

단체 건강검진 운영 관리를 위한 통합관리 시스템의 설계 및 구현*

정 성 욱** · 김 준 우***

<목 차>

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| I. 서론 | IV. HEMS 프로토타입 구현 |
| II. 이론적 배경 및 선행연구 | 4.1 검진 서비스 관리 기능 |
| 2.1 정보시스템 도입을 통한 의료 서비스 혁신 | 4.2 검진 결과 데이터 시각화 기능 |
| 2.2 의료 데이터의 분석 | 4.3 운영 관리 지원 기능 |
| III. HEMS 구조 | V. 결론 및 향후 연구과제 |
| 3.1 검진 서비스 관리 기능 | 참고문헌 |
| 3.2 검진 결과 데이터 시각화 기능 | <Abstract> |
| 3.3 운영 관리 지원 기능 | |

I. 서론

건강검진이란 질병이나 건강상의 이상을 조기에 발견하여 치료 또는 예방하는 것을 목적으로 하는 기본적인 건강관리 서비스로, 개인의 건강 증진 및 질병으로 인한 사회적 부담 경감에 큰 역할을 담당한다(Maciosek et al., 2006; 최은진, 2010; 강현경·김준우, 2011). 나아가, 실제 건강검진은 개별 수검자에 대하여 여러 가지 문진 또는 검사를 실시하는 방식으

로 이루어지기 때문에 이를 통해 여러 가지 보건 관련 정책 수립에 필요한 데이터를 수집할 수도 있다(Kweon et al., 2014; Oyeboode and Mindell, 2014). 이에 따라, 오늘날에는 정부뿐만 아니라 기업이나 학교 등에서도 구성원들을 대상으로 정기적인 건강검진을 실시하는 경우가 많다.

반면, 기존에는 이러한 건강검진을 통한 건강관리라는 본연의 목적 이외의 측면에 대한 연구가 상대적으로 부족하였다. 특히 건강검진

* 이 논문은 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012R1A1A1044834).

** 동아대학교 일반대학원 산업경영공학과, infinite03@hanmail.net

*** 동아대학교 산업경영공학과 조교수(교신저자), kjunwoo@dau.ac.kr

서비스를 준비, 운영 및 관리하는 과정에서 운영 관리에 대한 고려가 미비하여 수검자나 검진을 담당하는 의료진이 다양한 불편함을 겪는 경우가 많다. 예를 들어, 수검자 입장에서는 건강검진 도중 검진 양식을 지참한 채로 여러 검진 장소를 순회하면서 이를 제출 및 수령해야 하며, 이 과정에서 대기가 빈번하게 발생한다. 의료진 입장에서는 문진 또는 검진항목 관리의 불편함, 결과 데이터의 기록이나 관리 및 분석의 불편함, 체계적인 운영 관리 미비로 인한 업무 과중 등의 비효율이 존재하였다. 전통적으로 이러한 비효율들은 여타 의료 서비스에서도 찾아볼 수 있었으나, 최근에는 의료 서비스 분야에도 OCS(order communication system), EMR(electronic medical record), PHR(personal health record), PACS(picture archiving and communication system) 등과 같은 여러 가지 HIS(hospital information system)들의 도입을 통해 의료 서비스 및 관련 업무의 효율성이 크게 향상된 바 있다(Lovis, 2011; Park et al., 2012; 김준우 외, 2014). 그러나 건강검진과 관련해서는 이러한 정보시스템 및 운영 관리 측면의 연구 개발이 많이 이루어지지 않아, 해당 분야 업무 개선을 위한 노력이 필요하다.

이러한 맥락에서 본 논문은 단체 건강검진 서비스의 업무 효율성을 높이는데 도움을 줄 수 있는 통합 관리 시스템인 건강검진 관리 시스템(health examination management system, HEMS)을 설계하고, 이의 프로토타입 구현 사례를 소개하고자 한다. HEMS의 주요 기능은 크게 검진 서비스 관리, 검진 결과 데이터 시각화 및 운영 관리 지원의 세 가지 영역으로 분류할 수 있다. 이 중 검진 서비스 관리 기능은

HEMS의 가장 기본적인 기능으로, 이를 통해 의료진은 검진 문항 및 관련 정보들을 효과적으로 관리하면서 검진 현장에서 검진 결과를 실시간으로 기록할 수 있다. 검진 서비스 관리 기능은 기존의 수작업 위주 업무 프로세스의 효율성을 크게 향상시킬 수 있으며, 최근에는 이와 유사한 시스템을 사용하는 검진 현장도 일부 나타나고 있다. 그러나 검진 결과 수집만으로는 건강검진 서비스를 효과적으로 운영하는데 한계가 있으며, 이에 본 논문에서 제안하는 HEMS의 경우, 데이터 시각화와 운영 관리 지원이라는 두 가지 부가적인 기능을 제공한다. 먼저 데이터 시각화는 수집된 검진 결과 데이터들을 이상 유무 정도만을 알려주는 결과 데이터뿐만 아니라 이상이 발견되지 않은 문항이라 할지라도 문항 간의 관련성 등을 고려하여 향후 잠재적인 위험이 될 수 있는 것들을 식별해줄 수 있는 데이터들로 요약 및 시각적으로 표현하여 분석자의 활용이 용이하도록 제공하는 것을 의미한다. 검진 종료 이후 데이터 분석 또는 수검자에 대한 피드백 과정에서 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 검진 도중에도 수검자에 대한 문진 등의 과정에서 활용될 수도 있다. 아울러, 운영 관리 지원 기능은 검진 현장 방문자들의 현장 내 순회 행태를 로그 데이터 형태로 기록한 후, 이로부터 검진 현장 내의 상황을 모니터링하거나 평가하는 것을 지원하는 기능이다. 따라서, HEMS와 같은 시스템이 건강검진 현장에 도입될 경우, 의료진들의 전반적인 업무 효율성이 향상될 뿐만 아니라 수검자 역시 보다 편리하게 건강검진 서비스를 받을 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에

서는 최근의 의료 정보시스템 및 의료 데이터 분석과 관련된 기존 문헌들을 소개한 후, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 HEMS의 기능 구성 및 분석 방법들에 대해 설명한다. 이어 4장에서는 JSP(java server page)를 이용하여 구현한 HEMS의 프로토타입을 소개하며, 끝으로 5장에서는 결론 및 추후 연구 과제를 제시하고자 한다.

II. 연구 배경

2.1 정보시스템 도입을 통한 의료 서비스 혁신

전통적으로 의료 분야에서는 환자의 건강을 최우선 목표로 삼아 왔고, 오늘날까지도 이 점에는 변함이 없으나, 최근 의료 산업에서도 경쟁이 치열해지면서 점차적으로 의료 서비스업에서도 고객 만족 및 업무 효율성 향상을 위한 다양한 관리 활동이 강조되는 추세이다(장영일 외, 2010; 정희태·박화규, 2011; Cazzaniga and Fischer, 2015). 특히, 다른 산업 분야에서도 그러하였듯이, 다양한 정보 기술들의 도입은 의료 서비스의 생산성을 비약적으로 향상시키는데 기여하였으며, 현재 많은 병의원들이 여러 가지 형태의 정보시스템을 사용하고 있다(Chaudhry et al., 2006; Agha, 2014).

병의원에서 사용하는 정보시스템을 총칭하여 HIS라고 지칭하며, 이들의 가장 기본적인 역할은 병의원에서 발생하는 환자 및 진료 행위 등과 관련된 데이터들을 전산화하여 보다 편리하게 기록, 사용 및 공유할 수 있도록 하는

것이다(Park et al., 2012; 김준우 외, 2014). 특히 전통적으로 수기로 기록되거나 문서 형태로 보관 및 사용되던 자료들을 HIS를 통해 관리하게 되면서 의료 업무 및 지원 업무의 효율성은 크게 개선되었으며, 구체적인 세부 시스템의 예로는 개별 환자에 대한 의무기록을 전산화하여 관리하는데 필요한 EMR(Hillestad et al., 2005), 의사가 작성한 처방전을 지원 인력에게 전송하는 역할을 수행하는 OCS(Jhun, et al., 2004), CT나 MRI 등과 같은 장비들로 촬영한 영상들을 전산화하여 영상진단업무에 도움을 주는 PACS(Mansoori et al., 2012) 및 환자 개인의 건강 관련 기록을 포괄적으로 포함하면서 이를 신뢰할 수 있는 의료진과 공유할 수 있도록 해 주는 PHR(Tang et al., 2006) 등이 있다. 한편, 상기 HIS들이 주로 의료 서비스를 수행하는 과정에서 발생하는 데이터들을 전산화하여 업무 효율성을 높이는데 초점을 맞추었던 반면, 의료진에게 적절한 메시지 또는 자료를 제공할 수 있도록 올바른 의료 행위가 이루어지도록 유도하는 CDSS(clinical decision support system)처럼 의료 서비스 품질의 표준화 및 의료 사고 방지 등과 같은 보다 다양한 목적을 가진 정보시스템의 도입도 늘어나고 있다.

그러나, 앞에서 소개한 HIS들은 일반적으로 전문 진료과들을 위주로 도입되고, 상대적으로 단체 건강검진에서는 적절한 정보시스템이 활용되지 못하는 경우가 많다. 가장 큰 이유는 전문 진료과들의 경우, 현장에서 환자에 대한 진찰이나 검사와 함께 처방, 투약 및 치료 행위가 수반되는 반면, 건강검진 수검자에 대해서는 단순히 증상이나 신체 상태에 대한 관찰이나 검사만을 실시하기 때문에 체계적인 관리의 중요

성이 다소 간과되는 경향이 있는 것으로 보인다. 나아가, 다양한 진료과에 해당하는 검진항목들이 종합적으로 다루어지기 때문에 통합적인 관리가 어려운 점, 단체 건강검진의 경우 때로 병의원 내부가 아닌 학교나 기업 현장을 방문해서 실시하는 경우도 있다는 점 등이 건강검진 운영관리를 어렵게 만드는 요인으로 작용하는 것으로 생각된다. 그럼에도 불구하고, 서두에서 밝힌 것과 같은 건강검진의 중요성을 고려해볼 때, 건강검진 서비스 역시 보다 편리한 방향으로 개선해나가는 것이 필요하며, 본 논문에서는 이를 위한 통합 운영관리 시스템인 HEMS를 제안하고자 한다.

2.2 의료 데이터의 분석

고도로 전문적인 내용을 다루는 업무 특성으로 인해 의료 서비스에서는 환자나 수검자 등에 대한 다양한 데이터가 발생하는 경우가 많다. 나아가, 다양한 HIS의 도입으로 인해 이러한 데이터들을 보다 편리하게 저장, 관리 및 검색할 수 있게 되었음은 앞에서 설명하였다. 결과적으로 최근에는 의료 서비스 현장의 다양한 데이터 소스로부터 방대한 데이터가 축적되고 있고, 필요에 따라 이들을 적절히 가공하여 활용하는 것도 가능해진 상황이다. 다만, 많은 경우 HIS에서는 간단한 요약 통계량 정도의 데이터 분석만을 제공하여, 축적된 데이터가 충분히 활용되지 못하고 있다는 지적이 있다(Lovis, 2011; Romero and Stafford, 2011). 따라서, 업무와 데이터의 특성 및 분석 목적을 고려하여 적절한 분석 방법 및 도구를 개발하고 이를 통해 의료 데이터를 보다 유용하게 활용하는 것

이 필요하다(Tsumoto et al., 2011).

데이터마이닝(data mining)은 방대한 데이터로부터 유용한 지식이나 패턴을 추출하는 자동화된 기법들을 의미하며, 분류(classification), 예측(forecasting), 군집(clustering) 및 연관(association) 등과 같은 목적의 분석에 활용될 수 있다(Tan et al., 2005). 이러한 데이터마이닝 기법들은 복잡한 구조와 높은 차원을 갖는 데이터도 처리할 수 있기 때문에 의료 서비스를 통해 수집한 데이터를 가공하는데도 널리 이용되고 있다. 나아가, 의료 분야에서의 데이터마이닝 관련 기법 활용 사례로는 특정 질병의 발견이나 위험 인자에 대한 예측(Li et al., 2005; Palaniappan and Awang, 2008), 의료 서비스 프로세스에 대한 분석(Blum et al., 2008; Mans et al., 2008) 및 고객관계관리(customer relationship management, CRM) 활동(Hung et al., 2010) 등을 들 수 있다. 다만, 건강검진 데이터는 많은 국가들에서 정책적으로 수집하고 있음에도 불구하고, 개별 수검자들에 대한 질병 발생 여부 관찰 및 기본적인 요약 통계량 산출 정도의 분석을 통한 보건 정책 평가 및 수립에 활용되는 것이 일반적이며, 보다 상세한 분석 방법의 개발 및 활용이 필요한 상황이다(Kweon et al., 2014).

의료 데이터를 분석할 때는 수집한 데이터 및 의료 서비스 업무의 특성에 맞는 방법을 적용하는 것이 중요하다. 건강검진 서비스의 경우에는 다양한 항목들에 대한 관찰 및 측정 데이터가 수집되며, 이들 중 상당수는 이진(binary) 문항들이거나, 이진화가 가능한 문항들이다. 즉, 건강검진 결과 데이터 항목들은 일종의 트랜잭션(transaction) 데이터로 볼 수 있으며, 문

항들 중 일부는 수검자 개인의 생활 습관이나 과거 이력과 관련된 문진 항목들이며, 나머지는 의료진의 측정 또는 관찰을 통해 기록되는 검사 항목들이다. 나아가, 건강검진 서비스의 일차적인 목표는 이 중 특정 질환이나 증상과 관련된 검사 항목들을 살펴보고, 이상을 조기에 발견하는 것이지만, 현재 나타나지 않는 질환이나 증상이라 하더라도 개별 수검자가 위험 요인을 가지고 있는 경우에는 이를 사전에 인지시키고 평소 생활 습관 등에 있어 주의를 기울이도록 유도하는 것이 필요할 것이다.

즉, 건강검진 결과 데이터에서 독립변수 및 종속변수에 해당하는 문항들을 식별하여 이들 간의 관련성을 분석하고 활용하는 것이 매우 유용할 것으로 예상된다. 다만, 건강검진 결과 데이터가 갖는 다음과 같은 특성들로 인해 실제로 수검자 개개인의 건강관리에 필요한 인과 관계를 추출하고 활용하는 것은 까다로울 수 있다. 첫째, 건강검진에 포함되는 문항의 개수가 일반적으로 많기 때문에 결과 데이터 역시 차원이 높으며, 적절한 특징 선택(feature selection)이나 차원 축소(dimensionality reduction) 작업이 필요할 수 있다. 둘째, 일부 희귀한 질환이나 증상의 경우 소수의 수검자들에게서만 관찰되기 때문에 검진결과 데이터가 부분적으로 희소성(sparsity)을 지닐 수 있다. 셋째, 많은 문항들 중 독립변수와 종속변수에 해당하는 문항들의 정의가 모호할 수 있으며, 분석 목적에 따라 적절한 문항의 종류가 달라질 수 있다. 나아가, 다수의 독립변수 및 다수의 종속변수들 간의 관련성이 존재할 수도 있어 이를 정확히 추출하고 해석 및 활용하는 것이 어렵다. 이에 따라 본 논문에서 제안하는

HEMS에서는 이들 항목 간의 연관성을 정확히 모형화하기보다, 적절한 시각적 표현을 제공하여 의료진 또는 수검자의 이해를 돕는데 초점을 맞춘다. 구체적으로는 검진 결과 시각화를 위해 전통적인 데이터 행렬에 항목 간 계통도를 추가한 형태인 클러스터 히트맵(cluster heatmap)(Wilkinson and Friendly, 2009)을 사용하며, 이 때 필요한 계통도는 계층형 군집 분석(Day and Edelsbrunner, 1984; Guenoche et al., 1991)으로 산출한다.

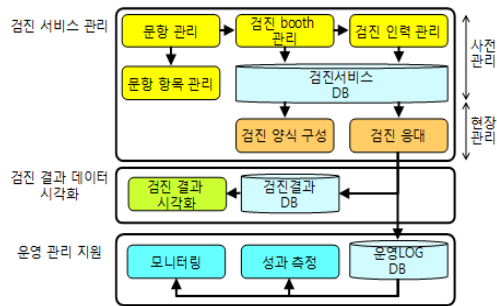
나아가, 건강검진 서비스 현장은 많은 수검자들이 몰려 혼잡한 경우가 많고, 비교적 짧은 시간이 소요되는 개별 수검자에 대한 응대가 반복적으로 일어나기 때문에 적절한 운영관리 기능이 필요할 것으로 생각되며, HEMS는 건강검진 서비스가 진행되는 동안 개별 수검자들에 대한 로그 데이터를 수집하여, 이를 가공, 검진 현장에 대한 모니터링이나 성과 측정 등을 할 수 있도록 지원한다.

Ⅲ. HEMS 구조

<그림 1>은 크게 검진 서비스 관리, 검진 결과 데이터 시각화 및 운영 관리 지원의 세 가지 주요 기능으로 이루어지는 HEMS의 전체 구조를 나타내고 있다. 먼저, 검진 서비스 관리는 기존에 문서와 수작업을 통해 이루어지던 건강검진 업무를 전산화하여 온라인에서 처리할 수 있도록 하는데 주안점을 두고 있으며, 다시 사전 관리와 현장 관리로 세분화된다. 이 중 사전 관리는 검진 항목이나 양식 등과 같이 검진 서비스 시작 전에 결정해야 하는 사항들에 대한

것이며, 여기서 등록된 내용들은 검진서비스 데이터베이스에 기록된다. 현장 관리는 실제로 검진 서비스가 진행되는 동안 이용할 수 있는 기능이며, 주로 개별 검진 장소에서 수검자에 대한 응대 및 데이터 입력 등을 지원한다.

검진 응대가 진행되는 도중에는 검진결과 및 운영 로그의 두 가지 데이터가 발생하며, 이들은 각각 해당되는 데이터베이스에 기록된다. 이 중 검진결과 데이터는 개별 수검자에 대해 여러 검진 현장에서 각 문항의 값을 문진 또는 검사를 통해 수집한 내역을 의미하며, 운영 로그는 수검자들의 검진 현장 방문 내역 및 방문 시각을 기록하는 데이터이다.



<그림 1> HEMS 전체 기능 구성도

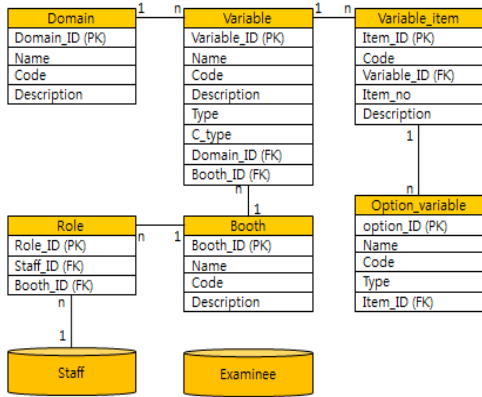
3.1 검진 서비스 관리 기능

건강검진 서비스를 준비하는 과정에서는 먼저 관찰이나 측정을 할 다양한 검사 문항들이 정의되어야 하고, 실제 응대 과정에서는 이러한 문항들에 대한 기록이 이루어진다. 이러한 과정을 지원하기 위해 본 논문에서는 <그림 2>와 같이 검진 서비스 데이터베이스를 설계하였다. 가장 핵심이 되는 개체는 문항(variable)으로, 이 개체에는 식별자(variable_id), 이름(name),

코드(code), 설명(description), 타입(type) 및 카테고리 타입(c_type) 등과 같은 필드들을 갖는다. 이 중, 타입 필드는 기록되는 값의 종류를 기준으로 문항들을 수치형(numeric), 문자형(text) 및 카테고리형(category)으로 구분하는데 사용되고, 카테고리형 문항들은 다시 카테고리 타입 필드를 통해 보기 중 1개를 선택해야 하는 선택형과 복수 선택이 가능한 체크형으로 구분된다.

한 개의 문항에는 복수의 항목(variable_item)이 존재할 수 있으며, 이 개체에는 식별자(item_id), 코드(code), 항목 번호(item_no) 및 설명(description) 등의 필드가 존재한다. 이들은 설문 양식을 구성할 때, 각 문항들에 대한 보기 항목으로 표시된다. 나아가, 일부 카테고리형 문항들은 특정 보기에 대해 추가 문항(option_variable)을 갖는 경우가 있는데, 이 개체에는 식별자(option_id), 이름(name), 코드(code), 타입(type) 등의 필드를 갖는다. 또한, 추가 문항의 타입 필드는 각 문항을 수치형과 문자형으로 구분하는데 사용된다.

그 외의 데이터 개체들은 모두 검사 문항들을 관리하는데 필요한 것들이며, 도메인(domain)은 담당 진료과가 어디인지를 의미하고, 검진 장소(booth)는 복수의 문항들을 한 번에 처리하는 공간을 말한다. 개별 검진 장소에서는 1명 이상의 의료진이 수검자들을 응대하면서 관련 문항들에 대한 관찰, 측정 및 데이터 입력을 수행하며, 의료진과 검진 장소의 대응 관계는 역할(role) 개체에 의해 표현된다. 또한, 수검자(examinee) 및 의료진(staff) 개체들은 각각 개별 수검자들과 의료진들에 대한 개인 정보를 저장한다.



<그림 2> 검진 서비스 데이터베이스 설계

예를 들어, <그림 3>은 다양한 진료과 중에서도 치위생 분야에 해당하는 설문 2개를 보여주고 있다. 이들은 모두 수검자 개인이 판단하는 문진 문항이 아닌, 의료진의 관찰에 의해 기록되는 검사 문항들이며, 기본적으로 특정 질환의 유무를 확인하는 이진 문항들임을 볼 수 있다. 나아가, 두 개 문항 모두 2개의 항목을 가지고 있으며, 문항 10의 경우에는 특정 질환의 유무만을 기록하지만 항목 11은 질환(우식 치아)이 관찰되는 경우, 상악 치아와 하악 치아가 각각 몇 개씩인지까지를 기록해야 한다. 따라서, 항목 11은 2개의 추가 문항들을 갖는 것으로 처리되며, 이들의 타입은 모두 수치형에 해당한다. 결과적으로, <그림 3>과 같은 문항들이 필요한 경우, 검진 서비스 데이터베이스에는 <표 1>~<표 3>과 같은 데이터가 기록된다. 덧붙여, <표 1>에서 도메인 번호 5는 치위생 진료과를 의미하는 것으로 가정하며, 문항 10, 11 모두 치위생 분야에 속하고, 같은 검진 장소(4번)에서 기록됨이 나타나고 있다. 또한, <표 1>~<표 3>에서 코드는 데이터 관리를 위해 각 레코드

에 부여하게 문자열이다. 이상의 간단한 예는 <그림 2>와 같은 검진 서비스 데이터베이스를 통해 일반적인 건강검진 문항들을 유연하게 관리할 수 있음을 보여준다. 나아가, HEMS의 검진 서비스 관리 기능 중, 사전 관리는 웹을 통해 이러한 데이터 개체들의 내용을 등록, 편집 및 관리하는 것을 의미한다.

10. 치아마모증 유무
① 없음 ② 있음

11. 우식 치아 유무
① 없음 ② 있음 상()개, 하()개

<그림 3> 검사 문항 예시

사전 관리 활동이 완료되면, 이제 정해진 설문 항목들을 이용하여 실제 검진 서비스가 진행될 수 있어야 하며, 이를 위해 HEMS는 <그림 4>와 같은 현장 관리 기능을 제공한다. 먼저, 개별 검진 장소를 담당하는 의료진은 PC 또는 기타 단말기를 이용하여 검진 웹페이지(examination web page)에 접속하고, 수검자를 응대하는 과정에서 이를 통해 관찰 및 측정 결과를 기록하게 된다. 이 때 검진 웹페이지에는 전자 검진 양식(e-examination form)이 보여지며, 여기에는 해당 검진 장소 및 진료과에 해당하는 문항들이 표시된다. 검진 양식 생성기(examination form generator)는 사전에 등록된 검진 서비스 데이터들을 취합하여 필요한 전자 검진 양식을 만드는 역할을 한다. 나아가, 해당 검진 장소에서의 검진이 완료될 경우, 전자 검진 양식에 기록된 데이터들은 웹을 통해 검진 결과 데이터베이스로 전송되어 저장된다.

<표 1> 문항 테이블 예시

variable_id	name	code	description	type	c_type	domain_id	booth_id
10	치아마모증	D10	치아마모증 유무	category	option	5	4
11	우식치아	D11	우식 치아 유무	category	option	5	4

<표 2> 항목 테이블 예시

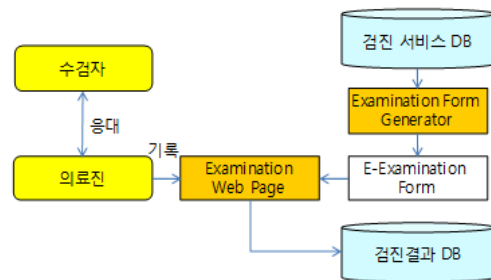
variable_id	code	variable_id	item_no	description
100	D1001	10	1	없음
101	D1002	10	2	있음
102	D1101	11	1	없음
103	D1102	11	2	있음

<표 3> 추가 문항 테이블 예시

variable_id	name	code	description	type
1	상악 우식 치아	D1101O1	상	numeric
2	하악 우식 치아	D1101O2	하	numeric

이와 같은 검진 서비스 관리 기능을 사용할 경우, 검진 기관은 사전에 검진 양식을 일일이 출력하여 준비할 필요가 없고, 수검자들 역시 검진 서비스 현장을 순회할 때 인쇄된 검진 양식을 지참해야 하는 불편함이 사라진다. 또한, 검진 웹페이지는 인터넷을 통해 접근이 가능하기 때문에, PC 또는 네트워크에 접속할 수 있는 단말기만 있으면 어디서나 이용할 수 있고, 이를 통해 개별 검진 장소에서 실시간으로 관찰 및 측정 결과를 전산 시스템에 입력할 수 있다. 따라서, 기존에 인쇄된 검진 양식을 사용할 때처럼 검진이 종료된 이후, 수작업을 통해 이를 전산화할 필요가 없으며, 보다 신속하고 편리하게 검진 결과 데이터를 분석하거나 개별 수검자들에 대한 피드백을 생성하는 것이 가능해진

다. 나아가, 전자 검진 양식에 포함되는 문항 및 항목 등을 유연하게 구성 및 변경할 수 있어, 향후 새로운 문항이 추가되거나 기존 문항이 변경되는 경우에도 손쉽게 이를 시스템 상에 반영할 수 있다.



<그림 4> 현장 관리 프로세스

3.2 검진 결과 데이터 시각화 기능

대상 수검자 및 활용 목적에 따라 어느 정도 차이가 있으나, 건강 검진 시에는 문진 문항들을 포함하여 통상적으로 100개 이상의 문항에 대한 관찰 및 측정이 이루어진다. 그리고, 검진 결과의 일차적인 목적은 검사 문항, 즉, 의료진에 의해 기록되는 문항들을 통해 특정 질환이나 증상의 유무를 판단한 후, 이를 개별 수검자에게 알리고 필요한 경우 후속 조치를 취하는데에 있다. 예를 들어, <그림 3>에는 구강과 관련된 증상들인 치아마모증, 우식 치아의 유무를 확인하는 문항들이 표현되어 있다. 단, 이들은 증상의 유무만을 판단하는 이진 문항들인 반면, 일부 검사 문항들은 수치 형태의 값(수축기 혈압, 이완기 혈압, 혈당 등)을 측정하기도 한다. 그러나 이들 역시 정해진 기준치와 측정된 값을 비교하여 결과적으로 특정 질환이나 증상의 유무를 판단(저혈압이나 고혈압의 유무 등)하는 것이 주된 목적이라는 점에는 변함이 없다.

한편, 건강 검진 시에는 앞에서 설명한 검사 문항 이외에, 수검자가 직접 판단해야 하는 문진 문항들도 존재하며, 이들은 보통 평소 생활 습관이나 수검자가 지각하는 불편함 등에 대한 기록을 목적으로 한다. <그림 5>에서는 치위생 분야와 관련된 문진 문항의 사례 세 가지를 볼 수 있으며, 이 중 문항 2는 이진 문항, 문항 8은 복수 선택 문항, 문항 9는 단일 선택 문항이다. 이러한 문진 문항들을 활용하는 방법도 기본적으로는 검사 문항들과 유사하며, 부정적인 생활 습관(흡연, 운동 부족, 단 음식 과다 섭취 등) 또는 이상 증상 자각(치아 통증, 현기증)이 있는 경우, 생활 습관을 바꾸거나(금연, 정기적인

운동, 음식 조절 등), 전문의와의 상담을 권장(특정 진료과 병의원 방문 등)하는 식으로 수검자에게 피드백을 제공하는 경우가 많았다.

2. 차거나 뜨거운 음료 혹은 음식을 마시거나 먹을 때 치아가 아픈 증상 ① 있다 ② 없다
8. 어제 하루 동안 이를 닦은 때를 모두 표시해주세요 ① 아침식사 전 ② 아침식사 후 ③ 점심식사 후 ④ 저녁식사 후 ⑤ 잠자기 직전 ⑥ 간식섭취 후
9. 과자 등 단음식이나 콜라 등 청량음료를 즐겨 먹습니까? ① 그렇다 ② 보통이다 ③ 아니다

<그림 5> 문진 문항 예시

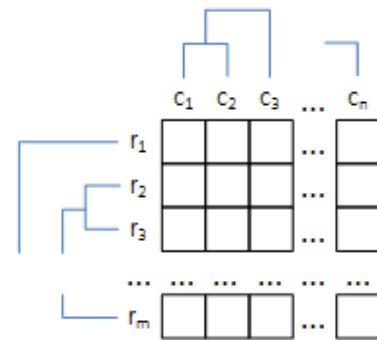
물론, 이와 같은 기본적인 활용만으로도 건강 관리와 증진에 많은 도움이 되는 것은 사실이나, 궁극적으로는 건강 검진을 통해 아직까지 발견되지 않은 증상들에 대한 사전 경고 또는 향후에도 현재와 같은 건강 상태를 유지하기 위한 생활 습관에 대한 안내 등이 보다 체계적으로 이루어져야 할 필요가 있다. 나아가, 이를 위해서는 문진 문항들과 검사 문항들 간의 관계를 분석하는 것이 매우 중요하나, 앞에서 언급하였듯이 건강 검진 결과 데이터는 일반적으로 매우 다양한 문항들로 구성되기 때문에, 차원이 높고 복잡한 구조를 가지고 있고, 이는 체계적인 분석을 곤란하게 만드는 요인으로 작용한다. 이에, 본 논문에서는 이들의 관계를 정확하게 모형화하기보다 적절한 방법으로 시각화하여 표현하고, 이를 의료진 또는 수검자에게 제공하는 것을 제안하고자 한다.

HEMS의 검진 결과 데이터 시각화 기능은 기본적으로 두 가지 문항들의 집합, 즉, 문진 문

항 집합과 검사 문항 집합의 원소들 간 관련성을 표현하는데 초점을 맞추고 있으며, 분석에 포함되는 모든 문항들은 이진 문항으로 가정한다. 따라서, 필요한 경우 시각화를 수행하기 전에 검진 결과 데이터가 적절히 전처리(pre-processing)되어야 한다. 예를 들어, <그림 3>의 검사 문항들 중, 문항 10은 이진 문항이며, 문항 11의 경우 자신은 이진 문항이나, 관련된 추가 문항들은 수치형이기 때문에 시각화에서 제외될 수 있다. <그림 5>의 문진 문항들 중에서는 문항 2가 이진 문항이며, 문항 8은 복수 선택 문항이나 각 항목들을 별도의 이진 문항 6개로 쉽게 분해할 수 있다(아침식사 전 이를 닦는지 여부, 아침식사 후 이를 닦는지 여부 등). 문항 9는 원칙적으로 단일 선택 항목이나 이 중 항목 ②와 ③을 병합하여 이진화하는 것이 가능하다.

전처리가 완료된 검진 결과 데이터는 이진 변수들을 갖는 트랜잭션 데이터 형태이다. 트랜잭션 데이터에 대한 분석을 수행할 때는 데이터마이닝 기법 중 연관 분석을 실시하여 $A \rightarrow B$ 형태의 연관 규칙을 찾아보는 경우가 많다. 단, 여기서 A 와 B 는 모두 연관 분석에서 말하는 항목집합(itemset)에 해당하고, 이 중 A 를 규칙 전항(antecedent), B 는 규칙 후항(consequent)이라 지칭한다. 나아가, 연관 규칙은 전항 A 가 발생하는 경우 후항 B 도 발생할 가능성이 크다는 의미를 갖기 때문에, 문진 문항과 검사 문항들을 각각 전항과 후항에 배치할 경우, 건강 검진의 목적에 맞는 연관 규칙들을 탐사할 수 있을 것이다. 아울러, 개별 연관 규칙의 유용성은 일반적으로 지지도(support), 신뢰도(confidence) 및 리프트(lift) 등의 지표를 통해 평가하며, 실

제로 트랜잭션 데이터에서 연관 규칙을 추출할 때는 널리 알려진 apriori 알고리즘 및 그 변종들을 활용할 수 있다(Agrawal et al., 1993; Agrawal and Srikant, 1994; Tan et al., 2005). 다만, 경우에 따라 추출되는 연관 규칙의 개수가 많거나 중복되는 연관 규칙이 많을 때는 연관 분석의 결과를 적절히 이를 해석하고 활용하는 것이 어려울 수 있어, 연관 분석 결과를 적절히 시각화하기 위한 연구가 다양하게 이루어져왔다(Liu et al., 2012). 나아가, 본 논문에서는 연관 분석과 관련된 시각화 도구 중에서도 클러스터 히트맵을 HEMS에 적용하였다.



<그림 6> 클러스터 히트맵 구조

클러스터 히트맵의 개념은 <그림 6>에서 볼 수 있으며, 기본적으로는 행렬에 계통도가 추가된 형태를 가지고 있다. 트랜잭션 데이터 T 에 적용할 경우, 행렬의 행 항목 r_1, r_2, \dots, r_m 및 열 항목 c_1, c_2, \dots, c_n 에는 모두 데이터에 포함된 이진 변수들이 배치되며, 주어진 행렬 D 의 i 행, j 열의 원소 d_{ij} 에는 연관 규칙 $r_i \rightarrow c_j$ 의 평가 지표가 대응된다. 대표적인 연관 규칙의 평가 지표들인 지지도, 신뢰도 및 리프트는 식 (1)~(3)과 같이 계산할 수 있다. 단, $s(v)$ 는 T

에 포함된 레코드 중 항목집합 v 의 발생이 관찰된 것들의 개수를 의미하며, $s(T)$ 는 T 에 포함된 모든 레코드들의 총 개수이다.

$$support(r_i \rightarrow c_j) = \frac{s(r_i \cup c_j)}{s(T)} \dots\dots\dots (1)$$

$$confidence(r_i \rightarrow c_j) = \frac{s(r_i \cup c_j)}{s(r_i)} \dots\dots\dots (2)$$

$$lift(r_i \rightarrow c_j) = confidence(r_i \rightarrow c_j) / \left(\frac{s(c_j)}{s(T)} \right) \dots\dots\dots (3)$$

실제 클러스터 히트맵을 생성할 때는 평가 지표 중의 하나를 기준으로 행렬의 각 원소 d_{ij} 에 대응되는 값을 정한 후, 이에 따라 해당 원소의 색깔을 바꾸는 경우가 많다. 예를 들어, (2)의 신뢰도를 선택한 경우, 신뢰도가 0.7이상인 원소들만 빨간색으로 표시하거나 하면 이를 보고 관련성이 높은 항목들 간의 관계를 시각적으로 편리하게 식별할 수 있을 것이다. 또한, 검진 결과 데이터에 적용할 때는 이진화된 검진 문항들 중, 문진 문항들을 행 항목 r_1, r_2, \dots, r_m 에, 그리고 검사 문항들을 열 항목 c_1, c_2, \dots, c_n 에 배치하여 이들 간의 관련성을 시각화해볼 수 있다.

한편, 이와 같은 행렬 기반 시각화에서는 행 r_1, r_2, \dots, r_m 및 열 c_1, c_2, \dots, c_n 를 적절히 배열하는 것이 문제가 될 수 있다(Liiv, 2010). 클러스터 히트맵은 이를 해결하기 위해 항목들 간의 유사도(similarity) 또는 비유사도(distance)를 기준으로 계통도를 생성한 후, 이를 기준으로 항목들을 정렬할 뿐만 아니라, <그림 6>의 좌측 및 상단과 같이 행렬 주위에도 이러한 계통도를 추가하여 시각적인 이해를 돕도

록 구성한 것이다. 클러스터 히트맵 작성에 필요한 계통도는 일반적으로 계층형 군집 분석을 통해 생성하며, 이 때 필요한 것은 행 또는 열 항목에 포함된 문항들 간의 유사도 또는 비유사도 측정 방법을 결정하는 것이다. 현재 분석 대상인 검진 결과 데이터에는 이진 문항들이 포함되어 있으므로, (4)와 같은 공기 정보(co-occurrence)로 두 개 문항 간 유사도를 측정하거나, (5)의 자카드(Jaccard) 거리로 이들의 비유사도를 측정할 수 있다(Strehl et al., 1999; 강현경·김준우, 2011).

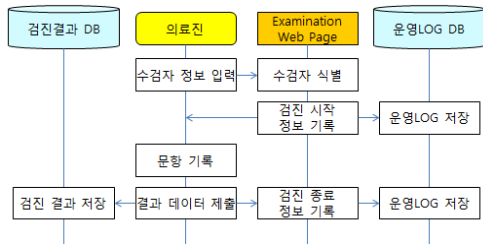
$$sim(r_a, r_b) = support(r_a \cup r_b) = \frac{s(r_a \cup r_b)}{s(T)} \dots\dots\dots (4)$$

$$dist(r_a, r_b) = 1 - \frac{s(r_a \cap r_b)}{s(r_a \cup r_b)} \dots\dots\dots (5)$$

결과적으로, 이상에서 설명한 방법을 통해 검진 결과 데이터를 시각화할 경우, 행렬의 각 원소들을 통해 개별 문진 문항과 검사 항목들 간의 1대 1 관계를 식별할 수 있을 뿐만 아니라, 문진 문항 간 또는 검사 항목 간의 관련성까지 계통도로 표현되기 때문에, 현재 발생하지 않은 증상의 위험 요인에 대해서도 어느 정도 추정해보는 것이 가능할 것으로 기대된다.

3.3 운영 관리 지원 기능

이 외에도 HEMS는 검진 서비스가 진행되는 동안, 개별 수검자들의 서비스 진행 상황을 운영 로그 데이터에 기록하여, 이를 통한 운영 관리 지원을 제공한다. 운영 로그 데이터는 의료진이 수검자를 응대하는 과정에서 수집되며, <그림 7>과 같은 절차를 거쳐 생성된다. 먼저,



<그림 7> 운영 로그 데이터 생성 과정

수검자가 검진 현장에 도착하면 의료진은 해당 수검자의 식별자를 검진 웹페이지에 입력하여 관련 정보를 확인하게 되는데, 이 시각을 응대 시작 시간으로 기록한다. 이후 적절한 응대를 통해 필요한 문항들의 값을 수집 및 입력하는 것을 마치면 해당 검진 장소에서 이 수검자에 대해 관찰 또는 측정된 결과를 등록하여 검진 결과 데이터베이스에 기록하는데, 검진 웹페이지는 이 시각을 응대 종료 시간으로 간주하여, 운영 로그 데이터에 기록한다. <표 4>는 이러한 절차에 따라 생성된 운영 로그 데이터의 예시를 보여주고 있으며, 각 레코드에는 어떤 수검자가 어느 검진 현장을 언제 출입했으며, 어느 의료진이 해당 수검자를 응대했는지가 나타나게 된다. 나아가, 일반적인 테이블 형식 데이터와 달리 로그 데이터를 효과적으로 분석하기 위해서는 이벤트 식별자, 고객 식별자 및 이벤트 발생 시각의 세 가지 필드가 포함되어 있어야 하는데(van der Aalst, 2011), <표 4>에서 검

진 현장 식별자(booth_id), 수검자 식별자(examinee_id), 그리고 시작 및 종료 시각(start_time, finish_time)이 각각 이벤트 식별자, 고객 식별자 및 이벤트 발생 시각에 해당하는 것으로 볼 수 있다.

<표 4>와 같은 운영 로그 데이터가 축적되는 경우, 기본적으로 개별 수검자에 대해 아래와 같은 지표들을 추출할 수 있다. 단, 모든 수검자는 검진 장소 $j(=1, 2, 3, \dots)$ 를 순차적으로 방문한다고 가정한다.

- st_{ij} : 수검자 i 의 검진 장소 j 응대 시작 시각
- ft_{ij} : 수검자 i 의 검진 장소 j 응대 종료 시각
- sd_{ij} : 수검자 i 의 검진 장소 j 응대 소요 시간
- wt_{ij} : 수검자 i 의 검진 장소 j 대기 시간

이 중, sd_{ij} 및 wt_{ij} 의 값은 아래의 식들을 통해 계산할 수 있다.

$$sd_{ij} = ft_{ij} - st_{ij} \dots\dots\dots (6)$$

$$wt_{ij} = st_{ij} - ft_{ij-1} \dots\dots\dots (7)$$

이들을 이용하면 특정 검진 장소 j 에 대해 다음과 같은 값들을 얻을 수 있다. 단, $E_{TF,j}$ 는 특정 시간대 TF 동안 검진 장소 j 에서 응대를 시작한 수검자, 즉, $st_{ij} \in TF$ 인 수검자들의 집합으로 정의한다.

<표 4> 운영 로그 데이터 예시

examinee_id	booth_id	start_time	finish_time	staff_id
1104150010	1	2011-04-15 14:12:32	2011-04-15 14:13:20	s100
1104150010	2	2011-04-15 14:16:18	2011-04-15 14:17:04	s115
1104150015	1	2011-04-15 14:18:32	2011-04-15 14:20:05	s100
1104150010	3	2011-04-15 14:20:38	2015-05-15 14:20:57	s120

$n(E_{TF,j})$: $E_{TF,j}$ 에 속하는 수검자 인원수
 $wt_{TF,j}$: 특정 시간대 TF 동안 검진 장소 j 의 응대 시작에 소요되는 평균 대기 시간
 $sd_{TF,j}$: 특정 시간대 TF 동안 검진 장소 j 의 평균 응대 소요 시간

나아가, $wt_{TF,j}$ 와 $sd_{TF,j}$ 의 값은 아래와 같이 산출한다.

$$wt_{TF,j} = \sum_{i \in E_{TF,j}} (wt_{ij}) / n(E_{TF,j}) \dots\dots\dots (8)$$

$$sd_{TF,j} = \sum_{i \in E_{TF,j}} (sd_{ij}) / n(E_{TF,j}) \dots\dots\dots (9)$$

따라서, 운영 로그 데이터를 이용하여 각 검진 장소들에 대한 기본적인 지표들을 산출할 수 있음을 알 수 있다. 나아가, 검진 서비스가 진행되는 도중 특정 시점에 검진 현장에 대한 현황 정보를 아래와 같이 얻을 수 있다. 단, $EW_{CUR,j}$ 는 현재 검진 장소 j 진입을 위해 대기하고 있는 수검자, 즉, ft_{ij-1} 은 기록되어 있으나, st_{ij} 가 존재하지 않는 수검자들의 집합이고, c_time 은 관찰 당시의 현재 시각을 의미하는 것으로 정의한다.

$n(EW_{CUR,j})$: $EW_{CUR,j}$ 에 속하는 수검자들의 인원수
 $wt_{CUR,j}$: 현재 검진 장소 j 진입을 위해 대기 중인 수검자들의 평균 대기 시간

여기서 $wt_{CUR,j}$ 의 값은 아래처럼 산출된다.

$$wt_{CUR,j} = \sum_{i \in EW_{CUR,j}} (c_time - ft_{ij-1}) / n(EW_{CUR,j}) \dots\dots\dots (10)$$

이와 같은 지표들은 특정 검진 장소 또는 전체 검진 현장의 상황을 살펴보고, 필요한 경우 적절한 조치를 취하는데 사용할 수 있다. 예를 들어, 특정 장소에서 대기 인원이 많아지거나 대기 시간이 길어지는 경우, 원활한 서비스 흐름을 위해 해당 검진 장소에 추가 인력을 투입하거나, 신속한 응대를 지시하는 것이 가능할 것이다. 나아가, 검진 서비스가 종료된 이후에는 전체적인 성과 및 성능을 관리하기 위해 다음과 같은 지표들을 이용한다. 단, $SF_{TF,j}$ 는 특정 시간대 TF 동안 검진 장소 j 에서 응대를 담당한 의료진들의 집합으로 정의한다.

$n(SF_{TF,j})$: $SF_{TF,j}$ 에 속하는 의료진 인원수
 $sd_effect_{TF,j}$: 특정 시간대 TF 동안 검진 장소 j 의 유효 평균 응대 시간
 $sd_effect_max_{TF}$: $sd_effect_{TF,j}$ 최댓값
 $RA_{TF,j}$: 특정 시간대 TF 동안 검진 장소 j 의 기준 도착률
 $RD_{TF,j}$: 특정 시간대 TF 동안 검진 장소 j 의 기준 이탈률
 $RF_{TF,j}$: 특정 시간대 TF 동안 검진 장소 j 의 기준 도착률/이탈률 비율
 $SL_{TF,j}$: 검진 장소 j 의 $sd_effect_max_{TF}$ 대비 여유 시간
 RB : 전체 검진 현장 불균형률

위의 지표들 중, $sd_effect_{TF,j}$, $RA_{TF,j}$, $RD_{TF,j}$, $RF_{TF,j}$, $SL_{TF,j}$, RB 는 각각 다음과 같은 방법들을 통해 산출된다.

$$sd_effect_{TF,j} = sd_{TF,j} / n(SF_{TF,j}) \cdot (11)$$

$$RA_{TF,j} = (sd_effect_{TF,j-1})^{-1} \dots\dots (12)$$

$$RD_{TF,j} = (sd_effect_{TF,j})^{-1} \dots\dots\dots (13)$$

$$RF_{TF,j} = RD_{TF,j}/RA_{TF,j} \dots\dots\dots (14)$$

$$SL_{TF,j} = sd_effect_max - sd_effect_{TF,j} \dots\dots\dots (15)$$

$$RB = \sum_j (SL_{TF,j}) / (n_b \times sd_effect_max) \dots\dots\dots (16)$$

(11)의 유효 평균 응대 시간은 검진 장소 j 의 평균 응대 시간을 담당 의료진 인원수로 나누어 구한 것이며, (12), (13)에서는 검진 장소 j 의 도착률과 이탈률을 각각 이전 검진 장소 및 해당 검진 장소의 유효 평균 응대 시간 역수로 산출한다. 결과적으로 (14)에서는 이들의 비율, 즉, $RF_{TF,j}$ 를 산출하게 되는데, 만약 이 값이 1보다 작은 경우에는 검진 장소 j 의 응대 속도가 $j-1$ 보다 느리기 때문에 서비스가 운영되는 도중 검진 장소 j 에는 많은 대기 수검자가 모이게 될 가능성이 높음을 의미한다. 반대로 $RF_{TF,j}$ 가 1보다 클수록 검진 장소 j 에는 도착하는 고객의 수가 적어 서비스 도중 의도치 않게 업무가 중단되는 일이 발생할 가능성이 높다는 의미이다. 이는 일반 생산 및 제조 현장의 작업장들에서 발생할 수 있는 병목(bottleneck) 및 유흡손실(starvation)의 개념과 동일하다.

이러한 생산 관리 개념을 건강 검진 서비스에도 적용할 수 있는 이유는 건강 검진 역시 수검자들이 복수의 검진 장소를 순차적으로 순회하면서 전체 서비스를 완료하기 때문이며, 생산 현장에 비유하자면, 개별 수검자는 작업물, 검

진 장소는 작업장에 해당한다고 볼 수 있다. 나아가, 실제로 검진 현장의 배치와는 무관하게, 모든 수검자들이 동일한 순서로 검사 장소들을 순회할 경우, 개념적으로 건강 검진 서비스는 일종의 생산 라인(production line) 형태를 갖는 것으로 볼 수 있다. 이에, 식 (15), (16)과 같이 생산 라인에 대한 관리 활동인 라인 밸런싱(line balancing)을 적용하는 것이 가능하다. 생산 라인에서 사이클 타임은 전체 작업장 중 가장 속도가 느린 곳의 작업 시간과 동일하며, 이는 앞에서 $sd_effect_max_{TF}$ 에 해당한다. (15)는 이 값과 각 검진 장소의 유효 응대 시간 차이를 산출하며, 이상적으로 모든 작업장에서 $SL_{TF,j}$ 의 값이 0이 되어야 유흡 또는 수검자의 적체가 발생하지 않는다. 또한, 이는 모든 검진 장소에서 $RF_{TF,j}$ 의 값이 1인 상황과 동일하다. 하지만 현실적으로는 각 검진 장소마다 응대 성능에 편차가 있기 때문에 어느 정도의 불균형이 발생할 수 밖에 없으며, 이러한 불균형의 정도를 측정하는 것이 (16)의 불균형률, RB 이다. RB 의 값은 이상적으로 0이 되는 것이 가장 바람직하나, 검진 현장 내 불균형이 클수록 이 값은 커진다. 이러한 경우에는 검진 장소 별 인력 변동이나 재배치 등을 통해 불균형률을 낮추어지는 것이 바람직하다.

이상에서 설명한 것처럼, <표 4>와 같은 운영 로그 데이터로부터 추출할 수 있는 지표들은 매우 다양하며, 이들은 모두 개별 검진 장소나 의료진 또는 전체 검진 현장에 대한 성과 측정, 현재 상황 모니터링 및 개선 방안 도출을 위해 사용할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 HEMS는 이러한 지표들을 조회하기 위한 대시보드 형태의 웹페이지를 함께 제공하여, 의료진

뿐만 아니라, 수검자나 관리자가 편리하게 조회하는 것을 지원한다.

VI. HEMS 프로토타입 구현

이제, 앞에서 설명한 것과 같은 구조와 기능을 갖는 HEMS의 프로토타입 구현 사례를 소개하고자 한다. 먼저, 개발 및 실행 환경 구축을 위해서는 Apache 웹서버와 MySQL 데이터베이스 관리 시스템을 사용하였고, 실제 모듈이나 화면들은 Java 및 JSP 언어를 통해 작성하였다. 나아가, HEMS에 탑재할 데이터는 2011년 부산 지역 고등학생 278명을 대상으로 실시된 건강검진 결과로부터 수집하였는데, 세부적으로는 당시 사용된 검진 양식을 적절히 분해하여 검진 서비스 데이터베이스에 등록하고, 실제 수검자들의 검진 결과를 HEMS의 검진 결과 데이터베이스에 탑재하였다. 다만, 당시 실시된 단체 건강검진에서는 HEMS와 같은 정보시스템이 활용되지 못하고, 인쇄된 검진 양식을 수검자들에게 배포한 다음 여기에 수기로 검진 결과를 기록하였기 때문에, 운영 로그 데이터는 모의실행을 통해 생성한 데이터를 사용하였다. 또한, 그 외에도 당시 검진 양식에 직접적으로 기록되지 않는 항목들, 예를 들어 검진 서비스에 참여한 의료진들에 대한 정보 등과 같은 부분들은 임의로 데이터를 생성하여 사용하였다.

4.1 검진 서비스 관리 기능

먼저, 검진 서비스 관리 기능을 설계하고 구현하는데 있어서는 실제 건강검진에 사용되었

던 오프라인 검진 양식을 전산화하여 등록한 다음, 실제 검진이 진행될 때, 웹을 통해 필요한 전자 검진 양식을 재구성하여 조회하고 이를 통해 결과 데이터를 입력받을 수 있도록 하는데 주안점을 두었다. 설문 양식을 등록할 때는 기본적으로 <그림 8>의 왼쪽과 같이 문항의 이름, 설명, 검진 장소 및 타입 등에 대한 입력을 통해 각 문항을 먼저 등록한다. 만약, 등록된 문항의 타입이 수치형 또는 문자형인 경우에는 문항만 등록할 수 있으나, <그림 8>의 왼쪽처럼 타입이 카테고리형이면 카테고리 타입이 선택형인지 체크형인지를 설정해야 한다. 나아가, 카테고리형 문항이 등록되면, 즉시, 해당 문항에 대한 보기 항목들을 입력하며, 이를 위해서는 <그림 8>의 오른쪽에서 보이는 것과 같이 문항에 대한 항목들을 순서대로 하나씩 입력해야 한다. 예를 들어, <그림 8>에서는 우식 치아 유무에 대한 문항을 추가하면서 이에 두 개 항목인 ① 없음, ② 있음 중, ①이 등록된 상태에서 ②를 입력 중인 모습이다. 이러한 절차를 완료하면 <그림 9>와 같이 하나의 문항이 등록되고, 필요한 경우 <그림 8>과 유사한 웹페이지를 이용하여 추가 문항을 등록할 수도 있다.

name		type	category
우식 치아		category_type	option
description		*** Variable_Item ***	
홍치 유무 관찰		no	2
document	Document 3	contents	있음
domain	구강검사	추가하기	다시작성 취소
booth	치과	variable_id	code
type	category	173	item261
category_type	option	no	1
추가하기	다시작성	취소	없음

<그림 8> 문항 등록 절차(좌) 및 문항 항목 등록 절차(우) 예시

설문항목수정

variable_id	name	code	description	type
173	우식치아	var173	충치 유무 관찰	category

category	document	domain	booth
option	3	9	9

삭제하기 | 수정하기 | 확인

*** variable_Item List ***

variable_id	code	no	contents
173	item261	1	없음
173	item262	2	있음

수정하기

<그림 9> 완성된 문항 예시

실제 검진 서비스가 진행되는 동안, 의료진은 인터넷을 통해 전자 검진 양식을 이용하게 되며, 이 양식은 앞에서와 같은 절차를 통해 등록된 설문 및 관련 정보들을 적절히 재구성하여 생성된다. 예를 들어, <그림 10>은 치위생 검진 장소에서 이용하는 전자 검진 양식의 예를 보여준다. 가장 상단에서는 검진 장소에 도착한 수검자 식별자를 고객 ID 부분에 입력한 후, 조회 버튼을 눌러, 해당 수검자의 기본 정보, 즉 성명, 성별, 생년월일 등을 조회할 수 있다. 아울러, 조회 버튼 클릭 시, 해당 수검자가 이 검진 장소에 도착했음이 운영 로그 데이터에 기록된다. 수검자에 대한 확인이 되었으면, 검진 장소에 해당하는 문항들에 대한 관찰 또는 측정을 통해 전자 검진 양식에 필요한 내용을 기록하게 되며, 응대가 완료된 경우, 결과 데이터가 기록된 전자 검진 양식을 서버에 전송한다. 이 때, 의료진이 기록한 내용은 검진 결과 데이터에 저장되고, 운영 로그 데이터에는 해당 수검자가 이 검진 장소를 완료했음이 기록된다. 이상에서, HEMS를 이용하여 설문 양식을 유연하게 관리하고, 개별 의료진이 실시간으로 검진 결과를 전산에 입력하며, 검진 현장 운영 관리에 필요한 추가적인 데이터들을 수집할 수도

있음을 알 수 있다.

고객 ID	1104150115
조회	
성명	홍길동
성별	남
생년월일	1992.01.01
직업	고등학교생

우식치아	<input type="radio"/> 없음 <input type="radio"/> 있음	상악 우식치아: <input type="checkbox"/>
		하악 우식치아: <input type="checkbox"/>
우식발생 위험치아	<input type="radio"/> 없음 <input type="radio"/> 있음	상악 우식 발생 위험: <input type="checkbox"/>
		하악 우식 발생 위험: <input type="checkbox"/>
결손치아(영구치에 한함)	<input type="radio"/> 없음 <input type="radio"/> 있음	상악 결손 치아: <input type="checkbox"/>
		하악 결손 치아: <input type="checkbox"/>
구내염 및 연조직 질환	<input type="radio"/> 없음 <input type="radio"/> 있음	질병명: <input type="text"/>
부정교합	<input type="radio"/> 없음 <input type="radio"/> 요교정 <input type="radio"/> 교정중	
구강위생상태	<input type="radio"/> 우수 <input type="radio"/> 보통 <input type="radio"/> 개선요망	
그 밖의 치아 상태	<input type="radio"/> 없음 <input type="radio"/> 과잉치 <input type="radio"/> 유치잔존	

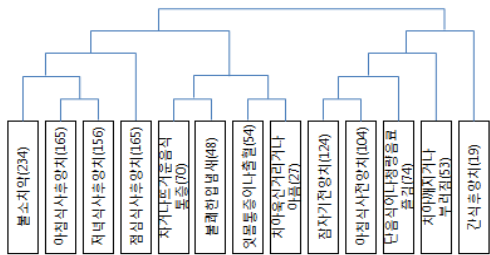
<그림 10> 전자 설문 양식 예시

4.2 결과 데이터 시각화 기능

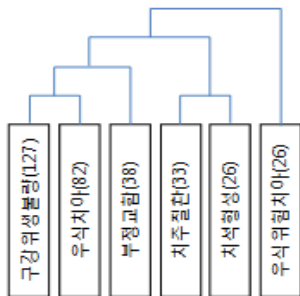
건강검진의 가장 기본적인 목적은 개별 질병이나 증상의 발생 유무를 조사하는 것이다. 하지만 여기서 보다 더 나아가, 현재 관찰되지 않은 항목에 대해서도 어느 정도 탐색 및 예측이 가능해야만 건강관리라는 궁극적인 목적에 좀 더 부합할 수 있는 서비스가 될 것이다. 이에, 본 논문에서 제안하는 HEMS에는 문진 문항과 검사 문항들 간의 관련성을 시각화하는 기능이 포함되어 있고, 세부적으로는 행렬 주위에 계통도가 추가된 클러스터 히트맵을 사용한다.

<그림 11>은 실제 실시된 검진 양식에서 치위생 분야와 관련된 문진 문항들을 추출한 후, (5)의 자카드 거리를 기준으로 병합형 계층 군집 알고리즘을 적용하여 얻은 계통도를 나타내고 있다. 이 때, 병합 기준으로는 완전 링크(complete link)를 사용하였으며, 계통도의 단말(leaf)에는 문진 문항들이 나타나 있다. 아울러, 각 단말의 괄호 안에 표시된 숫자는 총 278명의 수검자들 중, 해당 항목이 관찰되는 사람

들의 인원수를 의미한다. 또한, <그림 12>는 같은 방법으로 생성한 치위생 분야 검사 문항들의 계통도이다. 단, 검사 문항들의 경우 실제 검진 양식에는 보다 많은 문항들이 포함되지만, 대상 수검자가 고등학생들로 한정되다보니 일부 문항(결손치, 치아마모증, 치은출혈및비대, 치주낭 등)들은 발생하는 경우가 거의 없어, 시각화에서 제외되었다. 나아가, <그림 11>, <그림 12>의 계통도에 표시된 문항들 중, 낮은 위치에서 조기에 병합되는 것들일수록 관련성이 높은 문항, 즉, 한꺼번에 발생하는 경우가 많은 문항들임을 의미한다. 예를 들어, <그림 11>의 다섯째, 여섯째 문항들인 “차거나 뜨거운 음식 섭취 시 통증”과 “불쾌한 입냄새”는 상대적으로 함께 발생하기 쉬운 반면, 첫 번째, 열두 번째 문항들인 “불소치약 사용 여부”, “치아 깨지거나 부러짐”은 함께 발생하는 경우가 상대적으로 드물다는 점을 알 수 있다.



<그림 11> 치위생 검진 관련 문진 항목 계통도



<그림 12> 치위생 검진 관련 검사 항목 계통도

이제, 문진 항목들을 행에, 검사 항목들을 열에 배치하면, 클러스터 히트맵을 얻을 수 있다. 특히, <그림 13>은 대응되는 연관 규칙 $r_i \rightarrow c_j$ 의 리프트를 기준으로 행렬의 각 원소 색깔을 지정한 결과를 나타내고 있다. 세부적으로는 리프트 지표의 특성에 따라, 값이 0.9 ~ 1.1 범위로 전향과 후향 사이에 큰 상관관계가 없는 경우에는 흰 색, 값이 1.1~1.2 범위로 어느 정도 양의 상관관계를 보일 때는 옅은 빨강, 1.2 이상으로 강한 상관관계를 보일 때는 진한 빨강으로 나타내었다. 반대로, 리프트 값이 0.8~0.9, 0.8 미만일 때는 각각 옅은 파랑, 진한 파랑을 사용하였다.

	구강위생 상태불량	우식치아	부정교합	치주질환	치석결집	우식우편치아
본소치아						
아침식사후양치						
저녁식사후양치						
정심식사후양치						
치기때기문질						
분쇄한입냄새						
잇몸물증이나출혈						
치아복간거리거나마름						
정사기전양치						
아침식사전양치						
탄음식이나정양음료음료						
치아깨지거나부러짐						
간식후양치						

<그림 13> 치위생 검진 결과 데이터 시각화

이러한 클러스터 히트맵은 관찰자에게 다음과 같은 다양한 사항들을 알려준다. 첫째, 행렬 주위의 계통도를 통해 행 문항 간, 또는 열 문항 간 관련성을 알 수 있다. 예를 들어, “차거나 뜨거운 음식 섭취 시 통증”을 느끼는 수검자가 있다면, <그림 13>의 좌측 계통도를 통해 이와 함께 “불쾌한 입냄새”가 함께 발생하는 경우가 많다는 점을 파악할 수 있을 것이다. 마찬가지로 상단 계통도에서는 검사 문항 중, “구강위생 상태 불량”, “우식 치아”, “부정교합” 등이 관련성이 높아, 이들 중 한 가지 이상의 증상이 나타나는

경우, 다른 증상에 대해서도 주의가 필요함을 볼 수 있다. 둘째, 클러스터 히트맵의 정의에 따라, 행렬의 각 원소를 이용하여 개별 행 문항-열 문항 간 관련성을 식별할 수 있다. <그림 13>에서 파란색은 음의 상관관계, 빨간색은 양의 상관관계를 나타내므로, 두 번째 행의 원소들을 통해 “아침식사후 양치”를 통해 “구강위생 상태 불량”, “우식치아” 등의 증상을 어느 정도 예방할 수 있음을 볼 수 있다. 이와 비슷하게, 여섯 번째 행은 “불쾌한 입냄새”가 “우식 치아”나 “우식 위험 치아”의 징후가 될 수 있음을 암시한다. 셋째, 행렬의 각 원소 및 주변의 계통도를 이용하면, 직접적인 관련성이 크지 않은 행 문항-열 문항 간 관련성도 어느 정도 짐작이 가능하다. 예를 들어, 문진 문항 중 “불쾌한 입냄새”를 자각하는 수검자가 “차거나 뜨거운 음식 섭취 시 통증”은 느끼지 않는 상황을 가정해보자. 이는 실제로 해당 수검자가 통증과 관련된 문제를 갖고 있지 않는 경우일 수도 있고, 통증과 관련된 문제가 있지만 자각하는 정도가 크지 않거나, 문진 당시 응답을 정확하게 하지 못한 경우일 수도 있을 것이다. 나아가, 치위생 검진 결과, 이 수검자가 현재 구체적인 질환을 하나도 가지고 있지 않아, 모든 검사 문항들에 대해 “없음”이 기록되었다고 가정하자. 앞에서 언급하였듯이, 일반적인 건강검진에서는 구체적인 증상의 발견 여부가 가장 큰 관심사이기 때문에 이와 같은 수검자에 대한 피드백을 관심 있게 다루지 않는다. 물론, 문진 문항 중 “불쾌한 입냄새”가 기록되었지만, 검사 문항에 비해 이들의 비중은 상대적으로 낮아, “전문의와 상담 요망” 등과 같이 개별 수검자에 맞춤형되지 않은 일반적인 내용의 조언 정도만 제공되기

쉽다. 반면, <그림 13>과 같이 검진 결과를 시각화한 경우, 보다 체계적이고 맞춤형 피드백이 가능할 것이다. 최우선적으로, 행렬의 여섯 번째 행을 보았을 때, 이 수검자는 “우식 치아”나 “우식 위험 치아”에 대한 주의가 필요하다. 또한, 현재 문진 문항과 직접적인 관련은 크지 않으나, 상단 계통도에서 “우식 치아”와 관련성이 높은 “구강위생 상태 불량” 문제가 앞으로 발생할 가능성이 있으며, 이와 유사하게, 하단 계통도에서 “불쾌한 입냄새”와 관련 있는 “차거나 뜨거운 음식 섭취 시 통증”과 상관관계가 높은 “치주질환” 및 “치석형성”에 대해서도 관리하는 것이 바람직할 것이다.

이상에서 보듯이, 차원이 높고 복잡한 구조를 갖는 검진 결과 데이터라 하더라도 적절한 시각화를 통해, 개개인의 건강 관리 및 건강 증진이라는 건강검진의 궁극적인 목적에 부합하는 다양한 정보들을 추출할 수 있음을 알 수 있다. 다만, 현재 <그림 13>의 클러스터 히트맵은 다음과 같은 문제점들을 갖고 있어, 향후 실제로 활용하기 위해서는 시각화 절차 및 방법의 개선이 필요할 것으로 생각된다.

먼저, 생활 습관 중 양치와 관련된 “아침 식사후 양치”, “저녁 식사후 양치”, “점심 식사 후 양치”, “잠자기 전 양치” 등의 문진 문항들이 대부분 검사 문항 “치주 질환” 및 “치석 형성”과 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타나고 있는데, 이는 자칫, 양치를 부지런히 할수록 “치주 질환”이나 “치석 형성”에 부정적인 영향이 나타나는 것으로 오인될 수 있다. 그러나, 이는 데이터 전처리 과정에서의 문제로 생각된다. 즉, 양치와 관련된 문항들은 상호 간의 상관관계가 어느 정도 존재하여, 아침 식사 전에 양치

를 하는 사람은 대신 아침 식사 후 양치를 잘 하지 않는다거나 하는 경향이 있을 수 있어, 시각화 전 데이터 전처리 과정에서 이를 반영하는 것이 필요할 것이다. 두 번째 문제는 문항들의 구성이다. 원론적으로 말해, 본 논문에서 제안하는 클러스터 히트맵 기반 시각화는 문진 문항과 검사 문항들이 각각 원인과 결과에 해당한다는 가정 하에 데이터를 처리한다. 반면, <그림 13>에서 문진 문항 중, 양치와 관련된 문항이나 “단 음식이나 청량음료 즐김”, “불소 함유 치약 사용” 등과 달리 “잇몸 통증이나 출혈”과 같은 문항은 실질적으로 질환이나 증상, 즉, 결과 문항에 가까운 특성을 갖는다. 물론, 계통도를 통해 이러한 점을 어느 정도 보완할 수는 있으나, 향후에는 단순히 문진 문항과 검사 문항으로 나누기보다, 각 문항의 특성을 고려하여 원인 문항과 결과 문항으로 분리하는 방법도 고려할 필요가 있을 것으로 보인다.

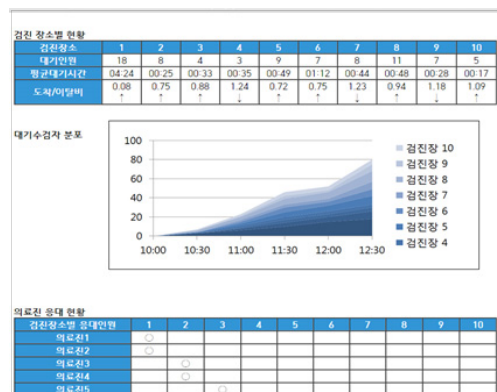
4.3 운영 관리 지원 기능

HEMS의 운영 관리 지원이란 검진 서비스를 진행하면서 수집한 운영 로그 데이터를 모니터링, 측정, 평가 및 개선 등의 다양한 관리 목적으로 활용하는 것을 의미한다. 실제로 이러한 활용 방법은 매우 다양하겠으나, 본 논문에서는 검진 현황 모니터링 및 검진 서비스 성과 평가의 두 가지에 대해 간단히 소개하고자 한다.

<그림 14>는 검진 서비스가 진행되는 도중, 특정 시점에 검진 현장의 운영 현황을 모니터링한 결과 예시이다. 상단에는 세부 검진 장소 별로 현재 대기 수검자 인원 및 이들의 평균 대기시간, 도착/이탈비가 표시되어 있다. 따라서,

개별 검진 장소를 일일이 방문하지 않고도 각 검진 장소의 혼잡한 정도 및 응대 성능을 알아보고, 대기인원이나 대기시간이 급증한 검진 장소에는 대체 인력 투입을 지시하거나, 수검자들이 해당 부스를 우회하도록 안내하는 등의 활용이 가능하다. 화면 중간에는 서비스가 진행 도중 각 검진 장소 대기인원의 변화 추이가 나타나 있으며, 이를 통해 병목 현상이 시작되는 장소를 찾거나, 만성적인 적체 또는 상대적인 유희가 발생하는 곳을 탐색해볼 수 있다. 나아가, 하단에는 각 의료진이 시스템에 로그인한 후, 어느 검진 장소에서 응대를 하고 있는지를 표시하여 정해진 인력이 정해진 장소에 정상적으로 투입되고 있는지 여부를 확인할 수 있다.

<그림 15>는 검진 서비스가 완료된 이후, 전체적인 서비스 성과를 집계해보는 화면의 예시이다. 상단에는 지정된 기간 동안 각 검진 장소에 투입된 응대 인원, 평균 응대시간, 평균 대기시간, 도착/이탈비 등이 집계되어 있고, 중간에는 유효 평균 응대시간의 현황과 함께 이를 기준으로 산출한 라인 불균형률이 나타난다. 또한, 화면 하단에는 각 의료진의 성과를 요약하여 나타내, 의료진에 대한 평가 및 향후 재배치



<그림 14> 검진 현황 모니터링 예시

등의 목적으로 활용하는 것이 가능하다.

검진 서비스 및 검진 결과 데이터와 달리, 운영 로그 데이터의 경우, 실제 측정 대신 모의 실행을 통해 생성된 자료를 사용하였고, 이러한 한계로 인해 <그림 14>, <그림 15>에는 운영 관리 지원 기능의 개념과 함께 간단한 활용 예만 나타나 있다. 그러나, 앞으로 건강검진 서비스에 대한 운영관리가 활성화될 경우, 보다 다양한 형태로 발전할 여지가 많을 것으로 기대되며, 특히, 운영관리자 뿐 아니라, 검진 현장을 방문한 수검자들에게도 우회경로나 남은 대기 시간 및 전체 검진 서비스 완료에 소요되는 시간 등과 같은 다양한 정보를 제공하는 것이 가능해질 것으로 보인다. 나아가, <그림 14>, <그림 15>에서는 운영 로그 데이터에 기록된 내용을 요약 및 집계하여 보여주는 데에만 초점을 맞추고 있으나, 향후에는 보다 발전된 형태의 의사결정지원 기능이 추가될 수도 있을 것이다. 예를 들어, <그림 15>에서는 단순히 현재와 같은 서비스 구성이 갖는 불균형률을 집계하여 보여주지만, 개별 검진 장소에서 다루는 문항들의 재구성 또는 각 검진 장소 투입 인원

조정 등을 통한 최적화가 가능해지면, 장기적으로 보다 편리하고 경쟁력 있는 단체 건강검진 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

V. 결론 및 향후 연구과제

정기적인 건강검진이 매우 중요하다는 인식이 널리 퍼진 데 반해, 건강검진 서비스의 효율적인 운영에 대한 연구나 개발은 그 동안 많이 이루어지지 않았다. 특히, 실제로 위급한 환자를 다루거나, 개별 증상에 대한 치료 또는 조치가 이루어지는 것이 아니기 때문에 건강검진은 병의원의 핵심적인 기능으로 여겨지지 않는 경향이 있다. 그러나, 개개인의 건강관리에 대한 관심이 높아지고 의료 산업 분야에서도 경쟁이 심화되면서 향후에는 여타의 보건의료 업무와 같이 건강검진 분야에서도 체계적인 운영 관리의 중요해질 것으로 생각된다.

본 논문에서는 이러한 단체 건강검진 서비스 운영 과정에서 발생하는 여러 가지 불편함 및 비효율을 개선하기 위해, 웹 기반 통합 운영 관리 시스템인 HEMS를 설계하고 그 프로토타입을 구현하였다. 먼저, 다수의 고객들에 대해 여러 검진 장소에서 많은 문항들에 대한 측정 및 관찰이 이루어지기 때문에, 기본적으로 검진 양식 및 검진 결과 데이터를 전산화하여 관리하는 것이 필요하며, 이는 HEMS의 검진 서비스 관리 기능에 의해 지원된다. HEMS를 통해 환자 데이터의 일원화 및 검사의 신속화, 검진 결과 데이터의 효율적 전달 및 이용이 가능하며 데이터를 전산화함으로써 의료진의 업무 부담이 경감될 수 있다. 뿐만 아니라 병원 경영 측면



<그림 15> 검진 서비스 성과 평가 예시

에서 행정 업무의 상호 연관성을 갖고 신속, 정확한 처리가 가능하며 업무의 신속한 처리로 환자 수 및 수익 증가에 도움을 줄 수 있다. 나아가, 본 논문에서는 효과적인 서비스를 위해 검진 결과 데이터에 대한 시각화 및 검진 현장 운영 관리와 같은 부가 기능들이 필요하다는 점을 지적하고, 이들을 실현하기 위한 데이터 수집 방법이나 분석 절차 및 사용자 인터페이스 등을 개발하였다. 이러한 HEMS의 세부 내용들은 향후 건강검진 서비스 개선 활동 및 이와 관련된 연구 개발에 많은 시사점을 제공할 것으로 기대된다.

반면, 본 연구에서는 HEMS의 기본적인 측면에 대해서만 다루었기 때문에, 설계 및 구현 내역에 몇 가지 한계점들이 있어, 이들에 대해서는 앞으로도 추가적인 연구 개발이 필요하다. 먼저, 본 논문에서 제안한 검진 결과 데이터 시각화 기능은 이진 문항들만을 고려하기 때문에 수치형 문항에 적용하는 것이 곤란하다. 물론, 실제로 대다수의 검진 문항들은 이진 문항이거나, 간단히 이진화가 가능하지만, 보다 폭넓은 활용을 위해서는 수치형 문항을 적절히 고려할 수 있는 시각화 기능의 개발이 바람직할 것이다. 나아가, 시각화는 관찰자에게 폭넓은 정보를 직관적으로 제공할 수 있는 반면, 인간의 판단에 의존해야 하는 측면이 있다. 또한, 건강검진 서비스에서는 다수의 수검자를 다루고, 검진 결과 통지와 같이 문서화된 피드백도 필요하기 때문에, 검진 결과를 토대로 개별 수검자에 대한 상세 피드백을 자동으로 생성하는 것과 같이, 보다 편리한 의사결정 지원을 위한 정량적인 데이터 분석 역시 중요할 것이다.

이 외에도, 본 논문에서는 모든 수검자들이

동일한 순서로 여러 검진 장소들을 순회하는 것으로 가정하고, 전자 검진 양식에서 개별 수검자 확인 및 검진 결과 제출이 발생하는 시점을 응대 시작 및 종료 시각으로 기록하였다. 반면, 실제로는 상황에 따라 수검자들의 방문 순서 변경이 허용되는 경우도 있어, 검진 로그 데이터로부터 다양한 지표를 산출할 때 이 점을 고려하는 것이 바람직할 것이다. 아울러, 수검자들의 행태에 대해서도 보다 자세한 내용을 기록하여 활용할 필요가 있다. 예를 들어, 현재는 방문 순서가 고정되어 있다고 가정하고, 이전 검진 장소의 종료 시각과 다음 검진 장소의 시작 시각을 이용하여 검진 장소 별 대기 시간을 측정하였는데, 수검자가 의료진과 대면하는 시각이 아닌, 검진 장소 대기를 시작하는 시각을 기록한다면 보다 정확하게 대기 시간을 측정할 수 있다. 다만, 대기 시작 시점은 의료진이 직접적으로 관찰하는 것이 아니기 때문에, 개별 수검자가 대기 장소에 도착하는 시각을 자동으로 측정할 수 있는 수단이 필요하다. 이 경우에는 RFID(radio frequency identification)나 NFC(near field communication) 또는 다양한 센서 네트워크 기술이 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

끝으로, 건강검진은 다양한 세부 절차로 구성된 서비스 시스템으로 볼 수 있어, 검진 항목이나 검진 장소의 구성 및 배치, 의료진 인원 결정과 같은 다양한 측면에서 최적화된 의사결정이 필요하다. 그러나, 제조업 또는 다른 서비스 산업에서와 달리, 보건의료 분야, 그 중에서도 건강검진 서비스에는 이러한 개념이 많이 활용되지 않았다. 따라서, 본 논문의 저자들은 앞으로도 HEMS의 운영 관리 지원 기능을 개

선하여, 효과적으로 최적화된 건강검진 서비스를 설계하는 것을 지원하기 위한 연구 개발을 지속할 계획이다.

참고문헌

- 강현경, 김준우, “집단 건강검진을 위한 계층군 집 기반 개인화 피드백 시스템,” 한국지식정보기술학회논문지, 제6권, 제4호, 2011, pp.103-112.
- 김준우, 이상철, 박상찬, “류머티스 환자 이력 데이터에 기반한 환자 플로우 모니터링 시스템,” 한국콘텐츠학회논문지, 제14권, 제10호, 2014, pp.10-19.
- 장영일, 정유수, 김경환, “진료과목에 따른 병원 웹사이트의 의료정보 품질과 사용성, 태도, 만족의 구조적 관계에 관한 연구,” 정보시스템연구, 제19권, 제1호, 2010, pp.35-61.
- 정희태, 박화규, “중소 의료기관 경영성과 제고를 위한 실증적 사례연구: 균형성과표와 시스템다이나믹스를 중심으로,” 정보시스템연구, 제20권, 제3호, 2011, pp.25-40.
- 최은진, “수요자 중심의 국가 건강검진 사업 운영 방안,” 보건복지포럼, 제163호, 2010, pp.16-26.
- Agha, L., “The effects of health information technology on the costs and quality of medical care,” *Journal of Health Economics*, Vol.34, 2014, pp.19-30.
- Agrawal, R., Imielinski, R., and Swami, R., “Mining associations between sets of items in massive databases,” *Proceedings of the ACM-SIGMOD 1993 International Conference on Management of Data*, 1993, pp.207-216.
- Agrawal, R., and Srikant, R., “Fast algorithms for mining association rules,” *Proceedings of the International Conference on Very Large Databases*, 1994, pp.125-131.
- Blum, T., Padoy, N., Feußner and Navab, N., “Workflow mining for visualization and analysis of surgeries,” *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, Vol.3, No.5, 2008, pp.379-386.
- Cazzaniga, S., and Fischer, S., “How ICH uses organizational innovations to meet challenges in healthcare management: a hospital case study,” In *Challenges and Opportunities in Health Care Management*, Springer, 2015, pp.355-561.
- Chaudhry, B., Wang, J., Wu, S., Maglione, M., Mojica, W., Roth, E., Morton, S. C., and Shekelle, P. G., “Systematic review: impact of health information technology on quality, efficiency, and costs of medical care,” *Annals of Internal Medicine*, Vol.144, No.10, 2006, pp.742-752.
- Day, W. H. E., and Edelsbrunner, H., “Efficient algorithms for agglomerative hierarchical clustering method,” *Journal of Classification*, Vol.1, No.1, 1984,

- pp.7-24.
- Gang, A. X., Adhikari, N. K., McDonald, H., Rosas-Arellano, M. P., Devereaux, P. J., Beyene, J., Sam, J., and Haynes, B., "Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review," *Journal of the American Medical Association*, Vol.293, No.10, 2005, pp.1223-1238.
- Guenoche, A., Hansen, P., and Jaumard, B., "Efficient algorithms for divisive hierarchical clustering," *Journal of Classification*, Vol.8, No.1, 1991, pp.5-30.
- Hillestad, R., Bigelow, J., Bower, A., Girosi, F., Meili, R., Scoville, R., and Taylor, R., "Can electronic medical record systems transform health care? potential health benefits, savings, and costs," *Health Affairs*, Vol.24, No.5, 2005, pp.1103-1117.
- Hung, S. Y., Hung, W. H., Tsai, C. A., and Jiang, S. C., "Critical factors of hospital adoption on CRM system: organizational and information system perspectives," *Decision Support Systems*, Vol.48, No.4, 2010, pp.592-603.
- Jhun, H. J., Cho, S. I., and Park, J. T., "Changes in job stress, musculoskeletal symptoms, and complaints of unfavorable working conditions among nurses after the adoption of a computerized order communication system," *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol.77, No.5, 2004, pp.363-367.
- Koh, H. C., and Tan, G., "Data mining applications in healthcare," *Journal of Healthcare Information Management*, Vol.19, No.2 2011, pp.65-72.
- Kweon, S., Kim, Y., Jang, M.-J., Kim, Y., Kim, K., Choi, S., Chun, C., Khang, Y.-H., and Oh, K., "Data resource profile: the Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES)," *International Journal of Epidemiology*, Vol.43, No.1, 2014, pp.69-77.
- Li, J., Fu, A. W. C., He, H., Chen, J., Jin, H., McAullay, D., Williams, G., Sparks, R., and Kelman, C., "Mining risk patterns in medical data," *Proceedings of the 11th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery in Data Mining*, 2005, pp.770-775.
- Liiv, I., "Seriation and matrix reordering methods: an historical overview," *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*, Vol.3, No.2, 2010, pp.70-91.
- Liu, G., Suchitra, A., Zhang, H., Feng, M., Ng, S. K., and Wong, L., "AssocExplorer: an association rule visualization system for exploratory data analysis," *Proceedings of the 18th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2012, pp.1536-1539.

- Lovis, C., "Clinical information systems: cornerstone for an efficient hospital management," *Studies in Health Technology and Informatics*, Vol.169, 2011, pp.992-995.
- Maciosek, M. V., Coffield, A. B., Edwards, N. M., Flottemesch, T. J., Goodman, M. J., and Solberg, L. I., "Priorities among effective clinical preventive services: results of a systematic review and analysis," *American Journal of Preventive Medicine*, Vol.31, No.1, 2006, pp.52-61.
- Mans, R. S., Schonenberg, M. H., Leonardi, G., Panzarasa, S., Cavallini, A., Quaglini, S., and van der Aalst, W. M. P., "Process mining techniques: an application to stroke care," *Studies in Health Technology and Informatics*, Vol.136, pp.573-578, 2008.
- Mansoori, B., Erhard, K. K., and Sunshine, J. L., "Picture archiving and communication system (PACS) implementation, integration and benefits in an integrated health system," *Academic Radiology*, Vol.19, No.2, 2012, pp.229-235.
- Obenshain, M. K., "Application of data mining techniques to healthcare data," *Infection Control and Hospital Epidemiology*, Vol.25, No.8, 2004, pp.690-695.
- Oyebode, O., and Mindell, J. S., "A review of the use of health examination data from the health survey for England in government policy development and implementation," *Archives of Public Health*, Vol.72, No.24, 2014.
- Palaniappan, S., and Awang R., "Intelligent heart disease prediction system using data mining techniques," *Proceedings of the IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications*, 2008, pp.108-115.
- Park, D. K., Jung, E. Y., Jeong, B. H., Moon, B. C., Kang, H. W., Tchah, H., Han, G. S., Cheng, W. S., and Lee, Y. H., "Smart information system for Gachon university Gil hospital," *Healthcare Informatics Research*, Vol.18, No.1, 2012, pp.74-83.
- Romero, M. J., and Stafford, R. S., "Electronic health records and clinical decision support system: impact on national ambulatory care quality," *Archives of Internal Medicine*, Vol.171, No.10, 2011, pp.897-903.
- Strehl, A., Gupta, G. K., and Chosh, J., "Distance based clustering of association rules," *Proceedings of ANNIE 1999*, ASME Press, 1999, pp.759-764.
- Tan, P. N., Steinbach, M., and Kumar, V., *Introduction to data mining*, Addison-Wesley, 2005.
- Tang, P. C., Ash, J. S., Bates, D. W., Overhage, J. M., and Sands, D. Z., "Personal health records: definitions, benefits, and strategies for overcoming barriers to adoption," *Journal of the American*

Medical Informatics Association, Vol.13,
No.2, 2006, pp.121-126.

Tsumoto, S., Hirano, S., and Tsumoto, Y.,
“Information reuse in hospital
information systems: a data mining
approach,” *Proceedings of the IEEE
International Conference on Information
Reuse and Integration*, 2011, pp.172-176.

van der Aalst, “Process mining,” Springer, 2011.

Wilkinson, L., and Friendly, M., “The history of
the cluster heat map,” *The American
Statistician*, Vol.63, No.2, 2009,
pp.179-184.

정성욱(Jeong, Sung-Wook)



2014년 동아대학교에서 산
업경영공학 학사학위를 취득하
였고 현재 동아대학교 산업경
영공학과 석사과정에 재학 중
이다. 주요 관심분야는 생산 및
운영관리, 메타 휴리스틱 알고
리즘 등이다.

김준우(Kim, Jun-Woo)



2009년 KAIST 산업 및 시스
템공학과에서 박사학위를 취득
하였고 2011년부터 현재까지
동아대학교 산업경영공학과 조
교수로 재직 중이다. 주요 관심
분야는 데이터마이닝, 인공지
능, 지능형 시스템, 조합최적화
및 메타 휴리스틱 알고리즘 등이다.

<Abstract>

Design and Implementation of the Integrated Management System for Mass Health Examination Operations Management

Jeong, Sung-Wook · Kim, Jun-Woo

Purpose

The healthcare services have drawn so much public attention, and many organizations such as schools and companies require the individuals to undergo the periodic health examination. In general, however, the mass health examination services are not managed in systematic way, and both examinees and medical staffs often experience much inconvenience while preparing, undergoing and managing the services. To address such problems, this paper aims to design the Health Examination Management System (HEMS), an integrated management system for mass health examination operations management, and implement its prototype.

Design/methodology/approach

First of all, HEMS enables the medical staffs to efficiently collect and manage the examination result data by supporting examination service management. Second, the users can efficiently analyze the cause-and-effect relationships among the examination items by using the visualization tool of HEMS based on the cluster heat map. Finally, the HEMS provides the operational supports for evaluating and managing the service performances.

Findings

The HEMS indicates that the conventional operations management approaches can be incorporated into the mass health examination services, and it is expected that the proposed system enables the examinees and the medical staffs to participate in such services in more efficient way.

Keywords: healthcare, health examination, data mining, visualization, service operations management

* 이 논문은 2015년 5월 20일 접수, 2015년 6월 11일 1차수정, 2015년 6월 14일 게재 확정되었습니다.