



피해 통계자료 활용 유클리드 거리 기반 재난·사고 유형간 위험순위 산출

Risk Ranking among Types of Disaster and Safety Accidents Based on Euclidean Distance Using Damage Statistical Data

조현우* · 최승용**

Cho, Hyeonu*, and Choi, Seungyong**

Abstract

In order to improve the effectiveness of the Master Plan for National Safety Management and its Implementation Plans, which include disaster and safety budgets as well as specific projects from relevant central administrative ministries and agencies, it is necessary to identify the types of high-risk disasters and accidents, and establish intensive safety management measures for selected types. In this study, based on Euclidean distance using statistical data, a method to quantify the scale of damage caused by disasters and safety accidents is proposed for determining the risk ranking among various types. We carried out an analysis of several different factors to cover two aspects: (i) the current status of damage on overall disasters and safety accidents-the annual average number of disasters and accidents in the recent 5 years (2012-2016), as well as human casualties and property losses; and (ii) the characteristics of large-scale catastrophic events-the occurrence cycles of disasters, human casualties per disaster, and property losses per disaster. The analysis was carried out in five steps. As a result, storms and floods, accidents in vulnerable social groups, maritime accidents, fires and explosions, and industrial accidents are in the high-risk group for concentrated disaster and safety management.

Key words : Disasters and Accidents, Euclidean Distance, Risk Ranking, Damage Statistical Data, Budget for Disaster and Safety Management Projects

요 지

국가안전관리기본계획 및 재난안전예산과 그에 따른 세부사업을 포함하는 부처별 국가안전관리집행계획의 실효성 제고를 위해서는 고위험 분야를 선정하여 집중적인 안전관리 대책을 마련하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 재난 및 안전사고의 발생과 그에 따른 피해 통계자료를 활용하고, 유클리드 거리에 의하여 피해규모를 정량화하는 방안을 제안하였다. 다양한 재난·사고 개별 유형에 대한 위험순위를 산출하기 위해 (i) 재난·사고 전체 피해현황(최근 5년(2012-2016) 연평균 발생건수 및 인명피해, 재산피해), (ii) 대형재난의 특징(발생주기, 건당 인명피해, 건당 재산피해)을 고려하였으며, 5단계의 세부 분석과정을 수행하였다. 분석결과, 풍수해, 안전취약계층 사고, 선박 재난·사고, 화재·폭발, 사업장 산재 등이 고위험군으로 선정되어, 중점 관리가 필요한 것으로 판단된다.

핵심용어 : 재난 및 안전사고, 유클리드 거리, 위험순위, 피해 통계자료, 재난안전예산

1. 서 론

최근 발생한 밀양 세종병원 화재('18.01), 제천 복합건물

(스포츠센터) 화재('17.12), 인천영흥도 낚시배 충돌사고 ('17.12) 및 여수 수산시장 화재('17.03) 등 크고 작은 사고로 인하여 안전에 대한 국민의 우려와 관심이 높아지고 있다.

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

Member, Researcher, National Disaster Management Research Institute

**교신저자, 정회원, 국립재난안전연구원 시설연구원(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

「재난 및 안전관리 기본법」 제22조-제25조에 근거하여 중앙 부처 및 지방자치단체의 안전관리 전략으로 안전관리계획(국가안전관리기본계획, 국가안전관리집행계획)이 수립되고 있다. 5년 마다 수립되는 ‘국가안전관리기본계획’은 각종 재난과 사고로부터 국민의 생명·신체·재산을 보호하기 위하여 국가의 재난 및 안전관리의 기본방향을 설정하는 최상위 계획이다. 제1차(2005-2009)를 처음으로, 현재 제3차 국가안전관리기본계획(2015-2019)이 수립되어 있는 상황이다.

「2018년 국가안전관리집행계획 작성지침」에 따르면, 기본계획에 근거하여 매년 부처별로 작성되고 있는 국가안전관리집행계획에서는 중점 추진대책 및 유형별 대책을 포함해야 하고, 재난안전예산 세부 추진사업과 재정투자계획을 수반하도록 규정하였다(MOIS, 2017a). 그러나 안전관리계획은 재난·사고로 인한 피해현황 파악과 원인 분석 기반으로 작성되지 않아 실효성에 대한 문제점이 지적되고 있다(MPSS, 2015; Cho, 2018).

위와 같은 현안을 해결하기 위하여 위험분석을 통한 재난·안전관리 방향 수립 및 중점 안전관리 대상 선정에 관한 여러 연구가 수행되었다. Cho and Heo (2017)가 26종 사회재난의 최근 10년(2006-2015)간 발생빈도와 사망자, 부상자를 이용하여, 사망위험 및 부상위험 리스크-매트릭스 분석을 통한 재난안전예산 중점투자유형을 결정하였다. Cho (2018)는 리스크 곡선을 활용하여 사회재난 인명피해에 대한 정량적 위험도 분석을 수행함으로써, 국가안전관리기본계획에서 다루어야 하는 고위험 사회재난 유형을 도출하였다. Cho and Choi (2018)는 재난안전예산 중점투자유형 선정을 위하여 사고 발생건수 및 인명피해, 재산피해 뿐만 아니라 재난 피해규모를 고려하기 위하여 사회재난 사례를 추가하여 여러 가지 다양한 위험도(인명피해, 재산피해, 사회영향)를 분석한 바 있다. 또한 국립재난안전연구원(NDMI, 2018)에서는 안전관리 우선순위를 파악하기 위해 재난·사고 피해 통계 분석 및 향후 발생가능한 대형재난에 대한 전문가 설문 조사를 수행하였다. 여기서 통계자료를 활용한 유형별 피해현황 파악 및 추이분석, ‘Euclidean distance(이하 유클리드 거리)’를 활용한 재난 및 안전사고 유형간 위험순위를 산출하였다(연평균 발생건수, 사망자수, 재산피해 활용).

유클리드 거리를 활용한 관련 연구로는, 소방방재청(NEMA, 2011)이 자연재난에 대한 지자체의 안전성을 진단하는 방안으로, 유클리드 거리를 활용하여 3가지 요소(위험환경, 위험관리능력, 방재성능)를 고려하는 지역안전도를 산정하였다. 이를 응용하여 Lee et al. (2016)은 유클리드 거리에 의하여 교통사고, 붕괴, 화재에 대한 재난위해지수를 산출하여, 사회재난의 위험성을 비교·평가하였다(이때, 3가지 세부요소는 최근 8년(2008-2015) 연평균 발생건수, 발생건수 1건당 인명피해 및 재산피해 이용). 또한 Song and Lee (2012)는 홍수에 대한 도시 하수관거시스템의 치수 안전성 지수 산정을 위해 유클리드 거리를 활용하였다(초과

빈도별 월류발생량 및 발생지점 개수 이용).

국가안전관리기본계획, 집행계획 및 시도·시군구 안전관리계획 수립을 위해서는 재난 및 안전사고의 발생현황과 그에 대한 피해 분석이 필수적이며, 이를 바탕으로 유형별 세부적인 위험요인 및 원인 분석이 이루어져야 한다. 특히 국가안전관리집행계획에서는 재난안전예산 및 그에 따른 세부 사업이 동반되므로, 제한된 예산을 효과적으로 배분하기 위해서 유형별 위험순위 분석을 통한 중점 안전관리 유형 선정이 필요하다.

본 연구의 목적은 국가 차원의 선제적 안전관리를 위해서 재난·사고 발생 및 피해현황 정량화 방안을 제안하여, 다양한 재난·사고 유형간 위험순위를 산출하는 것이다.

본 연구와 선행연구들 간의 차별성은 다음과 같다.

첫째, 재난 및 사고로 인한 피해현황에 대하여 유클리드 거리를 활용하여 단일수치화 함으로써, 유형들 간의 종합 위험순위를 분석할 수 있었다.

이때, 사고와 대형재난의 2가지 측면을 모두 고려하고자 하였다. 재난·사고 전체 피해정도를 파악을 위해서 최근 5년(2012-2016)간 연평균 재난·사고 발생건수, 사망자, 재산피해를 활용하였다. 또한 과거 발생한 대형재난의 빈도와 규모를 추정하기 위해서 특별재난지역 선포와 지역 및 중앙 재난대책본부 운영 사례(시·군·구 및 시·도 재난안전대책본부, 중앙사고수습본부, 중앙재난안전대책본부)를 수집하여 발생주기, 단위피해(건당 사망자, 건당 재산피해) 산출하였다.

둘째, 방대한 양의 재난·사고 발생과 그에 따른 피해에 대한 통계자료 수집 및 출처를 제공한다는 점이다. 부처별·기관별로 별도 관리되고 있는 재난과 안전사고의 피해현황에 대하여 2012년부터 2016년까지의 세부 통계자료를 수집하였다(총 35개 유형: 자연재난 8개, 사회재난 및 안전사고 27개). 이는 국가 차원의 안전관리를 위하여 국가안전관리기본계획 및 부처별 국가안전관리집행계획 수립을 위한 피해현황 파악 기초자료로 활용이 가능하다.

셋째, 인명피해에 대하여 사망자 및 부상자를 고려하고자 기존연구(Lee et al., 2016; Cho, 2018; Cho and Choi, 2018)에서 활용된 가중치 1/5 외, 1/100 등 부상자를 사망자로 환산하기 위한 기준의 필요성에 대하여 문제를 제기하고자 하였다.

이와 같은 연구결과를 차년도에 발표되는 제4차 국가안전관리기본계획(2020-2024)과 각 부처가 매년 작성하는 국가안전관리집행계획 수립 시, 반영함으로써 계획의 내실화 및 실효성 제고를 통한 중앙정부의 안전관리 역량 증진에 활용하고자 한다.

2. 재난·사고 피해현황 정량화 기법 제안

위험(Risk)은 하나의 사건(event)이 발생할 가능성(Likelihood)과 그 사건으로 인하여 초래된 부정적인 결과(Consequence)의 조합이라고 정의된다(ISO Guide 73, 2009; UNISDR, 2009).

본 연구의 가정은 “과거 재난·사고의 발생과 사망자수, 재산피해가 클수록 위험이 높다.”이다. 본 연구에서는 국내 주요 재난·사고 전체와 대형재난으로 인한 피해현황을 종합적으로 결합하여 위험정도를 정량화하고자 유클리드 거리를 활용하였으며, 이를 통해 위험순위를 도출하였다.

위험도는 발생가능성과 결과, 두 가지 평가요소 의 곱으로 나타내거나, 매트릭스 기법을 활용하여 두 가지 요소의 조합으로 산출하는 것이 일반적이나, 본 연구에서는 이를 응용하여 발생가능성의 한 가지 인자와 두 가지 결과 인자(인명피해, 재산피해)를 유클리드 거리에 의하여 한 번에 종합하여 평가하는 방식으로 적용하였다. 이를 통해 다양한 재난사고 유형간 피해현황에 대한 위험수준을 상대적으로 비교하고자 하였다.

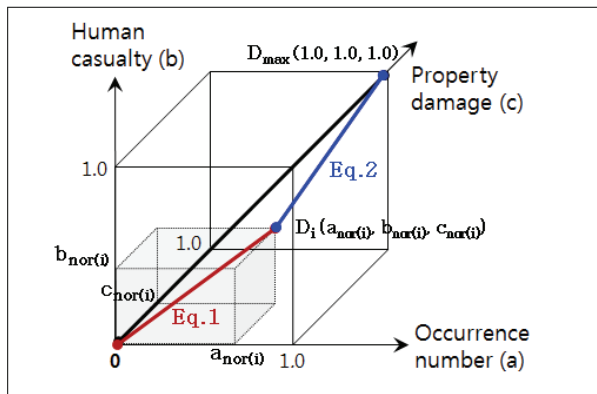
위험순위는 Lee et al. (2016)의 연구에서 “재난위해지수” 개념을 활용하였다. 이는 여러 가지 재난유형을 대상으로 재난발생빈도, 인명피해규모, 재산피해규모를 종합적으로 평가하는 척도로서, 3가지 인자에 대하여 3차원 공간좌표에서 유클리드 거리를 산출하여 상대적인 길이를 측정함으로써 비교·평가 할 수 있다.

본 연구에서는 위와 같이 유클리드 거리를 활용한 위험순위 분석을 통해서 과거 재난과 사고의 발생량이 많고, 인명피해 및 재산피해 규모가 큰 유형을 구분함으로써, 재난안전예산 투자·사업 편성 등 국가차원으로 집중관리가 이루어져야 하는 재난·사고간 우선순위를 선정하고자 한다.

2.1 위험순위 결정을 위한 적용기법 검토

유클리드 거리는 2차원 평면 또는 3차원 공간에서 두 점의 거리를 산정하는 기법이다. 의사결정을 위한 속성이 여러 개일 때, 여러 가지 대안에 대한 종합적인 평가를 위해 사용되는 거리척도방법(Distance Measurement Method, DMM)에 포함된다(NEMA, 2011; Song and Lee, 2012).

본 연구에서는 유클리드 거리에 의하여, 재난·사고 피해현황을 계량화하여 위험정도를 산정하고자 한다.



Source: Authors revised based on Song and Lee (2012) and Lee et al. (2016)

Fig. 1. Diagram of Euclidean Distance

Fig. 1과 같이 재난 및 안전사고 피해현황(발생건수(a), 인명피해(b) 및 재산피해(c))에 대한 3가지 세부적인 속성에 대하여 각각 최대값을 ‘1’ 기준으로 수치를 변환(a_{nor} , b_{nor} , c_{nor})하고, 공간좌표상에서 ‘0’으로부터 떨어진 거리를 측정한다. 이때 계산된 유클리드 거리가 길어질수록 재난·사고 유형별 피해규모가 크고 위험이 높아지며, 반대로 ‘0’에 가까울수록 비교적 안전하다고 해석한다(Lee et al., 2016).

유클리드 거리(Euclidean distance: D_i)는 Eq. 1을 통하여 계산한다.

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

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

산출된 유클리드 거리의 최대값(D_{max})은 ‘1’이 되도록 $\sqrt{3}$ 으로 나누어 산정함.

유클리드 거리를 구성하는 3가지 속성은 0-1사이의 정규화된 값으로 표출되고, 서로 영향을 주고받지 않는 독립적인 인자이며, 동일한 가중치를 가진다(NEMA, 2011; Lee et al., 2016).

그러나 상기 식에 의하면 어느 특정 인자의 값이 현저하게 높을수록 결과값이 크게 산출된다. 이를 보완하고자 Song and Lee (2012)을 활용하여, 3개의 인자가 고르게 큰 값을 가질 때 위험도가 더 높게 평가되는 기법을 적용하고자 하였다. 이에 따라 재난사고 유형별 유클리드 거리는 Eq. 3과 같이 산정할 수 있다.

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

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

Eqs. 1과 3으로 계산한 결과값을 Table 1에 비교하였다. 산출된 결과값에 따라 순위 결정이 달라짐을 알 수 있다. 본 연구에서는 여러 가지 인자에 대한 가중치가 없는 상황에서 특정한 하나의 값에 의하여 위험순위가 높게 평가되는 경우를 방지하고, 여러 가지 인자들의 값을 적절하게 종합적으로 반영하여 평가할 수 있는 Eq. 3을 활용하였다.

2.2 연구방법 및 요소

본 연구에서는 기존연구의 한계점을 보완하기 위하여 (i) 재난·사고 전체 (ii) 대형재난, 2가지 측면을 모두 고려하여 재난·사고 유형간 종합적인 피해현황 위험순위를 분석하고자, Eqs. 2와 3의 수정된 형태인 ‘변형 유클리드 거리(D_i')’를 Eq. 4와 같이 정의하였다.

Eq. 4에서 i = 재난 및 안전사고 유형, 세부요소 $a1_{nor}$, $a2_{nor}$, $b1_{nor}$, $b2_{nor}$, $c1_{nor}$, $c2_{nor}$ 는 정규화 단계를 거친 수치이며, 이에 대한 가중치는 $w1+w2=1$, $w3+w4=1$, $w5+w6=1$.

Table 1. Comparison of Euclidean Distance According to Equation

Type	Factor			Euclidean distance		Ranking	
	anor	bnor	cnor	Eq. 1	Eq. 3	Eq. 1	Eq. 3
Storm and Flood	0.49731	0.50000	1.00000	0.70647	0.59065	1	1
Suicide	0.02292	1.00000	0.00000	0.57750	0.19281	2	3
Drought	1.00000	0.00000	0.00000	0.57735	0.18350	3	4
Road traffic accident	0.37036	0.34999	0.00000	0.29420	0.22134	4	2

$$D_{(i)}' = 1 - \sqrt{((1 - (w1 \cdot a1_{nor(i)} + w2 \cdot a2_{nor(i)}))^2 + (1 - (w3 \cdot b1_{nor(i)} + w4 \cdot b2_{nor(i)}))^2 + (1 - (w5 \cdot c1_{nor(i)} + w6 \cdot c2_{nor(i)}))^2) / 3} \quad (4)$$

- a1_{nor} = 재난·사고 발생건수 정규화 값
- a2_{nor} = 대형재난 발생주기 정규화 값
- b1_{nor} = 재난·사고 사망자 정규화 값
- b2_{nor} = 대형재난 건당 사망자수 정규화 값
- c1_{nor} = 재난·사고 재산피해 정규화 값
- c2_{nor} = 대형재난 건당 재산피해 정규화 값

이 산식에 사용된 세부적인 요소들은 Table 2와 같다. 발생가능성으로는 재난·사고 전체 발생건수와 대형재난의

발생주기를 고려하였으며, 재난 및 안전사고의 결과로서 사망자수, 재산피해와 대형재난의 건당 사망자수, 건당 재산피해를 산정하였다.

위와 같은 분석요소는 기존 선행연구에서 발생가능성과 피해결과를 나타내는 인자 중에서 선정하였으며(Table 3), 재난·사고의 발생과 직접적인 피해규모 등 현황 파악 및 수준 측정을 위한 기초 통계자료로서 여러 가지 유형에 대하여 공통적으로 활용이 가능한 속성으로 구성하였다 (Table 4).

Table 2. Factors for Risk Ranking among Types of Disaster and Safety Accident

Factor	Likelihood		Consequence	
	Sub-factor	Unit	Sub-factor	Unit
(i) Overall disasters and safety accidents	a1. Number of disasters and accidents	cases	b1. Human casualty(Death)	people
			c1. Property loss	one hundred million won
(ii) Large-scale catastrophic events	a2. Occurrence cycle of disasters	year/an event	b2. Human casualty(Death) per disaster	people/a case
			c2. Property loss per disaster	one hundred million won/a case

Table 3. Analysis Factors in Related Studies

Author (Year)	Type	Methodology			Factors				
		Euclidean distance	Risk-Matrix	Risk analysis	Likelihood		Consequence		
					Occurrence cases / ratio	Frequency	Human casualty	Property damage	Social disaster cases
Lee et al. (2016)	Road accident, collapse, fire	○			○		○	○	
Cho and Heo (2017)	26 Social disasters		○			○	○		
Cho (2018)	26 Social disasters			○	○		○		
Cho and Choi (2018)	23 Accidents			○	○		○	○	○
NDMI (2018)	42 Disasters and accidents	○			○		○	○	

Table 4. Collected Damage Statistical Data on Disasters and Accidents

No.	Sector (No.)	Type of disaster and accident	Statistical data				Data source	Collected years
			Occurrence number	Human casualty		Property loss		
				Death	Injury			
1	Natural disaster (8)	Storm and Flood	○	○	○	○	Single	2012-2016
2		Landslide	○	○	-	○	2 more	2012-2016
3		Drought	○	-	-	-	Single	2017
4		Earthquake	○	○	○	○	Single	2012-2016
5		Yellow sand	○	-	-	-	Single	2012-2016
6		Algae	○	-	-	-	Single	2012-2016
7		Heavy snow · Cold wave	○	○	○	○	2 more	2012-2016
8		Heat wave	○	○	○	-	2 more	2012-2016
-		Thunderstroke and etc.	-	-	-	-	-	-
9	Social disaster and safety accident (27)	Fire · Explosion	○	○	○	○	2 more	2012-2016
10		Wild fire	○	○	○	○	Single	2012-2016
11		Facility-related	○	○	○	○	Single	2012-2016
12		Road traffic	○	○	○	○	Single	2012-2016
13		Railway	○	○	○	○	Single	2012-2016
14		Aviation	○	○	○	○	Single	2012-2016
15		Maritime	○	○	○	○	Single	2012-2016
16		Nuclear · Radiological	○	-	-	-	Single	2012-2016
17		Chemical	○	○	○	○	Single	2014-2016
18		Fine dust	○	-	-	-	Single	2012-2016
19		Water pollution	○	-	-	-	Single	2012-2016
20		Marine pollution	○	-	-	-	Single	2012-2016
21		National infra disruption	○	○	○	○	Single	2012-2016
22		Infectious diseases	○	○	-	-	2 more	2012-2016
23		Animal diseases	○	-	-	○	2 more	2012-2016
24		Elevator	○	○	○	○	Single	2012-2016
25		Electrical · Gas	○	○	○	○	2 more	2012-2016
26		Climbing · Leisure	○	○	○	○	Single	2012-2016
27		Water-related	○	○	○	○	Single	2012-2016
28		Consumer product	○	-	-	-	Single	2012-2016
29		Industrial	○	○	○	○	Single	2012-2016
30		Agriculture · Fisheries	○	○	○	-	Single	2012-2016
31		Food poisoning	○	-	○	-	Single	2012-2016
32		Pharmaceuticals · Medical device	○	-	-	-	Single	2012-2016
33		Vulnerable social groups	○	○	-	-	2 more	Occurrence number 2012-2015 / Death 2012-2016
34		Crime	○	○	○	-	Single	2012-2016
35		Suicide	-	○	-	-	Single	2012-2016
-		Wartime · Terror	-	-	-	-	-	-

‘-’ non-collected

특히 개별적인 사고와 대규모 피해가 발생한 재난을 합산한 재난·사고 전체 측면만을 고려하여 위험순위를 분석하

면, 절대적으로 피해현황 통계량이 적은 재난·사고 유형에 대한 중요도는 상대적으로 미미하게 결정된다. 이러한 단점

을 보완하고자 대형재난(특별재난지역 선포와 지역 및 중앙 재난대책본부 운영) 사례를 수집하여, 한 건의 사고로 인하여 다수의 피해가 발생한 경우를 고려하고자 하였다.

2.3 분석절차

본 연구에서는 재난·사고의 발생 및 그에 따른 피해에 대한 통계자료를 조사·수집하여 피해현황을 파악하였으며, 통계자료를 기반으로 유형들 간의 위험순위를 분석하였다.

위험순위 분석은 재난·사고 전체 현황, 대형재난 피해 통계자료를 정규화하고, ‘유클리드 거리’에 의하여 재난·사고의 여러 가지 각기 다른 속성을 나타내는 세부요소를 종합적으로 정량화하였다. 이때 도출된 유클리드 거리 결과 값이 가장 큰 유형을 위험이 높은 상위순위(1위)로 결정하였다. 이를 바탕으로 유형간 피해현황의 위험정도를 파악하고 중요도를 고려하여 고위험군을 식별함으로써, 중점 안전관리 유형을 선정하였다.

본 연구의 구체적인 분석절차는 Fig. 2와 같이 5단계로 구분된다.

- 1단계: 재난·사고 통계자료 조사
- 2단계: 유형별 피해현황 통계자료 수집
- 3단계: 대형재난 사례 분석
- 4단계: 데이터 정규화
- 5단계: 유클리드 거리에 의한 위험순위 결정

3. 분석결과

• 1단계: 재난·사고 통계자료 조사

「2018년 국가안전관리집행계획 작성지침」 및 「2018년 재난안전예산 사전협의(안)」에 따르면, 국내 부처별·기관별 및 지방자치단체에서 다루고 있는 재난과 안전사고 피해유형은 42개로 분류되어 관리되고 있다(MOIS, 2017a; 2017b). 이를 바탕으로 재난·사고 유형별 피해 통계자료 구축

현황을 파악하였다. 중앙부처·기관 등이 제공하는 통계연보와 통계청 및 부처별 통계포털·시스템을 통하여 재난·안전사고 관련 발생과 피해현황에 대한 데이터를 개별적으로 확인하였다.

대부분의 통계자료는 여러 가지 주요 재난·사고 유형에 대한 종합적인 피해현황 통계자료를 제공하는 ‘재해연보(자연재난 중심, 행정안전부 발간)’ 및 ‘재난연감(사회재난 및 사고, 재난·사고 소관부처에서 작성하고 행정안전부 발간)’을 활용하여 구축하였고, 그 외 유형은 별도로 해당 출처에서 수집하였다.

각 유형별 활용가능한 통계자료에 대한 조사 결과를 요약하여 정리하였다(전체 35개 유형, 자연재난 8개: 1~8, 사회재난 27개: 9~35).

- (1) 풍수해: 재해연보, 자연재해 피해 통계(통계자료 관리 기관: 행정안전부) ※ 호우, 태풍, 풍랑, 강풍
- (2) 산사태: 재해연보, 부처별 복구비 통계(산림청) / e-나라지표, 산사태 피해현황(산림청)
- (3) 가뭄: 국가가뭄정보분석센터, 가뭄 예·경보 현황(행정안전부, 농림축산식품부, 환경부, 국토교통부, 기상청) ※ 기상 가뭄, 생활 및 공업용수 가뭄, 농업용수 가뭄
- (4) 지진: 재해연보, 자연재해 피해 통계(행정안전부)
- (5) 황사: 기상자료개방포털, 황사일수(기상청)
- (6) 조류: 적조정보시스템, 과거 적조 발생자료(국립수산과학원)
- (7) 대설·한파: 재해연보, 자연재해 피해 통계(행정안전부) / 한파로 인한 한랭질환 신고현황 연보, 한랭질환자 신고건수(질병관리본부)
- (8) 폭염: 기상자료개방포털, 폭염일수(기상청, 일 최고 기온이 33°C이상인 날) / 폭염으로 인한 온열질환 신고현황 연보, 온열질환 신고현황(질병관리본부)
- (9) 화재·폭발: 재난연감, 사고발생 현황(소방청, 산업통상자원부) ※ 화재(전기화재 제외) 및 폭발

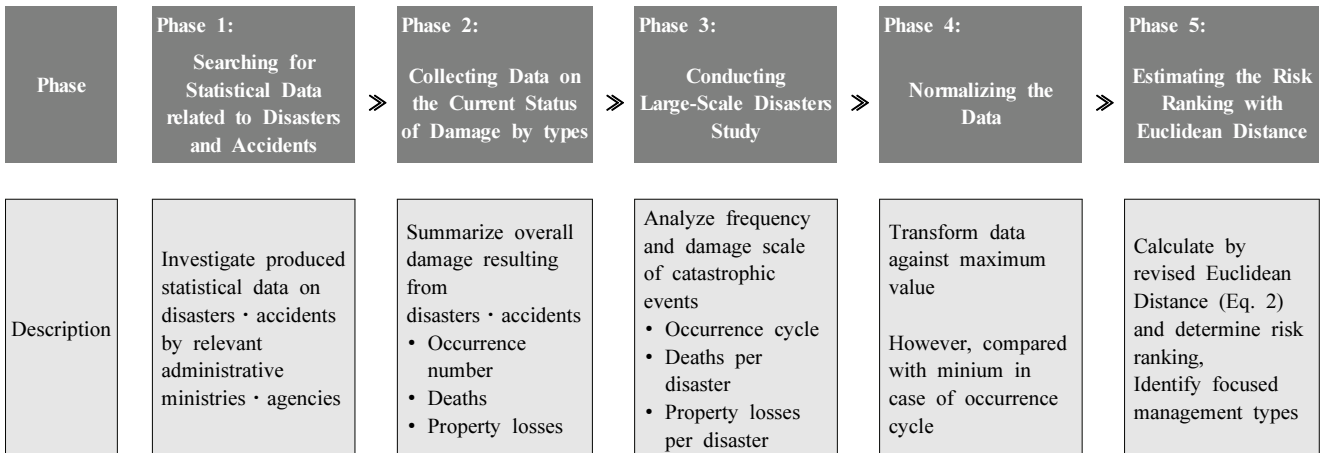


Fig. 2. Procedure on Risk Ranking Decision among Disasters and Accidents

- (10) 산불: 재난연감, 사고발생 현황(산림청)
- (11) 시설물 재난·사고: 재난연감, 사고발생 현황
(지방자치단체) ※ 붕괴 및 추락
- (12) 도로교통 재난·사고: 재난연감, 사고발생 현황(경찰청)
- (13) 철도교통 재난·사고: 재난연감, 사고발생 현황
(국토교통부)
- (14) 항공교통 재난·사고: 재난연감, 사고발생 현황
(국토교통부)
- (15) 선박 재난·사고: 재난연감, 사고발생 현황
(해양경찰청, 행정안전부) ※ 해양사고 및 유도선
- (16) 방사능 재난·사고: 원자력안전연감, 원자력시설 안전
및 방사능 방재(원자력안전위원회)
※ 원자력 시설 사고·고장 및 방사선 사건·사고
- (17) 유해화학물질 재난·사고: 화학안전정보공유시스템,
사고사례 통계(화학물질안전원)
- (18) 미세먼지: 대기환경연보, 미세먼지 경보(주의보·경보)
발령현황(한국환경공단)
※ 2015년부터 PM10, PM2.5으로 구분
- (19) 수질오염: 환경통계연감, 수질오염 사고현황(환경부)
- (20) 해양오염: e-나라지표, 해양오염사고 발생현황
(해양경찰청)
- (21) 국가기반체계 마비: 재난연감, 사회재난¹⁾ 발생 통계
(행정안전부) ※ 전력, 원유수급, 정보통신, GPS전파
혼선, 금융전산, 식용수, 육상화물운송 및 보건의료
- (22) 감염병: e-나라지표, 법정감염병 발생현황(질병관리
본부) / 사망원인통계, 법정감염병 사망자수(통계청)
- (23) 가축 및 수산생물 전염병: 국가동물방역시스템,
법정가축전염병 발생통계(농림축산검역본부) / 재난
연감, 사회재난 발생 통계(행정안전부)
- (24) 승강기 사고: 재난연감, 사고발생 현황(행정안전부)
- (25) 전기·가스 사고: 재난연감, 사고발생 현황(산업통상
자원부) / 전기재해통계분석, 전기화재(전기안전공사)
※ 전기감전, 가스, 전기화재
- (26) 등산·레저 사고: 재난연감, 사고발생 현황(산업통상
자원부) ※ 등산 및 레저(생활체육)
- (27) 물놀이 사고: 재난연감, 사고발생 현황(지방자치단체)
- (28) 생활제품 사고: 소비자위해정보 동향 및 통계분석,
위해정보 건수(한국소비자원)
- (29) 사업장 산재: 산업재해현황분석, 산업별 재해 발생
현황(고용노동부)
- (30) 농어업 사고: 산업재해현황분석, 산업별 재해 발생
현황(고용노동부) ※ 농업 및 어업 발체
- (31) 식품 사고: 식품의약품통계연보, 식중독 발생 현황
(식품의약품안전처)

- (32) 의료제품 사고: 식품의약품통계연보, 의약품 부작용
보고 현황, 의료기기 이상사례 보고 현황
(식품의약품안전처)
- (33) 안전취약계층 사고: 소방청 통계정보 승인통계, 119
구조구급통계(소방청) / 사망원인통계, 사망의 외인
(통계청) ※ 10세 이하, 65세 이상 연령별 발체
- (34) 범죄: 경찰범죄통계, 범죄 발생 및 검거 현황, 신체피해
상황(경찰청) ※ 살인, 강도, 강간, 절도, 폭력 등 5대
범죄 한정
- (35) 자살: 사망원인통계, 고의적 자해(자살)(통계청)

• 2단계: 유형별 피해현황 통계자료 수집

재난·사고의 피해현황을 분석하기 위해 Table 4와 같이 발생건수, 인명피해(사망자, 부상자), 재산피해 등 3가지 기본적인 세부항목에 대하여 통계자료를 수집하였으며, 수집결과, 분야별로 자연재난 8개, 사회재난 및 안전사고 27개 등 총 35개 유형에 대하여 최소 1개 이상의 세부 통계자료를 얻을 수 있었다(단, 자연재난 낙뢰 등 기타, 사회재난·안전 사고 전시재난·테러 및 재난안전일반 5개(재난·사고 예방, 재난·사고 대비·대응, 재난·사고 복구, 해외재난, 기타) 유형 제외).

통계의 생성 기준 및 정의 일치를 위하여 각 유형의 피해현황은 동일한 출처에서 세부 통계자료를 활용하는 것이 원칙이나, 부처별·기관별 통계자료 구축 항목이 상이하하여 두 개 이상의 각기 다른 출처를 사용하는 유형이 있다(Table 4, Data source).

또한 최근 5년(2012-2016)간 통계자료를 수집하고자 하였으나, 가뭄, 유해화학물질 재난·사고 등 일부 유형에 대해서는 자료제공의 한계로 인해 5개년 미만의 자료를 구축하였다. 가뭄 1개년(2017), 유해화학물질 3개년(2014-2016), 안전취약계층 사고 발생건수 4개년(2012-2015)에 제한된다(Table 4, Collected years).

Table 5와 같이 수집된 최근 5년간 통계자료에 대한 연평균 발생건수, 인명피해, 재산피해를 나타내었다.

① 발생건수

발생건수는 분야별, 또한 분야 내 유형간 편차가 크다. 발생건수는 자연재해보다 사회재난 및 안전사고에서 월등히 많다. 안전사고 분야 중 발생건수 1위는 안전취약계층 사고, 2위는 범죄로 각각 연평균 602,388건과 585,210건으로, 자연재난의 발생건수 1위인 가뭄 631건과 비교하여, 분야별 최상위 순위간 상당한 차이가 나타났다.

또한 사회재난 및 안전사고 분야 내에서 안전취약계층 사고(1위)와 범죄(2위) 발생건수는 3위 도로교통 재난·사고(223,103건)의 2.6배 이상, 4위 의료제품 사고(181,552건)의 약 3.3배 높은 수치로, 동일분야에서도 유형간의 차이가 큰 것을 확인 할 수 있다.

1) 재난 및 안전관리 기본법 제3조제1호 나목에서 정한 피해 중 지역안전대책본부 이상 운영된 사례(시·군·구 및 시·도 지역재난안전대책본부, 중앙사고수습본부, 중앙사고재난대책본부)

Table 5. Current Status of Damage Caused by Disasters and Accidents – Annual Average (2012-2016)

Sector	Type	Occurrence number (cases)	Human casualty (people)		Property loss (one hundred million won)
			Death	Injury	
Natural disaster	Drought	631*	-	-	-
	Storm and Flood	314	6	8	3,309.37
	Algae	277	-	-	-
	Heat wave	243	12	1,170	-
	Landslide	209	0	-	443.67
	Yellow sand	80	-	-	-
	Heavy snow · Cold wave	58	11	333	191.65
Social disaster and safety accident	Earthquake	4	0	0	22.04
	Vulnerable social group	602,388	12,304	-	-
	Crime	585,210	593	88,718	-
	Road traffic	223,103	4,832	338,579	0.00
	Pharmaceuticals · medical device	181,552	-	-	-
	Infectious diseases	119,624	2,761	-	-
	Industrial	89,707	1,835	88,616	39,864.89
	Consumer product	53,378	-	-	-
	Fire · Explosion	34,538	255	1,628	3,645.12
	Climbing · Leisure	11,119	164	9,246	0.00
	Electrical · Gas	9,004	85	920	332.63
	Facility-related	8,261	462	6,517	2.84
	Water-related	5,384	618	1,661	3.66
	Maritime	1,951	165	222	1.75
	Animal diseases	1,202	-	-	198.94
	Agriculture · Fisheries	700	11	693	-
	Wild fire	400	4	2	112.03
	Food poisoning	316	-	6,325	-
	Marine pollution	247	-	-	-
	Railway	188	84	219	50.79
	Fine dust	146	-	-	-
	Water pollution	140	-	-	-
	Chemical	99	6	150	2.37
	Elevator	79	7	91	0.00
	Nuclear and radiological	17	-	-	-
	Aviation	6	6	6	119.80
National infra disruption	1	0	0	492.00	
Suicide	-	-	13,806	-	

‘-’ non-collected

* the number of 1 year (2017)

② 인명피해

자연재난 분야에서는 타 유형에 비하여 한파와 폭염으로 인한 한랭질환자 및 온열질환자 발생이 많으며, 이로 인한 사망자 또한 많은 것을 확인할 수 있다.

Table 6에서 인명피해 중 사망자가 가장 많은 단일 재난·사고 유형은 자살로, 매년 13,806명의 사망자가 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 사망자와 부상자를 모두 고려한 인명피해는 도로교통 재난·사고(연평균 인명피해 합계 343,410명: 사망자 4,832명, 부상자 338,579명)가 가장 많다.

통계자료에서 나타나듯이, 사회재난 및 안전사고는 사망자보다 많은 부상자가 발생함에 따라 다음과 같이 사망(실종 포함) 이외, 부상자를 포함하는 인명피해 산정 방안이 필요하다.

$$\text{인명피해} = \text{사망자} + (\text{부상자} \times \text{가중치})$$

철도 및 사업장 산재 등 타 분야의 경우, 부상자를 인명피해로 포함하기 위한 환산기준이 이미 수립되어 있다. 철도사고 안전성능 평가를 위한 위험도 분석 시, ‘사망자 1을 부상자 100으로 환산’하고 있으며(MOLIT and TS, 2018), 사업장 산재 분야에서는 건설업체 재해자 중 ‘사망자에 대한 가중치를 부상 재해자의 5배’로 한다는 산정기준²⁾을 마련하고 있다. 이를 이용하여 몇몇 선행연구에서는 사망자와 부상자

2) 「산업안전보건법 시행규칙」 제3조의2제1항 관련 [별표 1] “건설업체 산업발생률 및 산업재해 발생 보고의무 위반건수의 산정 기준과 방법”의 제3호 라목

Table 6. Estimation of Human Casualty - Annual Average (2012-2016)

Sector	Type	Human casualty (people)			Calculated Human casualty (people)		Ranking comparison		
		Death (A)	Injury (B)	Total (A) + (B)	(A) + (B) × 1/100	(A) + (B) × 1/5	(i)	(ii)	(iii)
		(i)			(ii)	(iii)			
Natural disaster	Heat wave	12	1,170	1,182	23	246	1	1	1
	Heavy snow · Cold wave	11	333	344	15	78	2	2	2
	Storm and Flood	6	8	14	6	7	3	3	3
	Landslide	0	0	0	0	0	4	4	4
	Earthquake	0	0	0	0	0	4	4	4
	Drought	-	-	-	-	-	-	-	-
	Yellow sand	-	-	-	-	-	-	-	-
	Algae	-	-	-	-	-	-	-	-
Social disaster and safety accident	Suicide	<u>13,806</u>	-	13,806	13,806	13,806	1	1	4
	Vulnerable social group	12,304	-	12,304	12,304	12,304	2	2	5
	Road traffic	4,832	338,579	<u>343,410</u>	8,218	72,548	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>1*</u>
	Infectious diseases	2,761	-	2,761	2,761	2,761	4	4	6
	Industrial	1,835	88,616	90,451	2,721	19,558	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>2*</u>
	Water-related	618	1,661	2,279	634	950	6	7	10
	Crime	593	88,718	89,311	1,480	18,337	<u>7</u>	<u>6*</u>	<u>3*</u>
	Facility-related	462	6,517	6,979	527	1,765	8	8	8
	Fire · Explosion	255	1,628	1,883	272	581	9	9	11
	Maritime	165	222	387	167	210	10	11	13
	Climbing · Leisure	164	9,246	9,410	256	2,013	<u>11</u>	<u>10*</u>	<u>7*</u>
	Electrical · Gas	85	920	1,005	94	269	12	12	12
	Railway	84	219	303	87	128	13	13	15
	Agriculture and fisheries	11	693	704	18	150	14	15	14
	Elevator	7	91	98	8	25	15	16	17
	Aviation	6	6	12	6	7	16	18	18
	Chemical	6	150	156	8	36	<u>17</u>	<u>17</u>	<u>16*</u>
	Wild fire	4	2	6	4	4	18	19	19
	National infra disruption	0	0	0	0	0	19	20	20
	Food poisoning	-	6,325	6,325	63	1,265	<u>19</u>	<u>14*</u>	<u>9*</u>
	Nuclear · radiological	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fine dust	-	-	-	-	-	-	-	-
	Water pollution	-	-	-	-	-	-	-	-
Marine pollution	-	-	-	-	-	-	-	-	
Animal diseases	-	-	-	-	-	-	-	-	
Consumer product	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pharmaceuticals · Medical device	-	-	-	-	-	-	-	-	

‘-’ non-collected

* ranking increased when human casualty includes ‘injuries’ as well as deaths

를 모두 고려하여 재난과 안전사고에 따른 인명피해를 산정한 바 있으며(Lee et al., 2016; Cho, 2018; Cho and Choi, 2018), 이를 활용하여 아래와 같이 인명피해를 다양하게 정의할 수 있다.

- (i) 인명피해 = 사망자
- (ii) 인명피해 = 사망자 + (부상자 × 1/100)
- (iii) 인명피해 = 사망자 + (부상자 × 1/5)

인명피해의 정의에 따라 환산한 인명피해와 순위를 Table 6에 정리하였다. 자연재난에서는 순위 변동이 거의 없는 반면, 사회재난 및 안전사고 3위(단순 사망자, 사망자 및 부상자 1/100)인 도로교통 재난·사고가 부상자를 1/5로 고려하는 경우, 1위로 상승하는 등 순위 변화가 많이 나타났다. 국내에서도 도로교통 사고에 의한 인명피해의 손상정도를 사망, 부상, 경상, 중상으로 분류하고 있지만, 이에 대한 가중치는 정하고 있지 않다.

재난 및 안전사고로 사망에 준하는 부상 또는 장애를 얻는 경우 등 정확한 인명피해 규모 파악을 위하여, 향후 인명피해 중 부상자를 고려해야하며, 그에 따른 환산기준을 수립해야한다. 본 연구에서는 현재 사망자와 부상자 등에 대하여 명확한 중요도가 설정되어 있지 않아 사망자만을 고려하여 분석을 수행하였다.

③ 재산피해

자연재난은 인명피해가 상대적으로 낮게 나타났지만, 풍수해, 산사태 등으로 인한 재산피해는 타 유형 대비 현저하게 높게 나타났다.

매년 전국적으로 호우, 태풍, 풍랑, 강풍 등으로 인해 건물 및 농경지 침수, 하천범람, 도로, 항만, 어항, 수리시설 등 공공시설물 파손과 같은 피해가 발생하였으며, 이로 인한 연평균 재산피해는 3,309억 원이다.

풍수해는 해마다 피해 규모의 차이가 크고, 한 번의 태풍 또는 호우로 인하여 수많은 지자체에서 상당한 피해가 동시다발적으로 발생하는 것으로 나타났다. 특히 2012년은 최근 5년 동안 풍수해로 인한 가장 많은 피해를 기록한 해로, 재산피해는 1조 689억 원에 이른다(2012.8.25.~8.30, 태풍 「볼라벤」 및 「덴빈」 전국 180개 지자체 피해 발생, 재산피해 약 6,500억원 / 2012.9.15.~9.17, 태풍 「산바」 149개 지자체 피해 발생, 재산피해 약 3,500억원 등(NEMA, 2013)).

또한 사회재난 중 화재는 연평균 재산피해가 3,645억 원이며, 사업장 산재로 인한 직접적 경제적손실인 산재보상금은 매년 3조 9,864억 원에 이른다.

• 3단계: 대형재난 사례 분석

3단계에서는 재난과 사고를 모두 포함하는 전체적인 발생건수, 인명피해, 재산피해 이외, 사회적 이슈를 동반하고 그로 인한 파급효과를 미치는 대형재난의 피해현황과 그 특징을 파악하고자 자연재난은 특별재난지역 선포, 사회재난은 지역 및 중앙 재난대책본부가 운영된 사례를 수집하였다. 이번 연구에서는 대형재난 사례의 최근 경향, 단기적인 측면의 발생주기 및 피해 규모를 산정하고자 분석기간을 최근 5년(2012-2016)에 한정하였다.

Table 7과 같이 2012년부터 2016년까지의 통계자료 수집기간 동안 풍수해와 지진으로 인한 자연재난 분야 특별재난지역은 7건이 있었으며, 화재·폭발 등 사회재난으로 인하여 재난대책본부가 운영된 경우는 46건이었다. 이는 전체 53건으로, 국가와 지역의 대응(개입)이 필요한 대형재난이 연평균 10건 이상 발생하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 위와 같은 대형재난의 특성을 분석하고자 대형재난의 발생주기와 단위피해(건당 사망자 및 재산피해)를 산정하여, 대형재난의 빈도와 피해규모를 추정하고자 하였다.

대형재난의 빈도는 Cho and Heo (2017)의 연구를 응용하여, 분석기간 중 재난 및 사고가 발생하는 주기(기간)를

계산하고자 하였으며, 다음과 같이 산출한다.

$$\text{대형재난 발생주기} = \text{분석기간} / \text{발생건수}$$

또한 재난 시, 발생하는 평균적인 피해규모를 추정하기 위하여 Lee et al. (2016) 연구에 따라 재난 1건당 사망자 및 재산피해를 산정하였다.

$$\text{대형재난 건당 인명피해} = \text{사망자수} / \text{발생건수}$$

$$\text{대형재난 건당 재산피해} = \text{재산피해} / \text{발생건수}$$

Fig. 3과 같이 최근 5년간 재난 발생주기는 화재·폭발이 0.5년으로 가장 짧고, 선박 재난·사고(0.7년), 풍수해(0.8년), 가축 및 수산생물 전염병(0.8년) 등이 1년 미만의 주기를 가지고 발생하는 것으로 나타났다.

Fig. 4에서 건당 사망자는 선박 재난·사고가 57.4(명/건)으로 가장 높았으며, 다음으로 감염병이 38(명/건)으로 다른 유형과 비교하여 현저한 차이를 보인다. 또한 건당 재산피해에서는 풍수해가 2,512억으로, 월등히 높은 수치로 나타났다.

• 4단계: 데이터 정규화

통계데이터는 세부요소별 최대값을 가지는 유형을 기준으로 정규화(Normalization)를 수행하였다. 이때 6가지 세부요소의 최대값을 각각 '1' 기준으로 수치를 변환하였다.

재난·사고 전체 발생건수의 정규화($a1_{nor}$)는 다음의 식과 같이 계산한다.

$$\text{발생건수}_{nor(i)} = \frac{\text{발생건수}_i}{\text{발생건수}_{\max}}$$

이와 동일한 방식으로 산출한 각 세부요소에 대한 유형별 정규화 값을 Table 8에 정리하였다.

유클리드 거리의 각 세부요소 값은 클수록 위험하다. 단, 대형재난 발생주기는 짧을수록 위험이 높으며, 반대로 발생주기가 길어지면 안전하다고 판단됨에 따라 '대형재난 발생주기($a2_{nor}$)'는 아래와 같이 최소값을 기준으로 정규화하여, 유클리드 거리를 산정하였다.

$$\text{발생주기}_{nor(i)} = \frac{1}{(\text{발생주기}_i / \text{발생주기}_{\min})}$$

이와 같은 정규화 단계를 통해 기준치(최대값 또는 최소값)로부터 정도의 차이를 계량할 수 있다.

4단계에서 데이터 정규화 과정은 앞서 2단계에서 기술하였듯이, 자연재난, 사회재난 및 안전사고 분야별 최대 통계값의 편차가 크게 발생하여, 두 개 분야를 구분하여 수행하였다.

Table 7. Occurrence and Damage of Large-scale Disasters (2012-2016)

Sector	No.	Type	Statistical data - Total			Frequency and Damage scale		
			Occurrence number (cases)	Death (people)	Property loss (one hundred million won)	Occurrence cycle (year/ an event)	Death per disaster (people/ a case)	Property loss per disaster (one hundred million won/ a case)
Natural disaster	1	Storm · Flood	6	24	15,073.30	0.8	4.0	2,512.22
	2	Earthquake	1	0	110.20	5.0	0.0	110.20
	-	Sub-total	7	24	15,183.50	-	-	-
Social disaster	1	Fire · Explosion	11	45	1,987.45	0.5	4.1	180.68
	2	Maritime	7	402	7.90	0.7	57.4	1.13
	3	Animal diseases	6	-	994.70	0.8	-	165.78
	4	Railway	5	4	226.00	1.0	0.8	45.20
	5	National infra disruption	5	0	2,460.00	1.0	0.0	492.00
	6	Marine pollution	3	0	7.83	1.7	0.0	2.61
	7	Facility-related	2	10	5.78	2.5	5.0	2.89
	8	Industrial	2	9	0.65	2.5	4.5	0.33
	9	Wild fire	2	1	95.00	2.5	0.5	47.50
	10	Chemical	2	5	604.00	2.5	2.5	302.00
	-	Infectious diseases	1	38	0.00	5.0	38.0	0.00
-	Sub-total	46	514	6,389.31	-	-	-	
-	Total	53	538	21,572.81	-	-	-	

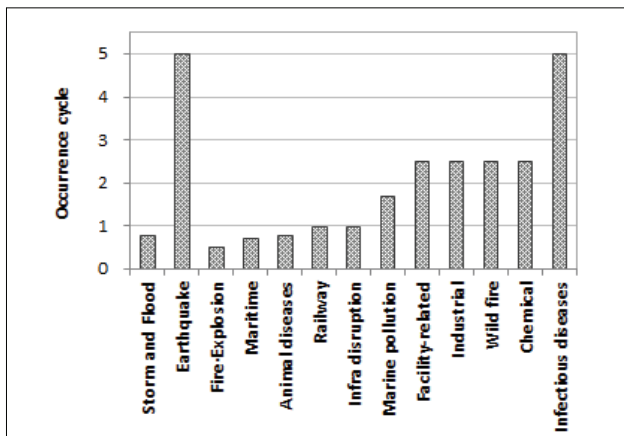


Fig. 3. Occurrence Cycle of Large-scale Disasters (2012-2016)

자연재난 분야 풍수해는 6개 세부요소 중 4개(재난·사고 전체 재산피해, 대형재난 발생주기, 건당 인명피해, 건당 재산피해)에서 가장 위험한 값('1')을 나타내고 있어, 풍수해로 인한 피해가 절대적으로 많은 것으로 분석된다.

사회재난 및 안전사고는 세부요소별 최대값('1')을 가지는 유형은 각각 안전취약계층 사고, 자살, 사업장 산재, 화재·폭발, 선박 재난·사고, 국가기반체계 마비로, 2개 이상의 세부요소에서 중복적으로 최대값을 나타내는 유형은 없는 것으로 나타났다.

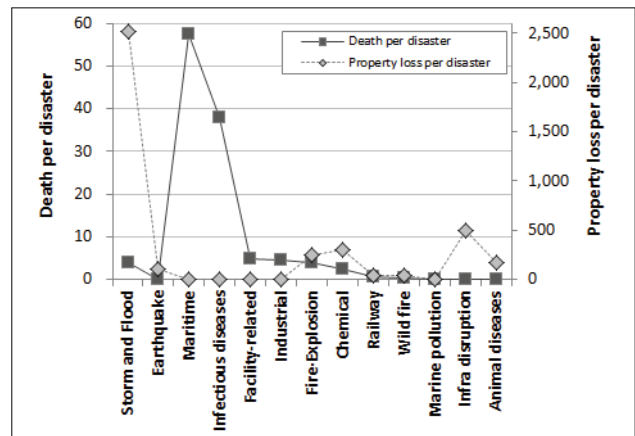


Fig. 4. Scale of Damage on Large-scale Disasters (2012-2016)

- 5단계: 유클리드 거리에 의한 위험순위 도출
5단계의 위험순위 분석에서는 4단계에서 정규화 과정을 거친 각 요소별 값을 이용하고 수정된 유클리드 거리 산출식 Eq. 4에 의하여, 유형별 유클리드 거리를 산출하였다. 각 세부요소는 서로 영향을 주고받지 않는 독립적인 요소이며, 동일한 가중치(본 연구에서는 '0.5')를 가지는 것으로 가정하였다. 속성별(재난·사고 발생 및 인명피해, 재산피해) 각 2가지 세부요소를 합산하여 '1'이 되도록 하였으며, 산출되는 유클리드 거리의 최대값은 '1'이다.

Table 8. Data Normalization and Calculation of Euclidean Distance

Sector	Type	Data normalization						Euclidean distance	
		Overall disasters and accidents			Large-scale disasters			Results	
		Occurrence number	Death	Property loss	Occurrence cycle	Death per disaster	Property loss per disaster	Value	Ranking
Natural disaster	Storm and Flood	0.49731	0.50000	<u>1.00000*</u>	<u>1.00000*</u>	<u>1.00000*</u>	<u>1.00000*</u>	0.795325	1
	Heat wave	0.38510	<u>1.00000*</u>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.203764	2
	Heavy snow · Cold wave	0.09255	0.98276	0.05791	0.00000	0.00000	0.00000	0.161109	3
	Drought	<u>1.00000*</u>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.133975	4
	Landslide	0.33122	0.00000	0.13406	0.00000	0.00000	0.00000	0.075043	5
	Algae	0.43835	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.067318	6
	Earthquake	0.00571	0.00000	0.00666	0.16667	0.00000	0.04386	0.036470	7
	Yellow sand	0.12710	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.020725	8
Social disaster and safety accident	Vulnerable social group	<u>1.00000*</u>	0.89120	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.279501	1
	Maritime	0.00324	0.01197	0.00004	0.63636	<u>1.00000*</u>	0.00229	0.246257	2
	Fire · Explosion	0.05733	0.01850	0.09144	<u>1.00000*</u>	0.07123	0.36723	0.240974	3
	Industrial	0.14892	0.13289	<u>1.00000*</u>	0.18182	0.07836	0.00066	0.237070	4
	National infra disruption	0.00000	0.00000	0.01234	0.45455	0.00000	<u>1.00000*</u>	0.216637	5
	Infectious diseases	0.19858	0.20002	0.00000	0.09091	0.66169	0.00000	0.172275	6
	Animal diseases	0.00200	0.00000	0.00499	0.54545	0.00000	0.33696	0.140783	7
	Crime	0.97148	0.04295	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.139386	8
	Suicide	0.02292	<u>1.00000*</u>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.138371	9
	Chemical	0.00016	0.00043	0.00006	0.18182	0.04353	0.61382	0.131448	10
	Road traffic	0.37036	0.34999	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.115963	11
	Railway	0.00031	0.00611	0.00127	0.45455	0.01393	0.09187	0.089698	12
	Facility-related	0.01371	0.03346	0.00007	0.18182	0.08706	0.00587	0.052865	13
	Wild fire	0.00066	0.00026	0.00281	0.18182	0.00871	0.09654	0.047808	14
	Pharmaceuticals · Medical device	0.30139	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.047578	15
	Marine pollution	0.00041	0.00000	0.00000	0.27273	0.00000	0.00530	0.044278	16
	Consumer product	0.08861	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.014547	17
	Water-related	0.00894	0.04474	0.00009	0.00000	0.00000	0.00000	0.008914	18
	Climbing · Leisure	0.01846	0.01188	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.005049	19
	Electrical · Gas	0.01495	0.00614	0.00834	0.00000	0.00000	0.00000	0.004904	20
	Aviation	0.00001	0.00045	0.00301	0.00000	0.00000	0.00000	0.000577	21
	Agriculture · Fisheries	0.00116	0.00083	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000331	22
	Elevator	0.00013	0.00052	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000109	23
	Food poisoning	0.00052	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000087	24
Water pollution	0.00024	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000040	25	
Fine dust	0.00024	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000040	25	
Nuclear and Radiological	0.00003	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000005	27	

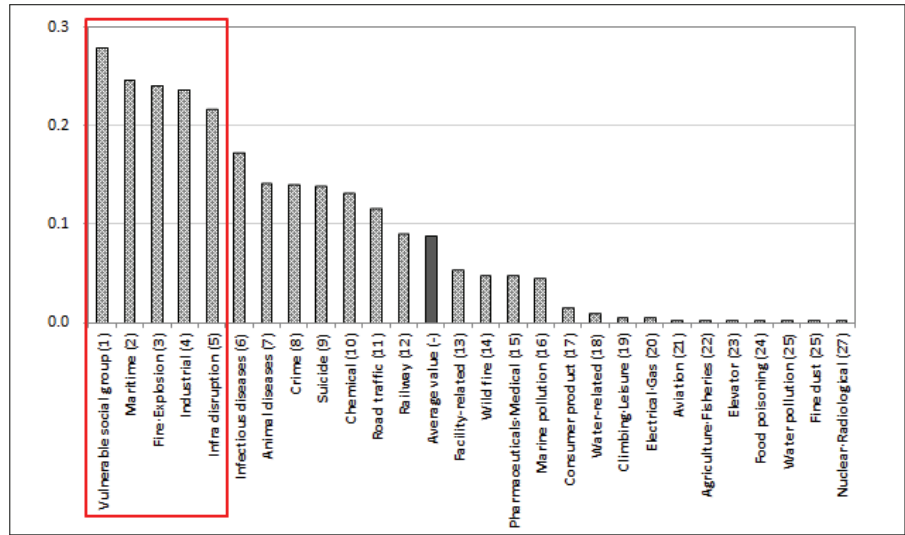
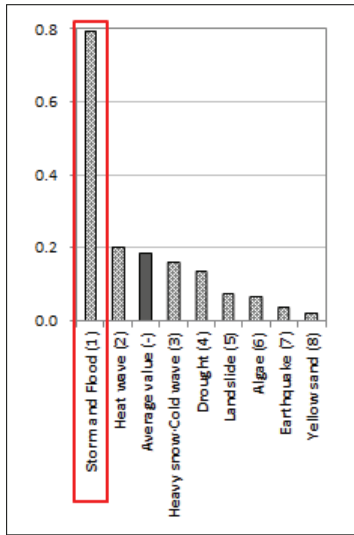
* maximum value of sub-factors

예를 들어 풍수해와 화재·폭발의 유클리드 거리 산정 과정은 다음과 같다.

$$D_{\text{풍수해}} = 1 - \sqrt{\frac{(1 - (0.5 \times 0.49731 + 0.5 \times 1.00000))^2 + (1 - (0.5 \times 0.50000 + 0.5 \times 1.00000))^2 + (1 - (0.5 \times 1.00000 + 0.5 \times 1.00000))^2}{3}}$$

$$D_{\text{화재·폭발}} = 1 - \sqrt{\frac{(1 - (0.5 \times 0.05733 + 0.5 \times 1.00000))^2 + (1 - (0.5 \times 0.01850 + 0.5 \times 0.07123))^2 + (1 - (0.5 \times 0.09144 + 0.5 \times 0.36723))^2}{3}}$$

이와 같은 방식으로 개별 유형에 대하여 유클리드 거리 분석결과를 Table 8에 나타내었으며, 유클리드 거리 결과값이



(a) Natural disaster

(b) Social disaster and safety accident

() Ranking

Fig. 5. Risk Ranking with Euclidean Distance

Table 9. Selection of High-risk Types

Risk level	Natural disaster (No. of types)	Social disaster and safety accident (No. of types)	Remark
High-risk	Storm and Flood (1)	Vulnerable social groups / Maritime / Fire · Explosion / Industrial / National infra disruption (5)	※ ‘Concentrated management types’ for disaster and safety budget investment and specific projects
Risk	Heat wave (1)	Infectious diseases / Animal diseases / Crime / Suicide / Chemical / Road traffic / Railway (7)	

큰 순으로 상위순위를 부여하였다(분야별 별도 순위 산정, 데이터가 없는 유형은 ‘0’으로 추정).

Fig. 5에서 분야별 위험순위 1위는 자연재난에서는 풍수해(0.795325)이며, 사회재난 및 안전사고 분야에서 안전취약계층 사고로(0.279501)로 나타났다.

자연재난 분야 평균(Fig. 5, 검은색 막대그래프)은 0.186716으로, 평균 이상의 결과값을 나타내는 유형은 1위 풍수해와 2위 폭염(0.203764)으로 분석되었다.

사회재난 및 안전사고 분야에서 평균값(0.087981)을 상회하는 유형은 1위 안전취약계층 사고, 2위 선박 재난·사고(0.246257), 그 다음으로 화재·폭발(0.240974), 사업장 산재(0.237070), 국가기반체계 마비(0.216637), 감염병(0.172275), 가축 및 수산생물 전염병(0.140783), 범죄(0.139386), 자살(0.138371), 유해화학물질 재난·사고(0.131448), 도로교통재난·사고(0.115963), 철도교통 재난·사고(0.089698) 등 12개 유형이다. 특히, 사회재난 및 안전사고에서 1위~5위(상위 20%)에 속하는 유형은 4단계 데이터 정규화 과정에서 세부요소별 최대값을 나타내는 유형이 포함되는 것으로 나타났다.

Table 9와 같이 각 분야별 평균 이상인 유형을 위험군으로 선정할 수 있으며, 이 중 순위 간 유클리드 거리의 가장 많은 차이를 보이는 구간을 구분하여 중점 안전관리가 필요한 고위험군을 도출하였다(Fig. 5, 붉은색 표시).

자연재난에서 풍수해(1위, 0.795325)는 폭염(2위, 0.203764) 등과 비교하여 아주 높은 값을 나타낸다. 또한 사회재난 및 안전사고 분야는 국가기반체계 마비(5위, 0.216637)와 감염병(6위, 0.172275)의 구간 간격이 가장 크다. 분야별 위 순위 간 차이값은 각각 0.59156, 0.04436으로, 이는 분야별 구간 평균(자연재난 0.11066, 사회재난 및 안전사고 0.01075)과 대비하여 5.3배, 4.1배 높은 수치이다.

이에 따라 각 분야별 유클리드 거리 결과값이 평균 이상을 나타내면서, 순위 간 차이가 가장 큰 구간을 분석한 결과, Table 9와 같이 자연재난 분야 1위 풍수해와 사회재난 및 안전사고 중에서 1위~5위 안전취약계층 사고, 선박 재난·사고, 화재·폭발, 사업장 산재, 국가기반체계 마비 등 6개 유형을 재난·사고 피해현황 기반 고위험군으로 선정하였다.

이러한 유형은 재난과 안전사고 발생과 그로 인한 인명피해(사망자), 재산피해가 많은 유형으로 국가안전관리기본계획

및 부처별 집행계획에서 중점 안전관리가 필요한 대상으로 판단된다. 향후 이러한 유형에 대하여 유형별 환경변화, 위험 요소 및 원인을 파악하고, 구체적인 안전관리 대책과 재난안전예산 투자·세부사업 편성이 필요할 것으로 판단된다.

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 최근 5년(2012-2016)간 재난안전사고의 피해현황 관련 통계자료를 조사·수집하고(35개 유형: 자연재난 8개, 사회재난 및 안전사고 27개), 이를 활용하여 유클리드 거리에 의한 재난·사고 유형별 피해현황을 정량화하여 위험순위를 분석하였다.

이를 위해 (i) 재난·사고 전체 (ii) 대형재난 2가지 측면을 모두 고려하고, 세부요소로 재난·사고 전체 연평균 재난·사고 발생건수, 사망자, 재산피해 및 대형재난 발생주기, 건당 사망자수 및 재산피해 등 피해규모를 활용하는 수정된 유클리드 거리 산식을 제안하였다.

분석 결과, 자연재난의 풍수해, 사회재난 및 안전사고 분야에서 안전취약계층 사고, 선박 재난·사고, 화재·폭발, 사업장 산재 등은 재난·사고 발생, 그에 따른 사망자 및 재산피해가 많은 고위험군으로 우선적으로 안전관리가 필요한 유형으로 나타났다. 이러한 유형은 향후 필수적으로 재난·사고 발생 및 피해를 저감할 수 있는 대안을 마련하고, 재난안전예산의 집중 투자가 이루어져야 한다고 판단된다.

그러나 본 연구는 다음의 제한사항을 나타낸다.

① 직접적인 피해 중심 분석 및 세부항목에 대한 동일 중요도 적용

본 연구에서는 재난·사고 유형별 통계자료에 기반한 직접적인 피해에만 초점을 맞추어 위험순위 분석을 수행하였다. 통계자료 활용 시 객관적으로 현황 파악이 가능하다는 장점이 있지만, 발생건수, 인명피해, 재산피해 등 직접적인 피해현황에만 한정되었으며, 경제적·사회적 피해 등이 반영되지 않았다.

또한, 분석요소별 가중치가 산정이 되지 않아, 향후 세부항목의 중요도에 따라 안전관리 우선순위의 변동 가능성이 있다.

② 통계수집의 제한

부처별·기관별 재난 및 안전사고 피해 통계자료 세부항목의 일관성 부재로 인하여, 발생건수, 인명피해(사망자, 부상자), 재산피해 등의 세부항목 중 1개 통계자료만 활용한 유형이 일부 존재한다.

또한 각 재난·사고 피해현황에 대한 일률적인 기준 및 정의 적용을 위해서 단일 출처에서 통계자료를 수집해야하나, 부처별·기관별 통계 항목이 상이하여 두 개 이상의 각기 다른 출처를 사용하는 유형이 있다.

③ 일부 통계자료 미확보로 인한 분석 결과의 변동성
도로교통 재난·사고, 선박사고 중 해양사고 등 주요 재난·사고 유형에 대한 재산피해가 제외되어 있으며(국가공식통계에서 재산피해 미제공, 또는 '0'으로 표출), 몇몇 유형은 단일 세부 통계항목만 활용(기물, 황사, 조류 등 발생건수 / 한파, 자살 등 사망자)하였다.

또한 안전취약계층은 어린이, 노약자, 장애인, 외국인 등으로 정의되나(국립재난안전연구원, 2017b), 본 연구에서는 통계수집의 한계로 인해 어린이(10세 이하) 및 노약자(65세 이상)에 대한 피해현황에 한정하였다. 자살 발생건수는 사망자수를 활용하여 추정하였으나, 실제 자살시도자 통계를 확보하여 발생건수로 활용한다면 자살의 위험순위는 상승할 것으로 판단된다.

이를 보완하기 위해서는 향후 정책대안 및 후속연구가 필요하다.

① 중점안전관리 유형 선정 표준 프로세스 정립 및 가중치 산정

집중적인 안전관리 대상 선정을 위해 통계자료 기반 유형 간 위험순위, 현재 사회적 이슈, 향후 위험전망 등 추가적인 세부지표를 확정하고, 이를 종합적으로 계량화하는 표준 프로세스의 정립이 필요하다.

다양한 지표를 고려 할 때, 전문가 설문 등을 통하여 지표 간 가중치 결정이 필수적이며, 세부적으로는 통계활용 위험 분석을 위한 발생건수, 인명피해, 재산피해 및 재난·사고 전체, 대형재난 등 세부 분석요소 간 가중치를 산정해야한다.

② 재난·사고의 파급력 추정 간접피해 지표 개발

본 연구에서는 재난·사고로 인한 피해현황의 가장 기본적인 기초 통계자료에 대하여 위험분석을 수행하였으나, 직접적인 피해에만 초점을 맞추고 있다는 제한사항을 가지고 있다.

향후 발생가능성, 피해규모 등 사회적·경제적 파장이 높은 유형 등을 충분히 예측할 수 있는 빅데이터 활용 분석, 전문가 설문 조사 및 재난·사고 체감도, 국민관심도 등 새로운 지표가 고려되어야 한다.

③ 재난·사고 통계자료 세부항목 통일 및 지속적인 DB 구축

향후 재난안전예산 배분, 사업 평가, 효율적인 예산 투입 계획 및 장기적인 관점의 재난·사고 추이변화 분석 등을 위하여 재난·사고에 대한 일관된 기초통계 자료 구축이 지속적으로 필요하다.

재난·사고 피해통계의 기본 항목으로는 발생건수, 사망자 및 부상자 등 인명피해, 재산피해를 생성해야하고, 세부적으로는 시도, 시군구별 통계자료 구축이 요구된다.

④ 재난·사고 사각지대 파악을 위한 새로운 통계자료 항목 발굴

재난·사고 시, 장애인 및 외국인 등 취약계층 재난·사고 모니터링을 위하여 보다 구체적이고 세부적인 통계자료 분야를 발굴해야한다. 현재 연령별(어린이, 노약자 등) 안전 사고에 대한 통계는 수집 가능하나, 장애인 및 외국인 등에 대한 재난·사고 통계자료를 추가해야하며 장애유형, 구체적인 장애정도, 해당 사고유형 등으로 세분화가 필요하다.

또한 자살, 감염병 등은 사망자 이외 부상자 통계 확보가 필요한 유형으로 판단된다. 본 연구에서 자살 발생건수는 사망자수를 활용하였으나, 이보다 훨씬 많은 자살 시도자가 발생 할 것으로 추정되며, 이로 인하여 사망에 준하는 부상 또는 장애를 얻는 경우를 파악해야한다.

⑤ 인명피해 부상자 고려 및 환산기준 확립

사회재난 및 안전사고는 사망자 보다 많은 부상자가 발생함에 따라 정확한 인명피해 규모를 파악하기 위하여 사망자 이외에도 부상자를 포함하는 방안을 마련해야한다.

향후 ‘철도 안전’ 및 ‘사업장 산재’ 분야와 같이 사망자와 부상자를 인명피해로 포함하기 위한 환산기준을 검토·수립을 해야 하며, 앞서 기술한 바와 같이 여러 가지 사고로 인한 부상자 등에 관한 통계 생성 및 모니터링이 필요하다.

본 연구에서는 통계자료에 근거하여 객관적으로 재난·사고 발생과 피해정도를 정량화 할 수 있는 절차와 기법을 소개하였다. 유클리드 거리를 기반으로 종합 위험정도를 파악하여, 유형간 안전관리 우선순위 및 중요도를 결정할 수 있었다. 이를 통해 국가안전관리기본계획 및 부처별 국가안전관리집행계획 수립 시, 재난·사고 유형별 피해현황 파악 기초자료로서 의의가 있으며, 안전관리계획의 실효성 및 재난안전예산의 효율성 제고가 가능하다.

References

Cho, S.J. (2018). A study of risk analysis for human casualty of social disasters based on F-N curve. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 18, No. 2, pp. 93-103.

Cho S.J., and Choi S.Y. (2018). Top priority accident types in disaster and safety budgets based risk analysis using statistical data. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 18, No. 4, pp. 135-146.

Cho, S.J., and Heo, B.Y. (2017). A study on investment direction based on risk-matrix analysis of social disasters. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 17, No. 6, pp. 135-143.

ISO Guide 73. (2009). *Risk management -- Vocabulary*. International Organization for Standardization.

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.

MOIS (Ministry of Interior and Safety). (2017a). *2018 Formulation Guide of Implementation Plans*.

MOIS. (2017b). *2018 Prior Consultation for Disaster and Safety Budget*.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transportation) and TS (Korea Transportation Safety Authority). (2018). *Railway accident and safety analysis report*.

MPSS (Ministry of Public Safety and Security). (2015). *Improvement of Safety control Plan for Local governments* (November 11, 2015, Press release).

NDMI (National Disaster Management Research Institute). (2017). *Improvement of act and policy on disaster and safety for persons with disabilities and older person*.

NDMI. (2018). *2018 Risk Register*.

NEMA (National Emergency Management Agency). (2011). *Estimation Method of Safety Index for Community Natural Disaster considering Climate Change*.

NEMA. (2013). *2012 Natural Disaster Yearbook*.

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.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*.

Received	August 24, 2018
Revised	August 24, 2018
Accepted	September 28, 2018

