

구조 방정식 모형 구축에 관한 실증적 고찰

서경대학교 수리정보통계학부 함형범
동국대학교 통계연구소 안창호

Abstract

This study estimated direct factors that have effect to completion degree of game, and we constructs structural equation model that can evaluate completion degree of game using empirical analysis. For it, we obtained weight of components of game development by eigenvector method for analytic hierarchy process. Using calculated weight, we also let that components of game development is observating variable of X , and genre of game is observating variable of Y . And we constructs structural equation model with LISREL program

0. 서론

다변수들간의 행렬과 벡터를 이용하여 구축하는 구조 방정식 모형(structural equation model)은 연구자의 관심 영역 속에 있는 인과 변수들 사이의 구조적 관계를 일련의 방정식 체계로 정식화한 것으로, 사회과학 분야에서 확증적 연구를 위한 주요 방법으로 사용되어 왔다. 20세기 전반기까지만 해도 사회 과학자들 사이에는 비실험적인 자료에 근거하여 변수들간의 인과적 해석이나 추론을 수행하는 것에 상당한 논란이 있었으나, 1950년대와 1960년대에 걸쳐 이런 생각에 대한 재고를 요구하는 여러 연구결과들이 발표되고, 특히 잠재적 변수(latent variable)들 간의 인과관계를 내포하는 구조 방정식 모형이 지니는 유용성이 재평가되면서 이 기법의 응용이 점차 여러 학문 분야로 확산되어왔다.

본 연구에서는 게임들의 완성도를 상대평가 하는데 필요한 게임개발수준의 정량화 방법을 제시하기 위하여 게임완성도에 대한 실증분석을 통하여 게임완성도에 미치는 직접적인 요인을 추정하고, 게임의 완성도를 평가할 수 있는 구조방정식 모형을 구축하고자 한다. 이를 위하여 36가지 게임을 선택하여 이들 각각에 대한 게임개발 구성요소인 동영상, 그래픽, 시나리오, 사운드, 접근성, 게임 속도, 분위기 1, 분위기 2, 목표 설정, 난이도에 대한 질문의 형

식을 7점도 등간 척도(interval scale)로 설문지를 구성하여 28명의 게임 전문가 집단의 의견을 수렴하였다. 이 게임 개발 구성 요소들의 중요도인 가중치는 계층 분석 과정(analytic hierarchy process)에서 사용하는 고유 벡터 방법을 적용시켜 구하였다. 즉, 게임 개발 구성 요소에 대해 전문가 집단이 평가한 28세트의 쌍대 비교치들을 기하 평균으로 하여 쌍대 비교 행렬을 만들고, 이 행렬의 특성 방정식으로부터 최대 고유값과 이에 대응하는 고유 벡터를 계산하여 게임 개발 구성 요소별 가중치를 산출하였다. 또한 36가지 게임을 장르별(아케이드, RPG, 온라인, 시뮬레이션, 어드벤처)로 분류하여 이 장르에 고유 벡터 방법에 의해 계산한 가중치를 적용시켜 장르별 게임 완성도 스코어를 구하여 게임 완성도를 평가하였다. 이와 같이 구한 값들을 토대로 게임 완성도에 미치는 직접적인 요인을 추정하기 위하여 게임 개발 구성 요소를 X 의 관찰 변수로, 게임 장르를 Y 의 관찰 변수로 사용하여 구조 방정식 모형을 설정하였다. 이들 관찰 변수로부터 공통 요인(잠재 변수)을 추출하기 위하여 인자 분석[3]을 실시하였으며 추출된 공통 요인간의 인과 관계를 통하여 게임 완성도에 미치는 직접적인 요인을 알 수 있는 게임 완성도 구조 방정식 모형을 LISREL 프로그램에 의하여 구축하였다.

1. 이론적 고찰

1-1. 계층 분석 과정의 고유 벡터 방법

계층 분석 과정은 1970년대 사티(Saaty)에 의해 처음 개발된 이후 1980년대에 활발하게 연구되어온 의사 결정 기법으로 복잡한 의사 결정 문제를 전문가 그룹의 객관적인 판단과 수리적인 분석을 통하여 해결하는 의사 결정 방법론 중의 하나이다. 일반적으로 계층 분석 과정의 절차는 [13]에서 제안한 4단계 절차로 이루어진다. 첫째, 의사 결정 요소들 간의 관계를 분석하여 계층 구조를 형성한다. 둘째, 각 계층 내의 의사 결정 요소들의 쌍대 비교(pairwise comparison)를 통하여 계층별로 쌍대 비교 행렬을 구한다. 셋째, 쌍대 비교 행렬로부터 각 계층 내의 의사 결정 요소의 상대적 중요도를 계산한다. 넷째, 각 계층별로 얻어진 요소들의 중요도를 결합하여 대안들 사이의 중요도를 계산한다. 즉, 요소들 사이의 중요도와 각 요소에 대한 대안들 간의 중요도를 이용하여 대안들의 총 중요도, 즉 만족도를 계산한다. 중요도를 계산하는 방법은 여러 가지가 있으나, 쌍대 비교 행렬의 일치성의 정도를 측정할 수 있는 고유 벡터 방법을 이용하여 중요도를 계산하는 방법이 많이 이용된다[2]. 이 방법은 의사 결정에 있어서 각각의 의사를 쌍대 비교를 통하여 기하 평균을 적용함으로써 객관적인 결정을 할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

다양한 분야에서 계층 분석 과정으로 의사 결정 요소들의 가중치를 구하는 방법들이 연구되었으며 특히, 사티는 9점 또는 7점 의미 등급으로 얻어진 요소 간의 쌍대 비교 행렬을 이용하여 고유 벡터 방법으로 요소들의 가중치를 산출하는 방법을 제시하였다[13]. 게임의 완

성도를 정량화하기 위해서는 게임 개발 구성 요소들의 가중치 계산이 선결 과제이며 본 연구에서는 계층 분석 과정의 고유 벡터 방법으로 이러한 가중치를 계산하고자 한다.

고유 벡터 방법은 쌍대 비교 행렬의 최대 고유값에 대응하는 고유 벡터를 의사 결정 요소의 가중치로 이용하는 방법이다. 요소의 수가 n 이라면 의사결정자는 ${}_nC_2 = n(n-1)/2$ 번의 쌍대 비교를 하여야 한다. 이와 같은 방법으로 얻은 결과를 쌍대 비교치라 하며, 이들 쌍대 비교치들의 각 원소를 기하 평균을 사용하여 하나의 수치 a_{ij} 로 이루어진 행렬을 쌍대 비교 행렬이라고 한다. 여기서 쌍대 비교 행렬 A 와 가중치 벡터 w 를 다음과 같이 나타내자.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad w = [w_1, w_2, \cdots, w_n]^T$$

가중치 벡터 w 는 $Aw = \lambda w$ 로부터 계산된다[1]. 쌍대 비교 과정에서 의사 결정자의 모든 판단이 완전히 일치된다고 가정하면, $a_{ii} = 1$ 이 되어 $Aw = \lambda w$ 의 해는 $\lambda = n$ 이 된다.

$Aw = \lambda w$ 을 w 에 대해 정리하면 $(A - \lambda I)w = 0$ 이 되며, 의사 결정 요소의 가중치는 특성 방정식 $(A - \lambda I)w = 0$ 의 최대 고유치에 대응하는 고유 벡터 $w = (w_1, w_2, \cdots, w_n)^T$ 가 가진 원소들의 합이 1이 되도록 조정하여 각 요소의 가중치를 계산한다. 즉, 가중치 벡터는 $w^* = \left(\frac{w_1}{\sum w_i}, \cdots, \frac{w_n}{\sum w_i} \right)^T$ 이다.

1-2. 구조 방정식 모형의 특성과 구조

구조 방정식 모형은 사회학 및 심리학에서 개발된 측정 이론과 계량 경제학에서 개발된 다중 방정식 모형이 결합되어 발전된 모형으로 다음과 같은 특성을 가진다[10]. 첫째, 구조 방정식 모형은 사전적(a priori)인 성격을 가지며, 관측 변수와 잠재 변수를 명확히 구분한다. 둘째, 구조 방정식 모형은 실험 자료 및 비실험 자료에 모두 적용될 수 있다. 본래 비실험 자료에만 적합한 것으로 여겨졌으나 실험 자료에도 유연하게 적용할 수 있는 분석 방법으로 받아들여지고 있다([6], [11]). 셋째, 구조 방정식 모형은 공분산 통계량이 분석의 중심 대상이 된다. 즉, 일련의 변수 사이의 상관 패턴을 이해하고, 설정된 모형에 의해 가능한 한 많은 변동량을 설명할 수 있는 특성을 가지고 있다. 또한, 구조 방정식 모형이 기존의 분석 방법과 구별되는 중요한 특성은 다음과 같다[7]. 먼저, 다중 및 상호 관련 종속 관계를 추정할 수 있다. 구조 방정식 모형은 개별적이지만 상호 종속적인 관계를 프로그램을 이용하여 구조 모형을 설정함으로써 동시에 다중 회귀 방정식을 추정한다. 즉, 구조 방정식 모형은 분석 내에서 잠재 변수를 포함 할 수 있다[12].

구조 방정식 모형의 체계는 관찰 변수와 잠재 변수간의 인과 관계를 나타내는 측정 모형 (measurement model)과 잠재 변수들 간의 인과 관계를 나타내는 구조 모형(structural model)으로 구분되며, 잠재 변수가 있는 구조 방정식 모형은 식 (1.1), 식 (1.2), 식 (1.3)과 같이 표현할 수 있으며, 4개의 계수 행렬 Λ_x , Λ_y , Γ , B 와 4개의 공분산 행렬 Θ_δ , Θ_ϵ , Ψ , Φ 등 모두 8개의 모수 행렬이 존재한다[4].

$$X \text{ 변수의 측정 모형: } \mathbf{x} = \Lambda_x \boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\delta} \quad (1.1)$$

$$(q \times 1) \quad (q \times n)(n \times 1) \quad (q \times 1)$$

$$Y \text{ 변수의 측정 모형: } \mathbf{y} = \Lambda_y \boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\epsilon} \quad (1.2)$$

$$(p \times 1) \quad (p \times m)(m \times 1) \quad (p \times 1)$$

$$\text{구조 모형: } \boldsymbol{\eta} = B \boldsymbol{\eta} + \Gamma \boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta} \quad (1.3)$$

$$(m \times 1) \quad (m \times m)(m \times 1) \quad (m \times n)(n \times 1) \quad (m \times 1)$$

여기서 구조 방정식 모형은 $\boldsymbol{\epsilon}$ 와 $\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{\delta}$ 와 $\boldsymbol{\xi}$, $\boldsymbol{\zeta}$ 와 $\boldsymbol{\xi}$, $\boldsymbol{\zeta}$, $\boldsymbol{\epsilon}$, $\boldsymbol{\delta}$ 이들 각각은 서로 상관을 갖지 않는다는 조건을 충족하는 것으로 가정하며 각 식에서 사용된 기호와 모수 행렬에 대한 설명은 다음과 같다.

먼저, 4개의 계수 행렬은 방정식 체계에서 경로 계수들만 따로 분리하여 표현한 행렬로서 Λ_x 는 관찰 변수 x 에 대한 측정 모형의 계수 λ^x 들로 이루어진 행렬을, Λ_y 는 관찰 변수 y 에 대한 측정 모형의 계수 λ^y 들로 이루어진 행렬을, Γ 는 외생 잠재 변수 $\boldsymbol{\xi}$ 와 내생 잠재 변수 $\boldsymbol{\eta}$ 간의 인과 관계에 대응되는 경로 계수 γ 들로 이루어진 행렬을, B 는 내생 잠재 변수 $\boldsymbol{\eta}$ 들 간의 인과 관계에 대응되는 경로 계수 β 들로 이루어진 행렬을 나타낸다. 그리고, 공분산 행렬은 일반적으로 구조 방정식 모형에서는 외생 잠재 변수들 간의 연관 관계 및 오차 변수들 간의 연관 관계가 포함되며 각 변수들의 변이를 나타내는 분산과 변수들 간의 연관 관계를 나타내는 공분산은 다음과 같이 4개의 공분산 행렬로 표현된다. Φ 는 외생 잠재 변수 $\boldsymbol{\xi}$ 들의 분산 및 공분산으로 이루어진 행렬을, Ψ 는 오차 변수 $\boldsymbol{\zeta}$ 들의 분산 및 공분산으로 이루어진 행렬을, Θ_δ 는 오차 변수 $\boldsymbol{\delta}$ 들의 분산 및 공분산으로 이루어진 행렬을, Θ_ϵ 는 오차 변수 $\boldsymbol{\epsilon}$ 들의 분산 및 공분산으로 이루어진 행렬을 나타낸다.

1-3. 구조 방정식 모형에서 모수의 추정

구조 방정식 모형의 모수를 추정함에 있어서 일반적으로 모형이 의미하는 공분산 행렬의

값 $\Sigma(\theta)$ 를 알 수 없기 때문에 n 개의 표본으로부터 얻은 표본 공분산 행렬 S 를 이용하여 $\Sigma(\theta)$ 의 추정값 $\Sigma(\hat{\theta})$ 을 얻게 된다[4]. 이때 $\Sigma(\hat{\theta})$ 과 S 의 차이가 최소화 되도록 하는 함수 $F(S, \Sigma(\hat{\theta}))$ 를 적합도 함수라 하며, 이 적합도 함수를 어떻게 정의하느냐에 따라서 추정 방법이 달라진다. 즉, 구조 방정식 모형에서 모수를 추정하는 방법은 수단 변수법(instrumental variable: IV), 2단계 최소 자승법(two-stage least square: TSLS), 비가중 최소 자승법(unweighted least square: ULS), 일반 최소 자승법(generally least square method: GLS), 최우법(maximum likelihood: ML), 가중 최소 자승법(weighted least square: WLS), 대각 가중 최소 자승법(diagonally weighted least square: DWLS)과 같은 7가지의 추정법을 사용하여 모수의 추정값을 얻을 수 있다[8]. 이러한 7가지 추정 방법 중에서 TSLS법과 IV법은 비반복적(non-iterative)절차를 사용하므로 계산이 신속하다. 그리고 ULS법, GLS법, ML법, WLS법 및 DWLS법은 반복적 절차를 사용하여 모수의 추정치를 개선해감으로써 각각의 적합도 함수를 최소화시켜 나간다. 반복적 절차에 대한 초기 추정치는 IV법이나 TSLS법에 의해 구해진다. 본 연구에서는 구조 방정식 모형에서 가장 많이 이용되는 ML법([5], [9])을 적용하였으며 사용된 ML법의 적합도 함수는 식 (1.4)와 같다.

$$F_{ML} = \log |\Sigma(\hat{\theta})_{ML}| + tr(S\Sigma(\hat{\theta})_{ML}^{-1}) - \log |S| - (p+q) \quad (1.4)$$

2. 실증 분석

2-1 AHP 방법에 의한 분석

게임 개발 구성 요소 10개에 대해 28명의 전문가들이 평가한 28세트의 쌍대 비교치들을 기하 평균으로 하여 쌍대 비교 행렬을 만들고 이 쌍대 비교 행렬의 특성 방정식으로부터 계산된 최대 고유값은 $\lambda_{max} = 10.0006$ 이며, 이에 대응하는 고유 벡터 e_i 는 다음과 같이 계산되었다.

$$e_i = (0.3722876 \quad 0.2701264 \quad 0.2701264 \quad 0.3031851 \quad 0.2880618 \\ 0.2909316 \quad 0.346522 \quad 0.3559302 \quad 0.3130383 \quad 0.3334164)'$$

여기서 e_i 의 원소들의 합이 1이 되도록 조정하여 얻은 가중치는 <표 1>과 같다. 한편, 설문 조사에 의해 얻은 게임 장르별 게임 개발 구성 요소 평가값의 평균을 기술통계량으로 나타낸 결과는 <표 2>와 같다. 계층 분석 과정의 고유 벡터 방법에 의한 게임 개발 구성 요소별 가중치를 게임 장르별 게임 개발 구성 요소별 평균값에 곱하여 얻은 결과는 <표 3>과 같다. 여기서 $Z_i = X_i \times w_i$ ($i=1, \dots, 10$)이고, w_i 는 <표 1>에 나타난 게임 개발 구성 요

<표 1> 고유 벡터 방법에 의한 게임 개발 구성 요소별 가중치

변수	동영상	그래픽	시나리오	사운드	접근성	게임속도	분위기 1	분위기 2	목표설정	난이도	합
가중치	0.12	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.11	0.11	0.10	0.10	1.00

<표 2> 게임 장르별 통계량

변수 게임장르	동영상	그래픽	시나리오	사운드	접근성	게임속도	분위기 1	분위기 2	목표설정	난이도
아케이드	3.05	2.53	2.21	3.02	2.73	3.15	2.92	2.65	1.96	2.35
RPG	2.57	3.54	4.30	2.84	3.51	2.74	2.26	1.54	3.09	2.58
온라인	2.61	1.89	2.64	2.09	2.69	2.05	2.18	1.66	2.45	2.17
시뮬레이션	2.83	3.21	3.56	2.91	3.55	2.99	2.51	3.01	3.07	2.83
어드벤처	2.20	2.37	2.61	2.39	2.82	2.33	1.97	1.90	2.11	2.31

<표 3> 게임 장르별 가중치를 적용한 스코어

변수 게임장르	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀
아케이드	0.37	0.23	0.20	0.30	0.25	0.28	0.32	0.29	0.20	0.24
RPG	0.31	0.32	0.39	0.28	0.32	0.25	0.25	0.17	0.31	0.26
온라인	0.31	0.17	0.24	0.21	0.24	0.18	0.24	0.18	0.25	0.22
시뮬레이션	0.34	0.29	0.32	0.29	0.32	0.27	0.28	0.33	0.31	0.28
어드벤처	0.26	0.21	0.24	0.24	0.25	0.20	0.22	0.21	0.21	0.23

소별 가중치를 나타내고, X_i 는 <표 2>에 나타난 게임 장르별 통계량을 나타낸다. <표 3>을 이용하여 게임 장르별 게임 완성도를 게임 완성도 = $\sum_{i=1}^{10} Z_i$ 식으로 평가한 결과는 <표 4>과 같다.

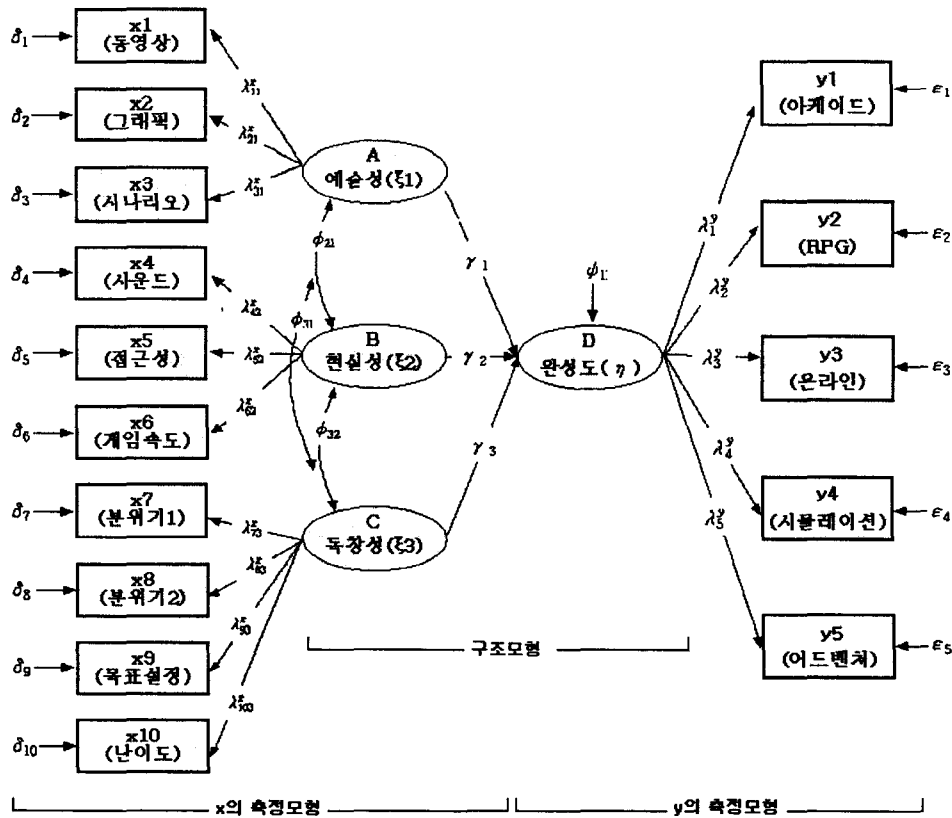
<표 4> 게임 장르별 게임 완성도

게임장르	아케이드	RPG	온라인	시뮬레이션	어드벤처
스코어	2.67	2.84	2.24	3.02	2.28

<표 4>에 나타난 것과 같이 장르별 게임완성도 평가에서는 시뮬레이션, RPG, 아케이드, 어드벤처, 온라인 순으로 평가가 이루어졌음을 알 수 있다.

2-2 구조 방정식 모형에 의한 게임 완성도 분석 결과

본 연구에서는 구조 방정식 모형을 설정하기 위해 게임 개발 구성 요소를 X 의 관찰 변수로 사용하고, 선택된 36가지 각각을 게임 장르별(아케이드 게임, RPG 게임, 온라인 게임, 시뮬레이션 게임, 어드벤처 게임)로 구분하여 Y 의 관찰 변수로 사용하였다. X 와 Y 의 관찰 변수에 대한 공통 요인(잠재 변수)을 추출하기 위하여 인자 분석을 실시한 결과 X 의 관찰 변수에 대한 공통 요인으로는 예술성 (ξ_1), 현실성 (ξ_2), 독창성 (ξ_3)이 추출되고, Y 의 관찰 변수에 대한 공통 요인으로는 게임 완성도 (η)가 추출되었다. 이러한 관찰 변수와 잠재 변수를 이용하여 게임 완성도 구조 방정식 모형을 LISREL 프로그램에 의하여 <그림 1>과 같이 구축하였다.



<그림 1> 게임 완성도 구조 방정식 모형

위의 <그림 1>을 구조 모형과 측정 모형으로 나누어 설명하면, 구조 모형은 잠재 변수 간의 인과 관계를 나타내는 것으로 게임 완성도(η)에 직접적인 영향을 미치는 요인이 예술성(ξ_1), 현실성(ξ_2), 독창성(ξ_3)임을 나타내고 있다(<표 6> 참조). 그리고 X 의 측정 모형은 외생 잠재 변수인 예술성(ξ_1), 현실성(ξ_2), 독창성(ξ_3)이 X 의 관찰 변수들인 동영상(X_1), 그래픽(X_2), 시나리오(X_3), 사운드(X_4), 접근성(X_5), 게임 속도(X_6), 분위기 1(X_7), 분위기 2(X_8), 목표 설정(X_9), 난이도(X_{10})에 미치는 인과 계수를 나타내는 것으로 동영상(X_1), 그래픽(X_2), 시나리오(X_3)에 미치는 인과 계수는 예술성(ξ_1)이고, 사운드(X_4), 접근성(X_5), 게임 속도(X_6)에 미치는 인과 계수는 현실성(ξ_2)이며, 분위기 1(X_7), 분위기 2(X_8), 목표 설정(X_9), 난이도(X_{10})에 미치는 인과 계수는 독창성(ξ_3)임을 나타내고 있다(<표 5> 참조). 한편 Y 의 측정 모형은 내생 잠재 변수인 게임 완성도(η)가 Y 의 관찰 변수들인 아케이드(Y_1), RPG(Y_2), 온라인(Y_3), 시뮬레이션(Y_4), 어드벤처(Y_5) 게임에 미치는 인과 계수를 나타내는 것으로 아케이드(Y_1), RPG(Y_2), 온라인(Y_3), 시뮬레이션(Y_4), 어드벤처(Y_5)에 미치는 인과 계수는 게임 완성도(η)임을 나타내고 있다(<표 4> 참조).

2-3 모수의 추정값

LISREL 프로그램에 의하여 게임 완성도 구조 방정식 모형(그림1 참조)을 ML 방법을 사용하여 측정 모형과 구조 모형에 대한 모수 추정을 실시한 결과, 측정 모형과 구조 모형에 대한 각각의 추정값은 <표 5>, <표 6>과 같이 얻었다.

<표 6>의 결과에 의하면, 게임 완성도(η)에 직접적으로 영향을 미치는 요인은 게임의 예술성(γ_1), 게임의 현실성(γ_2), 게임의 독창성(γ_3)이고, 그 중에서 게임의 완성도에 가장 많이 영향을 미치는 것이 독창성이다. 이는 게임의 완성도를 평가하는 제1의 기준이 게임의 독창성이라고 할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 게임 완성도에 미치는 직접적인 요인을 추정하고 게임 완성도를 평가할 수 있는 구조 방정식 모형을 실증 분석에 의해 구축하였다. 이를 위하여 게임 완성도 게임 개발 구성 요소인 동영상, 그래픽, 시나리오, 사운드, 접근성, 게임 속도, 분위기 1, 분위기 2, 목표 설정, 난이도 변수에 대한 게임 개발 구성 요소별 가중치는 계층 분석 과정의 고유 백

<표 5> 측정 모형에 대한 추정값

관측변수 \ 잠재변수	ξ_1 (λ^2)	ξ_2 (λ^2)	ξ_3 (λ^2)	η (λ^2)
동영상	1.00			
그래픽	1.00			
시나리오	1.09			
사운드		1.00		
접근성		1.16		
게임속도		0.98		
분위기1			1.00	
분위기2			1.05	
목표설정			1.20	
난이도			1.12	
아케이드				1.00
RPG				1.12
온라인				1.48
시뮬레이션				1.00
어드벤처				1.50
ϕ_{21}	3.25			
ϕ_{32}	2.42			
ϕ_{31}	2.24			

<표 6> 구조 모형에 대한 추정값

결과변수(게임완성도: η) 원인변수	직접효과	간접효과	총효과
예술성 (γ_1)	0.13		0.13
현실성 (γ_2)	0.17		0.17
독창성 (γ_3)	0.41		0.41

터 방법으로 구하였으며, 이 가중치를 이용하여 장르별, 게임 개발 구성 요소별 평가 점수를 산출하였다. 가중치를 계산한 결과 동영상은 0.12, 분위기 1, 분위기 2는 0.11, 사운드, 목표 설정, 난이도는 0.10, 그래픽, 시나리오, 접근성, 게임 속도는 0.09의 순으로 동영상의 가장 높은 가중치로 평가되었고, 장르별 게임 완성도에서는 시뮬레이션 게임은 3.02, RPG 게임은 2.84, 아케이드 게임은 2.67, 어드벤처 게임은 2.28, 온라인 게임은 2.24의 순으로 시뮬레이션

게임이 완성도가 가장 높은 게임으로 평가되었다. 또한, 이와 같이 구한 값들을 근거로 하여 게임 완성도에 미치는 직접적인 요인을 추정하기 위하여 게임 개발 구성 요소를 X 의 관찰 변수로, 게임 장르를 Y 의 관찰 변수로 사용하여 게임 완성도 구조 방정식 모형을 구축하였다. 구축된 모형의 모수를 ML 방법으로 추정한 결과 게임 완성도에 미치는 직접적인 원인 변수가 게임의 독창성임을 알 수 있었다. 본 연구에서 구축한 게임 완성도 구조 방정식 모형은 기존 또는 향후 개발되는 게임들의 완성도를 평가하고 게임 완성도에 미치는 직접적인 요인을 추정할 수 있는 하나의 방법이라고 사료된다.

참고 문헌

1. 김성희, 정병호, 김재경, 의사결정분석 및 응용, 영지문화사, 2002.
2. 산업자원부, 스코어카드 개발 및 가중치 적용 방안 연구, 2002.
3. 이승우, "군집방법의 역사와 응용사례에 대한 고찰," 한국수학사학회지 10(2) (1997).
4. 조현철, LISREL에 의한 구조방정식모델, 석정, 1999.
5. Anderson, J.C. and D.W. Gerbing, "Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach," *Psychological Bulletin* 103(1988), 411-23.
6. Bagozzi, R.P. and Y. Yi, "On the Use of Structural Equation Models in Experimental Designs," *Journal of Marketing Research* 26(1989), 271-84.
7. Hair, J.F. Jr., R.E. Anderson, R.L. Tatham and W.C. Black, *Multivariate Data Analysis*, 5th ed., Prentice Hall International, 1998.
8. Joreskog, K.G. and D. Sorbom, *LISREL 7: A Guide to the Program and Applications*, Chicago: SPSS Publications, 1989.
9. Kelloway, E.K., *Using LISREL for Structural Equation Modeling: A Researcher's Guide*, Sage, 1998.
10. Kline, R.B., *Principles and Practices of Structural Equation Modeling*, New York: Guilford Press, 1998.
11. Kuhnel, S.M., "Testing MANOVA Designs with LISREL," *Sociological Methods and Research* 16(1988), 504-23.
12. Raykov, T., and G.A. Marcoulides, *A First Course in Structural Equation Modeling*, Mahwah, NJ.: Erlbaum, 2000.
13. Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.