

복원탄력성기반 정보시스템 성과평가모델 연구

김경일¹, 이성효^{2*}

¹한국교통대학교 융합경영학과 교수, ²명지대학교 자연교양학부 교수

A Resilience-based Model for Performance Evaluation of Information Systems

Kyung-Ihl Kim¹, Seong-Hyo Lee^{2*}

¹Professor, Department of Convergence Management, Korea National University of Transportation

²Professor, Division of General Education, Myongji University

요약 정보시스템은 새로운 기술의 변혁에 영향을 받는다. 따라서 정보시스템은 외부환경 변화에 신속하게 대응하여야 하며, 특히 정보시스템 장애발생시 그 복원능력이 중요시되어야 한다. 본 연구에서는 Delone과 McLean의 성공요인에 복원탄력성을 추가한 정보시스템 평가모형을 제안하였다. 또한 국내 중견제조업체의 115 사용자 들을 대상으로 한 설문조사를 바탕으로 한 자료포락분석으로 복원탄력성의 영향을 평가하였다. 연구방법으로 채택한 자료포락분석 모형은 금융권에서 주로 적용하는 Charnes 등의 모형을 적용하여 노드생성 중단값 5%에서 민감도분석에 의해 순위화된 인자들을 찾아 다른 인자들에 미치는 영향도를 탐색하였다. 분석결과, 복원탄력성에 대한 영향력은 이전의 연구에서 적용했던 다른 요인들보다 강한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 복원탄력성을 ISO27001 정보보호규격의 평가요인으로 포함하여 정보시스템의 흡수역량을 강화하여야 할 것이다.

주제어 : 복원탄력성, 정보시스템 평가, 위험평가, 정보보호, 정보시스템 성과

Abstract Information System is influenced by the innovation of new IT. Therefore, IS should response to external environment's changes quickly. Particularly, resilience should be considered in barriers of IS. This study suggests a new information system evaluation model in which resilience is added to the existing factors of Delone and Mclean. Then the effect of resilience is evaluated through the DEA(Data Envelopment Analysis) based on a survey targeting 115 users of a mid-sized manufacturing company. The results show that the effect of resilience is stronger than any other factors in the previous researches. We, thus, suggest that the resilience should be included as an evaluation factor of the ISO27001 information security standard in order to enhance the absorptive capacity of the information system.

Key Words : Resilience, Information system evaluation, Risk assessment, Information security, Information system performance

1. 서론

오늘날의 급변하는 기업 환경 속에서 정보시스템은 신기술개발의 선두에 자리를 잡으면서도 지속적인 변화를 흡수해야 하는 역량을 갖추어야 필요성과 어려움

을 안고 있다. 변화에 빠르게 대응하고자 하는 정보시스템은 역설적으로 예측이 불가능한 신뢰성과 안전문제가 실패원인으로 제시되고 있다[1]. 그 결과 불법사용, 정보차단, 정보손실 등과 같은 위협으로 말미암아

*Corresponding Author : Seong-Hyo Lee(hyo@mju.ac.kr)

크고 작은 손실 충격이 여러 가지 형태로 야기되고 있다[2]. 정보시스템의 양면성은 통제하고자 함에도 통제할 수 없다는 것을 의미하는 것이 아니라 기존의 위험 및 보안관리 방법에서 개선된 방안을 요구하는 것이라 점이 중요하다[1].

정보시스템을 포함하는 정보기술 분야에서의 위험평가와 안전관리에 대한 연구는 꾸준히 발전되어왔지만 [3] David 교수 등은 전통적인 위험평가는 대형시스템의 미래 예측 역량과 기술의 한계에 기인하는 난이도를 적절하게 반영하지 못한다는 지적과 함께 대안으로서 보이지 않는 문제에 대처하는 시스템역량을 고려하는 복원탄력성공학(Resilience Engineering)을 소개한 바가 있다[4]. 정보시스템에 있어서의 복원탄력성이라는 것은 부분적 손상 이후 시스템의 복구능력을 의미하는데 실패의 교훈을 통해 성공적인 복구가 이루어져야 함을 전제로 하면서 붕괴에도 불구하고 그 사명을 지속할 수 있는 능력으로 정의한다[3]. 정보시스템은 수많은 위협에 직면해 있기에 복원탄력특성의 개발은 필연적이라 하겠다[2].

요인을 찾아 정보시스템을 평가하고자 하는 연구는 활발히 수행되어 왔고, 정보시스템 특성 내에 관련된 요인들 중에 복원탄력성 개념을 적용하고자 하는 시도 [5]도 있었지만, 복원탄력성에 기초하여 수학적이고 통계적으로 정보시스템을 평가하고자 하는 연구는 아직까지 없다.

본 연구는 정보시스템 성과에 영향을 미치는 요인으로 개인 및 조직에 영향을 미칠 수 있는 복원탄력성, 정보품질, 정보시스템 품질, 정보시스템 사용, 사용자 만족을 포함하는 정보시스템 평가에 대한 새로운 프레임을 제안하고자 한다. 이 프레임은 정보시스템 평가모형의 효시를 열고 많은 연구들이 참조모형으로 사용한 Delone과 McLean의 정보시스템 성공모형[6]에 복원탄력성을 추가한 것이다.

2. 선행연구 검토

정보시스템의 성공적 설계와 도입을 위한 정보시스템 성공요인에 대한 연구는 활발히 진행되어 대표적으로 Delone과 McLean은 시스템 품질, 정보품질, 사용도, 사용자 만족, 개인적 영향, 조직적 영향의 6가지 항목을 포함하는 정보시스템 성공에 대한 통합된 모형을 제안하여 참조모델로서 다양하게 연구되었다[7].

위험평가와 안전관리에 대한 연구로서 Willcocks 등[8]은 위험요소와 위험의 결과를 열거하는 위험평가 프레임의 제안하였고, Gelderman 등[9]은 위험요인 수준이 성공적인 정보시스템 도입에 미치는 영향을 결정할 수 있는 위험분석 프레임의 개발하였으며, Skok 등[10]은 정보시스템의 적용과 경제확장 수준을 고려한 보안평가접근법을 개발한 연구 등이 있는 바, 이 연구들은 복원탄력성 공학을 적용할 수 있는 개념, 인지 및 원칙을 개발하기 위한 시도라고 할 수 있다[11].

복원탄력성 공학의 맥락에서 정보시스템 평가를 위한 연구로서는 Park 등[12]이 포괄적 공급망 네트워크를 구축하면서 복원탄력성을 적용하고자 한 바가 있으며, Thong 등[13]은 정보시스템 전문가들의 직업적 스트레스에 대한 이론적 근거를 복원탄력성에 기초하여 제시하기도 하였다. Rioilli 등[14]은 정보시스템 맥락에서의 조직적 복원탄력성 요인을 설명하는 모형을 제안한 바가 있고, Reimer 등은 지속성과 복원탄력성에 관한 이론적 설명을 제공할 수 있는 모형을 제안하기도 하였다[15].

Hsiao 등[16]은 타이완 회계법인을 대상으로 성과 측정시스템에 있어서 평가 방법이 부분적인 것이 국한되어 있음으로 인하여 상호작용에 대한 결과를 파악할 수 없음을 수정자료포락분석방법으로 성과평가 할 수 있는 방법을 제안하였으나, 이는 경영활동에 대한 평가로 회계정보시스템에 대한 연구는 아니다. 경영활동에 대한 DEA의 적용을 통한 연구는 매우 활발하게 적용되어 Peter 등[17] 많은 연구들이 발표되어 왔으나 모두 경영활동의 상호작용에 대한 연구들이다.

사이버복원력을 복원탄력성으로 정의한 연구로는 최재혁 등(2019)의 연구[18]를 찾을 수 있다. 연구자들은 국방정보시스템의 사이버 공격 징후가 예상되거나 발생했을 경우 신속한 대응 및 시스템의 생존성을 보장하고 유지할 수 있는 사이버복원력의 수준을 평가할 수 있는 성숙도 모델을 제안하였다. 이 연구는 정보보호의 수준에 대한 지표를 검토한 것으로서 본 연구가 지향하는 바인 원천적인 경영활동 즉 조직 활동의 세부단위가 아닌 운영 중인 정보시스템의 하드웨어, 소프트웨어 및 네트워크의 특성과 성능에 따른 지표로 본 연구와는 차별성이 있다.

이외에도 정보시스템 평가에 대한 모형에 대한 연구는 꾸준히 이루어져 왔으나 개인정보영향평가, 보안품

질평가모델, 서비스만족 평가 등에 대한 것이 주를 이루며 본 연구가 시도하고자 하는 고도화되어가는 시스템 환경변화에 대처할 수 있는 유연성을 지니면서 보안과 안전의 문제를 함께 고려하는 복원탄력성에 근거한 자료포락분석방법론에 의한 연구는 아직까지 발표된 바가 없다.

선행연구 검토를 통하여 정보시스템 성과요인에 대한 선행연구들이 고려한 특성과 본 연구가 채택하는 특성요인과의 대비는 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Difference of features for Information systems performance from prior research

research	Factors						
	1	2	3	4	5	6	7
Delone & McLean (1992)	○	○	○				
Gelderman (1998)				○	○		
Skok et al. (2001)		○	○	○	○	○	○
Park et al. (2009)	○	○	○	○			○
Chang et al. (2015)		○		○	○		
this research	○	○	○	○	○	○	○

1:Resilience 2: System Quality 3: Information Quality
 4: Usage 5: User satisfaction 6: individual impact
 7: Organizational Impact

3. 연구방법

본 연구에서는 Delone과 McLean의 정보시스템 성공 모형에 복원탄력성을 추가한 새로운 모형으로 정보시스템 성과를 측정하고자 하였으며, 배포된 설문으로부터 수집한 자료를 퍼지자료포락분석(FDEA: Fuzzy Data Envelopment Aalysis)으로 제안 모형의 효율성을 결정하여 정보시스템 성공에 대한 복원탄력성의 영향을 강조하고자 하였다. 퍼지자료포락분석을 이용한 이유는 효율적평가방법론은 다양하게 존재하기만 데이터의 모호성을 최소화할 수 있는 방법이기 때문이다. 연구방법과 절차는 Fig. 1에서 제시하는 연구노정도에 제시하였다.

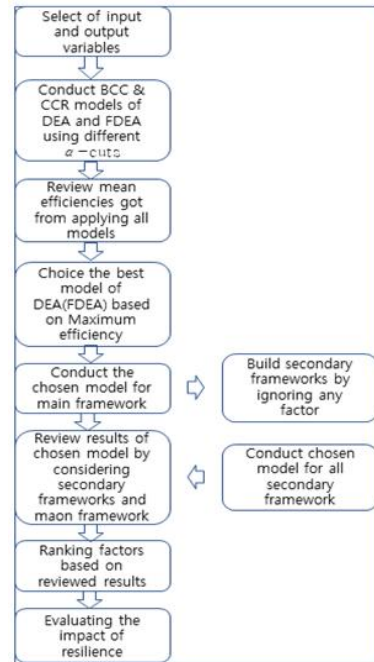


Fig. 1. Research Structure

정보시스템의 수준 등 정보시스템의 특성에 따른 편차를 줄이고 사용자의 시스템사용에 대한 동질성을 유지하기 위하여 본 연구에서는 LED관련 벤처기업으로 코스닥에 상장된 중견기업을 사례기업으로 선정하였다.

사례기업은 2000년대 초반 ERP도입 이후 MES, SCM, CRM을 지속적으로 도입하여 통합정보시스템을 구축한 이후 스마트공장 실현을 위하여 전 공정의 80% 이상을 자동화하여 정보화수준이 매우 높은 기업을 사례로 적용하여 17개 부서 115명의 임직원들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 총27개의 질문으로 요인별 중요도를 1부터 10까지 중요도가 높을수록 높은 숫자를 기입하도록 설계하여 설문의 구성은 Table 2와 같다.

Table 2. Questionnaire contents

category	contents
basic	Department
	age
	experience
	is type of using
	control & monitoring
Resilience	continuous abilities
	indicated message
	resolve problems
	expert existence
	instruction for problem occurred
	sufficiently train
	considerable alternatives on problems

IS Quality	security & availity
	evaluation for IS speed
	capability of connecting & transferring data
user satisfaction	precision of output information
	existing IS illustrative, expressive & comprehensible
information quality	time limits in presenting information
	present required information
	contents of output information
IS Use	facilitate controlling & forming decisions
	effective transforming information
	effective operation management
	easiness of communication
impact on individual	promote productivity
	posiible to do works faster
	opportunity to do more works
impact on organization	IT objectives illustratin
	identify required corrective operations
	description of IS
	integration of operation

다수의 투입요소와 다수의 산출요소를 갖는 의사결정 단위의 효율성을 투입요소들의 가중 합과 산출요소들의 가중 합의 비율로 측정한다. 이를 유사한 활동을 수행하는 다른 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)들의 효율성을 비교하여 상대적인 효율성을 결정하는 방법을 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)라 한다. DEA를 실시하기에 충분한 데이터가 없거나 이용 가능한 데이터의 확실성이 부족할 때, 모든 데이터가 정확하다는 가정하에 DEA를 이용하는 것은 부적절하기에 데이터의 충분성과 정확성의 불확실함을 극복하기 위한 방법이 퍼지자료포락분석(Fuzzy Data Envelopment Analysis, FDEA)으로 본 연구에서 분석방법으로 채택하였다.

단계적 분석으로 정확성을 높이고자 우선적으로 DEA를 실시하고 FDEA를 통해 정확성을 기하면서 115명의 사례회사 임직원으로 DMU로 설정하고 수집된 데이터의 신뢰성을 측정하기 위해 Cronbach's Alpha값을 각 변수에 대하여 계산한 결과는 Table 3에 제시하였다.

Table 3. Reliability Test

Factor	Cronbach's Alpha
Resilience	0.822
IS Quality	0.746
Information Quality	0.641
IS Usage	0.781
User Satisfaction	0.723
Impact on Individual	0.873
Impact on Organization	0.859

앞서 언급한 바처럼, 본 연구모형에서의 변수는 복원 탄력성과 Deloan과 McLean의 성공모형 변수 6개를 포함하고 있으며, 이들 모두가 산출요소변수로 산출요소 지향 자료포락분석에 해당되어 투입요소는 상수화된다.

단계적 분석으로 DEA분석은 CCR(Charnes, Cooper & Rhodes)모형과 BCC(Banker, Charnes & Cooper)모형을 Model1, Model2로 하고, α -cut방법론을 적용한 퍼지 자료포락분석은 Model 3로 하여 각 모형에서의 DMU 평균효율성 결과 값을 Table 4에 제시하였다.

Table 4. Efficiency of CCR, BCC Model of DEA & FDEA at each alpha-cut

Model type		mean efficiency
CCR		0.899
BCC		0.891
FDEA	0.05	1.316
	0.1	1.274
	0.2	1.195
	0.3	1.121
	0.4	1.05
	0.5	0.986
	0.6	0.929
	0.7	0.88
	0.8	0.837
	0.9	0.801
	0.95	0.784
	0.99	0.772
1	0.769	

Table 4에서 보는 바처럼 Model 3의 α -cut =0.05 선상에 DMU 효율성 값이 1.316으로 최대값을 나타냄으로써 α -cut =0.05에서의 FDEA 모형이 가장 적절한 모형으로 선정되었다.

4. 분석결과

α -cut 0.05에서의 퍼지자료포락분석을 최적모형으로 하여 모든 요인을 고려한 것을 메인 프레임이라 명명하고 요인 중의 하나를 제외하고 다시 분석하는 작업을 모든 요인들에 대해 반복적으로 수행하는 단계를 2차 프레임으로 명칭한다. 순위를 위하여 각 2차 프레임 결과값을 메인 프레임 결과값과 비교한 바, 메인 프레임 결과값이 반복된 모든 2차 프레임 결과 값보다 크게 나타나 모든 요인들이 Table 5와 같이 정보시스템 성과에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 정보시스템 성과에 영향을 미치는 각 요인들을 식별하고자 메인프레임과 2차 프레임 결과값을 비교할 때, 복원탄

력성을 고려하지 않은 2차 프레임 값은 최소값을 나타내 복원탄력성 변수요인이 가장 중요한 요인임을 증명하고 있다.

Table 5. Ranking of mean efficiency scores of 2nd frameworks using the selected mdoel

Not Considered Factor	Mean efficiency score	Rank
Resilience	1.105	1
IS Quality	1.31	4
Information Quality	1.279	2
IS Use	1.313	5
Use Satisfaction	1.314	6
Impact on Individual	1.315	7
Impact on Organization	1.307	3

2차 프레임과 메인프레임의 순위결과에 대한 상관관계를 살펴보고자 비모수 Spearman 검증을 실시한 결과, Table 6에 나타난 바와 같이 복원탄력성은 상대적으로 높은 영향을 보이고 있어 Table 5와 Table 6은 유사한 결과 값을 나타냄으로 실험결과의 신뢰성을 확보할 수 있다.

Table 6. Spearman correlation of factors

Not Considered Factor	Spearman correlation value	Rank
Resilience	0.555	1
IS Quality	0.998	4
Information Quality	0.99	2
IS Use	0.999	5
Use Satisfaction	0.999	5
Impact on Individual	1	7
Impact on Organization	0.997	3

5. 결론 및 제언

정보시스템 성과를 평가할 수 있는 모형으로 복원탄력성을 Delone과 McLean의 성공모형에 추가하는 것을 제안하였다. 국내 증견제조업체를 연구사례로 적용하여 수집된 데이터 분석은 Cronbach's Alpha값이 모든 변인에 대하여 충분한 신뢰성을 가질 수준이었다. 산출요소로 고려된 모든 변인들에 대한 DEA의 CCR, BCC모형과 α -cut =0.05에서의 퍼지 자료포락분석 중 퍼지 자료포락분석을 최적모형으로 선정하였다. 퍼지 자료포락분석 결과, 복원탄력성이 가장 높은 영향력을 갖는 정보시스템 성과 요인으로 확인되어 정보시스템 성과 평가에는 복원탄력성이 고려되어야 함을 제언할

수 있다.

4차 산업혁명 시대에 스마트제조혁신이라는 맥락에서 제조산업에서는 디지털기기의 대량 도입으로 정보시스템의 기본구조 변화를 요구하는 등 정보시스템은 새로운 기술의 변혁에 민감하게 영향을 받는다. 따라서 정보시스템은 외부환경 변화에 신속하게 대응하여야 하며, 특히 정보시스템 장애발생시 그 복원능력이 중요시되어야 함을 연구결과를 통해 제시한다.

본 연구결과가 제시하는 바, ISO 27001 정보보호규격에 복원탄력성 요인을 포함시켜 복원탄력성의 역할과 중요성을 정보시스템 설계와 도입 및 운영 그리고 평가에 반영하여 경영활동이 지속적으로 개선될 수 있도록 하여야 할 것이며, 제조현장에서 RPA를 비롯한 디지털기기를 추가도입하고자 할 때에는 이러한 기기들이 정보시스템의 복원탄력성에 얼마나 영향을 미칠 것인가에 대한 사전예측 후, 도입할 것이며 운영을 통하여 나타난 성과를 측정하면서 정보시스템의 지속적 개선을 이룩하여야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] G. Müller, T. G. Koslowski & R. Accorsi. (2013). Resilience - A New Research Field in Business Information Systems?, *Proceedings of the 16th International Conference on Business Information Systems*, Poznan, Poland, June 19-21.
- [2] M. Jouini, L. B. A. Rabai & A. B. Aissa. (2014). Classification of Security Threats in Information Systems, *Procedia Computer Science* 32, 489-496. DOI : 10.1016/j.procs.2014.05.452.
- [3] N. Feng, H. J. Wang & M. Li. (2014). A Security Risk Analysis Model for Information Systems: Causal Relationships of Risk Factors and Vulnerability Propagation Analysis. *Information Science*, 256, 57-73. DOI : 10.1016/j.ins.2013.02.036.
- [4] D. W. David, N. Leveson & E. Hoolnagel. (2012). *Resilience Engineering : Concepts and Percepts*, Farnham : Ashgate.
- [5] D. Denyer, E. Kutsch, E. L. Lee-Kelley & M. Hall. (2011). Exploring Reliability inn Information Systems Programmes. *International Journal of Project Management*, 29(4), 442-454. DOI : 10.1016/j.ijproman.2011.02.002.

- [6] W. H. DeLone & E. R. McLean. (1992). Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable. *Information System Research*, 3(1), 60-95.
DOI : 10.1287/isre.3.1.60.
- [7] J. C. Shin & K. I. Kim. (2016). A Study of the success factors in the Enterprise Information Systems introduced. *Journal of Convergence Society for SMB*, 6(4), 1-8.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2016.6.4.001.
- [8] L. Willcocks & H. Margetts. (1994). Risk Assessment and Information Systems. *European Journal of Information Systems*, 3, 127-138.
DOI : 10.1056/175170802242893.
- [9] M. Gelderman. (1998). The Relation between User satisfaction, Usage of Information Systems and Performance. *Information & Management*, 34(1), 11-18.
DOI : 10.1016/S0378-7206(98)00044-5.
- [10] W. Skok, A. Kophamel & I. Richardson. (2001). Diagnosing Information Systems Success : Importance-Performance Maps in the Health Club Industry. *Information & Management*, 38(7), 409-419.
DOI : 10.1016/S0378-7206(00)00076-8.
- [11] K. I. Kim (2018), Difference Between Client's and Supplier's receptions of IT Outsourcing Risks. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(5), 237-242.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2018.8.5.237.
- [12] I. Park, R. Sharman, H. R. Rao & S. Upadhyaya. (2009). On the Two Factors Affecting Information Systems Success in the Extreme Event Context, *8th Workshop on E-Business, WEB*, Phoenix, AZ, USA, Dec.15.
- [13] J. Y. Thong & C. S. Yap. (2000). Information Systems and Occupational Stress: A Theoretical Framework. *Omega*, 28(6), 681-692.
DOI : 10.1016/S0305-0483(00)00020-7.
- [14] L. Riolli & V. Savicki. (2003). Information System Organizational Resilience. *Omega*, 31(3), 227-233.
DOI : 10.1016/S0305-0483(03)00023-9.
- [15] K. I. Kim. (2017). Impact on AIS Process and Firm Performance of Accounting Information System Based in Dynamic Capabilities Framework. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(5), 169-175.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2017.7.5.169.
- [16] B. Hsiao, L. shu & F. Chiu. (2019). Assessing the efficiency the accounting industry using multiactivity net DEA: evidence from Taiwan. *International Transaction in Operation*, 26(6), 2362-2386.
DOI : 10.1111/itor.12416.
- [17] W. Peter, K. A. Abul, A. & J. Antunes. (2019). A dynamic network DEA model for accounting and financial indicators : A Case of efficiency in MENA banking. *International Review of Economics & Finance*, 61(4), 52-68.
DOI : 10.1016/j.ref.2019.01.004.
- [18] J. H. Choi, W. J. Kim & J. S. Lim. (2019). A Study on Maturity Model for the Assessment of Cyber Resilience Level in the Defence Information System. *Journal of The Korea Institute of Information Security & Cryptology*, 29(5), 1153-1165.
DOI : 10.13089/JKIISC.2019.29.5.1153.

김 경 일(Kyung-Ihl Kim)

[정회원]



- 1987년 2월 : 명지대학교 대학원 경영학과 석사
- 1995년 2월 : 명지대학교 대학원 경영학과 박사
- 1993년 4월 ~ 현재 : 한국교통대학교 융합경영전공 교수

· 관심분야 : IMS, Design of AIS

· E-Mail : kikim@ut.ac.kr

이 성 효(Seong-Hyo Lee)

[정회원]



- 1984년 2월 : 서울대학교 경영학사
- 1986년 6월 : State Univ. of New York at Buffalo, 경영학과, M.B.A
- 1992년 6월 : State Univ. of New York at Buffalo, 경영학과, 경영학 박사

· 1995년 2월 ~ 현재 : 명지대학교 교수

· 관심분야 : 정보화경영체제, 회계정보시스템, 정보시스템 도입방법

· E-Mail : hyo@mju.ac.kr