
베이지안 네트워크의 학습에 기반한 모바일 환경에서의 사용자 적응형 음식점 추천 서비스

User Adaptive Restaurant Recommendation Service in Mobile Environment
based on Bayesian Network Learning

김희택, Hee-Taek Kim*, 조성배, Sung-Bae Cho**

요약 네트워크의 발달로 인한 정보량의 증가와 모바일 디바이스의 폭넓은 보급으로, 모바일 플랫폼 상에서의 추천 서비스가 최근 각광받고 있다. 기존에 진행되었던 연구인 사용자의 선호도를 반영한 음식점 추천 시스템은 사용자의 선호도를 효과적으로 모델링 하기 위해 베이지안 네트워크를 사용하며, 음식점 추천을 위해 계층형 분석방법(AHP)을 이용한다. 기존 시스템에서 사용했던 고정된 형태의 사용자 선호도 추론 모델은 변화하는 사용자의 선호도에 대응하지 못하며, 추론 모델을 구축하기 위해 방대한 분량의 설문조사가 선행되어야만 한다는 한계를 가졌다. 본 논문에서는 사용자의 선호도를 학습하기 위해 사용자 요청 정보를 이용한 베이지안 네트워크 학습 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 모바일 디바이스와 데스크탑을 이용해 구현되었으며, 실험을 통해 제안하는 방법의 가능성을 보였다.

Abstract In these days, recommendation service in mobile environments is in the limelight due to the spread of mobile devices and an increase of information owing to advancement of computer network. The restaurant recommendation system reflecting user preference was proposed. This system uses Bayesian network to model user preference and analytical hierarchical process to recommend restaurants, but static inference model for user preference used in the system has some limitations that cannot manage changing user preference and enormous user survey must be preceded. This paper proposes a learning method for Bayesian network based on user requests. The proposed method is implemented on mobile devices and desktop, and we show the possibility of the proposed method through experiments.

핵심어: *Bayesian network learning, Modeling user preference, Recommendation service, Mobile service, analytical hierarchical process*

*주저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과 석사 e-mail: elsein@slab.yonsei.ac.kr

**교신저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수; e-mail: sbcho@cs.yonsei.ac.kr

1. 서론

네트워크 기술의 발달로 인한 정보량의 폭발적 증가와 휴대폰을 비롯한 모바일 디바이스의 폭넓은 보급으로 인해, 모바일 플랫폼 상에서의 추천 서비스가 주요 연구 분야로 새로이 각광받게 되었다 [1]. 모바일 디바이스의 가장 큰 특징은 사용자가 이동 중에도 이용 가능하다는 점이다. 그리고 사용자가 항상 휴대하고 다니기 때문에 사용자의 정보를 수집하기가 용이하다. 이 두 가지 특징을 이용한 사용자 위치 기반 서비스(LBS, Location Based Service)와 사용자 컨텍스트 인지 기반 서비스가 모바일 플랫폼 상에서의 주요 추천 서비스로 다루어져 왔다. 이와 관련하여, Park 등은 모바일 장비에서 사용자의 선호도를 반영한 음식점 추천시스템에 관한 연구를 진행하였고[2], Kim 등은 해당 시스템을 클라이언트-서버 기반으로 확장하였다[3].

하지만 이 연구들은 고정된 형태의 사용자 선호도 추론 모델을 사용하였기 때문에, 사용자의 변화하는 선호도에 적응하지 못하며, 추론 모델을 구축하기 위해 방대한 분량의 설문조사가 사용자들을 대상으로 선행되어야만 한다는 한계를 지녔다. 이러한 한계점을 극복하기 위해, 본 논문에서는 사용자의 선호도 모델을 동적으로 적응시키기 위한 베이지안 네트워크(BN, Bayesian Network)의 실시간 학습에 기반한 모바일 환경에서의 음식점 추천 서비스 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 모바일 디바이스와 데스크탑 환경에서 클라이언트-서버 기반 시스템으로 구현하였으며, 구현된 시스템을 바탕으로 진행한 실험을 통해 제안하는 방법의 가능성을 보였다.

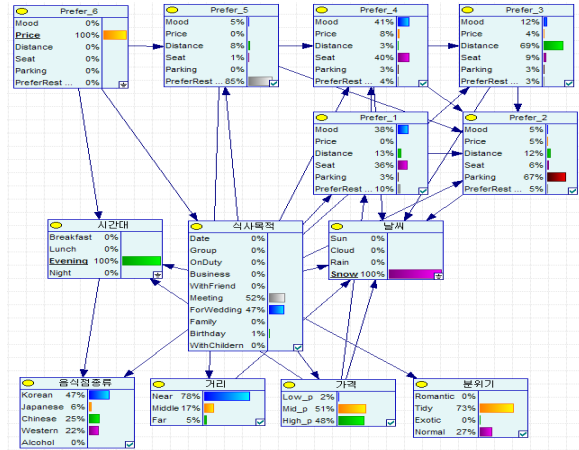
2. 배경 연구

2.1 베이지안 네트워크를 이용한 사용자 선호도 추론모델

모바일 환경과 사용자의 성향에는 다양한 불확실성(실생활의 불규칙성, 사용자 의도 및 감정의 불확실성, 센서의 불확실성, 인과관계의 불확실성)이 존재한다[4]. 이러한 불확실성을 효율적으로 관리하고, 수집된 정보를 효과적으로 분석하여 사용자의 선호도를 추론하기 위한 방법으로 베이지안 확률 모델을 채택하였다. 베이지안 접근 방법은 확률적인 모델을 효과적으로 구성하고 효율적인 추론 및 학습이 가능한 방법으로서 인간의 판단 과정을 모델링하기에 유용하다 [5]. 그림 1은 Park 등의 연구에서 사용자에 대한 설문조사와 K2 알고리즘을 이용해 구축한 베이지안 네트워크이다 [3]. 그림 1의 베이지안 네트워크를 이용하여 음식점에 관한 사용자의 선호도를 추론할 수 있다. 사용자 선호도 정보로 거리, 가격, 분위기, 종류 등의 4가지 정보를 다루며 사용자 컨텍스트 정보로는 식사목적, 날씨, 시간대 만을 사용한다. 베이지안 네트워크를 이용하여 추론된 사용자 선호

도 정보는 음식점 추천 모듈로 전달되며, 음식점 추천모듈은 전달받은 사용자 선호도 정보를 반영하여 음식점들을 추천하여 최종적으로 모바일 사용자에게 전송한다.

그림 0. Park등의 연구에서 사용한 고정된 형태의 BN



2.2 베이지안 네트워크 학습 알고리즘

본 논문에서는 베이지안 네트워크의 학습 알고리즘으로 Cooper와 Herskovits가 제안한 K2 알고리즘을 학습 방법으로 채택하였다[6]. BN 학습 방법 중 가장 잘 알려진 K2 알고리즘은 베이지안 네트워크 G의 조인트 확률과 데이터 D를 사용해 평가한 베이지안 네트워크 평가 함수를 사용하는데 이를 K2 메트릭이라 한다. K2 메트릭은 다음 수식과 같이 계산한다.

$$P(G, D) = P(G) \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^{q_i} \frac{(r_i - 1)!}{(N_{ij} + r_i - 1)!} \prod_{k=1}^{r_i} N_{ijk}!$$

네트워크 탐색 시, K2 알고리즘은 속성의 순서를 고정시킴으로써 탐색 공간을 줄인다. 그림 2는 K2 알고리즘의 네트워크 탐색 과정을 보여준다. 그림 2의 과정을 통해 BN의 구조가 결정되면 학습 데이터로부터 각 노드의 확률값을 계산하여 네트워크의 학습을 마무리한다.

```

Input: a set of nodes n
for i = 1 to n
    πi = 0
    Score[j] = g(i, πi)
    isCont = true
    while (isCont AND |πi| < MaxParentNumber)
        Z = Pred(Xi) - Πi that argmax(g(i, πi, Z))
        Score'[j] = g(i, πi ∪ Z)
        if (Score'[j] > Score[j])
            Score[j] = Score'[j]
            πi = πi ∪ Z
        else isCont = false
    
```

그림 2. K2 알고리즘의 네트워크 탐색 과정

3. 사용자 선호도 추론모델 학습 방법

서론에서 언급했듯이, 2장에서 소개한 고정된 형태의 사용자 선호도 추론모델은 변화하는 사용자의 선호도에 대처하지 못한다는 한계가 있다. 아울러, 사용자 설문을 통해 선호도 모델을 구축하기 위해서는 상당한 사용자의 노력이 요구된다는 추가적인 단점도 존재한다. 따라서 본 논문에서는 위 두 가지 단점을 극복하기 위한 실시간 베이지안 네트워크 학습을 통한 사용자 선호도 모델 구축방법을 제안한다.

베이지안 네트워크 학습을 위한 입력으로는 기본적으로 사용자의 음식점 요청 정보를 이용하며, 학습 알고리즘은 2.2절에서 소개한 K2 알고리즘을 사용한다. 표 1은 본 논문에서 다루는 사용자의 음식점 요청 정보들이다.

표 1. 사용자가 요청할 수 있는 음식점 정보 속성 실제 값의 예시. 사용자의 음식점 요청 정보들은 사용자 선호도 모델링에 이용한다.

입력 방법	요청 종류	실제 값
사용자가 직접 입력	분위기	단정, 보통, 이국적, 로맨틱
	가격	저렴, 보통, 고가
	거리	가까움, 보통, 멀
	음식점 종류	한식, 중식, 일식, 양식, 주류
자동 입력	계절	봄, 여름, 가을, 겨울
	온도	추움, 쌀쌀, 따뜻, 더움
	날씨	눈, 비, 흐림, 맑음
	요일	주초, 주중, 주말
	시간대	아침, 점심, 저녁, 밤

표 1에 나타난 바와 같이, 사용자는 음식점 추천을 요청할 시, 분위기, 가격, 거리, 종류 등 4개의 음식점 평가 기준을 직접적으로 선택하여 요청할 수 있다. 나머지 값들은 사용자의 현재 컨텍스트로 작용한다. 컨텍스트 값 중 계절, 온도, 날씨는 기상청 사이트에서 가져오며, 요일과 시간대는 시스템 상의 시간을 사용한다. 총 9개의 속성으로 이루어진 음식점 추천 요청은 모두 저장되어 사용자의 선호도를 학습하는데 사용된다.

간단히 예를 들어, 사용자 A는 비가 오는 날에는 가까운 음식점을 주로 요청하고, 주말에는 주점을 주로 요청한다면, 해당 사용자의 선호도는 날씨와 거리, 그리고 요일과 음식점 종류와 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다. 또한, 사용자 B는 주로 가격 속성만을 반복적으로 요청하고, 나머지 속성에 대해서는 별다른 요구사항이 없다면, 해당 사용자는 음식점의 가격에 상당히 민감함을 알 수 있다. 이러한 음식점 요청 정보들을 효율적으로 활용해 사용자의 음식점 선호도를 학습하기 위해, 요청정보로 이루어진 데이터 셋을 이용해 BN의 구조학습과 파라미터 학습을 수행한다. 그림 3은 이러한 과정을 도식화한 결과이다. 그림 3의 선호도 추론 결과에서,

‘사용자 선호’는 사용자가 음식점 속성 중 어떤것을 선호하는 지를 나타내고, ‘중요도’는 사용자의 각 음식점 평가 기준을 중요시하는 정도를 나타낸다.

No	분위기	가격	거리	종류	날씨	요일	시간대	계절	온도
1	로맨틱		가까움		비	일	아침	겨울	추움
2	단정	저렴		한식	맑음	수	점심	겨울	쌀쌀
3	로맨틱	보통	가까움		눈	토	밤	겨울	추움

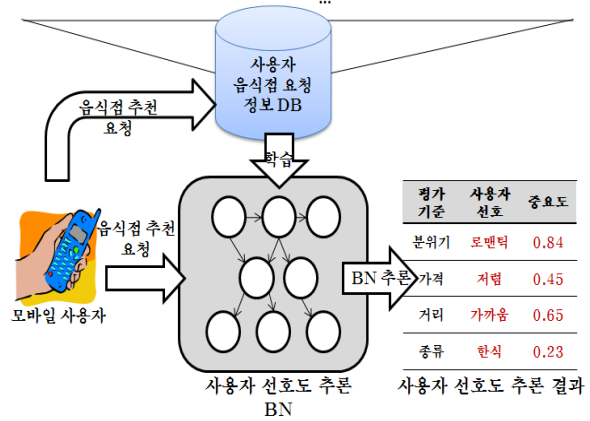


그림 3. 사용자 추천 요청에 기반한 BN 학습 방법

4. 사용자 선호도를 반영한 계층적 분석방법

3장의 사용자 선호도 추론 모델을 이용해 도출해낸 사용자 선호정보는 최종적으로 음식점들을 추천하는데 사용된다. 추천을 위해서는 음식점 DB에 저장된 각 음식점들에게 사용자의 선호도를 고려하여 스코어 값을 부여해야 하는데, 이를 위해 본 논문에서 채택한 방법은 계층적 분석방법(AHP, Analytical Hierarchical Process)이다. 여러 가지 의사결정 기준을 고려하여 최선의 의사결정을 선택하는 방법을 다기준 의사결정방법(MCDM, Multi Criteria Decision Making)이라 하며, 계층적 분석방법은 이러한 중 하나이다[7].

본 논문에서는 음식점의 평가 기준으로 분위기, 가격, 거리, 종류 등 총 4가지 기준을 고려하기 때문에, 다기준 의사결정 방법은 본 논문의 음식점 추천 방법에 적합하다. AHP 방법에서는 각 대안요소 행렬과 평가기준 행렬의 곱으로 각 대안에 최종 대안 평가 행렬을 생성한다[8]. 그림 4는 이러한 과정을 보여준다.

일반적으로, AHP 방법에서 대안요소 행렬과 평가기준 행렬을 생성할 시에는 쌍대비교방법을 이용한다[9]. 쌍대비교 방법은 사용자가 모든 대안에 대해 쌍대비교를 수행해야 하기 때문에 상당량의 작업을 사용자에게 요구하지만, 본 논문에서는 이미 사용자 선호도 추론 모델을 통해 사용자의 선호도를 모델링한 결과가 존재하기 때문에 쌍대비교과정은 생략가능하다. 이는 사용자의 편의성을 크게 향상시키는 결과를 가져온다. 대안요소 행렬은 그림 3의 사용자 선호도 추

른 결과에서 '사용자 선호' 필드를 사용하여 생성할 수 있으며, 평가 기준 행렬은 '중요도' 필드를 그대로 가져온다.

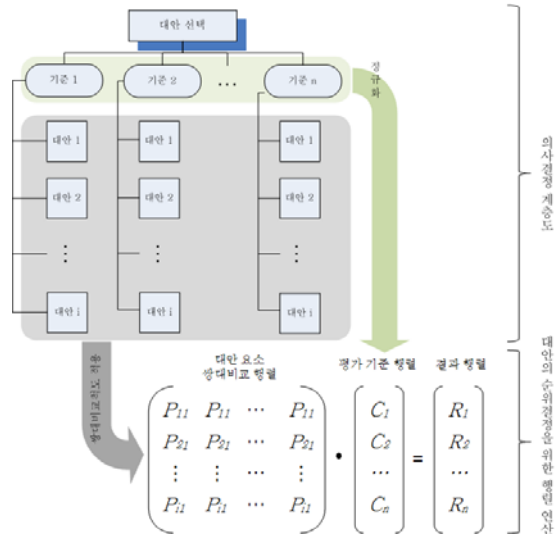


그림 4. AHP 방법을 통한 대안들의 우선순위 결정 과정

5. 구현 및 실험 결과

5.1 클라이언트-서버 기반 시스템 구현



그림 5. 모바일 클라이언트 인터페이스; (a)모바일 맵 브라우저, (b)음식점 추천 요청 설정, (c) 추천 결과, (d) 음식점 상세정보

제한하는 방법은 모바일 클라이언트-데스크탑 서버 기반으로 구현하였다. 모바일 클라이언트는 사용자의 사용성을 극대화하기 위해 맵 브라우저 기반으로 제작되었다. 모바일 클라이언트는 음식점 추천 요청을 사용자로부터 받아서 서

버에 전송한다. 그리고 서버로부터 음식점 추천 결과를 받아서 이를 지도에 출력한다. 데스크탑 서버의 경우, 모바일 클라이언트로부터 음식점 추천 요청을 받으면, 해당 사용자의 선호도 추론 모델과 음식점 추천 모델을 이용하여 음식점을 추천하여 이를 모바일 클라이언트에 전송한다. 그리고 음식점 추천 요청 정보를 사용자 요청 정보 DB에 저장한다. 해당 DB는 주기적으로 사용자 선호도 추론 BN을 학습시키는데 이용된다. 그림 5는 모바일 클라이언트의 인터페이스를 보여준다.

5.2 베이지안 네트워크 학습 결과 및 추천 결과

본 논문에서 사용하는 베이지안 네트워크는 음식점 평가 기준 노드 4개, 사용자 컨텍스트 노드 5개, 평가 기준 중요도 노드 4개 등 모두 합해 13개의 노드를 가진다. 5개의 사용자 컨텍스트는 사용자의 현재 상황을 나타내며, BN의 증거 노드로 사용된다. 음식점 평가기준 노드를 통해 사용자의 현재 선호하는 음식점 정보를 알 수 있으며, 평가 기준 중요도 노드를 통해 사용자가 분위기, 거리, 가격, 음식 종류 중 어떠한 기준을 중요시 하는지 알 수 있다. 그림 6은 학습을 통해 생성된, 증거노드를 설정하지 않은 베이지안 네트워크 중 하나를 보여준다.

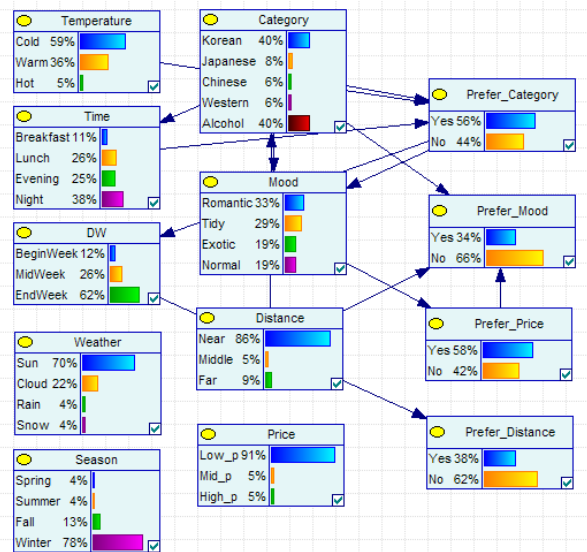


그림 6. 학습을 통해 생성된 특정 사용자의 선호도 추론 BN

그림 6의 베이지안 네트워크의 날씨 노드와 계절 노드는 다른 노드들과 연결선이 없다. 따라서 사용자의 음식점 선호도는 날씨나 계절과는 연관이 없음을 알 수 있다. 그리고 저렴하고 가까운 음식점을 상대적으로 매우 선호하며, 한식과 주류를 좋아함을 알 수 있다. 마지막으로 'Prefer' 노드들을 통해, 사용자는 가격과 음식종류를 거리나 분위기에 비해 중요시하고 있음을 파악할 수 있다.

그림 7은 사용자 컨텍스트가 겨울, 추움, 흐림, 주춧, 저녁 일 때 증거 노드가 설정된 상태의 선호도 추론 BN을 보여주며, 표2는 해당 BN을 사용하여 추천한 음식점들 중 상위 10개를 보여준다. 실험을 위해 사용된 음식점 데이터는 코코편 사이트에서 가져온 신촌지역의 870×500m² 내에 있는 89개의 음식점 정보를 이용하였다. 추천 결과를 보면, 저렴하고 가까운 한식 음식점이 상대적으로 높은 순위에 포진된 것으로 보아, 제안하는 방법을 이용한 음식점 추천 결과가 사용자의 선호도를 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

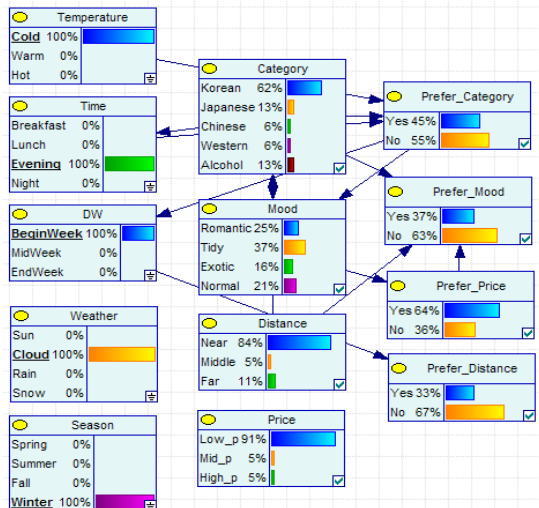


그림 6. 겨울, 추움, 흐림, 주춧, 저녁 로 증거노드가 설정되었을 때의 사용자 선호도 추론 결과

표 2. 신촌 지역의 음식점 추천 결과.

순위	상호	분위기	종류	가격	거리	Score
1	홍초볶담	단정	한식	저렴	가까움	0.318
2	호박이 냉국찌	보통	한식	저렴	가까움	0.303
3	열불	보통	한식	저렴	가까움	0.303
4	놀부 부대찌개	보통	한식	저렴	가까움	0.303
5	wara-wara퓨전호프	단정	주류	저렴	가까움	0.263
6	곰터	단정	한식	저렴	보통	0.252
7	무한천하	단정	한식	저렴	보통	0.252
8	김치숯불꽃삼겹살	보통	한식	저렴	보통	0.237
9	지오짱생조개구이	보통	한식	저렴	보통	0.237
10	허브, 감탄	보통	한식	저렴	보통	0.237

6. 결론 및 향후 연구

본 논문은 고정된 사용자 선호도 추론모형을 사용하는 기존 연구의 한계를 극복하기 위해 진행되었다. 사용자 선호도 추론모형로서 사용되는 베이저안 네트워크를 학습하기 위한 사용자 요청 기반 BN 학습 방법을 제안하였으며, 해당 모델을 사용해 추론된 사용자 선호도 정보를 바탕으로 AHP 방

법에 기반한 음식점 추천 방법을 제시하였다. 제안하는 방법은 모바일 클라이언트-데스크탑 서버 시스템을 통해 실제로 구현하였고, 실험을 통해 제안하는 방법의 가능성을 보였다.

사람들은 주로 개인보다는 그룹을 지어 음식점을 방문하는 경향이 있다. 따라서 향후 연구로, 그룹 사용자를 위한 음식점 추천 서비스가 필요하며, 이에 따라 각 그룹별로 그룹 선호도 추론 모델을 학습시키는 시스템 역시 요구된다. 그리고 그룹 추천과 관련하여 사용자들의 소셜 네트워크를 형성하여 이를 음식점 추천에 반영하는 연구를 진행하고자 한다.

참고문헌

- [1] G. Adomavicius, and A. Tuzhilin, "Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 17, no. 6, pp. 734-749, 2005.
- [2] H.-S. Park, M.-H. Park, and S.-B. Cho, "Information recommendation in mobile environment using a multi-criteria decision making," *Journal of KIISE: Computing Practices and Letters*, vol. 14, no. 3, pp. 306-310, 2008.
- [3] H.-T. Kim, and S.-B. Cho, "A probability and hierarchical method based on client-server system for restaurant recommendation service in mobile environment," *Proc. of The Korea Computer Congress*, pp. 285-290, 2008.
- [4] K.-S. Hwang, S.-B. Cho, and Jong-Ho Lea, "A Bayesian inference model for landmarks detection on mobile devices," *Journal of Korea Information Science Society: Computing Practices*, vol. 13, no. 1, pp. 35-45, 2007.
- [5] K. B. Korb, and A. E. Nicholson, *Bayesian Artificial Intelligence*, Chapman & Hall/CRC, 2003.
- [6] G. F. Cooper, and E. Herskovits, "A Bayesian method for the induction of probabilistic networks from data," *Machine Learning*, vol. 9, no. 4, pp. 309-348, 1992.
- [7] N. Bryson, and A. Mobolurin, "An action learning evaluation procedure for multiple criteria decision making problems," *European Journal of Operational Research*, vol. 96, no. 2, pp. 379-386, 1995.
- [8] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," *International Journal of Services Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 83-98, 2008.
- [9] J. E. Steiguer, J. Duberstein, and V. Lopes, "The analytic hierarchy process as a means for integrated watershed management," *First Interagency Conference*, pp. 736-740, 2003.