به این پارامترها نیز وابسته می‌شوند. برای مثال خواهیم داشت : x(i,j,s,c,n))

۲- در حل مدل بالا فرض شده است که هزینه واحد حجم خاک جابجا شده بین قطعات (C) ثابت می‌باشد. اما در واقع در بسیاری از پروژه‌ها این هزینه ثابت نبوده و حالت خطی دارد که به میزان حجم خاک جابجا شده وابسته است (برای مثال در چنین مواردی مدل از حالت خطی خارج شده و به $C=\alpha+\beta x$) یک مدل QP (Quadratic Programming) تبدیل می‌گردد.

۳- یکی از فرضهای مدل ارائه شده این است که در آن، منطقه عملیاتی به صورت خطی فرض شده، یعنی امکان جابجایی خاک تنها در یک بعد وجود دارد. در حالی که در واقع در پروژه‌های عملیات خاکی ما با یک سطح عملیاتی مواجه هستیم که در آن امکان جابجایی خاک در هر دو جهت x و y وجود دارد.

omoorepeyman.ir

برای در نظر گرفتن این مورد می‌توان سطح پروژه را به شبکه‌هایی از مولفه‌های x و y تقسیم نمود بدین ترتیب سلولهایی ایجاد می‌شود که به شکل مربع می‌باشند در بهینه‌سازی اگر هر خاکبرداری و خاکریزی در هر سلول را انجام داده و سپس اطلاعات را وارد برنامه کنیم، از حالت بهینه خارج می‌شویم، مسیر حمل در خود سلول نیز ممکن است بهینه‌ترین حالت نباشد.

لازم به ذکر است که هر چقدر سلولها بیشتر بوده و اندازه آنها کوچکتر باشد و همچنین فواصل استفاده شده دقیق‌تر باشند، جواب برنامه دقیق‌تر خواهد بود.

۳-۶-۲- استفاده از سیستم های خبره (expert system)

یکی دیگر از راه‌های انتخاب بهینه ماشین‌آلات با توجه به احجام پروژه در عملیات خاکی استفاده ازمدل های سیستم های خبره می‌باشد. استفاده از این روش در سالهای اخیر رواج فراوانی یافته است. برخی از تلاشهای انجام شده در این رابطه به قرار زیر می‌باشند.

Touran(۱۹۹۰) برای انتخاب غلتک‌های مناسب از این سیستم استفاده نمود Hanna (۱۹۹۴) چنین سیستمی را برای انتخاب جرثقیل برای کارهای فوق سنگین ابداع نمود. Amir khanian and Baker (۱۹۹۴) یک سیستم خبره ایجاد نمودند که با طرح سئوالاتی از کاربر در مورد تعریف شرایط و مشخصات پروژه، نوع و تعداد ماشین‌آلات را پیشنهاد می‌دهد. Christian and Xie (۱۹۹۶) نیز چنین سیستمی را ایجاد نمودند که با توجه به نوع و مقدار مواد حفاری شده، ماشین‌آلات مناسب را پیشنهاد می‌دهد.

Kuprenas and Henkhaus (۲۰۰۰) سیستمی را پیشنهاد نمودند که براساس مجموعه‌ای از شرایط، اسکریپر مناسب را پیشنهاد می‌کند.

روش کلی کار یک سیستم خبره به این صورت است که سیستم سوالاتی را در مورد نوع، شرایط و احجام عملیاتی مطرح نموده و با توجه به اطلاعاتی که از قبل به آن داده شده است، مناسب‌ترین ترکیب ماشین‌آلات را پیشنهاد می‌دهد. انتخاب صحیح ماشین‌آلات عملیات خاکی یکی از فاکتورهای مهم است، وقتی که می‌خواهیم نیازمندی‌های زمان‌بندی و بودجه‌ای پروژه به صورت مناسبی ارضا گردد. انتخاب ماشین‌آلات برای انجام دادن فعالیت‌های گوناگون عملیات خاکی توسط محاسبات دقیق، کاری کسل‌کننده و زمان‌بر می‌باشد. در حالیکه این انتخاب توسط اشخاصی با تجربه و خبره می‌تواند به بهترین نحو صورت گیرد.

کسب علم همواره یکی از مهمترین بخش‌های یک (expert system) می‌باشد. تمامی اطلاعات مربوط به سیستم درون فایل های صفحه گسترده (spread sheet) نظیر EXCEL طبقه‌بندی می‌گردند. بیشتر اطلاعات مورد نیاز این سیستم معمولاً از مصاحبه با مهندسین و مدیران با تجربه شرکتهای معتبر پیمانکاری و همچنین استخراج مطالب Hand book سازندگان ماشین‌آلات، مقالات و مجلات علمی و کتابهای معتبر ماشین‌آلات بدست می‌آیند. در مورد روشهای کسب علم بیان شده در بالا می‌بایست به نکات زیر توجه نمود:

۱- مقادیر بدست آمده از Hand Book، همواره برای شرایط ایده‌آل بوده و بنابراین باید این مقادیر توسط مصاحبه با افراد متخصص اصلاح و یا تائید شوند.

۲- مصاحبه‌ها معمولاً به تهیه یکسری سئوالات برای این که در سیستم مورد استفاده قرار گیرند، منجر می‌شوند. مشکلاتی نیز در این مصاحبه‌ها به وجود می‌آیند. آشنا نبودن افراد با سیستم و عملکرد آن، محرمانه بودن برخی اطلاعات، امکان تبعیض در مصاحبه‌ها و ارائه جوابهای متناقض از افراد مختلف از جمله بزرگترین این مشکلات می‌باشند.

omoorepeyman.ir

در پایان تمامی ایده‌ها جمع‌آوری گردیده و به شکل تیپ جملات (IF then) تبدیل می‌گردد. برای طراحی یک سیستم خبره از برنامه‌های خاص آن (نظیر VP Expert) استفاده می‌گردد. دلایل عمده استفاده از چنین برنامه‌هایی، طراحی ساده و قابل فهم بودن برای افراد، قابل اجرا بودن بر روی کامپیوترهای شخصی و توانایی برای اصلاح و توسعه می‌باشد. اجزای سیستم شامل یک پایگاه اطلاعات اصلی و تعدادی مدول می‌باشند. پایگاه اصلی برای بدست آوردن اطلاعات در مورد شرایط پروژه و تعیین دامنه آن بوده و به جواب سئوالی که در مورد احجام پروژه مطرح می‌شود وابسته می‌باشد.

بسته به پاسخی که به سئوال فوق داده خواهد شد، سیستم به یکی از مدول ها که براساس حجم عملیات تعریف شده‌اند منتقل می‌شود. چنین اتصالی با توجه به قابلیت chain صورت می‌پذیرد. سوالاتی که معمولاً در قسمت اصلی برای کاربر مطرح می‌شود معمولاً شامل اطلاعاتی از قبیل موارد زیر می‌باشند:

۱- نوع خاک (شامل جنس و ضرایب تورم و انقباض)
۲- احجام پروژه
۳- طول مدت پروژه
۴- مهارت اپراتور
۵- میدان دید اپراتور
۶- راندمان کار
۷- شرایط جاده

در ادامه اطلاعاتی از قبیل تولید ماشین‌آلات به صورت تک و دیگر شرایط کار نیز به سیستم داده می‌شود و سیستم نیز در پایان عملیات نوع و تعداد ماشین‌های انتخاب شده را چاپ می‌کند.

۳-۷- ارتباط ما بین زمان اجرای پروژه و ظرفیت ماشین‌آلات:

پس از برنامه‌ریزی دقیق قسمتهای مختلف پروژه و زمانبندی فعالیت‌ها، می‌بایست منابع موجود در پروژه را نیز به گونه‌ای به فعالیتهای مختلف پروژه تخصیص داد، تا امکان انجام آنها در مدت زمان برآورد شده و به صورتی کارآمد فراهم شود. منابع مورد نیاز فعالیت‌ها را می‌توان تحت پنج عنوان نیروی انسانی، ماشین‌آلات، مصالح، پول و زمان تقسیم‌بندی کرد. میزان مواد مورد نیاز هر فعالیت با توجه به طبیعت آن متفاوت است. مصالح را باید به گونه‌ای تخصیص داد که همه مصالح مورد نیاز هر یک از فعالیت‌های پروژه در زمان مناسب و به اندازه کافی، نه کمتر و نه بیشتر، در اختیار پروژه مورد نظر قرار داشته باشد. این امر مستلزم استفاده از سیستم‌های سفارش‌دهی و انبارداری مناسب و کنترل دائمی عملکرد آنهاست. به رغم اینکه پول نیز یکی از منابع اساسی مورد نیاز فعالیت‌هاست، ولی نمی‌توان آن را به معنای خاص کلمه تخصیص داد. در واقع پول چیزی را نمی‌سازد، ولی با آن می‌توان سایر منابع مورد نیاز فعالیت‌ها را خریداری کرد. بدین ترتیب پول امکان تخصیص سایر منابع همچون نیروی انسانی و ماشین‌آلات را کنترل می‌کند. از طرفی زمان نیز منبعی است که تخصیص آن بصورت غیر مستقیم و از طریق تخصیص منابعی همچون نیروی انسانی و ماشین‌آلات صورت می‌گیرد.

بدین ترتیب تنها دو منبع از منابع پنجگانه، یعنی نیروی انسانی و ماشین‌آلات را می‌توان بدون واسطه و بطور مستقیم به هریک از فعالیت‌ها تخصیص داد. بعبارت دیگر نیروی انسانی و ماشین‌آلات را در مسائل تخصیص می‌توان به منزله متغیرهای مستقل منظور

omoorepeyman.ir

کرد. در حالی که پول، زمان و مصالح نمایشگر متغیرهای واسطه‌ای می‌باشند که مقدار آنها تعیین کننده میزان کارآیی سیاست بکار گرفته شده برای تخصیص نیروی انسانی و ماشین‌آلات است. در حالت کلی تخصیص ماشین‌آلات و نیروی انسانی به فعالیت‌های مختلف پروژه باید به گونه‌ای باشد که همه اهداف مورد نظر را تأمین کند. به منزله مهمترین اهداف در زمینه تخصیص نیروی انسانی و ماشین‌آلات می‌توان از کمینه سازی زمان یا هزینه انجام پروژه، محدود کردن زمان یا هزینه انجام پروژه و ثابت نگه‌داشتن منابع نام برد. مراحل مختلف یک پروژه اجرایی مستلزم حل مسائل تخصیص منابع متفاوتی است.

هدف از حل مسأله تخصیص منابع تعریف شده در ابتدای یک پروژه اجرایی با زمان تداوم طولانی معمولاً حداقل کردن هزینه اجرایی پروژه است، که در آن زمان تداوم پروژه به منزله یکی از قیود مسأله منظور شده است. (همانند آنچه در بخش قبل مورد بررسی قرار گرفت) در حالی که در این بخش مسأله تخصیص مورد استفاده در انتهای پروژه یا در طول مدت اجرای آن، به دلیل تأخیرهای ایجاد شده در مراحل قبلی، با هدف کم کردن زمان اجرای پروژه و در عین حال ایجاد کمترین هزینه ممکن، تعریف و حل می‌شود.

بحثی که در بالا بیان شد در مورد تمامی پروژه‌های ساخت از جمله پروژه‌های عملیات خاکی صادق می‌باشد. در عملیات‌های خاکی ماشین‌آلات بدون تردید مهمترین منابع موجود می‌باشند و می‌بایست با دقت مورد ارزیابی قرار گیرند. برای انجام یک پروژه عملیات خاکی با احجام عملیاتی مشخص، تغییر در تعداد و ظرفیت ماشین‌آلات، هم روی هزینه (به سبب تغییر در تعداد موارد هزینه ساز) و هم روی زمان (به سبب تغییر در میزان تولید) اثر می‌گذارد.

گاهی اوقات محدودیت در تعداد ماشین‌آلات وجود دارد و یا به دلایلی نیاز است تا هزینه‌های پروژه کمتر گردد. در چنین مواردی با کم شدن تولید ناوگان‌های ماشین‌آلات مدت زمان فعالیت‌های پروژه افزایش خواهد یافت که ممکن است به افزایش زمان کل پروژه نیز بیانجامد که گاهی اوقات منجر به افزایش میزان هزینه‌های پروژه و یا امکان جریمه شدن پیمانکار می‌گردد.

عکس این موضوع نیز صادق می‌باشد. در عمل موارد بسیاری وجود دارد که کوتاه کردن مدت پروژه را ضروری می‌سازد. برای مثال ممکن است روند ساخت به گونه‌ای باشد که با روند فعلی، امکان به اتمام رساندن پروژه در تاریخ مقرر فراهم نگردد و در نتیجه پیمانکار برای اجتناب از جریمه تأخیر، مدت را کاهش دهد. همچنین در بعضی موارد، پیمانکار برای اجتناب از هوای نامساعد در فصل سرما یا برای آزاد کردن ماشین‌آلات و نیروی انسانی، اقدام به کاهش مدت پروژه نماید که این کاهش مدت پروژه مطمئناً همراه با افزایش هزینه‌ها به سبب افزایش تعداد و ظرفیت ماشین آلات خواهد بود. بنابراین مدت و هزینه هر عملیات در پروژه‌های عملیات خاکی همانند دیگر پروژه‌های ساخت تا اندازه‌ای قابل تبدیل با یکدیگر می‌باشند که به نام موازنه هزینه و زمان شناخته می‌شود. (time-cost trade off)

پس هدف از این بخش طراحی ناوگان‌های بهینه برای عملیات مختلف می‌باشد تا بتوان به اهداف پروژه که همان داشتن کمترین هزینه و زمان برای آن پروژه است، دست یافت. معلومات و مجهولات مسأله را برای روشن شدن مسأله مرور می‌کنیم:

معلومات مسأله شامل احجام مشخص برای عملیات‌های پروژه و برنامه‌ریزی دقیق اجرای عملیات‌هاست. در حالی که ترکیب ناوگان‌های انجام‌دهنده این عملیات‌ها و زمان و هزینه عملیات‌ها، متناظر با ناوگان انتخاب شده، به عنوان مجهول در نظر گرفته می‌شوند.

در ارتباط با انتخاب ناوگان‌های مختلف ماشین‌آلات و تأثیر آنها روی زمان و هزینه پروژه‌های عملیات خاکی مطالعات بسیاری صورت گرفته که در اینجا به دو مورد از پرکاربرد ترین این روش‌ها اشاره می‌گردد.

omoorepeyman.ir

۳-۷-۱- طراحی گروه کار و تحلیل آن از طریق شاخص هزینه (Cost Index) :

طراحی گروه کار (از جمله ناوگان ماشین‌آلات) اثر مهمی در تخمین دقیق مدت و هزینه پروژه دارد. هر چند معمولاً طراحی گروه کار بر اساس تجربه انجام می‌شود، اما امکان طراحی به صورت مستدل نیز وجود دارد. این طراحی معمولاً طی مراحلی به شرح زیر انجام می‌گردد:

۱) انتخاب یک گروه آزمایشی
۲) تعیین نرخ تولید گروه (N)
۳) محاسبه مدت فعالیت ($T = \frac{\text{حجم}}{N}$)
۴) محاسبه هزینه فعالیت (C)
۵) بررسی نتایج (که معمولاً با مقایسه هزینه واحد حجم عملیات صورت می‌گیرد).

ترکیب گروه کار تابع عوامل متعددی است. به صورت ایده‌آل، سازماندهی یک گروه به نحوی انجام می‌شود که بازده فعالیت به حداکثر برسد و به عبارت دیگر بیشینه سازی انجام گیرد. در قسمت‌های قبل چنین بحثی برای بهینه‌سازی واحدهای حمل (نظیر کامیون) وابسته به ماشین بارکن (نظیر لودر)، در یک سیستم بارگیری و حمل در عملیات خاکی، مطرح شده بود. اما با ارائه روش سیستماتیک بحث شده در این قسمت و پیگیری گام‌های ذکر شده، می‌توان این بحث را برای دیگر ماشین‌آلات بارگیری و حمل خاک نظیر اسکریپرها و غیره نیز به کار برد.

در زیر گام‌هایی نظیر آنچه در بالا ذکر شده به طور مثال برای یک گروه اسکریپر بیان شده و به توالی برای اسکریپرها انجام می‌گردد تا در پایان بهینه‌ترین ترکیب برای آنها بدست آید:

گام ۱ : تعیین مقاومت کل: مسیر به قطعه قطعه‌هایی تقسیم می‌شود که هر قطعه دارای شیب خاصی است و مقاومت کل آن قطعه از تجمیع مقاومت شیب و مقاومت غلتشی به دست می‌آید.

گام ۲ : محاسبه زمان سفر:

$$\text{زمان سفر} = \frac{\text{حجم قطعه}}{\text{سرعت حرکت}}$$

که سرعت حرکت در این رابطه با توجه به مقاومت کل محاسبه شده در مرحله قبل و چارت‌های عملکرد ماشین محاسبه می‌شود.

گام ۳ : محاسبه زمان کل سیکل کاری (Ts) : با تجمیع زمان‌های لازم برای یک سیکل به دست می‌آید. نظیر زمان بارگیری، زمان سفر، زمان مانور و زمان تخلیه.

گام ۴ : محاسبه زمان سیکل تراکتور کمکی (Tp):

$$Tp=۱,٤Lt+۰,۲٥min$$

که در آن Lt زمان بارگیری اسکریپر می‌باشد.

گام ۵ : محاسبه تعداد بهینه اسکریپرها: $N=Ts/Tp$

گام ۶ : تعیین نرخ تولید (تعداد سیکل در هر ساعت) * (مقدار بار) * N = نرخ تولید

که در آن مقدار بار برابر است با:

omoorepeyman.ir

(وزن واحد خاک) * (ضریب تورم) * (درصد پر شدن) * (حجم اسکریپر) = مقدار بار BCM

گام ۷ : تعیین زمان عملیات :

$$\text{زمان عملیات} = \frac{\text{حجم کل حفاری شده}}{\text{نرخ تولید}}$$

گام ۸ : تعیین هزینه کل: (هزینه واحد زمان منابع) * (زمان عملیات) = هزینه کل

گام ۹ : تعیین هزینه واحد عملیات:

$$\text{هزینه واحد عملیات} = \frac{\text{هزینه کل}}{\text{حجم کل حفاری شده}}$$

تنها تفاوت این مثال با روند کلی طراحی گروه کار این است که چون در اینجا بحث تراکتور کمکی نیز وجود داشت، بجای انتخاب آزمایشی گروه کار، حدود بهینه تعداد اسکریپر وابسته به تراکتور کمکی در ابتدا تعیین گردید و سپس گروه کار طراحی شد.

با استفاده از این روش علاوه بر اینکه مقایسه تمامی ماشین‌آلات موجود امکان می‌یابد، می‌توان هزینه‌های اضافی را که ممکن است برای یک پروژه خاص لازم باشند را نیز لحاظ نمود. بدلیل اینکه تعیین اقتصادی‌ترین ترکیب ماشین‌آلات از لحاظ اندازه، مدل و تعداد با استفاده از این روش در بسیاری مواقع کاری خسته‌کننده است و محاسبات زیادی را می‌طلبد، می‌توان با به کار گیری استفاده از یک فایل صفحه گسترده نظیر اکسل و طبقه‌بندی در کامپیوتر، چنین محاسباتی را تسهیل نموده و از حل دستی آنها خودداری نمود.

اگر فرض شود که مدت فعالیت به هر دلیلی محدود گردد در اینصورت مراحل طراحی گروه به شرح زیر تغییر می‌کند:

۱) مدت بحرانی T داده شود.
۲) نرخ تولید مورد نیاز Nr محاسبه گردد.
۳) Nr افزایش یابد و یا عوامل تقلیل‌دهنده نرخ تولید تعدیل گردد.
۴) گروه اصلاح شود تا Nr مورد نیاز تأمین گردد.

۳-۷-۲- استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری :

شبیه‌سازی (Simulation) یکی دیگر از روش‌هایی است که برای مدل کردن هر نوع عملیاتی از جمله عملیات خاکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تاکنون تلاش‌های بسیاری در رابطه با شبیه‌سازی عملیات‌های خاکی صورت گرفته است:
(Carson and Maria ۱۹۹۷), (Marzouk and Moselhi ۲۰۰۰), (AbouRizk and Hajjar ۱۹۹۸), (Azadivar ۱۹۹۹)

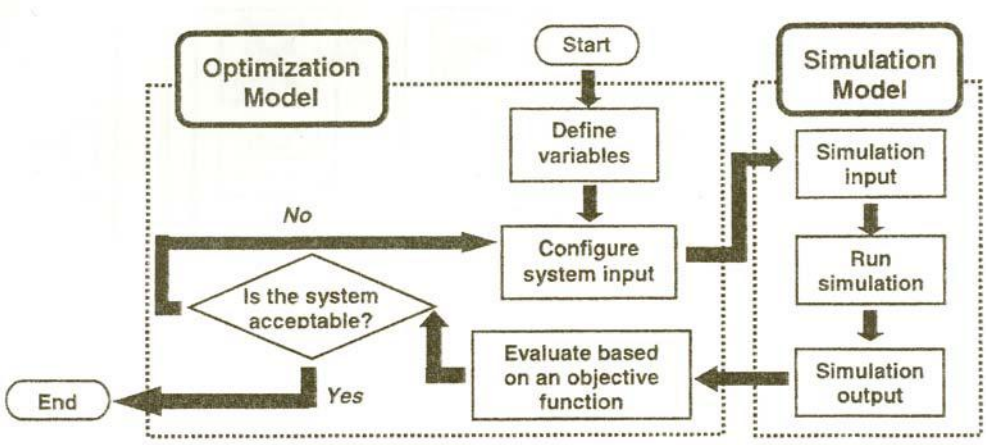
در نتیجه این تلاش‌ها، زبانهای شبیه‌سازی بسیاری مخصوص عملیات خاکی ایجاد شده‌اند:
CYCLONE-INSIGHT-UMCYCLONE-DISCO-CIPROS-STROBOSCOPE-HSM-SIMPHONY-SIMEARTH

علیرغم اینکه شبیه‌سازی ابزاری مفید برای مدل کردن عملیات‌های ساخت می‌باشد، کاربرد آن در این زمینه هنوز محدود است که این امر به دلیل سختی در یادگیری و استعمال زبانهای شبیه‌سازی می‌باشد. در یک سیستم شبیه‌سازی کامپیوتری، اجزا مدل همراه با مشخصات خود به طور جداگانه به سیستم معرفی می‌گردند و در مکان مورد نظر قرار گرفته و نقشی مربوط به خود را

omoorepeyman.ir

می‌پذیرند. مهمترین مزیت شبیه‌سازی این است که اندرکنش اجزای سیستم در آن به خوبی نمایان شده و در ضمن شرایط نامعین پروژه را نیز می‌توان با استفاده از توابع چگالی احتمالاتی محاسبه نمود (در یک عملیات خاکی، شرایط نامعین پروژه شامل: خرابی ماشین‌آلات، شرایط جوی نامناسب، شرایط غیر منتظره در محل سایت، زمانهای سفر ماشین‌های حمل و موارد دیگر می‌باشد). معمولاً در شبیه‌سازی پروسه عملیات‌های خاکی از شبیه‌سازی رویداد گسسته (discrete event simulation) استفاده می‌گردد. از این نوع شبیه‌سازی معمولاً زمانی استفاده می‌شود که حالت سیستم در نقاط گسسته و قابل اندازه‌گیری زمانی تغییر کند. در یک سیستم عملیات خاکی وقتی این اتفاق می‌افتد که به طور مثال کامیونها به صف برسند و یا بعد از بارگیری، روانه گردند. همچنین از شبیه‌سازی شیء گرا (object oriented) و شبیه‌سازی سه فازی (three phase simulation) نیز بسیار استفاده می‌گردد.

بنابراین با استفاده از شبیه‌سازی می‌توان حالت سیستم را در هر لحظه مورد بررسی قرار داد و نیز اثر تغییرات در عملکرد را مشاهده نمود. البته باید توجه داشت که شبیه سازی به تنهایی امکان انتخاب ناوگان بهینه را دارا نمی‌باشد. بلکه نتایج استفاده از هر ناوگان دلخواه را روی سیستم نمایان می‌سازد. بنابراین برای بهینه‌سازی سیستم، می‌بایست به همراه شبیه‌سازی از یک مدل بهینه‌سازی (نظیر الگوریتم ژنتیک) استفاده نمود تا در تعامل با آن بتواند نقش بهینه‌سازی را نیز ایفا نماید.



شکل ۳-۲۰- اندرکنش شبیه سازی و بهینه سازی

omoorepeyman.ir

۳-۸- انتخاب صحیح دستگاه ها، ظرفیت و تعداد

با توجه به مطالب ذکر شده در بند های گذشته کتاب راجع به ماشین آلات همکار و ارتباط مابین ظرفیت و تولید آنها، انتخاب ترکیبی صحیح از ماشین آلات که منجر به ایجاد بهترین ناوگان ممکن از لحاظ میزان تولید، زمان عملیات و هزینه واحد تولید می‌گردد، می‌تواند صرفه اقتصادی زیادی را برای پروژه به دنبال داشته باشد. در این بخش با توجه به روشهای ذکر شده در بند های ۳-۷ و ۳-۸ به بررسی نحوه ترکیب بهینه ماشین آلات، با ذکر مثال واقعی می‌پردازیم.

در این مثال به بهینه سازی اقتصادی نحوه خاکبرداری و خاکریزی بر اساس بهینه سازی ناوگان ماشین آلات عملیات خاکی جاده دسترسی یک سد خاکی پرداخته شده است.. جاده دسترسی آن به طول تقریبی ۱۱ کیلومتر و از نوع درجه ۱ است.

(نشریه شماره ۱۶۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی: راه درجه ۱ راهی است با دو خط عبور و سواره روی روسازی شده به عرض ۶/۵ متر و شانه در هر طرف به عرض ۱ متر)

روند عملیات به صورت زیر می‌باشد:

قطعه بندی پروفیل راه: این مسیر ۱۱ کیلومتری به ۱۱ قطعه مساوی، هر یک به طول ۱ کیلومترتقسیم شده است.

۱- تعیین معادن قرضه و دپو و فاصله آنها از مسیر اصلی: با مطالعات انجام شده، محل قرضه و دپو قابل استفاده مشخص گردیده و فواصل آنها با استفاده از نقشه های موجود طراحی مسیر، به صورت کوتاه ترین فاصله از مسیر اصلی با خط مستقیم محاسبه شده است.

در این مثال از هزینه اولیه مورد نیاز برای استفاده از معادن قرضه و دپو (هزینه setup) صرف نظر گردیده، ولی در حالت کلی می‌توان این هزینه را مد نظر قرار داد. تعیین احجام این معادن با استفاده از روش های طرح شده در بند ۳-۷ انجام می‌پذیرد.

نتایج مطالعات انجام شده در جدول شماره۳-۱۱ ارائه گردیده است.

جدول شماره ۳-۱۱- حجم معادن قرضه و دپو

معدن انتخاب شده	حجم(m^3)	واقع در کیلو متر	فاصله
دپو ۱ (D_1)	۲۰۰۰۰۰	۳	۰
دپو ۲ (D_2)	۱۰۰۰۰۰	۸	۵۰۰
دپو ۳ (D_3)	نا محدود	۱۱	۱۰۰

همانگونه که مشاهده می‌شود در این پروژه نیاز به استفاده از معادن قرضه نبوده است.

فرض: نحوه حرکت ماشین آلات از معادن قرضه و دپو به جاده اصلی به صورت مستقیم صورت گرفته و بقیه حرکت آن روی خط پروژه انجام می‌پذیرد. لازم به ذکر است که در زمان اجرای کلیه قطعات راه، جاده دسترسی فراهم است.

۲- محاسبه حجم خاکبرداری و خاکریزی برای هر قطعه مسیر:

با توجه به جداول موجود طراحی برای محاسبه حجم خاک در ایستگاه های مختلف راه و تجمیع مقادیر هر قطعه این میزان حجم عملیات برای هر قطعه تعیین گردیده که بعنوان مثال دو نمونه از محاسبات این احجام در جدولی در پیوست شماره ۱ آورده شده است. با استفاده از مقادیر این جدول میزان خاکبرداری و خاکریزی برای هر قطعه از مسیر ۱۱ کیلو متری محاسبه و خلاصه آن در جدول۳-۱۲ ارائه گردیده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۱۲- مقادیر خاکبرداری و خاکریزی و محدودیت های حجم دپو و قرضه (m^3)

شماره قطعه	خاکبرداری	خاکریزی
۱	۸۴۶۴۹,۷	۱۳۰۳۳
۲	۴۷۰۴۶,۲	۱۵۳۰۰,۵
۳	۲۴۶۳۰,۶	۵۲۴۹,۷
۴	۲۵۳۰۲,۹	۲۶۶۱۶,۵
۵	۳۹۰۵۴,۲	۱۰۸۳۶,۱
۶	۱۳۰۰۶	۹۸۴۴,۵
۷	۱۳۰۴۸,۷	۸۰۳۱
۸	۶۱۵۸۰,۲	۴۵۶۰,۳
۹	۵۱۲۷۹,۱	۱۰۸۸۲,۲
۱۰	۶۰۲۴۲,۷	۷۱۹۲,۸
۱۱	۷۳۸۲۱	۱۱۹۵۹
D۱	۰	۲۰۰۰۰۰
D۲	۰	۱۰۰۰۰۰
D۳	۰	نا محدود

۳- ماشین آلات در دسترس: در این پروژه فرض بر این بوده که نوع ماشین آلات مورد استفاده از قبل با توجه به دارایی های پیمانکار مشخص بوده است. این ماشین ها به همراه مشخصات فنی لازم و هزینه‌های مربوط در جدول۳-۱۳ ارائه گردیده. (فرض می‌شود ماشین آلات برای اجرای پروژه اجاره شده‌اند.)

جدول ۳-۱۳- مشخصات ماشین آلات

نشانه	اسب بخار	مشخصات	مدل	هزینه ساعتی (ساعت/تومان)
B۱	۵۰۰hp	ظرفیت تیغه برابر۹/۴ (M^3)	D۱۵۵A_۲(HEPCO)	۳۵۰۰۰
B۲	۱۸۵hp	ظرفیت تیغه برابر ۳/۷(M^3)	D٦R(CAT)	۱۵۰۰۰
L۱	۲۳۰hp	ظرفیت تیغه برابر ۲/۵(M^3)	L۹۰(HEPCO)	۱۳۰۰۰
L۲	٦۰۰hp	ظرفیت تیغه برابر۷/۳ (M^3)	L۹۹۰(HEPCO)	۳۲۰۰۰
T۱	۲۸۰hp	ظرفیت انباشته ۱۳/۶ (M^3)	Articulated Truck۷۲۵(cat)	۱٤۰۰۰

۴- انجام مطالعات محلی به منظور دستیابی به مشخصات پروژه:

با توجه به مطالعات محلی انجام شده نتایج زیر حاصل شده است:

۵-۱- راندمان در کارگاه برای ماشین آلات ۵۰/۶۰ فرض شده است.

۵-۲- نوع خاک زمین معمولی با ضریب تورم ۱/۲۵ می‌باشد.

۵-۳- میزان مهارت لودر با ضریب ۹/. یعنی راننده با مهارت متوسط اعمال می‌شود.

۵-۴- فاصله حمل بولدوزر ۹۰ متر می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۵-۵- فاصله حمل لودر ۷۵ متر می‌باشد.

۵-۶- تعیین مقاومت غلتشی: فرض می‌شود جاده دسترسی خاک متراکم با نگهداری خوب است که مقاومت غلتشی معادل ۳۰ kg/ton می‌باشد.

۵-۷- شیب مسیر های دپو و قرضه تا مسیر اصلی صفر در نظر گرفته شده است.

۵-۸- مقادیر شیب هر قطعه: این مقادیر با میانگین گیری از شیب قسمتهای مختلف خط پروژه در هر قطعه با در نظر گرفتن طول آن قسمت به دست آمده است:

قطعه ۰-۱	i= ٤,٩٦٪	قطعه ۶-۷	i= ۱,٤۸٪
قطعه ۱-۲	i= ۱,۲۵٪	قطعه ۷-۸	i=-۰,۵۹٪
قطعه ۲-۳	i=۰,۳۳۸٪	قطعه ۸-۹	i= -۰,۵۳٪
قطعه ۳-۴	i= -۱,۳۹٪	قطعه ۹-۱۰	i=۰,٤ %
قطعه ۴-۵	i= ۱,۰۸٪	قطعه ۱۰-۱۱	i= -۲,۷۶٪
قطعه ۵-۶	i= -۱,۳۲٪		

۵- تعیین ناوگان بهینه، تولید و هزینه معادل:

روند محاسبه ناوگان بهینه، میزان تولید و هزینه معادل آنها در بخش های قبل آورده شده است. در این مثال این محاسبات برای ماشین آلات در دسترس انجام شده است که نتایج آنها در جدول شماره ۳-۱۴ آمده است. (لازم به ذکر است که محاسبات کامل در پیوست ۱ آورده شده است. در این محاسبات اثر شیب و میزان فاصله حمل برای شیب های ۰-۷ ٪ و فواصل ۰-۶ کیلومتر در نظر گرفته شده است.)

جدول شماره ۳-۱۴- ناوگان های در نظر گرفته شده

ترکیبات ناوگان ماشین آلات					
نشانه ناوگان	هزینه معادل	تولید معادل m۳/hr	ترکیب ناوگان	فاصله مناسب	شیب
۱	۹۵۰۰۰	۲۲۹/۵۳	B۱L۲ ۲T۱	۰_۱	۰٪
۲	۱۰۹۰۰۰	۲۱۵	B۱L۲ ۳T۱	۱_۲	
۳	۱۰۹۰۰۰	۱۷۵	B۱L۲ ۳T۱	۲_۳	
٤	۱۲۳۰۰۰	۱۸۳	B۱L۲ ٤T۱	۳_٤	
۵	۱۳۷۰۰۰	۱۸۸/۲۵	B۱L۲ ۵T۱	٤_۵	
۶	۱۵۱۰۰۰	۱۸۵/۷۵	B۱L۲ ۶T۱	۵_۶	
۷	۹۵۰۰۰	۲۰۸/۹	B۱L۲ ۲T۱	۰_۱	۳ / ۵ %
۸	۱۰۹۰۰۰	۱۸۵/۵	B۱L۲ ۳T۱	۱_۲	
۹	۱۲۳۰۰۰	۱۷۶	B۱L۲ ٤T۱	۲_۳	
۱۰	۱۳۷۰۰۰	۱۷۳/۵	B۱L۲ ۵T۱	۳_٤	
۱۱	۱۶۵۰۰۰	۱۸۵/۵	B۱L۲ ۶T۱	٤_۵	
۱۲	۱۷۹۰۰۰	۱۸۶/۵	B۱L۲ ۷T۱	۵_۶	
۱۳	۹۵۰۰۰	۱۹۳/٤٤	B۱L۲ ۲T۱	۰_۱	۷٪
۱٤	۱۲۳۰۰۰	۱۸۹/۲۵	B۱L۲ ٤T۱	۱_۲	
۱۵	۱۵۱۰۰۰	۱۹۱/۷۵	B۱L۲ ۶T۱	۲_۳	

omoorepeyman.ir

۱۶	۱۶۵۰۰۰	۱۷۷/۲۵	B۱L۲ ۷T۱	۳_٤	
۱۷	۱۹۳۰۰۰	۱۸۱/۷۵	B۱L۲ ۹T۱	٤_٥	
۱۸	۲۰۷۰۰۰	۱٦۹/٥	B۱L۲ ۱۰T۱	٥_٦	
۱۹	۹٥۰۰۰	۲۳۰	B۱L۲ ۲T۱	۰_۱	_ ۳ /٥ %
۲۰	۱۰۹۰۰۰	۲۱۲	B۱L۲ ۳T۱	۱_۲	
۲۱	۱۰۹۰۰۰	۱۸۱/٥	B۱L۲ ۳T۱	۲_۳	
۲۲	۱۲۳۰۰۰	۱۸۳	B۱L۲ ٤T۱	۳_٤	
۲۳	۱۳۷۰۰۰	۱۸۸/۲٥	B۱L۲ ٥T۱	٤_٥	
۲٤	۱٥۱۰۰۰	۱۹۱/۷٥	B۱L۲ ٦T۱	٥_٦	
۲٥	۹٥۰۰۰	۲۲۰	B۱L۲ ۲T۱	۰_۱	_ ۷٪
۲٦	۱۰۹۰۰۰	۱۹٥/۷٥	B۱L۲ ۳T۱	۱_۲	
۲۷	۱۲۳۰۰۰	۱۸۹/۲٥	B۱L۲ ٤T۱	۲_۳	
۲۸	۱۳۷۰۰۰	۱۸۸/۲٥	B۱L۲ ٥T۱	۳_٤	
۲۹	۱٥۱۰۰۰	۱۸٥/۷٥	B۱L۲ ٦T۱	٤_٥	
۳۰	۱٦٥۰۰۰	۱۸٥/٥	B۱L۲ ۷T۱	٥_٦	
۳۱	٤۲۰۰۰	۹۹/۱۷	B۲L۱ ۱T۱	۰_۱	۰٪
۳۲	٤۲۰۰۰	۷۰/٦۲٥	B۲L۱ ۱T۱	۱_۲	
۳۳	٥٦۰۰۰	۹۰/۹۹	B۲L۱ ۲T۱	۲_۳	
۳٤	٥٦۰۰۰	۷۹/٤۹	B۲L۱ ۲T۱	۳_٤	
۳٥	۷۰۰۰۰	۹۲/۷٥	B۲L۱ ۳T۱	٤_٥	
۳٦	۷۰۰۰۰	۸۱/۲٥	B۲L۱ ۳T۱	٥_٦	
۳۷	٤۲۰۰۰	۸۷/٥۷	B۲L۱ ۱T۱	۰_۱	۳ /٥ %
۳۸	٥٦۰۰۰	۹٥/۲۳	B۲L۱ ۲T۱	۱_۲	
۳۹	٥٦۰۰۰	۷٦/٥٦	B۲L۱ ۲T۱	۲_۳	
٤۰	۷۰۰۰۰	۸۷/۲٥	B۲L۱ ۳T۱	۳_٤	
٤۱	۷۰۰۰۰	۷۳/۸۷٥	B۲L۱ ۳T۱	٤_٥	
٤۲	۸٤۰۰۰	۸٤/۱۲٥	B۲L۱ ٤T۱	٥_٦	
٤۳	٤۲۰۰۰	۸۰/۳٦	B۲L۱ ۱T۱	۰_۱	۷٪
٤٤	٥٦۰۰۰	۸ ۲ / ۰٦	B۲L۱ ۲T۱	۱_۲	
٤٥	۷۰۰۰۰	۸٥/۱۲٥	B۲L۱ ۳T۱	۲_۳	
٤٦	۷۰۰۰۰	۷ ۰ /٥	B۲L۱ ۳T۱	۳_٤	
٤۷	۸٤۰۰۰	۷٥/۲٥	B۲L۱ ٤T۱	٤_٥	
٤۸	۹۸۰۰۰	۷۷/۷٥	B۲L۱ ٥T۱	٥_٦	
٤۹	٤۲۰۰۰	۹۹/٦۹	B۲L۱ ۱T۱	۰_۱	_۳ /٥
٥۰	٥٦۰۰۰	۱۰٥/۹۳	B۲L۱ ۲T۱	۱_۲	
٥۱	٥٦۰۰۰	۹۳/٦۳	B۲L۱ ۲T۱	۲_۳	
٥۲	٥٦۰۰۰	۷ ۹ / ٥	B۲L۱ ۲T۱	۳_٤	
٥۳	۷۰۰۰۰	۹۳/۷٥	B۲L۱ ۳T۱	٤_٥	
٥٤	۷۰۰۰۰	۷ ۰ / ٥	B۲L۱ ۳T۱	٥_٦	
٥٥	٤۲۰۰۰	۹۳/۷٥	B۲L۱ ۱T۱	۰_۱	_۷٪
٥٦	٥٦۰۰۰	۹۹/۳۹	B۲L۱ ۲T۱	۱_۲	
٥۷	٥٦۰۰۰	۸۲/۸۳	B۲L۱ ۲T۱	۲_۳	
٥۸	۷۰۰۰۰	۹۳/۷٥	B۲L۱ ۳T۱	۳_٤	
٥۹	۷۰۰۰۰	۸۲/٦۲٥	B۲L۱ ۳T۱	٤_٥	
٦۰	۷۰۰۰۰	۷۳/۸۷٥	B۲L۱ ۳T۱	٥_٦	

omoorepeyman.ir

۶- در این قسمت ناوگان های مناسب برای اجرای عملیات بین قطعات مختلف بر اساس فاصله بین قطعات و شیب میانگین مسیر بین قطعات انتخاب گردیده و نتایج در جدول ۳-۱۵ آمده است.

جدول ۳- ۱۵- ناوگان های تخصیص یافته

خاکبرداری / خاکریزی	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱	۱۳	۲۰	۲۱	٤	٥	٦					
	٤۳	٥۰	٥۱	۳٤	۳٥	۳٦					
۲	۸	۱	۲	۳	٤	٥	٦				
	۳۸	۳۱	۳۲	۳۳	۳٤	۳٥	۳٦				
۳	۹	۲	۱	۲	۳	٤	٥	٦			
	۳۹	۳۲	۳۱	۳۲	۳۳	۳٤	۳٥	۳٦			
٤	٤	۳	۲	۱	۲	۳	٤	٥	٦		
	۳٤	۳۳	۳۲	۳۱	۳۲	۳۳	۳٤	۳٥	۳٦		
٥	٥	٤	۳	۲	۱	۲	۳	٤	٥	٦	
	۳٥	۳٤	۳۳	۳۲	۳۱	۳۲	۳۳	۳٤	۳٥	۳٦	
٦	٦	٥	٤	۳	۲	۱	۲	۳	٤	٥	٦
	۳٦	۳٥	۳٤	۳۳	۳۲	۳۱	۳۲	۳۳	۳٤	۳٥	۳٦
۷		٦	٥	٤	۳	۲	۱	۲	۳	٤	٥
		۳٦	۳٥	۳٤	۳۳	۳۲	۳۱	۳۲	۳۳	۳٤	۳٥
۸			٦	٥	٤	۳	۲	۱	۲	۳	٤
			۳٦	۳٥	۳٤	۳۳	۳۲	۳۱	۳۲	۳۳	۳٤
۹				٦	٥	٤	۳	۲	۱	۲	۳
				۳٦	۳٥	۳٤	۳۲	۳۲	۳۱	۳۲	۳۳
۱۰					٦	٥	٤	۳	۲	۱	۲
					۳٦	۳٥	۳٤	۳۳	۳۲	۳۱	۳۲
۱۱						٦	٥	٤	۳	۲	۱
						۳٦	۳٥	۳٤	۳۳	۳۲	۳۱
D۱	۹	۲	۱	۲	۳	٤	٥	٦			
	۳۹	۳۲	۳۱	۳۲	۳۳	۳٤	۳٥	۳٦			
D۲			٦	٥	٤	۳	۲	۱	۲	۳	٤
			۳٦	۳٥	۳٤	۳۳	۳۲	۳۱	۳۲	۳۳	۳٤
D۳						٦	٥	٤	۳	۲	۷
						۳٦	۳٥	۳٤	۳۳	۳۲	۳۷

۷- برنامه ریزی انجام عملیات :

در این بخش چگونگی برنامه ریزی اجرای پروژه با توجه به احجام عملیاتی و همچنین ناوگان های اختصاص یافته در قسمت قبل بیان می‌گردد. این کار با حل مساله بهینه سازی عملیات با تابع هدف حداقل کردن هزینه کلی عملیات با توجه به زمان اجرای کار صورت می‌پذیرد. روش کامل حل این مساله در بند ۳-۶ و در بخش استفاده از مدل برنامه ریزی خطی، بیان شده است.

omoorepeyman.ir

$$MinZ = \Sigma_i \Sigma_j \Sigma_{n \in Ni,j} C_{(i,j,n)} . x_{(i,j,n)} + \Sigma_i \Sigma_k \Sigma_{n \in Ni,k} C_{D(i,k,n)} . X_{D(i,k,n)}$$

$$\Sigma_j \Sigma_{n \in Ni,j} X_{(i,j,n)} + \Sigma_k \Sigma_{n \in Ni,k} (i,k,n) = Q_{c(i)}$$

$$\Sigma_i \Sigma_{n \in Ni,j} X_{(i,j,n)} = Q_F(j)$$

$$\Sigma_i \Sigma_{n \in Ni,k} X_{D(i,k,n)} \le Q_D(k)$$

$$\Sigma_i \Sigma_j \left[\frac{X_{(i,j,n)}}{P_{(i,j,n)}} \right] + \Sigma_p \Sigma_j \left[\frac{X_D(i,k,n)}{P_D(i,k,n)} \right] \le D$$

$$\Sigma_{n \in Ni,j} \left[\frac{X_{(i,j,n)}}{P_{(i,j,n)}} \right] \le D$$

$$\Sigma_{n \in Ni,j} \left[\frac{X_{D(i,j,n)}}{P_{D(i,j,n)}} \right] \le D$$

$$X_{(i,j,n)} \ge ۰$$

$$X_{D(i,j,n)} \ge ۰$$

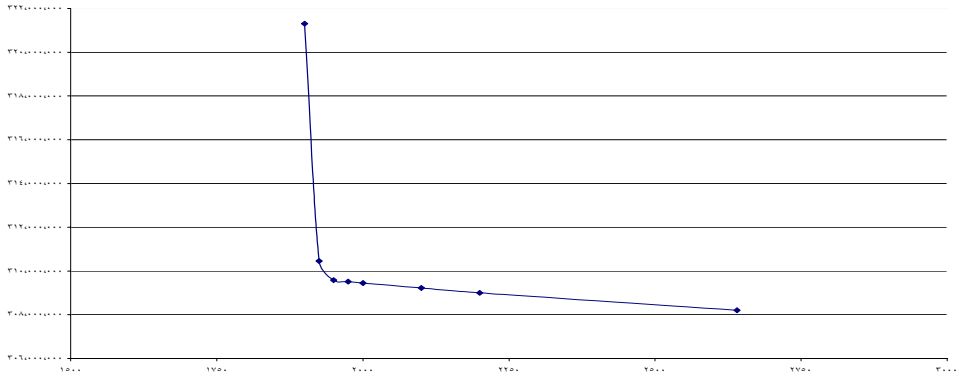
برای حل این مدل از برنامه بهینه سازی LINGO استفاده شده است. زمان بهینه‌ای که در آن کمترین هزینه را داریم ۲۶۴۰/۷۲۹ ساعت می‌باشد که هزینه معادل آن ۳۰۸۲۰۷۸۰۰ تومان است. با اجرای برنامه با زمان های متفاوت نتایج زیر حاصل گشته که در جدول ۳-۱۶ و شکل ۳-۲۱ آمده است.

جدول شماره ۳-۱۶ – نتایج هزینه و زمان معادل

T (hr)	Cost (tomans)
۱۹۰۰	۳۲۱،۳۰۱،۶۰۰
۱۹۲۵	۳۱۰،۴۵۵،۹۰۰
۱۹۵۰	۳۰۹،۵۸۷،۳۰۰
۱۹۷۵	۳۰۹،۵۱۹،۸۰۰
۲۰۰۰	۳۰۹،۴۵۲،۳۰۰
۲۱۰۰	۳۰۹،۲۲۶،۵۰۰
۲۲۰۰	۳۰۹،۰۰۵،۷۰۰
۲۶۴۰,۷۲۹	۳۰۸،۲۰۷،۸۰۰

(در این پروژه تنها هزینه ماشین آلات مد نظر قرار گرفته است و از دیگر هزینه های عملیاتی نظیر هزینه‌های مستقیم نیروی انسانی و تدارکات و غیره و همچنین هزینه های غیر مستقیم صرف نظر شده است.)

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۲۱- نتایج هزینه و زمان معادل

با توجه به نتایج قبل و جواب های به دست آمده از برنامه Lingo، برنامه ریزی دقیق عملیات به صورت زیر می‌باشد:

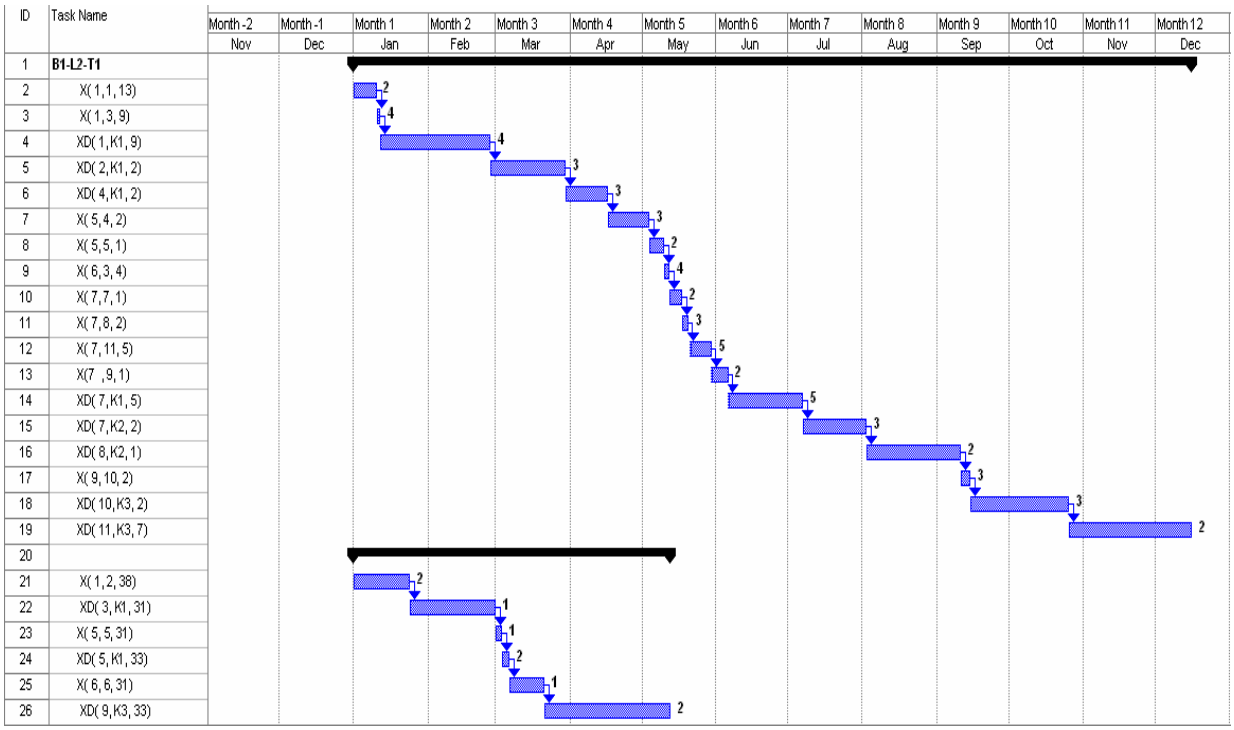
جدول شماره۳-۱۷- برنامه ریزی عملیات

ریز عملیات	حجم عملیات (m^3)	تولید (m^3/hr)	زمان (hr)	زمان (day)	زمان (day)
X(۱, ۱, ۱۳)	۱۳۰۳۳,٤	۱۹۳,٤٤	٦۷,۳۷٦۹٦٤٤	۸,٤۲۲۱۲۰٥٥٤	۸,٥
X(۱, ۳, ۹)	۲۰۸۸,۲	۱۷٦	۱۱,۸٦٤۷۷۲۷	۱,٤۸۳۰۹٦٥۹۱	۱,٥
XD(۱, K۱, ۹)	٥٤۲۲۷,٦	۱۷٦	۳۰۸,۱۱۱۳٦٤	۳۸,٥۱۳۹۲۰٤٥	۳۸,٥
XD(۲, K۱, ۲)	٤۷۰٤٦,۲	۲۱٥	۲۱۸,۸۱۹٥۳٥	۲۷,۳٥۲٤٤۱۸٦	۲۷,٥
XD(٤, K۱, ۲)	۲٥۲۰۲,۹	۲۱٥	۱۱۷,۲۲۲۷۹۱	۱٤,٦٥۲۸٤۸۸٤	۱٤,٥
X(٥, ٤, ۲)	۲٦٦۱٦,٥	۲۱٥	۱۲۳,۷۹۷٦۷٤	۱٥,٤۷٤۷۰۹۳	۱٥,٥
X(٥, ٥, ۱)	۸۹۸۸,۸۷۱	۲۲۹,٥۳	۳۹,۱٦۲۰۷٤۷	٤,۸۹٥۲٥۹۳۳٤	٥
X(٦, ۳, ٤)	۳۱٦۱,٥	۱۸۳	۱۷,۲۷٥۹٥٦۳	۲,۱۰۹٤۹٤٥۳٦	۲
X(۷, ۷, ۱)	۸۰۳۱	۲۲۹,٥۳	۳٤,۹۸۸۸۹۰۳	٤,۳۷۳٦۱۱۲۹۳	٤,٥
X(۷, ۸, ۲)	٤٥٦۰,۳	۲۱٥	۲۱,۲۱۰٦۹۷۷	۲,٦٥۱۳۳۷۲۰۹	۲,٥
X(۷ , ۹, ۱)	۱۰۸۸٦,۲	۲۲۹,٥۳	٤۷,٤۲۸۲۲۲۹	٥,۹۲۸٥۲۷۸٦۱	٦
X(۷, ۱۱, ٥)	۱۱۹٥۹	۱۸۸,۲٥	٦۳,٥۲۷۲۲٤٤	۷,۹٤۰۹۰۳۰٥٤	۸
XD(۷, K۱, ٥)	٤۰٥۱۰,٦	۱۸۸,۲٥	۲۱٥,۱۹٥۷٥	۲٦,۸۹۹٤٦۸۷۹	۲۷
XD(۷, K۲, ۲)	۳۸٤۱۹,۸	۲۱٥	۱۷۸,٦۹٦۷٤٤	۲۲,۳۳۷۰۹۳۰۲	۲۲,٥
XD(۸, K۲, ۱)	٦۱٥۸۰,۲	۲۲۹,٥۳	۲٦۸,۲۸۸۲٤۱	۳۳,٥۳٦۰۳۰۱٥	۳۳,٥
X(۹, ۱۰, ۲)	۷۱۹۲,۸	۲۱٥	۳۳,٤٥٤۸۸۳۷	٤,۱۸۱۸٦۰٤٦٥	٤
XD(۱۰, K۳, ۲)	٦۰۲٤۲,۷	۲۱٥	۲۸۰,۱۹۸٦۰٥	۳٥,۰۲٤۸۲٥٥۸	۳٥
XD(۱۱, K۳, ۷)	۷۳۸۲۱	۲۰۸,۹	۳٥۳,۳۷۹٦۰۷	٤٤,۱۷۲٤٥۰۹۳	٤٤
X(۱, ۲, ۳۸)	۱٥۳۰۰,٥	۹٥,۲۳	۱٦۰,٦٦۸۹۰۷	۲۰,۰۸۳٦۱۳۳٦	۲۰
XD(۳, K۱, ۳۱)	۲٤٦۳۰,٦	۹۹,۱۷	۲٤۸,۳٦۷٤٥	۳۱,۰٤٥۹۳۱۲۳	۳۱
X(٥, ٥, ۳۱)	۱۸٤۷,۲۲۹	۹۹,۱۷	۱۸,٦۲٦۸۹۳۲	۲,۳۲۸۳٦۱٦٥۲	۲,٥
XD(٥, K۱, ۳۳)	۱٦۰۱,٦	۹۰,۹۹	۱۷,٦۰۱۹۳٤۳	۲,۲۰۰۲٤۱۷۸٥	۲
X(٦, ٦, ۳۱)	۹۸٤٤,٥	۹۹,۱۷	۹۹,۲٦۸۹۳۲۱	۱۲,٤۰۸٦۱٦٥۲	۱۲,٥
XD(۹, K۳, ۳۳)	۳۳۲۰۰.۱	۹۰,۹۹	۳٦٤,۸۷٦۳٦	٤٥,٦۰۹٥٤٥	٤٥,٥

در جدول بالا $X(i,j,n)$ به معنی حجم خاک جابجا شده از قطعه i به قطعه j توسط ناوگان n می‌باشد.

با توجه به اطلاعات به دست آمده از جدول بالا، نمودار زمان بندی پروژه به دست آمده که در شکل شماره ۳-۲۲ نشان داده شده است. کمینه شدن هزینه نهایی مستلزم آن است که ناوگان شماره (B۲-L۱-T۱) بعد از اتمام فعالیت خود آزاد گشته و اجاره آن به پروژه تحمیل نشود.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۲۲- نمودار زمان بندی

omoorepeyman.ir

پیوست ۱

پروژه X

Csdp for Windows Results

(Cut : Cut Area , Fill : Fill Area)

Name	Distance	Cut ,A	Fill,A	Partial	Cut ,V	Fill,V	Cut ,T	Fill,T
P۱	۰+ .۰۰	٦,٤۱	۰					
				۹,٤	۳۰,۱	۰	۳۰,۱	۰
Zero	۰+ ۹,٤۰	۰	۰					
				۱۰,٦	۰	۳۸,۳	۳۰,۱	۳۸,۳
P۲	۰+ ۲۰,۰۰	۰	۷,۲۳					
				۲۰	۰	۲۹٦,۳	۳۰,۱	۳۳٤,٦
P۳	۰+ ٤۰,۰۰	۰	۲۲,٤					
				۲۰	۰	٦۲٦,۲	۳۰,۱	۹٦۰,۸
P٤	۰+ ٦۰,۰۰	۰	٤۰,۲۲					
				۲۰	۰	۱۱۳٥,۹	۳۰,۱	۲۰۹٦,۷
P٥	۰+ ۸۰,۰۰	۰	۷۳,۳۷					
				۲۰	۰	۱۷۳۹,٤	۳۰,۱	۳۸۳٦,۱
P٦	۰+۱۰۰,۰۰	۰	۱۰۰,٥۷					
				۲۰	۰	۱۷٦۲,۲	۳۰,۱	٥٥۹۸,۳
P۷	۰+۱۲۰,۰۰	۰	۷٥,٦٥					
				۱۹,۹۹	۰	۱۲۱۷,٦	۳۰,۱	٦۸۱٥,۹
Zero	۰+۱۳۹,۹۹	۰	٤٦,۱۷					
				۰,۰۱	۰	۰,٥	۳۰,۱	٦۸۱٦,٤
P۸	۰+۱٤۰,۰۰	۰,۰۱	٤٦,۱٦					
				۲۰	۱۰٦,٦	۷٤۷,۱	۱۳٦,۷	۷٥٦۳,٥
P۹	۰+۱٦۰,۰۰	۱۰,٦٥	۲۸,٥٥					
				٦,۸۳	۱۳۷	۹۷,٥	۲۷۳,۷	۷٦٦۱
Zero	۰+۱٦٦,۸۳	۲۹,٤٦	۰					
				۱۳,۱۷	٦۲٦,۸	۰	۹۰۰,٥	۷٦٦۱
P۱۰	۰+۱۸۰,۰۰	٦٥,۷۲	۰					
				٦	٥۳٦,٥	۰	۱٤۳۷	۷٦٦۱
P۱۱	۰+۱۸٦,۰۰	۱۱۳,۱۱	۰					

omoorepeyman.ir

پیوست ۲

محاسبات بولدوزر:

$$Q = \frac{60 * C * E}{T * f}$$

$B1 \Rightarrow D155A \Rightarrow 9.4 m^3$

$B2 \Rightarrow D6R \Rightarrow 3.7 m^3$

$$B1 : Q = \frac{60 * 9.4 * \frac{50}{60}}{1.25 * T} \quad \text{(هپکو)}$$

دنده	جلو(km/hr)	عقب(km/hr)
۱	۳/۷	۴/۵
۲	۶/۸	۸/۲
۳	۱۱/۸	۱۳/۷

با توجه به فاصله حمل ۹۰ متر برای بولدوزر و اینکه بولدوزر در زمان حرکت به جلو با دنده ۲ و در حرکت به عقب با دنده ۳ حرکت می‌کند، زمان یک سیکل کاری برابر است با :

$$T_{\text{متغیر}} = \frac{\text{مسافت}}{\text{سرعت رفت}} + \frac{\text{مسافت}}{\text{سرعت برگشت}}$$

$$T_{\text{متغیر}} = \frac{90}{113.3} + \frac{90}{228.24} = 1.2 \text{ دقیقه}$$

$T_{\text{ثابت}} = 0.3$ دقیقه کل $T = 1.2 + 0.3 = 1.5$ دقیقه

در این نوع بولدوزر با توجه به نبود جداول مورد نیاز برای تعیین زمان صرف شده و همچنین یافتن میزان تولید ناچار به استفاده از فرمول تقریبی زیر می‌باشیم. در این فرمول سرعت در حرکت ثابت فرض شده.

$$T_{\text{متغیر}} = \frac{\text{مسافت}}{\text{سرعت رفت}} + \frac{\text{مسافت}}{\text{سرعت برگشت}}$$

$$T_{total} = T_{\text{متغیر}} + T_{\text{ثابت}}$$

$$Q_{B1} = \frac{60 * 9.4 * 50/60}{1.5 * 1.25} = 250.66 \, m^3/hr$$

$$B1 = 250 \, m^3/hr$$

$$B_2 = D6R(CAT)C = 3.7 m^3$$

ضرایب اصلاحی * تولید بدست آمده از نمودار = تولید واقعی

omoorepeyman.ir

$$Q=۲۱۰\,m^{۳}/hr * ۰.۸ * ۰.۷۵ = ۱۲۶\,m^{۳}/hr$$

$$B_{۲} = ۱۲۶\,m^{۳}/hr$$

محاسبات لودر :

L۲=L۹۹۰II C=۷/۳m^{۳}

متغیر T=۰/۳۵+۰/۳=۰/۶۵

ثابتT=۰/۵ $\Rightarrow$ T=۱/۱۵

$$Q = \frac{۶۰ * ۷.۳ * ۵۰/۶۰}{۱.۱۵ * ۱.۲۵} = ۲۵۳.۹\,m^{۳}/hr$$

$$L۲ = ۲۵۴\,m^{۳}/hr$$

هپکو $L۱ = L۹۰$

C=۲/۵m^{۳}

$$Q = \frac{۶۰ * C * E * h}{T * f}$$

T=T ثابت + T رفت و برگشت

با استفاده از کاتالوگ شرکت هپکو

۱۵S= ۵+۲/۵+۲/۱+۵/۴ = زمان ثابت + زمان تهیه + زمان بالارفتن باکت+ زمان بارگیری=T ثابت

=۰/۲۵ min

برای محاسبه رفت و برگشت با استفاده از جدول روبرو داریم :

با فرض اینکه لودر در زمان رفت با دنده ۳ و در برگشت که جامش پر است با دنده ۲ حرکت کند با استفاده از فرمول زیر داریم.

$$T = \frac{۷۵}{۴۲۶.۵} + \frac{۷۵}{۲۱۱.۵۰} = ۰.۵۵\,min$$

دنده	سرعت Km/hr
۱	۶/۸
۲	۱۲/۷
۳	۲۵/۶
۴	۳۷/۱

L=۱	L۱ =L۹۰=۱۲۵m^{۳}
T=T کل = متغیر T + ثابت ۰/۸ min	
$Q = \frac{۶۰ * ۲.۵ * ۵۰/۶۰ * ۱}{۰.۸ * ۱.۲۵} = ۱۲۵\,m^{۳}/hr$	

omoorepeyman.ir

محاسبه تعداد کامیون با در نظر گرفتن فاصله

فرض می‌شود خاک روی کامیون با شیب ۱ :۲ می‌ایستد و از ظرفیت انباشته کامیون استفاده خواهد شد.

لودر و بولدوزر	کامیون	ظرفیت لودر و بولدوزر m^3/hr	حجم کامیون m^3
B_1L_2	T_1	۲۵۰	۱۳,۶
B_2L_1	T_1	۱۲۵	۱۳,۶

محاسبات برای گروه اول : $B_1L_2T_1$

۰٪ = شیب

۳ ٪= مقاومت غلتشی

۳٪= مقاومت کل

۱۳/۶= ظرفیت کامیون m^3

تن ۴۴/۴= وزن کامیون پر(Articulated Truck۷۲۵(cat

تن ۲۲= وزن کامیون خالی(Articulated Truck۷۲۵(cat

در این قسمت تنها محاسبات برای گروه اول و فاصله ۶-۵ کیلومتر ذکر می گردد.

فاصله ۶-۵km ←۵/۵ Distance

با استفاده از نمودار برای سرعت رفت و برگشت داریم:

برای رفت → سرعت =۳۷ km/hr → زمان $= \frac{۵.۵}{۳۷} =$ ۰,۱۵ ساعت

برای برگشت → سرعت =۴۷ km/hr → زمان $= \frac{۵.۵}{۳۷} =$ ۰,۱۲ ساعت

همانگونه که می‌دانیم زمان تخلیه و بارگیری در مقابل زمان رفت و برگشت قابل ملاحظه نمی‌باشد و از آنها در زمان سفر صرف نظر می‌شود.

زمان سفر = ۰,۱۲+۰,۱۵=۰,۲۷ ساعت

= تولید سیستمPtتولید حفار*	n=۵→Pt=۰/۶۷۸, cost=۱۰۲۰۰۰ تومان/hr cost/m^3=۶۲۹/۶ Q=۱۶۲
	n=۶→Pt=۰/۷۴۳, cost=۱۱۶۰۰۰ تومان/hr cost/m^3=۶۲۴ OK Q=۱۸۵/۷۵

$$r = \frac{۱۳.۶}{\frac{۶۰}{۵۰} \times ۲۵۰ \times ۰.۲۷} = ۰.۱۷$$

n =۵/۹۵

Distance =۵-۶kmn ⇨ $B_1L_2T_1$

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

۱. مجموعه راهنمای تجزیه قیمت های واحد برای ماشین آلات و ابزارهای ساختمانی و راهسازی، پدید آورنده مصطفی یزدانشناس، دفتر فنی سازمان برنامه و بودجه، نشریه شماره یک، چاپ دوم آذرماه ۱۳۶۲

۲. ماشین های ساختمانی و روش های اجرایی، ترجمه دکتر حمید بهبهانی و دکتر علی منصور خاکی، انتشارات دانشگاه علم وصنعت ایران

۳. مدیریت ماشین های راهسازی، ترجمه دکتر علی توران

۴. شیوه بهره برداری از ماشین های راهسازی، پدید آورنده آصف خلدانی، مهندسان مشاور سانو

۵. ساخت سازه های مهندسی، ترجمه اردشیر اطیابی، دانشگاه صنعتی شریف

۶. جزوات کلاسی درس مدیریت ماشین آلات، دکتر پرویز قدوسی، دانشگاه علم و صنعت ایران

۷. حجم عملیات خاکی محاسبه برنامه ریزی، پدید آورنده حسن رحیمی

۸. Construction, Planning, Equipments and Methods, R. L. Peurifoy, ۱۹۸۵

۹. Moving The Earth, The WorkBook of Excavation, Fourth Edition, Herbert L. Nicholes, David A. Day, ۲۰۰۱

۱۰. Heavy construction, Second Edition, Jagman singh, ۱۹۹۸

۱۱. Cater Pillar Performance HandBook (Edition ۳۲/۲۰۰۱)

۱۲. AGC Equipment Cost Estimate, AGC, ۱۹۹۰

۱۳. Further development of integer programing in earthwork optimization, Jayawardane and Harris, ASCE, Journal of construction engineering and management, Vol ۱۱٦, No ۱, March, ۱۹۹۰

۱٤. Earthwork allocations with linear unit costs, Said M .Easa, ASCE, Journal of construction engineering and management, Vol ۱۱٤, No ٤, December, ۱۹۸۸

۱٥. Determination of haul distance and direction in mass excavation, Son; Mattila and Myers, ASCE, Journal of construction engineering and management, Vol ۱۳۱, No ۳, March, ۲۰۰٥

۱٦. Expert system for equipment selectin for earth-moving operation, Amirkhanian and baker, ASCE, Journal of construction engineering and management, Vol ۱۱۸, No ۲, June, ۱۹۹۲

۱۷. Determination of most economical scrapers fleet, Eldin and Mayfield, ASCE, Journal of construction engineering and management, Vol ۱۳۱, No ۱۰, October, ۲۰۰٥

۱۸. Optimizing haul unit size and number based on loading facility characteristics, Gransberg, ASCE, Journal of construction engineering and management, Vol ۱۲۲, No ۳, September, ۱۹۹٦

omoorepeyman.ir

۱۹. Object-oriented simulation model for earthmoving operatins, Marzouk and Moselhi, ASCE, Journal of construction engineering and management, Vol ۱۲۹, No ۲, April, ۲۰۰۳

۲۰. Multiobjective optimization of earthmoving operations, Marzouk and Moselhi, ASCE, Journal of construction engineering and management, Vol ۱۳۰, No ۱, February, ۲۰۰٤

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

دفتر نظام فنی اجرایی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran

Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

Construction Machinery-Operation Management

No. ٤٤٩

Office of Deputy for Strategic Supervision

Bureau of Technical Execution System

http://tec.mporg.ir

omoorepeyman.ir

این نشریه

با عنوان مدیریت بهره برداری ماشین آلات عمرانی وبا هدف انتخاب ماشین آلات ساختمانی از منظر اقتصادی وفنی تهیه گردیده است.

omoorepeyman.ir