韓國IT서비스學會誌
第17卷 第2號
2018年 6月, pp.83-100

Journal of Information Technology Services
https://doi.org/10.9716/KITS.2018.17.2.083

한국 석재산업의 IT 도입 및 활성화를 위한 탐색적 연구

안재영* · 이중정** · 윤혜정***

An Exploratory Study on Adoption and Activation of IT for Korean Stone Industry

Jaeyoung An* · Choong C. Lee** · Haejung Yun***

■ Abstract ■

Demand for stone products used as building materials is increasing. The construction industry, the value of the stone industry is sufficient, but the domestic stone industry is very lag regarding IT utilization. However, the overseas stone industry produces high-quality products using IT. In this study, we want to offer an IT application technology priority fit for the stone industries. We identify the current status and production process of the stone industries, then set the priority of various IT, so that obtain competitiveness in the domestic stone industries, and minimize the gap between the overseas stone industries. Therefore, we used AHP method; stone industry production processes were selected as the Enterprise Operation Management, Quarrying, Manufacturing, Construction and Maintenance of first-tier. The second-tier ones are consisted of 30 factors out of IT elements. Focus group interviews were conducted to confirm the validity of each factor. As a result, most important factors of first-tier was selected as the order of Manufacturing, Quarrying, Enterprise Operation Management, and Construction & Maintenance. The top 5 of 30 factors in the second-tier were selected Smart Sensor, Mobile Device, Robot of manufacturing, GIS of quarrying, and SCM of enterprise operation management. And the factor that relatively less important was GPS of construction and maintenance. If properly applied an IT application technology for stone industry, we expect to provide efficient production lines and increase customer satisfaction, which will ultimately expand the promotion for the industry and thus act as positive factor in promoting the stone industry.

Keyword : Stone Industry, Manufacturing, IT Application, Priority, AHP

Submitted : January 31, 2018 1st Revision : March 15, 2018 Accepted : April 18, 2018

* 연세대학교 정보대학원 IoT서비스융합 박사과정
** 연세대학교 정보대학원 교수
*** 이화여자대학교 신산업융합대학 국제사무학과 조교수, 교신저자

1. 서 론

IT(Information Technology)의 발전과 확산은 제조업에도 영향을 주었다. 전통적으로 운영하던 제조업에서도 IT 응용을 통하여 질적 성장과 서비스의 차별화로 고부가가치를 창출하려는 노력은 계속되고 있다. IT의 응용은 조선, 자동차, 건설 등의 전통산업 분야와 결합하여 핵심기술의 개발을 이루고 있으며, 경제적으로는 새로운 일자리를 창출하여 신 성장 동력으로 작용하고 있다(Lee et al., 2008).

Software Policy and Research Institute의 2016년 보고서에 의하면 최근 제조업의 환경변화에 영향을 미치는 요인으로 '고객 맞춤형 제품에 대한 수요 증대 27.8%', '제조업의 서비스화로 인한 경쟁심화 22.7%', 'IoT 및 빅데이터 등 IT 기술의 변화 13.6%' 순으로 영향력의 인식을 나타내고 있다. 개별화되어가는 고객의 니즈를 반영하기 위해서는 생산 시스템의 변화가 필요하며, 제조업에서의 IT 응용은 새로운 경쟁력 확보를 위한 필수 요건이 되고 있다. Korean Standards Association의 2017년 보고서에 따르면 디지털 혁신의 기반으로 4차 산업혁명이 도래하면서 해외 각 나라에서는 제조업 강국의 생태계를 살리기 위해 독일 "industry 4.0", 미국 "industrial internet", 일본 "robot strategy", 중국 "중국제조 2025"를 실시하고 있다. 우리나라도 제조혁신 3.0 전략을 추진하고 있지만, Ministry of Science ICT and Future Planning의 2017년 보고에 따르면 "제조업의 디지털 혁신"의 시급성은 매우 높게 나타나지만, 정부의 역할은 매우 낮은 것으로 나타났다.

전통적인 제조업 중에서도 석재를 다루는 기술은 고대시대부터 지금까지 축적되어, 부가가치가 높은 석재 제품 생산이 가능해졌다. 또한, 전 세계의 산지에는 천연 부재인 석재 자원이 고르게 분포되어 있어, 석재산업의 가능성은 아직도 무궁하다고 할 수 있다.

해외 석재산업은 IT 응용 신기술 및 시장 동향에 관한 연구와 투자가 끊임없이 이루어지고 있다(Stone World, 2017). 대표적으로 미국, 폴란드, 터키, 이탈리아는 석재 가공기술 분야에 IT 응용 장비를 개발 및 도입하여 산업적 가치를 높이고 있다. 반면, 국내 석재산업은 산업적 가치와 중요성을 인식하지 못한 채 IT 응용 신기술 개발을 간과하고 추세에 맞추지 못하여 산업적 성장력이 점차 하락하고 있다. 따라서 국내 석재산업의 IT 도입 현황이나 활성화 방안에 대한 대책 마련이 시급한 실정이나, 이에 대한 고찰이 매우 부족한 실정이다.

최근까지 진행된 석재산업 관련 연구들은 석재산업에 IT 기술 응용을 고려하지 않고, 지역 석재산업 육성 방안 및 가공 기계 기술과 관련된 연구가 주를 이루어 왔다(Kang and Jang, 2003; Hong et al., 2010; Jeong, 2016). 예를 들어, 기계 시스템을 이용한 절삭장치 개발, 재해 및 공해방지 방안, 석분 슬러지(진흙)의 혼합 방법 등 기술적인 활용에 관한 연구 및 기존 석재장비에 맞춰져 연구가 진행되어 왔으며(Lee and Kim, 1992; Hyun, 1996;), 활성화 방안도 지역 범위로 제한되어 현황 조사 위주로 이루어진 실정이다(Yun, 1997; Song, 2000; Jwa et al., 2007; Kim and Lee, 2013).

이와 같은 연구의 필요성을 고려하여 본 연구의 목적은 첫째, 석재산업의 공정 프로세스에 IT 응용이 가능한 IT 요소를 탐색하여 선정하고, 둘째, 선정된 IT 요소를 통한 석재 산업에 적합한 "IT 응용 기술 우선순위"를 제공하고자 한다. 이를 위해 의사결정 우선순위를 선별하는 AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법을 활용하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 석재산업의 현황 소개와 공정 프로세스를 도출하고, 타 제조업에 응용된 IT 기술 요소를 선행연구를 통해 선정한다. 제 3장에서는 연구의 방법과 적용방법을 설명하고, 제 4장에서는 연구 분석 및 결과를 기술하였다. 마지막으로 제 5장에서는 연구 결과 및 시사점, 향후 연구 방향에 대해 논의하였다.

2. 개념적 배경

2.1 석재산업 현황

석재산업이란 석재를 채취하고 가공하여 각종 제품을 제작하고 시공하는 산업을 뜻한다. 석재산업은 석재가공업, 석공 사업, 채석 업, 쇄석 업으로 분류된다. 쇄석 업은 자갈과 모래를 다루는 업종으로 본 연구의 범위는 석재가공업, 석공사업, 채석 업으로 국한한다.

국내 석재산업의 시작은 1960년대 말 일본으로 화강암 원석을 수출하게 되면서 산업이 조성되었다. 1970년대 이후 전국으로 확산되었으며, 한국표준산업분류에는 건설용 석재 채취업과 석재 제품 제조업으로 분류되어 있다. 건설용 석재 채취업은 암석(화강암, 대리암, 사암 등)을 채취하는 산업이고, 석재 제품 제조업은 암석을 절단, 성형, 가공 및 제조하는 산업이다(The Korea Stone Press, 1979).

석재산업에서 가장 중요하게 여기는 것은 석재 자원(암석)으로, 석재용으로 사용되는 암석의 종류는 많지 않으므로, 암종 별 강도, 풍화 정도 등을 기초로 분류한다. 미국 ASTM, 중국 GB, 이탈리아 UNI의 표준규격을 따르고 국내는 KS 규격을 따라 석재용 암석을 분류한다. 국내 실제 석재사업에 이용되는 대표적인 암석은 화강암류, 사암류, 점판암류, 현무암류, 대리석 및 사문암류이다(Choi, 2013). 또한 Song(2000)은 1990년을 기점으로 약 100년 정도 채굴할 수 있는 양이 국내에 매장된 것으로 추정하고 있다. 따라서 석재에서 사용할 수 있는 자원은 상대적으로 풍부한 상황이다.

국내 산지에는 각각의 물리적 특성과 다양한 색상을 가진 암석이 다량 분포되어 있지만, 작업 시 발생하는 소음과 진동, 먼지 등의 환경 훼손 문제로 인한 당국의 채석 허가가 많이 제한되고 있어 많은 채석 업이 타격을 입고 있다.

석재가공업은 원석을 가공하여 공예용, 건축용, 조경용 등을 생산하는 산업으로 수익성을 창출할 수 있는 산업임에도 국가와 지방자치단체에서의 석재산업을 지원하는 적극적인 입법적 제도가 존재하지 않아 오히려 낙후되어가고 있다. Statistics Korea의 조사에 따르면 2013년 대비 2014년 사업체 수는 9.5% 증가했지만, 종사자 수는 15.8% 감소했다. 석재산업은 기피업종으로서 피하려는 경향이 크고, 전문 기술력을 갖춘 대다수가 고 연령층이기 때문이다. 또한 기술인력 양성을 위한 지원 및 교육적 제도가 없어 청년층의 기술 인력은 전혀 없는 실정으로 발전성을 예상하기 어렵다. 기업의 영세성과 전문 인력 부족 현상은 상품의 품질에도 영향을 미치고, 고객 요구에 맞는 제품 생산 부진의 성과를 보이고 있다.

또한 석제품 가공에 있어 빠른 시간에 정확하고 품질이 높은 제품제작이 진행되어야 원재료 비용을 절감할 수 있지만, 대부분의 기계장비가 노후되어 많은 자원낭비 문제가 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 석재산업에 IT 응용이 시급하다. 또한 원가가 저렴한 해외 원자재 및 제품과 경쟁하기 위해서도 석재산업에 새로운 기술혁신이 필요하다(Kim et al., 1998).

이러한 국내 상황과 달리 채석 및 가공 공정기술이 발달하면서 세계 석재산업은 성장세를 보이고 있다. 해외 석재산업의 IT 응용 기술은 아래의 <Table 1>과 같이 요약할 수 있다. 반면에 국내 석재산업에는 IT 기술이 활용되고 있지 않으며, 석재 공정 과정에 있어 안전하고 정밀성이 높은 기기를 보유하고 있지 않다.

2.2 국내 제조업과 석재산업의 IT 응용 현황 비교

산업에서의 IT 응용은 사업관리 및 신속 정확한 정보교환을 가능하게 하며, 사업의 경쟁력을 좌우하는 핵심기술이다(Do, 2009). IT 기술은 산업 간의 융합으로 신 시장을 창출하기 위한 기술의 혁신으로 생산의 새로운 패러다임으로 진화했다(Kim et al., 2010).

〈Table 1〉 Introduction of Overseas Stone Industry Machinery

Nation	Machinery	Description	Company/Source
USA	T&D Robotics Lapisystem	The perfect machine between a traditional bridge saw and the most advanced CNC; A working range is provided to complete the design.	Salem Distributing
	LT-2D3D Laser Templator	The device that reduces the production cost and problems caused by other template creation method while improving efficiency and accuracy.	Laser Products Industries's
	3D Laser Scanner	A device that captures the size of space and easily documents it.	Farber and Hisert
	Robo SawJet	Accurate and fast cutting in a limited space, producing slabs every 20 minutes	Kamery
Poland	Auto Blasting CNC	The sand is sprayed on the stone for to carve character, and at the same time, Absorbs dust from the stone and proceeds to polishing	ABRA
Turkey	KT-80	Automatically adjusts the cutting speed and information on system operating defects of the cutting machine	AGMMAKINA
Italy	Waterjet Cutting	The machines with multiple wire saws with 20 polishing lines and resin lines	AATC

〈Table 2〉 Smart Factory Level

Level	Division	Definition
Accelera-tion	Acceleration	• Buildup a real-time dialog system for objects, services, and business modules through IoT/IoS and realize business in cyberspace
	Automation	• Unique identifiers such as equipment, materials, etc • Automated implementation through object identification and telecommunication between objects using IP
	Factory Operation	• Optimize corporate check and operation using Big Data and Cyber Physical System factory materialization • Possible utilization markets trend analysis and new product development, and buildup unified enterprise management system
	Supply Chain Management	
	Product Development	
	Enterprise Resource Planning	• CPS-based collaboration and product development to finished products, purchasing materials to distribution, production to disposal on management in the internet space
Second level middle	Second-level middle	• Sharing Supply Chain Management and Engineering with other companies • Global planning optimization and achieve real-time business through control automation
	Automation	• Measurement information, automated actual output and equipment control system automation
	Factory Operation	• Available control-based factory operation optimization and real-time scheduling and decision making • Growth-type factory management through periodic analysis and feedback
	Supply Chain Management	• To share information on sale, production, and quality information of other companies, but operating stand-alone collaboration for information system
	Product Development	• Standard information and engineering information • Automatically synchronized with smart factories for consistent automation with no additional work required
	Enterprise Resource Planning	• Product development system linkage and KPI development management and dashboard monitoring management
First level middle	First-level middle	• Automatically obtain facility information as much as possible • Automate enterprise operations by sharing high reliability information with other companies
	Automation	• Automated aggregation of production information and measurement information
	Factory Operation	• Real-time factory operation analysis and decision making
	Supply Chain Management	• To share information on sale, production, and quality information of other companies, but operating stand-alone collaboration for information system
	Product Development	• Generate baseline and engineering information for product development
	Enterprise Resource Planning	• Improvement in cost linking factory operation system and automatic production plan
Base	Base	• To collect and utilize information on some of production, and to build up in own company information system by minimum cost through utilizing the infra of other companies
	Automation	• Automating to collect an actual output information
	Factory Management	• Physical Distribution Management
	Supply Chain Management	• Information sharing using the IT infra of other companies
	Product Development	• To manage product development project
	Enterprise Resource Planning	• Improved collections and payments and inventory
Unapplied	Everything is done by hand, and To collaborate with other companies via phone and e-mail	

Source : KORCHAM(2014).

지금까지 석재산업 기술의 흐름을 살펴보면, 초기에는 전적으로 인력에 의존한 석제품 제작이었다. 중기에는 절삭기와 수동 연마기(인력 70%, 기계 30%)를 통해 석제품을 제작하였고, 현재는 절삭기와 자동 연마기(인력 30%, 기계 70%)를 통해 제작되고 있다(Jeong, 1998). 하지만 석재산업의 기술력 수준은 산업혁명의 흐름과 비교해 보았을 때 아직 3차 산업혁명의 도입기 수준에 머무르고 있다.

최근 4차 산업혁명과 함께 제조업의 중요성이 다시 부각되고 있고 전 세계적으로 제조 강국을 위해 새로운 혁신 정책이 추진 중이다. 그 기반은 IT를 응용한 첨단 제조기술을 통하여 고부가가치 생산을 창출하는 스마트공장으로 관심이 집중되고 있다(Kim and Sim, 2015). 석재산업 분야에서도 스마트 공장을 구축하기 위해 IT 응용 기술의 도입과 응용이 시급하다. 또한 기업 마다 IT 기술에 대한 준비 수준이 다르므로 각 기업에 적합한 수준별 표준 플랫폼이 제시되어야 한다(Kim and Sim, 2015). 스마트공장 수준은 분야별로 세분화되며 <Table 2>에 제시된 것과 같다.

2.3 석재 관련 산업의 IT 응용 관련 선행연구

IT의 기술은 산업에 내재화되어 기존의 기술을 고도화시키고, 산업의 프로세스에 접목하여 생산의 효율성을 향상시킨다. IT는 다양한 산업의 제품 생산이나 공정의 컴퓨팅(Computing), 네트워킹(Networking), 센싱(Sensing), 작동(Actuating)의 분야에 응용되고 있다(Kang, 2009).

다양한 제조 산업에 IT가 활용되고 있으며, 석재산업과 관련이 많은 건설 산업에도 IT가 활용되고 있다. 예를 들어, RFID와 Camera(Web Cam)를 이용하여 공사 관리 및 자재 협력업체들과의 통신을 하고 있으며(Jeon and Park, 2008), Lee and Kim(2005)은 제조업에 경영 시스템을 구축하는 도구로 제조에서 모든 자원 및 공정을 관리하는 MES (Manufacturing Execution System)가 필수적이라고 하였다.

Mine Technology(2015)에서는 광산자원 산업의 운영, 생산성 향상 및 안전관리를 위해 IT 기술을 적용하였다. 광산장비 및 작업자 위치 파악을 위한 RF Sensor, 광산의 시각화를 위한 3D Model 그리고 실시간 위치추적과 관제를 위한 Monitoring 및 PDA의 필요성을 제시하였다. Song et al.(1999)은 지하자원을 탐사하기 위해 공간정보를 파악할 수 있는 GIS(Geographic Information System)를 활용할 수 있다고 하였다. 또한, 광산과 터널에 Wi-Fi Mesh 기술을 통하여 어디에서도 통신 상태를 유지할 수 있게 되었다(Yang et al., 2014; MST, 2016).

품질이 높은 석재 제품을 가공하기 위해서는 원자재 선택과 설계가 선행해야 한다. Celani et al. (2009)은 3D Scanner를 이용한 규격에 맞는 원자재를 선택하였고, Lee et al.(2016)은 정확성을 높여 공사 기간 단축을 하였다. 설계된 도면의 형상을 데이터의 형태로 전송하면 CAM(Computer Aided Manufacturing)에 전송된 데이터 기반으로 제품 생산 준비를 한다. 준비가 완료되면 CNC(Computerized Numerical Control)는 절삭가공을 하여 정밀한 제품의 대량 생산이 가능한 모형으로 제시한다(Lee et al., 2016). 또한 제조현장에서는 장비 관리와 안전이 중요하다. Device를 통해 장비를 관리하고, 인간이 하기 어려운 일을 로봇이 대체하여 근로 환경을 개선할 수 있다(Cha et al., 2011; Yang et al., 2014). Lee et al.(2015)은 Smart Sensor를 이용하여 전력 소비량을 20.3% 절감 효과를 보일 수 있음을 밝혔다.

시공은 제작된 석재 제품을 거래처로 납품하거나, 시공 현장으로 배송하는 과정이다. Byeon et al. (2006)은 GPS를 Mobile Device와 연계하여 위치 정보를 공유하였다. 현장에서는 자재관리가 매우 어려우므로 RFID를 이용하여 자재관리를 할 수 있다 (Kim et al., 2006). Mujber et al.(2004)는 제조 환경에 VR(VirtualReality)을 이용한 훈련으로 공정의 공기를 단축하였다. Pristschow et al.(1996)은 벽돌을 쌓기 위해 Bricklaying Robot을 제시하였다. 시공 후 유지관리가 제일 어려운 부분이다. 제품

의 하자를 빨리 파악하기 위해 Lee et al.(2008)은 구조물의 휨 정도를 파악할 수 있는 Smart Sensor를 개발하였다.

이와 같은 선행연구를 통해 국내 석재산업 공정 프로세스에 응용할 수 있는 IT 요소들을 선정하였다. 이러한 요소들은 AHP 방법의 2계층 측정 요인으로 사용되며, <Table 6>과 같이 확정하였다.

3. 연구 방법

3.1 AHP 개요 및 절차

AHP(Analytic Hierarchy Process : 계층적 분석 방법)는 1970년대 초반 Tomas Saaty에 의해 개발된 의사결정 방법이다. 의사결정을 위한 계층구조를 구성하고 있는 요소 간의 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 의사결정 방법론이다(Saaty, 2000; Kim et al., 2017). 즉 해결하고자 하는 의사결정의 전 과정을 단계로 구분 후, 단계별로 분석하여 정성적인 요소를 정량적으로 측정하는 방법이다(Lee and Cho, 2011).

AHP 방법론은 네 가지 기본 원칙에 바탕을 둔다(Park, 2007). 첫째, 2개의 요인을 짝지어 비교할 수 있는 "상호 비교", 둘째, 제한된 범위 내에서 정해진 척도에 의하여 표현되는 "동질성", 셋째, 요인들의 특성이나 내용 측면에서 서로 관련성이 없는 "독립성", 마지막으로 의사결정의 목적에 관한 사항을 계층이 완전하게 포함되고 있는지에 대한 "기대성"을 고려해야 한다(Kim, 2015).

AHP는 응답자가 가지고 있는 주관적인 의견을 반영할 수 있는 방법이며, 다수의 목적을 동시에 고려할 수 있는 의사결정 방법이다(Yun et al., 2017). 선행연구에서는 R&D 사업 기술 및 시스템을 선정하고(Lim, 2011), 제조업 공정 평가 등에서 AHP 방법이 사용되었다(Bai et al., 2015).

AHP의 적용에서 평가자의 의사결정의 중요도를 산출하기까지 4단계의 과정을 거친다(Kim, 2015). 1단계에서는 의사결정 문제를 상호 관련되어 있는 사항들로 계층화하는 단계이다. 최상위 계층인 1계층은 포괄적인 의사결정 목적을 주고, 하위 계층은 구체적인 요소들로 의사결정의 선택 대상이 되는 대안들을 의미한다. 2단계는 동일한 계층을 구성하고 있는 요소들 간의 쌍대비교로 평가자의 응답을 수렴하며, 정성적인 요소들을 정량적인 수치 척도로 변환하여 측정한다. 3단계에서는 평가자가 얼마나 일관성 있는 판단을 내렸는지 검증하기 위해 고유치 방법을 이용하여 상대적인 가중치를 추정한다. 또한, 평가자가 일관성 있게 평가했는지 확인하기 위해 일관성 비율을 구한다. 마지막 4단계에서는 의사결정 대안이 되는 하위계층 요소들의 우선순위를 구하기 위하여 상대적인 가중치 종합을 한다.

본 연구에서는 석재산업에 IT 기술을 응용하기 위한 IT 기술 요소 우선순위를 정함에 있어 쌍대비교

〈Table 3〉 Comparison Matrix for Pairwise Comparisons between Items

	Factor 01	Factor 02	Factor 03	Factor 04	Factor 05
Factor 01	1				
Factor 02		1			
Factor 03			1		
Factor 04				1	
Factor 05					1

〈Table 4〉 Questionnaire for Pair Comparison

Factor A	Importance									Factor B
	(←)A is more importance				Equal	B is more importance(→)				
Score	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	Score

행렬을 <Table 3>과 같이 구성하였다. 각 분야 전문가들(IT 전문가, 채석업 전문가, 석재업 전문가)의 설문지 응답을 엑셀로 구성된 함수를 이용해서 가중치를 산출하고, 일관성 비율이 0.2 이하인 응답자 설문지만 모아 각 계층별 요소의 가중치를 계산하였다(Lee et al., 2011). 그리고 1계층 요소의 가중치와 2계층 요소의 가중치를 곱해서 2계층 요소의 최종 가중치를 계산한 후 그 결과 값을 기준으로 점수가 높을수록 중요도가 높은 항목으로 정하였다.

요소의 평가점수는 어의적 판단 수치에 상응하는 1, 3, 5, 7, 9의 수치를 리커드 5점 척도에 맞춰 평가하였다. 요소 A가 더 중요한 곳에 응답을 하면 정수로 표기하고 요소 B가 더 중요하다고 응답을 하면 분수로 표기하는 방법으로 <Table 3>의 비교행렬에 입력 하였다. 예를 들어 응답자가 <Table 4>의 Factor A(Factor 1)가 Factor B(Factor 2) 보다 4만큼 더 중요하다고 하면, <Table 3>의 Factor 1행 Factor 2열에 7을 입력하고, Factor 2행 Factor 1열에는 1/7을 입력한다. 반대로 Factor B(Factor 2)가 4만큼 더 중요하다고 하면, <Table 3>의 Factor 1행 Factor 2열에 1/7을 입력하고, Factor 2행 Factor 1열에는 7을 입력한다. 그 이후 가중치 계산 및 기하평균 계산은 위에 설명한 순서대로 한다.

3.2 AHP 연구 모형과 조사 대상

석재산업에 IT 기술을 응용하기 위하여 IT 기술의 요소의 우선순위를 도출하기 위해 AHP 계층모형을 구성하였다. Choi(2013)에 따르면 석재 공정과정은 입찰(수주)을 받아 계약을 체결 후 채석장에서 원석을 확보한다. 그 후 공장가공으로 석재 제품이 만들어지면, 설계 도면에 의해 시공이 이루어진다. 위 과정을 근거하여, 1계층의 요소로 수주부터 계약 체결까지의 과정을 “기업경영관리”, 원석확보를 “채석”, 공장가공을 “제조”, 시공을 “시공 및 유지관리”로 선정하였다. 2계층에 대한 IT 기술 요소는 제조업 IT 응용 관련 선행문헌 연구를 통하여 1계층 석재 공정 과정에 맞는 IT 기술 요소를 도출하였다. 선정 된 요소가 타당하게 도출되었는지 확인하기 위해 1차적으로 전문가(IT 전문가, 석재 연구 전문가) 패널 5명을 대상으로 검증을 실시하였다. 검증된 내용으로 모형을 수정 후, 측정을 위한 조작적 정의는 <Table 5>, <Table 6>과 같이 확정하였다.

연구모형에서 구성된 요소들의 우선순위를 도출하기 위해 각 분야의 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 2017년 5월 21일부터 6월 5일까지 이메일을 보내거나 설문지를 직접 대면하여 전달하는 방법으로 설문을 진행하였고, 27부 전부 회수되었다(<Table 7> 참조). 설문 방법에 있어 1계층 요소는 설문 대상자 모두에게 응답을 요청 하였다. 2계층 요소에 대한 상대적 중요도를 측정하기 위해 IT 및 경영 전문가에는 “기업경영관리”, 채석산업 전문가는 “채석”, 석재산업 전문가는 “제조”, “시공 및 유지관리”의 설문지만 응답하도록 요청하였다.

〈Table 5〉 First-tier Stone Industries Process Operational Definition

First-tier Dimensions	Operational Definition
Enterprise Operation Management	Share information systems between enterprises to save and support information flows related to design, sales, ordering, etc.
Quarrying	Before making stone goods, utilize IT to improve productivity and obtain secure safety for mining raw stones efficiently to supply raw materials
Production	Customize design according to customer’s demand and it is possible to reduce error rate, time and product quality of manufacturing process and save energy.
Construction and Maintenance	It is possible to improve the accuracy of position and the hookup of materials in the construction of the stone product. In addition, it is a service that notifies the maintenance to the customer by detecting the imbalance of the product through sensors.

〈Table 6〉 Second-tier Factors Operational Definition

First-tier Dimensions	Second-tier Dimensions	Operational Definition
Enterprise Operation Management	CRM	To improve business relation between customers, to manage of data and analysis for maintain customer and promote sale, and management system with various channels such as website, telephone, and marketing data
	ERP	The system that links integrated management of all processes required for company management; information on all elements of production activities such as manufacturing, distribution and services etc
	SCM	The system that manages material, information and finance into delivery process of wholesale, retail, and consumer
	MES	The system that improves process controlled improvement and quality productivity by enabling quick response to be manufacturing problems and various demands change; it is a system to support various activities in the manufacturing process, and receives various information related into production and production and manages it in real time
	Monitoring	The device that uses to create a profit for a company by observing and analyzing data for each element of first-tier
	Mobile Device	The device that identifies data of each element of first-tier, and handle data
Quarry	RF Sensor (Radio Frequency Sensor)	The device that can detect temperature, pressure, vibration, etc using radio frequency; so real-time position tracking for the safety of quarrying equipment and workers, and detection and management of equipment stopping at early warning and dangerous radii by locating the approaching object
	Wi-Fi Mesh	The device that can do Expanded Wi-Fi to telecommunication well in deep quarries without the need for power and cables
	GPS (Global Position System)	The technology that can manage work safety by checking the location of equipment and workers
	Remote-controlled equipment	The device for exploring resources without environmental constraint and allowing them to be safely and efficiently mining through remote device control
	Big Data Analysis	The technology that enables quick decision-making onto field data by collecting and analyzing data from gemstone exploration, quarrying and drilling-log
	3D Modeling	The system that provides 3D visualization and model data by precisely expressing the shape of minerals spatially in 3D for assessment of gemstone reserves
	GIS	The system that facilitates the establishment of a resource development plans by analyzing the distribution and status of gem-stones and the development environment by collecting the spatial position of the drill-log in the satellite together with the topographic information
	Monitoring	The device that provides a safe working environment by monitoring the work environment in real-time through display devices or instruments in automated system state
	PDA (Personal Digital Assistants)	The device that can check real-time about worker and machinery through transmission data
Manu-facturing	3D Modeling	The simulation technique that can classify dimensions and textures; before factory processing product, create customized design drawings using 3D program such as 3D CAD and Revit
	3D Print	The machine that can minimize the errors of product production by confirming the product design in advance by utilizing the design drawing that fit the customer's needs
	3D Scanner	The forecasting technology that can scan raw material, and efficiently process designs to make on 3D modeling
	CAM	When the design data of a drawing is transferred, the system that performs preparatory work for product production based on the data
	CNC	The machine that enables mass production for precision processing of product by controlling movement of cutting tool through computer during cutting
	Robot	The machine that replaces the human labor force on the actual plant and raises the precision, and efficiency of the work line and reduces the risk
	Smart Sensor	This sensor that can efficiently manage energy for the control and process of machine
	Mobile Device	The device to check process of stone products, and then to detect and control errors of machine
Construction and Maintenance	GPS (Global Position System)	The technology that can prevent the disruption of the process by confirming the delivery location of the stone products from the processing plant to the site
	RFID (Radio Frequency Identification)	The device that inputs the ID of each good created by the 3D modeling program in the manufacturing process to the RFID chips to automatically manage information on the factory shipment
	VR (Virtual Reality)	The device to check work sites in advance through simulations, and to prevent mistakes by solving problems before site construction
	Smart Sensor	The service that can notify the customers about the maintenance by understanding the horizontal level of the construction product
	Web Cam	The technology that records the field in real time and telecommunication it to manager or headquarter so that the contents can be fully grasped from a distance to predict following-up management and process management
	Robot	The technology that is applied to the field by combining position correction and materials by automated methods for stone products using moving robots
	Mobile Device	The device that confirms the process and to send message lack of material to head office then to send material to site work

〈Table 7〉 Experts who Responded of the Survey

Expert	Detailed Classification	Number of respondents
IT and Enterprise Operation Management	4 years~6 years	1
	6 years~8 years	1
	over 8 years	10
Quarry	over 8 years	5
Stone Industry	over 8 years	10

4. 연구분석 및 결과

4.1 국내 전문가 인터뷰

대면을 통한 설문일 경우, 분야별 전문가들의 IT 응용에 대한 의견을 조사하여 AHP 분석에 참조하고 추가적인 시사점을 도출하고자 하였다. 종합적인 의견은 다음과 같다. IT 장비를 다룰 수 있는 전문 인력이 매우 부족하고, IT 응용을 위한 초기 투자 및 유지보수 비용과 IT 도입 후 산업 성장이 둔화될까 우려된다는 의견이 있었다. 반면, IT 도입 및 응용에서 기대하는 것은 석재 제품의 다양성 확보와 공정 속도의 향상이라고 답하였다.

4.2 AHP 분석 결과

회수된 응답자들의 설문내용은 AHP Calculator (http://yjhyjh.egloos.com/33525)를 사용하였다. 1계층 4개 항목과 각 1계층에 구성된 2계층 항목들에 대한 상대적 중요도 및 우선순위를 분석하였다.

<Table 8>에서 보듯이 석재산업 공정 프로세스 1계층 요소에 대한 우선순위는 제조(0.388)항목이 가장 높았고, 그 다음 채석(0.269)항목, 기업경영관리(0.187)항목, 시공 및 유지관리(0.156)항목의 순서로 나타났다.

1계층의 전문가별 각 항목의 중요도에 대한 응답을 살펴보면 <Table 9>와 같다. IT 전문가는 제조(0.388), 채석(0.210), 기업경영관리(0.222), 시공 및 유지관리(0.181)의 순서로 나타났다. 채석 전문가는 채석(0.567), 제조(0.226), 기업경영관리(0.153), 시공 및 유지관리(0.054)의 순서로 나타났고, 석재 전문가는 제조(0.470), 시공 및 유지관리(0.182), 채석(0.180), 기업경영관리(0.169)의 순서로 나타났다. <Table 8>의 결과와 비교해 전문가들의 중요도를 살펴보면, 제조 항목은 모든 전문가가 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있었다. 채석은 다른 전문가들보다 채석 전문가가 매우 높은 중요도를 나타내고 있었다. 원활하지 못한 원자재의 공급 부족으로 제품 생산에 차질을 빚고 있는 실정에도 석재 전문가들은 채석의 중요도에 대한 상반된 결과를 보였다. 기업경영관리는 IT 전문가가 높은 중요도를 나타냈고, 다른 전문가들은 차이가 없는 중요도를 보였다. 시공 및 유지관리에서는 IT 전문가와 석재 전문가는 같은 중요도를 나타냈고, 채석 전문가는 상대적으로 크게 낮은 중요도를 나타내었다. 이는 채석에서는 자원 생산만 있을 뿐, 시공 및 유지관리를 해야 할 부분이 없기 때문이라고 판단된다.

〈Table 8〉 First-tier Factor Priorities

Priorities	Factors	Total Weight
1	Manufacturing	0.388
2	Quarry	0.269
3	Enterprise Operation Management	0.187
4	Construction and Maintenance	0.156

〈Table 9〉 Expert's Importance of Each Factor of First-Tier

Factor	IT Expert	Quarry Expert	Stone Expert
Manufacturing	0.388	0.226	0.470
Quarry	0.210	0.567	0.180
Enterprise Operation Management	0.222	0.153	0.169
Construction and Maintenance	0.181	0.054	0.182

2계층의 우선순위 분석결과, "제조"에서 구성 하고 있는 세부 항목 8개의 우선순위 도출은 기계의 제어와 에너지 절감, 폐석분의 저장량 파악이 가능한 "Smart Sensor(0.229)"가 가장 중요하게 나타났다. 언제 어디에서든지 적재적소에서 석제품의

공정과정과 기계의 오작동상태도 파악할 수 있어 빠른 대처를 가능하게 하는 “Mobile Device(0.213)”, 석재 제품 제작에 있어 정밀성을 필요로 하는 작업, 위험이 따르는 작업을 대신해 주는 “Robot(0.160)”의 순으로 필요성이 나타났다. 반면에, 컴퓨터 제어로 정밀절삭이 가능한 “CNC(0.071)”는 8개의 요소 중 6위로 나타났는데, 절삭작업은 기계보다 인간이 더 세밀하고 정교하게 할 수 있다는 전문가들의 인식으로 인해 이런 결과가 도출 되었다고 생각된다. 또한, 가장 하위 순위를 차지한 “3D Print(0.044)”는 공장에서 상품제작이 시작되기에 앞서 고객에게 사전모형을 제공하여 고객의 만족도를 높이는 요소이기 때문에 다른 요소들에 비교해 큰 필요성을 느끼지 못해 이런 결과가 나왔다고 판단된다(<Table 10> 참조).

〈Table 10〉 Second-tier Factor Priorities of Manufacturing

Priorities	Factors	Total Weight
1	Smart Sensor	0.229
2	Mobile Device	0.213
3	Robot	0.160
4	3D Modeling	0.116
5	CAM	0.097
6	CNC	0.071
7	3D Scanner	0.070
8	3D Print	0.044

“채석”을 구성하는 세부 항목 9개의 상대적 중요도를 보면, 공간정보에 의해 원석의 분포와 현황 및 개발 환경을 분석할 수 있게 하고 시추 주상도에 대한 공간 정보를 제공해주는 “GIS(0.217)”로 가장 중요하게 나타났다. GIS는 석산의 지형을 파악하여 원석의 위치 정보를 알려줄 수 있는 기술이다. 이 기술과 2순위로 선정된 “Big Data Analysis (0.171)”를 활용하여 채석의 실수율을 줄일 수 있기 때문에 가장 중요한 기술로 생각하고 있음을 알 수 있었다. 그 다음으로 “Remote Device(0.161)”, “GPS (0.102)”, “RF Sensor(0.084)”, “3D Modeling(0.078)”, “Monitoring(0.077)”, “Wi-Fi Mesh(0.061)”, “PDA (0.049)” 순위로 나타났다. 3순위부터 9순위까지 요소는 채석 현장에서 작업 실무자들에게 적용되는 기술은 채석률을 높여 주는 기술보다 중요하지 않음을 파악할 수 있었다(<Table 11> 참조).

〈Table 11〉 Second-tier Factor Priorities of Quarry

Priorities	Factors	Total Weight
1	GIS	0.217
2	Big data Analysis	0.171
3	Remote-controlled equipment	0.161
4	GPS	0.102
5	RF-Sensor	0.084
6	3D Modeling	0.078
7	Monitoring	0.077
8	Wi-Fi Mesh	0.061
9	PDA	0.049

“기업경영관리”를 구성하는 세부 항목 6개의 상대적 중요도를 보면, “SCM(0.294)”이 가장 중요한 것으로 나타났다. 또한, 이와 유사한 특징 시스템인 “ERP(0.204)”, “MES(0.201)” 순서로 큰 차이가 없었다. ERP와 MES 시스템도 제조공정의 활동에 가장 중점을 두고 있었으며 시스템적 개선의 필요성이 제조 공정과정에만 집중되고 있음을 알 수 있었다. 반면에 고객관리를 하는 CRM(0.099)은 상대적으로 낮게 나타났다. 그리고 하위 순위로는 “Monitoring(0.017)” 4위, “Mobile Device(0.085)” 6위로 평가되었다(<Table 12> 참조).

〈Table 12〉 Second-tier Factor Priorities of Enterprise Operation Management

Priorities	Factors	Total Weight
1	SCM	0.294
2	ERP	0.204
3	MES	0.201
4	Monitoring	0.117
5	CRM	0.099
6	Mobile Device	0.085

"시공 및 유지관리"를 구성하는 세부 항목 7개의 상대적 중요도를 보면 "Robot(0.280)"이 가장 높게 평가되었다. Robot은 자동화된 방법으로 시공하는데 있어 인간의 시공 기술력이 부족한 부분을 보완하여 안전하고 능률적인 시공을 가능하게 해준다. 대부분의 석재 조립은 사람이 직접 돌을 들어 시공하지만, 로봇을 통한 시공이 이루어진다면 편의성과 안전함을 제공할 것이다. 다음으로 "VR(0.125)"은 현장 시공 전 가상 환경을 통한 사전 시공 연습으로 현장 시공 시 실수율을 낮출 수 있다.

반면에 현장에서 활용 가능한 시스템들은 하위 순위로 나타났다. "Web Cam(0.104)", "RFID(0.096)", "GPS(0.065)"는 현장을 관리 감독 하면서 자재 파악이 가능하다. 자재 배송 시 위치를 파악하여 시공의 시간을 단축하게 하며, 차질을 빚지 않도록 할 수 있다. 하지만 전문가들은 자재 관리보다 실질적인 현장 시공이 더 우선적이라고 판단했기에 <Table 13>과 같은 결과가 나타났다.

〈Table 13〉 Second-tier Factor Priorities of Construction and Maintenance

Priorities	Factors	Total Weight
1	Robot	0.280
2	Mobile Device	0.176
3	Smart Sensor	0.153
4	VR	0.125
5	Web Cam	0.104
6	RFID	0.096
7	GPS	0.065

4.3 전체 항목의 상대적 중요도 및 우선순위

1계층과 2계층의 상대적 중요도를 반영하여 2계층 30개 종합적 우선순위를 나타낸 결과는 <Table 14>와 같다.

기업경영관리, 채석, 제조, 시공 및 유지관리의 계층 구분 없이 IT 응용을 위한 2계층 30개의 종합 우선순위를 정리하였다. 1순위부터 5순위는 먼저 "Smart Sensor(0.089)"가 가장 높이 평가되었으며,

〈Table 14〉 Total Factor Priorities of First-tier and Second-tier

Priorities	Factors	Total Weight
1	Smart Sensor of Manufacturing	0.089
2	Mobile Device of Manufacturing	0.083
3	Robot of Manufacturing	0.062
4	GIS of Quarry	0.059
5	SCM of Enterprise Operation Management	0.055
6	Big Data Analysis of Quarry	0.046
7	3D Modeling of Manufacturing	0.045
8	Robot of Construction and Maintenance	0.044
9	Remote Device of Quarry	0.043
10	ERP of Enterprise Operation Management	0.038
10	CAM of Manufacturing	0.038
10	MES of Enterprise Operation Management	0.038
11	GPS of Quarry	0.028
12	CNC of Manufacturing	0.027
12	Mobile Device of Construction and Maintenance	0.027
12	3D Scanner of Manufacturing	0.027
13	Smart Sensor of Construction and Maintenance	0.024
14	RF Sensor of Quarry	0.023
15	Monitoring of Enterprise Operation Management	0.022
16	3D Modeling of Quarry	0.021
16	Monitoring of Quarry	0.021
17	VR of Construction and Maintenance	0.020
18	CRM of Enterprise Operation Management	0.018
19	3D Print of Manufacturing	0.017
20	Wi-Fi Mesh of Quarry	0.016
20	Web Cam of Construction and Maintenance	0.016
20	Mobile Device of Enterprise Operation Management	0.016
21	RFID of Construction and Maintenance	0.015
22	PDA of Quarry	0.013
23	GPS of Construction and Maintenance	0.010

다음으로 “Mobile Device(0.083)”, “Robot(0.062)”, “GIS(0.059)”, “SCM(0.055)” 순으로 나타났다. 반면 26순위부터 30순위까지 보면 “Web Cam(0.016)”, “Mobile Device(0.016)”, “RFID(0.015)”, “PDA(0.013)”, “GPS(0.010)” 순으로 하위권을 나타내며 우선순위가 평가되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 국내 석재산업에 적합한 IT 응용기술 우선순위를 제안하기 위해 제조업과 해외 석재산업에서 활용되고 있는 IT 기술 30개 요소를 선정 후 전문가 인터뷰와 AHP 방법을 활용하여 우선순위를 정하였다.

본 연구 결과의 구체적인 시사점을 정리해 보면 다음과 같다. 첫째, 전문가들은 제조의 Smart Sensor, Mobile Device, Robot의 도입이 상대적으로 중요하다고 생각하고 있었다. Smart Sensor는 제조에서 이용되는 에너지를 측정하여 낭비되는 부분을 알려줘 에너지 절감 효과를 얻고, 폐석분의 저장량 파악 및 처리시기를 예측할 수 있다. 폐석분의 처리 시기는 석재 제품 납품 기간에 큰 영향을 미친다. 폐석분 처리장에서 처리시기를 놓치면 석재 제품 공정을 멈추고 폐석분을 처리한 후 다시 공정을 해야 하기 때문에, 납품 기일이 지연된다. 따라서 원활한 석재 제품 납기를 맞추기 위해서는 폐석분 처리를 알려주는 Smart Sensor의 역할이 중요하다. Mobile Device는 석재 제조 기계의 작동 상태를 실시간으로 운영관리가 가능하며, 제품 설계에 맞는 작업과정을 파악할 수 있다. 석재 제조과정에 있어 돌의 단단함이 고르지 않아 절삭 과정 시 오작동으로 벨트가 고장 나는 현상이 발생한다. 이런 현상이 발생하면 생산설비라인에 문제가 발생하여 제작 기간이 지연되고 작업자의 안전에도 문제가 따른다. 그러므로 Mobile Device는 제조과정에서 제품 생산을 향상할 수 있는 업무환경이 제공되며, 관리자로서 작업환경의 편리성과 안전을 증진할 수 있다. 3순위로 선정된 Robot은 인력의 한계로 가져올 수 있는 생산의 제한을 도와준다. 석재 제품 제작에 따른 인력의 한계는 정밀도가 높지 않아 제품마다 규격의 오차가 따르고 모양의 일관성도 떨어진다. Robot이 도입되면 높은 정밀도를 가진 제조공정이 진행되며, 작업 시 안전성도 보장된다. 또한 석재산업의 특징인 다품종의 생산을 단시간에 다량으로 생산 가능하여 부가가치를 가져다줄 수 있는 시스템이다.

둘째, 그다음으로는 채석의 GIS가 4순위로 중요하다고 생각하고 있었다. GIS는 원석(gemstone)의 위치 정보를 예측할 수 있다. 석산(stony mountain)에 분포된 원석은 위치 정보가 파악되지 않아 많은 자연훼손을 일으키며, 원복 비용도 많이 든다. GIS로 지형정보를 활용하면 자원의 분포와 현황 및 개발 환경을 분석할 수 있어 산업 저해요인으로 작용하는 환경문제를 해결할 수 있다. 환경문제로 인한 정부의 채석 허가 규제를 완화할 수 있을 것으로 판단한다. 또한, 채석 작업장은 위험이 노출되어 있는 장소이다. 채굴 및 채석 작업에 있어 시추 주상도 데이터를 수집이 가능한 GIS와 3D 시스템을 함께 응용한다면, 지형학적 모델링을 통해 원석의 위치를 파악하여 정확한 채굴이 가능하고, 원자재 공급 기일도 맞출 수 있을 것이다.

셋째, 5순위로는 기업경영관리의 SCM을 중요하다고 인식하는 것으로 나타났다. SCM은 석재 제품과 정보가 생산자로부터 도매업자 및 소비자에게 이동하는 전 과정을 제공한다. 석재산업에서는 채석 → 제조 → 시공 또는 배송의 과정이 진행된다. 지금까지는 소비자들이 진행 과정에 대한 정보를 일일이 전화로 확인해야 했다. 하지만 SCM의 도입으로 정보의 실시간 공유가 가능하고 고객이 원하는 제품을 적기에 공급하며 재고를 줄일 수 있다. 또한, 고객의 필요성의 다양화에 대응할 수 있어 기업의 경쟁력을 강화할 수 있고, 모든 거래처와의 연관된 사업 범위 내 가상조직처럼 정보를 공유할 수 있다.

이와 같이, 상위 5순위의 도입과 활용을 통하여, 생산성, 안전성, 모듈성, 환경성, 정확성을 갖춘 IT

요소를 먼저 제시할 수 있다. IT 응용 기술을 통해 낙후된 석재산업 제조 설비를 보완하고, IT 기술력을 통해 부족한 인력의 전문기술자를 대체하고, 다양한 제품 생산으로 신시장에 적응할 수 있다. 또한 연구 개발 및 마케팅의 전략을 조성하여 고객의 니즈 충족으로 높은 만족도와 신뢰도를 제공할 수 있으며, 비즈니스의 가치사슬을 효과적으로 운영함으로써 해외 석재산업과의 경쟁에 있어서 우위를 확보할 수 있다.

마지막으로, 하위 5순위는 “시공 및 유지관리의 Web Cam, RFID, GPS”, “기업경영관리의 Mobile Device”, “채석의 PDA”로 평가되었다. 이 기술들은 자재 재고 및 현장 데이터를 관리하는 기술이다. 석재산업은 다품종 소량생산을 하는 업종의 특징으로 제품의 재고 현황을 쉽게 파악할 수 있다. 하지만 원거리에서는 제품 재고의 현황을 파악하지 못하는 단점이 있다. RFID를 이용한 제품 또는 장비에 ID를 부여하여 원거리에서도 Mobile Device나 PDA로 현황을 쉽게 파악할 수 있다. 또한, 석재 제품을 협력 기업, 시공 장소 및 고객에게 배송 시 GPS로 실시가 위치를 알려줘 납기 시간을 맞출 수 있다. 그러나 제품 재고 관리가 하위로 평가된 것은 국내 석재산업에서는 제품 생산이 더 중요하다고 인식되고 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구는 의미 있는 결과와 시사점을 보여주고 있지만, 아래와 같은 한계가 있다. 먼저, 석재산업 IT 기술 동향을 조사하고, 2계층 요인 도출에 있어 석재 가공 기기에 IT 기술을 응용한 자료만 존재하였을 뿐 기업경영관리 측면에서 IT 응용에 관한 선행연구가 미미하였다. 둘째, 설문조사 시행에 있어 AHP 2계층 30개 요소 전체를 응답할 수 있는 전문가가 존재하지 않았다. 따라서 2계층 설문은 전문가의 1계층 분야별로 설문이 진행되었다. 또한, 석재 전문가는 대부분 고 연령층으로 IT에 대한 정보가 부족하여 응답에 있어 어려움을 겪었다.

앞으로 본 연구를 바탕으로 IT 기술을 적용한 석재산업의 효과 검증에 관한 연구가 필요하다. 또한, IT 요소를 적용 후 1계층의 분야별 성과에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서 파악된 것과 같이 석재산업에서는 IT 기술을 다룰 수 있는 인재가 부족하다. 현재 일부에서는 석재 기술 교육이 생겨나고 있기 때문에 IT를 활용한 교육제도를 만들고 그에 적합한 평가방법의 연구가 필요하다고 본다. 본 연구가 석재산업의 IT 도입과 응용에 좋은 참고자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

References

AATC, Available at http://www.aatc.it/en/technology(Accessed July 1. 2017).

ABRA, Available at http://abra.pl/en/autoblaster-cnc-automatic-table-for-sandblasting/(Accessed July 1. 2017).

AGMMAKINA, Available at http://www.agmmakina.net/3/7/urunlerimiz/elmas-lamali-katrak-makinesi-model-kt-80(Accessed July 1. 2017).

Bai, S.W., J.S. Zhang, and Z. Wang, “A methodology for evaluating cleaner production in the stone processing industry : case study of a Shandong stone processing firm”, *Journal of Cleaner Production*, No.102, 2015, 461-476.

Byeon, S.K., H.K. Ryu, C.H. Lee, W.S. Yoo, and J.S. Chae, “A Design and Implementation of Vehicle State Information and Location Monitoring System Using GPS and SMS”, *Korea Multimedia Society*, Vol.9, No.7, 2006, 914-926.

(변상규, 류한경, 이충훈, 유우식, 채진석, “GPS와 SMS 를 이용한 차량 상태정보 및 위치관제 시스템의 설계 및 구현”, *멀티미디어학회논문지*, 제9권, 제7호, 2006, 914-926.)

Carlo Montani, “World Marble and Stones Report 2016”, 2016, Available at http://marbleintheworld.com/ws/stoneindustryreport.asp.

Celani, G., L. Cancherini, A. Jardini, M. Oliveira, da. Lopes, J. Silva, and V. Piccoli, "3D digitation of museum sculptures for model-making purposes : difficulties and possible solutions", Anais do VRAP, 2009.

Cha, S.G., J.H. Lee, and J.S. Choi, "Machine-IT convergence and u-Manufacturing Technology", *The Magazine of the IEEK*, Vol.38, No.3, 2011, 32-38.

(차석근, 이정훈, 최진석, "기계-IT 융합과 u-Manufacturing 기술", *전자공학회지*, 제38권, 제3호, 2011, 32-38.)

Choi, J.O., Masonry Introduction, SEOWOO, 2013.

(최준오, "석공사 입문", 서우, 2013.)

Do, S.O., "A Plan for IT Adaptation & Security Management on the Road Work, River Construction Industry", KonKuk University, Master degree, 2009.

(도성욱, "도로, 하천 건설공사IT응용 및 보안관리 방안", 건국대학교 석사학위논문, 2009.)

Farber, M.E. and R.A. Hisert, "3D laser scanning expands horizons for Vermont Danby marble quarry", 2016, Available at http://www.stoneworld.com/articles/88815-d-laser-scanning-expands-horizons-for-vermont-danby-marble-quarry.

Hong, S.S., C.O. Lee, J.Y. Lee, and H.S. Yoon, "Analysis of the export and import trend of domestic stone since 1990", *The Petrological Society of Korea*, Vol.2010, No.5, 2010, 130-132.

(홍세선, 이춘오, 이진영, 윤현수, "1990년대 이후 국내 석재의 수출과 수입 변화추이 분석", *한국암석학회*, 제2010권, 제5호, 2010, 130-132.)

Hyun, J.K., "A study on the statistics of domestic building stone industry", *The Petrological Society of Korea*, Vol.5, No.1, 1996, 121-127.

(현전기, "국내 석재 산업의 실태에 관한 조사 연구", *한국암석학회*, 제5권, 제1호, 1996, 121-127.)

Jeon, H.S. and K.S. Park, "Construction and IT Convergence", *The Magazine of the IEEK*, Vol.35, No.5, 2008, 40-52.

(전황수, 박기식, "건설과 IT융합", *전자공학회지*, 제35권, 제5호, 2008, 40-52.)

Jeong, M.U., "A Study on the vigorous alternatives of Stone-material industry in Korea", DanKook University, Master degree, 1998.

(정만웅, "우리나라 石材産業의 活性化 方案에 관한 硏究", 단국대학교 석사학위논문, 1998.)

Jeong, S.H., "Large wire stone cutting machine development", *Korean Society of Mechanical Technology*, Vol.2016, No.10, 2016, 1-4.

(정석훈, "대형 와이어 스톤 커팅머신 개발", *한국기계기술학회*, 제2016권, 제10호, 2016, 1-4.)

Jwa, Y.J., J.B. Choi, K.K. Kim, J.S. Kim, and G.C. Hwang, "Quality Standard of the Geochang Granite Stone", *The Petrological Society of Korea*, Vol.16, No.1, 2007, 38-45.

(좌용주, 최진범, 김건기, 김종선, 황길찬, "거창지역에서 산출되는 화강암 석재의 품질기준", *암석학회지*, 제16권, 제1호, 2007, 38-45.)

Kamery, J., "Using a sawjet and waterjet to ramp up production", 2016, Available at http://www.stoneworld.com/articles/88519-using-asawjet-and-waterjet-to-ramp-up-production.

Kang, H.R., "Social Science Interpretation of IT Convergence : Prospects for the future of IT", *The e-Bridge*, No.4, 2009, 120-145.

(강홍렬, "IT 융합의 사회 과학적 해석 : IT의 미래에 대한 전망", *한국정보처리학회*, 제4호, 2009, 120-145.)

Kim, J.M., J.Y. Son, Y.H. Choi, and J.H. Oh, "New Product Development Strategy for Advanced Mineral Aggregate Composite Industry",

Journal of Advanced Mineral Aggregate Composites, Vol.3, 1998, 293-317.

(김재명, 손재영, 최용훈, 오정화, "석재복합제품 관련산업의 신제품 개발전략", *석재연논문집*, 제3권, 1998, 293-317.)

Kang, J.H. and M.H. Jang, "Development of the stone surface process equipment by Water Jet System", *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol. 26, No.3, 2003, 31-38.

(강지호, 장명환, "워터젯 시스템을 이용한 석재표면처리장치 개발", *산업경영시스템학회지*, 제26권, 제3호, 2003, 31-38.)

Kim, B.W., "Analytic Hierarchy Process Method", KIMS INF, 2015.

(김병욱, "의사결정계층(AHP) 분석 방법", 킴스정보전략연구소, 2015.)

Kim, C.S. and M.U. Lee, "Plan for revitalizing the traditional stone industry in Iksan : Focusing on the Stone Cultural Center", *Proceedings of the Korean Institute of Landscape Architecture Conference*, 2013, 75-77.

(김창숙, 이명우, "익산 전통석재산업 활성화를 위한 구상안-돌문화센터를 중심으로", *한국조경학회 학술대회논문집*, 2013, 75-77.)

Kim, D.K., D.H. Baek, and H.C. Jin, "A Study on Technology Characteristics of IT Convergence Service and Application Technology for Industrial Convergence", *A Study on Technology Characteristics of IT Convergence Service and Application Technology for Industrial Convergence Service*, Vol.9, No.2, 2010, 1-20.

(김동관, 백동현, 진희채, "IT 융합서비스 및 활용기술의 기술속성에 관한 연구", *한국IT서비스학회지*, 제9권, 제2호, 2010, 1-20.)

Kim, H.J., D.H. Cho, and T.H. An, "A Priority Analysis on Influential Factors for Software Bid Evaluation in Public Sectors based on Analytic Hierarchy Process", *Journal of Information Technology Services*, Vol.16, No.1, 2017, 41-53.

(김흥진, 조동혁, 안태호, "AHP 기법을 활용한 소프트웨어 제안평가요인의 상대적 중요도에 관한 연구 : 발주자와 수주자 비교를 중심으로", *한국IT서비스학회지*, 제16권, 제1호, 2017, 41-53.)

Kim, H.K., S.H. Han, and M.K. Kim, "Present Status & Future Development of the Construction Information Technology : Focus on the Acquired Technology Construction Materia", *Korean Society of Civil Engineers*, Vol.54, No.7, 2006, 49-53.

(김형관, 한승헌, 김문겸, "건설 IT의 현황과 발전방향 : 건설자료획득기술 중심으로", *대한토목학회지*, 제54권, 제7호, 2006, 49-53.)

Kim, S.H. and O.J. Sim, "Issues and Challenges of Smart Factory for Future Manufacturing Innovation", Korea Institute for Industrial Economics & Trade, No.620, 2015.

(김상훈, 심우중, "미래 제조혁신을 위한 스마트공장의 이슈와 과제", 산업연구원, 제620호, 2015.)

KORCHAM, "Industrial Classification Reference Model for Diffusion of Smart Factories", 2014.

(대한상공회의소, "스마트공장 보급 확산을 위한 업종별 참조모델", 2014.)

Korean Standards Association, "Implications and Analysis of Standard Policy of Major Countries Preparing for the Fourth Industrial Revolution", 2017.

(한국표준협회, 4차 산업혁명을 준비하는 주요국의 표준정책 분석 및 시사점, 2017.)

Laser Products Industries, "LT-2D3D Laser Templator", 2016, Available at https://www.stoneworld.com/articles/89052-technology-update-lt-2d3d-laser-templator-from-laser-

products-industries(Accessed July 1. 2017).

Lee, K.A., D.W. Park, and C.S. Koh, "Digital Forensics for Scientific Investigation", GS Intervision Seoul Korea, 2011.

Lee, G.H., C.M. An, and G.M. Park, "Analysis of convergence of traditional industry and IT industry", *Electronics and Telecommunications Research Institute*, Vol.23, No.2, 2008, 13-22.

(이광희, 안춘모, 박광만, "전통산업과 IT 산업의 융합화 분석", *한국전자통신연구원*, 제23권, 제2호, 2008, 13-22.)

Lee, J.W., K.S. Jeong, and Y.I. Kim, "A Study on the Effect of RF Sensor Control System upon Electric Power Consumption Reduction of University Building", *The Society of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering of Korea*, 2015, 339-342.

(이종원, 정광섭, 김영일, "대학교 건물에서 RF 센서 내장 제어시스템이 전력소비량 절감에 미치는 영향 연구", *대한설비공학회 학술대회논문집*, 2015, 339-342.)

Lee, K.S. and S.H. Kim, "Design and Implementation of MES System in Manufacturing Process", Chonnam National University, Master degree, 2005.

(이경수, 김수형, "제조공정의 MES 시스템 설계 및 구축", 전남대학교 석사학위논문, 2005.)

Lee, K.S., L.J. Lee, J. Lee, J.Y. Lee, Y.P. Kim, and I.K. Yoo, "Impacts and Plan of 3D printing on the industry", Korea Institute for Industrial Economics & Trade, 2016.

(이경숙, 이임자, 이 준, 이재윤, 김양팽, 유인규, "3D 프링팅이 주는 산업에 미치는 영향과 대응 방안", 산업연구원, 2016.)

Lee, S.K. and S.B. Cho, "A Study on the Success Factors of On-line Collaboration for Manufacturing Innovation Using AHP Analysis", *Journal of Information Technology Services*, Vol.10, No.3, 2011, 1-19.

(이상곤, 조성봉, "AHP 기법을 이용한 제조혁신을 위한 온라인 협업의 성공요인에 관한 연구", *한국IT서비스학회지*, 제10권, 제3호, 2011, 1-19.)

Lee, S.K. and B.Y. Kim, "A basic study for prevention of accident and pollution in stone industry", *The Korean Society of Mineral Energy Resources Engineers*, Vol.29, No.2, 1992, 57-64.

(이상권, 김복윤, "석재산업의 재해 및 공해방지를 위한 기초조사연구", *한국지구시스템공학회지 (구 한국자원공학회지)*, 제29권, 제2호, 1992, 57-64.)

Lee, W.S., G.H. Heo, K.T. Park, and J.Y. Jeon, "Extraction of modal factors of structures using smart sensor system", *Journal of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol.12, No.4, 2008, 149-160.

(이우상, 허광희, 박기태, 전준용, "스마트 센서 시스템을 이용한 구조물의 모달 인자 추출", *한국구조물진단유지관리공학회논문집*, 제12권, 제4호, 2008, 149-160.)

Lim, J.A., "Analysis of success factors in construction IT convergence : applying AHP", Sungkyunkwan University, Master Degree, 2011.

(임정아, "AHP를 이용한 건설-IT 융합 사업의 성공요인과 평가체계에 관한 연구", 성균관대학교 석사학위논문, 2011.)

MINE TECHNOLOGY, "Mineral resource industry ICT convergence and technology roadmap", *Korea Resources Corporation*, Vol.5, No.8, 2015, 150-169.

(마인테크날로지, "광물자원 산업 ICT 융합과 기술로드맵", *한국광물자원공사*, 제5권, 제8호, 2015, 150-169.)

Ministry of Science, ICT and Future Planning, "Intelligence information society responding to the 4th industrial revolution Mid-to long-

term comprehensive measures", 2017.
(미래창조과학부, "제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책", 2017.)
MST, "Mine Site Technologies leverages IoT for Mining", 2016, Available at http://www.mining.com/web/mine-site-technologies-leverages-iot-for-mining(Accessed July 3. 2017.)
Mujber, T.S., T. Szecsi, and M.S. Hashmi, "Virtual reality applications in manufacturing process simulation", *Journal of materials processing technology*, Vol.155, 2004, 1834-1838.
Park, G.R., "An Application of AHP Methods to Decide Assessment Criteria Priorities for Mega Sports Events", *The Journal of tourism studies*, Vol.9, No.2, 2007, 71-92.
(박경열, "AHP에 의한 메가 스포츠 이벤트의 평가기준 우선순위에 관한 연구", *관광연구논총*, 제19권, 제2호, 2007, 71-92.)
Pritschow, G., M. Dalacker, J. Kurz, and M. Gaenssle, "Technological aspects in the development of a mobile bricklaying robot", *Automation in Construction*, Vol.5, No.1, 2014, 3-13.
Saaty, T.L., "Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process", *Rws Publications*, Vol.6, 2000.
Salem Distributing Company, Available at https://www.salemdist.com/stone/showroom/robotics.
Software Policy and Research Institute, "A Research on software-driven innovation activity in Manufacturing", 2016.
(소프트웨어정책연구소, "제조업의 소프트웨어 중심 혁신 활동에 관한 연구", 2016.)
Song, H.A., "A Study on the Activation Plan of Stone Industry in Jeonbuk Province", *Jeonju University Social Science Research Institute*, Vol.16, 2000, 137-168.
(송해안, "전북지역 석재산업의 활성화방안에 관한 연구", *사회과학논총*, 제16권, 2000, 137-168.)
Song, K.K., H.S. Shin, and H.D. Park, "Development of a program for the management of boreholes logging data associated with GIS", *Korean Geotechnical Society*, Vol.1999, 1999, 337-344.
(송원경, 신희순, 박형동, "GIS용 시추자료 관리 프로그램 개발", 한국지반공학회 추계학술대회, 제1999권, 1999, 337-344.)
Stone World, "Bostik launches mobile app", 2017, Available at http://www.stoneworld.com/articles/89239-bostik-launches-mobile-app(Accessed January 5. 2017.)
The Korea Stone Press, 1979, Available at http://www.stonepress.co.kr/.
Yang, G.H., S.U. Ryu, and Y.S. Ryu, "Implementation of Smart Control for Industrial Robot using Teleoperation Technology", *Institute of Control Robotics and System*, Vol.2014, No.5, 2014, 136-137.
(양기훈, 류석우, 류영선, "제조 공정을 위한 산업용 로봇의 원격 제어 시스템", *제어로봇시스템학회 국내학술대회논문집*, 제2014권, 제5호, 2014, 136-137.)
Yun, H.J., S.Y. Lee, and C.C. Lee, "Deriving Priorities of Competences Required for Digital Forensic Experts using AHP", *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 22, No.1, 2017, 107-122.
(윤혜정, 이승용, 이중정, "AHP 방법을 활용한 디지털포렌식 전문가 역량의 우선순위 도출", *한국전자거래학회*, 제22권, 제1호, 2017, 107-122.)
Yun, H.S., "Petrological characteristics on stone resources of granites in the Pocheon-Euijeongbu area", *The Petrological Society of Korea*, Vol.6, No.1, 1997, 34-44.
(윤현수, "포천-의정부지역 화강암류 석재자원의 암석학적 특성연구", *암석학회지*, 제6권, 제1호, 1997, 34-44.)

About the Authors

Jaeyoung An (zaiying2207@gmail.com)

Jaeyoung an is a Ph. D course at the Graduate School of Information at Yonsei University, studying major of part of Internet of Things. he graduated Graduate School of Information, Yonsei University where he gained M.S. in Information Media Strategy. and then he worked as a manager at the department of information processing at Keumho Stone Company. currently he has interest in manufacturing innovation platform, digital twin and industry 4.0.

Choong C. Lee (cclee@yonsei.ac.kr)

Choong C. Lee is a professor at the Graduate School of Information at Yonsei University, having served as a professor at Salisbury University in Maryland. During his tenure of over 19 years at these institutions, he has been actively involved with the IT evaluation and ROI research stream. His research findings have been published in top IS journals, such as MIS Quarterly, Journal of Management Information Systems, Decision Sciences, Communications of the ACM, and Information and Management.

Haejung Yun (yunhj@ewha.ac.kr)

Haejung Yun is an Assistant Professor at College of Science & Industry Convergence, Ewha Womans University, Seoul, Korea. She received her Ph.D. degree in information systems from Graduate School of Information, Yonsei University. She previous worked for American University, Washington D.C. as a post-doctoral researcher. Her research interests include IT service management and information privacy. She has published papers in International Journal of Electronic Commerce, Journal of Electronic Commerce and Research, and other journals.