J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng Vol. 38, No. 2 : 101-107, June 2015
http://dx.doi.org/10.11627/jkise.2015.38.2.101
ISSN : 2005-0461(print)
ISSN : 2287-7975(online)

Causal Relationship Analysis of Winning Factors in Football Game : Structural Equation Model

Ju-Hyung Kim · Kyu-Chang Chang · Sang-Hye Kim · Jung-Min Park · Chunghun Ha†

School of Information and Computer Engineering, Hongik University

구조방정식 모형(SEM)을 이용한 축구 요인간 인과관계 분석

김주형 · 장규창 · 김상혜 · 박정민 · 하정훈†

홍익대학교 정보컴퓨터공학부

Modern football has transformed into a scientific football based on data. With this trend, various methods for tactics studies and outcome prediction have been developed on the perspective of data analysis. In this paper, we propose a structural equation model for football game. We analyze critical factors that affect to the winning of game except psychological parts and the causal relationship between latent variables and observed variables is statistically verified through the proposed structural equation model. The results show that the Passing ability and the Ball possession affect to the Attack ability, and consequently it has a positive impact on the winning of game.

Keywords : Structural Equation Model, Football Factors Analysis, Causal Relationship Analysis

1. 서 론

2002년 한일월드컵 이후 대중들의 축구에 대한 관심은 급증하였고 축구는 하나의 국민스포츠로 자리잡았다. 이러한 축구에 대한 관심은 자연스럽게 승부를 예측하는 데 이어지고 있다. 지난 2014년에는 게임회사인 ㈜NEXON이 자사가 운영하는 축구게임인 FIFA Online3 시뮬레이션을 활용하여 월드컵게임의 승부예측 기사를 내보내 이슈가 되었다. 축구경기의 승패는 경기의 상황이나 여러 환경 요인에 따라 달라지긴 하지만 그 날 선발된 선수들의 능력, 선택된 전술, 경기력 등에 따라 어느 정도 예측이 가능하다. 축구경기는 두 팀의 상대적 경기이기 때문에 한 팀의 기술이나 전술만으로 승패가 결정되지 않는다. 팀의 전술과 전략은 상대팀에 따라 매번 달라지며, 비록 객관적인 능력의 수치에서 뒤쳐진다 할지라도 상대팀의 부족한 요인을 집중적으로 파고든다면 승리 확률은 증가할 수 있다.

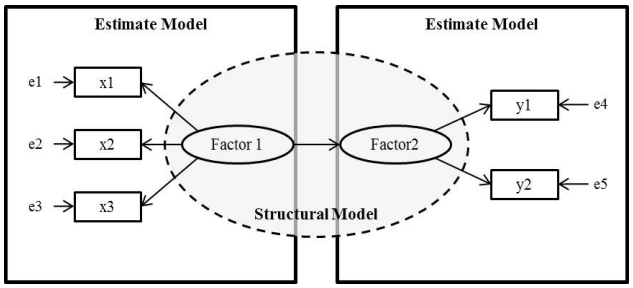
축구경기는 다양한 요인과 두 팀 간의 상호작용에 영향을 받지만, 현재까지 축구 관련 연구에는 이러한 축구 요인간의 관계에 대해 명확하게 조사한 연구가 부족하다. 기존 연구는 축구 요인과 승패와의 인과분석을 위한 회귀분석이나 확률적 모형을 이용한 최종점수를 예측하는 연구가 주류를 이루고 있다. 그러나, 이러한 분석은 직접적인 측정이 불가능한 잠재요인 간의 관계, 그리고 독립변수들 간의 연관관계를 분석하지 못한다는 한계가 있다.

본 논문의 목적은 축구경기 후 수집되는 각종 자료를 바탕으로 구조방정식 모형을 이용하여 다양한 요인이 축구의 승패에 직·간접적인 영향을 주는 정도, 즉 독립변수가 축구경기의 승패에 미치는 영향력을 분석하는 것이다.

구조방정식 모형(Structural Equation Model : SEM)이란 사회학 및 심리학에서 개발된 측정이론에 기초한 확인적

Received 16 April 2015; Finally Revised 26 May 2015; Accepted 26 May 2015
† Corresponding Author : chunghun.ha@hongik.ac.kr

요인분석과 경제학에서 발생된 연립방정식 모형에 기초한 다중회귀분석 또는 경로분석 등이 결합된 방법론이다[2]. 구조방정식 모형은 경로분석과는 달리 보다 타당하고 신뢰할 수 있는 자료를 변인으로 사용하기 때문에 인과관계를 더 과학적으로 설명할 수 있다고 알려져 있다[9]. 구조방정식 모형은 다양한 분야에서 활용이 가능하다. 예를 들면, 김상현 등[10]은 MP3-Player에 대한 제품 디자인, 기업 이미지, 제품 가격, 제품 기능 요인과 고객 만족, 고객 만족과 고객 충성도에 대한 연관관계를 분석하기 위하여 구조방정식 모형을 사용하였으며, 김종수는 IT 중심의 서비스 분야에서 유용성과 사용 편의성, 태도가 서비스 만족도에 미치는 영향을 분석하기 위하여 구조방정식 모형을 적용하였고[8], 박무현은 ISO 요구사항 이행과 TQM, 그리고 재무성과 사이의 관계를 분석하기 위하여 경영책임, CEO 지원, 영업이익률 등 14개의 관측변수를 이용하여 구조방정식 모형을 구현하였다[13].



<Figure 1> Structural Equation Model

구조방정식 모형은 일반적으로 측정모형과 구조모형으로 구성되어 있다(<Figure 1> 참조). 측정모형(Estimate Model)은 잠재변수와 관측변수간의 관계를 확인하는 모형이고, 구조모형(Structural Model)은 잠재변수들간의 관계를 나타내는 모형으로서 다중회귀분석이나 경로분석 모형과 동일하다. 따라서 구조방정식 모형은 복잡한 인과관계가 예상되는 모형을 검증하기에 적합한 분석기법이며, 관측변수와 잠재변수(이론변수) 사이의 관계를 검증 가능한 것이 가장 큰 장점이라 할 수 있다. 구조방정식 모형을 추정하고 검증하는 대표적인 프로그램에는 AMOS, LISREL, EQS 등이 있으며, 본 논문에서는 SPSS/AMOS20.0을 이용하여 모형을 추정하고 분석하였다. AMOS에서는 구조방정식의 모수를 추정하는 기법으로 최대우도 추정법(maximum likelihood), 일반화 최소자승법(generalized least square), 비가중 최소자승법(un-weighted least square) 등이 있다. 구해야 하는 계수의 수가 많고 복잡한 모형에서는 일반적으로 최대우도 추정법이 사용되므로 본 논문의 모형에서는 이를 사용하였다[11].

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 축구의 승패 요인에 관련된 기존의 연구를 분석하고, 제 3장은 본 논문의 구조방정식 모형의 구축 절차에 대해 기술한다. 제 4장은 구조방정식 모형을 통하여 도출된 각 잠재요인간의 결과에 대한 분석과 해석을 한다. 마지막으로 제 5장에서는 최종 결론 및 향후 연구과제에 대해 서술한다.

2. 기존 연구

축구경기의 승패 또는 경기력에 관련된 요인에 대한 정량적인 연구는 확률모형을 통하여 득점을 예측하는 연구와 실제 경기를 분석하여 요인을 추출하고 회귀분석을 통해 요인간의 관계를 파악하는 연구, 전문가의 설문조사 결과를 점수화 하여 구조방정식 모형을 구축하는 연구 등이 있다.

Maher는 포아송 분포(Poisson distribution)를 이용하여 홈경기와 원정경기의 최종 점수를 예측하는 확률모형을 제시하였으며[12], Dixon and Coles는 Maher의 연구를 확장하여 축구경기의 득점은 공격과 수비에 관련된 팀의 능력에 의존한다는 연구결과를 바탕으로 결합확률분포를 사용하여 경기의 득점을 예측하였다[5]. Karlis and Ntzoufras는 이변수 포아송 분포(Bivariate Poisson distribution)를 이용하여 비독립적인 홈팀과 원정팀의 득점을 모델링하고 과소 예측되는 동점의 상황은 과잉 이변수 포아송 분포(inflated Bivariate Poisson distribution)를 이용하여 보정하는 방법을 제시하였다[7]. 그러나 이러한 확률분포를 이용하여 득점을 예측하는 방법은 고려하는 요소의 수가 제한적이라는 단점이 있다.

윤영길과 이용수는 축구경기력에 영향을 미치는 공통요인을 추출하고 이들 요인의 상대적 중요도 산출을 목적으로 연구를 진행하였다[15]. 이 과정에서 연구의 타당성을 확보하기 위해 축구 전문가의 의견을 반영하여 축구경기력에 영향을 미치는 273 요소를 도출하고 귀납적 범주화와 요인분석을 통하여 4개 주요인, 14개 하위요인으로 구조화하였다. 각 요인의 중요도 산출을 위해 분석적 계층화 과정(Analytic Hierarchy Process)을 이용하였다. 주요인의 상대적 중요도는 축구지능, 기술, 심리, 매개기술 순으로 나타났으며, 하위요인의 상대적 중요도는 생각하는 플레이, 볼컨트롤, 집중력, 넓은 시야, 트레핑, 전술의 이해, 임기응변능력, 순간판단력, 공간창출 능력, 볼키핑, 투지, 여유, 의욕, 승부욕 순으로 나타났다.

최경식은 2010 남아공 월드컵 축구대회의 우승국인 스페인과 상대팀과의 패스패턴(방향 및 거리)을 비교 분석하고 스페인을 중심으로 경기 승패에 영향을 미치는 요인을 도출했다[4]. 이 연구에서는 실제 경기를 분석하여 기초조사를 위한 빈도분석, 우승팀과 상대팀의 경기내용과 패스패턴의 차이 검증을 위한 독립표본의 t-검증, 경기내용과

지역별 패스패턴이 승패에 미치는 영향을 검증하기 위하여 상관관계 및 다중회귀분석을 통한 모형 검증을 실시하였다. 상대팀과 경기 지역별 패스정보, 볼점유율, 패스방향과 거리에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 볼흐름, 패스거리와 승패는 인과관계가 있는 것으로 나타났다.

Carling은 상대팀 포메이션에 따른 신체 활동량과 기술 관련 변수들이 어떻게 달라지는지를 연구하였다[3]. 경기장에 특수 멀티카메라 장비를 설치하여 프랑스 리그에서 세 시즌(2007~2010) 동안의 자료를 수집하고 이를 비교 분석하는 방법을 실시하였다. 상대 포메이션에 따라서 신체 활동량은 크게 달라지지 않았으나 선수들의 기술관련 변수들은 통계적으로 유의하게 달라지고 있음을 확인하였고, 이는 팀의 전술적, 기술적 준비상태에 따라 달라짐을 밝혀냈다.

3. 구조방정식 모형 구축

3.1 자료의 수집방법

본 연구에서는 축구경기의 승패에 영향을 미치는 요인에 대한 자료를 도출하기 온라인 게임인 FIFA Online3의 시뮬레이션 결과를 이용하였다. FIFA Online3는 2006년 5월 스포츠게임으로 유명한 Electronic Arts Inc.와 대한민국의 네오위즈게임즈가 제휴하여 공동으로 제작한 축구 온라인 게임으로서 가장 대중적이고 현실감 있는 축구를 게임 상에서 구현해내고 있다고 알려져 있다. 자료의 수집을 위해 FIFA Online3시뮬레이션을 활용한 이유는 FIFA Online3가 현재 기록되고 있는 축구 선수의 실제 성적에 따른 능력치를 그대로 반영하고 있을 뿐만 아니라 실제 경기와 달리 양 팀의 전력을 동등하게 설정이 가능하므로 여러 외생변수를 통제할 수 있기 때문이다. 또한, FIFA Online3 내의 매니저모드 기능은 축구경기에 대한 다양한 자료의 수집을 용이하게 한다. 매니저 모드란 사용자의 키보드 조작 없이 컴퓨터가 스스로 입력된 능력치 등의 수치를 바탕으로 경기를 진행하는 모드를 말하며, 이는 사용자의 개인적인 게임능력이라는 외생변수를 배제할 수 있으므로 본 연구에 적합한 방법이라 할 수 있다.

시뮬레이션은 일반적인 축구경기를 반영하기 위하여 현대 축구의 대표적인 포메이션 5가지(4-4-2, 4-3-3, 3-4-3, 3-5-2, 4-2-3-1)를 선정하고, 5가지 포메이션의 쌍대 조합에 대해 각 10회씩 실시하였다. 앞서 기술한 매니저모드로의 진입 후 시뮬레이션을 진행하면 경기 후 경기에 대한 자료들이 도출된다. 이 자료들을 매 경기마다 정리하여 총 200세트의 축구경기 자료를 확보하였다. 시뮬레이션 시 양팀의 전력을 동등하게 맞추기 위해 동일한 선수로 구성된 동일 팀과의 축구경기를 진행하였으며, 이상변수를 최소화 하기 위해 부상이나 퇴장에 대한 자료는 결측 처리 하였다. 시뮬레이션 결과 관측할 수 있는 변수 중 기존의 문헌분석을 통하여 경기결과에 직접적으로 영향을 준다고 고려되는 요인 중 심리적인 요인과 외부 환경적 요인을 배제하고 <Table 1>과 같이 11가지 요인을 선정하였다; 전체 볼점유율(Total Ball Possesstion), 공격지역 볼점유율(Forward Ball Possession), 수비지역 볼점유율(Defense Ball Possession), 전체 패스성공률(Total Pass Success Rate), 공격지역 패스성공률(Forward Pass Success Rate), 수비지역 패스성공률(Defense Pass Success Rate), 드리블 성공률(Dribble Success Rate), 코너킥수(Corners), 유효 슈팅수(On Target Shoot), 득점 성공률(Goals Success Rate), 골득실차(Goals difference).

<Table 1> Definition of Variable

Variable	Measure
Total Ball Possession	ratio(%)
Forward Ball Possession	ratio(%)
Defense Ball Possession	ratio(%)
Forward Pass Success Rate	ratio(%)
Defense Pass Success Rate	ratio(%)
Total Pass Success Rate	ratio(%)
Goals Success Rate	ratio(%)
On Target Shoot	unit
Dribble Success Rate	ratio(%)
Corners	unit
Goals difference	unit

3.2 관측변수 선정과 기초통계분석

시뮬레이션을 통하여 수집된 11가지 요인에 대한 자료의 기술통계량은 <Table 2>에 요약하였다. 총 200 경기의 자료에 대하여 승리(WIN), 무승부(DRAW), 패배(LOSE)로 나누어 초기 분류하고 나머지 10가지 변수들에 대한 기술통계량을 분석하였다. 분석결과를 살펴보면, 승리, 무승부, 패배에 따라 자료들의 평균치들이 일정한 규칙을 지니고 있다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 전체 볼점유율은 차이는 크지 않지만 승리-무승부-패배의 순으로 높게 나타나고 있으며, 득점 성공률이나 유효 슈팅수는 승리했을 때 가장 높게 나타나고 패배했을 때 그 수치가 낮게 나타나고 있다.

구조방정식 모형은 잠재변수(latent variables)간의 관계를 설정하고 각 잠재변수에 영향을 미치는 관측변수를 배정한 후 이들간의 관계를 동시에 분석하는 방법이다. 본 논문에서는 11개의 요인들을 관측변수로 설정하고 잠

<Table 2> Descriptive Statistics of Simulation Data set

Category	Average			Standard deviation			Maximum value			Minimum value		
Variable	WIN	DRAW	LOSE	WIN	DRAW	LOSE	WIN	DRAW	LOSE	WIN	DRAW	LOSE
Total Ball Possession(%)	50.9	50.0	48.8	0.036	0.041	0.045	58.0	60.0	59.0	41.0	40.0	27.0
Forward Ball Possession(%)	15.8	14.7	14.6	0.032	0.034	0.037	26.0	27.0	25.0	7.0	7.0	8.0
Defense Ball Possession(%)	10.1	10.4	10.1	0.022	0.018	0.025	15.0	14.0	16.0	6.0	7.0	5.0
Forward Pass Success Rate(%)	77.7	77.8	78.4	0.089	0.086	0.075	95.7	108.6	90.0	55.2	53.3	40.0
Defense Pass Success Rate(%)	90.6	91.0	91.4	0.069	0.059	0.063	100	100	100	60.0	76.2	70.0
Total Pass Success Rate(%)	83.5	84.1	83.8	0.077	0.057	0.039	93.2	100	90.9	30.2	72.3	73.5
Goals Success Rate(%)	56.6	11.8	9.6	0.262	0.242	0.253	100	100	100	16.7	0.0	0.0
On Target Shoot	2.94	1.93	1.55	1.466	1.386	1.047	7.00	5.00	4.00	1.00	0.00	0.00
Dribble Success Rate(%)	91.5	90.9	91.1	0.048	0.043	0.056	98.2	97.6	100	75.9	69.5	69.0
Corners	1.82	1.50	1.32	1.058	1.430	0.956	5.00	10.00	3.00	0.00	0.00	0.00

<Table 3> Model Variables

Latent Variables	Observed Variables(Factors)		
Possession	T. Ball Possession	F. Ball Possession	D. Ball Possesstion
Passing Ability	T. Pass Success Rate	F. Pass Success Rate	D. Pass Success Rate
Attack	On Target Shoot	Dribble Rate	Corners
Win	Goalsdif	Goals Success Rate	-

<Table 4> Hypothesis

No.	Subsection	Direction
Hypothesis 1	Possession → Attack	(+) positive sense
Hypothesis 2	Passing Ability → Attack	(+) positive sense
Hypothesis 3	Attack → Win	(+) positive sense

재변수(latent variables)로는 점유율(Possession), 패싱능력(Passing Ability), 공격력(Attack), 그리고 승리(Win)라는 4가지 변수를 정의하였다. 각 잠재변수에 대한 관측변수는 <Table 3>과 같이 배정하였다. 점유율은 축구경기 시 볼을 점유하고 있는 시간의 비율로써 전체 볼점유율, 공격지역 볼점유율, 수비지역 볼점유율을 관측변수로 설정하였다. 패싱능력은 축구경기의 운영능력을 대표하는 잠재변수로서 관측변수로는 전체 패스성공률, 공격지역 패스성공률, 수비지역 패스성공률을 설정하였다. 공격력이란 전체적으로 짜임새 있는 축구 공격능력을 말하며 드리블 성공률, 코너킥수, 유효 슈팅수를 관측변수로 설정하였다. 승리 경기의 승패에 대한 잠재변수로서 득점 성공률과 골득실차를 관측변수로 설정하였다.

3.3 연구의 가설 설정

본 연구에서 사용한 원인 잠재변수는 점유율, 패싱 능력, 공격력이다. 이 잠재변수 3가지가 최종적으로 승리에 어떻게 영향을 줄 것인지에 대한 인과관계를 다음과 같이 3개의 연구가설(<Table 4> 참조)로 설정하였다.

[가설 1] 점유율(Possession)이 공격력(Attack)에 양의 영향을 줄 것이다.

[가설 2] 패싱능력(Passing Ability)은 공격력(Attack)에 양의 영향을 줄 것이다.

[가설 3] 공격력(Attack)은 승리(Win)에 양의 영향을 줄 것이다.

이와 같이 설정한 가설을 통한 모형을 설정하고 적합지수 향상을 위한 모형 수정을 수행한다.

3.4 가설을 통한 모형 설정

AMOS를 사용하여 각 잠재변수에 대해서 개별 측정모형을 구성한 후 <Figure 2>와 같이 관측변수를 연결하였다. 잠재변수들 간의 상관관계는 제 3.3절에서 설정한 가설에 따라 상호 연결하여 모형을 구축하였다.

구조방정식 모형은 잠재변수들간의 상관관계와 잠재변수와 관측변수 사이의 요인분석을 동시에 실시하므로 모형의 적합도 판정은 연구가설을 채택 또는 기각 할 수 있는 매우 중요한 판단기준이 된다. 따라서 구조방정식 모형에서는 충분한 모형의 적합도를 확보할 때까지 반복적인 모형의 수정을 통해 적합도를 높이는 작업이 필요하다. 구조방정식의 모형 평가에 사용되는 적합지수(Fit Index)에는 Goodness-of-fit index(GFI), Adjusted goodness-of-fit index(AGFI), Comparative fit index(CFI), Normed fit index(NFI), Incremental fit index(IFI), Root mean square Residual(RMR), Root mean square error of approximation (RMSEA) 등이 사용된다[6, 11]. GFI와 이를 표준화한 AGFI는 모형에 의해 설명되는 관측된 분산과 공분산의 상대적 정도를 측정 하는 지수로써 카이제곱 값과 유사

하며 0.9 이상이면 적합하다고 판단한다. CFI는 독립모형 대비 제안모형의 비중심 카이제곱에 의해 추정된 적합도 결여의 상대적 감소량을 측정하는 지수로써 일반적으로 0.95 이상이면 적합하다고 판단한다. NFI는 독립모형의 적합도 결여에 대한 제안모형의 적합도 결여를 비교하는데 이용하는 지수로써 일반적으로 0.9 이상이면 적합하다고 판단한다. IFI란 증분 적합지수로서 일반적으로 0.9 이상이면 적합하다고 판단한다. RMR과 RMSEA란 모형을 표본이 아닌 모집단에서 추정하는 경우에 기대되는 적합도로서 각각 0.05와 0.08 이하이면 적합하다고 판단한다[2, 6, 14].

3.5 수정지표(MI)를 활용한 모형수정

초기 모형의 구조방정식 모형 검정 결과, X^2 값이 88.303, 자유도가 40, p-value가 0.00으로서 적합도를 만족하고 있지 못하였으며, 적합지수 중 AGFI, NFI, IFI, CFI의 값이 모두 적정모형 기준(Prevalent level)을 만족하지 못하였다. 이에 본 연구에서는 모형의 적합도를 높이기 위해 수정지표(modification index : MI)와 모수변화(parameter change : Par Change)를 기준으로 공분산연결을 수행하였다[2, 14]. 수정지표란 모수를 추정하는 과정에서 고정되어 있는 고정모수를 자유모수로 변경하였을 경우 개선되는 적합도의 정도를 나타내며, 모수변화는 변경 시 모수의 변화정도를 나타낸다. 즉, 모수가 감소하지 않는 범위에서 MI가 크면, 적합도는 증가하게 된다. 일반적으로 MI 값이 4보다 크면 두 변수 사이의 공분산 연결을 허용한다[1].

초기 모형에 대한 수정지표와 모수변화를 <Table 6>에 정리하였다. 구조방정식 모형은 경로분석과 달리 측정모형과 구조모형을 동시에 추정해야 하므로 관측변수와 잠재변수에 대한 오차를 허용한다. e1~e11는 11개 관측변수에 대한 오차를 나타내고 e12와 e13은 각각 잠재변수 승리(Win)와 공격력(Attack)에 대한 오차를 나타낸다. 수정지표를 이용한 공분산 연결에 대한 타당성에 대한 논의는 있으나 오차 간 공분산 연결은 논리적 타당성이 있다면 순차적 연결을 허용하고 있다[2]. e2-e8은 MI가 가장 크고 드리블 성공률과 공격지역 볼점유율은 논리적으로 상관관계에 있으므로 공분산을 연결하였고, e8-e5(드리블 성공률-수비지역 패스성공률)과 e1-e6(전체 볼점유율-전체 패스성공률)도 논리적인 상관관계가 존재하여 순차적으로 공분산 연결을 수행하였다.

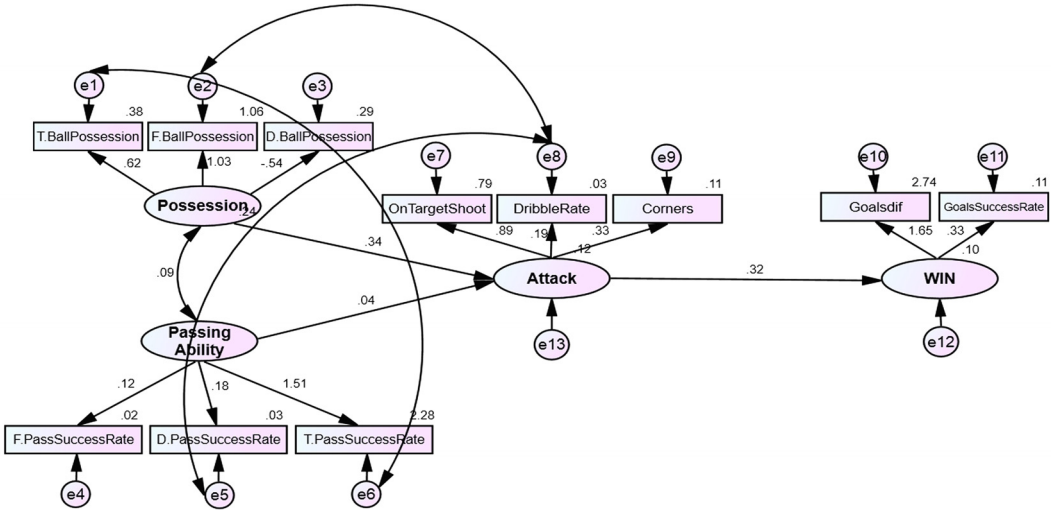
3회의 공분산 연결을 통하여 <Figure 2>와 같은 최종모형이 구축 되었다. 최종 모형의 적합도는 X^2 값이 50.217,

<Table 5> Goodness-of-Fits for the Initial and Final Models

Indicator	AGFI	NFI	IFI	CFI	RMR	RMSEA
Initial Model	0.882	0.812	0.888	0.884	0.007	0.078
Final Model	0.927	0.893	0.969	0.968	0.007	0.042
Prevalent level	≥ 0.9	≥ 0.9	≥ 0.9	≥ 0.95	≤ 0.05	≤ 0.08

<Table 6> MI and Par Change Results

Covariance	MI	Par Change
e4-Possession	6.006	0.000
e8-e5	11.521	0.001
e2-e8	16.394	0.000
e4-Passing Ability	8.216	0.000
e1-e12	4.517	0.004
e1-e6	6.980	0.000
e1-e10	4.301	0.004
e1-e8	15.165	0.000



<Figure 2> Final Structural Equation Model(SEM)

자유도가 37, p-value가 0.072로서 0.05 유의 수준에서 입력자료와 적합한 것으로 판정되었으며, 적합지수 또한 <Table 6>에서 볼 수 있듯이 표본 특성으로부터 자유로운 CFI가 0.968로 나타나 본 연구에서 설정한 절대적합지수를 만족하였을 뿐만 아니라 AFGI는 0.927, IFI는 0.969, RMR은 0.007, RMSEA는 0.042로 적정모형 기준을 만족하였다. 단, NFI의 경우 0.893으로 적정모형 기준을 만족하지 못하고 있으나, 본 연구의 자료가 200개로 충분한 수가 아니므로 NFI의 정확성은 신뢰할 수 없으며, NFI를 보완한 CFI가 만족하므로 모형의 적합도는 만족한다고 판단된다[6].

4. 구조방정식 모형 분석 결과

앞에서 설정된 구조모형에 대한 가설(<Table 4>)에 대한 채택은 표준화된 회귀계수의 p-value로 판단한다. 최종 모형의 분석 결과는 <Table 7>과 <Table 8>에 정리하였다.

[가설 1]은 점유율이 공격력에 영향을 미칠 것인가를 검정하는 것으로서 검정결과 기각률(critical ratio : C.R.)은 4.234, p-value는 0.001 미만(이후 ***로 표기)로서 연구가설이 채택되어 점유율은 공격력에 유의한 영향을 끼친다고 할 수 있다. 기각률은 통상 5%의 유의수준에서 [-1.96, +1.96]이며, 이 범위안에 C.R.이 존재하면 해당변수는 통계적으로 유의하지 않다고 판단한다. 점유율이 공격력에 주는 영향의 크기는 표준화 계수(Standardized Estimate)로 판단할 수 있는데 0.339만큼의 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타났다. [가설 2]는 패싱능력이 공격력에 영향을 미칠 것인가를 검정하는 것으로서 검정결과 C.R.은 0.808, p-value 값이 0.419로 연구가설이 기각되었다. 이는 패싱능력이 공격력에 유의한 영향을 주지 않는다는 의미이다. 잠재변수인 패싱능력은 관측변수인 전제, 공격지역, 수비지역 패스성공률로 측정되는 데, 패스성공률이 높다는 것은 실질적인 공격을 위한 패스보다 볼돌리기와 같은 안전한 패스가 빈번히 이루어졌다는 의미로 해석될 수 있으므로 패싱능력이 반드시 공격력에 영향을 준다고 보기는 어렵다. [가설 3]은 공격능력이 승리에 영향을 미칠 것인가를 검정하는 것으로서 검정결과 C.R.은 4.906, p-value는 ***으로 연구가설이 채택되어 공격능력이 승리에 매우 유의한 영향을 끼친다고 할 수 있다. 표준화 계수 값에 따라 공격능력은 승리에 0.321만큼 양(+)의 영향을 준다고 판단할 수 있다.

정리하면, 잠재변수에 대한 통계적 유의성 검증결과 점유율은 공격력에, 공격력은 승리에 양(+)의 영향을 주는 것으로 분석되었다. 점유율은 공격력에 0.339, 공격력은 승리에 0.321의 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 승리를 위해서는 공격력이 중요하고, 그 공격력을 높이기 위해서는 점유율이 중요하다는 의미로 판단된다. 점유율과 패싱능력은 p-value가 0.711로서 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

각 잠재변수와 관측변수들간의 유의성 검증결과, 점유율에 영향을 주는 변수로는 공격지역 볼점유율이 1.029,

<Table 7> Estimates of Latent Variables in SEM(Hypothesis)

Category	Estimate	S.E.	C.R.	p-value	Standardized Estimate
Possession → Attack	16.742	3.954	4.234	***	0.339
Passing Ability → Attack	5.264	6.518	0.808	0.419	0.043
Attack → WIN	0.450	0.092	4.906	***	0.321
Possession ↔ Passing Ability	0.000	0.000	0.370	0.711	0.092

<Table 8> Estimates of Observed Variables in SEM

Category	Category	Estimate	S.E.	C.R.	p-value	Standardized Estimate
Possession	T. Ball Possession	1.000				0.620
	F. Ball Possession	1.416	0.204	6.929	***	1.029
	D. Ball Possession	-0.453	0.602	-7.323	***	-0.535
Passing Ability	F. Pass Success Rate	1.000				0.125
	D. Pass Success Rate	1.116	0.485	2.300	0.021**	0.183
	T. Pass Success Rate	8.580	20.520	0.418	0.676	1.509
Attack	On Target Shoot	1.000				0.888
	Dribble Rate	0.007	0.003	2.323	0.020**	0.187
	Corners	0.287	0.080	3.579	***	0.327
WIN	Goalsdif	1.000				1.655
	Goals Success Rate	0.061	0.042	1.475	0.140	0.330

***p-value ≤ 0.01; **p-value ≤ 0.05; *p-value ≤ 0.1.

전체 볼점유율이 0.620으로 나타났고, 수비지역 볼점유율은 -0.535로 음의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 이는 점유율이 공격력에 양의 영향을 주고 있는 데, 수비지역 볼점유율은 수비에 집중하고 있는 상황이므로 공격력에 음의 영향을 주기 때문이라고 해석할 수 있다. 패싱능력에 영향을 주는 요인들의 중요도를 살펴보면, 전체 패스성공률이 1.509로 가장 높았으며, 수비지역 패스성공률은 0.183, 공격지역 패스성공률은 0.125로 나타났다. 공격력에 가장 영향을 주는 변수는 유효 슈팅수로서 0.888로 나타났고, 코너킥은 0.327, 드리블 성공률은 0.187로 중요도가 분석되었다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 구조방정식 모형을 이용하여 축구경기를 구성하는 11개 요인과 축구경기의 승패간의 상호 연관성을 분석하였다. 이를 위해 승리와 공격력을 구조모형의 내생 잠재변수로 선정하고 점유율과 패싱능력을 외생 잠재변수로 설정하여 모형을 추정하였다. 각 잠재변수들을 설명하기 위한 관측변수로는 전체 볼점유율, 공격지역 볼점유율, 수비지역 볼점유율, 전체 패스성공률, 공격지역 패스성공률, 수비지역 패스성공률, 드리블 성공률, 코너킥수, 유효 슈팅수, 득점 성공률, 골득실차 등 총 11개 변수가 포함되었다. 관측자료로는 FIFA Online3 시뮬레이션을 활용하여 200개의 축구경기 자료를 사용하였다. 모형의 추정 결과, 점유율은 공격력에 양의 영향을 주고 공격력은 승리에 양의 영향을 주는 것으로 나타났다. 점유율과 패싱 능력은 서로 연관성이 없는 것으로 나타났다.

본 논문에서는 충분한 자료의 확보와 심리적 요인과 같은 외생변수의 영향을 상쇄하기 위하여 시뮬레이션 자료를 활용하였다. 이는 많은 복합적 요인이 작용하는 축구경기에서 우연적 요인이나 심리적 요인을 반영하지 못했다는 한계점으로 지적될 수 있다. 그러나 본 논문은 축구경기에서 발생할 수 있는 다양한 요인에 대하여 구조방정식 모형을 통하여 연관관계를 분석할 수 있는 체계를 제시하였다는 점에서 기존의 연구와 다른 기여가 있다고 할 수 있다.

References

[1] Arbuckle, J.L., *IBM SPSS Amos 20 User's Guide*, 2011.

[2] Byrne, B.M., Structural equation modeling with AMOS : Basic concepts, applications, and programming, 2nd ed. New York : Routledge/Taylor and Francis, 2009.

[3] Carling, C., Influence of opposition team formation on physical and skill-related performance in a professional soccer team. *Eur. J. Sport Sci.*, 2011, Vol. 11, No. 3, pp. 155-164.

[4] Choi, K.S., The comparison of the type of pass and the pass success rate in the 2010 South Africa World Cup winning team. *J. Korean Assoc. Phys. Educ. Sport Girls Women*, 2012, Vol. 26, No. 4, pp. 509-514.

[5] Dixon, M.J. and Coles, S.G., Modelling association football scores and inefficiencies in the football betting market. *J.R. Stat. Soc. Ser. C*(Applied Stat.), 1997, Vol. 46, No. 2, pp. 265-280.

[6] Hooper, D., Coughlan, J., and Mullen, M., Structural equation modelling : Guidelines for determining model fit. *Electron. J. Bus. Res. Methods*, 2008, Vol. 6, No. 1, pp. 53-60.

[7] Karlis, D. and Ntzoufras, I., Analysis of sports data by using bivariate Poisson models. *J. R. Stat. Soc. Ser. C* (Applied Stat.), 2003, Vol. 52, No. 3, pp. 381-393.

[8] Kim, C.S., A Comparison Analysis of Effects of System Factor on Satisfaction in Service Sectors. *J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng.*, 2011, Vol. 34, No. 1, pp. 80-89.

[9] Kim, K.S., Structural Equation Modeling Analysis with AMOS, 1st ed. Seoul : Hannarae, 2006.

[10] Kim, S.H., Kim, T.H., and Kim, P.S., A Study of Factors Influencing Customer Satisfaction and Loyalty of MP3-Player. *J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng.*, 2007, Vol. 30, No. 2, pp. 15-22.

[11] Lee, H.Y., Research Methodology, 1st ed. Seoul : Chungram, 2012.

[12] Maher, M.J., Modelling association football scores. *Stat. Neerl.*, 1982, Vol. 36, No. 3, pp. 109-118.

[13] Park, M.H., Effects of ISO 9001:2008 Requirement Execution and TQM on Financial Performance. *J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng.*, 2012, Vol. 35, No. 2, pp. 80-87.

[14] Shah, R. and Goldstein, S.M., Use of structural equation modeling in operations management research : Looking back and forward. *J. Oper. Manag.*, January 2006, Vol. 24, No. 2, pp. 148-169.

[15] Yun, Y.K. and Soo, L.Y., Hierarchical Importance and Structure of Factors in Football Performance. *Korean J. Sport. Psychol.*, 2006, Vol. 17, No. 4, pp. 87-100.

ORCID

Chunghun Ha | http://orcid.org/0000-0002-4222-2555
Ju Hyung Kim | http://orcid.org/0000-0002-5409-2743
Kyu Chang Chang | http://orcid.org/0000-0003-1928-9417
Sang Hye Kim | http://orcid.org/0000-0002-7562-1536
Jung Min Park | http://orcid.org/0000-0002-0057-0076