

A Study on the Nurse Scheduling Optimization Model for Nurse Needs-Type Scheduling Automation System

Mi-Young Song*

*Professor, Dept. of SmartAppContents, Suwon Women's University, Suwon, Korea

[Abstract]

Today, with the development of information technology, hospitals are actively researching hospital information systems that are not limited by time and space to integrate mobile computing technology into the medical field to manage the bulk data of medical information. Nevertheless, most hospitals still spend a lot of time and effort creating manual schedules.

In this paper, we studied an optimization model for organizing nurses' shift work and constructed an automated nurse-type job organization system. For nurses working in S hospital, information data, requirements and constraints of nurses were constructed. By applying this, we proposed an optimized scheduling method and built a web-based platform used by head nurses and a mobile app platform used by general nurses to enable real-time interchange and sharing around web servers.

Therefore, through the developed nurse needs type automated system, the head nurses will increase the convenience of the nurses to organize the work every month, and general nurses will help them to work more accurately through personal schedule management. It is also expected to increase work efficiency by sharing work schedules among nurses.

▶ **Key words:** nursing schedule management, mobile platform, web platform, web server

[요 약]

오늘날 정보 기술의 발전으로 병원은 의료분야에서 모바일 컴퓨팅 기술을 접목하여 의료 정보의 방대한 데이터를 관리를 위해서 시간과 공간의 제약을 받지 않는 병원정보시스템을 활발하게 연구하고 있다. 그럼에도 불구하고 대부분의 병원에서는 여전히 수작업으로 근무 편성표를 작성하는데 많은 노력과 시간을 소요하고 있다.

이에 본 논문은 간호사의 교대 근무를 편성하는 최적화 모델을 연구하고 이를 적용한 간호사 니즈형 근무 편성 자동화 시스템을 구축하였다. 실제 S병원에 근무하는 간호사를 대상으로 간호사의 정보 데이터와 요구조건 및 제약조건들을 구성하였다. 이를 적용하여 최적화된 스케줄링 처리 방법을 제안하였고 웹 서버를 중심으로 실시간 상호 교환 및 공유가 가능하기 위해서 수간호사가 사용하는 웹 기반 플랫폼과 일반 간호사가 사용하는 모바일 앱 플랫폼을 구축하였다.

따라서 개발된 간호사 니즈형 근무 편성 자동화 시스템을 통해서 수간호사는 매월 간호사의 근무 편성을 위한 업무 편리성을 증가시켜 주며, 간호사는 개인 일정관리를 통해서 좀 더 정확하게 업무를 처리할 수 있도록 도움을 줄 것이다. 또한 간호사간의 근무 일정의 공유하여 업무의 효율성이 증가할 것으로 기대한다.

▶ **주제어:** 간호 일정 관리, 모바일 플랫폼, 웹 플랫폼, 웹 서버

- First Author: Mi-Young Song, Corresponding Author: Mi-Young Song
- *Mi-Young Song (songsnail@naver.com), Dept. of SmartAppContents, Suwon Women's University.
- Received: 2020. 02. 04, Revised: 2020. 02. 26, Accepted: 2020. 02. 27.
- This paper is an extension of a paper ("Development of Nursing Needs Scheduling Management System") presented at the 58th Summer Conference of the KSCI.

I. Introduction

오늘날 이동통신과 네트워크 등 정보기술의 발전으로 의료분야에서 이를 이용하려는 다양한 시도를 통해서 최근에는 모바일 컴퓨팅 기술을 접목하여 시간과 공간의 제약을 극복한 의료인과 환자에게 편의성을 제공하는 연구들이 활발하게 이루어지고 있다.

이중에서 대부분의 병원이 진료기록 관리나 환자 관리 등과 같은 의료 정보의 방대한 데이터 관리를 위해서 병원 정보시스템으로 통합하는 기술 연구가 진행되고 있다. 그런데 대부분의 병원이 병원정보시스템을 갖추고 있음에도 불구하고 여전히 [그림1]처럼 수작업으로 주간간호사가 간호사들이 원하는 다양한 근무 요청사항과 병원의 근무조건 및 제약조건들을 고려하여 근무 편성표를 작성하는데 많은 노력과 시간을 소요하고 있다[1].

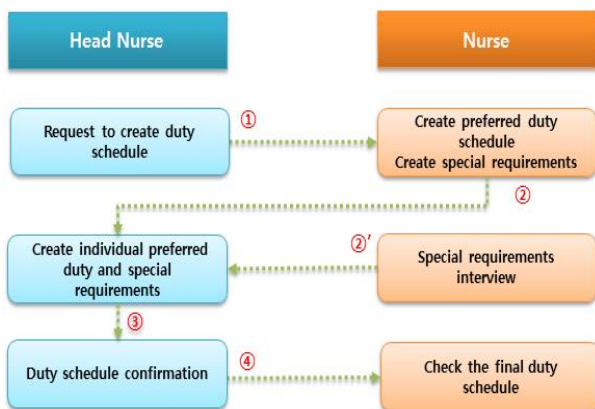


Fig. 1. Current Duty Schedule Creation Process

본 연구에서 실제 S병원의 간호사 근무 편성을 수작업으로 처리하는 과정에 대해 살펴보면, 주간간호사는 해당 부서의 간호사에게 일정기간동안 내달의 근무 편성의 작성을 요청하면 간호사는 일정기간 내에 선호하는 동료 간호사 및 근무일의 근무조를 5개만 선택하여 근무 편성표를 작성한다. 또한 특별한 근무요청사항이 있으면 주간간호사에게 별도로 직접 요청하거나 근무 편성표에 의견을 기록하여 남긴다. 주간간호사는 일정기간동안 작성 완료된 근무 편성표를 확인하고 병원의 일별 근무환경조건 및 간호사 등급(연차)을 고려하여 근무일의 근무조를 편성하게 된다. 또한 개인적인 간호사의 특별한 근무요청사항들을 최대한 반영하여 근무 편성을 수정 보완한 후 내달의 근무 편성표를 최종 확정하게 된다. 이에 간호사는 확정된 근무 편성표를 확인하고 확정된 근무 편성표에 따라 근무하게 된다[1].

따라서 본 연구에서는 실제 S병원의 수작업으로 작성하는 간호사 근무 편성에 대한 문제점을 해결하기 위하여 근무 환경조건들을 세분화하고 간호사들이 원하는 근무일의 근무조 편성과 요구조건들을 반영하여 근무 편성을 자동화하는 간호사 스케줄링 최적화 모델을 연구하였고, 주간간호사와 간호사에 관한 소통이 한 곳에서 이루어질 수 있는 모바일 기반의 간호사 일정 관리 시스템을 구축하였다.

본 연구의 구성은 2장에서는 간호사 스케줄링에 대한 관련 연구를 알아보고, 3장에서는 간호사 스케줄링 시스템 구축을 위한 간호사 스케줄링의 자동화 처리과정을 살펴본다. 4장에서는 구축된 간호사 스케줄링 시스템의 구성에 대해 살펴보고, 5장에서는 향후 진행에 대해 제시하며 결론을 맺는다.

II. Preliminaries

간호사 스케줄링 문제(NSP, Nurse Scheduling Problem)는 간호사 근무 스케줄로 주간 혹은 월간 시간표 상에 교대 근무의 종류(오전, 오후, 야간, 휴무)를 어떻게 할당하는가에 대한 문제이다. 이때 특정기간동안 오전, 오후, 야간근무일수의 조건 등과 같은 특정한 여러 제약조건이 고려되어야 한다. 이는 NP-hard에 속하는 문제로 스케줄링이 필요한 병원이나 직업군을 위해서 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다.

이계성[2]에서는 기존의 휴리스틱에 의존하여 근무표를 작성하던 관행에서 벗어나 국내 대형 병원을 사례기관으로 선정하였다. 기존의 간호사 근무 편성 기준을 분석하고, 이를 토대로 간호사들의 요일별, 시간별 선호도를 고려한 근무 편성표를 작성하여 간호사 근무에 형평성을 기하고자 하였다. 또한 기존 휴리스틱에 의존한 근무표와 수리계획법을 활용한 근무표 간의 비교를 통하여 간호사 개인이 특정 근무기간동안 얻게 되는 만족도를 분석하였다.

전우람 외[3]에서는 주어진 여러 제약 조건을 만족하는 최적의 간호사 스케줄을 생성하기 위해서 코스트 비트 매트릭스를 사용하여 실행 시간을 단축하고, 최적화된 간호사 일정표를 생성하기 위한 효율적인 방법을 제안하였다. 실험결과를 통해서 제안된 실행시간 단축방법을 이용하여 보다 빠르고 효율적인 간호사 일정표를 얻을 수 있음을 증명하였다.

Hakim 외[4]에서는 Bogor State Hospital에서 발생하는 간호사 일정 문제를 해결하기 위해 3가지 수학적 모델을 개발하였다. 모델1은 특정 입원 환자에게만 배정된 간

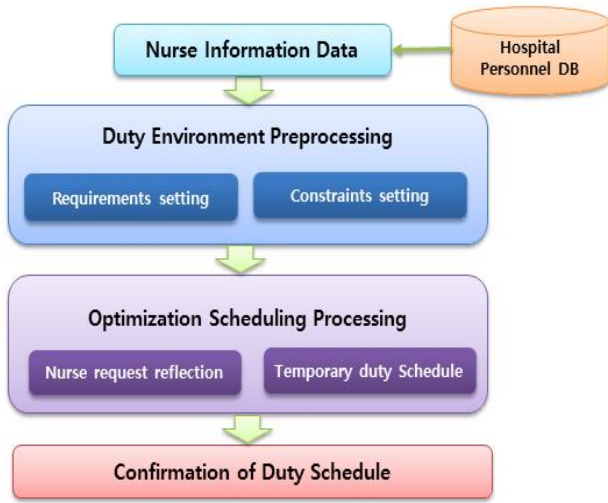


Fig. 3. System Configuration

1. Nurse Information Data

간호사 정보 데이터는 근무 편성에 필요한 인사 데이터로 사번, 이름, 부서, 등급, 입사년도, 연차, 일차, 반차, 연락처 등의 인사 정보를 병원인사 데이터베이스와 연동하여 주요 데이터를 가져와 관리한다.

간호사의 등급은 병원의 근무환경에 따라 등급을 부여하여 관리할 수 있도록 지원하였고, 본 연구의 S 병원에서 간호사의 입사연차에 따라 A, B, C 등급으로 나누어 관리하였다.

2. Duty Environment Preprocessing

대부분의 병원의 기본적인 근무환경조건은 하루에 아침, 오후, 야간의 3교대를 원칙으로 근무조를 Day, Evening, Night라고 한다. 본 연구의 S병원의 Day, Evening, Night 근무조별 근무시간은 각각 오전 7시~ 오후 3시, 오후 3시, 오후 10시, 오후 10시 ~ 오전 7시이고, 선호하는 근무조의 지정 회수는 매월 5번으로 하였다.

2.1 Requirements Setting

요구조건설정은 선호근무조와 근무요구사항을 직접 간호사가 등록한다. 선호근무조는 간호사가 원하는 날짜의 근무시간으로 매월 5번을 간호사가 직접 선호하는 근무일의 근무조를 선택하여 설정하도록 하였다. 근무요구사항은 선택한 선호 근무일의 근무조 외에 추가적인 특별한 근무요구사항으로 예를 들어, 근무조 희망자, 근무 희망사항 등을 직접 등록할 수 있도록 하여 근무 스케줄이 확정되기 전에 간호사가 등록한 특별 근무요구사항을 반영하여 최종 근무 스케줄을 확정하도록 하였다.

2.2 Constraints Setting

제약조건설정은 병원의 특성에 따른 근무제약조건으로 근무일수, 근무조별 근무자수, 연속근무조제약, 최대 연속 Night 근무조 회수, 근무조별 간호사 등급의 근무자수 등을 설정하도록 하였다.

근무일수는 간호사가 매월 한 달간 근무해야 하는 일수를 설정한다. 간호사의 근무일은 매월 28일을 기준으로 20일로 하였다.

근무조별 근무자수는 Day, Evening, Night 근무조별 근무할 수 있는 최대 인원수를 설정한다.

연속근무조제약은 간호사가 Evening, Night 근무조로 근무한 후에 다음 근무조에 대한 제한을 설정하는 것으로 간호사가 Night 근무조로 근무하면 다음날 연속하여 Day 근무조 및 Evening 근무조로 근무할 수 없고, Evening 근무조로 근무하면 다음 날 연속하여 Day 근무조로 근무할 수 없다.

최대 연속 Night 근무조 회수는 연속근무제약조건에 해당되지 않지만 간호사가 연속하여 Night 근무조로 최대한 근무할 수 있는 회수로 간호사는 3회 연속 Night 근무조로 근무를 할 수 없고, 만약 2회 연속 Night 근무조로 근무하면 1일을 무조건 쉬어야 한다.

근무조별 간호사 등급의 근무자수는 Day, Evening, Night 근무조별 책임간호사와 선임간호사, 신입간호사가 근무해야 하는 인원수이다.

3. Optimization Scheduling Processing

3.1 Temporary Duty Schedule

임시 근무 편성표는 근무환경전처리의 제약조건설정에 따른 제약조건식인 식(2)~식(9)을 기반으로 (식1)의 수리계 획법을 적용하여 최적화를 도출한다.

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{28} C_{i,j,k} * X_{i,j,k} \tag{1}$$

(식1)에서 $C_{i,j,k}$ 는 간호사 i가 k일에 j 근무조의 선호 (선호 근무: 3, 그 외:1)를 나타내고, $X_{i,j,k}$ 는 간호사 i가 k일에 j 근무조에 근무하는 것을 나타낸다.

근무환경전처리의 제약조건설정에 따른 제약조건식은 다음과 같다.

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{28} X_{i,j,k} \leq 20 \dots \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{28} X_{n,j,k} \leq 20 \tag{2}$$

(식2)는 근무자의 근무일로 매월 28일을 기준으로 하여 20일을 나타낸다.

$$\sum_{i=1}^n X_{i,1,1} = 7 \dots \sum_{i=1}^n X_{i,3,n} = 7 \quad (3)$$

(식3)은 근무조별 근무자수로 근무조의 근무인원은 7명으로 구성함을 나타낸다.

$$X_{i,3,k} + X_{i,1,k+1} \leq 1 \quad (4)$$

(식4)는 Night 근무조로 근무한 후에는 연속하여 다음날 Day 근무조로 편성하지 아니함을 나타낸다.

$$X_{i,3,k} + X_{i,2,k+1} \leq 1 \quad (5)$$

(식5)는 Night 근무조로 근무한 후에는 연속하여 다음날 Evening 근무조로 편성하지 아니함을 나타낸다.

$$X_{i,2,k} + X_{i,1,k+1} \leq 1 \quad (6)$$

(식6)은 Evening 근무조로 근무한 후에는 연속하여 다음날 Day 근무조로 편성하지 아니함을 나타낸다.

$$X_{i,3,k} + X_{i,3,k+1} + X_{i,3,k+2} \leq 3 \quad (7)$$

(식7)은 Night 근무조로 근무를 세 번 연속하여 편성하지 아니함을 나타낸다.

$$X_{A,j} \geq 1 \quad (8)$$

(식8)은 각 근무조별 10년 이상 근무 경험이 있는 책임간호사 1인 이상이 포함되어야 한다.

$$X_{C,j} \leq 2 \quad (9)$$

(식9)는 근무조별 신입간호사가 2인 이하로 포함되어야 한다.

3.2 Nurse Request Reflection

최적화된 임시 근무 편성표에 근무환경전처리의 요구조건 설정에 따른 근태요구사항을 면밀히 반영하여 수작업을

통해서 임시근무편성표를 조정하며, 이는 (식1)~(식9)를 반복하여 다시 적용되어 최적화된 스케줄링을 도출하여 최종 근무 편성표를 확정한다.

IV. Implementation of the Nurse Needs-Type Scheduling Automation System

간호사의 정보 데이터와 요구조건설정 및 제약조건설정 등을 통해서 최적화된 스케줄링 처리 방법을 적용하여 그림2와 같이 웹 서버를 중심으로 실시간 상호 교환 및 공유가 가능하도록 수간호가 사용하는 웹 기반 플랫폼과 일반 간호사가 사용하는 모바일 앱 플랫폼을 구축하였다.

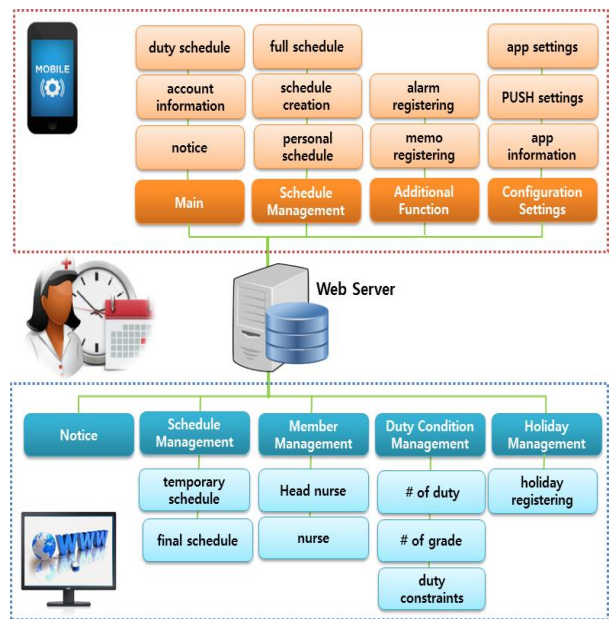


Fig. 4. Composition of Scheduling System

1. Implementation of an App-Based Platform

앱 기반 플랫폼의 주요 기능은 일정관리, 부가기능, 환경설정 등으로 구성하였다.

2. Implementation of an Web-Based Platform

웹 기반 플랫폼에서는 병원 특성에 따른 근무 환경 전처리를 위한 근무일수, 근무조별 근무자수, 연속근무조계약, 최대 연속 Night 근무조 회수, 근무조별 간호사 등급의 근무자수 등의 제약조건 값을 설정할 수 있도록 지원하였다.

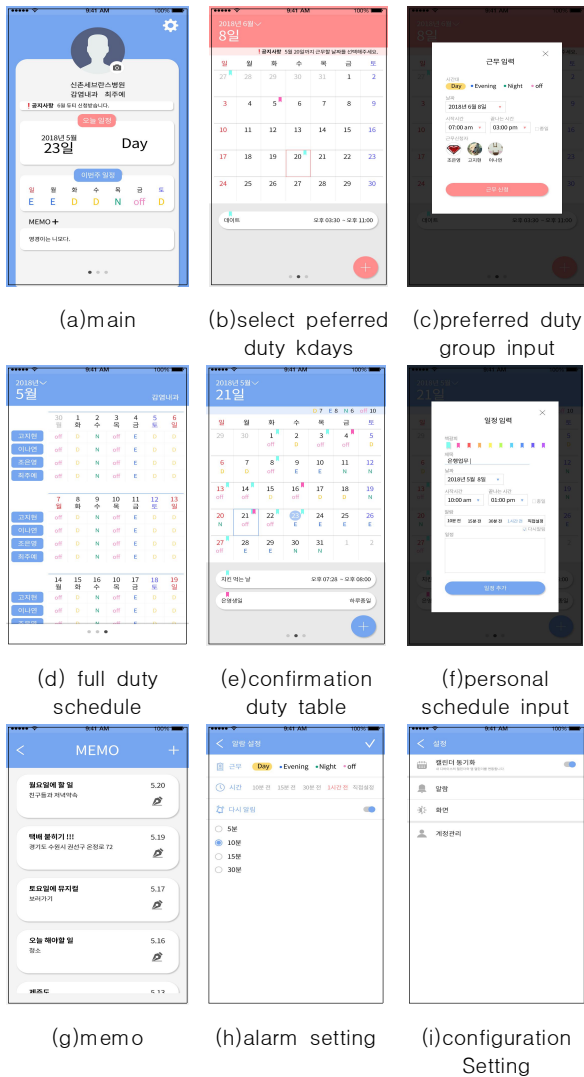


Fig. 5. App-based platform implementation screen

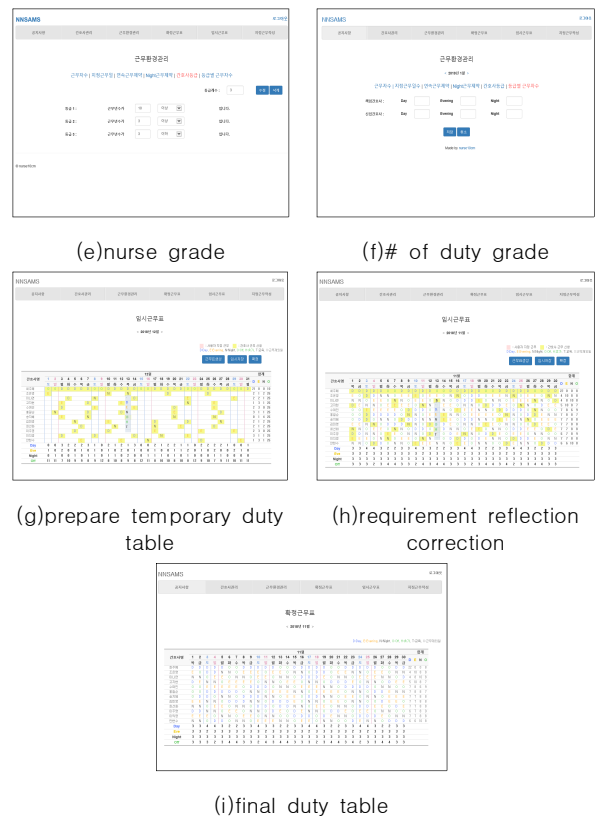
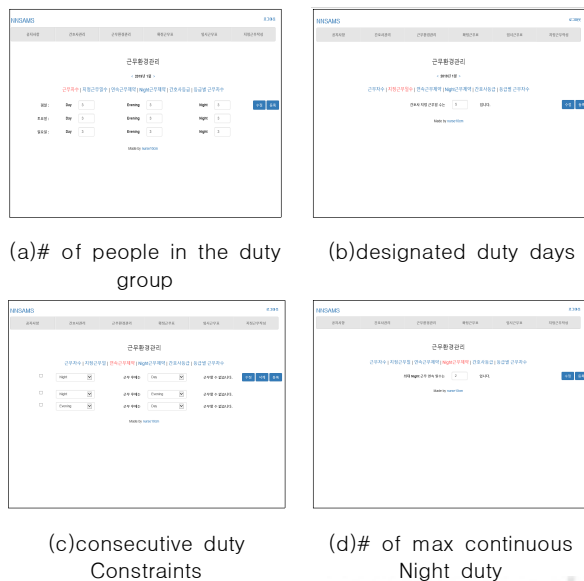


Fig. 6. Web-based Platform Implementation Screen

V. Conclusions

본 연구는 대부분의 병원에서 수간호사가 간호사의 근무 편성표를 수작업으로 작성하는데 많은 노력과 시간을 소요한다는 수고를 덜어주고 편리성을 제공해 주기 위해 실제 S병원에 근무하는 간호사를 대상으로 간호사의 정보 데이터와 요구조건 및 제약조건들을 구성하였고, 이를 적용하여 최적화된 스케줄링 처리 방법을 제안하였다.

그리고 간호사의 개인 근무 일정을 보다 체계적으로 관리하는 것을 돕기 위해 수간호사 전용인 웹 페이지와 일반 간호사가 사용가능한 모바일 앱 어플리케이션이 웹 서버와의 연동을 통해 간호사의 요구사항을 반영하여 근무 일정을 자동으로 편성하고 관리하는 간호사 니즈형 근무 편성 시스템을 설계하고 구현하였다. 웹 기반 플랫폼은 JSP, MySQL, JavaScript, JQuery를 이용하였고, 앱 기반 플랫폼은 JAVA, Android Studio를 이용하여 개발하였다. 또한 웹 서버는 Tomcat을 사용하였다.

본 연구의 의의는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 제안된 시스템은 기존 수작업으로 간호사의 근무

표를 편성하는 수간호의 많은 노력과 시간적 소요를 줄여 주는데 도움을 줄 수 있다.

둘째, 제안된 게임은 간호사들이 원하는 근무 요청과 병원의 근무 조건과 제약사항을 고려하여 이에 대한 병원 특성에 맞게 조건 값을 설정할 수 있기 때문에 다양한 병원의 간호사 근무 편성을 위해 도움을 줄 수 있다.

셋째, 간호사의 다양한 요구사항과 간호사 근무 일정 관리를 통해 수간호사의 수고를 덜어줌과 동시에 수간호사와 간호사에 관한 소통도 한 곳에서 이루어질 수 있도록 도움을 줄 수 있다.

제안한 간호사 니즈형 근무 편성 자동화 시스템은 병원의 다양한 근무 요구조건과 간호사 개인별 요구 사항을 반영한 자동화 간호사 일정관리 시스템으로 수간호사의 매월 간호사의 근무 편성을 위한 업무 편리성을 증가시키며 간호사의 개인 일정관리를 통해 좀 더 정확하게 업무를 처리할 수 있도록 도우며, 간호사간의 근무 일정의 공유로 인한 업무 효율성의 증가를 기대하고 있다.

향후 연구 과제로는 제안된 본 연구가 실제 S병원의 간호사 근무 조건을 기반으로 하고 있기 때문에 일반적인 병원의 간호사 일정관리를 위한 최적화 모델이 되기 위해서 다양한 병원들의 근무 조건들을 수집하고 분석하여 근무 조건 값을 세분화하고 표준화하는 작업이 필요하며, 간호사 개인별 특별 요구사항을 조건화할 수 있는 연구가 이루어질 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was conducted by the support of Paper Research Projects of Suwon Women's University in 2019.

REFERENCES

- [1] Song mi-young, Cheon Ui-yeong, "Development of Nurse Scheduling Management Prototype System Based On Mobile", The Korean Contents Association, Vol.16, No.4, 2018.12., 22-29.
- [2] Lee Gyeseong, "Nurse Scheduling includes preference", Korean Operations Research And Management Society, 2004.11, 599-602.
- [3] Wooram Jeon, Young-Woong Ko, Jin Kim. "A Study of Nurse Scheduling Problem Using Efficient Approximation Algorithms", Journal of Korean Institute of Information Technology 14(2), 2016.2, 159-166.
- [4] Hakim, T. Bakhtiar, and Jaharuddin, "The nurse scheduling problem: a goal programming and nonlinear optimization approaches", IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 166 (2017) 012-024.
- [5] Antoine Legrain, Hocine Bouarab and Nadia Lahrichi, "The nurse scheduling problem in real-life", Lahrichi Article in Journal of Medical Systems · January 2015.
- [6] Mr. B.Satheesh Kumar, Ms. G. Nagalakshmi and Dr. S. Kumaraguru, "A Shift Sequence for Nurse Scheduling Using Linear Programming Problem", IOSR Journal of Nursing and Health Science (IOSR-JNHS) Vol3, Issue 6 Ver. I (Nov.-Dec. 2014), PP 24-28.
- [7] Sun-Jeong Kim, Young-Woong Ko, Saangyong Uhm and Jin Kim, "An Efficient Method for Nurse Scheduling Problem using the Genetic Algorithm", Hallym University Republic of Korea Republic of Korea..
- [8] Kongrit Leksakul, Sukrit Phetsawat, "Nurse Scheduling Using Genetic Algorithm", Hindawi Publishing Corporation, Mathematical Problems in Engineering, Volume 2014, Article ID 246543, 16 pages.
- [9] Jingpeng Li, Uwe Aickelin, "A Bayesian Optimization Algorithm for the Nurse Scheduling Problem", Proceedings of 2003 Congress on Evolutionary Computation (CEC2003), pp. 2149-2156, IEEE Press, Canberra, Australia, 2003.
- [10] Sun-Jeong Kim, Young-Woong Ko, Saangyong Uhm and Jin Kim, "An indirect genetic algorithm for a nurse-scheduling problem", Computers & Operations Research, Volume 31, Issue 5, April 2004, Pages 761-778.
- [11] Chang-Chun Tsai, Sherman H.A. Li, "A two-stage modeling with genetic algorithms for the nurse scheduling problem", Expert Systems with Applications, Volume 36, Issue 5, July 2009, Pages 9506-9512.
- [12] Broos Maenhout, Mario Vanhouke, "An electromagnetic meta-heuristic for the nurse scheduling problem", Journal of Heuristics, August 2007, Volume 13, Issue4, pp 359-385.
- [13] Ahmed Ali El Adoly, Mohamed Gheith and M. Nashat Fors, "A new formulation and solution for the nurse scheduling problem", Alexandria Engineering Journal (2018) 57, 2289-2298.
- [14] L. Hakim, T. Bakhtiar, Jaharuddin, "The nurse scheduling problem: a goal programming and nonlinear optimization approaches", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 166(2017) p012-024,
- [15] Mafawez Alharbi, "Nurse Scheduling Model in Saudi Arabia Hospitals", International Journal of Computing and Digital Systems, No.2, 103-109 (Mar-2018)

Authors



Mi-Young Song received the M.S. and Ph.D. degrees in Computer Engineering from Dongguk University, Korea, in 1998 and 2004, respectively. Dr. Song is currently a Professor in the Department of

SmartAppContents, Suwon Women's University. She is interested in Mobile Games, Virtual Reality/Augmented Reality, Computer Graphics, Image Processing.