



دانشگاه یزد



## گواهی ارائه مقاله در کنفرانس

بدینوسیله گواهی می شود جناب آقای/سرکار خانم صدیقه صادقی در چهل و ششمین کنفرانس ریاضی ایران که از ۳ لغایت ۶ شهریور ۱۳۹۴ در دانشگاه یزد برگزار گردید حضور داشته‌اند و مقاله‌ای با عنوان

ارائه مدلی جدید برای مساله زمان‌بندی کوتاه مدت کارگران دائم و موقت چندمهارته با امکان آموزش مهارت‌های جدید با همکاری

صدیقه صادقی-رضا قنبری

ارائه نموده‌اند. توفیقات روزافزون ایشان را از درگاه خداوند منان خواستاریم.

قاسم برید لقمانی  
دبیر کنفرانس

بیژن دواز  
دبیر کمیته علمی کنفرانس



# ارائه مدلی جدید برای مساله زمان‌بندی کوتاه مدت کارگران دائم و موقت چندمهارته با امکان آموزش مهارت‌های جدید

رضا قنبری  
دانشگاه فردوسی مشهد

صدیقه صادقی\*  
دانشگاه فردوسی مشهد

## چکیده

برنامه‌ریزی نیروی انسانی در سازمان فرآیندی است که به وسیله آن، سازمان معین می‌کند که برای رسیدن به اهداف خود به چه تعداد کارمند با چه تخصص و مهارت‌هایی، برای چه مشاغلی و در چه زمانی نیاز دارد. طیف وسیعی از مسائل مربوط به برنامه‌ریزی کارمندان و کارگران کارخانجات و شرکت‌های خدماتی به برنامه‌ریزی نیروی انسانی اختصاص دارد. هدف از این کار، استفاده از حداقل نیروی کاری مورد نیاز به منظور کامل کردن اهداف تولیدی از پیش تعیین شده است. در این مقاله با در نظر گرفتن عواملی همچون «استخدام و اخراج کارگران دائم و موقت»، «اضافه‌کاری»، «ارتقا سطح مهارت کارگران» و «آموزش مهارت‌های جدید به کارگران» به ارائه مدلی جدید برای این مساله می‌پردازیم.

واژه‌های کلیدی: زمان‌بندی نیروی انسانی، کارگران موقت و دائم چندمهارته، آموزش کارگران.

Mathematics Subject Classification [2010]: 90B30, 90C10

## ۱ مقدمه و بیان مساله

در بسیاری از شرکت‌های صنعتی، استفاده از کارگران موقت در حال افزایش است. این استراتژی در مواقعی که تقاضا متغیر است، می‌تواند مفید باشد. زیرا با افزایش و یا کاهش تعداد کارگران موقت، می‌توان تقاضای موجود را برطرف کرد. کارهای اصلی در این زمینه مربوط به جانسون و مونتگمری [۳] و هکس و کندیا [۲] است. استفاده از کارگران موقت در گذشته به عنوان یک راه‌حل مقطعی استفاده می‌شده است، در حالی که امروزه به عنوان یک استراتژی رایج برای مدیران است. گالاجهر و کنلی [۱] مرور جامعی بر تحقیقات مربوط به کارگران موقت و مشروط داشته‌اند. همچنین تکاویبن وانگ و همکاران [۵] با استفاده از استخدام و اخراج کارگران موقت ماهر و غیر ماهر سعی بر کاهش هزینه‌های موجود داشتند. دونالد و همکاران [۴] نیز مدل تخصیص کار به کارگران را ارائه کرده‌اند که در آن مهارت‌ها سطح‌بندی شده و آموزش کارگران برای رفع کمبود مهارت‌های مورد نیاز در نظر گرفته شده است. در تابع هدف مدل پیشنهادی دونالد و همکاران، هزینه انبارداری، آموزش و هزینه کیفیت پایین محصول مینیمم می‌شود. در این پژوهش، تلفیقی از مدل‌های فوق را در نظر می‌گیریم. به این صورت که افزون بر استخدام و اخراج کارگران موقت، به آموزش مهارت‌های مورد نیاز به کارگران و همچنین ارتقا سطح مهارت کارگران می‌پردازیم که با توجه به شرایط مساله، که در آن واریانس تقاضا بالاست، می‌تواند موثر باشد. زیرا با افزایش تقاضا، نیاز به نیروی کاری ماهر افزایش می‌یابد و آموزش کارگران موجود، کمبود نیروی کاری ماهر را جبران می‌کند و با توجه به این که هزینه آموزش کمتر از استخدام نیروی جدید است، در کاهش هزینه‌ها نیز موثر است. همچنین هر کارگر با سطح مهارت مختلف، دارای یک نرخ بهره‌وری است. به این معنی که با توجه به سطح مهارت، درصدی از محصولاتی که توسط کارگر تولید می‌شود، معیوب است. بنابراین با در نظر گرفتن این فرض، مساله را به شرایط واقعی، نزدیک‌تر می‌کنیم.

$\alpha_{jlk}^W$  میانگین حقوق هر کارگر دائم در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در هر دوره.  $\alpha_{jlk}^T$  میانگین حقوق هر کارگر موقت در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در هر دوره.  $\beta_{jlk}$  هزینه استخدام هر کارگر موقت در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در هر دوره.  $\theta_{jlk}$  هزینه اخراج هر کارگر موقت در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در هر دوره.  $\pi_{jlk}^W$  هزینه اضافه کاری هر کارگر دائم در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در هر دوره.  $\pi_{jlk}^T$  هزینه اضافه کاری هر کارگر موقت در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در هر دوره.  $\lambda_i$  هزینه نگهداری هر واحد محصول  $i$  در هر دوره.  $\sigma_i$  هزینه هر واحد سفارش عقب افتاده.  $C_{Training}$  بیشترین هزینه آموزش ممکن در کل دوره های زمانی.  $C_{ijlk}$  هزینه آموزش کارگر  $i$  از سطح مهارت  $1 - k$  به سطح مهارت  $k$  برای ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$ .  $C_{Qjl}$  هزینه هر واحد با کیفیت پایین در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$ .  $C_l$  بیشترین تعداد کارگران ممکن در خط تولید  $l$ .  $h$  ساعات موظفی تولید برای هر کارگر در هر دوره.  $A$  سقف ساعات اضافه کاری هر کارگر.  $pr_{pjl}$  زمان پردازش محصول  $p$  در ایستگاه کاری  $j$  در خط  $l$ .  $TA_i$  سقف ساعات آموزشی برای کارگر  $i$ .  $M$  یک عدد مثبت بزرگ.  $IMAX_p$  ماکزیمم سطح موجودی محصول  $p$ .  $\omega$  مینیمم نسبت کارگران دائم به کل کارگران.  $T$  تعداد دوره های زمانی.  $D_p(t)$  تقاضای پیش بینی شده برای محصول  $p$  در دوره  $t$ .  $NS_{jl}$  سطح مهارت لازم برای ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$ .  $P_{pjl}$  نرخ بهره وری محصول  $p$ ، اگر کار در ایستگاه کاری  $j$  با سطح مهارت  $l$  انجام شود. [۴]  $q_{ijkl}$  سطح کیفیت کارگر  $i$  در انجام کار در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$ . [۴]  $s_{jlk}$  سطوح مهارت برای ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$ . [۴]  $w_{ijl}$  سطح مهارت اولیه کارگر  $i$  در ایستگاه کاری  $j$  در خط  $l$ .  $tr_{ijkl}$  زمانی که برای آموزش کارگر  $i$  برای کار در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$ ، از سطح مهارت  $1 - k$  به سطح مهارت  $k$  نیاز است.  $u_{ijl}$  اگر کارگر  $i$  سطح مهارت لازم برای کار در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  را داشته باشد،  $(w_{ijl} > NS_{jl})$  برابر یک است. در غیر این صورت صفر است. **متغیرهای تصمیم**  $W_{jlk}(t)$  تعداد کارگران دائمی در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$ .  $R_{jlk}(t)$  تعداد کارگران موقت استخدام شده در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در دوره  $t$ .  $F_{jlk}(t)$  تعداد کارگران موقت اخراج شده در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در دوره  $t$ .  $H_{jlk}^W(t)$  ساعات تخصیص داده شده به کارگران دائم در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در دوره  $t$ .  $H_{jlk}(t)$  ساعات تخصیص داده شده به کارگران موقت در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در دوره  $t$ .  $O_{jlk}^W(t)$  ساعات اضافه کاری تخصیص داده شده به کارگران دائمی در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در دوره  $t$ .  $O_{jlk}(t)$  ساعات اضافه کاری تخصیص داده شده به کارگران موقت در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در دوره  $t$ .  $S_{jlk}(t)$  تعداد کارگران موقت استخدام شده در ایستگاه کاری  $j$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  در دوره  $t$ .  $B_p(t)$  میزان کمبود محصول  $p$  در دوره  $t$ .  $I_p(t)$  سطح موجودی محصول  $p$  در دوره  $t$ .  $z_{ijklt}$  اگر کارگر  $i$  کار  $j$  در خط تولید  $l$  را با سطح مهارت  $k$  در دوره  $t$  انجام دهد برابر یک است. در غیر این صورت صفر است.  $y_{ijlt}$  اگر کارگر  $i$  کار  $j$  در خط تولید  $l$  را با هر سطح مهارتی در دوره  $t$  انجام دهد برابر یک است. در غیر این صورت صفر است.  $v_{ijlk}$  اگر کارگر  $i$  کار  $j$  در خط تولید  $l$  را با سطح مهارت  $k$  در یک یا چند دوره انجام دهد برابر یک است. در غیر این صورت صفر است.  $W_{it}$  اگر کارگر  $i$  در زمان  $t$  در دسترس باشد، برابر یک است. در غیر این صورت صفر است. در اینجا  $i$  اندیس مربوط به کارگران است که در آن فرض می کنیم  $i = 1, \dots, N$ ، شماره کارگران دائم و  $S = 1, \dots, N + 1$ ، شماره کارگران موقت است.

$$I_p(t) \leq IMAX_p \quad \forall p, t \quad (14)$$

$$B_p(T) = 0 \quad \forall p \quad (15)$$

$$S_{jlk}(t) = S_{jlk}(t-1) + R_{jlk}(t) - F_{jlk}(t) + \sum_{i=N+1}^S z_{ijkl}(1 - u_{ijl}) \quad \forall j, l, k, t \quad (16)$$

$$W_{jlk}(t) = W_{jlk}(t-1) + \sum_{i=1}^N z_{ijkl}(1 - u_{ijl}) \quad \forall j, l, k, t \quad (17)$$

$$\sum_p X_p(t) pr_{pjl} \leq \sum_k (H_{jlk}^W(t) + H_{jlk}^T(t)) + \sum_k (O_{jlk}^W(t) + O_{jlk}^T(t)) \quad \forall j, l, t \quad (18)$$

$$H_{jlk}^T(t) = 0 \text{ if } NS_{jl} > k \quad \forall j, l \quad (19)$$

$$(1 - \omega)H_{jlk}^W(t) \geq \omega H_{jlk}^T(t) \quad \forall j, l, t \quad (20)$$

$$(1 - \omega)O_{jlk}^W(t) \geq \omega O_{jlk}^T(t) \quad \forall j, l, t \quad (21)$$

$$W_{jlk}(t) \geq \frac{1}{h} H_{jlk}^W(t) \quad \forall j, l, k, t \quad (22)$$

$$S_{jlk}(t) \geq \frac{1}{h} H_{jlk}^T(t) \quad \forall j, l, k, t \quad (23)$$

$$AW_{jlk}(t) \leq O_{jlk}^W(t) \quad \forall j, l, k, t \quad (24)$$

$$AS_{jlk}(t) \leq O_{jlk}^T(t) \quad \forall j, l, k, t \quad (25)$$

$$C_l \geq \frac{1}{h} \left( \sum_j \sum_k (H_{jlk}^W(t) + H_{jlk}^T(t)) \right) \quad \forall l, t \quad (26)$$

$$\min \sum_t \left[ \sum_j \sum_l \sum_k \left( \alpha_{jlk}^W W_{jlk}(t) + \alpha_{jlk}^T S_{jlk}(t) + \pi^W O_{jlk}^W(t) + \pi^T O_{jlk}^T(t) + \beta_{jlk} R_{jlk}(t) + \theta_{jlk} F_{jlk}(t) \right) + \sum_p \lambda_p I_p(t) + \sum_p \sigma_p B_p(t) + \sum_i \sum_j \sum_l \sum_k \sum_p P_{pjlk} z_{ijkl} q_{ijkl} C Q_{jl} \right] + \sum_i \sum_j \sum_l \sum_k v_{ijkl} C_{ijkl} \quad (1)$$

$$\sum_j \sum_l y_{ijlt} \leq W_{it} \quad \forall i, t \quad (2)$$

$$\sum_k z_{ijkl} \leq y_{ijlt} \quad \forall i, j, l, t \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_k z_{ijkl} s_{jlk} \geq NS_{jl} \quad \forall j, l, t \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_l \sum_k P_{pjlk} z_{ijkl} q_{ijkl} \geq D_p(t) \quad \forall p, t \quad (5)$$

$$\sum_i \sum_l \sum_k \sum_t P_{pjlk} z_{ijkl} q_{ijkl} \geq \sum_i \sum_l \sum_k \sum_t P_{pj+1l} z_{ij+1lk} q_{ij+1lk} \quad j = 1, \dots, J-1 \quad (6)$$

$$\sum_t z_{ijkl} \leq v_{ijkl} T \quad \forall i, j, l, k \quad (7)$$

$$\sum_t z_{ijkl} \geq v_{ijkl} \quad \forall i, j, l, k \quad (8)$$

$$\sum_j \sum_l \sum_k tr_{ijl} v_{ijkl} \leq T A_i \quad (9)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_l \sum_k tr_{ijkl} v_{ijkl} \leq T_{total} \quad (10)$$

$$z_{ijkl} s_{jlk} \leq w_{ijl} + 1 \quad \forall i, j, l, k, t \quad (11)$$

$$u_{ijl} - \sum_t y_{ijlt} \leq 0 \quad \forall j, l, i = 1, \dots, N \quad (12)$$

$$I_p(t) - B_p(t) = I_p(t-1) - B_p(t-1) + X_p(t) - D_p(t) \quad \forall p, t \quad (13)$$

محدودیت (۱) مربوط به تابع هدف است که به مینیمم‌سازی هزینه‌ها، شامل میانگین درآمد کارگران دائم و موقت، اضافه‌کاری، استخدام و اخراج کارگران موقت، نگهداری موجودی، سفارشات عقب افتاده، کیفیت پایین محصول و هزینه آموزش می‌پردازد. محدودیت (۲) بیان می‌کند در صورتی که کارگر  $i$  در دسترس نباشد (ممکن است تعدادی از کارگران را به دلیل اخراج، نداشته باشیم)، نباید به هیچ ایستگاه کاری اختصاص یابد. محدودیت (۳) بیان می‌کند که اگر کارگر  $i$  در ایستگاه کاری  $z$  در دوره  $t$  کار کند، آن‌گاه این کارگر فقط در یک سطح مهارت از کار  $z$  می‌تواند کار کند. محدودیت (۴) بیان می‌کند که کارگرانی که در ایستگاه کاری  $z$  در خط تولید  $l$  کار می‌کنند، سطح مهارت لازم برای انجام آن کار را برآورده می‌کنند. محدودیت (۵) تقاضای مورد نیاز برای محصول  $p$  در دوره  $t$  را برطرف می‌کند. محدودیت (۶) بیان می‌کند که تعداد محصولاتی که در ایستگاه کاری  $z$  تولید می‌شود باید از ایستگاه کاری  $1 + z$  بیشتر باشد. زیرا درصدی از این محصولات در ایستگاه  $1 + z$  معیوب تولید می‌شوند. محدودیت (۷) بیان می‌کند که تعداد دفعاتی که کارگر  $i$  در ایستگاه کاری  $z$  در خط تولید  $l$  کار می‌کند، حداکثر برابر کل دوره‌های زمانی است. محدودیت (۸) بیان می‌کند که اگر کارگر  $i$  در هیچ دوره زمانی به ایستگاه کاری  $z$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  اختصاص نیابد، آن‌گاه نمی‌توانیم کارگر  $i$  را به ایستگاه کاری  $z$  در خط تولید  $l$  با سطح مهارت  $k$  اختصاص دهیم. محدودیت (۹) تعداد ساعات آموزشی مجاز برای کارگر  $i$  را محدود می‌کند. محدودیت (۱۰) تعداد کل ساعات آموزشی را برای کارگران محدود می‌کند. محدودیت (۱۱) باعث می‌شود تا کارگران نتوانند بیشتر از یک سطح مهارت از سطح مهارت کنونی‌شان در ایستگاه کاری  $z$  در دوره  $t$  را آموزش ببینند. محدودیت (۱۲) بیان می‌کند در صورتی که کارگر  $i$  سطح مهارت لازم برای کار در ایستگاه کاری  $z$  را داشته باشد، باید در یک دوره زمانی به این ایستگاه تخصیص یابد. محدودیت (۱۳) میزان تقاضا مورد نیاز را برطرف می‌کند. محدودیت (۱۴) بیان می‌کند که سطح موجودی برای هر محصول نباید از  $IMAX_p$  بیشتر باشد. محدودیت (۱۵) بیان می‌کند که تمام سفارشات عقب‌افتاده قبل از پایان دوره زمان‌بندی تحویل داده می‌شوند. محدودیت‌های (۱۶) و (۱۷) تعداد کارگران موقت و دائم در دوره  $t$  را محاسبه می‌کند. محدودیت (۱۸) بیان می‌کند زمان پردازش کل محصولات تولیدشده، از کل زمان‌های اختصاص داده‌شده به کارگران موقت و دائم کمتر است. محدودیت (۱۹) از تخصیص ساعت کاری به کارگرانی که سطح مهارت لازم برای کار در ایستگاه کاری  $z$  را ندارند، جلوگیری می‌کند. در مدل فوق، نسبت کارگران دائمی به کل کارگران از بالا کران‌دار است. محدودیت‌های (۲۰) و (۲۱) این نسبت را، هم در ساعات عادی و هم در ساعات اضافه‌کاری اعمال می‌کنند. محدودیت‌های (۲۲) و (۲۳) بیان می‌کنند که تعداد کارگران در هر دوره همیشه بیشتر از تعداد کارگرانی است که در آن دوره مشغول به کار هستند. محدودیت‌های (۲۴) و (۲۵) ساعات اضافه‌کاری را محدود می‌کنند. محدودیت (۲۶)، تعداد کارگران هر خط تولید را محدود می‌کند.

## مراجع

- [1] C. E. Connelly, D. G. Gallagher, *Emerging trends in contingent work research*, Journal of Management 30 (2004), no. 6, 959–983.
- [2] A. Hax, D. Candea, *Production and Inventory Management*, Prentice-Hall, Englewood, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984.
- [3] L. A. Johnson, D. C. Montgomery, *Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control*, Wiley, New York, 1974.
- [4] T. McDonald, KP. Ellis, EM. Van Aken, CP. Koelling, *Development and application of a worker assignment model to evaluate a lean manufacturing cell*, Int. J. Prod. Res, 47 (2009), no. 9, pp. 2427–2447.
- [5] A. Techawiboonwong, P. Yenradee, S. K. Das, *A master scheduling model with skilled and unskilled temporary workers*, Int. J. Production Economics, 103 (2006), 798–809.