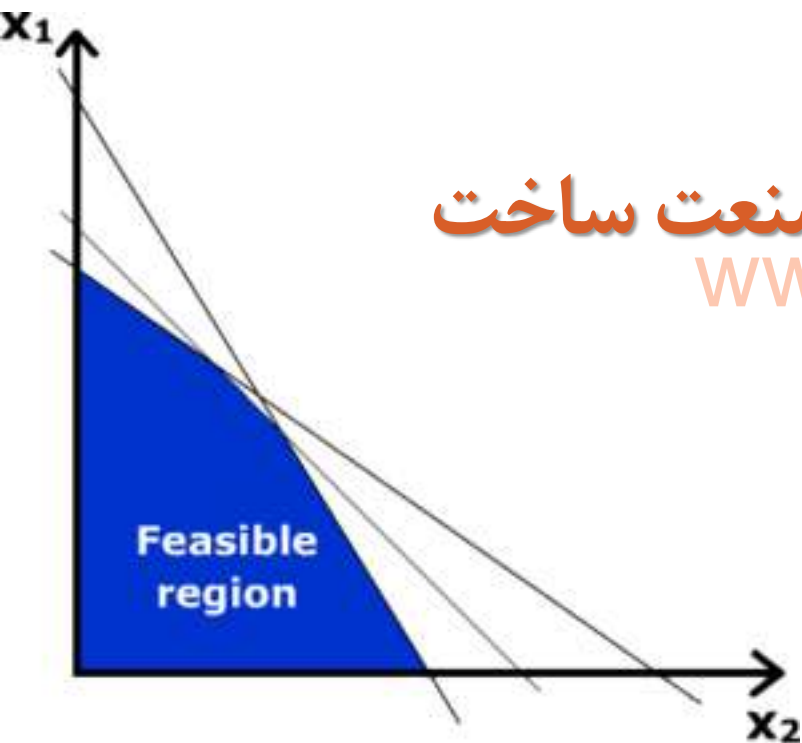


# کاربرد برنامه ریزی خطی در مهندسی و مدیریت ساخت



**IBMP.ir**

بزرگترین بانک اطلاعات صنعت ساخت

[www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)

# مقدمه

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

مقاله

پایان

- برنامه ریزی خطی از جمله قوی ترین تکنیک هایی است که مدیران می توانند در حل مسائل مختلف خود با توجه به شرایط مسئله به کار گیرند.
- برنامه ریزی خطی، مدلی ریاضی برای جست و جو و انتخاب بهترین برنامه ( روش انجام کار ) از میان مجموعه راه های ممکن است.
- از آنجا که تمامی روابط ریاضی این مدل از نوع درجه یک است، مدل خطی نامیده می شود.

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

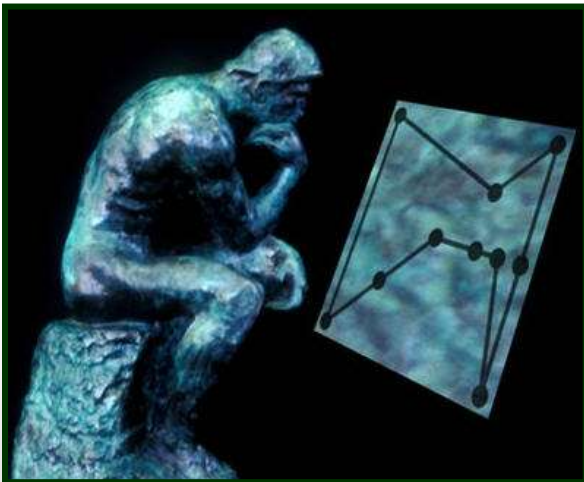
مقاله

پایان

# تاریخچه

- مسئلهٔ حل مجموعه‌ای از نامعادلات خطی از زمان فوریه مطرح بوده‌است.
- برنامه‌ریزی خطی به عنوان یک مدل ریاضی در زمان جنگ جهانی دوم شکل گرفت تا خرج‌ها و بازگشت‌های مالی را طوری سامان بخشد که به کاهش هزینه‌های ارتش و افزایش خسارات دشمن بینجامد. این طرح تا سال ۱۹۴۷ سری باقی ماند.
- پس از جنگ، بسیاری از صنایع به استفاده از آن پرداختند.

[www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)



مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

مقاله

پایان

# تاریخچه

• پایه‌گذاران این حوزه:

جورج دانتزیگ منتشرکننده روش سیمپلکس در سال ۱۹۴۷،

جان نیومن مطرح‌کننده نظریه دوگانگی در همان سال،

و لئونید کانترووویچ ریاضیدان روس که از تکنیک‌های مشابهی پیش از

دانتزیگ استفاده کرد و نوبل سال ۱۹۵۷ را برد هستند.

www.IBMP.ir

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

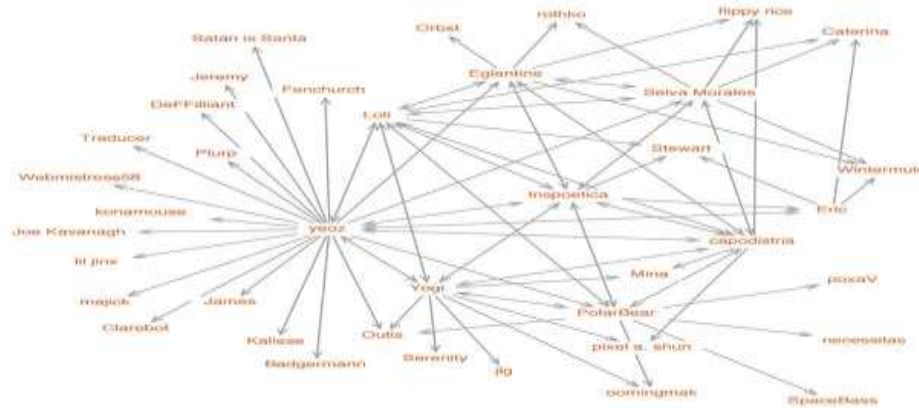
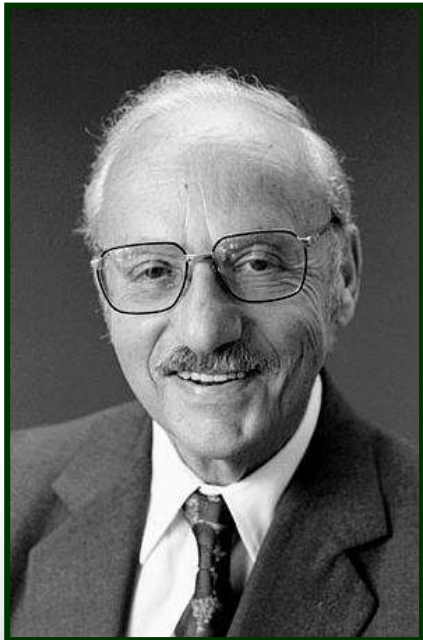
مقاله

پایان

# تاریخچه

- مثال اصلی دانتزیک یافتن بهترین تخصیص ۷۰ نفر به ۷۰ شغل بود و هنوز موفقیت او را نشان می دهد. برای محاسبه احتیاج به نمایش همه ی جایگشت ها برای انتخاب بهترین تخصیص بسیار وسیع و غیر ممکن است. او مشاهده کرد با استفاده از الگوریتم سیمپلکس یافتن بهترین جواب فقط چند لحظه طول می کشد و همچنین متوجه شد که جواب در گوشه چند ضلعی که به وسیله قید های مسأله تشکیل می شود وجود دارد.

www.IBMP.ir



## تعریف

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

مقاله

پایان

• هر مدل برنامه ریزی خطی از سه قسمت تشکیل می شود:

تابع هدف

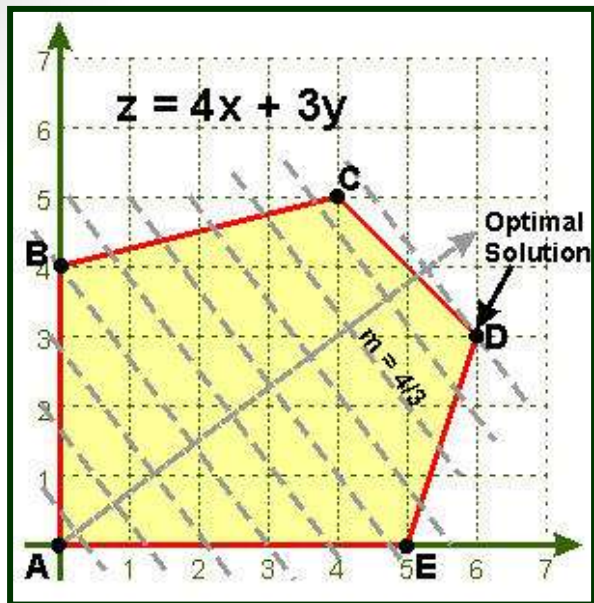
محدودیت

الف) متغیر تصمیم غیرمنفی

وضعیت متغیرهای تصمیم

ب) متغیر آزاد در علامت

www.IBMP.ir



# تعریف

• انواع روش حل:

روش ترسیمی

روش Simplex

روش Dual

روش اصلاح شده Simplex ( Revised Simplex )

روش کارمارکار ( Karmarkar )

روش خاشیان

مقدمه

تاریخچه

**تعریف**

کاربرد

مثال

مقاله

پایان

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

مقاله

پایان

# تعریف

- فرم استاندارد:

تابع هدف مسئله باید به صورت MAX باشد.

تمام محدودیت ها باید به صورت ((کوچکتر یا مساوی)) باشند.

همگی متغیرها غیر منفی باشند.

[www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)

- برنامه ریزی خطی به صورت استاندارد می توانند نمایش داده شوند:

$$\text{Maximize } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{Subject to } Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$



# زمینه های کاربردی برنامه ریزی خطی

- در زیر نمونه هایی از کاربرد برنامه ریزی خطی را در صنعت مشاهده می نمایید:
- تخصیص ناوگان هوایی
- بانک
- برنامه ریزی تولید
- کشاورزی
- [www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)
- کاربردهای بازاریابی
- طراحی شبکه ی مخابراتی
- تخصیص خون به بیمارستان ها
- صنایع شیر
- برنامه ریزی نیروی انسانی

مقدمه

تاریخچه

تعریف

**کاربرد**

مثال

مقاله

پایان

# کاربردهای معروف

- با استفاده از برنامه ریزی خطی و برنامه ریزی عدد صحیح، روشی برای زمان بندی گشت افسران پلیس در سان فرانسیسکو، توسط تیلور و هاکس لی (۱۹۸۹) طراحی گردید. با این روش سالانه ۱۱ میلیون دلار صرفه جویی حاصل شد، زمان پاسخ گویی به درخواست ها نیز حدود ۳ میلیون دلار در سال افزایش یافت.



مقدمه

تاریخچه

تعریف

**کاربرد**

مثال

مقاله

پایان

# کاربردهای معروف

- سولیوان و سکرست از برنامه ریزی خطی استفاده کردند تا در مورد چگونگی فرایند کره گیری از دوغ، شیر خام، کشک شیرین و خامه برای پنیر خامه ای، پنیر بسته بندی، خامه ترش و خامه کشک تصمیم گیری شود. استفاده از مدل، سود کره گیری را سالانه ۴۸۰۰۰ دلار افزایش داده است.



مقدمه

تاریخچه

تعریف

**کاربرد**

مثال

مقاله

پایان

## مثال

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

مقاله

پایان

شرکتی به منظور معرفی کالای جدید خود به دنبال آگهی تبلیغاتی است. بودجه تبلیغاتی ماهانه تعیین شده معادل ۶۴۰۰۰۰۰۰ تومان است. رسانه های تبلیغاتی مورد استفاده ((رادیو))، ((تلویزیون)) و ((روزنامه)) هستند. هدف شرکت اطلاع رسانی به حداکثر مشتریان بالقوه است. اطلاعات و سیاست های شرکت در خصوص رسانه های تبلیغاتی در جدول زیر ارائه شده است:

رسانه	تعداد مشتری بالقوه	هزینه هر بار آگهی	حداکثر آگهی در هر ماه
تلویزیون ۱ دقیقه آگهی	۵۰۰۰۰۰ نفر	۳۰۰۰۰۰ تومان	۱۲
روزنامه یک صفحه	۳۵۰۰۰۰ نفر	۲۰۰۰۰۰ تومان	۵
رادیو نیم دقیقه صبح	۲۴۰۰۰۰ نفر	۱۰۰۰۰۰ تومان	۲۵
رادیو نیم دقیقه عصر	۳۲۰۰۰۰۰ نفر	۱۵۰۰۰۰ تومان	۲۰

سیاست شرکت بر آن است که حداقل ۵ نوبت آگهی رادیویی در هر ماه پخش شود و حداکثر بودجه مورد استفاده برای آگهی های رادیویی 3200000 تومان باشد. تعیین تعداد نوبت آگهی در هر کدام از رسانه ها مساله ای است که شرکت در پی آن است.

# مثال

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

**مثال**

مقاله

پایان

- مدل سازی

- تعریف متغیرهای تصمیم

X : تعداد بار آگهی ماهانه در تلویزیون

Y : تعداد بار آگهی ماهانه در یک صفحه روزنامه

K : تعداد بار آگهی ماهانه در رادیو صبح ها

Z : تعداد بار آگهی ماهانه در رادیو عصرها

- تابع هدف

- هدف آگاهی بخشیدن به حداکثر تعداد مشتریان بالقوه است. پس

$$\text{MAX} : 500000 * X + 350000 * Y + 240000 * K + 320000 * Z$$

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

مقاله

پایان

# مثال

- مدل سازی

- تعریف متغیرهای تصمیم

X : تعداد بار آگهی ماهانه در تلوزیون

Y : تعداد بار آگهی ماهانه در یک صفحه روزنامه

K : تعداد بار آگهی ماهانه در رادیو صبح ها

Z : تعداد بار آگهی ماهانه در رادیو عصرها

- تابع هدف

- هدف آگاهی بخشیدن به حداکثر تعداد مشتریان بالقوه است. پس

$$\text{MAX} : 500000 * X + 350000 * Y + 240000 * K + 320000 * Z$$

## مثال

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

مقاله

پایان

## • محدودیت ها

محدودیت های مدل در خصوص بودجه تبلیغاتی و تعداد بار آگهی در هر رسانه است.

$$300000*x + 200000*y + 100000*k + 150000*z \leq 6400000 \text{ بودجه}$$

$$\text{حداکثر آگهی تلوزیون} \quad X \leq 12$$

$$\text{حداکثر آگهی روزنامه} \quad Y \leq 5$$

$$\text{حداکثر آگهی رادیو در صبح} \quad K \leq 25$$

$$\text{حداکثر آگهی رادیو در عصر} \quad Z \leq 20$$

$$\text{حداقل آگهی رادیویی} \quad K + z \geq 5$$

$$\text{حداکثر بودجه اختصاصی به رادیو} \quad 100000*k + 150000*z \leq 3200000$$

$$\text{غیر منفی بودن تعداد آگهی} \quad X, Y, K, Z \geq 0$$

[www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)

# استفاده از برنامه ریزی خطی ، برای مدیریت منابع انسانی در پروژه های ساخت

مقدمه

تاریخچه

تعریف

کاربرد

مثال

**مقاله**

پایان

- 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





## استفاده از برنامه ریزی خطی ، برای مدیریت منابع انسانی در پروژه های ساخت

- در این مثال 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.

# فرضیات مدل

- 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 شده است.

- 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 اطاعات خام مربوط به یک پروژه استفاده شده است.

# مدل خطی

- در ابتدای این قسمت به معرفی متغیرهای تصمیم پرداخته و در ادامه تابع هدف و قیود مربوط به آن را ذکر می کنیم.

[www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)

# متغیر های تصمیم

$X_{ijk}$  - 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

هزینه آموزش مهارت  $j$  در سطح  $k$  به نیروی کار با مهارت  $i$ .



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

هزینه آموزش مهارت  $j$  در سطح  $k$  به نیروی کار با مهارت  $i$ .



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

هزینه آموزش مهارت  $j$  در سطح  $k$  به نیروی کار که قبلاً مهارت  $i$  را در سطح ماهر کسب کرده اند.



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

هزینه آموزش مهارت  $j$  در سطح  $k$  به نیروی کار که قبلاً مهارت  $i$  را در سطح ماهر کسب کرده اند.



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



# تابع هدف

هزینه استخدام واحد نیروی کار



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

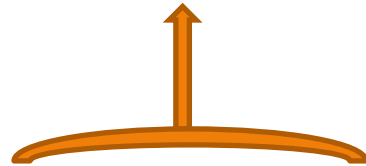
هزینه استخدام واحد نیروی کار



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

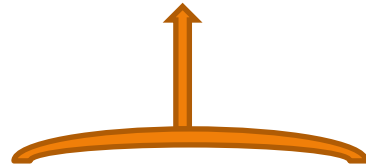
هزینه استخدام نیروی کار با مهارت  $i$



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

هزینه استخدام نیروی کار با مهارت  $i$



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

هزینه استخدام واحد نیروی کار با مهارت  $i$  و  $j$  با سطح مهارتی  $k$



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

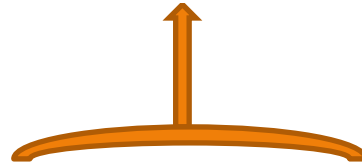
هزینه استخدام واحد نیروی کار با مهارت  $i$  و  $j$  با سطح مهارتی  $k$



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

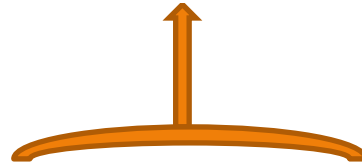
هزینه استخدام نیروی کار با مهارت  $i$  و  $j$



$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$

# تابع هدف

هزینه استخدام نیروی کار با مهارت  $i$  و  $j$

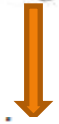


$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



# تابع هدف

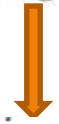
$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



دستمزد ساعتی برای واحد نیروی کار با مهارت  $i$

# تابع هدف

$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



دستمزد ساعتی برای واحد نیروی کار با مهارت  $i$

# تابع هدف

$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



ساعات کار در هفته برای هر یک از مهارت ها

# تابع هدف

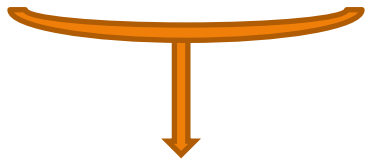
$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



ساعات کار در هفته برای هر یک از مهارت ها

# تابع هدف

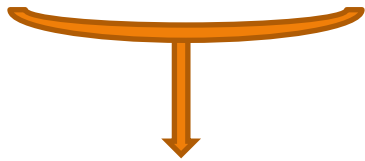
$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



برای نیروی کاری که فقط مهارت  $i$  را دارند. (هزینه دستمزدی)

# تابع هدف

$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



برای نیروی کاری که فقط مهارت  $i$  را دارند. (هزینه دستمزدی)

# تابع هدف

$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



دستمزد ساعتی برای واحد نیروی کار با مهارت  $i$  و  $j$ .

# تابع هدف

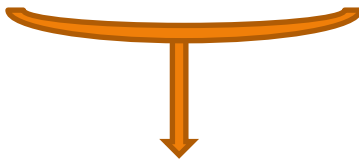
$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



دستمزد ساعتی برای واحد نیروی کار با مهارت  $i$  و  $j$ .

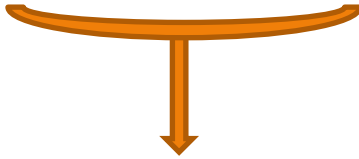


# تابع هدف

$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$


برای نیروی کاری که دارای مهارت  $i$  و  $j$  در دوره زمانی  $t$  کار می کنند. (هزینه دستمزدی)

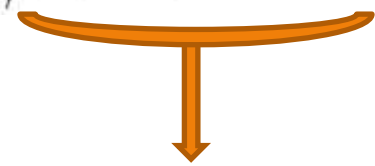
# تابع هدف

$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$


برای نیروی کاری که دارای مهارت  $i$  و  $j$  در دوره زمانی  $t$  کار می کنند. (هزینه دستمزدی)

# تابع هدف

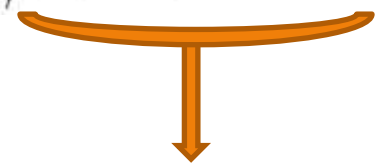
$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



برای نیروی کاری که دارای مهارت  $i$  و  $j$  در دوره زمانی  $t$  کار می کنند (هزینه دستمزدی)

# تابع هدف

$$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{\text{train cost}_{ijk} \times X_{ijk}}{\alpha_{ijk}} + \sum_i \sum_j Y_i \times \text{hire cost}_i + \sum_i \sum_j Z_{ij} \times h \text{ cost}_{ij} +$$
$$\sum_i \sum_t n_{it} \times \text{wage}_i \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t L_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek} + \sum_i \sum_j \sum_t M_{ijt} \times W_{ij} \times \text{hrsperweek}$$



برای نیروی کاری که دارای مهارت  $i$  و  $j$  در دوره زمانی  $t$  کار می کنند (هزینه دستمزدی)

# قیود مربوطه

- 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  $j$  توسط سطح  $k$ :

$$\sum_i \sum_k X_{ijk} \leq \text{traincap}_{jk}$$

- ظرفیت استخدام

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

$$Y_i \leq \text{hirecap}_i$$

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

$$Z_{ij} \leq \text{hirecap}_{ij}$$

# قیود مربوطه

- 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 قبلاً 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

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

$P_i$  تعداد نیروی کاری که مهارت  $i$  و  $j$  را دارند و قبلاً توسط شرکت استخدام شده اند.

# داده های مربوطه

- در انتخاب مهارت ها سعی شده است از مهارت هایی که جنبه آموزشی و اخذ مجوز کار هم دارد استفاده شود.

جدول ۱- تعداد نیروی کار تک مهارته در ابتدای پروژه

مهارت	برقکار	آرماتور بند	جوشکار
تعداد	۵	۸	۴

[www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)

جدول ۲- تعداد نیروی کار دو مهارته در ابتدای پروژه

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

# داده های مربوطه

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	www.IBMP.ir		
	برقکار	آرماتوربند	جوشکار
مهارت اولیه			
برقکار	-	۱۰۰۰۰	۲۵۰۰۰
آرماتوربند	۱۰۰۰۰	-	۴۰۰۰۰
جوشکار	۲۵۰۰۰	۴۰۰۰۰	-



# داده های مربوطه

- 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. [www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)

# داده های مربوطه

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

مهارت هزینه	برقکارماهر	آرما توربند ماهر	برقکارماهر
	برقکار دستیار	آرما توربند دستیار	برقکار دستیار
برقکار	-	۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰	۵۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰
آرما توربند	۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰	-	۱۰۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰
جوشکار	۵۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰ 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.

# داده های مربوطه

جدول ۶- هزینه استخدام نیروی انسانی تک مهارته به ریال

مهارت	برقکار	آرما توربند	جوشکار
دستمزد ساعتی	۱۰۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰

جدول ۷- هزینه استخدام نیروی کار دو مهارته به ریال

مهارت / هزینه	برقکار	آرما توربند	جوشکار
برقکار	-	۲۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰
آرما توربند	۲۰۰۰۰۰	-	۱۳۰۰۰۰
جوشکار	۱۵۰۰۰۰	۱۳۰۰۰۰	-

# داده های مربوطه

جدول ۸- بیشترین ظرفیت استخدام کارگران تک مهارته

مهارت	برقکار	آرما توربند	جوشکار
تعداد	۳	۵	۳

جدول ۹- بیشترین ظرفیت استخدام کارگران چند مهارته

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

# داده های مربوطه

در این پروژه یک بازه محدود در ۵ هفته مورد نظرمی باشد.  
برای بدست آوردن تعداد کارگران از هر مهارت در هفته می بایست از برنامه زمانبندی اولیه پروژه استفاده کرد.

جدول ۱۰- تخصیص نیروی انسانی در طول پروژه

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

# داده های مربوطه

برای ضریب  $\alpha$  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

$\alpha$ مهارت	برقکار ( ماهر، دستیار )	آرما توربند ( ماهر، دستیار )	جوشکار ( ماهر، دستیار )
برقکار	۱ و ۰.۶۵	۰.۸۵ و ۰.۶۵	۰.۲۰ و ۰.۳۵
آرما توربند	۰.۶۵ و ۰.۸۵	۱ و ۰.۵۵	۰.۷۵ و ۰.۵۵
جوشکار	۰.۲۰ و ۰.۳۵	۰.۵۵ و ۰.۷۵	۱ و ۰.۲۰

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

# داده های مربوطه

- 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. [www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)

# 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

[www.IBMP.ir](http://www.IBMP.ir)

- 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 درمهارت 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 جو شکاری ماهر بوده و درمهارت ثانویه خود یعنی جوشکاری در هفته سوم مشغول می باشند .

- تعداد یک برقکار که در مهارت جو شکاری ماهر بوده و درمهارت ثانویه خود یعنی جوشکاری در هفته پنجم مشغول می باشد .

- تعداد یک جوشکار که در مهارت برقکاری ماهر بوده و درمهارت ثانویه خود یعنی برقکاری در هفته اول و چهارم مشغول می باشد .

- تعداد سه جوشکار که در مهارت برقکاری ماهر بوده و درمهارت 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 .

# بررسی نتایج

- 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 توجیه اقتصادی کمتری دارد .
- ضمناً استخدام نیروی کار دو مهارته آن هم با مهارت های با ارتباط بیشتر در رفع نیاز های پروژه به کاهش هزینه مختص این بخش کمک می کند، هرچند تعداد نیروی کار دو مهارت ای در ابتدای پروژه وجود داشته است.