AHP를 적용한 Euclidean Distance 기반 재난안전사업 예산 투자우선순위 산정

Investment Priorities of the Budgets for Disaster and Safety Management Projects Based on Euclidean Distance with AHP

조현우* · 최승용**

Cho, Hyeonu*, and Choi, Seungyong**

Abstract

The object of this study is to determine investment priorities for various types of disasters and accidents in order to promote the investment efficiency of disaster and safety management budgets. To this end, data were collected on 35 types of disasters and accidents and damage statistics for the five most recent years (2014-2018) from 43 disaster and safety management projects budgets. Factors are (i) the damage status of overall disasters and accidents: annual average number of occurrences, human casualties, and property losses, and (ii) the characteristics of large-scale events: occurrence cycle, human casualties per disaster, and property losses per disaster. Investment priority was determined using Euclidean distance with weights determined by the AHP (Analytical Hierarchy Process) to represent the current status of damage caused by disasters and accidents. As a result, storm · flood and maritime accidents were found to have greatest investment priority. Heat waves, heavy snows (including cold waves), infectious diseases, suicides, fires (including explosions), and accidents in vulnerable social groups show a higher ranking of investment priority. Massive investment in disaster and safety management focusing on these types is necessary.

Key words : AHP, Euclidean Distance, Investment Priority, Budget for Disaster and Safety Management Projects, Damage Statistical Data

요 지

본 연구의 목적은 재난 및 안전관리 사업 예산의 투자 효율성을 강화하기 위하여 재난 · 사고 유형 간 투자우선순위를 산정하는 것이다. 이를 위해 분석대상은 재난안전예산 분류체계에 따른 43개 유형 중 피해 통계자료(2014-2018) 수집이 가능한 35개 유형으로 한정하였다. 분석요소는 (i) 재난 및 안전사고 피해현황: 연평균 발생건수, 사망자수, 재산피해, (ii) 대형재난 발생특징: 발생주기, 건당 사망자수, 건당 재산피해이다. 분석방법은 각종 재난과 안전사고로 인한 피해현황의 규모를 종합적으로 나타내고자 AHP (Analytical Hierarchy Process)를 적용하여 분석요소의 가중치를 산출하고, 유클리드 거리(Euclidean Distance)에 의하여 최종 순위를 도출하였다. 분석결과, 투자우선순위가 높은 유형은 자연재난에서 풍수해, 폭염, 대설 및 한파 등으로 나타났다. 사회재난 및 안전사고에서는 선박 재난 · 사고, 감염병, 자살, 화재 · 폭발, 안전취약계층 사고 등의 순이었다. 투자우선순위가 높은 재난 · 사고 유형은 중점투자유형으로 선정하여, 피해저감 및 예방을 위한 집중적인 관리가 필요하다.

핵심용어 : 계층화분석법, 유클리드 거리, 투자우선순위, 재난안전예산, 피해 통계자료

1. 서 론

「재난 및 안전관리 기본법」 제10조의2에 근거하여 ‘재난

안전예산 사전협의’ 제도가 시행되고 있다. 이 제도는 정부 전체 재난 및 안전관리 사업 예산(이하, 재난안전예산)의 체계적인 관리와 효과성 · 효율성 제고를 위하여, 2015년

*정회원, 국립재난안전연구원 선임연구원(E-mail: sim8491@korea.kr)

Member, Researcher, National Disaster Management Research Institute

**교신저자, 정회원, 국립재난안전연구원 시설연구관(Tel: +82-52-928-8111, Fax: +82-52-928-8149, E-mail: ecofriend@korea.kr)

Corresponding Author, Member, Senior Researcher, National Disaster Management Research Institute

(2016년 예산안, 2014년 세월호 사고 이후) 처음 신설되어 현재까지 시행되고 있다. 행정안전부는 각 부처로부터 제출 받은 중기사업계획을 기초로 하여 재난안전관리 사업의 투자방향, 우선순위의견 등을 검토하고, 투자등급을 확정한다. 그 결과는 중앙안전관리위원회 심의(위원장: 국무총리)를 거친 후 기획재정부에 통보하고, 기획재정부는 사전협의(안)를 반영하여 예산을 편성하게 된다(MOIS, 2020a).

2020년 기준, 2021년 재난안전예산 사전협의 대상은 410개 사업으로(R&D 제외), 그 규모는 16.8조에 이른다(MOIS, 2020a). 이러한 재난안전예산은 풍수해, 화재·폭발 등 43개 유형(자연재난 9개, 사회재난 및 안전사고 27개, 공통 8개)으로 분류되고 있다(MOIS, 2020b; Table 3 참조). 유형별로 대표적인 재난안전사업은 다음과 같다. 풍수해 관련 ‘기상레이더 운영’(기상청, 2018년 사업비 94억), 선박사고 인명피해 저감을 위한 ‘수색구조 역량강화’(해경청, 55억), 안전취약계층 사고 대응을 위한 ‘독거노인·중증장애인 응급안전알림서비스’(복지부, 100억), 구조·구급 및 응급의료 ‘응급처치 활성화 지원’(복지부, 33억), 안전문화 및 교육·훈련·홍보 ‘국민 안전의식 선진화’(행안부, 36억) 등이다(MOIS, 2019a).

재난 및 사고를 예방하고, 국민의 인명과 재산손실을 막기 위하여 정부는 수많은 사업을 수행하고 있으며, 이에 따라 방대한 예산이 투입된다. 이러한 재난안전예산의 효율적인 운용과 투자 방향성을 제시하고자, 행정안전부는 매년 재난안전예산 사전협의의 관련 중점투자가 필요한 유형을 선정하고 투자방향을 제시하고 있다(MOIS, 2020a). 이를 뒷받침하기 위해 국립재난안전연구원은 피해현황, 이슈강도, 발생가능성 등 다양한 지표를 활용하여, 재난안전예산 중점투자유형 선정(안)을 마련하였다(NDMI, 2018; 2019; 2020).

NDMI (2019)에 따르면 중점투자유형을 선정하기 위한 여러 지표 중에서 ‘피해현황’이 가장 중요한 것으로 나타난다. 3가지 지표 중 피해현황의 가중치는 0.5176으로, 나머지 두 지표의 가중치를 합한 것보다 큰 것으로 확인된다(사회적 이슈강도 0.1729, 발생가능성 0.3095). 재난안전예산 중점투자유형 선정 시, 재난·사고의 피해현황을 면밀히 파악하여 인명 및 재산피해 등 피해규모가 큰 유형을 식별하는 것이 필요하다(Cho and Choi, 2018; 2019).

본 연구의 목적은 정부의 한정된 재난안전예산을 보다 효과적이며 효율적으로 투자하기 위하여, 집중적인 재난안전관리가 필요한 재난·사고 유형을 도출하는 것이다. 이를 위해 재난·사고의 발생현황과 피해 규모를 정량화하여, 다양한 재난 및 안전사고 유형 간 재난안전예산 투자우선순위를 산출하였다. 재난과 안전사고 전반적인 피해현황 및 대형재난 사례 등 유형별 통계자료를 수집하였고, AHP와 Euclidean distance (이하 유클리드 거리)를 활용하여 투자우선순위를 분석하였다. 도출된 연구결과를 통해 재난 및 안전사고의 발생과 피해규모가 큰 유형을 구분할 수 있었다.

이는 재난안전예산 중점투자유형 선정(안)으로 활용 가능하며, 또한 이를 바탕으로 재난안전예산의 투자 방향성을 제시할 수 있다.

2. 연구동향

재난과 사고로 인한 예방과 대비를 위하여 재난관리에 대하여 다수의 연구가 수행되었다. 영국, 네덜란드 등에서는 National Risk Assessment (NRA)를 수행하여 국가 재난관리 투자우선순위를 파악하고, 이용가능한 자원 배분의 최적화를 도모하고 있다(OECD, 2016). 또한 영국에서는 National Risk Register (NRR)를 발행하여, 향후 5년 이내에 발생가능한 위험요인을 식별하고 이에 대처하고 있다. 이 보고서는 발생가능성 등 위험요인에 대한 정보 및 이에 대비하는 방법 등을 제공하고 있다(U.K Cabinet Office, 2017). 캐나다에서 자연재난 등으로 인한 비상상황 대처 계획 수립을 위하여 All Hazard Risk Assessment (AHRA)를 개발하여 활용하고 있다(Public Safety Canada, 2013).

2015년 재난안전예산 사전협의 제도 시행 이후, 국내에서 재난안전예산의 효율성 및 효과성 제고를 위한 연구가 진행되어왔다. 사업별 투자우선순위 판단기준을 마련하고, 사전협의 제도에 대한 개선방안을 제시하였다(KIPA, 2015; 2016; 2017). 또한 우선순위 산정 시 중점투자유형을 선정하고 중점투자유형에 해당하는 사업에 가점을 부여하지만, 가점의 비중이 낮아 실효성이 적다는 지적이 있었다(NABO, 2017). 그러나 다양한 재난·사고 유형 중 중점투자유형을 선정하는 기준이나 절차는 제시되지 않았다.

재난·사고의 위험성을 평가하고(NEMA, 2011; Choi et al., 2017), 유형 간 우선순위 분석 및 중점투자유형을 분석한 연구가 일부 수행되었다(Lee et al., 2016; Kim et al., 2018; Cho and Choi, 2019). 또한 지역의 안전관리를 위하여 유형 간 중요도를 결정하고, 우선관리대상을 선정하는 연구가 진행되었다(Song and Lee, 2012; Lee et al., 2015; Kim et al., 2019). 그러나 대부분의 선행연구는 자연재난 또는 홍수, 일부 사회재난(도로교통사고, 화재, 붕괴 등)을 대상으로 분석하거나 지역의 안전관리를 위하여 유형 간 우선순위를 도출하여, 국가차원에서 관리되는 다양한 재난·사고를 다루지는 않아 재난안전예산 중점투자유형 선정을 위한 근거 자료로 활용하는데 어려움이 있었다.

이에 Cho and Choi (2018)는 자연재난의 ‘지역안전도’(NEMA, 2011) 및 사회재난 분야 ‘재난위해지수(Lee et al., 2016)’의 유클리드 거리를 활용하고, 국가차원에서 관리하고 있는 35종의 재난과 사고로 확장하여 재난·사고 유형별 피해현황에 대한 ‘위험순위’를 산출하였다. 그러나 피해현황의 규모를 나타내는 위험순위 산출 시 분석요소의 가중치를 동일하게 적용하였다는 한계점이 있었다. 피해현황을 나타내는 분석요소별 중요도는 각기 다르게 나타나고, 이러

Table 1. Difference Compared with Related Studies

Name (year)	Focused on	Using Statistical Data	Consideration		Methodology	
			Overall disasters and safety accidents	Large-scale events	Euclidean distance	AHP
This study	8 natural, 27 social disasters and accidents	○	○	○	○	○
Related study	NEMA (2011)		○		○	
	Lee et al. (2016)	○	○		○	
	Cho and Choi (2018)	○	○	○	○	
	Song and Lee (2012)				○	
	Lee et al. (2015)		○			○
	Kim et al. (2019)	○	○			○

한 가중치에 따라 우선순위는 변동가능성이 있다.

따라서 본 연구에서는 Cho and Choi (2018)의 유클리드 거리에 기반을 둔 위험순위를 활용하고, 위와 같은 한계점을 개선하고자 전문가 대상 AHP를 실시하여 가중치를 결정하였다. 이를 통해 국가적으로 관리하고 있는 재난 및 안전사고를 대상으로, 재난·사고의 발생현황 및 피해 규모를 정량화하여 보다 명확하고 객관적인 재난안전예산 투자우선순위를 도출하고자 하였다(Table 1).

이를 통해 한정되어 있는 재난 및 안전관리 예산의 투자 효율성 제고를 위해서 집중적인 재난안전관리가 필요한 중점투자 분야를 선정하는데 도움을 줄 수 있다.

3. 연구방법 및 자료

본 연구는 국내에서 발생하는 재난·사고의 피해현황을 정량화하기 위하여 Lee et al. (2016) 및 Cho and Choi (2018)의 유클리드 거리를 활용하였다. 단, 피해현황을 나타내는 분석요소 간 중요도 반영하고자 AHP를 활용하여 가중치를 분석하였다.

본 연구절차는 Fig. 1과 같다. 먼저 수정 유클리드 거리를 정의하고, 가중치 결정을 위한 AHP 분석, 피해 통계자료 수집, 재난·사고 유형별 재난안전예산 투자우선순위를 결정한다.

Fig. 1. Procedure for Determining Investment Priority

3.1 수정 유클리드 거리 정의

3.1.1 유클리드 거리

유클리드 거리는 2차원 평면 또는 3차원 공간의 두 점의

* Source: Authors revised based on Cho and Choi (2018)

Fig. 2. Euclidean Distance

거리를 계산하는 방법이다. 의사결정을 위한 인자가 여러 개이며, 다양한 대안이 있는 경우 다양한 인자를 종합적으로 평가하여 적절한 대안을 선택하기 위해 활용되는 거리측도 기법(Distance Measurement Method, DMM) 중 하나이다 (NEMA, 2011; Song and Lee, 2012; Cho and Choi, 2018).

Fig. 2와 같이 피해현황을 나타내는 여러 가지 인자(발생건수 = a, 인명피해 = b, 재산피해 = c)의 값을 각각 최대값은 '1'로 정하고, 이에 대비하여 수치를 변환($a_{nor(i)}$, $b_{nor(i)}$, $c_{nor(i)}$)한다. 이 값을 3차원 공간좌표상에 표출하고 '0'에서부터 거리를 측정한다. 유클리드 거리(D_i)는 Eq. (1) (Lee et al., 2016) 또는 Eqs. (2)와 (3)을 통하여 계산한다(Song and Lee, 2012).

$$D_{(i)} = \sqrt{a_{nor(i)}^2 + b_{nor(i)}^2 + c_{nor(i)}^2} \quad (1)$$

$$d_{(i)} = \sqrt{(1 - a_{nor(i)})^2 + (1 - b_{nor(i)})^2 + (1 - c_{nor(i)})^2} \quad (2)$$

$$D_{(i)} = D_{max} - d_{(i)} \quad (3)$$

$$i = \text{재난 및 안전사고 유형}, a_{nor(i)} = \frac{a_i}{a_{max}}$$

이때 계산된 값이 '0'에 가까울수록 비교적 안전하며, 반대로 값이 클수록 위험이 크다고 해석한다(Lee et al., 2016).

3.1.2 수정 유클리드 거리

본 연구에서 재난·사고 피해현황을 유클리드 거리로 나타내어, 유형별 상대적인 비교를 통해 투자우선순위를 결정하였다. 피해현황 규모 정량화를 위한 분석요소는 Cho and Choi (2018)와 같이 (i) 재난과 사고의 전체적인 피해현황, (ii) 대규모 피해가 발생한 재난 사례)이다. 두 가지 분석요소는 각각 1개의 발생현황, 2개의 피해(인명피해, 재

Table 2. Analysis Factors

Factor		(i)		(ii)	
		Overall disasters and accidents		Large-scale disasters	
Damage status	(a) Occurrence status	a_1	Number of disasters and accidents	a_2	Occurrence cycle of an event
	(b) Damage of Human life	b_1	Human casualty - Death toll	b_2	Death per a disaster
	(c) Property damage	c_1	Property loss	c_2	Property loss per a disaster

* Source: Authors revised based on Cho and Choi (2018)

산피해)로 구성되어 있다.

위와 같은 분석요소는 재난과 안전사고의 전반적인 피해현황 파악 및 수준 측정을 위하여 직접적인 피해에 초점을 맞춘 것으로, 다양한 재난·사고에 대하여 공통적으로 수집 가능한 피해 통계자료로만 한정된다(Cho and Choi, 2018).

상기 기술된 6개의 세부 분석요소를 Table 2와 같이 정리할 수 있다. 발생현황(a)는 연평균 재난·사고 전체 발생건수(a_1)와 대형재난 발생주기(a_2)로 구성된다. 또한 인명피해(b)는 연평균 재난·사고 전체 사망자 수(b_1)와 재난 1건당 사망자수(b_2)로 이루어져 있고, 재산피해(c)는 연평균 재난·사고 전체 재산피해(c_1)와 재난 1건당 재산피해(c_2)를 포함한다.

이러한 분석요소는 다음과 같은 특징을 나타낸다. 첫째, 연간 국내에서 발생하는 크고 작은 사고와 재난을 모두 포함하는 유형별 발생건수와 피해현황의 총량을 고려할 수 있다. 둘째, 전체 재난·사고의 발생건수, 사망자, 재산피해만을 합산하여 결과를 산출하면, 절대적으로 피해현황의 통계량이 적은 재난·사고 유형에 대한 중요도는 우선순위에서 상대적으로 낮게 산출된다. 이러한 한계점을 개선하고자 대형재난 사례(특별재난지역 선포, 지역 및 중앙 재난대책본부 운영)를 추가하여, 1건의 사고로 다수의 피해가 발생한 경우를 추가적으로 반영하였다. 단, 대형재난의 피해현황(발생건수, 인명피해, 재산피해)은 재난·사고 전체에 일부분만 반영되어 있어, 이를 중복으로 산정하지 않기 위하여 대형재난의 특성(발생주기와 건당 사망자 및 건당 재산피해)을 산정하여 활용하였다(Cho and Choi, 2018).

Eqs. (2), (3)과 세부 분석요소를 고려하여 수정된 유클리드 거리(D_i)를 Eq. 4와 같이 정의하였다. 6개의 분석요소를 각각 두 개의 특성((i) 재난과 사고 전체, (ii) 대규모 재난

1) 대형재난의 발생주기(Cho and Choi, 2018)와 피해규모(Lee et al., 2016; Cho and Choi, 2018)는 아래의 수식에 따라 추정할 수 있다.

대형재난 발생주기 = 분석기간 / 발생건수

대형재난 건당 인명피해 = 사망자수 / 발생건수

대형재난 건당 재산피해 = 재산피해 / 발생건수

$$D_{(i)}' = D_{\max} - \sqrt{(a - (w_{a1} \cdot a_{1nor(i)} + w_{a2} \cdot a_{2nor(i)}))^2 + (b - (w_{b1} \cdot b_{1nor(i)} + w_{b2} \cdot b_{2nor(i)}))^2 + (c - (w_{c1} \cdot c_{1nor(i)} + w_{c2} \cdot c_{2nor(i)}))^2} \quad (4)$$

여기서, i = 재난 및 안전사고 유형, 분석요소($a_{1nor(i)}$, $a_{2nor(i)}$, $b_{1nor(i)}$, $b_{2nor(i)}$, $c_{1nor(i)}$, $c_{2nor(i)}$)는 정규화 단계를 거친 값임.

$$w_{a1} + w_{a2} + w_{b1} + w_{b2} + w_{c1} + w_{c2} = 1$$

$$D_{\max} = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}, \quad a = w_{a1} + w_{a2}, \quad b = w_{b1} + w_{b2}, \quad c = w_{c1} + w_{c2}$$

$$a_{1nor(i)} = \text{재난} \cdot \text{사고 발생건수 정규화 값}, \quad a_{2nor(i)} = \text{대형재난 발생주기 정규화 값}$$

$$b_{1nor(i)} = \text{재난} \cdot \text{사고 사망자수 정규화 값}, \quad b_{2nor(i)} = \text{대형재난 건당 사망자수 정규화 값}$$

$$c_{1nor(i)} = \text{재난} \cdot \text{사고 재산피해 정규화 값}, \quad c_{2nor(i)} = \text{대형재난 건당 재산피해 정규화 값}$$

피해)으로 통합하여 3개의 요소를 만들었고, 3차원 공간상에 분포시킨 후 0에서부터의 거리를 측정한다. 이때 Eq. (1)에 의하면 특정한 인자의 값이 크면 유클리드 거리가 크게 도출된다. 이를 보완하여, 여러 인자가 적절하게 큰 값을 가질 때 그 결과값이 크게 산출되는 Eqs. (2), (3)을 적용하였다(Song and Lee, 2012; Cho and Choi, 2018). 여기서 유클리드 거리의 결과값은 다양한 분석요소의 중요도에 따라 영향을 받게 된다. 따라서 분석요소 간 가중치를 결정하기 위하여 전문가 대상 설문조사를 기반으로, AHP 분석을 수행하였다.

3.2 분석요소 간 가중치 도출

3.2.1 AHP

AHP (Analytical Hierarchy Process, 계층화분석법)는 의사결정문제가 여러 가지 평가 기준으로 이루어져 있는 경우, 단계별로 계층화하여 중요도(Weight)를 결정하는 방법론이다(Lee et al., 2015). 이 기법은 1970년대 초 Thomas. Saaty가 처음으로 고안한 의사결정 방법론으로, 의사결정자의 오랜 경험이나 전문성을 바탕으로 요소 간 중요도를 결정한다(Lee et al., 2002). 각 계층에서 다양한 요소의 중요도를 서로 상대적으로 비교하여 측정한다. 단계별로 평가된 중요도를 종합함으로써, 최종적으로 최하위 계층에 있는 여러 가지 대안에 대한 가중치와 우선순위를 도출할 수 있다(Kim et al., 2015).

AHP는 다양한 분야에서 정책적 의사결정에 사용되었다. 재난·사고 간 우선순위 산정(Lee et al., 2015; Kim et al., 2019)과 재해구호지원센터 설치방안(Lee and Shin, 2019)에 활용되었으며, 국가 R&D 투자우선순위 파악(Lee et al., 2002; Lee et al., 2020), 환경 및 주거문제 해결(Kim et al., 2013; Foroughi and Rasol, 2016), 관광 활성화(Lee and Lee, 2015), 물류산업 발전(Jung and Kim, 2013; Yoon et al., 2016), 마린나 항만 안전관리(Kim et al., 2015) 등의 분야에서 연구가 수행되어 왔다.

AHP 분석절차는 구체적으로 다음의 4단계를 거친다(Kim et al., 2015). 첫째, 목표 및 의사결정 요소 도출과 계층분석 모델 설정한다. 평가목표를 정의하고 및 평가항목

도출하는 단계이다. 목표달성을 위해 도출된 평가요소를 계층화(level)하고 의사결정모델 구축한다.

둘째, 쌍대비교를 통한 요소들 상호 평가한다. 각 의사결정 요소들이 얼마나 중요한지 또는 선호되는지를 일대일 쌍대 비교(paired comparisons method) 평가를 수행한다. 평가된 값을 이원비교행렬로 구축한다(Eq. (5)). 행렬 A의 최대고유값($\lambda_{\max}$)에 대한 고유벡터를 산출하고, 정규화를 통해 가중치 산정한다(Eq. (6)).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$w = \{w_1, w, \dots, w_n\}^T \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

셋째, 평가 참여자의 판단에 대한 논리적 일관성을 검증한다. 이를 위해서는 일관성 지수(C.I., consistency index) 및 일관성 비율(C.R., consistency ratio)을 이용한다(Eqs. (7), (8)).

C.I.는 응답자의 응답결과가 일관될수록 작은 값으로 산출된다. 산출된 C.I.를 R.I. (Random Index)로 나누어 C.R.을 계산한다. 여기서 일관성의 여부는 '0.1' 이하이면 유효하다고 판단한다(Saaty, 1987; Saaty, 1990).

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (8)$$

마지막으로, 계층별 평가요소 간 쌍대비교를 통해 얻은 평가 결과를 통합하여 평가요소의 최종 중요도를 도출한다.

Fig. 3. AHP Structure of Determining Investment Priority

대안 간 가중치와 우선순위를 파악한다.

3.2.2 분석요소 간 가중치

본 연구에서 분석요소 간 가중치를 산정하기 위한 AHP 구조는 Fig. 3과 같이 2개의 계층으로 구축하였다. 설문조사는 9점 척도로 설계하였다. ‘1’은 비교 대상의 중요도가 동등하다는 것을 의미한다. 숫자가 커질수록 중요도가 크다고 평가하며, 최대 9점으로 평가한다.

본 연구에서는 AHP의 쌍대비교 평가는 전문가 대상 서면 설문조사(e-mail)를 계획하였다. 전문가는 재난안전관리 분야 연구 유경험자 및 관련 업무 종사자를 대상으로 하였다. 재난안전 관련 연구기관(정부 출연기관, 대학교) 및 실무기관(부처·공공기관), 관련 민간기업 등 509명에게 배포하였다.

3.3 피해 통계자료

3.3.1 재난 및 사고 전체 피해현황

본 연구의 분석자료는 Cho and Choi (2018; 2019)를 참조하였다. Table 3과 같이 다양한 관련 부처별·기관별이 생산하는 재난·사고의 피해현황을 나타내는 통계자료로, 이를 통해 재난 및 안전사고의 발생과 인명·재산피해에 대한 전반적인 현황 파악이 가능하다(Cho and Choi, 2018; 2019).

피해 통계자료는 최근 5년간 구축을 원칙으로 하였으며, 단기적인 측면의 현황을 고려하였다. Table 4와 같이 2014년부터 2018년까지 5년간 통계자료를 수집하였다. 재난안전 사업·예산 분류체계(2021년도 재난안전예산 사전협의안부터 적용, MOIS, 2020b)에 따라 전체 43개 중에서 35개의 재난·사고 유형에 대한 발생건수·횟수 등 발생현황과 사망·부상 등 인명피해, 재산피해액을 수집하였다. 일부 유형은 통계 확보의 한계로 제외되었다. 자연재난 1개(낙뢰 등 기타), 사회재난 1개(전시재난·테러), 공통 6개(안전문화 및 교육·훈련·홍보, 구조·구급 및 응급의료, 재난구호 및 복구, 재난안전 관리체계, 해외재난 관리, 교부세 및 기타).

그러나 일부 유형은 실제 피해가 발생하나, 국가 공식통계

에서 재산피해액이 집계되지 않고 있었다(가뭄, 폭염, 교통사고, 선박 재난·사고 등). 향후 이러한 한계점은 추가적인 데이터 발굴 또는 전문가 조사를 통하여 보완해야 할 것이다. 또한 인명피해 중 사망자뿐만 아니라 많은 부상자가 발생하거나(폭염, 한파, 교통사고, 등산·레저사고, 범죄 등), 사망자는 없지만 다수의 부상자가 발생(식품사고)하는 유형이 있다. 따라서 사망자 이외 부상자를 고려하는 방안이 필요하다 판단된다.

3.3.2 대형재난 사례

본 연구에서 대형재난이란 1건의 사건(event)으로 인하여 대규모 인명, 재산, 사회적 이슈 및 파급력 등의 피해가 발생한 사건으로, 해당 사건의 당사자 및 관련 기관의 역량을 넘어 지역정부 및 중앙부처가 개입하여 대처·수습한 사례로 정하였다(Cho and Choi, 2018; 2019). 이러한 대규모 피해가 발생한 재난의 자료는 Cho and Choi (2018; 2019)에서 참조하였다. 대형재난 사례의 해당범위는 다음과 같다. 자연재난은 재해연보에서 제공하는 특별재난지역 선포 사례의 피해현황을 추출하였다(MOIS, 2019b). 사회재난은 재난연감에 나타나 있는 지역 또는 중앙 재난안전대책본부(시/군/구 재난안전대책본부, 시/도 재난안전대책본부, 중앙사고수습본부(중수본), 중앙재난안전대책본부(중대본))가 운영된 경우로만 한정하였다(MOIS, 2019c).

본 연구의 목적은 재난안전예산 투자방향 수립과 관련하여 중점투자가 필요한 유형을 선정하고자, 재난·사고 유형 간 투자우선순위를 도출하는 것이다.

중점투자유형은 매년 선정하고 있어, 최신의 피해양상을 고려하고자 최근 5년간 통계자료로 한정하여 단기적인 측면에서 분석을 수행하였다.

대형재난의 피해 통계자료의 수집기간은 재난·사고 전체 피해현황과 같이 2014년부터 2018년까지이다(MOIS, 2019a; 2019b). Table 5와 같이 5년간 대형재난 사례를 수집하였으며, 이를 바탕으로 발생주기, 건당 인명피해 및 재산피해를 산정하여 Table 6에 정리하였다(산정방법은 3.1.2 참조).

Table 3. Source of Damage Statistical Data According to Classification of Disaster and Safety Management Projects Budget

Sector	No.	Type	Source of data / system	Management ministry and agency	Data name
Natural disaster (9)	1	Storm and Flood	Statistical yearbook of natural disaster	Ministry of the Interior and Safety	Damage of heavy rain, typhoon, gale, storm
	2	Landslide	Statistical yearbook of natural disaster	Korea Forest Service	Damage of landslide
			Statistics Korea, e-national index	Korea Forest Service	Death caused by landslide
	3	Drought	National drought information portal	Ministry of the Interior and Safety / Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs / Ministry of Environment / Ministry of Land, Infrastructure and Transport / Korea Meteorological Administration	Number of drought warning *Meteorological drought / residential and industrial water drought / agricultural water drought
	4	Earthquake	Statistical yearbook of natural disaster	Ministry of the Interior and Safety	Damage of earthquake
	5	Yellow sand	Statistics Korea, e-national index	Korea Meteorological Administration	Number of days with yellow sand
	6	Algae	Red tide information system	National Institute of Fisheries Science	History of red tide
	7	Heavy snow · Cold wave	Statistical yearbook of natural disaster	Ministry of the Interior and Safety	Damage of heavy snow
			Annual report on the notified patients with cold-related illness in Korea	Korea Disease Control and Prevention Agency	Number of patients with cold-related illness
	8	Heat wave	Meteorological data open portal	Korea Meteorological Administration	Number of days with heat wave
			Annual report on the notified patients with heat-related illness in Korea	Korea Disease Control and Prevention Agency	Number of patients with heat-related illness
	9	other natural disasters	-	-	-
Social disaster and safety accident (26)	10	Fire · Explosion	Disaster yearbook of social disaster	National Fire Agency	Status of fire
	11	Wild fire	Forest fire statistical yearbook	Korea Forest Service	Status of wild fire
	12	Facility-related	Disaster yearbook of social disaster	Local governments	Status of facility-related accident
	13	Road traffic	Disaster yearbook of social disaster	National Police Agency	Status of road traffic accident
	14	Railway	Disaster yearbook of social disaster	Ministry of Land, Infrastructure and Transport	Status of railway accident
	15	Aviation	Disaster yearbook of social disaster	Ministry of Land, Infrastructure and Transport	Status of aviation accident
	16	Maritime	Maritime accident statistics	Korean Maritime Safety Tribunal	Status of maritime accident
	17	Nuclear and radiological	Nuclear safety yearbook	Nuclear Safety and Security Commission	Occurrence of nuclear failure and accident
	18	Chemical	Comprehensive chemical information system	National Institute of Chemical Safety	Status of chemical accident
	19	Fine dust	Annual report of ambient air quality in Korea	National Institute of Environmental Research	Number of fine dust warning *PM ₁₀ / PM _{2.5}
	20	Water pollution	Environmental statistical yearbook	Ministry of Environment	Status of water pollution accident
	21	Marine pollution	Statistics Korea, e-national index	Korea Coast Guard	Status of marine pollution accident
	22	Infectious diseases	Statistics Korea, e-national index	Korea Disease Control and Prevention Agency	Status of infectious diseases
			Infectious diseases surveillance yearbook	Korea Disease Control and Prevention Agency	Death caused by infectious diseases

Table 3. Continued

Sector	No.	Type	Source of data / system	Management ministry and agency	Data name
Social disaster and safety accident (26)	23	Contagious animal diseases	Korea animal health integrated system	Animal and Plant Quarantine Agency	Occurrence of legal livestock infectious diseases
			Disaster yearbook of social disaster	Ministry of the Interior and Safety	Property damage of livestock disease
	24	Elevator	Disaster yearbook of social disaster	Ministry of the Interior and Safety	Status of elevator accident
	25	Electrical · Gas	Disaster yearbook of social disaster	Ministry of Trade, Industry and Energy	Status of electric shock and sas poisoning
	26	Climbing · Leisure	Disaster yearbook of social disaster	Local governments	Status of climbing accident
	27	Water-related	Disaster yearbook of social disaster	Local governments	Status of water-play accident
	28	Consumer product	Consumer safety information trend and statistics	Korea Consumer Agency	Case number of consumer product injury
	29	Industrial accident	Industrial accident yearbook	Ministry of Employment and Labor	Industrial accident by industry sector
	30	Agriculture · Fisheries	Industrial accident yearbook	Ministry of Employment and Labor	Agriculture and fisheries industry accident
	31	Food poisoning	Food & drug statistical yearbook	Ministry of Food and Drug Safety	Status of food-borne disease
	32	Pharmaceuticals · medical device	Food & drug statistical yearbook	Ministry of Food and Drug Safety	Number of drug adverse event reporting / Number of medical device adverse event reporting
	33	Crime	Cause of death statistics	National Police Agency	Crime occurrence and arrest status *Crimes related to family violence, sexual and school violence
	34	Suicide	Cause of death statistics	Statistics Korea	suicide death toll
	35	Wartime and terror	-	-	-
Common (8)	36	Support of vulnerable groups in safety affairs	119 Emergency medical services activities	National Fire Agency	Case number of 119 emergency medical services activities *children: under 10 / older persons: 70 or more
			Cause of death statistics	Statistics Korea	External causes of morbidity and mortality
	37	National infra disruption	Disaster yearbook of social disaster	Ministry of the Interior and Safety	Information and communications accident / Financial related accident / Electric power accident / Demand and supply of oil / Potable water pollution / Medical workers strike / Road transportation strike / GPS radio wave accident
	38	Safety culture and education · training · public relations	-	-	-
	39	Rescue and emergency medical care	-	-	-
	40	Disaster relief and recovery	-	-	-
	41	Disaster safety management system	-	-	-
	42	Overseas disaster management	-	-	-
	43	Local subsidy and etc.	-	-	-

* Source: Authors summarized based on Cho and Choi (2018; 2019)

Table 4. Current Status of Damage Caused by Disasters and Accidents

unit: cases, people, one hundred million won

Sector	Type	recent year - 2018			annual average of 5 years - 2014~2018		
		Occurrence number	Death	Property loss	Occurrence number	Death	Property loss
Natural disaster	Storm and Flood	478	5	1,273.00	272	4	1,309.08
	Drought	210	-	-	421*	-	-
	Landslide	155	0	166.70	137	0	173.06
	Heavy snow · Cold wave	48	10	140.32	40	13	156.49
	Heat wave	31	48	-	17	18	-
	Yellow sand	5	-	-	7	-	-
	Earthquake	0	0	0	7	0	192.08
	Algae	86	-	-	185	-	-
Social disaster and safety accident (including common)	Suicide	-	13,670	-	-	13,315	-
	Vulnerable social group	641,887	8,288	-	632,359*	8,340	-
	Pharmaceuticals · medical device	285,476	-	-	233,952	-	-
	Road traffic	217,148	3,781	-	221,997	4,328	-
	Infectious diseases	197,920	2,315	-	154,661	2,377	-
	Industrial	100,867	971	-	91,346	970	-
	Crime	62,739	34	-	62,279	23	-
	Consumer product	58,168	-	-	56,002	-	-
	Fire · Explosion	42,338	369	5,597.36	43,300	320	4,651.37
	Climbing · Leisure	7,097	114	0.00	7,344	129	0.60
	Maritime	2,671	68	-	2,198	143	-
	Contagious animal diseases	1,795	-	649.00	1,358	-	494.71
	Fine dust	728	-	-	444*	-	-
	Agriculture · Fisheries	707	-	-	689	-	-
	Electrical · Gas	619	28	1.53	642	32	4.83
	Wild fire	496	4	485.83	539	5	348.44
	Facility-related	483	13	2.23	443	23	3.42
	Food poisoning	363	-	-	355	-	-
	Marine pollution	288	-	-	258	-	-
	Water pollution	113	-	-	139	-	-
	Railway	98	44	7.46	135	63	23.35
	Chemical	66	5	23.34	90	5	6.72
	Water-related	32	33	0.00	32	33	0.00
	Elevator	21	3	0.00	44	5	0.00
	Nuclear and radiological	16	-	-	13	-	-
	Aviation	9	8	0.00	5	5	112.00
	National infra disruption	0	0	0	1	0	0.00

* Note 1. ‘-’ non-collected of damage statistical data / 2. * average value under 5 years

본 연구에서는 단기적인 측면의 피해현황을 분석하였다는 한계점이 존재한다. 특히 대형재난의 발생주기의 경우 최근 5년간 자료를 이용하여 5년 이상의 주기가 산정될 수 없는 문제가 있었다. 따라서 향후에는 분석자료의 기간을 확장하여 재난의 발생 특징을 명확하게 도출하여야 할 것이다.

4. 분석결과

4.1 가중치 분석

4.1.1 설문조사 기초분석

설문조사는 2019년 10월 14일부터 25일까지, 2주 동안

Table 5. Current Status of Damage Caused by Large-Scale Disasters

unit: cases, people, one hundred million won

Sector	Type	recent year - 2018			annual average of 5 years - 2014-2018		
		Occurrence number	Death	Property loss	Occurrence number	Death	Property loss
Natural disaster	Storm • Flood	3	4	1,128.51	1.2	3	1,079.66
	Earthquake	0	0	0	0.4	0	192.08
Social disaster	Wild fire	4	1	333.90	1.6	1	95.18
	Fire • Explosion	3	54	17.9	3.4	26	227.18
	Maritime	3	21	0	2.2	87	1.58
	Industrial	2	12	0	1.2	6	0.13
	Contagious animal diseases	2	0	649.00	2.0	0	494.71
	Infectious diseases	1	0	0	0.4	8	0.00
	Railway	1	0	0	1.0	1	17.40
	Marine pollution	0	0	0	0.6	0	1.57
	National infra disruption	0	0	0	0.6	0	0.00
	Facility-related	0	0	0	0.4	2	1.16

* Source: MOIS (2019a; 2019b)

Table 6. Occurrence Cycle and Damage Caused by Large-Scale Disasters

unit: year/an event, people/a case, one hundred million won/a case

Sector	Type	Occurrence cycle	Death per a disaster	Property loss per a disaster
Natural disaster	Storm • Flood	0.83	3	899.71
	Earthquake	2.50	0	480.21
Social disaster	Fire • Explosion	0.29	8	66.82
	Maritime	0.45	39	0.72
	Contagious animal diseases	0.50	0	247.35
	Wild fire	0.63	0	59.49
	Industrial	0.83	5	0.11
	Railway	1.00	1	17.40
	Marine pollution	1.67	0	2.61
	National infra disruption	1.67	0	0.00
	Infectious diseases	2.50	19	0.00
	Facility-related	2.50	5	2.89

e-mail을 통하여 서면으로 실시하였다. 재난 및 안전관리 관련 경력이 있는 다양한 재난·사고 분야의 전문가 509명에게 배포하였으며, 이 중 회수된 설문지는 174건이었다.

설문조사에 응답한 전문가의 소속은 대학교 61명(35.1%), 정부기관·정부출연 연구원 및 지역 연구원 54명(31.0%), 민간기업 26명(14.9%), 실무 부처·지역 공무원 및 공공기관 소속 25명(14.4%)의 순으로 나타났다(Table 7). 또한 전문가의 평균 연구·근무경력은 20.0년(근속연수 미표기 2명 제외 산출평균 값)이었다(Table 8).

Table 7. Work Characteristics of Experts Replied Survey

No.	Classification	No. of experts (people)	Ratio (%)
1	Professor	61	35.1
2	Researcher	54	31.0
3	Private company	26	14.9
4	Public officer	25	14.4
5	Others	8	4.6
-	Sum	174	100.0

Table 8. Career Characteristics of Experts Replied Survey

No.	Classification	No. of experts (people)	Ratio (%)
1	Under 10	19	10.9
2	10 and more~under 20	66	37.9
3	20 and more~under 30	58	33.3
4	30 and more	29	16.7
5	Non-written	2	1.1
-	Sum	174	100.0
-	Average value	20 years	-

Table 9. Result of Consistency

Classification	Result	
Reply to survey	174 cases	
AHP available	167 cases	
Consistency	57 cases	
	Consistency ratio (C.R)	
	level 1	level 2
	0.0000	0.0309

Table 10. Weight by Factors of Determining Investment Priority

Level	Factor	Weight	Priority	Level	Sub-factor	Weight	Priority
Level 1	Overall disasters and safety accidents	0.3730	2	Level 2	Number of disasters and accidents	0.0748	6
					Death toll	<u>0.2040</u>	2
					Property loss	0.0942	5
					sub-sum	0.3730	-
	Large-scale events	<u>0.6270</u>	1		Occurrence cycle of disasters	0.1441	4
					Death toll per disaster	<u>0.3273</u>	1
					Property loss per disaster	0.1556	3
					sub-sum	0.6270	-
Sum	1.0000	-		Sum	1.0000	-	

4.1.2 분석요소 간 가중치

응답한 설문지 174건 중 AHP 평가에 대한 미성실 응답(중복응답·미응답 등) 7건은 제외하고, 167건에 대하여 분석을 수행하였다. 167건에 대하여 건별로 일관성을 검토하였다.

이 중 level 1, 2 모두 C.R. 기준치 '0.1' 이하인(Saaty, 1987; Saaty, 1990) 답변만 추출하여, 논리적 일관성이 유효한 57건을 확보하였다. C.R.은 level 1에서 '0.0000'이며, level 2에서 '0.0309'로 논리적 신뢰성은 타당하다(Table 9).

분석요소 간 가중치의 분석결과는 Table 10과 같다. Level 1에서 대형재난의 가중치는 '0.6270'으로, 재난·사고 전체 '0.3730'보다 약 2배 더 높은 가중치를 나타내는 것으로 분석되었다. Level 2에서 대형재난과 재난·사고 전체에서 각각 건당 인명피해와 인명피해 합계가 가장 높게 평가되었다. 최종적으로 대형재난 건당 인명피해의 가중치가 '0.3273'로 6개의 세부요소 중 중요도가 가장 높게 평가되었다. 그 다음으로 재난·사고 전체 인명피해(0.2040), 대형재난 건당 재산피해(0.1556), 대형재난 발생주기(0.1441), 재난사고 전체 재산피해(0.0942), 재난사고 전체 발생건수(0.0748) 순으로 나타났다.

전문가 평가는 피해현황 분석요소 중 대형재난이 매우 중요한 것으로 나타났다. 세부적으로는 대형재난 발생 시 건당 인명피해와 연간 발생하는 재난·사고 인명피해 등의 가중치가 높게 나타나는 것으로 확인되었다.

4.2 재난안전예산 투자우선순위 결정

4.2.1 재난·사고 유형별 유클리드 거리 산출

유형별 피해현황 규모의 정량화는 (i) 재난사고 전체 피해현황으로 최근 5년간 연평균 발생건수, 사망자수, 재산피해를 활용하였으며(Table 4), (ii) 대형재난의 발생특징인 발생주기, 건당 사망자, 건당 재산피해를 활용하였다(Table 6). 이 피해 통계값은 정규화 과정²⁾을 거친 후, 수정 유클리드 거리 산출식(Eq. (4)) 및 AHP로 분석한 가중치(Table 10)를 활용하여 결과값을 도출하였다.

여기서 분석요소별 가중치의 합은 '1'이며($w_{al} = 0.0748$,

- 2) 유클리드 거리를 산출하기 위하여, 통계값을 정규화(Normalization)한다. 분석요소별 최대값을 기준으로, 통계값의 수치를 변환한다. 이때 각 분석요소의 최대값은 '1'로 산출된다. 예를 들어 재난·사고 전체 발생건수는 다음의 식을 통해 정규화($a_{1nor(i)}$)한다(Cho and Choi, 2018).

$$\text{발생건수}_{nor(i)} = \frac{\text{발생건수}_{(i)}}{\text{발생건수}_{\max}}, i = \text{재난 및 안전사고 유형}$$

이와 같은 방식으로, 각 분석요소에 대한 유형별 통계값을 정규화한다. 단, 대형재난 발생주기($a_{2nor(i)}$)는 아래와 같이 최소값을 기준으로 정규화한다. 각 세부요소 값은 클수록 위험하다. 그러나 대형재난 발생주기는 짧을수록 위험하며, 반대로 발생주기가 길어지면 비교적 안전하기 때문이다(Cho and Choi, 2018).

$$\text{발생주기}_{nor(i)} = \frac{1}{(\text{발생주기}_{(i)} / \text{발생주기}_{\min})}, i = \text{재난 및 안전사고 유형}$$

$w_{a2} = 0.1441$, $w_{b1} = 0.2040$, $w_{b2} = 0.3273$, $w_{c1} = 0.0942$, $w_{c2} = 0.1556$, 이에 따라 a 는 $0.2189(w_{a1} + w_{a2})$, b 는 $0.5313(w_{b1} + w_{b2})$, c 는 $0.2498(w_{c1} + w_{c2})$, $D_{\max}$ 는 0.6266이다.

유클리드 거리는 자연재난과 사회재난 및 안전사고의 분야별 통계값의 편차를 고려하여, 두 개로 나누어 산출하였다. 도출된 결과값이 큰 유형에 상위 순위를 부여하였다. 일부 피해통계 데이터가 없는 경우는 '0'으로 추정하여 계산하였다.

Table 11과 같이 분석 결과, 유클리드 거리가 가장 큰

유형은 자연재난에서 풍수해(0.4690330)이다. 다음 순위로는 폭염(0.1616851), 대설 및 한파(0.1321653) 등으로 나타났다. 사회재난 및 안전사고 분야에서 1위는 선박 재난사고(0.2821521)로 나타났다. 다음으로 결과값이 높은 유형은 감염병(0.1687216), 자살(0.1610055), 화재(폭발 포함, 0.1458985), 안전취약계층(0.1306007) 등의 순으로 나타났다.

자연재난 1위, 풍수해로 인한 피해 규모는 타 유형과 비교 시 월등히 큰 것으로 확인된다. 6개 분석요소 중 4개에서

Table 11. Investment Priority Among Types of Disaster and Accident Based on Euclidean Distance

Sector	Type	Phase									
		Data normalization						Euclidean distance			
		Overall disasters and safety accidents			Large-scale disasters			with weight		without weight	
		Occurrence number	Death	Property loss	Occurrence cycle	Death per a disaster	Property loss per a disaster	Value	Ranking	Value	Ranking
Natural disaster	Storm and Flood	0.6473	0.2386	<u>1.0000*</u>	<u>1.0000*</u>	<u>1.0000*</u>	<u>1.0000*</u>	0.4690330	1	0.7577786	1
	Heat wave	0.0406	<u>1.0000*</u>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1616851	2	0.1417380	4
	Heavy snow · Cold wave	0.0946	0.7528	0.1195	0.0000	0.0000	0.0000	0.1321653	3	0.1474601	3
	Earthquake	0.0157	0.0000	0.1467	0.3333	0.0000	0.5337	0.0482482	4	0.1600161	2
	Drought	<u>1.0000*</u>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0220555	5	0.1339746	5
	Landslide	0.3264	0.0227	0.1322	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170407	6	0.0780802	6
	Algae	0.4390	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107030	7	0.0674087	7
	Yellow sand	0.0158	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004117	8	0.0026248	8
Social disaster and safety accident (including common)	Maritime	0.0035	0.0107	0.0000	0.6471	<u>1.0000*</u>	0.0029	0.2821521	1	0.2478855	3
	Infectious diseases	0.2446	0.1785	0.0000	0.1176	0.4827	0.0000	0.1687216	2	0.1596286	5
	Suicide	0.0211	<u>1.0000*</u>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1610055	3	0.1380149	6
	Fire · Explosion	0.0685	0.0240	<u>1.0000*</u>	<u>1.0000*</u>	0.1973	0.2701	0.1458985	4	0.3832627	1
	Vulnerable social group	<u>1.0000*</u>	0.6264	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1306007	5	0.2424372	4
	Contagious animal diseases	0.0021	0.0000	0.1064	0.5882	0.0000	<u>1.0000*</u>	0.0722152	6	0.2480238	2
	Industrial	0.1445	0.0729	0.0000	0.3529	0.1270	0.0004	0.0674848	7	0.1104083	8
	Road traffic	0.3511	0.3251	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0646835	8	0.1091018	9
	Facility-related	0.0007	0.0017	0.0007	0.1176	0.1270	0.0117	0.0420169	9	0.0428916	12
	Wild fire	0.0009	0.0004	0.0749	0.4706	0.0095	0.2405	0.0401818	10	0.1275140	7
	Railway	0.0002	0.0047	0.0050	0.2941	0.0203	0.0703	0.0247211	11	0.0639598	10
	Pharmaceuticals · medical device	0.3700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0091233	12	0.0576181	11
	Marine pollution	0.0004	0.0000	0.0000	0.1765	0.0000	0.0106	0.0090958	13	0.0303919	13
	National infra disruption	0.0000	0.0000	0.0000	0.1765	0.0000	0.0000	0.0084246	14	0.0285211	14
	Crime	0.0985	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028407	15	0.0164383	15
	Consumer product	0.0886	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022834	16	0.0145389	16
	Climbing · Leisure	0.0116	0.0097	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019888	17	0.0035736	18
	Aviation	0.0000	0.0004	0.0241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009661	18	0.0040612	17
	Electrical · Gas	0.0010	0.0024	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004787	19	0.0007404	19
	Water-related	0.0000	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004300	20	0.0004212	20
	Chemical	0.0001	0.0004	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001229	21	0.0003270	21
	Elevator	0.0001	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000616	22	0.0000693	25
	Agriculture · Fisheries	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000285	23	0.0001817	22
	Fine dust	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000183	24	0.0001170	23
	Food poisoning	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000147	25	0.0000937	24
	Water pollution	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000058	26	0.0000367	26
	Nuclear and radiological	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000006	27	0.0000035	27

* maximum value of sub-factors

중첩적으로 최대값 ‘1’을 나타내고 있었다(재난·사고 전체 재산피해, 대형재난 발생주기, 건당 인명피해, 건당 재산피해, Table 10 ‘Data normalization’ 참조). 이에 따라 본 연구에서 도입한 가중치를 적용한 유클리드 거리와 개선 전 방식(동일 가중치 적용)에서 모두 1위로 산출되었다(Table 11, ‘Euclidean distance’ 참조).

사회재난 및 안전사고(일부 공통 포함)에서는 가중치를 적용한 결과 산출 시, 유형별 순위에서 많은 변동이 있다. 특히 상위 순위에서 변동이 큰 것으로 확인된다. 개선 전 1위였던 화재·폭발은 2개의 최대값(재난·사고 전체 재산피해, 대형재난 발생주기)을 포함하고 있음에도 불구하고, 4위로 나타났다. 반면 1위는 선박 재난·사고로 나타났다. 선박 재난·사고는 이전 방식에 의하면 3위였지만 순위가 상승하였다. 또한 감염병(2위), 자살(3위), 도로교통 사고(8위), 시설물 재난·사고(9위) 등은 이전 방식에 의하면 5위, 6위, 9위, 10위에서 순위가 상승하였다. 이러한 유형은 여러 가지 분석요소 중에서 가중치가 높은 대형재난의 건당 인명피해 규모와 재난·사고 전체 인명피해가 많은 유형이다. 분석요소 간 중요도가 반영되어, 순위가 변동하고 보다 높은 순위로 도출되었다.

이와 같이 본 연구에서는 재난안전예산 투자우선순위 결정 시, 전문가 설문조사를 통하여 여러 가지 요소 간 중요도를 반영함으로써 보다 명확하고 적절한 결과를 도출할 수 있었다.

4.2.2 투자우선순위 및 중점투자유형 선정(안)

재난안전예산 투자우선순위에서 높은 순위를 차지하는 유형은 발생현황 및 인명·재산피해 규모가 큰 유형으로, 재난안전예산 중점투자가 필요한 유형으로 선정해야 한다고 판단된다.

순위 간 결과값의 차이를 이용하여 상위 순위부터 중점투자유형 선정(안) 마련하였으며, Table 12와 같이 2개의 그룹으로 분류하였다. Group I 은 최우선 중점투자유형으로, 자연재난에서 풍수해, 사회재난 및 안전사고 중 선박 재난·사고이다. 이 유형은 각 분야에서 유클리드 거리가 가장

큰 유형이며, 다음 순위와의 결과값의 차이가 가장 큰 구간이다(자연재난 1위 풍수해와 2위 폭염의 차이값은 0.307348이며, 사회재난 및 사고 분야에서 1위 선박 재난사고와 2위 감염병의 차이값은 0.113431). 풍수해의 결과값은 2위인 폭염에 비하여 2.9배 높은 수치이며, 선박 재난·사고의 결과값은 다음 순위와 비교하여 1.7배 높은 것으로 나타났다.

Group II 중점투자유형은 자연재난에서 폭염과 대설한파, 사회재난·안전사고에서 감염병, 자살, 화재·폭발, 안전취약계층, 가축전염병, 산업재해, 도로교통사고가 포함된다. 두 번째로 순위 간 차이 값이 크게 나타나는 지점으로 구분되었으며, 이 유형은 분야별로 상위 30% 이내(자연재난 1~3위, 사회재난 및 안전사고 1~8위)에 해당하는 것으로 확인된다. 또한 여기에는 6개 분석요소별 최대값을 나타내는 유형이 포함되어 있다.

상기 유형은 다른 유형에 비하여 재난과 안전사고의 발생과 이로 인한 사망자 및 재산피해 규모가 큰 것으로 나타나, 국가 차원의 재난안전예산 중점투자가 필요한 유형으로 선정하였다. 선정된 중점투자유형은 각 유형별 피해현황·전망, 위험발생 요인, 재정투자·정책, 투자수요 등을 종합하여 투자방향 수립 및 세부 재난안전사업 편성이 필요하다.

5. 결 론

본 연구에서는 재난안전사업예산 분류체계에 따른 자연재난 8개, 사회재난 및 안전사고 등 27개, 총 35개 유형에 대하여 AHP와 유클리드 거리(Euclidean distance)를 기반으로 재난·사고 유형 간 투자우선순위를 산출하였다. 이를 위해 재난·사고 전체 피해현황과 대형재난 피해현황, 2개의 측면을 모두 고려하고자 분석요소로는 재난·사고 유형별 연평균 발생건수, 연평균 사망자, 연평균 재산피해, 대형재난 발생주기, 대형재난 건당 사망자수, 대형재난 건당 재산피해를 활용하였다. 수정된 유클리드 산식을 이용하였으며, 이때 세부요소 간 가중치는 AHP 기법으로 분석하여 적용하였다. 과거 5년간(2014~2018) 재난과 안전사고의 발생과

Table 12. Intensive Investment Types for Disaster and Safety Management Projects Budget

Classification	Intensive investment types	
	Group I - Top Priority investment	Group II - Priority investment
Natural disaster	• Storm and Flood	• Heat wave • Heavy snow • Cold wave
Social disaster and accident (including common)	• Maritime disaster and accident	• Infectious diseases • Suicide • Fire • Explosion • Vulnerable social group • Contagious animal diseases • Industrial disaster and accident • Road traffic disaster and accident
Remark	Highest ranking	High rank within 30%

피해현황에 대한 통계자료를 수집하여 결과를 도출하였다.

재난과 사고로 인한 피해현황에서 대형재난의 가중치(0.6270)는 전반적인 재난·사고(0.3730) 보다 약 2배 이상 중요한 것으로 나타났다. 또한 인명피해의 가중치(대형재난 건당 사망자수 0.3273, 재난·사고 전체 사망자수 0.2040)가 발생현황 및 재산피해와 비교하여 높게 평가되었다(대형재난 건당 재산피해 0.1556, 대형재난 발생주기 0.1441, 재난·사고 전체 재산피해 0.0942, 재난·사고 전체 발생건수 0.0748 순으로 나타남).

이러한 가중치를 반영한 재난·사고 유형 간 재난안전예산 투자우선순위는 자연재난에서 풍수해가 1위로, 유클리드 거리는 0.4690330으로 나타났다. 풍수해의 결과값은 2위인 폭염(0.1616851) 및 3위 대설·한파(0.1321653)와 비교하여 약 3배 이상 높은 수치로 피해현황 규모가 자연재난 중 절대적으로 큰 것으로 확인된다.

사회재난 및 안전사고 분야에서 1위는 선박 재난·사고로, 결과값은 0.2821521이다. 다음으로 2위 감염병(0.1687216), 3위 자살(0.1610055), 4위 화재(폭발 포함, 0.1458985), 5위 안전취약계층 사고(0.1306007), 6위 가축수산물 전염병(0.0722152), 7위 산업장 산재(0.0674848), 8위 도로교통 재난·사고(0.0646835) 등의 순으로 나타났다. 상기 1~8위에 해당하는 8개의 유형은 사회재난 및 안전사고 등(공통 일부 포함) 27개 유형 중 상위 30% 이내에 포함된 것으로 나타났다.

상기 투자우선순위에서 상위 순위로 나타난 유형은 재난·사고의 피해 규모가 상대적으로 큰 유형으로, 국가차원에서 우선적인 재난안전관리가 필요한 대상으로 판단된다. 향후 재난안전예산 중점투자유형으로 선정하여, 구체적인 위험요인 파악 및 피해 저감을 위한 세부 사업 마련이 필요하다.

본 연구는 발생건수, 인명피해, 재산피해 등 통계자료에 기반한 직접적인 피해에 초점을 맞추어 분석을 수행하였다. 그러나 이러한 분석결과는 경제적·사회적·환경적 2차 피해 등이 반영되지 않았다는 한계점이 있다. 통계자료 분석 결과에 근거한 유형 간 투자우선순위를 기초로 하여 ‘사회적 이슈’ 또는 ‘발생가능성’을 추가적으로 고려하여야 할 필요가 있다. 또한 정부의 정책적 중요도(국가안전관리기본계획, 한국판 뉴딜 종합계획, 도로교통·산재·자살 국민생명 지키기 3대 프로젝트 외 범부처 종합대책 등), 사회 환경변화 및 전문가 의견(유형별 협의체 등) 등을 고려하여 최종적으로 중점투자유형을 선정하여야 할 것이다.

본 연구에서 일부 유형은 모든 분석요소의 통계자료를 확보할 수 없었다. 특히 가뭄, 폭염, 도로교통 재난·사고, 선박 재난·사고 등 일부 유형은 실제 피해가 발생하지만, 재산피해가 집계되지 않거나 국가공식통계가 제공되지 않았다. 향후 이러한 점을 보완하기 위한 방안 마련 및 추가연구가 필요하다. 또한 최근 5년간 피해통계 자료를 이용하여 단기적인 측면에서 피해현황을 분석하였다. 재난·사고 유형 간 피해규모의 상대적인 크기를 비교하여 우선순위 산정

이 가능하나, 대형재난의 발생주기를 산정하는데 5년은 비교적 짧은 기간으로 결과값 해석에 한계가 있는 것으로 판단된다. 재난의 발생 특징을 명확하게 도출하기 위하여 분석기간의 확장을 고려할 필요가 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구에서는 통계자료에 근거하고 분석요소 간 가중치를 고려하여, 재난·사고 발생과 피해정도를 정량화하여 나타내었다. AHP를 통해 도출된 가중치를 적용한 유클리드 거리를 산출하여 재난 및 사고 유형 간 안전관리 우선순위를 결정할 수 있다. 분석결과를 재난·사고 유형별 피해현황의 규모 파악을 위한 기초자료로서 의의가 있으며, 재난안전예산 중점투자유형 선정 및 투자방향 제시에 도움을 줄 수 있다.

References

- Cho, H.U., and Choi, S.Y. (2018). Risk ranking among types of disaster and safety accidents based on euclidean distance using damage statistical data. *Journal Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 18, No. 6, pp. 133-147.
- Cho, H.U., and Choi, S.Y. (2019). Risk-matrix analysis on disasters and accidents to establish investment directions of budgeting for disasters and safety management. *Journal Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 19, No. 7, pp. 165-179.
- Choi, G.H., Lee, S.H., Cheung, C.S. (2017). Selecting the subjects of intensive disaster management through risk assessment methodology (ISO/IEC 31010) - The Case of Philippines. *Crisisonomy*, Vol. 13, No. 9, pp. 141-151.
- Foroughi, S., and Rasol, M. A. (2016). Housing renovation priority in the fabric texture of the city using the analytic hierarchy model (AHP) and geographic information system (GIS): A case study of Zanjan City Iran. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, Vol. 19, pp. 323-332.
- Jung, H.Y., and Kim, D.J. (2013). A study of drawing the priority and selecting factors for measuring the efficient logistics performance of Korean logistics companies. *Productivity Review*, Vol. 27, No. 1, pp. 443-477.
- Kim, H.Y., Lee, C.H., and Yu, Y.H. (2015). A Study on prioritizing of marina safety management items by AHP. *Crisisonomy*, Vol. 11, No. 4, pp. 69-84.
- Kim, K.W., Hwang, Y.W., Yeom, J.W., and Park, H.J. (2019). Application of a risk matrix for hazard risk assessment in Busan metropolitan city. *Journal Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 19, No. 3, pp. 59-65.

- Kim, M.C., Jang, Y.C., and Lee, S.G. (2013). Application of Delphi-AHP methods to select the priorities of WEEE for recycling in a waste management decision-making tool. *Journal of Environmental Management*, Vol. 128, pp. 941-948.
- Kim, S.W., Lee, J., Jang, D.W., and Chon, J.J. (2018). Disaster risk assessment for the disaster resources management planning. *Journal Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 18, No. 2, pp. 387-394.
- Korea Institute of Public Administration (KIPA). (2015). *A Study on the Improvement of Budget Allocated to Disaster Safety Management*.
- Korea Institute of Public Administration (KIPA). (2016). *Study on Establishment of Disaster Safety Budget and Evaluation System*.
- Korea Institute of Public Administration (KIPA). (2017). *Study on Improving Allocative Efficiency on Budget Review for Disaster and Safety Management Programs*.
- Lee, D.Y., Ahn, T.H., and Hwang, Y.S. (2002). Investment Priority among scientific technology fields of national R&D using AHP. *Journal of Technology Innovation*, Vol. 10, No. 1, pp. 83-97.
- Lee, J.H., and Shin, W.B. (2019). Optimum installation method of the disaster relief logistics center by the AHP analysis. *Korean Journal of Convergence Science*, Vol. 8, No. 2, pp. 209-219.
- Lee, J.W., and Lee, H.S. (2015). Deriving strategic priority of policies for creative tourism industry in Korea using AHP. *Procedia Computer Science*, Vol. 55, pp. 479-484.
- Lee, K.H., Yi, W.H., and Yang, W.J. (2016). A study on risk analysis of social disaster. *Journal of Korean Society of Disaster & Security*, Vol. 9, No. 2, pp. 15-21.
- Lee, K.S., Kim, T.H., Kang, H.G., and Jung, J.K. (2015). A Study on selection of the risk factors for urban disaster of Daejeon metropolitan city using Delphi and AHP. *Crisisonomy*, Vol. 11, No. 4, pp. 69-84.
- Lee, Y.B., Son, S.W., and Park, H.J. (2020). Analysis of Korea's nuclear R&D priorities based on private Sector's domestic demand using AHP. *Nuclear Engineering and Technology*.
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2019a). *2019 Evaluation of disaster and safety management projects* (May 10, 2019, Press release).
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2019b). *2018 Statistical yearbook of natural disaster*.
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2019c). *2018 Disaster yearbook of social disaster*.
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2020a). *2021 Prior consultation for disaster and safety management budget* (April 10, 2020, Press release).
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2020b). *Report of 2021 Prior consultation for disaster and safety management budget*.
- National Assembly Budget Office (NABO). (2017). *Disaster Safety Budget and Management*.
- National Disaster Management Research Institute (NDMI). (2018). *2020 Priority types for investment of disaster and safety management budget*.
- National Disaster Management Research Institute (NDMI). (2019). *2021 Priority types and fields for investment of disaster and safety management budget*.
- National Disaster Management Research Institute (NDMI). (2020). *2022 Priority types and fields for investment of disaster and safety management budget*.
- National Emergency Management Agency (NEMA). (2011). *Estimation method of safety index for community natural disaster considering climate change*.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2016). *National risk assessments: A cross country perspective*. 6th High Level Risk Forum.
- Public Safety Canada. (2013). *All hazards risk assessment methodology guidelines 2012-2013*.
- Saaty, R.W. (1987). The analytic hierarchy process - What it is and how it is used. *Math Modelling*, Vol. 9, No. 3, pp. 161-176.
- Saaty, T.L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, pp. 9-26.
- Song, Y.H., and Lee, J.H. (2012). Evaluation of inundation risk ranking for urban sewer systems using PROMETHEE. *Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 12, No. 8, pp. 388-398.
- U.K Cabinet Office. (2017). *National risk register of civil emergencies* (2017 edition).
- Yoon, J.W., Jun, H.J., and Ko, B.W. (2016). An application of AHP on priority of the risk factors for the mega containership investment. *The Journal of Maritime Business*, Vol. 34, pp. 77-104.

Received	February 26, 2021
Revised	March 2, 2021
Accepted	June 2, 2021