

계층과정 분석을 통한 기업 안전 실태 평가 기법 설계에 관한 연구 -최근 3년간 산업재해 통계 자료를 중심으로-

강 경 식*

*명지대학교 산업경영공학과

A Study on Design of Safety Condition Evaluation Methods Using Analytic Network Process

Kyung-Sik Kang*

*Department of Industrial Management Engineering, Myongji University

Abstract

The efficient safety estimation for a business should analyze an accident data by considering every possible and potential factor. Thus, we consider several factors to build the safety estimation model to meet fairness and rationality. This paper present the yearly statistic data of accident from KOSHA analyze the data by industry, scale, year of service of a employee, age and other factors; build the safety estimation model for the business based on the accident report derived the analysis. The estimation model is established by the weights for accident type, degree, scale, industry, year of service, and age of the employee derived from ANP(Analytic Network Process).

Keywords : Analytic Network Process, Industrial Calamity, Unsafty Situation Evaluation

1. 서 론

산업재해는 업무수행과 관련하여 발생하는 것을 대상으로 하며, 업무수행과 관련 없이 발생된 재해는 제외하고 있다. 또한 산업재해는 업무수행과정에 투입되는 인적·물적 요소 등에 기인하여 발생된 재해를 의미한다. 또한 현재 국내에서 분석하고 있는 재해에는 다양한 분류항목으로 구분되어있다. 하지만 이러한 통계 자료에 의한 기업 안전 실태 평가 방법은 합리성과 형평성에 부합하지 못하고 있다. 효율성 있는 기업 안전 평가는 사고 자료 분석하여 여러 가지 요인별로 분석을 실시해야 한다. 따라서 본 연구는 형평성과 합리성

에 부합하는 기업 안전 평가 모델을 구축하기 위해서는 여러 가지 요인을 고려하고자 한다. 산업재해는 업종별뿐만 아니라 연령별, 입사근속기간별, 사업장 규모별 등으로 그 구분이 각기 달리 나타나 있다. 본 논문은 산업안전공단에서 매년 단위로 재해현황 통계자료로 제시하고 있는 산업재해현황을 분석하여 업종별, 사업장 규모별 등으로 제시된 재해현황을 기초로 기업 안전 실태 평가 모델의 산출방법을 제시하고자 한다. 산업재해조사 통계분석자료를 토대로 ANP(Analytic Network Process) 분석을 이용하여 사고유형, 재해정도, 기업규모, 업종별, 근속연수별, 작업자 연령별 가중치를 기초로 평가 모델을 산정해보았다.

†이 논문은 2013년도 명지대학교 교내연구비 지원사업에 의하여 연구되었음

†Corresponding Author : Kyung-Sik Kang, Industrial and Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea M·P : 031-330-6228, E-mail : kangks@mju.ac.kr

Received January 16, 2015; Revision Received March 1, 2015; Accepted March 5, 2015.

2. 이론적 고찰

2.1 선행연구

재해 통계 분석과 기업의 안전 평가에 대한 연구는 다음과 같이 이루어졌다. 성호경(2002) [6]는 제조업 사업장에서의 종합적인 안전관리업무를 추진하는데 있어, 안전성평가시스템(작업공정의 분류, 위험요인의 파악, 위험도 결정, 안전성평가결과 개선대책 등)을 도입 하도록 하고, 사업장의 안전관리자나 안전분야 전문가들이 해당 제조사업장에서 정량적으로 안전성을 평가 할 수 있도록 하는 시스템 모델을 제시 하였다. 양준석(2006) [7]은 석유화학산업의 환경안전경영 성과를 체계적으로 평가하며, 국내외 요구에 효과적으로 대응함으로써 석유화학산업의 경쟁력을 제고하기 위하여 환경성과평가 지표를 개발하였다. 한정훈(1999) [11]은 재해발생 시간 간격 분포를 추정하고 통계적인 방법으로 검증함으로써, 기존의 안전수준의 평가 계산식에 새로운 확률 개념을 도입 하였다. 국내 5개의 정유공장에서 발생한 재해데이터를 조사하여 확률분포식을 추정한 후, Chi-square test 적합도 검정을 통하여 정유공장 재해 데이터의 확률분포를 도출하였으며, 이렇게 구한 확률분포식들을 알고리즘으로 완성하여 다각적인 정량 분석 Software인 Mathematica를 이용하여 재해발생 시간 간격 알고리즘을 검증하였다. 김종현(1999) [2]은 우리나라의 산업재해 통계를 바탕으로 재해실태를 분석하고 기존의 산업재해 통계를 바탕으로 다음과 같은 산업재해의 특징을 정리하였다. 첫째, 우리 나라 산업 재해사고는 중·소 영세사업장에서 발생하는 비율이 높다. 둘째, 우리 나라의 산업재해에서 중·고 연령근로자가 산업재해 전체에서 차지하는 비율이 해마다 증가하고 있다. 셋째, 전체 사망재해의 59.3%를 1년 미만의 근로자가 차지하였으며 특히 6개월 미만의 근로자가 49.5%를 차지하여 신규 입사자 및 지금까지 해오던 작업을 바꾸게 되어 새로운 작업환경에 적응해야 할 미숙한 근로자에 대한 안전교육이 필요하다. 넷째, 시기별로 보면, 월별로는 초겨울에 약간 높게 발생하고 기타 월에서는 큰 차이를 보이지 않았으며, 시간별로는 오전 8시~10시와 오후 2~4시에 재해가 많이 발생하였다. 다섯째, 발생형태별 및 기인물별로는 전체 사망재해 중 추락재해가 24.3%를 차지하여 가장 높는데 이것은 가설건축구조물에서 대부분 발생되고 다음으로 협착이 13.3%의 순으로 나타났는데 이것은 프레스, 크레인 등 동력기계에 의해 발생한 것이다. 이백현(2008) [10]은 안전보건경영이 기업경영에 미치는 영

향을 통계적 표본조사로 접근하여 결국 철저한 안전경영이 근로자의 생명과 건강을 지키고 기업의 이윤을 높이며, 다음과 같은 특징이 있음을 분석하였다. 첫째, 철저한 안전관리활동을 펼친 기업이 그렇지 못한 기업보다 낮은 재해율을 나타낸다. 둘째, 근로자 1인당 산업안전보건 투자금액은 재해율이 낮은 기업일수록 많으며 이러한 투자는 재해율을 낮추는 데 효과적인 영향을 미친다. 셋째, 근로자 1인당 평균 산업안전보건투자비와 재해율과는 상관관계를 가진다. 넷째, 산업재해율에 미치는 산업재해예방활동 중 안전보건 기본수칙 준수 여부와 안전관련 교육 훈련 요인이 유의한 영향을 미치며 안전관련 조직 분위기와 기업의 안전수준 요인이 재해율을 낮추는데 큰 영향을 미치고 있다. 다섯째, 2012년 무재해 달성 기업의 산업재해 예방으로 얻은 기업들의 평균 이익은 164,523,814원이며 평균 재해율이 0.77이상인 기업들의 산업재해발생으로 인한 기업의 평균 손실액은 600,183,733원으로 두 그룹의 기업 이익과 손실 차이는 764,707,547원으로 나타났다. 재해 통계와 안전평가에 대한 연구가 위에서 나타난 것처럼 계속 진행되고 있지만 재해 통계를 바탕으로 한 기업의 안전 실태 평가 부분은 아직 진행되지 않고 있다. 본 연구에서 응용하고자하는 계층과정 분석을 통한 기업 평가 연구로는 정현순(1999) [12]이 기존의 부도예측 모형에서 도출된 지식과, 전문가들의 판단에 의한 재무정보와 비 재무정보의 특성을 이용하여, 계층과정분석(Alytic Hierarchy Process : AHP)에 의한 부도 예측 변수의 가중치를 구하고 AHP 모델을 설계하여, 금융기관에서 기업 대출 의사결정을 지원할 수 있는 신용평가 시스템을 개발하였다. 따라서 본 연구에서는 3개년간의 재해통계에서 도출된 데이터와 전문가들의 판단에 의한 안전정보의 특성을 이용하여, ANP에 의한 안전평가 변수의 가중치를 구하고 ANP 모델을 설계하여, 안전평가기관에서 기업 안전 실태에 대한 의사결정을 지원할 수 있는 기업안전실태 시스템을 개발하고자 한다.

2.2 재해 통계 현황

본 연구에서는 안전 실태 평가를 위한 요소를 재해 통계를 근간으로 하였으며, 본 연구에서 응용되는 재해 통계 현황은 다음과 같다[3,4,5].

2.2.1 재해 형태별 현황

재해 형태별 재해자 수 현황은 <Table 2.1>과 같다.

<Table 2.1> Number of victim by types of disaster for the past 3 years

	2010	2011	2012	Average
Fall	2,440	2,336	2,315	2,363.6
Trip	2,607	2,330	2,111	2,349.3
Bump	2,405	2,018	1,766	2,063
Beaten	2,608	2,572	2,575	2,585
collapse	149	122	86	119
trap	9,662	9,390	8,675	9,242.3
Cut	2,428	2,224	2,214	2,288.6
electric shock	96	78	68	80.6666
explosion · rupture	167	185	160	170.666
fire	179	200	167	182
contact of object	474	447	457	459.333
Drawn	3	6	1	3.33333
impellent movement	368	428	410	402
chemical leakage	150	145	124	139.666
hypoxia	5	5	2	4
accident in place of business	14	18	1	11
accident in physical event	193	203	193	196.333
Violence	36	25	26	29
Animal injury	8	6	19	11
Others	2	13	3	6

2.2.2 재해정도별 현황

재해정도별 분석은 산업안전보건법의 부상 및 질병자의 근로손실일수로 분석한다. 그 내용은 <Table 2.2>와 같다.

<Table 2.2> Day of work labor loss on occupation safety and health acts

Classification	Day of work labor loss
Death	7,500 days
Level 1-3	7,500days
Level 4	5,500days
Level 5	4,000days
Level 6	3,000days
Level 7	2,200days
Level 8	1,500days
Level 9	1,000days
Level 10	600days
Level 11	400days
Level 12	200days
Level 13	100days
Level 14	50days

2.2.3 기업규모별 현황

기업규모별 분석은 업종 규모별 사업장수와 근로자수에 대한 형평성을 고려하기 위하여 재해율을 적용한다. 그 현황은 <Table 2.3>과 같다.

<Table 2.3> Hazard rate by business scale for the past 3 years

	2010	2011	2012	Average
Less than 5 people	2.5104	2.9386	3.0514	2.8334
5 ~ 9	1.4797	1.6893	1.8429	1.6707
10 ~ 15	1.2099	1.3288	1.4614	1.333
16 ~ 29	0.9378	1.0762	1.1531	1.0557
30 ~ 49	0.6955	0.7624	0.8450	0.7676

2.2.4 업종별 현황

업종별 현황 분석은 업종간의 근로자 수가 다르기 때문에 형평성을 위하여 천인율을 적용한다. 그 현황은 <Table 2.4>와 같다.

<Table 2.4> Number of accident per year in thousand by industrial classification for the past 3 years

	2010	2011	2012	Average
Mining	7.69	7.2	7.1	7.33
Manufacturing	11.84	11.02	11.54	11.47
Electricity/gas	2.27	2.24	1.82	2.11
Construction	7.05	6.6	6.3	6.65
Warehouse Communication	7.46	6.79	6.74	7.00
Forestry	15.73	18.5	25.22	19.82
Fishery	22.73	23.84	12.97	19.85
Agriculture	15.2	12.86	13.97	14.01
Finance	1.53	1.35	0.98	1.29
Others	5.51	5.34	5.37	5.41

2.2.5 근속연수별 현황

근속연수별 재해자수 현황 은 <Table 2.5>와 같다.

<Table 2.5> Number of disaster victim by continuous service year for the past 3 years

	2010	2011	2012	Average
Less than 1 month	6,060	5,952	5,467	5,826.33
1~2 Months	2,283	2,200	1,861	2,114.66
2~3Months	1,618	1,515	1,426	1,519.66
3~4Months	1,197	1,226	1,141	1,188
4~5Months	967	947	904	939.333
5~6Months	821	830	797	816
6~12Months	3,233	3,291	3,217	3,247
1~2 Years	3,114	3,024	3,061	3,066.33
2~3Years	1,854	1,540	1,639	1,677.66
3~4Years	1,175	1,038	898	1,037
4~5Years	845	746	688	759.666
5~10Years	1,996	1,887	1,715	1,866
10~20Years	1,040	1,006	936	994
More than 20 years	221	215	228	221.333

2.2.6 작업자 연령별 현황

작업자 연령별 재해자수 현황은 <Table 2.6>과 같다.

<Table 2.6> Number of victim by age for the past 3 years

	2010	2011	2012	Average
Less than 18	1	5	2	2.666667
18 ~ 24	946	858	931	911.6667
25 ~ 29	2,172	2,000	1,707	1,959.66
30 ~ 34	2,807	2,750	2,567	2,708
35 ~ 39	3,196	2,870	2,455	2,840.33
40 ~ 44	3,834	3,417	3,108	3,453
45 ~ 49	4,247	3,935	3,568	3,916.66
50 ~ 54	4,316	4,210	4,112	4,212.66
55 ~ 59	2,780	2,890	3,100	2,923.33
More than 60	2,262	2,521	2,532	2,438.33

2.3 가중치 적용 기법(ANP)

계층구조모형에서 각 변수들의 가중치를 결정하기 위하여 Thomas Saaty[8,9]가 제안한 ANP 기법을 활용하였으며, 그 절차는 다음과 같다.

1 단계 : ANP가중치를 결정하기 위한 위원회를 구성하였다. 본 연구에서는 각 항목에 대한 가중치를 결정하기 위하여 생산관리 담당자 10명과 안전관리 담당자 10명에게 각각의 항목에 대한 항목 비교를 위한 설문을 진행하고 분석하였다.

2 단계 : 각각의 위원들의 설문결과는 계층구조에서 만들어진 행렬들에 주관적으로 n개의 대안을 갖는다고 가정하고 상대적 중요도를 평가하였다. <Table

2.7>은 상대적 중요도는 임의 선호도를 기준으로 할 때 대각 행렬을 기준으로 역수의 상태를 보여주고 있다.

<Table 2.7> Relative importance

Factor	A	B	C
A	1	7	5
B	1/7	1	3
C	1/5	1/3	1

- ▶ 계층구조 각각의 모든 대안의 매트릭스 작성
- ▶ 쌍별 대안의 모든 항목에 대해서 비교.

3 단계 : 상대적 중요도를 합성하고 일관성 지수(C.I ; Consistency Index), 비일관성 지수(I.I ; Inconsistency Index), 그리고 일관성 비율(C.R ; Consistency Rate)을 구한다.

$$C.I = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (1)$$

최종 수준의 행렬에서는 식(2)와 같다.

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} \leq 0.1 \quad (2)$$

(단, R.I 는 n 값에 따라 주어지는 상수로 R.I 값은 아래의 <Table 2.8>에 의해 구한다.)

<Table 2.8> RI value by change of n

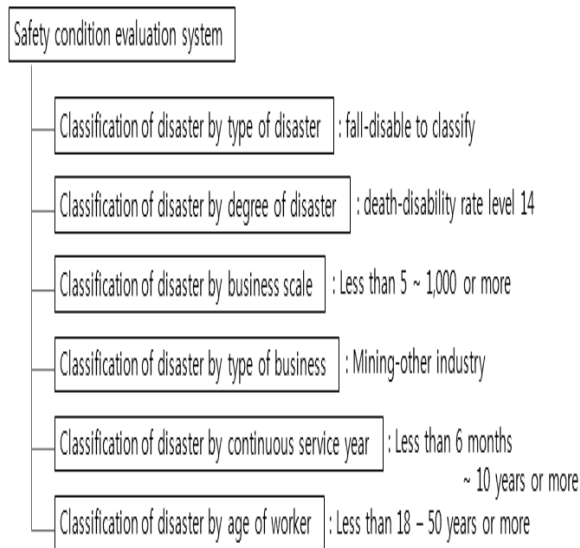
number of n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI value	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

식(2)가 성립되면 중요도 결정의 일관성이 있는 것으로 판정한다.

3. 평가 요소 모형

3.1 평가 구조 모형

기업의 안전실태를 평가하기 위한 기업별 안전수준을 점수화 하기 위한평가 모형을 [Figure 3.1]과 같이 설계할 수 있다. 6가지 요인별 각 하위요인의 가중치 분석을 위해 ANP 모델을 구축하고 중요도를 측정하였다. 이 계층 구조 모형을 기초로 하여 본 연구에서는 평가표를 설계하고자 한다.

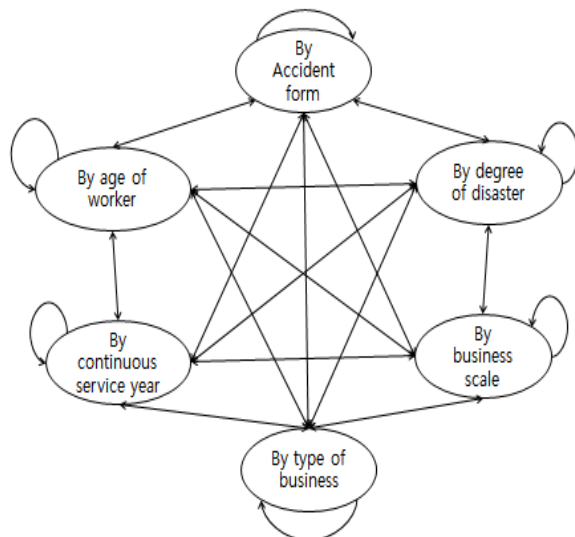


See <Table 2.1> and <Table 2.6> for accurate second order factor classification

[Figure 3.1] Safety condition evaluation structure model

[Figure 3.1]는 상위요소 간에 내부 및 외부 종속성을 고려한 상관관계 네트워크 구조이다.

[Figure 3.2]는 상위요소 간에 내부 및 외부 종속성을 고려한 상관관계 네트워크 구조이다.



[Figure 3.2] ANP model in this study between the top factors

3.2 ANP 분석 결과

본 연구에서는 6가지 상위 요인의 가중치 분석을 위해 안전관리, 작업관리, 시스템 평가 전문가들로 구성하여 전문가 집단을 선정하였다. 세부적으로 나타내면 아래와 같다.

- ① 안전관리 업무분야에서 10년 이상 경력이 있는 전문가
- ② 위험성 평가 관련 업무 5년 이상 경력이 있는 전문가
- ③ 안전관리, 생산관리 관련 박사학위소지자로 5년 이상 교육경력이 있는 전문가
- ④ 기업 현장, 컨설팅 기관에서 안전 시스템에 대한 평가 분야에서 5년 이상 경력이 있는 전문가

3.2.1 상위요인의 중요도 분석

연구대상자는 선정기준을 충족하는 전문가 중에서 가중치 측정을 위한 연구에 참여가 있는 사람을 한정하여 10명으로 구성하였으며 이를 통하여 각 변수에 대한 쌍대비교를 실행하고 ANP[8,9]기법을 통하여 각 항목에 대한 가중치를 설정하였다. 가중치 분석은 [Figure 3.2]와 같은 컴퓨터 프로그램에 의하여 실시하였으며, 결과는 <Table 3.1>, <Table 3.2>, <Table 3.3>, <Table 3.4>와 같다.

<Table 3.1> Result of primary variable`s importance analysis

Primary variable	Importance
By accident form	0.298
By degree of disaster	0.274
By business scale	0.199
By type of business	0.135
By continuous service year	0.075
By age of worker	0.016

<Table 3.2>는 전문가 1인이 상위요인들의 상대적 중요도를 쌍대비교 행렬로 나타내었다.

<Table 3.2> Top factors weighted matrix

Safety evaluation of each business	By industry form (A)	By industry scale (B)	By occurrence form (C)	By degree of disaster (D)	By age of worker (E)	By period of long-service (F)
By industry form	1	0.94	2.43	1.70	2.83	8.5
By industry scale	1.06	1	2.57	1.80	3.00	9.00
By occurrence form	0.41	0.39	1	0.70	1.67	3.50
By degree of disaster	0.59	0.56	1.43	1	1.67	5.00
By age of worker	0.35	0.33	0.60	0.60	1	3.00
By period of long-service	0.12	0.11	0.29	0.20	0	1
*Sum	3.53	3.33	8.32	6.0	10.17	30

<Table 3.2>의 C.R값이 0.03로 도출되어 0.1보다 작으므로 일관성이 있다고 판단하였다.

<Table 3.3>은 각각의 요인의 값을 각 열의 합으로 나누어주었다. <Table 3.2>의 쌍대비교 행렬의 산업형태별(1,1) 값인 1을 열의합인 3.53로 나누어 0.283 값을 나타내었다.

<Table 3.3> Top factors divided by the sum of the column

Safety evaluation of each business	By industry form (A)	By industry scale (B)	By occurrence form (C)	By degree of disaster (D)	By age of worker (E)	By period of long-service (F)
By industry form	0.283	0.282	0.292	0.283	0.270	0.283
By industry scale	0.300	0.300	0.309	0.300	0.286	0.300
By occurrence form	0.116	0.117	0.120	0.117	0.159	0.117
By degree of disaster	0.167	0.168	0.172	0.167	0.159	0.167
By age of worker	0.099	0.099	0.072	0.100	0.095	0.100
By period of long-service	0.034	0.033	0.035	0.033	0.031	0.033
Sum	1	1	1	1	1	1

<Table 3.4>는 전문가 10명의 쌍대비교 행렬의 평균값을 나타내었다.

<Table 3.4> Final top factors weighted matrix

Safety evaluation of each business	By industry form (A)	By industry scale (B)	By occurrence form (C)	By degree of disaster (D)	By age of worker (E)	By period of long-service (F)
By industry form	0.282	0.281	0.301	0.284	0.266	0.281
By industry scale	0.299	0.299	0.319	0.301	0.282	0.297
By occurrence form	0.116	0.116	0.124	0.117	0.157	0.116
By degree of disaster	0.166	0.167	0.177	0.167	0.157	0.165
By age of worker	0.099	0.099	0.074	0.100	0.094	0.099
By period of long-service	0.034	0.033	0.036	0.033	0.031	0.033

3.2.2 하위요인의 중요도 분석

하위요인의 쌍대비교는 설문문항이 많아 ANP관련 문제해결을 위한 Super Decisions 프로그램을 이용하였다.

Super Decisions에 설문조사 값을 입력한 후, 결과값의 비일관성 지수 0.003를 R.I값(n(9)=1.45)로 나눈 값이 0.1보다 작기 때문에 중요도 결과에 일관성이 있다고 판단하였으므로 각각의 항목의 결과값을 사용한다. 0.1이상이면 결과는 신뢰할 수 없는 수준이며 값이 재조정 되어야한다. 동일한 방법으로 10명의 전문가 설문지를 입력하여 평균값을 구한다.

다음 단계는, 슈퍼 매트릭스를 구성하기 위하여 각각 상위 요인 내의 하위요인들 사이의 상대적 중요도를 계산하였다. 이는 각각의 하위 요인이 다른 하위 요인에 영향을 주는 정도를 나타낸다. 초기 초행렬의 구성은 <Table 3.5>와 같다.

<Table 3.5> Unweighted Super Matrix

		A					F		
		a1	a2	a3	a4	a5	f1	f9	
A	a1	0.0000	0.0116	0.0522	0.0495	0.0482	0.2567	0.1664	
	a2	0.6261	0.0000	0.3361	0.4455	0.3859	0.0929	0.0438	
	a3	0.0000	0.1859	0.2689	0.2970	0.2894	0.0269	0.0164	
	a4	0.1043	0.1859	0.2017	0.0000	0.1929	0.0433	0.0661	
	a5	0.0696	0.1394	0.1345	0.0743	0.0000	0.0653	0.0939	
	a6	0.0522	0.1116	0.0224	0.0495	0.0322	0.1260	0.2481	
	a7	0.0348	0.0930	0.0168	0.0297	0.0193	0.1645	0.1274	
	a8	0.0348	0.0797	0.0112	0.0248	0.0161	0.0161	0.0273	
	a9	0.0261	0.0930	0.084	0.0297	0.0161	0.2082	0.2106	
		:					:	:	
F	f1	0.0655	0.0808	0.0902	0.0996	0.1330	0.2051	0.0000	
			:					:	:
	f9	0.1373	0.2424	0.2106	0.0700	0.2130	0.0000	0.0635	

이렇게 도출된 초기 슈퍼 매트릭스에 상위 요인의 가중치를 곱하면 상위 요인에 각 하위 요인들이 미치는 영향도를 나타내게 되는데 이 행렬이 바로 가중 초행렬(Weighted Super Matrix)이다. <Table 3.6>에 가중 초행렬을 구성하였다.

<Table 3.6> Weighted Super Matrix

		A					..	F	
		a1	a2	a3	a4	a5		f1	f9
A	a1	0.0000	0.0279	0.0130	0.0124	0.0121	..	0.0642	0.0416
	a2	0.1565	0.0000	0.0840	0.1114	0.0965		0.0232	0.0110
	a3	0.0000	0.0465	0.0672	0.0743	0.0723		0.0067	0.0041
	a4	0.0261	0.0465	0.0504	0.0000	0.0482		0.0108	0.0165
	a5	0.0174	0.0349	0.0336	0.0186	0.0000		0.0163	0.0235
	a6	0.0130	0.0279	0.0056	0.0124	0.0080		0.0315	0.0620
	a7	0.0087	0.0232	0.0042	0.0074	0.0048		0.0411	0.0319
	a8	0.0087	0.0199	0.0028	0.0062	0.0040		0.0040	0.0068
	a9	0.0065	0.0232	0.0021	0.0074	0.0040		0.0521	0.0526
		:					:	:	
F	f1	0.0028	0.0035	0.0039	0.0043	0.0057	0.0000	0.0086	
			:					:	:
	f9	0.0059	0.0104	0.0091	0.0030	0.0092	0.0027	0.0000	

또한, 이를 바탕으로, 도출된 가중 슈퍼 매트릭스를 무한대로 곱하면 <Table 3.7>과 같이 일정한 값으로 수렴하게 되며 이를 수렴 초행렬(Limit Matrix)을 나타낸다.

<Table 3.7> Limit Matrix

		A					..	F	
		a1	a2	a3	a4	a5		f1	f9
A	a1	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	..	0.0502	0.0502
	a2	0.0284	0.0284	0.0284	0.0284	0.0284		0.0284	0.0284
	a3	0.0184	0.0184	0.0184	0.0184	0.0184		0.0184	0.0184
	a4	0.0249	0.0249	0.0249	0.0249	0.0249		0.0249	0.0249
	a5	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197	0.0197		0.0197	0.0197
	a6	0.0397	0.0397	0.0397	0.0397	0.0397		0.0397	0.0397
	a7	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275		0.0275	0.0275
	a8	0.0066	0.0066	0.0066	0.0066	0.0066		0.0066	0.0066
	a9	0.0426	0.0426	0.0426	0.0426	0.0426		0.0426	0.0426
		:					:	:	
F	f1	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	
			:					:	:
	f9	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	

3.3 상 하위 요인별 가중치 분석

2차 변수인 재해 통계에 의한 평가 점수는 변수 간의 등급차이가 있어 정규성을 부여하기 위하여 10등급 환산 점수를 부여한다. 분석 방법은 설문분석 데이터가 아닌 재해 통계자료의 근거로 하여 중요도 및 ANP분석을 통해 계산된 최종 가중치결과만 본 절에서는 제시한다.

3.3.1 재해 형태별 재해 분류 분석

재해 형태별 재해 분석에 따른 등급별 중요도 분석 결과는 <Table 3.8>과 같다.

<Table 3.8> Result of disaster classification analysis by types of disaster

	Importance	Level 10 conversion
Fall	0.08907	0.04453
Trip	0.10068	0.05034
Bump	0.09236	0.04618
Beaten	0.08535	0.04267
collapse	0.07923	0.03961
trap	0.07352	0.03676
Cut	0.06802	0.03401
electric shock	0.06266	0.03133
explosion · rupture	0.05737	0.02869
fire	0.05214	0.02607
contact of object	0.04696	0.02348
Drawn	0.0418	0.0209
impellent movement	0.03667	0.01833
chemical leakage	0.03156	0.01578
hypoxia	0.02646	0.01323
accident in place of business	0.02137	0.01068
accident in physical event	0.01629	0.00815
Violence	0.01122	0.00561
Animal injury	0.00616	0.00308
Others	0.00111	0.00055

3.3.2 재해 정도별 재해 분류 분석

재해 정도별 재해 분석에 따른 등급별 중요도 분석 결과는 <Table 3.9>과 같다.

<Table 3.9> Result of disaster classification analysis by degree of disaster

Classification	Importance	Level 10 conversion
Death	0.12854	0.09181
1-3	0.13952	0.09966
4	0.12365	0.08832
5	0.11032	0.0788
6	0.09839	0.07028
7	0.08709	0.06221
8	0.07613	0.05438
9	0.06536	0.04668
10	0.05471	0.03908
11	0.04416	0.03154
12	0.03367	0.02405
13	0.02322	0.01659
14	0.01281	0.00915
Less than 50 days	0.00243	0.00174

재해 정도별 분류에서는 장애 등급에 관한 중요도만 설정하였으며, 휴업일수에 대한 것은 장애에 따른 근로손실과 같은 중요도로 평가 하고 50일 미만 인 경우에는 10 등급 환산 점수를 설정한 후 약 50% 값으로 설정한다.

3.3.3 기업 규모별 재해 분류 분석

기업 규모별 재해 분석에 따른 등급별 중요도 분석 결과는 <Table 3.10>과 같다.

<Table 3.10> Result of disaster classification analysis by business scale

	Importance	Level 10 conversion
Less than 5	0.20086	0.22318
5 ~ 9	0.20333	0.22592
10 ~ 15	0.16794	0.1866
16 ~ 29	0.13785	0.15317
30 ~ 49	0.11021	0.12245

3.3.4 업종별 분류 재해 분석

업종별 재해 분석에 따른 등급별 중요도 분석 결과는 <Table 3.11>과 같다.

<Table 3.11> Result of disaster classification analysis by type of business

Classification	Importance	Level 10 conversion
Mining	0.18077	0.18077
Manufacturing	0.18655	0.18655
Electricity/gas	0.15734	0.15734
Construction	0.1326	0.1326
Warehouse Communication	0.11	0.11
Forestry	0.08835	0.08835
Fishery	0.0672	0.0672
Agriculture	0.04635	0.04635
Finance	0.02569	0.02569
Others	0.00516	0.00516

3.3.5 근속 연수별 재해 분석

근속 연수별 재해 분석에 따른 등급별 중요도 분석 결과는 <Table 3.12>와 같다.

<Table 3.12> Result of disaster classification analysis by continuous service year

	Importance	Level 10 conversion
Less than 6~12 months	0.21854	0.27318
1~2 Years	0.22422	0.28028
2~3Years	0.18138	0.22672
3~4Years	0.14491	0.18113
4~5Years	0.10853	0.13566
5~10Years	0.0734	0.09175
10~20Years	0.04068	0.05085
More than 20 years	0.00834	0.01043

3.3.6 작업자 연령별 재해 분석

작업자 연령별 재해 분석에 따른 등급별 중요도 분석 결과는 <Table 3.13>과 같다.

<Table 3.13> Result of disaster classification analysis by age of worker

Classification	Importance	Level 10 conversion
25 ~ 29	0.22575	0.28219
30 ~ 34	0.22310	0.27887
35 ~ 39	0.17923	0.22404
40 ~ 44	0.14174	0.17717
45 ~ 49	0.10707	0.13384
50 ~ 54	0.07366	0.09208
55 ~ 59	0.04091	0.05113
60 or more	0.00854	0.01068

3.4. 기업별 안전실태 평가 방법

기업별 안전실태 평가 점수는 식(3)과같이 요약할 수 있다.

기업별 안전 실태 평가 점수

$$= \sum_{i=1}^n [w_i \sum_{j=1}^l x_{ij}] \times 100 \quad (3)$$

여기서, $w_i = 1$ 차 요소 점수

$x_{ij} = i$ 번째 요소의 2차 요소 점수

예를 들어 A 기업에서 <Table 3.14>과 같은 재해가 일어났다면 다음과 같은 계산과정으로 안전실태를 평가할 수 있으며, 결과는 20.04점이다.

<Table 3.14> Disaster status of A enterprise
 (Type of business : Manufacturing,
 Business scale : 140 people)

	Type of disaster	Degree of disaster	Continuous service year	Age of worker
1	Fall	Level 6	3 months	22
2	Constriction	Level 10	2 years	24
3	electric shock	Less than 50 days	3.5 years	38
4	suffocation	Less than 50 days	5 months	44

A기업의 안전실태 점수

$$= [0.135 \cdot 0.18655 + 0.199 \cdot 0.08778 + 0.298 (0.04453 + 0.04453 + 0.03133 + 0.01323) + 0.274 (0.07028 + 0.03908 + 0.00174 + 0.00174) + 0.075 (0.27318 \times 2 + 0.22672 + 0.18113) + 0.016 (0.28219 \times 2 + 0.22404 + 0.17717)] \times 100 = 20.0405$$

4. 결론 및 향후 연구과제

매년 산업안전관리 보건공단에서는 재해통계자료를 정리 분석하여 배포하고 있다. 매년 이러한 노력에도 불구하고 기업의 재해에 대해서는 연천인율이나 도수율을 감소하지만 강도율은 여전히 증가하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 재해 통계를 바탕으로 기업의 안전 실태를 평가하는 시스템을 설계하였다. 먼저 재해 종류 등 6개의 의사결정 변수를 선정하여 안전 및 생산의 전문가를 통하여 중요도를 ANP를 활용하여 선정하였다. 둘째로 3개 년 간 재해 통계를 활용하여 각 변수의 등급 간 위험도를 설정하였다. 마지막으로 기업의 안전 실태를 평가하기 위한 평가방법을 제시하여 기업의 안전사고에 대한 평가 방법을 제시하였다.

본 연구는 3개년 간 재해 통계를 바탕으로 기업의 안전 실태를 평가하기 위한 시스템을 설계한 것이다. 하지만 기업의 안전실태 점수를 바탕으로 하여 실용화되기 위해서는 다음과 같은 연구가 계속 진행되어야 한다.

- 1) 계산과정의 복잡성을 해결하기 위한 안전실태 정보시스템 구축에 관한 연구가 진행되어야 한다.
 - 2) 실제 기업의 안전 실태 점수를 스코어링하여 6시그마 기법이나, 데이터 마이닝 기법을 통하여 등급 간 관리 체계를 정립해야 한다.
- 위 두 가지 연구가 진행된다면 현재 분석되고 있는 많은 재해 통계를 응용하여 기업의 안전 평가 시스템의 활용도를 높일 수 있을 것이다.

5. Reference

[1] Kang Kyungsik(2005), "Safety Management & Science", Chungmungak.
 [2] Kim Jonghyun(1999), "(A) Study on analyzing accident situation using official statistics and on establishing improvement policy of Statistical system in Korea", Kyungil University, Industrial graduate school, MA thesis for the department of Industrial Engineering, production system major.
 [3] KOSHA(2006), "Industrial disaster analysis" KOSHA.
 [4] KOSHA(2007) "Industrial disaster analysis", KOSHA.
 [5] KOSHA(2008) "Industrial disaster analysis", KOSHA.

- [6] Sung Hokyung(2002), "Development of a Safety Assessment System Model in the Manufacturing Industry", Myungji University, the Department of Industrail Engineering Doctorate thesis
- [7] Yang Junsuk(2006), "Development of environmental Performance Evaluation Index for Environmental Safety", Yeosu University Graduate school, the Department of biomolecular engineering MA thesis
- [8] Lee Gangbok(2007), "Development of The Worker's Safety Assessment Model Using Work Analysis and Accident Mode Effects Analysis", Myungji University, the Department of Industrial Engineering Doctorate thesis
- [9] Lee Baekhyun(2008), "An Empirical Study on the Impact of the Activities in Industrial Safety & Health Management on Business Management", Inha university general graduate school, Industrial engineering doctorate thesis
- [10] Han Junghoon(1999), "A Study on the Statistics Analysis of Refinery Accident Using Algorithm for Time Intervals between Industrial Accident" Myungji University, the Department of Industrial Engineering Doctorate thesis
- [11] Jung Hyunsoon(1999), "Development of corporate credit rating system using analytic hierarchy process", KAIST, Management engineering MA thesis
- [12] Blewett V, Shaw A (1995), "Integrating OHS through self-managed work teams", Journal Occupational Health Safety-Aust NZ 11(1), p15-19.

저자 소개

강 경 식



인하대학교 산업공학과에서 학사석사박사와 연세대학교·경희대학교에서 경영학 석사박사 취득. North Dakota State Univ.에서 Post-Doc과 Adjunct Professor 역임. 현재 명지대학교 산업경영공학과 교수로 재직 중. 주요 관심분야는 생산관리, 물류관리, 안전경영 등이다.

주소 : 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-2 명지대학교 산업경영공학과