

제조업 장비의 신뢰성 향상을 위한 신뢰성지수 개발

유상우¹ · 박정원¹ · 김민¹ · 홍정표¹ · 오근태² · 나윤균^{2*}

¹한국산업기술시험원, ²수원대학교

Development of the Reliability Index for Improving the Reliability of the Manufacturing Equipment

Sangwoo Yu¹ · Jungwon Park¹ · Min Kim¹ · Jungpyo Hong¹ · Geuntae Oh² · Yoonkyoon Na^{2*}

¹Korea Testing Laboratory, ²University of Suwon

Purpose: The purpose of this study is to measure the reliability of complex equipment. Reliability of product is one of the most important factor to achieve competitiveness in the market. While there were many researches for assessing the reliability on components and modules, research on quantitative assessment tool for equipment with many component was little because of equipment's complexity.

Methods: In this article, we developed index to assess reliability management system by using IEC 60300 and Reliability Management Tool-kit. With MIR and BARS, we developed reliability index clauses relevant to reliability activities and found weight factor for each clause by survey on experts.

Results: The results of this study were as follows; reliability index that can assess both management side and technology side of the company was developed.

Conclusion: Using this index, we assessed the reliability of a manufacturing equipment and found out the current reliability level of the manufacturing equipment, and derived improvement points.

Keywords: Reliability, Index, Equipment, MIR, BARS, Manufacturing

1. 서론

제품을 제조하는 제조용 장비는 제품 경쟁력 향상의 가장 중요한 요소 중 하나이며 고부가 가치산업이다. 2014년 이후 매년 10%씩 성장하고 있는 반도체 장비 산업은 미국, 일본, 유럽 3개국 10개 업체가 전체 시장의 60% 이상을 차지하는 주요 제조기업의 영향력이 절대적인 산업이며 현재 부품기업을 포함한 장비

기업은 약 112개로 대부분 1,000억 원 이하의 매출을 기록하며 종사자는 8,000명 규모로 추산되고 있다[1].

제조용 장비를 생산하는 산업에서 신뢰성은 장비 경쟁력을 결정짓는 중요한 요인이다. 신뢰성을 확보하지 못한 장비는 소비자들에게 외면당할 수밖에 없다. 우리나라의 제품 신뢰성은 2000년에 시작된 정부의 부품소재 신뢰성 향상 사업 등을 통하여 많은 발전을 해 왔다. 제품 신뢰성 확보에 있어서 가장 중요한 것은

* 교신저자 ykna@suwon.ac.kr

2016년 8월 31일 접수, 2016년 9월 21일 수정본 접수, 2016년 9월 26일 게재 확정.

핵심부품과 구성품의 신뢰성 확보이다. 부품의 신뢰성 평가는 여러 개의 시료를 시험하여 얻은 데이터의 분석을 통해 이루어졌다. 하지만 이런 시험을 통한 신뢰성 평가는 제조용 장비와 같은 대규모 시스템에 적용하기 어렵다. 이러한 특성 때문에 본 논문에서는 제조용 장비의 설계·개발단계에서의 신뢰성 관리 프로세스를 평가하는 방법을 제안하였다. 신뢰성 관리 프로세스의 각 단계별로 수행하는 업무들의 수준을 행동 수준의 단계적 표현 방법인 MIR(Maturity Index for Reliability)[2, 3] 및 BARS(Behaviorally Anchored Rating Scale)[4]를 활용하여 점수화하고, 각 단계별 중요성을 관련 전문가들의 설문을 통해 정량화하여 얻은 가중치를 적용한 신뢰성지수(RI: Reliability Index)를 개발하였다. 장비 제조업체에서는 이 신뢰성지수를 통하여 장비의 현 신뢰성 수준을 평가하고, 신뢰성을 향상시키기 위해 필요한 항목을 알 수 있다.

본 논문에서 제안한 신뢰성지수를 활용하는 방법을 설명하기 위하여 신뢰성지수를 통하여 장비의 신뢰성을 실제 평가한 사례도 제시하였다.

2. 이론적 배경 및 선행연구

2.1 지수화 사례 조사

2.1.1 신뢰성지수

2006년 한국신뢰성학회 춘계학술대회에서 박정원 과 함중걸[3]은 신뢰성과 관련된 다양한 평가항목을 포함한 신뢰성 수준의 정량적 지표로서 신뢰성지수를 제안하였다. 이 논문에서는 신뢰성지수의 평가항목으로서 제품 초기 특성 값의 산포, 환경시험 전·후의 특성 변화율, 제품의 설계 여유도, 제품 수명 또는 고장률의 4가지 항목을 제시하였으며, 신뢰성지수는 세계에서 가장 신뢰성이 높은 제품의 신뢰성 점수에 대한 대상 제품의 신뢰성 점수의 비로서 정의하였다. 이 때 신뢰성 점수는 앞서 언급한 4가지 평가항목의 평가측도 값을 0~100점 사이의 값으로 점수화하고, 평가항목에 가중치를 곱하여 합한 값으로 정의하였으며 각 세부 항목은 다음과 같이 제시하였다.

초기 특성 값의 산포에 대한 평가 측도는 공정능력 지수(C_{pk}), 환경시험 전 후의 특성 변화율에 대한 평가측도는 시험 전 특성 값 대비 시험 전 후 특성 값의 차이에 대한 절대값의 비, 설계 여유도의 평가측도는

미리 정한 스트레스에 대한 최고 동작 스트레스 수준을 이용하였고, 수명 또는 고장률은 수명과 관련된 평가측도 평균 수명(MTTF)과 B_p 수명, 고장률과 관련된 평가측도는 고장률 자체를 사용하였다.

한편 Nokia의 Perera[6]는 2006년 Reliability and Maintainability Symposium에서 다음과 같은 신뢰성지수를 제시하였다.

$$RI(\%) = \frac{\text{(합격한 시험항목의 가중치 합계)}}{\text{총시험항목의 가중치 합계}} \times 100$$

여기서 신뢰성지수 RI는 합격한 시험항목의 가중치 합계를 총시험항목의 가중치 합계의 백분율로 표현하였다. 이 때 시험항목의 가중치는 해당 시험항목이 필드의 고장을 얼마나 잘 재현하는지에 따라 결정하였다.

품질경쟁력지수(KPQI: Korean Product Quality Index)는 한국능률협회컨설팅이 개발한 정량적 품질평가모델로서 국내에서 제조 또는 판매되는 제품에 대하여 소비자가 사용과정에서 지각하는 물리적 품질결함을 정량적으로 측정하여 각 제품의 품질 경쟁력을 지수화한 것이다[7]. 품질경쟁력지수의 산출식은 다음과 같다.

$$KPQI = \alpha Q_1 + \beta Q_2 + \gamma Q_3$$

여기서 Q_i ($i=1, 2, 3$)는 결함지수로서 각 품질영역별 중요품질특성값(CTQ: Critical To Quality)에 대한 빈도수를 의미하고, 기회당 결함 수(DPO: Defect Per Opportunity)로 평가하며 α, β, γ 는 가중치로서 전반적 제품 만족도에 미치는 영향을 나타낸다.

3. 장비 신뢰성지수 개발

3.1 신뢰성지수 개발 프로세스

신뢰성지수를 개발하기 위한 일반적인 절차는 다음과 같다. 먼저 평가할 항목을 결정하고 각 항목 별 평가측도를 결정한다. 그리고 평가측도에 대한 점수 체계를 설정한 후 각 평가항목에 대한 가중치를 결정한다. 최종적으로 평가항목과 가중치를 고려한 값을 종합하여 신뢰성지수의 관계식을 산출한다.

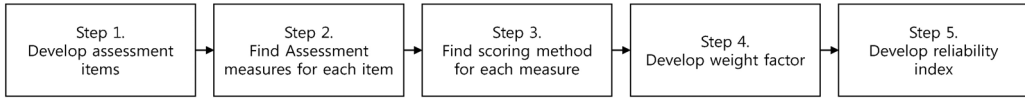


Fig. 1 Development procedure of RI

Table 1 Differences of evaluation method for part and equipment

	component/small module	equipment
composition	less than several components	more than hundreds of components
difficulty of test	easy to test: small size, simple control	difficult to test: big size, complex control
complexity of test	simple	complex
number of test items	unlimited	limited
cost of items	low cost	high cost
conclusion	easy to test and analyze the goal	difficult to test and analyze the goal
	assessment of goal	assessment of process

이를 통해 도출이 될 신뢰성지수의 일반적인 형태는 아래 수식과 같다. 여기서 RS_n 은 각 평가항목의 점수를 뜻하며 ω_n 은 각 항목의 중요도를 표현한 가중치를 나타낸다.

$$RI = \omega_1 RS_1 + \omega_2 RS_2 + \dots + \omega_n RS_n$$

이전 연구들은 부품에 대한 신뢰성지수의 평가항목으로 시험결과를 활용하였지만 제조 장비와 같은 시스템의 경우는 아래 <Table 1>과 같은 사유로 부품에 적용하는 방법을 사용할 수 없다.

부품이나 단순한 모듈의 경우 대부분 구성품의 수

와 크기가 작고 평가항목이 단순 명료하기 때문에 평가를 통해 결과를 도출하고 정량화하기가 용이하다. 반면에 장비의 경우에는 수백 개 이상의 부품과 모듈로 구성되어 있기 때문에 평가항목이 복잡하고 분석이 어렵다. 따라서 장비 수준에서의 신뢰성 정량화는 매우 어렵다. 이러한 장비에 대한 수준 확인은 평가를 통해서 수행하기 보다는 그것을 개발하는 절차가 올바르게 진행되었는지 여부를 판단하는 것이 적절하다.

대표적인 장비의 신뢰성 관리 프로세스로 1992년 SEMATECH社에서 제시한 절차가 있다[8]. SEMATECH에서 제시한 제품 설계 단계에서 필요한 신뢰성 관리 프로세스는 다음 <Fig. 2>와 같다.

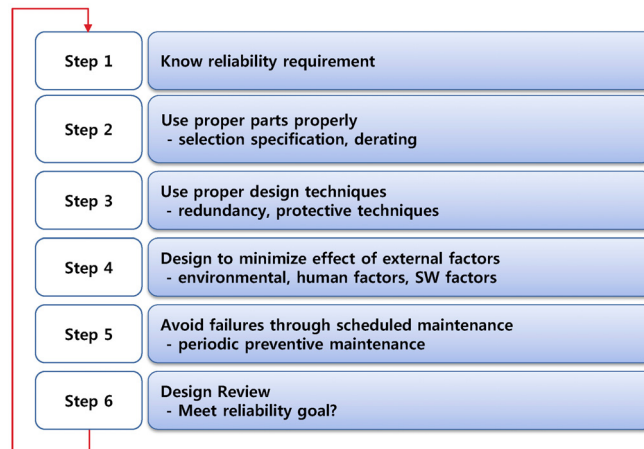


Fig. 2 Reliability management process at product design level

SEMATECH에서 제시한 프로세스를 간략하게 표현해 보면 다음의 3단계로 축약할 수 있다. 첫 단계로 적절한 목표 신뢰성의 결정. 두 번째 단계는 목표를 달성하기 위한 신뢰성 설계. 마지막 세 번째 단계는 반복을 통한 신뢰성 설계 개선이다. 위의 절차는 신뢰성 설계 단계에서 고려해야 할 점들을 잘 제시하고 있지만, 설계 검토에만 초점을 두고 있다는 점에서 한계를 보인다. 제품의 신뢰성 수준 달성 여부를 좀 더 현실적으로 검증하기 위해서는 미약하더라도 평가에 대한 부분이 포함되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 위의 SEMATECH 자료를 바탕으로 설계 절차의 단계를 제시하고, 부품에 대한 신뢰성지수 평가 절차를 보완하여 아래 <Fig. 3>과 같은 새로운 신뢰성 관리 프로세스를 정하였다.

제시한 신뢰성 설계 절차는 3단계의 신뢰성 평가와 4단계의 목표와 실제 간의 차이 분석 2단계를 추가하여 총 5단계로 구성하였다. 신뢰성 목표를 설정하고 이에 따라 설계를 수행 평가를 통한 목표와 현재 수준의 차이 분석, 그리고 신뢰성 개선활동을 하는 순서로 신뢰성을 확보하는 절차를 마련하였다. 이 5단계는 신뢰성지수의 평가항목을 결정하는 첫 번째 범주가 된다.

3.2 신뢰성 평가항목 개발

신뢰성 관리 프로세스에 따른 세부 평가항목들을 개발하기 위해서 각 단계별로 plan & do, check & ac-

tion에 따른 하위 평가항목을 결정하였다. 먼저 첫 번째 단계인 ‘목표 신뢰성 결정’ 부분에서는 목표 수준과 목표를 표현하는 척도, 신뢰성 배분의 적정성을 평가항목으로 제시하였고, 실현 가능한 목표인지를 확인하는 과정도 평가항목으로 추가하였다. 두 번째 단계인 ‘목표 달성을 위한 신뢰성 설계’ 부분에서는 고장 정보의 유무와 이를 근거로 한 신뢰성 설계 유무를 plan & do 로 평가항목으로 제시하고, 신뢰성 설계에 대한 효과분석과 이론적 분석을 통한 목표 신뢰성 만족 여부를 check & action 평가항목으로 제시하였다. 세 번째 단계인 ‘신뢰성 평가’에서는 시험 방법에 대한 적정성을 plan & do 평가항목으로, 시험 실시 여부, 분석의 적정성, 시험 결과가 목표 신뢰성을 만족하는지 여부를 check & action 평가항목으로 제시하였다. 네 번째 단계인 ‘목표와의 gap 분석’은 정량적 목표에 대한 단순 비교 항목이므로 별도의 세부 항목을 제시하지 않았다. 그리고 다섯 번째 단계인 ‘장비의 신뢰성 개선’은 1~3번 단계를 반복하는 것이므로 이 역시 세부 항목을 제시하지 않았다. 따라서 3개의 단계에 대한 1차 하위 평가항목은 다음 <Table 2>와 같다.

3.3 항목 별 평가척도 및 점수 체계 개발

위에서 제시한 12개의 항목을 보면 각각의 항목에 대한 결과가 동일한 척도로 제시되지 않는다. 단계 3 신뢰성 평가의 경우도 그 결과가 정량적으로 제시되

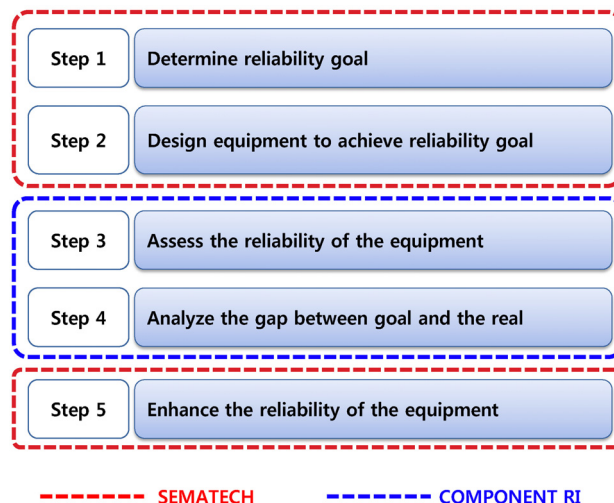


Fig. 3 Reliability management process

Table 2 Evaluation Items on reliability management process

Step	check list	
1. Determine Reliability Goal	1.1 Plan & Do	1.1.1 The suitability of the selected reliability measure
		1.1.2 The suitability of the reliability goal value
		1.1.3 The validity of the reliability allocation
	1.2 Check & Action	1.2.1 The feasibility of the reliability goal
2. Design equipment to achieve reliability goal	1.1 Plan & Do	2.1.1 The validity of the failure analysis
		2.1.2 The existence of the tailored reliability design activities
	1.2 Check & Action	2.2.1 The effect of the tailored reliability design activities
		2.2.2 The achievement level of the reliability goal based on the reliability prediction
3. Assess the reliability of the equipment	1.1 Plan & Do	3.1.1 The suitability of the selected test method
		3.1.2 The existence of the test data
	1.2 Check & Action	3.2.1 The validity of the statistical analysis result
		3.2.2 The achievement level of the reliability goal based on the test result

긴 하지만 대상 제품과 시험 항목에 따라 서로 다른 척도로 표현된다. 따라서 평가를 하기 위해서는 각 항목을 달성하기 위한 절차나 실제 행위에 대한 평가를 수행해야 한다.

평가를 위한 항목을 개발하기 위해서 BARS(Behaviorally Anchored Rating Scale)방법을 사용하였다[4]. 행위기준평정척도로 불리는 이 방법은 성과 목표와 행동 기준을 제시하고 실제 달성 정도를 파악하여 평가하는 방법이다. 각 항목별 기업의 신뢰성 활동에 대한 행위를 수준별로 명문화 하여 평가할 수 있도록 한다. 이 방법은 실제로 보이는 행동을 기준으로 하여 평가하는 방법으로 피 평가자인 기업이 신뢰성 향상을 위해 해야 하는 바람직한 행위를 유도하는 효과도 제시할 수 있다. <Table 3>에 목표 신뢰성 결정 단계 중 1.1.1 척도 선정의 적정성에 대한 내용이 예시되었다. 척도 선정의 적정성 경우 정확한 척도의 사용과

그러한 척도를 선정한 사유, 사유의 적정성, 선정된 척도의 유지 관리 등이 척도선정 행위의 성숙도를 나타내는 명문화 된 행위라고 할 수 있다.

다음으로 각 항목 별 평가척도의 성숙도를 구분하는 동일한 조건이 제시되어야 한다 이를 위해 MIR (Maturity Index on Reliability)을 근거로 한 성숙도 구분 방법을 적용하였다[3]. MIR은 신뢰성 컨트롤 루프의 수준을 측정하는 방법으로, 대량 소비재 제품을 개발하는 조직의 신뢰성 경영평가 방법이다 MIR은 기업이 제품을 생산하고 판매한 후 고객으로부터 신뢰성 관련 정보를 수집하여 생산에 피드백하는 활동을 총 5가지 수준으로 정의를 하였는데, 그 내용은 아래 <Table 4>와 같다.

위에서 제시한 5단계 활동 수준 구분방법을 활용하여 신뢰성지수의 각 평가항목을 5단계 점수체계로 다음 <Table 5>, <Table 6>, <Table 7>과 같이 설계하였다.

Table 3 Rating scale based on BARS for adequacy of measure selection

step	check list	maturity
Determine Reliability Goal	1.1.1 The suitability of the selected reliability measure	The measure has not been selected
		The measure has been selected(MTTF, Bx, failure rate etc.)
		The reason for selection of the measure is clearly presented
		The reason for selection of the measure is clearly presented and appropriate
		Feedback to the measure selection process and the results are utilized for maintenance

Table 4 Classification of reliability activity level on MIR[3]

level	stage	maturity
MIR 0	uncontrolled	The manufacturer has no relevant quantitative evidence of the process output
MIR 1	measured	The manufacturer has quantitative evidence of the process output of the products and the information is fed back into the process, but the origin of the problems/deviations is unknown.
MIR 2	analyzed	The manufacturer has quantitative evidence of the process output, knows the origin of the problems, has the corresponding control loops, but does not know what actually causes the problems.
MIR 3	controlled	The manufacturer has quantitative evidence of the field behaviour, knows the origin of the problems and knows what actually causes them, and has the corresponding control loops and is able to solve problems. The manufacturer is, however, not able to prevent similar events from happening in the future again.
MIR 4	improving	The manufacturer has quantitative evidence of the field behaviour, knows the origin of the problems, and knows what actually causes them and what to do about it. The level of knowledge is such that the manufacturer not only knows root causes of problems (technical and organizational) but is also able to anticipate and prevent similar problems in the future. All corresponding control loops are functioning.

Table 5 Scoring system of evaluation items – objective reliability decision

step	check list	score	maturity	
Determine Reliability Goal	1.1 P. &D.	1.1.1 The suitability of the selected reliability measure	0	The measure has not been selected
			1	The measure has been selected(MTTF, Bx, failure rate etc.)
			2	The reason for selection of the measure is clearly presented
			3	The reason for selection of the measure is clearly presented and appropriate
			4	Feedback to the measure selection process and the results are utilized for maintenance
		1.1.2 The suitability of the reliability goal value	0	The goal is not present
			1	The goal is present
			2	It is clear that the basis for setting the goal level
			3	It is clear that the basis for setting the goal level and appropriate
			4	Feedback to the goal level set-up procedure and results are utilized for maintenance
		1.1.3 The validity of the reliability allocation	0	Reliability distribution has not been performed
			1	Reliability distribution has been performed
	2		Reliability distribution has been performed and the evidence has been presented clearly	
	3		the evidence has been presented clearly and is appropriate	
	4		Feedback to the reliability distribution procedure and the results are utilized for maintenance	
	1.2 C. &A.	1.2.1 The feasibility of the reliability goal	0	The goal is not present
			1	It is impossible to realize the goal, but suggested
			2	It is possible to realize the goal, but suggested
			3	The goal can be achieved at the appropriate level
			4	It has the ability to properly reset the goal level in accordance with the conditions

Table 6 Scoring system of evaluation items – reliability design

step	check list		score	maturity
Design equipment	2.1 P. &D.	2.1.1 The validity of the failure analysis	0	does not have failure data
			1	have failure data
			2	have failure data and they are analyzed by an appropriate method
			3	have failure data and they are analyzed by an appropriate method Based on this, direction has been established to improve
			4	Feedback to the failure data and the analyzed results are utilized for maintenance
		2.1.2 The existence of the tailored reliability design activities	0	do not perform a reliable design based on the failure information
			1	perform a reliable design based on the failure information
			2	It is designed to establish a fair improvement plan
	2.2 C. &A.	2.2.1 The effect of the tailored reliability design activities	3	Improve the design according to the design improvement plans
			4	Feedback to improve the design process by utilizing the fault information is utilized for maintenance
			0	reliability design results have not been analyzed
			1	reliability design results have been analyzed
		2.2.2 The achievement level of the reliability goal based on the reliability prediction	2	Reliability analysis of design results that have been carried out in a fair procedure
			3	Reliability design results verify the theoretical design goals at satisfactory reliability level
			4	Feedback to the result of reliable design is utilized for maintenance
			0	It did not verify the reliability satisfaction goals
1	By predicting, found whether the satisfactory reliability goal was confirmed			
2	Check whether the goal was achieved and the method is appropriate			
3	Check whether the goal was achieved and appropriate			
4	Feedback to the prediction result is utilized for maintainance			

Table 7 Scoring system of evaluation items – reliability test

step	check list		score	maturity
Assess the reliability of the equipment	3.1 P. &D.	3.1.1 The suitability of the selected test method	0	The test design has not been performed
			1	The test design has been performed
			2	The basis for the design of tests are presented clearly(stress, test level, number of items, etc.)
			3	The basis for the design of tests are presented clearly and appropriate(Consistent with demand enterprise requirements, the demands of the market)
			4	It has the ability to perform the test design and depending on the situation to modify
		3.1.2 The existence of the test data	0	test has not been performed
			1	test has been performed
			2	test and data collection has been performed
			3	test and data collection has been performed appropriately (Data collection procedures, test equipment and calibration status, adequacy of the data collection period of equipment)
			4	Depending on the situation, there are plans to conduct the test and the abilities to modify

step	check list		score	maturity
3.2 C. &A.	3.2.1 The validity of the statistical analysis result		0	Results have not been analyzed
			1	Results have been analyzed
			2	Results have been analyzed appropriately (Analysis tools, analysis methods)
			3	Results have been performed properly and whether goal reliability has been achieved or not was analyzed
			4	has the ability to perform the results analysis properly
	3.2.2 The achievement level of the reliability goal based on the test result		0	the goal reliability has not been achieved
			1	the goal reliability has not been achieved, but know the reason
			2	the goal reliability has not been achieved, but know the reason, improve by feedback
			3	the goal reliability has been achieved
			4	the goal reliability has been achieved and cause analysis and feedback has been performed

3.4 항목 별 가중치 결정

신뢰성지수의 정의와 수식에서도 볼 수 있듯이 각 항목이 가지는 중요도는 각기 다르다 신뢰성지수를 구성하는 평가항목의 중요도를 가중치로 표기하고 이를 조사하였다. 조사 방법은 신뢰성 분야의 전문가 20명을 상대로 제조 장비의 신뢰성을 좌우하는 항목이 무엇인지 설문 조사를 실시하였고 각 항목의 중요도 값을 평균하여 도출하였다. 설문 결과 조사된 값은 아래 <Table 8>과 같다[9].

앞에서도 언급했듯이 단계 4는 단순히 설정 목표와 결과를 비교하는 단계이므로 가중치 도출에서 제외하였다. 그리고 단계 5인 개선활동은 포함하였을 때와 그렇지 않을 때를 구분하여 조사하였는데, 단계 1~3까지의 반복 활동인 단계 5를 고려하는 경우와 그렇지 않은 경우를 별도로 하기 위함이다 위의 결과에 따라 단계 1~3만을 고려한 가중치를 도출하였으며 이를 적용한 최종 신뢰성지수 식은 다음과 같다

$$RI = 0.27 RS_1 + 0.42 RS_2 + 0.31 RS_3$$

단, RS_n 은 n단계의 신뢰성 점수이다

Table 8 Weight of each step

step	weight	weight(step 5 is not included)
step 1	0.20	0.27
step 2	0.32	0.42
step 3	0.24	0.31
step 5	0.24	-

4. 적용 및 분석

4.1 기업 대상 신뢰성지수 조사

개발한 신뢰성지수를 하여 국내 광학분야 장비에 대한 신뢰성을 평가하였다. 결과는 다음과 같다.

조사 결과 신뢰성 설계 및 평가 프로세스에 근거한 해당 기업의 신뢰성지수는 백분위 점수로 48점에 해당하였다. 해당 기업은 2.2.1 신뢰성 설계 결과의 효과 분석, 목표 신뢰성 만족 여부, 3.2.1의 시험결과 분석의 적정성, 3.2.2의 목표 신뢰성 만족 여부 항목에서 저조한 대답을 보였다. 위 분석 결과를 분석했을 때 해당

Table 9 Evaluation results of RI

	weight	score	scaled score	result score	percentile score
Determine Reliability Goal	0.27	8	2.16	7.69	48
Design equipment	0.42	8	3.36		
Assess the reliability of the equipment	0.31	7	2.17		

기업의 현황 및 신뢰성 개선을 위한 방향은 다음과 같이 도출할 수 있다.

- 목표 신뢰성 결정
 - 목표 신뢰성이 결정되어 있으나 그 적정성에 대한 부분이 검증되지 않음
 - 수요기업의 요구수준, 시장현황 등을 고려한 목표 수준의 적정성 여부에 대한 검증 필요
- 신뢰성 설계
 - 고장 데이터를 분석하고 이에 따라 설계 개선 계획을 수립할 수 있는 단계임
 - 그러나 이를 기반으로 한 실제 개선은 수행되지 않음
 - 적절한 피드백 절차와 개선 반영 절차가 개선되어야 함
- 신뢰성 평가
 - 시험 설계를 적절하게 수립하였으며 이에 따라 시험을 하고 데이터를 수집할 수 있는 단계임 데이터 수집 절차나 장비에 대한 관리 기준은 마련이 필요함
 - 목표 신뢰성을 달성하였으며 이에 대한 원인(고장원인)확인 가능
 - 시험 결과를 통계적으로 분석하는 기술능력의 향상과, 피드백하여 보완하는 절차 개선이 필요함

5. 결론

본 연구는 제조업 장비의 신뢰성 수준을 평가하기 위한 신뢰성지수를 개발하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 단순 부품의 특성과는 다른 장비의 특성을 고려하여 신뢰성지수 식을 개발하였다. 대규모 시스템으로 구성된 장비는 부품과는 다르게 시험하기 어려운 부분이 많기 때문에 개발 프로세스에서 요구되는 활동에 근거하여 지수 식을 구성하였다.

둘째, 각 평가항목을 정량화하기 위한 평가 척도를 개발하였다. BARS를 활용한 행동기반 항목을 적용하고 MIR의 성숙도 구분을 응용하여 평가항목의 신뢰성 수준을 점수화하였다.

셋째, 각 항목의 중요도를 전문가를 대상으로 한 설문을 통하여 정량화하고 가중치를 활용하여 최종 신뢰성지수 수식을 도출하였다.

본 연구를 통하여 도출한 신뢰성지수를 기업에 적용한 결과, 기업의 개발 프로세스에 근거한 신뢰성 수준을 수치화 할 수 있었다. 향후 평가항목을 좀 더 세분화 하고, 산업에 따라 가중치를 별도로 산출하여 산업 별 신뢰성지수를 개발할 예정이다. 개발 프로세스와 신뢰성 행동에 근거한 신뢰성지수는 기업의 신뢰성 수준을 정량화하여 평가할 수 있다는 것 뿐 아니라 기업이 신뢰성 수준을 향상하기 위하여 해야 할 행동을 명확히 알려 주고 방향을 제시할 수 있다는 데에도 의의가 있다고 판단된다.

References

- [1] SEMI (2014). "SEMI 2015 year-end equipment forecast by market region".
- [2] Brombacher, A. C. (1999). "Maturity index on reliability: covering non-technical aspects of IEC 61508 reliability certification". *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 66, No. 2, pp. 109-120.
- [3] Sander, P. C. and Brombacher, A. C. (1999). "MIR: The use of reliability information flows as a maturity index for quality management". *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 15, No. 6, pp. 439-447.
- [4] Schwab, D. P., Heneman, H. G. and DeCotiis, T. A. (1975). "Behaviorally anchored rating scales: a review of the literature". *Personnel Psychology*, Vol. 28, No. 4, pp. 549-562.
- [5] Park, J. W. and Ham, J. K. (2006). "Development of reliability index for comparison of components' Reliability". 2006 Spring Conference Proceedings of the Korean Reliability Society, pp. 140-148.
- [6] Perera, U. D. (2006). "Reliability Index-A Method to Predict Failure Rate And Monitor Maturity of Mobile Phones". *Proceedings of IEEE Reliability & Maintainability Symposium*, pp. 234-238.
- [7] Korea Management Association consulting (2003). "2003 Research results of Korean Product Quality Index". Korea Management Association.
- [8] SEMATECH (1992). "Guidelines for equipment reliability".
- [9] Yu, S. W., Kim, M., Yang, I. Y. and Park, J. W. (2015). "Development of the reliability index for assessing the logical property of the reliability management program". 3rd International Conference on Materials and Reliability, pp. 23-25.