



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0004410  
(43) 공개일자 2021년01월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06F 17/18 (2006.01) G06F 3/048 (2021.01)  
G06F 8/38 (2018.01)  
(52) CPC특허분류  
G06F 17/18 (2013.01)  
G06F 3/048 (2021.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0080796  
(22) 출원일자 2019년07월04일  
심사청구일자 2019년07월04일

(71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
강상진  
경기도 고양시 일산동구 경의로 333, 505동 1503호(마두동, 백마마을5단지아파트)  
(74) 대리인  
특허법인우인

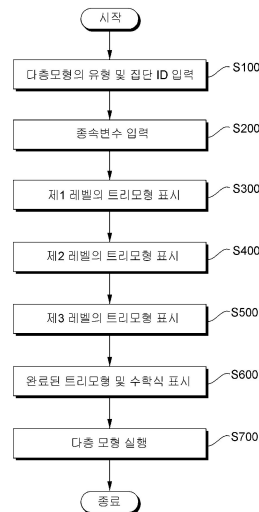
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 다층모형 인터페이스 제공 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 정보처리장치에서 수행되는 다층모형 인터페이스 제공 방법은, 상기 입력부를 통해 분석하고자 하는 분석 데이터를 입력 받는 단계, 상기 분석 데이터에 기초하여 회귀 분석하기 위한 종속 변수를 입력 받는 단계, 상기 프로세서가 상기 종속 변수를 설명하기 위한 제1 레벨의 절편 계수, 상기 종속 변수에 대한 제1 레벨의 제1 오차항을 포함하는 시각화된 트리 모형을 상기 표시부를 통해 표시하는 단계 및 상기 입력부를 통해 상기 종속 변수를 설명하는 제1 레벨의 제1 설명 변수를 입력 받고, 상기 프로세서가 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수를 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1b



(52) CPC특허분류  
*G06F 8/38* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

정보처리장치에서 수행되는 다층모형 인터페이스 제공 방법에 있어서,

상기 정보처리장치는 사용자로부터 입력되는 정보를 입력 받는 입력부, 상기 입력된 정보를 기반으로 다층모형을 화면으로 표시하기 위하여 신호를 생성하는 프로세서, 및 상기 신호를 인가 받아 상기 다층모형을 상기 화면으로 제공하는 표시부를 포함하고,

상기 입력부를 통해 분석하고자 하는 분석 데이터를 입력 받는 단계;

상기 분석 데이터에 기초하여 회귀 분석하기 위한 종속 변수를 입력 받는 단계;

상기 프로세서가 상기 종속 변수를 설명하기 위한 제1 레벨의 절편 계수, 상기 종속 변수에 대한 오차항을 포함하는 시각화된 트리 모형을 상기 표시부를 통해 표시하는 단계; 및

상기 입력부를 통해 상기 종속 변수를 설명하는 제1 레벨의 제1 설명 변수를 입력 받고, 상기 프로세서가 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수를 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계;

를 포함하는 다층모형 인터페이스 제공 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 레벨의 절편 계수를 설명하기 위하여 상기 제1 레벨의 절편 계수를 종속 변수로 하는 제2 레벨의 제1 절편 계수, 및 상기 제1 레벨의 절편 계수에 대한 제1 레벨의 제1 오차항을 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계를 포함하는 다층모형 인터페이스 제공 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

i) 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수를 설명하기 위한 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수에 대한 제1 레벨의 제1 회귀 계수, ii) 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수를 설명하기 위하여 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수를 종속 변수로 하는 제2 레벨의 제2 절편 계수, 및 iii) 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수에 대한 제1 레벨의 제2 오차항을 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 다층모형 인터페이스 제공 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 입력부를 통해 상기 제1 레벨의 제2 오차항의 설정 해제에 대한 입력을 받고, 상기 프로세서가 상기 입력된 제1 레벨의 제2 오차항의 설정 해제에 따라 상기 표시부에 표시된 상기 제1 레벨의 제2 오차항에 따른 변수를 삭제하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 다층모형 인터페이스 제공 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 입력부가 상기 제1 레벨의 절편 계수를 설명하기 위한 제1 변수 추가와 관련된 입력을 받는 단계;

상기 프로세서가 상기 제1 레벨의 절편 계수를 활성화하는 단계; 및

상기 입력부를 통해 상기 제1 레벨의 절편 계수를 설명하기 위한 상기 제1 레벨의 절편 계수를 종속 변수로 하는 제2 레벨의 제1 설명 변수를 입력 받고, 상기 프로세서가 상기 제2 레벨의 제1 설명 변수를 설명하기 위해

상기 제2 레벨의 제1 설명 변수에 대한 제2 레벨의 제1 회귀 계수를 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 다층모형 인터페이스 제공 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 입력부가 상기 제1 레벨의 절편 계수를 설명하기 위한 제2 변수 추가와 관련된 입력을 받는 단계;

상기 프로세서가 상기 제1 레벨의 절편 계수를 활성화하는 단계; 및

상기 입력부가 상기 제1 레벨의 절편 계수를 설명하기 위하여 상기 제1 레벨의 절편 계수를 종속 변수로 하는 제2 레벨의 제2 설명 변수를 입력 받고, 상기 프로세서가 상기 제2 레벨의 제2 설명 변수를 설명하기 위해 상기 제2 레벨의 제2 설명 변수에 대한 제2 레벨의 제1 회귀 계수를 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 다층모형 인터페이스 제공 방법.

#### 청구항 7

제3항에 있어서,

상기 입력부가 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수를 설명하기 위한 변수 추가와 관련된 입력을 받는 단계;

상기 프로세서가 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수를 활성화하는 단계; 및

상기 입력부가 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수를 설명하기 위하여 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수를 종속 변수로 하는 제2 레벨의 제3 설명 변수를 입력 받고, 상기 프로세서가 상기 제2 레벨의 제3 설명 변수를 설명하기 위해 상기 제2 레벨의 제3 설명 변수에 대한 제2 레벨의 제3 회귀 계수를 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 다층모형 인터페이스 제공 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 표시부를 통해 상기 화면의 전체 영역 중 상기 분석 데이터에 포함된 복수개의 변수들을 상기 트리 모형과 함께 시각화시킬 수 있도록 일 영역에 상기 변수들을 나열하는 것을 특징으로 하는 다층모형 인터페이스 제공 방법.

#### 청구항 9

사용자로부터 입력되는 정보를 입력 받는 입력부;

상기 입력된 정보를 기반으로 다층 모형을 화면으로 표시하기 위하여 신호를 생성하는 프로세서; 및

상기 프로세서로부터 생성된 신호를 인가 받아 상기 다층 모형을 상기 화면으로 제공하는 표시부;를 포함하되,

상기 프로세서는, 상기 입력부를 통해 분석하고자 하는 분석 데이터를 입력 받는 단계; 상기 분석 데이터에 기초하여 회귀 분석하기 위한 종속 변수를 입력 받는 단계; 상기 프로세서가 상기 종속 변수를 설명하기 위한 제1 레벨의 절편 계수, 상기 종속 변수에 대한 오차항을 포함하는 시각화된 트리 모형을 상기 표시부를 통해 표시하는 단계; 및 상기 입력부를 통해 상기 종속 변수를 설명하는 제1 레벨의 제1 설명 변수를 입력 받고, 상기 프로세서가 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수를 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계;를 수행하는 것을 특징으로 하는 다층모형 인터페이스 제공 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서, 상기 프로세서는,

상기 제1 레벨의 절편 계수를 설명하기 위하여 상기 제1 레벨의 절편 계수를 종속 변수로 하는 제2 레벨의 제1 절편 계수, 및 상기 제1 레벨의 절편 계수에 대한 제1 레벨의 제1 오차항을 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 것을 특징으로 하는 다층모형 인터페이스 제공 장치.

#### 청구항 11

제9항에 있어서, 상기 프로세서는,

i) 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수를 설명하기 위한 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수에 대한 제1 레벨의 제1 회귀 계수, ii) 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수를 설명하기 위하여 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수를 종속 변수로 하는 제2 레벨의 제2 절편 계수, 및 iii) 상기 제1 레벨의 제1 회귀 계수에 대한 제1 레벨의 제2 오차항을 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 것을 특징으로 하는 다층모형 인터페이스 제공 장치.

## 청구항 12

컴퓨터에 제1항 내지 제8항에 따른 다층모형 인터페이스 제공 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 다층모형 인터페이스 제공 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 다층모형은 위계적 자료의 분석에 방법론적으로 적절한 통계모형으로서, 1980년대 중반에 학계에 발표된 이후로 (Aitkin & Longford, 1986; Raudenbush & Bryk, 1986; Goldstein & Rasbash, 1986) 교육학 연구에서 널리 활용되었으며, 현재는 전체 학문분야에서 보편적인 통계모형으로 활용되고 있다.

[0003] 통계 모형은 자료의 구조를 적절히 반영하고 동시에 연구자의 이론을 반영하는 수학적 모형이다. 전통적인 통계모형들은 자료의 위계적 특성을 모형이 반영하지 못하는 한계가 있었다. 다층모형은 자료의 위계적 특성을 모형에 반영한 것으로, 다층구조의 자료분석에 적절한 통계모형이며, 새로운 다층모형들이 계속 개발되고 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제10-2019-0015949호 (공개)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 상기 전술한 종래의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 다층모형 인터페이스 제공 장치 및 방법은 다층모형의 수리적 복잡성을 피하고 모형에 대한 연구자의 개념적 이해를 돕기 위하여 윈도의 화면의 제한된 공간에서 다수의 고정효과 모수, 무선효과 모수, 종속변수와 독립변수를 모두 포함하는 그림으로 다층모형을 명세화함에 따라, 사용자들이 모형개념도를 통해 다층모형의 특징을 시각적으로 정확하고 용이하게 이해할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 사용자로부터 입력되는 정보를 입력 받는 입력부, 상기 입력된 정보를 기반으로 다층모형을 화면으로 표시하기 위하여 신호를 생성하는 프로세서, 및 상기 신호를 인가받아 상기 다층모형을 상기 화면으로 제공하는 표시부를 포함하는 정보처리장치에서 수행되는 다층모형 인터페이스 제공 방법은, 상기 입력부를 통해 분석하고자 하는 분석 데이터를 입력 받는 단계, 상기 분석 데이터에 기초하여 회귀 분석하기 위한 종속 변수를 입력 받는 단계, 상기 프로세서가 상기 종속 변수를 설명하기 위한 제1 레벨의 절편 계수, 상기 종속 변수에 대한 제1 레벨의 제1 오차항을 포함하는 시각화된 트리 모형을 상기 표시부를 통해 표시하는 단계 및 상기 입력부를 통해 상기 종속 변수를 설명하는 제1 레벨의 제1 설명 변수를 입력받고, 상기 프로세서가 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수를 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다층모형 인터페이스 제공 장치는, 사용자로부터 입력되는 정보를 입력 받는 입력부, 상기 입력된 정보를 기반으로 다층 모형을 화면으로 표시하기 위하여 신호를 생성하는 프로세서 및 상기 프로세서로부터 생성된 신호를 인가 받아 상기 다층 모형을 상기 화면으로 제공하는 표시부;를 포함하되, 상기 프로세서는, 상기 입력부를 통해 분석하고자 하는 분석 데이터를 입력 받는 단계; 상기 분석 데이터에 기초하여 회귀 분석하기 위한 종속 변수를 입력 받는 단계; 상기 프로세서가 상기 종속 변수를 설명하기 위한 제1 레벨의 절편 계수, 상기 종속 변수에 대한 제1 레벨의 제1 오차항을 포함하는 시각화된 트리 모형을 상기 표시부를 통해 표시하는 단계; 및 상기 입력부를 통해 상기 종속 변수를 설명하는 제1 레벨의 제1 설명 변수를 입력 받고, 상기 프로세서가 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수를 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시하는 단계를 수행할 수 있다.

[0008] 또한, 본 발명은 상기한 방법에 따른 다층모형 인터페이스 제공 방법을 실행시키는 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제안한다.

### 발명의 효과

[0009] 본 발명의 실시예에 따른 다층모형 인터페이스 제공 장치 및 방법은 다층모형의 수리적 복잡성을 피하고 모형에 대한 연구자의 개념적 이해를 돕기 위하여 원도의 화면의 제한된 공간에서 복잡한 통계모형까지도 명세화하여 표현할 수 있어, 사용자들이 모형개념도를 통해 다층모형의 구조적 특징과 수리적 복잡성을 시각적으로 용이하게 이해할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 도1은 본 발명의 실시예에 따른 다층모형 제공 장치 및 방법을 시간의 흐름에 따라 개략적으로 도시한 흐름도이다.

도2는 도1의 세부 단계에 대하여 보다 구체화한 흐름도이다.

도3은 본 발명의 일 실시예에 따라 다층모형과 다층모형의 부분인 각 수준별 모형의 명칭에 대하여 설명하기 위한 도면이다.

도4는 본 발명의 일 실시예에 따라 2-수준 다층 모형을 그림으로 표현한 도면이다.

도5는 본 발명의 일 실시예에 따라 선형성장모형 기초모형과 비선형성장모형 기초모형을 나타낸 도면이다.

도6은 본 발명의 일 실시예에 따라 2-수준 다층모형의 기초모형 명세화 화면을 예시적으로 나타낸 도면이다.

도7은 본 발명의 일 실시예에 따라 2-수준 다층모형의 연구모형의 명세화 과정에 대하여 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도8은 본 발명의 일 실시예에 따라 선형다층성장모형의 기초모형과 연구모형의 명세화 방법에 대하여 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도9은 본 발명의 일 실시예에 따라 3-수준 다층모형을 개념도로 표현한 도면이다.

도10은 본 발명의 일 실시예에 따라 3-수준 모형을 명세화하는 과정에 대하여 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도11은 본 발명의 일 실시예에 따라 교차분류 다층모형의 기초모형과 연구모형에 대하여 설명하기 위해 도시한 도면이다.

도12는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층모형 인터페이스 제공 장치의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될

[0012] 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계 없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부채임을 나타낸다. 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록"등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨

어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 이하, 본 발명의 일 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 수 있다.

- [0013] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 사용자 인터페이스를 가진 정보처리장치에서 수행되는 다층모형 인터페이스 제공 장치 및 방법에 대하여 아래 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0014] 본 발명의 실시예에 따른 다층모형 인터페이스 제공 장치는 사용자 인터페이스를 가지는 정보처리장치로서, MLM(Multi-Level Modeling) 다층모형 컴퓨터 프로그램(이하, MLM 프로그램(가칭))을 기반으로 수행될 수 있다. 즉, 사용자는 사용자 인터페이스를 통해 MLM 프로그램을 기반으로 수행되는 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 방법을 이용하여 처리하고자 하는 데이터를 통계분석 할 수 있다.
- [0015] 이와 같은 MLM 프로그램은 2-수준 다층모형과 3-수준 다층 모형 그리고 2-수준 교차분류다층모형(Cross-classified Multilevel Model)에 의한 자료 분석이 가능한 프로그램이며, 향후 일반화 다층모형(Generalized Multilevel Model)에 의한 자료분석도 포함할 수 있다. 2-수준과 3-수준 다층모형은 그 동안 새로 개발된 여러 다층모형들 중에서 표준적인 기능을 하는 다층모형이며, 교차분류다층모형은 최근에 새로운 모형의 개발이 진행되는 영역의 모형이다. 따라서 MLM 프로그램은 현존하는 다층모형들 중에서 표준적인 모형들을 지원하는 프로그램이라고 할 수 있다. MLM 프로그램은 MLM2 모듈, MLM3 모듈, CMLM 모듈, 이렇게 세 개의 모듈로 구성되어 있을 수 있는데, 구체적으로 MLM2 모듈(이하, MLM2)은 2-수준 다층모형 프로그램이며, MLM3 모듈(이하, MLM3)은 3-수준 다층모형, 그리고 CMLM 모듈(이하 CMLM)은 교차분류 다층모형 (cross-classified multilevel model) 프로그램이다.
- [0016] 즉, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 MLM 프로그램의 구성에 따라서 2-수준 다층모형, 3-수준 다층모형, 그리고 교차분류 다층모형과 일반화 다층모형의 명세화를 제한된 하나의 윈도우 화면에서 표현할 수 있도록 한다.
- [0017] 이러한, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 다층모형의 수리적 복잡성을 피하고 모형에 대한 연구자의 개념적 이해를 돕기 위하여 다층모형의 수학적 표현을 다층회귀모형(multilevel regression model)의 형태로 제시할 수 있고, 다층모형을 그림으로 표현하는 장치에서도 다층회귀모형의 개념을 적용한다. 즉, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 사용자들이 모형개념도를 통해 다층모형의 특징을 시각적으로 정확하고 용이하게 이해할 수 있도록 한다. 그리고, MLM 프로그램에서 사용자가 모형을 명세화하는 작업은 모두 모형개념도에서 이루어진다.
- [0018] 이에 따라, 사용자들은 MLM 프로그램을 기반으로 하는 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치를 통해 다층모형에 대한 수학적 표기와 모형개념도의 표현, 그리고 모형개념도에 의한 프로그램의 운용이 모두 다층회귀모형의 관점에서 일관성을 있게 표현할 수 있어 더 정확하고 편리하게 다층모형으로 자료를 분석할 수 있도록 한다.
- [0019] 다층모형은 수준별 모형들이 합쳐져서 하나의 통계모형을 구성한다. 여기서는 전체 모형으로서의 다층모형과 다층모형의 부분인 각 수준별 모형을 지칭할 때, 도3에 도시된 바와 같은 표현을 사용한다.
- [0020] 즉, 모형 전체를 표현할 때는 '2-수준 다층모형'처럼 '다층'이라는 표현을 사용하고, 각 수준별 모형을 칭할 때는 '다층'이라는 단어를 사용하지 않는다. 이하, 2-수준 다층모형, 3-수준 다층모형에 대한 설명은 이미 널리 공지된 것이므로, 이에 대한 설명은 생략하도록 한다.
- [0021] 도1은 본 발명의 실시예에 따른 다층모형 인터페이스 제공 장치(정보처리장치)에서 수행되는 다층모형 인터페이스 제공 방법을 시간의 흐름에 따라 개략적으로 도시한 흐름도이고, 도2는 도1의 세부 단계에 대하여 보다 구체화한 흐름도이다. 그리고, 도1a는 2-수준 다층모형의 인터페이스 제공 방법을 개략적으로 도시한 흐름도이고, 도1b는 3-수준 다층모형의 인터페이스 제공 방법을 개략적으로 도시한 흐름도이다.
- [0022] 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치(100)는 도12에 도시된 바와 같이, 사용자로부터 입력되는 정보를 입력받는 입력부(110), 상기 입력된 정보를 기반으로 다층모형을 화면으로 표시하기 위하여 신호를 생성하는 프로세서(120), 및 상기 신호를 인가 받아 다층모형을 화면으로 제공하는 표시부(130)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0023] 도1a를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 다층모형 인터페이스 제공 장치의 입력부는 먼저, S100 단계에서 사용자가 사용자 인터페이스를 통해 사용할 다층모형의 유형(예를 들어, 중단모형 또는 횡단모형)을 선택함에 따라 상기 다층모형의 유형과, 집단 ID를 입력 받는다. 2-수준 다층모형에서는 하나의 집단 ID만 입력 받으며, 3-수준 다층모형의 경우는 2-수준 집단 ID와 3-수준 집단 ID의 두 가지 ID를 입력 받는다. 교차분류다층모형의 경



우는 행집단 ID와 열집단 ID를 입력 받는다.

- [0024] 그리고, 입력부는 S200 단계에서는 회귀 분석하기 위한 종속 변수를 입력 받는다. 이에 따라 S300 단계에서, 프로세서는 입력된 종속 변수에 대한 제1 레벨의 절편 계수를 표시하고, 오차항을 표시하며, 입력부는 사용자로부터 상기 제1 레벨의 제1 절편 계수 및 오차항에 대한 정보를 입력 받는다.
- [0025] 본 발명의 표시부는 상술한 바와 같은 종속 변수와 이에 따른 제1 레벨의 변수들을 시각화된 트리모형으로 구성하고, S400 단계에서 프로세서는 표시부를 통해 제1 레벨의 절편 계수를 설명하기 위해 제1 레벨의 절편 계수를 종속 변수로 하는 제2 레벨의 제1 절편 계수 및 제1 레벨의 절편 계수에 대한 제1 레벨의 제1 오차항을 상기 시각화된 트리 모형에 추가하여 표시할 수 있다.
- [0026] 위 S300 내지 S400 단계에서의 제1 레벨 및 제2 레벨의 모형화 과정에서 추가적으로 더 추가하고 싶은 변수가 있다면 위와 같은 방법으로 트리 모형에 추가하여 표시할 수 있다. S500 단계에서는 상술한 바와 같은 동작 순서에 따라 표시된 트리 모형의 모형구성이 완료되었다면, 상기 트리모형에 상응하는 수학적식을 함께 표시하여 사용자가 다시 한번 확인할 수 있도록 할 수 있다. 사용자로부터 확인이 되었다면, S600 단계에서 다층모형을 실행하여 자료 분석이 진행된다.
- [0027] 도1b는 3-수준 다층모형의 인터페이스 제공 방법에 관한 것으로, 도1a의 동작 순서 및 원리는 동일하되, 도1b의 S500과 같이 제2 레벨에 따른 계수들을 설명하기 위한 계수들이 제3 레벨에 더욱 추가된 트리모형을 표시할 수 있다.
- [0028] 그리고, 도1에서 S300 단계와 S400 단계 사이의 세부 흐름도인 도2a를 참조하면, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 S300 단계 이후에, S310 단계에서 사용자로부터 사용자 인터페이스를 통한 입력에 따라 종속변수에 대한 제1 레벨의 제1 설명 변수를 추가할 것인지에 대한 입력여부를 확인한다.
- [0029] 사용자가 S320 단계에서 제1 설명 변수를 추가하기 위한 입력을 하였다면, 프로세서는 S320 단계에서 종속 변수를 활성화시키고, S330 단계에서 표시부를 통해 사용자가 입력한 제1 레벨의 제1 설명 변수를 표시한다. 이에 따라, 프로세서는 S340 단계에서 사용자가 입력한 중심화 옵션에 따라, 상기 제1 레벨의 제1 설명 변수에 대한 중심화 유형을 설정할 수 있다. 즉, 프로세서는 전체평균 중심화(grand mean centering), 집단평균 중심화(group mean centering) 및 중심화 없음(no centering) 중 하나로 설정할 수 있다.
- [0030] 그리고, 프로세서는 S350 단계에서 제1 레벨의 제1 설명 변수에 따른 제1 회귀 계수에 대한 제1 레벨의 제2 오차항을 표시부를 통해 표시할 수 있다. 만약, 제1 레벨의 제1 회귀 계수가 무선효과를 갖는다면 제1 레벨의 제2 오차항을 표시하고, 상기 제1 회귀 계수가 고정효과를 갖는다면 제1 레벨의 제2 오차항을 삭제한다. 그리고, 다시 S310 단계에서 또 다른 설명변수의 추가와 관련된 입력여부를 확인함에 따라 S350까지의 과정을 반복할 수 있다.
- [0031] S310 단계에서 사용자가 제1 레벨의 제1 설명 변수를 추가하고자 하는 입력을 하지 않는다면, S400 단계로 진행된다.
- [0032] 도2b는 도1에서의 S400과 S500 단계 사이의 과정을 상세화한 흐름도이다. 먼저, S410 단계에서 프로세서는, 사용자로부터 제1 레벨의 절편 계수를 종속 변수로 하는 설명 변수를 추가하기 위한 입력이 있었다면, S420 단계에서 제1 레벨의 절편 계수를 활성화하고, S430 단계에서 상기 제1 레벨의 절편 계수에 대한 제2 레벨의 제1 설명 변수를 표시할 수 있다. 그리고, S440 단계에서 프로세서는 상기 제2 레벨의 제1 설명 변수의 중심화 옵션을 설정한다.
- [0033] 이후에, S450 단계에서 상기 제2 레벨의 제1 설명 변수 이외에 상기 제1 레벨의 절편 계수를 종속 변수로 하는 설명 변수를 추가하기 위한 사용자의 입력 여부를 확인한다. 만약, S450 단계에서 사용자의 입력이 있었다면, 다시 S430 단계로 돌아가 또 다른 제2 레벨의 제2 설명 변수에 대한 설정과정을 수행하게 된다.
- [0034] 반면, S450 단계에서 사용자의 입력이 없었다면, S460 단계에서 제1 레벨의 적어도 하나의 회귀 계수 중에서, 2-수준 모형의 종속 변수로 설명하여 추가 설명하고자 하는 회귀 계수가 있는지 여부를 사용자의 입력을 통해 확인한다. S460 단계에서 사용자의 입력이 있었다면, S470 단계에서 선택된 해당 회귀 계수를 종속 변수로 활성화하고, S430 단계로 돌아가 상기 선택된 제1 레벨의 회귀 계수에 대한 2-수준 모형의 트리 모형을 추가 표시할 수 있도록 한다.
- [0035] 만약, S460 단계에서 추가 설명하고자 하는 제1 레벨의 회귀 계수가 없다면, S500 단계로 진행된다.



- [0036] 다음으로, 도2c는 도1b에서의 S500과 S600 단계 사이의 과정을 상세화한 흐름도이다.
- [0037] 먼저, S510 단계에서 프로세서는, 사용자로부터 제2 레벨의 제1 절편 계수를 종속 변수로 하는 설명 변수를 추가하기 위한 입력이 있었다면, S520 단계에서 제2 레벨의 제1 절편 계수를 활성화하고, S530 단계에서 상기 제2 레벨의 제1 절편 계수에 대한 제3 레벨의 제1 설명 변수를 표시할 수 있다. 그리고, S450 단계에서 프로세서는 상기 제3 레벨의 제1 설명 변수의 중심화 옵션을 설정한다.
- [0038] 이후에, S550 단계에서 상기 제3 레벨의 제1 설명 변수 이외에 상기 제2 레벨의 절편 계수를 종속 변수로 하는 설명 변수를 추가하기 위한 사용자의 입력 여부를 확인한다. 만약, S550 단계에서 사용자의 입력이 있었다면, 다시 S530 단계로 돌아가 또 다른 제3 레벨의 제2 설명 변수에 대한 설정과정을 수행하게 된다.
- [0039] 반면, S550 단계에서 사용자의 입력이 없었다면, S560 단계에서 제2 레벨의 적어도 하나의 회귀 계수 중에서, 3-수준 모형의 종속 변수로 설명하여 추가 설명하고자 하는 회귀 계수가 있는지 여부를 사용자의 입력을 통해 확인한다. S560 단계에서 사용자의 입력이 있었다면, S570 단계에서 선택된 해당 회귀 계수를 종속 변수로 활성화하고, S530 단계로 돌아가 상기 선택된 제2 레벨의 회귀 계수에 대한 3-수준 모형의 트리 모형을 추가 표시할 수 있도록 한다.
- [0040] 만약, S560 단계에서 추가 설명하고자 하는 제2 레벨의 회귀 계수가 없다면, S600 단계로 진행된다.
- [0041] 상술한 도1 내지 도2의 설명은 일 실시예에 따른 2-수준 모형 및 3-수준 모형에 따른 명세화 과정에 대하여 개략적으로 설명한 것이고, 이에 대한 상세한 설명 및 3-수준 모형, 그리고 교차분류 다층모형에 대한 명세화 방법에 대하여는 이하 도3 내지 도11을 참고하여 보다 구체적으로 설명한다.
- [0042] 아래 <수학식1>과 <수학식2>는 각각 1-수준 모형과 2-수준 모형을 표현한 것이다.

### 수학식 1

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}SES_{ij} + e_{ij}, \quad e_{ij} \sim (0, \sigma^2)$$

- [0043]
- [0044] 여기서, 만일 SES변수는 설명변수(독립변수)이고,  $\beta_{0j}$ 는 절편계수이며,  $\beta_{1j}$ 는 j번째 집단에서 SES변수에 따른 회귀계수이다.  $e_{ij}$ 는 각 집단에서의 오차항으로 무선효과를 갖는다.  $\sigma^2$ 는 각 집단내 오차분산을 나타낸다.

### 수학식 2

$$\begin{aligned} \beta_{0j} &= \gamma_{00} + \gamma_{01}W_{1j} + u_{0j} \\ \beta_{1j} &= \gamma_{10} + \gamma_{11}W_{1j} + u_{1j} \end{aligned}$$

- [0045]
- [0046]
- [0047] 여기서  $\gamma_{00}$ ,  $\gamma_{01}$ ,  $\gamma_{10}$ ,  $\gamma_{11}$ 은 회귀계수로서 고정효과 모수이다. 2-수준 모형은 각 회귀계수를 종속변수로 하는 회귀모형으로 이해할 수 있다. <수학식2>에는 두개의 종속변수가 있으므로 다변량 회귀모형이라고 할 수 있다. 오차항  $u_{0j}$ 와  $u_{1j}$ 는 위 <수학식2>와 같이 다변량 정규분포를 갖는 것으로 가정한다. 여기서  $\tau_{00}$ 는 1-수준 모형에서의 절편계수에 대한 잔차분산이며,  $\tau_{11}$ 은 SES효과의 집단간 잔차분산이다.

- [0048] 위 <수학식1>에서 <수학식2>까지가 하나의 통계모형으로서 2-수준 다층모형이다. 이러한 2-수준 다층 모형을 그림으로 표현하면 도4a와 같다. 도4a는 다층모형을 다층회귀모형의 형태로 개념화한 것이다. 도4a에서 1-수준 회귀계수는 2-수준 모형의 종속변수로 나타나 있다. 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 도4를 구성하는 각 요소들을 선택 또는 변경하여 연구자의 분석모형을 결정하고 시행하는 체제로 되어 있다.
- [0049] 2-수준 다층모형은 다층회귀모형으로 이해할 수 있으며, 1-수준과 2-수준 모형은 회귀모형의 방법으로 명세화

된다. 따라서 회귀모형과 마찬가지로 자료가 허용하는 한 많은 설명변수를 각 수준별 모형에 포함할 수 있다.

[0050] 다음으로, 2-수준 다층모형의 일반모형에 대해 설명한다. 이제  $j=1, 2, \dots, J$ 개의 각 집단에  $i=1, 2, \dots, n_j$ 개의 관찰단위(예, 사람)가 내재한 자료를 분석하기 위한 일반 2-수준다층모형(general 2-level multilevel model)을 제시하면, 1-수준 회귀모형은 아래 <수학식3>과 같다.

### 수학식 3

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ij} + \beta_{2j}X_{2ij} + \dots + \beta_{Pj}X_{Pij} + e_{ij}$$

$$= \beta_{0j} + \sum_{p=1}^P \beta_{pj}X_{p ij} + e_{ij}, \quad e_{ij} \sim (0, \sigma^2)$$

[0051]

[0052] 여기서,  $i=1, 2, \dots, n_j$ ,  $j=1, 2, \dots, J$ ,  $p=0, 1, 2, \dots, P$ 이며, 각 항의 정의는 다음과 같다  $Y_{ij}$ :  $j$ 번째 집단에 속한  $i$ 번째 관찰단위(또는 사람, 이하 관찰단위)의 종속변수  $Y$ 의 값,  $X_{p ij}$ :  $j$ 번째 집단에 속한  $i$ 번째 관찰단위의  $p$ 번째 설명변수( $X_p$ )의 값,  $\beta_{pj}$ :  $j$ 번째 집단에서  $p$ 번째 설명변수( $X_p$ )의 종속변수에 대한 회귀계수,  $e_{ij}$ : 잔차항,

종속변수  $Y_{ij}$ 의 실제 값과 회귀선( $\beta_{0j} + \sum_{p=1}^P \beta_{pj}X_{p ij}$ )의 차이이며 무선효과를 갖고 평균은 0이며 분산은  $\sigma^2$ 임.

[0053] <수학식3>의 각 회귀계수,  $\beta_{pj}$ 는  $j$ 집단마다 다를 수 있으므로,  $(P+1)$ 개 있는 각 회귀계수  $\beta_{pj}$ 를 종속변수로 하는 2-수준 회귀모형은 아래 <수학식4>와 같이 표현할 수 있다.

### 수학식 4

$$\beta_{pj} = \gamma_{p0} + \gamma_{p1}W_{1j} + \dots + \gamma_{pQ_p}W_{Q_p j} + u_{pj}$$

$$= \gamma_{p0} + \sum_{q=1}^{Q_p} \gamma_{pq}W_{qj} + u_{pj}$$

[0054]

[0055] 여기서,  $q=0, 1, 2, \dots, Q_p$ 이고,  $\gamma_{pq}$ :  $q$ 번째 2-수준 설명변수의  $\beta_{pj}$ 에 대한 회귀계수이다. 따라서 2-수준 설명변수의 조합은  $\beta_{pj}(p=0, 1, 2, \dots, P)$ 번째 1-수준 회귀계수마다 다를 수 있다. 그리고,  $W_{qj}$ 는  $q$ 번째 2-수준 설명변수이며,  $u_{pj}$ 는 2-수준 무선효과 오차항이다.

[0056] 2-수준 모형은 종속변수가  $(P+1)$ 개 이므로,  $(P+1)$ 개의  $u_{pj}$ 들은 평균, 분산과 공분산을 갖는다. 각각의  $u_{pj}$ 의 평균은 0이고, 분산은  $\text{Var}(u_{pj}) = \tau_{pp}$ 이다. 따라서 2-수준 오차항은  $MN(\vec{0}, T)$ 이 다변량 분포를 가지며,  $T$ 는  $(P+1) \times (P+1)$  차원의 분산-공분산 행렬이다.

[0057] 2-수준 다층모형에서 2-수준 모형의 오차항  $u_{pj}$ 는 연구자의 의도에 따라 무시할 수도 있고 유의하게 모형에 반영할 수도 있다. 2-수준 모형에서 오차항  $u_{pj}$ 를 다루는 방법은 네 가지이다.

[0058] ①  $\beta_{pj} = \gamma_{p0}$ : 1-수준 회귀계수  $\beta_{pj}$ 가 모든 집단에서 같다는 가정을 한 모형이다. 즉,  $X_p$  변수의  $Y_{ij}$ 에 대한 효과는 회귀계수  $\gamma_{p0}$ 이다.

[0059] ②  $\beta_{pj} = \tau_{p0} + u_{pj}$ : 1-수준 회귀계수  $\beta_{pj}$ 가 집단에 따라 다르다고 가정한 모형이다.  $u_{pj}$ 는  $j$ 번째 집단의 효과이다.

[0060] ③  $\beta_{pj} = \tau_{p0} + \sum_{q=1}^{Q_p} \tau_{pq} W_{qj}$  : 1-수준 회귀계수  $\beta_{pj}$ 가 집단에 따라 다르지만  $Q_p$ 개의 2-수준 설명변수로  $\beta_{pj}$ 의 변산을 온전히 설명한다고 가정한 모형이다.

[0061] ④  $\beta_{pj} = \tau_{p0} + \sum_{q=1}^{Q_p} \tau_{pq} W_{qj} + u_{pj}$  : 1-수준 회귀계수  $\beta_{pj}$ 가 집단에 따라 다르며  $Q_p$ 개의 2-수준 설명변수로  $\beta_{pj}$ 의 변산을 설명한 이후에도 여전히 잔차 변산이 남아있다고 가정한 모형이다.

[0062] 따라서 사용자들은 1-수준 회귀계수  $\beta_{pj}$ 를 ①과 ③처럼 고정효과 모수로 처리할 수도 있으며 ②와 ④처럼 무선효과를 갖는 회귀계수로 가정할 수도 있다.

[0063] 위 <수학식3>과 <수학식4>를 그림으로 표현하면 도면4b와 같다.

[0064] 도4b는 다층모형이 어떻게 다층회귀모형의 형태로 개념화 될 수 있는지를 보여준다. 회귀모형은 기본적으로 다수의 설명변수와 하나의 종속변수의 구조적 관계를 수학적모형으로 표현한 것이다. 도4b는 2-수준에서 설명변수의 수가 증가하는 것을 고려한 것이며, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 도4b의 각 구성요소를 설정하여 사용자의 분석모형을 결정하도록 되어 있다.

[0065] 다음으로, 2-수준 다층성장모형에 대하여 설명한다. 종단자료를 분석하기 위한 2-수준 다층모형은 횡단자료를 분석하는 다층모형과 수학적으로 동일하다. 다만 모형이 적용되는 상황이 다르므로 모형과 표기를 달리하는 것 뿐이다.

[0066] 2-수준 다층성장모형에는 기초모형 및 연구모형이 있다. 종속변수의 개체별 성장궤적은 선형성을 가질 가능성이 높다. 반복관찰횟수가 많거나, 관찰기간이 길면 비선형 곡선으로 나타날 가능성이 높다. 아래 <수학식5>와 <수학식6>은 각각 선형성장모형 기초모형과 비선형성장모형 기초모형을 나타낸 것이다.

## 수학식 5

1-수준 모형(시간 수준):  $Y_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}A_{ti} + e_{ti}, \quad e_{ti} \sim N(0, \sigma^2)$

2-수준 모형(개인 수준):  $\pi_{0i} = \beta_{00} + r_{0i}$   
 $\pi_{1i} = \beta_{10} + r_{1i}$   
 $\begin{bmatrix} r_{0i} \\ r_{1i} \end{bmatrix} \sim N \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} \\ \tau_{10} & \tau_{11} \end{bmatrix} \right)$

[0067]

## 수학식 6

1-수준 모형(시간 수준):  $Y_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}A_{ti} + \pi_{2i}A_{ti}^2 + e_{ti}, \quad e_{ti} \sim N(0, \sigma^2)$

2-수준 모형(개인 수준):  $\pi_{0i} = \beta_{00} + r_{0i}$   
 $\pi_{1i} = \beta_{10} + r_{1i}$   
 $\pi_{2i} = \beta_{20} + r_{2i}$   
 $\begin{bmatrix} r_{0i} \\ r_{1i} \\ r_{2i} \end{bmatrix} \sim N \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} & \tau_{02} \\ \tau_{10} & \tau_{11} & \tau_{12} \\ \tau_{20} & \tau_{21} & \tau_{22} \end{bmatrix} \right)$

[0068]

[0069] <수학식5>와 <수학식6>과 같은 두 모형은 모두 1-수준 모형에서 시간변수( $A_{ti}$ )만 포함되고, 2-수준 모형에서는 1-수준 회귀계수  $\pi_{pi}$ 의 분포정보이다. 여기서 1-수준 모형은 일반성장곡선모형인 다차항 모형의 하위모형이다. 도5a 및 도5b는 <수학식5>와 <수학식6>을 표현한 것이다.

[0070] 다층성장모형의 연구모형은 기초모형의 2-수준 모형에 설명변수를 추가하여 변화모수들의 변산을 설명하는 모형이다. 즉, 기초모형의 1-수준 모형은 그대로 유지하고 변화모수인  $\pi_{pi}$ 의 변산을 설명하는 모형이다. 아래 <수학식7>은 연구모형의 일 예를 나타낸다.

### 수학식 7

1-수준 모형(시간 수준):  $Y_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}A_{ti} + e_{ti}, \quad e_{ti} \sim N(0, \sigma^2)$

2-수준 모형(개인 수준):  $\pi_{0i} = \beta_{00} + \beta_{01}X_{1i} + \beta_{02}X_{2i} + r_{0i}$   
 $\pi_{1i} = \beta_{10} + \beta_{11}X_{1i} + r_{1i}$

$$\begin{bmatrix} r_{0i} \\ r_{1i} \end{bmatrix} \sim N \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} \\ \tau_{10} & \tau_{11} \end{bmatrix} \right)$$

[0071]

[0072] 다층성장모형도 횡단자료분석을 위한 다층모형과 동일한 통계모형이므로, 모형개념도 역시 동일한 방법으로 표현이 가능하다. 도5c는 위 <수학식7>을 표현한 것이다.

[0073] 다음으로, 2-수준 다층자료가 횡단자료인 경우에 따른 명세화 방법을 설명한다. 보다 구체적으로는, 2-수준 횡단자료에서 기초모형, Ancova 모형, 무선효과 회귀모형을 명세화하는 방법과, 상기와 같은 다양한 모형들에 따라 MLM 프로그램에서 자료분석을 수행하는 절차에 대하여 개략적으로 설명한다.

[0074] 먼저, MLM 프로그램을 이용하여 자료분석을 수행하는 절차는 크게, 프로그램 모듈의 선택단계(1단계), 모형개념도에서 모형 명세화하는 단계(2단계), 그리고 분석 실행 및 결과파일 저장단계(3단계)로 나뉘어진다.

[0075] 사용자 인터페이스를 통한 하나의 윈도우 창에서 수행되는 작업들을 보다 구체화하면, 1단계에서는 데이터 불러오기, 프로그램 모듈 선택(MLM2, MLM3, CMLM 중 선택), 분석유형 선택(횡단모형, 종단모형 중 선택)이 있고, 2단계에서는 2-수준 ID 변수 선택, 종속변수 선택, 모형개념도에서 모형의 명세화 작업이 있으며, 3단계에서는 분석실행, 결과파일 저장이 있다.

[0076] 여기서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 기초모형 명세화 단계에 대하여 설명한다. 도6은 기초모형 명세화 화면을 예시적으로 나타낸 도면이다.

[0077] 도6a는 윈도우 화면에서 통계분석하고자 하는 데이터를 불러오는 것을 나타낸 도면이고, 도6b는 분석유형 선택 단계를 나타낸 도면이며, 도6c는 횡단모형을 선택함에 따라, 집단 ID를 선택하고 종속변수를 선택하는 단계를 나타낸 도면이다. 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 이렇게, 도6a 내지 도6c 과정을 통해 도6d와 같은 기초 모형을 명세화한다. 도6d에서의  $Y_{ij}$ 는 종속변수인 설명변수를 나타내고,  $\beta_{0j}$ 는 1-수준 모형의 무선효과 절편 계수인 제1 레벨의 제1 절편 계수를 나타내며,  $\gamma_{00}$ 는 2-수준 모형의 고정효과 절편 계수인 제2 레벨의 제1 절편 계수를 나타내고, 종속변수  $Y_{ij}$ 와 절편계수  $\beta_{0j}$  위의 작은 원( $e_{ij}$ ,  $u_{0j}$ )은 각 수준의 오차항을 나타낸다.

[0078] 기초모형의 경우, 위와 같이 집단 ID와 종속변수를 설명하면 바로 생성되기 때문에 도6d의 단계에서 바로 분석을 실행할 수 있다.

[0079] 다음으로, 도7를 참고하여, 연구모형(Ancova 모형)의 명세화 과정에 대하여 설명한다. 도7a는 연구모형에 따라 1-수준 모형에 변수를 투입하는 과정으로서, 도7a와 같은 상태에서 화면의 왼쪽 창에서 1-수준 모형에 투입하고자 하는 변수의 이름을 우클릭하면 세 가지의 중심화(centering) 옵션이 나타난다. 일 실시예인 '아버지학력' 변수를 우클릭하면 도7b와 같은 화면이 나타난다. 세 가지 옵션 중 사용자가 원하는 중심화 방법을 클릭하면 그에 따라 변수가 1-수준 모형에 투입된다. 예컨대, [No Centering]은 중심화를 하지 않음, [Group mean Centering]은 집단 평균 중심화, [Grand mean Centering]은 전체 평균 중심화에 대한 옵션이다.

[0080] 본 실시예에서는 [No Centering] 옵션을 사용하여 모형을 명세화하는 것에 대하여 후술한다. 도7c는 1-수준 모형에서 변수(제1 레벨의 제1 설명변수에 대한 제1 회귀계수)를 투입했을 때, 상기 변수에 대한 제1 레벨의 제2 오차항인  $u_{1j}$ 의 원이 제시된다. 즉, MLM2에서는 1-수준 변수를 투입할 때 해당 회귀계수가 2-수준 무선효과를 갖는 것이 기본조건(default)으로 설정되어 있으며, 사용자가 설정한 모형에 따라 2-수준 무선효과를 해제할 수 있다. 일 예인, '아버지학력' 변수에 해당하는 제1 레벨의 제1 회귀계수( $\beta_{1j}$ )의 2-수준 무선효과를 지정하지 않

고자 할 때는  $u_{1j}$ (오차항)의 원을 클릭하고,  $\beta_{1j}$ 의 2-수준 무선효과를 다시 지정하고 싶다면  $u_{1j}$ 의 원을 다시 클릭하면 된다.

[0081] 만약 모형 명세화 중 1-수준 변수( $\beta_{1j}$ )를 삭제하고 싶다면, 삭제하고자 하는 변수( $\beta_{1j}$ )의 회귀계수를 우클릭한다. 우클릭하면, '삭제'창이 뜨게 되고, '삭제'를 클릭하면 해당 변수가 삭제된다.

[0082] 1-수준 모형 명세화를 완료하고, 2-수준 모형에 변수를 추가하고자 한다면 도7d와 같이 제1 레벨의 제1 절편계수( $\beta_{0j}$ )를 종속변수로 취급하여, 해당 2-수준 모형의 회귀계수(종속변수)를 클릭한다. 이를 클릭하면 도7와 같은 윈이 음영처리 되면서 해당 제1 레벨의 제1 절편계수인 2-수준 모형의 회귀계수가 활성화 된다. 도7d와 같은 상태에서 화면의 왼쪽 창에서 2-수준 모형에 추가로 정의하고자 하는 변수의 이름을 우클릭하면 두 가지의 중심화(centering) 옵션이 제시된다. 두 가지 중심화 방법 중 사용자가 원하는 옵션을 클릭하면 그에 따라 2-수준 모형에 투입된다. 만약 변수의 중심화를 하지 않고자 한다면 [No Centering]을 선택하고, 전체 평균 중심화를 하고 싶다면 [Grand mean Centering]을 선택한다.

[0083] 도7e는 도7d에서 [No Centering]을 선택할 때 나타나는 화면이고, 도7f는 2-수준 절편 계수의 모형 명세화 단계를 나타낸 것으로서, '저소득층비' 및 '교사사기평'에 대한 변수를 추가한 상태를 보여준다. 즉, 1-수준 모형에서 '아버지학력' 변수(제1 레벨의 제1 설명 변수)가 추가되고, 2-수준 모형에서는 절편(제1 레벨의 제1 절편 계수)과 회귀계수(제1 레벨의 제1 회귀 계수)에 두 개의 학교수준 변수(제3 레벨에서의 설명 변수들)가 각각 추가된 모형이며, '아버지학력'의 회귀계수는 고정효과를 갖는 것으로 명세화한 모형개념도이다.

[0084] 이때, '아버지학력' 회귀계수인 제1 레벨의 제1 회귀 계수의 오차항인  $u_{1j}$ 의 원을 클릭하여 활성화하면 2-수준 모형에서 회귀계수가 무선효과를 갖는 다층모형이 명세화 된다. <수학식8>은 도7f와 같이 제시된 다층모형 개념도에 대응하는 다층모형 수식을 나타낸다.

## 수학식 8

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ij} + e_{ij}, \quad e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

$$\begin{aligned} \beta_{0j} &= \gamma_{00} + \gamma_{01}W_{1j} + \gamma_{02}W_{2j} + u_{0j} \\ \beta_{1j} &= \gamma_{10} + \gamma_{11}W_{1j} + \gamma_{12}W_{2j} + u_{1j} \end{aligned}, \quad \begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \end{bmatrix} \sim N \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} \\ \tau_{10} & \tau_{11} \end{bmatrix} \right)$$

[0085]

[0086] 다음으로, 선형다층성장모형의 기초모형 명세화 방법에 대하여 도8을 참조하여 개략적으로 설명한다. 먼저, 사용자가 종단모형을 명세화하고자 하는 경우, 사용자는 횡단모형 명세화 방법과 동일하게 데이터를 불러오고, 도 6b와 같은 화면에서 종단모형을 선택한다. 그리고, 명세화될 종속변수를 선택한다. 횡단모형의 경우, 종속변수 선택 후 바로 제시되는 도식이 기초모형이지만, 종단모형은 종속변수가 시간의 흐름에 따라 갖는 변화율을 보고자 하는 것이 목적이므로, 1-수준인 '시간-수준'에 시간변수가 추가되어야 한다. 이에 따라 도8a와 같이 종속변수( $Y_{ij}$ ) 원을 클릭하여 종속변수를 활성화한다.

[0087] 종속변수 윈이 활성화된 상태에서 도8b와 같이 화면의 왼쪽 창에서 시간변수(Time)의 이름을 클릭하면 세 가지의 중심화 옵션이 나타난다. 세 가지 중심화 옵션은 횡단모형 명세화 단계에서 설명했던 중심화 옵션과 의미 및 기능이 동일하다. 종단모형은 초기 시점의 모수(parameter)와 시간에 따른 변화율의 모수를 추정하고, 그 둘의 관계를 조명하려는 목적을 가지고 있다. 예컨대, 본 발명의 MLM 프로그램은 종단 모형 명세화 단계에서 시간 변수의 코딩을 초기 시점은 "0", 시간 간격에 따라 순차적으로 "1, 2, 3, 4"로 코딩할 수 있다. 일 실시예에 따른 도8c에서, 시간변수는 상술한 바와 같이 코딩된 것으로 예시하였으므로, [No Centering]을 선택한다. 시간변수를 추가하면 선형다층성장모형(종단 모형)의 기초모형 명세화가 완료된다. <수학식9> 도8d와 같은 선형다층성장모형의 기초모형을 개념도로 보인 것이다.



## 수학식 9

$$\begin{aligned} \text{Ln}(Y_{ti}) &= \pi_{0i} + \pi_{1i}A_{ti} + e_{ti}, & e_{ti} &\sim N(0, \sigma^2) \\ \pi_{0i} &= \beta_{00} + r_{0i}, & \begin{bmatrix} r_{0i} \\ r_{1i} \end{bmatrix} &\sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} \\ \tau_{10} & \tau_{11} \end{bmatrix}\right) \\ \pi_{1i} &= \beta_{10} + r_{1i}, \end{aligned}$$

[0088]

[0089]

여기서,  $Y_{ij}$ 는 종속변수이고,  $\pi_{0j}$ 는 1-수준 모형에서 개인 별 초기 시점 모수이며 무선효과이며,  $\pi_{1j}$ 는 1-수준 모형에서 개인 별 변화율 모수이며 무선효과이다.  $A_{ti}$ 는 시간변수로 "0, 1, 2, 3, ..."의 값을 가지고,  $A_{ti} = 0$ 일 때, 변화율 모수 부분이 없어지게 되므로  $\pi_{0j}$ 의 의미가 개인 별 초기 시점 모수의 의미가 되어 실제적 의미를 가지게 된다. 따라서 위에서 모형 명세화 시 시간변수를 "0, 1, 2, 3..."으로 코딩하고, [No centering]으로 선택한 것이다.  $\beta_{00}$ ,  $\beta_{10}$ 는 각각 2-수준 모형에서 초기 시점 전체 평균 모수, 전체 평균 변화율 모수이며 고정효과이다. 종속변수  $Y_{ij}$ 와 절편계수  $\pi_{0j}$ ,  $\pi_{1j}$  위의  $r_{0j}$ ,  $r_{1j}$ 는 각각  $\pi_{0j}$ ,  $\pi_{1j}$ 를 종속변수로 하는 2-수준 모형의 오차항이다.  $r_{0j}$ ,  $r_{1j}$ 는 공분산을 갖는 다변량 분포이다.

[0090]

이렇게 1-수준(시간 수준) 모형을 명세화 한 후, 2-수준(개인 수준) 모형을 명세화 하게 된다. 다층성장모형의 1-수준 모형에서 시간 변수는 필수적으로 투입되며 기타 1-수준 모형에 투입되는 변수들은 연구자의 연구 문제에 따라 결정된다. 만약 시점에 따라 동일 개인 내에서 그 특성이 변하는 변수가 있으며 이것이 시간 수준에서 통제되어야 할 필요가 있다면 1-수준 모형에 추가적으로 해당 변수를 추가한다. 일반적으로 다층성장모형의 경우 1-수준에서 시간 변수만 투입하여 모형을 명세화하고, 2-수준인 개인 수준 모형에서 종속변수의 개인 별 초기 시점과 개인 별 변화율에 대한 개인 특성 변수의 영향력을 탐색한다. 따라서 다층성장모형의 연구모형은 2-수준에서 개인 특성 변수들을 추가하게 된다.

[0091]

먼저 개인 별 초기 시점 모수인 제1 레벨의 제1 절편 계수인( $\pi_{0j}$ )를 명세화 하기 위해, 제1 절편 계수를 클릭한다. 이를 클릭하면 2-수준 모형의 회귀 계수가 도8d와 같이 활성화된다. 그리고, 도면에는 따로 도시하지 않았으나, 횡단 모형 명세화 과정과 같이 중심화 옵션을 선택한다. 변수 추가/투입 방법에 따라서 일 실시예인 도8e와 같이 모형을 명세화 할 수 있다.

[0092]

다음으로, 3-수준 다층모형에 대하여 설명한다. 횡단자료의 분석을 위한 3-수준 다층모형의 명세화는 앞에서 설명한 2-수준 다층모형과 마찬가지로, 기초모형을 사용하고, 사용자의 연구문제에 따라 다양한 형태의 연구모형으로 명세화될 수 있다. 본 발명에서는 편의상 '학생 $\subset$ 학급 $\subset$ 학교'의 3수준 다층자료를 분석하는 것을 가정하여 3-수준 다층모형 명세화에 대하여 설명한다. <수학식10>은 3-수준 다층모형의 기초모형을 나타낸다.

## 수학식 10

$$\begin{aligned} \text{1-수준 모형(학생 수준): } Y_{ijk} &= \pi_{0jk} + e_{ijk}, & e_{ijk} &\sim N(0, \sigma^2) \\ \text{2-수준 모형(학급 수준): } \pi_{0jk} &= \beta_{00k} + r_{0jk}, & r_{0jk} &\sim N(0, \tau_{\pi}) \\ \text{3-수준 모형(학교 수준): } \beta_{00k} &= \gamma_{000} + u_{00k}, & u_{00k} &\sim N(0, \sigma^2) \end{aligned}$$

[0093]

[0094]

도9은 본 발명의 일 실시예에 따라 3-수준 다층모형을 개념도로 표현한 것이고, <수학식11>은 도9과 같은 3-수준 다층모형을 수식으로 나타낸 것이다.

## 수학식 11

1-수준 모형:

$$Y_{ijk} = \pi_{0jk} + \pi_{1jk}Z_{1ijk} + \pi_{2jk}Z_{2ijk} + e_{ijk}, \quad e_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$$

2-수준 모형:

$$\begin{aligned} \pi_{0jk} &= \beta_{00k} + r_{0jk}, \\ \pi_{1jk} &= \beta_{10k} + \beta_{11k}X_{11jk} + r_{1jk} \\ \pi_{2jk} &= \beta_{20k} \end{aligned} \quad \begin{bmatrix} r_{0jk} \\ r_{1jk} \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{\pi 00}, \tau_{\pi 01} \\ \tau_{\pi 10}, \tau_{\pi 11} \end{bmatrix}\right)$$

3-수준 모형:

$$\begin{aligned} \beta_{00k} &= \gamma_{000} + \gamma_{001}W_{001k} + u_{00k} \\ \beta_{10k} &= \gamma_{100} \\ \beta_{11k} &= \gamma_{110} + u_{11k} \\ \beta_{20k} &= \gamma_{200} + u_{20k} \end{aligned} \quad \begin{bmatrix} u_{00k} \\ u_{11k} \\ u_{20k} \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{\beta 00}, \tau_{\beta 01}, \tau_{\beta 02} \\ \tau_{\beta 10}, \tau_{\beta 11}, \tau_{\beta 12} \\ \tau_{\beta 20}, \tau_{\beta 21}, \tau_{\beta 22} \end{bmatrix}\right)$$

[0095]

[0096]

$\beta_{10k}$ 는 고정효과 회귀 계수이고,  $\beta_{11k}$ 는 무선효과 회귀계수이다. 두 회귀계수는 2-수준 모형에서  $\pi_{1jk}$ 의 변산을 함께 설명하는 회귀계수이다. 또한  $Z_{2ijk}$ 의 종속변수  $Y_{ijk}$ 에 대한 효과인  $\pi_{2jk}$ 는 2-수준 모형에서 고정효과로 표현되었지만, 3-수준 모형에서 다시 무선효과를 갖는 것으로 설정되었다. MLM 프로그램에서 3-수준 모형을 명세화할 때 각 수준 모형에서 절편계수는 무선효과를 가져야 한다. 그러나, 다른 모든 회귀계수들은 고정효과와 무선효과를 선택할 수 있다.

[0097]

도9에서의 다층 모형의 구조는 왼쪽으로부터  $Y_{ijk}$ ,  $\pi_{pjk}$ ,  $\beta_{pqk}$ ,  $\gamma_{pqs}$ 의 순서로 구성되어 있다.  $Y_{ijk}$ ,  $\pi_{pjk}$ 까지는 1-수준 모형을 나타내고,  $\pi_{pjk}$ ,  $\beta_{pqk}$ 까지는 2-수준 모형을, 그리고  $\beta_{pqk}$ ,  $\gamma_{pqs}$ 는 3-수준 모형을 반영한다. 일 실시예인 도9에서는  $\pi_{2jk}$ 는 오차항을 갖지 않으나, 3-수준 모형에서  $\beta_{20k}$ 는 오차항  $u_{20k}$ 을 갖는 것을 보여준다. 즉, 설명변수  $Z_{2ijk}$  변수의 종속변수  $Y_{ijk}$ 에 대한 효과는 동일 학교 내에서는 모든 학생들에게 같은 효과를 미치지만 학교간에는 차이가 있는 것으로 가정한 것을 그대로 반영한 것이다.

[0098]

본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치가 MLM3 모듈을 이용하여 하나의 윈도우 화면에서 상술한 바와 같은 3-수준 모형을 명세화하는 과정에 대하여 도10을 참조하여 후술한다. 일 실시예에 따른 도10에서는 3-수준 다층 모형의 횡단모형을 명세화하는 것을 예시한다.

[0099]

먼저, 사용자가 본 발명의 사용자 인터페이스를 통해 도10a와 같이 MLM3 모듈을 선택하고, 분석유형을 횡단모형으로 선택한 후, 도10b 및 도10c와 같이 2수준 ID와 3수준 ID를 선택한다. 그리고, 도10d에 도시된 바와 같이 사용자가 사용자 인터페이스를 통해 종속변수를 선택하면, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 도10e와 같이 기초모형이 도식으로 명세화된다.

[0100]

그리고, 사용자가 기초모형에서 더 나아가 연구모형으로 명세화 하고자 하는 경우, 사용자의 선택에 따라 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는, 도10f와 같이 종속 변수( $Y_{ijk}$ ) 원을 활성화시킨다. 도10f와 같은 상태에서 화면의 왼쪽 창에서 1-수준 모형에 투입하고자 하는 변수의 이름을 우클릭하면 세 가지의 중심화 옵션이 나타난다. '물리적환경 만족도' 변수를 우클릭하면 도10g와 같은 화면이 나타난다.

[0101]

도10g를 참고하면, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 세 가지 옵션 중 사용자가 원하는 중심화 방법이 사용자 인터페이스를 통해 선택되면, 그에 따라 변수가 1-수준 모형에 도시된다. 여기서, [No Centering]은 중심화를 하지 않음이고, [Group mean Centering]은 집단 평균 중심화를 의미하며, [Grand mean centering]은 전체 평균 중심화를 의미한다. 이와 같은 방법으로 '물리적환경만족도'와 '교사직위'변수를 투입하면 도10h와



같이 모형이 명세화된다.

[0102] 일 실시예인 도10h에 도시된 바와 같이, 1-수준 모형에서 변수를 추가했을 때, 상위 수준의 무선효과 오차항의 원( $r_{0jk}$ ,  $r_{1jk}$ ,  $r_{2jk}$ )이 도시된다. 사용자가 1-수준 모형 명세화를 완료하고, 2-수준 모형에 변수를 추가하고자 한다면, 도10h와 같은 윈도우 화면의 오른쪽 창에서 2-수준 모형의 종속변수(회귀계수)로 취급되는 절편계수( $\pi_{0jk}$ )를 선택한다. 이를 선택하면, 도10i와 같이 해당 절편계수가 활성화되면서, 2-수준 모형에 추가하고자 하는 변수의 이름을 우클릭함으로써 세 가지의 중심화 옵션이 제시된다. 중심화 옵션은 1-수준 모형에서의 옵션과 의미와 기능이 모두 동일하다. 일 예로, 중심화 옵션 중 [No Centering]을 선택하고, 3-수준 모형의 종속변수로 취급되는 제2 레벨의 제1 절편 계수를 우클릭하면 도10j와 같이 두 가지의 중심화 옵션이 제시된다. 이러한 상태에서 중심화 옵션 중 [No Centering]을 선택하면, 도10k와 같은 다층모형이 명세화된다.

[0103] 다음으로, 교차분류 다층모형에 대하여 설명한다. 사용자 인터페이스를 통해 사용자가 MLM 프로그램 중 CMLM 모듈을 선택하면, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는, 사용자가 선택하는 2-수준 행집단 ID 변수, 2-수준 열집단 ID 변수와 종속변수에 따라 도11a와 같은 교차분류 다층모형의 기초모형을 명세화한다. 도11a에서 2-수준 행집단 ID는 'nei\_id', 2-수준 열집단 ID는 'sch\_id', 종속변수는 'Y'이다. 도11a는 아래 <수학식12>의 개념도이다.

## 수학식 12

$$Y_{ijk} = \beta_{0jk} + e_{ijk}, \quad e_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$$

$$\beta_{0jk} = \gamma_{00} + \alpha_{0j} + b_{0k} + c_{0jk}, \quad a_j \sim N(0, \tau_a), \quad b_k \sim N(0, \tau_b), \quad c_{jk} \sim N(0, \tau_c)$$

[0104]

[0105] 여기서,  $Y_{ijk}$ 는 종속변수(Y),  $\beta_{0jk}$ 는 2-수준 모형의 무선효과 절편계수인 제1 레벨의 제1 절편 계수,  $\gamma_{00}$ 는 2-수준 모형의 고정효과 절편계수인 제2 레벨의 제1 절편 계수,  $e_{ijk}$ 는 1-수준 모형의 오차항이다. 그리고, 종속변수( $Y_{ijk}$ )와 제1 레벨의 제1 절편 계수( $\beta_{0jk}$ ) 위의 작은 원  $a_{0j}$ ,  $b_{0k}$ ,  $c_{0jk}$ 는 각 수준의 오차항을 나타낸다.  $e_{ijk}$ 는 1-수준의 오차항이고,  $a_{0j}$ 는  $\beta_{0jk}$ 를 종속변수로 하는 2-수준 모형에서 행집단의 오차항,  $b_{0k}$ 는  $\beta_{0jk}$ 를 종속변수로 하는 2-수준 모형에서 열집단의 오차항, 마지막으로  $c_{0jk}$ 는  $\beta_{0jk}$ 를 종속변수로 하는 2-수준 모형에서 행집단과 열집단이 교차되어 있는 셀집단의 오차항이다.

[0106] 사용자가 분석하고자 하는 데이터가 기초모형에 기반하는 경우, 도11a와 같은 모형을 기반으로 이후 통계분석을 실시하면 되고, 연구모형으로 명세화하고자 하는 경우에는 도11b와 같이 종속변수( $Y_{ijk}$ )를 선택하여 활성화시킨다. 도11b와 같은 상태에서 화면의 왼쪽 창에서 1-수준 모형에 추가하고자 하는 변수(Z1)의 이름을 우클릭하면 세 가지 중심화 옵션이 나타난다. 세 가지 옵션은 중심화를 하지 않는 [No Centering], 집단 평균 중심화를 실시하는 [Group mean Centering], 전체 평균 중심화인 [Grand mean Centering]으로 구성된다.

[0107] 이와 같은 방법으로 제1 레벨의 제1 설명 변수인 'Z1'과, 제1 레벨의 제2 설명 변수인 'Z2' 변수를 선택하면, 도11c와 같은 모형이 명세화된다. 도11c와 같이 1-수준 모형에서 변수를 선택했을 때, 상위 수준의 무선효과 오차항인  $a_{1j}$ ,  $b_{1k}$ ,  $c_{1jk}$ ,  $a_{2j}$ ,  $b_{2k}$ ,  $c_{2jk}$ 가 제시된다. CMLM 모듈에서는 1-수준 변수를 투입할 때 해당 회귀계수의 상위 수준에서 무선효과를 갖는 것이 기본조건(default)으로 설정되어 있으며, 사용자가 설정한 모형에 따라 무선효과를 해제할 수도 있다.

[0108] 1-수준 모형 명세화를 완료하고, 2-수준 모형에 변수를 추가하고 싶다면 화면 오른쪽 창에서 2-수준 모형의 제1 레벨의 제1 절편 계수를 클릭하여 활성화시킴으로써, 상기 제1 레벨의 제1 절편 계수를 종속변수(회귀계수, 행집단 변수)로 취급한다. 화면의 왼쪽 창에서 2-수준 모형에 추가하고자 하는 변수의 이름을 우클릭하면 세 가지의 집단소속 옵션이 제시되고, 2-수준 독립변수는 행집단의 특성, 열집단의 특성, 셀집단의 특성을 나타내는 변수들로 이루어져 있다.

[0109] 회귀 계수로 취급된 제1 레벨의 제1 절편 계수를 활성화한 상태에서 화면의 왼쪽 창에서 2-수준 모형에 투입하

고자 하는 변수의 이름을 클릭하고, 집단소속을 선택하면 두 가지의 중심화 옵션([No Centering], [Grand mean Centering])이 나타난다. [No Centering]은 중심화를 하지 않음이고, [Grand mean Centering]은 전체 평균 중심화이다.

[0110] 일 예로, [No Centering]를 선택하면, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 도11d와 같은 모형을 명세화한다. 2-수준 모형에 열집단 변수(W1)와 셀집단 변수(V1)를 추가하고자 하는 경우에도 행집단 변수(X1)를 추가할 때와 동일한 과정을 거친다. 그에 따라, 본 발명의 다층모형 인터페이스 제공 장치는 도11e와 같은 다층 모형을 명세화할 수 있다. 도11e에 따른 모형개념도는 아래 <수학식13>의 통계모형과 상응한다.

### 수학식 13

1-수준 모형:

$$Y_{ijk} = \beta_{0jk} + \beta_{1jk}Z1_{ijk} + \beta_{2jk}Z2_{ijk} + e_{ijk}, \quad e_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$$

2-수준 모형:

$$\beta_{0jk} = \gamma_{00} + \gamma_{01}X1_j + \gamma_{02}W1_k + \gamma_{03}V1_{jk} + a_{0j} + b_{0k} + c_{0jk}$$

$$\beta_{1jk} = \gamma_{10} + a_{1j} + c_{1jk}$$

$$\beta_{2jk} = \gamma_{20} + a_{2j} + b_{2k} + c_{2jk}$$

$$\begin{bmatrix} a_{0j} \\ a_{1j} \\ a_{2j} \end{bmatrix} \sim N \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{a00} & \tau_{a01} & \tau_{a02} \\ \tau_{a10} & \tau_{a11} & \tau_{a12} \\ \tau_{a20} & \tau_{a21} & \tau_{a22} \end{bmatrix} \right), \begin{bmatrix} b_{0k} \\ b_{2k} \end{bmatrix} \sim N \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{b00} & \tau_{b01} \\ \tau_{b10} & \tau_{b11} \end{bmatrix} \right),$$

[0111]

$$\begin{bmatrix} c_{0jk} \\ c_{1jk} \\ c_{2jk} \end{bmatrix} \sim N \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{c00} & \tau_{c01} & \tau_{c02} \\ \tau_{c10} & \tau_{c11} & \tau_{c12} \\ \tau_{c20} & \tau_{c21} & \tau_{c22} \end{bmatrix} \right)$$

통합모형:

$$Y_{ijk} = \gamma_{00} + \gamma_{01}(X1) + \gamma_{02}(W1) + \gamma_{03}(V1) + \gamma_{10}(Z1) + \gamma_{20}(Z2) + a_{0j} + a_{1j}(Z1) + a_{2jk}(Z2) + b_{0k} + b_{2k}(Z2) + c_{0jk} + c_{1jk}(Z1) + c_{2jk}(Z2) + e_{ijk}$$

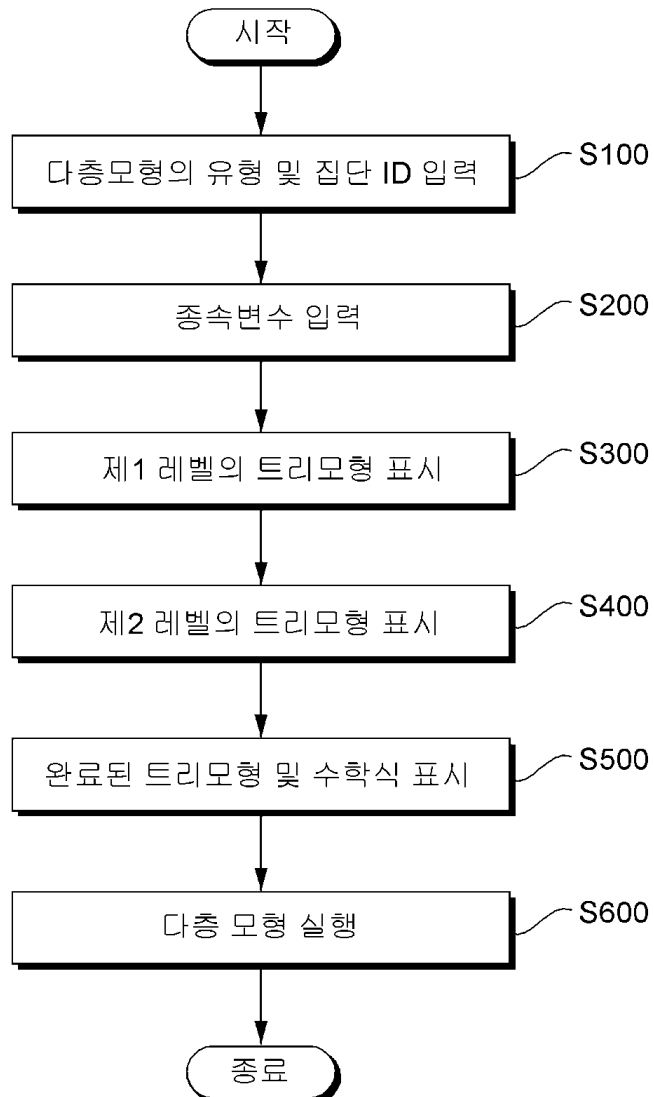
[0112]

[0113] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예를 구성하는 모든 구성요소들이 하나로 결합하거나 결합하여 동작하는 것으로 기재되어 있다고 해서, 본 발명이 반드시 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 목적 범위 안에서라면, 그 모든 구성요소들이 하나 이상으로 선택적으로 결합하여 동작할 수도 있다. 또한, 그 모든 구성요소들이 각각 하나의 독립적인 하드웨어로 구현될 수 있지만, 각 구성요소들의 그 일부 또는 전부가 선택적으로 조합되어 하나 또는 복수개의 하드웨어에서 조합된 일부 또는 전부의 기능을 수행하는 프로그램 모듈을 갖는 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수도 있다. 또한, 이와 같은 컴퓨터 프로그램은 USB 메모리, CD 디스크, 플래쉬 메모리 등과 같은 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체(Computer Readable Media)에 저장되어 컴퓨터에 의하여 읽혀지고 실행됨으로써, 본 발명의 실시예를 구현할 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 기록매체로서는 자기 기록매체, 광 기록매체 등이 포함될 수 있다.

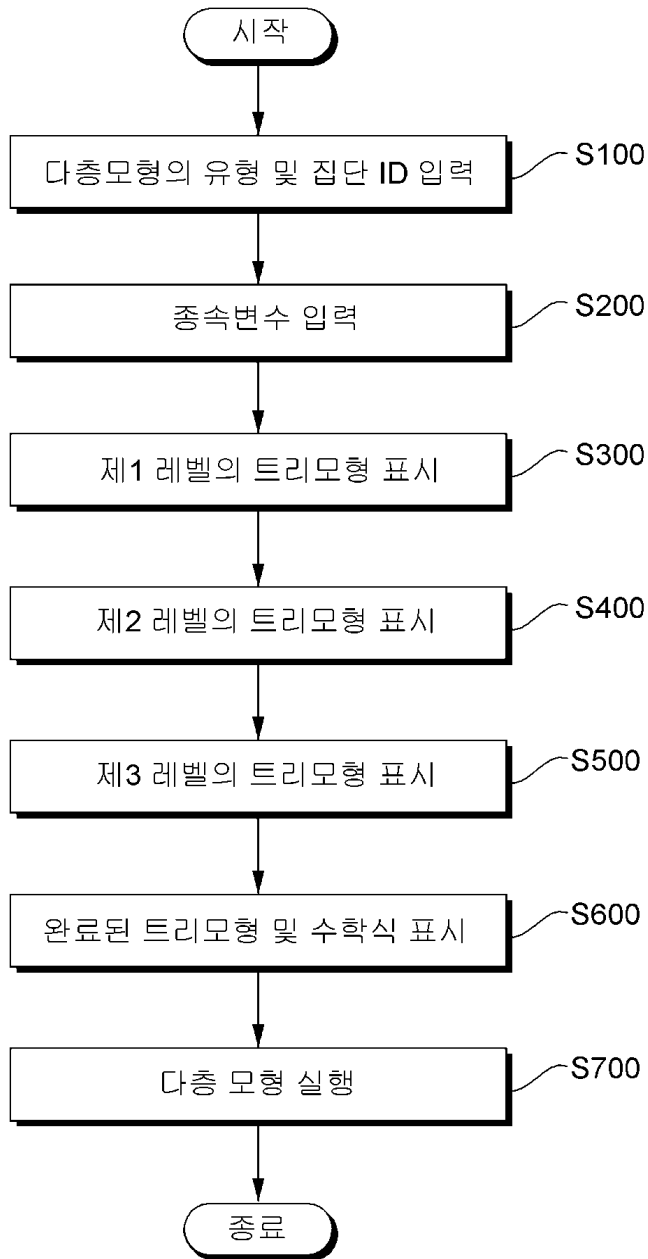
[0114] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정, 변경 및 치환이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예 및 첨부된 도면들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예 및 첨부된 도면에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구 범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

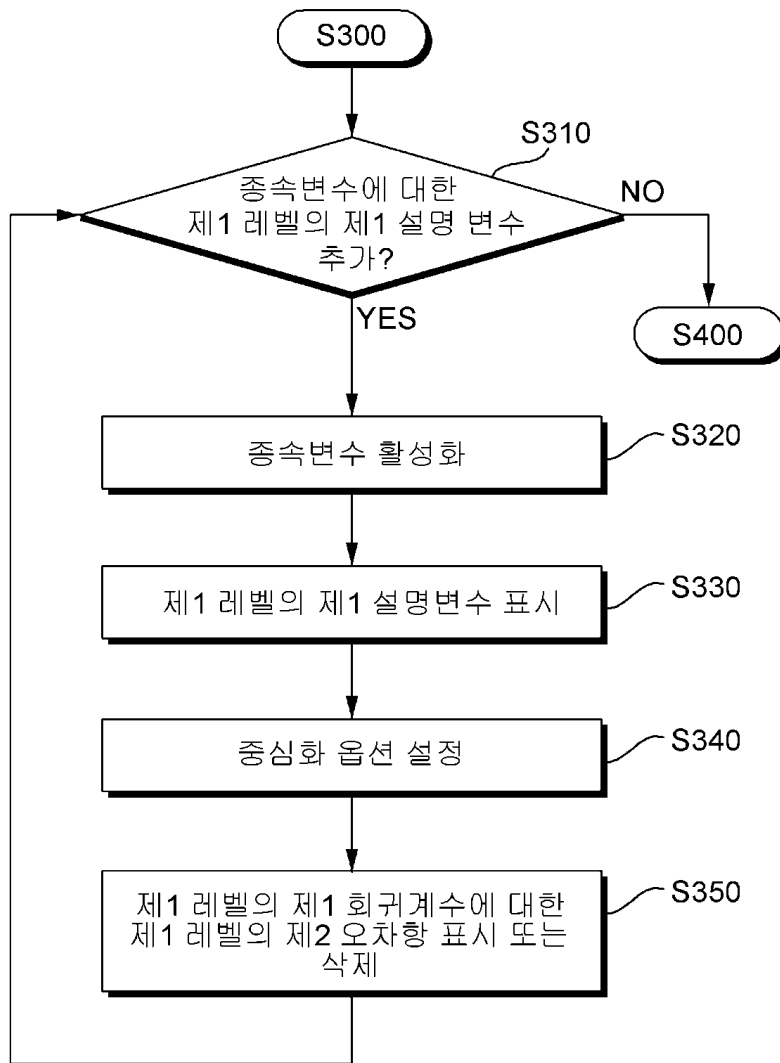
도면1a



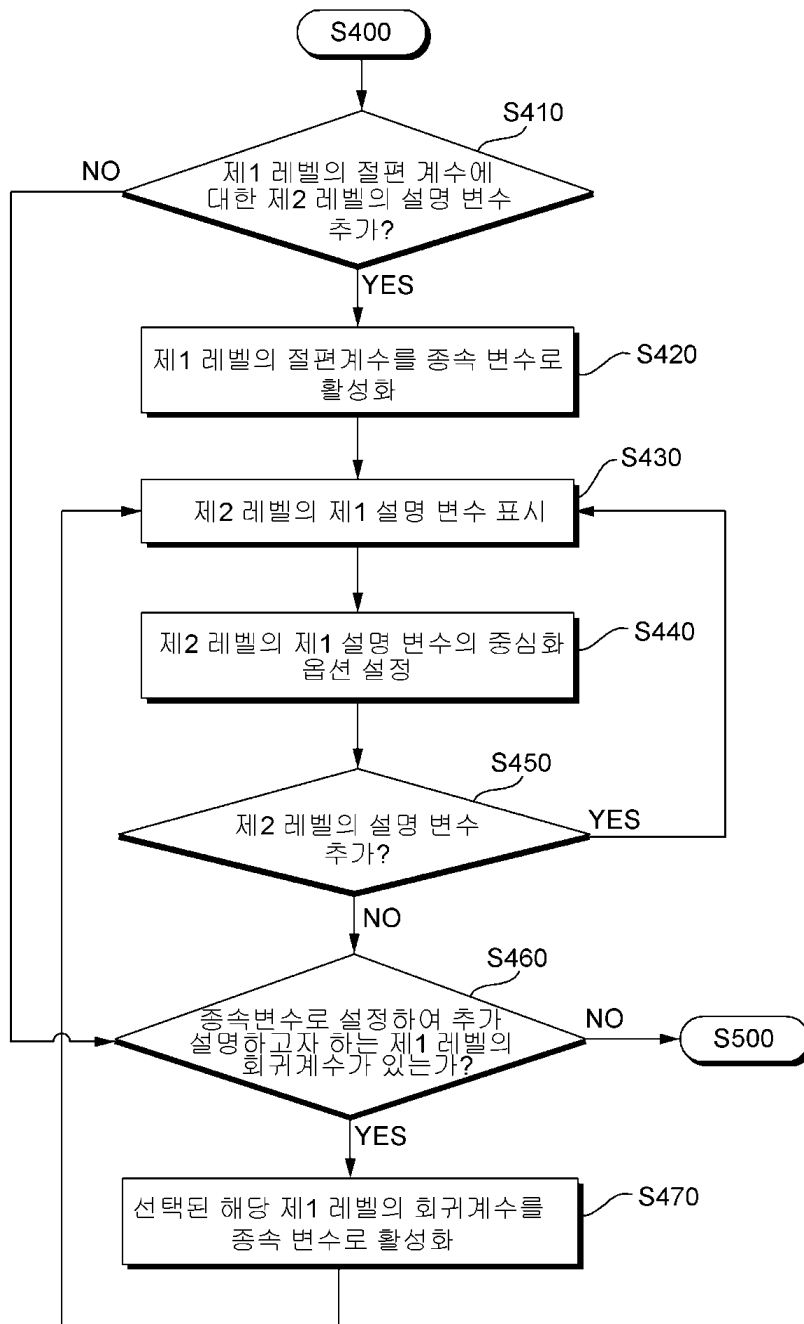
도면1b



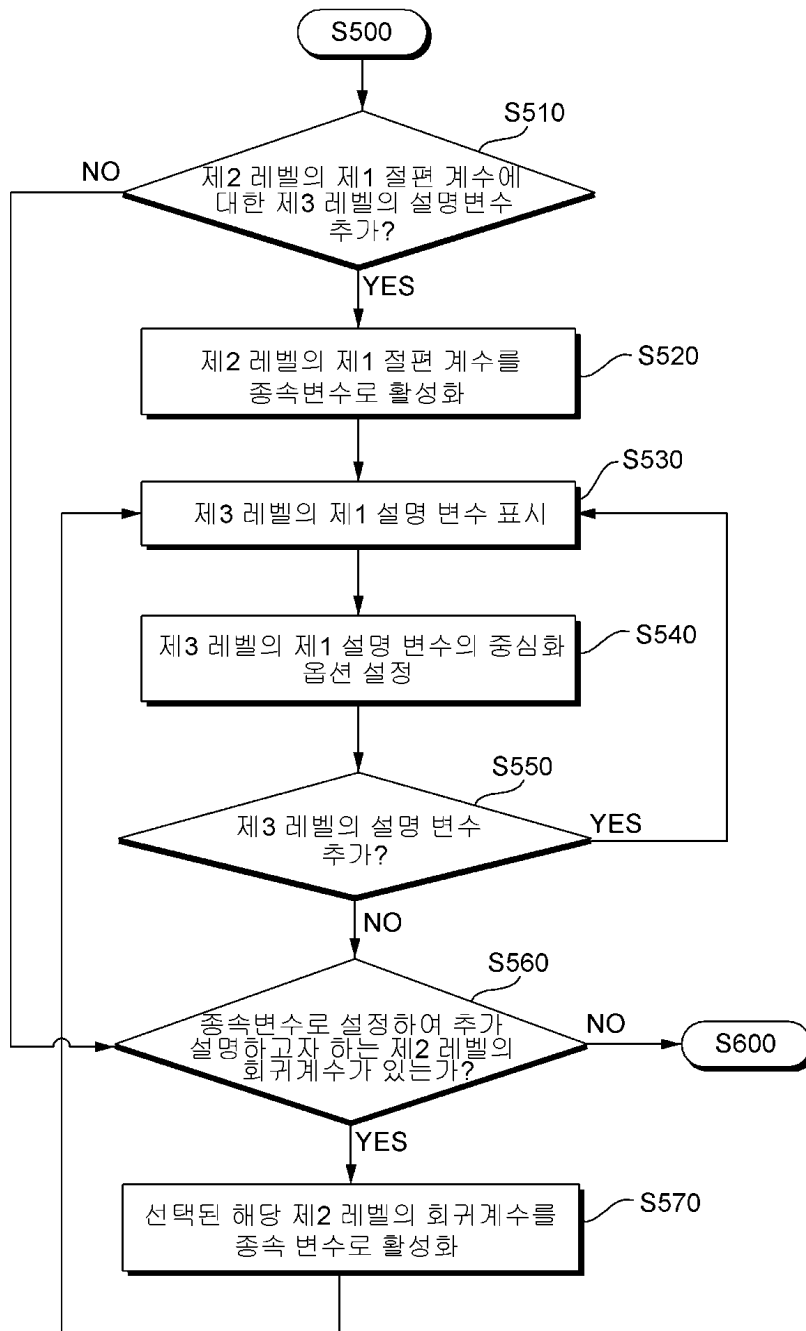
도면2a



도면2b



도면2c

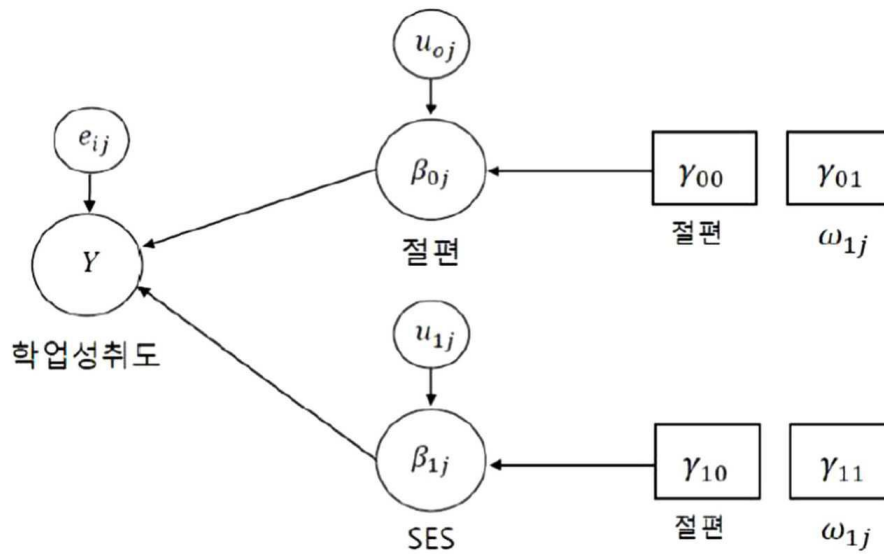




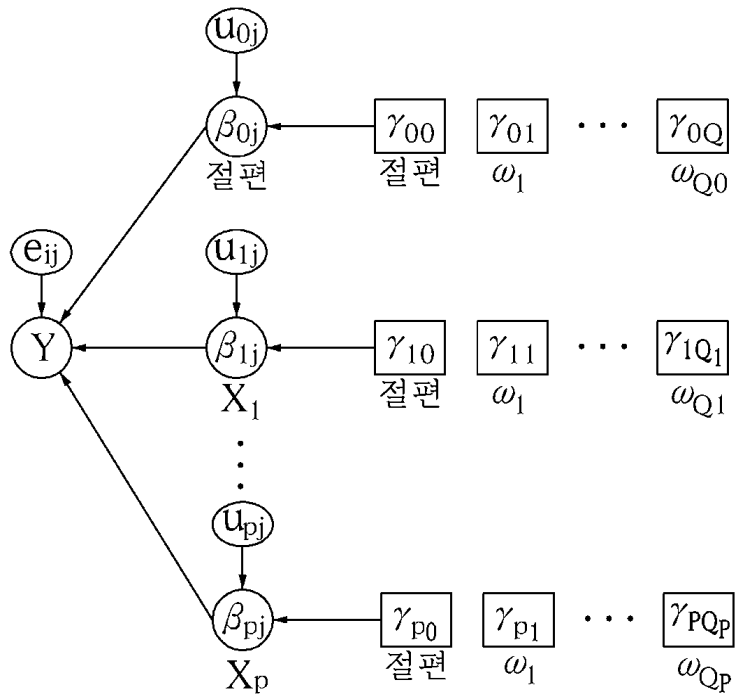
도면3

다층모형 수식	
2-수준 다층모형	$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + e_{ij},$ $\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_{1j} + u_{0j}$ $\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j}$ $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2), \begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} \\ \tau_{10} & \tau_{11} \end{bmatrix}\right)$
1-수준 모형	$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + e_{ij}, \quad e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$
2-수준 모형	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_{1j} + u_{0j}$ $\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j}$ $\begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} \\ \tau_{10} & \tau_{11} \end{bmatrix}\right)$

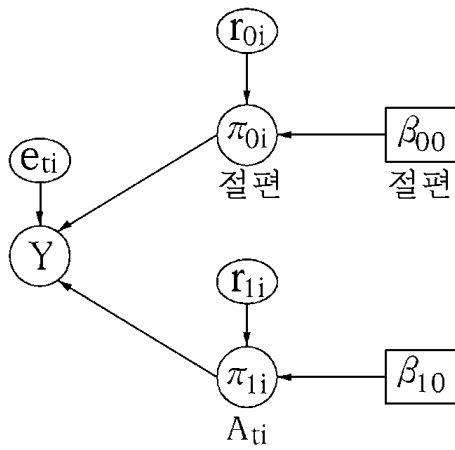
도면4a



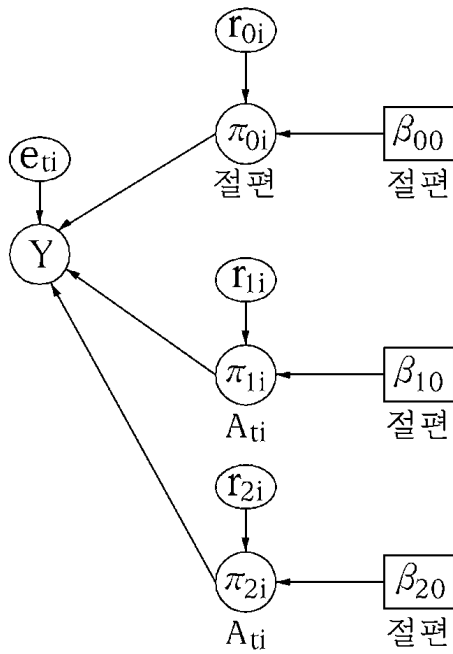
도면4b



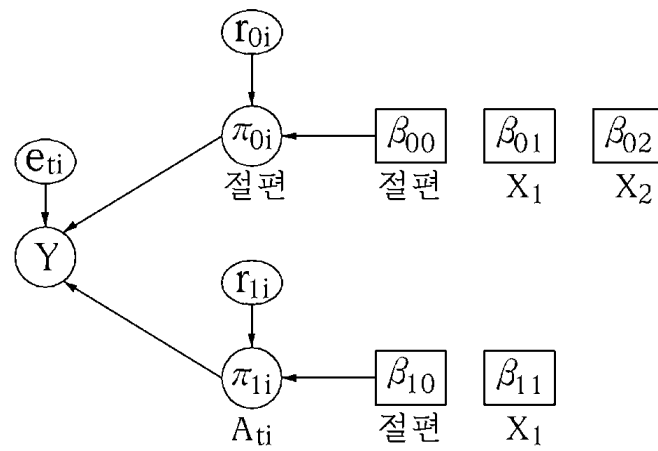
도면5a



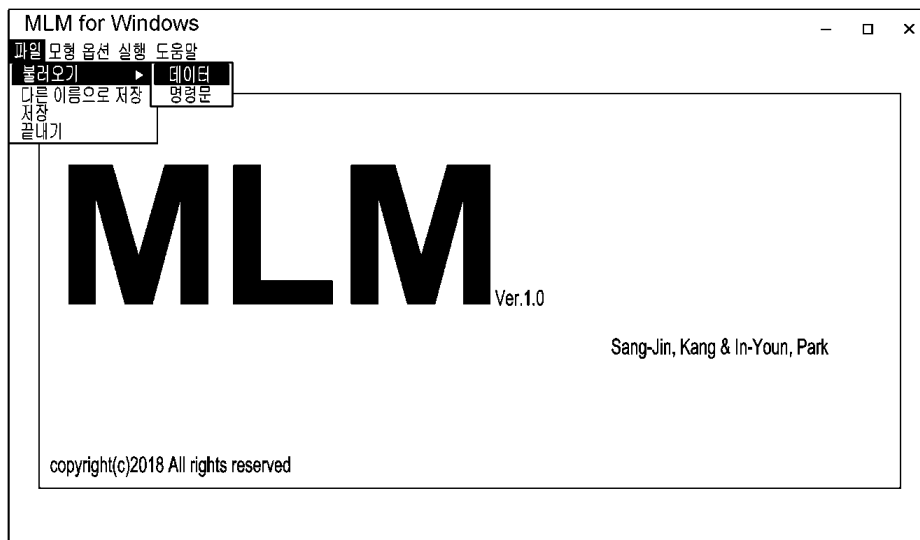
도면5b



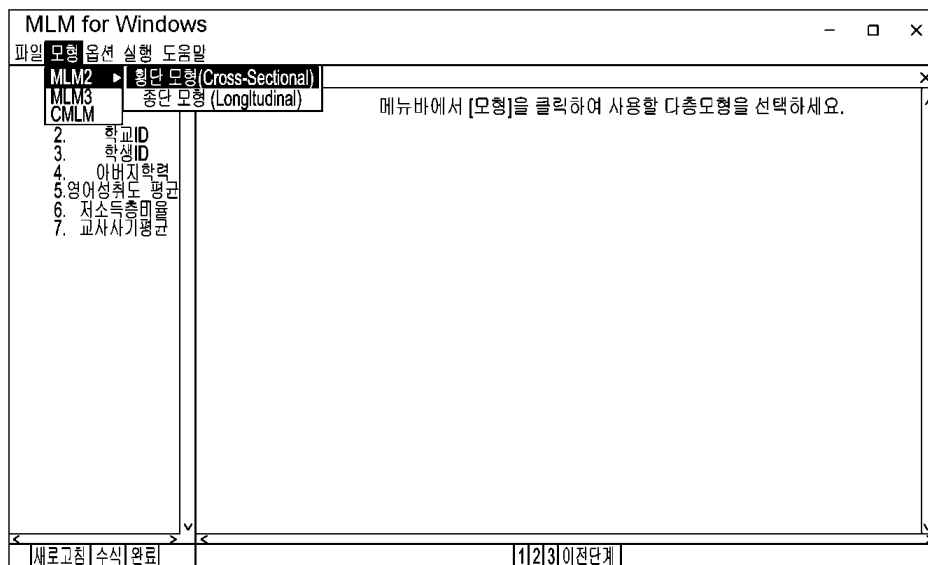
도면5c



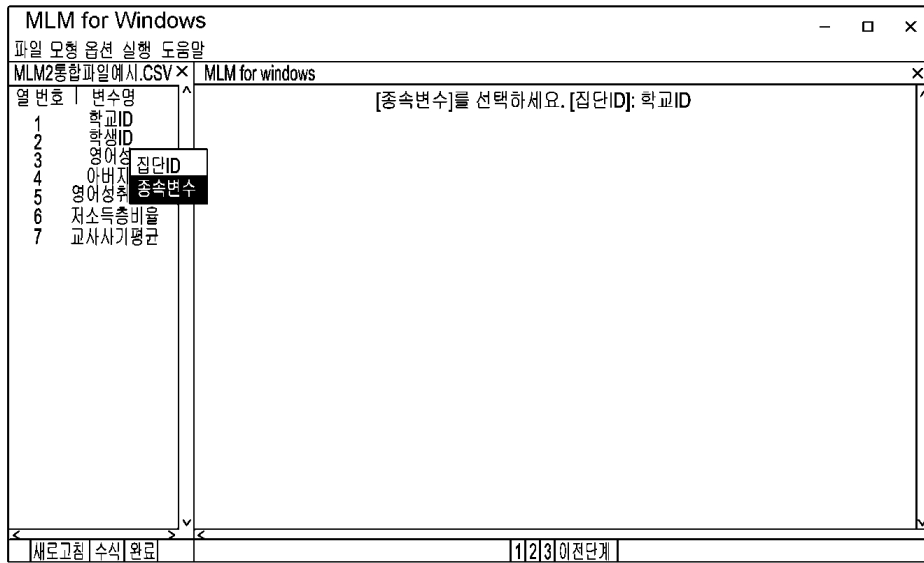
도면6a



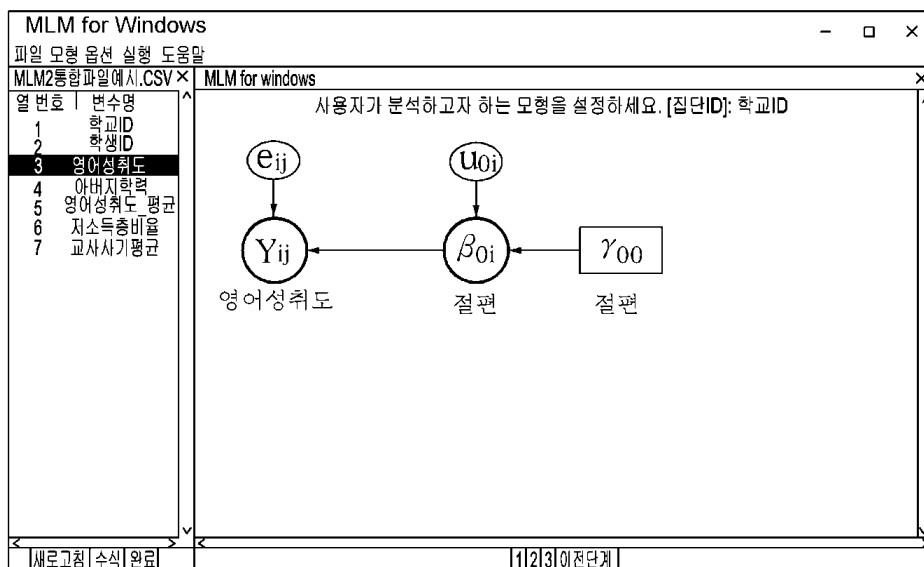
도면6b



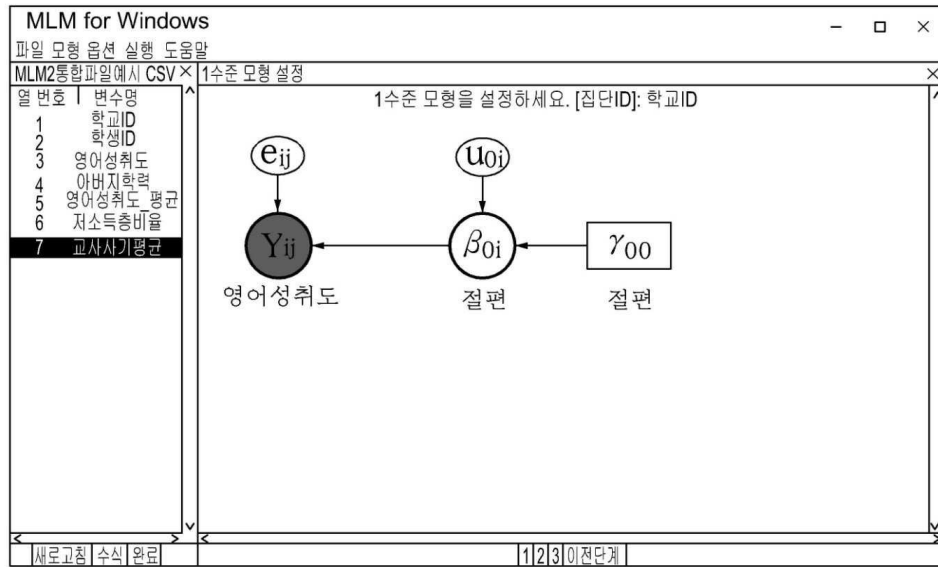
도면6c



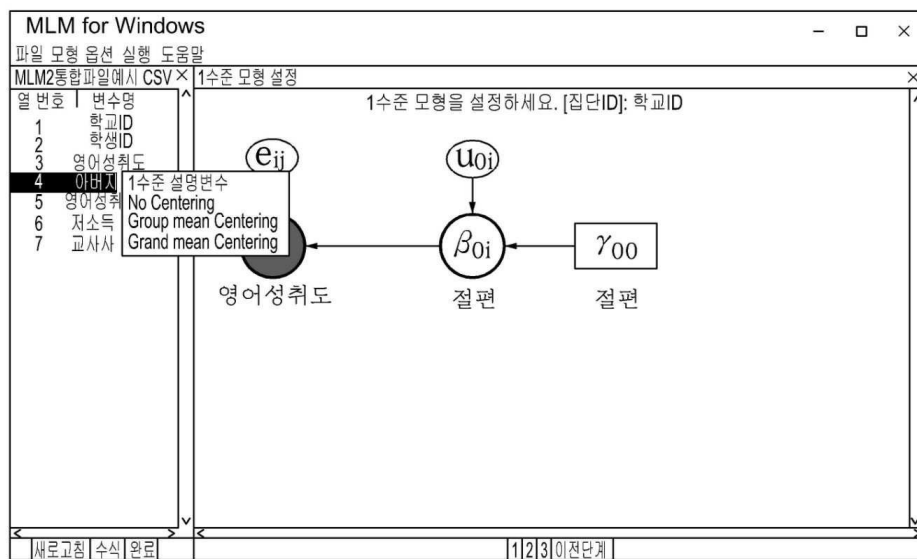
도면6d



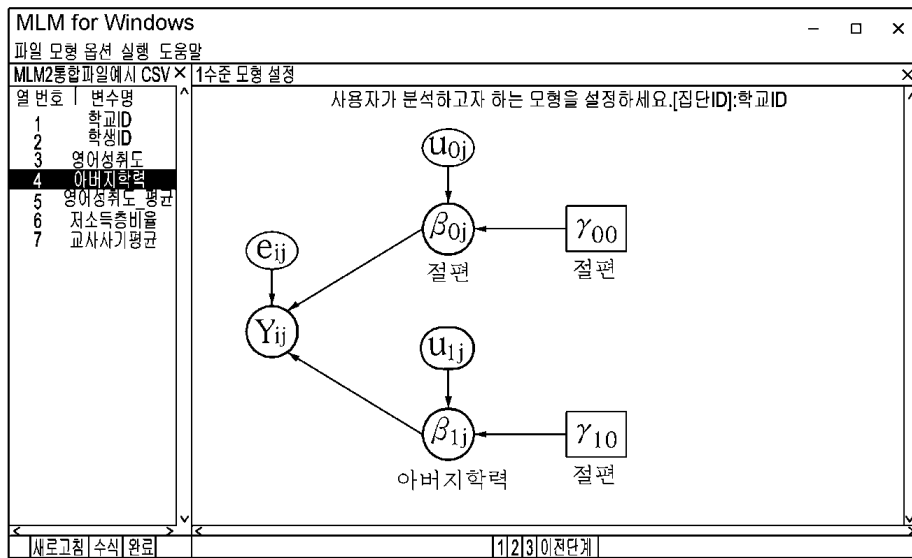
도면7a



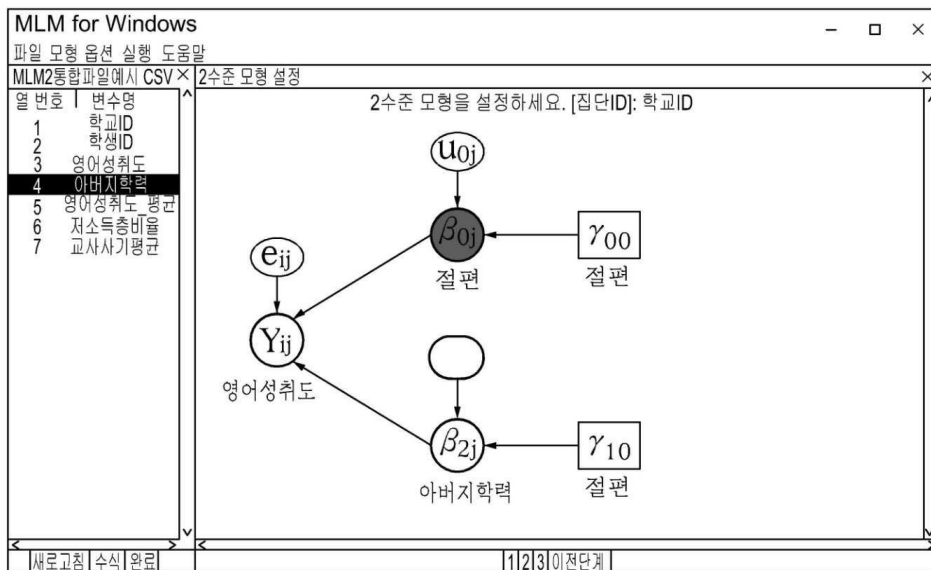
도면7b



도면7c



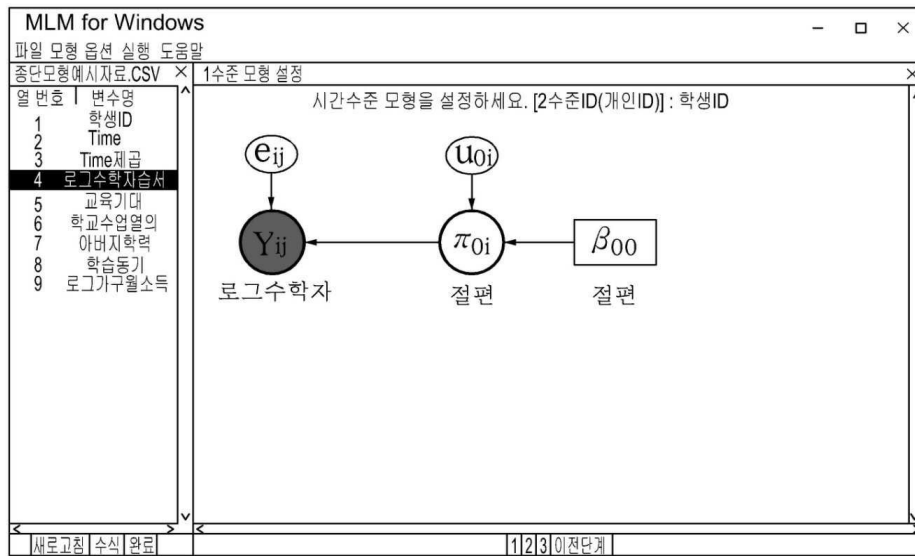
도면7d



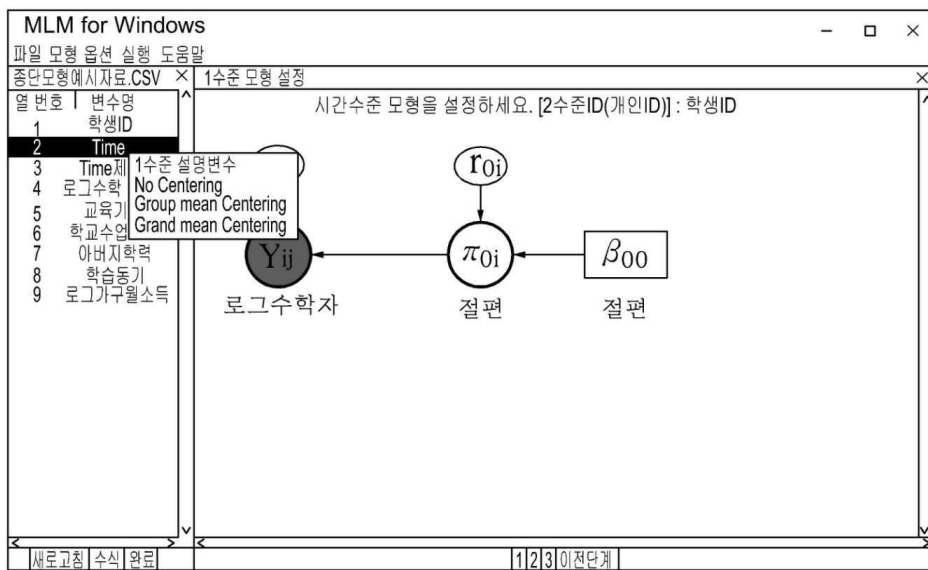




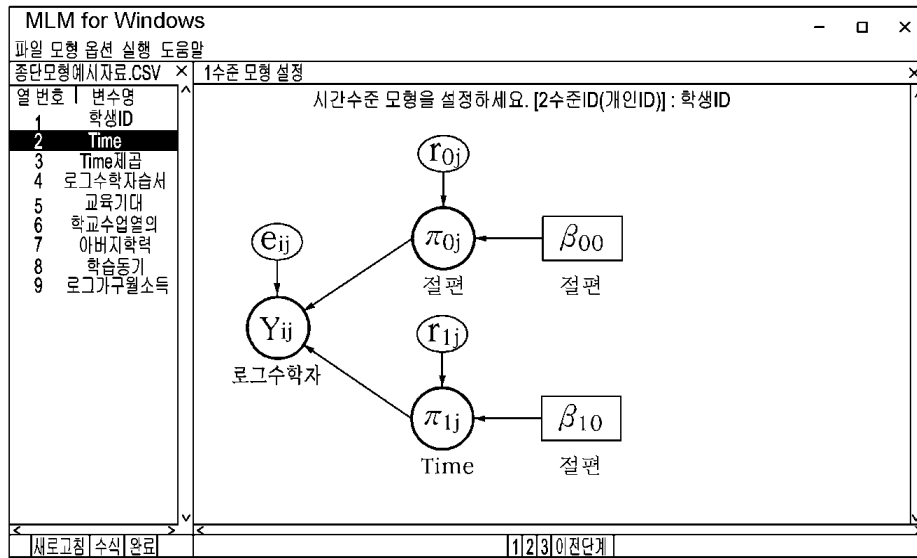
도면8a



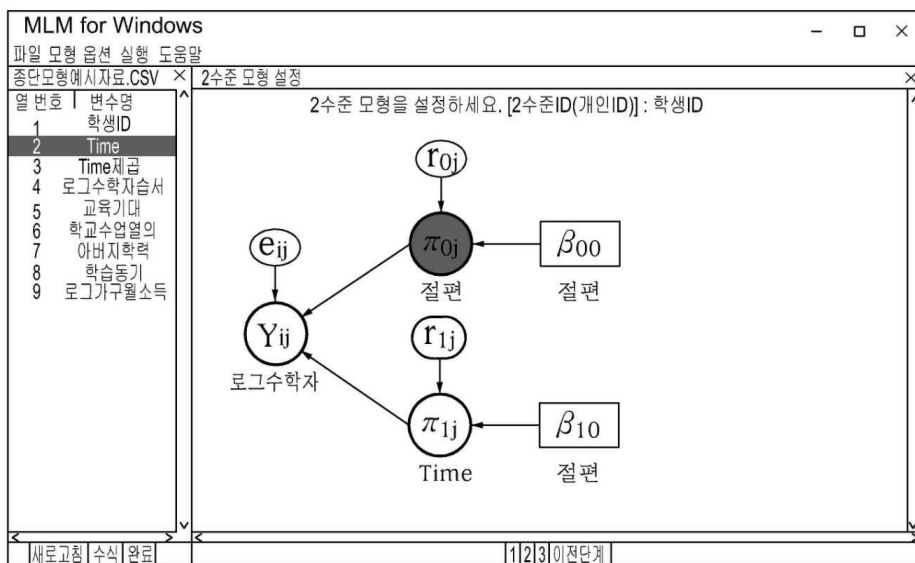
도면8b



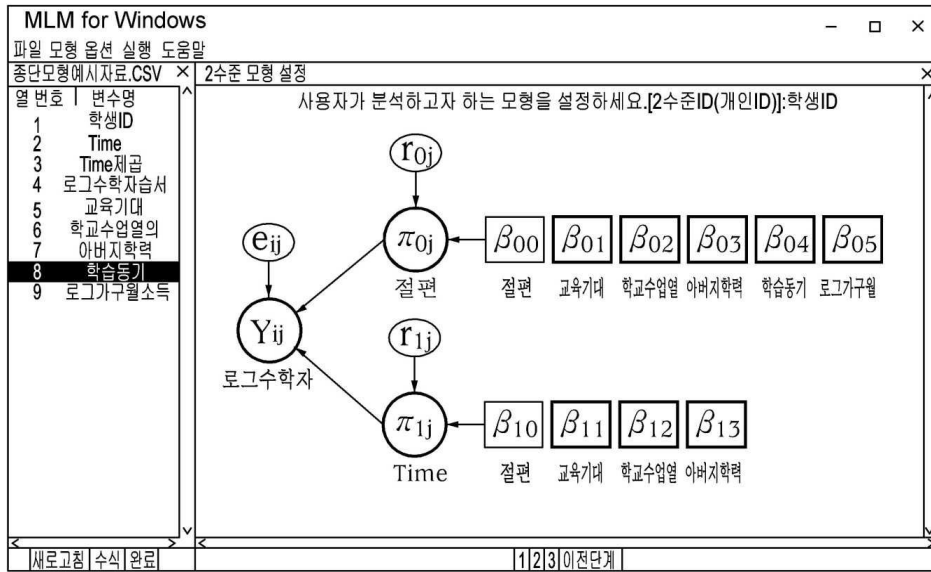
도면8c



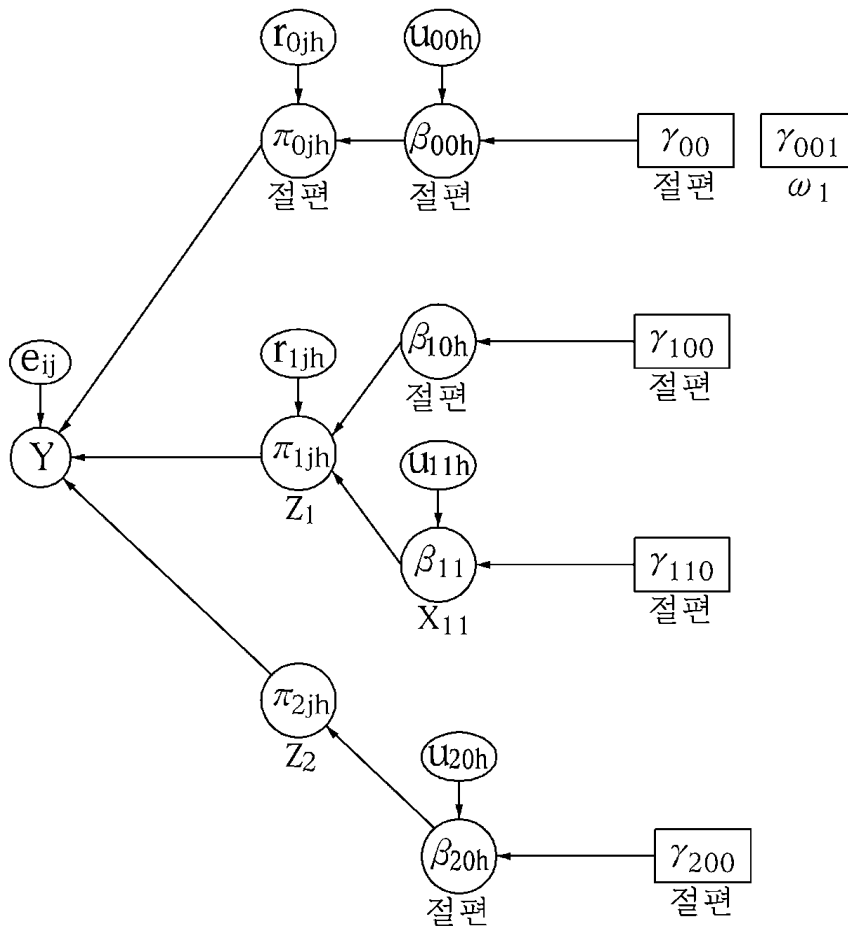
도면8d



도면8e



도면9



도면10a

MLM for Windows			
파일	모형	옵션	도움말
종규모	MLM2		
일련번호	MLM3	횡단 모형(Cross-Sectional)	을 클릭하여 사용할 다층모형을 선택하세요.
1	CMLM	종단 모형(Longitudinal)	
2	class_id		
3	sch_id		
4	Y		
5	물리적환경만족도		
6	교사직위		
7	일반대학		
8	대학원졸업		
9	설립유형		
10	학생수		
<div>새로고침</div> <div>수식</div> <div>완료</div>			123이전단계

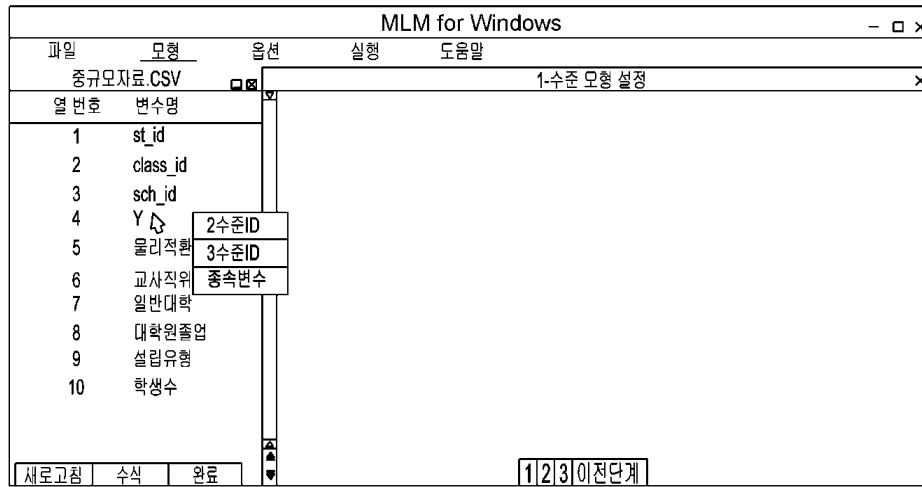
도면10b

MLM for Windows			
파일	모형	옵션	도움말
종규모자료.CSV			1-수준 모형 설정
일련번호	변수명		
1	st_id		
2	class_id	2수준ID	
3	sch_id	3수준ID	
4	Y	종속변수	
5	물리적환경만족도		
6	교사직위		
7	일반대학		
8	대학원졸업		
9	설립유형		
10	학생수		
<div>새로고침</div> <div>수식</div> <div>완료</div>			123이전단계

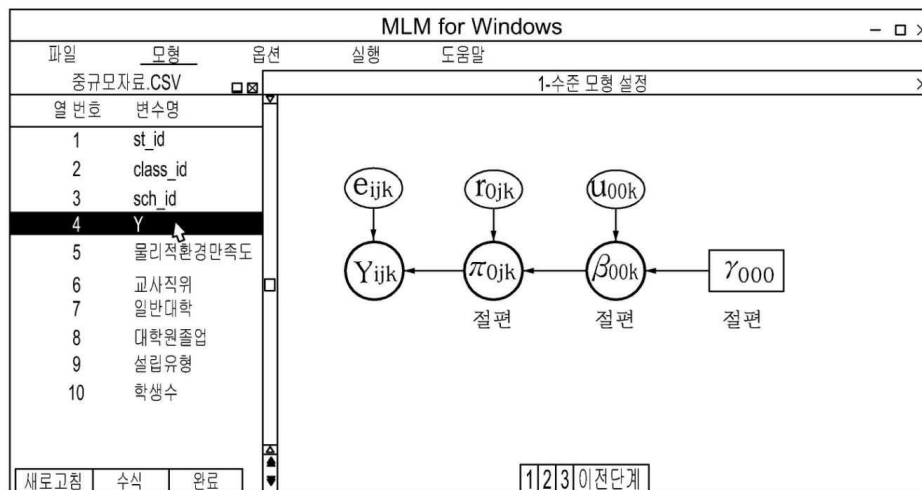
도면10c

MLM for Windows			
파일	모형	옵션	도움말
종규모자료.CSV			1-수준 모형 설정
일련번호	변수명		
1	st_id		
2	class_id		
3	sch_id	2수준ID	
4	Y	3수준ID	
5	물리적환경만족도	종속변수	
6	교사직위		
7	일반대학		
8	대학원졸업		
9	설립유형		
10	학생수		
<div>새로고침</div> <div>수식</div> <div>완료</div>			123이전단계

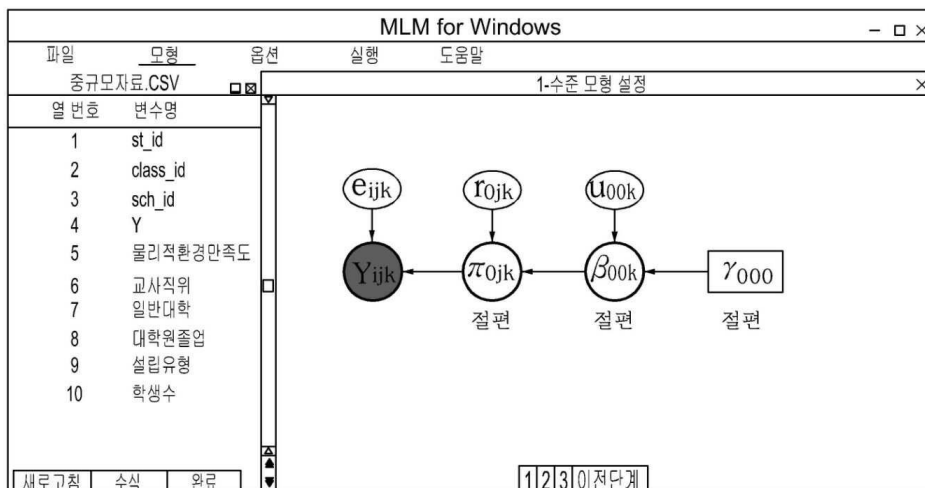
도면10d



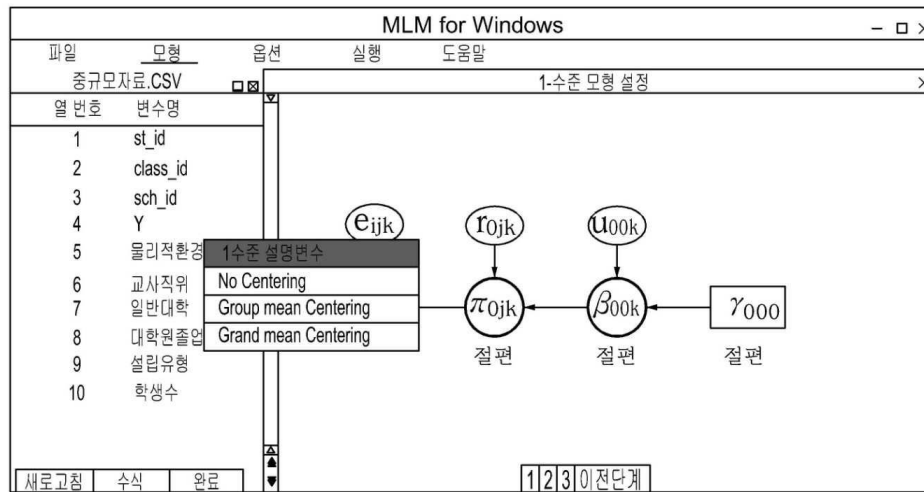
도면10e



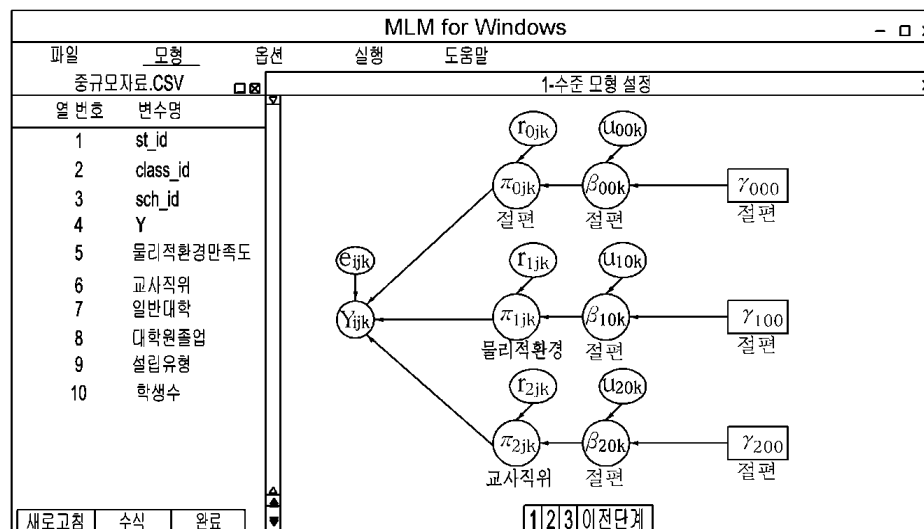
도면10f



도면10g

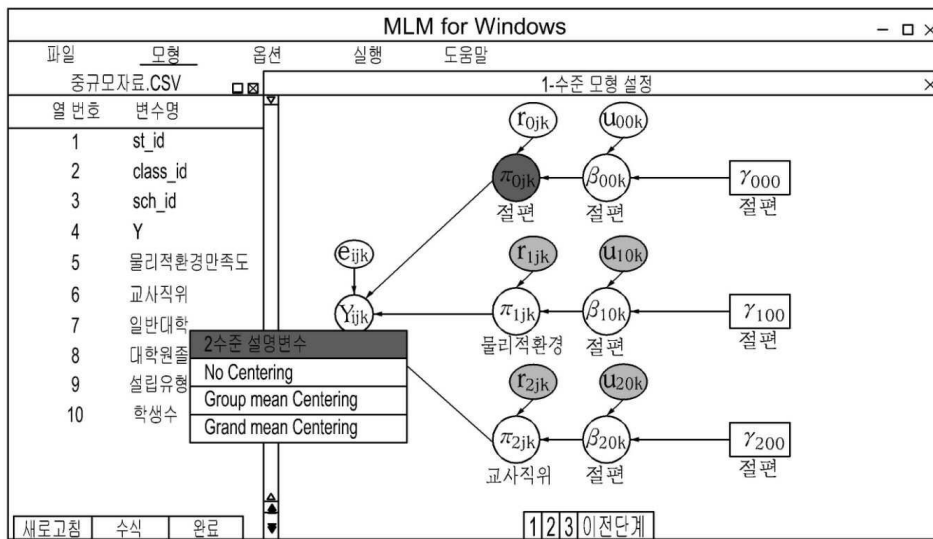


도면10h

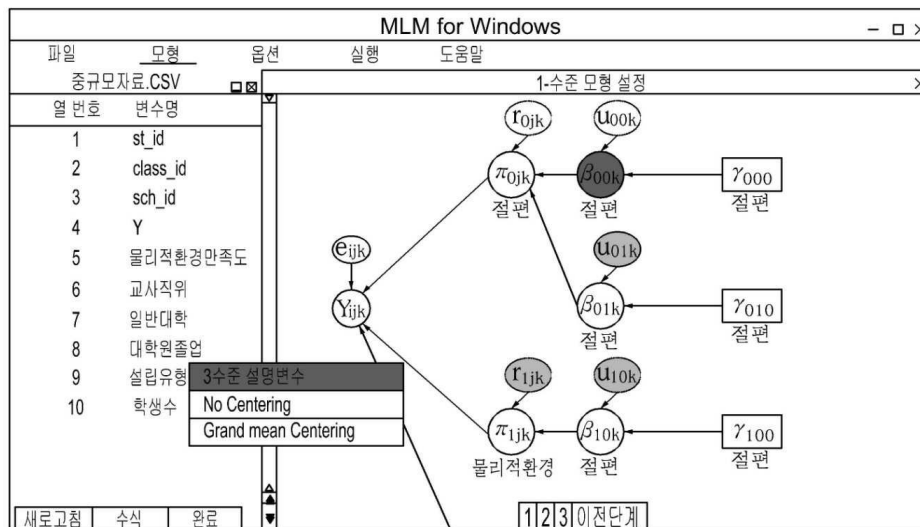




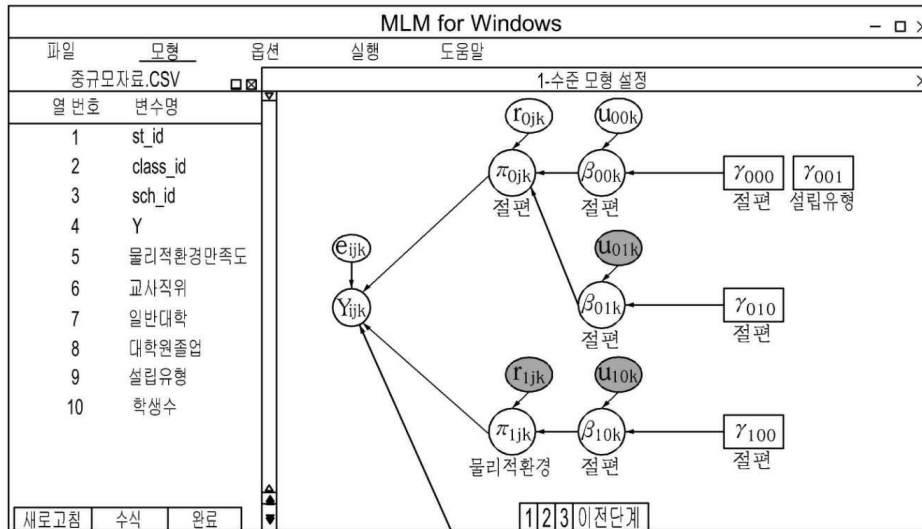
도면10i



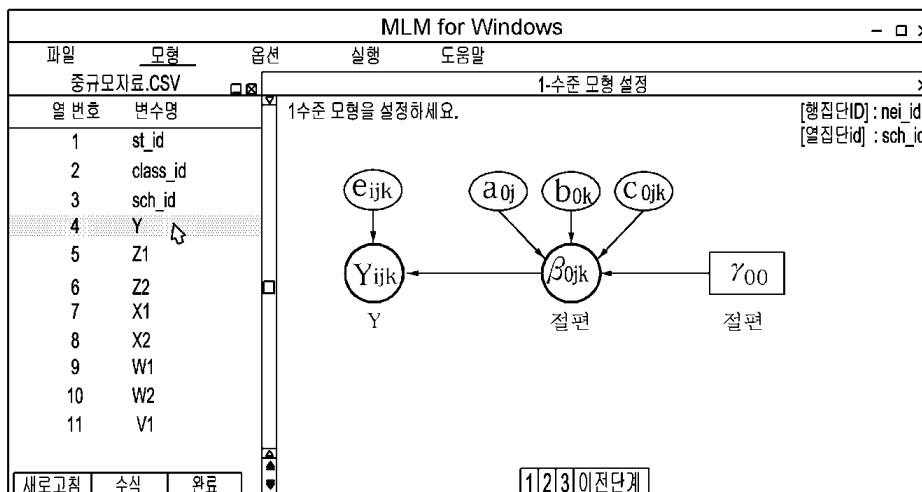
도면10j



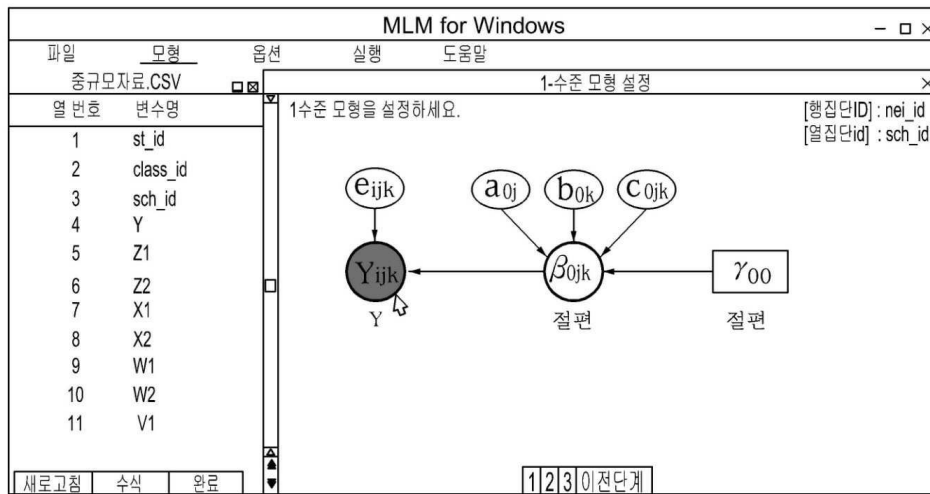
도면10k



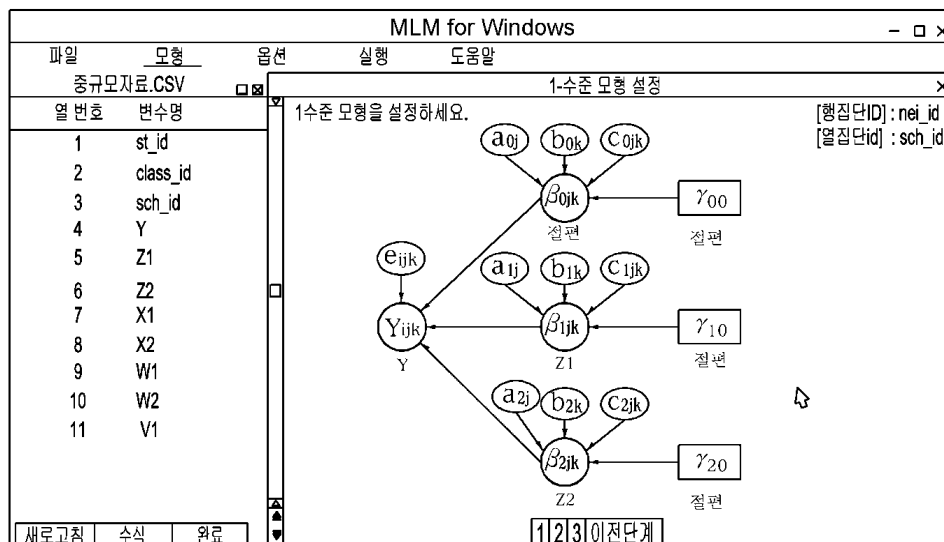
도면11a



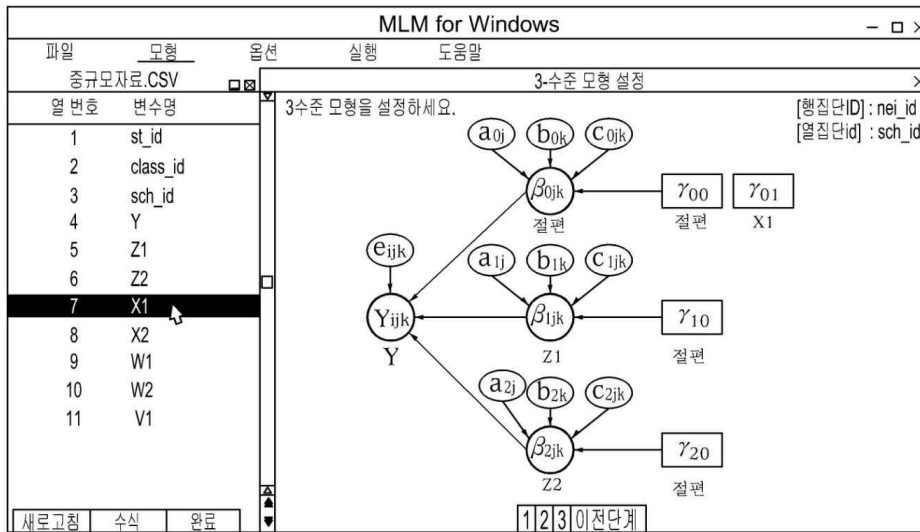
도면11b



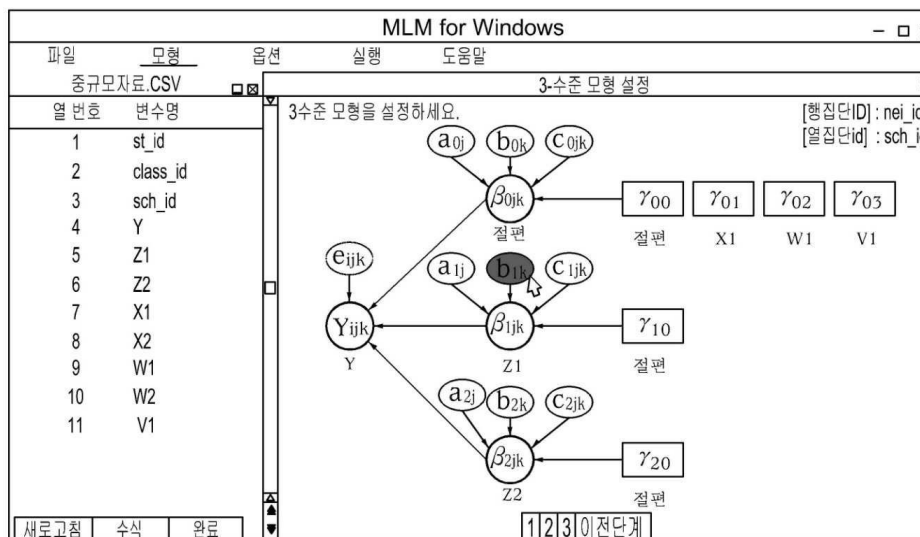
도면11c



도면11d



도면11e



도면12

