

# Magnitude Estimation 데이터 분석 절차에 관한 연구

## A Study for Magnitude Estimation Data Analysis Procedure

송맹기, 한성호, 곽지영.

포항공과대학교

### Abstract

A Psychophysical scaling method called magnitude estimation is frequently used to evaluate human sensation to physical stimuli. This paper described the procedure of magnitude estimation data analysis which consists of four modulus ; reponse space, CMM(Cross-Modality Matching)/merge, standardization, scale building & data analysis method. This procedure is being developed as an expert system in which the four analysis modulus are programmed so that a novice user can perform the analysis.

### 1. 서론

Psychophysical Scaling 기법은 전통적으로 각종 물리적 자극에 대한 인간의 인지강도를 파악하여 이들간의 연관관계를 규명하는데 주로 이용되어 왔다(Gescheider, 1985). 그러나, 최근에는 여러가지 사회적 현상에 대한 인간의 심리적 요소의 측정과 일상생활 용어의 선호도 평가에도 이용되는 등 다양한 분야에서 이용되고 있다(Ekman, 1962; Gescheider, 1982; Kemp, 1991; Kuennapas, 1963; Lodge, 1981; Moskowitz, 1984). 이처럼 여러 분야에 적용되어 널리 쓰이고 있는 Psychophysical Scaling 기법은 그 종류가 매우 다양하여 사용하려는 목적이나 적용대상에 따라 적절한 선택이 필요하다. 현재까지는 여러 기법들 중 항목척도(Category Scale)가 가장 널리 이용되어 왔으나, 데이터의 획득이나 분석과정에 많은 문제점이 있는 것으로 알려져 있다. 항목척도의 이러한 단점을 보완하고 보다 정확한 측정을 위해 Magnitude Estimation 기법을 적용할 수 있다. 그러나, Magnitude Estimation 을 이용하여 인간의 인지강도를 파악할 경우 실험절차나 실험데이터의 분석 등 최종 실험결과 도출까지의 일련의 과정이 여타 Psychophysical Scaling 기법에 비해 복잡하다. 또한, 실험 데이터의 변환과 표준화 과정에 있어 주의를 요하며, 실험의 타당성 검증을 위한 과정 등에 있어 기준을 필요로 한다. 이러한 복잡한 과정으로 인하여 Magnitude Estimation 으로 획득된 Raw 데이터로 최종 분석을 하기까지는 전문적인 지식을 지닌 사람들만이 가능하다고 볼 수 있다. 따라서, Magnitude Estimation 으로 획득된 데이터로 초보자도 손쉽게 분석할 수 있는 전문가시스템의 개발이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 Magnitude Estimation 을 이용하여 인간의 인지강도를 파악할 경우, 획득한 실험데이터의 분석절차 및 각 절차과정에서의 고려사항, 기준 등에 대해 제시하였다. 또한, 일련의 분석절차 과정과 각 분석절차 과정에서의 검증, 데이터변환 및 표준화, 실제 데이터분석 등 필요시 되는 모든 내용을 통합하여 다룰 수 있는 시스템의 개념도(Conceptual Framework)를 제시하였다.

### 2. MEDASystem 의 개요

Magnitude Estimation 을 이용하여 획득한 데이터 분석시 체계적이고, 종합적인 분석절차를 제공하여 사용자에게 편의를 제공하기 위해 본 논문에서는 MEDASystem(Magnitude

Estimation Data Analysis System(이하 MEDASystem)의 개념을 소개하고자 한다.

Magnitude Estimation 을 이용하여 인간의 물리적 자극에 대한 인지강도를 알아보고 서로의 연관관계를 규명하는 실험을 실시 할 경우 실험데이터의 분석절차를 Guide 하고, 선택된 측정치의 오류여부 및 측정치 오류의 원인 규명 등 최종 실험결과 도출까지의 모든 과정을 일괄처리할 수 있도록 하는 MEDASystem 은 본 논문을 바탕으로 개발할 예정에 있으며, 본 논문을 바탕으로 개발될 MEDASystem 의 개념도(Conceptual Framework)가 그림 1.에 나타나 있다.

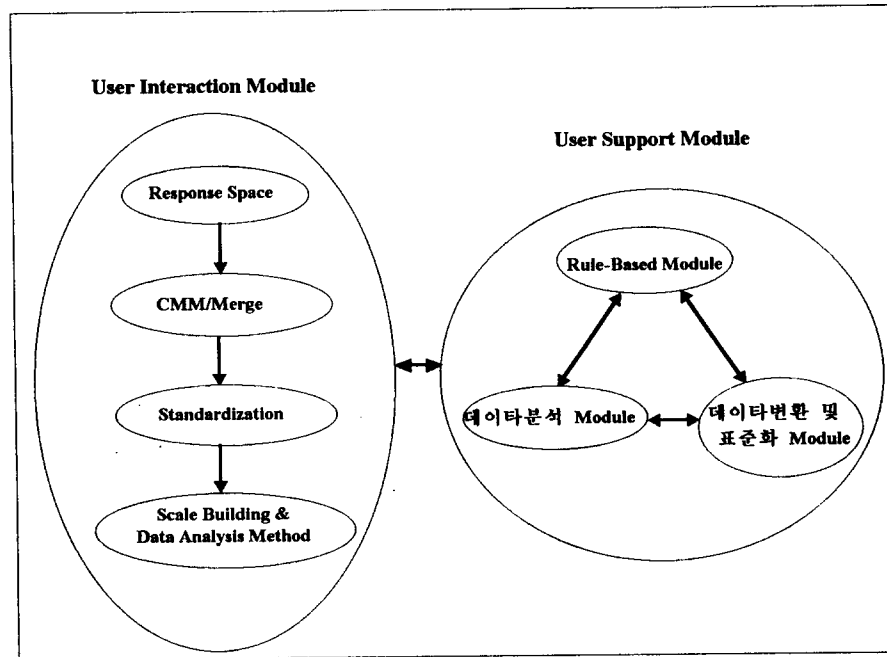


그림 1. MEDASystem 의 개념도(Conceptual Framework)

MEDASystem 은 User Interaction Module 과 User Support Module 로서 크게 두가지 Module 로 구성된다. User Interaction Module 은 시스템을 이용하는 사용자(실험데이터 분석자 및 실험자)가 Magnitude Estimation 을 적용하여 실험을 실시한 후 획득한 실험데이터를 바탕으로 최종 결과분석까지 거치는 여러가지 절차에서 시스템과 상호작용하여 최종 결과분석 도출까지의 과정을 다루는 Module 이다. 또한, User Support Module 은 사용자가 시스템이 제공하는 절차를 따라 각 분석과정을 거칠 경우, 각각에 해당하는 절차에서 필요한 기준 및 데이터의 변환, 데이터의 표준화, 데이터의 통계분석 등을 사용자에게 제공하도록 하는 Module 이다. 각각의 Module 을 자세히 설명하면 다음과 같다.

### 3. User Interaction Module

User Interaction Module 은 사용자가 실험데이터를 바탕으로 시스템을 사용할 경우 각 절차 등을 도식화하여 사용자와 상호작용을 할 수 있도록 작성한 것으로 Response Space, CMM(Cross-Modality Matching)/Merge, Standardization, Scale Building & Data Analysis Method 로 구성되어 있다. 본 Module 을 바탕으로 MEDASystem 의 인터페이스가 개발될 예정이며, 각각의 정의 및 각 Module 에서 다루어지는 사항들에 대한 간략한 설명은 다음과 같다.

## Response Space

Response Space 는 Magnitude Estimation 를 사용했을 경우 Scale 의 특성에 대하여 알아보고 그 특성에 부합하는 데이터 변환을 제시하기 위한 Module 이다. 본 Module 에서는 Unipolar Scale 과 Bipolar Scale 로 두가지 성격의 Scale 에 대해 다룬다. Unipolar Scale 은 단일방향(One-Direction)을 지닌 Scale 로, 예를 들면, “좋아하는 정도는?”의 성격을 지닌 Scale 이며, Bipolar Scale 은 양방향(Bidirection)을 지닌 Scale 로 Unipolar Scale 2 개가 합쳐진 경우라 할 수 있다. 각각의 Scale 에 대한 데이터 변환은 서로 다르며, 특히 Bipolar Scale 인 경우는 데이터 변환 및 표준화에 주의를 요한다. 예를 들어, Magnitude Estimation 을 이용하여 획득한 데이터는 Ratio Scale 수준의 데이터로서 음수를 지닐 수 없다. 그러나, “Dislike-Like”와 같은 양방향성을 지닌 Bipolar Scale 의 경우, Dislike 방향(반대방향)을 Like 방향(정방향)과 반대방향으로 여겨 Dislike 방향의 값에 음의 값을 할당 할 수 있다. 이 경우 Magnitude Estimation 은 Ratio Scale 로의 성격을 잃고, Interval Scale 로 하락한다. 그러나, Dislike 방향에 대해 역수를 취할 경우 그 값은 Ratio Scale 의 성격을 지닌다고 할 수 있다. Dislike 방향에 역수를 취할 수 있다는 것은 Kelvin 온도의 경우 “춥다-덥다” 경우를 살펴보면 알 수 있다. Kelvin 온도에서의 절대영점(Absolute Zero)은 아주 춥다라고 느끼는 경우이고, 덥다와 춥다의 중간 지점인 So-So 는 어느 임의의 지점인 온도에서 나타날 수 있다. 그러므로, 반대되는 언어에 대해서는 반대방향(Dislike)과 정방향(Like)의 중간지점 즉, 무감각 상태를 절대영점으로 하여 반대방향을 음수로 할당하기 보다는 반대방향 즉, Dislike 방향의 극점에 대해 절대영점을 두는 것이 바람직하다라는 가정하에 나오는 결과이다.

## CMM/Merge

CMM/Merge 는 실험데이터를 바탕으로 실험의 타당성 및 실험데이터의 사용성 여부를 검토하고, 실험데이터로서 사용여부가 불가능한 경우 그 원인을 규명하고 수정하는 Module 이다. 본 Module 에서는 우선 실험데이터로 Regression Fitting 을 실시한 후 Cross-Modality Matching Paradigm 을 바탕으로 데이터의 사용성 여부를 검증한다. 실험데이터의 사용성 여부 검증을 실시한 후 이상여부가 없을 경우 두 Measure 를 Merge 하고, 이상여부를 발견시에는 그 원인이 무엇인지 차례로 조사하고 원인규명을 한뒤 데이터의 수정을 하거나, 원인불명시 재실험하도록 하는 과정 등이 포함되어 있다.

## Standardization

Magnitude Estimation 을 이용하여 실험하였을 경우 중요한 과정이 바로 데이터의 표준화 과정이다. Magnitude Estimation 의 실험방법으로는 Modulus, Free Modulus, Modified Modulus 가 있다. 그러나, Modulus 를 제외하고는 피실험자가 임의로 인지강도의 크기를 표현하게 되어있으므로, 각 피실험자마다 변동(Variation)이 크다. 그러므로, 피실험자의 인지강도 크기를 일정한 범위 내에서 다룰 수 있고, 통계적 분석을 위해 실험데이터의 표준화가 필요하다. 또한, 데이터 표준화 방법을 사용자가 원하는 방향으로 제시하여 표준화하는 과정이 포함되어 있다.

## Scale Building & Data Analysis Method

Scale Building & Data Analysis Method 는 Magnitude Estimation 을 사용하여 획득한 데이터의 분석과 Scale Building 을 담당하는 Module 이다. 실험데이터가 Ratio Scale 의 특성을 계

속 유지하고 있을 경우 Scale Building 이 가능하며, 또한 모든 모수적 통계분석(Parametric Statistical Analysis)이 가능하다. 그러나, Ratio Scale 의 특성을 잃고(Bipolar 의 경우 반대방향에 대한 Scale 에 음수를 할당) Interval Scale 로 하락하면 Scale Building 을 할 수 없으며, 그에 따른 절대적 비교도 불가능하다. 이와 같이 본 Module 에서는 실험데이터의 Scale 수준에 맞도록 분석과 Scale Building 을 담당하는 과정이 포함하고 있다.

#### 4. User Support Module

User Support Module 은 사용자가 Magnitude Estimation 을 이용해 획득한 실험데이터의 분석을 위해 본 절차를 거쳐 가는 과정에서 보수적으로 필요한 기준 및 데이터 변환, 표준화 그리고, 데이터의 통계적 분석을 담당하는 Module 이다. 이 Module 은 MEDASystem 의 인터페이스 Module 이 되는 User Interaction Module 에서 사용자가 데이터 분석과정 절차를 거치는 동안 사용자의 선택조건에 부합하도록 실험데이터를 변환시키거나, 실험데이터의 분석을 실시하게 된다. 또한, 사용자가 실험데이터의 검증을 필요로 할 경우, 실험데이터의  $R^2$  나 CMM 을 통한 기울기 값을 제공하여 사용자의 의사결정을 도와준다. 그리고, 사용자에게 실험데이터 이상여부 발생시 그 원인으로 여겨지는 사항들을 제시하여 사용자가 실험데이터를 검토하도록 유도하게 된다. 이상에서 기술한 사항들을 담당하는 User Support Module 은 Rule-Based Module, 데이터분석 Module, 데이터 변환 및 표준화 Module 로 구성된다. 각각을 간략히 설명하면 다음과 같다.

##### Rule-Based Module

User Interaction Module 에서 각 절차상의 기준제시 및 고려사항에 대한 내용을 담고 있으며, 사용자에게 적시에 Guideline 을 제시하는 Module 이다. 예를 들면, 사용자가 실험데이터의 표준화를 하고자 할 경우 조건에 부합하는 방법들만을 제시하도록 된다. 또한, 사용자가 선택한 사항에 대해 부합되는 항목들만을 제시하고, 제시된 절차대로 수행해 가도록 되어 있다. 따라서, Magnitude Estimation 에 대해 지식이 없는 초보자도 실험데이터를 최종 분석할 수 있도록 하는 Magnitude Estimation 에 대한 전문적 지식을 지닌 MEDASystem 의 Knowledgebase 라고 할 수 있다.

##### 데이터분석 Module

실험데이터의 실제 통계분석 및 실험에서 Measurement 로 이용된 측정치의 타당성을 검증하는 분석 등을 담당한다. Magnitude Estimation 으로 획득된 데이터는 기본적으로 사용성 여부 검토가 필요하다. 따라서, Cross-Modality Matching Paradigm 을 통해 데이터의 타당성 검증을 하게 되고, 데이터의 검증은 실험데이터의 변환을 시킨 뒤 Regression Fitting 으로 나온 기울기와 본래의 기울기와 일치하는지의 여부를 판단하여 실시하게 된다. 또한, 데이터의 검증에서 이상여부가 없을 경우 최종적으로 통계적 분석을 실시하게 된다. 이상에서 기술한 분석을 사용자가 직접 통계 Package 를 이용하여 프로그램하지 않고도 시스템 스스로가 직접 분석을 하도록 하는 Module 이 데이터분석 Module 이다.

##### 데이터 변환 및 표준화 Module

사용자가 데이터 분석절차를 거치는 동안 해당하는 실험데이터의 변환과 표준화를 담당하는 Module 이다. Magnitude Estimation 을 이용하여 획득한 데이터는 기본적으로 Ratio

Scale 수준의 데이터로 Log 변환을 하거나, 데이터의 표준화를 하는 경우가 많다. 이 경우 사용자가 스스로 실험데이터로 프로그래밍하여 변환시키거나 표준화하기 보다는 본 MEDASystem 에 실제 실험 Raw 데이터를 입력만 하고, User Interaction Module 을 사용하면 시스템이 제공하는 사항들에 선택만 하면 시스템이 스스로 Raw 데이터를 변환시키거나 표준화시킨다. 따라서, 사용자는 Raw 데이터의 입력으로 가능한 모든 변환과 표준화를 선택만으로 가능하다고 할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 Magnitude Estimation 를 이용하여 획득한 실험데이터로 최종 결과분석까지의 절차를 체계적이고 종합적으로 Module 화하여 제시하였다. Raw 데이터가 최종 결과분석까지의 절차과정을 Response Space, CMM/Merge, Standardization, Scale Building & Data Analysis Method 의 4 가지 Module 로 구분하였으며, 각 Module 에서 다루는 내용들을 나열하였다. 또한, 각종 데이터의 변환 및 표준화, Rule-Baerd, 데이터 분석 등을 통합한 MEDASystem 의 개념을 소개하였으며, 현재 개발 중에 있다. MEDASystem 이 완성될 경우 Magnitude Estimation 을 이용하여 실험한 데이터를 Magnitude Estimation 에 대한 전문가가 아닌 초보자도 손쉽게 분석할 수 있을 것으로 여겨진다. 또한, Magnitude Estimation 을 Psychophysics 분야만이 아닌 일반 산업체나, 마케팅, 제품의 기획, 제품의 소비자 만족도 평가 등 더욱 다양한 분야에 적용할 수 있으리라 여겨진다. 나아가 MEDASystem 은 Magnitude Estimation 뿐만이 아닌 Psychophysical Scaling 기법을 체계화 한 전문가 시스템으로의 연구가 계속 되어야 할 것으로 여겨진다.

## 5. 참고문헌

- 곽지영, 박성준, 한성호(1993). "Psychophysical Scale 적용시 오류에 관한 사례조사", 대한인간공학회 '93 추계학술발표대회논문집.
- 한성호, 정의승, 박성준, 곽지영, 최필성(1993). "Psychophysics 를 이용한 고속전철 객실 내 장설계의 승객 선호도 평가", 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, 134-144.
- Ekman, G. and Kunnapas, T.(1962). "Measurement of aesthetic value of 'direct' and 'indirect' methods", Scandinavian Journal of Psychology, Vol. 3, pp.33-39
- Gescheider, G. A, Catlin, E. C., and Fontana, A. M.(1982). "Psychophysical measurement of the judged seriousness of crimes and severity of punishments", Bulletin of the Psychonomic Society, Vol. 19, No. 5, 275-278
- Gescheider, G. A. (1985). Psychophysics : Method, Theory, and Practice, 2nd Ed., Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Kemp, S. (1991). "Magnitude estimation of the utility of public goods", Journal of Applied Psychology, Vol. 76, No. 4, 533-540.
- Kuennapas, T. and Wikstr m, I. (1963). "Measurement of occupational preferences : A comparison of scaling methods", Perceptual and Motor Skills, Vol. 17, 611-624.
- Lodge, M. (1981). Magnitude Scaling : Quantitative measurement of opinions, Beverly Hills, CA : Sage.
- Moskowitz, H. R. (1984). Cosmetic Product Testing : A Modern Psychophysical Approach, New York, NY : Marcel Dekker, Inc.