

建構智慧製造從業人員核心能力指標之研究

Competency Index Construction for Employee of Smart Manufacturing Technological Industry

鄭人杰

Cheng Jeng-Chieh

台灣師範大學工業教育學系

博士生

Jccheng2013@gmail.com

摘要

本研究針對台灣電子代工業，發展智慧工廠人員技術能力進行調查。問卷根據文獻回顧，建構智慧製造技術指標與權重，透過修正式德菲法討論影響主要準則與構面，以層級研究法針對業界資深員工探討智慧製造所需之技能指標重要性。研究結果彙整出智慧製造系統更新最為重要，原物料供應以及智慧網域等依序作為指標能力發展參考。

關鍵詞：智慧製造，層級分析法，指標能力。

Abstract

This research purpose is to investigate the core competence of Taiwan's electronics manufacturing industry who has required engineers for smart factory construction capability. Thru the literature review, the questionnaire is constructed by the major dimensions and criteria which been verified by the experts through the modified Delphi method, online questionnaires returned and conducted the method of Analytic Hierarchy Process (AHP) to analysis the weights on each factor regarding the smart manufacturing. the analysis resulted via the senior engineer's opinions that the competence index of the smart manufacturing system, materials supply system, and the smart network are all prior to the smart manufacturing, this finding can specialize in human resource recruiting, training, and developing reference.

Key Words : Smart Manufacturing, Analytic Hierarchy Process (AHP), Competence Index。

前言

智慧製造(Smart Manufacturing)源自於美國逐漸被產業及學術界廣泛討論[1]。工業製造技術從初期自動化延伸為量產化以至導入全球化過程，台灣在全球化工業發展關鍵技術取得較晚，主要以代工業為製造基礎，從原先勞力密集生產方式進入工業 4.0 時代之智慧製造演進速度仍落後於歐美日先進國家[2]。

智慧製造系統(Smart Manufacturing System)主要運用網路數據轉以資通(Information and Communications Technologies)技術進行製造管理。透過資訊系統分工方式同時處理不同種類產品量化製造過程所需之原物料等管理係數，以取代傳統式由人管理生產排程

的單工模式限制，提升生產線稼動率達到最佳利用率，以需求導向(Demand Driven)取代現行普遍傳統單一量產自動化生產系統，演變為少量多樣客製型態，然而面對多變而複雜的智慧製造所需具備物理意識的生產管理他們是具有物理意識的運營計劃，智能監控，生產線上測量以及誤差估計校正等人工智慧(Artificial Intelligence)能力[3]。

因此，對於產業在有限的時間及資源對於實現數位製造的關鍵能力，學者 Fettermann 及 Luthra 建議對於智慧製造的成功關鍵因素優先排序考慮[4, 5]，在鮮少智慧製造依循 PDCA 持續改善管理機制的相關案例研究，本文作者希望透過已開發先進國家工業 4.0 重點扶持廠商，並考量研究案例內部管理程序以及資料保護法規定進行蒐集、處理或利用研究成果以維護個案安全管理制度，跨越國際技術壁壘，作為未來產官學界對於智慧製造政策優先順序的實施與研究參考。

文獻探討

數據化為發展智慧製造的基礎，工業先驅德國為提升產業製造技術核心力，透過產業政策調整，統合傳統製造業生產技術、銷售及商業需求，透過電腦輔助進行數位化及人工學習(AI)系統建立智慧工廠(Smart Factory)[6]，簡化商業流程與強化供應鏈機動性、靈活換線能力、縮短產品製程及提升產值，產線建置大量智慧感測器(sensor)和致動器(actuator)以物聯網(Internet of Things, IoT)及虛實整合控制系統(Cyber-Physical System, CPS)，將現有商業與價值鏈(Value Chain)流程創新與優化[7]。

產業界智慧技術密集發展概念，從智慧化生產設備、廠區智慧化能源管理等涵蓋流程設計、產能優化到售後服務等各個層面，提升製造效率；降低生產成本；提高產品品質其內容涵蓋九大面向領域，例如擴增實境(AR)/虛擬實境(VR)、大數據(Big Data)分析、自動化機器人(Autonomous Robot)、雲端運算(Cloud Computing)、工業網際網路(Industrial Internet)、網路安全(Cyber Security)、積層製造(Additive Manufacturing)以及模擬(Simulation)等相關能力與技術(Roland Berger, 2014)。全球工業國家陸續訂定政略跟進智慧製造改革潮，台灣行政院於 2015 年公佈生產力 4.0 智慧製造方案，主要以台灣現有資通訊產業優勢為主體，強化智慧製造技術能力，以人機協作與國際供應鏈接軌，因應未來產業就業人口減少危機[9]。

學者(J Wan)針對智慧製造以如何建構智慧工廠(Smart factory)及其相關影響因素分別為製造系統更新(Next-Generation Manufacturing Systems)，原物料供應之精準掌握(Smart Supply Network)，智慧網域運用程度(Cyber Physical Systems)，機動性作業能力(Mobile Workforce)，迅速反應顧客需求之製造機制(Responsive Manufacturing)等以上六項重要關鍵因素[10]。

智慧製造生態架構下，軟體技術資訊處理能力(Software technology information-processing ability)為主要系統構面(A Kusiak, 2017)以及雲端儲存運算(Cloud Storage/Processing)，資料決策分析(Data Analytics for Decision Making)，資通安全(Cybersecurity)，設備智慧感知(Intelligent Sensors/Actors)等以上四項重要子因素[1]。

製造設備技術創新能力(Technical innovation of equipment and manufacturing ability)及其相關子因素分別為智慧化設備維護(Smart Maintenance)，智慧物料自運車(Self-drive Vehicles)，智慧產線(Intelligent Production)，積層製造(Additive Manufacturing)，自動機器人生產(Robotics)，可放大整疊之先進材料(Advanced Material)[11]。

層次分析法 (AHP) 是由學者 Thomas L. Saaty 發展出用於評估數個多準則之決策分析方法，以層級結構方式將決策問題分析為各項子問題，以透過問卷量表蒐集各類別專家對於複雜的決策意見，以矩陣取得各構面之間比較結果權重數值，計算出向量及特徵值[12]，決策者可透過專家或組織參與決策問題的評選結果，避免人為錯誤的管理決策風險[13]。

然而，面對決策複雜且資訊模糊不明確難以預測的案例時，需留意以下特性：

1)相似的評選條件或準則於同層級且不超過 7 項以維持構面的一致性 2)各層級因子皆保有其獨立性 3)層級間因子需有關聯性，可做為評估基準 4)各層級構面數值皆可轉換成比例尺度(Ratio Scale)以作為計算評估 5)成對比較數值(Pairwise Comparison)進行正倒置矩

陣(Postive Reciprosal Matrix)處理 6)偏好關係結果須能滿足遞移性 7)加權後各構面因子數值進行比較 8)計算出各構面結構因子數值皆須能進行整體評估及說明

綜上所述，曾國雄(1989)歸類層級分析法(AHP)問題研究分析、層級分類、設計專家問卷、檢定層級有效性以及替代方案等。根據文獻探討，簡要列出智慧製造虛實整合控制系統相關技術特性，經過修正式德菲法(Delphi Method)專家多回合問卷討論作為問卷設計基礎。本研究透過計算出結果的簡要概述，進行總結與討論與研究範圍與侷限性說明[14]。

研究方法

本研究主要在探討台灣電子代工業從業人員，發展智慧工廠技術能力效能影響，根據相關智慧製造文獻研究進行彙整，施以問卷調查，找出對於智慧製造技術要件重要順序。本研究共分五步驟，分別為研究方法與架構、研究步驟、研究工具、研究樣本、以及資料處理。

本研究以問卷調查研究方式，蒐集台灣電子代工業從業人員相關資料，研究初期透過文獻探討，找出研究構面因素的相關理論基礎；再透過資料分析，作為本篇研究設計及問卷調查獲得資料後，進行資料匯整及綜合研究分析結果，彙整研究發現並歸納研究成果，最終作出本研究的結論及建議。

本研究以問卷調查研究方式，進行資料結果分析、以實際案例研究實證與文獻探討，針對台灣電子代工業個案彙整出本研究成果。本研究架構如下：研究目的、待答問題、研究假設及文獻探討彙整出影響因素並分別建立獨立的主次準則層級，參考文獻設計問卷，實施問卷發放及回收資料，計算出層級之間決策屬性重要性，計算出成對矩陣之特徵值與向量，通過一致性檢驗，得出決策最佳解。

初期研擬本研究之主題與研究方向，制訂本研究架構、研究方法、研究對象及基本所需之研究架構，進而完善本研究計畫。

專家問卷蒐集，透過德菲法(Delphi method)進行匿名問卷題目分發及回收，經過第三回結果取得後，進行檢視整理，問卷題目經刪除後完成本研究正式問卷[14]。

本研究主要在探討台灣電子代工業數位工廠技術人員職能具備能力指標，根據台灣電子代工業技術管理層，以問卷研究方式，探討現行智慧製造所需就業環境的專業能力項目與能力指標重要性優先順序。為提升本次問卷內容適切性，參考國內外智慧製造相關文獻及實證研究報告，探討台灣電子代工業技術管理層，以問卷研究方式，探討現行智慧製造所需就業環境的專業能力項目與能力指標權重與重要性，第一部分為施測者基本資料，包含學經歷背景資料及人格特質資料，第二部分為智慧製造技術題項，依序為製造設備技術能力、軟體技術資訊處理能力及智慧工廠三大構面，規劃出智慧製造技職核心能力層級架構圖作為本研究模型。

圖 1. 智慧製造技職核心能力層級架構圖

資料來源：本研究整理

依據研究模型進行說明本研究之問卷編列、AHP 分析與檢定步驟如下：

AHP 分析進行的，評估了有關智慧製造專業能力項目與能力指標重要性優先順序，依據文獻探討設計出三個主要準則及十五項次因素，以成對比較方式施以矩陣比較，計算出準則成對之間的比例(Ratio)，得出成對比例結果以接續主項與次項的指標權重的計算，其結果須通過一致性指標(Consistence Index, C.I.)及一致性比率(Consistence Ratio, C.R.)檢定。

1. 定義研究目標:依據本研究目的智慧製造工廠技術人員職能具備能力指標，進行重要影響因素的重要因素排名。2.建構決策標準和因素關係層次結構框架:根據專家研究及參考文獻建構本研究決策標準與因素關係層次結構框架，建立三個主項準則及十

五個子項因素。3.製作調查問卷:依據參考文獻透過德菲法刪減重複性問卷題目問項，智慧製造工廠技術人員職能具備能力指標將各因素之間重要性依據準則間相互關係分別獨立。4.蒐集問卷數據以下列公式進行計算: CR 數值結果須達 0.1 為一致性比率，最大特徵值由 $\lambda_{\max}$ 表示，矩陣序列由 n 表示，CI 表示一致性指數，RI 表示隨機指數。

表 1.一致性比率檢定分析表

	智慧工廠/ 軟體技術資 訊處理能力 /製造設備 技術創新能 力	製造系統更新/ 原物料供應之精 準掌握/智慧網 域運用程度/機 動性作業能力/ 迅速反應顧客需 求之製造機制	雲端儲存運算/ 資料決策分析/ 資通安全/設備 智慧感知	智慧化設備維護/ 智慧物料自運車/ 智慧產線/積層製 造/自動機器人生 產/可放大整疊之 先進材料
A. 15 年技術總監				
C. I.	0.02	0.1	0.03	0.03
C. R.	0.07	0.06	0.01	0.04
B. 10 年資訊工程				
C. I.	0.00	0.08	0.09	0.10
C. R.	0.00	0.01	0.05	0.10
C. 20 年廠務管理				
C. I.	0.05	0.06	0.00	0.08
C. R.	0.03	0.08	0.00	0.09
D. 15 年設備維護				
C. I.	0.08	0.07	0.00	0.10
C. R.	0.05	0.09	0.00	0.09
E. 16 年自動控制				
C. I.	0.05	0.08	0.00	0.05
C. R.	0.03	0.10	0.00	0.06
F. 13 年設備維護				
C. I.	0.08	0.09	0.1	0.03
C. R.	0.05	0.01	0.06	0.02
G. 10 年物料管理				
C. I.	0.00	0.08	0.00	0.08
C. R.	0.00	0.10	0.00	0.08
H. 13 年電機電子設計				
C. I.	0.10	0.08	0.00	0.07
C. R.	0.06	0.01	0.00	0.07
CR 值 $\leq$ 0.1				

資料來源：本研究整理

5.層級因素權重計算:根據所建構出的各層級主次因素進行權重計算(黃啟佑、曾國雄，2012)。首先說明了標準及其因素之間的關聯性。將因素間對系統中其他因素的實際影響建立出成對矩陣

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	準則之間比較後貢獻程度具同等重要性
3	稍重要 (Weak Importance)	準則之間比較後依據經驗稍許對此因素喜好：稍強 (Moderately)
5	頗重要 (Essential Importance)	準則之間比較後依據經驗傾向對此因素喜好：頗強 (Strongly)
7	極重要 (Very Strong Importance)	準則之間比較後非常強烈傾向對此因素喜好：極強 (Very Strong)
9	絕對重要 (Absolute Importance)	準則之間比較後有足夠證據肯定對此因素喜好：絕強 (Extremely)
2、4、6、8	相鄰尺度之中間值 (Intermediate values)	對於因素須要折衷選擇。

表 2. AHP 問卷量表評估尺度

成對矩陣完成後，即可進行比較計算出各層級因素權重。依據數值分析的特徵值 (Eigenvalue)，找出特徵向量 (Priority Vector)，即為層級及層次各因素間之優先順位及相對重要性，其公式如下

綜合智慧製造專家意見，透過一致性比率檢定後，將模型設計出的問卷

主準則及次準則填答數值回收後進行幾何平均數及標準化計算；幾何平均數()表達群體在各項評估準則的決策結果重要順序。

本研究以 Microsoft Excel 函數之 GEOMEAN & STANDARDIZE 計算出幾何平均數分別為主準則之智慧工廠構面(0.514)及子準則製造系統更新(0.560)原物料供應之精準掌

握(0.467)智慧網域運用程度(0.142)機動性作業能力(0.205)迅速反應顧客需求之製造機制(0.166)；軟體技術資訊處理能力構面(0.767)及子準則雲端儲存運算(0.153)資料決策分析(0.132)資通安全(0.555)設備智慧感知(0.132)；製造設備技術創新能力構面(0.822)及其相關子準則分別為智慧化設備維護(0.237)智慧物料自運車(0.168)智慧產線(0.581)積層製造(0.297)自動機器人生產(0.160)可放大整疊之先進材料(0.177)，本研究權數之幾何平均及標準化權重結果彙整(表 3)。根據標準化權重值以及其子準則之權重，計算整體權重方式為標準化權重值(A)乘以子準則標準化權重值(B)；主準則之權重排序分別為製造設備技術創新能力構面(0.822)、軟體技術資訊處理能力構面(0.767)智慧工廠構面(0.514)；子準則之相對權重，製造設備技術創新能力構面之智慧產線(0.581)為相對重要，軟體技術資訊處理能力構面之資通安全(0.555)為相對重要以及智慧工廠構面之製造系統更新(0.495)為相對重要準則。

以整體權重而言，次準則重要程度排序分別為智慧產線(0.581)、資通安全(0.555)、製造系統更新(0.495)、原物料供應之精準掌握(0.467)；此外，整體權重中以設備智慧感知(0.132)資料決策分析(0.132)為最不重要；本研究主準則及次準則之權重數值計算結果(表 4)

表 3. 權數之幾何平均及標準化表

	A	B	C	D	E	F	G	H	幾何平均數	標準化
智慧工廠(Smart factory)	0.352	0.643	0.365	0.778	0.335	0.803	0.405	0.699	0.514	0.548
製造系統更新 (Next-Generation Manufacturing Systems)	0.778	0.511	0.435	0.778	0.143	0.724	0.333	0.778	0.495	0.560
原物料供應之精準掌握 (Smart Supply Network)	0.112	0.392	0.485	0.311	0.429	0.893	0.455	0.655	0.407	0.467
智慧網域運用程度(Cyber Physical Systems)	0.093	0.081	0.264	0.048	0.17	0.034	0.269	0.180	0.111	0.142
機動性作業能力(Mobile Workforce)	0.516	0.175	0.042	0.101	0.349	0.266	0.054	0.175	0.162	0.205
迅速反應顧客需求之製造 機制(Responsive Manufacturing)	0.167	0.224	0.127	0.163	0.207	0.17	0.359	0.032	0.131	0.166
軟體技術資訊處理能力 (Software technology information-processing ability)	0.832	0.667	0.993	0.796	0.643	0.843	0.799	0.56	0.756	0.767
雲端儲存運算(Cloud Storage/Processing)	0.069	0.398	0.379	0.18	0.209	0.05	0.047	0.317	0.122	0.153

資料決策分析(Data Analytics for Decision Making)	0.037	0.196	0.042	0.094	0.061	0.091	0.075	0.116	0.104	0.132
資通安全(Cybersecurity)	0.536	0.476	0.621	0.623	0.545	0.378	0.796	0.465	0.543	0.555
設備智慧感知(Intelligent Sensors/Actors)	0.037	0.196	0.042	0.094	0.061	0.091	0.075	0.116	0.104	0.132
製造設備技術創新能力(Technical innovation of equipment and manufacturing ability)	0.635	0.776	0.849	0.95	0.83	0.798	0.96	0.778	0.816	0.822
智慧化設備維護(Smart Maintenance)	0.111	0.389	0.487	0.111	0.429	0.193	0.333	0.111	0.207	0.237
智慧物料自運車(Self-drive Vehicles)	0.192	0.038	0.119	0.351	0.109	0.076	0.433	0.037	0.133	0.168
智慧產線(Intelligent Production)	0.688	0.792	0.543	0.811	0.345	0.312	0.609	0.55	0.552	0.581
積層製造(Additive Manufacturing)	0.102	0.219	0.379	0.18	0.279	0.304	0.361	0.343	0.235	0.297
自動機器人生產(Robotics)	0.112	0.121	0.078	0.111	0.429	0.083	0.333	0.111	0.139	0.160
可放大整疊之先進材料(Advanced Material)	0.113	0.169	0.081	0.188	0.055	0.304	0.106	0.128	0.141	0.177

資料來源：本研究整理

依據上述相對權重以及整體權重分析結果，本研究專家們認為主準則部分以製造設備技術創新能力構面(0.822)為優先重要，針對智慧製造設備技術人力需求為當務之急，從事智慧製造能否增進工廠內智慧製造，透過智慧產線數據分析提升製造效率，找出現有生產瓶頸，以優化產能，更新傳統生物管人力派工系統，最佳化生產資源。具備機器學習(Machine Learning)，利用機器學習的研究方法，應用於生產自動化機器人設備，同步積層製造及先進材料技術進行無人智慧工廠創新開發，此軟硬體整合能力指標被視為從事智慧製造技職人才最重要的考量因素。

子準則以智慧產線(0.581)最為重要，表示階段性智慧製造設備技術創新人才，對於產線智能化提升整合工廠系統資源規劃(ERP)能力以AI演算自動產出工單資訊(MES)同時將生產設備、輔助治工具以及人力資源依據巨量資料分析結果，因應產業變遷所需之多樣少量交貨週期短的趨勢，企業為爭取緊急訂單商機，施以智慧優質生產排程達到彈性插單、原物料及時排程，精準預測客戶訂單交期，生產可視化管理及迅速改善解決問題之智慧工廠營運能力表現。

軟體技術資訊處理能力構面，以資通安全(0.426)總體權重最為重要，其次是雲端儲存運算(0.117)，以及設備智慧感知(0.101) 資料決策分析(0.101)次知作為智慧製造所需之資訊人才能力指標參考。

智慧工廠構面，以製造系統更新(0.307) 總體權重最為重要，其次為原物料供應之精準掌握為(0.256)，機動性作業能力(0.112)、迅速反應顧客需求之製造機制(0.091)以及智慧網域運用程度(0.078)作為管理人員學習建構智慧工廠能力競爭發展優勢指標。

表 4.主準則及次準則整體權重表

主準則	權重 (A)	子準則	權重 (B)	整體 權重 (A*B)
智慧工廠(Smart factory)	0.548	製造系統更新 (Next-Generation Manufacturing Systems)	0.560	0.307
		原物料供應之精準掌握(Smart Supply Network)	0.467	0.256
		智慧網域運用程度 (Cyber Physical Systems)	0.142	0.078
		機動性作業能力 (Mobile Workforce)	0.205	0.112
		迅速反應顧客需求之 製造機制 (Responsive Manufacturing)	0.166	0.091
軟體技術資訊處理能力 (Software technology information-processing ability)	0.767	雲端儲存運算(Cloud Storage/Processing)	0.153	0.117
		資料決策分析 (Data Analytics for Decision Making)	0.132	0.101
		資通安全 (Cybersecurity)	0.555	0.426
		設備智慧感知 (Intelligent Sensors/Actors)	0.132	0.101
	0.822	智慧化設備維護 (Smart Maintenance)	0.237	0.195

製造設備技術創新能力 (Technical innovation of equipment and manufacturing ability)	智慧物料自運車 (Self-drive Vehicles)	0.168	0.138
	智慧產線 (Intelligent Production)	0.581	0.478
	積層製造(Additive Manufacturing)	0.297	0.244
	自動機器人生產 (Robotics)	0.160	0.132
	可放大整疊之先進材 料(Advanced Material)	0.177	0.145

資料來源：本研究整理

結論與討論

本研究主要目的係以台灣上市電子代工公司進行智慧製造研究，針對技術人員及管理層透過層級分析法問卷回收分析智慧製造所需就業環境的專業能力項目與能力指標權重與重要性。由資料分析結果，提出本研究討論與結論，以及提出本研究建議供後續研究者參考。

全球製造業積極轉型，然而智慧製造之創新成果大部分皆隱藏於企業內部，研發團隊於創新過程均處於摸索階段，產業人才欲進入智慧製造領域須儲備技術相關職前能力。本研究發現傳統生產線面臨陳舊設備和機械資本攤提問題進而影響製造生產系統智能化汰舊換新時程。對於智慧製造所需的生產數據資訊仍難以收集和進行量化分析，人才短缺導致人機介面可視化智能化應用以及智慧製造系統間通信連線進度緩慢。智慧工廠急需製造設備技術創新提供及時的追蹤和可獨立分析生產線機器狀態透過專業製造人員設計在生產線的每個流程上安裝 IIoT (工業 IoT) 硬體，機器與機器之間建構通信能力，即時追蹤機器與生產計劃狀態誤差，調配製成設定緩衝數量，連結供應鏈下游和上游狀態，以更精準地完成智慧製造設定的短中長預定方案目標。智慧製造系統人才核心專業能力以智慧產線數據分析找出線體瓶頸改善提高製造資源的利用率，提升產線稼動率，實現工廠營運成本最小化。

本研究限制基於 J Wan(2016)及 A Kusiak (2018)文獻探討智慧工廠的重要指標。針對公司實體規模，產業別生命週期及地域性不同的學者可能會根據案例所需之智慧製造提出不同看法。因此建議可參考各相關領域之研究文獻。另外本研究案例為八位專家進行問卷訪查，增加專家數量可能會顯示不同的結果，以及使用其他多評準決策方法進行分析。

未來研究可更深入研究與組織系統標準化相關議題，例如以智慧製造系統 (Production System Model Data Practice)ISO10303；IEC62832(Digital Factory)，IEC62424(CAEX)；智慧生產系統設計(Production System Engineering)；ISO13849 以及 IEC62714(Automation ML)；智慧製造系統維護(Production System Maintenance)ISO13374；生命週期資料管理(Production Lifecycle Data Management)ISO10303, ISO15926 等進行相關實證研究。

參考文獻

1. Kusiak, A.J.I.J.o.P.R., *Smart manufacturing*. 2018. **56**(1-2): p. 508-517.
2. Lin, T.-C., K.J. Wang, and M.L.J.I.J.o.C.I.M. Sheng, *To assess smart manufacturing readiness by maturity model: A case study on Taiwan enterprises*. 2020. **33**(1): p. 102-115.
3. Teramoto, K., et al., *A framework of accuracy assured machining for smart manufacturing*. 2016. **65**: p. 35-39.
4. Fettermann, D.C., et al., *How does Industry 4.0 contribute to operations management?* 2018. **35**(4): p. 255-268.
5. Luthra, S., et al., *Industry 4.0 as an enabler of sustainability diffusion in supply chain: an analysis of influential strength of drivers in an emerging economy*. 2020. **58**(5): p. 1505-1521.
6. Lu, Y.J.J.o.i.i.i., *Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues*. 2017. **6**: p. 1-10.
7. Monostori, L.J.P.C., *Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges*. 2014. **17**: p. 9-13.
8. Lasi, H., et al., *Industry 4.0*. 2014. **6**(4): p. 239-242.
9. Hamel, G., *Strategy as revolution*. 1996: Harvard Business Review Nova York.
10. Wang, S., et al., *Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook*. 2016. **12**(1): p. 3159805.
11. Lu, Y., et al., *Current standards landscape for smart manufacturing systems*. 2016. **8107**: p. 39.
12. Tzeng, G.-H. and J.-J. Huang, *Multiple attribute decision making: methods and applications*. 2011: CRC press.
13. Huang, C.-Y., C.-W. Liu, and G.-H. Tzeng, *Impact Derivations for Integrated Marketing Communications on the High-Technology Brands by Using the Fuzzy AHP*. 2011.
14. Dalkey, N.C., *Delphi*. 1967, Rand Corp Santa Monica CA.