우수상

조직의 교육훈련 투자와 혁신성과에 대한 외부환경변화의 조절효과 연구: 다변량 시계열 군집분석과 퓨샷러닝을 통한 패널분석

이재성* · 정예비**

요 약

본 연구는 한국직업능력개발원의 인적자본기업패널 데이터를 활용하여 우리나라 기업들의 교육훈련 투자에 대한 혁신성과를 실증했다. 본 연구에서는 선행연구에 기초해 외부환경변화를 조절변수로 설정함으로써 다음과 같은 가설을 설정했다. 첫 번째, 기업의 높은 교육훈련 투자 수준은 혁신성과를 증가시킬 것이다. 두 번째, 이상의 기업은 외부환경변화가 큰 상황에서도 교육훈련 투자를 통해 증가시킨 인적자원 역량을 바탕으로 좋은 혁신성과를 낼 것이다. 본 연구는 이상의 가설을 검증하기 위해 자기부호화기를 응용해 다변량 시계열 자료를 군집화할 수 있었고, 이러한 결과를 바탕으로 패널회귀분석을 수행해 인과적 관계를 살펴봤다. 한편 본 연구는 실증분석을 통한 가설검증 결과를 바탕으로 기업의 인사관리 부서의 담장자나 국가 혁신성장을 위해 산업정책을 설계하는 정책 입안자에게 다양한 시사점을 제공할 수 있었다. 또한 최근에 부상하고 있는 퓨샷러닝을 응용함으로써 패널조사와 非패널조사를 함께 활용할 수 있는 분석 방법을 제시함으로써 학문적 의의를 갖는다.

Ⅰ 서 론

본 연구는 급변하는 기술변화 속 조직의 교육훈련 투자가 기업의 혁신성과에 어떤 영향을 미치는지에 대해 실증한다. Newell & Gagne (1970)에 따르면 학습이란 역량을 강화시키는 누적활동이며, 개인이 유능한 사회 구성원이 되게끔 하는 메커니즘을 의미하고, 환경의 자극에 대한 상이한 반응으로 인해 개인차를 발생시키는 과정이라고 말한다. 본 연구는 학습이 갖는 이상의 여러 특징들 중에서, 특히 환경의 자극에 대한 상이한

* 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책학과 박사과정
** 공주대학교 교육학과 석사과정

반응에 대해 중점적으로 다룬다. 구체적으로 본 연구에서는 환경의 자극에 대해 빠른 반응을 강조하는 개인 수준의 학습을 조직의 관점에서 바라본 교육훈련투자의 중요성에 주목했다. 이를 살펴보기 위해 본 연구는 조직의 교육훈련 투자가 많은 기업이 그렇지 않은 기업보다 혁신성과가 더 좋을 것이라는 가설을 설정했다. 그리고 이 가설을 실증하기 위해 인적자본기업패널(HCCP) 자료를 활용했다는 의의가 있다. 결과적으로 본 연구는 기업의 관리자나 HRD 담당자들에게 조직의 교육훈련 투자가 개인의 승진이나 진급을 넘어 조직 전체의 성과를 창출하는데 중요한 역할을 한다는 점을 시사한다.

오늘날 기업은 HRD 부서를 통해 멘토링, 학습 조직, 경력개발제도 등 다양한 교육훈련 프로그램을 운영하고 있다. 이상의 프로그램은 직원의 직무능력, 노동 생산성, 의욕 향상 등을 목표로 하며 기업 외부 환경의 변화에 대한 적응력을 높이고 궁극적으로 기업의 영속성을 위해 운영된다. 한편 조직의 교육훈련 투자는 이러한 환경의 자극에 대한 빠른 반응을 의미한다. 조직적 관점에서 이상의 개념적 특징은 Grant (2003)가 강조하는 소용돌이 치는 환경(Turbulent environment)에서 다뤄야할 적극적인 시도(Emergent process)의 기능으로 설명할 수 있다. 구체적으로 조직문화 관점에서 외부 환경에 대한 빠른 반응을 강조하는 적극적인 시도는 매출액 대비 교육훈련비 총액으로 이해할 수 있다. 이에 본 연구는 기업의 교육훈련 투자에 적극적인 시도의 개념을 적용해 빠른 반응의 정도를 함께 고려하고자 한다.

본 연구는 기존 연구들과 다음과 같은 차별점을 갖는다. 첫 번째, 시간의 흐름을 고려할 수 있는 다변량 시계열 군집분석을 통해 교육훈련 투자 정도가 높은 기업군과 낮은 기업군으로 구분할 수 있었다. 이상의 군집군은 다시 교육훈련 투자 수준으로 명명하고 패널 회귀분석을 수행해 동태적인 효과도 측정한다. 두 번째, 선행연구에서 HCCP의 기술변화 정도와 시장수요 변화 정도에 대한 항목을 모두 환경변화 정도로 정의하고 있는데, 기술통계 분석을 수행해본 결과 기술변화 정도는 조직의 변화지향성에 가까운 내부 변화를 의미하는 것으로 보였다. 이에 환경변화 정도로 시장수요 변화만을 사용함으로써 보다 객관적인 영향을 파악할 수 있었다. 마지막 세 번째, 기존의 선행연구에서 교육훈련투자에 대한 종속변수로 주로 개인 생산성 향상 정도, 조직몰입 정도, 교육훈련전이 효과 등을 살펴보거나 개인이 창출하는 인당매출액이나 인당순이익으로 개인 수준의 변화를 측정하고 있었다. 하지만 본 연구에서는 새로운 기술의 개발을 의미하는 당해 출원한 특허를 종속변수로 설정해 교육훈련 투자를 통한 기업의 인적자원역량이 혁신성과에 미치는 영향을 파악했다는 차별점이 있다.

이어지는 본문에서는 각각의 변수에 대한 개념과 특징들, 그리고 이상의 내용과 관련된 선행연구들을 자세하게 제시한다. 제2장에서는 인적자원개발과 경영성과에 대한 논의와 환경 불확실성과 조직 학습지향성에 대한 논의를 다룬다. 제3장에서는 활용된 데이터에 대한 소개와 함께 연구방법론에 대한 설명을 한다. 이어지는 제4장에서는 본 연구의 결과를 다룬다. 그리고 제5장에서 연구결과를 요약하고, 마지막 제6장에서 실무적 시사점과 정책적 시사점을 제시와 함께 연구의 한계에 대해서 다룬다.

Ⅱ 선행연구 검토

1. 인적자원개발과 경영성과

급변하는 경영환경 속에서 기업의 지속가능한 경쟁우위 확보의 중요성이 점차 커지고 있다. Birger Wernerfelt (1984)는 그의 논문인 'A Resource-Based View of the Firm'에서 처음으로 자원기반관점(resource-based view)을 언급하였으며, 기업 자원의 중요성과 자원 관리의 중요성을 강조하였다(서주환 외, 2020). 이상의 개념은 기업간의 차이가 발생하는 이유를 설명한다. 이는 기업이 보유하고 있는 자원을 활용해 차별적 경쟁우위를 획득하고 장기간의 탁월한 성과를 이끌어낼 수 있다는 관점이다. 이러한 경쟁우위를 제공하는 자원으로 가치(value), 희소성(rareness), 모방불가(inimitability), 대체불가(non-substitutability) 자원들을 말한다(서주환 외, 2020). Barney (1991)는 과거 천연 및 기술자원 등이 경쟁우위의 핵심자원이었지만, 모방성, 이동성, 대체성으로 인해 더 이상 가치 있는 자원으로 볼 수 없으며 인적자원이야말로 조직의 경쟁우위를 가능하게 한다고 강조하였다(주영주·한애리, 2014).

이러한 관점에서 특히 ICT 산업처럼 높은 수준의 기술을 바탕으로 R&D를 수행하는 기업에서 인적자원이 핵심요소로 나타났다(이재성 외, 2019). 인재육성을 위한 교육훈련에 관심을 가지고 많은 비용을 투자하고 있으며(김기태, 2008), 교육훈련은 인적자원개발 전략의 중요한 수단으로 기업과 조직구성원에게 모두 가치있는 활동으로 받아들여지고 있다(조세형, 2010). 기업의 교육훈련을 통해서 개인은 자기개발욕구를 충족시키고, 잠재능력을 개발할 수 있으며, 조직은 생산성 및 유효성의 향상, 다양한 환경변화에의 적응 등을 달성할 수 있다(임효창·박경규, 1999). 또한 인적자원의 차이로 발생되는 구

성원의 역량 강화는 조직이 효율적으로 활용할 수 있는 중요한 역량 중 하나로써 조직의 혁신성과에 영향을 준다(Wernerfelt, B. 1984; Barney, J. 2001; 서주환 외, 2018).

기업의 교육훈련과 조직 성과와의 관계를 실증하는 대부분의 선행 연구들에서는 기업의 교육훈련투자가 인적자원성과(교육훈련전이, 조직몰입)와 조직성과(인당매출액, 인당순이익)와의 관계에 대한 연구를 진행했다(김민경, 2012; 주영주·한애리, 2014; 김기태, 2008; 정동섭, 2005; 민상기·나승일 2008; 박주완·이성, 2016). 먼저 정동섭(2005)은 기업의 교육훈련이 경영성과에 미치는 영향을 구명하는 연구를 실시하였으며 교육훈련을 개인의 창의성 강조, 종업원의 잠재능력개발, 개인의 독창성 함양 등을 독립변수로 설정하였으며, 성과변수로는 종업원의 몰입정도, 종업원의 직무만족, 종업원의 노동생산성을 설정하였다. 교육훈련의 특성과 경영성과간의 회귀분석 결과, 기업의 교육훈련은 경영성과를 유의미하게 높이는 효과나 있는 것으로 나타났다.

조세형(2010)은 기업의 인적자원개발 투자가 조직성과에 미치는 영향을 밝히는 연구를 실시하였다. 이 연구에서 1인당 교육훈련비를 독립변수로 설정하였며 종속변수로 설정한 1인당 순이익을 설정한 결과 기업의 인적자원개발 투자는 조직성과인 1인당 순이익에 유의한 정의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

앞서 살펴본 교육훈련과 조직성과에 관한 선생연구들을 살펴본 결과 교육훈련에 대한 투자가 인적자원성과(교육훈련전이, 조직몰입 등)와 재무성과(인당 매출액, 인당 순이익 등)에 긍정적인 영향에 미친다는 점을 실증했다. 이는 Ostroff & Bowen (2000)의 연구모형을 기초로한 Tharenou et al. (2007)에서 제시한 교육훈련-인적자원성과-조직성과-재무성과의 4단계 모형에서 밝힌 것과 같이 교육훈련이 인적자원 역량 향상에 영향을 미치며, 인적자원의 역량이 조직의 성과에 영향을 미친다는 것을 지지하는 것으로 볼 수 있다.

2. 환경 불확실성과 혁신성과

오늘날 기업은 기술 수명주기의 단축, 연구개발 가속화, 경쟁기술의 등장 등 시장의 수요가 급변하는 환경에 직면해 있다. 산업 전반에 걸쳐 환경 특성이 미치는 영향은 기업에 따라 많은 차이가 발생하며, 환경동태성이 증가함에 따라 기업이 현재와 미래의 환경을 예측하는 것은 더욱 어려워 지고 있다. 따라서 역동적인 환경에서 기회를 잡기 위해 기업은 자원과 역량을 갖추고 있어야 한다. 또한 이렇게 빠르게 변화하는 경쟁환경에서 기업의 최고 경영자는 신속한 전략적 의사결정을 하고, 창의적이고 혁신전략을 개

발하여 변화하는 외부 조건에 대처하기 위한 대응 능력을 구축해야 할 필요성이 있다(Jiao, H. et al., 2011). Dess & Beard (1984)는 환경동태성의 개념을 환경의 변화 속도와 불안정성의 정도로 정의하며, 예측할 수 없고 패턴과 규칙성이 없다고 말하고 있다. 또한 Wijbenga & Witteloostuijn (2007)은 환경동태성을 소비자 선호도와 제품이 시간이 지남에 따라 변화하는 속도로 정의했다. 그리고 Flippo (1984)는 이러한 변화하는 환경 속에서 성장과 발전을 지속하기 위해 조직의 인적자원 개발의 필요성을 강조했다. 그는 이러한 인적자원을 관리하기 위한 체계적인 경력개발이 중요하다고 말한다. 국내 연구에서 이종태 외(2006)는 환경의 동태성이란 개념을 경쟁사 및 자사의 마케팅 전략과 개인 소비자의 선호가 변화하는 정도라고 정의하였다.

한편 혁신의 정의는 Urabe et al. (1988), Utterback & Afuah (1998)에서 찾을 수 있는데, Urabe et al. (1988)는 “혁신은 새로운 아이디어의 생성과 새로운 제품, 프로세스 또는 서비스로의 구현으로 구성되며, 이는 국가 경제의 역동적인 성장과 고용 증가뿐만 아니라 혁신적인 기업을 위한 순수한 이윤 창출로 이어진다”고 정의했다. 따라서 기업은 기술의 수명주기 단축과 경쟁기술의 등장 등 급변하는 환경 속에서 경쟁우위를 얻기 위한 혁신성과를 얻기 위해 외부의 지식과 기술을 적극적으로 탐색하고 받아들게 된다(Jiao, H. et al., 2010).

이상의 내용을 종합하면 환경의 동태성에 따라 외부에서 지식을 찾는 탐색적 기술혁신(explorative innovation)을 추구할 가능성 높아진다. 그리고 이러한 혁신활동을 통해 기존의 기술이나 시장에서 큰 혁신성과가 나타날 가능성이 높아진다. 왜냐하면 변화하는 시장의 니즈를 충족시키는 제품을 개발함으로써 환경 변화를 자기의 이익으로 전환시킬 수 있기 때문이다(Jansen et al., 2006; 서창적·이찬형, 2015). Schumpeter는 ‘창조적 파괴’라고 칭하는 혁신적 에너지가 경제발전의 원동력이라고 주장하였으며 혁신을 새로운 재화 또는 신제품 출시, 새로운 생산방식 도입, 새로운 시장 개척, 새로운 공급원 확보, 새로운 조직 출현 등으로 설명했다(서은화, 2020). 이와 관련해 혁신성과를 환경동태성과 관계로 살펴본 연구가 있다. 서은화(2020)은 ‘환경동태성과 혁신성과의 관계에 대한 연구’에서 혁신성과에 독립변수인 환경동태성을 자사 산업의 제품 기술의 변화 정도, 산업의 환경변화 정도, 고객의 취향 및 선호도 변화 정도, 산업의 신제품 출시 정도, 경쟁사들의 시장 전략 및 전술 행위 변화정도로 설정하였으며 종속변수를 자사 신제품 개발 프로그램의 성과, 신제품개발 프로그램의 성공 인식, 경쟁사 대비 신제픔 개발 프로그램 성공 인식으로 설정하였다. 이를통해 환경동태성의 혁신성과에 대한 효과의 측정 결과 환경동태성의 혁신성과에 대한 정(+)의 효과가 존재하는 것으로 나타났다.

그러나 앞선 선행연구들은 교육훈련 투자로 성장한 기업의 인적자원역량이 혁신활동의 결과인 혁신성과에 미치는 영향에 대해선 연구가 이루어지지 않고 있다. 기업이 급변하는 경영환경에 대응하고 지속가능한 경쟁우위 확보를 위해 혁신은 필수불가결한 요소이므로 기업의 핵심자원인 인적자원에 대한 교육훈련 투자가 기업의 혁신활동의 성과인 혁신성과에 미치는 영향에 대해서 실증할 필요가 있다.

3. 가설설정

본 연구는 이상의 내용에 기초해 두개의 가설을 설정했다. 첫 번째 가설에 대한 내용은 다음과 같다. 본 연구에서 다루고자 하는 조직의 교육훈련 투자는 개인의 역량을 강화시키는 누적된 훈련 활동에 기초한다(정동섭, 2005). 하지만 선행연구 조사를 통해 이러한 개인의 교육훈련이 조직 문화적 차원에서도 중요하다는 것을 알 수 있었다. 그리고 대부분의 선행연구가 조직의 성과를 조직몰입, 조직전이 등 인적자본 성과나 인당 매출액이나 인당 순이익 등 재무적 성과로 설정하고 있는데(김민경, 2012; 주영주·한애리, 2014; 김기태, 2008; 정동섭, 2005; 민상기·나승일 2008; 박주완·이성, 2016), 본 연구는 교육훈련 투자를 혁신성과와 관련해 다루고 있다는데 차별점이 있다. 이상의 내용에 근거해 본 연구는 다음과 같이 첫 번째 가설을 설정했다.

가설 1. 조직의 교육훈련 투자를 많이 하는 기업은 혁신성과가 좋을 것이다.

본 연구가 설정한 두 번째 가설에 대한 내용은 다음과 같다. 본 연구는 외부 변화에 대한 빠른 적응이 직원들의 HRD에 적극적인 투자를 하는 기업일수록 좋을 것이라고 주장한다(Jiao, H. et al., 2010, 2011). 심층적인 분석을 위한 구체적인 연구 질의는 다음과 같다. 본 연구에서는 선행연구에 기초해 조작적으로 정의하는 높은 수준의 교육훈련 투자 기업군이 기술 및 시장의 외부 변화 정도가 큰 환경에서도 그렇지 않은 기업군에 비해 상대적으로 좋은 혁신성과를 내지 않을까라고 생각했다(Jansen et al., 2006; 서창적·이찬형, 2015; 서은화, 2020). 이와 관련된 분석은 교육훈련 효과의 시간적 지연을 고려해 동태적 분석으로 수행됐다(Pfeffer, 1994).

가설 2. 조직의 교육훈련 투자를 많이 하는 기업은 급변하는 환경에서도 혁신성과가 좋을 것이다.

Ⅲ 분석 대상 및 변수

1. 분석 대상

본 연구는 한국직업능력개발원의 HCCP 자료 중 본사 응답용 설문자료를 중심으로 분석하였다. 해당 자료는 2009년에 조사된 HCCP 3차년도 자료부터 2017년에 조사된 HCCP 7차년도 자료까지 총 5개 시점 동안 조사된 패널자료를 분석에 사용했다. 해당 패널자료는 317개 응답표본에 대한 529개의 변수를 가지고 있다.

분석 대상의 분포를 살펴보면 첫 번째 조사년도인 HCCP 3차년도를 기준으로 산업별 분포는 KSIC 26(전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업)에 약 12.3%, KSIC 30(자동차 및 트레일러 제조업)에 약 6.3%, KSIC 28(전기장비 제조업)이 약 5%, KSIC 29(기타 기계 및 장비 제조업)가 5%, KSIC 10(식료품 제조업)이 약 4.7%, KSIC 72(건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업)가 약 4.4% 등의 순서로 분포하고 있는 것을 알 수 있다.

한편 종사자의 규모는 300명 미만의 기업이 약 49.2%로 가장 많았으며, 300~999명이 약 35%, 1000~1999명이 약 7.6%, 2000명 이상이 약 8.2%로 나타났다. 주력제품에 대한 수요변화 정도는 300명 미만의 기업이 약 40.4%, 300~999명 기업이 약 46%, 1000~1999명 기업이 약 58.3%, 2000명 이상 기업이 약 57.7%로 대부분 기업에서 외부환경 변화를 많이 체감하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 기술의 변화는 다소 상이한 차이가 있었는데, 300명 미만 기업의 약 54.3%는 기술변화가 거의 없거나 있어도 조금밖에 없다고 응답했다. 300~999명 기업은 약 83.5%이 보통이라고 응답했으며, 1000~1999명 기업은 약 47.4%가 기술의 변화가 많은 편으로 대답했고 2000명 이상 기업에서는 약 90%가 기술의 변화가 많은 편이라고 응답해 기술 변화의 체감 정도는 기업 규모가 커지면 커질수록 높아진다는 것을 알 수 있었다.

이상의 내용을 종합하면 HCCP 자료에는 KSIC에서 약 4.7%의 식료품 제조업을 제외하고 약 33%의 기업이 R&D 기반의 고기술 산업체이고, 300명 미만 중소기업의 분포가 약 49.2%에 달하는데 이러한 중소기업의 기술변화는 약 54.3%가 거의 없거나 조금밖에 없다고 응답한 반면 시장변화는 약 40.4%가 많이 있다고 응답했다. 이를 통해 외부환경변화 정도로 시장수요의 변화가 보다 적합하다고 판단했고, 기술변화를 보이는 기업은 기업 외부가 아니라 기업 내부의 변화지향성에 강점을 보이는 기업이라는 것을 알 수 있었다.

마찬가지 방법으로 알아본 교육훈련 실시여부는 300명 미만 기업에서 약 71.8%, 300~999명 기업에서 약 73.9%, 1000~1999명 기업에서 약 91.7%, 2000명이상 기업에서 100%로 집체식 사내교육훈련을 수행하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 집체식 사외교육훈련의 실시 여부는 300명 미만 기업이 약 60.9%, 300~999명 기업이 약 67.6%, 1000~1999명 기업이 약 87.5%, 2000명 이상 기업이 약 84.6%로 수행하고 있는 것으로 나타났다.

2. 변수 설명

본 연구에서는 HCCP의 데이터 중에서 다음에 해당하는 변수들을 분석에 사용했다. 먼저 종속변수는 당해연도 출원된 특허 출원 수를 사용했다. 그리고 독립변수로는 변화지향성, 교육훈련실시, 교육훈련 강도, 교육훈련 투자강도, 경력개발실시, 경력개발 활용정도의 개념을 사용했다. 먼저 변화지향성에 대한 조작적 정의로 사용된 변수로는 신제품 개발 및 도입, 기술변화, 설비 라인 변화, 핵심인재 도전적 직무배치, 신규인력 채용 강도, 전략적 제휴 추진 여부, 해외 진출 여부가 있다. 그리고 교육훈련실시에 대한 조작적 정의로 집체식사내교육, 집체식사외교육, 인터넷학습, 우편통신훈련, 국내연수, 해외연수, 외부 기술지도 변수가 사용됐다. 교육훈련 강도와 관련된 조작적 정의로는 집체식사내교육 강도, 집체식사외교육 강도, 인터넷학습 강도, 우편통신훈련 강도, 국내연수 강도, 국외연수 강도, 외부 기술지도 강도가 있다. 교육훈련 투자강도와 관련된 조작적 정의는 집체식사내교육 투자강도, 집체식사외교육 투자강도, 인터넷학습 투자강도, 우편통신훈련 투자강도, 국내연수 투자강도, 국외연수 투자강도, 외부 기술지도 투자강도가 사용됐다. 경력개발 실시는 학원 수강료 지원, 국내 대학등록금 지원, 국내 대학원 등록금 지원, 해외 대학원 학위과정 지원, 승계계획, 경력개발제도, 교육훈련휴가제, 멘토링 또는 코칭, 학습조직, OJT, 직무순환, 제안제도, 지식 마일리지 프로그램, 품질분임조, 전사적 품질관리, 6시그마 변수를 통해 조작적 정의했다. 그리고 경력개발 활용정도를 설명하기 위해 학원 수강료 지원 활용정도, 국내 대학등록금 지원 활용정도, 국내 대학원등록금 지원 활용정도, 해외 대학원 학위과정 지원 활용정도, 승계계획 활용정도, 경력개발제도 활용정도, 교육훈련휴가제 활용정도, 멘토링 또는 코칭 활용정도, 학습조직 활용정도, OJT 활용정도, 직무순환 활용정도, 제안제도 활용정도, 지식 마일리지 프로그램 활용정도, 품질분임조 활용정도, 전사적 품질관리 활용정도, 6시그마 활용정도를 사용해 조작적 정의를 수행했다(신덕정·송해덕, 2009; 오석영, 2013).

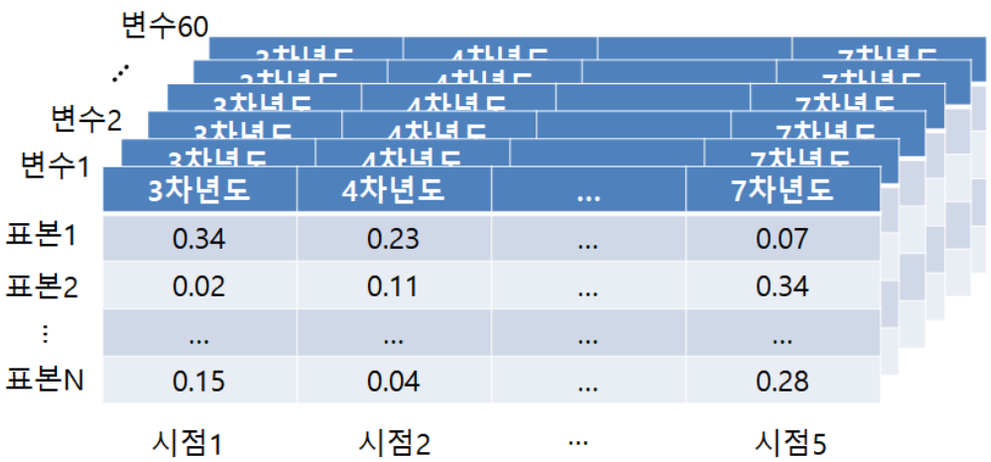
이어 본 연구에서는 외부환경 정도를 의미하는 조절변수를 사용했는데, 이 조절변수는 앞선 3.1의 분석대상에서 설명한 것과 같이 기술변화는 제외한 주력제품의 시장수요 변화만을 기업의 체감 외부환경 변화 변수로 사용했다. 이는 기술변화와 시장변화를 모두 외부환경변화로 설정하는 선행연구와 차별점이 있다. 이상의 변수들과 함께 본 연구에서는 통제변수도 설정했는데, 기업일반 정보와 관련된 변수로 산업분류, 설립연도, 기업규모를 사용했다. 조직 구성원의 직무 숙련수준을 통제하기 위해서는 연구개발인력 직무숙련도, 영업 및 서비스 직무숙련도, 엔지니어 직무숙련도, 관리자 직무숙련도, 생산직 직무숙련도, 상품개발 직무숙련도, 자금운영 직무숙련도, 핵심 전문직 직무숙련도 변수를 사용했다. 기업마다 다른 HRD 인프라를 통제하기 위해 교육훈련 담당 전담조직 여부, HRD 계획 수립 여부, 자체 교육훈련 프로그램 개발 여부, 독립된 교육훈련 시설 보유 여부를 사용했다(임정연·이영민, 2010). 이상의 내용을 종합하면 종속변수 1개, 독립변수 60개, 조절변수 1개, 통제변수 15개로 총 77개의 변수가 사용됐으며, 이에 대한 자세한 설명이 (붙임)과 같다.

3. 연구방법론

본 연구는 가설을 검증하기 위해 패널조사 분석 모형을 고안했다. 패널조사 모형은 동일한 응답자에 대해 여러 조사시점을 거쳐 수집된 데이터를 분석하는 종단적 분석 방법이다. 패널조사 모형은 회귀분석을 기본으로 하며 회귀분석의 가정을 따른다. 따라서 독립변수와 종속변수 사이의 인과관계를 밝히는데 강력한 분석도구이다(김대수, 2015). 이때 본 연구가 설정한 독립변수와 종속변수는 각각 조직문화 별 기업군과 특허출원 수이다(하성호·최수일, 2009; 장용선, 2010)

독립변수를 산출하기 위해 인적자본기업패널 데이터에 있는 다양한 조직문화 관련 필드들을 토대로 군집분석을 수행한다. 군집분석은 기업의 특징에 대한 이해를 다양한 관점에서 제시할 수 있어 군집 간 유의미한 차이를 분석하는데 용이하다는 장점이 있다(이재성 외, 2018). 이때 중요한 점은 이상의 필드들이 모두 시계열이기 때문에 다변량 시계열 데이터의 군집분석을 수행하기 위해서는 특수한 방법이 필요하다는 부분이다(Singhal & Seborg, 2002, 2005; Li, 2019). 이에 본 연구는 먼저 다변량 시계열 데이터의 구조를 선형대수학 관점에서 이해했다. 그 결과 다변량 시계열 데이터의 구조가 아래 [그림 1]과 같이 x축이 조사시점에 해당하고 y축이 응답자에 해당하는 일반적인 패널 데이터와 달리, 추가적으로 z축에 조직문화 관련 필드들이 위치하는 3차원의 구조라는 것을

알 수 있었다. 이상의 구조를 가진 데이터를 효과적으로 군집하기 위해 본 연구는 딥러닝 기법을 활용하고자 한다. 구체적으로 인공신경망 기반의 자기부호화기(Autoencoder) 기법을 활용해 차원을 먼저 축소시킨 뒤, 밀도 기반의 군집분석을 수행하는 밀도기반 클러스터링 (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) 기법을 통해 조직문화 별 기업군을 추출하고자 한다(Ester et al.. 1996; Berkhin, 2006; Han et al., 2011; Kim & Shin, 2018).

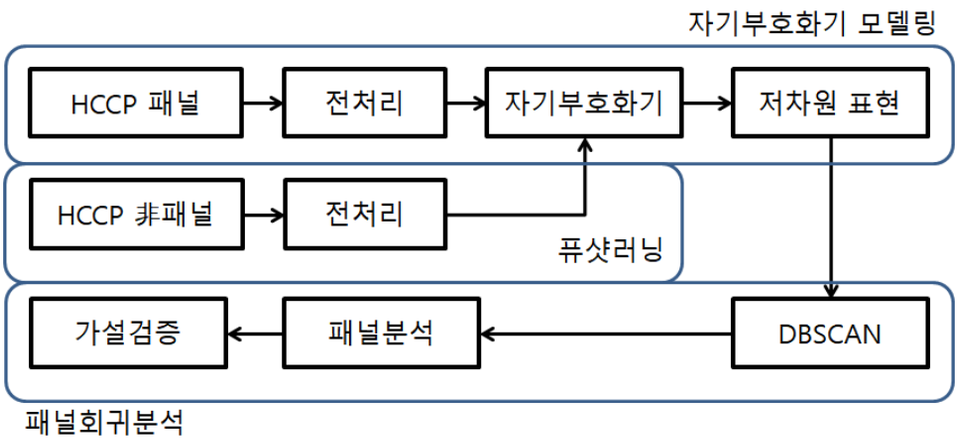


[그림 1] 패널 데이터의 선형대수적 이해

더 나아가 본 연구에서는 자기부호화기 기법을 응용해 퓨샷러닝을 통한 데이터 증량을 시도했다는 특징이 있다. 퓨샷러닝이란 적은 학습 데이터를 통해 얻어낸 군집 또는 분류 결과를 임의의 잠재공간에 사상시키고, 마찬가지의 방법으로 임의의 잠재공간에 표현한 유사한 데이터들을 거리 기반으로 군집 또는 분류 결과에 매칭시켜 데이터를 증량시키는 최신의 연구방법이다(Sung et al., 2018; Wang et al., 2020). 이상의 방법은 절대적인 데이터 양이 부족한 분야에서 주로 사용되는데, 기계학습 문제에서 자주 접하는 데이터의 희소성(sparsity)과 데이터의 확장성(scalability) 문제를 개선할 수 있는 방법으로 주목받고 있다(이재성 외, 2019; Vartak et al., 2020). 본 연구에서는 확장성 문제를 개선하기 위해 3차~7차연도에 해당하는 HCCP의 패널 자료의 특징을 학습한 자기부호화기를 통해 HCCP의 非패널 자료도 분석에 함께 활용할 수 있었다.

이후, 이상의 과정을 통해 얻은 독립변수를 입력값으로 설정하고 특허출원수를 출력값으로 하는 패널분석 모형을 만든다. 이때 본 연구는 특별히 심층분석을 위해 조절변수를 추가하고자 한다. 이 조절변수는 기술 및 시장의 변화 정도에 대한 값을 의미한다.

따라서 본 연구는 먼저 본문 내에서 조작적 정의 내린 높은 수준의 교육훈련 투자 기업군이 혁신성과인 특허출원수를 유의미하게 설명하는지 통계적 분석을 수행한다. 이후 본 연구에서는 조절변수를 추가함으로써 이상의 기업군이 기술 및 시장의 변화가 클 때는 혁신성과인 특허출원수를 얼마나 설명하는지 실증해보고자 한다. 본 연구의 전체적인 프로세스는 아래 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 연구흐름 도식화

Ⅳ 분석 결과 및 해석

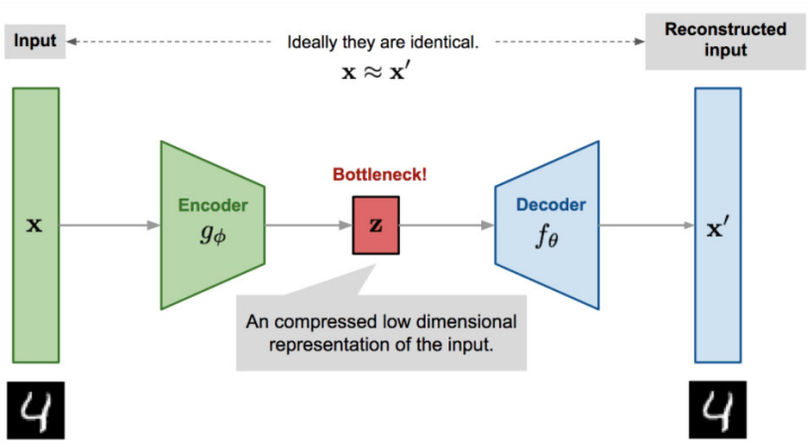
1. 자기부호화기 기반 군집분석 결과

본 연구에서는 다변량 시계열 데이터를 군집분석하기 위해 특수한 방법을 사용했는데, 이 방법은 자기부호화기 기법으로 최근 주목받고 있는 딥러닝 기반의 분석 방법이다. 전통적인 통계분석 방법에서도 시계열 데이터로 군집분석을 수행한다거나, 요인분석을 수행하는 기법들이 존재하나 이상의 방법들은 모두 단변량 시계열 데이터에 대한 분석만 수행한다는 제한점이 있었다. 본 연구에서는 (붙임)과 같이 60개에 달하는 시계열 변수들로 조사응답자들의 특징을 나누기 위한 군집분석을 수행해야 했다. 따라서 전통적인 통계분석 방법을 통해서 이러한 군집결과를 얻을 수 없었기에 딥러닝 기반의 자기부호화기 기법을 응용하게 됐다.

이 방법은 딥러닝 기반 분석 방법론 중에서도 대표적인 비지도 학습 기법으로 알려져 있으며, 임의의 잠재공간으로 차원을 축소하는 기능을 가지고 있다. 이를 이용해 다변량 시계열 데이터를 군집분석한 선행연구결과(윤동희 외, 2019)를 참고해 본 연구에 적용한 결과가 다음과 같다.

자기부호화기는 크게 인코더와 디코더로 구분할 수 있는데, 인코더는 데이터의 특징을 추출하여 차원을 축소하는 기능을 가지고 있으며, 디코더는 추출된 특징을 통해 데이터를 재복원하는 기능을 가지고 있다. 인코더의 기능은 주성분 분석 (Principal Component Analysis, PCA)와 비슷하며, 디코더의 기능은 특이값 분해 (Singular Value Decomposition, SVD)와 비슷한데, 이를 비선형적인 관계에서도 분석할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구에서 사용된 자기부호화기의 구조는 아래 [그림 3]과 같은데, 입력층(input layer)에 조직의 학습지향성 조직문화와 관련된 60개 변수에 대한 5개 시점의 시간창(time window)이 적용된 300차원의 벡터가 입력된다. 이후 128차원의 전부 연결된 은닉층(fully-connected hidden layer)을 통해 입력 벡터의 특징을 추출한다. 그리고 이렇게 추출된 특징을 바탕으로 임의의 2차원의 잠재공간 z에 차원 축소된 잠재벡터(code)를 사상(mapping)시킨다. 이상의 프로세스가 자기부호화기의 인코더에 해당하는 부분이며, 나머지 디코더에 해당하는 부분은 이상의 프로세스를 역순으로 진행시키며 차원 축소된 잠재벡터를 재복원시키는 프로세스를 갖는다.



[그림 3] 자기부호화기 구조[1)]

1) 출처: lilianweng.github.io/lil-log/2018/08/12/from-autoencoder-to-beta-vae.html

본 연구는 전처리된 데이터를 사용해 두 개의 자기부호화기를 모델링했는데, 각각 선형함수를 사용하는 모델과 비선형함수를 사용하는 모델로 구분했다. 두 개의 모델을 통해 317개 표본에 해당하는 3~7차년도 패널 데이터의 특징을 추출했고, 이상의 주요 특징을 자기부호화기 인코더에 학습시켰다.

그 결과 선형모델로 학습을 수행했을 때는 원본 데이터와 자기부호화기를 통해 재복원한 데이터의 RMSE가 약 0.66로 나타났고, 비선형모델로 학습을 수행했을 때는 원본 데이터와 자기보호화기를 통한 재복원 데이터의 RMSE가 약 0.67로 나타났다. 데이터의 표본의 양이 317개로 적었기 때문에 선형모델로 학습된 자기부호화기의 성능이 비선형 모델로 학습된 자기부호화기 성능에 비해 약 1.85% 높게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 317개의 패널조사 데이터를 임의의 잠재공간에 선형모델 기반의 자기부호화기로 저차원 표현시킨 벡터 값을 활용해 군집분석을 수행했다.

이때 수행된 군집분석은 밀도기반의 클러스터링을 수행하는 DBSCAN인데, 자기부호화기로 표현된 잠재벡터를 벡터의 밀도로 잘 클러스터링하기 위해 t-SNE와 함께 DBSCAN을 사용했다. 그 결과 아래 [그림 4]의 왼쪽과 같이 비지도학습의 방법임에도 불구하고 지도학습의 분류결과와 비슷하게 잠재벡터를 밀도에 기초해 잘 군집화하는 것으로 나타났다.

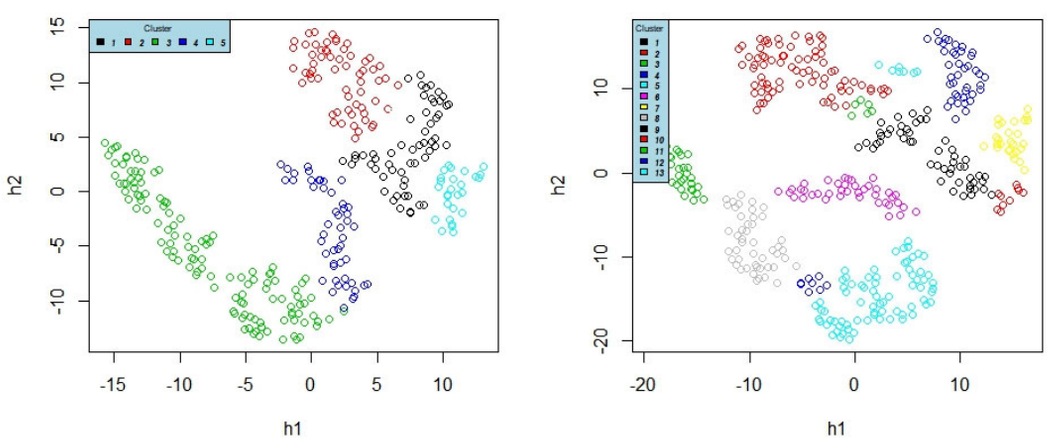
2. 퓨샷러닝 결과

한편 군집분석을 수행하는데 사용된 데이터는 3~7차년도에 공통적으로 설문에 응답한 패널자료였기 때문에, 표본의 크기가 317개에 불과하다는 데이터 표본의 크기 문제가 있었다. 이후 진행될 두 번째 가설을 검증하기 위해 앞서 수행한 군집분석 결과를 독립변수로 사용해야 하는데, 독립변수의 표본 크기가 특정 군집에 지나치게 쏠려있어 이후 수행할 패널 회귀분석에 문제가 우려됐다. 왜냐하면 회귀분석을 수행하는데 표본 크기는 검증력(power)과 효과의 크기(effect)에 관계가 깊기 때문에, 최소 표본의 크기가 변수 하나당 15-25개를 요구하기 때문이다(Schmidt, 1971; Green, 1991). 이상의 문제를 개선하기 위해 본 연구에서는 최근에 많은 관심을 받고 있는 퓨샷러닝(Triantafillou et al., 2017; Wang et al., 2020)의 개념을 도입했다.

퓨샷러닝이란 학습데이터의 양이 적을 때 거리를 기반으로 학습데이터와 유사한 데이터를 매칭시킴으로써, 학습데이터의 양을 증량(augmentation)시켜 분석 결과의 성능을 끌어올리는 방법을 말한다. 본 연구는 이상의 방법을 적용해 패널자료의 양을 증량시켰는데, 구체적인 방법은 다음과 같다.

본 연구에서는 앞서 모델링한 자기부호화기를 통해 317개의 패널자료의 주된 특징을 모델에 학습시켜 임의의 잠재공간에 사상(mapping)시켰다. 퓨샷러닝의 개념으로 생각해 보면 317개의 패널자료가 적은 양의 학습데이터에 해당한다. 이러한 데이터를 증량시키기 위해서 이와 유사한 데이터를 구해야 하는데, 이는 HCCP 설문조사에 있는 非패널 자료를 활용하면 됐다. 이러한 非패널 자료는 3~7차년도 모두 동일한 응답을 수행하지 않았기 때문에 일반적인 패널분석에서는 활용가치가 떨어진다. 하지만 앞서 317개의 패널자료의 특징으로 학습시킨 자기부호화기의 인코더를 이용해 마찬가지의 방법으로 非패널 자료도 임의의 잠재공간에 사상시킬 수 있다. 이렇게 얻은 非패널 자료의 잠재벡터는 패널자료의 특징에 기초해 새롭게 변환된 벡터 값이므로 잠재공간 상에 패널자료와 동일하게 처리할 수 있게 된다. 즉 다시 말해, 패널자료에 응답한 317개 응답표본 외 非패널 자료의 응답표본을 패널자료와 같은 단위의 잠재벡터 값으로 변환시켜 분석에 활용할 수 있게 되기 때문에 학습데이터의 양을 증량시킬 수 있다는 것이다.

이를 위해 본 연구는 어떤 非패널 자료를 얼마나 확보해야 최대한 많은 표본을 추가할 수 있는지 알아보기 위해 非패널 자료 응답표본 간 생성할 수 있는 모든 교집합의 경우의 수를 고려했다. 그 결과 3차년도와 4차년도의 非패널 자료를 활용하면 142개로 가장 많은 표본을 증량시킬 수 있었다. 이상의 非패널 자료의 증량 표본을 패널 자료의 특징으로 학습된 자기부호화기의 인코더를 통해 임의의 잠재공간에 모두 표현한 뒤 t-SNE와 DBSCAN으로 유사한 데이터를 매칭시켰다. 그 결과 총 459개에 대한 표본을 군집화할 수 있었다. 이상의 최종 결과가 아래 [그림 4] 오른쪽과 같다.



[그림 4] t-SNE와 DBSCAN을 통한 군집분석 결과[2] (좌: 퓨샷러닝 전, 후: 퓨샷러닝 후)

2) x축과 y축의 h1, h2는 잠재공간 z에 표현되는 잠재벡터를 각각 의미한다.

3. 첫 번째 가설검증 결과

본 연구는 앞서 얻은 군집분석 결과를 가지고 교육훈련 투자 정도가 높은 그룹과 낮은 그룹을 나눠야했다. 본 연구는 이렇게 나눈 군집을 가지고 패널 회귀분석을 수행해야 되기 때문에 이상의 그룹을 나누는데 군집 개수의 수도 중요했다. 이에 군집의 분포를 알아본 결과가 다음과 같다. 군집의 분포는 군집1이 23개, 군집2가 76개, 군집3은 34개, 군집4는 40개, 군집5는 74개, 군집6은 40개, 군집7은 27개, 군집8은 47개, 군집9는 28개, 군집10은 10개, 군집11은 6개, 군집12는 8개, 군집13은 7개로 나타났다. 이상의 결과가 아래 〈표 1〉과 같다.

〈표 1〉 군집별 분포

군집	군집 1	군집 2	군집 3	군집 4	군집 5	군집 6	군집 7	군집 8	군집 9	군집 10	군집 11	군집 12	군집 13
개수	23	76	34	40	74	40	27	47	28	10	6	8	7

최종적으로 본 연구는 이상의 분포를 바탕으로 군집2와 군집5에 주목했다. 각각의 군집에 대한 교육훈련 투자 관련 변수들과 당해 출원된 특허 수에 대한 값에 대한 기술통계를 살펴봤다. 이때 조직문화 관련 변수들의 개수가 (붙임)과 같이 60개에 달하기 때문에 보다 직관적인 기술통계를 위해 주성분 분석을 통해 3개의 주성분으로 줄인 조직문화 관련 변수들로 기술통계 결과를 살펴봤다.

그 결과 군집2는 조직문화 PC1 평균값이 -5.589205e-17 (46%), 조직문화 PC2 평균값이 -2.868927e-17 (77%), 조직문화 PC3 평균값이 5.159233e-18 (100%), 그리고 출원특허 평균건수가 약 44.58건으로 나타났다. 한편 군집5는 조직문화 PC1 의 평균값이 -6.410565e-17 (42%), 조직문화 PC2의 평균값이 -4.522461e-17 (79%), 조직문화 PC3의 평균값이 -1.176938e-16 (100%), 그리고 출원특허 평균건수가 약 1.04건으로 나타났다. 이상의 결과를 살펴보면 조직문화 PC1, PC2, PC3의 평균값이 모두 군집2가 군집5보다 높게 나타났고, 출원특허 평균건수도 군집2가 군집5보다 높다는 것을 알 수 있다. 이상의 결과가 아래 〈표 2〉와 같다.

본 연구는 군집2를 상대적으로 높은 수준의 교육훈련 투자 기업군으로, 군집5를 상대적으로 낮은 수준의 교육훈련 투자 기업군으로 조작적 정의했다. 이에 본문에서는 편의상 군집2와 군집5를 각각 학습 지향 조직, 학습 非지향 조직으로 명명한다. 그리고 출원특허의 경우 표준편차가 매우 커서 자연로그를 적용했다.

〈표 2〉 기술통계 분석결과

군집	표본 (개)	PC1 (%) Avg.±SD	PC2 (%) Avg.±SD	PC3 (%) Avg.±SD	출원특허 Avg.±SD (건)
군집2	76	-5.589205e-17 ±0.987 (46%)	-2.868927e-17 ±0.987 (77%)	5.159233e-18 ±0.987 (100%)	44.58 ±188.134
군집5	74	-6.410565e-17 ±1.033 (42%)	-4.522461e-17 ±0.892 (79%)	-1.176938e-16 ±0.746 (100%)	1.04 ±3.689

본 연구의 첫 번째 가설인 교육훈련 투자수준에 따라 기업의 혁신성과가 유의미한 차이를 내는지를 증명하기 위해서 앞선 군집분석을 통해 분석을 수행했다. 이때 사용된 방법은 학습 지향 조직과 학습 非지향 조직의 차이를 t-test로 검정하는 방법이다다. 먼저 두 군집의 등분산 분석을 수행해본 결과, 등분산을 가정하지 않는 것으로 나타났기에 Welch t-test를 수행했다($p<0.05$). 이때 수행된 t-test는 단측 검정을 사용함으로써 학습 非지향 조직이 학습 지향 조직보다 특허성과가 작은지 통계적으로 검정했다. 그 결과 아주 높은 유의수준에서 학습 非지향 조직이 학습 지향 조직에 비해 3~7차년도 출원된 특허의 평균이 작다는 것이 검증됐다($p<0.01$). 이상의 결과는 본 연구의 첫 번째 가설을 지지한다.

4. 두 번째 가설검증 결과

본 연구는 두 번째 연구가설인 높은 수준의 교육훈련 투자를 하는 기업군이 그렇지 않은 기업군에 비해 외부의 환경변화 상황에서도 상대적으로 높은 혁신성과를 내는지를 검증하기 위한 패널 회귀분석을 수행했다. 패널 회귀분석에 사용되는 독립변수는 앞서 구한 학습 지향 조직, 학습 非지향 조직으로 구분되는 군집결과를 사용했다. 그리고 종속변수로는 기술적 성과로 당해 출원한 특허의 수를 설정했다. 한편 패널 회귀모형에 외부 환경변화 상황의 제약조건을 추가해주기 위해 조절변수를 추가했는데, 해당 변수는 기업이 체감하는 기술의 변화와 시장의 변화를 의미한다.

보다 용이한 분석을 수행하기 위해 군집의 라벨에 대해 조작적 정의를 내렸는데, 전체 459개 기업에 대해 학습 지향 조직으로 군집화된 76개 기업을 2로, 학습 非지향 조직으로 군집화된 74개 기업을 1로 설정했다. 그리고 두 개 군집 중 어떤 것도 속하지 않는 기업들은 분석 결과에 영향을 없애기 위해 0으로 설정했다. 한편 외부 환경변화를 의미하는 조절변수의 경우에 1에 가까우면 가까울수록 변화의 정도가 커지게끔 리코딩했다.

따라서 독립변수인 군집의 크기 값이 커지면 커질수록 조직의 교육훈련 투자 수준이 커지게끔 설정했고, 조절변수인 외부환경 변화가 커지면 커질수록 환경변화 정도가 커지게끔 설정함으로써 이상의 변수들이 혁신성과에 어떻게 영향을 미치는지 쉽게 파악하기 위한 준비를 마쳤다.

한편 본 연구에서는 이상의 변수들과 함께 통제변수를 설정함으로써 분석의 결과에 영향을 미칠 수 있는 비 관심 변수들의 효과를 제어하고자 노력했다. 이때 사용된 통제변수로는 기술수준과 기업규모다. 먼저 기술수준을 통제한 이유는 높은 수준의 기술력을 바탕으로 기업의 경쟁우위를 선점하는 기업과 가격 경쟁력을 바탕으로 하는 기업의 혁신성과가 다르기 때문이다. 따라서 고기술 산업에 속하는 기업의 경우에 높은 혁신성과를 바탕으로 기업의 영속성을 지키려고 하기에, 이상의 변수에 대한 통제가 필요하다고 판단했다.

이에 본 연구는 기술수준을 측정하기 위해 OECD (20110)에서 작성한 ISIC (국제표준산업분류, International Standard Industrial Classification) REV.3 Technology Intensity Definition을 바탕으로 통계청에서 작성한 한국산업분류코드(KSIC)와 ISIC의 연계표를 활용해 고기술 산업을 찾았다. KSIC로 기술수준을 측정한 이유는 이상의 분류가 생산 주체가 수행하고 있는 생산활동을 유사성에 따라 유형화한 것으로써 기업의 기술사업화 의사결정에 큰 도움이 되는 기준이기 때문이다(이재성 외, 2018). 그 결과 고기술 산업군으로 212(의약품 제조업), 313(항공기, 우주선 및 부품 제조업), 20(화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외), 26(전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업), 27(의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업), 28(전기장비 제조업), 29(기타 기계 및 장비 제조업), 30(자동차 및 트레일러 제조업)을 찾을 수 있었다. 본 연구에서는 이상의 산업에 해당하는 기업을 1, 그렇지 않은 기업을 0으로 코딩해 분석을 수행했다. 그리고 두 번째 통제변수인 기업규모는 중소기업에 비해 대기업이 자원적 우위를 선점하고 있고, 보유하고 있는 기술스톡(stock)이 많기 때문에 혁신성과를 내는데 상대적으로 유리할 수 있다. 이상의 내용에 기업규모를 통제했는데, 기업규모를 측정하기 위해 HCCP 데이터에 있는 종사자 규모에 해당하는 명목형 변수를 사용했다. 기업규모도 마찬가지로 값이 커지면 커질수록 규모도 커지게끔 리코딩을 수행했다.

이후 패널 회귀분석을 수행하기에 앞서 이상의 변수들에 대한 상관분석을 먼저 실시했다. 이때 종속변수는 자연로그를 취함으로써 분포를 안정화시키고 분석에 사용했다. 상관분석 결과 특허출원 수인 Ln종속변수와 높은 수준의 교육훈련 기업군인 독립변수는 강한

유의수준에서 0.13의 상관관계가 나타났다(p〈0.01) 그리고 Ln종속변수와 외부환경변화를 의미하는 조절변수는 강한 유의수준에서 -0.06(p〈0.01), 기술수준을 의미하는 통제변수1과는 0.24(p〈0.01), 기업규모인 통제변수2와는 0.27(p〈0.01)로 나타났다. 이상의 값들은 모두 약한 수준에서 상관관계가 나타났기 때문에 변수들 간 상대적으로 독립적인 것을 알 수 있다. 이상의 내용이 아래 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 상관관계 분석 결과

	독립변수	종속변수	조절변수	통제변수1	통제변수2
독립변수	1.00				
종속변수	0.13***	1.00			
조절변수	0.01	-0.06**	1.00		
통제변수1	0.03	0.24***	-0.04	1.00	
통제변수2	-0.09	0.27***	-0.06**	-0.09***	1.00

주 : *** 1%, ** 5%, * 10% 에서 통계적으로 유의, 독립변수는 기업의 교육훈련 투자 수준, 종속변수는 Ln출원특허, 조절변수는 외부환경변화, 통제변수1은 기술수준, 통제변수2는 기업규모를 각각 의미한다.

본 연구는 이상의 변수들에 대한 패널 회귀분석을 수행해 임의효과를 살펴봤다. 본 연구가 살피고자 하는 효과는 그룹 효과(group effect)에 대한 내용이기 때문에 그룹 수준 평균은 무작위 효과가 된다(Moulton, 1986; Taylor, 2005). 이상의 내용에 기초해 본 연구는 학습 지향 조직과 학습 非지향 조직에 대한 그룹 수준의 혁신 성과 차이 분석을 위해 임의효과를 사용하는 게 적합하다고 판단했다.

한편 3~7차년도 HCCP 패널자료에서 4~5차년도 HCCP 非패널자료를 퓨샷러닝을 통해 증량시켰기 때문에 본 연구에서 사용한 데이터는 불균형 패널의 형태를 갖는다. 따라서 본 연구에서는 불균형 패널 회귀분석을 수행하였는데, 이때 사용된 불균형 패널의 구조는 420개 케이스 n에 대해 4~7차년도의 4개의 T를 갖는 1,710개의 N크기를 갖는 데이터 셋으로 나타났다.

이후 본 연구의 두 번째 가설을 검증하기 위해 위계적 패널 회귀분석을 실시했다. 먼저 제1모형은 통제변수1과 통제변수2를 사용한 모형이다. 제2모형은 제1모형에서 독립변수가 추가된 모형이다. 그리고 제3모형은 제2모형에서 조절변수가 추가된 모형이며, 제3모형은 제4모형에서 상호작용항이 추가됐다.

이상의 모형에 대한 패널 회귀분석을 수행한 결과는 다음과 같다. 먼저 제1모형에서 기술수준은 Ln출원특허에 강한 유의수준에서 1.662만큼 정(+)의 효과가 있는 것으로 나

타났다($p<0.01$). 그리고 기업규모는 Ln출원특허에 강한 유의수준에서 0.645만큼 정(+)의 효과가 있는 것으로 나타났다($p<0.01$).

독립변수가 추가된 제2모형에서는 Ln출원특허에 대해 기술수준이 1.642($p<0.01$), 기업규모가 0.625($p<0.01$)의 유의미한 정(+)의 효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 독립변수는 약한 유의수준에서 0.299의 유의미한 정(+)의 효과가 있는 것으로 나타났다($p<0.1$).

조절변수가 추가된 제4모형에서도 통제변수와 독립변수는 마찬가지로 모두 유의미한 정(+)의 효과가 있는 것으로 나타났는데, 이때 새롭게 추가된 조절변수는 유의미한 효과가 없는 것으로 나타났다. 이후 상호작용항을 추가해 제4모형을 분석한 결과 상호작용항의 효과가 낮은 유의수준에서 -0.309만큼 부(-)의 효과가 있는 것으로 나타났다($p<0.1$).

이상의 상호작용은 위계적 패널 회귀분석을 수행하는데 있어서 R^2과 Adj. R^2가 증가했고, 모델 적합도가 모두 유의미하게 증가했기 때문에 조절변수의 상호작용항도 유의하다고 볼 수 있다. 그리고 상호작용항을 포함하는 제4모형에 대한 다중공선성(Variance inflation factor, VIF) 검사도 수행했는데, 그 결과 제4모형의 변수들이 모두 VIF 가정을 위배하지 않는 것으로 나타났다. 최종적으로 가설검증 결과는 본 연구가 잠정적으로 결론내린 두 번째 가설을 기각했다. 이상의 내용이 아래 〈표 4〉와 같다.

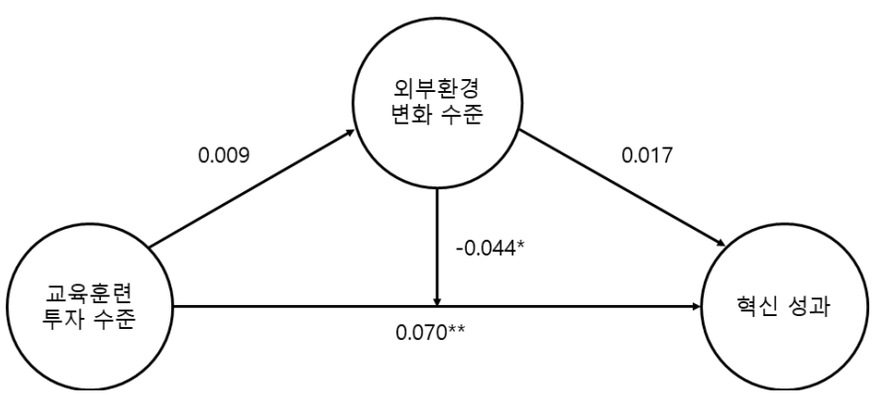
추가적으로, 본 연구의 결과를 패널회귀 모형의 경로에 따라 표준화된 계수로 도식화한 자료가 아래 [그림 5]와 같다. 교육훈련 투자 수준은 혁신성과를 0.070만큼 증가시키는 것으로 나타났고($p<0.05$), 외부환경 변화 수준은 이런 교육훈련 투자 수준의 혁신성과에 대한 효과를 -0.044만큼 낮추는 것으로 나타났다($p<0.1$). 이상의 조절효과는 〈표 4〉를 통해 유사 조절효과인 것으로 나타났다.

한편 외부환경 변화 수준에 대한 매개효과 분석 결과 교육훈련 투자 수준과 외부환경 변화 수준에는 유의미한 관계가 없고, 외부환경 변화 수준은 혁신 성과와도 모두 유의미한 관계가 없어 매개효과는 나타나지 않았다($p>0.1$).

〈표 4〉 위계적 패널 회귀분석 결과

모형	제1모형	제2모형	제3모형	제4모형
종속변수 Ln출원특허				
통제변수1 기술수준	1.662***	1.642***	1.646***	1.647***
통제변수2 기업규모	0.645***	0.625***	0.629***	0.629***
독립변수 교육훈련 투자 수준		0.299*	0.299*	0.391**
조절변수 외부환경변화			0.117	0.288*
독립변수 x 조절변수 상호작용항				-0.309*
상수	-1.893***	-2.049***	-2.049***	-2.046***
R^2	0.038	0.040	0.041	0.043
Adj. R^2	0.037	0.038	0.039	0.040
변화량	0.000	0.002	0.001	0.002
적합도(x^2)	66.722	70.329***	71.575***	75.142***

주 : *** 1%, ** 5%, * 10% 에서 통계적으로 유의



주 : *** 1%, ** 5%, * 10% 에서 통계적으로 유의

[그림 5] 최종 패널회귀 분석 결과

V 요 약

본 연구에서는 환경의 자극에 대한 상이한 차이를 만들어 낼 수 있는 중요한 역량으로 학습에 주목했다. 그리고 이러한 학습능력이 개인수준을 넘어 조직수준에서도 중요하다고 생각했다. 따라서 조직의 학습지향 조직문화는 외부환경변화에 대한 기업의 적응력과 유연성을 높이는 중요한 자원으로써 기업의 경쟁우위를 만들어내는 역량 중 하나라는 사실을 선행연구를 통해 도출할 수 있었다.

이상의 내용을 바탕으로 본 연구는 두 가지 가설을 설정했다. 첫 번째 가설로 높은 수준의 교육훈련 투자를 수행하는 기업의 혁신성과는 그렇지 않은 기업에 비해 상대적으로 좋을 것이라는 가설을 설정했다. 그리고 두 번째 가설로 기업의 교육훈련 투자 수준이 높으면 그렇지 않은 기업에 비해 외부환경변화가 큰 상황에서도 좋은 혁신 성과를 낼 것이라는 가설을 설정했다.

이러한 가설을 검증하기 위해 본 연구에서는 HCCP 자료를 활용해 먼저 다변량 시계열 데이터를 군집화했다. 이때 전통적인 시계열 처리 방법론으로는 다변량 시계열을 군집화할 수 없었기 때문에 인공신경망 기반의 자기부호화기 기법을 적용했다. 이를 통해 다변량 시계열 데이터의 중요한 특징을 추출하고 이를 임의의 가상공간에 사상시키며 새로운 잠재벡터 값을 얻을 수 있었다. 이후 잠재공간 좌표계 위에 사상된 새로운 잠재벡터의 밀도를 기반으로 t-SNE와 DBSCAN 기법을 활용해 군집분석을 수행할 수 있었다.

본 연구에서는 이렇게 얻은 군집분석 결과를 첫 번째 가설과 두 번째 가설을 검증하는데 사용하는데, 특히 두 번째 가설의 검증을 군집분석 결과를 독립변수로 사용하는 패널회귀분석을 통해 수행했다. 이때 회귀분석의 충분한 설명력과 효과크기를 측정하기 위해 충분한 표본의 크기가 필요했기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위한 방법이 필요했다. 본 연구에서는 이를 개선하기 위해 최근에 많은 논의가 되고 있는 퓨샷러닝의 개념을 도입시켰다.

퓨샷러닝이란 적은 양의 데이터로 모델을 학습시켜 먼저 군집 또는 분류 결과를 도출하고, 이후에 훈련에 사용된 데이터와 비슷한 유사데이터를 앞서 도출한 군집 또는 분류 결과에 거리 기반의 비지도 학습을 통해 증량시키는 기법을 말한다. 본 연구에서 이상의 개념은 자기부호화기를 기반으로 응용됐다. 앞서 군집분석 결과를 얻기 위해 수행된 자기부호화기 모델학습은 HCCP 패널자료의 317개 기업을 대상으로 수행됐다. 따라서 해당 자기부호화기 모델은 비록 317개로 적은 양의 데이터지만 모든 조사시점에 동일하게

응답한 완전한 패널자료가 사용됐다.

한편 자기부호화기는 학습 데이터의 중요한 특징을 추출해 이를 임의의 가상공간인 잠재공간에 사상시키는 기능을 가지고 있는데, HCCP에 있는 非패널자료를 유사데이터로 활용해 이를 패널자료의 특징에 기초해 새로운 벡터로 변환시켜 잠재공간 좌표계에 함께 표현할 수 있었다. 이렇게 함께 표현한 잠재벡터의 밀도를 기반으로 마찬가지로 t-SNE와 DBSCAN 기법을 활용해 157개 데이터 표본이 증량된 총 459개 데이터 표본을 대상으로 군집분석을 수행했다.

이상의 군집분석 결과를 통해 본 연구의 첫 번째 가설을 검증한 결과는 다음과 같다. 본 연구는 앞선 군집분석을 통해 도출된 군집 중에서 교육훈련 투자 수준이 상대적으로 높은 군집과 낮은 군집을 도출했다. 그리고 이 두 군집의 혁신성과 차이를 통계적으로 비교하기 위해 t-test 단측검정을 수행했다. 그 결과 기업의 교육훈련 투자 수준이 상대적으로 높은 기업군이 그렇지 않은 기업군에 비해 혁신성과를 많이 내는 것으로 나타났다. 이상의 실증결과를 통해 첫 번째 가설이 지지되는 것을 확인했다.

이후 본 연구에서는 이렇게 얻은 군집결과를 독립변수로 사용해 패널 회귀분석에 사용했다. 패널 회귀분석은 위계적으로 수행됐으며 군집의 그룹 효과를 살피기 위해 임의효과를 살폈다. 그 결과 조직의 교육훈련 투자 수준이 높으면 높을수록 혁신성과에 강한 유의수준에서 유의미한 정(+)의 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 하지만 본 연구에서 조사한 선행연구를 바탕으로 기업의 교육훈련 투자가 만들어내는 기업의 적응력과 유연성으로 인해 외부환경변화 정도가 큰 상황에서도 혁신성과를 좋게 낼 것이라고 설정한 두 번째 가설은 기각되는 것으로 나타났다.

구체적으로 외부환경변화 정도가 커짐에 따른 혁신성과 정도를 보기위해 주력제품의 시장수요변화를 외부환경변화 정도로써 조절변수로 설정하고 기업의 교육훈련 투자 수준과 상호작용항을 만들어 이를 평가했다. 그 결과 상호작용항이 혁신성과에 유의미한 영향이 있다는 것은 맞았지만, 기대한 것과 달리 부(-)의 효과를 나타내는 것으로 확인됐다.

Ⅵ 결 론

본 연구는 이상의 결과에 대해 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있었다. 먼저 기업 HRD 담당자에 대한 실무적 시사점은 다음과 같다. 학습능력은 개인의 수준을 넘어 조직의 수준에서도 유의미한 역할을 수행하는 것을 밝혀냈다. 조직의 관점에서도 학습 인프라, 즉 학습문화가 좋은 기업은 조직의 혁신성과에서도 정(+)의 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 그리고 기업의 교육훈련 투자가 외부환경변화에 분명 유의미한 관계가 있다는 것도 알 수 있었다. 비록 선행연구의 내용과 같이 교육훈련 투자 수준이 좋다고 외부환경변화가 큰 상황에서도 좋은 조직성과를 내지는 않았지만 분명히 이와 밀접한 관계가 있다는 사실은 알 수 있었다.

한편 선행연구를 통해 도출한 잠정적 결론과 달리 효과의 방향이 부(-)로 나타난 이유로는 크게 두가지를 생각해 볼 수 있었다. 먼저 첫 번째 이유로 학습을 통한 외부환경변화에 대한 적응보다 외부환경변화 주기가 더 빨라 본 연구와 같은 결과가 나타난 것으로 생각된다. 오늘날 기업은 ICBM (IoT, Cloud, Big Data, Mobile) 분야의 비약적인 기술혁명으로 인해 그 어느 때 보다 빠르게 변화하는 환경에 살고 있기 때문이다. 따라서 최근에 공개된 HCCP 데이터를 통해 살펴보는 실증분석은 이러한 갑작스런 환경 변화로 인해 전통적인 HRD 이론에 전혀 다른 시사점을 제공할 수도 있기 때문이다. 따라서 오늘날 기업이 직면하고 있는 외부환경의 변화주기가 기업이 자체 또는 위탁을 통해 수행하는 교육훈련으로 따라잡지 못하고 있다는 것을 반증한다고 주장한다. 이상의 내용을 통해 기업의 적극적인 교육훈련도 중요하지만 정부의 지원 필요성에 대해 다시 한 번 생각해 볼 수 있었다.

효과 방향이 다른 두 번째 이유는 혁신성과를 의미하는 종속변수와 관련이 있는 것으로 생각해 볼 수 있다. 본 연구에서는 혁신성과를 측정하기 위해 특허 출원 수를 사용하고 있다. HCCP에 분포하고 있는 기업은 대부분 고기술 산업에 해당했기 때문에 시장수요의 변화 정도가 클 때 이러한 기업이 교육훈련 투자를 통한 인적자원 역량을 바탕으로 활용적 또는 탐색적 기술개발을 수행해 이러한 주력제품 시장수요감소에 대응할 것이라고 생각했다. 하지만 생각한 것과 달리 주력제품 수요변화에 큰 부담을 느껴 오히려 기술개발 시도 자체를 안하는 것으로 해석할 수 있다.

이에 본 연구는 이상의 내용을 바탕으로 정부의 정책 입안자들에게 정책적 시사점을 도출한다. 정부가 기업에게 재정적 지원 또는 조세 지원을 통해 교육훈련으로 따라잡기

힘든 외부환경변화를 쫓아갈 수 있는 여력을 만들어줘야 한다고 주장한다. 그리고 기술개발을 지원하기 위한 다양한 프로그램의 필요성을 강조한다. 하지만 이러한 주장에 비해 본 연구에서는 구체적으로 어떤 정부지원정책이 외부환경변화에 대한 적응력을 길러주고, 기술개발을 효과적으로 지원할 수 있는지에 대한 답까지는 제시하지 못하고 있다. 이러한 연구의 한계는 HCCP 자료에 정부지원정책 효과와 기술개발 활동에 대한 설문항목이 부재하기 때문인데, 1차년도 HCCP까지 존재하던 정부지원정책, 연구개발투자 관련된 설문항목을 패널형식으로 다시 수행할 수 있다면 향후에 어떤 정부지원정책이 유용한지에 대해 보다 다양한 논의가 가능할 것으로 생각된다.

붙임. 변수의 구성 및 설명 (계속)

변수		변수처리
종속변수	특허 출원수	Ln특허 출원수 + 0.01
변화지향	신제품 개발 및 도입	많이있음 4 ~ 거의없음 1
	기술변화	많이있음 4 ~ 거의없음 1
	설비 라인 변화	많이있음 4 ~ 거의없음 1
	핵심인재 도전적 직무배치	시행 1, 미시행 0
	신규인력 채용 강도	전체 직원 대비 신규인력채용 비중
	전략적 제휴 추진 여부	추진 1, 미추진 0
	해외 진출 여부	진출 1, 미진출 0
교육훈련 실시	집체식사내교육	실시 1, 미실시 0
	집체식사외교육	실시 1, 미실시 0
	인터넷학습	실시 1, 미실시 0
	우편통신훈련	실시 1, 미실시 0
	국내연수	실시 1, 미실시 0
	해외연수	실시 1, 미실시 0
	외부 기술지도	실시 1, 미실시 0
교육훈련 강도	집체식사내교육 강도	전체 교육훈련 인원 대비 비중
	집체식사외교육 강도	전체 교육훈련 인원 대비 비중
	인터넷학습 강도	전체 교육훈련 인원 대비 비중
	우편통신훈련 강도	전체 교육훈련 인원 대비 비중
	국내연수 강도	전체 교육훈련 인원 대비 비중
	해외연수 강도	전체 교육훈련 인원 대비 비중
	외부 기술지도 강도	전체 교육훈련 인원 대비 비중
교육훈련 투자	집체식사내교육 투자	전체 교육훈련 비용 대비 비중
	집체식사외교육 투자	전체 교육훈련 비용 대비 비중
	인터넷학습 투자	전체 교육훈련 비용 대비 비중
	우편통신훈련 투자	전체 교육훈련 비용 대비 비중
	국내연수 투자	전체 교육훈련 비용 대비 비중
	해외연수 투자	전체 교육훈련 비용 대비 비중
	외부기술지도 투자	전체 교육훈련 비용 대비 비중

붙임. 변수의 구성 및 설명 (계속)

변수		변수처리
경력개발 실시	학원 수강료 지원	실시 1, 미실시 0
	국내 대학등록금 지원	실시 1, 미실시 0
	국내 대학원 등록금 지원	실시 1, 미실시 0
	해외 대학원 학위과정 지원	실시 1, 미실시 0
	승계계획	실시 1, 미실시 0
	경력개발제도	실시 1, 미실시 0
	교육훈련휴가제	실시 1, 미실시 0
	멘토링 또는 코칭	실시 1, 미실시 0
	학습조직	실시 1, 미실시 0
	OJT	실시 1, 미실시 0
	직무순환	실시 1, 미실시 0
	제안제도	실시 1, 미실시 0
	지식 마일리지 프로그램	실시 1, 미실시 0
	품질분임조	실시 1, 미실시 0
	전사적 품질관리	실시 1, 미실시 0
	6시그마	실시 1, 미실시 0
경력개발 활용	학원 수강료 지원 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	국내 대학등록금 지원 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	국내 대학원 등록금 지원 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	해외 대학원 학위과정 지원 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	승계계획 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	경력개발제도 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	교육훈련휴가제 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	멘토링 또는 코칭 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	학습조직 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	OJT 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1

붙임. 변수의 구성 및 설명 (끝)

변수		변수처리
경력개발 활용	직무순환 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	제안제도 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	지식 마일리지 프로그램 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	품질분임조 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	전사적 품질관리 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
	6시그마 활용정도	많이활용 4 ~ 거의 활용없음 1
외부환경 변화	주력제품 수요변화	크게 증가 5 ~ 거의 없음 1
통제변수	기술수준	KSIC 212, 313, 20, 26, 27, 28, 29, 30에 해당하면 고기술 산업 1, 그렇지 않으면 0
	기업규모	2000명 이상 4 ~ 300명 미만 1

참고문헌

김기태 (2008). 교육훈련 투자가 조직성과에 미치는 영향: 직무만족, 직무능력 향상, 종업원 역량의 매개 효과를 중심으로. *인사관리연구, 32*(4), 29-57.

김대수 (2015). 패널자료 시계열분석기법을 활용한 환경성과와 재무성과 간의 인과관계 분석. 서울대학교 환경대학원.

김민경 (2012). 교육훈련이 조직성과에 미치는 영향에 관한 연구:교육훈련전이의 매개효과를 중심으로. 인천대학교 대학원 경영학과.

민상기·나승일 (2008). 기업체 팀장이 인식한 교육훈련 효과성과 조직성과의 관계. *한국산업교육학회 산업교육연구, 16*, 1-27.

박주완·이성 (2016). 제조업 교육훈련투자가 기업성과에 미치는 영향: 조직문화의 조절효과 및 조직몰입의 매개효과를 중심으로. *한국산업교육학회 산업교육연구, 33*, 53-74.

서은화 (2020). 환경동태성과 혁신성과의 관계에 대한 연구: 전략공격성과 흡수역량의 매개효과를 중심으로. 건국대학교 대학원: 경영학과 전략및국제경영전공.

서주환·조대명·전승표 (2018). 지원기반론 관점에서 중소기업 역량의 성과 영향효과에 관한 연구. *한국기술혁신학회 학술대회, 11*, 175-185.

서창적·이찬형 (2015). 동적역량이 기술혁신의 양면성에 미치는 영향에 관한 연구. *한국경영학회, 44*(1), 305-330.

신덕정·송해덕 (2009). 기업지배구조 결정요인과 인적자원개발 활동간의 관련성 연구. *HRD연구, 11*(3), 1-21.

오석영 (2013). 조직 내 지식획득활동 및 커뮤니케이션, 조직혁신과의 관계 분석: 제도 및 경영진에 대한 신뢰의 조절효과를 중심으로. *HRD연구 , 15*(4), 101-123.

윤동희·김수민·김도현 (2019). 딥러닝을 이용한 시계열데이터 군집화. *신뢰성응용연구, 19*(2), 167-178.

이종태·오세조·성민 (2006). 환경의 동태성이 유통경로 시스템에서 관계특성, 그리고 신용과 호의에 미치는 영향. *한국유통학회, 11*(2), 29-57.

이재성, 전승표, 김근환. (2018). 이단계 군집 분석을 활용한 중소기업 R&D 특징 실증연구. *한국기술혁신학회 학술대회*, 620-639.

이재성, 전승표, 유형선. (2018). 한국표준산업분류를 기준으로 한 문서의 자동 분류 모델에 관한 연구. *지능정보연구, 24*(3), 221-241.

이재성, 김재영, 강병욱. (2019). RFM 다차원 분석 기법을 활용한 암시적 사용자 피드백

기반 협업 필터링 개선 연구. *지능정보연구, 25*(1), 139-161.

이재성·이주연·전승표 (2019). 영과잉 회귀분석을 이용한 연구개발 인력 수요 결정 요인에 관한 연구 : ICT 기업을 중심으로. *기술혁신학회지, 22*(5), 862-892.

임정연·이영민 (2010). 중소제조기업의 교육훈련 투자가 기업 성과에 미치는 영향 분석. *HRD연구, 17*(2), 139-162.

임효창·박경규 (1999). 교육훈련프로그램 구성요소가 교육훈련 이전에 미치는 영향: 상사 및 동료 지원의 조절효과를 중심으로. *한국인사관리학회 조직과 인사관리연구, 23*(2), 107-138.

장용선 (2010). 조직문화 유형이 지식공유에 미치는 영향 분석. *대한경영학회지, 23*(5), 2793-2813.

정동섭 (2005). 교육훈련과 기업성과의 관계에 대한 연구. *경성대학교 산업개발 연구소 산업혁신연구, 21*(2), 71-86.

조세형 (2010). 기업의 인적자원개발 투자가 조직성과에 미치는 영향: 전략적 인적자원개발의 조절효과. *한국인력개발학회, 12*(2), 1-18.

주영주·한애리 (2014). 기업의 교육훈련비, 혁신성, 전이관련성이 조직몰입, 재무성과에 미치는 영향. *기업교육연구, 16*(1), 75-99.

하성호·최수일 (2009). 조직문화유형이 임파워먼트 및 조직유효성에 미치는 영향과 고용불안정성 및 조직신뢰의 군집분석에 관한 연구. *한국조직학회보, 6*(2), 115-151.

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management, 17*(1), 99-120.

Barney, J. (2001). Resource-based theories of competitive advantage: A ten-year retrospective on the resource-based view. *Journal of management, 27*(6), 643-650.

Berkhin, P. (2006). A survey of clustering data mining techniques. *Grouping multidimensional data,* 25-71.

Dess, G. G., & Beard, D. W. (1984). Dimensions of organizational task environments. *Administrative science quarterly*, 52-73.

Ester, M., Kriegel, H.P., Sander, J., & Xu, X. (1996). A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise. *Proceeding of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 226-231.

Flippo, E. B. (1984). *Personnel Management* (6th ed.). McGraw-Hill.

Grant, R. M. (2003). Strategic planning in a turbulent environment: Evidence from the oil majors. *Strategic management journal*, *24*(6), 491-517.

Green S. (1991). How many subjects does it take to do a regression analysis. *Multivariate Behavioral Research, 26*(3), 499-510.

Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier.

Jansen, J. J., Van Den Bosch, F. A., & Volberda, H. W. (2006). Exploratory innovation, exploitative innovation, and performance: Effects of organizational antecedents and environmental moderators. *Management science, 52*(11), 1661-1674.

Jiao, H., Wei, J., & Cui, Y. (2010). An empirical study on paths to develop dynamic capabilities: From the perspectives of entrepreneurial orientation and organizational learning. *Frontiers of Literary Studies in China, 4*(1), 47-72.

Jiao, H., Alon, I., & Cui, Y. (2011). Environmental dynamism, innovation, and dynamic capabilities: the case of China. *Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy, 5*(2), 131-144.

Kim, B., & Shin, J. (2018). A Method for Measuring Similarity Measure of Thesaurus Transformation Documents using DBSCAN. *Journal of Korea Multimedia Society, 21*(9), 1035-1043.

Li, H. (2019). Multivariate time series clustering based on common principal component analysis. *Neurocomputing, 349*, 239-247.

Moulton, B. R. (1986). Random group effects and the precision of regression estimates. *Journal of econometrics, 32*(3), 385-397.

Newell, J. M., & Gagne, R. M. (1970). Student's guide to Robert M. Gagne The Conditions of learning. Holt. Rinehart and Winston.

OECD. (2011). *ISIC Rev. 3 technology intensity definition*.

Ostroff, C., & Bowen, D. E. (2000). Moving HR to a higher level: Human resource practices and organizational effectiveness. *Multilevel theory, research, and methods in organizations,* 211-266.

Pfeffer, J. (1994). Competitive advantage through people. *California management review, 36*(2), 9-28

Schmidt, F. L. (1971). The relative efficiency of regression and simple unit predictor weights in applied differential psychology. *Educational and Psychological*

Measurement, 31(3), 699-714.

Singhal, A., & Seborg, D. E. (2005). Clustering multivariate time-series data. *Journal of Chemometrics: A Journal of the Chemometrics Society, 19*(8), 427-438.

Sung, F., Yang, Y., Zhang, L., Xiang, T., Torr, P. H., & Hospedales, T. M. (2018). Learning to compare: Relation network for few-shot learning. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,* 1199-1208.

Taylor, J. (2005). *Statistics 203: Introduction to Regression and Analysis of Variance—Model Selection: General Techniques*.

Tharenou, P., Saks, A. M., & Moore, C. (2007). A review and critique of research on training and organizational-level outcomes. *Human Resource Management Review, 17*(3), 251-273.

Triantafillou, E., Zemel, R., & Urtasun, R. (2017). Few-shot learning through an information retrieval lens. *Advances in Neural Information Processing Systems,* 2255-2265.

Urabe, K., Child, J., & Kagono, T. (1988). *Innovation and management: International comparisons* (13nd ed.). Walter de Gruyter.

Utterback, J. M., & Afuah, A. N. (1998). The dynamic 'diamond': a technological innovation perspective. *Economics of Innovation and New Technology, 6*(2-3), 183-200.

Vartak, M., Thiagarajan, A., Miranda, C., Bratman, J., & Larochelle, H. (2017). A meta-learning perspective on cold-start recommendations for items. *Advances in neural information processing systems,* 6904-6914.

Wang, Y., Yao, Q., Kwok, J. T., & Ni, L. M. (2020). Generalizing from a few examples: A survey on few-shot learning. *ACM Computing Surveys (CSUR), 53*(3), 1-34.

Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic management journal, 5*(2), 171-180.

Wijbenga, F. H., & van Witteloostuijn, A. (2007). Entrepreneurial locus of control and competitive strategies—The moderating effect of environmental dynamism. *Journal of Economic Psychology, 28*(5), 566-589.

Abstract

A Study on the Moderating Effect of External Environment Changes with Organizational Investment in Human Resource Development and Innovation Performance: Panel Analysis through Multivariate Time Series Cluster Analysis and Few-shot Learning

Lee Jae-Seong (UST), Jung Yebi (KNU)

This study demonstrates the innovation performance of Korean companies in education and training investment by using data from the Human Capital Corporate Panel of the Korea Research Institute for Vocational Education & Training. In this study, the following hypothesis was established by setting external environmental change as a moderate variable based on previous studies. First, the high level of investment in education and training by enterprises will increase innovation performance. Second, the above-mentioned companies will produce good innovation results based on their increased human resource capabilities through investment in education and training, even in situations where external environmental changes are large. This study was able to cluster multivariate time series data by applying a auto-encoder in order to test the hypothesis above, and based on these results, panel regression analysis was performed to examine the causal relationship. On the other hand, this study was able to provide various implications to the head of the human resource department of a company or policy makers who design industrial policies for national innovation growth based on the hypothesis verification results through empirical analysis. In addition, it has academic significance by presenting an analysis method that can use both panel surveys and non-panel surveys at the same time by applying the recently emerging few-shot learning.

Key words: Human Resources Development, External environment change, Multivariate Time Series Cluster Analysis, Panel regression analysis, Few-show learning