

임상데이터기반 표준진료지침 자동 생성 시스템 분석 및 연구

박한나*, 배인호*, 김용욱^o

Medical Data Based Clinical Pathway Analysis and Automatic Generation System

Hanna Park*, In ho Bae*, Yong Oock Kim^o

요 약

일반적으로 모든 전문분야 의사들은 어느 정도 표준화된 진단, 치료 방식을 취하고 있다. 그러나 세부적인 처방 및 검사, 입원일수 등은 병원 규모 및 시스템, 의료 장비 구축정도에 따라 차이가 발생할 수 있다. 이러한 차이를 줄이기 위해 최근 진료지침의 표준화에 대한 관심이 높아지면서 다양한 연구가 진행되고 있다. 표준화된 진료지침은 의료의 질을 보장하고 의사의 자율성을 보장하기 위해 병원규모 및 구축된 시스템 등에 상관없이 똑같은 진료지침을 제공하는 것이 아니라 각 병원의 상황과 환경에 맞도록 임상데이터를 기반으로 진단 및 처치, 검사 등을 제공할 수 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 병원 내 같은 과의 두 전문의의 임상데이터를 분석하고 이를 기반으로 해당 질병 및 병원에 맞춘 표준 진료지침을 자동으로 생성할 수 있는 시스템을 연구 및 구현하여 적용 가능한 표준 진료지침을 제시하고자 한다.

Key Words : Clinical Pathway, medical data, Hospital Information System, Electronic Health Record, non-negative matrix factorization

ABSTRACT

In general, all physicians have some standardized diagnosis and treatment methods. However, there are differences in the precise order and examination depending on the hospital size, system, medical equipment, etc. To reduce this difference, the interest about standardized guidelines recently increased and a variety of research is being conducted. The uniform guideline cannot reflect the differences of each situation and environment to meet the hospitals. Therefore, standardized medical guidelines(=clinical pathway) should provide customized guidelines based on the relevant medical data to ensure the quality of the medical service and the doctor's autonomy. In this paper, we will analyze medical data made by two thyroid specialists in the same hospitals. Moreover, this paper mentions the implement of automatic generating clinical pathway system which consider its real hospital situation and result.

※ 본 연구는 지식경제부 전자건강기록기반 진료지원 특화 시스템 기술개발과제(10033247)지원으로 수행되었습니다.
 ♦ First Author : College of Medicine Yonsei University Department of Plastic Surgery, hnpark17@gmail.com, 정희원
 ° Corresponding Author : College of Medicine Yonsei University Department of Plastic Surgery, SGM625@yuhs.ac, 정희원
 * 메타헬스, inobae@gmail.com
 논문번호 : KICS2014-02-070, Received February 28, 2014; Revised May 15, 2014; Accepted December June 12, 2014

I. 서 론

최근 IT기술과 의료기술이 발전과 융합은 그동안 종이기반의 의료정보 처리방식을 처방전달시스템(Order Communication System, OCS)을 시작으로 급속도로 변화시켰다.^[1] 특히 환자정보의 신속한 접근과 업무자동화 및 중복 업무 배제 등을 통해 그 효율성이 주목받으면서 전자건강기록시스템(Electronic Medical Record System, EMRS)에 이르며 국내 병·의원급에 이르기까지 의료정보시스템 구축을 위한 투자가 증가하고 있다. 이처럼 전산화된 의료데이터는 접근성이 향상됨에 따라 자료 처리 및 분석이 용이하고, 객관적이고 완전한 기록의 재생이 가능하여 이를 활용하고자 하는 기술적, 정책적 노력들이 늘어나고 있다.

이는 2000년대 이후 근거기반의료(Evidence-based medicine)에 대한 관심과 함께 전산화된 임상데이터 분석을 통한 과학적 근거를 토대로 환자진단과 치료에 필요한 적정진료지침(Proper Clinical Pathway)을 산출하고자 하는 많은 연구들로 이어졌다. 이는 임상현장의 보건의료전문가에게 불확실한 임상문제에 대해 도움과 의료의 질을 향상시키는데 도움을 주며, 진료지침이 전반적으로 영향을 미칠 때 의미 있는 보건정책의 효율성을 개선할 수 있을 것으로 기대되기 때문이다.

하지만 아직 개별적 변수들을 고려하지 못한 채 통합적으로 구축된 획일된 접근은 각 병원의 환경 및 상황을 고려하지 못해 오히려 의료서비스 비용억제의 목적으로만 개발될 지가 있으며, 의사의 자율성을 손상한다는 인식을 형성하여 국내에서는 아직 초기단계에 머물고 있다.^[2] 그러므로 병원실정을 고려하기 위해 임상데이터 기반의 객관적 근거를 바탕으로 진료지침을 개발하는 것이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 같은 진료과의 두 전문의의 임상데이터를 바탕으로 처방, 입원 데이터 등을 분석하고 이를 기반으로 실제 적용 가능한 진료지침을 자동으로 생성하는 시스템을 설계, 구현하고자 한다. 이는 각 병원의 환경 및 상황을 고려한 맞춤형 진료지침을 제공할 수 있으며, 일관된 처방패턴만을 생성하는 것이 아니라 가능한 몇 가지 진료지침패턴을 생성하므로 사용자의 선택의 폭을 넓히고, 임상데이터들이 업데이트 될 수 있도록 하여 항상 최신 진료지침이 제공될 수 있다. 무엇보다도 충분한 양의 전산화된 임상데이터가 있는 경우, 전처리작업만 거치면 다른 진료과에 확장 적용 가능하여, 병원별, 의사별 특성을 반영한 표준 진료지침 생성이 가능하다는 장점을 가진다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2절에서 배경으로 표준진료지침을 정의하고 국내외 연구현황을 알아본 뒤 3절에서는 임상데이터 30여건을 분석하고, 4절에는 그 결과를 바탕으로 실제 적용 가능한 진료지침을 설계 및 구현한 내용과 적용한 결과를 다룬 후 결론을 맺는다.

II. Background

2.1 CP(Clinical Pathway)

표준진료지침은 특정한 상황에서 임상 의사와 환자의 의사결정을 돕기 위해 체계적으로 개발된 지침으로 정의될 수 있다^[3]. 진료지침은 임상에서 불필요한 치료 및 효과가 없는 처방 및 검사 등을 제외시킬 수 있고, 치료의 일관성을 유지할 수 있다는 점에서 의료서비스의 효율성과 질을 개선시킬 수 있다는 장점이 있다. 또한 보건의료정책 수립 기반을 제공할 수 있다. 이러한 표준진료지침의 효율성은 이미 유럽과 북미지역의 국가들, 호주 및 뉴질랜드 등을 포함한 여러 선진국들의 연구결과를 통해서도 나타나고 있으며, 국내에서도 근거기반 의학에 대한 관심과 함께 의학영역에 대한 적정성 평가를 실시하기 위해 임상질지표 도입으로 국내 사정에 맞는 진료지침 연구가 주목받고 있다.

2.2 CP 국내의 연구현황

국내외 표준진료지침의 연구는 그동안 임상지식을 가진 전문가 집단이 진료지침을 개발하고, 이를 활용하거나, 활용의 편의성을 도모하기 위해 전산화 시스템에 적용하는 방식을 취해왔으며, 최근들의 전산시스템에 축적된 임상진료데이터를 바탕으로 표준진료지침을 만들어내는 연구가 진행되어 오고 있다. 그러나 아직까지도 국내의 경우, 대형 대학병원들은 수작업으로 원내 표준진료지침을 생성하고 이를 전산시스템에 등록하여 활용하는 방법에 그치고 있다.

표준진료지침을 생성하기 위해, 데이터를 수집하는 방법은 과거 전문가 집단이 수작업으로 데이터들을 취합하고 분류하는 작업을 통해 진행되어 왔으나, 현재는 전산시스템으로부터 정형/비정형 데이터를 바로 획득하고 이를 처리하여 활용하는 방법이 다양하게 연구되고 있다.

표준진료지침 생성방법은 크게 2가지 형태로 나눌 수 있다. 첫 번째는, 온톨로지 기반 진료지침의 생성으로서 해당방법은 전문가집단에 의해 만들어진 Semantic rules들을 환자의 상태나 조건 등에 따라 적용하는 방

법이다. 해당 방법은, 다양한 조건들이 실시간 수집되어야 하고, 조건들이 증가할수록 온톨로지가 방대해지며, 이로 인해 Semantic rule에 대한 추론연산이 많아지기 때문에, 진료시점에서의 처방제시에는 정확률이 높을 수 있으나 시스템화 하기에는 어려움이 따른다. 또한, 해당 이미 만들어진 온톨로지가 제공되어야만 처리가능하기 때문에, 전반적인 진료 프로세스를 보여 주는 데는 제한이 따른다.^[12]

두 번째는, 기존 진료데이터를 바탕으로 처방의 분포에 따라, 확률적 방법으로 진료지침 처방집합을 만들어내는 방법이 있다. 이 방법은, 실제 임상에 적용되기에는 환자나 상병에 대한 특성을 고려하지 못하기 때문에 적절한 진료방법을 제공해주지 못하는 문제점을 가진다.

본 연구에서는 이러한 문제점들을 극복하기 위해, 진료의 키가되는 상병에 대해 데이터마이닝 기법과 통계적 기법을 활용하여 기본이 되는 진료지침을 생성하고, 여기에 환자나 기존 상병 등 진료지침의 변동요인이 될 수 있는 부분들을 전문가집단을 통해 만들어내고 적용할 수 있도록 결합하였다. 이를 통해, 전문가들에 의해 만들어진 온톨로지가 표준진료지침의 기본 처방집합을 수정하여, 환자나 상병에 최적화된 표준진료지침을 제시할 수 있으며, 다양한 상병에 적용하여 바로 처방집합을 생성하고 활용할 수 있는 방법을 제공한다.

III. Analysis of medical data

3.1 연구방법 및 분석항목

2009년 1월 14일부터 2011년 7월 15일까지 갑상선질환을 가진 환자 중 진단명이 변경되거나 환자의 상태가 위급하여 별도의 조치가 필요한 경우 등을 제외하고 최대한 데이터의 유효성을 확보하기 위해 중심극한정리에 의해 정규분포를 따르도록 총 31건의 표본 케이스를 분석 대상으로 설정하였다. 표준진료지침 자동생성을 필요한 항목을 기준으로 재원일수 및 처방내역 및 처방수를 분석하였으며, 처방은 갑상선과 두 전문의의 임상데이터를 기반으로 자동 분석틀을 개발하여 활용하였다. 개발된 분석 틀은 환자별, 의사별, 일자별 임상데이터 단순 통계 및 의사별 처방 유사도를 분석, 제공한다.

본 연구에서는 진료지침 자동생성시스템 구현 전 임상데이터 분석을 전처리과정, 날짜 정규화, 기본 데이터 통계 과정을 거치게 되며 아래와 같다.

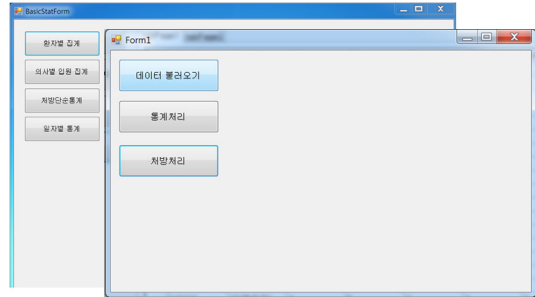


그림 1. 환자별, 의사별, 일자별 임상데이터 분석 틀
Fig. 1. Medical analysis tool classified by patient, doctor, date

3.1.1 전처리 과정

우선 환자별 입원날짜 차이 및 처방코드 불일치 데이터 등을 처리하기 위해 다음과 같은 전처리 과정을 진행하였다.^[4-6]

- ① 날짜 전처리 : 환자별로 진료일자가 다르기 때문에 데이터 처리를 위해 처음 방문한 날을 D0으로 설정하고 순차적으로 1씩 증가하도록 날짜에 맞추어 처방들을 재배열한다.
- ② 유사처방 및 청구할 수 없는 코드 처리 : 유사한 처방의 경우(예-5% DW 500cc와 5% DW 1000cc) 동일한 처방으로 분석될 수 있도록 처방코드를 그룹핑하고, 진료지침 생성에 불필요한 처방의 경우(예-의사전달용 처방 등)는 삭제한다.
- ③ 평균 진료일자가 과도하거나 과소한 경우, 문제가 있는 데이터로 판단하고 이를 처리대상 데이터에서 배제한다.

3.1.2 날짜 정규화 및 기본 데이터 통계

- ① 날짜 정규화:
환자의 상태나 의사에 따라, 환자별로 수술일자나 총입원일 수 등에서 차이가 발생한다. 이를 정규화해 주기 위해 event(예, 수술 등)가 있으면 even 일자 기준으로 구간을 나누고 균등 정규화를 진행한다. 균등 정규화 식은 다음과 같다.

$$\text{Normalized Day} = \text{Ceiling}(\text{Normal Day} * (\text{order day} / \text{order duration})) \quad (1)$$

- ② 기본 데이터 통계
- 기본적으로 환자별, 의사별, 일자별, 처방별 합계 및 기본 평균값을 구한다.
- 이때 수식(2)의 값을 기준으로 mean의 200%를 넘어가는 값을 임계치로 이 값을 벗어나는 데이

터는 제외한다.

$$\text{mean}=(\text{MAX}-\text{min})/2 \quad (2)$$

3.2 분석결과

두 전문의의 처방을 기반으로 분석한 결과 입원일수와 처방 수는 그림 2와 같은 결과를 보였다. 의사A의 경우 평균 7.95일 정도, 의사B의 경우는 5.6일 정도의 입원치료가 기간이 소요되었다. 가장 긴 기간은 의사A의 경우 21일, 가장 짧은 기간은 3일이었으며, 의사B의 경우 각각 8일, 4일로 나타났다. 입원일수와 비례할 것으로 예상되었던 처방 수는 의외로 의사B가 평균 15건 정도 상대적으로 많은 것으로 나타났다. 이처럼 동일한 상병의 질병의 경우에도 서로 다른 입원일수와 처방수가 나타남을 알 수 있다.

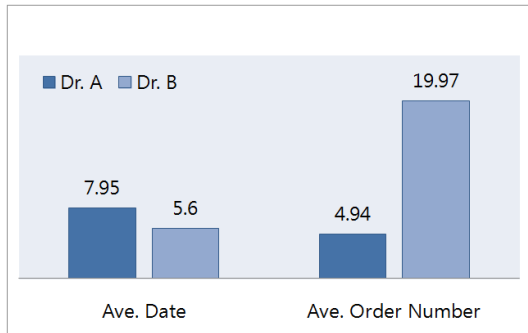


그림 2. 평균 입원일수 및 처방 수 비교
Fig. 2. Comparison of Average length of stay and order number

IV. 진료지침 자동 생성 시스템 구현 및 결과

4.1 진료지침 자동생성시스템 구현

진료지침 자동생성은 통계처리가 된 데이터를 기반으로, 처방에 대한 구분, 군집화(Clustering), Grouping, Rule 적용을 과정을 통해 진료지침을 생성하게 된다. (그림 3)

4.1.1 처방을 특성 구분^[7,8]

처방의 구분은 통계처리를 통해, 먼저 매일 처방되는 Daily 처방인지, 특정 이벤트마다 내려지는 처방인지, 특정 기간만 내려지는 처방인지 구분하며, 처방통계에서 낮은 통계량을 가지는 처방은 특정환자에게만 내려지는 특수처방으로 분류한다. 이후, 해당 내용은 진료지침 생성시 이벤트 일자(수술일자 등)나 처방의 특성을 정의하는 데이터 규칙으로 활용된다.

4.1.2 군집화(Clustering)

기본 처방은 환자군의 성격에 따라, 변화가 있을 수 있다. 따라서, 전처리된 처방데이터들을 가지고 Clustering을 수행하였다. Clustering은 유사한 처방을 보이는 환자들을 몇 개의 Cluster로 기본셋이 되는 처방군을 결정할 수 있게 해준다. 사용된 알고리즘은 비음수행렬 인수분해(NMF, non-negative matrix factorization)군집화 알고리즘을 이용하였다.^[9-11] 이후 선택된 처방군을 활용하여 기본 진료지침을 생성하게 된다.

4.1.3 기본 진료지침 생성(Grouping)

기본 진료지침은 선택된 처방군을 대상으로 진료지침 일자에 따라 날짜를 정규화하고, 해당 일자에 처방들을 그룹화 시키는 과정을 통해 생성하였다.

4.1.4 후처리

후처리 과정은 3)에서 만들어진 기본 진료지침에 1)에서 생성된 처방의 특성 및 임상규칙(Medical Rule)을 적용하여, 보다 정교한 처방set을 만드는 과정으로 활용이 된다. 예를 들어, 식이처방의 경우 수술일이 이벤트 데이인 경우, 이전날 금식을 시작하고, 수술 이후 daily 처방 형태로 일반식이 들어간다던지 하는 부분이 기본진료지침에서 통계량의 문제나 그룹핑과정에서 오처리된 결과를 바로잡아 신뢰성 있는 진료지침을 생성할 수 있도록 하기 위해 활용하였다.

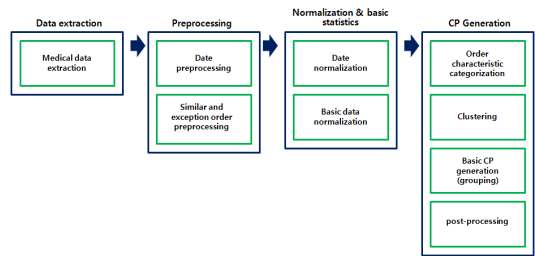


그림 3. 표준진료지침 생성 프로세스
Fig. 3. Clinical Pathway generation process

4.2 구현 결과

4.2.1 CP생성

개발된 시스템은 병원의 데이터를 처리하고, 구축된 임상지식을 활용하여 표준진료지침을 생성하게 된다. 이를 통해, 해당병원의 기존의 진료패턴을 확인하고 이를 통해, 해당병원에 특화된 표준화된 진료지침을 제공할 수 있게 된다. 또한 일관된 처방패턴만을 생성하는 것이 아니라 처방을 낸 의료진에 따라서나, 다양한 옵션(수익률, 입원일자 등)에 따라 진료지침

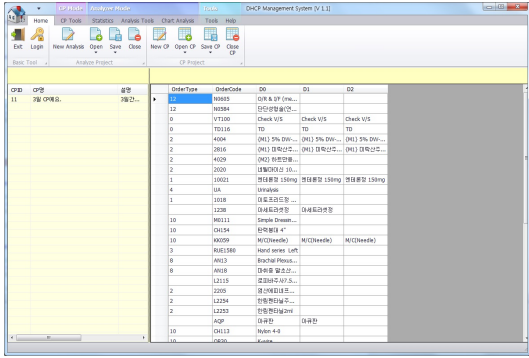


그림 4. 개발된 진료지침 자동 생성 시스템
Fig. 4. Developed Clinical pathway automatic generation system

패턴을 생성하므로써 사용자에게 다양한 선택 옵션을 제공할 수 있고, 임상데이터들이 업데이트 됨에 따라, 해당 내역이 반영된 새로운 임상진료지침을 쉽게 생성하고 비교/분석 해볼 수 있도록 하였다. 무엇보다도 충분한 양의 전산화된 임상데이터가 있는 경우, 다른 진료과에 확장 적용 가능하여, 병원별, 의사별 특성을 반영한 표준 진료지침 생성이 가능하여, 임상규칙 (Medical Rule)에 대한 보완을 통해, 보다 정교한 시스템이 될 수 있다는 장점을 가진다.

4.1.2 생성된 CP간 비교

생성된 CP 간 비교를 위해, 처방의 유사도를 비교 하였다. 처방의 유사도는 날짜별, 처방별로 비교하였으며, 그림 3은 실제 생성된 CP 데이터 들 중 90% 유사도를 가지는 처방들을 보여주고 있다.

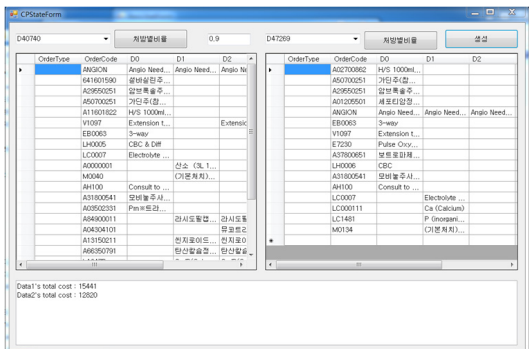


그림 5. 90% 유사율을 만족하는 처방 데이터 분석
Fig. 5. Analysis of the order data satisfying 90% similarity rate

4.1.3 생성된 CP 평가

200병상 규모의 S병원 병원시스템 실무진 24명을

대상으로 구현된 시스템 만족도를 평가하였다. 대상은 병원정보시스템을 사용한 경험이 있으며, 최소한 2년 이상의 근무연수를 가지는 의사, 전산직, 심사팀 등 실무진을 대상으로 진행하였다. 평가 결과 70% 이상이 해당 시스템이 업무효율성을 가진다고 평가했으며, 의학적 오류를 감소시킬 수 있고, 다른 업무(환자의뢰나 임상연구)와의 연계도 수월해졌다고 응답하였다.

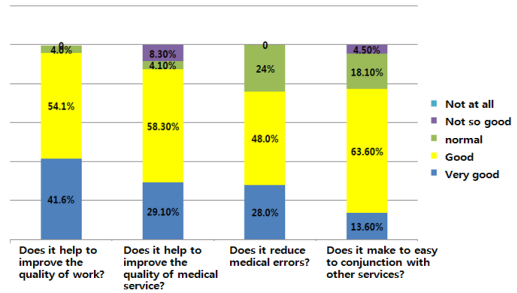


그림 6. 개발된 표준진료지침 시스템 평가
Fig. 6. Evaluation of Developed CP system

V. 결 론

정보시스템의 발전과 근거기반의학에 대한 관심은 전산화된 임상데이터를 활용한 의료서비스로 이어지고 있다. 그중 임상데이터 분석을 통해 얻어질 수 있는 진료지침은 의료의 질 향상과 보건의료정책 수립의 도움을 줄 수 있다는 장점이 있어 주목받고 있다. 하지만 병원상황 및 진료과별 특성, 환경을 고려하지 못한 획일적인 진료지침의 개발은 오히려 진료의 질과, 의사의 자율성을 떨어뜨리며, 비용통제의 수단만으로 악용될 소지가 있다. 따라서

각 병원의 상황과 진료과별 특성을 고려한 진료지침개발이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 병원 내 동일한 감상선질환을 진료하는 두 전문의의 임상데이터를 기반으로 이를 분석하여, 해당 병원의 규모 및 보유 장비 등을 고려한 맞춤형 진료지침을 자동으로 생성, 제공하는 시스템을 구현하였다.

References

[1] S. Kim, "Editor's postscript: Medical-Bio IT Convergence," *J. KICS*, vol. 38, no. 7, pp. 621-662, Jul. 2013.
[2] E. Shin, "Trends in the development of and emerging tasks of clinical practice guidelines

in Korea,” *J. Korean Med. Assoc.*, vol. 55, no. 4, pp. 371-378, Apr. 2012.

- [3] N. Kim, S. Kim, and E. Park, “Promoting the Quality of Medicine: Based on Clinical Practice Guidelines,” KIHASA Research report, May 2004.
- [4] R. E. Nathan, H. Judith, B. Richard, K. Steve, and P. C. Christopher, “Critical Pathways: A Review,” *J. American Heart Association*, 101, pp. 461-465, 2000.
- [5] I. Bae, J. Kim, S. Choi, and Y. Kim, “An Association Rule Mining Approach to Extract Clinical Pathways from EMR,” in *Proc. KPIS*, vol. 12, no. 1, pp. 577-580, May 2005.
- [6] I. Bae, H. Park, E. Kang, and Y. Kim, “A Method about Generation of clinical data structure and Document and Its Management for Efficient Medical Research in the Electronic Medical Record,” in *Proc. KOSMI Conf.* Daegu, Korea, Oct. 2012.
- [7] T. Shusaku, I. Haruko, and H. Shoji, “Construction and Maintenance of Clinical Pathways using Data mining methods,” in *Proc. MIXHS*, pp. 47-52, 2012
- [8] I. Choe and E. Chung, “Predictive Bayesian Network Model Using Electronic Patient Records for Prevention of Hospital-Acquired Pressure Ulcers,” *J. Korean Acad. Nurs.*, vol. 41, no. 3, pp. 423-431, Jun. 2011.
- [9] D. D. Lee and H. S. Seung, “Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization,” *J. Nature*, vol. 401, pp. 788-791, Oct. 1999.
- [10] P. Hoyer, “Non-negative matrix factorization with sparseness constraints,” *J. Machine Learning Research*, vol. 5, pp. 1457-1469, 2004.
- [11] P. Paatero and U. Tapper, “Positive matrix factorization: A non negative factor model with optimal utilization of error estimates of data values,” *J. Environmetrics*, vol. 5, no. 2, pp. 111-126, Jun. 1994.
- [12] Z. Hu, J.S. Li, T.S. Zhou, H.Y. Yu, M. Suzuki, and K. Araki, “Ontology-based clinical pathways with semantic rules,” *J. Med. Syst.*,

vol. 36, no. 4, pp. 2203-2212, Aug. 2012.

박 한 나 (Hanna Park)



2008년 2월 : 서울시립대 수학과 졸업
 2010년 2월 : 고려대학교 정보경영공학과 석사
 2013년 10월~현재 : 연세대학교 의과대학 성형외과학교실 <관심분야> 유헬스서비스, 의료정보, 의료정보보호

배 인 호 (In ho Bae)



2003년 2월 : 계명대학교 컴퓨터공학과 졸업
 2005년 2월 : 계명대학교 컴퓨터공학과 석사
 2004년 12월~2007년 2월 : (주) 엠디웨어 개발팀장
 2005년 9월~현재 : 계명대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 2012년 5월~현재 : (주) 메타헤스 대표이사 <관심분야> 의료데이터 마이닝, 의료정보 표준화, 인공지능

김 용 옥 (Yong Oock Kim)



1984년 2월 : 연세대학교 의과대학 졸업
 1993년 8월 : 연세대학교 대학원 의학과 석사과정 졸업
 1996년 8월 : 연세대학교 대학원 의학과 박사과정 졸업
 <관심분야> 성형외과학, 의료정보학, 의료영상학