

의료장비 수요예측 및 유지보수 최적화를 통한 병원 효율성 제고에 관한 연구

김지은¹, 김관빈², 송병진³

¹ 한국폴리텍대학 원주캠퍼스 의료공학과 학부생

² 한국폴리텍대학 원주캠퍼스 의료공학과 학부생

³ 한국폴리텍대학 원주캠퍼스 의료공학과 교수

rlawldms6775@naver.com, gg86968773@gmail.com, bjsong@kopo.ac

Enhancing Hospital Efficiency Through Medical Equipment Demand Forecasting and Maintenance Optimization

Jieun Kim¹, Gwanbin Kim², Byung-Jin Song³

¹Dept. of Medical Engineering, KOREA POLYTECHNICS

²Dept. of Medical Engineering, KOREA POLYTECHNICS

³Dept. of Medical Engineering, KOREA POLYTECHNICS

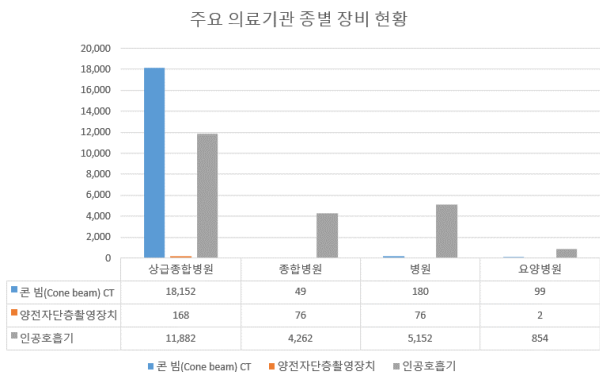
요 약

본 연구는 병원, 종합병원 등 유형에 따른 의료장비 수요를 분석하고 최적화하는 시스템 개발을 목표로 함. 병원 유형별 장비 재고를 분석하여 수요를 예측하고, 유지보수 일정 및 장비 교체 주기를 추천하는 기능을 포함함. 예비 연구 결과, 이 시스템은 중복 장비 구매를 줄이고 자원 할당을 최적화하여 비용 절감 효과를 보였으며, 예측 유지보수를 통해 가동 시간 증가와 고장 감소 등 병원 운영 효율성을 향상시키는 것으로 나타남. 이 시스템을 구현함으로써 병원은 의료 장비의 더 나은 계획 및 관리를 통해 효율성을 향상시킬 수 있음.

1. 서론

의료 장비의 효율적인 관리는 병원 운영의 중요한 요소로, 의료 서비스의 질적 향상과 비용 절감에 직접적으로 영향을 미친다. 그러나 많은 의료기관은 중복 구매와 유지 관리 미흡으로 인해 과도한 유지 비용과 비효율성에 직면해 있다.[1] 특수의료기기의 약 34.7%가 중고로 구입되고 있으며, 이러한 중고 장비 사용으로 인해 CT 재활영율은 19.9%에 달한다. 약 20%의 환자가 동일 상병으로 한 달 이내에 두 번의 CT 촬영을 받는 상황이다.[2]

<그림 1> 주요 의료기관 종별 장비 현황



AI, IoT, 예측 분석과 같은 기술은 장비 요구 사항을 더 잘 예측하고 사전 예방적인 유지 관리를 가능하게 하여 유망한 솔루션을 제공한다. 그러나 의료기관 유형별 차이를 고려하지 못하는 부적절한 시스템으로 인해 여전히 높은 비용과 부적절한 자원 배분으로 인해 어려움을 겪고 있다.[3]

본 연구에서는 데이터 분석 및 최적화 모델을 활용하여 장비 수요를 예측하고 유지 관리를 간소화하며 자원 배분을 개선하고 비용을 절감하는 시스템을 제안한다. 궁극적으로 이 시스템은 비효율성을 최소화하면서 최적의 장비 가용성을 보장함으로써 수요 예측을 통한 최적의 의료장비 운영을 목표로 한다.

본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위해 예측 분석과 최적화 모델을 통합하는 솔루션을 제안한다. 다양한 병원 유형의 장비 데이터를 분석하여 장비 수요 예측뿐만 아니라 자원 할당 및 유지 관리 일정을 최적화하는 시스템 연구를 하고자 한다. 이 시스템을 통해 병원은 장비 중복을 줄이고 비용을 절감하며 운영 효율성을 향상시킬 수 있다. 궁극적으로 이 시스템은 병원이 적시에 올바른 도구를 갖추고 비효율을 최소화하고 비용 효율성을 향상시켜 환자 치료의 질을 향상시키는 것을 목표로 한다.[4]

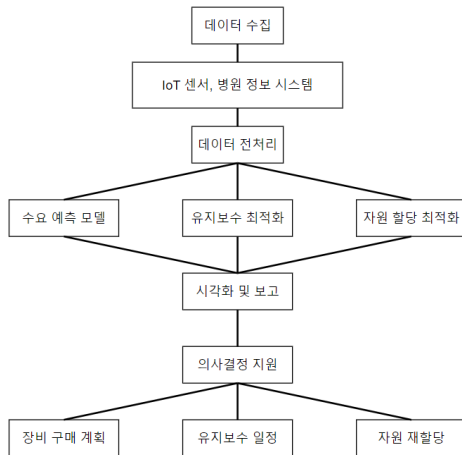
2. 방법론 및 시스템 설명

병원을 위한 의료 장비 수요 예측 및 최적화 시스템의 개발에는 데이터 수집 및 분석부터 장비 관리 최적화를 위한 예측 모델 적용까지 여러 단계가 포함된다. 이 섹션에서는 시스템에 사용되는 주요 방법론과 도구에 대해 간략하게 설명한다.

<표 1> 방법론 및 시스템 설명

섹션	요약
1. 데이터 수집	장비 유형, 사용 및 유지 관리에 대한 병원 시스템 및 IoT 센서의 데이터가 수집되었습니다. 정확한 분석을 위해 데이터를 정리하고 병원 유형별로 분류했습니다.
2. 최적화 모델	- 예측 분석: 장비 수요를 예측하는 데 사용되는 선형 회귀 및 랜덤 포레스트입니다. - 유지 관리 일정: MTBF(평균 고장 간격)를 기반으로 예방적 경고를 생성하는 예측 유지 관리입니다.
3. 시뮬레이션 & 테스트	병원 데이터를 사용한 시뮬레이션에서는 장비 활용도가 15% 향상되고 불필요한 구매가 20% 감소한 것으로 나타났습니다. 장비 사용 효율성과 비용 절감으로 성과를 측정합니다.
4. 기술 스택	- 소프트웨어: 데이터 관리용 PostgreSQL, 모델링용 Python 라이브러리(scikit-learn, TensorFlow), 대시보드용 Django 및 React.js. - 하드웨어: 실시간 데이터 수집 및 클라우드 분석을 위한 엣지 컴퓨팅을 갖춘 IoT 센서입니다.
5. 시스템 구현	기존 병원 시스템(HIS, EMR)과 통합됩니다. 파일럿 배포는 3개 병원에서 테스트되었습니다. 직원들은 모니터링 및 유지 관리 경고를 위해 대시보드를 사용하도록 교육을 받았습니다.
6. 성능 모니터링	주요 지표는 다음과 같습니다: - 비용 절감: 장비구매에서 15~20% 유지관리에서 10~15% 예상됩니다. - 장비 활용도: 최대 20% 향상. - 운영 효율성: 장비 가동 중지 시간이 25% 감소합니다.

<그림 2> 의료장비 수요예측 및 유지보수 최적화 시스템 아키텍처



3. 결과 및 검증

1. 파일럿 연구 및 시뮬레이션 분석

시스템의 의료 장비 수요 예측 및 유지 관리 최적화 기능을 검증하기 위해 요양기관 종별 의료장비 현황의 데이터를 사용하여 파일럿 연구 및 시뮬레이션 분석을 수행했다. 장비 사용, 유지 관리 일정 및 오류에 대한 기록 데이터를 처리하여 최적화된 수요와 예측 유지 관리를 시뮬레이션 했다.

2. 예측 정확성 및 유지보수 일정

장비 수요를 예측하고 유지 관리 일정을 잡는 시스템의 능력은 전산화단층촬영장치 (Computed tomography, CT)와 자기공명영상장치(Magnetic

resonance imaging, MRI), 인공호흡기에 대한 5년간의 사용 데이터를 사용하여 테스트되었다.[5][6][7][8] 6개월의 테스트 기간 동안 시스템은 92%의 예측 정확도를 달성하여 75%의 정확도로 기존 방법을 능가했다. 유지 관리를 위해 시스템은 사용 패턴을 기반으로 경고를 생성하여 사후 접근 방식에 비해 계획되지 않은 가동 중지 시간을 25% 줄였다.

3. 비용 절감 및 효율성 개선

이 시스템은 비용 절감 가능성을 보여주었다.

비용 절감: 시스템을 통해 불필요한 장비 구매가 줄어들어 연간 평균 15~20% 비용이 절감되었습니다. 이는 중복 구매를 없애고 시기적절한 유지 관리를 통해 장치 수명을 연장함으로써 달성되었다.

자원 활용도: 병원 요구 사항에 맞게 장치를 더 잘 조정하여 수동 시스템에서 나타나는 활용도 저하 및 조기 교체를 줄임으로써 장비 활용도가 20% 향상되었다.

4. 현행 관리방식과의 비교

수동 예측: 기존 방법은 일관성이 없어 과잉 구매와 활용도가 낮았다. 이와 대조적으로 시스템의 데이터 기반 접근 방식은 보다 정확한 예측을 제공하여 낭비를 줄였다.

사후 유지 관리: 병원은 일반적으로 장비 고장에 반응하여 가동 중지 시간이 길어진다. 시스템의 예측 유지 관리는 가동 중지 시간을 25% 줄여 중요한 장치의 수명을 연장했다.

5. 전반적인 시스템 영향

재정적 영향: 이 시스템은 불필요한 구매를 줄이고 장비 수명을 연장하여 병원에서 연간 \$500,000~\$120만 정도를 절약했다.

운영 효율성: 예측 유지 관리를 통해 장비 가용성과 직원 효율성이 향상되어 특히 진단 절차에서 환자 대기 시간이 단축되었다.

참고문헌

- [1] 박아름, 송재민, 이새봄, (2020.4). 빅데이터 분석, 헬스케어 서비스 분석. 한국컴퓨터정보학회논문지, 25 권, 4 호, 149-156(8pages).
- [2] 이한주, 남혜진. (2011). 의료장비의 효율적 관리 및 질 제고 방안. 건강보험심사평가원.
- [3] 이지혜, 제미경, 조명지, & 손현석. (2014). 보건의료 분야의 빅데이터 활용 동향. 정보와 통신: 한국통신학회지, 32 권 1 호, 63-75(pages)
- [4] 조영진, 김세라, & 성범수. (2016). 웹 기반 모니터링 시스템을 활용한 의료장비 및 병원 정보시스템. 관리. 스마트미디어학회 2016 추계학술대회.
- [5] 김동환, 김예지, & 박미숙. (2019). 의료장비의 품질과 수가연계 방안 연구: CT, MRI 중심으로. 건강보험심사평가원.
- [6] 최윤정, 광민정, & 윤민. (2015). 의사결정나무 분석을 사용한 고가의료장비의 다빈도 사용 특성 분석. 한국데이터정보과학회지, 26(1), 179-185.
- [7] 안원식, 김영아, 이미순, 배수영, 노영정, & 정세영. (2013). 중고 의료기기의 안전관리 기반 연구. 서울대학교치과병원, 식품의약품안전처.
- [8] 소민섭. (2019). 기계학습을 이용한 산업장비의 잔여유효수명 예측. 조선대학교 산업공학과 석사학위 논문.