

الله محمد



مدیریت ماشین آلات ساخت

Managing Construction Equipment

استاد: دکتر وحید شاه حسینی
تدریس یار: مهندس امید امیری



طراحی ناوگان ماشین آلات حمل

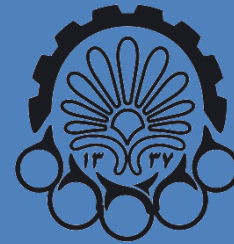


اهداف آموزشی



- چرخه حمل و نقل
- تعیین تعداد دستگاه حمل و نقل
- تاثیر کاهش تعداد دستگاه های حمل
- تحلیل هزینه عملیات
- روش تئوری صف بندی
- تعداد بهینه دستگاه های حمل
- مدیریت اجرای عملیات





چرخه حمل و نقل

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 می شود.
- (۲) حمل که از محل بارگیری تا محل تخلیه صورت می پذیرد.
- (۳) تخلیه که در محل تخلیه انجام گرفته و شامل مانور در محل تخلیه هم می شود.
- (۴) بازگشت که شامل بازگشت از محل تخلیه به محل بارگیری است.
- (۵) مدت زمانی که طول می کشد 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 می کشد تا ماشین به سرعت حد خود برسد.

عوامل فوق به دو دسته مدت زمان های ثابت (۱-۳-۵-۶) و مدت زمان های متغیر (۲-۴) گروه بندی می شوند.

$$\text{مدت زمان متغیر} + \text{مدت زمان ثابت} = \text{سیکل حمل مواد}$$



زمان بارگیری

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

در ابتدا از یک **روش معین** استفاده می شود که در آن فرض می شود 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 می کنیم تا به نتایج واقع بینانه تری 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 می شود که این مدت زمان ها تابع یک توزیع آماری می باشند.

مدت زمان بارگیری با استفاده از یکی از روابط زیر بدست می آید:

$$\text{زمان} = \frac{\text{ظرفیت ماشین باربر}}{\text{تولید بارکن با راندمان ۱۰۰\%}}$$



تعداد جام های تخلیه شده در برابر * سیکل ماشین حفار = مدت زمان بارگیری

در رابطه بالا بدین دلیل راندمان را ۱۰۰٪ می گیریم که معمولا لودر در هنگام عمل بار زدن دارای راندمان برابر یا نزدیک به ۱۰۰٪ می باشد.



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، می توان 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.



تأثیر کاهش تعداد باربر



اگر تعداد ماشین ها از N کمتر باشد، میزان تولید به همان نسبت نقصان می یابد طبق رابطه زیر:

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

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





تحلیل هزینه

عملکرد هزینه به صورت زیر محاسبه می شود:

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

هزینه اجرایی را می توان برای ناوگان حمل و نقل یا ناوگان بارگیری و حمل محاسبه کرد. با در نظر گرفتن انواع دستگاه های حمل از لحاظ اندازه می توان تعداد و هزینه بهینه ناوگان را به روش سعی و خطا یا بهینه سازی تعیین نمود.

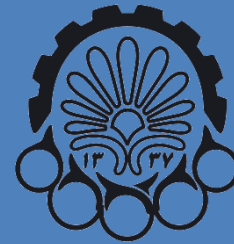




مثال ۱

یک لودر با ظرفیت متوسط جام $1/5 \text{ m}^3$ دارای میزان تولید 80 متر مکعب در ساعت و راندمان $0/75$ است. کامیون های در نظر گرفته شده برای سرویس گرفتن از این لودر دارای ظرفیت 3 متر مکعب می باشند. مدت زمان سفر و تخلیه این کامیون ها 30 دقیقه برآورد شده، مطلوب است تعداد کامیون لازم و میزان تولید ساعتی مجموعه.





مثال ۱

$$\text{مدت زمان بارگیری} = \frac{3}{80} = 0.0375 \text{ hr} \quad \text{و} \quad \text{مدت زمان سفر + تخلیه} = 0.5 \text{ hr}$$

$$(N) \text{ تعداد باربری‌های مورد نیاز} = \frac{0.0375 + 0.5}{0.0375} = \frac{0.5375}{0.0375} = 14.33$$

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

$$\text{میزان تولید سیستم} = 0.75 * 80 = 60 \text{ m}^3/\text{hr}$$

البته چون از ۱۵ کامیون استفاده کرده ایم و زمان لازم برای بارکردن این تعداد

$0.0375 * 15 = 0.5625 \text{ hr}$ کامیون می باشد. لذا زمان از دست رفته به ازای هر دوره تناوب کامیون

برابر با $0.5625 - 0.0375 = 0.525 \text{ hr}$ به ازای هر کامیون می شود. این امر فاکتور بهره وری

۹۵٪ را برای هر کامیون بوجود می آورد.

$$\frac{0.5375}{0.5625} = 0.95$$

مثال ۱



حال اگر فرض کنیم که به جای ۱۵ کامیون از ۱۴ کامیون استفاده نموده ایم. بنابراین میزان تولید سیستم به صورت زیر بدست می آید.

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

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



مثال ۲



فرض کنید یک بیل مکانیکی دارای نرخ بارگیری (233 BCM/h) (305 BCY/h)، راندمان کاری 75% و هزینه 83 دلار در ساعت می باشد. با استفاده از داده های زیر تعیین کنید که از چند کامیون و با چه اندازه ای باید استفاده کرد تا کمترین هزینه بارگیری و حمل و نقل را داشته باشیم؟ بازده این سیستم چقدر خواهد بود؟

زمان حمل (h)	هزینه (\$/h)	اندازه کامیون	
		BCY	BCM
۰,۴۶	۳۱	۱۱,۵	۸,۷۹
۰,۴۸	۳۸	۱۴,۸	۱۱,۳

مثال ۲



$$\text{زمان بارگیری (۱۱,۵ BCY)} = \frac{۱۱,۵}{۳,۰۵} = ۰,۰۳۷۷ \text{ h}$$

$$\left[= \frac{۸,۷۹}{۲۳۳} = ۰,۰۳۷۷ \text{ h} \right]$$

$$\text{زمان بارگیری (۱۴,۸ BCY)} = \frac{۱۴,۸}{۳,۰۵} = ۰,۰۴۸۵ \text{ h}$$

$$\left[= \frac{۱۱,۳}{۲۳۳} = ۰,۰۴۸۵ \text{ h} \right]$$

$$N(۱۱,۵ \text{ BCY}) = \frac{۰,۰۳۷۷ + ۰,۴۶}{۰,۰۳۷۷} = ۱۳,۲$$

$$N(۱۴,۸ \text{ BCY}) = \frac{۰,۰۴۸۵ + ۰,۴۸}{۰,۰۴۸۵} = ۱۰,۹$$

مثال ۲



اندازه	کارکرد				هزینه اجرا	
	BCY	شماره	BCY/h	BCM/h	\$/h	\$/BCY
۱۱,۵	۱۴	۲۲۹	۱۷۵	۵۱۷	۲,۲۵۸	۲,۹۵۴
۱۱,۵	۱۳	۲۲۶	۱۷۳	۴۸۶	۲,۱۵۰	۲,۸۰۹
۱۴,۸	۱۱	۲۲۹	۱۷۵	۵۰۱	۲,۱۸۸	۲,۸۶۳
۱۴,۸	۱۰	۲۱۰	۱۶۱	۴۶۳	۲,۲۰۵	۲,۸۷۶

دکتر وحید شاه حسینی - مهندس امید امیری

جواب بهینه = ۱۳ کامیون BCY - ۱۱,۵ @ ۲,۱۵ \$/BCY (۲,۸۱ \$/BCM)

کارکرد مورد انتظار = ۲۲۶ BCY/h (۱۷۳ BCM/h)



روش تئوری صف بندی

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) می باشند. مشاهدات در محل کارگاه ها نشان می دهد که گرچه این مدت زمان ها کاملاً از این توزیع های آماری متابعت نمی کنند، 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 می شوند:

n : تعداد دستگاه های حمل و نقل موجود در ناوگان

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

l : متوسط تعداد باربرهایی که توسط یک ماشین خاکبرداری بار می شوند. (بر حسب تعداد باربر بار شده در ساعت)

r : نسبت a به l



روش تئوری صف بندی

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

P_t : احتمال اینکه یک یا بیش از یک باربر در محل بارگیری وجود داشته باشد.
باتوجه به تعریف P_0 و P_t خواهیم داشت:

$$(P_t = 1 - P_0)$$

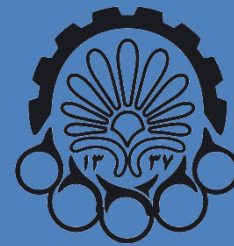
برای یافتن P_0 و P_t لازم است که مقدار r تعیین شود.

زمان سفر / ۱ = تعداد دفعات ورود به محل بارگیری = a

(تولید لودر / ظرفیت کامیون) / ۱ = زمان بارگیری / ۱ = تعداد دفعات بارگیری در ساعت = l

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

لذا خواهیم داشت:



روش تئوری صف بندی

در رابطه بالا، تولید لودر بر مبنای راندمان ۱۰۰٪ در نظر گرفته شده است. دلیل این عمل قبلاً ذکر شد. مقادیر P_t و P علاوه بر رابطه با r ، به n (تعداد باربرهای موجود در سیستم) نیز بستگی دارد. جداولی برای تعیین P_t تهیه شده اند که نمونه ای از آنها در جدول نشان داده شده است. میانبایی خطی در مورد مقادیر r واقع در بین مقادیر داده شده در این جدول می‌تواند به کار گرفته

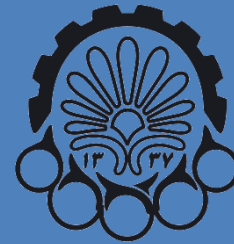
شود. برای دقت بیشتر، می‌توان مقدار P را از رابطه زیر تعیین نمود:

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

احتمال این که کامیون و یا وسیله نقلیه حمل بار در محل آماده باشد (P_t)

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	.999
.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					



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 می آید. بنابراین، میزان تولید عبارت است از حاصل ضرب تولید نرمال حفار در P_t با توجه به تعداد کامیون موجود در سیستم:

$$P_t * \text{تولید عادی حفار} = \text{تولید سیستم}$$

وقتی از تئوری صفوف استفاده می شود، تعداد بهینه کامیون های یک پروژه بخصوص طوری انتخاب می شود 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 می باشد انتخاب می گردد. یک مقدار تقریبی برای n برابر با عکس I می باشد. بنابراین مقادیری برای n در اطراف $1/I$ انتخاب شده، هزینه مربوط به هر کدام محاسبه می شود و کمترین آنها تعیین می گردد.

مشاهدات کارگاهی نشان می دهد که مدت زمان های حقیقی بارگیری و حمل مواد کاملا از توزیع نرمال متابعت نمی کند، 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.

مثال ۳



یک بیل مکانیکی دارای نرخ بارگیری (۲۳۳ BCM/h) 305 BCY/h ، راندمان کاری ۷۵٪ و هزینه ۸۳ دلار در ساعت می‌باشد. کامیون‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای ظرفیت (۱۲٫۶ BCM) 165 BCY است و ۳۱ دلار در ساعت هزینه دارد. تفاضل زمان رفت و برگشت و زمان بارگیری ۰٫۵۴ ساعت می‌باشد. تعداد بهینه ماشین‌های حمل که برای این عملیات استفاده می‌شود چقدر است؟ بازده مورد انتظار و هزینه هر دستگاه خاکبرداری و حمل را نیز محاسبه کنید.

$$r = \frac{165}{305 \times 0.54} = 0.1$$

$$\left[= \frac{12.6}{233 \times 0.54} = 0.1 \right]$$

$$\text{بازده نرمال بیل مکانیکی} = 305 \times 0.75 = 229 \text{ BCY/h}$$

$$\left[= 233 \times 0.75 = 175 \text{ BCM/h} \right]$$

$$\text{مقدار بهینه تقریبی } n = \frac{1}{r} = \frac{1}{0.1} = 10$$

مثال ۳



تعداد کامیون‌ها	تعداد P_1	کارکرد		هزینه واحد		
		BCY/h	BCM/h	هزینه تجهیزات \$/h	\$/BCY	\$/BCM
۸	۰,۶۶۲	۱۵۱,۶	۱۱۵,۹	۳۳۱	۲,۱۸۳	۲,۸۵۶
۹	۰,۷۲۷	۱۶۶,۵	۱۲۷,۲	۳۶۲	۲,۱۷۴	۲,۸۴۶
۱۰	۰,۷۸۵	۱۷۹,۸	۱۳۷,۴	۳۹۳	۲,۱۸۶	۲,۸۶۰
۱۱	۰,۸۳۷	۱۹۱,۷	۱۴۶,۵	۴۲۴	۲,۲۱۲	۲,۸۹۴

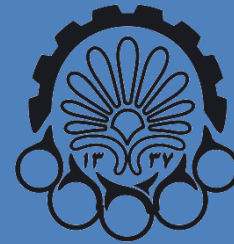
• جواب بهینه ۹ دستگاه کامیون می باشد.

مدیریت اجرای عملیات



- طبقه بندی کردن وسایل حمل بر حسب اندازه
 - برآورد تعداد دستگاه های حمل
 - مستقر کردن این دستگاه ها در کنار لودر
 - تامین دستگاه های ذخیره
 - مدیریت عملیات حمل و نقل





مدیریت عملیات حمل و نقل

- زمان شروع و توقف را برای دستگاه های حمل و نقل جابجا کنیم
- ماشین های حمل را تا حد امکان به اندازه تعیین شده بارگیری کنیم
- بدنه ماشین ها را تمیز و در وضعیت خوب نگه داریم
- دستگاه های حمل را در بالاترین سرعت ایمن و قانونی بکار گیرید
- در صورت امکان خطوط برگشت و حمل از هم جدا باشد
- یک الگوی ترافیکی برای عملیات حمل و برگشت طراحی کنید
- کاری کنید که دستگاه های حمل باعث گسترش بارگیری شود
- حرکت یکنواخت بین دستگاه های را برقرار کنید
- از بررسی مشاهدات کاری جهت برنامه ریزی استفاده کنید



- چرخه حمل و نقل
- تعیین تعداد دستگاه حمل و نقل
- تاثیر کاهش تعداد دستگاه های حمل
- تحلیل هزینه عملیات
- روش تئوری صف بندی
- تعداد بهینه دستگاه های حمل
- مدیریت اجرای عملیات

