

A comparative study on validity of AHP and conjoint analysis: a case of cosmetics preference

Ji Hye Lee^a · Hyeong Chul Jeong^{a,1}

^aDepartment of Applied Statistics, University of Suwon

(Received May 25, 2016; Revised June 30, 2016; Accepted July 27, 2016)

Abstract

In this paper, we consider the comparisons of the personal preferences of analytic hierarchy process (AHP) and conjoint analysis (CA) which contain very relatively small number of alternatives. However, a direct performance comparison is not easy because these two methods have a much different process to achieve the final decision. Therefore, we adopt a validity and reference method with empirical case study for cosmetics preference of female college students. In case study, conjoint analysis has the merit of measuring internal validity; however, AHP has the merit of measuring predictive validity.

Keywords: analytic hierarchy process, conjoint analysis, decision making, preference, validity

1. 서론

의사결정은 여러 가지 상황에서 어떤 행동을 선택하는 정신적 지각활동으로, 모든 의사결정의 과정은 여러 행동과 선택에 대한 의견이 도출된 후 최종적으로 어느 하나의 선택을 하는 절차를 따르고 있다. 이러한 의사결정 행위는 인간의 생활 속에서 일상적으로 발생하는데, 마케팅은 그 중 한 분야라 할 수 있다. 최근 개인의 취향이 다양해짐에 따라 제품을 만들고 서비스를 제공하는데 있어, 소비자들의 선호를 더욱 세밀하게 파악할 필요성이 요구되고 있다. 소비자의 선호도를 측정하는 방법에는 직접 선호도를 물어보는 직접 측정법과 제품이나 서비스에 대한 전반적인 평가로 속성에 대한 평가를 통해서 선호도를 파악하는 간접 측정법이 있다.

본 연구는 의사결정의 결과인 선호 순위를 다룬 것이다. 특히, 속성 간의 쌍대비교를 통해 속성의 중요도(선호도)를 추정하는 계층적 의사결정론(analytic hierarchy process; AHP)과 제품의 순위나 제품 점수를 통한 속성 효용의 결합으로 속성의 선호도를 추정하는 컨조인트 분석(conjoint analysis; CA)의 비교를 다루었다. 두 방법은 의사결정론에서 널리 사용되지만, 속성의 중요도를 측정하는 과정이 전혀 달라 AHP에서 가중치(weight), CA에서 효용(utility)이라는 두 추정치를 객관적으로 비교하는 것은 다소 어려운 문제라고 인식되어왔다. 즉, AHP는 제품 프로파일에 대한 직접 순위를 결정하지 않고 각 속

This research was partially supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (NRF-2015R1D1A1A09059859).

¹Corresponding author: Department of Applied Statistics, University of Suwon, 17 Wauan-gil, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi 18323, Korea. E-mail: jeong.hc@suwon.ac.kr

성의 중요도를 추정한 후 순위를 추정하며, CA는 순위를 측정된 후 각 속성의 중요도를 추정하는 서로 반대의 접근 방법을 취하기 때문이다. 이러한 이유로 두 방법의 결과에 대한 비교 요구는 많으나, 실증적 비교 연구는 상당히 드문 편이다. 하지만, 최종 결과로 산출된 대안(제품)들의 추정 순위를 비교한다면 두 방법 간의 비교가 가능할 수 있다 (Chang, 2009; Helm 등, 2003; Scholl 등, 2004). Scholl 등 (2004)은 대학을 선택하는 정성적 문제에서 두 방법을 비교한 바 있는데, 총 수준 결합이 486가지나 되어, 의사결정자가 순위를 결정하기 매우 어려운 상황을 다룬 바 있다. 결국, Scholl 등 (2004)은 486개의 전체 대안의 순위를 정하지 않고, 부분실험계획법으로 선정된 프로파일들을 쌍대비교하는 방법으로 컨조인트 효용을 추정한 후, 효용결합으로 486개의 순위를 간접적으로 추정하는 방법을 사용하여 AHP와 비교한 바 있다. 그런데, 쌍대비교 설문지를 사용한다면 비교행렬의 장점을 충분히 활용하는 AHP가 CA 보다 다소 유리하리라 판단된다. 하지만, 본 연구에서는 두 방법 고유의 설문 형태를 사용하여 두 방법을 비교하는 문제를 다루고자 한다. 자료수집을 위해, S대학 통계학과 여대생으로 구성된 소규모 집단을 선정하였는데, 어느 방법으로 선호도를 측정하는 것이 실제 선호도와 더 일치하기에 관심을 두고자 한다.

본 연구의 2장에서는 AHP와 CA 방법을 간략히 소개한다. 3장에서는 사례분석을 통해 두 방법을 비교하였으며, 4장에서는 연구의 한계점과 결론을 언급하였다.

2. 계층적 의사결정론과 컨조인트 분석

2.1. 계층적 의사결정론(analytic hierarchy process)

AHP는 다속성 의사결정방법 중의 하나로 결정해야 할 문제(대안)의 선호하는 해결방안을 찾기 위해서, 단일 속성들의 선호도와 속성들의 수준을 결합하여 의사결정을 진행하는 방법이다 (Saaty, 1980, 1990). AHP는 일반적으로 다음과 같은 절차로 적용된다. 첫째 의사결정 문제를 설정하고 문제에 대안들과 관련된 속성들을 계층적으로 구조화 시킨다. 둘째 문제와 관련된 속성들의 쌍대비교를 통해서 자료를 수집한다. 셋째 수집된 자료를 통해 속성들의 상대적 가중치를 추정한다. 가중치를 추정하는 방법은 크게 세 가지로 분류할 수 있는데, 고유치 분해법, 거리최소화법, 평균계산법이 그것이다 (Jeong, 2010; Jeong 등, 2012). 다양한 추정 방법 중 Saaty (1980)의 고유치 분해법이 일반적으로 사용되므로 본 연구에서도 고유치 분해법을 사용하기로 한다.

고유치 분해법은 쌍대비교행렬 A 를 고유치 분해에 의해 λ_{\max} 에 대응되는 고유벡터 w 의 표준화 벡터를 가중치로 사용하는 방법이다. 요소 a_{ij} 로 구성되는 행렬 A 를 고유치 방법에 의하여 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A \cdot w = \lambda \cdot w = n \cdot w$$

여기서, n 은 대안의 갯수이다. 그런데 AHP에서는 평가자가 정확한 w 를 모르며, 쌍대비교행렬 A 가 일치성을 지니지 않기 때문에, 고유치 분해를 사용하여 w 를 추정한다. 즉, 쌍대비교로 측정된 행렬을 A' 이라 하고, 이 행렬의 가중 추정치 w' 는 다음과 같이 추정된다.

$$A' \cdot w' = \lambda_{\max} \cdot w'$$

고유치 분해로 얻어진 w' 를 표준화 시키면 최종 AHP 가중치를 유도할 수 있다. 가중치를 추정할 때에는 AHP로 얻어진 응답이 일치성이 존재하는지 검정할 필요가 있다. AHP의 응답에 있어서 항상 일치성이 지켜지지 않기 때문에 λ_{\max} 는 언제나 n 보다 크거나 같은 값을 갖는다. 그래서 행렬 A' 의 일치성을 λ_{\max} 가 n 과 얼마나 떨어져 있는가를 통해서 검정할 수 있다. 또한, 일관성의 정도를 알기 위해 일관

Table 2.1. Analytic hierarchy process (AHP) random index (RI)

Number of variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

성 지수(consistency index; CI)와 일관성지수를 평균 난수지수(random index; RI)로 나눈 일관성 비율(consistency ratio; CR)을 측정한다. 여기서 난수지수란 모의실험으로 1에서 9까지 정수들을 무작위 추출하여 만들어지는 역수 행렬들에 근거한 평균 일치지수를 의미한다. Table 2.1은 Saaty (1980)의 난수지수값을 보여주며, Saaty는 일관성비율이 0.1보다 작을 때 신뢰할 수 있는 일치성을 얻는다고 판단하였다 (Lee 등, 2014).

2.2. 컨조인트 분석(conjoint analysis)

CA는 여러 가지 속성을 가진 제품 또는 서비스에 대한 소비자들의 전체적 선호를 조사하여 개별 속성들이 소비자에게 주는 효용 및 상대적인 중요성을 파악하는 기법이다. CA는 다속성 척도 모델 중 평가대상의 속성들에 대한 프로파일에 의해 총체적인 가치나 효용을 평가하고 일정한 합성법칙에 입각하여 가치나 효용을 얻어내는 분해적 접근법에 해당한다고 할 수 있다.

CA는 일반적으로 다음과 같은 과정을 따른다. 첫째, 대상의 평가와 관련된 속성을 선정한다. 둘째, 선호도 모델을 결정한다. 선호도 모델은 벡터모델, 이상점모델, 부분가치 함수모델이 있다. 부분가치 함수의 경우 속성의 수준에 따라 상이한 함수 형태를 가지는 등 융통성을 발휘하기에 많이 사용된다. 셋째, 자료수집 방법을 선정한다. 모든 속성들을 결합한 프로파일을 만든 후 응답자에게 각 프로파일의 순위를 매기도록 하는 다요인평가(full profile method)와 두 속성을 동시에 고려하여 평가하는 방법인 이요인 평가(two-factor at a time approach, tradeoff method) 등으로 자료를 수집한다. 넷째, 평가대상을 구성하고 프로파일을 제시하는 방법을 선정한다. 다섯째, 대상을 평가할 척도를 선정한다. 척도는 쌍대비교, 서열척도 등의 여러 대상을 비교하여 선택하는 논메트릭 척도와 연속형 평가척도, 리커트 척도 등을 포함하는 메트릭 척도가 있다. 여섯째, CA 모형을 추정할 방법을 선정하는데, 추정 방법으로 평가가 순위척도로 이루어지고 부분가치 모델인 경우 가산적 컨조인트 분석(MonAnova)을, 이상점 모델인 경우에는 이상점모형 분석(LINMAP)을 이용한다. 그 외에도 PREFMAP, Jonson's nonmetric trade-off procedure 등 다양한 추정법이 존재한다 (Green과 Srinivasan, 1978, 1990).

Table 2.2는 Helm 등 (2003)의 AHP와 CA의 개념적 차이에 대한 설명을 재인용한 것이다. 여기서, 두 분석의 가장 큰 차이는, AHP는 합성적 절차(compositional proceeding)를, CA는 분해적 절차(decompositional proceeding)를 따른다는 점이다. 즉, AHP는 하나하나의 속성 값을 결합하여 각 대안들의 순위를 결정하는 bottom-up 방식, CA는 응답자의 순위 결과를 기초로 각 속성 수준을 정한다는 top-down 방식에 기초한 분석이라 할 수 있다. Helm 등 (2003)은 표에서 AHP는 최대 7개 정도의 대안들에 대해, CA는 2-4개 수준을 지닌 6개 속성에 대해 사용할 수 있다고 하였으나, 이들 수준은 응답자 상황(인내심)을 고려한 하나의 제안에 불과하며, 두 방법 모두 대안이나 속성의 수준 수에는 사실상 큰 제약이 없다. 그러므로, 해당 대안의 개수는 응답자로부터 신뢰성 있는 결과를 유도할 수 있는 임계치 정도로만 생각하기로 한다.

2.3. 평가방법

Table 2.2에서 보듯이 AHP는 속성 가중치를 계산한 후 대상의 순위를 추정하고, CA는 대상의 순위를 결정한 후 속성 수준의 효용을 추정하기에 두 방법의 객관적 비교는 다소 어려운 편이다. Helm 등

Table 2.2. Conceptual comparison of analytic hierarchy process (AHP) and conjoint analysis (CA) (Helm *et al.*, 2003)

	AHP	CA
Pre-condition	preferential independence of attributes	arbitrary combinations of attribute levels possible
Utility model	weighted additive utility model	additive part-worth model
Scale	ratio scale	ordinal or interval scale
Proceeding	compositional	decompositional
Results	relative utilities of all attribute levels	part-worths of all attribute levels
Measured object	individual decision maker	market segment on basis of individual customers
Applicability	up to 7 alternatives or attribute levels	up to 6 attribute with 2-4 levels
Interview expense	many simple paired comparisons; available standard software	fewer, but more complex comparisons; software supported

(2003)은 AHP와 컨조인트 분석을 비교하기 위해 타당도(validity)를 사용하였는데, 본 연구에서도 내적타당도와 예측타당도를 사용하기로 한다.

2.3.1. 내적타당도 내적타당도는 대상의 순위를 추정하거나, 효용을 추정하는 과정에서 방법론 내부에 일관성이 유지되는 정도를 나타내는 척도이다. AHP에서는 응답자의 일관성 지수인 일관성 비율(CR)을 내적타당도의 척도로 삼을 수 있다. CR의 통계적 특성에 대해 많은 논란이 있지만, Saaty의 기준에 의해 CR이 0.1 이하면 해당 응답자는 내적타당도를 지니고 있다고 판단하기로 한다 (Lee 등, 2014).

CA의 내적 타당도를 평가하는 방법으로 결정계수 R^2 를 사용할 수 있다. 즉, 한명의 응답자로 부터 주어 진 대안(프로파일)의 수만큼 회귀 자료가 유도되기에, 각 개인의 회귀 적합력을 내적타당도로 사용한다. Helm 등 (2003)은 R^2 가 0.9에서 1.0 사이면 매우 높은 일치성을, 0.7보다 낮을 경우에는 모형이 충분히 선호도를 설명하지 못한다고 하였으며, 응답자별로 0.8 이상이 적절하다고 제안하였다. 본 연구에서도 Helm 등 (2003)의 기준을 따르기로 한다. 한편, 모든 응답자들의 R^2 의 산술평균으로 종합 R^2 를 산출하여 컨조인트 모형의 전체적 일치성을 판단할 수 있다.

2.3.2. 예측타당도 예측타당도는 각 방법에서 추정된 순위와 실제 응답자의 순위와의 일치성으로 판단한다. 이를 위해 여러 대안들 중 일부를 추출하여 실제 제품을 보여주고 직접 순위를 매기도록 한 후 모형에 의한 추정 순위와 실제 제품의 순위가 일치하는 가를 평가한다. 이를 위해 대안들과 가장 유사한 실제 제품을 정확하게 제시하여야 하는데, 이를 참조방법(reference method)이라 한다. 참조제품들과 모형에서 추정된 순위와의 일치성은 순위상관계수를 사용하기로 한다.

또한, 예측타당도의 보조 지표로 적중률(hit rate)을 고려할 수 있다. 적중률이란 참조 제품의 순위가 CA와 AHP에 의한 추정순위와 동일한가 여부이다. 예를 들어, Hit1은 참조순위에서 1위에 해당하는 제품이 AHP나 CA에서도 1위가 된 응답자들의 비율이고, Hit12는 참조순위에서 1위와 2위가 되는 제품이 두 분석에서도 모두 1위와 2위의 순서를 유지하는 응답자들의 비율, 그리고 Hit12,1은 참조순위에서 1위와 2위가 되는 제품 중에 분석에서 예측 한 1위 제품이 포함되어 있는 응답자 비율을 의미한다. 즉, 예측타당도는 참조순위와의 순위상관과 적중률 등으로 평가할 수 있다 (Helm 등, 2003; Scholl 등, 2004).

Table 3.1. Attribute and level for cosmetics preference questionnaire

Attribute	Attribute Level
brand country	domestic, foreign
price	high price, middle-low price
recommender	ordinary person, entertainer
cosmetic types	base, make-up

3. 사례연구

3.1. 조사내용

화장품 선택시 어떤 속성을 중요시 하는지와 구체적으로 속성의 효용이 어떠한지를 AHP와 CA를 사용하여 비교하고자 한다. CA의 일차적 목표는 응답자 개개인이 개별 속성에 어느 정도의 효용을 부여하는가를 추정하는데 있다. AHP 역시 쌍대비교를 통해 각 속성의 중요도를 추정한다.

3.2. 조사설계

본 연구에서는 화장품의 성격을 정하는 4가지 속성으로 제조국가(brand country), 가격(price), 구매추천인(recommender), 화장품 유형(type)을 선정하였다. 이 4가지 속성에서 각각 2가지 수준(level)을 도출하였다. 제조국은 국산(domestic)과 외국산(foreign), 가격은 고가(high)와 중저가(middle-low), 구매 추천인은 일반인(ordinary person)과 전문가 및 유명인(entertainer), 화장품 유형은 기초(base)와 메이크업(make-up)으로 각 수준을 선정하였다. 속성수준이 2^4 이므로 16개의 프로파일이 존재한다.

본 설문조사는 S대학교 통계학과 여학생 54명을 대상으로 진행하였다. 그런데, AHP와 CA 결과가 서로 반대로 나타나거나, 응답의 신뢰성이 심하게 낮은 12명을 제외한 42명을 최종 분석 대상으로 하였다. 모든 학생은 동일하게 AHP와 CA 설문을 부여 받았으며, 설문 순서의 영향을 배제하고자 한 그룹은 AHP-CA, 다른 그룹은 CA-AHP 순서로 설문조사가 진행되었다.

3.2.1. AHP AHP 설문은 Table 3.2와 같이, 우선 4가지의 속성에 대한 6회의 쌍대비교를 실시하고, 다음으로 각 속성 4개에 대해 각각 1회의 쌍대비교를 실시하도록 설계되었다. Table 3.2에는 첫 번째 응답자의 첫 6개에 대한 쌍대비교 결과와 각 속성 4개의 쌍대비교 응답 결과가 표시되어 있다. 예를 들어, 첫 번째 응답자는 화장품 제조국과 가격 인자 중 가격 인자를 더 중요시(가격 3에 표시)하며, 추천인과 화장품 유형 인자 비교에서는 화장품 유형 인자가 훨씬 더 중요(화장품 유형 5에 표시)하다고 응답하였다.

3.2.2. CA Table 3.3은 16개 프로파일이 모두 존재하는 CA 설문으로 첫 번째 응답자의 16개 프로파일에 대한 선호 순위가 표의 오른쪽에 기입되어 있다. 응답자는 충분한 설명을 들은 후 16개 프로파일에 대한 선호 순위를 기입하는데, 본 연구에서는 16개 프로파일의 순위 결정 방식으로 두 가지 방법을 사용하였다. 우선, 24명의 응답자들은 16개 프로파일 카드를 충분히 검토한 후 Table 3.3 설문지에 선호 순위를 직접 기입하였다. 그리고 나머지 응답자 22명은 16개 프로파일 카드를 받은 후, 본인의 선호에 따라 프로파일들을 상위 8개와 하위 8개로 1차 분류토록 하였다. 그 후 상위로 분류된 8개의 프로파일을 무순서로 배열한 후 각각 2개씩 쌍대비교를 실시하여 선호 프로파일을 위로 올리도록 하였다. 위로 올라간 4개의 카드와 아래로 내려간 4개의 카드들을 전과 마찬가지로 2개씩 쌍대비교 한 후 위아래로 2개의 카드가 놓이게 하였다. 마지막으로 남은 2개의 카드를 다시 쌍대비교하여 1, 2위를 결

Table 3.2. The example questionnaire of AHP pairwise comparison scales

Alternative	Importance ←									→ Importance									Alternative
	Extreme		Very Strong		Strong		Moderate		Eq.	Moderate		Strong		Very Strong		Extreme			
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
country																		price	
country																		recommender	
country																		types	
price																		recommender	
price																		types	
recommender																		types	
domestic																		foreign	
high price																		middle-low	
ordinary																		entertainer	
base																		make-up	

Table 3.3. Example of CA questionnaire and first respondent's rank

Profile	Country	Price	Recommender	Types	Response rank
1	domestic	high	ordinary person	base	16
2	domestic	high	ordinary person	make-up	13
3	domestic	high	entertainer	base	7
4	domestic	high	entertainer	make-up	11
5	domestic	middle-low	ordinary person	base	12
6	domestic	middle-low	ordinary person	make-up	2
7	domestic	middle-low	entertainer	base	9
8	domestic	middle-low	entertainer	make-up	1
9	foreign	high	ordinary person	base	15
10	foreign	high	ordinary person	make-up	5
11	foreign	high	entertainer	base	8
12	foreign	high	entertainer	make-up	6
13	foreign	middle-low	ordinary person	base	14
14	foreign	middle-low	ordinary person	make-up	4
15	foreign	middle-low	entertainer	base	10
16	foreign	middle-low	entertainer	make-up	3

정하는 방식으로 상위 1-8위 순서를 결정하도록 하였다. 이와 같은 방법을 하위 프로파일에도 적용하여 1-16위 전체 순서를 결정 한 후 설문지에 해당 순위를 기입하였다. 여기서, 첫 번째 순위 결정 방법을 일반 순위 결정법, 두 번째 순위 결정 방법을 토너먼트 순위 결정법이라 할 수 있는데, 모든 응답자들은 이와 같은 두 가지 방법 중 하나로 순위를 결정하였다. 한편, 첫 번째 응답자는 프로파일 8을 가장 선호하고, 다음으로 프로파일 6을 선호한다고 응답하였다 (Table 3.3).

3.2.3. 참조방법 참조방법은 응답자에게 프로파일과 가장 유사한 실제 제품을 제시한 후 응답자로부터 해당 제품에 대한 선호 순위를 제공받는 방법이다. 여기서는 16가지 프로파일 중에서 6가지 프로파일의 실제 제품 이미지를 제시하였는데, Figure 3.1에서 참조방법을 위해 사용한 6개 제품 이미지를 볼 수 있다. 예를 들어 Figure 3.1의 상단 프로파일은 국내에서 제조되며, 고가의 일반인 추천이 많은 기초화장품으로 컨조인트 설문 1번 프로파일에 해당하는 제품이다. 본 연구자가 의도한 참조제품 프



Figure 3.1. Reference samples(High: profile 1, 4, Middle: profile 6, 11, Low: profile 13, 16).

로파일들은 프로파일 1, 프로파일 4, 프로파일 6, 프로파일 11, 프로파일 13, 프로파일 16이다 (Figure 3.1). 한편, 첫 번째 응답자는 여섯가지 프로파일 P1, P4, P6, P11, P13, P16에 대해 (5, 3, 1, 4, 6, 2)로 선호 순위를 기입하였다 (Table 3.4의 RM rank 참고). 최종적으로 42명의 응답자는 AHP 쌍대비교, CA 순위, RM 순위 모두에 응답하였으며, 이에 기초하여 각 응답자별 AHP 순위가 추정되며, CA 효용 추정치에 의한 부분가치 결합으로 CA 순위가 추정된다.

3.3. 응답자의 제품 순위 추정

Table 3.2와 Table 3.3에 주어진 첫 번째 응답자의 자료로부터 AHP와 CA를 사용한 로파일들의 순위를 추정하기로 한다.

4가지 속성에 대한 쌍대비교행렬을 A, 각 속성 수준의 쌍대비교행렬을 각각 B₁, B₂, B₃, B₄라 할 때, 첫 번째 응답자의 쌍대비교행렬은 다음과 같다.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 3 & 1/5 \\ 3 & 1/3 & 1 & 1/5 \\ 5 & 5 & 5 & 1 \end{pmatrix}, \quad B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{pmatrix}, \quad B_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1/6 \\ 6 & 1 \end{pmatrix}, \quad B_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1/4 \\ 4 & 1 \end{pmatrix}, \quad B_4 = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}.$$

Table 3.4. Estimated ranks of AHP and CA based on first respondent data

Profile	response rank	Tr	CA utility	AHP weight	CA rank	AHP rank	RM rank
1	16	0.236	1.463	0.256	16	15	5
2	13	6.660	8.110	0.557	9	7	
3	7	6.660	3.058	0.329	14	13	
4	11	6.660	9.704	0.629	6	5	3
5	12	6.660	6.460	0.405	12	11	
6	2	15.336	13.106	0.706	4	3	1
7	9	6.660	8.054	0.477	10	9	
8	1	15.782	14.701	0.778	2	1	
9	15	1.218	2.300	0.222	15	16	
10	5	9.960	8.946	0.523	7	8	
11	8	6.660	3.894	0.294	13	14	4
12	6	9.960	10.540	0.595	5	6	
13	14	6.660	7.296	0.371	11	12	6
14	4	14.891	13.942	0.671	3	4	
15	10	6.660	8.891	0.443	8	10	
16	3	15.336	15.537	0.744	1	2	2

A 행렬에 기초한 고유벡터의 표준화 값은 (0.069, 0.208, 0.120, 0.602)이며, 각 속성 수준에 대한 고유벡터의 표준화 값은 각각 (0.750, 0.250), (0.143, 0.857), (0.20, 0.80), (0.250, 0.750)이다. 이에 따라 A 행렬의 고유벡터 값을 가중치로 사용하여 구한 각 수준별 최종 중요도는 (국산, 외국산, 고가, 중저가, 일반인, 유명인, 기초, 메이크업)에 대해 (0.052, 0.017, 0.030, 0.179, 0.024, 0.096, 0.150, 0.451)로 결정된다. 즉, 첫 번째 응답자는 메이크업 화장품을 가장 중요시 하며, 다음으로 중저가, 유명인 추천 그리고 국산 화장품 순으로 중요도를 드러내고 있다.

CA 분석을 위해서 종속변수로 Table 3.3의 응답자 순위를 역코딩 한 후, 최적척도순위(transformed rank) Tr 를 계산한다 (Huh, 1994). 그리고, 4가지 속성을 더미변수로 입력하는데, 더미코딩 0을 -1 로 변환한 effects 코딩을 사용하여 회귀분석을 실시한다. 회귀모형은 다음과 같다.

$$\widehat{Tr} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 d_1 + \hat{\beta}_2 d_2 + \hat{\beta}_3 d_3 + \hat{\beta}_4 d_4$$

여기서, d_1, d_2, d_3, d_4 는 Table 3.1의 4가지 속성에 대한 더미변수이다. 회귀분석에 의해 첫 번째 응답자의 (국산, 외국산, 고가, 중저가, 일반인, 유명인, 기초, 메이크업) 효용은 $(-0.418, 0.418, -2.498, 2.498, -0.797, 0.797, -3.323, 3.323)$ 으로 추정된다. 즉, 첫 번째 응답자의 효용은 메이크업, 중저가, 유명인 추천 그리고 외국산 화장품 순으로 효용크기가 드러나는데, AHP의 중요도 가중치와 비교하면, 앞의 세가지 인자 수준에 대한 선호는 서로 일치하나, 국가 브랜드에서 AHP는 국산제품을 CA에서는 외국산 제품을 선호하는 것으로 나타나, 두 분석 결과에 약간의 차이가 있음을 볼 수 있다.

Table 3.4는 첫 번째 응답자의 AHP 가중치와 가중치에 기초한 추정순위, CA 효용과 효용에 기초한 추정순위, RM 순위 등을 보여준다. CA 설문에 의해 첫 번째 응답자는 8번 프로파일을 1순위, 6번 프로파일을 2순위, 16번 프로파일을 3순위로 선택하였다. 즉, 설문조사에 의한 1, 2, 3순위는 (8, 6, 16)번 프로파일이다. 그런데, AHP 가중치를 가중결합하여 순위를 추정하면, 1, 2, 3순위는 (8, 16, 6)번 프로파일로 2, 3순위가 바뀌어짐을 보게된다. 한편, CA 효용의 부분가치 결합으로 1, 2, 3순위를 추정하면 (16, 8, 14)번 프로파일이 되어 응답자의 설문 순위와는 다소 차이가 있음을 볼 수 있다.

이제, 6가지 참조제품에 대한 순위와 설문에 의한 순위, AHP 추정순위, 그리고 CA 추정 순위를 서로

Table 3.5. Analytic hierarchy process (AHP) average weight of attributes

Attributes	Average weight	Ranking
Brand country	11.3	4
Price	26.4	3
Recommender	29.7	2
Cosmetic types	32.6	1

Table 3.6. Conjoint analysis (CA) average utility of attributes and importance weight

Attributes	Level	Average utility	Importance weight
Intercept		8.5	-
Country	domestic	0.294	23.5%
	foreign	-0.294	
Price	high	-0.907	34.9%
	middle-low	0.907	
Recommender	ordinary person	0.121	20.1%
	entertainer	-0.121	
Types	base	0.414	22.7%
	make-up	-0.414	

비교하여보자. 참조제품 순위와 설문 순위와의 순위상관은 0.886이며, 참조제품 순위와 AHP 및 CA 추정순위와의 순위상관은 각각 0.771로 계산되어, 설문 순위와의 상관이 모형에 의한 순위보다 더 높게 나타났다. 이는 첫 번째 응답자에게 기억효과가 있어서인지, 설문 순위와 참조제품과의 순위상관이 AHP나 CA의 추정순위와의 상관보다 높게 나타난 것으로 유추된다. 이러한 기억효과에 기초로 하여, 참조제품 프로파일 순위와 두 방법으로 추정한 순위와의 순위상관을 각 모형의 예측타당성을 평가하는 척도로 사용할 수 있으리라 기대한다.

Table 3.5는 유효응답자 42명의 속성 가중치를 평균한 AHP 가중치와 순위를 보여준다. AHP 결과 화장품 선호에 영향을 미치는 주요 속성은 화장품 종류, 추천인, 가격, 화장품 제조국가 순으로 나타나고 있음을 볼 수 있다. Table 3.6은 42명의 CA 분석의 평균 효용과 중요도이다. CA에서 화장품 선호에 영향을 미치는 주요 속성의 효용은 가격, 화장품 제조국가, 화장품 종류, 추천인 순으로 나타났으며, AHP의 속성 중요도 순위와는 다소 반대의 결과가 유도되었음을 볼 수 있다. 하지만, 이는 전체 응답자의 속성 가중치나 효용을 평균한 것이기에 단순 비교하기에는 약간 무리스러운 면이 있다. 다만, AHP에서는 제조국을 제외한 나머지 3속성의 중요도를 평균적으로 비슷하게 판단한 반면, CA에서는 가격을 제외한 세가지 속성을 비슷한 정도로 판단하였음을 볼 수 있다. 그리고, CA 속성 상 가격이 대체적으로 중요한 역할을 한다는 기존 연구와 비슷한 결과를 얻었음을 유의할 필요가 있다 (Green과 Srinivasan, 1990).

3.4. 타당도 비교

3.4.1. 내적타당도 모형 적합성 측면으로 AHP의 일관성 계수, CA의 R^2 를 사용하여 내적타당도를 판단하기로 한다. Table 3.7에서 AHP의 평균 CR은 0.171이며, 일관성 계수가 높은 응답자는 52.4%로 내적타당도가 설문의 수에 비해 상대적으로 높지 않음을 볼 수 있다. 반면, CA의 평균 R^2 는 0.869이며, R^2 가 0.9 이상인 응답자가 64.3%로 다수의 응답자에서 비교적 높은 내적타당도가 나타나고 있다. 또한, CA 내에서는, 토너먼트 순위 결정 방식이 16개 프로파일 전체로부터 순위를 결정하는 일반 순위

Table 3.7. Consistency of preference for internal validity

Method	Consistency measure	Total (<i>n</i> = 42)	Tournament CA (<i>n</i> = 20)	Ordinary CA (<i>n</i> = 22)
CA	R^2 (mean)	0.869	0.816	0.917
	High ($R^2 \geq 0.9$)	27(64.3%)	9(45.0%)	18(81.8%)
	Medium($R^2 \in (0.7, 0.9)$)	9(21.4%)	6(30.0%)	3(13.6%)
AHP	CR(arithmetic mean)	0.171		
	High($CR \leq 0.1$)	22(52.4%)		

CA = conjoint analysis; AHP = analytic hierarchy process.

Table 3.8. Spearman correlation between analytic hierarchy process (AHP) and conjoint analysis (CA) for reference samples

Method	AHP	CA	Tournament CA	Ordinary CA
Spearman correlation	0.437 (<i>n</i> = 42)	0.317 (<i>n</i> = 42)	0.283 (<i>n</i> = 20)	0.348 (<i>n</i> = 22)

Table 3.9. Hit rates between analytic hierarchy process (AHP) and conjoint analysis (CA) for reference samples with consistency respondents

Hit rates (%)	AHP (<i>n</i> = 42)	CA (<i>n</i> = 42)	Tournament CA (<i>n</i> = 20)	Ordinary CA (<i>n</i> = 22)
Hit1	47.6	35.7	30.0	40.9
Hit12	23.8	21.4	20.0	22.7
Hit123	11.9	14.3	10.0	18.2
Hit12,1	64.3	54.8	50.0	59.1
Hit123,1	76.2	61.9	55.0	68.2
Hit123,12	90.5	83.3	85.0	81.8

결정 방식보다 내적타당도가 낮음을 볼 수 있다. 결론적으로 응답자의 설문에 대한 일관성 측면에서는 CA가 AHP 보다 다소 우위에 있다고 할 수 있다. 이는 응답자들이 상대적으로 많지 않은 대안들의 선호를 결정할 때, 대안들끼리 상대적 비교하는 것보다 직접 순위를 부여하는 행위에 큰 어려움을 지니지 않는다고 해석 할 수 있다. 하지만, 이와같은 결과는 본 실험에 국한 된 것으로 제한하여야 한다.

3.4.2. 예측타당도 예측타당도를 비교하기 위해, RM과 AHP, RM과 CA의 순위 상관계수를 계산하였다. Table 3.8은 유효응답자 42명의 순위상관의 평균을 보여주는데, AHP의 순위상관은 0.437, CA의 추정순위는 0.317로 AHP의 순위상관이 CA보다 높게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 하지만, 순위상관값이 전체적으로 높은 수준은 아니다. 이는 다수의 응답자가 RM에서 제공된 6가지 제품 프로파일 카드를 AHP나 CA에서 제시된 프로파일과 동일하게 받아들이지 못했기 때문에 발생한 현상으로 이해된다. 한편, 토너먼트 순위 결정 CA보다는 16개 프로파일 전체로부터 순위를 결정하는 일반 순위 결정 CA의 상관값이 더 높음을 볼 수 있다.

Table 3.9는 참조 제품에 대한 순위 적중률을 보여준다. Hit123을 제외하면 AHP의 적중률이 CA 적중률보다 높음을 볼 수 있다. 즉, 1 순위를 추정하는 Hit1의 경우 AHP 47.6%, CA 35.7%로, AHP 추정 순위가 CA 추정 순위보다 참조표본에 대한 적중률이 높음을 볼 수 있다. 당연한 결과로 1, 2, 3순위 모두를 적중해야 하는 Hit123은 Hit1이나 Hit12 보다는 상당히 낮을 수 밖에 없는데, 본 사례에서 그 해당자가 AHP에서는 5명, CA에서는 6명으로 유의미한 차이라고 판단하기엔 다소 어려운 면이 있었다.

한편, CA 내에서 쌍대비교를 통한 토너먼트 순위 결정 방식보다 순위 결정에 제약을 두지 않은 일반순위 결정 방식의 적중률이 대부분의 경우에서 더 높음을 볼 수 있다. 결론적으로 본 42명의 여학생에 대한 화장품 선호도 조사에서는 AHP의 예측타당성이 CA 보다 다소 높게 나타나서, AHP 순위 예측 방법을 마케팅 의사결정에도 적용할 수 있는 가능성을 발견할 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 대안이 많지 않은 경우에서 AHP와 CA 방법의 순위예측을 다룬 것이다. 대안이 많지 않아서 CA의 다양한 버전 중 직접 순위를 결정하는 고전적 방법과 더불어 쌍대비교와 다소 유사한 토너먼트 방법으로 순위를 결정하는 두 가지 방법을 사용하였다. 사례분석 결과 내적 타당도 측면에서는 CA가, 예측타당도 측면에서는 AHP가 우위를 보여 Scholl 등 (2004)의 결과와 유사한 결과를 유도하였다. 한편, 16가지의 평가대상을 쌍대비교하여 순위를 결정하는 토너먼트 순위 결정 방법이 응답자의 순위 결정 과정의 피로도를 덜어주어 더 우수한 방법이라 예상되었지만, 내적타당도나 예측타당도 측면에서 특별한 제약 없이 응답자가 자율적으로 순위를 정하는 일반 순위 결정 방법이 더 우수한 것으로 나타났다. 이는 토너먼트 방법으로 순위를 정하면 순위를 다시 재고할 기회가 사라지지만, 특별한 제약 없이 순위를 정하게 되면, 응답자들이 전체 순위를 재고할 기회가 많아져서 보다 더 정확한 제품 순위가 결정되는 것으로 이해되었다. 끝으로, 본 사례연구에서 동일 응답자에게 두 조사를 동시에 실시한 것은 바람직하다고 생각하지만, 응답자가 화장품에 대한 전문가가 아닌 일반인인 관계로 참조제품을 질문지 상의 프로파일과 정확히 매칭 하지 못하여 참조제품과의 순위상관이 높지 못한 점에 연구의 한계가 있음을 밝힌다. 즉, 이상의 결과를 일반화하기에는 다소 실험의 한계가 있어서 본 조사에 대한 결과로만 자료해석을 제한하고자 한다.

일반적으로 CA는 속성의 효용을 비교적 합리적으로 추정한다는 큰 장점이 있다. 그런데, 대안이 아주 많은 경우 직접 순위를 부여할 수 없는 한계점이 존재한다. 그런데, 앞의 비전문가를 대상으로 하는 실험에서 AHP의 예측타당성이 CA보다 높을 수 있음을 살펴보았다. 즉, 응답자들이 CA의 순위결정의 번거로움을 피하는 대신, AHP를 사용하여 프로파일들의 순위를 추정할 수 있으며, 속성의 중요도를 유도할 수 있다는 점이다. 결론적으로 CA에 AHP를 활용할 수 있는 가능성을 타진한 점에서 본 연구의 의의를 두고자 한다. 추후, 군집분석을 사용한 AHP와 CA의 시장 세분화 방안, 대응분석 수량화 점수와 각 방법들의 효용점수와의 군집화, AHP 속성 순위를 CA의 종속변수로 투입하는 방법들에 대한 활발한 연구를 기대한다.

References

- Chang, T. (2009). A methodological review of using AHP and conjoint analysis for measuring importance, *Journal of Practical Research in Advertising and Public Relations*, **2**, 7–20.
- Green, P. E. and Srinivasan, V. (1978). Conjoint analysis in consumer research: issues and outlook, *Journal of Consumer Research*, **5**, 103–123.
- Green, P. E. and Srinivasan, V. (1990). Conjoint analysis in marketing: new developments with implications for research and practice, *Journal of Marketing*, **54**, 3–19.
- Helm, R., Manthey, L., Scholl, A., and Steiner, M. (2003). *Empirical evaluation of preference elicitation techniques from marketing and decision analysis* (Technical Paper), Friedrich-Schiller University, Available from: <http://www.wiwi.uni-jena.de>
- Huh, M. (1994). *Optimal Scaling*, Freeacademy, Seoul.
- Jeong, H. C. (2010). Study on AHP and non-parametric verification on the importance of the diagnosis indicators of personal information security level, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, **12**, 1499–1510.

- Jeong, H. C., Lee, J. C., and Jhun, M. (2012). A study for obtaining weights in pairwise comparison matrix in AHP, *The Korean Journal of Applied Statistics*, **25**, 531–541.
- Lee, J. C., Jhun, M., and Jeong, H. C. (2014). A statistical testing of the consistency index in analytic hierarchy process, *The Korean Journal of Applied Statistics*, **27**, 103–114.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- Satty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, **48**, 9–26.
- Scholl, A., Manthey, L., Helm, R., and Steiner, M. (2004). Solving multiattribute design problems with analytic hierarchy process and conjoint analysis: an empirical comparison, *European Journal of Operational Research*, **164**, 760–777.

계층적 의사결정과 컨조인트 분석의 타당성 비교: 화장품 선호 사례 조사

이지혜^a · 정형철^{a,1}

^a수원대학교 응용통계학과

(2016년 5월 25일 접수, 2016년 6월 30일 수정, 2016년 7월 27일 채택)

요약

본 연구는 대안이 많지 않은 의사결정에서 계층적 의사결정론(analytic hierarchy process)과 컨조인트 분석 간의 비교를 다루었다. 계층적 의사결정론은 속성들의 쌍대비교 과정을 거쳐 속성의 중요도를 추정한 후 대안들의 순위를 추정하는 방법이며, 컨조인트 분석은 대안의 순서로부터 속성의 효용을 추정하는 방법으로, 의사결정의 과정이 다르기에 두 방법을 직접적으로 비교하는 것은 다소 한계가 있다. 본 연구에서는 Scholl (2004)의 타당도 척도를 사용하여 두 방법을 S대학 여학생들의 화장품 선택 사례 연구를 통하여 두 방법을 서로 비교하였다. 사례연구 결과 컨조인트 분석은 내적타당도가 높게 나타났으며, 계층적 의사결정분석 방법은 예측타당도가 높게 나타남을 볼 수 있었다.

주요용어: 계층적 의사결정론, 컨조인트 분석, 의사결정, 선호도, 타당성

이 논문은 제1저자 이지혜의 석사학위논문을 기초로 추가 연구한 것이며, 2015년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 부분 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다 (NRF-2015R1D1A1A09059859).

¹교신저자: (18323) 경기도 화성시 봉담읍 와우리 수원대학교, 응용통계학과. E-mail: jeong.hc@suwon.ac.kr