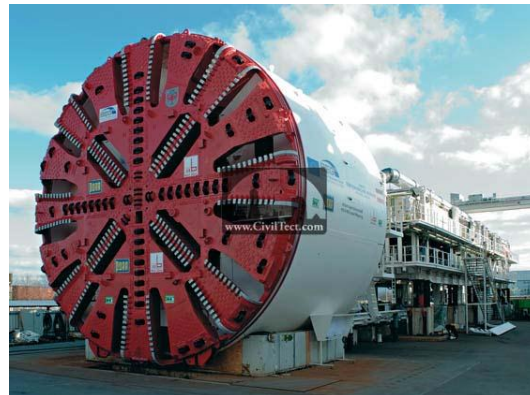


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ماشین آلات ساختمانی

مهندس عیسی حسین زاده



منابع درس:

- ۱- ماشین های ساختمانی و روشهای اجرایی، ترجمه دکتر حمید بهبهانی ،
دکتر علی منصور خاکی، دانشگاه علم و صنعت ایران (جلد اول)
- ۲- مدیریت ماشین های راهسازی ، ترجمه دکتر علی توران، نشر دنیای نو- مهرگان
- ۳- ماشین آلات ساختمانی و راهسازی ، مهندس ناصرالدین شاهبازی، دانشگاه محقق اردبیلی
- ۴- روشها و مدیریت کارهای ساختمانی ،ترجمه محمد تقی بانکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۴- معرفی ماشین آلات عمرانی (نشریه ۴۴۶) معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس
جمهور

مقدمه:

انجام پروژه های صنعت ساختمان (به معنای عام) به خصوص پروژه های بزرگ مانند سد، راه ،سیستم های انتقال آب ، ساختمان و بسیاری از پروژه های عظیم دیگر در عصر حاضر با تحولات بی سابقه ای مواجه بوده است.

شناخت انواع روشهای مختلف اجرای پروژه و انواع ماشین آلات و تجهیزات مدرن این صنعت و نحوه صحیح انتخاب و استفاده از آنها ، می تواند نقش موثری در موفقیت طرح ها و پروژه ها داشته باشد.

همچنین می توان ادعا نمود که قسمت عمده ای از هزینه پروژه ها ، مربوط به ماشین آلات و تجهیزات می باشد. از اینرو یکی از عوامل مهم در انجام موفق پروژه ها نقش ماشین آلات و تجهیزات و به تبع آن نحوه انتخاب و مدیریت صحیح آنها می باشد. با این حال در دنیا چه از نظر مباحث نظری و چه عملی (کارگاهی) اطلاعات جامع و کاملی در مورد ماشین آلات و تجهیزات که پوشش دهنده مباحث مربوط به معرفی کامل ، موارد استعمال ، انواع ، مشخصات کامل ، نحوه انتخاب مناسب ، سرویس و نگهداری ، ایمنی و سایر موارد مربوط به آنها باشد ، وجود نداشته و تنها چند مرجع آن هم با تکیه بیشتر در مورد ماشین آلات مربوط به عملیات خاکی وجود دارد.

به صورت کلی درباره وضعیت ماشین آلات و تجهیزات در داخل کشور می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- در بین منابع مختلف پروژه های عمرانی ماشین آلات سهم قابل توجهی از هزینه ها را به خود اختصاص می دهند. (بین ۳۰ الی ۷۰ درصد).

- طبق برآورد و بررسی های انجام شده، راندمان واقعی ماشین آلات در ایران حداکثر ۵۰ درصد می باشد.

- اکثر ماشین آلات با خروج مبالغ هنگفتی ارز از خارج وارد می شود.

- اطلاعات نظری بسیار کمی درباره انواع ماشین آلات نوین و همچنین اطلاعات کارگاهی واقعی بسیار اندکی در مورد ماشین آلات موجود در کشور وجود دارد.

- از طرفی تجارب حاکی از آن است که در کشور ما مدیریت ماشین آلات و تجهیزات (اعم از مسائل خرید، انتخاب نوع ماشین آلات و تجهیزات مناسب، بهره برداری، نگهداری) به صورت مناسبی صورت نمی گیرد.

- سیستم های تعمیر و نگهداری ماشین آلات بسیار ضعیف بوده و پرسنل متخصص و کارآزموده با دانش کافی در ابعاد مدیریت، سازماندهی، راهبری و پشتیبانی از نظر کمی و کیفی وجود ندارد.

در پروژه‌های بزرگ آبی نظیر سد سازی ماشین‌آلات و تجهیزات نقش بسیار مهمی در موفقیت پروژه داشته و قسمت عمده هزینه‌های اجرایی پروژه را هزینه ماشین‌آلات تشکیل می‌دهد. به عنوان نمونه در یک سد خاکی که مصالح مصرفی ارزش چندانی ندارد، می‌توان اذعان کرد بیش از نیمی از هزینه پروژه، هزینه مربوط به ماشین‌آلات آن است. از سوی دیگر به دلیل گستردگی و حجم کار بهره‌گیری از انواع ماشین‌آلات در این پروژه‌ها اهمیت خاص و مضاعفی دارد. به منظور روشن شدن اهمیت نقش ماشین‌آلات در اجرای این پروژه‌ها و همچنین به منظور آشنایی و استفاده بیشتر عوامل دست‌اندر کار با ماشین‌آلات، آمار مربوط به ماشین‌آلات و نحوه پراکندگی آنها و همچنین فضاهای مورد نیاز برای سرویس و نگهداری و نیز نیروی انسانی مورد نیاز برای بهره‌برداری و سرویس و نگهداری آنها، در تعدادی از کارگاه‌های سد سازی فعال کشور تهیه و در جداول شماره ۱-۱ ارائه شده است.

جدول ۱-۱- آمار وضعیت ماشین‌آلات در پروژه‌های آبی کشور

ردیف	طرح/پروژه	مبلغ اولیه پیمان (میلیارد ریال)	مدت اولیه (ماه)	تعداد ماشین‌آلات	تعداد افراد مرتبط با ماشین‌آلات (نگهداری) مترمربع	مساحت فضای مرتبط با ماشین‌آلات (سرویس و نگهداری) مترمربع
۱	طرح آبرسانی دز به قم‌رود	۱۶۰۰	۷۲	۳۰۰	۲۶۰	۴۲۰۰
۲	سد شهریار	۱۳۰۰	۶۰	۱۲۰	۲۰۷	۱۰۵۲
۳	طرح سد و نیروگاه گتوند	۲۹۰۰	۱۸۰	۱۲۵۰	۹۰۰	۳۵۰۰
۴	سد گلابر	۲۴۳	۳۶	۱۰۰	۱۵۵	۱۷۴۰
۵	سد و نیروگاه کارون ۴	۱۷۵۰	۴۸	۲۵۰	۱۰۵	۶۳۴۷
۶	سد تالوار	۲۹۹	۴۸	۱۸۰	۵۴	۵۹۰
۷	سد البرز	۳۴۰	۴۰	۲۷۰	۲۶۴	۱۰۸۷
۸	سد جگین	۲۰۰	۳۶	۲۹۶	۱۵۰	۱۴۰۰

با نگاه اجمالی به تعداد ماشین‌آلاتی که در پروژه‌های بزرگ عمرانی کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان به اهمیت شناخت دانش مدیریت ماشین‌آلات پی برد.

پیمانکاران ساختمانی:

۱- پیمانکار عام:

این پیمانکار دامنه فعالیت های ساختمانی وسیعی دارد و اگر قرارداد اتمام کل پروژه را امضاء کند پیمانکار اصلی نامیده می شود.

۲- پیمانکار خاص (تخصصی):

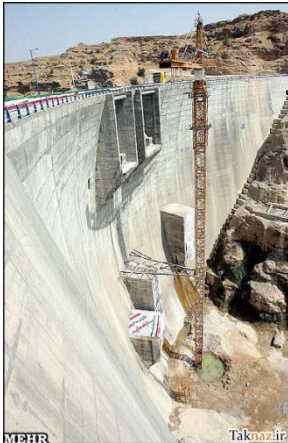
پیمانکار خاص از طریق انعقاد قرارداد فرعی جهت انجام یک یا چند کار تخصصی به استخدام پیمانکار عام در می آید لذا پیمانکار جز نیز نامیده می شود.

صنعت ساختمان:

الف) کارهای ساختمانی سنگین (و بزرگراه) :

شامل احداث راه ، راه آهن ، بندر و کلیه کارهای ساختمانی که بصورت افقی گسترش می یابند.

ب) کارهای ساختمانی قائم : شامل احداث بناهای مختلف



در روند شکل گیری یک پروژه پس از انجام مطالعات مختلف و تهیه نقشه های اجرایی پروژه و تهیه و تنظیم شرایط مناقصه ، اقدام به انتخاب پیمانکار صاحب صلاحیت برای اجرای پروژه می گردد.

الف) پیمانکار برای اجرای پروژه چه منابعی در اختیار دارد؟

- ماشین آلات
- نیروی انسانی فنی و ماهر
- منابع مالی
- مواد و مصالح
- و

ب) هدف پیمانکار از اجرای پروژه چیست؟

- اتمام و تحویل پروژه در مدت زمان درج شده در قرارداد به کارفرما ، مطابق با مشخصات قید شده در اسناد و مدارک و نقشه های طرح
- کسب سود مناسب

ج) محدودیت های پیمانکار شامل چه مواردی است؟

- محدودیت در تعداد و زمان بکارگیری ماشین آلات
- محدودیت در نیروی انسانی فنی و ماهر
- محدودیت در زمان
- محدودیت در منابع مالی
- و

د) پیمانکار برای کسب سود مناسب و جلوگیری از ضرر و زیان در طی مراحل مختلف اجرای پروژه چه کارهای را باید انجام دهد؟ و یا اینکه چه کارهایی را نباید انجام دهد؟

- آیا انباشت و بیکاری ماشین آلات در کارگاه موجب کسب سود برای پیمانکار خواهد بود؟
 - عدم تعمیر و سرویس به موقع ماشین آلات که موجب خرابی و بیکاری آنها می شود و در نتیجه باعث به تاخیر افتادن برخی فعالیت ها می شود موجب کسب سود خواهد بود؟
 - بیکاری کارکنان و پرسنل پروژه در کارگاه برای پیمانکار سودی به همراه دارد؟
 - عدم تامین به موقع ماشین آلات ، مصالح و نیروی انسانی مورد نیاز فعالیت های پروژه که موجب تعطیلی برخی از امور در کارگاه می گردد ، سودی به همراه دارد؟
 - تحویل دیر هنگام پروژه به کارفرما ، مزیتی برای پیمانکار دارد؟
- و بسیاری از سئوالات دیگر که در این درس می خواهیم برای این سئوالات پاسخ مناسبی را بیابیم.

چند نکته مهم:

۱- ماشین آلات به مثابه سرمایه پیمانکار محسوب می شوند که می بایست به نحو شایسته ای مورد استفاده قرار گیرد. چنانچه یک ماشین به هر علتی بیکار باشد و یا کارایی لازم را نداشته باشد و یا بدلیل فرسودگی قادر به کار نباشد پیمانکار متضرر خواهد شد.

۲- ماشین آلات بایستی دارای برنامه کاری مشخص باشند، بطوریکه قبل از شروع پروژه نوع، تعداد و مدت زمان استفاده از آنها تعیین شده باشد.

۳- مالکیت و بکارگیری ماشین آلات به طرق زیر امکان پذیر است:

الف) خرید ماشین توسط پیمانکار

ب) اجاره به شرط تملیک

ج) اجاره ماشین توسط پیمانکار برای مدت زمان معینی

پیمانکار می بایست با توجه به نوع پروژه و یا پروژه های در دست و یا پروژه های احتمالی که در آینده شروع خواهد شد با تحلیل اقتصادی، می تواند با انتخاب سودمندترین روش ماشین آلات مورد نیاز را بکار گیرد.

۴- در برنامه ریزی کار ماشین آلات لازم است جهت کسب سود بیشتر، باید ماشینی را انتخاب نمود که بیشترین راندمان و بازده را داشته و سود بیشتری را نصیب پیمانکار بکند، به عنوان مثال به دو مورد زیر اشاره می گردد:

الف) برای حمل خاک در فاصله ۱۰ تا ۹۰ متر استفاده از بولدوزر بیشترین سود را دارد.



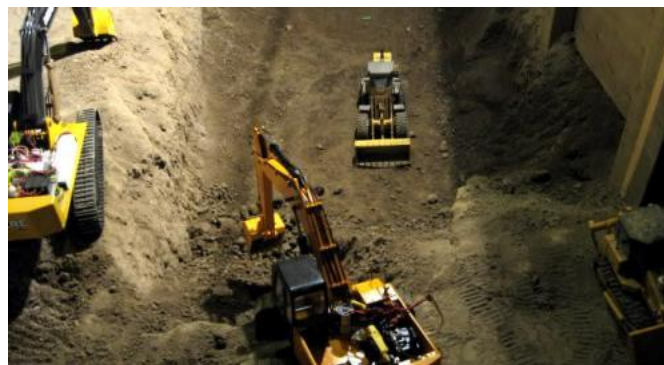
ب) برای جابجا کردن خاک در فاصله ۹۰ تا ۱۵۰۰ متر استفاده از اسکرپر سودمند است.



ج) برای جابجایی خاک در فواصل بیش از ۱۵۰۰ متر کامیون مفید است.



د) در مواردی که انجام یک کار توسط ماشین آلات مختلف امکان پذیر است ، باید ماشینی را انتخاب نمود که بیشترین بازده و سودمندی را داشته باشد. به عنوان مثال خاکبرداری زیرزمین ساختمان ها را هم می توان با بیل مکانیکی انجام داد و هم با لودر ، اما تجربه نشان داده است که بازده و سودمندی لودر بیشتر است.



۵- تمامی ماشین آلات باید در تمام مدت اجرای عملیات در شرایط خوب و بی نقصی نگهداری شوند ، بدین جهت وجود تعمیرگاه در کارگاه لازم و ضروری خواهد بود. ضمناً بازیدهای روزانه از ماشین آلات بعد از اتمام کار روزانه مورد تاکید می باشد.

۶- نگهداری سوابق ماشین آلات شامل قیمت اولیه ، مخارج تحویل به مالک ، استهلاک ، مدت زمانی که مورد استفاده قرار گرفته است ، هزینه تعمیرات و نگهداری و سوابق هزینه های سوخت و روغن. موارد استفاده از اطلاعات فوق عبارتند از :

الف) مقایسه بین هزینه های مالکیت و بهره گیری ماشین آلات مختلف به عنوان راهنما جهت انتخاب ماشین آلات آینده

ب) تعیین عمر اقتصادی ماشین آلات

(Time Value of Money)

ارزش زمانی پول:

ارزش پول وابسته به زمان است و با تغییر زمان ارزش پول تغییر می کند ،
این تغییر را به دو صورت می توان احساس نمود .
الف) با مبلغ ثابتی پول در دو زمان مختلف دو ارزش متفاوت بدست می
آید .
ب) برای بدست آوردن ارزشی ثابت در دو زمان مختلف باید دو مبلغ
متفاوت پرداخت نمود .

حداقل نرخ جذب کننده (MARR) (Minimum Attractive Rate of Return)

حداقل نرخ بازگشتی که برای هر سرمایه گذار تضمین شده است و نشان
دهنده اشتیاق آن شخص برای سرمایه گذاری جدید است را MARR
گویند ، و معمولاً بیش از نرخ بهره می باشد ، زیرا چنانچه سرمایه گذار
مبلغ سرمایه گذاری را در بانک پس انداز نماید ، برای دریافت مبلغ
بهره که نرخ بازگشت سرمایه او محسوب می شود هیچ گونه فعالیت یا
ریسکی را متحمل نمی شود ، به همین جهت معمولاً سرمایه گذار انتظار
دریافت نرخ بازگشت سرمایه ای بیش از نرخ بانک را دارد . حداقل
نرخ بهره ای که باید پرداخت شود تا رضایت فرد برای سرمایه گذاری
جلب شود برای افراد مختلف متفاوت می باشد . بدیهی است چنانچه
نرخ بازگشت سرمایه یک پروژه بیشتر یا مساوی حداقل نرخ جذب
کننده شود ، آن پروژه اقتصادی است .

نمودارهای جریان نقدی:

نمودارهایی هستند که وقایع مالی اتفاق افتاده در طی عمر یک پروژه سرمایه گذاری را نشان می دهد ، همچنین عمر پروژه نیز در این نمودارها نشان داده شده است . در یک پروژه معمولاً دو نوع اتفاق مالی شامل دریافت یا پرداخت صورت می گیرد.

محور افقی نشان دهنده محور زمان بوده و عمر پروژه یا افق زمانی بررسی طرح سرمایه گذاری را نشان می دهد. فلش های به سمت پایین نمایش گر پرداخت ها و فلش های به سمت بالا نشان گر دریافت های پروژه هستند. اندازه فلش ها به طور نسبی تفاوت دریافت و یا پرداخت را نشان می دهد.



محاسبه ارزش آینده معادل با یک مبلغ فعلی

پریود زمانی	سرمایه در ابتدای پریود	بهره سالیانه	سرمایه در آخر پریود
1	P	$1P$	$P(1+i)$
2	$P(1+i)$	$1P(1+i)$	$P(1+i)^2$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
n	$P(1+i)^{n-1}$	$1P(1+i)^{n-1}$	$P(1+i)^n$

$$\Rightarrow F = P(1+i)^n \xrightarrow{\text{کمک جدول}} F = P \left(\frac{F}{P} \right)_n^{i\%}$$

محاسبه ارزش فعلی معادل با یک مبلغ آینده

روش بدست آوردن فرمول مشابه حالت قبل می باشد.

$$\Rightarrow P = F(1+i)^{-n} \xrightarrow{\text{به کمک جدول}} P = F\left(\frac{P}{F}\right)_n^{i\%}$$

دیگر روابط مربوط به الگوهای مختلف اقتصاد مهندسی بصورت زیر می باشد:

$$\Rightarrow P = A\left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right) \xrightarrow{\text{به کمک جدول}} P = A\left(\frac{P}{A}\right)_n^{i\%}$$

$$A = P\left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right) \xrightarrow{\text{به کمک جدول}} A = P\left(\frac{A}{P}\right)_n^{i\%}$$

$$F = A\left(\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right) \Rightarrow F = A\left(\frac{F}{A}\right)_n^{i\%}$$

$$A = F\left(\frac{i}{(1+i)^n - 1}\right) \Rightarrow A = F\left(\frac{A}{F}\right)_n^{i\%}$$

$$P = G\left[\frac{1}{i}\left(\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n} - \frac{n}{(1+i)^n}\right)\right] \Rightarrow P = G\left(\frac{P}{G}\right)_n^{i\%}$$

$$A = G\left[\frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1}\right] \Rightarrow A = G\left(\frac{A}{G}\right)_n^{i\%}$$

$$F = G\left[\frac{1}{i}\left(\frac{(1+i)^n - 1}{i} - n\right)\right] \Rightarrow F = G\left(\frac{F}{G}\right)_n^{i\%}$$

جهت استفاده بهتر از روابط مذکور به منابع اقتصاد مهندسی مراجعه نمایید.

همانطوریکه می دانیم MARR حداقل انتظار از سرمایه گذاری است و تضمین شده می باشد و i نرخ برگشت سرمایه گذاری ناشی از خرید یک ماشین در یک پریود زمانی مشخص می باشد:

خرید ماشین مقرون به صرفه است $\rightarrow i \geq MARR$

خرید ماشین مقرون به صرفه نیست $\rightarrow i < MARR$

◀ چند نکته مهم اقتصادی در خصوص ماشین آلات:

- ۱- مخارجی که جهت خرید ماشین آلات بکار می رود به مانند سرمایه ای تلقی می شود که بتوان این سرمایه را با مقداری سود در مدت عمر مفید ماشین آلات باز گرداند.
- ۲- اصولاً پیمانکار پولی را جهت خرید ماشین نمی پردازد ، بلکه پول آنرا از محل درآمد حاصل از بکارگیری آن پرداخت می کند.
- ۳- اگر معلوم شود که درآمد حاصل از ماشین از مقدار سرمایه گذاری کمتر است چنین ماشینی نباید خریداری شود:

خرید ماشین اقتصادی است $\rightarrow \frac{Benefit}{Cost} = \frac{B}{C} \geq 1$

خرید ماشین اقتصادی نیست $\rightarrow \frac{Benefit}{Cost} = \frac{B}{C} < 1$

۴- پیمانکار هرگز نباید بدنبال آن باشد که تمام انواع ماشین آلات مورد نیاز پروژه ای را که انجام می دهد خریداری کند، چرا که ممکن است پروژه به اندازه کافی بزرگ نباشد و نتوان قبل از پایان آن هزینه ماشین را برگرداند و یا اینکه نتوان آن را بعد از پایان پروژه به قیمت مناسب فروخت.

۵- پیمانکار باید ماشین استاندارد خریداری نماید زیرا:

(الف) امکان بکارگیری آن در خیلی از پروژه ها وجود دارد.

(ب) تهیه و تعویض قطعات آن به سهولت انجام می گیرد.

(ج) اگر نیازی به ماشین استاندارد نباشد می توان آن را به قیمت مناسب فروخت.

مدیریت و سرپرستی:

مدیریت بدون برنامه در کارگاه سبب طولانی شدن مدت اجرای عملیات شده و موجب تحمیل هزینه و ضرور و زیان می گردد. برخی بررسی ها نشان می دهد در عملیات پروژه های بزرگ ، حداقل ۴۵٪ از کل مدت اجرای عملیات در اثر عوامل مختلفی از بین می رود و چنانچه مدیریت صحیح در کارگاه اعمال گردد مسلماً از پرت زمان نا معقول جلوگیری می کند.

اگر مدیریت و سرپرستی خوب در کارگاه اعمال گردد ، میزان پرت زمان ۲۰٪ خواهد بود و اگر سرپرستی ناقص باشد مقدار پرت زمان ۵۵٪ خواهد بود.

مثال:

بولدوزری بایستی ۱۰۰۰۰ مترمکعب خاک را در فاصله ۹۰ متری جابجا کند، چنانچه بولدوزر روزی ۸ ساعت کار کند و در هر ساعت قادر به جابجایی ۵۰ مترمکعب خاک باشد :

الف) اگر مدیریت خوب در این عملیات اعمال گردد به چند روز کار با بولدوزر نیاز است؟

ب) اگر در اثر عدم اعمال مدیریت صحیح میزان پرت زمان ۴۵٪ فرض شود ، تعداد روزهای کار بولدوزر را محاسبه نمایید.

ج) اگر مقدار هزینه ساعتی بولدوزر به همراه اپراتور برابر ۲۰۰۰۰۰۰ ریال فرض شود ، اختلاف هزینه حالت های (الف) و (ب) را محاسبه نمایید.

حل:

الف) با توجه به اعمال مدیریت خوب میزان پرت زمان ۲۰٪ خواهد بود:

$$50 m^3/hr (1 - 0.20) = 40 m^3/hr$$

$$10000 m^3 \div 40 m^3/hr = 250 hr$$

$$250 hr \div 8^{hr}/day = 31.25 day \approx 31 day$$

ب) ۴۵٪ پرت زمان داریم:

$$50 m^3/hr (1 - 0.45) = 27.5 m^3/hr$$

$$10000 m^3 \div 27.5 m^3/hr \approx 363 hr$$

$$363 hr \div 8^{hr}/day = 45.3 day \approx 45 day$$

ج)

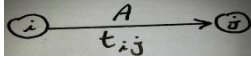
$$\text{هزینه الف} = 250 hr \times 20000000^{Rials}/hr = 5000000000 \text{ Rials}$$

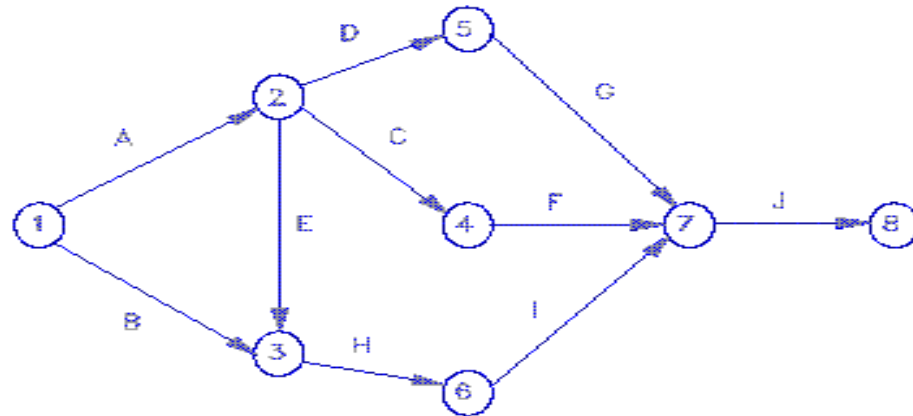
$$\text{هزینه ب} = 363 hr \times 20000000^{Rials}/hr = 7260000000 \text{ Rials}$$

$$\text{اختلاف هزینه الف و ب} = 7260000000 - 5000000000 = 2260000000 \text{ Rials}$$

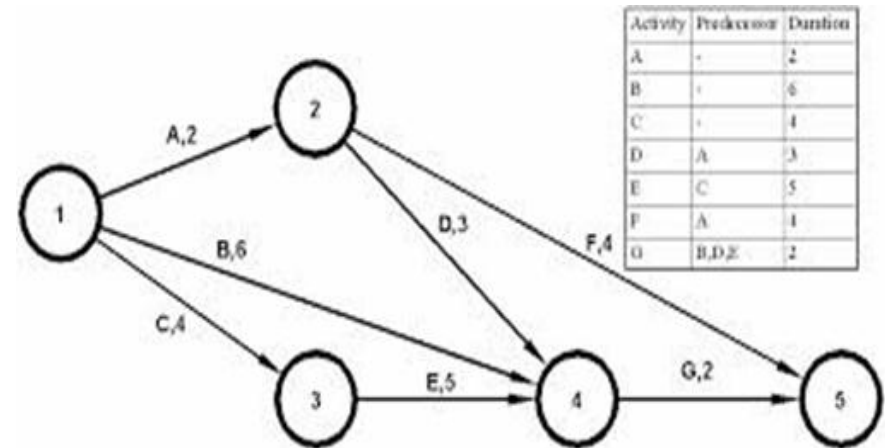
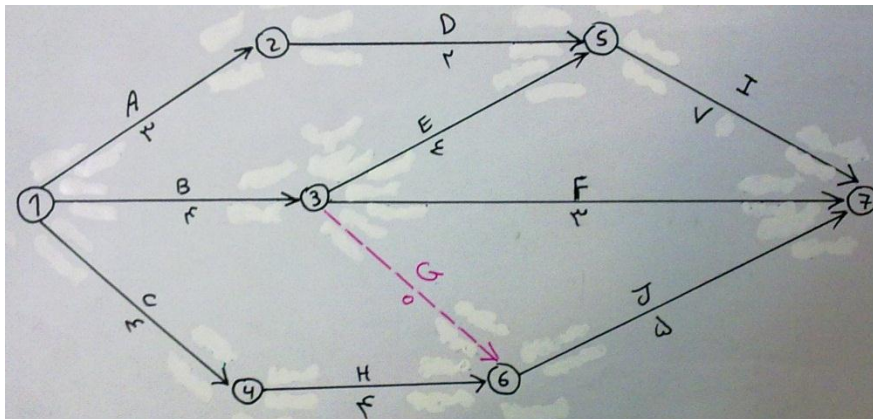
روش مسیر بحرانی :

Critical path method :CPM

- در این روش هر فعالیت را بصورت  نشان می دهیم ، بطوریکه i رویداد آغاز فعالیت A و j رویداد پایان فعالیت A و t_{ij} مدت زمان انجام فعالیت می باشد.
- هر رویداد ، زمان آغاز و یا پایان یک فعالیت را نشان می دهد. به عبارت دیگر هر فعالیت دارای یک رویداد آغاز و یک رویداد پایان می باشد.
- برخی از فعالیت ها فاقد فعالیت و یا فعالیت های پیشنیاز می باشند و برخی دیگر دارای فعالیت و یا فعالیت های پیشنیاز هستند.
- شبکه فعالیت های هر پروژه با رعایت پیشنیازها بصورت شبکه ترسیم می شود:
- 1 رویداد آغاز فعالیت A و 2 رویداد پایان فعالیت A می باشد. لازم به توضیح است رویداد 2 زمانی اتفاق می افتد که فعالیت A پایان یافته باشد. به عنوان مثال دیگر رویداد 7 زمانی اتفاق می افتد که فعالیت های G ، F و I پایان یافته باشند. به عبارت دیگر فعالیت های مذکور پیشنیاز فعالیت 7 می باشد و فعالیت 7 زمانی آغاز می شود که رویداد 7 رخ داده باشد.



- در شبکه داده شده زیر فعالیت های A ، B و C فاقد فعالیت های پیشنهادی می باشد اما فعالیت D زمانی شروع خواهد شد که فعالیت پیشنهادی آن یعنی A پایان یافته باشد. باید توجه داشت رویداد 2 ، زمانی رخ خواهد داد که فعالیت A خاتمه یافته باشد.
- پیشنهادی فعالیت های E و F فعالیت B می باشد و این فعالیت ها زمانی شروع خواهد گردید که فعالیت B پایان یافته باشد و رویداد 3 رخ داده باشد.
- پیشنهادی های فعالیت I فعالیت های D و E می باشند و فعالیت I زمانی شروع خواهد شد که رویداد 5 رخ داده باشد ، به عبارت دیگر رویداد 5 ، زمانی رخ خواهد داد که هر دو فعالیت D و E پایان یافته باشد.
- شبکه فعالیت های زیر با توجه به جدول فعالیت های داده شده ، زمان انجام هر فعالیت و پیشنهادی فعالیت ها ترسیم شده است.
- فعالیت G به عنوان فعالیت مجازی در این شبکه ترسیم شده و مدت زمان انجام آن صفر می باشد و این فعالیت صرفاً جهت طرح موضوع پیشنهادی فعالیت J در این شبکه ترسیم شده است ، به عبارت دیگر فعالیت J ، زمانی شروع خواهد شد که فعالیت های B و H پایان یافته باشند یعنی پیشنهادی های فعالیت J فعالیت های B و H می باشند.



اصطلاحات لازم:

زودترین زمان شروع (فعالیت)

ES : Earliest start

زودترین زمان پایان (فعالیت)

EF : Earliest finish

دیرترین زمان شروع (فعالیت)

LS : Latest start

دیرترین زمان پایان (فعالیت)

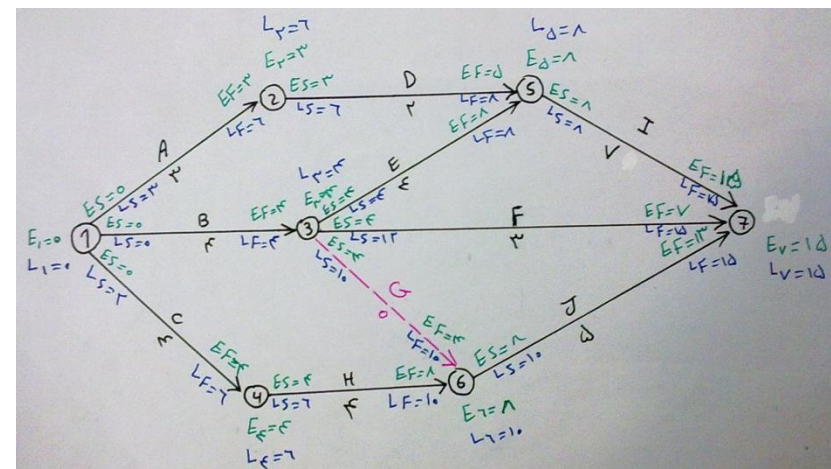
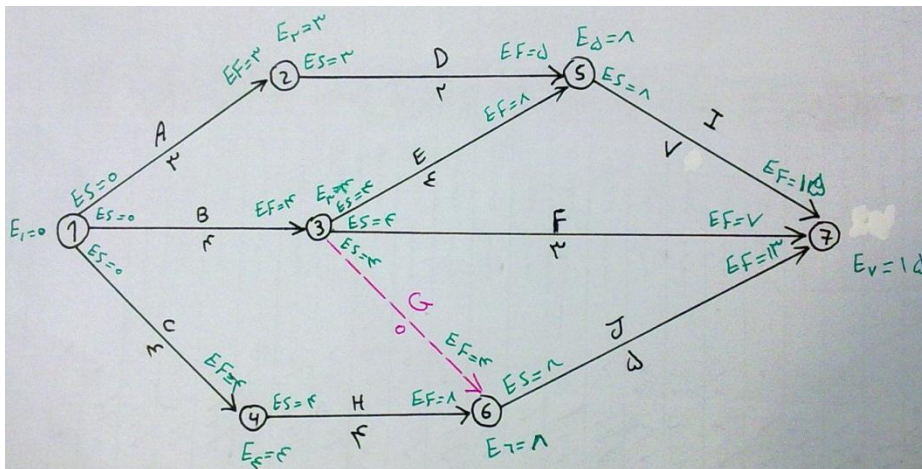
LF : Latest finish

زمان شناور (آزاد) (فعالیت)

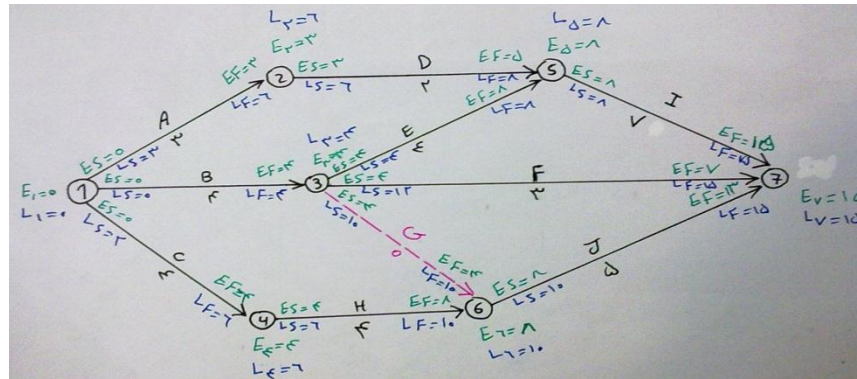
F : Free float

$$F = LF - EF = LS - ES$$

محاسبات رفت و برگشت در شبکه:

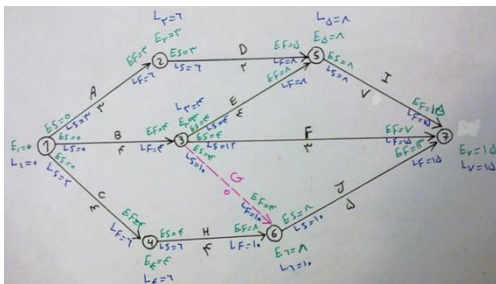


زودترین زمان اتمام پروژه 15 روز می باشد.



F	LF	LS	EF	ES	مدت	فعاليات
3	6	3	3	0	3	1-2(A)
0	4	0	4	0	5	1-3(B)
2	6	2	4	0	4	1-3(C)
3	8	6	5	3	2	2-5(D)
0	8	4	8	4	4	3-5(E)
6	10	10	4	4	0	3-6(G)
8	15	12	7	4	3	3-7(F)
2	10	6	8	4	4	4-6(H)
0	15	8	15	8	7	5-7(I)
2	15	10	13	8	5	6-7(J)

- همانطوریکه جدول نشان می دهد مسیر 1-3-5، 3-5 و 5-7 دارای زمان شناور (F) صفر می باشد لذا مسیر 1-3-5-7 مسیر بحرانی پروژه محسوب می شود.
- فعالیت A دارای $F=3$ (روز) زمان شناور (آزاد) می باشد به عبارت دیگر اگر این فعالیت تا 3 روز با تاخیر مواجه شود تاثیری در سرنوشت پروژه نخواهد داشت اما فعلیت هایی که در روی مسیر بحرانی پروژه قرار دارند فاقد زمان شناور هستند لذا نباید با تاخیر مواجه شوند.
- طولانی ترین مسیر پروژه مسیر بحرانی پروژه خواهد بود.

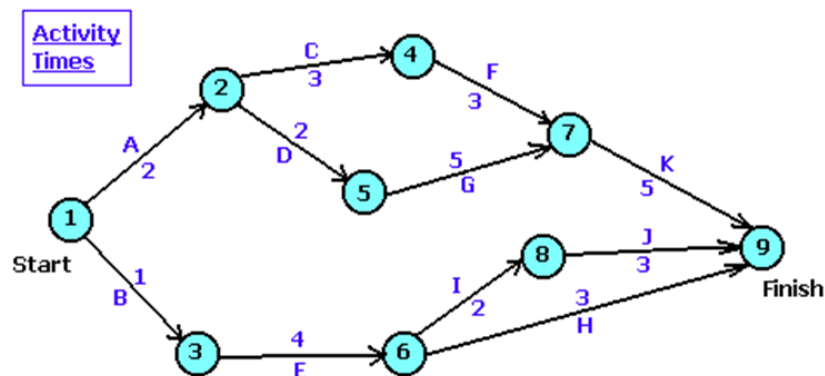


فعالیت	مدت	ES	EF	LS	LF	F
1-2(A)	3	0	3	3	6	3
1-3(B)	5	0	4	0	4	0
1-3(C)	4	0	4	2	6	2
2-5(D)	2	3	5	6	8	3
3-5(E)	4	4	8	4	8	0
3-6(G)	0	4	4	10	10	6
3-7(F)	3	4	7	12	15	8
4-6(H)	4	4	8	6	10	2
5-7(I)	7	8	15	8	15	0
6-7(J)	5	8	13	10	15	2

- **سؤال:** باتوجه به جدول نمودار شبکه ای فعالیت ها را رسم کنید و مسیر بحرانی پروژه را تعیین نمایید؟

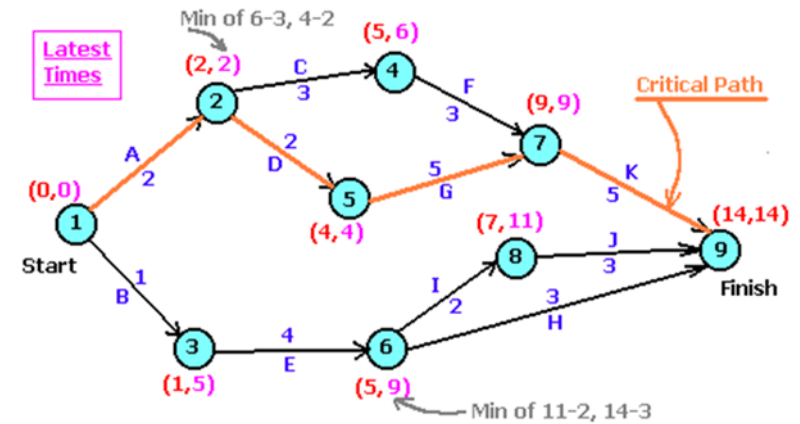
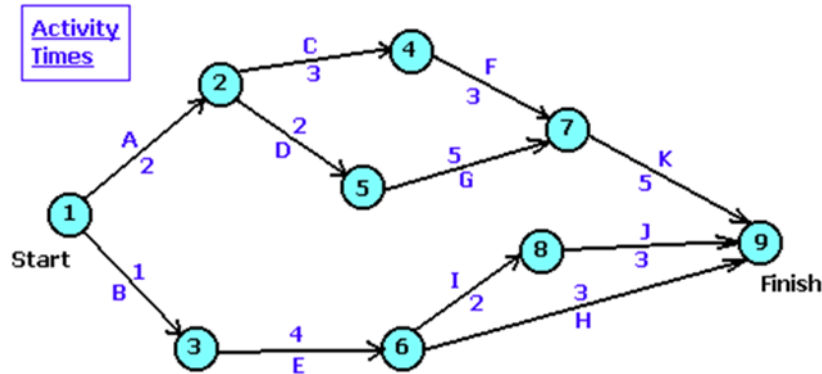
Activity	Immediate Predecessor(s)	Duration
A	-	9
B	A	7
C	A	3
D	B	6
E	B	9
F	C	4
G	E, F	6
H	D	5
I	G, H	3

- **سؤال:** با توجه به شبکه فعالیت های داده شده محاسبه زودترین زمانهای شروع و پایان ، دیرترین زمانهای شروع و پایان تمام فعالیت ، ترسیم جدول محاسبات رفت و برگشت فعالیتها ، تعیین زوددترین زمان اتمام پروژه و تعیین مسیر بحرانی



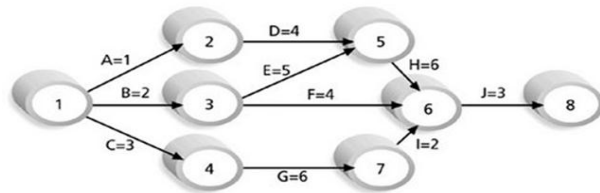
- مثال: با توجه به شبکه فعالیت‌های داده شده مطلوب‌ست تعیین زودترین زمان اتمام پروژه و تعیین مسیر بحرانی پروژه؟

جواب:



طولانی‌ترین مسیر پروژه مسیر بحرانی پروژه می‌باشد و مجموع زمان‌های روی این مسیر برابر 14 می‌باشد که در واقع زودترین زمان اتمام پروژه برابر 14 می‌باشد.

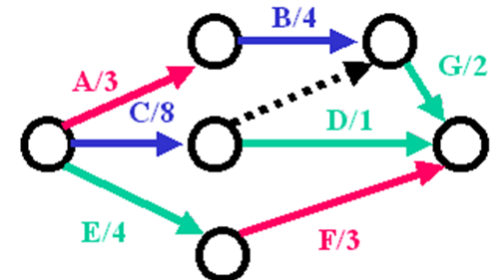
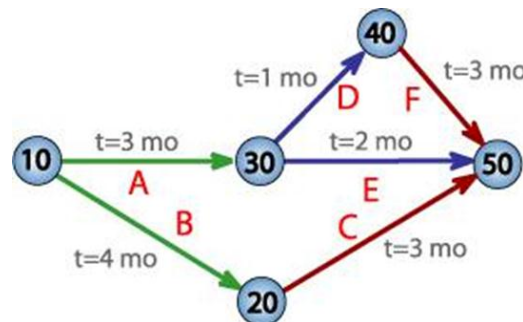
- مثال: زودبا توجه به شبکه فعالیت‌های داده شده مطلوب‌ست تعیین زودترین زمان اتمام پروژه و تعیین مسیر بحرانی پروژه؟



Note: Assume all durations are in days.

- Path 1: A-D-H-J Length = 1+4+6+3 = 14 days
 Path 2: B-E-H-J Length = 2+5+6+3 = 16 days
 Path 3: B-F-J Length = 2+4+3 = 9 days
 Path 4: C-G-I-J Length = 3+6+2+3 = 14 days

Since the critical path is the longest path through the network diagram, Path 2, B-E-H-J, is the critical path for Project X.



هزینه های مالکیت و بهره گیری از ماشین آلات:

این هزینه ها شامل هزینه سرمایه گذاری ، هزینه استهلاک ، هزینه نگهداری ، هزینه تعمیر ، هزینه های سوخت و روغن می باشد.

هزینه استهلاک:

استهلاک عبارت است از کاهش ارزش بازاری ماشین در اثر فرسودگی ، خرابی ، از کار افتادگی و ...

هزینه های تحویل به مالک + قیمت خرید = قیمت اولیه

هزینه های تحویل به مالک شامل هزینه های بارگیری ، حمل و تخلیه ماشین می باشد.

استهلاک – قیمت اولیه = ارزش باقیمانده

هزینه های استهلاک با روش های زیر قابل محاسبه است:

(الف) روش خط مستقیم

(ب) روش دو برابر کردن (روش نزولی دو برابر)

(ج) تسهیم به نسبت معکوس (جمع شمارش سالهای عمر مفید ماشین)

روش خط مستقیم:

(الف) ماشین آلات چرخ زنجیری:

$$\text{ارزش نهایی} - \text{قیمت اولیه} = \frac{\text{استهلاک سالیانه}}{\text{عمر مفید}}$$

ب) ماشین آلات چرخ لاستیکی:

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

مثال : مطلوبست محاسبه استهلاک سالیانه و قیمت ماشین در انتهای هر سال مالی برای یک تراکتور چرخ زنجیری با مشخصات زیر:

قیمت اولیه ماشین : ۵۰۰۰۰۰۰ واحد پولی

قیمت نهایی ماشین: ۱۵۰۰۰۰۰ واحد پولی

عمر مفید (n) : ۵ سال

حل:

$$۳۵۰۰۰۰۰ = ۵۰۰۰۰۰۰ - ۱۵۰۰۰۰۰ = \text{استهلاک کل}$$

$$\text{واحد پولی } 700000 = \frac{5000000 - 1500000}{5} = (D) \text{ استهلاک سالیانه}$$

همانطوریکه درجدول مشاهده می کنید استهلاک در تمامی سالهای عمر ماشین برابر است و قیمت ماشین در پایان سال پنجم برابر با قیمت نهایی ماشین است.

سال (n)	استهلاک	قیمت در پایان سال
0	0	5000000
1	700000	4300000
2	700000	3600000
3	700000	2900000
4	700000	2200000
5	700000	1500000

روش دو برابر کردن (نزولی دوبل):

$$(\text{ ارزش ماشین در ابتدای سال }) D_n = \frac{200\%}{n} \rightarrow \text{ میانگین ضریب استهلاک سالیانه } = \frac{200\%}{n}$$

n : عمر مفید ماشین (سال)

D_n : استهلاک سال n

باید توجه نمود در این روش باید محاسبات طوری تنظیم گردد که قیمت ماشین در سالهای آخر عمر مفید به کمتر از ارزش نهایی آن مستهلک نگردد.

مثال : مطلوبست تعیین استهلاک یک ماشین چرخ زنجیری با مشخصات زیر با روش دو برابر کردن؟

ارزش نهایی: ۱۵۰۰۰۰۰ واحد پولی

قیمت اولیه : ۵۰۰۰۰۰۰ واحد پولی

عمر مفید : ۵ سال

$$\text{نرخ استهلاک سالیانه} = \frac{200\%}{5} = 40\%$$

$$D_1 = 40\% \times 5000000 = 2000000$$

$$D_2 = 40\% \times 3000000 = 1200000$$

$$D_3 = 40\% \times 1800000 = 720000$$

$$D_4 = 40\% \times (1080000) \rightarrow \text{ مبلغ داخل پرانتز قیمت ماشین در ابتدای سال چهارم می باشد که کمتر از ارزش نهایی ماشین می باشد و قابل قبول نیست}$$

پس :

سال	استهلاک	ارزش ماشین در انتهای سال
0	0	5000000
1	2000000	3000000
2	1200000	1800000
3	720000(300000)	1080000(1500000)
4	0	1500000
5	0	1500000

در این روش استهلاک در سالهای اولیه عمر مفید بیشتر است و به سمت سالهای پایانی عمر مقدار استهلاک کاهش می یابد.

تسهیم به نسبت معکوس (جمع شمارش سالهای عمر مفید):

الف) ماشین آلات چرخ زنجیری:

$$D_n = \frac{\text{عدد سالهای باقیمانده}}{\text{جمع اعداد سالهای مفید}} \quad (\text{ارزش نهایی - قیمت اولیه})$$

ب) ماشین آلات چرخ لاستیکی:

$$D_n = \frac{\text{عدد سالهای باقیمانده}}{\text{جمع اعداد سالهای مفید}} \quad (\text{قیمت لاستیک - ارزش نهایی - قیمت اولیه})$$

مثال: مطلوبست تعیین استهلاک یک ماشین چرخ زنجیری در سالهای مختلف عمر مفید یک تراکتور چرخ زنجیری با مشخصات زیر:

اولیه: ۵۰۰۰۰۰۰ واحد پولی

ارزش نهایی: ۱۵۰۰۰۰۰ واحد پولی

عمر مفید: ۵ سال

حل:

$15 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5$ = جمع اعداد سالهای عمر مفید

$$D_1 = \frac{5}{15} (5000000 - 1500000) = 1166667$$

$$D_2 = \frac{4}{15} (5000000 - 1500000) = 933333$$

$$D_3 = \frac{3}{15} (5000000 - 1500000) = 700000$$

$$D_4 = \frac{2}{15} (5000000 - 1500000) = 466667$$

$$D_5 = \frac{1}{15} (5000000 - 1500000) = 233333$$

سال	استهلاک	ارزش باقیانده
0	0	5000000
1	1166667	3833333
2	933333	2900000
3	700000	2200000
4	466667	1733333
5	233333	1500000

همانطوریکه در جدول مشاهده می شود ارزش باقیمانده ماشین در سال پنجم برابر با ارزش نهایی ماشین می باشد. در این روش نیز استهلاک در ابتدای عمر بیشتر است و با افزایش عمر کاهش می یابد اما هرگز قیمت ماشین به کمتر از ارزش نهایی آن مستهلک نمی شود.

مثال: اگر قیمت اولیه یک ماشین 10^{12} واحد پولی ، ارزش نهایی آن 10^5 واحد پولی ،
 عمر مفید ماشین 5 سال و قیمت لاستیک های آن 5×10^4 واحد پولی باشد ،
 مطلوبست تعیین استهلاک ماشین در سال سوم عمر ماشین با روش تسهیم به نسبت معکوس؟
 حل:

$$15 = 1 + 2 + 3 + 4 + 4 = \text{جمع شمارش سالهای عمر مفید}$$

$$D_n = \frac{\text{عدد سالهای باقیمانده}}{\text{جمع اعداد سالهای مفید}} (\text{قیمت لاستیک} - \text{ارزش نهایی} - \text{قیمت اولیه})$$

$$D_3 = \frac{3}{15} (10^{12} - 10^5 - 5 \times 10^4) =$$

◀ چنانچه در حل مسائل روش استهلاک تعیین نشده باشد از روش خط مستقیم استفاده نمایید.
 هزینه تعمیر و نگهداری:

این هزینه ۸۰ تا ۱۲۰ درصد هزینه استهلاک سالیانه فرض می شود اما ممکن است مستقل از هزینه استهلاک نیز بیان شود. سوابق تجربی می تواند راهنمای خوبی برای ارزیابی این نوع مخارج باشد.
 هزینه سرمایه گذاری :

شامل هزینه های بیمه ، مالیات و پارکینگ بوده که ۱۰ تا ۱۲ درصد ارزش متوسط ماشین فرض می شود.

- تعیین ارزش متوسط ماشین بصورت محاسباتی :

به عنوان مثال اگر قیمت اولیه ماشینی برابر ۲۰۰۰۰۰۰ واحد پولی باشد و ارزش نهایی آن صفر و عمر مفید ماشین ۵ سال فرض شود :

$$\text{استهلاک سالیانه} = \frac{2000000 - 0}{5}$$

$$= 400000$$

مجموع ارزش های باقیمانده

برابر ۶۰۰۰۰۰۰ واحد پولی

می باشد.

ارزش باقیمانده	استهلاک	سال
2000000	0	0
1600000	400000	1
1200000	400000	2
800000	400000	3
400000	400000	4
0	400000	5

$$\text{واحد پولی} = \frac{6000000}{5} = 1200000 = \text{ارزش متوسط}$$

$$\text{ارزش متوسط بصورت درصدی از قیمت اولیه} = \frac{1200000}{2000000} \times 100 = 60\%$$

- تعیین ارزش متوسط ماشین به کمک جدول:

چنانچه ارزش نهایی ماشین صفر باشد 60% را می توان مستقیما و بدون محاسبه از جدول 3-3 صفحه ۹۱ کتاب نیز استخراج نمود. به عنوان مثال اگر عمر مفید ماشین 8 سال باشد و ارزش نهایی آن صفر فرض شود ارزش متوسط ماشین مطابق جدول مذکور 56.25% قیمت اولیه ماشین خواهد بود. در مثال فوق اگر هزینه سرمایه گذاری 10% ارزش متوسط ماشین فرض شود:

$$\text{واحد پولی} = 1200000 = 10\% \times 1200000 = \text{هزینه سرمایه گذاری}$$

- تعیین ارزش ماشین به کمک فرمول:

\bar{p} : ارزش متوسط

p : ارزش اولیه

n : عمر مفید

$$\bar{p} = \frac{p(n+1)}{2n} \rightarrow \bar{p} = \frac{2000000(5+1)}{2 \times 5} = 1200000$$

اگر ارزش نهایی ماشین s فرض شود:

$$\bar{p} = \frac{p(n+1)+s(n-1)}{2n}$$

جدول ۳-۳ ارزش متوسط ماشین آلات

عمر سال	ارزش متوسط بصورت درصد قیمت اولیه
۲	۷۵/۰۰
۳	۶۶/۶۷
۴	۶۲/۵۰
۵	۶۰/۰۰
۶	۵۸/۳۳
۷	۵۷/۱۴
۸	۵۶/۲۵
۹	۵۵/۵۵
۱۰	۵۵/۰۰
۱۱	۵۴/۵۴
۱۲	۵۴/۱۷

اگر در مثال قبل ارزش نهایی ماشین ۴۰۰۰۰۰ واحد پولی باشد ارزش متوسط ماشین چند درصد قیمت اولیه ماشین خواهد بود؟

$\bar{p} = ?$: ارزش متوسط

$p = 2000000$: ارزش اولیه

$s = 400000$

$n = 5$

$$\bar{p} = \frac{p(n+1)+s(n-1)}{2n} \rightarrow \bar{p} = \frac{2000000(5+1)+400000(5-1)}{2 \times 5} = 1360000$$

$$\text{ارزش متوسط بصورت درصدی از قیمت اولیه} = \frac{1360000}{2000000} \times 100 = 68\%$$

مخارج بهره برداری:

شامل هزینه های سوخت و روغن می باشد، مقدار این هزینه ها با توجه به مقدار مصرف و واحد قیمت بستگی به نوع ماشین دارد.

◀ **مصرف سوخت:**

مصرف سوخت بستگی به قدرت موتور دارد که بر حسب اسب بخار (**HP: Horsepower**) بیان می شود. باید توجه داشت که ماشین آلات در یک سیکل کاری بندرت با یک بازده ثابت کار می کنند و همچنین کمتر اتفاق می افتد که ماشین در یک ساعت تمام ۶۰ دقیقه را کار کند. بنابراین با اعمال فاکتور بهره گیری لازم است در محاسبه مقادیر سوخت و روغن مصرفی، موارد مذکور را لحاظ نمود.

فاکتور مصرف سوخت موتور × قدرت موتور (اسب بخار) × فاکتور بهره گیری = سوخت مصرفی

- سوخت مصرفی در این رابطه بر حسب لیتر در ساعت (Lit/hr) می باشد.

- فاکتور مصرف سوخت ماشین آلات مختلف، متفاوت می باشد که معمولاً در مشخصات ماشین قید می گردد. برای یکنواختی محاسبات در این درس فاکتور سوخت ماشین آلات بصورت زیر اعمال خواهد شد:

◀ فاکتور سوخت ماشین آلات گازوئیلی (دیزلی) : 0.15

◀ فاکتور سوخت ماشین آلات بنزینی : 0.23

- چنانچه فاکتور بهره گیری در مسائل قید نشده باشد مقدار آن را 0.60 فرض کنید.

- اگر فاکتور بهره گیری صرفاً بر مبنای زمان کارکرد ماشین لحاظ شود، بصورت زیر قابل محاسبه است:

$$\text{فاکتور بهره گیری} = \frac{\text{زمان مفید کارکرد (دقیقه)}}{60}$$

مثال : اگر قدرت موتور یک ماشین دیزلی 160HP باشد و ماشین مذکور روزانه ۱۰ ساعت کار کند با فرض ۳۰۰۰ ریال به عنوان قیمت هر لیتر گازوئیل، مطلوبست تعیین هزینه سوخت روزانه این ماشین؟

$$\text{سوخت مصرفی} = 0.60 \times 160hp \times 0.15 = 12.5 \text{ Lit/hr}$$

$$\text{مقدار سوخت روزانه} = 12.5 \text{ Lit/hr} \times 10^{hr/day} = 125^{lit/day}$$

$$\text{هزینه سوخت روزانه} = 125^{lit/day} \times 3000 \text{ Rials/lit} = 375000 \text{ Rials/day}$$

◀ مصرف روغن:

مقدار روغن مصرفی را می توان با رابطه زیر تخمین زد:

$$q = \frac{HP \times \text{فاکتور گیری بهره} \times 0.00272}{0.887} + \frac{C}{t}$$

q : روغن مصرفی (Lit/hr)

t : زمان بین دو تعویض روغن (ساعت)

c : ظرفیت مخزن روغن (لیتر)

مثال: اگر قدرت موتور ماشین 100hp ، ظرفیت مخزن روغن 15 لیتر و زمان بین دو تعویض روغن 100 ساعت باشد و ماشین سالیانه 2000 ساعت کار کند و هزینه هر لیتر روغن 5000 ریال فرض شود ، هزینه سالیانه مصرف روغن ماشین را محاسبه نمایید؟

حل:

$$q = \frac{100 \times 0.60 \times 0.00272}{0.887} + \frac{15}{100} = 0.334^{lit./hr}$$

$$\text{مصرف سالیانه روغن} = 0.334 \times 2000^{hr/year} = 668^{lit/year}$$

$$\text{هزینه سالیانه روغن} = 668^{lit/year} \times 5000^{Rials/lit.} = 3340000 \text{ Rials/year}$$

مثال: مطلوبست تعیین هزینه ساعتی از بابت بهره برداری و بهره گیری از یک بیل مکانیکی چرخ زنجیری با موتور دیزلی که ظرفیت بیل آن $1.5m^3$ می باشد. سایر اطلاعات در خصوص این ماشین به شرح زیر می باشد:

- قدرت موتور : 162.176HP
- ظرفیت مخزن روغن: 22.712lit
- قیمت اولیه ماشین: 6580800 واحد پولی
- زمان بین دو تعویض روغن: 100hr
- هزینه حمل و نقل ماشین: 317.4 واحد پولی به ازای هر 100kg وزن ماشین
- هزینه نگهداری و تعمیرات ماشین، 100% استهلاک ماشین فرض می شود.
- هزینه تخلیه و آماده کردن : 17600 واحد پولی
- وزن خالص: 61700 Kg
- عمر مفید: 5 سال
- ساعات بهره گیری در سال: 2000hr

حل:

الف) سوخت مصرفی:

$$\text{سوخت مصرفی} = 0.60 \times 162.176 \times 0.15 = 14.596 \text{ lit./hr}$$

ب) روغن مصرفی:

$$q = \frac{162.176 \times 0.60 \times 0.00272}{0.887} + \frac{22.712}{100} = 0.525 \text{ lit./hr}$$

ج) مخارج مالکیت :

واحد پولی 6580800 : قیمت ماشین

واحد پولی 195840 = $317.4 \times \frac{61700kg}{100}$: هزینه حمل و نقل

واحد پولی 17600 = هزینه تخلیه و آماده کردن

+

واحد پولی $p=6794240$: مخارج مالکیت

د) ارزش متوسط:

$$\bar{p} = \frac{p(n+1)}{2n} = \frac{6794240(5+1)}{2 \times 5} = 3963080 \text{ واحد پولی}$$

ه) مخارج سالیانه: روش استهلاك مشخص نشده لذا از روش خط مستقیم استفاده می کنیم.

$$\text{واحد پولی } 1132373 = \frac{6794240}{6} = \text{استهلاك سالیانه}$$

واحد پولی 1132373 = استهلاك 100% = هزینه تعمیر و نگهداری

واحد پولی 475570 = $12\% \times 3963080$ = ارزش متوسط 12% = هزینه سرمایه گذاری

+

واحد پولی 2740316 = کل مخارج سالیانه

و) مخارج ساعتی:

$$\text{واحد پولی} / \text{hr} = 1370 = 2740316 : 2000 = \text{مخارج ثابت در ساعت}$$

$$\text{واحد پولی} / \text{hr} = 145.96 = 14.596 \text{ lit.} / \text{hr} \times 10 \text{ واحد پولی} / \text{lit.} = \text{مخارج سوخت}$$

$$\text{واحد پولی} / \text{hr} = 15.75 = 0.525 \text{ lit.} / \text{hr} \times 30 \text{ واحد پولی} / \text{lit.} = \text{مخارج روغن}$$

+

$$\text{واحد پولی} / \text{hr} = 1531.71 = \text{جمع کل هزینه ساعتی بدون دستمزد راننده}$$

تعیین عمر اقتصادی ماشین آلات:

مالک ماشین آلات ساختمانی باید علاقمند به فراهم کردن امکانات لازم جهت ایجاد کمترین هزینه برای هر واحد تولید باشد. برای تحقق این موضوع مالک باید از برنامه تعویض ماشین آلات مطلع باشد. ماشین آلات چه زمانی باید تعویض گردد؟ اگر مالک ماشین آلات را زودتر تعویض نماید مالک مقداری ضرر بی مورد در سرمایه را باید متحمل شود. در مقابل اگر تعویض ماشین آلات با تاخیر انجام گیرد از زمان بهره گیری اقتصادی ماشین آلات خواهد گذشت.

به منظور تعیین بهترین زمان از نظر اقتصادی باید بایگانی کاملی از هزینه نگهداری ، هزینه تعمیرات و هزینه زمان خرابی برای هر ماشین در دسترس باشد. مالک باید هزینه های مربوط به مالکیت و بهره گیری از ماشین آلات و تاثیر ادامه کار بر روی این مخارج را مورد بررسی قرار دهد. مخارجی که در این ارتباط می بایست مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از :

- هزینه استهلاک و تعویض ماشین آلات

- هزینه سرمایه گذاری

- هزینه نگهداری و تعمیر

- هزینه زمان بیکاری

- هزینه مترودی (از کار افتادگی و اسقاطی)

آنالیز تاثیر تعداد ساعات مصرف ماشین آلات بر روی هر کدام از این هزینه ها زمانی را تعیین خواهد کرد که در این زمان ماشین باید تعویض گردد.

مثال:

قیمت اولیه ماشین: 1600000 واحد پولی

عمر مفید: 8 سال

تعداد ساعات بکارگیری ماشین در سال: 2000

هزینه ساعتی مالکیت و بهره گیری از ماشین: 480 واحد پولی

مخارج استهلاک و تعویض ماشین

(۱) انتهای سال	هزینه *۲ تعویض	(۳) ارزش نهایی	ضرر در اثر تعویض (۴)	ساعات جمع (۵) شونده	هزینه کل در ساعت
0	1600000	1600000	0	0	0
1	1680000	1200000	480000	2000	240
2	1760000	960000	800000	4000	200
3	1840000	800000	1040000	6000	174
4	1920000	680000	1240000	8000	155
5	2000000	560000	1440000	10000	144
6	2080000	480000	1600000	12000	134
7	2160000	416000	1744000	14000	125
8	2240000	360000	1880000	16000	118

* هزینه تعویض ماشین در سالهای مختلف در ستون مربوطه با افزایش سالیانه ثبت شده است. افزایش قیمت ماشین در سالهای اولیه 5% فرض شده است.

◀ ستون (۴) = ستون (۳) - ستون (۲)

◀ ستون (۶) = ستون (۵) : ستون (۴)

هزینه سرمایه گذاری

(۸) هزینه در ساعت جمع شونده	(۷) ساعات جمع شونده	هزینه (۶) سرمایه گذاری جمع شونده	هزینه (۵) سرمایه گذاری	سرمایه گذاری در انتهای سال (۴)	(۳) استهلاک	سرمایه گذاری در شروع سال (۲)	(۱) سال
96	2000	192000	192000	1200000	400000	1600000	1
84	4000	336000	144000	960000	240000	1200000	2
75.2	6000	451200	115200	800000	160000	960000	3
68.8	8000	547200	96000	680000	120000	800000	4
63.2	10000	628800	81600	560000	120000	680000	5
58.4	12000	696000	67200	480000	80000	560000	6
53.6	14000	753600	57600	416000	64000	480000	7
50.4	16000	803520	49920	460000	56000	416000	8

- استهلاک با روشهای مختلف قابل محاسبه است

- ستون (۵) = (ستون ۲) ۱۲٪

- ستون (۸) = ستون (۷) : ستون (۶)

- اطلاعات ستون (۲) از جدول قبل ثبت شده

- ستون (۴) = ستون (۲) - ستون (۳)

- ستون (۶) = جمع تجمعی ستون (۵)

- هزینه سرمایه گذاری ۱۲٪ ارزش ماشین آلات در شروع هر سال فرض شده است.

جدول ۳-۶ هزینه نگهداری و تعمیرات

سال	مخارج سالانه (ریال)	مخارج جمع شونده (ریال)	ساعت بکارگیری ماشین آلات جمع شونده	هزینه دسترس جمع شونده (ریال)
۱	۷۰۴۰۰	۷۰۴۰۰	۲۰۰۰	۳۵/۲
۲	۱۲۹۶۰۰	۲۰۰۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰/۴
۳	۱۸۰۰۰۰	۳۸۰۰۰۰	۶۰۰۰	۶۳/۲
۴	۲۱۹۲۰۰	۵۹۹۲۰۰	۸۰۰۰	۷۵/۲
۵	۲۶۸۸۰۰	۸۶۸۰۰۰	۱۰۰۰۰	۸۷/۲
۶	۳۰۹۶۰۰	۱۱۷۷۶۰۰	۱۲۰۰۰	۹۸/۴
۷	۳۷۹۲۰۰	۱۵۵۶۸۰۰	۱۴۰۰۰	۱۱۱/۲
۸	۴۳۸۴۰۰	۱۹۹۵۲۰۰	۱۶۰۰۰	۱۲۴/۸

(۵)

(۴)

(۳)

(۲)

(۱)

- ستون (۳) = جمع تجمعی ستون (۲) می باشد.

- ستون (۵) = ستون (۴) : ستون (۳)

هزینه زمان بیکاری:

زمان بیکاری عبارتست از زمانی که ماشین در اثر خرابی و یا تنظیم آن ، کار نمی کند. زمان بیکاری با سنوات خدمت ماشین رابطه مستقیم دارد. آمادگی عبارتست از زمانی که ماشین مشغول تولید واقعی است یا آماده برای تولید می باشد و بر حسب درصد بیان می شود. اگر ماشینی ۵٪ از زمان را بیکار باشد آمادگی آن ۹۵٪ می باشد.

جدول ۳-۷ هزینه زمان بیکاری

سال	زمان بیکاری درصد	هزینه بر حسب ساعت (ریال)	هزینه زمان بیکاری در سال (ریال)	هزینه زمان بیکاری جمع شوند (ریال)	ساعات مورد مصرف جمع شوند	هزینه ساعتی جمع شوند (ریال)	فاکتور تولید	هزینه ساعتی جمع شوند (ریال)
۱	۳	۱۴/۴	۲۸۸۰۰	۲۸۸۰۰	۲۰۰۰	۱۴/۴	۱/۰۰	۱۴/۴
۲	۶	۲۸/۸	۵۷۶۰۰	۸۶۴۰۰	۴۰۰۰	۲۱/۶	۰/۹۹	۲۱/۶
۳	۸	۳۸/۴	۷۶۸۰۰	۱۶۳۲۰۰	۶۰۰۰	۲۷/۲	۰/۹۸	۲۷/۲
۴	۱۰	۴۸/-	۹۶۰۰۰	۲۵۹۲۰۰	۸۰۰۰	۳۲/۸	۰/۹۶	۳۲/۸
۵	۱۲	۵۷/۶	۱۱۵۲۰۰	۳۷۴۴۰۰	۱۰۰۰۰	۳۷/۶	۰/۹۶	۳۷/۶
۶	۱۴	۶۷/۲	۱۳۴۴۰۰	۵۰۸۸۰۰	۱۲۰۰۰	۴۲/۴	۰/۹۴	۴۲/۴
۷	۱۷	۸۱/۶	۱۶۳۲۰۰	۶۷۲۰۰۰	۱۴۰۰۰	۴۸/-	۰/۹۲	۴۸/-
۸	۲۰	۹۶/-	۱۹۲۰۰۰	۸۶۴۰۰۰	۱۶۰۰۰	۵۴/۴	۰/۹۰	۵۴/۴

(۱) (۲) (۳) (۴) (۵) (۶) (۷) (۸) (۹)

- ستون (۳) = ستون (۲) \times واحد پولی $\frac{480}{hr}$

- ستون (۵) = جمع تجمعی ستون (۴)

- ستون (۴) = ستون (۳) \times $\frac{2000}{سال}$

- ستون (۷) = ستون (۶) : ستون (۵)

- ستون (۸) = فاکتور تولید ماشین است که با افزایش سنوات خدمت ماشین میزان تولید ماشین کاهش می یابد.

- ستون (۹) = ستون (۸) : ستون (۷) ، ستون (۹) در مورد ماشین آلاتی اعمال می شود که تولیدشان در اثر سنوات مصرف کاهش می یابد.

هزینه مترودی (از کار افتادگی و اسقاطی):

اگر یک ماشین جدید بتواند هزینه تولید را ۱۰٪ کاهش دهد، این کاهش بدین معنی است که ماشین موجود معادل ۱۰٪ به مالک آن ضرر تحمیل می کند که این ضرر هزینه مترودی ماشین نامیده می شود.

جدول ۳-۸ هزینه مترودی							
سال	فاکتور مترودی	هزینه ماشین آلات در ساعت ریال	متروود شدن		هزینه جمع شونده	جمع شونده	
			هزینه در ساعت ریال	هزینه در سال ریال		ساعات مصرف	هزینه در ساعت ریال
۱	۰	۴۸۰	۰	۰	۰	۲۰۰۰	۰
۲	۰/۰۵	۴۸۰	۲۴	۴۸۰۰۰	۴۸۰۰۰	۴۰۰۰	۱۲
۳	۰/۱۰	۴۸۰	۴۸	۹۶۰۰۰	۱۴۴۰۰۰	۶۰۰۰	۲۴
۴	۰/۱۵	۴۸۰	۷۲	۱۴۴۰۰۰	۲۸۸۰۰۰	۸۰۰۰	۳۶
۵	۰/۲۰	۴۸۰	۹۶	۱۹۲۰۰۰	۴۸۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۴۸
۶	۰/۲۵	۴۸۰	۱۲۰	۲۴۰۰۰۰	۷۲۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۶۰
۷	۰/۳۰	۴۸۰	۱۴۴	۲۸۸۰۰۰	۱۰۰۸۰۰۰	۱۴۰۰۰	۷۲
۸	۰/۳۵	۴۸۰	۱۶۸	۳۳۶۰۰۰	۱۳۴۴۰۰۰	۱۶۰۰۰	۸۴

(۸) (۷) (۶) (۵) (۴) (۳) (۲) (۱)

- ستون (۵) = ۲۰۰۰ × ستون (۴)

- ستون (۸) = ستون (۷): ستون (۶)

- ستون (۴) = ستون (۳) × ستون (۲)

- ستون (۶) = جمع تجمعی ستون (۵)

خلاصه هزینه ها:

جدول زیر خلاصه هزینه های ماشین را بصورت جمع شونده نشان می دهد.

جدول ۳-۹ خلاصه مخارج بصورت جمع شونده (بر بال)

ا	ب	ج	د	ه	و	ز	ح	اقلام
۱۱۷/۶	۱۲۴/۸	۱۳۳/۶	۱۴۴	۱۵۵/۲	۱۷۳/۶	۲۰۰	۲۴۰	سنگلاک و تعمیرات
۵۰/۴	۵۳/۶	۵۸/۴	۶۳/۲	۷۶/۸	۷۵/۲	۸۴	۹۶	بر ماه گذاری
۱۲۴/۸	۱۱۱/۲	۹۸/۴	۸۷/۲	۷۵/۲	۶۳/۲	۵۰/۴	۳۵/۲	نگهداری و تعمیرات
۶۰	۵۲	۴۴/۸	۳۹/۲	۳۳/۶	۲۸	۲۱/۶	۱۴/۴	زمان عمرانی
۲۵۳/۶	۲۴۱/۶	۲۲۵/۲	۲۲۲/۶	۲۲۲/۸	۲۴۰	۲۵۶	۲۸۵/۶	جمع فرعی
۸۴	۷۲	۶۰	۴۸	۳۶	۲۴	۱۲	۰	ترتیب شدن
۲۲۵/۶	۲۱۳/۶	۲۹۵/۲	۲۸۱/۶	۲۶۸/۸	۲۶۴	۲۶۸	۲۸۵/۶	جمع کل

- عمر اقتصادی ماشین بدون احتساب هزینه متروود شدن سال ۴ می باشد.

- عمر اقتصادی ماشین با احتساب هزینه متروود شدن سال ۳ می باشد.

کدامیک از جملات زیر درست نیست؟

(۱) زمان بیکاری، عبارت از زمانی است که ماشین در اثر خرابی یا تنظیم آن کار نمی کند.

(۲) روش مسیر بحرانی تعداد کارهای خطرناک پروژه را نشان می دهد.

(۳) هزینه سرمایه گذاری، هزینه ای است که در اثر مالکیت ماشین آلات صرف نظر از میزان بهره گیری از آنها بوجود می آید.

(۴) استهلاک عبارتست از کاهش ارزش ماشین آلات در اثر مصرف و یا افزایش سنوات خدمت .

جواب: گزینه ۲

مسیر بحرانی در اصطلاح مدیریت کارگاهی عبارتست از :

(۱) یک راه ناهموار و کوهستانی در راهسازی

(۳) انتخاب یک راه غیر استاندارد

(۲) یک راه فاقد آسفالت

(۴) یک تکنیک برای برنامه ریزی عملیات ساختمانی

جواب: گزینه ۴

تعریف کلی و کامل استهلاک ماشین آلات و تجهیزات کارگاهی عبارتست از :

(۱) کاهش ارزش ماشین در اثر گذشت زمان

(۲) کاهش ارزش ماشین در اثر فرسوده شدن

(۳) کاهش ارزش ماشین در اثر گذشت زمان و فرسوده شدن

(۴) کاهش ارزش ماشین بدلیل دمه شدن

جواب: گزینه ۳

کدام هزینه ارتباطی با بهره گیری ماشین ندارد؟

(۱) تعمیر و نگهداری

(۲) زمان بیکاری

(۳) سرمایه گذاری

(۴) سوخت

جواب: گزینه ۳

اگر ماشین ۱۰٪ از زمان بیکار باشد، آمادگی آن برابر چند درصد است؟

۹۰ (۴)

۷۵ (۳)

۵۰ (۲)

۱۰ (۱)

جواب: گزینه ۴

اصول مهندسی:

با توجه به رشد روز افزون حجم عملیات خاکی برای سدها ، سیل بندها ، شاهراه ها و سایر پروژه های بزرگ ، انتخاب ماشین آلات ساختمانی مناسب به مقدار زیادی اهمیت می یابد. بدین جهت اصول اساسی که در حرکت ماشین آلات سنگین دخیل می باشد در این قسمت مورد بررسی قرار می گیرد. پیمانکاران و مهندسان باید از تاثیری که ماشین آلات و روش اجرا در هزینه انجام عملیات خاکی دارد، مطلع باشند.

برای تعیین حداکثر سرعت ماشین آلات در یک وضعیت خاص لازم است که مقاومت کل در برابر حرکت ماشین آلات را تعیین کنیم.

مقاومتی که هر وسیله نقلیه هنگام عبور از یک سطح با آن مواجه می شود از دو جزء تشکیل می شود:

(الف) مقاومت غلتشی

(ب) مقاومت شیب

مقاومت شیب + مقاومت غلتشی = مقاومت کل

مقاومت غلتشی:

این مقاومت به نوع سطحی که ماشین در روی آن در حال حرکت است بستگی دارد. تصور نمایید که یک فرغون پر از بار را یک بار بر روی زمین شل و ماسه ای و بار دیگر همان فرغون را در روی یک سطح آسفالتی به حرکت در می آورید. به نظر شما حرکت فرغون در روی کدام سطح به راحتی صورت می پذیرد؟

بدون شک پاسخ شما سطح آسفالتی است چرا که سطح آسفالتی مقاومت کمتری در مقابل حرکت فرغون ایجاد می کند و این مقاومت موسوم به مقاومت غلتشی می باشد.

بدین ترتیب این مقاومت به نوع سطحی که ماشین در روی آن در حال حرکت است بستگی دارد. به عنوان مثال خاک نرم مقاومت بیشتری نسبت به سطوح آسفالتی و بتنی دارد.

ضریب مقاومت غلتشی:

ضریب مقاومت غلتشی عبارتست از مقدار نیروی کششی لازم جهت به حرکت درآوردن هر تن وزن ناخالص روی سطح صاف می باشد که می توان بر حسب کیلوگرم به ازای هر تن وزن ماشین (kg/ton) بیان نمود. ضریب مقاومت غلتشی را می توان با روشهای زیر تعیین نمود:

(الف) $\text{مقدار نفوذ چرخ (cm)} = 20 + 5.9 \times (\text{ضریب مقاومت غلتشی } kg/ton)$

(ب) جدول صفحه ۱۱۹ کتاب

نوع روسازی		چرخ آهنی یا طاقان ساده		چرخ لاستیکی، یا طاقان بدون اصطکاک	
		چرخ زنجیری		فشار زیاد	فشار کم
بتن مسطح		۲۰		۱۷/۵	۲۲/۵
آسفالت خوب		۲۵-۳۵		۲۲/۵-۲۰	۳۰-۲۵
خاک متراکم با نگهداری خوب		۵۰-۳۰		۳۵-۲۰	۲۵-۲۵
خاک، نگهداری ضعیف، شیاردار		۷۵-۵۰		۷۰-۵۰	۵۰-۳۵
خاک، شیاردار، گلی، بدون نگهداری		۱۲۵-۱۰۰		۱۱۰-۹۰	۱۰۰-۷۵
شن و ماسه سست		۱۶۰-۱۴۰		۱۴۵-۱۳۰	۱۳۰-۱۱۰
خاک، خیلی گلی، شیاردار نرم		۲۰۰-۱۷۵		۲۰۰-۱۵۰	۱۷۰-۱۴۰

بدین ترتیب مقاومت غلتشی بصورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$\text{وزن ماشین (ton)} \times \text{ضریب مقاومت غلتشی (kg/ton)} = \text{مقاومت غلتشی (kg)}$$

مثال: برای یک تراکتور چرخ لاستیکی به وزن ۱۰۰ تن در جاده ای که لاستیک در آن ۲ اینچ فرو می رود میزان مقاومت غلتشی را محاسبه نمایید؟

$$\text{ضریب مقاومت غلتشی} = 20 + 5.9 \times 5 = 49.5 \text{ kg/ton}$$

$$\text{مقاومت غلتشی} = 49.5 \text{ kg/ton} \times 100 \text{ ton} = 4950 \text{ kg}$$

مقاومت شیب:

مولفه ای از وزن وسیله نقلیه است که در امتداد سطح شیبدار اثر می کند. مقاومت شیب به ازای هر تن وزن ناخالص و هر درصد شیب ۱۰ کیلوگرم منظور می شود:

$$\text{ضریب مقاومت شیب} = 10a = 1000 \times a\%$$

در محاسبه 10a مقدار a (درصد شیب) بدون علامت % جایگذاری می شود.

$$\text{مقاومت شیب} = 10 \text{ W a}$$

W : وزن ناخالص بر حسب تن

a : شیب

در این رابطه برای شیب سربالای مقدار a مثبت و برای شیب سر پایینی منفی منظور می شود.

شیب موثر:

مقدار مقاومت کل را می توان بصورت درصدی از شیب بیان نمود که آن را شیب موثر یا شیب معادل می نامند.

$$\% \left(\frac{\text{ضریب مقاومت غلتشی}}{10} + \text{شیب} \right) = \text{شیب موثر}$$

باید توجه نمود که شیب در سربالای مثبت و در سرپایینی منفی منظور می شود.

مثال: یک اسکرپپر چرخ لاستیکی به وزن ۹۱ تن در یک جاده که لاستیک در آن ۲ اینچ فرو می رود کار می کند مطلوبست مقاومت کل و شیب موثر در صورتیکه :

الف) از شیب ۵٪ بالا برود ب) از شیب ۵٪ پایین بیاید.

$$\text{ضریب مقاومت غلتشی} = 20 + 5.9 \times 5 = 49.5 \text{ kg/ton} \approx 50 \text{ kg/ton}$$

$$50 \text{ kg/ton} \times 91 \text{ ton} = 4550 \text{ kg} = \text{مقاومت غلتشی}$$

الف) از شیب ۵٪ بالا برود:

$$10w_a = 10 \times 91 \times (+5) = +4550 \text{ ton} = \text{مقاومت شیب}$$

$$4550 + 4550 = 9100 \text{ kg} = \text{مقاومت کل}$$

$$\% = 10\% \left(+5 + \frac{50}{10} \right) = \text{شیب موثر}$$

ب) از شیب ۵٪ پایین بیاید:

$$10w_a = 10 \times 91 \times (-5) = -4550 \text{ ton} = \text{مقاومت شیب}$$

$$+4550 + (-4550) = 0 = \text{مقاومت کل}$$

$$\% = 0\% \left(-5 + \frac{50}{10} \right) = \text{شیب موثر}$$

ماشین در آستانه حرکت خواهد بود.

ضریب اصطکاک کششی:

فاکتوری است که با توجه به آن می توان حداکثر نیروی کششی ممکن زیر چرخ را قبل از بکسواد نمودن ماشین آلات را تعیین نمود.

ضریب اصطکاک کششی را با توجه نوع خاک می توان از جدول صفحه ۱۲۳ کتاب استخراج نمود.

جدول ۳-۴ ضریب اصطکاک کششی برای سطوحی مختلف		
سطح	چرخ لاستیکی	نوار زنجیری
بتن خشک و زیر	۰/۸ تا ۱/۱	۰/۴۵
خاک نباتی خشک	۰/۵ تا ۰/۷	۰/۹
خاک نباتی تر	۰/۴ تا ۰/۵	۰/۷
شن و ماسه خیس	۰/۳ تا ۰/۴	۰/۳۵
شن خشک سست	۰/۲ تا ۰/۳	۰/۳
برف خشک	۰/۲	۰/۳۵-۰/۱۵
یخ	۰/۱	۰/۲۵-۰/۱

وزن وارد بر چرخهای در حال حرکت (kg) × ضریب اصطکاک کششی = حداکثر نیروی کششی زیر چرخ قبل از بکسواد (kg)

مثال: وزن یک تراکتور چرخ لاستیکی ۲۰ تن می باشد ، حداکثر نیروی کششی که موتور ماشین قادر به تولید آن است معادل ۱۰۰۰۰ کیلوگرم است ، مطلوبست نیروی کششی زیر چرخ قبل از بکسواد در صورتیکه:

جدول ۳-۴ ضریب اصطکاک کششی برای سطوحی مختلف

نوار زنجیری	چرخ لاستیکی	سطح
۰/۴۵	۱/۸ تا ۱/۸	پتن خشک و زبر
۰/۹	۰/۷ تا ۰/۵	خاک نباتی خشک
۰/۷	۰/۵ تا ۰/۴	خاک نباتی تر
۰/۳۵	۰/۴ تا ۰/۳	شن و ماسه خیس
۰/۳	۰/۳ تا ۰/۲	شن خشک مست
۰/۳۵-۰/۱۵	۰/۲	برف خشک
۰/۲۵-۰/۱	۰/۱	یخ

(الف) ماشین در روی ماسه مرطوب قرار گرفته باشد.

(ب) ماشین بر روی خاک نباتی خشک قرار گرفته باشد.

حل:

ضریب اصطکاک کششی = 0.35

جدول ۳-۴:

(الف)

$$0.35 \times 20000 = 7000 \text{ kg} < 10000 \text{ kg}$$

در این حالت اگر بیش از ۷۰۰۰ کیلوگرم نیرو اعمال شود چرخها بکسواد خواهد کرد ، به عبارت دیگر در چنین شرایطی نمی توان تمام قدرت موتور را بکار گرفت.

ضریب اصطکاک کششی = 0.6

جدول ۳-۴:

(ب)

$$0.6 \times 20000 = 12000 \text{ kg} > 10000 \text{ kg}$$

در این حالت چرخها تا حد اعمال ۱۲۰۰۰ کیلوگرم نیروی بکسواد نمی کند و با توجه به اینکه قدرت موتور حداکثر ۱۰۰۰۰ کیلوگرم می باشد پس می توان تمام توان موتور را بکار گرفت.

نیروی کششی قابل اعمال توسط موتور ماشین آلات چرخ لاستیکی:

حداکثر نیروی کششی قابل اعمال توسط موتور ماشین آلات چرخ لاستیکی بستگی به قدرت موتور و دنده انتخابی دارد. این نیرو بصورت زیر قابل محاسبه است:

$$T = \frac{268.7 \times HP \times C}{V}$$

T : نیروی کششی (Kg)

HP: قدرت موتور (اسب بخار)

$$C = \frac{\text{تولید عملی}}{\text{تولید واقعی}} \times 100$$

C : بازده

C برای کامیون ها و ماشین آلات چرخ لاستیکی ۸۰٪ تا ۸۵٪ فرض می شود.

V : سرعت (KPH)

مثال: قدرت موتور یک تراکتور چرخ لاستیکی 150HP می باشد. اگر این تراکتور با سرعت 4.5KPH در دنده یک حرکت کند، حداکثر نیروی کششی زیر چرخ این تراکتور که توسط موتور ماشین اعمال می گردد چقدر خواهد بود؟ اگر این ماشین در دنده دو با سرعت 9KPH حرکت کند T چقدر خواهد بود؟ بازده 0.80 فرض می شود.

$$T = \frac{268.7 \times HP \times C}{V} = \frac{268.7 \times 150 \times 0.80}{4.5} = 7165.3 \text{ Kg}$$

$$T = \frac{268.7 \times 150 \times 0.80}{9} = 3582.7 \text{ Kg}$$

همانطوریکه مشاهده می گردد با افزایش دنده و سرعت T کاهش می یابد.

مثال: یک تراکتور چرخ لاستیکی به وزن 10 تن و با قدرت 100hp در روی یک سطح شیبدار با شیب 2% و با سرعت 6KPH در حرکت است و لاستیک 2 اینچ در سطح مورد نظر فرو می رود. نیروی کششی ممکن برای کشیدن بار در روی این سطح چند کیلوگرم خواهد بود؟ بازده تراکتور 85% فرض می شود.

$$T = \frac{268.7 \times HP \times C}{V} = \frac{268.7 \times 100 \times 0.85}{6} = 3806.5 \text{Kg}$$

$$\text{مقاومت غلتشی} = (20 + 5.9 \times 2 \times 2.5) \times 10 \text{ton} = 495 \text{kg}$$

$$\text{مقاومت شیب} = 10 \text{wa} = 10 \times 10 \text{ton} \times 2 = 200 \text{kg}$$

$$\text{مقاومت کل} = 495 + 200 = 695 \text{kg}$$

$$\text{نیروی کششی ممکن برای کشیدن بار} = 3806.5 - 695 = 3111.5 \text{kg}$$

نیروی کششی زیر چرخ تراکتور چرخ زنجیری:

نیروی کششی موجود که یک تراکتور چرخ زنجیری هنگام کشیدن باری می تواند اعمال کند، نیروی کششی زیر چرخ تراکتور چرخ زنجیری نامیده می شود و برحسب کیلو گرم بیان می شود.

براساس آزمایشات انجام شده (آزمایشات نبرسکا : **Nebreska Test**) برای کلیه تراکتورهای چرخ زنجیری، نیروی کششی زیر چرخ بر مبنای ضریب مقاومت غلتشی ۵۵ کیلوگرم بر تن در دفترچه مشخصات ماشین، محاسبه و ثبت می گردد. بنابراین اگر در شرایط کار ضریب مقاومت غلتشی تغییر کند مقدار این نیرو با روابط زیر اصلاح می گردد:

اگر $55^{kg}/ton >$ ضریب مقاومت غلتشی:

[(55 - ضریب مقاومت غلتشی) × وزن تراکتور] - نیروی کششی بر مبنای $55^{kg}/ton$ = حداکثر نیروی کششی زیر چرخ در شرایط کار

اگر $55^{kg}/ton <$ ضریب مقاومت غلتشی:

[(55 - ضریب مقاومت غلتشی) × وزن تراکتور] + نیروی کششی بر مبنای $55^{kg}/ton$ = حداکثر نیروی کششی زیر چرخ در شرایط کار

مثال: یک تراکتور چرخ زنجیری به وزن 15ton با حداکثر نیروی کششی زیر چرخ معادل 3500kg روی یک جاده مسطح (بدون شیب) در حال حرکت است، اگر ضریب مقاومت غلتشی جاده $100^{kg}/ton$ باشد، حداکثر نیروی کششی ممکن زیر چرخ در شرایط کار چند کیلوگرم خواهد بود؟

$$100^{kg}/ton > 55^{kg}/ton :$$

$$[(100 - 55) \times 15] - 3500 = 2825kg = \text{حداکثر نیروی کششی زیر چرخ در شرایط کار}$$

$$19\% = \frac{675}{3500} \times 100 = \text{درصد کاهش نیروی کششی} \rightarrow 675kg = 15(100-55) = \text{مقدار کاهش نیروی کششی}$$

مثال: اگر در مثال قبل ضریب مقاومت جاده $40^{kg}/ton$ فرض درصد افزایش نیروی کششی چقدر خواهد بود؟

: $55^{kg}/ton < \text{ضریب مقاومت غلتشی}$: اگر

[(ضریب مقاومت غلتشی - 55) \times وزن تراکتور] + نیروی کششی بر مبنای $55^{kg}/ton$ = حداکثر نیروی کششی زیر چرخ در شرایط کار

$$3725kg = 3500 + [15 \times (55 - 40)] = \text{حداکثر نیروی کششی زیر چرخ در شرایط کار}$$

$$6.43\% = 100 \times \frac{225}{3500} = \text{درصد افزایش نیروی کششی} \rightarrow 225 = 15(55-40) = \text{افزایش نیروی کششی}$$

تاثیر ارتفاع بر قدرت موتور ماشین آلات:

تمام موتورهای درونسوز به موازات افزایش ارتفاع نسبت به سطح تراز آب های آزاد بدلیل کاهش چگالی هوا (فشار هوا) در ارتفاعات بالا ، توان خود را تا حدی از دست می دهند. به عبارت دیگر قدرت یک موتور نسبت به میزان انرژی تولید شده از سوخت اندازه گیری می شود، برای سوخت و هوا که وارد سیلندر می شود باید نسبت صحیحی بین مقدار سوخت و هوا موجود باشد تا حداکثر قدرت موتور از آن حاصل شود. نسبت بین مقادیر باید طوری باشد که اکسیژن کافی برای مصرف سوخت موجود باشد، اگر تراکم هوا به علت ارتفاع تقلیل یابد موتور با اکسیژن کمتری برای احتراق مواجه می شود و بدین سبب موتور ماشین تا حدی قدرت خود را از دست می دهد.

این کاهش قدرت برای موتورهای درونسوز چهار زمانه در اثر ارتفاع به ازای هر 300 متر ارتفاع بالای 300 متر اولیه 3% و این مقدار برای موتورهای دو زمانه 1% می باشد. فرض بر این است که در 300 متر اولیه موتور ماشین دچار افت توان نمی شود.

پس:

- برای موتورهای چهار زمانه : $\text{درصد کاهش توان} = \frac{3\%(H-300)}{300}$

- برای موتورهای دو زمانه : $\text{درصد کاهش توان} = \frac{1\%(H-300)}{300}$

درصد کاهش توان - 100% = درصد توان اسمی قابل استفاده

مثال: اگر قدرت یک موتور چهار زمانه در سطح تراز آبهای آزاد (فشار 76cmHg) برابر 100hp باشد، در ارتفاع 3000 متری از سطح دریا درصد کاهش توان موتور چقدر خواهد بود؟

$$\text{درصد کاهش توان} = \frac{3\%(3000-300)}{300} = 27\%$$

$$73\% = 100\% - 27\% = \text{درصد توان اسمی قابل استفاده}$$

$$27hp = 100hp \times 27\% = \text{مقدار کاهش توان}$$

$$73hp = 100hp \times 73\% = \text{قدرت موثر}$$

در مثال بالا اگر موتور دو زمانه فرض شود مقدار کاهش توان چقدر خواهد بود؟

$$91\% = \text{درصد توان اسمی قابل استفاده} \rightarrow 9\% = \frac{1\%(3000-300)}{300} = \text{درصد کاهش توان}$$

$$91hp = \text{قدرت موثر}$$

در شرایط مساوی عملکرد موتور ماشین آلات دو زمانه در ارتفاع به مراتب بهتر از عملکرد موتور ماشین آلات چهار زمانه است.

مثال: یک ماشین چرخ لاستیکی با موتور چهار زمانه به وزن 18450kg حداکثر 18000kg نیروی کششی تولید می کند. این ماشین در ارتفاع 2000 متری از سطح تراز دریا و بر روی خاک نباتی مرطوب قرار دارد، شرایط کار ایجاب می کند که یک نیروی کششی به اندازه 9000kg برای حرکت دادن تراکتور و بار مربوطه تولید شود، آیا تحت این شرایط تراکتور قادر بکار خواهد بود؟

حل:

جدول ۴-۳ ضریب اصطکاک کششی برای سطوحی مختلف

سطح	چرخ لاستیکی	تراکتور
آب و خشک و زبر	۰/۸ تا ۱/۰	۰/۴۵
خاک نباتی خشک	۰/۵ تا ۰/۷	۰/۹
خاک نباتی تر	۰/۴ تا ۰/۵	۰/۷
شن و ماسه خیس	۰/۳ تا ۰/۴	۰/۳۵
شن خشک صاف	۰/۲ تا ۰/۳	۰/۳
برف خشک	۰/۲	۰/۳۵-۰/۱۵
یخ	۰/۱	۰/۲۵-۰/۱

$$\text{درصد کاهش توان} = \frac{3\%(2000-300)}{300} = 17\%$$

$$100\% - 17\% = 83\% = \text{درصد توان اسمی قابل استفاده}$$

$$0.83 \times 18000\text{kg} = 14940\text{kg} > 9000\text{kg} = \text{مقدار نیروی کششی موجود در ارتفاع}$$

محاسبه فوق نشان می دهد که موتور ماشین در ارتفاع 2000 متری قادر به تولید 14940kg نیروی کششی است که بیش از مقدار مورد تقاضا (9000kg) است. اما باید توجه کرد جهت قضاوت در خصوص امکان انجام کار، بررسی نیروی کششی زیر چرخ قبل از بکسواد نیز ضرورت دارد:

$$0.45 = \text{ضریب اصطکاک کششی}$$

$$0.45 \times 18450\text{kg} = 8300\text{kg} < 9000\text{kg} = \text{حداکثر نیروی کششی زیر چرخ قبل از بکسواد}$$

با توجه به اینکه چرخهای ماشین با اعمال 8300kg بکسواد خواهد کرد پس امکان اعمال نیروی 9000kg عملاً غیرممکن خواهد بود و ماشین قادر به انجام کار مورد نظر نخواهد بود.

تاثیر توام فشار(ارتفاع) و درجه حرارت بر عملکرد ماشین آلات:

همانطوریکه قبلا اشاره گردید با افزایش ارتفاع نسبت به سطح آبهای آزاد از توان موتور ماشین آلات کاسته می شود ،باید توجه داشت که با افزایش دمای محیط نیز از توان ماشین آلات کاسته می شود.

لازم به توضیح است آنچه که در این قسمت ارائه می گردد در ارتباط با موتور ماشین آلات چهارزمانه درونسوز می باشد.

شرایط استاندارد:

دما در شرایط استاندارد 15.6°C و فشار 76cm.Hg می باشد.

قدرت موتور ماشین آلات که در مشخصات ماشین قید می گردد مربوط به شرایط استاندارد می باشد و با تغییر این شرایط قدرت موتور نیز تغییر می یابد.

$$H_C = H_O \frac{P_S}{P_O} \sqrt{\frac{T_O}{T_S}} \rightarrow H_O = H_C \frac{P_O}{P_S} \sqrt{\frac{T_S}{T_O}}$$

H_O : قدرت موتور در شرایط کار (اسب بخار)

H_C : قدرت موتور در شرایط استاندارد (اسب بخار)

P_O : فشار محیط کار (Cm.Hg): قابل وصول از جدول ۴-۴

P_S : فشار استاندارد (76Cm.Hg)

T_O : دمای محیط کار (درجه کلون)

T_S : دمای استاندارد (درجه کلون): $T_S = 273 + t_s$ و $t_s = 15.6^{\circ}\text{C}$:

$$T_S = 273 + t_s = 273 + 15.6 = 288.6^{\circ}\text{K} \quad T_O = 273 + t_o$$

جدول ۴-۴ فشار متوسط بارومتر برای ارتفاعات مختلف از سطح دریا بر حسب سانتیمتر جیوه

ارتفاع از سطح دریا متر	فشار بارومتر سانتیمتر جیوه Cm.Hg
۰	۷۶ / —
۳۰۰	۷۳ / ۳۰
۶۰۰	۷۰ / ۶۶
۹۰۰	۶۸ / ۰۷
۱۲۰۰	۶۵ / ۵۸
۱۵۰۰	۶۳ / ۱۷
۱۸۰۰	۶۰ / ۸۳
۲۱۰۰	۵۸ / ۶۰
۲۴۰۰	۵۶ / ۴۱
۲۷۰۰	۵۴ / ۲۵
۳۰۰۰	۵۲ / ۲۰

مثال: قدرت موتور یک تراکتور درونسوز در شرایط استاندارد 100hp تعیین شده است. اگر این تراکتور در ارتفاع 1380m از سطح تراز دریا مورد استفاده قرار گیرد و دمای محیط 20°C باشد ، قدرت موتور در این محیط چقدر پیش بینی می شود؟

$$H_c = 100\text{hp}$$

$$H = 1380\text{m} \rightarrow P_o = 64.08\text{Cm.Hg}$$

$$t_o = 20^{\circ}\text{C}$$

$$H_o = H_c \frac{P_o}{P_s} \sqrt{\frac{T_s}{T_o}}$$

$$H_o = 100 \frac{64.08}{76} \sqrt{\frac{288.6}{273+20}} = 85.06\text{hp}$$

درونیابی:

فشار ارتفاع

1200 65.58

1380 $? \rightarrow P_o = 64.08\text{Cm.Hg}$

1500 63.17

جدول ۴-۴ فشار متوسط بارومتر برای ارتفاعات مختلف از سطح دریا بر حسب سانتیمتر جیوه

ارتفاع از سطح دریا متر	فشار بارومتر سانتیمتر جیوه Cm.Hg
۰	۷۶ / -
۳۰۰	۷۳ / ۳۰
۶۰۰	۷۰ / ۶۶
۹۰۰	۶۸ / ۰۷
۱۲۰۰	۶۵ / ۵۸
۱۵۰۰	۶۳ / ۱۷
۱۸۰۰	۶۰ / ۸۳
۲۱۰۰	۵۸ / ۶۰
۲۴۰۰	۵۶ / ۴۱
۲۷۰۰	۵۴ / ۲۵
۳۰۰۰	۵۲ / ۲۰

مثال: یک تراکتور چرخ لاستیکی درونسوز چهار زمانه با وزن 10ton که قدرت آن در شرایط استاندارد 100hp تعیین شده است در ارتفاع 1500 متری از سطح تراز دریا با سرعت 6KPH مورد استفاده قرار می گیرد و دمای محیط 15.6 درجه دسانتیگراد است. این تراکتور روی خاک نباتی مرطوب کار می کند و شرایط کار ایجاب می کند که یک نیروی کششی به اندازه **3000kg** ، برای حرکت دادن تراکتور و بار مربوطه تولید شود، آیا تراکتور با بازده 85% در این شرایط قادر به کار خواهد بود؟

$$H_c = 100\text{hp}$$

$$H = 1500\text{m} \rightarrow P_o = 63.17\text{cm.Hg}$$

$$t_o = 15.6^{\circ}\text{C}$$

$$H_o = H_c \frac{P_o}{P_s} \sqrt{\frac{T_s}{T_o}} \rightarrow H_o = 100 \frac{63.17}{76} \sqrt{\frac{288.6}{273+15.6}} = 83.12\text{hp}$$

$$T = \frac{268.7 \times HP \times C}{V} = \frac{267.8 \times 83.12 \times 0.85}{6} = 3164\text{kg} > 3000\text{kg}$$

جدول ۴-۴ فشار متوسط بارومتر برای ارتفاعات مختلف از سطح دریا برحسب سانتیمتر جیوه

ارتفاع از سطح دریا متر	فشار بارومتر سانتیمتر جیوه Cm.Hg
۰	۷۶ / -
۳۰۰	۷۲ / ۳۰
۶۰۰	۷۰ / ۶۶
۹۰۰	۶۸ / ۰۷
۱۲۰۰	۶۵ / ۵۸
۱۵۰۰	۶۳ / ۱۷
۱۸۰۰	۶۰ / ۸۳
۲۱۰۰	۵۸ / ۶۰
۲۴۰۰	۵۶ / ۴۱
۲۷۰۰	۵۴ / ۲۵
۳۰۰۰	۵۲ / ۲۰

محاسبات بالا نشان می دهد که موتور ماشین قادر به تولید بیش از 3000kg نیرو کششی می باشد اما ضرورت دارد که عامل ضریب اصطکاک کششی نیز مورد بررسی قرار گیرد:

$$= 0.45 \times 10000\text{kg} = 4500\text{kg} > 3000\text{kg}$$

بدین ترتیب می توان تمام توان موتور را بکار گرفت بدون اینکه چرخها بکسواد کنند.

مثال: یک تراکتور چرخ زنجیری به وزن 36ton روی سربالایی با شیب 4% یک اسکرپور چرخ لاستیکی به وزن 45.4ton را به دنبال خود می کشد. اگر ضریب مقاومت غلتشی $50^{kg}/ton$ باشد مقاومت کل مجموعه این دو وسیله چند کیلوگرم خواهد بود؟ اگر حداکثر نیروی کششی زیر چرخ 10ton فرض شود نیروی کششی موجود برای کشیدن بار چقدر خواهد بود؟
حل:

با صرف نظر کردن از وزن تراکتور چرخ زنجیری مقاومت غلتشی مجموعه را محاسبه می کنیم:

$$\text{مقاومت غلتشی} = 45.5 \times 50 = 2275 \text{kg}$$
$$\text{مقاومت شیب} = 10 \times 4 \times (45.5 + 36) = 3160 \text{kg}$$
$$\text{مقاومت کل} = 2275 + 3160 = 5535 \text{kg}$$
$$\text{نیروی کششی موجود برای انجام کار} = 10000 \text{kg} - 5535 \text{kg} = 4465 \text{kg}$$

چند سوال:

◀ مقاومت شیب به ازاء هر تن بار حمل شده و هر درصد شیب چند کیلوگرم منظور می شود؟

- (۱) ۷ (۲) ۱۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۵۰

جواب: گزینه ۲

◀ تاثیر ارتفاع کارگاه در کاهش نیروی کششی موتور ماشین آلات به ازای هر ۳۰۰ متر ارتفاع بالای ۳۰۰ متر اولیه چند درصد منظور می شود؟

- (۱) ۶ (۲) ۴ (۳) ۳ (۴) ۲ (۵) ۱

جواب: گزینه ۳ – این درصد برای موتور های چهار زمانه ۳% و برای موتور های دو زمانه ۱% می باشد.

◀ در مدیریت و سرپرستی امور ماشین آلات در عملیات اجرایی پروژه های بزرگ با وجود مدیریت مجرب و مداوم و با برنامه ریزی صحیح حداقل چند درصد از مدت کل اجرای عملیات در اثر عوامل مختلف از بین می رود؟

- (۱) ۳۵ (۲) ۲۵ (۳) ۴۵ (۴) ۱۵ (۵) ۵

جواب: گزینه ۳

◀ با توجه به اصول مهندسی در ماشین آلات چرخ لاستیکی اگر مقاومت کل را با R و مقاومت غلتشی را با R_1 و مقاومت شیب را با R_2 نشان دهیم ، برای حرکت در سرازیری ،مقاومت کل عبارتست از :

$$(۱) R = R_1 - R_2 \quad (۲) R = R_1 + R_2 \quad (۳) R_1 = R - R_2 \quad (۴) R_2 = R - R_1$$

جواب: گزینه ۱

◀ مقدار ضریب اصطکاک کششی بین چرخ لاستیکی و کدام سطح بیشتر است؟

- (۱) بتن خشک و زیر (۲) خاک نباتی خشک (۳) خاک نباتی ترد (۴) شن و ماسه خیس
- جواب: گزینه ۱

◀ وضعیت استاندارد در عملکرد موتورهای احتراق داخلی عبارت از درجه حرارت

سانیکراد و فشار متوسط بارومتر در سطح دریا برابر سانتیمتر جیوه است؟

- (۱) 86 – 15.6 (۲) 16.7 – 82 (۳) 76 - 15.6 (۴) هیچکدام
- جواب: گزینه ۳

عملیات خاکی

تمام مواد موجود در پوسته جامد زمین را می توان به دو گروه تقسیم نمود:

الف) سنگ

با توجه به تاثیر بعضی از خواص سنگ ها و خاک در نحوه اجرای عملیات خاکی ، شناسایی خواص سنگ و خاک ضروری می باشد.

در مبحث عملیات اجرایی و خاکبرداری عموماً خواصی از خاک مانند قابلیت حمل ، قابلیت بارگیری ، میزان رطوبت ، قابلیت زهکشی ، وزن مخصوص و تغییرات حجم خاک مورد بررسی قرار می گیرد.

۱- خاک درشت دانه بدون ریزدانه (مصالح سنگی شکسته) :

در طبیعت کمتر پیدا می شود، مگر بصورت تولید مصنوعی با استفاده ستگاه های سنگ شکن . این نوع خاک برای بارهای دینامیکی مناسب است و عمدتاً در لایه اساس روسازی راه و راه آهن بکار می رود.

C → خیلی کم

خیلی زیاد $\rightarrow \varphi$

C : چسبندگی خاک

φ : زاویه اصطکاک داخلی خاک

شکل مقابل مقطعی از ساختمان راه را نشان می دهد.



بستر

۲- خاک درشت دانه با درصد زیاد ریزدانه:

برای استفاده در راهسازی در درجه دوم اهمیت قرار دارد و در لایه زیراساس مورد استفاده قرار می گیرد.

متوسط $\rightarrow C$

متوسط $\rightarrow \varphi$

۳- خاک درشت دانه با درصد کم ریزدانه:

مناسب برای لایه های روسازی راه (زیراساس، اساس) می باشد. خاک های شنی رس دار در این گروه قرار می گیرند.

کم $\rightarrow C$

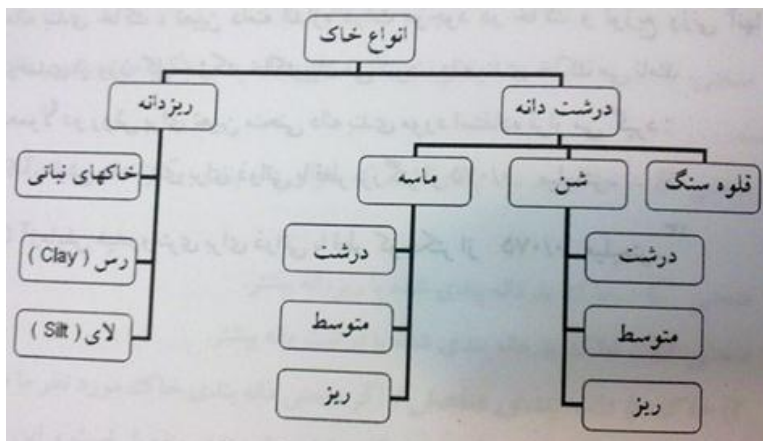
زیاد $\rightarrow \varphi$

۴- خاک کاملاً ریزدانه : مانند خاکهای رسی و سیلتی

خیلی کم $\rightarrow \varphi$

خیلی زیاد $\rightarrow C$

نامناسب برای استفاده در لایه های روسازی راه



قابلیت ترافیک:

مقاومت خاک در برابر بارهای وارده ناشی از عبور و مرور مکرر ماشین آلات چرخ لاستیکی و چرخ زنجیری، قابلیت ترافیک نامیده می شود. قابلیت ترافیک خاک معمولاً با توجه به نوع خاک و میزان رطوبت موجود خاک در دوره عملیات ساختمانی تخمین زده می شود.

قابلیت بارگیری:

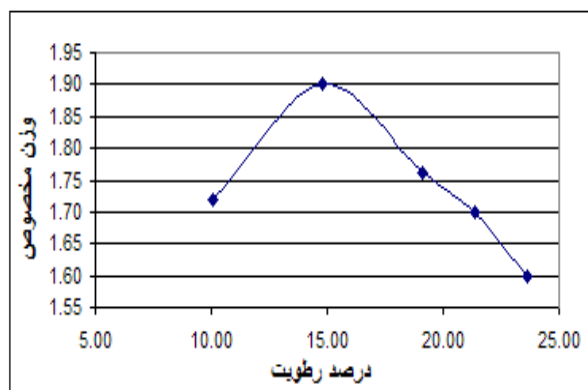
قابلیت بارگیری، شاخصی است که تعیین می کند با چه درجه ای از سهولت می توان خاک را کنده و بارگیری نمود. معمولاً خاکهای درشت دانه و غیرچسبنده قابلیت بارگیری زیادی دارند و برعکس خاکهای متراکم و چسبنده و اکثر سنگها از قابلیت بارگیری کمی برخوردارند.

درصد رطوبت :

تمامی خاکها در حالت طبیعی دارای رطوبت می باشند که با رابطه زیر تعیین می گردد:

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک مرطوب}}{\text{وزن خشک}} \times 100$$

هرخاکي در يك درصد رطوبت مختص به خود به حداکثر تراکم می رسد که به درصد رطوبت بهینه ($w_{opt.}$) موسوم است.



حالت های خاص خاک:

هنگام انجام عملیات خاکی حجم خاک را می توان به سه حالت در نظر گرفت:

الف) خاک در حالت طبیعی (کنده نشده ، دست نخورده، توده ، قرضه):

واحد حجم خاک در این حالت برحسب مترمکعب دست نخورده(قرضه ، کنده نشده) بیان می شود.

مترمکعب طبیعی: **Bank Cubic Meter: BCM (Bm³)**

یارد مکعب طبیعی: **Bank Cubic Yard : BCY (By³)**

ب) خاک در حالت سست (کنده شده ، سست):

واحد حجم خاک در این حالت برحسب مترمکعب دست خورده(سست) بیان می شود.

مترمکعب سست: **Loose Cubic Meter: LCM (Lm³)**

یارد مکعب سست: **Loose Cubic Yard: LCY (Ly³)**

ج) خاک به حالت متراکم (کوبیده شده) :

واحد حجم خاک در این حالت برحسب مترمکعب متراکم(کوبیده شده) بیان می شود.

مترمکعب متراکم: **Compacted Cubic Meter : CCM**

یارد مکعب متراکم: **Compacted Cubic Yard: CCY(Cy³)**

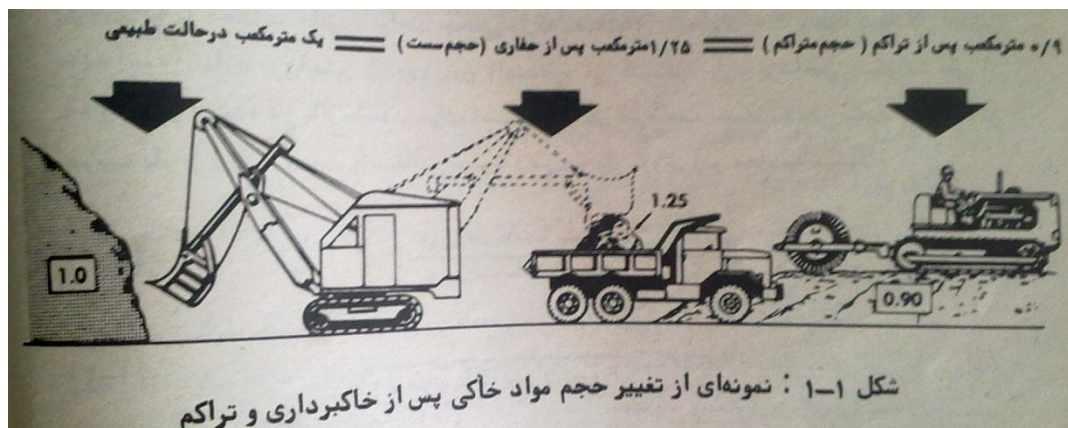
$$1\text{ft}=3\text{yard}$$

$$1\text{yard}^3 = 0.76\text{m}^3$$

وزن مخصوص خاک در حالت طبیعی: B

وزن مخصوص خاک در حالت سست: L

وزن مخصوص خاک در حالت متراکم: C



تورم (انبساط) خاک: swell

وقتی که خاک کنده شود به حجمش افزوده می شود ، این افزایش حجم تورم خاک نامیده می شود.

$$\text{SW} = \left(\frac{B}{L} - 1 \right) \times 100 \text{ درصد تورم}$$

انقباض (افت) خاک: shrinkage

حجم خاک در اثر تراکم دچار افت می شود ، این کاهش حجم را انقباض خاک می نامند.

$$\text{sh} = \left(1 - \frac{B}{C} \right) \times 100 \text{ درصد انقباض}$$

ضریب بار: Load factor

$$\text{ضریب بار} = \frac{L}{B} = \frac{1}{1 + \text{SW}}$$

$$\text{Bm}^3 = \text{ضریب بار} \times \text{Lm}^3$$

ضریب انقباض:

$$\text{ضریب انقباض} = \frac{B}{L} = 1 - sh$$

$$\text{CCM} = \text{ضریب انقباض} \times Bm^3$$

مثال: خاکی $1163 \text{ kg}/lm^3$ ، $1661 \text{ kg}/Bm^3$ و $2077 \text{ kg}/Cm^3$ وزن دارد.

اولا ضریب بار و ضریب انقباض را برای این خاک بیابید؟

ثانیا $593300Lm^3$ از این خاک چه مقدار خاک برحسب Bm^3 و CCM می باشد؟

$$\text{ضریب بار} = \frac{L}{B} = \frac{1163}{1661} = 0.7$$

$$\text{ضریب انقباض} = \frac{B}{C} = \frac{1661}{2077} = 0.8$$

$$593300Lm^3 \times 0.7 = 415310 Bm^3$$

$$415310 Bm^3 \times 0.8 = 332248 CCM$$

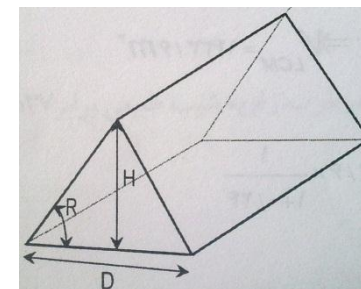
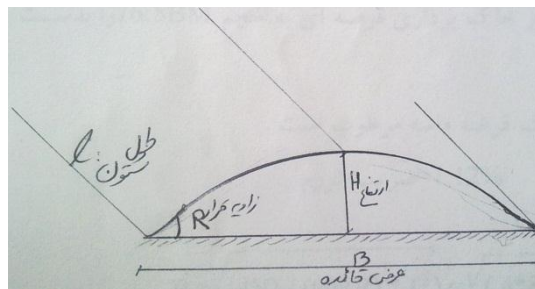
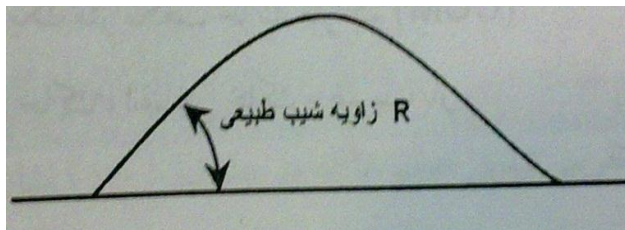
ضرایب تقریبی تبدیل حجم خاک در جدول زیر ارائه شده است:

نوع خاک	شرایط اولیه خاک	تبدیل به حالت	
		در محل طبیعی	مست
رس	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۲۷
	مست	۰/۸۹	۱/۰۰
	متراکم	۱/۱۱	۱/۴۱
زمین معمولی	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۲۵
	مست	۰/۸۰	۱/۰۰
	متراکم	۱/۱۱	۱/۳۹
سنگ (خرد شده)	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۵۰
	مست	۰/۶۷	۱/۰۰
	متراکم	۰/۷۷	۱/۱۵
ماسه	در محل قرضه	۱/۰۰	۱/۱۲
	مست	۰/۸۹	۱/۰۰
	متراکم	۱/۰۵	۱/۱۸

محاسبه ابعاد خاکریز(دپو):

در برنامه ریزی و برآورد عملیات خاکی لازم است که ابعاد و حجم خاکریزی را محاسبه نماییم. باید توجه نمود که خاک موجود در محل دپو برحسب LCM خواهد بود در حالی که این حجم در محل قرضه بر حسب BCM بوده است.

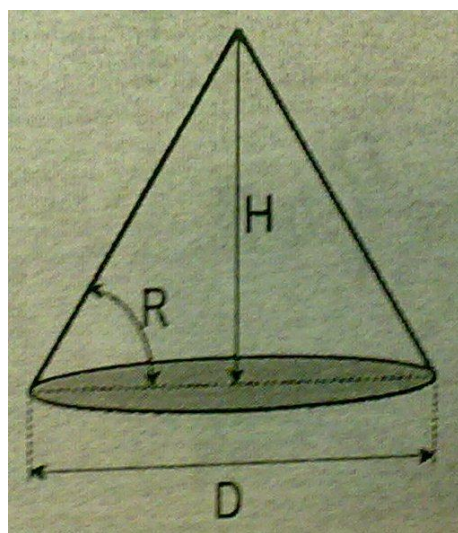
اگر طول خاکریزی در مقایسه با عرض آن زیاد باشد آن را توده مازاد مثلثی می نامند که مقطع عرضی آن با مثلث مشخص می شود.



اگر مواد خاکبرداری شده از جایگاه ثابت تخلیه شود ، ستون مازاد مخروطی بوجود خواهد آمد که شکل مخروطی دارد.

زاویه شیب طبیعی (زاویه قرار):

عبارتست از زاویه طبیعی که سطوح جانبی یک خاکریز با سطح افقی تشکیل می دهند ، این زاویه بیانگر حالت تعادل خاک بوده و با خواص فیزیکی انواع خاک تغییر می کند.



زاویه قرار تعدادی از خاکها به شرح ذیل می باشد:

زاویه قرار (درجه)

نوع خاک

۳۵°

خاک رس

۳۲°

خاک معمولی خشک

۳۷°

خاک معمولی مرطوب

۳۵°

شن

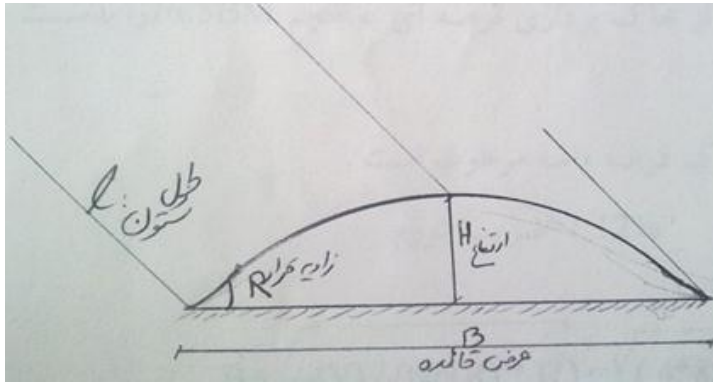
۳۰°

ماسه خشک

۳۷°

ماسه مرطوب

نوع مواد	R زاویه شیب طبیعی (درجه)
ماسه خشک	۳۰ - ۳۳/۶
شن	۳۵
رس	۳۵
زمین عادی	۳۷
ماسه مرطوب	۳۷



محاسبه ابعاد توده مازاد مثلثی:

H : ارتفاع توده (m)

B : قاعده (m)

R : زاویه قرار (درجه)

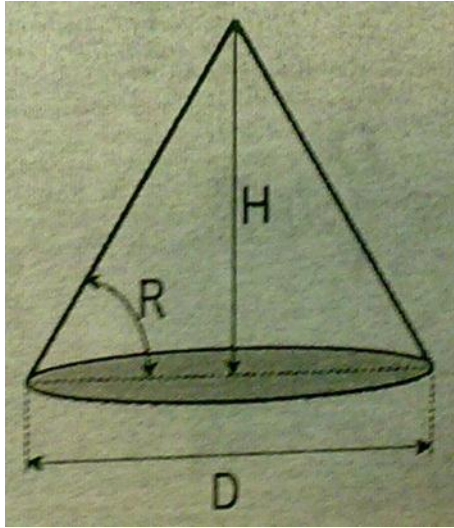
L : طول توده (m)

V : حجم خاک توده (m^3)

A : سطح مقطع توده (m^2)

$$V = A \times L \quad , \quad A = \frac{1}{2} B.H \quad , \quad \tan R = \frac{H}{B/2} \rightarrow H = \frac{1}{2} B.\tan R$$

$$\rightarrow A = \frac{1}{4} B^2.\tan R \rightarrow V = \frac{1}{4} B^2.\tan R \times L \rightarrow B = \sqrt{\frac{4V}{\tan R \times L}}$$



محاسبه ابعاد ستون مازاد مخروطی:

A: سطح قاعده مخروط (مترمربع)

H: ارتفاع مخروط (متر)

R: زاویه قرار (درجه)

V: حجم مخروط (مترمکعب سست)

$$V = \frac{1}{3} A.H$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\tan R = \frac{H}{D/2} \rightarrow H = \frac{1}{2} D \cdot \tan R$$

$$V = \frac{1}{3} \times \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{1}{2} D \cdot \tan R \rightarrow V = \frac{\pi \cdot D^3}{24} \tan R \rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{7.64V}{\tan R}}$$

مثال: عرض قاعده و ارتفاع یک توده مازاد مثلثی را که حجم آن حاصل از خاکبرداری قرضه ای به حجم 76.5 Bm^3 است، بدست آورید. طول توده 9.14 m و جنس خاک قرضه ماسه مرطوب فرض می شود.

حل:

- خاک قرضه از نوع خاک دست نخورده می باشد و واحد حجم آن Bm^3 است که پس از خاکبرداری خاک سست شده و واحد حجم آن بر حسب Lm^3 خواهد بود پس ضریب تبدیل خاک از حالت طبیعی به حالت سست مطابق جدول انتخاب می شود:

1.12 : ضریب تورم

به همین ترتیب زاویه قرار خاک نیز با توجه به جدول تعیین می گردد:

$$R = 37^\circ$$

$$V = 76.5 \text{ Bm}^3 \times 1.12 = 85.68 \text{ Lm}^3$$

$$B = \sqrt{\frac{4V}{\tan R \times L}} = \sqrt{\frac{4 \times 85.68}{\tan 37^\circ \times 9.14}} = 7.05 \text{ m}$$

$$H = \frac{1}{2} B \cdot \tan R = \frac{1}{2} \times 7.05 \times \tan 37^\circ = 2.66 \text{ m}$$

تبدیل به حالت			شرایط اولیه خاک	نوع خاک
مترکب	سست	در محل طبیعی		
۰.۹۰	۱/۲۷	۱/۱۰۰	در محل فرقه	رس
۰.۷۶	۱/۱۰۰	۰.۷۹	سست	
۱/۱۰۰	۱/۴۱	۱/۱۱	مترکب	
۰.۹۰	۱/۲۵	۱/۱۰۰	در محل فرقه	زمین معمولی
۰.۷۲	۱/۱۰۰	۰.۸۰	سست	
۱/۱۰۰	۱/۳۹	۱/۱۱	مترکب	
۱/۳۰	۱/۵۰	۱/۱۰۰	در محل فرقه	سنگ (خرد شده)
۰.۸۷	۱/۱۰۰	۰.۶۷	سست	
۱/۱۰۰	۱/۱۵	۰.۷۷	مترکب	
۰.۹۵	۱/۱۲	۱/۱۰۰	در محل فرقه	ماسه
۰.۸۵	۱/۱۰۰	۰.۸۹	سست	
۱/۱۰۰	۱/۱۸	۱/۱۰۵	مترکب	

نوع مواد	R زاویه شیب طبیعی (درجه)
ماسه خشک	۳۰ - ۳۳/۶
شن	۳۵
رس	۳۵
زمین عادی	۳۷
ماسه مرطوب	۳۷

مثال: قرار است کانالی به عمق 80cm و عرض یک متر و طول 100m در زمینی رسی حفر گردد ، چنانچه خاک حاصل بصورت ستون مازاد مخروطی دیو گردد ابعاد آن را تعیین نمایید؟
حل:

$$1.27 = \text{ضریب تورم}$$

$$35^\circ = \text{زاویه قرار}$$

نوع مواد	R زاویه شیب طبیعی (درجه)
ماسه خشک	۳۰ - ۳۳/۶
شن	۳۵
رس	۳۵
زمین عادی	۳۷
ماسه مرطوب	۳۷

نوع خاک	شرایط اولیه خاک	تبدیل به حالت	
		در محل طبیعی	سست
رس	در محل قرصه	۱/۱۰۰	۱/۲۷
	سست	۰/۷۹	۱/۱۰۰
	متراکم	۱/۱۱	۱/۱۰۰
زمین معمولی	در محل قرصه	۱/۱۰۰	۱/۲۵
	سست	۰/۸۰	۱/۱۰۰
	متراکم	۱/۱۱	۱/۳۹
سنگ (خرد شده)	در محل قرصه	۱/۱۰۰	۱/۵۰
	سست	۰/۶۷	۱/۱۰۰
	متراکم	۰/۷۷	۱/۱۵
ماسه	در محل قرصه	۱/۱۰۰	۱/۱۲
	سست	۰/۸۹	۱/۱۰۰
	متراکم	۱/۱۰۵	۱/۱۸

حجم خاک به حالت طبیعی : $V = 0.80m \times 1m \times 100m = 80Bm^3$

حجم خاک پس از کندن دچار تورم می شود و برحسب مترمکعب سست خواهد بود پس:

$$V = 80Bm^3 \times 1.27 = 101.6 Lm^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{7.64V}{\tan R}} = \sqrt[3]{\frac{7.63 \times 101.6}{\tan 35^\circ}} = 10.35m$$

$$H = \frac{1}{2} D \cdot \tan R = \frac{1}{2} \times 10.35 \cdot \tan 35^\circ = 3.62m$$

مثال: یک پیمانکار با یک کمپرسی ماسه مرطوب را از کارگاه ماسه شویی به کارگاه ساختمانی حمل کرده است ، مطابق توزین باسکول مقدار ماسه حمل شده 10.28ton بوده است. در صورتیکه ماسه تخلیه شده بصورت خاکریز مخروطی، دارای عرض 3.8m و وزن مخصوص ماسه خشک $1820^{kg}/m^3$ باشد ، وزن ماسه خشک حمل شده چند تن خواهد بود؟

حل:

$$D = 3.8m$$

$$R = 37^\circ$$

$$V = \frac{\pi \cdot D^3}{24} \tan R \rightarrow$$

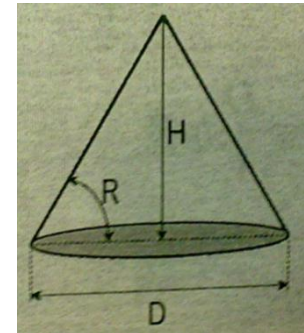
$$V = \frac{\pi (3.8)^3}{24} \cdot \tan 37^\circ = 5.4 \text{ Lm}^3$$

$$\gamma_{sand} = \frac{w_{sand}}{v_{sand}} \rightarrow$$

$$w_{sand} = 1820^{kg}/m^3 \times 5.4 \text{ Lm}^3 = 9828 \text{ kg} = 9.828 \text{ ton} \quad \text{: وزن ماسه خشک}$$

$$\text{وزن آب داخل ماسه} = 10.28 \text{ ton} - 9.828 \text{ ton} = 0.452 \text{ ton} = 452 \text{ kg}$$

نوع مواد	R زاویه شیب طبیعی (درجه)
ماسه خشک	۳۰ - ۳۳/۶
شن	۳۵
رس	۳۵
زمین عادی	۳۷
ماسه مرطوب	۳۷



انواع ماشین آلات تراکم:

تراکم بوسیله اعمال کردن انرژی به خاک با یک یا چندین روش زیر حاصل می شود:

۱- اعمال فشار ۲- وزن ساکن ۳- ویبره (لرزش) ۴- تماس (برخورد)

معرفی غلتک ها:

از غلتک ها برای کوبیدن و متراکم کردن خاکها استفاده می شود. و بطور کلی غلتک ها را بر اساس نحوه کوبیدن خاک می توان به شش دسته تقسیم نمود:

۵۹

۱- غلتک چرخ فولادی

الف) چرخ فولادی سه چرخ

ب) چرخ فولادی تاندم دوچرخ

ج) چرخ فولادی تاندم سه چرخ

۲- غلتک چرخ لاستیکی

الف) سبک وزن

ب) سنگین وزن

۳- غلتک پاچه بزی

۴- غلتک های لرزنده (ویبره)

۵- صفحات (کفشک های) لرزنده

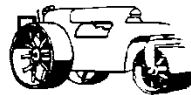
۶- تخمق دستی



چرخ فولادی
تاندم سه چرخ



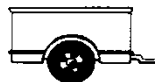
چرخ فولادی
تاندم دوچرخ



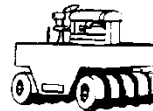
چرخ فولادی
سه چرخ



پاچه بزی

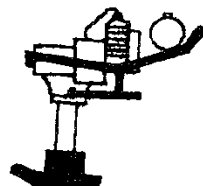
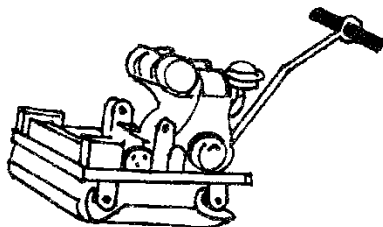


چرخ لاستیکی
سنگین



چرخ لاستیکی
سبک

هست.



۱ - غلتک چرخ فولادی صاف:

- مناسب برای متراکم کردن مخلوط مصالح سنگی نظیر شن و ماسه ، و سنگ شکسته می باشد.
- این غلتک خاک را از بالا به پایین متراکم می کند.
- جهت اتو کردن سطوح ناصاف به کار می رود.
- برای کوبیدن خاکهای ریزدانه چسبنده مناسب نیست. زیرا لایه فوقانی این خاکها در اثر غلتک زدن متراکم شده و بصورت پوسته نازک و سفتی در می آید و مانع تراکم لایه های زیرین می گردد.



توجه: در مرحله اول و سوم غلتک زدن آسفالت نیز از غلتک چرخ فولادی صاف استفاده می شود.

۲- غلتک چرخ لاستیکی:

(الف) سبک وزن :

خاکها را با ورز دادن متراکم می کند و از این نظر برای متراکم کردن خاکهای ماسه ای ، رس ها ، لای ها و یا مخلوطی از آنها مناسب است.

* مرحله دوم کوبیدن آسفالت توسط غلتک چرخ لاستیکی انجام می گیرد.

(ب) سنگین وزن:

- مناسب برای متراکم کردن خاک بستر فرودگاهها و سدهای خاکی

- برای کوبیدن هر نوع خاکی قابل استفاده است.

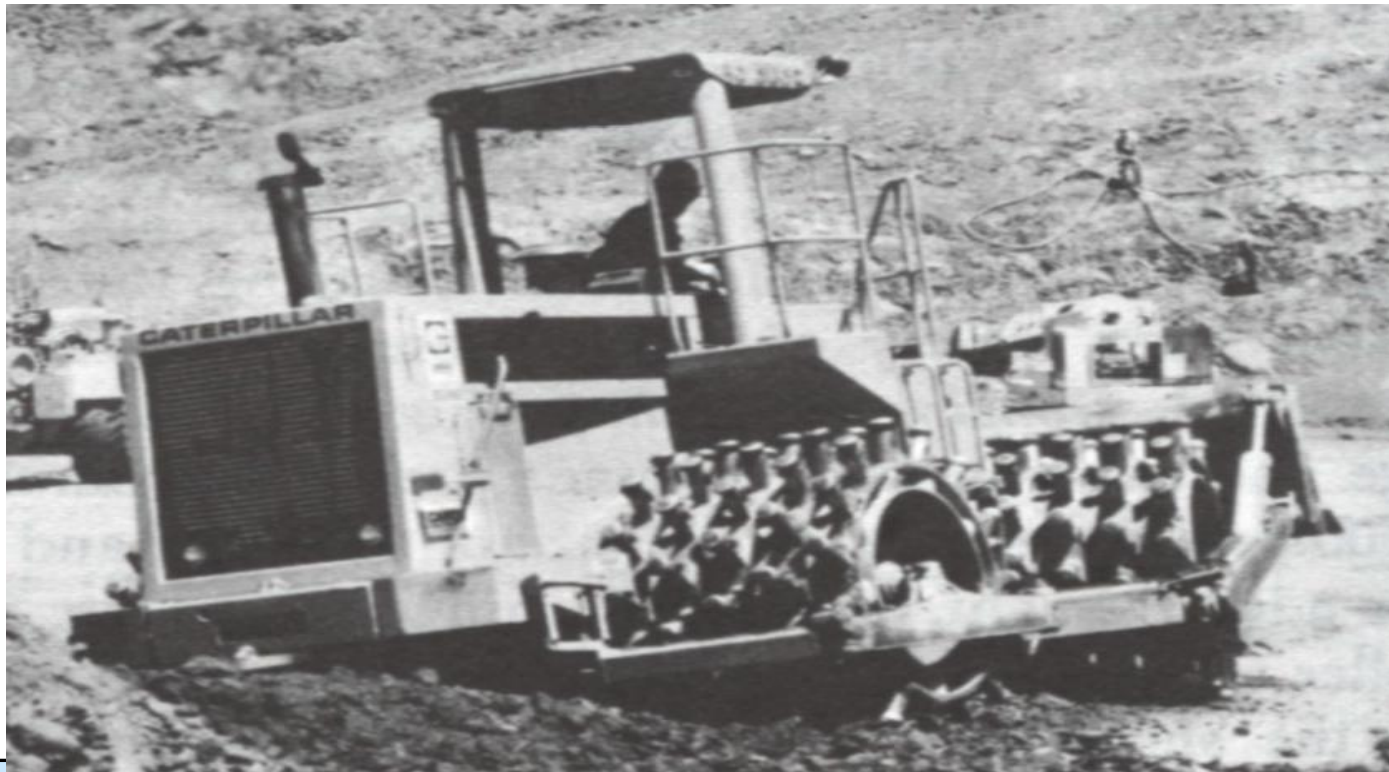
* فشار چرخ های غلتک را می توان با کم یا زیاد کردن سربارها یا با کم و زیاد کردن فشار باد چرخ کنترل کرد.



۳- غلتک پاچه بزی:

الف) ساده:

- مناسب برای کوبیدن و متراکم کردن خاکهای ریزدانه چسبنده مانند رس ، رس لای دار و رس ماسه دار
- این غلتک خاک را از پایین به بالا متراکم می کند.
- خاک را با ورز دادن متراکم می کند ، به عبارت دیگر تاثیر این غلتک در خاکهای ریزدانه چسبنده ، بر اساس وارد کردن نیروی زیاد بر سطحی کوچک استوار است.
- این غلتک برای کوبیدن خاکهای دانه ای نظیر شن و ماسه ، و سنگ شکسته مناسب نیست.



(ب) سرپهن:

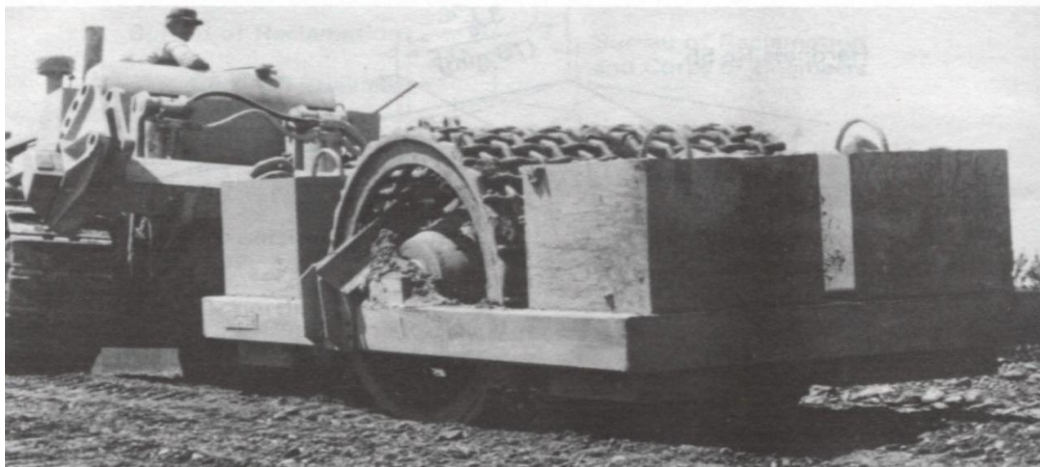
مناسب برای ورز دادن و متراکم کردن خاکهای تثبیت شده



(ج) مشبک:

برای شکستن و خرد کردن دانه های سنگ و فرو بردن آنها در زمین مناسب است. این کار منجر به تشکیل یک توده خاک توپر و متراکم می گردد.

برای افزایش وزن غلتک می توان از بلوک های بتنی همانند شکل استفاده نمود.



توجه:

از دیدگاه دیگر غلتک ها را می توان به دو گروه تقسیم نمود:

الف) استاتیک ب) دینامیک (لرزنده یا ویبره)

غلتک های لرزنده برای متراکم کردن خاکهای درشت دانه نظیر شن و ماسه و سنگ شکسته مناسب است. مرتعش کردن خاکها باعث تسریع و بهبود تراکم می گردد.

غلتک های لرزنده می تواند از نوع چرخ فولادی ، چرخ لاستیکی و یا پاچه بزی باشد.

۴- صفحات (کفشک های) لرزنده:

الف) برقی ب) مکانیکی ج) دستی

- در محلهای بکار می رود که امکان عبور غلتک وجود ندارد.

- ضمن کوبیدن خاک آنرا مرتعش می کند.



۵- تخماق دستی:

- مناسب برای محل هایی که نتوان از انواع دیگر غلتک ها استفاده نمود.
- خاک را با وارد کردن ضربه متراکم می کند.







نوع غلتک	وزن (تن)	فشار	ضخامت لایه خاک (سانتیمتر)		سرعت (کیلومتر در ساعت)	خاکهای مناسب
			غلتک سبک	غلتک سنگین		
چرخ فولادی سه چرخ	۵ - ۱۸	kg / cm ۱۰ - ۹۰	۱۰ - ۱۵	۱۵ - ۲۰	۸ - ۱۵	شن و ماسه - سنگ شکسته
چرخ فولادی تاندم دو چرخ	۳ - ۱۴	kg / cm ۱۰ - ۹۰	۱۰ - ۱۵	۱۵ - ۲۰	۸ - ۱۵	شن و ماسه - سنگ شکسته
چرخ فولادی تاندم سه چرخ	۱۰ - ۱۸	kg / cm ۱۰ - ۹۰	۱۰ - ۱۵	۱۵ - ۲۰	۸ - ۱۵	شن و ماسه - سنگ شکسته
چرخ لاستیکی سبک	۳ - ۱۰	kg / cm ² ۱۵ - ۲	۱۰ - ۱۵	۱۵ - ۲۰	۲۴ - ۱۵	ماسه، رس، لای، مخلوط رس و لای و ماسه
چرخ لاستیکی سنگین	۴۵	kg / cm ² ۶ - ۱۰	۶۰	-	۸ - ۱۶	هر نوع خاک
پاچه بزی	۲ - ۱۸	kg / cm ² ۷ - ۵۶	۱۵ - ۲۲	۲۰ - ۳۰	۸ - ۱۶	رس، رس ماسه دار، رس لای دار
لرزنده	۳ - ۲۷	-	۱۰ - ۲۰	۲۰ - ۳۰	۸ - ۲۵	شن، ماسه، سنگ شکسته، شن و ماسه

نکات مهم:

- معمولا پس از ۵ تا ۱۰ عبور غلتک تقریبا ، خاک به تراکم نهایی می رسد.
- با عبور بیشتر غلتک ، تراکم خاک به میزان محسوسی افزایش نمی یابد و باعث هدر رفتن انرژی و افزایش هزینه خواهد شد.
- غلتک های سنگین با تعداد عبور کمتر و در درصد رطوبت پایین تر قادر به متراکم کردن خاک می باشند و از این نظر نسبت به غلتک های سبک تر ترجیح داده می شوند.
- هر نوع غلتک فقط می تواند عمق محدودی از خاک را کوبیده و متراکم کند. حداکثر ضخامت لایه ها برای کوبیدن و تراکم کردن خاک بصورت زیر می باشد:

نوع راه	حداکثر ضخامت لایه (سانتیمتر)
راه اصلی	15
راه فرعی	25
راه روستایی	30

اگر ضخامت لایه ها بیش از حداکثر مقادیر ذکر شده باشد ، باید خاک را در چند لایه پخش و جداگانه متراکم نمود. البته باید توجه نمود که حداقل ضخامت لایه برای متراکم کردن نباید از ۸ سانتیمتر کمتر باشد.

تولید غلتک:

فاکتورهایی که در تولید غلتک موثرند عبارتند از :

- پهنای درآم غلتک - تعداد عبور غلتک - سرعت غلتک - بازده (راندمان)

Q: تولید غلتک (cm^3/hr یا ccm/hr)

W: پهنای (عرض) درآم غلتک (m)

V: سرعت غلتک (KPH : Kilometr Per Hour)

H: ضخامت لایه پس از تراکم (m)

n: تعداد عبور غلتک **c:** بازده

$$Q = C \times \frac{W \times V \times H \times 1000}{n}$$

مثال: یک خط از راهی به عرض 3.65m که ضخامت بعد از تراکم آن 15cm است. می خواهیم در هر ساعت 300m از این راه را متراکم کنیم، برای متراکم کردن خاک نیاز به غلتک پاچه بزی می باشد. اگر عرض درآم غلتک 150cm و سرعت آن 4KPH و بازده غلتک 80% فرض شود برای 8 عبور غلتک چند دستگاه برای اتمام کار در ساعت لازم است؟

$$\text{حجم خاک قابل تراکم} = 3.65m \times 0.15cm \times 300 \text{ } m/hr = 164.5 \text{ } m^3/hr$$

$$w = 150cm = 1.5m \quad v = 4kph \quad c = 0.80 \quad n = 8 \quad H = 15cm = 0.15m$$

$$Q = C \times \frac{W \times V \times H \times 1000}{n} \rightarrow Q = 0.80 \times \frac{1.5 \times 4 \times 0.15 \times 1000}{8} = 90 \text{ } cm^3/hr$$

$$\text{تعداد غلتک موردنیاز برای اتمام کار در یک ساعت} = \frac{164.5 \text{ } m^3/hr}{90 \text{ } cm^3/hr} = 1.8 = 2$$

مثال: دو خط از راهی که عرض هر خط آن 4m است، با غلتک چرخ فولادی متراکم می گردد، اگر ضخامت بعد از تراکم 20cm باشد و طول راه 7 کیلومتر و 875 متر باشد و عرض درآم غلتک 1.8m، سرعت غلتک 3.5KPH، تعداد عبور غلتک 5، بازده غلتک 100% و غلتک روزی 5 ساعت کار کند برای اتمام کار در 5 روز به چند غلتک نیاز خواهد بود؟
حل:

$$\text{حجم خاک قابل تراکم} = (2 \times 4m) \times 0.20m \times 7875m = 12600ccm = 12600cm^3$$

$$Q = C \times \frac{W \times V \times H \times 1000}{n} \rightarrow Q = 100\% \times \frac{1.8 \times 3.5 \times 0.20 \times 1000}{5} = 252ccm/hr$$

$$\text{تولید روزانه غلتک} = 5^{hr}/day \times 252ccm/hr = 1260ccm/day$$

$$\text{تولید غلتک در مدت ۵ روز} = 5day \times 1260ccm/day = 6300ccm$$

$$\text{تعداد غلتک مورد نیاز برای اتمام کار در ۵ روز} = \frac{12600ccm}{6300ccm} = 2$$

مثال: برای تراکم لایه زیراساس به ضخامت 18cm (ضخامت متراکم) در یک مسیر سه خطه که عرض هر خط آن 3m ، از کیلومتر 100+500 تا کیلومتر 110+000 به عرض کل 9m ، 10 گذر لازم است. اگر سرعت عبور غلتک 8kph باشد و راندها آن 85% فرض شود ،تعداد روزهای کارکرد غلتک را محاسبه نمایید؟ غلتک در هر روز 7 ساعت کار می کند و عرض درآم 1.5m می باشد.

حل:

$$\text{طول مسیر} = (110+000) - (100+500) = 110000\text{m} - 100500 = \text{m} = 9500\text{m}$$

$$Q = C \times \frac{W \times V \times H \times 1000}{n} \rightarrow Q = 0.85 \times \frac{1.5 \times 8 \times 0.18 \times 1000}{10} = 183.6 \text{ccm/hr}$$

$$\text{حجم خاک قابل تراکم} = 9500\text{m} \times (3 \times 3\text{m}) \times 0.18 = 15390 \text{ccm}$$

$$\text{تعداد ساعات کارکرد غلتک} = \frac{15390 \text{ccm}}{183.6 \text{ccm/hr}} = 83.82 \text{hr}$$

$$\text{تعداد روزهای کارکرد غلتک} = \frac{83.82 \text{hr}}{7 \text{hr/day}} = 11.97 \text{day} \approx 12 \text{day}$$

مثال: برای تراکم رویه شنی راه روستایی به عرض 7.2m و به طول 3km از یک غلتک سه چرخ استفاده شده است. در صورتیکه عرض غلتک 2.8m باشد و هنگام تراکم 20cm روی هم اورلپ (over lap) شوند و غلتک سه بار از روی نوارها حرکت کند تا به تراکم مطلوب برسیم ، با بازده 80% و سرعت 6 KPH و ضخامت لایه متراکم 20cm ، به چند ساعت با غلتک نیاز است؟
حل:

$$W = 2.8 - 0.20 = 2.6m \text{ عرض موثر درآم}$$

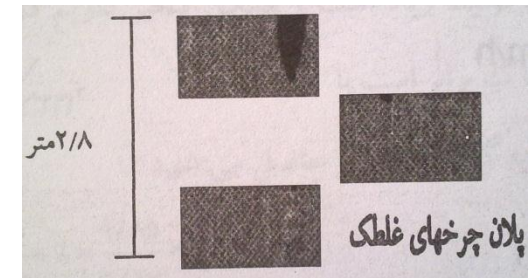
$$\text{نوار 3} \approx 2.77 = \frac{7.2}{2.6} = \text{تعداد نوارهای تراکم}$$

$$n=9 \rightarrow 9 = 3 (\text{نوار}) \times 3 (\text{عبور}) = \text{تعداد عبور غلتک}$$

$$Q = C \times \frac{W \times V \times H \times 1000}{n} \rightarrow Q = 0.80 \times \frac{2.6 \times 6 \times 0.20 \times 1000}{9} = 227.7 \text{ ccm/hr}$$

$$\text{حجم خاک قابل تراکم} = 3000m \times 7.2m \times 0.20 = 4320 \text{ ccm}$$

$$\text{ساعات لازم} = \frac{4320 \text{ ccm}}{227.7 \text{ ccm/hr}} = 18.97 \text{ hr} \approx 19 \text{ hr}$$



تراکتورها:

تراکتورها که به عنوان تجهیزات ساختمانی بکار می روند ، دارای کاربردهای متعددی هستند، هدف اولیه از بکار بردن تراکتورها به جلو راندن و یا کشیدن انواع بارها می باشد. روی تراکتورها انواع و اقسام لوازم مکانیکی از قبیل : بیل های مکانیکی نصب شده در جلوی تراکتور ، ریپر ها (خراشنده یا شکافنده) ، تیغه های بولدوزر ، دکل های لوله گذار ، کج بیل ها ، کانال کن و غیره نصب می گردند.

انواع تراکتور:

ب) تراکتور چرخ لاستیکی

الف) تراکتور چرخ زنجیری

تراکتور های چرخ زنجیری:

تراکتور های چرخ زنجیری انواع مختلفی دارد این تراکتورها معمولاً برحسب اندازه ، وزن و قدرت طبقه بندی می شوند. در بسیاری از پروژه ها ، مقدار وزن تراکتور چرخ زنجیری مهم است ، زیرا مقدار حداکثر نیروی کششی که یک دستگاه تراکتور می تواند به وجود آورد بدون توجه به قدرت تولیدی موتور آن ، به حاصل ضرب مقدار وزن در ضریب اصطکاک کششی سطح جاده ای که روی آن کار می کنند محدود می باشد. وجود زنجیر در این نوع تراکتور باعث می شود که تراکتور بتواند در زمینهای با مقاومت فشاری کم و قدرت کششی مناسب فعالیت داشته باشد.



تراکتورهای چرخ لاستیکی:

تراکتور چرخ لاستیکی از این جهت ساخته شده که سرعت بیشتری در کشیدن و هل دادن اسکرپرها و کارهای نظیر آن داشته باشد، این نوع ماشین ها در انواع دو چرخ و چهار چرخ وجود دارد نوع دو چرخ آن حتما باید با یک ماشین دیگر نظیر اسکرپر کار کند تا بتواند تعادل خود را حفظ کند، نوع چهار چرخ آن در دو نوع یک دیفرانسیل و دو دیفرانسیل موجود است، با این همه آسیب پذیری لاستیکهای این ماشینها موقع کار در زمینهای دارای سنگهای تیز که باعث آسیب دیدن لاستیکها می شود، استفاده از آن را در این نوع زمینها محدود می کند، البته زنجیرهای سیمی مخصوص جهت حفاظت لاستیکها وجود دارد که می توان برای ازدیاد اصطحاک لاستیکها با سطح زمین آنها را بکار برد.



تراکتورها می توانند دارای جعبه دنده معمولی و یا جعبه دنده اتوماتیک باشند. بدیهی است که تراکتورهای دارای جعبه دنده اتوماتیک می باشند در بازه زمانی کوتاه سرعت بیشتری را نسبت به جعبه دنده معمولی فراهم می کنند.

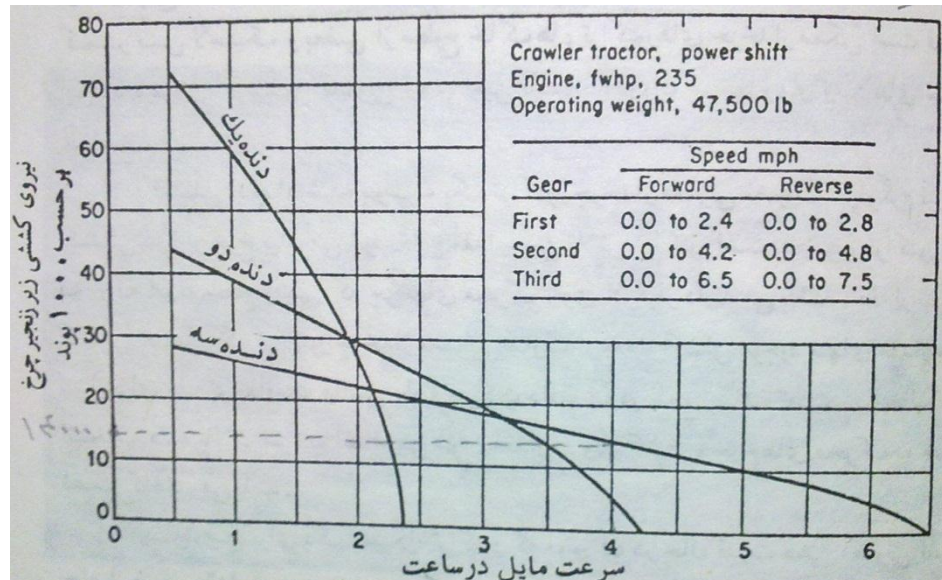
هر تراکتور دارای یک منحنی عملکرد می باشد که با توجه نیروی کششی زیر چرخ می توان حداکثر سرعت تراکتور در دنده مناسب را تعیین نمود.

مثال: اطلاعات عملکرد یک تراکتور چرخ زنجیری در شکل زیر داده شده است ، این تراکتور باید نیروی کششی 5448kg را برای کشیدن بار در سربالایی با شیب 6% اعمال نماید. اگر ضریب مقاومت غلتشی زمین $40^{kg}/ton$ و وزن تراکتور 21.56ton باشد ، مطلوبست تعیین نیروی کششی معادل و حداکثر سرعت تراکتور ؟
حل:

نیروی کششی لازم برای کشیدن بار = 5448kg

$10 \times 21.56 \times 6 = 1293.6kg$ مقدار لازم برای حرکت روی سطح شیبدار

$21.56(55-40)=323.4kg$ =تقلیل در مقاومت کششی ماشین چرخ زنجیری



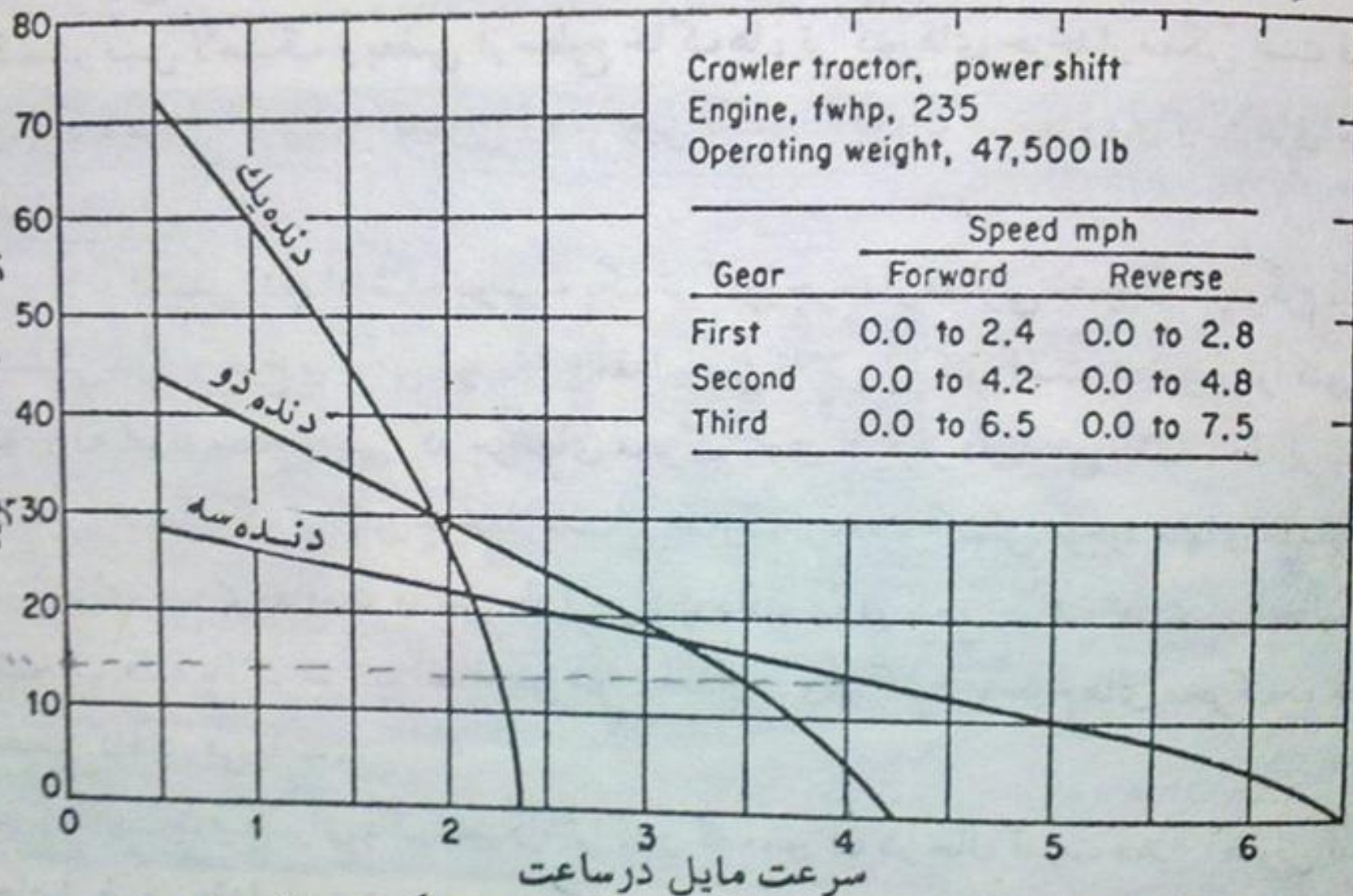
جمع کل = 6418.2kg

تبدیل به پوند: $6418.2 \times 0.453 = 14149lb$

با توجه به منحنی عملکرد حداکثر سرعت 4MPH

یا $4 \times 1.6 = 6.4KPH$ در دنده سه خواهد بود.

نیروی کششی زیر زنجیر چرخ
بر حسب ۱۰۰۰ پوند



مثال: با توجه به منحنی عملکرد یک تراکتور چرخ لاستیکی که در شکل زیر داده شده است و سایر اطلاعات ارائه شده مطلوبست تعیین حداکثر سرعت تراکتور؟

وزن ناخالص بار شده ماشین: 39952kg

شیب راه : 6%

ضریب مقاومت غلتشی : $40^{kg}/ton$

$$\text{شیب موثر} = (6 + \frac{40}{10})\% = 10\%$$

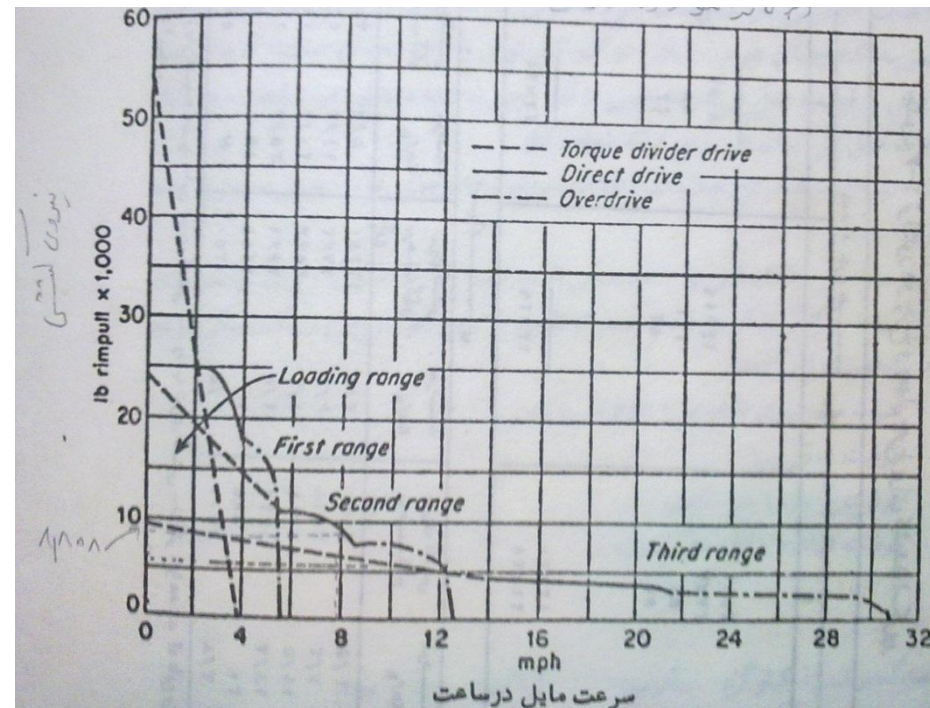
حل:

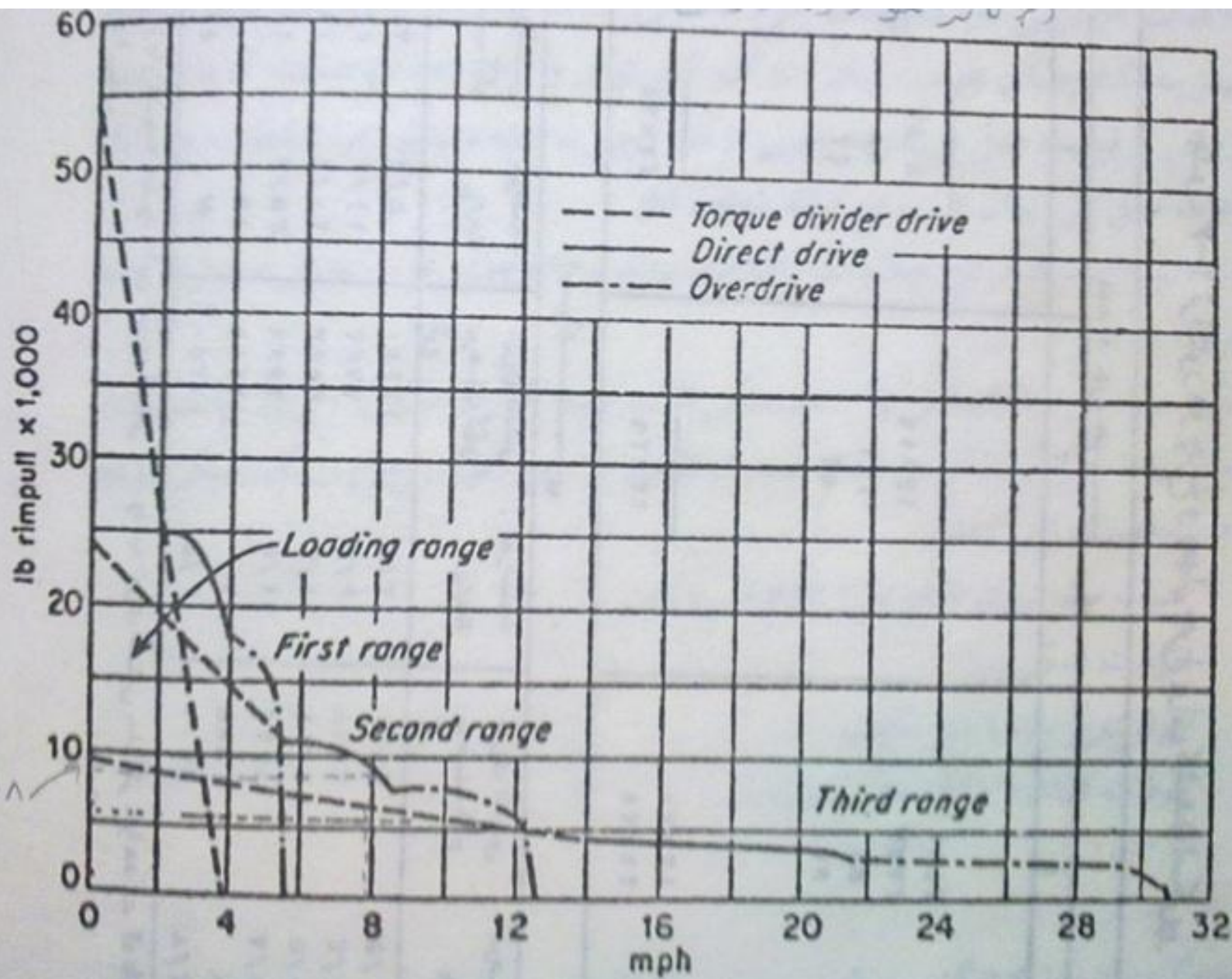
$$10\% \times 39952 = 3995.2kg = \text{نیروی کششی مورد نیاز زیر چرخ}$$

$$3995.2kg : 0.4536 = 8808lb$$

نیروی کششی مورد نیاز زیر چرخ بر حسب پوند:

$$12KPH = 8MPH = \text{حداکثر سرعت در دنده ۲}$$





سرعت مایل در ساعت

نیروی کششی

میان

مثال: با توجه به نمودار عملکرد اسکرپر چرخدار که در زیر داده شده است و سایر مشخصات داده شده مطلوبست تعیین حداکثر سرعت اسکرپر؟

وزن ناخالص: 68100kg

ضریب مقاومت غلتشی: $30^{kg}/ton$

شیب: 5%

حل:

شیب موثر = 8%

$68100 \times 0.4536 =$ وزن ناخالص

$= 150132lb$

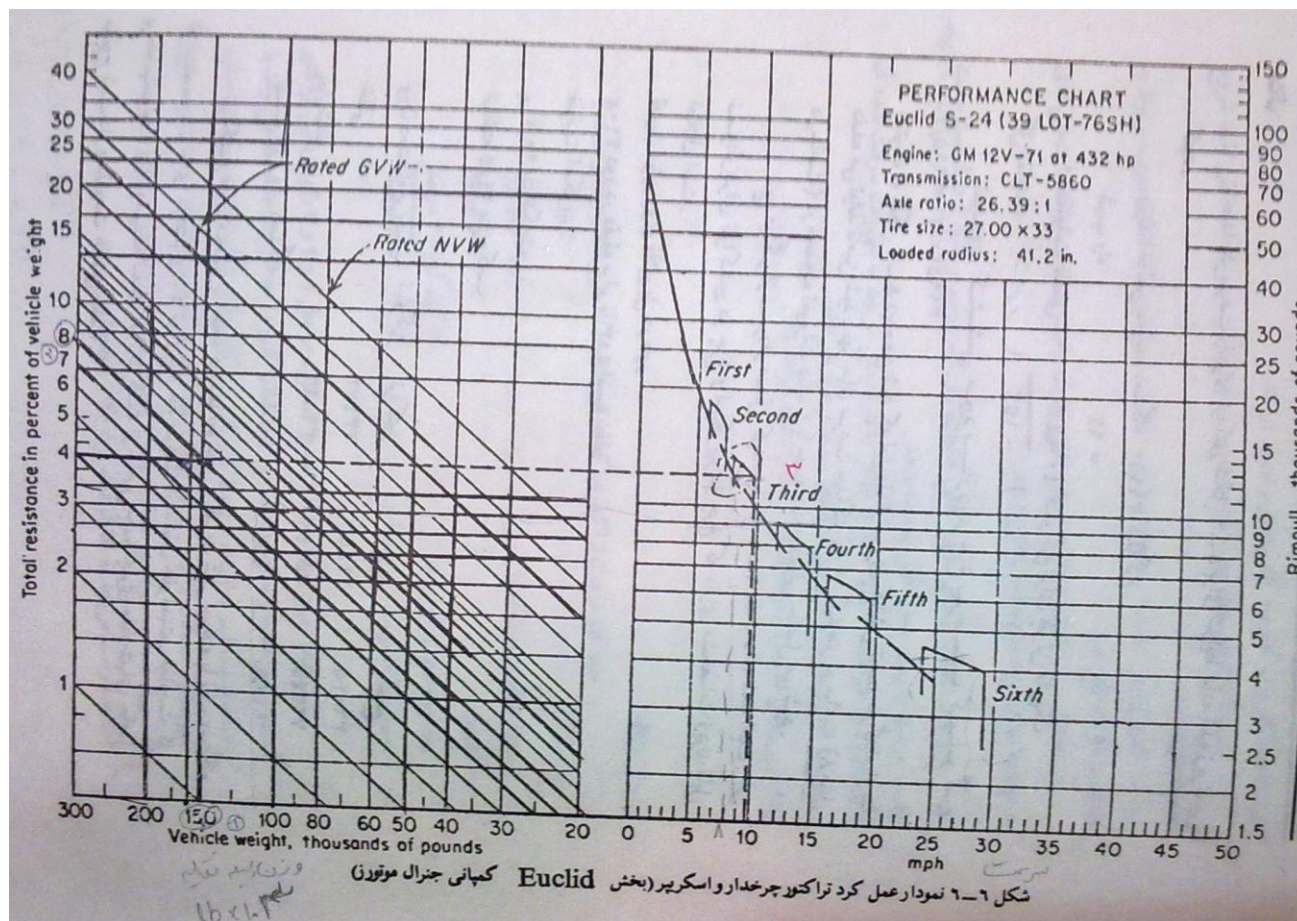
با توجه به نمودار:

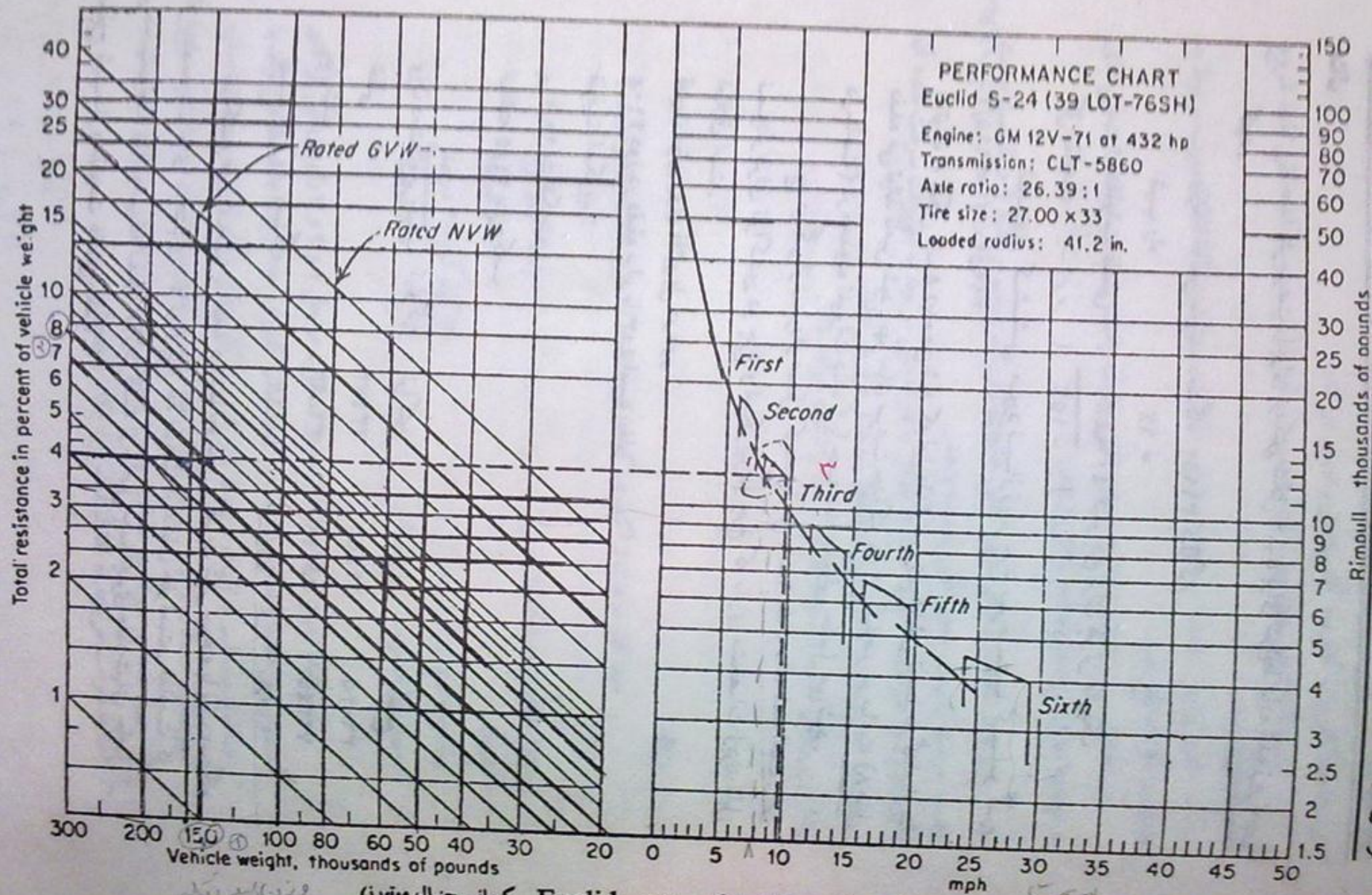
حداکثر سرعت در دنده ۳ معمولی:

$8MPH \times 1.6 = 12.8KPH$

حداکثر سرعت در دنده ۳ اتوماتیک:

$9MPH \times 1.6 = 14.4KPH$





کمپانی جنرال موتورز

Euclid

شکل ۶-۶ نمودار عمل کرد تراکتور چرخدار واسکرپر (بخش)

وزن کل ۱۶۰۰۰ کیلوگرم
 ۱۶۰۰۰ کیلوگرم

Bulldozer

بولدوزر:

بولدوزر تراکتوری است که در قسمت جلوی آن تیغه ای نصب شده است و بر حسب اینکه تیغه افقی و ثابت بوده و یا قابل دوران باشد آن را بولدوزر یا انگلدوزر می نامند و به دو صورت چرخ لاستیکی و یا چرخ زنجیری ساخته می شود و با توجه به مکانیزم حرکت تیغه به دو نوع کابلی و هیدرولیکی قابل تقسیم هستند.

از بولدوزرها برای کندن زمین، هل دادن و انتقال خاک، پخش مواد خاکی روی بستر راه و برای پرکردن گودها استفاده می گردد.



در بولدوزر تیغه عمود به جهت حرکت وصل شده است در حالیکه در انگلدوزر تیغه نصب شده زاویه ای (۳۰ تا ۴۰ درجه) با جهت حرکت آن ایجاد می کند. در نوع اول بولدوزر خاک را به طرف جلو هل می دهد در حالیکه در انگلدوزر در عین حال که خاک هل داده می شود آن را به سمت کناری نیز می راند. اندازه یک بولدوزر بر حسب طول و ارتفاع تیغه آن تعیین می شود.

بولدوزرها ماشین های پر قدرتی هستند که در اکثر پروژه های ساختمانی و راهسازی در تمام مدت انجام امور پروژه برای انجام کارهای نظیر آنچه که در زیر آمده است مورد استفاده قرار می گیرد:

۱- تسطیح زمین و پاکسازی سطح آن از بوته ها و کنده درختان

۲- ایجاد راههای اولیه در کوهستان و زمین های سنگلاخی

۳- جابجا کردن توده خاک بصورت هل دادن آن تا مسافتی حدود ۱۰۰ متر

۴- کشیدن و یا هل دادن اسکرپر

۵- پخش کردن خاک در خاکریزها

۶- پشته کردن خاک در کنار نهرهای ایجاد شده

۷- تسطیح و پاکسازی بقایای مانده از عملیات ساختمانی

۸- نگهداری راههای موقت

۹- پاکسازی محل گودال قرضه و گودال های کف معادن

۱۰- برف روبی های سنگین



مزایای بولدوزرهای چرخ زنجیری:

- ۱- قابلیت ایجاد نیروی کششی بیشتر در روی زمین های نرم ، خاک های گل آلود و زمین های سست
 - ۲- قابلیت حرکت در روی زمین های گلی
 - ۳- قابلیت انجام کار در زمین های سنگلاخی در حالیکه تایرهای لاستیکی در چنین زمین های به شدت دچار آسیب می شوند.
 - ۴- قابلیت حرکت در زمین های ناهموار (بدین ترتیب هزینه نگهداری راههای موقت کاهش می یابد.)
 - ۵- قابلیت شنآوری بیشتر بدلیل فشار کمتر در زیر چرخ (در حدود 0.5 تا 0.6 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)
 - ۶- قابلیت صعود از شیب های زیاد (۴۵ درجه)
 - ۷- استعداد بیشتر کاربری در کارهای مختلف
- زنجیرهای تراکتور ضد زنگ بوده و عموماً روغن کاری می شوند و قادر به کار در شرایط یخبندان و رطوبت می باشند. لازم به توضیح است تراکتورهای چرخ زنجیری تا بالای ارتفاع زنجیرهای خود نیز به مدت کوتاه داخل آب می تواند کار کند.



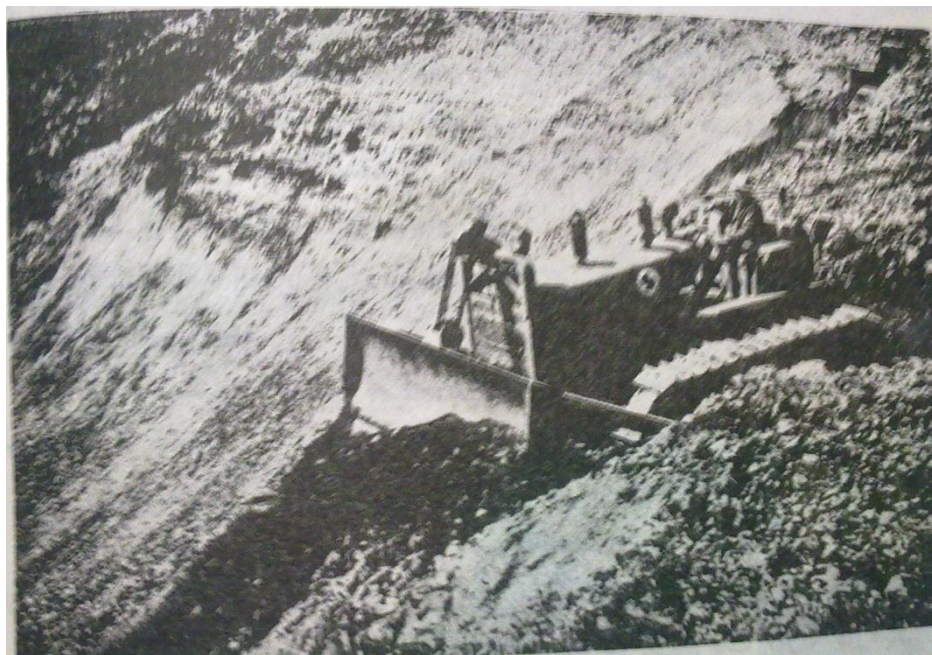


مزایای بولدوزرهای چرخ لاستیکی:

- ۱- سرعت بیشتر در انجام کارهای مختلف با حرکت از یک کار به کار دیگر
- ۲- امکان جابجای تراکتور چرخ لاستیکی از یک محل به محل دیگر بدون نیاز به تریلی. باید توجه نمود جابجایی تراکتورهای چرخ زنجیری از طریق راهای آسفالتی به آسفالت جاده ها آسیب وارد می کند و جهت حمل و نقل آنها از یک پروژه به پروژه دیگر نیاز به تریلی های بزرگ می باشد.
- ۳- بازده بیشتر مخصوصا وقتی که مسافت قابل توجهی مورد نظر باشد.
- ۴- ایجاد خستگی کمتر برای راننده
- ۵- قابلیت حرکت روی راههای آسفالتی بدون ایجاد صدمه و آسیب به سطح راه
- ۶- با توجه به اینکه فشار وارد بر زمین توسط چرخ ها در بولدوزرهای چرخ لاستیکی بیشتر از نوع زنجیردار است (حدود ۲ تا ۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) از این رو می توان از آنها به غلتک نیز استفاده نمود.

شکلهای زیر یک بولدوزر چرخ زنجیری را در حال ایجاد یک معبر در کوهستانی پر مخاطره نشان می دهد که پر از صخره های تیز و برنده است. در کارهای نظیر آن بولدوزرهای چرخ زنجیری معمولاً بر بولدوزرهای چرخ لاستیکی برتری دارد.

در چنین موقعیتی سعی می شود که ریزش مصالح در جهت شیب باشد تا مولفه $mg.\sin\theta$ در جهت کمک به انتقال مصالح عمل کند.



گاهی جهت هل دادن و انتقال حجم عظیم خاک دو دستگاه بولدوزر در کنار هم مطابق شکل زیر اقدام به هل دادن خاک می کنند در این شرایط بازده کار 50% نسبت زمانی که هرکدام به تنهایی کار می کنند افزایش نشان می دهد.



بازده بولدوزر با شریطی که در آن کار می کند تغییر می کند. در اولین عبور بولدوزر در روی یک باند راه ،اکثر مواد خاکی از دو طرف تیغه بیرون می زند و بصورت دو برجستگی خاکی در طول راه باقی خواهد ماند، بعد از فرم گیری راه، این برجستگی ها تقلیل و یا از بین می رود و لذا بازده بطور قابل توجهی بالا می رود. صفحات آهنی نصب شده در طرفین تیغه مقدار بیرون زدگی خاک را تقلیل می دهد.

چند نکته مهم:

- ۱- مسافت حمل و یا انتقال برحسب نوع زمین و شرایط کار نباید از ۱۰ متر کمتر و از ۹۰ متر بیشتر باشد.
- ۲- سرعت حرکت بولدوزر در هنگام اجرای عملیات خاکی بایستی حداکثر مقدار ممکن باشد ، بطوریکه خاک از جلوی تیغه سر نخورد (مصالح شنی سر می خورند)
- ۳- تنظیم صحیح تیغه بویژه در مورد انگلدوزرها برحسب نوع عملیات خاکی، مثلا در بغل بری کوهها زاویه تیغه باید مایل باشد.



تولید بولدوزر:

رابطه اساسی زیر برای برآورد تولید تمام ماشین آلات بکار می رود:

تعداد دور در ساعت \times حجم در هر دور = تولید

$$\text{تعداد سفر} = \frac{\text{زمان مفید کارکرد}}{\text{زمان دور}}$$

زمان برگشت + زمان بارگیری + زمان ثابت = زمان دور (سیکل)

زمان ثابت: نشان دهنده زمان لازم برای مانور، تعویض دنده، شروع به بارگیری و باراندازی است، به عبارت دیگر زمان انتقال توان می باشد، این زمان را می توان از جدول زیر نیز تخمین زد:

وضعیت کارکرد	زمان (دقیقه)
انتقال توان	0.05
انتقال توان خودکار	0.10
حفاری سخت	0.15

زمان برگشت: با توجه به اینکه مسافت حمل بار نسبتاً کوتاه است معمولاً بولدوزر با حداکثر سرعت در دنده عقب برگشت داده می شود.

$$\text{زمان برگشت (متر در دقیقه)} = \frac{\text{مسافت حمل}}{\text{سرعت برگشت}}$$

زمان بارگیری:

$$\text{زمان بارگیری (متر در دقیقه)} = \frac{\text{مسافت حمل}}{\text{سرعت بارگیری}}$$

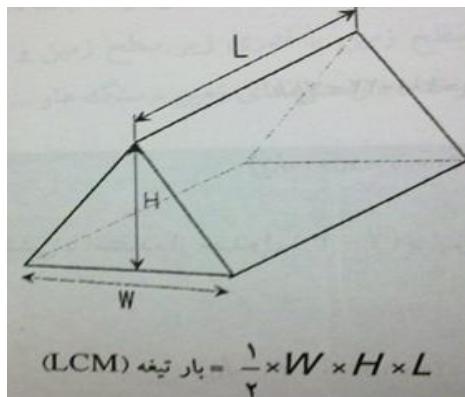
سرعت بارگیری بولدوزر را می توان از جدول زیر تخمین زد:

وضعیت عملکرد	سرعت (کیلومتر در ساعت)
بارگیری مواد سخت تا مسافت ۳۰ متر و کمتر	2.4
بارگیری مواد سخت تا مسافت ۳۰ متر و بیشتر	3.2
بارگیری مواد سفت (جدا شده) تا مسافت ۳۰ متر و کمتر	3.2
بارگیری مواد سفت (جدا شده) تا مسافت ۳۰ متر و بیشتر	4

زمان برگشت + زمان بارگیری = زمان متغیر

زمان برگشت + زمان بارگیری + زمان ثابت = زمان دور → زمان متغیر + زمان ثابت = زمان دور (سیکل)

◀ برای تخمین ظرفیت متوسط تیغه بولدوزر می توان از کاتالوگ شرکت سازنده استفاده کرد و یا براساس تجربیات کارگاهی ظرفیت تیغه را تخمین زد و یا اینکه با اندازه گیری ظرفیت تیغه در محل حجم خاک قابل حمل توسط تیغه را برحسب LCM محاسبه نمود. بدین جهت خاکریزی مطابق شکل توسط بولدوزر ایجاد می شود:



L : طول خاکریز (متر)

W : عرض متوسط خاکریز (متر)

H : ارتفاع متوسط خاکریز (متر)

مثال: اطلاعات زیر در مورد یک بولدوزر ارائه شده است ،میزان تولید ساعتی بولدوزر محاسبه نمایید؟
زمان ثابت سیکل کار بولدوزر : 0.05 دقیقه

ظرفیت تیغه بولدوزر: 7.65 Lm^3

سرعت بارگیری: 4KPH

حداکثر سرعت در دنده عقب: 8KPH

مسافت حمل : 61m

زمان مفید کارکرد: $50 \frac{\text{دقیقه}}{\text{ساعت}}$

$$\text{زمان بارگیری} = \frac{\text{مسافت حمل}}{\text{سرعت بارگیری}} = \frac{61m}{4KPH \times 16.7} = 0.91 \text{ minu.}$$

$$\text{زمان برگشت} = \frac{\text{مسافت حمل}}{\text{برگشت سرعت}} = \frac{61m}{8KPH \times 16.7} = 0.45 \text{ minu.}$$

$$\text{زمان دور} = \text{زمان بارگیری} + \text{زمان ثابت} + \text{زمان برگشت} = 0.05 + 0.91 + 0.45 = \mathbf{1.41 \text{ minu.}}$$

$$\text{تعداد سفر در ساعت} = \frac{\text{زمان مفید کارکرد}}{\text{زمان دور}} = \frac{50 \text{ minu.}}{1.41 \text{ minu.}} = 35.5 \text{ trips/hr}$$

$$\text{تولید} = 35.5 \text{ trips/hr} \times 7.65 \text{ Lm}^3/\text{trip} = 272 \text{ Lm}^3/\text{hr}$$

$$1KPH = \frac{1000m}{60 \text{ minu.}} = 16.7^m/\text{minu.}$$

گريد:



گریدر دستگاهی است که عملیات تنظیم شیب و تسطیح خاکریزی ها و خاکبرداری ها را در طول راه انجام می دهد، به عبارت دیگر عمدتاً جهت تسطیح ، شیب بندی و اختلاط بعضی مصالح و برف روبی بکار می رود. گریدر شامل تیغه های مختلفی است که می تواند عمل پخش یا برداشتن رویه خاک یا رگلاژ دقیق اساس و زیراساس را انجام دهد.



منظور از تنظیم شیب ، تنظیم شکل خاکبرداری ها و خاکریزی ها و ایجاد توازن در آنهاست. عملیات خاکبرداری از قسمت های گود را بالانس (تعادل) می نامند. شکل بندی و تنظیم نهایی هر لایه از راه را عملیات اصلاح می نامند.

مدت زمان لازم برای تکمیل کار تسطیح و شیب بندی یک لایه خاکریز در پروژه راهسازی را می توان با رابطه زیر تخمین زد:

$$H = \left[\sum \frac{\text{طول مقطع مورد نظر} \times \text{تعداد عبور}}{\text{متوسط سرعت برای مقطع مورد نظر}} \right] \times \frac{1}{\text{کارایی}}$$

سرعت بر حسب KPH می باشد.

H : مدت زمان بر حسب ساعت

مثال: 24km از جاده ای شنی نیاز به تجدید نیمرخ و تسطیح دارد. برآورد شده است که 6 عبور گریدر برای این کار لازم است. با توجه به مهارت راننده ، مشخصات ماشین و شرایط اجرای کار ، برآورد می شود که باید 2 عبور با سرعت 6.4KPH ، 2 عبور با سرعت 8KPH و 2 عبور با سرعت 9.7KPH انجام شود. اگر کارایی اجرایی کار 0.8 باشد به چند ساعت کار با گریدر نیاز است؟
حل:

$$H = \left[\sum \frac{\text{طول مقطع مورد نظر} \times \text{تعداد عبور (km)}}{\text{متوسط سرعت برای مقطع مورد نظر}} \right] \times \frac{1}{\text{کارایی}} \rightarrow$$

$$H = \left[\frac{2 \times 24}{6.4} + \frac{2 \times 24}{8} + \frac{2 \times 24}{9.7} \right] \times \frac{1}{0.8} = 23 \text{hr}$$

گودبرداری سنگ: