

AHP와 하이브리드 필터링을 이용한 개인화된 추천 시스템 설계 및 구현[†]

김수연*, 이상훈**, 황현석***

(Su-Yeon Kim, Sang Hoon Lee, and Hyun-Seok Hwang)

요약 최근 기업은 시장 점유율을 높이기 위하여 고객의 다양한 요구를 반영한 제품을 지속적으로 출시하고 있다. 다양한 기능과 가격, 디자인의 제품이 시장에 출시됨에 따라 사용자는 여러 요인들을 고려하여 선택해야 하는 어려움이 있다. 특히 변화의 속도가 빠른 IT 기기의 경우에는 여러 가지 전문적인 지식까지 필요한 경우가 많아 더욱 더 선택을 어렵게 만든다. 디지털 카메라도 저변이 확대됨에 따라 다양한 종류의 카메라가 출시되고 있으며 카메라를 선택하는 소비자는 카메라의 기능과 가격, 디자인 등을 비교하기 위해 많은 시간과 노력을 투자해야 한다. 본 연구는 IT 기기에 익숙하지 않은 사용자들도 가장 적합한 기기를 추천받을 수 있도록 하기 위하여 다기준 의사결정(MCDM) 기법의 하나인 계층분석과정(AHP) 기법 및 내용기반 필터링과 협업 필터링 기법을 접목한 하이브리드 필터링 기법을 이용하여 개인화된 추천 시스템을 설계하고 구현하였다.

핵심주제어 : 계층분석과정, 하이브리드 필터링, 내용기반 필터링, 협업 필터링, 개인화된 추천 시스템

Abstract Recently, most of firms have continuously released new products satisfying various needs of customers in order to increase market share. As a lot of products with various functionalities, prices and designs are released in the market, users have difficulties in choosing an appropriate product, especially for information technology driven devices. In case of digital cameras, inexperienced users spend a lot of time and efforts to find proper model for them. In this study, therefore, we design and implement a personalized recommendation system using analytic hierarchy process, one of the multi-criteria decision making techniques, and hybrid filtering combining content-based filtering and collaborative filtering to recommend a suitable product for inexperienced users of information technology devices.

Key Words : AHP, Hybrid Filtering, Content-Based Filtering, Collaborative Filtering, Personalized Recommendation System

1. 서론

디지털 카메라는 기존의 필름 카메라와 달리 쉽게 사진을 찍고 바로 확인할 수 있으며 간단한 편집까지 가능한 편의성으로 인하여 20대의 젊은 층 뿐 아니라

남녀노소 누구에게나 일상생활에서 가장 많이 사용하는 핵심적인 디지털 기기로 자리 잡고 있다. 시장조사 업체 IDC(2012)는 세계 디지털 카메라 시장이 2012년 1억 5천 331만 4천대에서 2014년 1억 7천 488만 7천대로 규모가 더 커질 것으로 전망하고 있으며 앞으로도 디지털 카메라 시장은 지속적으로 성장할 것으로 보고 있다. 카메라 제조사들은 성장하고 있는 시장 속에서 경쟁우위를 차지하기 위하여 고객의 요구에 따라 다양한 디지털 카메라 모델을 제작하여 판매하고 있

[†] 이 논문은 대구대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음
* 대구대학교 정보통신대학 컴퓨터IT공학부, 제1저자
** 대구대학교 정보통신대학 컴퓨터IT공학부
*** 한림대학교 경영학부, 한림경영연구소 연구위원, 교신저자

으며 그 모델의 수는 지속적으로 증가하고 있다. 구입할 때 선택할 수 있는 카메라 모델이 늘어나면서 상대적으로 디지털 기기를 쉽게 사용할 수 있는 젊은 층은 카메라 선택에 별 어려움을 겪지 않지만 디지털 카메라 사용에 익숙하지 않은 고객들은 자신이 어떤 기능을 중요하게 생각하고 있으며 가장 적합한 모델이 무엇인지 찾기 위하여 많은 시간과 노력을 들이고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 디지털 카메라에 대한 높은 수준의 지식 없이도 계층 분석과정을 통하여 자신이 어떠한 요인을 얼마나 중요하게 생각하는지를 파악하고 유사한 사용자들의 정보를 이용하는 협업 필터링을 통하여 쉽고 빠르게 자신에게 가장 적합한 모델을 추천 받는 개인화된 디지털 카메라 추천 시스템을 설계하고 웹상에서 사용 가능하도록 구현하고자 한다.

이를 위해 2장에서 내용기반 필터링과 협업 필터링 등 추천 기법과 계층분석과정에 관한 기존 연구를 살펴보고 3장에서는 추천 시스템의 논리적 설계를 실시한다. 4장에서는 설계된 시스템을 구현하고 5장에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 추천 기법

2.1.1 내용기반 필터링(CBF)

내용기반 필터링(CBF: Content-Based Filtering)은 고객 프로파일을 제품의 속성과 비교 분석하여 추천하는 기법으로 사용자가 선호하는 정보를 이용하여 유사한 제품을 추천하는 것이다(Shih & Liu, 2008; 선철용 외, 2010). 내용기반 필터링은 다른 사용자의 선호와 관계없이 목표고객의 선호를 이용하여 추천하게 되며(Barragáns-Martínez et al, 2010, Shih & Liu, 2008), 각각의 고객 프로파일은 고객이 구매한 제품의 특성에 의해 분석된다(Albadvi & Shahbazi, 2009). 내용기반 필터링은 추천을 위해 타 사용자의 정보를 필요로 하지 않기 때문에 Cold-start 문제를 피할 수 있는 장점이 있다(Barragáns-Martínez et al, 2010). 정경용 & 조선문(2008)은 내용기반 필터링의 추천 정확도를 향상하기 위하여 프로파일 학습에 의한 선호도

예측 방법을 제안하였으며, 김병만 외(2004)는 내용기반 필터링의 한계를 개선하기 위하여 협력 필터링과 결합하는 방법을 제시하였고 실제로 상당한 성능 향상이 있었다는 것을 보여주었다.

2.1.2 협업 필터링(CF)

협업 필터링(CF: Collaborative Filtering)은 대상 사용자와 유사한 사용자들의 추천 점수와 의견을 이용하여 추천하는 기법이다(Albadvi & Shahbazi, 2009; Barragáns-Martínez et al, 2010). 협업 필터링은 같은 그룹에 속해있는 유사한 사용자들에게 가장 높은 선호도를 보인 항목을 사용자에게 추천함으로써 ‘입소문’의 개념을 자동화 한 것이라 할 수 있다(원희재 & 박규식, 2008). 이재식 & 박석두(2007)는 영화 추천 시스템의 성능 향상을 위하여 장르별 협업 필터링을 이용하였으며 선철용 외(2010)는 IPTV-VOD 프로그램을 추천하는데 협업 필터링을 사용하여 그 실효성을 입증하였다.

앞서 살펴본 내용기반 필터링, 협업 필터링 기법 뿐 아니라 지식 기반(Knowledge-Based) 필터링, 활용 기반(Utility-Based) 필터링 등의 추천 기법이 있고 이들을 조합한 하이브리드 추천 기법을 활용하기도 한다(Albadvi & Shahbazi, 2009; Campos et al., 2010; Kagie et al., 2009; Woerndl et al, 2007).

2.2 계층분석과정(AHP)

실제 의사결정 문제에서 평가기준들의 속성과 척도가 다기준 의사결정 기법 중 하나인 계층분석과정(AHP: Analytic Hierarchy Process)은 Saaty(1994, 2008)에 의해 고안되었으며, 복수 대안들 중 최선의 대안을 선택해야 하는 의사결정 문제를 해결하기 위한 방법이다.

계층분석과정의 순서는 다음과 같다.

- i) 의사결정에서 고려되는 요소들을 상위개념과 그에 따른 하위개념으로 구성한다.
- ii) 요소들간 2개씩 짝(pair)을 지어 응답자에게 상대적인 중요도를 Likert scale로 묻는다. (n개의 요소로 이루어진 경우 nC_2 의 짝을 형성)

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} a_{ij} = 1/a_{ji} \\ a_{ii} = 1 \\ \text{for } \forall i, j \end{matrix} \quad (\text{수식1})$$

iii) 한 명의 응답자가 응답한 여러 짝(pair)에 대한 답을 종합하여 요소간의 중요도를 계산한다. j 번째 요소의 상대적인 중요도 w_j 는 다음 식의 해이다.

$$\sum_j^n a_{ij} \cdot w_j = \lambda \cdot w_i, \text{ for } \forall i \quad (\text{수식2})$$

λ 는 eigen value

iv) 여러 명의 응답자가 응답한 요소간의 중요도를 종합한다. 중요도를 종합할 때 개별 응답자의 응답에 일관성이 없는 경우 일관성 비율을 보고 제외한다.

$$\text{일관성 지수 } CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (\text{수식3})$$

$$\text{일관성 비율 } CR = CI / RI \times 100 (\%)$$

최상위 계층에서 k 번째 하위계층에 있는 의사결정 요소간의 종합중요도는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$C[1, k] = \prod_{i=2}^k B_i \quad (\text{수식4})$$

Chen et al(2010)은 스마트폰 선택을 위한 추천 시스템에서 AHP를 사용하여 각 요인의 가중치를 산출하였으며, 봉인식 외(2006)는 주택정책의 효율적 운영방안에 대한 연구에서 AHP를 활용하여 의사결정지원에 대한 일반적 적용방안을 제시하였다. 하귀룡 & 이경탁(2009)은 IPTV의 선택요인 중요도 분석에 AHP를 적용하였으며 오주삼 외(2005)는 AHP를 적용하여 상시 교통량 조사 지점 선정 우선순위 결정에 관한 연구를 실시하였다.

이 외에도 AHP 기법은 다양한 분야, 특히 신기술 분야에서 많이 활용되고 있다(김수연 외, 2011b; 송미진 외, 2009; 정선필, 2007; Vidal et al, 2010; Vidal et al, 2011; Karami, 2006; Görener et al, 2012).

3. 추천 시스템 설계

3.1 요인 선정

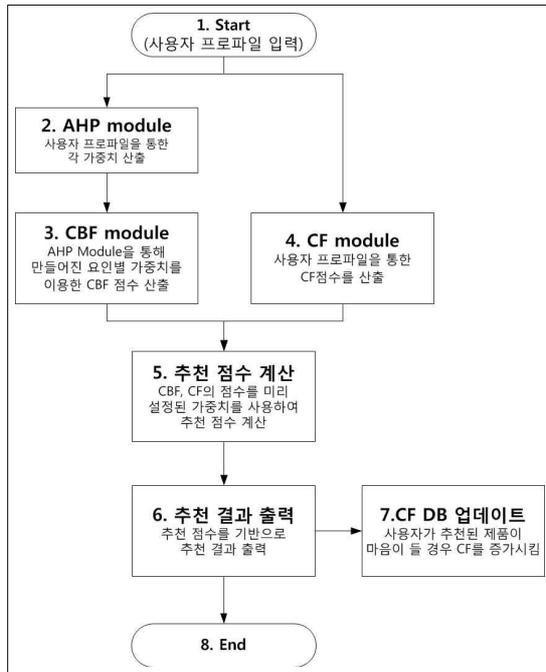
본 연구에서는 디지털 카메라를 추천하기 위하여 계층분석과정 및 내용기반 필터링과 협업 필터링을 결합한 하이브리드 필터링 기법을 이용하였다. 먼저 계층분석과정을 실시하기 위하여 디지털 카메라 선택에 있어 중요하게 생각하는 요인을 선정하였다. 디지털 카메라에 대한 사용경험이 있는 사용자를 대상으로 사전조사를 실시하여 다섯 가지 요인을 찾아내었다. 이들 요인은 가격, 화소, 줌기능, 화면크기, 무게로서 내용기반 필터링(CBF)을 활용한 각 요인의 정규화된 값과 계층분석과정(AHP)을 통하여 산출된 가중치를 이용하여 가장 적합한 제품을 추천하도록 하였다.

또한 협업 필터링을 실시하기 위하여 성별, 연령, 직업과 같은 인구통계학적 특성과 카메라 선택에 영향을 미칠 수 있는 과거의 카메라 사용경험 및 카메라의 활용에 영향을 미칠 것으로 예측되는 자녀유무를 변수로 추가하였다.

본 연구에서는 추천 시스템에 사용될 각 요인에 대한 가중치를 결정하기 위하여 AHP 기법을 적용하였고, 스마트폰 애플리케이션 추천 연구(김수연 외, 2011a) 및 개인화된 추천을 위한 하이브리드 협업 필터링 알고리즘(김기수, 2008) 등의 기존 연구를 토대로 CBF와 CF를 결합한 하이브리드 추천 기법을 제안한다.

3.2 추천 프레임워크

사용자에게 가장 적합한 디지털 카메라를 추천하기 위한 전체적인 플로우차트는 <그림 1>과 같다. 추천을 하기 위하여 사용자의 프로파일을 입력하고 AHP 모듈에서 가중치를 산출한다. 산출된 가중치로부터 각 모델의 정보를 이용하여 모델별 CBF 점수를 산출하고 동시에 모델별 CF 점수를 산출한다. 산출된 CBF 점수와 CF점수를 이용하여 각각의 디지털 카메라의 추천 점수를 산출한 뒤 그 결과를 출력한다. 출력된 제품 중 사용자가 마음에 드는 제품이 있다면 그 제품의 CF 점수를 증가시켜 다음 추천에 이용하도록 한다.



<그림 1> 추천 시스템 플로우차트

3.2.1 사용자 프로파일 입력

사용자는 추천 시스템을 시작함과 동시에 자신의 프로파일을 입력하게 된다. 프로파일은 CF 점수 산출을 위한 질문과 각각의 요인에 대한 가중치 산출을 위한 질문으로 이루어져 있다. 입력된 프로파일 정보는 사용자에게 제품을 추천하기 위하여 사용된다.

3.2.2 AHP Module

AHP 모듈에서는 사용자 프로파일의 입력 내용을 토대로 계층분석과정을 진행한다. 쌍대 비교 행렬을 작성하고 사용자가 다수의 요인들 중 어떠한 요인을 어느 정도 중요하게 생각하는지에 대한 가중치를 상대적으로 도출하게 되고 도출된 가중치는 CBF 점수를 산출하기 위하여 데이터베이스에 저장된다.

3.2.3 CBF Module

CBF 모듈에서는 AHP 모듈에서 전달된 각각의 요인에 대한 가중치와 데이터베이스에 저장되어 있는 카메라의 각 요인별 점수 값을 곱하여 최종적으로 CBF 점수를 계산하며 그 결과를 다시 데이터베이스에 저장한다. CBF 점수 산출 공식은 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^n (UP_i CA_i) \quad (\text{수식 5})$$

where $0 \leq UP_i \leq 1, 1 \leq i \leq 5$

$UP = \{\text{가격, 화소, 줌, 화면크기, 무게}\}$ (사용자의 가중치)

where $-\infty < CA_i < \infty, 1 \leq i \leq 5$

$CA = \{\text{가격, 화소, 줌, 화면크기, 무게}\}$ (카메라의 속성)

3.2.4 CF Module

CF 모듈은 사용자 프로파일에서 입력받은 값을 토대로 동일한 집단의 선호도 점수를 산출한다. 다른 사용자의 정보가 저장된 데이터베이스에서 CF 값을 정규화하고 최종적으로 CF 점수를 계산한다. 이때 현 사용자와 동일 집단을 파악하기 위하여 flag를 적용하며 각 카메라의 CF 값을 이용하여 계산한다. 간단한 예시를 들어 CF 점수를 산출하는 과정을 아래 수식에서 보여주고 있다.

$$CFItem(1)_g User_g = (10 \ 20) \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = 10 \quad (\text{수식 6})$$

where $CFItem_g = \text{Gender CF score}$

$User_g = \text{User Gender Flag}$

$$CFItem(1)_j User_j = (15 \ 17 \ 6 \ 2 \ 13 \ 20) \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = 15 \quad (\text{수식 7})$$

where $CFItem_j = \text{Job CF Score}$

$User_j = \text{User Job Flag}$

$$CF(i)_g = \frac{CFItem(i)_g User_g}{\sum_{i=1}^n CFItem(i)_g} \quad (\text{수식 8})$$

$$CF(i)_j = \frac{CFItem(i)_j User_j}{\sum_{i=1}^n CFItem(i)_j} \quad (\text{수식 9})$$

$$CF(i)_g + CF(i)_u + CF(i)_c + CF(i)_j + CF(i)_a = CFscore(i) \quad (\text{수식 10})$$

3.2.5 추천 점수 계산

CBF 모듈과 CF 모듈에서 계산된 CBF 점수와 CF

점수를 이용하여 최종 점수를 계산한다. 이때 CBF 점수와 CF 점수의 반영비율이 중요한데 CF의 누적된 값이 적을 경우 CF 점수의 반영비율을 상대적으로 낮게 반영하고(예: CBF 점수*0.9 + CF 점수*0.1) CF의 누적된 값이 많아짐에 따라 CF의 반영비율을 높인다. 단 CF의 누적된 값은 무한대로 커질 수 있기 때문에 최대값을 지정해주어 그 반영비율을 제한한다.

3.2.6 추천 결과 출력

앞 절에서 계산된 최종점수를 이용하여 가장 점수가 높은 순서로 필요한 수만큼 카메라 제품에 대한 추천 결과 리스트를 작성한다. 리스트에는 모델명, 제조사, 가격등과 같은 카메라의 정보가 표시되며, 바로 구입을 할 수 있도록 URL 이동 기능을 제공해야 한다.

3.2.7 CF Update

추천 결과 리스트에서 각 사용자에게 맞게 추천된 모델 중 사용자가 마음에 드는 모델이 있을 경우 Like It 버튼을 클릭하게 되면 사용자의 프로파일과 동일한 사용자에게 이 카메라의 추천 점수를 높이기 위하여 해당 CF 값을 1씩 증가하게 된다. Like It 버튼을 한번 누르면 다시 추천을 시행하기 전까지는 추가적으로 Like It을 할 수 없도록 버튼을 비활성화 시킨다.

4. 추천 시스템 구현

본 논문에서 설계한 추천 시스템을 웹상에서 작동하는 시스템으로 구현하였다. 웹서버는 Windows Server 2008 R2의 IIS를 이용하였다. DB는 MS-SQL Server 2008 R2를 이용하였으며 Visual Studio 2010을 이용하여 ASP.NET과 C#으로 시스템을 구현하였다.

4.1 사용자 프로파일 입력

<그림 2>의 화면과 같이 사용자의 프로파일 및 선호도를 입력받는다. 사용자에게는 자신과 유사한 그룹을 찾기 위한 5가지의 질문과 사용자의 선호도를 찾아내기 위한 10개의 쌍대비교 질문이 주어진다.

사용자가 모든 항목에 대해 응답을 완료한 뒤 추천 버튼을 누르게 되면 사용자의 입력 프로파일을 기반

으로 본 추천 시스템 플로우차트에 따라 설계한 대로 추천 절차가 진행되며 추천 결과 화면이 출력된다.



<그림 2> 사용자 프로파일 및 선호도 입력 화면

4.2 추천 결과 리스트 출력

사용자와 가장 유사한 다른 사용자들의 선택과 사용자의 선호도를 기반으로 가장 적합한 디지털 카메라 추천 결과를 <그림 3>과 같이 확인할 수 있다.

추천된 카메라를 구입하고 싶은 경우는 구입하기 링크를 통하여 바로 구매 사이트로 이동할 수 있으며



<그림 3> 개인화된 추천 결과 출력 화면

추천된 카메라가 마음에 든다면 Like It 버튼을 클릭하게 되고 이때 사용자의 프로파일을 기반으로 추천된 카메라의 CF를 위한 값을 1씩 증가시킨다.

본 추천 시스템은 개인화된 추천 결과 뿐 아니라 성별, 연령대별, 직업별 등 미리 설계된 추천 결과 화면을 제공한다. <그림 4>는 직업에 따른 추천 결과 출력 화면이다.

<그림 4> 직업별 추천 결과 출력 화면

5. 결 론

기존의 추천 서비스는 가격, 출시일, 인기도 등의 일반적인 기준이 대부분이며 개인에게 맞춤형 추천 서비스는 거의 없는 실정이다. 기능 위주의 분류를 통한 필터링도 존재하지만 이는 각각의 기능에 대한 이해를 필요로 하기 때문에 디지털 기기에 익숙하지 못한 사용자에게는 어렵고 불편한 시스템이다. 이에 반해 본 추천 시스템의 경우 추천에 사용하는 다섯 가지 기본적인 요인 이외에 추가적으로 숙지해야 할 기능이 없으므로 더욱 쉽게 사용자들에게 적합한 상품을 추천해 줄 수 있었다.

본 추천 시스템을 통하여 카메라 제조사 관점에서는 자신의 제품이 가장 적합한 사용자에게 판매될 가능성을 높임으로써 제품 인기도 및 만족도가 증가하게 되고, 판매자의 경우 사용자의 요구에 가장 적합한

제품을 판매하게 되므로 판매량 증가를 통하여 수익이 증대될 수 있으며 사용자 또한 자신에게 가장 적합한 제품을 쉽게 선택할 수 있게 되는 장점이 있다.

또한 이 추천 시스템은 본 연구에서 사례로 제시한 디지털 카메라 뿐 아니라 다양한 상품 및 서비스에 쉽게 확대 적용할 수 있으므로 그 파급효과가 크다고 할 수 있으며 매우 유용하게 사용될 수 있다. 하지만 본 연구에서는 기존에 축적된 CF 데이터가 없어 실험 데이터를 가상으로 생성했다는 점과 추천된 결과물에 대한 다수 사용자 대상의 실질적인 평가가 이루어지지 않았다는 한계를 지닌다. 향후 이러한 문제점을 개선하기 위한 추가적인 연구가 필요하며 통계 분석을 이용한 객관적인 평가가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김기수, “개인화된 추천을 위한 하이브리드 협업 필터링 알고리즘 및 인터넷 전자상거래에서의 활용”, 인터넷전자상거래연구, 8(4), pp. 1-20, 2008.
- [2] 김병만, 이경, 김시관, 임은기, 김주연, “추천시스템을 위한 내용기반 필터링과 협력필터링의 새로운 결합 기법”, 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용, 31(3), pp. 332-342, 2004.
- [3] 김수연, 이상훈, 황현석, “스마트폰 애플리케이션에 대한 다차원 추천 프레임워크”, Entru Journal of Information Technology, 10(2), pp. 199-212, 2011a.
- [4] 김수연, 이상훈, 황현석, “Fuzzy AHP를 활용한 스마트폰 선택 및 이용 평가요인에 관한 연구”, 한국산업정보학회논문지, 16(4), pp. 107-117, 2011b.
- [5] 봉인식, 이해선, 좌승희, “다기준의사결정모형(MCDM)을 이용한 경기도 주택정책의 효율적 운영방안 연구”, 경기개발연구원, 2006.
- [6] 선철용, 강용진, 박규식, “협업 필터링을 이용한 IPTV-VOD 프로그램 추천 시스템에 대한 연구”, 멀티미디어학회논문지, 13(10), pp. 1453-1462, 2010.
- [7] 송미진, 심정훈, 윤홍용, “어린이용 휴대폰 기능 및 설계 요소에 관한 연구”, 대한인간공학회지, 28(4), pp. 51-59, 2009.
- [8] 오주삼, 임성한, 조운호, “AHP를 적용한 상시 교통량조사 지점 선정 우선순위 결정에 관한 연구”, 한국도로학회논문집, 7(4), pp. 21-30, 2005.

- [9] 원희재, 박규식, “P2P 환경에서 협업 필터링을 이용한 음악 추천 시스템에 대한 연구”, 멀티미디어 학회 논문지, 11(10), pp. 1338-1346, 2008.
- [10] 이재식, 박석두, “장르별 협업필터링을 이용한 영화 추천시스템의 성능 향상”, 한국지능정보시스템 학회논문지, 13(4), pp. 65-78, 2004.
- [11] 정경용, 조선문, “내용 기반 필터링을 위한 프로그래밍 학습에 의한 선호도 발견”, 한국콘텐츠학회논문지, 8(2), 1-8, 2008.
- [12] 정선필, 김영렬, “IT 아웃소싱 서비스 수행업체 선정을 위한 평가 방법론 개발”, 한국산업정보학회 논문지, 12(4), pp. 153-163, 2008.
- [13] 하귀룡, 이경탁, “계층적 분석방법을 활용한 IPTV 선택요인의 중요도 분석”, 한국콘텐츠학회논문지, 9(12), pp. 814-825, 2009.
- [14] A. Albadvi and M. Shahbazi, “A hybrid recommendation technique based on product category attributes,” *Expert Systems with Applications*, 36(9), pp. 11480-11488, 2009.
- [15] A. B. Barragáns-Martínez, E. Costa-Montenegro, J. C. Burguillo, M. Rey-López, F. a. Mikic-Fonte, and A. Peleteiro, “A hybrid content-based and item-based collaborative filtering approach to recommend TV programs enhanced with singular value decomposition,” *Information Sciences*, 180(22), pp. 4290-4311, 2010.
- [16] L. M. de Campos, J. M. Fernández-Luna, J. F. Huete, and M. a. Rueda-Morales, “Combining content-based and collaborative recommendations: A hybrid approach based on Bayesian networks,” *International Journal of Approximate Reasoning*, 51(7), pp. 785-799, 2010.
- [17] Deng-Neng Chen, Paul Jen-Hwa Hu, Ya-Ru Kuo, and Ting-Peng Liang, “A Web-based personalized recommendation system for mobile phone selection: Design, implementation, and evaluation”, *Expert Systems with Applications*, 37(12), pp. 8201-8210, 2010.
- [18] A. Görener, K. Toker, and K. Uluçay, “Application of Combined SWOT and AHP: A Case Study for a Manufacturing Firm,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, pp. 1525-1534, 2012.
- [19] Kagie, M., Van der Loos, M., and Van Wezel, M., “Including item characteristics in the probabilistic latent semantic analysis model for collaborative filtering,” *AI Communications*, 22(4), pp. 249-265, 2009.
- [20] E. Karami, “Appropriateness of farmers’ adoption of irrigation methods: The application of the AHP model,” *Agricultural Systems*, 87(1), pp. 101-119, 2006.
- [21] T. L. Saaty, “Decision making with the analytic hierarchy process,” *International Journal of Services Sciences*, 1(1), p. 83-98, 2008.
- [22] T. L. Saaty, “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process,” *Interfaces*, 24(6), pp. 19-43, 1994.
- [23] Y. Shih and D. Liu, “Product recommendation approaches: Collaborative filtering via customer lifetime value and customer demands,” *Expert Systems with Applications*, 35(1-2), pp. 350-360, 2008.
- [24] L. -A. Vidal, E. Sahin, N. Martelli, M. Berhoun, and B. Bonan, “Applying AHP to select drugs to be produced by anticipation in a chemotherapy compounding unit,” *Expert Systems with Applications*, 37(2), pp. 1528-1534, 2010.
- [25] L. -A. Vidal, F. Marle, and J. -C. Bocquet, “Using a Delphi process and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate the complexity of projects,” *Expert Systems with Applications*, 38(5), pp. 5388-5405, 2011.
- [26] W. Woerndl, C. Schueller, and R. Wojtech, “A Hybrid Recommender System for Context-aware Recommendations of Mobile Applications,” 2007 IEEE 23rd International Conference on Data Engineering Workshop, pp. 871-878, 2007.



김 수 연 (Su-Yeon Kim)

- 종신회원
- POSTECH 수학과 이학사
- 숭실대학교 정보산업학과 이학석사
- POSTECH 산업공학과 공학박사
- 대구대학교 컴퓨터·IT공학부 교수
- 관심분야 : 지식경영, e-비즈니스, 고객관계관리



이 상 훈 (Sang-Hoon Lee)

- 대구대학교 컴퓨터·IT공학부
- 영천 외국인주민지원센터 강사
- 관심분야 : 지식경영, 감성경영, e-비즈니스



황 현 석 (Hyun-Seok Hwang)

- POSTECH 산업공학과 공학사
- POSTECH 산업공학과 공학석사
- POSTECH 산업공학과 공학박사
- 한림대학교 경영학부 교수
- 한림대학교 한림경영연구소 연구위원
- 관심분야 : 지식경영, 유비쿼터스 컴퓨팅, 데이터 마이닝