Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers
Vol. 36, No. 1, pp. 59-68, March 2010.

응급의료센터의 특성을 반영한 과밀화 지표 개발 및 적용 방안 연구

이영훈[1†] · 김정우[1] · 이윤호[1] · 김승호[2] · 박유석[2] · 박인철[2]

[1]연세대학교 정보산업공학과 / [2]연세대학교 의과대학 응급의학교실

The Composite Crowding Index for the Medical Emergency Department

Young Hoon Lee[1] · Jeong Woo Kim[1] · Yoon Ho Lee[1] ·
Seung Ho Kim[2] · Yoo Seok Park[2] · Incheol Park[2]

[1]Department of Information and Industrial Engineering, Yonsei University, Seoul, 120-749, Korea
[2]Department of Emergency Medicine, Yonsei University, College of Medicine, 120-752, Korea

The medical emergency departments are suffering from the crowdness of patients, hence the quality of medical service the patients are receiving are getting poorer. Overcrowding of medical emergency departments may incur the waiting time for the treatment, and the improper treatment in time. For the operational control of the emergency department, the crowding index is commonly used to identify the crowding intensity, with which the operation process is managed, and future process can be expected. In this study the composite crowding index is suggested, in which the trend of inpatients rate, the age and acuity of patients, and resource of ED are considered. The validity of the suggested crowding index is discussed by the regression analysis for the index and the actual number of inpatients, and by the simulation study using the process model and the real data.

Keywords: Emergency Department, Crowding Index, Regression Analysis, Simulation Method

1. 서 론

현대사회가 복잡해지고 인구가 급증하면서 교통사고, 산업재해 등으로 인해 응급진료센터를 찾는 내원 환자의 수가 급증하고 있다. 또한 높은 의료요구와 중소 응급진료센터의 불신 등으로 3차 진료기관의 응급진료센터를 찾는 내원환자의 수는 더욱 급증하고 있다. 이로 인해 3차 의료기관의 응급진료센터의 과부하가 발생하고 있으며, 진료 및 입원대기 환자들의 적체로 신속성이 요구되는 응급진료센터의 특성을 반영한 효율적인 응급진료센터의 프로세스가 진행되지 못하고 있는 실정이다. 이는 곧바로 고객의 불만족을 야기할 뿐만 아니라 양질의 응급진료 서비스를 제공하지 못하는 등의 과밀화로 인한 응급진료센터의 어려움이 증가하고 있다(Kim *et al*., 1993).

응급진료센터의 과밀화(Crowding)는 현대사회에 있어서 보편적으로 발생하는 현상으로 미국과 같은 의료 선진국에서도 매우 심각한 문제로 대두되어 왔다(Derlet, 2002). 이는 응급진료센터내의 효율적인 진료프로세스, 고객 및 환자의 만족도, 신속한 응급진료에 따른 환자의 치료 예후 등에 매우 직접적으로 인과관계가 있다고 판단되기 때문이다(Sun *et al*., 2000; Schull *et al*., 2004). 또한 응급진료센터 내 환자들의 장기체류는 신속한 응급처치의 지연에 따른 치료결과의 악화, 응급센터 과밀화 악화로 인한 사망률의 증가, 의료 서비스 기능의 약화 등 여러 부작용을 유발한다고 알려져 있다(Park *et al*., 2004). 이로 인해 1990년대 이후 과밀화에 대한 많은 연구가 이루어

이 논문은 2009년도 연세대학교 다학제간 공동 연구 지원 사업(2009-7-0099)의 지원에 의하여 이루어진 것임.
† 연락저자 : 이영훈 교수, 120-749 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 공과대학 정보산업공학과, Tel : 02-2123-4813, Fax : 02-364-7807, E-mail : youngh@yonsei.ac.kr
2010년 2월 10일 접수; 2010년 2월 16일 수정본 접수; 2009년 2월 21일 게재 확정.

져 왔지만 각 응급진료센터의 의료 자원, 환자의 특성, 진료 체계 등의 차이로 인해 해당 응급진료센터에 적합한 과밀화 지표를 개발하여 적용하기가 매우 어려운 실정이다(Trzeciak *et al*., 2003). 우리나라에서도 응급진료센터 과밀화 지표에 대한 관심으로 인해 그 필요성이 증대되고 있지만 과밀화 지표에 대한 연구는 미비한 실정이다. 각 응급진료센터마다 선진사례의 과밀화 지표를 이용하여 적용한다 하더라도 위에서 언급한 바와 같이 각 응급진료센터의 특성을 반영한 지표 개발 및 적용은 매우 어려운 실정이다. 또한 선진사례의 과밀화 지표의 경우 한국의 응급진료센터와는 무관한 외국의 응급진료센터의 특성을 반영한 과밀화 지표로써 이를 그대로 한국의 응급진료센터에 적용하는 것은 무리가 있다. 이에 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하고자 국내 3차 의료기관인 S병원의 응급진료센터를 대상으로 응급진료센터의 특성을 반영한 복합 과밀화 지표를 개발하고자 한다.

본 연구에서 제안하고자 하는 과밀화 지표는 S병원 응급진료센터의 고유특성을 충실히 반영하는데 큰 목적을 둔다. 고유특성이란 응급진료센터의 레이아웃, 의료 자원(의료진 수, 침상 수 등), 환자 특성(일별 및 매달 내원 환자율, 응급진료센터 내 환자의 체류시간, 환자 수 등)등을 의미한다. 산출된 과밀화 지표는 적용여부 및 신뢰성 검증을 위해 통계적 기법인 회귀분석을 이용하였으며, 이를 이용하여 S병원 응급진료센터에 적용 가능한 과밀화 지표를 정의한다. 또한 각 지표 간 상관관계 분석과 시뮬레이션 기법을 이용하여 응급진료센터 내 과밀화 발생 추이를 예측, 적체현상이 발생하는 구역을 정의한다. 이를 통해 생성된 과밀화 지표는 어느 수준의 과밀화가 발생하였는지를 구역별 및 시간대별로 나타내어 주며, 해당 구역을 포함한 전체 응급진료센터에 대한 신속한 대응 및 의사결정지원이 가능하도록 하는데 그 의미를 둔다.

2. 관련 연구

3차 의료기관의 응급진료센터의 과밀화가 발생하는 이유는 내원환자의 증가뿐만 아니라 대규모의 병상규모 등으로 인해 1차, 2차 의료기관 보다는 종합병원의 응급실을 우선적으로 찾는 경우가 생기기 때문이다. 그러나 이러한 문제를 해결 할 수 있는 과밀화에 대한 정의, 연구 및 개발 등이 이루어져 있지 못하므로 대부분의 응급진료센터에서는 선진사례의 과밀화 지표를 이용하고 있다. 이에 반해 미국 등 소위 의료 선진국의 경우 과밀화 지표에 대한 상당한 연구가 진행되고 있다.

Jazwinski(1998)은 환자밀도(Density)를 일정한 면적 및 병상 안에 체류하는 환자를 이용하여 정의하였으며, 단순히 환자밀도만이 응급진료 프로세스의 적체현상을 일으키는 과밀화(Over-crowding)를 야기하지 않는다고 하였다. Memken *et al.*(1994), Moser *et al.*(1961)은 단순히 환자의 수만을 고려한 것이 아니라 내원환자의 성별, 연령등과 같은 환자의 특성을 반영하여 과밀화를 정의하였다.

Kim *et al.*(2005)과 Choi *et al.*(2000)는 응급진료센터의 과밀화로 인해 응급환자의 대기시간이 길어지고 이런 상황에 능동적이고 효율적으로 대처하기 위하여 응급환자의 효과적인 관리와 진료 시 불필요한 대기시간을 줄이기 위하여 환자의 흐름 및 적체현상을 일으키는 병목구간에 대한 관리가 매우 중요하다고 제안하였다. Takakuwa *et al.*(2004)은 시뮬레이션을 통해 응급진료센터를 모형화하고 실험을 실시하여 응급진료센터에 내원하는 환자의 대기시간에 영향을 미치는 요인들에 대해 분석하였다. 또한 응급진료센터를 시뮬레이션 기법을 이용하여 모델링 한 후, 체류시간을 감소시킬 수 있는 방안을 제안되었다(Samaba *et al*., 2003).

Nathan *et al.*(2007)은 *EDWIN*, *NEDOCS*, *READI*, *Work Score* 등 4개의 지표를 이용하여 응급진료센터의 과밀화 지표를 정의하고 결과를 분석하였다. *EDWIN(Emergency Department Work Index)*은 응급실 병상 대기환자와 응급진료센터 내 가용 침상에 초점을 맞춘 지수이다. 지수에 고려된 요소들은 대기 중인 중증도 별 환자 수, 근무 중인 의료진의 수, 침상수, 침상을 차지한 환자 수이다. 이는 간결한 수식에 비해 과밀화에 대한 시작적 판별이 용이하다는 장점이 있지만, 특정한 기준을 초과 시에는 정확한 지수의 산출이 불가하다. *NEDOCS(National Emergency Department Overcrowding Scale)*는 병상 비율을 포함한 전체 응급진료센터를 포괄하는 지표이다. 고려 요인들은 환자 수, 입원 승인된 환자 수, 침상을 배정받기 위해 소요되는 대기시간, 침상 수, 입원 병상 수, 인공 호흡기 수 등이다. *NEDOCS*는 응급진료센터의 총괄적인 모니터링이 가능하다는 장점이 있는 반면에, 수식이 복잡하고 부분적 데이터의 반영으로 인한 우연성으로 지수가 산출될 가능성이 존재한다. *READI(Real Time Emergency Analysis of Demand Indicators)* 지표는 다른 지표들보다 보다 많은 고려 요소들이 포함되며, 과거자료를 이용한 통계적 예상치, 단위시간동안 도착한 환자에 대한 의료진 비율, 내원환자의 중증도 및 가용침상비율을 충실히 반영한 지표이다. 이는 응급진료센터 내 각 정책별 요인들의 모니터링이 용이하지만, 수식이 매우 복잡하고 예측 자료의 사용에 따른 불확실성이 존재할 가능성이 있다. Reeder *et al.*(2004)은 수요율(Demand value)을 과밀화 지표로 사용하였으며, 다른 연구에서는 응급센터 체류시간과 의사의 처치시간을 과밀화 지표로 이용하였다.

과밀화 지표가 단순히 응급실내의 재실환자의 수가 많다거나 또는 재실환자의 치료필요시간이 적체되어 있는 상황의 표현만으로 적절하지 않기 때문에 적체를 유발하는 다양한 요소의 결합으로 구성되어야 할 필요성과 동시에 한편으로는 가장 중요한 요인인 재실환자수, 응급시설 점유율과도 밀접한 관계를 가지고 있어야 하는 복잡성을 가지고 있다. 따라서 본 연구는 과밀화를 유발하는 여러 요인을 동시에 고려한 복합지수를 개발하고자 하며 이의 적합성을 증명하고자 한다. 의료 선진국을 비롯한 여러 나라에서 과밀화 지표에 관한 많은 연구가

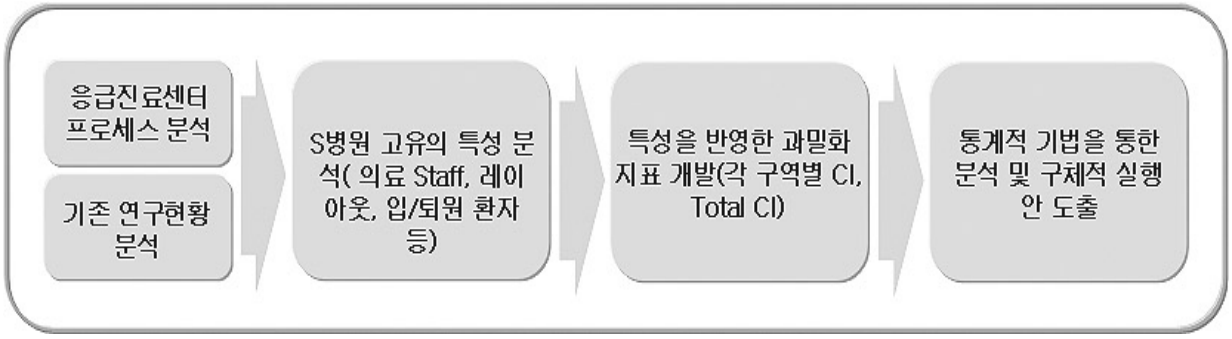

Figure 1 . A developing process of crowding index

진행되어 왔지만, 각 응급진료센터의 특성, 국가별 의료체계의 상이성, 지역별 인구구조와 의료자원의 분포차이 등으로 인해 과밀화를 측정하고 적체현상을 유발하는 응급진료센터 내 요인들을 반영한 과밀화 지표를 개발하는 것에 많은 어려움을 겪는 것이 사실이다. 또한, 선진사례의 연구결과를 외국과는 실정이 다른 한국의 응급진료센터에 적용하는 것도 큰 무리가 있다.

3. 복합 과밀화 지표(Composite crowding index) 개발

3.1 데이터의 획득 및 접근

개발된 과밀화 지표에 대한 신뢰성을 보장받기 위해서 본 연구에서는 S병원의 실제 데이터를 이용하였다. S병원의 경우 응급진료센터가 세 개의 구역(소아구역, 성인구역, 중환구역)으로 나뉘어져 있으며, 그에 따라 각 구역에 대한 개별적인 데이터가 필요하게 된다. 소아구역의 경우 응급진료센터를 방문하는 소아환자는 진찰실을 거치지 않고 바로 소아병동으로 이동하게 된다. 성인구역은 중증도가 심하지 않은 응급환자를 위한 구역이다. 중환구역의 경우 다시 일반중환구역과 T구역으로 나누어지는데 T구역은 중증도가 매우 심하여 생명이 위독한 환자들을 위한 구역이다. 그러나 실제로 각 구역의 데이터가 모두 혼재되어 있으므로 각 구역에 대한 분리 과정이 필요하다. 데이터는 2007년 5월 1일부터 9월 30일 까지 5개월간 수집된 데이터로써 응급진료센터의 실무 관계자로부터 획득하였다. 본 데이터는 환자의 병명, 체류시간, 연령과 성별, 내원일시 및 환자의 병명, 치료구역 등을 포함하고 있으며, 내부적 전산시스템의 데이터베이스(실제 의료진이 사용하는 DB 데이터)에 있는 데이터와 실무진에 의해 새롭게 작성된 데이터를 모두 포함하고 있다.

3.2 연구 방법론

응급진료센터의 특성을 반영한 과밀화 지료를 개발하기 위해선 해당 응급진료센터의 진료 프로세스를 파악하는 것이 가장 중요하다. <Figure 1>은 S병원에 적용 가능한 과밀화 지표를 개발하기 위한 연구 진행 프로세스를 도식화 하여 보여주고 있다.

응급진료센터의 특성을 반영한 과밀화 지표를 개발하기 위해서 가장 우선적으로 시행되어야 할 것이 바로 명확한 응급진료 프로세스의 파악과 분석이 필요하며, 기존 연구현황 분석 또한 매우 중요하다. 프로세스에 대한 분석과 이해 없이는 개발하고자 하는 과밀화 지표가 실제 응급진료센터 프로세스에 적용될 수 없기 때문이다. 일반적으로 응급진료센터의 프로세스는 다음과 같다. 응급실에 환자가 도착하면 Triage 구역에서 초진이 이루어진다. 그 후 응급실 접수 여부를 판단하기 위해 의료 Staff에 의한 추가 진료가 진행된다. 접수가 결정된 환자는 원무과에서 접수 후 응급실로 이동한다. 그러나 응급실 병상이 없을 경우 대기가 발생을 하게 되며, 이 과정에서 다른 병원으로의 전원 및 퇴원이 발생한다. 응급실로 이동한 환자는 치료와 임상병리검사가 시행되며, 이후 입원결정 여부에 따라 입원, 전원 및 퇴원의 프로세스가 진행된다. 그러나 응급진료센터의 과밀화 및 병상의 부족으로 인해 적체현상이 발생하게 되며, 이를 효율적으로 분석하는 것이 매우 중요하다. 다음 단계로 S병원만이 갖고 있는 고유의 특성을 분석하는 일이다. 이는 응급진료센터 내에 적체현상을 일으키는 과밀화 유발 요소에 대한 파악을 위함이다. 고유특성이란 S병원 응급진료센터의 의료진의 수, 응급진료센터의 레이아웃, 입/퇴원 환자의 도착 및 퇴원율, 환자의 도착 분포, 중증도에 따른 환자 분포, 의료자원, 입/퇴원 환자들의 연령대별 분류 등이 있다. 응급진료센터의 경우 응급진료센터의 프로세스의 특성 분석 및 과밀화를 유발하는 요소 등을 파악 및 분석 후에 실제로 적용 가능한 과밀화 지표를 개발한다. 개발된 지표는 각 세 개의 구역(아동, 성인, 중환)에 개별적으로 적용하여 지수를 산출해 낸다. 계산된 지수는 그 신뢰성을 검증하기 위하여 통계적 기법을 이용하였으며, 지수의 활용방안 및 구체적 실행 안을 도출한다. 본 연구에서 제안된 과밀화 지표는 기존의 선진사례에 있었던 지표와는 다른 응급진료센터에 적용 가능한 새로운 과밀화 지표라는 것에 큰 의미를 둔다.

3.3 데이터의 분석 및 과밀화 지표 개발

응급진료센터의 실무 관계자로부터 획득한 데이터로부터 우선 나이, 내원일시, 접수일시, 입원결정일시, 입/퇴원계산일시, 진료구역에 따른 구역별 데이터 현황 등을 분리해 낸다. <Table 1>은 4월부터 9월까지 6개월 간 응급실에 내원한 23,408명의 환자들을 근거로 각 구역별 및 연령에 따른 비율로 정리한 것이다. <Table 1>과 같이 각 구역별, 연령별 특성에 따라 환자의 비율을 나눈 이유는 응급진료센터의 특성상 구역이 나누어져 있고, 내원환자에 따른 구역별 환자의 비율이 다르기 때문이다. 내원환자의 연령 또한 15세 이하(소아)와 16세 이상(성인)의 환자로 나누어 구분을 하였다. 이는 응급진료센터 내 과밀화를 반영할 수 있는 요인들을 고려하고자 함이다. 예를 들어 4월의 경우 총 4,139명의 환자가 내원하였으며 15세 이하의 소아인원은 1,420명으로 성인구역에 10명(1.29%), 중환구역에 295명(27.04%), 아동구역에 653명(71.67%) 내원하고 있음을 의미한다. 또한 총 소아 내원환자의 32.53%만인 입원하였음을 보여주고 있다. 16세 이상의 성인인 경우 4월 한 달간 총 2,719명의 환자가 성인구역 483명(28.92%), 중환구역 1,212명(70.53%), 아동구역 4명(0.55%)의 비율로 내원하였다. 그리고 2,719명의 37.51%에 해당하는 1,020명이 입원하였다.

응급진료센터의 과밀화 지표를 개발하면서 필요한 데이터는 크게 체류시간, 입원대기시간, 재실환자, 특정 환자의 방문 전후 1시간 방문환자의 수, 내원-접수시간이다.

체류시간은 입원/퇴원 계산 시간에서 접수시간을 빼준 시간으로 응급진료센터의 프로세스에 의해 환자가 응급실에 머무는 시간을 의미한다. 입원대기시간은 입원/퇴원계산시간에서 입원결정일시를 빼준 것으로 병실 입원환자가 응급실의 프로세스가 끝난 후 병실 배정 및 전송을 위하여 응급실에서 단순 대기하는 시간이다. 재실환자는 현재의 각 구역(소아, 일반, 중환)에 있는 재실환자의 수를 뜻하며, 계산하는 방법은 특정시각에 재실환자의 수에 들어온 환자의 수를 더한 후 나간 환자의 수를 빼준다. 방문 전후 1시간 방문환자란 특정시간에 한 내원환자가 방문하기 전 1시간과 방문 후 1시간 동안의 응급실 방문환자수이다. 내원에서 접수까지의 시간은 단순히 접수일시에서 내원일시를 빼준 값으로 환자가 내원하여 접수까지 실제로 소요된 시간을 산출하기 위하여 계산된 결과이다.

응급진료센터의 실무 관계자로부터 받은 데이터의 경우 병원 내부적으로 필요한 데이터와 누락된 데이터가 혼재되어 있어 과밀화 지표에 적용하기에는 많은 무리가 있다. 또한 적체현상을 일으키는 과밀화 유발 요소들(입원에서 퇴원까지 걸리는 시간, 환자의 응급진료센터 내 체류시간, 환자의 입/퇴원 현황, 입원대기시간 등)을 과밀화 지표 개발에 적용하기 위하여 원래의 데이터로부터 분리하기 위하여 <Table 2>와 같은 형태로 데이터를 가공할 필요성이 있다. 접수일시란 환자가 내원 후 실제 접수한 시간이며, In/Out은 특정시간대에 환자의 입/퇴원을 의미한다. 체류시간은 입원에서 퇴원까지 걸리는 시간이며, 특정 시간대의 입원대기환자, 재실환자, 방문환자 등을 가공된 데이터에서 표현하고 있다. 또한 진료구역에 따른 환자들의 데이터 현황이 부정확하기 때문에 매달 내원환자에 따른 진료구역의 비율 추이에 따라 데이터를 재가공해야 한다. 데이터의 모든 시간단위는 시간(Hour)으로 계산하였으며, 하루를 24시간 단위로 하였다.

3.4 복합 과밀화 지표 개발

응급진료센터의 과밀화 지표를 개발하기에 앞서 몇 가지 가정들이 존재하게 된다. 과밀화는 응급진료센터 프로세스 내에서 적체현상으로 인해 발생하며, 과밀화로 인해 재실 환자 수 및 체류시간이 증가한다는 것이다. 본 연구에서 제안하는 과밀화 지표는 5개월 간의 데이터를 활용하여 응급진료센터의 진료 프로세스 내 적체현상을 일으키는 요인들을 확인하여 반영되었다. <Figure 2>는 실제 6월 한 달 동안 환자들의 체류시간분포를 나타낸 그래프이며, 이는 응급진료센터 내 환자들의 입/퇴원 결정시간 및 입/퇴원이 이루어지는 현황에 따라 환자들의 체류시간의 분포를 보여주고 있다. 또한 시간이 흐를수록 입원결정이 이루어지고 난 이후 입원까지의 체류시간이 늘어나고 있으며, 이는 환자들의 적체현상으로 인해 응급진료센터 내 과밀도가 높아짐을 보여주고 있는 단적인 예라 할 수 있다.

본 연구에서 제안하는 과밀화 지표는 회귀 방정식을 이용하여 개발하였다. 회귀 방정식이란 예측변수(Y)를 하나 또는 둘 이상의 설명변수(X)의 조합으로 나타낸 식이다. 이는 어떠한

Table 1. Patients classification

구 분	총 환자수	소아(15세 이하)						성인(16세 이상)						총계
		응급실 체류				입원	계	응급실 체류				입원	계	
		성인	중환	아동	계			성인	중환	아동	계			
4월	4139	10	295	653	958	462	1420	483	1212	4	1699	1020	2719	4139
5월	4363	10	257	810	1077	425	1502	483	1233	3	1719	1142	2861	4363
6월	3949	17	307	792	1116	417	1533	453	998	6	1457	959	2416	3949
7월	2817	11	215	599	825	138	963	370	946	29	1345	509	1854	2817
8월	3731	13	227	594	834	292	1126	464	1105	2	1571	1034	2605	3731
9월	4409	14	272	721	1007	411	1418	573	1399	10	1982	1009	2991	4409
계	23408	75	1573	4169	5817	2145	7962	2826	6893	54	9773	5673	15446	23408
비율(%)		1.29	27.04	71.67				28.92	70.53	0.55				

Table 2. Patients history

In	접수일시	입원결정일시	입원/퇴원계산시간	체류시간	내원-접수(분)	Out	재실환자	입원대기환자	방문 전후 1시간 방문환자	입원대기시간
1	2007-05-01 3:26			137	3		19	6	0	
	2007-05-01 3:54					1	18	0	0	
	2007-05-01 4:22					1	17	0	0	
	2007-05-01 4:50					1	16	0	0	
	2007-05-01 4:53					1	15	0	0	
	2007-05-01 4:57					1	14	0	0	
1	2007-05-01 5:06	2007-05-01 9:21	2007-05-01 17:10	255	12		15	6	1	469
	2007-05-01 5:43					1	14	0	0	
1	2007-05-01 5:46		2007-05-01 11:24	338	0		15	6	3	
1	2007-05-01 6:11		2007-05-01 16:30	619	3		16	6	2	
1	2007-05-01 6:31	2007-05-01 12:00	2007-05-01 15:20	329	7		17	8	3	200
1	2007-05-01 7:24	2007-05-01 13:47	2007-05-01 16:39	383	6		18	8	2	172
1	2007-05-01 8:18	2007-05-01 10:37	2007-05-01 15:47	139	14		19	8	3	1750
1	2007-05-01 8:39		2007-05-01 14:02	323	12		20	9	3	
1	2007-05-01 8:52	2007-05-01 10:31	2007-05-01 16:03	99	10		21	9	3	332
1	2007-05-01 9:22		2007-05-01 12:46	204	8		22	11	4	
1	2007-05-01 10:05		2007-05-01 15:35	330	12		23	11	5	
1	2007-05-01 10:18		2007-05-01 10:33	15	11		24	11	6	
1	2007-05-01 10:25	2007-05-01 12:07	2007-05-01 16:04	102	6		25	11	6	237
1	2007-05-01 10:32		2007-05-01 11:33	61	6		26	12	6	
	2007-05-01 10:33					1	25	0	0	
1	2007-05-01 10:39		2007-05-01 14:31	232	8		26	13	8	
1	2007-05-01 11:05		2007-05-01 11:31	26	6		27	13	9	
1	2007-05-01 11:19	2007-05-01 13:41	2007-05-01 14:40	142	5		28	13	8	59
	2007-05-01 11:24					1	27	0	0	
	2007-05-01 11:31					1	26	0	0	
1	2007-05-01 11:32	2007-05-01 12:45	2007-05-01 13:06	73	0		27	13	6	21
	2007-05-01 11:33					1	26	0	0	
1	2007-05-01 11:34	2007-05-01 13:04	2007-05-01 14:28	90	4		27	13	6	84
1	2007-05-01 12:01	2007-05-01 16:32	2007-05-01 19:29	271	0		28	15	5	177
1	2007-05-01 12:01	2007-05-01 14:03	2007-05-01 14:28	122	15		29	15	5	25
	2007-05-01 12:30	2007-05-01 6:31				1	28	0	0	
	2007-05-01 12:46					1	27	0	0	
	2007-05-01 13:06	2007-05-01 12:45				1	26	0	0	
1	2007-05-01 13:09	2007-05-01 13:45	2007-05-01 16:31	36	6		27	18	0	166

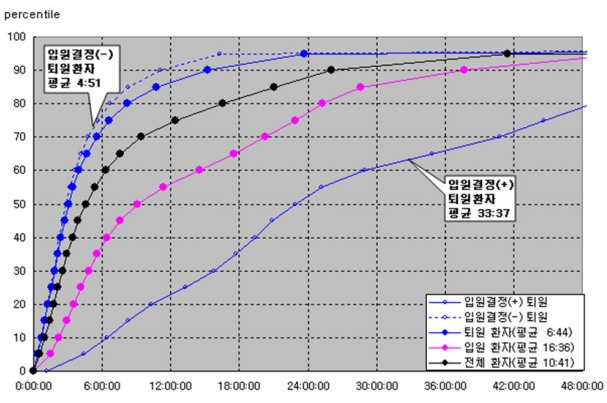

Figure 2. Distribution of length of stay

특정 값을 예측하기 위하여 사용되는 식임을 의미한다. *NEDOCS*의 경우 과밀화 지표를 개발하기 앞서 과밀화 요소로써 환자의 수, 침상 점유 후 가장 오래된 경과 시간, 침상수 등을 고려하였으며, *EDWIN*은 중증도와 침상 수, 의료진의 수를 고려하였다. *READI* 지표의 경우 환자 수, 예상 도착 환자 수, 침상 수, 의료진에 대한 환자의 비율 등을 고려하여 지표를 개발하였다. 각 선진사례의 지표개발에 적용된 고려요소들은 공통적으로 침상 수, 의료진의 수, 환자의 수 등이었다. 본 연구에서 개발하고자 하는 과밀화 지표의 경우 고려해야 할 요소는 체류시간, 방문환자, 접수 3시간 이상의 환자 수, 입원대기환자의 수이다. 과밀화 요소를 다음과 같이 선정한 이유는 특정시간대에 체류시간이 길수록 재실환자는 매우 많아짐을 의미하며, 또한 이로 인해 과밀화를 유발할 것이라는 가정 때문이었다.

동일한 이유로, 다른 과밀화 요소들도 응급진료센터의 적체현상을 유발하는 과밀화 요소라는 판단 하에 과밀화 지표를 개발하였다.

과밀화 지표는 적체현상을 일으키는 요소들로 체류시간, 시간대별 방문환자, 접수이후 3시간 이상 지난 환자의 수 그리고 입원이 판단된 이후 병실을 기다리고 있는 입원대기환자의 수를 고려하였다. 응급진료센터를 하나의 프로세스로 가정하였을 경우 프로세스에서 처리되어야 할 재공들의 평균 프로세스 시간이 길어질수록 납기(Due date)를 만족시키지 못하고 프로세스에서 정체되어 있을 것이다. 이는 응급진료센터에 체류하는 환자의 수가 많을수록, 체류시간이 길어질수록 적체현상을 유발하게 됨을 의미한다. 또한, 프로세스로 유입되는 원자재(방문환자), 납기에 맞춰 생산되어져야 할 제품(입원이 결정되고 병실을 기다리는 환자)을 고려하였으며, 프로세스에서 재공들의 흐름이 원활하게 진행되지 못하여 한 곳에 뭉쳐있는 재공들(접수 3시간 이상 지난 환자의 수)이라고 가정하여 설계하였다. 다시 말하면, 개발된 과밀화 지표는 응급진료센터를 생산라인의 제조 프로세스로 가정하여 원자재의 유입, 제품의 생산, 생산라인의 밸런스 유지 등의 요소들을 고려하여 설계함으로써 생산라인의 상태를 파악하고 의사결정을 내릴 수 있는 척도로 사용 가능하도록 했다. 예를 들어, 과밀화 지수를 예측변수 Y라 하고 체류시간, 방문환자, 접수 3시간 이상 환자수, 입원대기환자를 각각 설명변수 X1, X2, X3, X4로 두었을 때 식 (1)과 같은 회귀 방정식을 이용한 과밀화 지표가 생성된다. 식 (1)의 CI는 과밀화 지표(Crowding Index : CI)를 의미한다.

$$CI = \left(\left(\frac{\text{체류시간}}{\text{체류시간 평균}}\right)\times \text{회귀분석 계수}(m1)\right) + \left(\left(\frac{\text{방문환자}}{\text{방문환자 평균}}\right)\times \text{회귀분석 계수}(m2)\right) + \left(\left(\frac{\text{접수3시간이상 환자수}}{\text{접수3시간이상 환자수 평균}}\right)\times \text{회귀분석 계수}(m3)\right) + \left(\left(\frac{\text{입원대기환자}}{\text{입원대기환자 평균}}\right)\times \text{회귀분석 계수}(m4)\right) + \text{상수} \quad (1)$$

각 회귀분석 계수들은 체류시간(X1), 방문환자(X2), 접수 3시간 이상 환자 수(X3), 입원대기환자(X4)와 같은 설명변수가 가지는 영향력이 되며, 예측변수와 각 설명변수 간 인과관계가 존재한다는 전제하에 예측변수를 예측하기 위한 확률적인 접근이 된다. 설명변수로 쓰인 각각의 평균은 이동평균(Moving average)을 이용하여 계산하였다. 내원환자가 응급진료센터에 도착할 경우 하나의 이벤트가 발생한다고 가정하였으며, 이벤트별로 정리된 데이터를 이용하여 평균값들을 계산하였다. 각 평균값은 6시간을 기준으로 이동평균을 이용하여 산출하였고, 각 평균값을 이용하여 과밀화 지표를 계산 후 체류시간과 비교하였다. 기준이 되는 평균 시간은 탄력적으로 3/4/6/12시간 등으로 운용이 가능하다. 본 연구에서 제안된 과밀화 지표는 각 구역별(아동, 일반, 중환) 데이터 현황을 이용하여 구역별로 산출하였다.

4. 결과분석

개발된 과밀화 지표는 두 단계를 통하여 결과를 분석하고자 한다. 첫째, 실 데이터와의 분석을 통해 신뢰도를 검증하고자 한다. 이는 선진사례에서 제안된 과밀화 지표의 경우 외국의 특성을 반영한 지표로써, 복합 과밀화 지표와는 상당한 차이가 발생하므로 그 결과를 서로 비교하는 것은 큰 무리가 있기 때문이다. 둘째, S병원의 특성을 반영한 시뮬레이션의 설계 및 모델링을 통하여 그 결과를 분석하고자 한다.

4.1 과밀화 지표에 의한 결과분석

서론에서 언급한 바와 같이 과밀화 지표가 가장 중요한 재실환자의 수를 적절하게 나타내고 있음을 보임으로 과밀화 지표의 적절성을 보이고자 한다. 과밀화 지표 개발에 사용된 데이터는 2007년 5월부터 8월까지 4개월 간의 실 데이터를 사용하였다. 그 이유는 S병원 응급진료센터로부터 획득한 6개월간(4월부터 9월)의 실 데이터 중 첫 달인 4월과 마지막 달인 9월을 제외하고 가장 안정정인 데이터 현황을 보여주는 4개월간의 데이터를 적용했기 때문이다. 총 환자 수는 14,860명, 각 구역의 환자 수는 15세 이하의 경우 성인구역 51명, 중환구역 1,006명, 아동구역 2,795명이다. 16세 이상의 경우 성인구역 1,770명, 중환구역 4,282명, 아동구역 40명이다. 입원환자의 경우 15세 이하는 1,272명 이었으며, 16세 이상은 3,644명 이었다. EDP는 아동구역, EDA는 성인구역, EDB는 중환구역을 의미한다.

개발된 과밀화 지표를 이용하여 나온 회귀 분석 결과는 <Table 3>과 같다. 회귀분석 결과 각 구역별로 과밀화를 유발할 수 있는 요인들(전후 1시간 방문환자, 체류시간, 방문환자 등)과 재실환자 사이의 회귀분석결과 통해 도출된 결과이다. 회귀분석결과를 통해 각 요인들과 재실환자 사이의 연관관계

Table 3. The result of regression analysis by crowding index

	전후 1시간 방문환자	체류 시간	방문환자	3시간 이상 환자	입원대기환자	접수-내원	절편	R^2
중환 구역	0.004	0.481	0.116	0.057	-0.025	0.070	0.298	0.790
성인 구역	0.009	0.536	0.093	0.134	0.021	0.011	0.195	0.829
아동 구역	0.541	-0.075	0.003	0.056	0.173	0.189	0.112	0.800

가 다르게 나타남을 볼 수 있다.

이는 각 구역별 의료자원과 의료진의 수 등이 모두 상이하기 때문이다. 또한 성인구역과 아동구역에서는 환자의 체류시간이 각각 0.481과 0.536으로 도출됨으로써 전체적인 재실환자의 수에 크게 영향을 주지만, 중환구역에서는 전후 1시간 방문환자 요인이 0.541이라는 값을 보여줌으로써 재실환자수의 증가에 따른 과밀화에 가장 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 또한 중환구역, 성인구역 및 아동구역에서 R^2값이 각각 0.790, 0.829, 0.800로 5%의 유의수준 내에서 매우 강한 양의 상관관계를 갖는다고 분석할 수 있다.

본 연구에서 제안한 과밀화 지표를 이용하여 응급진료 프로세스의 적체현상을 유발하는 재실환자와의 관계를 회귀분석을 이용하여 상관관계 분석을 실시하였다. 이를 위하여 재실환자 데이터를 실제 재실환자 비율로 바꾸어 줄 필요가 있는데 이는 과밀화 지표는 지수형태로 계산이 되는 반면에 재실환자의 경우 지수가 아닌 정수형태의 환자 수이기 때문이다. 과밀화 지표는 식 (1)에서 표현한 회귀분석을 통해 계산된 지표이고 재실환자는 과밀화 지표와 비교를 하기 위해 실제 재실환자 데이터를 이용하여 계산한 지표이다. 실제 재실환자 비율을 나타내는 지표의 계산 방법은 매시간대별 환자의 수를 5월 한 달간 응급진료센터에 매 시간대별 재실하고 있는 환자의 평균으로 나눈 값이다. 예를 들어 <Figure 3>의 지표 1.5가 의미하는 것은 특정 시간대에 실제 재실환자가 5월 한 달 평균 재실환자에 비해 약 1.5배가 많다는 것을 의미한다. <Figures 3～5>는 실제 데이터를 이용하여 5월 19일 24시간을 기준으로 시간별로 산출된 각 구역별 과밀화 지수와 실제 재실환자 비율과의 관계를 나타낸 도표이다. <Figure 3>은 본 연구에서 제시한 과밀한 지표에 의해 산출된 지수와 실제 응급진료센터 성인구역의 재실환자 비율과의 관계를 비교해 놓은 것이다. 또한 회귀분석을 통해 도출된 결과를 비교 분석하였으며, 개발된 과밀화 지표의 지수와 재실환자와의 상관관계는 평균 79%로 나타났다. <Figure 4>는 아동구역 내에서 과밀화 지표와 실제 재실환자비율을 나타낸 것으로 상관관계는 평균 82%를 보였다. <Figure 5>는 중환구역의 실제 재실환자 비율과 과밀화 지표간의 관계를 비교해 놓은 것으로 상관관계는 평균

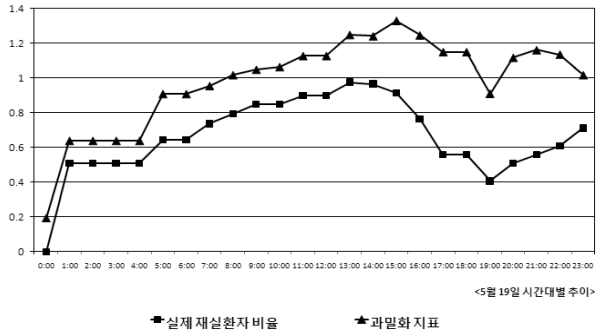

Figure 3. The crowding index and actual rate of adult patients (May 19th)

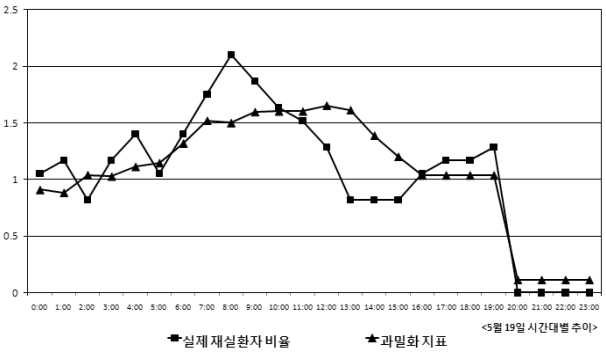

Figure 4. The crowding index and actual rate of child patients (May 19th)

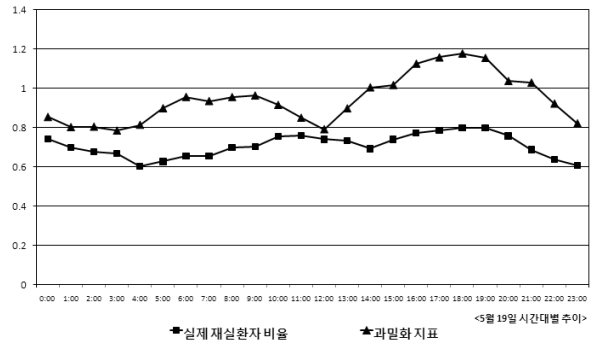

Figure 5. The crowding index and actual rate of acute patients (May 19th)

79%를 나타냈다.

<Figure 3>～<Figure 5>에서는 과밀화 지표가 실제 재실환자 비율보다는 높은 지수값을 보여주고 있다. 그 이유는 과밀화 지표의 경우 과밀화에 영향을 미치는 요인(전후 1시간 방문환자, 체류시간, 방문환자 등)을 모두 고려하여 산출되었으며, 실제 재실환자 비율의 경우 매 시간별 실제 재실환자와 5월 한달간 평균 재실환자만을 고려하였기 때문이라고 분석할 수 있다. 또한 위의 그래프들은 응급진료센터의 실무 관계자로부터 획득한 데이터를 이용하여 산출된 과밀화 지표와 5월 한 달간 실제 재실환자와의 상관관계를 분석하고자 도출해 내었으며, 이를 통해 S병원 응급진료센터의 현실적 상황과 매우 근접한 결과를 볼 수 있었다.

4.2 시뮬레이션 기법에 의한 결과분석

(1) 시뮬레이션 모델의 가정 사항 및 설계

개발한 과밀화지표가 현장에 적용되기 전에 시뮬레이션을 통해 현장상황을 적절하게 표현하고 있는지를 보이고자 한다. 실시간으로 운영되는 응급실의 모든 데이터를 수집하는데 한계가 있고 또한 일부데이터는 사건발생과 입력시간의 차이로 현장상황을 묘사하지 못하고 있어 주요 프로세스에 대한 조사를 통해 현장상황을 재현하고 이를 이용하여 과밀화지표와 주

요 과밀화 발생요인과의 상관관계를 분석함으로 지표의 적합성을 설명하고자 한다. 시뮬레이션은 S병원 응급진료센터의 특성을 반영하여 설계되었다. 시뮬레이션 기법을 이용해 복합 과밀화 지표의 타당성을 검증하고 더 나아가 응급진료센터의 현 상태를 점검하는것 뿐만 아니라, 현재 데이터의 추세를 이용하여 차후 응급진료센터의 상황을 예측할 수 있는 도구로 사용하기 위함이다.

우선 시뮬레이션 모델의 데이터 정의를 위하여 실제 응급진료센터의 데이터를 이용한 몇 가지 가정이 필요하다. 응급진료센터의 침상 수는 총 53개(아동구역 14개, 성인구역 20개, 중환구역 19개)이며, 각 구역 간 침상 수는 적정한 수준 내에서 구역 간 침상의 이동이 가능하다고 가정하였다. 또한 응급실에 내원하는 환자의 경우 진료, 입원 혹은 퇴원을 거쳐야만 내원환자의 응급실 프로세스가 종료한다고 가정하였다. 즉, 응급실에서 간단한 진료 및 치료만 받은 환자의 경우 내원환자로 분류하지 않음을 의미한다.

(2) 시뮬레이션 모델링

시뮬레이션 모델은 총 6개의 모듈로 구성된다. 각 모듈은 환자도착 모듈, 접수 모듈, 병실배정 및 진료 모듈, 검사 및 2차 진료 모듈, 협진 모듈, 입/퇴원 모듈이다.

<Figure 6>에서는 환자가 도착하고 접수를 위한 모듈을 보여주고 있다. 환자도착 모듈은 내원환자의 경우에 걸어서 들어오는 보행환자와 응급차에 의해 내원하는 환자로 구분되어지는 특성을 반영하였다. 구급환자의 경우 제독실을 거쳐 접수를 하게 되며, 보행 내원환자의 경우 Triage에서 간단한 처치 및 중증도 분류 후에 성인은 진찰실로 이동하게 되며 아동은 Triage를 거치지 않고 바로 아동구역으로 이동하게 된다.

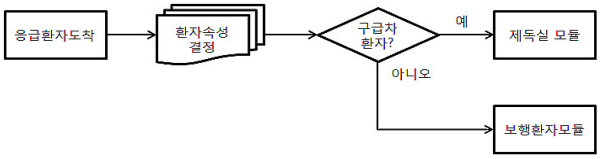

Figure 6. Patient arrival process

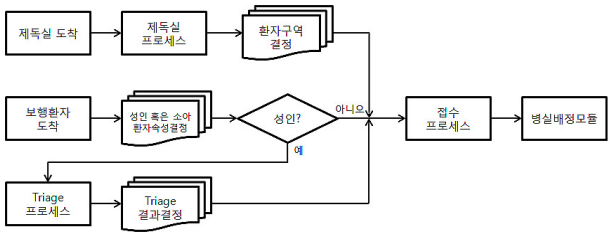

Figure 7. Receiving process

접수 모듈은 <Figure 7>과 같다. 환자도착 모듈에서 구급차를 통해 내원하는 환자와 도보에 의해 내원하는 환자들로 구분되어지고 각 특성에 따라 접수 모듈에서 경로가 정해진다. 구급차에 의해 내원한 환자는 제독실에서 최우선적으로 처치를 받은 후 상태에 따라 아동구역, 성인구역, 중환구역으로 나누어지고 접수를 거친 뒤 배정된 병실로 이동된다. 보행환자의 경우 성인과 아동으로 우선 구분되어진다. 성인의 경우 Triage로 이동 후 간단한 진찰을 받게 되며, 2차 진찰 여부와 환자의 병실에 대한 특성이 주어진다. 이후 접수 프로세스를 거쳐 병실배정모듈로 이동하게 된다. 아동의 경우에는 바로 접수 프로세스를 거쳐 아동구역으로 이동된다.

<Figure 8>은 병실배정과 검사에 관련된 프로세스를 보여주고 있다. 병실배정 모듈을 통해 내원환자들은 각기 다른 구역으로 이동을 하여 병실을 배정받는다. 위급한 상황인 구급환자의 경우 중환구역으로 이동하여 처치를 받게 되며, 일반 보행환자의 경우 성인구역으로 이동하거나 그 중증도에 따라 중환구역으로 이동할 수도 있다. 아동환자의 경우는 소아 진찰실을 거쳐 아동구역에서 침상을 배정받은 뒤 처치가 진행된다. 검사모듈의 경우, 병실을 배정받은 내원환자에 대해 X-ray, 혈액검사 등과 같은 검사들을 받을 수 있도록 모델링하였다.

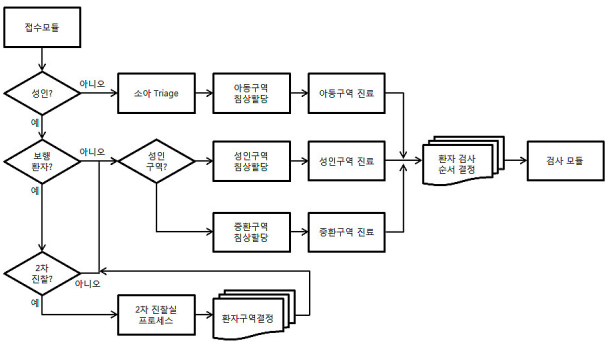

Figure 8. Bed assignment and test process

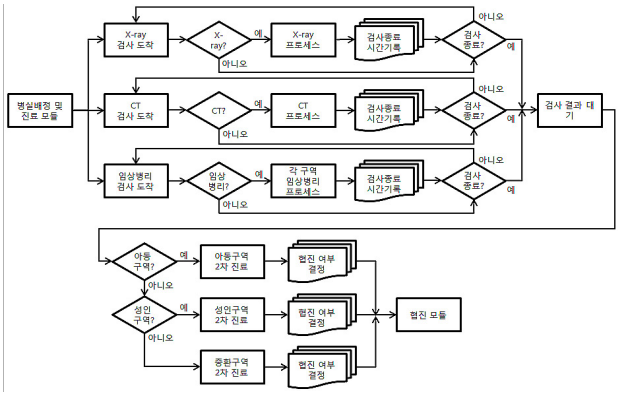

Figure 9. Test and second diagnosis process

<Figure 9>는 검사 및 2차 진료 모듈을 보여주고 있다. 먼저 환자는 병실배정 및 진료 모듈에서 결정된 순서대로 검사를 받는다. 3가지 검사 중 가장 빨리 검사를 받을 수 있는 순으로 검사를 받게 되며, 이는 환자도착 모듈에서 결정된 각 환자의 특성을 이용하여 검사가 진행된다. 만약 아닐 경우 프로세스

를 거치지 않고 다음 검사를 받게 된다. 검사 프로세스가 진행된 후에는 검사결과가 나올 때까지 대기를 한다. 검사 결과가 나오면 환자는 각 구역으로 이동하여 의사에게 2차 진료를 받고 협진 여부에 대한 정보를 부여받는다.

협진 모듈은 협진을 받지 않는 사람과 1회에서 4회까지 받는 환자로 구분하여 프로세스가 진행된다. 협진 횟수에 따라 대기하는 시간의 경우 환자가 현진을 위해 대기하는 시간을 분석한 분포에 따라 변동하도록 설정하였다. <Figure 10>은 협진 모듈의 프로세스를 보여주고 있다.

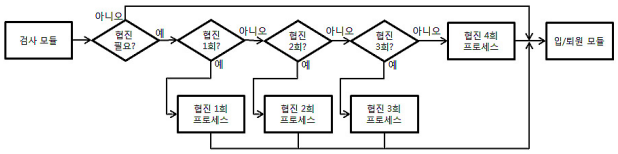

Figure 10. Co-treatment process

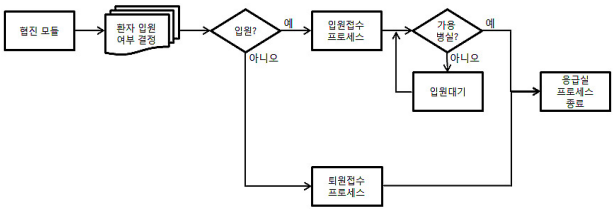

Figure 11. In-out patient process

입/퇴원 모듈의 프로세스는 <Figure 11>과 같다. 협진을 마친 환자는 입원여부를 결정하고 입원환자의 경우 입원 접수 후 본원의 병실이 배정될 때까지 대기한 후 배정을 받으면 입원하게 된다. 그 외의 겨우는 대기를 거치지 않고 퇴원 수속을 한 후 퇴원하게 된다.

(3) 시뮬레이션 수행결과

시뮬레이션의 모델링 및 수행결과를 도출하기 위하여 Arena 7.01을 사용하였다. 수행기간은 한 달(30일)로 하였으며, 10회 반복으로 실시하였다.

<Figure 12>는 전체 시뮬레이션 모델링 프로세스를 보여주고 있다. 시뮬레이션의 각 모듈은 제 4.2절의 (2)에 설명한 바와 같이 S병원 응급진료 프로세스의 특성에 맞도록 총 6개의 모듈로 구성되어졌다. <Table 4>는 시뮬레이션 수행 결과를 보여주고 있다. 진료를 위해 순수하게 기다린 시간은 내원환자가 진료를 위해 의사를 기다리는 시간이다. 평균 0.63시간, 최대 3.95시간을 기다렸다는 것을 의미한다. 협진을 위해 순수하게 기다린 시간은 응급진료센터에서 진료가 끝난 후 다른 과의 협진을 기다리는 시간이다. 평균 0.25시간, 최대 26.89시간은 기다리는 것으로 결과가 나타났다. 이는 응급진료센터의 응급 프로세스는 비교적 빨리 끝났지만 협진이 늦어져 대시시간이 길어질 수도 있음을 단적으로 보여주고 있다. 환자의 총 체류시간은 평균 6.63시간, 최대 37시간까지 발생함을 보여주고 있다. 이는 입원 및 퇴원이 결정됨으로 인해 응급진료 프로세스가 끝날 때 까지를 의미한다.

Table 4. The result of simulation

구 분	시간(Hours)	
	평균	최대
진료를 위해 순수하게 기다린 시간	0.63	3.95
협진을 위해 순수하게 기다린 시간	0.25	26.89
환자 총 체류시간	6.63	37

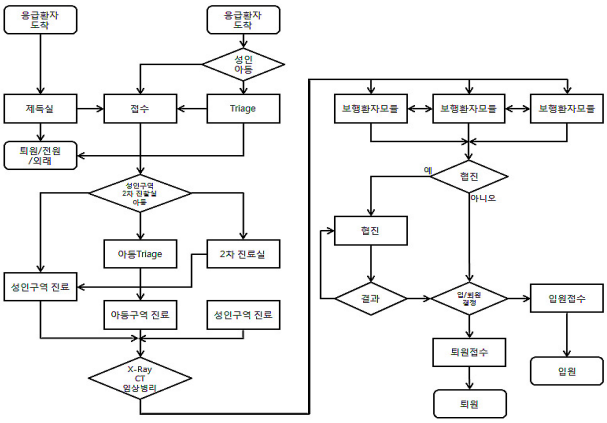

Figure 12. Overall process flow

<Figure 13>은 시뮬레이션을 통해 나온 응급진료센터내의 환자수와 체류시간에 대한 결과를 본 논문에서 제안하고자 하는 과밀화 지표에 의해서 생성된 결과와 함께 도표로 그린 것이다. 이는 시뮬레이션을 통해 생성된 결과가 본 논문에서 제안하고자 하는 과밀화 지표와의 관계를 분석하기 위함이다.

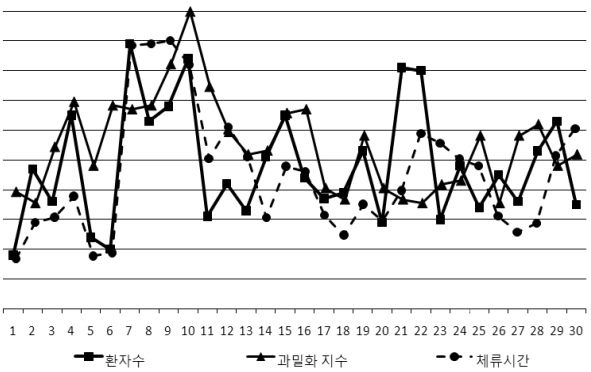

Figure 13. Trend of the number of patients, crowding index and length of stay

과밀화 지수와 환자 수/체류시간과의 비교를 통해 환자수가 증가를 하게 되면 체류시간이 증가하게 되고 과밀화 지수 또한 증가하게 된다. 도표에서 보여주듯이 환자수의 변화에 따라 체류시간과 과밀화 지수가 변화하는 것을 볼 수가 있다. 이

는 대기환자의 수가 증가하면 응급진료 프로세스의 과밀화가 발생하며 이로 인해 응급진료 프로세스의 적체현상을 일으키는 부분을 설명해주고 있다.

5. 결 론

응급진료 프로세스 내 적체현상을 일으키는 과밀화 지표는 현재 모든 응급진료센터의 공통된 문제가 되어 연구의 필요성을 인식하고 있다. 하지만 과밀화를 해소하고 관리할 수 있는 과밀화 지표의 부재로 인해 우리나라 응급진료센터에는 적용하기가 무리가 있는 선진사례의 과밀화 지표를 응급진료센터 진료 프로세스에 적용하고 있다. 이에 본 연구에서는 복합 과밀화 지표가 부재한 상황 속에서 선진사례의 과밀화 지표를 이용하여 응급진료 프로세스에 적용하는 상황을 해소하고자 S병원 응급진료센터의 고유 특성을 반영한 복합 과밀화 지표를 개발하고자 접근하였다. 응급진료 프로세스 내 적체현상을 유발하는 과밀화 요소들을 분석하여 과밀화 지표를 개발하는데 적용하였으며, 실제 응급진료센터의 각 구역(아동, 성인, 중환)별 과밀화 지수를 산출하고 구역별 실제 재실환자 비율과의 상관관계 분석을 통해 개발된 과밀화 지표의 적용 가능성을 검증하였다. 또한 S병원 응급진료센터의 특성을 반영한 시뮬레이션 모델을 설계하여 환자 수, 체류시간, 과밀도 지수와의 관계를 통해 대기환자의 발생에 따라 어느 정도의 과밀화를 유발하는지에 대한 부분을 검증하였다. 이를 통해 현재 응급진료센터의 과밀화 정도를 파악하고 응급진료센터의 의사결정지원이 가능하도록 하며, 또한 응급진료센터의 과밀화 정도에 대한 실시간 모니터링 및 정보전달이 가능하게 한다.

현재 응급진료 프로세스의 과밀화에 관련된 많은 연구들이 진행되지 못함에서 오는 과밀화의 종류와 특성, 적체현상을 일으키는 요인들, 과밀화의 관리에 따른 그 효과들이 일반화되지 못한 것이 사실이다. 특히 본 연구의 가장 큰 한계점은 과밀화 자표가 실제로 응급실의 과밀화를 표현하는 가장 적합한 지표인가에 대한 적합성 검증의 과정인데 이는 정량적 분석 및 정성적 분석 모두 설명의 한계가 있다. 이는 응급실에 근무하는 의사나 간호원 및 근무자의 체감을 통한 설문조사가 한 가지 방법이 될 수 있지만 이 또한 완벽하다고 할 수 없다. 과밀화 지표는 사용하면서 오랜 경험과 오랜 기간 동안의 데이터 분석을 통해 검증되어야 할 것이다. 아울러 과밀화를 유발하는 요인들에 대한 명확한 정의와 응급진료프로세스의 특성을 정확하게 반영한 복합 과밀화 지표가 개발되도록 연구가 지속되어야 할 것이다.

참고문헌

Alison, G. (2001), *Definitions of Crowding and the Effects of Crowding on Health : A Literature Review*, Gray Matter Research Ltd.

Baker, D. W., Stevens, C. D., and Brook, R. H. (1991), *Patients who leave a public hospital emergency department without being seen by a physician. Causes and consequences*, JAMA, **266**, 1085-1090.

Choi, M. S. (2000), A simulation of alternative policies for reducing waiting time at the emergency room, *Master's thesis.*

Derlet, R. W. (2002), Overcrowding in emergency departments : increased demand and decreased capacity, *Ann Emerg Med*, **39**, 430-432.

Kim, M. K. (2005), A dynamic Simulation of Patient Flow Focusing on Emergency Department, *Master's thesis.*

Kim, S. W., Kim, O. J., Jang, S. J., Jung, K. Y.,and Kim, S. H. (1993), The analysis of discharge against medical advice in the emergency department*, J Korean Soc Emerg*, **4**, 116-122.

Lloyd, G. C. (2004), Discrete Event Simulation of Emergency Department Activity : A Platform for System-level operations Research, *ACAD EMERG MED*, **11**(11), 1177-1185.

Nathan, R. H., Chuan, Z., Lan, J., and Dominic, A. (2007), Measuring Forecasting Emergency Department Crowding in Real Time, *Annals of Emergency Medicine*, **49**(6), 747-755.

Park, C. B., Kim, T. Y., Park, H. S., and Shin, D. S. (2006), Relationship between Overcrowding and the Result Indices in an Urban Local Emergency Department, *The Korean Society of Emergency Medicine*, **17**(2), 107-115.

Samaba, S., Armel, W. S., and Starks, D. W. (2003), The use of simulation to reduce the length of stay in an emergency department, *IEEE Winter Simulation Conference Proceedings*, 1907-1911.

Schull, M. J., Adams, J., Slaughter, G., Morison, L., and Daly, P. (2004), Emergency department crowding and thrombolysis delays in acute myocardial infarction, *Ann Emerg Med*, **44**, 577-585.

Takakuwa, S. and Shiozaki, H. (2004), Functional analysis for operating emergency department of a general hospital, *IEEE Winter Simulation Conference Proceedings,* 2003-2011.

Trzeciak, S. and Reivers, E. P. (2003), Emergency department overcrowding in the United States : an emerging threat to patients safety and public health. *Emerg Med J.*, **20**, 402-405.

Weiss, S. J., Ernst, A. A., Derlet, R., King, R., Bair, A., and Nick, T. G. (2005), Relationship between the National ED Overcrowding Scale and the number of patients who leave without being seen in an academic ED, *Ann Emerg Med*, **41**, 173-185.

Weiss, S. J., Derlet, R., Arndahl, J., Ernst, A. A., and Richards, J. (2004), Estimating the degree of emergency department overcrowding in academic medical center : result of the National ED Overcrowding Study(NEDOCS), *Acad Emerg Med*, **11**, 38-50