به نام خدا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

پروژه‌ی درس برنامه‌ریزی تولید

فاز اول

استاد: دکتر هادی مصدق

پاییز ۱۴۰۳

الف) **این قسمت از پروژه با استفاده از R انجام شود. فایل آموزش در کورسز بارگزاری شده‌است.**

دیتاست داده شده میزان فروش ماشین بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ در بین کشورهای مختلف در سطح جهان را نشان می‌دهد.

با توجه به دیتاست داده شده، برای سه کشور ژاپن، آلمان و آمریکا پیش‌بینی فروش ۶ سال آینده (از سال ۲۰۲۳ به بعد) را توسط روش‌های معرفی شده در کلاس انجام دهید.

روش‌های مختلف پیشبینی سری زمانی در نرم‌افزار R پیاده‌سازی شده و با مقایسه معیارهای خطای مختلف، بهترین روش و تقاضای پیشبینی شده برای محصولات ارائه شود. همچنین در تحلیل خود از روش کنترل پیشبینی -tracking signal- استفاده کنید. برای به دست آوردن میزان خطای هر روش از ۵ دوره آخر به عنوان داده تست یا آزمایش استفاده کنید.

لطفا فایل کد خود را به همراه یک گزارش از تحلیل نتایج که یک فایل ورد حاوی تحلیل‌ها، نمودارها و نتایج می‌باشد به همراه پی دی اف گزارش در کورسز آپلود کنید.

ب) **این قسمت از پروژه با استفاده از پایتون انجام شود. فایل آموزشی این قسمت با عنوان python tutorial در کورسز بارگزاری شده‌است.**

مدل ریاضی ارائه شده برای مساله مورد نظر را توسعه داده و در نرم افزار پایتون پیاده‌سازی کنید. برنامه ریزی تولید برای سه کشور ژاپن، آمریکا و آلمان برای ۶ سال آینده ارائه و تحلیل شود. سپس تحلیل حساسیتی روی یکی از پارامترهای ورودی مساله انجام و نتایج ارائه شود.

مدل ریاضی مسئله

در این مدل هزینه‌های کمبود، هزینه افزایش و کاهش میزان تولید، هزینه افزایش و کاهش در سطح نیروی کار در نظر گرفته شده است. همچنین ظرفیت تولید بر اساس تابعی از سطح نیروی کار تعیین شده است. ابتدا پس از معرفی پارامترها و متغیرهای تعریف شده، مدل ریاضی شرح داده می‌شود.

مجموعه‌ها و اندیس‌ها	
t	مجموعه دوره‌ها $t \in \{1,2,\dots,Lp\}$
پارامترها	
D_t	تقاضای محصول در دوره t
m	تعداد محصول تولیدی با هر اپراتور در زمان عادی (واحد محصول)
n	تعداد محصول تولیدی با هر اپراتور در زمان اضافه کاری (واحد محصول)
λ_t	هزینه افزایش در مقدار تولید از دوره ۱-t به دوره t به ازای هر محصول
ω_t	هزینه کاهش در مقدار تولید از دوره ۱-t به دوره t به ازای هر محصول
e_t	هزینه افزایش در سطح نیروی کار از دوره ۱-t به دوره t به ازای هر نفر
e'_t	هزینه کاهش در سطح نیروی کار از دوره ۱-t به دوره t به ازای هر نفر
s_t	دستمزد پرسنل در زمان عادی (به ازای هر نفر)
c_t	هزینه تولید به ازای هر واحد محصول در زمان عادی دوره t
c'_t	هزینه تولید به ازای هر واحد محصول در زمان اضافه کاری دوره t
h_t	هزینه نگهداری موجودی در دوره t به ازای واحد محصول در انتهای دوره
π_t	هزینه کمبود در دوره t به ازای واحد محصول در انتهای دوره
متغیرها	
X_t	میزان تولید در زمان عادی دوره t
o_t	میزان تولید در زمان اضافه کار دوره t
Δ_t^+	تعداد افزایش در سطح تولید از دوره ۱-t به دوره t
Δ_t^-	تعداد کاهش در سطح تولید از دوره ۱-t به دوره t
I_t	موجودی خالص در انتهای دوره t

I_t^+ سطح موجودی در دست در انتهای دوره t

I_t^- میزان کمبود در انتهای دوره t

w_t سطح نیروی کار در دوره t

w_t^+ میزان افزایش در سطح نیروی کار از دوره ۱-t به دوره t

w_t^- میزان کاهش در سطح نیروی کار از دوره ۱-t به دوره t

$$\text{Minimize} \quad \sum_{t\epsilon T} [c_t \times X_t + c'_t \times o_t + h_t \times I_t^+ + \pi_t \times I_t^- + \lambda_t \times \Delta_t^+ + \omega_t \times \Delta_t^- + s_t \times w_t + e_t \times w_t^+ + e'_t \times w_t^-] \quad (۱)$$

Subject to

$$X_t \leq m \times w_t \qquad t\epsilon T \quad (۲)$$

$$o_t \leq n \times w_t \qquad t\epsilon T \quad (۳)$$

$$I_t = I_{t-1} + X_t + o_t - D_t \qquad t\epsilon T \quad (۴)$$

$$X_t = X_{t-1} + \Delta_t^+ - \Delta_t^- \qquad t\epsilon T \quad (۵)$$

$$I_t = I_t^+ - I_t^- \qquad t\epsilon T \quad (۶)$$

$$w_t = w_{t-1} + w_t^+ - w_t^- \qquad t\epsilon T \quad (۷)$$

$$X_t, I_t^+, I_t^-, I_t, w_t, \mathrm{w}_t^+, \mathrm{w}_t^-, o_t, \Delta_t^+, \Delta_t^- \geq 0 \qquad t\epsilon T \quad (۸)$$

$$X_t, I_t^+, I_t^-, \mathrm{w}_t^+, \mathrm{w}_t^-, o_t, \Delta_t^+, \Delta_t^- \quad integer \qquad t\epsilon T \quad (۹)$$

تابع هدف تعریف شده هزینه عملیاتی با در نظر گرفتن هزینه تولید، موجودی، کمبود، تغییر نرخ تولید و تغییر در سطح نیروی کار می‌باشد. محدودیت (۲) تضمین می‌کند که میزان تولید در زمان عادی از ظرفیت متناظر فراتر نرود. همچنین محدودیت (۳) تضمین می‌کند میزان تولید در زمان اضافه کاری از ظرفیت موجود کمتر باشد. محدودیت (۴) و (۵)، محدودیت‌های موازنه موجودی در هر دوره می‌باشد که ارتباط متغیر موجودی و میزان تولید را نیز مشخص می‌کند. محدودیت (۶) موجودی خالص در انتهای هر دوره را مشخص می‌کند. همچنین محدودیت (۷) محدودیت موازنه سطح نیروی کار در هر دوره می‌باشد. در انتها محدودیت‌های (۸) و (۹) تعریف کننده متغیرهای مساله می‌باشد.

توجه شود در این مدل، موجودی در دست، میزان تولید و سطح نیروی کار در ابتدای دوره مورد بررسی صفر می‌باشد. شایان ذکر می‌باشد که با توجه به رابطه خطی بین دو متغیر I_t^+ و I_t^- وجود دارد. این موضوع بدین معنا

است که در صورت مثبت بودن مقادیر h_t و π_t تنها یکی از متغیرهای I_t^+ و I_t^- باید مقدار بگیرد. این موضوع به صورت رابطه زیر نمایش داده می‌شود اما به دلیل رابطه
خطی بین دو متغیر، این محدودیت نیاز به اضافه شدن به مدل ندارد.

$$I_t^+ \times I_t^- = 0 \qquad t \epsilon T$$

به علاوه این موضوع در بین متغیرهای w_t^+ و w_t^- و همچنین متغیرهای Δ_t^+ و Δ_t^- نیز صادق می‌باشد. راه دیگر برای تعریف مدل ارائه شده می‌تواند به صورت زیر باشد که با جایگزینی محدودیت‌های زیر با محدودیت‌های (۴) و (۵) و (۷) بدست می‌آید.

$$I_t = I_0 + \sum_{t\epsilon T}(X_t + o_t - D_t) \qquad t\epsilon T$$

$$X_t = X_0 + \sum_{t\epsilon T}(\Delta_t^+ - \Delta_t^-) \qquad t\epsilon T$$

$$w_t = w_0 + \sum_{t\epsilon T}(w_t^+ - w_t^-) \qquad t\epsilon T$$

فرضیات مساله

۱) موجودی اولیه در شروع دوره مورد بررسی، صفر می‌باشد.
۲) موجودی در انتهای افق زمانی مورد بررسی باید صفر باشد.
۳) میزان تولید در دوره صفر، برابر صفر واحد می‌باشد
۴) هر ماه ۲۶ روز کاری و هر روز شامل ۸ ساعت در زمان عادی و دو ساعت اضافه کاری می‌باشد.
۵) سطح نیروی کار در شروع دوره مورد بررسی ۳۰۰ نفر می‌باشد.

هزینه استخدام به ازای هر نفر ۲۵۰۰ دلار و هزینه اخراج ۱۲۰۰۰ دلار در نظر گرفته شده‌است. همچنین هزینه افزایش در تولید ۱۰۰۰ دلار و کاهش در تولید ۱۵۰۰ دلار می‌باشد. حقوق کارکنان در حالت عادی ۱۵۰ دلار و هزینه‌ها در وقت اضافه ۲۰٪ افزایش دارد.

M=۴, n=۱

	هزینه تولید هر واحد در وقت عادی	هزینه تولید هر واحد در اضافه کاری	هزینه نگهداری هر واحد در سال
ژاپن	۱۱۳۰	۱۳۵۶	۲۳۰۰۰
آلمان	۱۲۲۰	۱۴۶۴	۳۱۰۰۰
آمریکا	۱۶۷۰	۲۰۰۴	۵۳۰۰۰

موفق باشید.