

ANP 기법을 이용한 기업의 재해 수준 평가

백신원^{1*}, 임미혜²

¹한경대학교 토목안전환경공학과, ²(주)서울산업안전컨설팅

Assessment of Disaster Levels of Company using the Analytic Network Process

Shinwon Paik^{1*}, Mihye Yim²

¹Department of Civil, Safety and Environmental Engineering, Hankyong National University

²Seoul Occupational Safety Consulting Co. Ltd.

요약 다양한 업종별 산업이 존재하고 규모가 커지면서 산업재해 사고 또한 다양화되고 있고 해마다 줄지 않고 있는 추세를 보이고 있다. 이러한 산업재해는 다양한 방법으로 분석 및 통계화하여 발표되고 있다. 대부분의 기업은 자사의 재해 수준에 대해 재해율을 이용하여 타 기업체와의 비교 정도만 할 뿐 기업체 개별적 특성을 반영한 비교와 이를 기초로 한 기업의 특성을 고려한 안전관리 활동계획을 수립하는 업체는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지난 5개년(2013~2017) 간의 재해통계에서 도출된 데이터와 전문가 판단에 의한 설문조사를 통한 안전정보 특성과 ANP 기법을 이용한 각 기업들 간의 재해 수준을 평가할 수 있는 기법을 개발하는데 그 연구의 목적이 있다. 본 논문에서는 재해통계자료 중 기업의 재해 수준을 평가하는 데 있어 중요하다고 생각되는 6가지 요인을 선정하였는데, 이 6가지 요인으로는 산업 형태 및 규모별 현황, 작업자 연령별 현황, 재해 정도별 현황, 입사 근속 기간별 현황, 발생형태별 현황 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 재해요인별 가중치를 도출함으로써 각 기업들의 재해통계와 도출된 가중치를 이용하여 그 기업의 재해 수준을 비교 평가할 수 있도록 점수화하는 방법을 제시할 수 있었다.

Abstract Industrial accidents differ considerably according to the industry and the scale of these industries. These industrial disasters have been analyzed in various ways. Therefore, a technique was developed to evaluate the disaster level among companies using the ANP method and the data derived from the disaster statistics over the past five years(2013~2017), as well as the safety information characteristics through questionnaires. The objective of the study was to determine the disaster level and safety level of a company. In this paper, six factors that are considered important for assessing the disaster level of the enterprise among the disaster statistics were selected. These factors included the industry type and size, age of employee, duration of treatment, duration of employment, and typical occurrence. Most companies use the accident rate for their disaster level to compare only with other companies. In this study, the weighting factors of the company were derived taking the characteristics of each company into consideration. Therefore, the disaster level of each company can be evaluated using the disaster statistics from each company and the derived weighting factors.

Keywords : ANP(Analytic Network Process), Industrial Accidents, Super Matrix, Limit Super Matrix, Weighting Factor

1. 서론

업종별 다양한 산업이 존재하고 규모가 커지면서 이로 인해 발생하는 산업재해 사고 또한 해마다 줄지 않고 있

*Corresponding Author : Shinwon Paik(Hankyong National Univ.)

email: paiksw@hknu.ac.kr

Received August 8, 2019

Accepted December 6, 2019

Revised September 20, 2019

Published December 31, 2019

는 추세를 보이고 있다. 이러한 안전사고의 위험성을 줄이기 위해 산업재해 예방활동을 수행하며, 이를 효율적으로 수립하고 평가하기 위해 재해에 관한 자료를 수집하고 분석할 필요가 있다[1]. 이를 위해 재해통계를 활용하여 현 상황의 구체적인 수치를 인식하고 판단하여 적합한 안전 활동 계획을 내릴 수 있어야 한다. 본 논문은 산업안전보건공단에서 매년 재해현황 통계자료로 제시하고 있는 산업재해현황을 기초로, 다양하게 분석된 산업재해 요인들 중 기업의 재해 수준 및 안전 수준을 평가하는데 가장 중요하다고 생각되는 6가지 요인을 선정하였다. 6가지 요인으로는 산업 형태 및 규모별 현황, 작업자 연령별 현황, 재해 정도별 현황, 입사 근속 기간별 요인, 발생 형태별 현황이다. 이러한 산업재해 요인들은 매년 다양한 방법으로 분석 및 통계화하여 발표하고 있다. 이를 토대로 우리는 어떤 특정 분야의 재해가 많이 일어나는지 등에 대한 내용을 쉽게 확인할 수 있다. 반면 기업의 경우 재해 수준 및 안전 수준에 대한 기준이 애매하기 때문에 재해 수준 및 안전 수준을 파악하는 데에 무리가 있다. 대부분의 기업은 자사의 재해수준 및 안전수준에 대해 재해율을 이용하여 기업체 간 비교 정도만 가능할 뿐 기업체의 개별적인 특성을 반영하기 힘들고 적합한 안전 활동 계획을 수행하는데 어려움이 발생하게 된다. 그렇기 때문에 다양한 요인을 바탕으로 한 재해 수준 및 안전 수준 평가가 이루어질 때 기업은 자사의 재해 수준 및 안전 수준을 정확히 판단할 수 있게 된다. 그리고 기업이 재해 수준 및 안전 수준을 정확히 판단할 수 있게 되면 획일적으로 이루어졌던 안전 활동 등이 기업의 재해 수준 및 안전 수준에 맞게 개선될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 자사의 재해 수준 및 안전 수준을 평가하기 위해 선정된 요인들을 네트워크 형태로 구조화시키며, 5개년 간의 재해통계에서 도출된 데이터와 전문가 판단에 의한 설문조사를 안전 정보의 특성으로 이용하여 ANP(Analytic Network Process) 기법을 적용하고 이를 통해 최종적인 중요도를 부여하게 된다.

2. 이론적 고찰

2.1 선행 연구

국내에서 발생한 산업재해를 대상으로 통계적 기법인 범주형 분석을 이용하여 재해발생에 있어서의 요인별 상관성, 요인 간의 영향성 및 중요 요인을 파악하여 보다

효과적인 산업재해 예방의 대책과 안전관리 활동방안을 수립하는데 필요한 기초자료로 활용하고자 연구를 진행한 경우도 있다[1].

기존의 사용되고 있는 산업재해 통계와 연구들을 재해의 발생추이, 발생 빈도, 요인들 간의 상관관계 등 단순 통계량 중심의 분석에 국한되어있기 때문에 산업재해의 특성을 종합적으로 파악하는데 제한이 있다고 보여 진다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 최근 5년간 재해 데이터를 토대로 발생 현황에 대한 지역적, 업종별 특성을 분석하고자 하였다. 데이터의 구조적 특성을 파악하는데 효과적인 정보를 제공하여 주는 다변량 분석기법(multivariate analysis)을 활용하여 재해발생의 특성을 분석하고자 하며, 이와 같은 분석을 통하여 우리나라 실정에 맞는 효과적인 안전관리 정책을 수립하는데 기여할 수 있다고 제시한 연구자도 있었다[2].

산업재해의 실태에 대한 단순한 기술통계 분석(빈도 분석, 발생률 계산 등) 정도에 머무르고 있는 선행연구의 부족한 점을 보완하고자 산업부문별 재해위험도를 분석하는 연구도 있었다[3]. 따라서, 재해발생의 패턴을 다양한 유형(산업별, 재해유형별, 발생시간별, 입사 근속기간별 등)으로 구분하여 비교 분석하고, 재해 발생에 대한 확률분포 모형을 추정함으로써 특정 시간대별로 재해발생 확률을 예측할 수 있도록 하였다.

노후화된 아파트에서 난방방식의 리모델링 시 다기준 의사결정 방법인 ANP기법에 의한 최적의 난방방식을 선정하기 위하여 실무기술자를 대상으로 설문조사를 실시하여 대안시스템에 대한 평가기준으로 경제성, 쾌적성, 편리성을 정하여 각 대안시스템에 대한 상호평가 시스템을 구성하여 분석하는 연구도 있었다[4].

국내의 체계적인 그린 ICT 정책의 수립을 위해 고려해야 할 정책 목표의 우선순위를 분석하는 연구도 있었다[5]. 이를 위해 AHP와 ANP 방법을 적용하여 5가지 주요 정책적 목표에 대한 우선순위를 각각 분석하였다. ANP 방법을 이용한 분석 결과 기술성, 효율성, 경제성, 환경성, 안정성의 순위로 가중치가 도출되었다. 두 가지 방법으로 분석한 결과가 다른 이유는 AHP방법은 변수들 사이의 상관관계를 고려하지 않는 트리 구조이고, ANP 방법은 변수들 사이의 상관관계 및 피드백 효과를 모두 고려하는 네트워크 구조이기 때문이다. 따라서 향후 그린 ICT 정책의 수립 시 변수의 상관관계를 보다 명확히 파악하여 두 가지 분석 방법을 적절히 활용하여 정책효과의 극대화를 꾀할 수 있을 것이라 제시하였다.

또한, 도시지역계획분야에서 연구가 미흡하였던 대표

적인 도시재난인 풍수해에 대해 연구를 진행한 경우도 있었다[6]. 기존 풍수해 재해요인별, 국지적으로 진행되었던 안전성 평가를 종합적이며, 광범위한 차원에서 진행하고자 전국 시군을 대상으로 분석하였다. 풍수해 안전성 평가는 다기준 의사결정 기법의 하나인 ANP분석기법을 활용하였으며, 다양한 도시평가 요인을 반영하기 위해 문헌고찰 이외에 전문가 자문을 통해 기존에 고려하지 못했던 다양한 지표를 검토하였다.

위에서 언급한 기존 연구에서 보듯이 다양한 분야에 ANP분석기법을 적용한 사례는 많으나 안전분야에 적용한 사례는 많지 않은 실정이다.

2.2 ANP(다기준 의사결정 기법)

ANP는 1996년 Thomas L. Saaty에 의해 제시된 것으로 기존의 AHP(Analytic Hierarchy Process : 계층적 의사결정 방법)를 일반화한 것이며, 평가요소들 간의 다양한 상호연관성을 반영하여 보다 정교한 의사결정을 수행하기 위해 개발된 평가기법이다. Fig. 1은 Thomas L. Saaty가 제안한 ANP의 수행 절차이다.

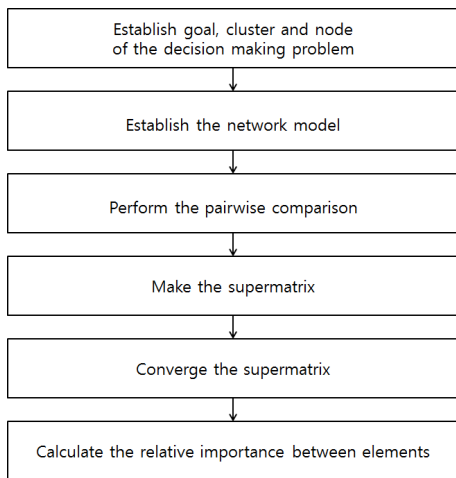


Fig. 1. ANP Procedures

2.3 네트워크 분석과정

본 연구에서는 네트워크 분석과정을 이용한 기업별 재해 수준 및 안전 수준을 점수화하는 평가 모형을 이용하였는데, 보통 ANP분석을 위한 과정은 다음과 같은 4단계의 절차를 통해 수행된다.

첫 번째 단계는 의사결정 문제를 목표(Goal), 군집(Cluster), 그리고 세부 요소(Node)들로 세분화하여 도

출하고, 여러 군집에 대응하는 여러 개의 노드를 지닌 네트워크 모형으로 구축하는 것이다. 네트워크의 기본 단위는 클러스터이며, 각각의 클러스터는 여러 개의 의사결정 요소를 포함한다. 한 군집 내에 속한 의사결정요소가 다른 군집에 속한 요소에 영향을 미칠 경우, 이를 화살표로 나타냄으로써 상호 영향관계를 표시한다. 다음 Fig. 2는 본 연구에서 고려한 상위 요소 간에 내부 및 외부 종속성을 고려한 상관관계 네트워크 구조이다.

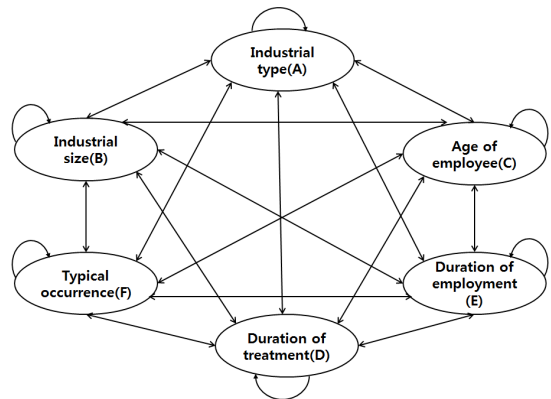


Fig. 2. ANP model between the top factors

두 번째 단계는 구축된 네트워크 모형을 바탕으로 각 요소의 중요도를 산정하기 위해 설문을 작성하여 쌍대비교를 한다. 쌍대비교 방법은 AHP에서 수행하는 방법과 동일하며, 이때 AHP에서와 마찬가지로 CI(Consistence Index)와 RI(Random Index)의 비율인 CR(Consistency Ratio)을 이용하여 일관성 검사를 수행하는데, RI는 n 값에 따라 주어지는 상수로 아래의 Table 1에 의한 값을 사용하게 된다.

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \tag{1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \leq 0.1 \tag{2}$$

Table 1. RI values according to the n value

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

식(2)를 만족하면 중요도 결정의 일관성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

세 번째 단계는 초행렬(super matrix)을 구성하는 것이다. m개의 클러스터, $C_h(h=1, \dots, m)$ 로 구성된 네트워크가 있을 때 각 클러스터는 n_h 개의 의사결정요소를 가지고 있으며, 이를 $e_{h1}, e_{h2} \dots e_{hm}$ 라고 하면 슈퍼 매트릭스 W 는 아래와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 w_{ij} 는 i속성이 j속성에 미치는 영향의 정도를 나타내었으며, 이 영향의 정도는 쌍대비교를 통해 구성한다.

$$W = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1m} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_{m1} & w_{m2} & \dots & w_{mm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Fig. 3. Super matrix in ANP

마지막 단계는 슈퍼 매트릭스를 각 열의 원소 값들의 합이 1인 가중 초행렬(weighted super matrix)로 변환한다. 가중 슈퍼 매트릭스는 특정 클러스터에 대한 나머지 클러스터들 간의 쌍대비교를 통해 각 클러스터의 가중치(weight)를 도출한 후 이 가중치를 각 열의 해당 부분의 원소에 곱함으로써 얻어진다. 따라서 전체 상위 요소 간의 상관관계와 하위 요소들 사이의 상관관계가 반영된 초행렬(super matrix)을 구하게 되는 것이다. 그리고 가중 슈퍼 매트릭스(weighted super matrix)를 극한 슈퍼 매트릭스(limit super matrix)로 변환시킴으로써 최종적인 중요도가 도출된다. 이때, 가중 슈퍼 매트릭스를 연속적으로 곱한 결과 유일한 형태의 값으로 수렴되고 이를 극한값으로 산출하게 된다[7].

3. 기업의 재해수준 평가

3.1 기업별 재해수준 평가를 위한 ANP모델

본 연구에서는 다기준 의사결정의 주요 결정 사항인 기업별 안전 평가기법의 상위 6가지 요인 별 각 하위 요인의 가중치 분석을 위해 ANP 모델을 구축하고 중요도를 측정하였다. 6가지의 상위 요인은 재해통계 자료로부터 선정하였다[8]. 상위 요인으로는 산업 형태별, 산업 구

모별, 작업자 연령별, 재해 정도(치료예상기간) 별, 작업자 입사 근속 기간별, 발생형태별요인이며, 하위요인으로 는 각 요인별 세부요인이고 2차 요인에 해당된다. 다음 Fig. 4는 본 연구에서 고려한 상하위 요소의 상관관계를 바탕으로 구조화하였다.

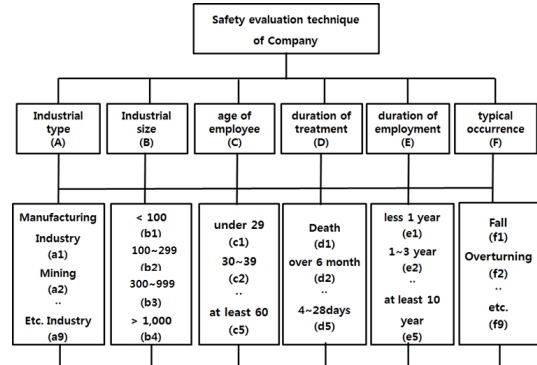


Fig. 4. The structure of top and bottom factors in this study

3.2 ANP 분석

본 연구에서는 6가지의 상위 요소의 중요도를 구하기 위해 안전 및 컨설팅 전문가 20인에게 설문지를 통해 각각의 쌍대비교행렬을 구하고 이를 정규화(normalize)하여 평균을 구한 6가지 상위 요소의 쌍대비교 행렬은 Table 2와 같고, 이 Table 2에서 가중치 열은 각 행의 값을 더하고 평균하여 구함으로써 6가지 상위 요소에 대

Table 2. Weighted matrix of top factors

Top factors	Industrial type (A)	Industrial size (B)	Age of employee (C)	Duration of treatment (D)	Duration of employment (E)	Typical occurrence (F)	Weighting factor
Industrial type (A)	0.250	0.325	0.252	0.260	0.250	0.248	0.26
Industrial size (B)	0.106	0.130	0.204	0.202	0.203	0.124	0.16
Age of employee (C)	0.054	0.035	0.054	0.032	0.093	0.069	0.06
Duration of treatment (D)	0.096	0.067	0.161	0.096	0.174	0.098	0.12
Duration of employment (E)	0.043	0.027	0.025	0.024	0.042	0.071	0.04
Typical occurrence (F)	0.451	0.416	0.305	0.385	0.237	0.391	0.36

한 가중치를 결정할 수 있었다. 이때 20인의 상위요소의 설문조사에 대한 일관성 비율(CR)이 식 (2)를 만족하는 것으로 나타나 일관성이 있는 것으로 판정할 수 있었다.

다음 단계는 슈퍼 매트릭스 **W**를 구성하기 위하여 각각 상위 요인 내의 하위 요인들 사이의 상대적 중요도를 계산하였는데, 이는 각각의 하위 요인이 다른 하위 요인에 영향을 주는 정도를 나타낸다. 본 연구에서는 상위 요소와 마찬가지로 하위 요소에 대해 안전 및 컨설팅 전문가 20인에게 설문을 통해 각각의 쌍대비교 행렬을 구하고 이를 정규화(normalize)하여 평균을 구함으로써 초기 초행렬을 구성할 수 있었는데, 이때 20인의 하위 요소의 설문조사에 대한 일관성 비율(CR)도 식 (2)를 만족하는 것으로 나타났다. 한편 이 초기 초행렬에 Table 2의 상위 요소의 가중치를 곱하여 가중 초행렬(weighted super matrix)을 구할 수 있었고, 이 가중 초행렬을 무한대로 곱하여 일정한 값으로 수렴하게 되는 수렴 초행렬(limit super matrix)을 구할 수 있었는데 본 연구에서 구한 수렴 초행렬은 Table 3과 같다.

Table 3. Limit super matrix of bottom factors

Bottom factors	Industrial type (A)				...	Typical occurrence (F)		
	Mining (a1)	...	Etc. industry (a9)	...	Fall (f1)	...	Traffic accident, Etc. (f9)	
Industrial type (A)	Mining (a1)	0.0502	...	0.0502	...	0.0502	...	0.0502

	Etc. industry (a9)	0.0426	...	0.0426	...	0.0426	...	0.0426
...
Typical occurrence (F)	Fall (f1)	0.0092	...	0.0092	...	0.0092	...	0.0092

	Traffic accident, Etc. (f9)	0.0061	...	0.0061	...	0.0061	...	0.0061

본 연구에서는 결과의 객관성을 보다 높이기 위해 산업안전보건공단에서 발표한 5개년(2013~2017) 간의 재해 통계자료를 활용하고자 하였는데, 산업 형태별 5개년 재해를 평균값을 정규화하고 Table 2의 가중치를 곱하여 구한 산업 형태별 가중치 결과는 다음의 Table 4와 같다. Table 5는 산업 규모별 5개년 재해를 평균값을 정규화하고 Table 2의 가중치를 곱하여 구한 산업 규모별

가중치 결과이며, Table 6은 작업자 연령별 5개년 재해자수 평균값을 정규화하고 Table 2의 가중치를 곱하여 구한 작업자 연령별 가중치 결과이다. Table 7은 재해 정도별 5개년 재해자수 평균값을 정규화하고 Table 2의 가중치를 곱하여 구한 재해 정도별 가중치 결과이며, Table 8은 작업자 입사 근속별 5개년 재해자수 평균값을 정규화하고 Table 2의 가중치를 곱하여 구한 작업자 입사 근속별 가중치 결과이다. Table 9는 발생형태별 5개년 재해자수 평균값을 정규화하고 Table 2의 가중치를 곱하여 구한 발생형태별 가중치 결과이다.

Table 4. Weighting value of Industrial type(A)

Type	Average	Normalized average	Weighting value
Mining (1)	12.36	0.635149	0.165139
Manufacturing Industry (a2)	0.68	0.034943	0.009085
Elec. Gas, municipal water (a3)	0.14	0.007194	0.00187
Construction (a4)	0.82	0.042138	0.010956
Transp., Storage, Comm. (a5)	0.52	0.026721	0.006947
Forestry (a6)	2.64	0.135663	0.035272
Fishery (a7)	1.17	0.060123	0.015632
Agriculture (a8)	0.78	0.040082	0.010421
Etc. Industry (a9)	0.35	0.017986	0.004676
Sum	19.46		

Table 5. Weighting value of Industrial size(B)

Type	Average	Normalized average	Weighting value
< 100 (b1)	0.67	0.54918	0.087869
100~299 (b2)	0.22	0.180328	0.028852
300~999 (b3)	0.15	0.122951	0.019672
> 1,000 (b4)	0.18	0.147541	0.023607
Sum	1.22		

Table 6. Weighting value of age of employee(C)

Age	Average	Normalized average	Weighting value
under 29 (c1)	8473	0.092835	0.00557
30~39 (c2)	12765	0.139861	0.008392
40~49 (c3)	19764	0.216547	0.012993
50~59 (c4)	29844	0.326989	0.019619
at least 60 (c5)	20423	0.223767	0.013426
Sum	91,269		

Table 7. Weighting value of duration of treatment(D)

Type	Average	Normalized average	Weighting value
Death (d1)	1890	0.020752	0.00249
over 6 month (d2)	18321	0.201164	0.02414
91~180 days (d3)	33614	0.36908	0.04429
29~90 days (d4)	27882	0.306143	0.036737
4~28days (d5)	9368	0.10286	0.012343
Sum	91,075		

Table 8. Weighting value of duration of employment (E)

Period	Average	Normalized average	Weighting value
less 1 year (e1)	60137	0.661355	0.026454
1~3 year (e2)	13780	0.151545	0.006062
3~5 year (e3)	4974	0.054701	0.002188
5~10 year (e4)	5608	0.061674	0.002467
at least 10 year (e5)	6431	0.070725	0.002829
Sum	90,930		

Table 9. Weighting value of typical occurrence(F)

Type	Average	Normalized average	Weighting value
Fall (f1)	14195	0.161131	0.058007
Overturning (f2)	16311	0.18515	0.066654
Collision (f3)	6607	0.074998	0.026999
Falling and Fly, Collapse and Destruction (f4)	7708	0.087495	0.031498
Cramped, Cur and picking (f5)	22048	0.250272	0.090098
Electric shock, Explosion, Bursting, Fire (f6)	1010	0.011465	0.004127
Abnormal temp., Toxication and choke (f7)	2512	0.028514	0.010265
Drowned, Mining collapse, etc. (f8)	15571	0.17675	0.06363
Beyond movement, Traffic accident, Occupational disease (f9)	2134	0.024224	0.008721
Sum	88,096		

본 연구에서는 마지막으로 기업의 재해 수준 및 안전 수준을 점수화하기 위해 안전 및 컨설팅 전문가 20인의 설문조사 결과를 ANP분석을 통해 얻어진 극한 초행렬 Table 3의 가중치와 산업안전보건공단 재해통계를 바탕으로 구한 Table 4 ~ Table 9의 가중치를 평균하여 최종적인 요소별 가중치를 얻을 수 있었는데, Table 10은 이를 나타내는 표이다.

3.3 고찰

본 연구에서는 ANP 모델을 이용하여 산업 형태별, 산업 규모별, 작업자 연령별, 작업자 입사 근속 기간별, 발생 형태별 하위 요소에 대한 가중치를 Table 3과 같이 구할 수 있었으며 재해통계를 바탕으로 Table 4 ~ Table 9까지의 가중치로부터 최종적인 Table 10의 각 요소별 가중치를 구할 수 있어 기업의 재해 수준 및 안전 수준을 점수화할 수 있는 기초를 마련하였다. 따라서 기업별 재해 수준 및 안전 수준 평가 점수는 다음과 같은 식 (3)에 의해서 구할 수 있게 된다.

Table 10. Weighting factors

Type	Weighting factor (questionnaire)	Weighting factor (status)	Final weighting factor
a1	0.05023	0.165139	0.107685
a2	0.02843	0.009085	0.018758
a3	0.01840	0.00187	0.010135
a4	0.02487	0.010956	0.017913
a5	0.01975	0.006947	0.013348
a6	0.03968	0.035272	0.037476
a7	0.02753	0.015632	0.021581
a8	0.00659	0.010421	0.008505
a9	0.04259	0.004676	0.023633
b1	0.05367	0.087869	0.070769
b2	0.04414	0.028852	0.036496
b3	0.02190	0.019672	0.020786
b4	0.01526	0.023607	0.019433
c1	0.04759	0.00557	0.02658
c2	0.07963	0.008392	0.044011
c3	0.17481	0.012993	0.093901
c4	0.12236	0.019619	0.070989
c5	0.02661	0.013426	0.020018
d1	0.00670	0.00249	0.004595
d2	0.01124	0.02414	0.01769
d3	0.03853	0.04429	0.04141
d4	0.02729	0.036737	0.032014
d5	0.01224	0.012343	0.012292
e1	0.02144	0.026454	0.023947
e2	0.01501	0.006062	0.010536
e3	0.00810	0.002188	0.005144
e4	0.00584	0.002467	0.004154
e5	0.00362	0.002829	0.003224
f1	0.00838	0.058007	0.033194
f2	0.00916	0.066654	0.037907
f3	0.00500	0.026999	0.016
f4	0.00591	0.031498	0.018704
f5	0.00910	0.090098	0.049599
f6	0.00183	0.004127	0.002978
f7	0.00208	0.010265	0.006173
f8	0.00100	0.06363	0.032315
f9	0.00606	0.008721	0.00739

기업별 재해 수준 평가 점수

$$= \sum_{i=1}^n x_i \times 100 \tag{3}$$

여기서, x_i = i 번째 요인의 2차 요인점수

한편, 본 연구에서는 기업 간 재해 수준을 비교하기 위해 두 업체를 선정하였는데, A기업은 시흥에 위치한 160명 근로자 규모의 자동차 부품 제조업체이며, 2018년도 산업재해자료는 Table 11과 같다. B기업은 인천에 위치한 230명 근로자 규모의 전자제품 부품 제조업체이며, 2018년도 산업재해자료는 Table 12와 같다.

Table 11. Accident status of A company(2018)

Industry form	Industry size	Age of employee	Duration of treatment	Duration of employment	Typical occurrence
Manufacturing Industry	100~299	41	over 6 month	at least 10 year	Electric shock
		34	3 months	less 1 year	Cramped
		50	3 weeks	at least 10 year	Overturning
		29	2 months	3 year	Cramped
		48	4 weeks	7 year	Traffic accident

Table 12. Accident status of B company(2018)

Industry form	Industry size	Age of employee	Duration of treatment	Duration of employment	Typical occurrence
Manufacturing Industry	100~299	32	4 weeks	less 1 year	Cramped
		46	2 months	at least 10 year	Falling and Fly
		43	4 months	2 years	Fall
		53	3 weeks	5years	Traffic accident
		27	3 months	6 months	Cramped
		38	2 weeks	less 1 year	Cramped
		51	3 weeks	at least 10 year	Falling and Fly

따라서, 본 연구에서 구한 Table 10의 각 요소별 가중치와 Table 11의 A기업의 재해통계를 기준으로 식 (3)에 의해 A기업의 재해 수준 평가 점수를 구할 수 있었는데, 이에 대한 결과는 다음과 같다.

※ A기업의 재해 수준 평가 점수

$$=[0.0188+0.0365+(0.0939+0.0440+0.0710+0.0266+0.0939)+\dots+(0.0030+0.0496+0.0379+0.0496+0.0074)]\times 100 = 68.8$$

또한, 본 연구에서 구한 Table 10의 각 요소별 가중치와 Table 12의 B기업의 재해통계를 기준으로 식 (3)에 의해 B기업의 재해 수준 평가 점수를 구할 수 있었는데, 이에 대한 결과는 다음과 같다.

※ B기업의 재해 수준 평가 점수

$$=[0.0188+0.0365+(0.0440+0.0939+0.0939+0.0710+0.0266+0.0440+0.0710)+\dots+(0.0496+0.0187+0.0332+0.0074+0.0496+0.0496+0.0187)]\times 100 = 97.5$$

A기업과 B기업의 재해율은 비슷하였으나 본 연구에서 ANP를 이용하여 산정된 가중치와 재해통계를 기초로 구한 가중치를 기준으로 점수화를 한 결과, A기업은 68.8점, B기업은 97.5점으로 나와 A기업보다는 B기업의 재해 수준이 높음을 알 수 있었으며, 이 재해 수준 점수 결과는 A기업의 안전 수준이 B기업의 안전 수준보다 높다고 평가할 수 있다. 따라서 본 연구에서 도출된 재해 수준 평가를 위한 점수화 방안을 이용해서 기업체의 개별적 특성을 반영한 안전관리 계획을 수립함에 있어 큰 기초를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

ANP기법은 네트워크 구조를 형성하기 때문에 단순한 계층구조에 비해 그 구조가 매우 복잡하며, 해를 구하는데 시간이 많이 소요된다. 그러나 현실에서 분석하고자 하는 의사결정 문제들은 각 요소간의 상관관계가 존재하기 때문에 ANP를 활용하면 다수의 평가기준을 포함하는 요인들 간의 상호의존관계를 고려할 수 있다.

본 연구에서는 기업들의 재해 수준을 평가할 수 있는 방안으로 ANP의 기법을 활용하여 재해요인별 가중치를 도출하였고, 이러한 결과와 재해통계를 기초로 한 가중치 및 기업들의 재해통계를 기초로 각 기업들의 재해 수준을 점수화할 수 있었다.

따라서, 본 연구 결과를 통해 산업 종류 및 산업 규모가 다르더라도 각 기업들의 재해 수준 및 안전 수준을 비

교하여 평가할 수 있는 방안을 제시할 수 있었으며, 추후 연구에서는 본 연구결과와 다양한 기업들의 재해통계를 적용하여 산업 종류별로 재해 수준 및 안전 수준의 등급화도 추진할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] Kyung-Tak Jhee, Young-Ho Song, Kook-Sam Chung, "Categorical Analysis for the Factors of Industrial Accidents Cases", *Journal of the KOSOS*, Vol.17, No.1, pp.94-98, 2010.
UCI: G704-000647.2002.17.1.001
- [2] Jung-Eun Lim, Hong-Cheol Lee, Sung-Jun Park, "A Study of the Structural Analysis for Fatal Industrial Accidents using Multivariate Analysis Methods", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol.23, No.4, pp.22-34, 2004.
UCI: G704-000286.2004.23.4.004
- [3] Hag-Yeol Kim, Tae-Young Heo, "A Analysis of Relative Injury Risk by Industry and Estimation of a Circular Distribution Model for Industrial Injury", *Seoul City Research*, Vol.11, No.1, pp.127-138, 2010.
- [4] Dong-Wan Kim, Min-Yong Park, "A Study of the Application of ANP Method as Remodeling Evaluation for Heating System", *Journal of the Architecture Plan*, Vol.19, No.1, pp.225-232, 2003.
UCI: G704-A00167.2003.19.1.024
- [5] Yong Ho Shim, Gi Seob Byun, Bong Gyou Lee, "Deriving Strategic Priorities of Green ICT Policy using AHP and ANP", *Journal of Korean Internet Information*, Vol.12, No.1, pp.85-98, 2011.
UCI: G704-001022.2011.12.1.003
- [6] Sang_Won Kim, Geun_Young Kim, "Food-Disaster Safety Evaluation of Korean Local Government using Analytic", *Journal of Korean Region Development*, Vol.24, No.2, pp.1-14, 2012.
UCI: G704-000688.2012.24.2.003
- [7] Shinwon Paik, Misun Lee, "A Study on the Method of Safety Condition Evaluation using Analytic Hierarchy Process", *Journal of the KOSOS*, Vol.5, No.1, pp.85-89, 2012.
UCI: G704-000114.2013.55.3.006
- [8] Analysis of Industrial Accidents, Korea Occupational Safety and Health Agency, 2013-2017.

백 신 원(Shinwon Paik)

[정회원]



- 1988년 2월 : 서울대학교 공과대학원 토목공학과 (공학석사)
- 1994년 8월 : 서울대학교 공과대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 한경대학교 토목안전환경공학과 교수

<관심분야>

건설안전, 구조공학

임 미 혜(Mihye Yim)

[정회원]



- 2012년 2월 : 명지대학교 공과대학 산업공학과 (학사)
- 2014년 2월 : 한경대학교 공과대학원 토목안전환경공학과 (공학석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : (주)서울산업 안전컨설팅 대리

<관심분야>

산업안전, 건설안전