Iranian Journal of Ergonomics

Iran J Ergon, 2022; 10(3): 200-11.

https://journal.iehfs.ir/

Original Article

Reducing the Ergonomic Load on Nurses Using Integrated Job Rotation and Shift Scheduling Plan: A Multi-Objective Optimization Approach

Zeinab Akhavan[1], **Amirsaman Kheirkhah**[1,*]

[1] Department of Industrial Engineering, School of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

Article History:
Received: 14/10/2022
Revised: 04/11/2022
Accepted: 12/12/2022
ePublished: 21/12/2022

***Corresponding author:** Amirsaman Kheirkhah, Department of Industrial Engineering, School of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.
Email: kheirkhah@basu.ac.ir

Abstract

Objectives: Hospitals are one of the most important organizations in the country, and nurses are one of their main pillars with high workloads and stress, nurses are exposed to many injuries. Ergonomic load on nurses can be reduced by an optimal job rotation and shift scheduling plan. Although these two approaches have been proposed separately, in past research articles, they have not been considered at the same time.

Methods: In this article, a two-objective mathematical model is presented for simultaneous optimization of job rotation and shift scheduling of nurses. The first objective is to minimize the maximum ergonomic load and the second objective is to minimize the total mental-psychological load on nurses. The comprehensive criterion approach has been used to integrate the objectives and reach a single objective model. The proposed model has been used in a case study and the parameters of the model have been quantified using the Movement and Assistance of Hospital Patients (MAPO) index and the Nordic questionnaire as well as the Depression- Anxiety- Stress Scale (DASS) method.

Results: The program obtained from the mathematical model was compared with the program available in the studied hospital, which was done manually. The results showed a decrease in the ergonomic load of nurses in the new program compared to the existing situation.

Conclusion: Compared to the conventional method, the proposed integrated method can lead to a greater reduction of occupational injuries.

Keywords: Nurse Shift scheduling; Ergonomic load; Job Rotation; Multi-objective Modeling; Comprehensive criterion Method

Copyright © 2022 Iranian Journal of Ergonomics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

Extended Abstract

Background and Objective

Hospitals are one of the most important organizations in the country, and Nurses are one of the most important pillars of the health care sector, which, are responsible for mental and physical care of the patient. A major problem for nurses is high workload, which affects their Ability to concentrate on assigned tasks and increases medical errors. Several studies have shown that high workload can compromise the quality and safety of patient care, increase medical errors, increase the length of hospital stay, and ultimately reduce quality of service. High workload is highly correlated with poor quality of care and is one of the most important causes of stress in nurses. High workload and high stress expose nurses to many injuries. Usually, in planning and determining the work shift, the job rotation and ergonomic and health considerations of nurses are not taken into account. Neglecting this issue increases the physical and mental injuries and as a result nurses' job dissatisfaction. The purpose of this study was to determine the Nurse's shift scheduling with the goals of reducing ergonomic load. The first goal is to minimize the maximum physical load and the second goal is to minimize the total mental-psychological load on nurses. A comprehensive criterion has been used to integrate the objectives and reach a single objective model.

Materials and Methods

The proposed model has been used in a case study in a hospital in Qom in Iran. In the emergency department, there are 3 jobs including: triage, outpatient nursing area and supervised nursing area. In the hospital, 3 shifts in the morning, evening and night have been defined for the rotation of the nurses, and the working hours of each shift are 8 hours. The total number of nurses who work in the emergency department in different shifts of the weekdays is 30 people, including 12 male nurses and 18 female nurses. The information about the number of nurses needed in each shift is based on the expected arrival of patients during the weekdays. The parameters of the model have been quantified by Nordic musculoskeletal disorders questionnaires and MAPO and DASS indices checklists. The presented model of this research has been solved based on the case study information using GAMS 2.1.25 software.

A mathematical model is proposed to determine nurses' shifts and also to assign tasks to nurses in each shift. This model has two goals, and the first goal is to minimize the maximum physical ergonomic load and the second goal is to minimize the total mental load on nurses in the time frame. Also, the following assumptions have been considered in the construction of the model:

- Working in two shifts or more in one day is not allowed.
- The demand of all units and departments in each shift must be met.
- Each day consists of 3 eight-hour shifts in the morning, evening and night.
- The working hours of each nurse is a maximum of 48 hours and a minimum of 32 hours per week.
- No nurse can be assigned to 1 job in 3 consecutive days.
- Each nurse must be assigned to at least two tasks in two different departments or units per week.
- If a nurse has worked two consecutive evening shifts, the morning shift should not be assigned to her immediately.
- A nurse who works the night shift must be given a night off.

Nordic questionnaire to determine the prevalence of skeletal-muscular disorders symptoms in the study subjects, which consists of two general and specific parts. MAPO Checklist is a musculoskeletal disorders risk assessment method invented by the Ergonomic Posture and Movement Research Unit of Milan in 1997. The Depression, Anxiety, Stress Questionnaire (DASS) was created to measure the psychological constructs of depression, anxiety and stress.

Discussion

The mathematical model was used to schedule the work shift of hospital nurses. The output of the model shows the work shift schedule of each nurse in the next 4 weeks during 7 days of the week between 3 work shifts (Morning, Evening and Night) in 3 work areas (Triage, Ambulatory nursing and Supervised nursing). Comparing the results of the proposed model and the existing manual scheduling program shows that the maximum ergonomic load that a nurse can bear is 319 according to the proposed program, which is 404 in the manual solution.The results showed a decrease in the ergonomic load of nurses in the new program compared to the existing situation. Also, the total mental-psychological load of nurses according to the proposed model is 5298, which is also 5825 in the manual solution method, which shows that the working conditions of nurses in the proposed program have improved compared to the existing program. In terms of observing the considerations of nurses and supervisors, the proposed model takes into account all these considerations in non-structural limitations.

Conclusion

Although nursing is a hard and stressful job, compared to industrial jobs, experts in the field of ergonomics have paid less attention to this field. Although the work conditions of each shift and nurses' priorities are considered to some extent in the studies related to nurses' shift scheduling, the effect of nurses' work area and type of work has been neglected in this field.

The current model by paying attention to the ergonomic load on nurses and minimizing it, and as a result, increasing the job satisfaction of nurses by considering their health and carrying out appropriate job rotation to advance the interests of the organization and the interests of nurses, compared to the existing models and methods. Its advantages. Some other aspects, such as the uncertainty in demand and the intensity of work in different days and shifts, as well as

the difference in nurses' priorities, have not been considered in the current model, and considering each of these cases can be a basis for future research.

Please cite this article as follows: Akhavan Z, Kheirkhah A. Reducing the Ergonomic Load on Nurses Using Integrated Job Rotation and Shift Scheduling Plan: A Multi-Objective Optimization Approach. *Iran J Ergon*. 2022; 10(3): 200-11.

مجله ارگونومی
دوره ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، صفحات: ۲۱۱-۲۰۰
https://journal.iehfs.ir
UMSHA Press

مقاله پژوهشی

کاهش بار ارگونومیکی پرستاران با استفاده همزمان از چرخش شغلی و برنامه‌ی زمانبندی شیفت کاری: رویکرد بهینه‌سازی چند هدفه

زینب اخوان[۱]، امیرسامان خیرخواه[۱،*]

[۱] گروه مهندسی صنایع، دانشکده‌ی فنی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۷/۲۲
تاریخ داوری مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۲۱
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** امیرسامان خیرخواه؛ گروه مهندسی صنایع، دانشکده‌ی فنی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
ایمیل: kheirkhah@basu.ac.ir

چکیده

اهداف: بیمارستان‌ها، از مهم‌ترین سازمان‌های کشور هستند که از ارکان اصلی آن‌ها، پرستاران می‌باشند. حجم کاری بالا و استرس زیاد، پرستاران را در معرض آسیب‌های زیادی قرار می‌دهد. به طور معمول، در برنامه‌ریزی و تعیین شیف کاری، به گردش شغلی و ملاحظات ارگونومیکی و سلامت پرستاران توجه نمی‌شود. بی‌توجهی نسبت به این موضوع باعث افزایش آسیب‌های جسمی و روحی و در نتیجه نارضایتی شغلی پرستاران می‌شود.

روش کار: در این مطالعه، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی دو هدفه ارائه شده است. هدف اول، کمینه کردن بیشینه‌ی بار فیزیکی و هدف دوم کمینه کردن مجموع بار روحی- روانی وارد به پرستاران می‌باشد. از یک معیار جامع برای ادغام اهداف و رسیدن به یک مدل تک هدفه استفاده شده است. مدل پیشنهادی در یک مطالعه‌ی موردی بکارگرفته شده و پارامترهای مدل به کمک روش MAPO و پرسش‌نامه‌ی Nordic و همچنین روش DASS (Depression- Anxiety- Stress Scale) کمی شده است.

یافته‌ها: برنامه‌ی حاصل از مدل ریاضی با برنامه‌ی موجود در بیمارستان مورد مطالعه، که به صورت دستی انجام شده بود، مقایسه گردید. نتایج نشان دهنده‌ی کاهش بار ارگونومیکی پرستاران در برنامه‌ی جدید نسبت به وضعیت موجود بود.

نتیجه‌گیری: در نظر گرفتن گردش شغلی و تخصیص وظایف به پرستاران همزمان با شیفت‌بندی و زمانبندی پرستاران، امکان کاهش بیشتر مخاطرات شغلی را در مقایسه با روش‌های مرسوم، فراهم می‌آورد.

کلید واژه‌ها: برنامه‌ی شیفت کاری؛ ریسک ارگونومیکی؛ گردش شغلی؛ بهینه‌سازی چند هدفه

استناد: اخوان زینب، خیرخواه امیرسامان. کاهش بار ارگونومیکی پرستاران با استفاده همزمان از چرخش شغلی و برنامه‌ی زمانبندی شیفت کاری: رویکرد بهینه‌سازی چند هدفه. مجله ارگونومی، تابستان ۱۴۰۱؛۱۰(۳): ۲۱۱-۲۰۰.

مقدمه

کار در بیمارستان‌ها و مجموعه‌های خدمات درمانی، پرستاران را در معرض مخاطرات بسیاری به واسطه‌ی حجم زیاد کار و انجام وظیفه در شیفت‌های مختلف، قرار داده است. گردش شغلی، روشی برای تخصیص هرچه بهتر کارها بین نیروی انسانی است. گردش شغلی در بیمارستان‌ها به معنای استفاده از مهارت پرستاران در بخش‌های مختلف بیمارستان می‌باشد تا بدین منظور ریسک‌های ارگونومیکی بین پرستاران توزیع گردد. یک مشکل رایج در سیستم‌های مراقبت بهداشتی در سرار جهان، کمبود نیروی پرستاری همراه با ماهیت نامطلوب بار کاری بیمار است [۱]. آمارها نشان می‌دهند که سالانه بطور متوسط ۱/۳ میلیون نفر در اثر اشتباهات درمانی دچار آسیب شده که از این تعداد، ۱۰۰ هزار نفر به دلیل اشتباهات بخش خدمات درمانی جان خود را از دست داده‌اند [۲]. برنامه‌های گردش شغلی در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ میلادی، به عنوان یک سری استراتژی‌های سازمانی شکل گرفتند [۳]. کارکنان معمولاً به کارهایی تخصیص می‌یابند که توانایی بیشتری در انجام آن‌ها دارند. اما، انجام یک کار تکراری ممکن است استرس و خستگی ناشی از کار را افزایش داده و منجر به نارضایتی شغلی شود و این ممکن است دلیلی برای آسیب‌های شغلی باشد [۴].

گردش شغلی در طیف وسیعی از شرکت‌های تولیدی با تنوع وظایف، سیستم‌های صنعتی پیشرفته همچون صنایع تولیدی

ماشینی و همچنین سازمان‌های خدماتی مانند بیمارستان‌ها، ادارات پلیس، سازمان‌های آتش‌نشانی و اتوبوس‌رانی کاربرد دارد [۵]. روش گردش شغلی در نگاه اول، خیلی منطقی به نظر نمی‌آید و افراد با سابقه‌ی کاری بالا در مقابلش مقاومت می‌نمایند [۶]. هرچند این روش موجب تحولات فکری، خلاقیت و نوآوری می‌شود، برخی مطالعات نشان داده‌اند گردش شغلی کارکنان، عملکرد شغلی را کاهش و فرسودگی شغلی را افزایش داده است [۷]. اما تحقیقات دیگری نیز وجود دارد که نشان می‌دهد این کار می‌تواند تأثیر منفی فرسودگی شغلی را در پرستاران به ویژه در بخش اورژانس کاهش دهد [۸].

در پژوهشی بین گردش شغلی و عملکرد پرستاران در بیمارستان‌های فنلاند رابطه‌ی مثبت یافت شده است [۹]. در تحقیقی دیگر، مشخص شد که چرخش شغلی بر دانش پرستاران تأثیر مثبت داشته و باعث پیشبرد توسعه‌ی شغلی و افزایش کیفیت کاری شده است [۱۰]. مسأله‌ی زمان‌بندی گردش شغلی اولین بار توسط Carnahan و همکاران در سال ۲۰۰۱ در صنعت مدل‌سازی و حل شده است [۱۲]. این مدل بعدها در سال ۲۰۰۷ توسعه داده شده و با الگوریتم‌های شبیه‌سازی تبرید و کلونی مورچگان حل شده است [۱۳]. پرستاران به دلیل شیفت‌های کاری طولانی و خستگی‌های ناشی از آن، همیشه مستعد تهدید سلامتی در ابعاد مختلف هستند که مشکلات ارگونومیکی یکی از آن‌ها است [۱۴]. وجود نوبت‌های کاری مختلف مانند کار در شیفت‌های شب، در روزهای هفته و در ساعات مختلف از شبانه روز و اضافه کاری می‌تواند سلامت جسمی و روحی پرستاران را به خطر بیندازد [۱۴].

مطالعات زیادی در زمینه‌ی زمانبندی شیفت کاری پرستاران در ادبیات موضوع انجام شده است که در زیر به آن‌ها اشاره خواهد شد. اما نکته‌ی قابل ذکر در این بخش، استفاده‌ی متنوع از مفاهیم متفاوت از قوانین بیمارستان و ترجیحات پرستاران است. نبود دغدغه‌مندی تصمیم‌گیران به منظور تسهیل سختی‌های شغلی پرستاران علتی برای تعریف این پژوهش گردیده است تا بتوان به حل مسائل پرستاران با وجود سختی کار ایشان به واسطه‌ی مفاهیم حوزه‌ی مهندسی فاکتورهای انسانی پرداخت.

Kiragu و Millar به نقل از ملائی و همکاران در سال ۱۳۹۷ به بررسی ارتباط عوامل روانی- اجتماعی کار با نارسایی‌های شناختی پرداختند. تریودی و وارنر برای اولین بار یک مدل برای تخصیص پرستاران شناور ارائه دادند که با استفاده از آن شدت نیاز به پرستار شناور در شیفت توسط سرپرستار مشخص می‌گردید [۱۷]. Warner و Prawda برای حل مسأله‌ی زمانبندی، تابع هدفی طراحی کرد که جریمه‌ی عدم رعایت توالی روزهای کاری، هزینه‌ی انواع گردش شیفت و برآورده نشدن درخواست تعطیلی لحاظ شده بود [۱۸].

Thornton و Sattar با استفاده از یک مدل تک هدفه و با محدودیت‌هایی در جهت برآورده نمودن تقاضای شیفت‌ها به حل مسأله‌ی زمانبندی پرداختند [۱۹]. تعدادی از پژوهشگران نیز مسأله‌ی زمانبندی شیفت کاری پرستاران را با در نظر گرفتن هزینه‌های بیمارستان و ترجیحات شیفت‌بندی پرستاران مورد بررسی قرار دادند [۲۰، ۲۱، ۲۵].

مدل ریاضی Azaiez و Al Sharif دارای چند هدف است، از جمله رعایت اهداف بیمارستان، ترجیحات پرستاری و برخی پیشنهادات موجود [۲۲].

Azimi و همکاران به ارائه مدلی برای زمانبندی کار ۱۵ پرستار و در فضایی واقعی اقدام نمودند که با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به حل مسأله پرداخته‌اند [۲۳].

برخی پژوهشگران نیز برای حل مسأله‌ی زمانبندی شیفت کاری پرستاران ترجیحات متنوعی از جمله تعداد روزهای تعطیلی، تعداد روزهای کاری متوالی، تعداد شیفت‌های شب و کاهش شیفت‌های جایگزین پرداختند [۲۴، ۲۶-۲۹].

با مطالعه‌ی پیشینه‌ی پژوهش حاضر، به ندرت مدلی برای برنامه‌ریزی گردش شغلی و زمانبندی شیفت کاری پرستاران، بطور همزمان ارائه شده است. در این مقاله، ما به عنوان یک ناظر بر بیمارستان‌ها به منظور رعایت اصول مهندسی فاکتورهای انسانی با هدف متعادل‌سازی ریسک‌های ارگونومیکی بخش‌های کاری پرستاران، به مدل‌سازی این مسأله پرداخته‌ایم. مدل‌سازی یکپارچه‌ی مسأله‌ی برنامه‌ریزی گردش شغلی و زمانبندی شیفت‌های کاری، در تلاش برای کم کردن حداکثر بار ارگونومیکی فیزیکی و روحی- روانی بر روی پرستاران است که مشابه مسأله مینیمم کردن بارکاری هر ماشین (Make span) در مسأله ماشین‌های موازی می‌باشد [۳۰].

روش کار

آزمودنی‌ها، وظایف شغلی و محیط‌های کاری مورد بررسی:

برای مسأله‌ی زمان‌بندی شیفت‌های کاری پرستاران مدل‌های مختلفی برای شرایط گوناگون ارایه شده است اما یک بخش از آن‌ها به عنوان یک مفهوم کلی در همه‌ی مدل‌ها مشترک است. در همه‌ی این مدل‌ها، هدف اصلی، تخصیص پرستاران به شیفت‌های کاری در روزهای افق برنامه‌ریزی با کم‌ترین هزینه است. پیچیدگی مسأله‌ی زمانبندی شیفت کاری پرستاران از نوع NP- complete است و جزء مسائل سخت دسته‌بندی می‌گردد.

با در نظر گرفتن خلاءهای موجود در ادبیات به دنبال مدل‌سازی ریاضی مسأله‌ی زمانبندی شیفت کاری پرستاران با ملاحظات مذکور در بیان مسأله می‌باشیم.

با توجه به اینکه در مدل‌سازی به دنبال کمینه کردن مجموع بار ارگونومیکی وارد به پرستاران هستیم، لذا بایستی بار کاری پرستاران از جمله فیزیکی و روحی- روانی را با ابزارهای حوزه‌ی مهندسی فاکتورهای انسانی استخراج کنیم. که بدین منظور از ابزارهای پرسش‌نامه‌ای استاندارد (Nordic) و روش‌های استاندارد (MAPO, DASS) استفاده شده است و هر یک را در جای خود توضیح خواهیم داد.

از آن‌جایی که مفهوم گردش شغلی در بیمارستان بایستی فضایی با کارهای متفاوت باشد تا بتوانند پرستاران آن را تجربه

کنند، بخش اورژانس شامل این وضعیت می‌شد. اطلاعات پژوهش حاضر از بیمارستانی در استان قم بدست آمده است که با توجه به عدم تمایل مسئولین بیمارستان، از ذکر نام آن معذوریم.

در این مطالعه‌ی مقطعی که در تابستان سال ۱۳۹۸ بر روی پرستاران با سنین ۴۷-۲۳ سال در بخش اورژانس بیمارستانی در استان قم انجام گردید، در بخش اورژانس ۳ حوزه‌ی پرستاری شامل: حوزه‌ی تریاژ، حوزه‌ی پرستاری سرپایی و حوزه‌ی پرستاری تحت نظر می‌باشد. در بیمارستان ۳ شیفت صبح، عصر و شب برای چرخش شیفت پرستاران تعریف شده است که ساعت کاری هر شیفت ۸ ساعت می‌باشد. تعداد کل پرستارانی که در بخش اورژانس در شیفت‌های مختلف از ایام هفته کار می‌کنند ۳۰ نفر شامل ۱۲ پرستار مرد و ۱۸ پرستار زن است. اطلاعات مربوط به تعداد پرستاران مورد نیاز در هر شیفت بر اساس ورودی مورد انتظار بیمار در ایام هفته برای هر حوزه (N_{jtd}) در جدول ۱ آورده شده است.

روش (Movement and Assistance of Hospital Patients) MAPO: روش (MAPO) از جمله روش‌های کمی ارزیابی ریسک جابجایی دستی بیمار در بخش‌های خدمات درمانی می‌باشد. در این روش فاکتورهایی که مواجهه شغلی با عوامل ایجاد کننده اختلالات اسکلتی- عضلانی را توصیف می‌کنند، مطرح هستند [۶]. عدد نهایی شاخص MAPO از ترکیب فاکتورهایی که در زیر ذکر شده است، با استفاده از رابطه‌ی (۲۰) محاسبه می‌شود.

$$MAPO = [(NC/OP \times LF) + (PC/OP \times AF)] \times WF \times EF \times TF \quad (۲۰)$$

پارامترهای رابطه‌ی ۲۰ در ادامه تعریف شده است:

OP = تعداد کارکنان جابجا کننده؛ LF = ضریب وسایل بلندکننده؛ AF = ضریب وسائل کمکی کوچک؛ WF = فاکتور ویلچر؛ EF = فاکتور محیط؛TF = فاکتور آموزش؛ NC = تعداد بیمارانی که قادر به همکاری با کارکنان نیستند؛ PC = تعداد بیمارانی که همکاری جزیی با کارکنان دارند.

پرسش‌نامه‌ی Nordic: از پرسش‌نامه‌ی اختلالات اسکلتی- عضلانی Nordic به منظور جمع‌آوری اطلاعات مربوط به میزان شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی در اندام‌های بدن هر یک از افراد شرکت‌کننده در مطالعه استفاده گردید.

روایی و پایایی پرسش‌نامه‌ی Nordic توسط مختاری‌نیا و همکاران بررسی گردید. نتایج حاصل از بررسی روایی صوری نشان داد همه‌ی آیتم‌ها مورد تأیید می‌باشد [۱۵].

جدول ۱: تعداد پرستاران مورد نیاز در حوزه‌های کاری، روزهای هفته و شیفت‌ها

روز کاری	شیفت کاری	حوزه‌ها		
		حوزه‌ی تریاژ	پرستاری سرپایی	پرستاری تحت نظر
شنبه	صبح	۲	۳	۵
	عصر	۲	۲	۴
	شب	۱	۱	۳
یکشنبه	صبح	۱	۲	۴
	عصر	۲	۲	۳
	شب	۱	۱	۲
دوشنبه	صبح	۱	۲	۴
	عصر	۱	۲	۳
	شب	۱	۱	۲
سه شنبه	صبح	۱	۲	۴
	عصر	۱	۲	۳
	شب	۱	۱	۲
چهارشنبه	صبح	۱	۲	۴
	عصر	۱	۲	۳
	شب	۱	۱	۲
پنجشنبه	صبح	۲	۳	۵
	عصر	۲	۲	۴
	شب	۱	۱	۳
جمعه	صبح	۲	۳	۵
	عصر	۲	۲	۴
	شب	۱	۱	۳

جدول ۲: بار ارگونومیکی هر پرستار با استفاده پرسش‌نامه Nordic

پرستار	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
بار فردی	۱	۲	۰	۵	۰	۵
پرستار	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
بار فردی	۳	۷	۳	۱	۳	۱
پرستار	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}	A_{18}
بار فردی	۱	۷	۶	۰	۱	۱
پرستار	A_{19}	A_{20}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}
بار فردی	۰	۰	۲	۰	۰	۱
پرستار	A_{25}	A_{26}	A_{27}	A_{28}	A_{29}	A_{30}
بار فردی	۳	۴	۲	۱	۵	۶

با استفاده از این پرسش‌نامه، میزان بار ارگونومیکی هر پرستار در حال حاضر مشخص شده است (جدول ۲). در جدول ۳، پارامترهای رابطه‌ی شماره ۲۰ برای هر کار در حوزه‌های مختلف بخش اورژانس مشخص شده است.

پرسش‌نامه افسردگی، اضطراب، استرس (DASS (Depression- Anxiety- Stress Scale: پرسش‌نامه‌ی DASS مجموعه‌ای از سه مقیاس گزارش‌دهی برای ارزیابی حالات عاطفه منفی در افسردگی، اضطراب و استرس است. کاربرد این مقیاس، اندازه‌گیری شدت نشانه‌های اصلی افسردگی، اضطراب و استرس است و شامل ۲۱ سؤال می‌باشد که به‌صورت زیر طبقه‌بندی شده‌اند. استرس (۷ سؤال)، اضطراب (۷ سؤال) و افسردگی (۷ سؤال) می‌باشد. روایی و اعتبار این پرسش‌نامه در ایران توسط سامانی و جوکار مورد بررسی قرارگرفته است [۱۶].

در این مقاله بار روحی- روانی وارده از ایستگاه‌های کاری مختلف به پرستاران با استفاده از این پرسش‌نامه اندازه‌گیری می‌شود.

مدل‌سازی: با استفاده از ابزارهای مذکور در بخش‌های قبل، جداولی از میزان بار ارگونومیکی وارد به هر پرستار در هر حوزه و در هر شیفت کاری بدست می‌آید که در پیوست شماره (۱) آورده شده است. این جدول به عنوان ورودی برای حل مدل ریاضی به کار گرفته می‌شود.

مدل پیشنهادی مقاله‌ی حاضر، یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه است. به منظور سنجش کارآیی مدل و حل دقیق آن در یک مکان واقعی با متغیرهای مشخص از روش معیار جامع، که یکی از روش‌های شناخته شده در حل مسائل چند هدفه است، استفاده شده است. در این روش نزدیک‌ترین جواب به راه‌حل ایده‌آل مسأله بدست می‌آید.

در این مطالعه دو تابع هدف مدل با نام‌های Z_1 و Z_2 نامگذاری شده‌اند و پس از حل جداگانه‌ی مدل با توجه به هر یک از اهداف، مقدار بهینه برای آن‌ها به ترتیب برابر با Z_1^* و Z_2^* بدست آمده است. آنگاه مسأله با توجه به تمامی محدودیت‌های مدل با استفاده از رابطه‌ی زیر تشکیل می‌گردد:

$$\text{Min}\left[W_1 \cdot \frac{(Z_1-Z_1^*)}{Z_1^*} + W_2 \cdot \frac{(Z_2-Z_2^*)}{Z_2^*}\right]$$

که در آن W_1 و W_2 عوامل وزنی هستند که توسط تحلیلگر برای اهداف در نظر گرفته می‌شود.

این مدل دو هدفه بوده و هدف اول آن کمینه کردن حداکثر بار ارگونومیکی فیزیکی و تابع هدف دوم کمینه کردن مجموع بار روحی روانی وارد به پرستاران در بازه زمانبندی، می‌باشد. همچنین مفروضاتی به شرح زیر در ساخت مدل در نظر گرفته شد:

- کار کردن در دو شیفت یا بیشتر در یک روز مجاز نیست.
- تقاضای همه واحدها و بخش‌ها در هر شیفت باید برآورده شود.
- هر روز از ۳ شیفت هشت ساعتی صبح، عصر و شب، تشکیل شده است.
- ساعت کاری هر پرستار حداکثر ۴۸ ساعت و حداقل ۳۲ ساعت در هفته می‌باشد.
- هیچ پرستاری در ۳ روز متوالی نمی‌تواند به ۱ کار تخصیص داده شود.
- هر پرستار باید در هفته، حداقل به دو کار در دو بخش یا واحد مختلف تخصیص یابد.
- اگر پرستاری در طول هفته در شیفت شب کار نکرده باشد، حداقل ۲ و حداکثر ۴ شیفت بعد از ظهر را کار کند.
- اگر پرستاری دو شیفت عصر متوالی کار کرده باشد، شیفت صبح بلافاصله نباید به او تعلق گیرد.
- پرستاری که شیفت شب باشد، حتماً باید استراحت شب کاری به او تعلق گیرد.

در ادامه، اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل ریاضی پیشنهادی تعریف شده است.

- *اندیس‌ها:*

i: اندیس پرستار	i:1,2,…,m
j: اندیس کارهای موجود	j:1,…,n
d: اندیس روز برنامه‌ریزی	d:1,…,7

t: شیفت‌های موجود روز t:1,2,3

w: هفته برنامه‌ریزی w:1,2,3,4

- *پارامترها:*

N_{jtd}: تعداد پرستاران مورد نیاز در کار j شیفت t در روز d

A_i: بار ارگونومیکی فردی (که به وسیله‌ی پرسش‌نامه‌ی Nordic به دست آمده است)

بار روحی روانی هر کار در هر شیفت از مجموع پارامترهای استرس، اضطراب و افسردگی تشکیل می‌شود.

$$DASS_{jt} = Str_{jt} + Anx_{jt} + Dep_{jt} \quad \forall j,t$$

Str_{jt}: پارامتر مربوط به بار استرس برای محاسبه‌ی بار روحی کار j در شیفت t

Anx_{jt}: پارامتر مربوط به بار اضطراب برای محاسبه‌ی بار روحی کار j در شیفت t

Dep_{jt}: پارامتر مربوط به بار افسردگی برای محاسبه‌ی بار روحی کار j در شیفت t

e_{jt}: بار ارگونومیکی اسکلتی- عضلانی که به هر پرستاری که کار j در شیفت t به آن تخصیص داده شده است، وارد می‌شود. (بار ارگونومیکی کار به وسیله‌ی روش MAPO حاصل می‌شود و با توجه به اینکه کار در چه شیفتی می‌باشد، محاسبه می‌شود).

- *متغیرها:*

X_{ijtdw}: اگر پرستار i در شیفت t، روز d از هفته w به کار j تخصیص داده شود = ۱ و در غیر این‌صورت = ۰

$X_{ijtdw} \in \{0,1\}$

y_{iw}: اگر پرستار i در هفته w هیچ شبی را شیفت نباشد = ۱ در غیر صورت = ۰

$y_{iw} \in \{0,1\}$

Π: بیشترین بار ارگونومیکی وارد به یک پرستار در افق زمانی برنامه‌ریزی.

- *اهداف و محدودیت‌های مسأله:*

توابع هدف در این مسأله به ترتیب عبارتند از:

$$z_1 = \min \Pi \quad (۱)$$

تابع هدف اول به منظور حداقل کردن بیشترین بار ارگونومیکی وارد بر پرستاران در نظر گرفته شده است.

$$z_2 = \min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \sum_{t=1}^{3} \sum_{d=1}^{7} \sum_{w=1}^{4} DASS_{jt} X_{ijtdw} \quad (۲)$$

جهت تابع هدف دوم، حداقل‌سازی مجموع بار روحی روانی تمام پرستاران در طول دوره‌ی برنامه‌ریزی است.

دو دسته از محدودیت‌ها، یعنی محدودیت‌های ساختاری و محدودیت‌های غیر ساختاری در این مدل در نظر گرفته شده است. محدودیت‌های ساختاری روابط اساسی و الزامی بین متغیرهای مسأله را مشخص می‌کنند و سایر محدودیت‌ها، بر اساس نظر تصمیم‌گیرنده و ملاحظات پرستاران نوشته می‌شوند.

$$A_i + \sum_{j=1}^{m} \sum_{t=1}^{3} \sum_{d=1}^{7} \sum_{w=1}^{4} e_{j,t} X_{ijtdw} \le \Pi \quad \forall i \quad (۳)$$

محدودیت شماره‌ی ۳ رابطه بین حداکثر بار ارگونومیکی پرستاران و بار ارگونومیکی هر پرستار i را نشان می‌دهد. بار ارگونومیکی هر پرستار از حداکثر بار ارگونومیکی تمام پرستاران نمی‌تواند بیشتر باشد.

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{t=1}^{3} X_{ijtdw} \le 1 \quad \forall i,j,d,w \quad (۴)$$

محدودیت شماره‌ی ۴ نشان می‌دهد که هر پرستار حداکثر یک کار (در یک قسمت از یک بخش) و یک شیفت در هر روز از هفته می‌تواند کار کند.

$$\sum_{j=1}^{m} \sum_{t=1}^{3} \sum_{d=1}^{7} 8 X_{ijtdw} \le 48 \quad \forall i,w \quad (۵)$$

$$\sum_{j=1}^{m} \sum_{t=1}^{3} \sum_{d=1}^{7} 8 X_{ijtdw} \ge 32 \quad \forall i,w \quad (۶)$$

محدودیت‌های ۵ و ۶ حداکثر و حداقل ساعت کاری در هفته را نشان می‌دهند.

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ijtdw} \ge N_{jtd} \quad \forall j,t,d,w \quad (۷)$$

محدودیت شماره‌ی ۷، اینکه تعداد پرستار تخصیص داده شده به کار j شیفت t و روز d نباید کمتر از تعداد مورد نیاز باشد.

$$\sum_{t=1}^{3} \sum_{d=1}^{7} \sum_{w=1}^{4} X_{ijtdw} \ge 1 \quad \forall i,j \quad (۸)$$

بر اساس محدودیت شماره‌ی ۹، هر پرستار حتماً در افق برنامه‌ریزی (۴ هفته) همه‌ی کارها را حداقل یک بار باید تجربه کند.

$$\sum_{t=1}^{3} (X_{ijtdw} + X_{ijt(d+1)w} + X_{ijt(d+2)w}) \le 2 \quad \forall i,j,d,w \quad d \ne 6,7 \quad (۹)$$

$$\sum_{t=1}^{3} (X_{ijt7w} + X_{ijt1(w+1)} + X_{ijt2(w+1)}) \le 2 \quad \forall i,j,w \quad w \ne 4 \quad (۱۰)$$

$$\sum_{t=1}^{3} (X_{ijt6w} + X_{ijt7w} + X_{ijt1(w+1)}) \le 2 \quad \forall i,j,w \quad w \ne 4 \quad (۱۱)$$

محدودیت‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نشان می‌دهند که هیچ پرستاری اجازه‌ی تخصیص به یک کار در سه روز متوالی را ندارد.

$$\sum_{d=1}^{7} X_{ijtdw} \le 3 \quad \forall i,j,w \quad (۱۲)$$

محدودیت ۱۲ نشان می‌دهد پرستار در هر هفته‌ی کاری با توجه به محدودیت حداقل (۳۲ ساعت برابر با ۴ شیفت) و حداکثر (۴۸ ساعت برابر با ۶ شیفت) ساعت کاری در هفته، حداقل ۲ حوزه‌ی کاری را تجربه می‌کند.

$$\sum_{j=1}^{3} \sum_{d=1}^{7} X_{ij2dw} \ge 2y_{iw} \quad \forall i,t,w \quad (۱۳)$$

$$\sum_{j=1}^{3} \sum_{d=1}^{7} X_{ij2dw} \le 4y_{iw} \quad \forall i,t,w \quad (۱۴)$$

محدودیت‌های ۱۳ و ۱۴، الزام می‌کنند که پرستاری که در یک هفته شیفت شب کار نکرده است، باید حداقل ۲ و حداکثر ۴ شیفت بعد از ظهر کار کند.

$$\sum_{j=1}^{n} (X_{ij2dw} + X_{ij2(d+1)w} + X_{ij1(d+2)w}) \leq 2 \quad \forall i, t, d \neq 6,7, w \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{j=1}^{n} (X_{ij,2,6,w} + X_{ij,2,7,w} + X_{ij,1,1,(w+1)}) \leq 2 \quad \forall i, t, d, w \neq 4 \qquad (۱۶)$$

$$\sum_{j=1}^{n} (X_{ij,2,7,w} + X_{ij,2,1,(w+1)} + X_{ij,1,2,(w+1)}) \leq 2 \quad \forall i, t, d, w \neq 4 \qquad (۱۷)$$

محدودیت‌های ۱۵ تا ۱۷ تضمین می‌کنند که به پرستاری که دو شیفت عصر متوالی کارکرده است، شیفت صبح بلافاصله تعلق نگیرد.

$$\sum_{t=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} X_{ijt(d+1)w} \leq 1 \quad \forall i, d \neq 6, w \qquad (۱۸)$$

$$X_{ij37w} + \sum_{t=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} X_{ijt1(w+1)} \leq 1 \quad \forall i, d, w \neq 4 \qquad (۱۹)$$

محدودیت‌های ۱۸ و ۱۹ تضمین می‌کنند بعد از شیفت شب، استراحت شب کاری به پرستار تعلق گیرد.

یافته‌ها

مدل ارائه شده در این مطالعه با استناد به اطلاعات مستخرج از مورد کاوی با استفاده از نرم‌افزار گمز ۲.۱.۲۵ و بر کامپیوتری با مشخصات Intel (R), Core i5, CPU M 480 @ 2.67 64-bit GHz, RAM 4 GB, اجرا شده است.

ورودی مدل با استفاده از ابزارهای مذکور در بخش‌های قبل به صورت زیر محاسبه شده است:

نتایج حاصل از روش MAPO به منظور محاسبه‌ی کمی مجموع بار ارگونومیکی به واسطه‌ی ماهیت حوزه‌ی کاری در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: فاکتورهای روش MAPO برای محاسبه‌ی بار حوزه‌های کاری

فاکتورهای روش MAPO	حوزه‌های بخش اورژانس		
	مشترک وتریاژ	پرستاری سرپایی	پرستاری تحت نظر
NC	۲	۱	۶
LF	۰/۵	۳	۴
WF	۰/۷۵	۱	۱/۵
PC	۳	۳	۸
OP	۱	۲	۴
AF	۱	۱	۱
EF	۰/۷۵	۱/۲۵	۱/۲۵
TF	۰/۷۵	۲	۱

همچنین بار ارگونومیکی مربوط به شیفت کاری که پرستار در آن کار می‌کند (صبح، عصر، شب) و با نظر سرپرستار مشخص می‌شود در جدول ۴ آورده شده است.

جدول۴: بار ارگونومیکی به واسطه‌ی شیفت کاری

شیفت کاری	حوزه‌ی کاری		
	تریاژ	پرستاری سرپایی	پرستاری تحت نظر
صبح	۱	۱	۹
عصر	۲	۳	۱
شب	۴	۸	۲۶

بار ارگونومیکی (اسکلتی- عضلانی) که هر حوزه‌ی کاری در هر شیفت وارد می‌کند (e_{jt}) با توجه به خروجی روش MAPO و جدول ۴ به صورت زیر محاسبه و در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵: بار ارگونومیکی هر حوزه‌ی کاری در هر شیفت (e_{jt})

شیفت کاری	حوزه‌ی کاری		
	تریاژ	پرستاری سرپایی	پرستاری تحت نظر
صبح	۳	۹	۲۴
عصر	۴	۱۱*	۱۶
شب	۶	۱۶	۴۱

برای مثال در جدول ۵، مقدار بار ارگونومیکی شیفت عصر حوزه‌ی پرستاری سرپایی که مقدار ۱۱ بدست آمده است، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$MAPO_{\text{سرپایی}} = [(1/2 \times 3) + ((3/2) \times 1)] \times 1 \times 1.25 \times 2 = 7.5 \approx 8$$

اضافه بار ارگونومیکی به واسطه‌ی کار در شیفت عصر در حوزه‌ی پرستاری سرپایی با استفاده از جدول ۴ برابر با ۳ است. بنابراین بار ارگونومیکی اسکلتی- عضلانی حوزه‌ی کاری پرستاری سرپایی در شیفت عصر برابر است با عدد ۱۱.

خروجی مدل، نشان‌دهنده‌ی برنامه‌ی شیفت کاری تک تک پرستاران در ۴ هفته‌ی آتی طی ۷ روز هفته بین ۳ شیفت کاری در ۳ حوزه‌ی کاری می‌باشد. جدول زمانبندی حاصل از مدل و همچنین جدول حاصل از زمانبندی دستی که در بخش اورژانس بیمارستان توسط سرپرستار بخش تهیه شده است.

بحث

مدل‌سازی مسأله از چند جهت نسبت به روش دستی کارآتر بود.

✓ در روش‌های دستی، ملاحظات ارگونومیکی دیده نمی‌شود، لذا مدل‌سازی ریاضی علاوه بر اینکه توانسته است قوانین بیمارستان و محدودیت‌های حاکم نسبت به قوانین کار را رعایت کند، در زمینه‌ی انسانی به شغل پر مخاطره‌ی پرستاری نگاه ویژه‌ای داشته

باشد. که این از اصلی‌ترین قابلیت‌های این مدل می‌باشد.

✓ علاوه بر این، روش‌های دستی ساعت‌ها و هفته‌ها زمان‌بر است تا بتوان برنامه‌ای برای زمان‌بندی شیفت ارائه کرد که قوانین رعایت شود و البته که خطاهایی در برنامه وجود دارد.

✓ علاوه بر بحث کارآتر بودن مدل ریاضی نسبت به روش دستی در حوزه‌ی زمان و انعطاف‌پذیری، آنچه که در نتایج آورده شده است بهینه بودن مجموع ریسک‌های ارگونومیکی است که به پرستاری با بیشینه‌ی بار متحمل ارگونومیکی وارد می‌شود و شرح آن به صورت زیر می‌باشد:

مقایسه‌ی نتایج مدل پیشنهادی و برنامه‌ی زمانبندی دستی موجود نشان می‌دهد، بیشترین مقدار بار ارگونومیکی که یک پرستار تحمل می‌کند، طبق برنامه‌ی پیشنهادی، ۳۱۹ واحد می‌باشد که همین مقدار در حل به روش دستی، ۴۰۴ واحد است که نشان‌دهنده‌ی بهبود ۲۱ درصدی در این زمینه بود.

همچنین مجموع بار روحی- روانی پرستاران طبق مدل پیشنهادی، مقدار ۵۲۹۸ واحد بدست آمده است که این مقدار نیز در روش حل دستی، ۵۸۲۵ واحد می‌باشد و نشان می‌دهد بهبود ۱۰ درصدی در این زمینه رخ داده است و گویای بهبود شرایط روانی پرستاران در برنامه‌ی پیشنهادی نسبت به برنامه‌ی دستی موجود است. به لحاظ رعایت ملاحظات پرستاران و سرپرستار، مدل پیشنهادی در محدودیت‌های غیر ساختاری، تمامی این ملاحظارت را در نظر می‌گیرد اما همانطور که در جدول پیوست شماره ۲ مشخص بود، در برخی موارد خطاهایی نسبت به رعایت قوانین ساعت کار یا ضوابط بیمارستانی رخ داده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به طرح مسأله‌ی زمانبندی شیفت‌های کاری پرستاران پرداختیم و مدل مسأله با در نظر گرفتن شرایطی از قبیل ترجیح پرستاران، تخصص‌های مختلف و محدودیت‌هایی که در حجم ورودی بیمار در ایام مختلف هفته وجود دارد و همچنین در دسترس بودن نیروی کاری که با آن مواجه هستیم، طراحی کردیم. برای به دست آوردن ورودی‌های مدل از قبیل محاسبه بار ارگونومیکی بخش‌های کاری و بار ارگونومیکی روحی- روانی از روش MAPO و پرسش‌نامه‌های Nordic و DASS استفاده کردیم.

برای حل این مسأله از از روش معیار جامع، که یکی از روش‌های شناخته شده در حل مسائل چند هدفه است، استفاده کردیم و نتایج آن به وسیله‌ی جداول ارایه گردید.

از محدودیت‌های پژوهش می‌توان به عدم تمایل مدیران بیمارستان به پاسخگویی باتوجه به نگاه نظارتی پژوهش اشاره کرد. همچنین مدل ارائه شده تنها در مشاغلی می‌تواند به کار گرفته شود که کارکنان به صورت چند تخصصی مهارت داشته باشند تا روی بخش‌های کاری مختلف چرخش داشته باشند.

بکارگیری مدل در یک مطالعه‌ی موردی و مقایسه‌ی آن با روش دستی و سنتی موجود، نشان داد که این مدل قادر است ضمن لحاظ کردن محدودیت‌های موجود و اولویت‌های سرپرستار، میزان بار ارگونومیکی پرستاران را کاهش دهد.

مدل حاضر به واسطه‌ی توجه به بار ارگونومیکی وارده بر پرستاران و کمینه کردن آن و در نتیجه افزایش رضایت شغلی پرستاران با در نظر گرفتن سلامت آن‌ها و انجام گردش شغلی مناسب برای پیش‌برد منافع سازمانی و منافع پرستاران، نسبت به مدل‌ها و روش‌های موجود برتری دارد.

برای تحقیقات آتی می‌توان به بررسی ویژگی زمانبندی شیفت‌های کاری مشاغل دیگر نظیر آتش‌نشانی، نهادهای نظامی و خدماتی شبانه‌روزی پرداخت. همچنین در مسأله زمانبندی شیفت‌های کاری پرستاران می‌توان در مباحث مدل‌سازی، حل و فرضیات مسأله به تغییر در متغیرهای ورودی به جهت تغییر در روش‌های کمی سنجش بار ارگونومیکی پرداخت.

تشکر و قدردانی

از تمامی افرادی که در زمینه‌ی پژوهش حاضر ما را یاری رساندند و که با توجه به محدودیت‌های مورد نظر قادر به نام بردن آن‌ها نیستیم، کمال تشکر و قدردانی را می‌کنیم.

تضاد منافع

در نگارش این مقاله تضاد منافع وجود ندارد.

سهم نویسندگان

پژوهش حاضر حاصل پایان‌نامه‌ی مقطع دکتری در رشته‌ی مهندسی صنایع می‌باشد که با همکاری دانشجو و استاد راهنما انجام شده است.

ملاحظات اخلاقی

به منظور جمع‌آوری اطلاعات پژوهش، پرسشنامه‌هایی اجرا شده است که از لحاظ اخلاقی نشر آن‌ها با نام و سمت مذکور در بیمارستان مجاز نمی‌باشد.

حمایت مالی

با توجه به اینکه پژوهش حاضر حاصل یک پایان‌نامه در مقطع دکتری می‌باشد، حمایت مالی آن توسط دانشگاه بوعلی سینا همدان از طریق بودجه تخصیص داده شده به استاد راهنما صورت پذیرفته است.

REFERENCES

1. Mobasher A, Lim G, Bard JF, Jordan V. Daily scheduling of nurses in operating suites. IIE Trans Health Care Syst Eng. 2011;1(4):232-46. [DOI: 10.1080/19488300.2011.631097]
2. Scott LD, Rogers AE, Hwang WT, Zhang Y. Effects of critical care nurses' work hours on vigilance and patients.

Am J Crit Care. 2006;15(1):30-7. [DOI: Not found] [PMID]
3. Azizi N, Zolfaghari S, Liang M. Modeling job rotation in manufacturing systems: The study of employee's boredom and skill variations. Int J Prod Econ. 2010;123(1):69-85. [DOI: 10.1016/j.ijpe.2009.07.010]
4. Tharmmaphornphilas W, Norman BA. A quantitative method for determining proper job rotation intervals. Ann Oper Res. 2004;128(1-4):251-66.
5. Bhadury J, Radovilsky Z. Job rotation using the multi-period assignment model. Int J Prod Res. 2006;44(20):4431-44. [DOI: 10.1080/00207540500057621]
6. Seibert SE, Kraimer ML, Liden RC, Seibert S, Kraimer ML. A social capital theory of career success. Acad Manag J. 2001;44(2):219-37. [DOI: 10.2307/3069452]
7. Hsieh AT, Chao HY. A reassessment of the relationship between job specialization, job rotation and job burnout: example of Taiwan's high-technology industry. Int J Hum Resour Manag. 2004;15(6):1108-123. [DOI: 10.1080/0958519041000167733]
8. Lin F, St John W, Mcveigh C. Burnout among hospital nurses in China. J Nurs Manag. 2009;17(3):294-301. [DOI: 10.1111/j.1365-2834.2008.00914.x] [PMID]
9. Järvi M, Uusitalo T. Job rotation in nursing: a study of job rotation among nursing personnel from the literature and via a questionnaire. J Nurs Manag. 2004;12(5):337-47. [DOI: 10.1111/j.1365-2834.2004.00445.x] [PMID]
10. Fujino M, Nojima Y. Effects of ward rotation on subsequent transition processes of Japanese clinical nurses. Nurs Health Sci. 2005;7(1):37-44.[DOI: 10.1111/j.1442-2018.2005.00219.x] [PMID]
11. Carnahan BJ, Norman BA, Redfern MS. Incorporating physical demand criteria into assembly line balancing. IIE Trans. 2001;33(10):220-34. [DOI: 10.1080/07408170108936880]
12. 12. Carnahan BJ, Redfern MS, Norman B. Designing safe job rotation schedules using optimization and heuristic search. Ergonomics. 2000;43(4):543-60. [DOI: 10.1080/001401300184404] [PMID]
13. Suzuki K, Ohida T, Kaneita Y, Yokoyama E, Miyake T, Harano S, et al. Mental health status, shift work, and occupational accidents among hospital nurses in Japan. J Occup Health. 2004;46(6):448-54. [DOI: 10.1539/joh.46.448] [PMID]
14. Smith-Coggins R, Rosekind MR, Hurd S, Buccino KR. Relationship of day versus night sleep to physician performance and mood. Ann Emerg Med. 1994;24(5):928-34. [DOI: 10.1016/s0196-0644(94)70209-8] [PMID]
15. Mokhtarinia H, Shafiee A, Pashmdarfard M. Translation and localization of the Extended Nordic Musculoskeletal Questionnaire and the evaluation of the face validity and test-retest reliability of its Persian version [in Persian]. Iran J Ergon. 2015;3(3):21-9.
16. Samani S, Jokar B. Validity and reliability short-form version of the depression, anxiety and stress [in Persian]. Journal of Social and Human Sciences 2001;52.
17. Millar HH, Kiragu M. Cyclic and non-cyclic scheduling of 12 h shift nurses by network programming. Eur J Oper Res. 1998;104(3):582-92. [DOI: 10.1016/S0377-2217(97)00006-4]
18. Warner DM, Prawda J. A mathematical programming model for scheduling nursing personnel in a hospital. Manage Sci. 1972;19(4-1):411-22. [DOI: 10.1287/mnsc.19.4.411]
19. Thornton J, Sattar A. An integer programming-based nurse rostering system. Concurrency and Parallelism, Programming, Networking, and Security. Proceeding of the Second Asian Computing Science Conference; 1996 Dec 2-5; Singapore; p. 357-8.
20. Gharagozlou F, Karamimarin B, Kashefi H, Nikravesh Babaei D, Bakhtyarizadeh F, Rahimi S. The relationship between quality of work life of nurses working in Kermanshah Educational hospitals with their perception and evaluation of workload in 2017 [in Persian]. IOH. 2020;17(1):25-36.
21. Arthur JL, Ravindran A. A multiple objective nurse scheduling model. AIIE Trans. 1981;13(1):55-60. [DOI: 10.1080/05695558108974536]
22. Azaiez MN, Al Sharif SS. A 0-1 goal programming model for nurse scheduling. Comput Oper Res. 2005;32(3):491-507. [DOI: 10.1016/S0305-0548(03)00249-1]
23. Azimi S, Sepehri MM, Etemadian M. A nurse scheduling model under real life constraints. Int J Hosp Res. 2015;4(1):1-8.
24. Topaloglu S, Ozkarahan I. An implicit goal programming model for the tour scheduling problem considering the employee work preferences. Ann Oper Res. 2004;128(1-4):135-58. [DOI: 10.1023/B:ANOR.0000019102.68222.df]
25. Bard JF, Purnomo HW. Short-term nurse scheduling in response to daily fluctuations in supply and demand. Health Care Manag Sci. 2005;8(4):315-24. [DOI: 10.1007/s10729-005-4141-9] [PMID]
26. Bard JF, Purnomo HW. Cyclic preference scheduling of nurses using a Lagrangian-based heuristic. J Sched. 2007;10(1):5-23.
27. Trilling L, Guinet A, Le Magny D. Nurse scheduling using integer linear programming and constraint programming. IFAC Proc. 2006;39(3):671-6. [DOI: 10.3182/20060517-3-FR-2903.00340]
28. Rönnberg E, Larsson T. Automating the self-scheduling process of nurses in Swedish healthcare: a pilot study. Health Care Manag Sci. 2010;13(1):35-53. [DOI: 10.1007/s10729-009-9107-x] [PMID]
29. Yilmaz E. A mathematical programming model for scheduling of nurses' labor shifts. J Med Syst. 2012;36(2):491-6. [DOI: 10.1007/s10916-010-9494-z] [PMID]
30. Behnamian J, Akhavan Z. Proposing a mathematical model and lower bound for ergonomic job rotation scheduling problem [in Persian]. J Isfahan Med Sch. 2018;16(50):105-24. [DOI: 10.22054/jims.2018.9108]

پیوست شماره ۱:

با استفاده از اطلاعات جدول ۵، محاسبه‌ی بار ارگونومیکی شیفت‌های مختلف غیر وابسته به حوزه‌های کاری به شرح زیر محاسبه می‌شود:

بار روحی- روانی حوزه‌های کاری در ۳ شیفت:

$$DASS_{j,t} = \begin{matrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} 3.5 & 5 & 8 \\ 6.5 & 9 & 13 \\ 9 & 12 & 17 \end{bmatrix}$$

بار اسکلتی- عضلانی حوزه‌های کاری در ۳ شیفت:

$$e_{j,t} = \begin{matrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} 3 & 4 & 6 \\ 9 & 11 & 16 \\ 24 & 16 & 41 \end{bmatrix}$$