



دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت

## پروژه درس برنامه‌ریزی تولید: فاز دوم

تهیه‌کننده:

حامد اعراب – ۹۹۲۵۰۰۳

استاد:

دکتر هادی مصدق

پاییز و زمستان ۱۴۰۲

## مدل بهینه‌سازی

مدل بهینه‌سازی داده‌شده در فایل توضیحات را مطابق زیر تغییر داده تا بتوانیم برنامه‌ریزی سه محصول جدا را به صورت همزمان انجام داده و از مفروضات مسئله پیروی کنیم.

$$\text{minimize } \sum_{t \in T} \left( \sum_{g \in G} \left( rpc_g \cdot RP_{tg} + opc_g \cdot OP_{tg} + pic \cdot PI_{tg} \right) \right. \\ \left. + pdc \cdot PD_{tg} + isc_g \cdot IS_{tg} + igc_g \cdot IG_{tg} \right) \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{g \in G} RP_{tg} \leq rpr \cdot TW_t \quad t \in T \quad (2)$$

$$\sum_{g \in G} OP_{tg} \leq opr \cdot TW_t \quad t \in T \quad (3)$$

$$\sum_{g \in G} OP_{tg} \leq opr \cdot OW_t \quad t \in T \quad (4)$$

$$TW_t = TW_{t-1} + HW_t + FW_t \quad t \in T, t \neq T_0 \quad (5)$$

$$TW_t = iw + HW_t + FW_t \quad t = T_0 \quad (6)$$

$$IL_{tg} = IS_{tg} - IG_{tg} \quad t \in T, g \in G \quad (7)$$

$$RP_{tg} = RP_{t-1,g} + PI_{tg} - PD_{tg} \quad t \in T, t \neq T_0, g \in G \quad (8)$$

$$RP_{tg} = irp_g + PI_{tg} - PD_{tg} \quad t = T_0, g \in G \quad (9)$$

$$IL_{tg} = IL_{t-1,g} + RP_{tg} + OP_{tg} - D_{tg} \quad t \in T, t \neq T_0, g \in G \quad (10)$$

$$IL_{tg} = iil_g + RP_{tg} + OP_{tg} - D_{tg} \quad t = T_0, g \in G \quad (11)$$

$$IL_{tg} = fil_g \quad t = T_{-1}, g \in G \quad (12)$$

$$RP_{tg}, OP_{tg}, PI_{tg}, PD_{tg}, IS_{tg}, IG_{tg} \geq 0 \quad t \in T, g \in G \quad (13)$$

$$TW_t, OW_t, HW_t, FW_t \geq 0 \quad t \in T \quad (14)$$

$$RP_{tg}, OP_{tg}, PI_{tg}, PD_{tg}, IL_{tg}, IS_{tg}, IG_{tg} \in \mathbb{Z} \quad t \in T, g \in G \quad (15)$$

$$TW_t, OW_t, HW_t, FW_t \in \mathbb{Z} \quad t \in T \quad (16)$$

## توضیحات پارامترها

در زیر به پارامترها و ورودی‌های مسئله که میتوان مقادیرشان را تغییر داد می‌پردازیم.

Parameter	Description	Dimension	Default Value
$T$	periods	-	$\langle 20, 21, \dots, 25 \rangle$
$G$	product groups	-	$\langle 1, 2, 3 \rangle$
$D_{tg}$	demand for group $g$ in period $t$	units	G1 Forecast (WMA), G2 Forecast (ALR), G3 Forecast (ALR)
$rpr$	regular production rate	units per worker	$3.125 \times \frac{7}{9}$
$opr$	overtime production rate	units per worker	$3.125 \times \frac{2}{9}$
$rpc_g$	regular production cost of group $g$	tomans per unit	$\langle 11.3e6, 12.2e6, 16.7e6 \rangle$
$opc_g$	overtime production cost of group $g$	tomans per unit	$\langle 13.56e6, 14.64e6, 20.04e6 \rangle$
$pic$	production increase cost	tomans per unit	$1e6$
$pdc$	production decrease cost	tomans per unit	$1.5e6$
$isc_g$	inventory surplus cost of group $g$	tomans per unit	$\langle \frac{2.3e6}{12}, \frac{3.1e6}{12}, \frac{5.6e6}{12} \rangle$
$igc_g$	inventory shortage cost of group $g$	tomans per unit	$\langle 2e6, 2e6, 2e6 \rangle$
$rs$	regular salary	tomans per worker	$15e6$
$os$	overtime salary	tomans per worker	$4.5e6$
$hc$	hiring cost	tomans per worker	$2.4e6$
$fc$	firing cost	tomans per worker	$12e6$
$iw$	initial workers	worker	$20e3$
$irp_g$	initial regular production of group $g$	units	$\langle 0, 0, 0 \rangle$

$il_g$	initial inventory level of group $g$	units	$\langle 0,0,0 \rangle$
$fil_g$	final inventory level of group $g$	units	$\langle 0,0,0 \rangle$

توجه:

برای مقادیر تقاضاها، بر اساس نتایج حاصله از فاز پیشین، از پیشبینی‌های روش میانگین وزنی متحرکی برای گروه یک، و از پیشبینی‌های روش رگرسیون خطی سازگار شده برای گروه‌های دو و سه استفاده می‌کنیم.

## توضیحات متغیرهای تصمیم

متغیرهای تصمیم مسئله بهینه‌سازی، به شرح زیرند:

Decision Variable	Description	Dimension
$RP_{tg}$	regular production of group $g$ in period $t$	units
$OP_{tg}$	overtime production of group $g$ in period $t$	units
$PI_{tg}$	production increase of group $g$ in period $t$	units
$PD_{tg}$	production decrease of group $g$ in period $t$	units
$IL_{tg}$	inventory level of group $g$ in period $t$	units
$IS_{tg}$	inventory surplus of group $g$ in period $t$	units
$IG_{tg}$	inventory shortage of group $g$ in period $t$	units
$TW_t$	total workers in period $t$	workers
$OW_t$	overtime workers in period $t$	workers
$HW_t$	hired workers in period $t$	workers
$FW_t$	fired workers in period $t$	workers

توجه:

یک متغیر تصمیم برای حداقل تعداد کارگرانی که در یک دوره باید به صورت کامل در زمان‌های اضافه‌کاری مشغول باشند اضافه می‌کنیم تا بتوانیم هزینه دستمزد اضافه‌کاری کارگران را در تابع هدف محاسبه کنیم. محدودیت مربوط به این نکته، محدودیت شماره ۴ می‌باشد.

## نتایج

مطابق نتایج حاصله، هزینه کل تقریبا برابر با ۶۴ هزار میلیارد تومان خواهد بود. از آنجایی که میزان تقاضا بسیار بیشتر از ظرفیت

تولید است، مجبوریم به تعداد زیاد کارگر استخدام کنیم تا کمبود را جبران کنیم.

total cost: 64344855250000.0

	T20	T21	T22	T23	T24	T25
RP	(434092, 147035, 4909)	(434092, 147035, 4909)	(434092, 147035, 4909)	(434148, 147035, 4848)	(434148, 147035, 4848)	(434148, 147035, 4848)
OP	(5788, 18840, 1719)	(1, 11930, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
PI	(434092, 147035, 4909)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(56, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
PD	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 61)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
IL	(0, 0, 0)	(-599, 0, -606)	(655, -6008, -703)	(0, -6093, -408)	(-44, 8983, 69)	(0, 0, 0)
IS	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(655, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 8983, 69)	(0, 0, 0)
IG	(0, 0, 0)	(599, 0, 606)	(0, 6008, 703)	(0, 6093, 408)	(44, 0, 0)	(0, 0, 0)
TW	241112	241112	241112	241110	241110	241110
OW	37940	17181	0	0	0	0
HW	221112	0	0	0	0	0
FW	0	0	0	2	0	0

## آنالیز حساسیت

میزان هزینه کل را برای مقادیر مختلف دو پارامتر را به صورت جداگانه محاسبه می‌کنیم:

### حقوق عادی

rs = 12000000,	total cost: 60004857250000.0
rs = 13000000,	total cost: 61451523250000.0
rs = 14000000,	total cost: 62898189250000.0
rs = 15000000,	total cost: 64344855250000.0
rs = 16000000,	total cost: 65791521250000.0
rs = 17000000,	total cost: 67238187250000.0
rs = 18000000,	total cost: 68684853250000.0

### هزینه استخدام

hc = 1200000,	total cost: 64079520850000.0
hc = 1600000,	total cost: 64167965650000.0
hc = 2000000,	total cost: 64256410450000.0
hc = 2400000,	total cost: 64344855250000.0
hc = 2800000,	total cost: 64433300050000.0
hc = 3200000,	total cost: 64521744850000.0
hc = 3600000,	total cost: 64610189650000.0