



استفاده از برنامه ریزی خطی ، برای اتخاذ راهبرد مناسب در مدیریت منابع انسانی پروژه های ساخت

علیرضا محمد پور^۱، عباس افشار^۲، احسان اله اشتهااردیان^۳

دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت ساخت ، تهران - دانشگاه علم و صنعت ایران - دانشکده مهندسی عمران

mohammadpourmail@CivilEng.iust.ac.ir

خلاصه

یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت پروژه های ساخت، تامین نیروی انسانی ماهر و مرتبط با نیازهای پروژه می باشد. اتخاذ یک راهبرد مناسب برای مدیریت منابع انسانی توسط مدیران ساخت ، می تواند علاوه بر کاهش زمان و هزینه، بهبود سطح کیفی پروژه را به دنبال داشته باشد. در این مقاله سعی شده است که با ارائه مدلی بین دو مقوله آموزش نیروی انسانی موجود و استخدام خارج از مجموعه پروژه مقایسه شود. در مورد هریک از مقوله های مورد بحث به سطح بندی توانایی ها و مهارت های نیروی انسانی برای آموزش و استخدامی توجه خاصی شده است. در حل این مدل برای رسیدن به گزینه بهینه، از برنامه ریزی خطی استفاده شده است.

کلمات کلیدی: مدیریت، منابع انسانی، استخدام، آموزش، برنامه ریزی خطی .

مقدمه

در اکثر نقاط دنیا در بیشتر مهارت ها و حرف صنعت ساخت با کمبود نیروی انسانی ماهر مواجه هستیم. رفع این مشکل به نحو بهینه، موضوع مقالات متعددی قرار گرفته و که مشکلات موجود را ناشی از تصور غلط صنعت از این مساله، نبود رضایت از محیط انجام کار ، ماهیت انتقالی و ناپایدار شرایط کار مربوط دانسته اند. ضمناً وجود نیروی کار با سطوح مهارتی پایین نیز، لزوم تدوین راهبرد مناسب در این زمینه بیش از پیش نشان می دهد. این مقاله با بهره گیری از برنامه ریزی خطی به دنبال حل بهینه مدل آموزش و استخدام و انتخاب گزینه بهینه در شرایط پروژه می باشد.

ادبیات موضوع

راه حل های متعددی برای کاهش وحل این مشکل ارائه شده است. این راه حل ها بعضاً برای افزایش انگیزه در نیروی انسانی، افزایش دستمزد و برای کاهش اتکا به نیروی انسانی، اتوماسیون کارها را پیشنهاد کرده اند ، (پاپاس^۴ ۲۰۰۴). اخیراً روش های جدیدتری در این زمینه ارائه شده است، که از جمله آموزش نیروی کار در بیش از یک مهارت می باشد. این تحقیقات تمرکز بیشتری روی مجموعه مهارت های نیروی کار برای استفاده بهینه از آنها داشته است. اما اولین گام در استفاده بهینه از نیروی کار توسط ادی^۵ در سال ۱۹۵۴ برداشته شد. روند پیشرفت به کندی ادامه داشت ، تا اینکه کمبود نیروی انسانی از طرف نهادها و اتحادیه های نیروی کاری در ایالات متحده مورد توجه ویژه ای قرار گرفت و این مبنای تمرکز بیشتر مجامع دانشگاهی به روی این مساله شد. علاوه بر این در کشورهای نظیر انگلستان، (مکنزی^۶ ۲۰۰۰)، آفریقای جنوبی ، فیلیپس^۷ (۱۹۹۵)، مطالعاتی صورت گرفت. (استیوارت^۸ ۱۹۹۴) مساله آموزش موازی و آموختن مهارت های دیگر را مطرح کرد. همزمان حل ریاضی بهینه سازی مساله راهبرد مدیریت نیروی

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت ساخت دانشکده مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت

^۲ استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت

^۳ دانشجوی دکتری مدیریت ساخت دانشکده مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت

^۴ Pappas

^۵ Edie

^۶ Mackenzie

^۷ Philips

^۸ Stewart



انسانی مورد توجه مطالعات زیادی (گومار^۱ ۲۰۰۲) قرار گرفت. اکثر این مقالات روی آموزش مهارت های بیشتر و استخدام نیروی کار چند مهارته تاکید می کردند. گان و سنکر^۲ (۱۹۹۸) اعتقاد داشتند استخدام نیروی کار چند مهارته باید در زمینه تعمیر و نگهداری باشد، زیرا این امور نیازمند به تخصص های متنوعی می باشند. سروری^۳ (۲۰۰۶) با ارائه مدلی سعی در انتخاب گزینه مناسب از میان آموزش و استخدام با تاکید بر کمینه کردن هزینه ها داشت.

فرضیات مدل

قبل از نوشتن مدل باید پیش فرض هایی را در نظر بگیریم تا در ایجاد مدل مورد نظر بهترین جواب ها را به دست بیاوریم. در ادامه به بررسی مورد به مورد این پیش فرض ها می پردازیم اما پیش از همه ذکر این نکته ضروری به نظر می رسد که در حل این مدل خطی از نرم افزار Lingo استفاده شده است. سطوح مهارتی را برای نیروی کار تحت آموزش به دو سطح ماهر و دستیار تقسیم کرده ایم ولی برای افرادی که از ابتدا با دو ویا یک مهارت بکار گرفته می شوند، فرض براین بوده که این افراد آن مهارت ها را در سطح ماهر انجام می دهند. برای مطالعه موردی مدل از اطلاعات خام مربوط به یک پروژه استفاده شده است.

مدل خطی

در ابتدای این قسمت به معرفی متغیر های تصمیم پرداخته و در ادامه تابع هدف و قیود مربوط به آن را ذکر می کنیم .
متغیرهای تصمیم در مدل عبارتند از :

- X_{ijk} : تعداد نیروی کاری که مهارت i را دارند ، اما می خواهیم مهارت j در سطح k ، قبل از شروع پروژه فرا گرفته باشند.
 - Y_i : تعداد نیروی کاری که فقط با مهارت i استخدام می شوند.
 - L_{ijt} : تعداد نیروی کاری که در مهارت i و j ماهر بوده و در مهارت اولیه خود یعنی i در دوره زمانی t مشغول می باشند.
 - N_{it} : تعداد نیروی کاری که فقط با مهارت i در دوره زمانی t مشغول می باشند
 - Z_{ij} : تعداد نیروی کاری که در مهارت i و j ماهر بوده و با سطح k استخدام می شوند.
 - M_{ijt} : تعداد نیروی کاری که در مهارت i و j ماهر بوده و در مهارت ثانویه خود یعنی j در دوره زمانی t مشغول می باشند.
- تابع هدف مدل به صورت زیر تعریف می گردد:

$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$

$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

، هزینه آموزش مهارت j در سطح k به نیروی کار که قبلا مهارت i را در سطح ماهر کسب کرده اند. $\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}}$

train cost_{ijk} هزینه آموزش مهارت j در سطح k به نیروی کار با مهارت i .

α_{ijk} ضریب مقدار وابستگی بین مهارت ها و سطوح آنها با دامنه تغییر بین ۰ تا ۱ .

$\sum_i Y_i \times \text{hire cost}_i$ ، هزینه استخدام نیروی کار با مهارت i .

hire cost_i هزینه استخدام واحد نیروی کار.

$\sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij}$ ، هزینه استخدام نیروی کار با مهارت i و j .

$h \text{ cost}_{ij}$ هزینه استخدام واحد نیروی کار با مهارت i و j با سطح مهارتی k .

$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek}$ ، برای نیروی کاری که فقط مهارت i را دارند. (هزینه دستمزدی)

wage_i دستمزد ساعتی برای واحد نیروی کار با مهارت i .

hrsperweek ساعات کار در هفته برای هر یک از مهارت ها .



- $\sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times hrsperweek$ ، برای نیروی کاری که دارای مهارت i و j در دوره زمانی t کار می کنند. (هزینه دستمزدی)
 W_{ij} دستمزد ساعتی برای واحد نیروی کار با مهارت i و j .

- $\sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times hrsperweek$ ، برای نیروی کاری که دارای مهارت i و j در دوره زمانی t کار می کنند. (هزینه دستمزدی)
 W_{ij} دستمزد ساعتی برای واحد نیروی کار با مهارت i و j .

قیود مربوط به تابع هدف به در ادامه بیان می شود .

- برطرف کردن تقاضای d_{it} نیروی کار با مهارت i در دوره زمانی t با استفاده از نیروی کار چند و تک مهارته:

$$\sum_j L_{ijt} + \sum_j M_{ijt} + n_{it} \geq d_{it}$$

d_{it} نیروی کار مورد نیاز با مهارت i در دوره زمانی t .

- ظرفیت آموزش مهارت j و سطح k :

$$\sum_i \sum_k X_{ijk} \leq traincap_{jk}$$

- ظرفیت استخدام

تعداد نیروی کاری که با مهارت i استخدام می شوند، باید کمتر مساوی تعداد نیروی کار در دسترس باشد.

$$Y_i \leq hirecap_i$$

تعداد نیروی کاری که با مهارت i و j استخدام می شوند، باید کمتر مساوی تعداد نیروی کار در دسترس باشند .

$$Z_{ij} \leq hirecap_{ij}$$

- قید دسترسی به نیروی کار

برای آنکه مدل از نیروی کار بیشتری با مهارت i در دوره زمانی t نسبت به افراد در دسترس استفاده نکند.

$$n_{it} \leq S_i + y_i + \sum_j \sum_k X_{ij}$$

S_i تعداد نیروی کاری که مهارت i دارند و قبلا توسط شرکت استخدام شده اند.

برای آنکه مدل از نیروی کار بیشتری با مهارت اولیه i و مهارت ثانویه j در دوره زمانی t نسبت به افراد در دسترس استفاده نکند

$$L_{ijt} + M_{ijt} \leq X_{ij} + Z_{ijk} + P_{ij}$$

P_{ij} تعداد نیروی کاری که مهارت i و j را دارند و قبلا توسط شرکت استخدام شده اند.

داده های ورودی

در انتخاب مهارت ها سعی شده است از مهارت هایی که جنبه آموزشی و اخذ مجوز کار هم دارد استفاده شود. ابتدا باید به تعداد نیروی کار تک مهارته در شروع پروژه اشاره کنیم که در جدول شماره ۱ به معرفی مهارت ها و تعداد نفرات هر یک از آنها ذکر شده است .

جدول ۱- تعداد نیروی کار تک مهارته در ابتدای پروژه

مهارت	برقکار	آرما تور بند	جوشکار
تعداد	۵	۸	۴

تعداد نیروی کار دومهارته ای که جهت استخدام در پروژه مد نظر است، در جدول ۲ معرفی شده است .

جدول ۲- تعداد نیروی کار دو مهارته در ابتدای پروژه

مهارت ثانویه \ مهارت اولیه	برقکار	آرما تور بند	جوشکار
	برقکار	-	۰
آرما تور بند	۰	-	۱
جوشکار	۱	۱	-



دستمزد ساعتی هر یک از نیروی کار تک و دو مهارته که در جدول ۱ و ۲ به مهارت و تعداد آنها اشاره شد به شرح جدول ۳ و ۴ می باشد.

جدول ۳- دستمزد نیروی کار تک مهارته به ریال

مهارت	برقکار	آرماتوربند	جوشکار
دستمزد ساعتی	۱۷۰۰۰	۱۲۰۰۰	۲۰۰۰۰

جدول ۴- دستمزد نیروی کار دو مهارته به ریال

مهارت ثانویه مهارت اولیه	برقکار	آرماتوربند	جوشکار
	برقکار	-	۱۰۰۰۰
آرماتوربند	۱۰۰۰۰	-	۴۰۰۰۰
جوشکار	۲۵۰۰۰	۴۰۰۰۰	-

در مورد مهارت هایی که ارتباط زیادی بین آنها وجود نداشته و یا مطلوب مدیریت نبوده در داده های ورودی آن سعی شده است که با اعمال نظر تصمیم گیرنده مدل به سمت انتخاب آن گزینه ها نرود. به همین علت در پارامترهای مرتبط با دو مهارت مورد نظر مقادیری را اعمال می کنیم تا مدل به صورت خودکار چنین روابطی را پیگیری نکند.

برای آموزش نیروی انسانی نیز هزینه ای باتوجه به ساعات برگزاری دوره آموزشی باید در نظر گرفت که این داده ها در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- هزینه آموزش نیروی انسانی در مهارت مورد نظریه ریال

مهارت هزینه	برقکارماهر	آرماتوربند ماهر	برقکارماهر
	برقکار دستیار	آرماتوربند دستیار	برقکار دستیار
برقکار	-	۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰
آرماتوربند	۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰	-	۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰
جوشکار	۵۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰	-

لازم به ذکر می باشد که فرض بر این بوده که نیروی کار استخدامی چند مهارته در هر کدام از مهارت ها دارای سطح مهارتی ماهر می باشند. هزینه استخدام نیروی انسانی تک و دو مهارته که شامل یک فرآیند اداری و فنی می باشد به ترتیب در جدول شماره ۶ و ۷ آورده شده است.

جدول ۶- هزینه استخدام نیروی انسانی تک مهارته به ریال

مهارت	برقکار	آرماتوربند	جوشکار
دستمزد ساعتی	۱۰۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰

جدول ۷- هزینه استخدام نیروی کار دو مهارته به ریال

مهارت هزینه	برقکار	آرماتوربند	جوشکار
	برقکار	-	۲۰۰۰۰۰
آرماتوربند	۲۰۰۰۰۰	-	۱۳۰۰۰۰
جوشکار	۱۵۰۰۰۰	۱۳۰۰۰۰	-

برای تامین بخشی از نیروی انسانی نیاز به استخدام نیروی کار در طول پروژه داریم. جدول ۸ و ۹ به ترتیب به مساله حداکثر ظرفیت استخدام برای نیروی کار تک و چندمهارته پرداخته ایم. در ادامه مباحث مربوط به داده های ورودی به مساله مدت زمانی پروژه و تخصیص نیروی کار در طول این مدت اجرای پروژه فعال می باشد.



جدول ۸- بیشترین ظرفیت استخدام کارگران تک مهارته

مهارت	برقکار	آرماتوربند	جوشکار
تعداد	۳	۵	۳

جدول ۹- بیشترین ظرفیت استخدام کارگران چند مهارته

مهارت ثانویه	برقکار	آرماتور بند	جوشکار
مهارت اولیه			
برقکار	-	۰	۱
آرماتوربند	۰	-	۰
جوشکار	۱	۰	-

در این پروژه یک بازه محدود در ۵ هفته مورد نظری باشد. برای بدست آوردن تعداد کارگران از هر مهارت در هفته می بایست از برنامه زمانبندی اولیه پروژه استفاده کرد. در ادامه با جدول ۱۰ نیروی کار مورد نیاز در هر هفته را ارائه می شود :

جدول ۱۰- تخصیص نیروی انسانی در طول پروژه

مهارت	هفته	۱	۲	۳	۴	۵
برقکار		۱	۰	۳	۰	۱
آرماتوربند		۴	۵	۳	۲	۰
جوشکار		۱	۳	۳	۱	۰

برای ضریب α که مقدار وابستگی بین مهارت ها را نشات می دهد نیز مقادیر به صورت جدول ۱۱ ارائه می گردد .

جدول ۱۱- ضریب وابستگی بین مهارت ها

α مهارت	برقکار (ماهر، دستیار)	آرماتوربند (ماهر، دستیار)	جوشکار (ماهر، دستیار)
برقکار	۱ و ۱	۰,۶۵ و ۰,۸۵	۰,۲۰ و ۰,۳۵
آرماتوربند	۰,۶۵ و ۰,۸۵	۱ و ۱	۰,۵۵ و ۰,۷۵
جوشکار	۰,۲۰ و ۰,۳۵	۰,۵۵ و ۰,۷۵	۱ و ۱

در ادامه به ارائه خروجی مدل و تفسیر پیرامون نتایج خواهیم پرداخت.

خروجی مدل

- پس از مدل کردن در نرم افزار مربوطه و اجرای مدل ، خروجی های زیر بدست آمده، که پس از ارائه نتایج بدست آمده به بررسی آنها خواهیم پرداخت.
- تعداد دو برقکار که باید مهارت جوشکاری را در سطح دستیار قبل از شروع پروژه فرا گرفته باشند و بالعکس .
 - تعداد دو برقکار که باید مهارت جوشکاری را در سطح ماهر قبل از شروع پروژه فرا گرفته باشند و بالعکس .
 - تعداد یک برقکار که در مهارت جوشکاری ماهر بوده و در مهارت اولیه خود یعنی برقکاری در هفته اول مشغول می باشد .
 - تعداد دو نفر در هفته دوم و یک نفر در هفته سوم در فقط در مهارت آرماتوربندی مشغول می باشند.
 - تعداد سه برقکار که در مهارت جوشکاری ماهر بوده و در مهارت ثانویه خود یعنی جوشکاری در هفته سوم مشغول می باشند .
 - تعداد یک برقکار که در مهارت جوشکاری ماهر بوده و در مهارت ثانویه خود یعنی جوشکاری در هفته پنجم مشغول می باشد .
 - تعداد یک جوشکار که در مهارت برقکاری ماهر بوده و در مهارت ثانویه خود یعنی برقکاری در هفته اول و چهارم مشغول می باشد .
 - تعداد سه جوشکار که در مهارت برقکاری ماهر بوده و در مهارت ثانویه خود یعنی برقکاری در هفته دوم و سوم مشغول می باشند .
- بقیه مقادیر مربوط به متغیرهای تصمیم صفر بوده به این معنا که برای رسیدن به کمترین هزینه این متغیرها نباید مقادیری را بپذیرند.



بررسی نتایج

با توجه به مقادیر فوق و با توجه به هدف اولیه در مورد مقایسه مقوله آموزش و استخدام نیروی انسانی، خروجی مدل نتایج مهمی را به دست داده است. در این پروژه مقوله آموزش مهارت های با ارتباط کم به افراد به علت تحمیل هزینه بالای آموزش حذف شده به جای آن مدل به سمت آموزش مهارت های مرتبط که هزینه آموزش کمتری را به دنبال دارد رفته است. تامین برقکار و جوشکار جزو نیازهای ضروری این پروژه می باشد که به هر نحو ممکن برای رفع بهینه این کمبود می باشد. بیشتر کمبود آرماتوربند در هفته های میانی این مقطع از پروژه اتفاق افتاده است. بنابراین، به نظر می رسد استخدام نیروی کار آن هم در سطح ماهر در مقایسه با آموزش نیروی کار شاغل در پروژه و در سطوح مهارتی تعریف شده توجه اقتصادی کمتری دارد. ضمناً استخدام نیروی کار دو مهارته آن هم با مهارت های با ارتباط بیشتر در رفع نیازهای پروژه به کاهش هزینه مختص این بخش کمک می کند، هرچند تعدادی نیروی کار دو مهارت ای در ابتدای پروژه وجود داشته است.

نتیجه گیری

همانطور که ذکر شد یکی از مسائل بسیار مهم در مدیریت پروژه های ساخت، تامین نیروی انسانی ماهر و مرتبط با نیازهای پروژه می باشد. در اکثر شرکتها همواره در مورد دو رویکرد مهم یعنی آموزش نیروی انسانی موجود و استخدام خارج از مجموعه پروژه نظرات متفاوتی در سطح مدیران وجود دارد و راه حل سیستماتیک در این مورد وجود ندارد. در این مقاله یک مدل خطی ارائه گردید تا بتواند با توجه به سطح بندی توانایی ها و مهارت های نیروی انسانی شرکت برای آموزش و یا استخدام نیروی انسانی ماهر تصمیم گیری کند. مدیران با استفاده از این مدل می توانند با کمترین هزینه به گونه ای به استخدام و یا آموزش نیروی انسانی بپردازند که مطمئن از برآورده شدن نیازهای پروژه خود با توجه به سطح توانمندیهای افراد شرکت و سطح توانمندیهای مورد لزوم پروژه باشند.

مراجع

- 1.Pappas, M.P.(2004) An assessment of implementation requirements for the tier II construction workforce strategy. The University of Texas at Austin, Austin, TX.
- 2.Edie L.C. (1954) Traffic delay at toll booths. J. Oper. Res. Soc. Am., 2(2), 107-138
- 3.Mackenzie S., Kilpatrick A.R. and Akintoye A. (2000) UK Construction skills shortage response strategies and an analysis of industry perceptions. Construction Management and Economics, 18, 853-862
- 4.Philips, S.D., McCutcheon, R.T., Emery, S.J., Little, R., and Kwesiga, M.B., (1995) Technical Analysis of Employment Potential of a National Public Works Programme. Journal of the South African Institution of Civil Engineers, 37(3), 18-24
- 5.Stewart, B.D., Webster, D.B., Ahmad, S., and Matson, J.O. (1994) Mathematical models for developing a flexible workforce. Journal of Production Economics, 36, 243-254.
- 6.Gomar, J.E., Haas, C.T., and Morton, D.P. (2002) Assignment and allocation optimization of a partially multiskilled workforce. Journal of Construction Engineering and Management, March-April, 103-109.
- 7.Gann, D. and Senker, D. (1998) Construction skills training for the next millenium. Construction Management and Economics, 16, 569-580.
- 8.Sroufi I.M, Hass C.T. and David P.Morton (2006) Linear programming approach to optimize strategic investment in the construction workforce. J. Constr. Engrg. and Mgmt., Volume 132, Issue 11, pp. 1158-1166