

## 모바일산업 지속가능 시스템 평가모델 설계를 위한 인간시스템통합 (HSI) 방법론 연구

김상진<sup>1)</sup>, 차우창<sup>2)\*</sup>

1) 금오공과대학교 대학원 컨설팅학과, 2) 금오공과대학교 산업공학과

### A Study of Human System Integration Methodology For the Mobile Industry Sustainability System Evaluation Model Design

Sang Jin Kim<sup>1)</sup>, Woo Chang Cha<sup>2)</sup>

1) Dept. of Consulting, Graduate School, Kumoh National Institute of Technology

2) Dept. of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Abstract** : The aim of this study is to propose the design suitable for sustainability evaluation model of the mobile industry considering system process (SEP). Although a quantitative evaluation was conducted on the link between the national sustainability report and the mobile industry, it was confirmed that it was difficult to identify stakeholders. So it is necessary to develop the design process suitable for the more operator-specific interfaces. The Human System Integration (HSI) methodology was proposed through linkage with work domain analysis. Agile methodology and Resilience engineering methodology were added for sustainable model design. The proposed sustainability system evaluation model is applied so that it can be easily used in all industries.

**Key Words** : System Engineering Technical Process, Human System Integration, Mobile's Sustainability System Agile Methodology, Resilience Engineering Methodology

---

**Received:** March 15, 2021 / **Revised:** May 13, 2021 / **Accepted:** May 27, 2021

\* 교신저자 : Woo Chang Cha / [chaw@kumoh.ac.kr](mailto:chaw@kumoh.ac.kr)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

## 1. 서론

국가 지속가능 보고서 와 모바일 산업의 주요 지표 간 연관성을 통해 모바일 산업의 지속 가능성에 대한 평가를 진행하여, 해당 산업의 미래를 예측하고 지속가능 개발모델 시스템 평가모델을 설계하고자 한다. 기존 연구로는 ‘프로젝트 관리’가 진행되어 목표(Goal), 목적(Purpose), 산출물(Output), 사업 구성요소 및 개발활동(Activities)으로 프로젝트 관리 기법 중 논리 모형 접근(Logical Framework Approach)방법론을 진행 하였으나[1], 정량화된 평가모델의 부재 와 정성적인 기술 철학적 사고의 뒷받침이 부족함을 확인 하였다. 이에 국가 지속가능 보고서 와 모바일 산업의 주요 지표에 대해 통계적 방법으로 일관성 검증을 진행하고, 기술의 시대 흐름에 대한 철학적 사고로 정량적 평가를 뒷받침할 정성적 고찰을 진행한다. 고객의 요구사항 및 자체 제품을 개발할 시에 초기 컨셉트 청사진인 시스템공학(System Engineering)을 적용하여 개발모델을 보완 하고자 한다. 시스템 엔지니어링은 설계, 제작, 생산의 비용을 절감 시키고 일정을 줄임 과 동시에 리스크 관리가 가능하다.[2] 인적 요소 와 밀접한 산업의 요구사항 및 지속가능성 평가가 필요 하고, 목적을 수행하기 위해 구성된 여러 요소들 (사람, 제품, 프로세스)을 통합된 방법 [3] 으로 연구하기 위해 시스템 엔지니어링 프로세스를 모바일 산업 지속가능성 평가에 적용 하여, 지속 가능성 평가모델 설계 시 한계점 확인 과 추가 보완점에 대한 연구를 진행하고자 한다.

## 2. 모바일 산업 지속가능성 평가

### 2.1 지속가능 평가를 위한 연관성 항목 도출

정성적인 수요예측이 필요하고 전문가의 경험적 지식을 통한 문제해결 및 미래예측을 위해 델파이기법 (Delphi Method)을 활용 하였다. 이는 어떠한 문제에 대해서 전문가들의 견해를 유도하고 종합하

여 집단적 판단으로 정리하는 일련의 절차로 정의된다. 추정하려는 문제에 대해 정확한 정보가 없을 때 계량적 객관의 원리와 민주적 의사결정 원리에 논리적 근거를 두고 있다.[5],[6]

표 1과 같이 총 5명의 전문가로 구성하여, 초기 계획수립, 산정, 합의도출, 정리 및 기록의 수행 절차를 진행 하였으며, 세 차례 반복 진행 및 브레인 스토밍을 거쳐서 결과를 도출하게 되었다.

<Table 1> Evaluation using the Delphi Method

구분	평가1	평가2	평가3	평가4	평가5
부서	개발	품질	제품 기술	제조	마케팅
근무 경력	18년	11년	9년	16년	6년
전문 영역	개발	시장 품질	H/W, S/W	생산/ 품질	영업

국가 지속가능 보고서 와 모바일 산업 간의 연관성 항목에 대해서 팀원 델파이 방식으로 진행한 결과 국가 지속가능성 보고서는 사회, 환경, 경제의 3개 분야 18개 영역의 총 84개 항목 중, 표 2와 같이 15개의 지표가 높은 연관성을 보였다.

<Table 2> Indicator of National Sustainable Development

No	지표명	분야
1	자살 사망률	사회
2	범죄 발생률	사회
3	자연재해 피해	사회
4	관리직 여성 비율	사회
5	고용률	사회
6	온실가스 배출량	환경
7	도시화율	환경
8	수도권 인구 집중도	환경
9	식량 지급률	환경
10	자연보호지역 비율	환경
11	경제 성장률	경제
12	중소기업 부가 가치 비율	경제
13	초고속 인터넷 가입자 수	경제
14	온라인 신청 가능 민원종류	경제
15	GDP 대비 R&D 지출 비율	경제

모바일 산업의 주요 지표는 표 3과 같이 세계 스마트폰 보급률, 선진국 스마트폰 사용 점유율, 소득 수준과 스마트폰 소유 비율, 국가 연령대별 스마트폰 소유 비율, 소셜 미디어 사용자, 한국 시장 5G 스마트폰 판매량 추이, 스마트폰 연간 성장률의 7가지가 지속 가능성과 연관성이 크다는 것을 확인 하였다.

<Table 3> Indicator of the Mobile Industry

No	주요 지표
1	세계 스마트폰 보급률
2	선진국 스마트폰 사용 점유율
3	소득수준과 스마트폰 소유 비율
4	국가 연령대별 스마트폰 소유 비율
5	소셜 미디어 사용자
6	한국시장 5G 스마트폰 판매량 추이
7	스마트폰 연간성장률

## 2.2 일관성 검증 및 지속가능 평가모델 신뢰성을 높이기 위한 SE 적용 연구

체계적이고 정량화된 결과도출 과 의사결정이 필요하고, 요소들 간의 관계를 분석하기 위해 AHP (Analytic Hierarchy Process) 통계적 방법을 이용 하였다. 이는 각 계층내의 의사결정 요소들의 쌍대 비교를 통하여 비교행렬을 구한 후 중요도를 도출하게 된다.[4] 국가 지속가능 및 모바일 산업의 지표에 대한 연관성 항목에 대해 3점 척도를 활용한 팀원 델파이 방식의 평가를 진행 후 가중치 산정을 활용한 정량적 평가로 진행하여 일관성 검증 시 표 4와 같이 일치성 (Consistency Index : 0.0959) 을 확인 하였다. 국가 지속가능성 보고서와 모바일 산업 간의 연관성 항목에 대한 우선순위 (Priority) 를 도출한 결과 표 5와 같이 경제성장률, 중소기업 부가가치 비율, 초고속 인터넷 가입자 수, 세계 스마트폰 보급률, 소셜 미디어 사용자, 스마트폰 연간 성장률의 각 3개 항목이 확인 되었다.

<Table 4> Sustainability Model Evaluation (Quantitative)

평가기준	방법	평가결과	근거
기술적 (정량적)	국가 지속가능 발전지표	우선순위 3개 도출 (총 15개중)	일치성 지수 0.0959
	모바일 산업 지표	우선순위 3개 도출 (총 7개중)	

<Table 5> Related Item & Priority

지표	연관성 항목 (우선순위)
국가 지속가능 발전지표	#1. 경제성장률 #2. 중소기업 부가가치 비율 #3. 초고속 인터넷 가입자 수
모바일 산업 지표	#1. 세계 스마트폰 보급률 #2. 소셜 미디어 사용자 #3. 스마트폰 연간 성장률

개발모델의 정량적 평가를 뒷받침할 시대기술 흐름의 기술 철학적 관점에서 연구를 진행 하였으며, 기술 결정론, 포스트 모더니즘 과 기술의 가치 내재성, 구조주의, 기술 환원주의, 시스템 사고를 고찰할 수 있었다. 모바일 산업의 지속가능성 평가를 위해 정량적 평가 와 정성적 고찰을 진행 하였으나, 3P(People, Product, Process) 와 지원체계 (Enabling System)를 활용하여 통합된 방법으로 연구하고 신뢰도 확보가 필요하여 시스템 엔지니어링 방법론을 적용키로 하였다.[7]

ISO/IEC 15288 기반의 시스템 엔지니어링 프로세스는 프로젝트 프로세스, 기술 프로세스, 프로젝트 활성화 프로세스, 합의 프로세스의 4개의 프로세스가 있으나, 본 연구는 모바일 산업 특성상 기술 위주의 개발이 진행 되며, 실무적인 SE 업무에 가장 밀접한 프로세스인 '기술 프로세스'에 초점을 두고 진행하게 되었다. 특히 시스템 엔지니어링 프로세스를 이용한 지속가능성 평가에서 이해관계자 의 니즈 (Stakeholder Needs) 와 요구사항 정의 (Requirement Definition)가 부족 하다는 것을 도출 하게 되었다. 지속가능성 평가모델 설계는 시스

템 엔지니어링의 기술 프로세스 분석 방법 적용 시 한계점의 대책으로 사업운영 부문의 이해 관계자들이 구조화된 프로세스를 통해 이해관계자 니즈를 도출 하도록 이끌며, 요구공학 엔지니어는 이해관계자 니즈를 다시 공식적인 이해관계자 요구사항으로 변환하는 ‘이해 관계자 니즈 및 요구사항 정의 프로세스’의 단계가 중요하다. 즉, 관여되는 인간인 이해관계자(Stakeholder) 중심의 모델 설계가 필요하다는 것을 확인 하였다.

### 3. 지속가능평가를 위한 SE 보완 연구

#### 3.1 인간시스템통합 (HSI) 적용의 필요성

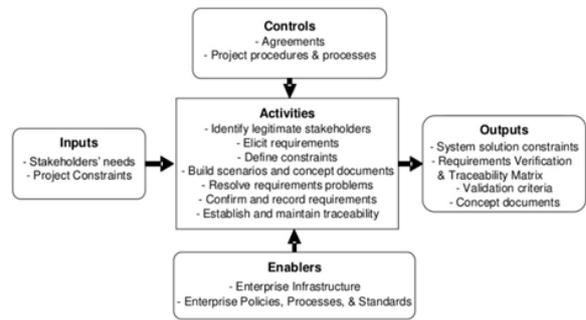
지속가능 시스템 평가모델 설계의 성공은 요구사항 개발을 기초로 하고 있으며, 전단분석(Front End Analysis)에 의해서 시스템 요구사항이 만들어지고 HSI 관련 요구사항이 추가 된다. 효과적인 전단분석을 위해서는 새로운 시스템의 임무 와 수행해야 할 일, 선행 시스템의 성과 와 문제점, 제안된 시스템 기술과 교류할 가능성이 높은 사람들과 관련된 교육에 대한 철저한 이해가 선행 되어야 한다. 시스템을 공통의 구성 원칙에 따라 행동하는 상호 연계된 구성요소의 집합으로 보며, 이런 관점을 근간으로 하여 다른 엔지니어링 분야에 접근하는 수학적으로 엄밀한 모델 과 시뮬레이션을 만들어진다.[8]

HSI 분석에 의해서 시스템 내에 인간 중심 기능이 할당되고, 발생할 수 있는 인적 또는 시스템의 잠재적 능력상의 빈틈이 식별된다. 최종 시스템 해결방안에 가장 큰 혜택을 주고 전 과정 비용을 크게 줄이려면, HSI를 시스템 개발 초기의 이해관계자 요구사항 생성 시 부터 개발 프로세스 끝까지 포용하는 것이 중요하다. 시스템 엔지니어는 HSI를 시스템 수명주기 전체에 내재 시키는데 있어서 핵심적인 역할을 하며, HSI 전문가들을 적극 참여시켜야 한다. 고객, 사용자, 개발자, 과학자, 시험자, 물류 전문가, 엔지니어, 설계자 (Human, H/W, S/W)의

지속적 참여와 의사소통이 필수적이다.

#### 3.2 이해관계자의 니즈 및 요구사항 정의

시스템 엔지니어링 프로세스의 목적은 정의된 환경 속에서 사용자와 그 밖의 이해관계자들이 필요로 하는 능력을 제공할 수 있는 시스템에 관한 이해관계자 요구사항을 그림 1과 같이 정의 하는데 있으며 4가지로 요약이 된다. 첫째, 이해관계자의 요구사항이 정확하게 표현 되었는지 당사자들에게 확인, 둘째, 시스템 수명주기가 끝날 때까지 유지관리에 적합한 양식으로 이해관계자 요구사항을 기록, 셋째, 수명주기 전체에 걸쳐 이해관계자의 니즈 와 요구사항 추적성 정립 및 유지, 넷째, 형상 관리를 위한 기준선 정보를 제공하게 되며, 활동에 있어서 가장 중요한 문제의 하나는 요구사항을 추출해 줄 이해관계자가 누구인지 식별함에 있다.

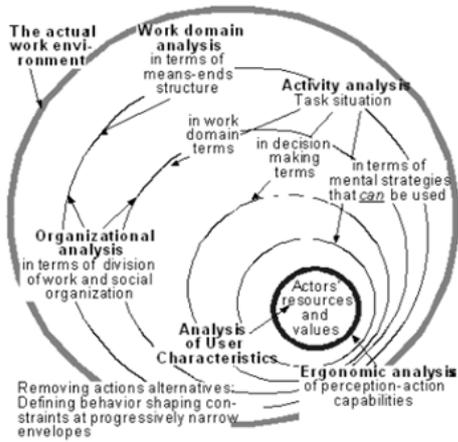


[Figure 1] Stakeholder Requirements Definition Process IPO Diagram, System Engineering Handbook (2015, INCOSE)

#### 3.3 인지적무분석을 활용한 모델개발 착안

인간기계 시스템의 인지 직무분석 프레임워크(Framework) 및 개발과정은 하향식(Top-Down) 방식으로 진행하며, 인지 직무분석은 상호 작용하는 사람들을 시스템 사용자가 아닌 작업 관련 행동에 관여하는 행위자로 간주하고, 인간과 조화롭게 작동하는 시스템 설계를 제시한다. 더불어 작업을 수행하는 사람들의 지각, 인지 및 인체 공학적 속성을

동시에 집중하게 되며, Framework는 그림 2와 같다. 각 속성 집합은 원으로 지정되며, 연구의 목적과 방법에 따라 속성, 요인 또는 변수의 호스트 역할을 하게 된다.[10] 시스템 엔지니어링 프로세스 기반으로 개발모델의 정성평가가 어렵기 때문에, 직무 영역 분석(Work Domain Analysis) 적용의 필요성을 확인 하였으며, 표 6과 같이 인지 직무 분석의 분석 방법을 정의할 수 있다.[11]



[Figure 2] The Dimensions of Cognitive Work Analysis, Cognitive System (2010, W.C.Cha)

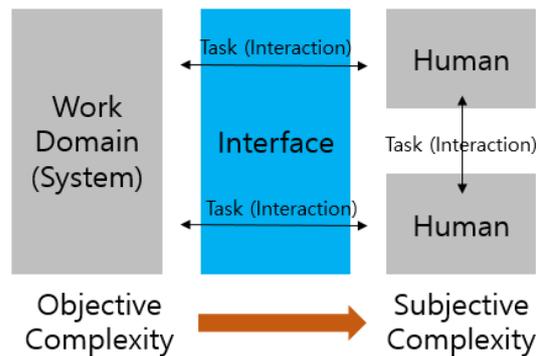
<Table 6> Cognitive Work Analysis

기본구조	분석 방법
Work Domain	관리되고 있는 시스템의 목적과 구조
Control Task	워크 도메인에서 직무 수행관리
Strategies	직무 관리가 이루어질 수 있는 메커니즘
Social Organization	누가 작업을 수행할지 와 어떻게 분담할지를 결정
Worker Competencies	작업자 스스로가 관리되는 제약의 형태

### 3.4 기술 프로세스 와 인간기계시스템 비교연구

인간공학 요소를 품목설계와 통합하는 것은 필수적이며, 시스템 설계가 시스템을 운용, 유지, 운반, 공급 하고, 통제할 인원의 능력과 한계에 있어 확실히 양립하도록 하여 시스템 성능과 비용의 균형을

보장 하는 것 이다. 인간 시스템 엔지니어링은 인간 과 기계 인터페이스를 갖는 시스템의 모든 부분에 영향을 미치며, 인간 공학자는 소프트웨어 인터페이스 머신(Software Interface Machine)을 포함한 시스템 설계, 개발 연구와 규격에서 운전자 능력과 한계를 적용하게 된다. 시스템 설계에서 인간 시스템 통합은 여러 요소를 고려하도록 요구하고, 인간 요소가 시스템 엔지니어링 운용상 가장 중요한 부분 임과 함께 기술적 쟁점을 가지고 있음을 확인하였다. 결과적으로 그림 3과 같이 인간 시스템 통합은 직무 영역(Work Domain) 과 인간 간의 인터페이스를 통한 필수통합 시스템이며, 표 7과 같이 Rasmussen의 5가지 추상화 계층도 정의할 수 있었다.



[Figure 3] HSI's General Model, Cognitive Engineering Design & Analysis of Human Machine System (2010, W. C. Cha)

<Table 7> Rasmussen's 5 Layers of Abstraction

Layers	설명
Domain Purpose	Work Domain의 설계목적
Domain Values & Priorities	안전, 생산성과 같이 행위를 제한 하는 인적, 사회적 가치
Work Function	목적 성취를 위한 일반기능들
Technical Function	물리적 개체들의 능력 과 기능
Physical Resources & Material Configuration	물리적 개체의 물리적 특성

### 3.5 SEP와 인지분석방법의 연관성분석

시스템 엔지니어링의 14단계 기술 프로세스 와 인지직무 분석의 5단계 기본구조와의 연관성 또한

전문가가 5명을 활용하여, 브레인스토밍 및 팀원 델파이 방식을 활용하여 연관성을 도출 하였으며, 그림 4와 같이 매핑 진행 하였다. 지속가능 모델에서 각 프로세스 진행 중에 인지직무 기본구조 5개의 적용 필요성이 확인 되었으며, 이는 지속가능 모델에서 직무 수행관리 및 관리 메커니즘, 작업영역이 중요한 요소임을 반증하는 결론이다. 이로써 기존 모델 개발은 시스템 엔지니어링 위주로 진행 되었지만, 모바일 산업 지속가능 평가를 위해서는 인간중심의 프로세스를 비교분석 하면서 인간 시스템통합 방법론이 필요함을 확인 하였고, 시스템 엔지니어링 초기 1~5 단계가 컨셉트 단계에서 매우 중요하고, 인지 직무분석 5가지 설계방법론이 접목 되어야 함을 확인할 수 있었다.[9]



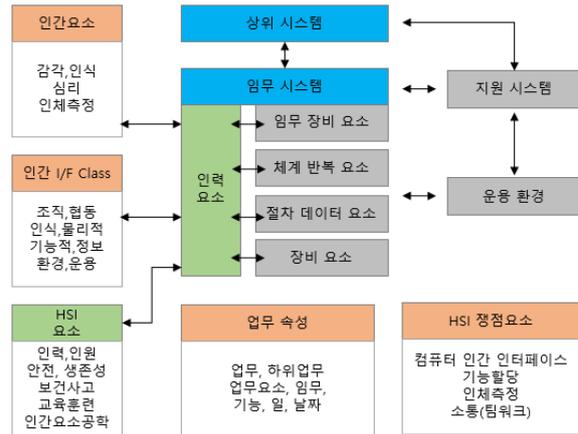
[Figure 4] SEP-Cognitive Work : Association Analysis

#### 4. 개선 방법론 제안 및 적용 가능성 연구

##### 4.1 지속가능 시스템 평가의 HSI 방법론 제안

지속가능 시스템 평가를 위한 인간 시스템통합 (HSI) 방법론 제안이다. 인간, 기술, 운영 컨텍스트 등 모든 구성요소를 조화롭게 작동시키기 위해서는 필요한 구성요소 간 인터페이스가 포함된 총체적 시스템 접근법을 장려하는 시스템의 필수 인에이블러 (Enabler)이다. 시스템 엔지니어링 기술 프로세스와 인간기계 시스템의 연결고리 역할이 인간통합시

스템임을 확인 하였다.[12] 즉, 그림 5와 같이 인간 시스템통합은 모든 시스템 구성요소 내에서도 구성요소 전체에 걸쳐 인간공학 요소를 통합하기 위한 융합 학문적 기술관리 프로세스이며, 시스템 수명주기 전체에 걸쳐 모든 시스템의 필수요소인 인간에 집중하게 됨을 확인 하였다.[13]



[Figure 5] SE - Human Factor Considerations

인간요소 매트릭스(Matrix)는 설계 고려사항에 영향을 주는 모든 성능 영향인자를 이해하기 위하여 요구되는 사고절차를 나타내기 위해 구조를 알려주며, 이러한 사고절차에 따라 시스템 분석가 또는 시스템 엔지니어로서의 업무 활동은 어느 영향인지가 특정 시스템 적용을 위한 고려사항을 보증할 수 있는지 결정하게 된다. 인간 시스템 통합에서 말하는 ‘인간’에는 시스템 소유자, 사용자, 조작자, 의사 결정자, 유지 관리자, 지원 인원, 훈련 교사, 주변 인원으로 총 8가지 종류의 자격으로 시스템과 상호작용을 하며, 표 8과 같이 인간이 시스템 과 상호 작용 시 각각의 역할과 책임을 가지게 된다. HSI 적용으로 이득을 얻을 수 있는 시스템도 많으며, HSI는 SE 프로세스에 인간 중심의 학제 와 관심사를 도입하여 시스템 설계 와 성능 전반을 향상 시키게 된다. 더불어 HSI 분석에 의해서 시스템 내에 인간 중심 기능이 할당되고, 발생할 수 있는 인적 잠재적 능력상의 빈틈이 식별 된다.[14]

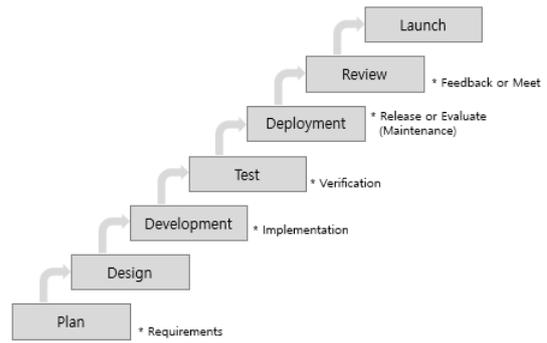
<Table 8> Human-System Interaction Role & Responsibility

인간자격	역할과 책임(R&R)
시스템 소유자	시스템 설계, 정보 관리 및 통제, 수명주기 비용 감소
사용자	운영, 유지보수, 정보 취급
조작자	사용자와 대화, 성능 최적화, 인터페이스 절차 고려
의사 결정자	절차를 고려한 상황 판단, 사람의 특성 수용
유지 관리자	현재 및 미래의 운용 상황을 탐지, 이해, 예측
지원 인원	부과 업무 수행
훈련 교사	사용자를 쉽게 훈련, 스킬 보유 및 획득
주변 인원	정보제시 및 소통 (팀워크)

인간시스템 통합 방법론 적용 시 6가지의 주요 개선 효과를 볼 수 있다. 운영상의 오류감소, 인간에 의한 업무수행 능력의 신뢰성 개선, 유용성 향상, 운용인력의 업무량 감소, 사용자 사이의 편차를 낮게 유지, 상황 인식 개선이다. 또한 가장 유능하고 실력 있는 인간요소 엔지니어의 서비스 적용이 가능하다. 시스템 운용, 유지, 운반, 공급, 통제 인원의 한계 극복 및 시스템 성능 과 비용 균형을 보장하며, 시스템 엔지니어는 HSI를 시스템 수명주기 전체에 내재 시키는데 있어서 핵심적 역할을 하게 된다.

**4.2 지속가능 모델 설계 - Agile 방법론 제안**

에자일 방법론은 반복 점진적 개발을 기본으로 하며, 그림 6과 같이 설계/검증/구현/수명주기 등의 프로세스를 이용해서 정량적인 요소가 변경되고, 유지보수 및 시대 흐름을 반영을 하게 된다. 이는 생산성을 높이고 제품 적기출시, 개발비용 감소, 품질 향상 및 업무 만족도를 위해 최적의 방법론이기도 하다. 표 9와 같이 에자일 개발 방법론을 계획수준, 요구사항, 시스템 개발, 테스트, 표준 프로세스의 장점을 고찰 하였으며, 이는 고객중심과 작은 릴리즈, 동작하는 소프트웨어 중심이란 결과를 도출 하였다. 직무 영역 분석(Work Domain Analysis)을 통한 관리시스템의 극대화를 위해 Agile 프로세스 및 방법론을 제시하게 되었다.[16]



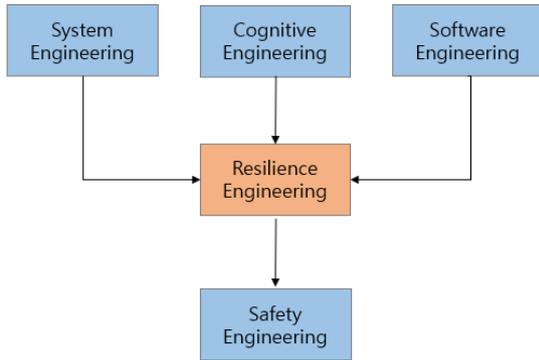
[Figure 6] Agile Process & Methodology

<Table 9> Agile Development Methodology Features

항목	Agile 개발 방법론
계획수준	반복적인 주기를 설정하고 다음 주기에 대해 서만 상세계획을 수립
요구 사항	요구사항에 대한 변경 및 추가가 비교적 자유로움
시스템 개발	실제 구현된 기능을 통한 시스템의 각 구조의 실현 가능성과 효과를 증명 하고 구현
테스트	작은 단위의 기능별로 개발과 테스트를 반복하여 검증
표준 프로세스	반복적인 Inspection을 강조하고 프로세스는 유연하게 적용
Summary	고객중심 / 작은 릴리즈 / 동작하는 소프트웨어 중심

**4.3 지속가능 모델 설계 - 회복성 공학 방법론 제안**

레질리언스 공학은 사회기술 시스템의 복잡성에 대처할 수 있는 방법에 초점을 맞춘 안전 관리의 패러다임 및 시스템 이다. 운영 환경에서 조직의 회복력을 분석, 측정 및 모니터링 하는 방법, 환경에 대한 조직의 회복력을 향상 시키는 방법, 리스크 (Risk)에 대한 변화를 탐지하고 효과를 모델링하고 예측하는 방법이 있다. 시스템이 환경의 변화와 장애를 흡수하고 시스템 기능을 유지하는 능력을 의미 하는 회복성은 문제를 해결하기 위한 핵심 개념이며, 사회 기술 시스템에 복원성을 구현하는 기술적 방법론이기도 하다. 그림 7과 같이 레질리언스 공학은 시스템공학, 인지공학, 소프트웨어공학, 안전공학의 중심에 있으며, 시스템 엔지니어링의 복잡성을 해결하기 위한 솔루션인 레질리언스 엔지니어링 방법론을 제시하게 되었다.[15]



[Figure 7] Resilience Engineering Meaning

#### 4.4 제안된 SE 보완 방법론의 장점

SE 보완연구를 위해 제안된 방법론은 기존 시스템 엔지니어링 프로세스와 비교 시 장점이 두드러지게 나타난다. 표 10과 같이 인간시스템통합(HSI)은 구성요소 간 조화 및 인터페이스가 포함된 총체적 시스템 접근방법으로, 시스템 수명주기 전체에 걸쳐 모든 시스템의 필수요건인 인간에 집중한다. 애자일(Agile)은 유지보수 및 시대 흐름을 반영하고, 생산성 향상, 제품 적기출시, 개발비용 감소, 품질 및 업무 만족도를 향상 시킨다. 회복성(Resilience)공학은 사회기술 시스템의 복잡성에 대응 가능하며, 리스크에 대한 변화를 사전에 탐지가 가능하다.

<Table 10> Advantages of the Proposed Methodology

제안방법론	장점 (기존과 차이점)
HSI	구성 요소 간 조화 및 인터페이스가 포함된 총체적 시스템 접근방법. 시스템 수명주기 전체에 걸쳐 모든 시스템의 필수요소인 인간에 집중
Agile	유지보수 및 시대흐름 반영, 생산성 향상, 제품 적기출시 개발비용감소, 품질 및 업무 만족도 향상
Resilience	사회기술 시스템 복잡성에 대응 Risk에 대한 변화를 사전에 탐지

#### 4.5 제안 방법론의 적용 가능성 확인

모바일 산업의 지속가능 평가모델 설계를 위해 제안한 3가지 방법론 (HSI, Agile, Resilience)의 효과성을 도출하기 위해, 모바일의 단종 모델에 적용을 해본 결과, 단종 사유 및 문제점을 도출할 수

있었다. S사 N모델의 단종 사유는 배터리 내부 젤리롤(Jelly Roll) 내측의 분리막이 손상되어 음극판과 양극판이 만나게 되어 발화사고가 발생 하였고, 배터리 제조사와의 공동개발 협력부족, 잠재 리스크 발굴 부족, 제품 조기출시 와 고객 니즈 고려부족 등이 확인 되었다. 이는 SE 프로세스의 초기 이해관계자 요구사항 및 시스템 요구사항 식별에서도 고려 및 해결할 수 있으나, 잠재 Risk 및 Weak Point 발굴로 사전 불량 예측 관점에서 보완이 필요하게 되었다. 본 연구의 평가항목과 매핑 시 국가 지속가능 발전지표에서는 중소기업 부가가치비율, 모바일 산업지표 에서는 세계스마트폰 보급률 및 소셜 미디어 사용자 항목에 대한 평가가 개발단계에서 부족했음을 확인할 수 있었다. 이해관계자의 요구사항 고려 및 개발단계에서 인간요소가 포함 되어야 하고, 애자일(Agile) 및 회복성(Resilience)과 같은 방법론을 적용 한다면 신뢰성 확보 와 미래예측의 정확도 까지 높이는 지속가능 평가를 할 수 있을 것으로 가능성을 확인 하였다. 제안한 3가지 방법론(HSI, Agile, Resilience)을 서로 통합하여 시너지 효과를 내기 위해서는 표 11과 같이 8개의 프로세스 와 역할이 필요함을 확인 하였으며, 적용시 잠재 Risk 선행 발굴과 신뢰성이 확보된 미래예측이 가능하다.[9]

<Table 11> Proposed Methodology Integration Process

No	프로세스	역할
1	비전 임무 및 목표	비전, 임무, 목표를 전략 계획에서 설정
2	전술 계획 수립	임무 중심의 전술계획 수립
3	능력 갭 분석	조직 과 시스템의 장점, 약점, 기회, 위협 (SWOT)에 대한 갭 분석
4	기회 및 위협 환경목표	시장 기회 목표 와 위협 환경에 대한 갭 분석
5	전략 계획 수립	수행 비전 정의 및 조직 전략 계획 설정
6	생산자-공급자의 역할	공급체인 역할 수행
7	부가가치 생산자-공급자	임무 자원 입력사항을 전환, 활용, 프로세스화
8	획득자의 사용 적합성 판단 기준	사용 적합성 표준 및 성과 판단 기준을 충족

## 5. 결론

시스템 엔지니어링 기술 프로세스는 수명주기 동안 이해 관계자들(Stakeholders)의 니즈와 요구사항을 충족시키는지 여부에 따라 결정하게 되며, 시스템 엔지니어링 프로세스를 기반으로 모바일 산업의 지속가능 평가를 국가 지속가능 보고서 와 연관하여 정량평가를 진행 하였다. 그러나 시스템 평가 모델 설계 시 한계점을 확인하였고, 개발 모델 설계 활동에 있어서 가장 중요한 것은 요구사항을 추출해 줄 이해 관계자가 누구인지 식별함에 있었다.

시스템 엔지니어링 프로세스 기반으로 개발모델의 정성평가가 어렵기 때문에, 시대 기술흐름의 기술철학 사고로 정량적 평가를 뒷받침 하였고, 보완책으로 직무 영역 분석(Work Domain Analysis)과 연관성을 통한 인간 시스템통합 방법론을 도출 하였다. 시스템 엔지니어링 기술 프로세스 와 인간기계 시스템(HMS)의 연결고리는 인간 시스템통합(HSI)임을 확인 하였으며, 향후 지속가능 모델의 강건 설계를 위해서 애자일(Agile) 방법론 과 회복성(Resilience) 공학 방법론을 제시하게 되었다. 정량적 평가 와 정성적 고찰을 통해 도출된 부족한 지표 부분에 대해서 모바일 단종 모델에 적용 시 지속가능성을 확인 하였다. 향후 특정 산업의 지속가능성 평가 및 구현을 위해서는 해당 프로세스에 대한 프로그램화가 필요할 것으로 생각되며, 본 연구 사례가 지속가능 시스템 평가모델 적용에 대한 기준 제시가 되었으면 한다.

## 사사(Acknowledgment)

본 연구는 금오공과대학교 학술 연구비(2019-104-121)로 지원 되었음.

## References

1. McLaughlin, J.A and Jordan, G.B (2010),

“Using Logic Models”in Joseph S. Wholey, Harry P. Hatry and Kathryn E. Newcomer(eds.), Handbook of Practical Program Evaluation (Third Edition), San Francisco:Jossey-Bass, p50-80

2. W. C. Cha (2013). A Study of System Engineering Process Model For the Cognitive Interface Design Process, Cognitive System, Journal of the Korea Society of System Engineering, v9 No2, p15-22

3. S. J. Kim & W. C. Cha (2020), A Study of Human System Integration Methodology Proposal For the Mobile Industry Sustainability System Evaluation Model Design, Systems Engineering for Korean New Deal (2020 Autumn Symposium), Journal of the Korea Society of System Engineering, p130

4. W. C. Cha & S. P Jang (2004), The Selection of Human factors Evaluation Criteria for Information Display on VDT using AHP, Journal of society of Korea industrial and systems Engineering, v27 no1, p109-120

5. W. C. Cha (2011), Environment Design for Digitalized Main Control Room in Nuclear Power Plant, Journal of the Korea Society of System Engineering, v7 no2, p1-5

6. W. C. Cha (2010), Anthropometric Data Collection for MCR Environment Design of Nuclear Power Plant, Journal of the Korea Society of System Engineering, v6 no1, p47-52

7. W. C. Cha & D. W. Na (2010), System Analysis Study of Public Transit Transfer System, Journal of the Korea Society of System Engineering, v6 no2, p15-20

8. S. C. Yoon & S. H. S (2014), Characteristics Analysis of Sustainable Manufacturing System and V&V Strategy, Journal of the Korea Society of System Engineering, v10 no2, p51-58
9. INCOSE (2015). System Engineering Handbook, 4th Edition, Edited by T. M. S. David D. Walden, Garry J. Roedler, Kevin J. Forberg, R. Douglas Hamelin, Hoboken, New Jersey, p392-396, p429-434, p445-453,
10. W. C. Cha (2010). Cognitive System Design, Chaos Book p225-236, p209-213
11. Ham D, Yoon WC. (2001). "Design of Information Content and Layout for Process Control Based on Goal-Means Domain Analysis.", Cognition, Technology & Work, 3(4):205-223
12. B. S. Byun (2020). System Concept Development Methodology for Company Survival, Book Lab p33-44
13. W. C. Cha (2010). Cognitive Engineering Design and Analysis of Human Machine System, Hanteemedia p169-193
14. Boohar. H. R (2003). Handbook of Human Systems Integration, New York, NY : John Wiley & Sons, Inc.
15. Jackson, S. & Ferris, T. (2013). Resilience Principles for Engineered Systems. Systems Engineering 19(2), p152-164
16. Dove, R. (2012). Agile Systems and Processes : Necessary and Sufficient Fundamental Architecture (Agile 101). INCOSE Webinar.