

환자 분류에 기초하여 입원병동의 적정 간호인력을 산정하는 모델

김경옥* · 박미정 · 이인광 · 박경순** · 손호선*** · 김경아 · 서창진**** · 차은중

충북대학교 의과대학 의공학교실, *우송정보대학 간호과, **충청대학교 간호과,
충북대학교 의학연구소, *한양대학교 경영학부

Mathematical Model for In-Ward Nursing Staffing Optimization Based on Patient Classification System

Kyoung-Ok Kim*, Mi-Jung Park, In-Kwang Lee, Kyung-Soon Park**, Ho-Sun Shon***, Kyung-Ah Kim, Chang-Jin Seo**** and Eun-Jong Cha

Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Chungbuk National University

**Department of Nursing, Woosong College*

***Department of Nursing, Chung Cheong University*

****Medical Research Institute, Chungbuk National University*

*****Department of Business, Hanyang University*

(Manuscript received 29 February 2016; revised 09 May 2016; accepted 10 May 2016)

Abstract: Nursing staffing is of major interest in hospital management, however, no practical method has been developed. The present study proposed a mathematical model based on the patient classification system for nursing staffing optimization. A few characteristic parameters possibly determined experimentally and/or empirically were introduced followed by systematic calculation of the required number of nurses. An essential concept of the model is the unit work load defined as the amount of nursing work performed on single patient per unit time, where the work load is defined as the number of nursing staffs multiplied by the working hours. The unit work load was considered to vary with the patient classification level as well as the working time during a day, both of which were represented by corresponding parameter values. The number of patients for each class and the number of working hours were multiplied to the unit work load, and added up to obtain the total required work load. As the next step, the averaged number of hours that a nurse could provide per day was formulated considering the degree of nursing practice experience into 3 levels. Finally, the appropriate number of nursing staffs was calculated as the total work load divided by the average working hours per nurse. The present technique has a great advantage that the number of nursing staffs to fulfill the required work load is systematically calculated once the characteristic parameters are appropriately determined, leading to instant and fast evaluation. A practical PC program was also developed to apply the present model to nursing practice.

Key words: Nursing staffing, Patient classification system, Mathematical model, Computer program

Corresponding Author : Eun-Jong Cha
Department of Biomedical Engineering, College of Medicine,
Chungbuk National University
TEL: +82-43-261-2856 (+82-10-5468-6331)
E-mail: ejcha@chungbuk.ac.kr

이 논문은 2014년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며(This work was supported by the research grant of Chungbuk National University in 2014), 2015도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015R1A2A2A040042 51).

1. 서 론

대형 병원들간의 서비스 경쟁이 치열해지면서 비용을 최소화하는 동시에 의료품질의 수준을 적절히 유지하는 병원 경영 효율화 전략이 필요하게 되었다[1,2]. 효율화가 필요한 여러 부문들 중 인력 관리는 매우 중요하며 병원 직원의 절대 다수를 차지하는 간호인력의 적정 관리는 특히 중요한 문제이다[3]. 왜냐하면 인건비 절감을 위해 간호인력을 과다

하게 축소하거나 경험이 부족한 간호사의 비중을 늘리게 되면 간호 품질이 낮아져 환자 치료에 문제가 발생할 수 있는 반면, 간호 품질만을 향상시키고자 하면 병원에서 가장 큰 비중을 차지하는 간호인력에 소요되는 비용이 막대해지기 때문이다. 따라서 대형 병원에서 적정 간호인력을 산정하는 것은 매우 중요한 문제이지만 아직까지 표준화된 방법은 없으며 단순히 병상수 대비 법정 정원을 적용하는 초보적인 수준에 있다.

그간 제안되어 온 간호인력 산정법들은 서술적 방법(descriptive method), 산업공학적 접근법(industrial engineering approach), 관리공학적 접근법(management engineering approach)의 3가지 범주로 나뉜다[4]. 서술적 방법은 경험을 근거로 간호 표준을 설정하고 이를 위해 필요한 간호사 수를 산정하는 방법인데 주관적으로 결정되는 부분 때문에 최적점을 찾는 것이 쉽지 않을 수 있다. 산업공학적 접근 방법은 모든 간호 활동을 확보하고 각각에 소요된 시간을 측정함으로써 필요한 인력을 산정하는 방법으로 가장 합리적인 기법이라 볼 수도 있으나 모든 간호 활동을 확보하고 시간을 측정하는 등의 사전 작업에 너무 많은 노력이 소요되기 때문에 실제로 적용하는 것은 거의 불가능하다[5,6]. 관리공학적 접근 방법은 간호 실무의 표준을 설정하고 이를 성취하기 위해 필요한 간호인력을 산정하는 것으로 앞서 지적한 우리나라 의료법에서 단순비를 채택하고 있는 것이 대표적인 사례이지만 너무 일률화된 기준을 적용하기 때문에 적정 인력을 산정한다고 보기 어렵다.

바쁘게 돌아가는 임상 환경에서 실제로 적용할 수 있는 적정 인력 산정법은 몇 가지 필요조건들을 갖추어야 한다. 우선, 특정 간호조직, 예를 들어 입원 병동에서 현재 필요한 간호업무량을 수시로 정량적으로 산정할 수 있어야 하는데, 신속히 산정할 수 있어야만 실무 적용이 가능하다. 왜냐하면 언제 어떤 환자들이 어느 병동에 입원하고 퇴원할지 알 수 없기 때문에 늘 가변적이고 수시로 변하는 상황에 적용할 수 있어야 하기 때문이다. 일부 관련 연구들은 업무량 산정방법이 너무 복잡하고 세부적이어서 실무 적용이 불가능해 보인다[7,8]. 간호업무량을 신속히 산정하는 한 방법은 “환자 분류체계(patient classification system)”를 적용하는 것이다. 환자의 치료에 필요한 업무량을 산정하는 것은 그 환자의 진단명에서 출발하지만 의사의 진단명만으로는 가장 일반적이고 단순한 신생아 분만이나 편도선 절제술에서조차도 간호업무량을 정확히 예측할 수 없었다[9]. 따라서 환자의 진단명, 그리고 환자 상태와 치료의 난이도 등을 종합적으로 고려하여 환자들을 몇가지 군으로 분류한 것이 “환자 분류체계”이다[10,11]. 다양한 분류체계들 중 간호업무량을 잘 반영하도록 고안된 것으로 병원간호사회에서 개발한 한국형 환자분류도구-1(Korean Patient Classification System-

1, KPCS-1)을 들 수 있다[1]. KPCS-1은 활력징후 측정, 감시, 호흡치료 등 12개 영역, 50개 간호 활동, 70개 항목으로 구성되며 각 환자에게 제공되는 활동항목의 적용 치침에 근거하여 점수를 부여하고 그 점수에 따라 4개 군으로 환자를 분류하는 체계이다. 즉, 환자들을 4개의 군(I, II, III, IV 군)으로 분류하고 각각의 군을 간호하는 업무량이 차등화되는 것을 의미한다. 환자분류체계를 적용하여 간호업무량을 산정할 수 있으나 이를 신속히 수행하기 위해서는 기존의 수기 분류 방식으로는 불가능하다. 특정 환자의 간호에 필요한 다양한 처치행위들을 신속히 조사하여 집계하기 위해서는 병원정보시스템의 활용이 필수적이다. 병원정보시스템은 다양한 병원관리 목적으로 활용되고 있으나 아직까지 간호 업무에의 적용은 다소 제한되어 있다[12-15]. 이에 본 연구팀에서는 대형 병원에서 전산화된 임상 데이터에 기반하여 자동으로 환자를 분류할 수 있음을 입증한 바 있으며 적정 간호인력을 산정하기 위해 우선적으로 중요한 자동 환자분류기법을 최초로 확립하였다[16].

의료정보시스템에 기반하여 병동에 입원해 있는 환자들을 신속하게 몇 가지 군으로 자동 분류하는 것이 본 연구팀에 의해 가능해졌으므로[16] 그 다음 단계로 얼마나 많은 간호 업무량이 필요하고 어떤 수준의 간호사 몇 명으로 이를 충족시킬 수 있는지를 체계적으로 산정할 수 있어야 비로소 적정 간호인력이 산정된다. 여기에는 분류군별 환자수와 근무형태, 그리고 간호사의 경험과 숙련도 등 여러 가지 객관적, 주관적 요소들이 개입될 수 밖에 없다. 이에 본 연구에서는 전술한 환자 분류 결과에 기초하여 간호사의 숙련도 등 일부 주관적 요소들을 경험적으로 정량화하여 고려하는 체계적인 인력산정 모델을 개발하고 프로그램화함으로써 임상 환경에서 즉시 적용할 수 있도록 하였다. 즉, 앞서 설명한 3가지 간호인력 산정법들 중 서술적 방법과 관리공학적 방법을 적절히 조합하고 환자분류체계에 기반하여 수리적으로 적정 간호인력을 신속히 자동적으로 산출하는 기법을 개발하였다.

II. 간호인력 산정 모델

1. 종합 모형의 틀

특정 병동에 일정 수와 유형의 환자들이 입원하고 있을 때 적정 품질의 간호를 제공할 수 있는 인력을 산정하는 종합적인 모델 구조를 그림 1에 도식화하였다. 그림 1에서 환자군이 제공받은 각종 처치행위들을 의료정보시스템에서 조회, 집계한 후 KPCS-1 시스템에 기반하여 I, II, III, IV의 4가지 등급으로 분류할 수 있다. 앞서 기술한 대로 이 첫 단계는 본 연구팀에서 개발하여 보고한 바 있다[16]. 그 다음 단계로는 간호업무량 산정을 위한 고유지표들을 설정하고 환

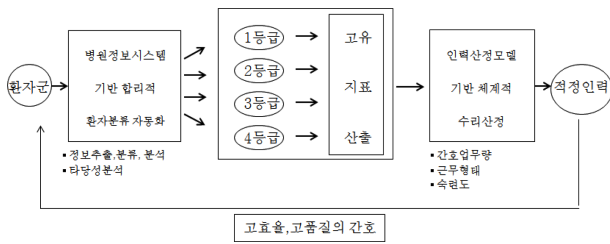


그림 1. 적정 간호인력을 산정하는 종합 모형.
Fig. 1. Complete model structure to estimate the optimal nursing staffing.

자 분류 등급별로 그 값들을 정량적으로 산출하는 것이다. 산출된 고유지표값들을 기반으로 적정 인력이 산정되는데, 본 연구에서는 이 두 번째 과정을 수행하는 수학적 모델을 구축하였다. 인력 산정 과정에는 간호업무량에 더해 근무 형태와 간호사 숙련도가 고려되며 본 논문 1저자의 박사학위논문[17]의 결과로서 구체적인 내용을 아래에 기술한다.

2. 모델의 개념과 개요

간호사의 업무량을 정량적으로 정의해야 하는데 동일한 능력의 간호사 K명이 각각 H 시간씩 근무하였다면 간호에 투입된 총 시간은 K·H가 되고 이는 인원수와 시간수를 곱한 양에 해당한다. 이와같이 다수의 근무자가 기여한 시간들을 합하여 업무량으로 정의하는 것은 컴퓨터 프로그램 개발 업무, 시설공사 업무 등 여러 분야에서 전반적으로 활용되고 있다. 간호사들 각각이 근무한 시간이 다를 수 있으므로 일반적으로 간호업무량을 다시 정의하면

$$\text{간호업무량} = \sum_{k=1}^K (\text{k번째 간호사의 근무시간}) \quad \text{식(1)}$$

이 되고 그 단위는 [nurse·hour] = [nh]이다. 또한 간호업무량을 간호사 1인이 제공하는 평균적인 근무시간으로 나누면 식(2)와 같이 필요한 간호사의 수 즉, 간호인력이 산정되며 그 단위는 당연히 [nurse] = [n]이다.

$$\text{간호인력}[n] = \text{간호업무량}[nh] / \text{1인당 평균 간호시간}[h] \quad \text{식(2)}$$

간호업무량은 환자가 중한 정도, 혹은 위에서 기술한 환자 분류 결과에 따라 달라지므로 분류등급의 함수이다. 또한 등급이 같은 환자라 하더라도 시간대(낮, 저녁, 밤)로 구분되는 근무형태에 따라 소요되는 업무량이 달라질 것이므로

$$\text{간호업무량} = f(\text{환자분류등급}, \text{시간대}) \quad \text{식(3)}$$

로 쓸 수 있다. 식(3)에서 f는 함수 관계를 나타낸다. 식(3)

의 간호업무량을 식(2)에서 간호사 1인의 근무시간으로 나누면 인력이 계산되는데 간호사 1인이 제공하는 실제 간호시간은 그 간호사의 숙련도에 따라 달라질 것이므로 환자간호에 투입되는 실질적인 간호시간은

$$\text{1인 실 간호시간} = g(\text{숙련도}) \quad \text{식(4)}$$

가 되고 따라서

$$\text{간호인력} = \frac{\text{간호 업무량}(\text{환자분류등급}, \text{시간대})}{\text{1인 실 간호시간}(\text{숙련도})} \quad \text{식(5)}$$

로 정리된다. 상술한 기본 개념에 입각하여 간호인력 산정 모델을 아래 식(6)과 같이 구성하였다.

$$N = \frac{f(\text{환자분류등급}, \text{시간대})}{g(\text{숙련도})} \equiv \frac{W(c,s)}{H(e)} \quad \text{식(6)}$$

이때 N = 간호인력(필요한 간호사의 수)[n], W = 간호업무량[nh], H = 간호사 1인이 제공하는 실 간호시간[h], c = 환자분류등급지수(혹은 중증도 지수), s = 근무시간대, e = 간호사의 업무 숙련도 지수이다. 식(6)에 제시한 수리모델에 따라 간호인력을 산정하는 과정을 요약하면, 식(1),(3)에서 W를 산정하고 e에 따라 식(4)에서 H를 결정한 후 식(6)에 대입하여 N값을 산정한다. 식(6)에서 계산되는 N값을 실제 임상환경에서 그대로 정확하게 적용하는 것은 쉽지 않을 것이므로 적절한 방식으로 W의 범위(W_{min}-W_{max})를 규정하고 최소 및 최대값에 대응하는 N값의 범위(N_{min}-N_{max})를 산정한다면 보다 실용적인 응용이 가능해질 것이다.

3. 단위간호업무량

간호업무량 산정 모델을 전개하기 위해 우선 “단위간호업무량”(w)이라는 개념을 도입하였다. 간호사 1인이 1시간 동안 p명의 환자들을 간호할 수 있다면 간호업무량은 1인이 1시간 근무하므로 1인 × 1시간 = 1[nh]이다. 1시간 근무하는 동안 p명을 간호하므로 환자 1인에게 투입된 간호업무량은 환자수의 역수가 될 것이므로

$$w = 1/p \quad \text{식(7)}$$

이고 w를 단위간호업무량으로 정의하자. 즉, w는 환자 1인당 1시간당 소요되는 간호업무량으로써 그 단위는 [nh/patient/h] = [nh/p/h] 이다. 식(7)에서 w는 환자의 분류등급(i)과 간호사의 근무시간대(j)에 따라 달라지므로

$$w = w(i, j) = w_{ij} \quad \text{식(8)}$$

where i = 1(I 등급), 2(II 등급), 3(III 등급), 4(IV 등급), j = 1(낮 근무), 2(저녁 근무), 3(밤 근무)

로 나타낼 수 있다. 식(8)에서 i 는 KPCS-1의 4개 등급 분류에 따라 1-4의 값으로 하였으나 새로운 분류법을 적용한다면 다른 범위의 값을 가질 수도 있을 것이다. j 값 역시 3교대 근무가 아니고 2교대 근무라면 $j = 1, 2$ 가 된다. 즉, i 와 j 의 값은 적용하는 환자분류등급과 근무형태에 따라 달라질 수 있다. 그러나 모델의 전개방식은 그대로 적용되므로 문제가 되지 않는다. 또한 w_{ij} 는 간호사의 숙련도에 따라서도 다른 값을 가진다. 왜냐하면 숙련도가 높은 간호사는 1시간 동안에 보다 많은 환자들을 간호할 수 있기 때문이다. 편의상 w_{ij} 를 가장 숙련도가 높은 고급 간호사 1인이 1시간 동안 간호할 수 있는 환자수의 역수로 가정하고 추후에 숙련도에 따른 변화를 보정하는 수식을 추가하기로 하자. 만약 고급 간호사 1인이 낮 근무시간대에($j = 1$) 1시간 동안 I 등급환자($i = 1$) p_1 명을 간호한다면 $w_{11} = 1/p_1$ 이 된다. 다른 등급 환자의 경우도 마찬가지로 $w_{i1} = 1/p_i$ 이다. 따라서

$$w_{i1} = \frac{1}{p_i} \quad \text{where } i = 1, 2, 3, 4 \quad \text{식(9)}$$

로 쓸 수 있는데 w_{11} 을 기준으로 하여 환자의 중한 정도에 따라 상대적으로 증가하는 업무량을 반영하는 환자분류등급 지수(c_i)를 도입한 후 식(9)를 다시 정리하면

$$\begin{aligned} w_{11} &= 1/p_1 & \text{식(10)} \\ w_{21} &= 1/p_2 \equiv c_2 w_{11} = (p_1/p_2)w_{11} \\ w_{31} &= 1/p_3 \equiv c_3 w_{11} = (p_1/p_3)w_{11} \\ w_{41} &= 1/p_4 \equiv c_4 w_{11} = (p_1/p_4)w_{11} \end{aligned}$$

식(10)을 일반화하여 다시 쓰면

$$\begin{aligned} w_{i1} &= c_i w_{11} & \text{식(11)} \\ \text{where } w_{11} &= 1/p_1 \\ c_i &= 1, \quad c_i = p_1/p_i, \text{ for } i = 2, 3, 4 \end{aligned}$$

식(11)은 근무시간대가 낮($j = 1$)인 경우를 상정한 것이므로 저녁($j = 2$)과 밤($j = 3$) 시간대에 따라 상대적으로 달라지는 업무량을 보정하기 위해 근무시간대 보정계수(s_j)를 도입하여 일반화하면

$$w_{ij} = c_i w_{11} s_j = w_{11} c_i s_j \text{ with } s_1 = 1 \quad \text{식(12)}$$

이 되며 통상적으로 낮 시간대에 간호활동이 가장 많으므로 $s_{2,3}$ 는 1 보다 작은 값이 될 것이다. w_{ij} 는 i 등급 환자 1인을 숙련된 고급간호사가 j 시간대에 1시간 동안 간호할 때 투입해야 하는 단위 간호업무량으로써 식(11,12)를 합하여 정리하면

$$\begin{aligned} w_{ij} &= w_{11} c_i s_j & \text{식(13)} \\ \text{where } w_{11} &= 1/p_1, \quad c_1 = s_1 = 1, \quad c_i = p_1/p_i \\ \text{for } i &= 1, 2, 3, 4 \text{ and } j = 1, 2, 3 \end{aligned}$$

식(13)의 w_{ij} 는 본 연구에서 제안하는 인력산정 모델의 가장 핵심적인 기본 변수로서 고급간호사를 채용하여 i 등급 환자 1인을 j 시간대에 1시간 동안 간호하기 위해 투입해야 하는 간호업무량이다. w_{ij} 값을 적절히 정할 수 있다면 1-4 등급 환자와 1-3 시간대에 대해 누적 합산하여 간호업무량을 산정할 수 있다. 이렇게 산정된 간호업무량을 간호사 1인이 제공할 수 있는 간호시간으로 나누면 최종적으로 필요한 간호인력이 산정되며 그 과정을 구체적으로 아래에 기술한다.

4. 간호업무량 산정

하루에 필요한 간호업무량을 일 간호업무량(W_D)으로 정의하자. 특정 병동에 입원중인 분류등급별 환자수가 근무시간대 별로 달라질 수 있으므로 현재 재원중인 환자수를 d_{ij} 로 표기하자. 즉 d_{ij} 는 j 근무시간대에 입원해 있는 i 등급환자들의 수를 나타낸다. 하루는 24시간이고 낮, 저녁, 밤 근무시간대 별로 각각 h_1, h_2, h_3 시간을 할당한다면 $h_1 + h_2 + h_3 = 24$ 시간이 된다. 우선 낮 시간대의 업무량을 산정해 보면, $j = 1$ 이므로 환자수는 d_{i1} 이고 이를 식(13)에 곱한 후 i 에 대해 합산하면 낮 시간대 업무량(W_1)이 얻어진다.

$$W_1 = \sum_{i=1}^4 w_{i1} d_{i1} h_1 = \sum_{i=1}^4 w_{11} c_i s_1 d_{i1} h_1 = w_{11} s_1 h_1 \sum_{i=1}^4 c_i d_{i1} \quad \text{식(14)}$$

마찬가지로 $j = 2, 3$ 각각에 대해 저녁(W_2) 및 밤(W_3) 시간대 업무량을 산출하여 합산하면 W_D 가 얻어지는데 식(13)을 대입하고 일반화하면

$$W_D = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^4 w_{ij} d_{ij} h_j = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^4 w_{11} c_i s_j d_{ij} h_j = w_{11} \sum_{j=1}^3 s_j h_j \sum_{i=1}^4 c_i d_{ij} \quad \text{식(15)}$$

가 된다. 이때 $\sum_{j=1}^3 h_j = 24[h]$ 를 만족해야 한다.

만약 1년 동안 필요한 간호업무량(W_Y)을 산정코자 한다면 식(15)를 365일 동안 합산함으로써 연 단위로 확장하면 된다. 그러나 편의상 수식 전개를 단순화하기 위해 특정 환자가 재원하는 단위 기간을 근무시간대에 관계없이 1일로 간주하자. 우리나라 병원들에서는 입퇴원 행위를 일 1회만 허용하고 있으므로 실제 상황에 부합된다. 이 경우 d_{ij} 는 j 값에 무관하므로 d_i 로 쓸 수 있고 식(15)를 다시 계산하면

$$W_D = \sum_{j=1}^3 h_j \sum_{i=1}^4 w_{ij} d_i \quad \text{식(16)}$$

가 되고 분류등급이 i 인 환자들의 연중 평균재원일수가 D_i

라면 이를 식(16)에 곱하여 W_Y 가 얻어진다. 즉,

$$W_Y = \sum_{j=1}^3 h_j \sum_{i=1}^4 w_{ij} d_i D_i \quad \text{식(17)}$$

5. 간호인력 산정

위에서 산정한 간호업무량을 간호사 1인이 제공하는 간호 시간으로 나누면 간호인력이 얻어질 것이다. 간호사를 포함하는 일반적인 작업자는 하루에 8시간 근무하는 것이 상례이므로 간호사 1인의 일 근무시간은 8[h]이다. 그러나 간호사가 근무하는 동안 모든 시간을 간호에 투입할 수는 없으므로 실제로 간호에 투입할 수 있는 시간을 실 간호시간이라 정의하자. 가장 숙련된 고급간호사는 근무시간을 가장 효율적으로 활용할 것이므로 근무시간과 실 간호시간이 같다고 가정하자. 숙련도가 상대적으로 떨어지는 중급 또는 초급 간호사의 실 간호시간은 근무시간보다 적다고 할 수 있을 것이다. 따라서 이를 반영하는 숙련도 지수(e_k)를 도입하자. 즉,

$$e_k = 1 \text{ for } k = 1 \text{ (고급간호사)} \quad \text{식(18)}$$

$$e_k < 1 \text{ for } k = 2 \text{ (중급간호사), } 3 \text{ (초급간호사)} \quad \text{식(19)}$$

로 나타내자. 아무리 숙련된 간호사라 할지라도 실 간호시간이 근무시간과 같을 수는 없으나 이론적으로 가능한 최대값을 상정한다는 의미에서 식(18)과 같이 $e_1 = 1$ 로 하였으나 이보다 작은 값으로 설정할 수도 있다. 혹은 불가피하게 수행되는 행정업무 시간을 함께 포함하는 근무시간을 실 간호시간으로 정의하고 고급간호사의 경우를 기준점으로 하여 $e_1 = 1$ 로 간주할 수도 있다. 또한 간호사의 숙련도를 3단계 ($k = 1, 2, 3$)로 구분하였으나 이 역시 임의로 정할 수 있다. 다만 초급, 중급, 고급간호사로 분류하는 것이 일반적이라 3단계의 숙련도를 상정하였다.

간호사 1인이 하루에 근무하는 시간은 8[h]이므로 하루에 제공하는 실 간호시간은 $8e_k$ 가 된다. 만약 특정 병동 혹은 병원 간호사 집단의 총 인원이 N 이고 숙련도별 인력 분포율을 r_k 라 한다면 숙련도가 e_k 인 간호사들이 제공하는 간호시간은 $8r_k e_k N$ 이고 k 에 대해 합산하면 모든 간호사들이 제공하는 간호시간이 계산된다. 이 집단에 속한 간호사 1인이 평균적으로 제공할 수 있는 실 간호시간(H)을 계산하기 위해 N 으로 나누면

$$H = \frac{8 \sum_{k=1}^3 r_k e_k N}{N} = 8 \sum_{k=1}^3 r_k e_k \quad \text{식(20)}$$

이 되고 이때 $r_1 + r_2 + r_3 = 1$ 을 만족해야 한다. 식(20)에서

r_k 값은 비용 대비 업무효율 등 고용정책에 따라 임의 결정된다. r_k 값 즉, 숙련도별 간호인력 분포율은 간호시간대(j)에 따라 달라질 수도 있으나 효율적인 간호업무를 수행하기 위해서는 시간대에 무관하게 적절한 분포율이 유지되어야 하므로 시간대별 분포율의 변화는 고려하지 않았다.

특정 근무시간대($j = 1, 2, 3$)에 배치해야 하는 간호인력 (N_j)은 시간대별로 필요한 간호업무량을 H 로 나누면 얻어지므로 식(16,20)에서

$$N_j = \frac{W_{Dj}}{H} = \frac{h_j \sum_{i=1}^4 w_{ij} d_i}{8 \sum_{k=1}^3 r_k e_k} \quad \text{식(21)}$$

이다. 이때 W_{Dj} 는 식(16)에서 특정 j 값 하나에 대한 W_D 값을 의미한다. 이때 만약 간호사들의 숙련도에 따른 분포율이 시간대별로 달라진다면 식(21)에서 r_k 대신 r_{kj} 로 표기하면 된다. 식(13)에서 w_{ij} 는 w_{11} 에 비례하므로 w_{11} 의 최소값과 최대값을 설정하여 식(21)에 대입, N_j 의 최소값과 최대값을 정하면 필요한 인력의 범위를 얻게 된다. 하루에 필요한 간호인력(N_D)은 시간대별 인력의 합이므로

$$N_D = \sum_{j=1}^3 N_j = N_1 + N_2 + N_3 \quad \text{식(22)}$$

이다. N_D 역시 실제 상황에서는 최소-최대값의 범위로 얻어 융통성 있게 적용할 수 있을 것이다. 1년에 필요한 간호사의 연인원(N_Y)은 연 간호업무량을 실 간호시간으로 나누면 얻어지므로 식(17,20)에서

$$N_Y = \frac{W_Y}{H} = \frac{\sum_{j=1}^3 h_j \sum_{i=1}^4 w_{ij} d_i D_i}{8 \sum_{k=1}^3 r_k e_k} \quad \text{식(23)}$$

N_Y 를 간호사 1인이 1년 중 근무할 수 있는 일 수(L), 즉 365에서 휴무일(l)을 뺀 일 수로 나누면 실제로 고용해야 하는 인력(N_E)이 산출된다.

$$N_E = \frac{N_Y}{L} = \frac{N_Y}{365-l} \quad \text{식(24)}$$

상술한 모델을 활용하여 적정 간호인력을 산정하는 과정을 요약하면, 우선 식(10)의 p_i , 식(11)의 c_i , 식(12)의 s_j 값들과 같은 고유지표값들을 실험적, 경험적 방법으로 설정하여 w_{ij} 값을 정하고 식(18,19)의 e_k 값을 적절하게 상정한 후 식(20)의 r_k 값을 정책적으로 결정한다. 그리고 나면 식(14-17)에서 간호업무량을 산출하고 식(20)의 실 간호시간으로 나누어 식(21-24)에 따라 간호인력을 산출한다. 일반적인 예시를 아래에 구체적으로 제시한다.

표 1. 단위간호업무량(w_{ij}) 예시.
Table 1. Example of unit nursing work load(w_{ij}).

시간대 분류등급	낮 (j = 1)	저녁 (j = 2)	밤 (j = 3)
1 등급 (i = 1)	1/20	1/20	0.7/20
2 등급 (i = 2)	1/16	1/16	0.7/16
3 등급 (i = 3)	1/12	1/12	0.7/12
4 등급 (i = 4)	1/8	1/8	0.7/8

6. 예시 분석

KPCS-1 환자분류 I, II, III, IV 등급환자 20, 16, 12, 8 명을 숙련도가 높은 고급간호사 1인이 1시간 동안 간호할 수 있다고 가정하면 식(10)에 따라 $w_{11} = 1/20$, $w_{21} = 1/16$, $w_{31} = 1/12$, $w_{41} = 1/8$ 이 되고 식(11)에 의해 $c_1 = 1$, $c_2 = 20/16$, $c_3 = 20/12$, $c_4 = 20/8$ 이다. 간호업무는 일반적으로 낮과 저녁 시간대의 강도는 비슷하고 밤 시간대에서는 감소한다. 밤 근무 강도가 30% 낮아진다고 가정하면 식(12)의 $s_1 = s_2 = 1$, $s_3 = 0.7$ 이다. 이 고유지표들을 식(12)에 대입하여 w_{ij} 값을 계산한 결과를 표 1에 제시하였다. 중급($k = 2$) 및 초급($k = 3$) 간호사의 경우 고급($k = 1$) 간호사에 비해 숙련도가 각각 20%, 40% 떨어진다고 가정하면 식(18,19)에서 $e_1 = 1$, $e_2 = 0.8$, $e_3 = 0.6$ 이다. 또한 이들의 분포율을 각각 30%, 50%, 20%로 정하고 있는 경우 $r_1 = 0.3$, $r_2 = 0.5$, $r_3 = 0.2$ 가 되며 식(20)에 대입하면

$$H = 8 \sum_{k=1}^3 r_k e_k = 8 \times (0.3 \times 1 + 0.5 \times 0.8 + 0.2 \times 0.6) = 6.56 \quad \text{식(25)}$$

로써 간호사 1인이 하루에 평균적으로 제공하는 실 간호시간은 6.56 시간이다. 이제 표 1에 제시한 w_{ij} 값들과 식(25)의 H 값을 활용하여 간호인력을 산출해 보자. 병상수가 60인 병동에 1, 2, 3, 4 등급 환자들이 각각 5, 10, 25, 20명이 늘 입원해 있고 시간대별 환자 분포의 변화가 없다면 $d_i = (5, 10, 25, 20)$ 이다. 시간대별 근무시간은 $h_1 = 8$, $h_2 = 7$, $h_3 = 9$ 시간이라 하자. 식(14)에서 낮 시간대 간호업무량은

$$\begin{aligned} W_1 &= \sum_{i=1}^3 w_{i1} d_i h_1 = \sum_{i=1}^3 w_{i1} d_i 8 \quad \text{식(26)} \\ &= 8(w_{11} d_1 + w_{21} d_2 + w_{31} d_3 + w_{41} d_4) \\ &= 8 \left(\frac{1}{20} \times 5 + \frac{1}{16} \times 10 + \frac{1}{12} \times 25 + \frac{1}{8} \times 20 \right) = 43.664 \end{aligned}$$

이고 마찬가지로 방법으로 계산해 보면 $W_2 = 38.206$, $W_3 = 34.385$ 이며 일 간호업무량은 $W_D = W_1 + W_2 + W_3 = 116.225$ [nh]가 된다. 이 60 병상 병동에서 1년 동안 제공할 수 있는 연 병상수는 $60 \times 365 = 21,900$ 병상이고 등급별 환자

비율을 유지하며 병상 가동률이 100%라면(최대값으로 상정) 연 병상 점유율은 $q_i = (5/60, 10/60, 25/60, 20/60) = (1/12, 1/6, 5/12, 1/3)$ 이고 점유 연 병상수는 $b_i = 21,900 \times q_i = (1825, 3650, 9125, 7300)$ 이어야 한다. 등급별 재원일수를 $D_i = (5, 10, 15, 20)$ 로 가정하면 병상 가동률을 100%로 유지하기 위한 환자수는 $d_i = b_i/D_i = (365, 365, 608, 365)$ 이다. 이 값들을 식(17)에 대입하여 연 간호업무량을 계산하면

$$W_Y = \sum_{j=1}^3 h_j \sum_{i=1}^4 w_{ij} d_i D_i = 42426.9375 \approx 42427 \quad \text{식(27)}$$

이 된다. 이제 식(21)에 의해 시간대별 소요인력을 계산하면

$$N_1 = \frac{W_1}{H} = \frac{43.664}{6.56} = 6.656 \approx 7 \quad \text{식(28)}$$

$$N_2 = \frac{W_2}{H} = \frac{38.206}{6.56} = 5.824 \approx 6$$

$$N_3 = \frac{W_3}{H} = \frac{34.385}{6.56} = 5.242 \approx 6$$

이 되고 식(22)에 의해 일 간호인력은 $N_D = N_1 + N_2 + N_3 = 19$ 명이 된다. 또한 식(23)에 따라 연 인원은

$$N_Y = \frac{W_Y}{H} = \frac{42427}{6.56} = 6467.5 \approx 6468 \quad \text{식(29)}$$

명이므로 연 휴일수가 $l = 135$ 일인 경우 식(24)에 의해

$$N_E = \frac{N_Y}{365-l} = \frac{6467.5}{365-135} = 28.2 \approx 29 \quad \text{식(30)}$$

이고 숙련도별 분포율(r_k)을 적용하면

$$N_{E1} = 0.3 \times 28.2 = 8.46 \approx 9 \quad \text{식(31)}$$

$$N_{E2} = 0.5 \times 28.2 = 14.1 \approx 15$$

$$N_{E3} = 0.2 \times 28.2 = 5.64 \approx 6$$

가 되어 실제로는 총

$$N_E = N_{E1} + N_{E2} + N_{E3} = 30 \quad \text{식(32)}$$

명의 간호사들을 고용하고 있어야 한다.

III. 프로그램 개발

전술한 간호인력 산정모델을 실무에 적용하기 위해 개인용 컴퓨터(PC) 프로그램을 개발하였다. 사용자 편의성을 최대한화하고 화면 디자인을 단순화하는 방향으로 개발하였다. HTML 언어를 사용하여 프로그램 동작화면을 제작하였고

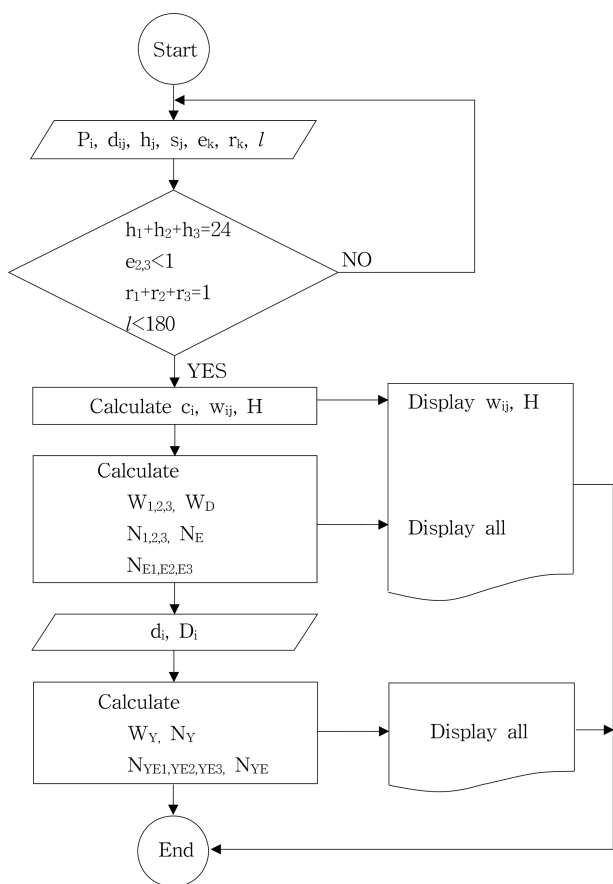


그림 2. 간호인력 산정 프로그램 흐름도.
Fig. 2. Program flow chart for nursing staffing.

수식 계산, 알고리즘 개발 및 입력데이터에 대한 검사 및 오류 보고 기능은 Java Script를 사용하였다. 본 프로그램은 웹 기반 프로그램으로써 Windows Internet Explorer (IE)

v7 이상, Google Chrome 등 웹 브라우저에서 사용 가능하다.

간호단위 조직은 통상 병동 단위로 구성되므로 우선 병동명(ID)을 입력받고 고유지표들을 산출하기 위해 필요한 변수들을 입력받은 후 이들 간에 만족해야 하는 조건들을 검토하여 오류 발생시 사용자에게 알리고 재입력 받는다. 입력변수값들이 적절하면 단위간호업무량 표를 생성하고 실간호시간을 계산하며 이 값들을 모델 수식에 대입하여 업무량 및 인력을 산출한다. 인력 산출과정에서 중요한 변수들과 최종적으로 산출된 간호인력값들을 모두 화면에 표시하게 하였다. 상술한 프로그램 흐름도를 그림 2에 제시하였다.

사용자 편의를 위해 하나의 화면상에서 변수 입력과 출력이 동시에 이루어지도록 디자인하였다. 동작화면의 좌측을 입력 영역, 우측을 출력 영역으로 하여 필요한 변수와 인력 산정 과정과 결과 모두를 한 눈에 볼 수 있도록 하였다. 개발된 프로그램의 동작화면을 그림 3에 제시하였다.

IV. 고찰 및 결론

대형 병원에서 간호는 환자 진료의 품질과 직결되므로 매우 중요한 문제이다. 간호사는 면허를 소지하는 전문직인 동시에 병원에 종사하는 인력의 절대 다수를 점유하고 있으므로 간호인력의 관리는 경영 효율 측면에서도 큰 관심사이다. 매일 이루어지는 입퇴원에 따라 간호해야 하는 환자군의 중증도 분포가 수시로 변화하고 동일한 의학 진단이 내려진 환자들이라 하더라도 질환의 양상에 따라 처치 내용이 크게 달라질 수 있기 때문에 간호업무의 강도를 정량화하는 것은 매우 어렵다. 또한 전문 의료인으로써 간호사는 지식과 경험에 따라 숙련도가 크게 달라지고 이는 간호업무의 효율 및 생산성과 직결된다. 즉, 간호업무량의 산정과 간호사의

입력영역					출력영역					
1인 간호환자수:	1등급 20	2등급 20	3등급 20	4등급 20	단위간호업무량 [ng/p/h]					
재원 환자수						낮	저녁	밤		
	1등급	2등급	3등급	4등급		1등급	0.0500	0.0500	0.0350	
	2등급	10	25	20		2등급	0.0625	0.0625	0.0438	
	3등급	5	10	20		3등급	0.0833	0.0833	0.0583	
4등급	5	10	20	4등급		0.1250	0.1250	0.0875		
근무시간:						1인 간호시간	6.5600			
시간대 보정계수:						낮	저녁	밤		
	8	7	9			간호업무량[nh]:	43.6600	38.2025	34.3845	116.2470
인력지표						간호인력[n]:	6.7	5.8	5.2	17.7
	고급	중급	초급		고용인력[n]:	28.1				
	숙련도 지수:	1	0.8	0.6						
분포율(%):	30	50	20							
연 휴무일수:	135				인력 분포[n]:	8.4	14.1	5.6	28.1	

그림 3. 프로그램 동작 화면.
Fig. 3. Working screen of the program.

능력을 정량화하기 어렵기 때문에 적정 간호인력을 산정하는 것 역시 쉽지 않은 문제이다. 본 연구에서는 몇 가지 고유지표들을 설정하고 이를 기반으로 필요한 간호인력을 산정하는 수학적인 모델을 개발하여 프로그래밍하였다.

간호업무의 강도를 간접적으로 추정하는 한 방법이 의학진단이 아닌 간호진단에 기반하여 환자의 중증도를 분류하는 환자분류체계이다. 중환자의 경우 6단계 분류체계를 적용하고[18], 일반 입원환자에게는 4단계 분류체계(KPCS-1)를 적용하는 것이 통상적이다[1]. 특정 환자를 간호하는 과정에서 행해진 모든 처치항목들을 검토하고 각 처치별로 사전에 주어진 난이도 점수를 합산하여 총 점수를 계산한 후 점수의 범위에 따라 분류등급이 결정된다. 이와 같은 환자분류체계를 간호인력 산정에 활용할 때 얻는 장점은 환자들을 몇 개의 군으로 구분하여 평균적인 업무강도를 추정할 수 있으며 이에 따라 비용 산출이 용이하다는 것이다[19]. 또한 환자분류체계가 직접 간호시간과 유의한 상관관계가 있다는 것도 입증되었다[20]. 그러나 환자를 분류할 때 행해진 모든 처치항목들을 집계해야 하기 때문에 수기로 하는 방법은 실무에 적용할 수 없다. 현대적인 대형 병원들은 정보시스템을 기반으로 운영되기 때문에 병원정보시스템에 수록된 진료정보를 활용하여 환자를 자동 분류하는 기법이 제안되었다[21,22]. 우리나라에서는 처음으로 본 연구팀에서 진료정보를 활용하여 자동적으로 환자를 분류할 수 있음을 입증한 바 있다[16].

본 연구에서는 상술한 환자분류에 입각하여 적정 간호인력을 산정하는 수학적인 모델을 확립하였다. 앞서 지적한 대로 간호업무의 강도와 간호사의 능력을 정량화하기 어렵기 때문에 전문가 팀을 구성하여 매일 적정 간호인력을 산정하는 기법이 제안되었으나 직관적이고 정성적인 방법에만 의존하므로 합리성을 확보하기 어렵다[23]. 또한 외관원의 이동경로 최적화 기법[7] 또는 시스템 다이내믹스[5,6]를 이용하는 산업공학적 기법들이 제안되었으나 “간호사의 만족도”와 같은 다소 비현실적이고 추상적인 개념과 너무 복잡한 변수 관계 때문에 실용화되지 못하였다. 본 연구와 유사하게 환자분류체계를 이용하여 간호인력을 산정한 연구도 수행된 바 있으나 모두 수기 분류에 기반하고 있어서 역시 실용화되지 못하였다[8,24,25]. 현장 적용이 가능한 인력 산정기법은 수시로 신속히, 또한 기계적으로 계산할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 복잡한 현실을 적절히 반영하지만 실용적으로 단순화된 지표들을 도입해야 하고 이 지표들을 합리적인 방법으로 결정할 수 있어야 한다. 이러한 두 가지 요구조건을 만족하기 위해 환자분류체계에 입각한 모델을 구상하였고 몇 가지 고유지표들을 도입하였다. 가장 핵심적인 고유지표로써 “단위간호업무량”(w)이라는 개념을 고안하였다. 예를 들어 가장 경한 I 등급 환자들 60명이 입원해

있는 내과병동을 최소한의 인력으로 운영하기 위해 숙련도가 높은 간호사들만 배치하였다고 가정하자. 일정 기간 동안 운영하며 관찰해 본 결과 낮 시간대에 3명의 간호사를 배치하는 것이 최적임을 발견하였다면 이는 경험적으로 얻어졌으나 매우 객관적이고 실험적으로 얻은 신뢰도가 높은 결과라 할 것이다. w_{ij} 가 i 등급환자 1인을 j 시간대에 간호할 때 소요되는 단위간호업무량이므로 w_{ij} 에 환자수와 시간을 곱하여 누적하면 필요한 적정 간호업무량이 쉽게 계산된다(식(16,17)). w_{ij} 는 환자 분류등급 i와 근무시간대 j의 함수일 것이므로 w_{11} 을 기준으로 하여 상대적으로 달라진다고 생각해도 무방하다. 따라서 환자분류등급 지수(c_i)와 근무시간대 보정계수(s_j)를 w_{11} 에 곱하여 w_{ij} 를 계산하게 하였다. 환자분류등급이 올라갈수록 처치행위의 난이도가 상승하므로 $c_i > 1$ 이 될 것이며 실험적으로 결정하는데 큰 어려움이 없다. 마찬가지로 낮 시간대를 기준으로 하여 저녁 및 밤 시간대 업무 강도가 얼마나 달라지는가 하는 것을 정하는 것도(즉 s_j 값을 설정하는 것도) 경험이 많은 간호관리자에게는 그리 어려운 일이 아닐 것이다. 따라서 본 연구에서 제안하는 모델에서 핵심적 고유 지표인 w_{ij} 는 비교적 쉽게 정량화할 수 있다.

일단 w_{ij} 가 표 1과 같이 정리되면 환자수와 시간을 곱하여 합산 누계하는 단순한 기계적인 방법으로 필요한 총 간호업무량이 손쉽게 계산된다(식(14)-(17)). 이 업무량을 1명의 간호사가 평균적으로 제공하는 실 간호시간(식(20))으로 나누면 필요한 인력이 얻어진다. 이때 “평균적” 개념을 도입한 것은 같은 시간을 근무하였다 하더라도 간호사들의 숙련도에 따라 실제로 제공하는 간호시간이 달라질 것이고 숙련도가 다른 간호사군의 상대적 분포도 다를 것이기 때문에 이 두 요소들을 모두 고려한 상태에서 1인이 제공하는 평균적인 실 간호시간을 정의해야 하기 때문이다. 간호사들은 일반적으로 초급, 중급, 고급 간호사의 3단계 숙련도로 구분하므로 각각에 대응하는 숙련도 지수 e_k 를 도입하였다. 고급 간호사를 기준으로 하여($e_1 = 1$) 중급 및 초급 간호사들은 숙련도가 떨어지므로 상대적으로 적은 시간을 실제 간호에 투입할 수 밖에 없을 것이다($e_{2,3} < 1$). 이 숙련도 지수의 값 역시 경험 많은 간호관리자는 큰 어려움 없이 설정할 수 있으며, 필요한 경우 동일한 처치행위를 수행하는 시간을 측정하여 비교하는 등의 실험적 방법으로도 결정할 수 있다. 마지막 고유 지표로서 숙련도별 간호사 분포율(r_k)은 병원的高용 정책에 따라 임의로 결정된다. e_k, r_k 값들이 설정되면 실 간호시간이 쉽게 계산되므로 식(21)-(24)에 보인대로 필요한 적정 인력이 산출된다.

상술한 대로 본 연구에서 제안하는 인력 산정 모델은 비교적 단순하고 실험적 혹은 경험적으로 쉽게 결정 가능한 몇 가지 고유 지표들을 기반으로 하여 체계적이고 기계적

로 간호인력을 산출한다. 또한 그림 3에 보인 대로 개발된 PC 프로그램도 실용적 유용성이 있다고 판단되어 특허청에 프로그램 등록하였다[26]. 향 후 본 모델에서 도입한 고유 지표들을 가능한 정확하게 결정하는 실험적 연구가 수행된다면 본 연구결과를 광범위하게 응용할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] K.J. Song, E.H. Kim, C.S. Yoo, H.A. Park, M.S. Song, K.O. Park, "Verification of reliability and validity of KPCS-1 and estimation of nursing time conversion index," *Journal of Korean Clinical Nursing Research*, vol. 16, no. 2, pp. 127-140, 2010.
- [2] J.A. Effken, J.A. Verran, M.D. Logue, Y.C. Hsu, "Nurse managers' decisions: fast and favoring remediation," *J Nurs Adm*, vol. 40, no. 4, pp. 188-195, 2010.
- [3] W.D. Park, M.H. Kim, "The comparative analysis of the nurse staffing problems between hospital of Korea and America," *Korean Management Review*, vol. 19, no. 1, pp. 85-101, 1987.
- [4] D.A. Gillies, "Determining staffing needs," *Nursing management system approach*, pp. 178-190, 1982.
- [5] M.S. Kim, H.S. Bang, J.A. Kim, D.H. Kim, I.I. Won, B.S. Kim, K.J. Kwon, "The reasonable legal nursing manpower-staffing by using the system dynamics approach," *Clinical Nursing Research*, vol. 10, no. 1 pp. 82-96, 2004.
- [6] M.S. Kim, Y.H. Sung, K.J. Kwon, D.H. Kim, J.A. Kim, D.S. Sin, I.J. Yoo, J.G. Yoo, H.S. Lee, "Nursing manpower forecasting by using the system dynamics approach - Medical nursing unit & Surgical nursing unit," *Clinical Nursing Research*, vol. 11, no. 2 pp. 103-119, 2006.
- [7] W.D. Park, M.H. Kim, "A study on nurse-staffing model," *Korean Management Review*, vol. 15, no. 1, pp. 157-188, 1985.
- [8] J.S. Lee, H.S. Kim, M.J. Kwak, H.K. Park, Y.S. Kim, Y.W. Lee, K.S. Lee, S.Y. Ha, "Measurement of the nursing activities hours and estimation of the appropriate nursing personnel demands in a tertiary hospital," *Journal of Korean Clinical Nursing Research*, vol. 8, no. 2, pp. 61-75, 2003.
- [9] D. Meyer, *Grasp: A patient information and workload management system*. Morgantown, U.S.A: M.C.S., 1978.
- [10] P. Giovannetti, "Understanding patient classification systems," *J Nurs Adm*. vol. 9, no. 2, pp. 4-9, 1979.
- [11] P. Reinert, D.R. Grant, "A classification system to meet today's needs," *J Nurs Adm*, vol. 11, no. 1, pp. 21-26, 1981.
- [12] W.K. Min, Y.M. Choi, "Asan medical center laboratory information system (R) information communication system for routine hematology using a down-sized computer (III)," *Journal of Biomedical Engineering Research*, vol. 15, no. 3, pp. 333-340, 1994.
- [13] H.C. Cheong, M.S. Han, "Implementation of a medical information transmission protocol based on mobile wireless communication," *Journal of Biomedical Engineering Research*, vol. 19, no. 1, pp. 19-24, 1998.
- [14] K.T. Kim, S.H. Ahn, M.S. Kim, M.C. Cheon, S.S. Kim, K.R. Cheon, "Standardization of the dental chart for computerization of the medical information," in *Proceedings of the KOSOMBE Conference(1998)*, Korea, Nov. 1998, pp. 253-254.
- [15] K.S. Hong, S.O. Whang, S.H. Lee, H.R. Youn, "The study of design and implementation of RFID emergency medical information system(REMIS)," *Journal of Biomedical Engineering Research*, vol. 28, no 5, pp. 703-712, 2007.
- [16] K.O. Kim, K.S. Park, C.J. Suh, "Patient classification technique based on computerized clinical data and nursing workforce management: Analysis case of a general hospital," *The Journal of the Korea Contents Association*, vol. 13, no. 3, pp. 287-298, 2013.
- [17] K.O. Kim, *An optimal nursing workforce estimation model for efficient hospital management: Introducing patient classification system based on computerized clinical data*, Seoul, Korea: Hanyang Univ. Press, 2013.
- [18] C.S. Yoo, E.O. Kwon, S.H. Kim, Y.A. Cho, "Reliability, validity, and conversion index of the workload management system for critical care nurses(WMSCN)," *Journal of Korean Critical Care Nursing*, vol. 2, no. 1, pp. 48-57, 2009.
- [19] H.A. DeGroot, "Patient classification systems and staffing," *JONA*, vol. 24, no. 9, pp. 43-51, 1994.
- [20] Y.K. Kim, "A study of staffing estimation for nursing manpower demand in hospital," *Journal of Korean Academy of Nursing*, vol. 16, no. 3, pp. 108-122, 1986.
- [21] S.K. Hyun, S. Bakken, K. Doulas, P.W. Stone, "Evidence-based staffing potential roles for informatics," *Nursing Economics*, vol. 26, no. 3, pp. 151-173, 2008.
- [22] M. Baernholdt, K. Cos, K. Scully, "Using clinical data to capture nurse workload," *Computer, Informatics, Nursing*, vol. 28, no. 4, pp. 229-234, 2010.
- [23] M.G. Dunn, R. Norby, P. Cournoyer, S. Hudec, J. O'Donnel, M. Donaldson, "Expert panel method for nurse staffing and resource management," *JONA*, vol. 25, no. 10, pp. 61-67, 1995.
- [24] Y.S. Lee, J.H. Park, "Measurement of the nursing staff needed for two specialized nursing units in a university hospital," *Journal of Korean Academy of Nursing*, vol. 22, no. 4, pp. 589-603, 1992.
- [25] D.S. Shin, W.H. Moon, A.R. Jeong, S.H. Min, Y.K. Lee, Y.S. Hwang, J.K. Song, H.S. Sim, T.S. Kim, "Determination of the appropriate nursing personnel required for each nursing units in tertiary hospitals," *Chungnam Journal of Nursing Academy*, vol. 7, no. 1, pp. 94-108, 2004.
- [26] K.O. Kim, K.A. Kim, H.S. Shon, S.M. Wu, K.H. Ryu, E.J. Cha, "A program to optimize nursing staffing based on workload evaluation," C-2013-013458, 2013.7.