



대형 병원 외래 시스템의 환자 흐름 개선방안의 적용 전략에 관한 연구

A comprehensive study on patient flow improvement solutions and their implementation strategies in an outpatient system

저자 (Authors)	이영우, 이태식
출처 (Source)	대한산업공학회 추계학술대회 논문집 , 2009.10, 1006-1016 (11 pages)
발행처 (Publisher)	대한산업공학회
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01987489
APA Style	이영우, 이태식 (2009). 대형 병원 외래 시스템의 환자 흐름 개선방안의 적용 전략에 관한 연구. 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 1006-1016.
이용정보 (Accessed)	한국과학기술원 143.248.80.225 2016/03/16 10:40 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다.

이 자료를 원저작자와의 협의 없이 무단게재 할 경우, 저작권법 및 관련법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

The copyright of all works provided by DBpia belongs to the original author(s). Nurimedia is not responsible for contents of each work. Nor does it guarantee the contents.

You might take civil and criminal liabilities according to copyright and other relevant laws if you publish the contents without consultation with the original author(s).

대형 병원 외래 시스템의 환자 흐름 개선방안의 적용 전략에 관한 연구

A comprehensive study on patient flow improvement solutions and their implementation strategies in an outpatient system

이영우*, 이태식**

*KAIST 산업 및 시스템 공학과 석사과정 (leeyoungwoo@kaist.ac.kr)

**KAIST 산업 및 시스템 공학과 조교수 (taesik.lee@kaist.ac.kr)

Abstract

병원 외래 시스템의 환자 흐름을 원활하게 관리하기 위한 방법은 매우 다양하다. 이러한 개선 방안을 실제 시스템에 적용하는 데에는 두 가지 어려움이 존재한다. 첫째는, 개별 개선 방안으로부터 기대되는 효과가 실제 시스템의 상태에 따라 다르다는 점이고, 둘째는 한정된 자원이라는 제약으로 인해 우선순위를 정해 적용해야 한다는 점이다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 실험 계획법과 시뮬레이션을 활용하여, 다양한 개선방안의 최적상태를 정하고 그 개선방안간의 특별한 관계와 효과의 순서를 포함하는 효과적인 개선 방안의 적용 전략을 도출하는 방법을 제안하였다. 그리고 종합 개선 방안의 적용 전략과 개별적 개선방안 적용 방법을 비교하여 제안한 방법의 타당성을 확인하였다.

1. 배경

의료기관 수가 급증하게 되면서 공급 과잉현상을 나타내고 있으며, 사회적으로 의료의 질 및 건강에 대한 관심이 증대되면서 병원간의 경쟁이 점점 심해지고 있다. [1] 그에 따라 병원들은 의료전달과정 및 그 운영에 관한 여러 문제에 관심을 가지게 되는데, 병원 내 외래시스템 환자 흐름 관리도 그 중에 하나이다.

국내 외래 환자 수의 지속적인 증가와 일부 대형병원으로 환자가 집중하는 현상은 외래시스템의 환자 흐름을 어렵게 하는 과밀화현상에 가장 큰 원인이고, 이에 대처하기 위한 의료 자원의 추가는 잘 이뤄지지 않고 있다. 더욱이 외래 내 다양한 변동성 요인은 수요/공급 예측을 통한 환자 흐름 관리를 더욱 어렵게 한다. 이러한 이유로 특히 환자가 집중되는 대형병원 외래 시스템 내에서 과밀화현상은 점점 심화되고, 이는 환자 진료 및 병원 운영에 어려움을 주고 있다.

외래 내 매우 긴 대기시간 및 체류시간은 환자의 불만을 야기하고, 의사와 의료 스태프들의 초과근무는 어려운 진료여건을 조성하며, 부적절한 리소스 관리는 외래 내 운영비

용을 증가시킨다. 그리고 응급실의 과밀화로 인해 응급차 전원(ambulance diversion)이 생기는 것처럼, 외래 내 과밀화는 외래 예약 대기일 수가 증가하는 원인이 되어 의료 서비스의 전반적인 질 하락에 영향을 주게 된다.

이와 같은 상황에서, 병원간의 경쟁 심화에 대비하고 외래 내 과밀화 문제를 해결하기 위해 다수 병원에서는 환자 흐름 개선 활동 및 연구 활동이 활발히 일어나고 있다.

2. 관련 연구들의 한계점

2.1 관련 연구의 분류

외래 내 환자 흐름을 개선하기 위한 연구의 대부분은 의료 스태프 수 등 의료서비스 자원의 용량과 외래 이용 환자의 수를 조화시키는 문제에 집중하고 있다. 그 연구 중의 한 분야는, 리소스 용량을 고정하고 외래 이용 환자의 수나 입장에 변화를 주는 방법으로 환자 입장 예약 시스템의 개선방안에 대한 연구들이다[2][3][4][5]. 또 다른 분야로는, 의사나 간호사, 보조원 등의 의료 스태프를 관리해서 외래 이용 환자의 수에 의료 스태프의 용량을 일치시키는 개선방안에 대한 연구들이다[6][7][8][9][10].

환자 입장 예약시스템이나 의료스태프 용량 개선이 아닌 다른 방법을 활용하는 환자 흐름개선 연구도 존재한다. 패스트 트랙(Fast track)을 신설하거나 작업 흐름(work flow)을 변화시켜 특정 목적을 달성하려고 하는 연구가 그 중 하나이다[11][12][13][14]. 또한 시스템 내 환경을 바꿈으로써 환자 흐름에 긍정적인 영향을 주고자 하는 연구도 있었다[15]. 그리고 근래에 들어서는 환자 흐름 관리의 어려움의 근본적인 원인을 변동성으로 보고 그것을 위주로 개선활동을 펼치는 연구가 진행되고 있다[16][17][18][19].

2.2 관련연구의 특징

환자 흐름 개선에 대한 대부분의 연구들은 앞서 언급한 것처럼 주로 4가지 분야-환자예약시스템, 스태프관리, 작업순서관리, 변동성관리에서 일어난다. 각 연구들은 보통 한 분야의 제한된 세부문제만을 다루고 있다. 제

분야	환자 예약시스템	스태프 관리	작업순서 관리	변동성 관리
세부분야	환자 도착 스케줄링	리소스 스케줄링	프로세스 관리 흐름 관리	스태프 훈련/교육 예약관리 시스템
세부문제	환자 수 조정 환자 예약 타입 초기 슬롯 크기 변경 환자 분류 슬롯 크기 부도 관리 타 시스템 환자 도착	스태프 수 스태프 할당 스태프 이동 업무 조정	패스트 트랙 프로세스 타입 접수시스템 구축 퇴장시스템 관리 추가적인 작업순서 전략 외래 수술 대기열 관리	환자 도착 패턴 관리 스태프 교육 정보시스템 관리

표 1) 환자 흐름 개선 관련 분야와 각 분야 별 개선방안의 예

한된 세부분제에서 개선방안을 도출해 그것의 효과를 평가하고 있다.(표1 참고) 또한, 그리고 그 개선방안을 개별적으로 시스템에 적용하는데, 그 때 나타나는 변화를 종합 평가지표(대기시간, 리소스활용도(utilization), 등)로 판단해 개선방안 적용의 결과를 평가하고 있다.

일정한 환자 도착의 효과[3], 의료 스태프의 수 조정[9], 패스트 트랙 운영[11], 문자메세지 서비스[19]등의 문제에 대한 연구들은 제한적인 세부분제에 대해 최적의 개선방안을 도출하였다. 예약시스템[2][20], 의료 스태프 스케줄링[7][8][10], 환자 작업 흐름[13][14] 등의 특정한 분야에 대한 연구들은 세부분제를 벗어났지만 시스템 전체를 고려하지 못하고 있다.

몇몇 연구들은 다수의 부분에 대해서 고려를 하지만, 그러한 연구들도 그 안에서는 문제를 한정해 접근하는 경우가 많다. Guo[5]은 예약환자와 스태프를 모두 고려한 예약시스템을 제안하고 있지만, 환자의 타입에 관련된 문제에 집중하고 있다. Cote[15]는 검사실 개선을 위해 검사실의 용량과 환자의 수를 함께 고려하고 있지만, 그 이상의 상황은 고려하지 않는다. Kirtland[12]는 응급실의 체류시간을 줄이기 위해 총 11가지 대안을 고려했지만, 그 조합은 고려하지 않고 하나씩의 변화만 다루고 있다.

2.3 개별 개선방안 적용의 한계점

기존 연구들의 접근은 한정적인 문제에 대해 개선방안을 찾는 방식이다. 그리고 그 개선방안의 평가지표가 시스템의 다른 부분의 개선방안들의 평가지표와 같을 수 있다. 이 때문에 기존 연구의 접근 방식은 병원에서 하나의 개선방안을 개별적으로 실제 시스템에 적용하는 데에, 몇 가지 한계점을 가지고 있다.

첫 번째 한계점은 개선방안을 적용하는 시스템 상황이 항상 같지 않기 때문에 개선방안 적용의 효과성을 보장할 수 없다는 것이다. 각 병원 마다 입장하는 환자 수, 관리하는

스태프의 수와 능력, 일이 진행되는 작업순서 등이 다르다. 또한, 각 병원마다 현재 적용된 개선방안도 다를 것이며 그것의 적용 상태도 같지 않을 것이다. 이렇듯 병원마다 다른 상황으로 인해, 환자 흐름 개선방안이 일반성을 갖기가 어려우며 개선방안의 효과를 정확히 예측하는 것 또한 어렵게 된다. 특히, 이미 적용된 여러 개선방안의 종류와 상태에 따라 달라지는 개선방안 적용 효과는 더욱 예측하기 어렵다. 또한 복수의 개선방안을 적용할 때, 그 상호작용으로 인해 개별 개선방안을 적용할 때와는 다른 효과를 보일 수도 있다. 다시 말해, 개선방안의 개수가 늘어날수록 그 영향에 대한 복잡성이 증가하게 된다. 이처럼 다수이면서 불명확한 개선방안간의 관계는 하나의 개선방안을 실제로 적용할 때 기대와 다른 효과를 보일 수 있다.

두 번째 한계점은 개선방안의 실제 적용에 있어서, 효율성에 대해 약점이 존재한다는 것이다. 현실에서는 개선방안들을 적용하고 그것을 관리하는데 있어서 리소스 투입에 대한 경제적인 제약이 따른다. 따라서 시스템 개선에 대해, 여러 연구들에서 얻은 개선방안들을 모두 적용하는 것은 현실적으로 쉽지 않은 일이다. 예를 들어, 외래 내 환자의 대기시간을 줄이기 위해, 예약시스템의 예약슬롯¹⁾의 크기를 줄이는 것과 환자를 예약시간에 정확히 오게 하는 것이 모두 필요하다고 하자. 그런데 환자를 예약시간에 정확히 오게 하는 것이 대기시간에 더 효과성이 크다고 하면, 한정적인 자원을 활용해 그것에 대해서만 개선하고 관리하는 것이 현실적인 방법이라 할 수 있다. 즉, 시스템 개선과 관리를 위해서는 현실 제약을 고려해 가장 효과적일 것으로 기대되는 개선방안을 우선 적용하고 관리하는 효율적인 접근이 필요하다고 말할 수 있다.

3. 종합 개선방안 적용 전략 도출 방법

1) 슬롯(slot): 환자를 예약하는 시간대, 슬롯의 크기는 환자들이 도착하는 시간 간격을 의미

3.1 설계변수와 개선방안

시스템은, 고유의 목적(functional requirement)을 달성하기 위한 설계변수(design parameter)들의 집합이라 생각할 수 있다. 그 설계변수들의 값이 변함에 따라, 설계변수의 특성 및 설계변수간의 관계를 가진 시스템은 특정 반응변수(output response) 값을 결과로 내게 된다.

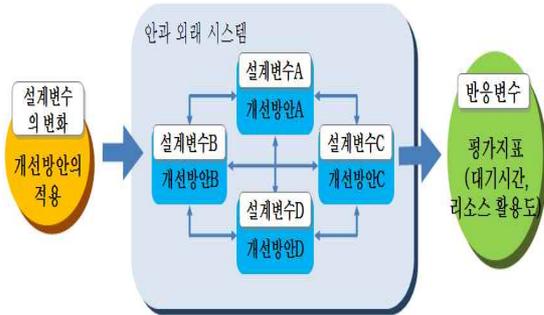


그림 1) 설계변수와 개선방안의 비교

병원 외래 시스템인 경우, 개선방안을 시스템의 설계변수라 생각한다면, 개선방안을 적용하는 것은 설계변수의 값을 변화시키는 것과 동일하며, 개선방안의 적용값이 변할 때마다 평가지표 값이 변한다고 할 수 있다. 그리고 개선방안들 사이에서는 설계변수간의 관계처럼 특별한 상호작용이 발생할 수도 있게 된다. 이처럼 개선방안을 시스템의 하나의 설계변수로 정의한다면, 개선방안이 시스템에 어떠한 영향을 미치는가는 시스템의 설계변수 변화에 따른 반응변수의 변화로 이해할 수 있다.

3.2 문제정의

대형병원 외래 시스템 환자 흐름 개선을 위해 기존의 연구된 개선방안을 적용할 때 문제가 되는 것은, 과연 개선방안의 효과가 온전히 전해질 수 있는가와 그 개선방안이 현실적인 관점에서 봤을 때 효용가치가 있는가에 대해서이다.

개선방안의 효과가 온전히 전해질 수 있는가는 앞서 언급한 것처럼 크게 두 가지 요소에 의해 결정된다. 적용되는 병원 외래 시스템의 현재 상태, 그리고 고정된 설계변수와 변화하는 설계변수간의 상호작용이다. 설계변수 값의 동일한 변화에 대해서도, 시스템 어떤 상태인지에 따라 시스템 반응변수 값이 달라질 수 있다. 또한, 변동하는 설계변수에 연결된 다른 설계변수간의 관계 때문에, 시스템 반응변수 값이 기대치에 도달하지 못할 수도 있다. 만약 모든 설계변수간의 관계(개선방안간의 상호작용)에 대해 알 수 있다면, 설계변수 변화(개선방안의 적용)에 대한 효과를 온전히 전할 수 있을 것이다.

개선방안이 현실적인 관점에서 봤을 때

필요가 있는가는 그 개선방안이 특정 평가지표 개선하는 데 있어서 충분한 효과성이 있는가와 같은 의미이다. 효과성이란, 실질적으로 평가지표를 개선하는데 있어 설계변수의 변화가 특정기준 이상으로 기여를 하는가를 말한다. 효과성이 있는가에 대한 판단은 모든 설계변수의 관계 속에서 설계변수 값의 변화가 실제 시스템의 성능을 얼마나 향상시키는지에 의해 확인할 수 있다. 이 효과성을 기준으로 해서 더 큰 효과성을 갖는 개선방안부터 우선 적용한다면 개선방안 적용의 효율성을 보장해 줄 수 있을 것이다.

위의 언급한 내용을 바탕으로, 현재의 개선방안적용 문제의 해결책은 다음과 같이 정리 할 수 있다.

- (1) 모든 설계변수간의 관계를 고려해, 설계변수의 최적상태를 찾고 그것이 효과성이 있는지를 확인한다.
- (2) 모든 설계변수간의 관계를 고려해, 설계변수간의 특별한 관계를 찾고 그 중 효과성 있는 것을 우선적으로 적용한다.
- (3) (1), (2)를 바탕으로 시스템 전체를 종합적으로 개선할 수 있는 설계변수 집합을 제안한다.

(1), (2) 모두 모든 설계변수간의 관계를 고려하는데, 이는 개선방안 개별 적용의 한계인 효과성을 해결하기 위해 모든 설계변수를 전체적으로 고려하자는 것이라 할 수 있다. 또한, (1), (2) 모두 효과성 있는 설계변수 및 그 간의 관계를 찾는데, 이는 개선방안 적용의 효율성을 부여하기 위해서라 할 수 있다.

(3)을 통해서, 종합적으로 개선하는 설계변수 집합은 개별적으로 설계변수를 변화하는 것보다 시스템 개선에 있어서 더 큰 효과를 이끌어 낼 수 있다. 효과성 있는 전체 개선방안 리스트를 제시함으로써, 당장의 개선방안의 효과 확인이 아니라 현재 적용된 개선방안의 관리 계획 및 추후 개선방안 적용/변경의 계획 등이 가능하다.

3.2 실험계획법

여러 개선방안 중에서 효과성 있는 설계변수의 최적 상태와 설계변수간의 관계를 찾아내기 위한 방법으로 실험계획법이 있다. 실험계획법이란, 해결하고자 하는 문제에 대하여 실험을 어떻게 행하고 데이터를 어떻게 취하며 어떠한 통계적 방법으로 데이터를 분석할 것인지를 계획하는 것이다. 구체적으로 설계변수를 시스템적으로 변경한 실험을 통해 반응변수에 대한 값을 얻고, 그를 통해 설계변수의 민감도에 대한 정보를 파악하는 방법이다[21].

실험계획법을 활용하면, 앞서 언급했던

개별 개선방안 적용으로 인한 문제(효과성, 효율성의 부재)에 대한 해결책을 얻을 수 있다. 개선방안을 설계변수로 정의하고 개선방안의 여러 상태를 설계변수의 수준값으로 정의한다면, 실험계획법의 설계변수의 시스템적 변화를 통해 모든 개선방안을 전체적으로 고려할 수 있게 된다. 그리고 병원 외래 시스템에 중요한 평가지표를 반응변수로 정의하고, 그 값들을 활용한 설계변수의 민감도는 어떠한 개선방안이 특정 평가지표에 효과성을 가지는지 알려줄 수 있다.

설계변수의 값들을 적용시켜 반응변수를 얻어내는 과정은 시뮬레이션 모델을 활용한다. 시뮬레이션 모델에 각 개선방안을 하나의 모듈로서 구현하고 그것의 값이나 상태를 변화시켜 반응변수를 구할 수 있다.

이와 같이 실험계획법과 시뮬레이션을 활용해, 기존의 개선방안 적용 문제 해결을 위한 개선방안의 종합적인 적용 전략을 수립할 수 있다.

3.3 대상 시스템 시뮬레이션 구축

실험계획법의 설계변수의 시스템적 변화를 통해 반응변수를 얻는 과정에서 병원 시스템 모델링에 대한 시뮬레이션이 필요하다. 이 시뮬레이션 내에서는 설계변수인 개선방안의 여러 상태들이 구현이 되어야 한다. 이러한 시뮬레이션 모델을 이용하여 설계변수의 상태 변화를 통한 시스템 반응변수의 변화를 얻어서 개선방안의 효과성을 평가하게 된다.

시뮬레이션 실험을 위한 대상 시스템으로 대형병원의 안과외래 시스템을 선택하였다. 대상 시스템 모델은 일반적인 프로세스를 가지는 것이 중요한데, 국내 대형병원간의 정보 공유 때문에 이 시스템의 프로세스는 일반적이라 할 수 있다. 또한, 외래 분야 중에 안과의 프로세스가 가장 복잡하고 그에 따르는 문제도 심각한 것으로 판단되어 대형병원 안과외래 시스템을 선택하게 되었다.

안과외래 시스템은 다양한 환자들이 미리 할당된 서로 다른 프로세스 진행경로를 따라 진료를 받는 시스템으로서, 멀티타입 환자, 멀티타입 서비스를 갖는 시스템이다. 그리고 개별 세션에 대해 모델링 하였고, 병원 내 다른 조직(타 외래, 응급실, 입원병동 등)과는 독립적인 시스템으로 가정하였다.

환자흐름과 작업순서, 스태프 스케줄링, 서비스 타임 등에 대한 정보 획득 및 시스템 모델링 작업을 수행하였고, 2007년 9월부터 12월까지의 해당병원 해당시스템의 데이터를 이용해 도착하는 환자의 수와 환자의 여러 타입 및 도착 형태 등의 구체적 수치를 구하였다. 이 모델은 Arena11 시뮬레이션 패키지를 이용해 시뮬레이션 모델로 구축하였다.

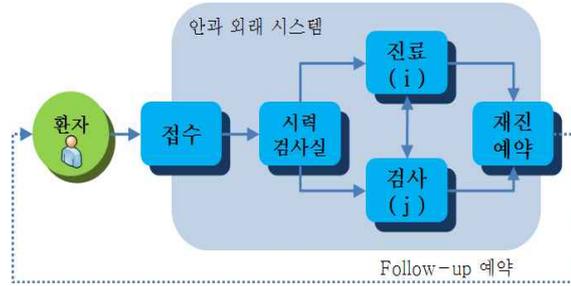


그림 2) 안과외래프로세스 대상 시스템 모델

3.4 실험설계

Montgomery는 실험계획법을 활용한 실험을 계획하는데 있어서 가이드라인을 제안하였다[21]. 그것에 따라 개선방안의 종합적인 적용 전략 수립을 위한 전반적인 프레임워크를 설계하였다.

(1) 문제의 인식 및 정의

- 안과 외래 시스템 환자 흐름을 향상하기 위한 종합적인 대안을 제안한다.

(2) 목적 변수(평가지표) 선택

- 안과 외래 내 환자 흐름을 개선하기 위해 5가지 평가지표를 선별하였다.

- ① 세션 당 처리 환자 수: 세션이 끝날 때까지 처리한 환자, 환자 한 명당 (처리한 진료, 검사 프로세스) / (계획한 진료, 검사 프로세스)로 계산함, 망소 특성
- ② 환자의 대기시간: 환자의 대기를 판단하기 위한 평가지표, 환자가 대기열에서 기다리는 시간의 합계 평균으로 계산, 망소 특성
- ③ 진료까지 걸리는 시간(time to doctor): 환자가 시스템에 도착해서 자신의 담당 의사를 만날 때까지의 시간, 망소 특성
- ④ 리소스 활용도(utilization): 모든 의료 스태프(의사, 간호사, 보조원, 검사원)의 평균 활용도 계산, 비용측면에서 봤을 때는 가능한 높은 값을 가지는 것이 좋음, 망대 특성
- ⑤ 남아있는 환자 수²⁾: 세션이 종료된 후 프로세스에 남아있는 환자 수, 망소 특성

(3) 요인, 수준, 범위의 선택

- [표 1]을 바탕으로 선별한 20개의 개선방안을 시뮬레이션 내의 20개의 요인(설계변수)로 정의 [부록 참고]

- 사전실험을 통해 3개 이상의 수준을 가지는 설계변수는 양 극한값의 수준과 중앙값의 수준을 선택하였다. (2수준 개선방안 10개, 3수준 개선방안 10개 [부록 참고])

2) 남아있는 환자 수: 세션이 끝나고 자신의 모든 프로세스를 처리 받지 못하고 남아있는 환자 및 환자차트 수를 계산

(4) 실험의 디자인의 선택

- 직교표: 직교표는 실험의 크기를 확대시키지 않고도 실험에 많은 인자를 넣을 수 있게 하며 실험 데이터로부터 요인변동의 계산이 용이해서 분산분석표(ANOVA) 작성이 수월하게 한다.

(5) 실험의 수행

- 잡음요소의 반응을 위해, 각 실험에 대해 총 25번의 시뮬레이션 시행을 통해 평가지표에 대한 반응변수를 얻는다. 각 평가지표에 대해 총 3가지 실험으로 나눠서 수행된다.

① 실험 1: 좀 더 효율적인 실험을 위해 스크리닝 실험³⁾(screening experiment)을 활용하여, 우선적으로 각 평가지표에 대해 효과성이 있는 설계변수를 선정하였다. 첫 번째 실험의 직교표는 20개의 인자에 대해 교호작용이 반영되지 않는 L_{36} 직교표를 사용하였고 [22], 유의수준은 5%이다.

② 실험 2: 실험 1에서 선별된 인자들 간의 관계의 유의성을 알아보기 위해, 선별된 인자 간에서 생길 수 있는 모든 2인자 교호작용⁴⁾에 대해 효과성 여부를 조사한다. L_{54} 직교표를 사용해 교호작용의 유의여부를 확인하되, L_{54} 직교표도 한꺼번에 교호작용을 확인할 수 없기 때문에 여러 개의 L_{54} 직교표를 사용하였다. 그리고 직교표의 한계(인자 수, 교호작용 수)때문에 선별적인 유의수준(1% or 5%)를 사용하였다.

③ 실험 3: 실험1,2의 결과를 모두 활용해 최종 결과를 산출한다. 실험 2에서 주 요인의 유의여부는 '교락(confounding)의 효과' 때문에 정확히 판단할 수 없다. 교락이란, 실험의 수를 줄이기 위해 구할 필요가 없는 교호작용을 주요인의 효과에 통합하는 실험계획법의 실험계획 원리이다. 두 번째 실험에서는 아직 모든 교호작용의 효과에 대해 유의여부를 확인하지 않았기 때문에, 주요인 결과에 미치는 교호작용의 효과가 영향을 미쳤을 수도 있다. 하지만 세 번째 실험에서는 앞서서 모든 교호작용의 유의여부를 판단하였고 세 번째 실험에서 유의한 교호작용을 고려하기 때문에, 나머지 교호작용의 교락의 효과는 크게 의미 있지 않은 것으로 판단된다. 그래서 주요인의 유의여부를 하나의 직교표를 활용해 판단할 수 있게 된다. 구체적으로 L_{54} 직교표를 구성해서 최종 결과를 산출하였고, 유의수준은 1%이다.

(6) 데이터의 통계적 분석

- 분산분석 검정의 p-value를 활용해 유의

3) 스크리닝 실험: 너무 많은 인자에 대해서 실험해야 할 때 큰 영향을 미치는 인자를 뽑아내고 고려해야 할 인자 수를 줄이는 방법이다. [21]

4) 2인자 교호작용: 2개의 주요인의 상호작용

성을 판단한다.

(7) 결론 및 평가

- 기존의 개선방안 적용 문제 해결을 위한 개선방안의 종합적인 적용 전략을 수립한다. 이것은 각 평가지표에 대한 효과성 있는 설계변수의 최적상태와 설계변수간의 관계가 제안된다.

- 개선방안의 종합적인 적용 전략을 좀 더 효과적으로 활용하기 위한 안과 외래 시스템에 대한 환자 흐름 향상 가이드라인 제안 및 전체 평가지표를 고려한 종합 개선방안 최적 수준 집합을 제안한다.

4. 연구결과

4.1 유의한 설계변수와 우선순위 확인 (표2)

분산분석의 p-value를 활용해 각 평가지표에 대해 효과성이 있는 설계변수 및 설계변수간의 관계를 판단할 수 있고, 그 설계변수의 최적 수준 역시 알아 낼 수 있다. 그리고 유의한 개선방안들의 F-value는 목표 값과 얼마나 관련이 있나 알려주는 지표라 할 수 있으므로, 유의한 설계변수간의 우선순위를 정하는데 쓰일 수 있다.

설계변수의 모든 상황과 관계를 종합적으로 고려해서 얻어진 각 평가지표별 개선방안의 종합적 셋 (유의한 설계변수들, 우선순위, 고려해야 할 설계변수 간 관계들)을 활용해 개선방안 적용 전략을 도출할 수 있다.

4.2 유의한 설계변수간의 관계 확인 (표3)

스크리닝 실험으로 20개의 인자 중에 효과성이 있다고 판단되는 인자를 우선 판별하고, 그 인자 내에서 관계를 모두 고려해서 유의한 교호작용을 판단하였다. 그래서 최종 결과로서 판별된 유의한 교호작용은 평가지표의 최적 값에 직접적으로 영향을 미치는 경우도 있고, 그렇지 않은 경우도 존재한다.

유의한 설계변수 간 관계 확인 및 원인분석은 종합 설계변수 집합으로는 알 수 없는 여러 작용들을 예측해 개선방안의 효과적인 적용을 할 수 있게 한다.

4.3 종합 개선방안 적용 전략의 평가

시스템 내 상황을 전체적으로 고려해서 얻은 종합 개선방안 적용 전략은 효과성이 있는 설계변수의 최적수준, 그 간의 우선순위, 그리고 효과성 있는 설계변수간의 관계들로 구성된다. 이를 통하여 개별 개선방안 적용의 문제점인 효과성과 효율성 부재를 해결할 수 있다.

(1) 종합 개선방안 적용 전략의 효과성 검증
개선방안 적용의 효과가 제대로 나타날

평가지표	유의한 설계변수(최적수준)	우선순위 (F-value순서)	유의한 설계변수간의 관계 (교호작용)
세션 당 처리 환자 수	1. 환자 수 조정 (2) 6. 시스템 입장프로세스 간소화 (2) 13. 환자 진행 프로세스의 타입 결정 (2) 15. 프로세스 추가 전략 (3)	13>15>6>1	13*15
환자의 대기시간	1. 환자 수 조정 (1) 2. 초기 슬롯 크기 변경 (1) 3. 슬롯 크기 변경 (1) 6. 시스템 입장 프로세스 간소화 (2) 13. 환자 진행 프로세스의 타입 결정 (3)	13>1>3>2>6	2*3 1*13 3*13
진료까지 걸리는 시간	1. 환자 수 조정 (1) 2. 초기 슬롯 크기 변경 (1) 3. 슬롯 크기 변경 (1) 5. 부도에 대한 오버부킹 ⁵⁾ 방법 (3) 6. 시스템 입장(접수) 프로세스 간소화 (2) 8. 환자의 시간엄수 강화(평균) (2) 12. 스태프의 업무 로드 변경 (2)	1>2>3>8>5 >12>6	2*3
리소스 활용도	1. 환자 수 조정 (3) 5. 부도에 대한 오버부킹 방법 (2) 6. 시스템 입장 프로세스 간소화 (1) 8. 환자의 시간엄수강화(평균) (3) 13. 환자 진행 프로세스의 타입 결정 (2) 15. 프로세스 추가 전략 (3)	6>1>15 >13>5>8	13*15
남아있는 환자 수	1. 환자 수 조정 (1) 5. 부도에 대한 오버부킹 방법 (3) 13. 환자 진행 프로세스의 타입 결정 (3)	13>1>5	1*5 1*13

표 2) 평가지표별 유의한 주요인과 그 우선순위, 유의한 교호작용

교호작용	관련평가 지표	내용
13*15 (13. 환자 진행 프로세스의 타입 결정 15. 프로세스 추가 전략)	세션 당 처리 환자 수	(1) 진행 프로세스 타입이 결합(coupled) 타입 ⁶⁾ 이 많으면 프로세스 추가 전략의 효과가 떨어지지만 반대로 비결합(decoupled) 타입 ⁷⁾ 이 많으면 프로세스 추가 전략 효과가 좋아지는 관계가 있다. (2) 비결합 타입만 있을 경우에서 특정의사 대기열이 비어있을 때 프로세스 추가 전략을 100% 적용하면, 현재 상황에서 100% 적용했을 때와 같은 수준으로 세션 당 output을 올릴 수 있다.
	리소스 활용도	'13.환자 진행 프로세스 타입 결정'의 효과와 '15.프로세스 추가 전략'의 효과는 서로의 효과에 상충된다.
2*3 (2. 초기 슬롯 크기 변경 3. 슬롯 크기 변경)	환자의 대기시간, 진료까지 걸리는 시간	슬롯 크기가 큰데, 초기 슬롯까지 도입하면 대기시간과 진료까지 걸리는 시간이 훨씬 늘어나게 된다.
1*13 (1.환자 수 조정 13. 환자 진행 프로세스의 타입 결정)	환자의 대기시간	프로세스 타입이 현 상태나 비결합 타입일 때, 결합 타입보다 환자의 수의 변화에 대해 더 민감하게 반응한다
	남아있는 환자 수	프로세스 타입이 결합 타입일 때, 환자가 늘어남에 따라 그것에 대한 정도가 더 심해진다.
3*13 (3. 슬롯 크기 변경 13. 환자 진행 프로세스의 타입 결정)	환자의 대기 시간	프로세스 타입이 현 상태나 비결합 타입일 때, 결합 타입보다 슬롯 크기 변화에 민감하게 반응한다.
1*5 (1.환자 수 조정 5. 부도 대한오버부킹방법)	남아있는 환자 수	사람이 많을 때, 오버부킹을 하지 않으면 남아있는 환자수가 훨씬 더 줄어든다.

표 3) 유의한 교호작용과 관련 평가지표

때 효과성이 있다고 한다. 종합 개선방안 적용 전략이 효과성을 보장한다는 것을 검증하기 위해서는 아래의 실험들을 비교하면 된다.

- ① 종합 개선방안 적용 전략의 효과성 있는 설계변수 최적수준 적용하고 설계변수간의 관계 및 우선순위를 고려해 그 효과 확인
- ② 효과성 있는 설계변수를 개별적으로 하나씩(우선순위X) 실험하여 각각 최선의 성능을 내는 수준을 적용. 이러한 방식으로 전체 개선방안을 적용

후자의 방법이 기본적으로 더 좋은 시스템 성능을 낼 것이다. 왜냐하면 정해진 설계변수 내에서 모든 경우를 고려하기 때문이다. 하지만 고려하지 않은 다른 설계변수간의 관계로 인해 오히려 ①번 실험보다 더 나쁜 결과를 낼 수 있다.

	①번 실험	②번 실험
세션 당 처리환자수	183.49	186.03
환자의 대기시간	21.82 (분)	21.82 (분)
진료까지 걸린 시간	26.02 (분)	26.02 (분)
리소스 활용도	84.03 (%)	82.92 (%)
남아있는 환자 수	1.12 (명)	1.12 (명)

표 4) 효과성 검증 실험 결과

표3에서 알 수 있듯, ②번 실험이 ①번 실험보다 더 좋은 결과를 내거나 같은 결과를 내고 있지만, 리소스 활용도의 경우 오히려 좋지 않은 결과를 내는 것을 확인 할 수 있다. 이는 적용되지 않은 다른 설계변수가 특정한 영향을 미쳤기 때문이라 생각할 수 있다. 따라서 적용하지 않은 모든 설계변수까지 고려하는 종합 개선방안 적용 전략이 대부분의 평가지표(특히, 리소스 활용도)에서 효과성을 보장한다고 할 수 있다.

(2) 효율성이 강화된 종합 개선방안 적용 전략의 효과 확인

현실제약(리소스 제약, 경제적 제약, 등)을 고려해 적당한 수의 개선방안을 적용하는 것이 효율성을 높일 수 있다. 종합 개선방안 적용 전략은 모든 개선방안이 아니라 효과성 있는 개선방안을 고려하는 것을 목표로 하기 때문에, 모든 개선방안을 적용하는 것보다는 효율성이 있다고 할 수 있다. 하지만 효율성

- 5) 오버부킹(overbooking): 계획된 예약 환자 수보다 환자 예약을 일정수준보다 더 하는 것
- 6) 결합(coupled) 타입: 환자는 한 세션에서 항상 진료와 검사를 같이 진행
- 7) 비결합(decoupled) 타입: 환자는 한 세션에서 항상 진료와 검사 중 한 가지만 진행

이 강화되는 만큼, 개선되는 효과가 더 줄어들 수 있다. 그래서 종합 개선방안 적용 전략

	종합 개선방안 적용 전략			전체 개선방안 최적상태의 적용	전체 개선방안 효과 비효과
	초기 성능	적용 후 성능	적용 개선방안 수 (개)		
세션 당 처리 환자 수	141.2	180.6	4	204.2	63%
환자의 대기시간	38.06	20.32 (분)	5	5.33 (분)	54%
진료까지 걸리는 시간	55.04	25.8 (분)	7	21.03 (분)	86%
리소스 활용도	75.82	86.21 (%)	6	91.96 (%)	64%
남아있는 환자 수	15.90	1.12	3	0.32	95%

표 5) 효율성 검증 실험 결과

이 과연 어느 정도의 효과를 보장해주는지 확인할 필요가 있다.

- ① 종합 개선방안 적용 전략의 효과성 있는 설계변수 최적수준 적용하고 설계변수간의 관계 및 우선순위를 고려하였을 때 그 효과
- ② 전체적으로 고려한 설계변수의 최적상태를 전체적으로 적용했을 경우의 효과

종합 개선방안 적용 전략의 효과성 있는 개선방안만을 적용할 때, 50%이상의 효과를 보장해주는 것을 확인 할 수 있다. 특히 진료까지 걸리는 시간이나 남아있는 환자수를 개선하는 데 있어서는 85%이상의 효과를 낼 수 있다. 모든 개선방안들이 모든 평가지표에 영향을 미치므로, 효과성 있는 설계변수를 우선 찾는 것이 중요하다고 할 수 있다.

5. 고찰

5.1 제안한 종합 개선방안의 일반성

대상 시스템의 시뮬레이션 모델을 대상으로 얻어진 종합 개선방안 적용 전략은 최소한 대상 시스템 범위 내에서는 의미가 있다. 이렇게 구해진 결과가 다른 외래 안과 시스템에도 의미가 있기 위해서는, 안과 외래 시스템을 표현한 대상 시스템 모델과 안과 외래 시스템 내 개선방안의 일반화가 필수이다.

모델의 신뢰도를 높일 높이기 위해서는 대상 시스템 모델이 대표성을 가지고 있어야 한다. 대표성을 증가 시키는 요인은

대형병원의 일반적인 안과 외래 프로세스의 표현과, 잡음으로 처리한 시뮬레이션 모델의 서비스 타임 및 환자 도착 등과 같은 자체 변수에 대한 처리(25번의 실험) 등이 있다. 대표성을 감소시키는 요인은 설계변수로 처리되지 못하고 25번의 시뮬레이션 실험으로 다뤄지지 못하는 시스템 파라미터들이다. 이들은 잡음 요인이라 할 수 있으며, 그 예로는 리소스 수, 환자 속성 변수(할당 작업순서, 환자 질병 등), 프로세스 평균 서비스 시간(진료, 검사, 산동 등), 외부 시스템(입원병동, 응급실)의 외래방문환자 수의 변동 등이 있다. 이러한 잡음에 대해서 다구치 실험방법의 ‘외측직교표’ (잡음 직교표)에 배치해서 실험을 하면, 모델의 신뢰도를 더 높일 수 있다.

개선방안의 신뢰도를 높이기 위해서는 고려된 개선방안이 일반성 및 넓은 효용성을 가지고 있어야 한다. 이를 위해 안과 외래 시스템을 총 4가지 분야로 나눠서 관련된 개선방안을 조사 및 추론 하였다.(표 1참고) 그리고 개선방안은 시스템의 설계변수이기 때문에 여러 수준의 조합이 여러 시스템 상태를 표현한다면, 개선방안의 신뢰도가 있다고 말할 수 있다.

5.2 스크리닝 실험의 신뢰수준 결정

실험계획법의 직교표를 활용해서 전체 실험을 계획하였다. 그런데 인자 수가 20개라 모든 인자의 관계를 알아보는 실험을 행하기 어려워 스크리닝 실험을 활용해 효과성이 있다고 판단되는 인자를 먼저 선별하였다. 그 후, 그 인자들 안에서 모든 관계에 대한 유의성 여부를 판단하는 실험을 행하고 마지막으로 스크리닝 실험의 결과와 효과성이 있다고 판단되는 관계를 모두 고려해 최종실험을 수행하였다.

스크리닝 실험에서 20개의 인자에 대한 효과성 여부 판단은 분산분석검정의 유의수준을 기준으로 결정된다. 이 유의수준을 얼마로 정하느냐에 따라 제1종 과오가 일어날 수 있는 가능성이 달라진다. 제1종 과오란, 가설이 참인데 가설을 기각하는 에러를 의미한다. 이를 예방하기 위해 유의여부를 p-value로 표현해서 의사 결정권자에게 유의여부를 판단하게 하는 방식을 사용한다. [23]

스크리닝 실험의 유의수준에 따라서, 유의한 설계변수를 택하지 못할 제1종 과오가 생길 수 있고, 더 나아가 유의하지 않다고 판별된 설계변수의 교호작용이 유의할 수 있는 문제가 있다. 이를 위해 유의 수준을 높여서 가능한 많은 설계변수를 고려해보는 것이 ‘유의적 설명력 (유의 주요인 및 교호작용 판별)’을 높일 수 있는

방안이지만, 그와 동시에 실험 수가 늘어나는 문제가 생길 수 있다.

스크리닝 실험에서 각 평가지표마다 같은 유의수준에 대한 유의한 개선방안 개수 결과가 다 다르게 되기 때문에, 어느 정도의 유의 수준이 좋다고 확실히 말하기는 어렵다. 그리고 평가지표의 성격이 다르기 때문에 어느 정도의 유의 수준이 어느 정도의 유의적 설명력을 갖는지에 대한 접근도 쉽지 않다. 하지만 유의수준에 따라 달라지는 유의한 설계변수 개수와 개수에 따른 실험 수는 알 수 있으므로, 관리가 가능한 개선방안의 수와 실험에 대한 제약을 고려해서 알맞은 개선방안 개수 및 유의수준을 설정하는 것이 필요할 것이다.

6. 결론

본 논문에서는 외래 환자 흐름 개선에 있어서 개별적인 개선방안 적용의 한계점을 인식하고, 효과성과 효율성을 높일 수 있는 종합 개선방안 적용 전략을 고안해 그것의 실제 효과를 확인해보았다.

종합 개선방안 적용 전략을 얻기 위해, 총 20가지의 개선방안을 설계변수로 정하고 실제 대형병원 안과 외래 시스템을 모델링 하여 시뮬레이션을 활용한 실험시스템을 구축하였다. 그리고 실험계획법의 직교표와 분산분석을 활용해서, 스크리닝 실험 및 교호작용 선별, 최종결과 산출 등의 3가지의 실험으로 구성된 실험계획을 설계하였다. 이렇게 얻어진 적용 전략은 평가지표에 효과성 있는 설계변수의 최적수준과 그 안의 우선순위, 그리고 효과성 있는 설계변수 관계로 이루어져 있다.

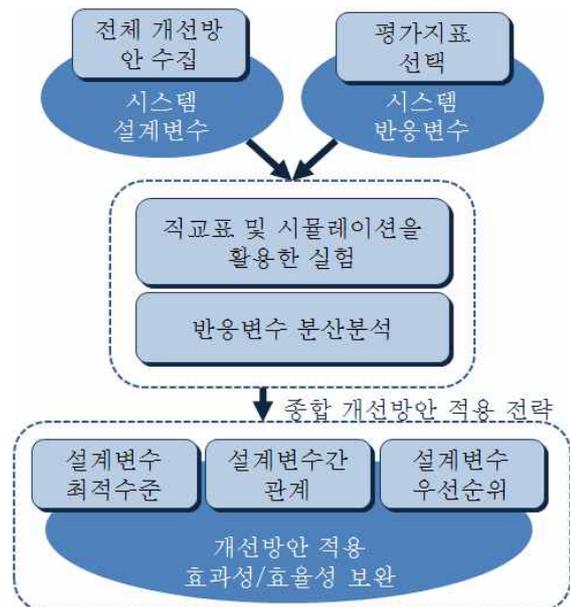


그림 3 종합 개선방안 적용 전략 도출 및 효용

종합 개선방안 적용 전략의 유용성을 검증하기 위해, 다른 개선방안 적용방법과 비교하여 적용의 효과성과 효율성이 보완되는지 확인하였다. 그리고 설계과정 및 결과를 통해 종합 개선방안 적용 전략을 도출하기 위한 방법의 효과를 더 높이고자 하였다.

종합 개선방안 적용 전략은 모든 설계변수간의 관계를 고려해서 설계변수의 최적 수준과 설계변수간의 특별한 관계를 제시하기 때문에, 적용의 효과성에 장점을 가질 수 있다. 또한, 제안하는 set에 포함된 효과성은 개선방안 적용의 효율성을 부여한다. 여기에 시뮬레이션 모델의 일반성을 위해 잡음인자를 고려한 확장된 실험설계와 효율성을 고려한 스크리닝 실험의 유의수준 결정이 적용 전략의 효과를 더 강화할 수 있다.

본 논문에서는 종합 개선방안 적용 전략 효과 강화를 위한 이슈에 대한 추후 연구가 필요하다. 특히 잡음 변수에 대한 실험 디자인이나 외부 시스템간의 확장을 통해 시뮬레이션의 일반성을 강화하는 연구를 할 수 있고 스크리닝 실험의 유의수준과 유의적 설명력에 대한 관계를 연구해볼 수 있다. 그리고 개선방안 각각의 실제 비용을 부여해 종합 개선방안 적용 전략의 효율성 강화를 위한 연구를 수행할 수도 있다. 또, 모든 평가지표에 대해 종합 개선방안의 set을 제공하는 연구로 확장할 수 있을 것이다. 그리고 실험에 대한 구체적인 어플리케이션 개발은 여러 시스템에서 종합 개선방안 적용 전략을 구하는데 큰 도움이 될 것이다.

7. 부록 - 개선방안과 그 수준

(1) 환자 수 조정

- 예약한 환자의 수를 결정

- ① 시력검사실 서비스 시간 기준의 환자 수 도착
- ② 1과 3의 중간의 환자 수 도착 (현행수준)
- ③ 의사 서비스 시간 기준의 환자 수 도착

(2) 초기 슬롯 크기 변경

- 초기 의사의 휴무를 막기 위해 환자를 쌓아두는 것

- ① 초기 슬롯 미 구현 (현행수준)
- ② 초기 슬롯 구현

(3) 슬롯 크기 변경

- 슬롯 크기를 통해 환자입장간의 간격시간 결정

- ① 5분 (현행수준)
- ② 15분
- ③ 30분

(4) 초/재진 환자 예약의 배분

- 상대적으로 오래 걸리는 초진환자를 세션

어느 부분에 예약 배분할 것인가 결정

- ① 무 배분 (현행수준)
- ② 세션 앞부분에 초진환자 예약
- ③ 세션 뒷부분에 초진환자 예약

(5) 부도⁸⁾에 대한 오버부킹 방법

- 부도에 대해 통상적인 해결책인 오버부킹의 적용방안에 대해

- ① 평균 부도를 고려한 동일한 비율의 오버부킹 (현행수준)
- ② 시간대 별 부도를 고려한 시간대 별로 다른 비율의 오버부킹
- ③ 오버부킹을 하지 않음

(6) 시스템 입장(접수) 프로세스 간소화

- RFID를 이용한 환자카드의 적용 여부

- ① 입장 프로세스 미 구현 (현행수준)
- ② 입장 프로세스 구현

(7) 환자의 시간엄수 강화, 예약관리 서비스

- 환자가 와야 하는 도착해야 하는 날짜의 상기를 통해 부도 가능성 낮춤

- ① 부도율 변동 없음 (현행수준)
- ② 부도율 50% 하락

(8) 환자의 시간엄수 강화 - 환자의 시간 도착의 평균

- 예약시간과 도착시간 간 차이 평균 감소

- ① 일정한 관리를 하지 않음 (현행수준)
- ② 정해진 예약시간에 도착
- ③ 예약시간보다 30분 일찍 도착

(9) 환자의 시간엄수 강화 - 환자의 시간 도착의 분산

- 예약시간 기준으로 환자들의 도착하는 시간들의 분산 감소 강화

- ① 일정한 관리를 하지 않음 (현행수준)
- ② 분산 50% 감소
- ③ 분산 100% 감소

(10) 스텝 교육 - 에러

- 스텝의 에러 발생 가능성 약화

- ① 스텝 업무에 대한 에러 발생 확률 변동 없음 (현행수준)
- ② 스텝 업무에 대한 에러 발생 확률 50% 감소

(11) 스텝 교육 - 서비스 시간

- 스텝의 서비스 숙련도 강화

- ① 스텝이 맡고 있는 서비스 분산 변동 없음 (현행수준)
- ② 스텝이 맡고 있는 서비스의 분산 감소

(12) 스텝의 업무 로드 변경

8) 부도: 예약환자가 도착하지 않음

- 간호사와 보조원간의 업무로드를 변경
- ① 간호사와 보조원들의 업무 완벽 분리 (현행수준)
- ② 간호사와 보조원들의 업무 완벽 공유
- ③ 간호사 중 한 명이 보조원 업무를 11시~12시에 도움

- (13) 환자의 진행 프로세스의 타입 결정
- 환자 별로 다른 프로세스 타입에 대한 표준화
 - ① 기존의 진행 프로세스 타입 비율을 활용 (현행수준)
 - ② 모든 진행 프로세스 타입을 결합(coupled) 모형으로 변경
 - ③ 모든 진행 프로세스 타입을 비결합(decoupled) 모형으로 변경

- (14) 진료 전 과정 프로세스 간소화
- 진료 전에 검사를 하는 경우에 대한 처치
 - ① 기존의 진행 프로세스 타입 비율을 활용 (현행수준)
 - ② 프로세스 타입 중 검-진 타입을 진-검으로 변경

- (15) 프로세스 추가 전략
- 모니터링을 활용해 경우에 따라 예정된 프로세스가 완료된 환자에 프로세스를 더 추가
 - ① 특별한 프로세스 추가 없음 (현행수준)
 - ② 추가하려는 프로세스의 대기열이 비워졌을 경우 50% 확률로 진행
 - ③ 추가하려는 프로세스의 대기열이 비워졌을 경우 100% 확률로 진행

- (16) 환자 차트 생성 업무의 변화
- 환자 차트 생성 담당을 바꾸면서 차트 업무 완료 및 업무 로드 해소
 - ① 시력검사실의 보조원이 차트를 업무 중에 생성
 - ② 간호사가 환자가 도착할 때 마다 차트를 생성

- (17) 대기열 전략
- 대기열에 대한 효과적 관리법 제안
 - ① FIFO 형식으로 환자 처리 (현행수준)
 - ② 예약시간을 기준으로 우선순위를 부여해 환자 처리

- (18) 정보관리 시스템 강화
- 정보접근 프로세스 서비스 숙련도 강화
 - ① 정보접근 및 처리를 하는 서비스의 분산 변동 없음 (현행수준)
 - ② 정보접근 및 처리를 하는 서비스 분산 감소

- (19) 정보관리시스템 강화
- 정보접근 프로세스 중 에러발생 가능성 약

- 화
- ① 정보접근 및 처리에 대한 에러 발생 확률 변동 없음 (현행수준)
- ② 정보접근 및 처리에 대한 에러 발생 확률 50% 감소

- (20) 시스템 퇴장(예약관리) 프로세스 리소스 분배
- 어떠한 리소스가 예약관리 업무를 담당하는 것이 좋은가
 - ① 예약관리 프로세스에 대한 변동 없음 (현행수준)
 - ② 예약관리 프로세스와 입장 프로세스에 대해 각각 1명씩 전문 간호사 배치 및 서비스 타임 50% 감소
 - ③ 의사들에 속한 보조원도 예약 관리 프로세스 리소스 합류

8. 참고문헌

[1] 염재광, 강창렬, "의료기관경쟁력 향상에 영향을 미치는 핵심 요인", *한국병원경영학회지*, Vol. 12, No. 1, pp. 1-30, 2007

[2] R. B. Fetter and J. D. Thompson, "The simulation of hospital system", *Operation Research*, Vol. 13, No. 5, pp. 689-711, 1965

[3] E. A. Smith and H. R. Warner, "Simulation of a multi phasic screening procedure for hospital admissions", *Simulation*, Vol. 17, No. 2, pp. 57-64, 1971

[4] F. Dexter, "Design of appointment systems for Preanesthesia evaluation clinics to minimize patient waiting times: A review of computer simulation and patient survey studies", *Anesthesia and Analgesia*, Vol 89, pp 925-931, 1999

[5] M. Guo, M. Wagner and C. West, "Outpatient clinic scheduling: A simulation approach", In *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, pp. 1981-1987, 2004

[6] A. J. Alessandra and T. E. Grazman, "Using simulation in hospital planning", *Simulation*, Vol. 30, No. 2, pp 62-67, 1978

[7] F. Hashimoto and S. Bell, "Improving outpatient clinic staffing and scheduling with computer simulation", *Journal of general internal medicine*, Vol. 11, No. 3, pp.182-184, 1996

[8] M. A. Draeger, "An emergency department model used to evaluate alternative nurse staffing and patient population scenarios", In *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, pp. 1057-1064, 1992

[9] V. D. Angelis, G. Felici and P. Impelluso, "Integrating simulation and optimization in health care centre management", *European Journal of Operational Research*, Vol. 150, Issue. 1, pp. 101-114, 2003

- [10] M. Warner, "Personnel staffing and scheduling", In R. W. Hall, editor, *patient flow: Reducing Delay in Healthcare Delivery*, chapter 7, Springer, pp. 189–209, 2006
- [11] M. L. Garcia, M. A. Centeno, C. Riveram and N. DeCario, "Reducing time in an emergency room via a fast-track", In *the Proceedings of the Winter Simulation Conference*, pp. 1048–1053, 1995
- [12] A. Kirtland, J. Lockwood, K. Poisker, L. Stamp and P. Wolfem "Simulating an emergency department 'Is as much fun as ...' ", In *the Proceedings of the Winter Simulation Conference*, pp. 1039–1042, 1995
- [13] K. P. Andriole, D. M. Luth and R. G. Gould, "Workflow assessment of digital versus computed radiography and screen-film in the outpatient environment", *Journal of Digital Imaging*, Vol. 15, Sup. 1, pp. 124–126, 2002
- [14] E. Siegel and B. Reiner, "Work flow redesign: The key to success when using PACS", *American Journal of Roentgenology*, Vol 178, pp. 563– 566, 2002
- [15] M. J. Cote, "Patient flow and resource utilization in an outpatient clinic", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 33, pp. 231–245, 1999
- [16] M. L. McManus, M. C. Long, A. Cooper, J. Mandell, D. M. Berwick, M. Pagano, and E. Litvak, "Variability in surgical caseload and access to intensive care services", *American Society of Anesthesiologists*, Vol. 92, No. 6, pp. 1491–1496, 2003
- [17] C. Haraden, T. Nolanm R. Resar and E. Litvak, "Optimizing patient flow – Moving patients smoothly through acute care setting", *Institute for Healthcare Improvement Innovation Series 2003*, White papers 2, Cambridge, MA, 2003
- [18] S. Reti, "Improving outpatient department efficiency: A randomized controlled trial comparing hospital and general-practice telephone reminders", *Journal of the New Zealand Medical Association*, Vol. 116, No. 1175, 2003
- [19] S. R. Downer, J. G. Meara and A. C. Da Costa, "Use of SMS text messaging to improve outpatient attendance", *Medical Journal of Australia*, Vol. 183, pp. 366–368, 2005
- [20] K. J. Klassen and T. R. Rohleder, "Scheduling outpatient appointment in a dynamic environment", *Journal of Operations Management*, Vol. 14, Issue 2, pp. 83–101, 1996
- [21] D. C. Montgomery, "Design and analysis of experiments: sixth edition", John Wiley & Sons, Inc., 2005
- [22] 염봉진 외 4명, "실험계획 및 분석: 다구치 방법과 직교표의 활용", 산학협동 공개강좌, 2007
- [23] 배도선 외 7명, "통계학: 이론과 응용", 청문각, 2004