도시산불 대응을 위한 GIS 기반 주민최적대피경로설정 알고리즘 개발

Development of Evacuation Route Planning Algorithm for Responding to Urban Forest Fires

곽재환* · 김남균** · 김만일***

Kwak, Jaehwan*, Kim, Namgyun**, and Kim, Man-Il***

Abstract

The Gangwon region (Korea) is severely affected by forest fires, where approximately sixty-six wildfires have occurred over the last three years, which in turn have damaged 1,299 ha of this region. Hence, it is necessary to develop schemes for reducing the damage caused by forest fires in Gangwon. In this study, we developed an algorithm for planning evacuation routes. The developed algorithm was applied to a virtual scenario for determining evacuation start points within the spread range of wildfires, fifteen evacuation routes were then determined for each start point, and the associated distance information was displayed. Furthermore, by employing the Naver Maps software, the obtained evacuation routes was compared and analyzed with respect to the route distance. We believe that the results obtained from this study can be used as basic data for making decisions to identify various evacuation routes.

Key words : Urban Forest Fire, Evacuation Route Setting Algorithm, Dijkstra, GIS

요 지

강원지역은 최근 3년 동안 평균 66건의 산불이 발생하였으며 평균 피해면적은 약 1,299 ha로 전국에서 산불로 인한 피해가 가장 많이 발생한 지역으로 나타났다. 따라서 강원지역은 산불피해 감소를 위한 다양한 방안마련이 요구되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 이러한 방안 중 하나로 GIS기반의 주민최적대피경로 설정 알고리즘을 개발하여 현재 단일경로만을 안내해주는 문제점을 다수의 경로를 제시함으로써 산불상황 시 대피의 효율성을 증대하고자 하였다. 개발된 주민최적대피경로 알고리즘은 가상 시나리오 적용결과, 대피가 필요한 지점이 추출되고 각 지점에 따라 대피소까지의 경로가 최대 15개까지 선정되었다. 선정된 최단경로는 포털사이트에서 안내하는 경로, 거리 등과 비교, 분석하였다. 본 연구의 결과는 의사결정자가 다양한 대피경로를 확인하기 위한 기초자료로써 활용성이 높을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 도시산불, 대피경로설정 알고리즘, 다익스트라, GIS

1. 서 론

산림청의 산불통계연보에 따르면 최근 10년간 산불발생

은 연평균 474건이 발생하였고 피해면적은 1,120 ha로 나타났다(Korea Forest Service, 2020). 2020년 발생한 총 산불건수는 약 620회에 달하며 피해금액은 158,141백만원에 달한

*정회원, ¹산림조합중앙회 산림종합기술본부 선임연구원(E-mail: jaehwan-kwak@hanmail.net)

²금오공과대학교 토목공학과 박사과정

Member, ¹Researcher, Forest Technology Division, National Forestry Cooperative Federation

²Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**정회원, 산림조합중앙회 산림종합기술본부 선임연구원

Member, Senior Researcher, Forest Technology Division, National Forestry Cooperative Federation

***교신저자, 정회원, 산림조합중앙회 산림종합기술본부 책임연구원(Tel: +82-42-341-1026, Fax: +82-42-637-8046, E-mail: mikim@nfcf.or.kr)

Corresponding Author, Member, Principal Researcher, Forest Technology Division, National Forestry Cooperative Federation

다. 특히, 2018년, 2019년 100 ha 이상의 대형산불이 발생한 강원지역은 최근 3년 동안 평균 66건의 산불이 발생하였으며 평균 피해면적은 1,298.72 ha로 전국에서 산불로 인한 피해가 가장 많이 발생한 지역으로 나타났다.

강원지역은 우리나라 다른지역과 비교할 때 산림이 집중 분포하고 있으며 봄철 편서풍 및 지역풍인 양간지풍의 영향으로 산불에 취약한 조건을 가지고 있다. 즉, 강원지역은 산불발생 시 주변요인에 의해 쉽게 대형화될 수 있으므로 적절한 산불피해 감소방안과 시설물 등에 대한 보호대책 수립이 요구되고 있는 실정이다(Yeom et al., 2015). 우리나라는 최근 도심지 팽창현상으로 산지경계와 인접하여 주거, 상업과 같은 목적의 시설물이 개발되고 있다(Yeom et al., 2019). 이러한 시설물은 건강, 경관 등 주변요인에 따른 쾌적한 환경을 제공해주고 있으나 도시에서 발생한 화재가 산지지역으로 전이되거나 산불이 도심지역으로 쉽게 옮겨지는 매개체가 되기도 한다(Park et al., 2012). 도심지로 확산되는 산불에 의해 발생하는 도시산불은 많은 인명과 재산피해를 야기시킨다. 특히, 도로협소, 주차차 등 복잡한 도심지의 구조적인 문제로 인해 신속한 진화에 어려움이 있다.

강원도는 이러한 산불피해 감소를 위한 방안 중 하나로 지역 내 시설물 중 일부를 대피소로 지정하고 산불상황 발생 시 재난문자, 안전문자 등을 통해 지역주민에게 각각의 대피소를 지정하여 문자를 통한 정보를 안내하고 있다. 그러나 동, 리 단위의 행정구역 주민전체에 하나의 대피소를 지정하여 안내를 하거나 안내한 대피소의 수용인원 초과에 따른 혼선을 야기하고 있다.

대피경로선정과 같은 네트워크 분석에 관한 연구는 산불을 포함한 다양한 재난, 비용저감을 위한 연구 등 많은 분야에서 활발하게 진행되고 있다. Hwang and Choi (2016)는 긴급재해 발생 시 피난 지원을 목적으로 하는 긴급피난지원시스템 구축을 위해 탈출 경로 탐색 알고리즘을 제시한 바 있으며, 혼잡한 비상주를 우회하는 등 탈출 경로 상의 혼잡을 감소하

면서 효과적인 탈출경로정보를 제시하였다. Kim et al. (2020)은 화재발생시 화재발생을 감지하고 3차원 객체모델 기술과 A*알고리즘을 활용하여 대피경로 설정을 시나리오별로 산출, 제시하였다. Mun et al. (2018)은 Dijkstra 알고리즘과 이를 수정한 Dijkstra* 알고리즘을 활용하여 컴퓨터 시뮬레이션 기반의 최소비용 대비 최적경로를 도출하는 연구를 수행한 바 있다. Kang et al. (2014)는 산업지역 등 대규모 대피가 필요한 사고가 발생하였을 때를 대비하여 대피, 대응 동시수행을 위한 다중목적 대피경로설정을 Dijkstra 알고리즘, 가능경로법, 유전자알고리즘 등 다양한 알고리즘을 바탕으로 적용, 검증을 수행하였다.

본 연구에서는 산불대응 시 주민대피의 효율성 증대를 위해 기존의 주민대피 문제점을 분석하고 선행연구 결과를 바탕으로 GIS기반의 주민대피경로설정 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘은 강릉시 전체지역을 대상으로 동, 리 단위로 각 세분화하여 개발하였고 대피가 필요한 주민들에게 다양한 대피소 정보를 전달함으로써 대피를 위한 골든타임을 확보하고 인명피해를 최소화하는 데 목적이 있다.

2. 연구지역

본 연구에서는 강원도 강릉시를 대상으로 연구를 수행하였다(Fig. 1). 강릉시는 서쪽으로 거대한 백두대간이 형성되어 있으며 동쪽으로는 동해바다가 맞닿아 있는 지형적 특징을 보인다. ‘서고동자’형 지형적 특징으로 인해 독특한 기상현상이 자주 나타나는 것으로 유명하다. 산불이 빈번하게 발생하는 겨울에서 봄철에는 서쪽에서 불어오는 양간지풍으로 인해 산불발생 시 진화에 매우 어려운 특징을 보인다. 행정안전부(Ministry of the Interior and Safety, 2019)에 의하면 강릉지역에서는 2017년 강릉-삼척 산불, 2019년 강릉산불 등 대형산불이 발생한 사례가 있다. 그 중 2019년에 발생한 강릉산불은 원인불명의 산불로 약 1,260.15 ha의

Fig. 1. Map of the Study Area (Gangwon-do, Gangneung-si, from Google Earth)

Fig. 4. Flow-Chart for Development of Evacuation Route Setting Algorithm

고 있는 1:5,000 수치지형도를 바탕으로 각각의 데이터를 추출하여 별도의 파일로 저장, 활용하였다. 세부적인 연구흐름도는 Fig. 4와 같다.

4. 알고리즘 개발 및 적용결과

4.1 강원지역 주민대피현황 분석결과

주민최적대피경로 알고리즘을 개발하기 위하여 대피문자, 재난문자 등을 수집하여 분석하였다. 수집한 주민대피 안내문자는 실제 강원지역에서 산불이 발생한 2019년, 2020년도에 안내된 문자를 바탕으로 대피시작 지역과 대피소 등의 내용을 분석하였다(Fig. 5). 안내문자의 내용을 살펴보면 문자를 발송한 지자체명과 함께 연락 가능한 전화번호, 행정구역의 동, 리 단위 또는 시설물 및 인근 주민 등 대피시작 지점과 대피해야 할 대피소의 명칭 순으로 안내하고 있다. 그러나 대피가 필요한 지역의 구분이 동, 리 단위로만 나타나 있으며 단일 대피소만을 안내해주고 세부정보(거리, 경로) 등의 정보를 확인하기 어려운 단점이 있다. 특히, 단시간 빠르게 대피해야 하는 주민들에게 있어 단일 대피소만을 안내하는 것은 예기치 못한 교통트래픽 발생, 대피도중 대피소 이용불가 등 다양한 문제점 발생가능성이 있을 것으로 판단된다.

4.2 대피경로설정을 위한 DB구축결과

연구지역에 대한 건물데이터를 활용하여 산불 발생 시 대피를 위한 출발점을 선정하였다. 출발점 선정을 위해 강원도 전체범위로 배포되는 건물데이터를 연구지역인 강릉시

Fig. 5. Emergency text Messages in Case of Forest Fire in Gangwon Province (From Goseung Forest Fire)

행정구역(동, 리) 단위로 분류해주었다. 분류결과 39개 동, 65개 리로 분류되었으며 각 행정단위 별로 건물 데이터를 분류하였다. 본 연구를 통해 구축된 강릉시 건축물 수는 109,641개이며 각 동, 리 행정구역 별로 분류한 뒤 세부적인 대피시작점 지정을 위해 우편번호를 기준으로 하여 세부적으로 그룹화 해주었다. 우편번호를 기준으로 그룹화 된 건물 그룹 레이어는 각 중심점이 되는 대표건물을 선정하고 최종적으로 포인트 레이어로 생성하였다(Fig. 6). 강릉지역의 대피소 또한 포인트 레이어로 구축하여 도착지점으로 지정 해주었다. 구축된 대피소는 총 84개소이며 각각의 위, 경도좌표, 시설명, 상세주소, 수용가능 인원, 대표전화번호, 담당부서 등을 속성정보로 구축하였다.

본 연구에서 경로설정을 위한 도로레이어는 수치지형도를 기준으로 일반국도, 지방도 등 강릉시 전체지역에 분포하고 있는 도로레이어를 선(polyline) 형태로 자료를 구축, 적용하였다.

4.3 주민최적대피경로 설정을 위한 알고리즘 개발

연구지역에 대한 주민최적대피경로 알고리즘을 Fig. 7과 같이 개발하였다. 알고리즘의 구성은 총 3단계로 구분하였다. StepA는 각 공공기관에서 배포하고 있는 GIS기반 데이터를 전처리하는 단계이며 StepB는 대피시작지점 지정을 위해 StepA에서 전처리가 완료된 건물데이터를 중심으로 각 행정구역단위로 구분하고 이를 다시 우편번호를 기준으로 그룹화하는 단계를 나타낸다. 마지막 단계인 StepC에서는 산불 확산범위 내 포함되는 대피시작점은 선택, 반대로 대피소로 활용되는 시설은 제외한 뒤 각각 경로분석의 Start Point와 End Point로 지정하여 최적경로를 도출하는 단계이다.

이때 Start Point로 지정되는 데이터의 설명은 각 그룹화했던 우편번호로 설정이 되며, End Point로 지정되는 대피소는 시설명으로 설정된다. 대피경로의 경우, 도로가 끝나는 지점에서만 U-turn이 가능하도록 설정해주었으며 각 경로별 단

Fig. 6. Classification of Buildings Based on Postal Code and Create New Central Point Layer Each Building Groups

Fig. 7. Development of Evacuation Route Setting Algorithms Based on GIS

위는 km로 설정해주었다.

본 연구에서 개발한 알고리즘은 산불확산범위에 포함되는 모든 시작지점에 대한 분석이 이루어지며 이는 ArcGIS 내 Iterate 기능을 활용하여 반복분석이 가능하도록 설정하였다. 분석결과를 각 Start Point를 중심으로 최대 15개까지의 대피경로를 추출할 수 있도록 설계하였다. 또한 경로분석을 필요로 하는 지역의 GIS 데이터를 상황에 맞추어 설정해주면 ArcGIS 내 알고리즘 실행을 통해 결과물이 자동적으로 추출되도록 설계하여 지역적 확장성을 고려하였다.

4.4 주민최적대피경로 설정을 위한 알고리즘 적용

개발된 주민최적대피경로 설정 알고리즘 적용을 위해 연구지역에 대한 가상 산불발생 시나리오를 적용하여 대피경로를 설정하였다(Fig. 8).

본 연구에서 적용한 가상 시나리오는 강릉시 경포대 인근에 있는 샌드파인GC에서 실화로 인한 산불상황을 가정하였다. 산불발생 당시 풍향은 북서풍, 풍속은 약 18 m/s로 강한 풍향이 부는 것으로 설정하였다. 산불발생 후 산불의 확산범위는 과거 2019년 고성산불 최종피해면적인 가로(8 km) ×

(a) Start of the forest fire at near gangneung GC
(Before forest fire occurred)

(b) Analysis evacuation route setting algorithm
(After forest fire occurred)

Fig. 8. Analysis Evacuation Route Based on Imaginary Scenario

Table 1. Result of the Evacuation Route Setting Algorithm Based on Imaginary Scenario. In Addition, Assessment of the Result Based on Naver Map (map.naver.com)

Rank	Postal-CODE - Facility Name (Anhyun-Dong)	Distance (km)	Distance & Travel time (km (min), from naver map)
1	25461 - Jibyun 3-Tong Elderly Care Center	4.35	4.4 (12 min)
2	25461 - SachunJin-ri Community Service Center	4.68	6.4 (11 min)
3	25461 - Sachun Elementary School	4.73	5.3 (9 min)
4	25461 - Hapheong-ri Elderly Care Center	4.80	6.5 (10 min)
5	25461 - Yulgok Middle School	4.93	6.9 (12 min)
6	25461 - Kyungpo Elementary School	5.16	7.1 (13 min)
7	25461 - Ponam Elementary School	5.19	7.6 (15 min)
8	25461 - Gyo2Dong Community Service Center	5.20	7.2 (13 min)
9	25461 - Haslra Middle School	5.3	7.4 (14 min)
10	25461 - Duksil-ri Community Service Center	5.41	6.3 (13 min)
11	25461 - Gyo1Dong Community Service Center	5.46	8.6 (13 min)
12	25461 - Gyodong Elementary School	5.51	7.9 (15 min)
13	25461 - Gangneung-Wonju National University	5.54	6.4 (11 min)
14	25461 - Sukkyo1-ri Elderly Care Center	5.59	6.2 (9 min)
15	25461 - Unyang Elementary School	5.60	7.5 (11 min)

폭(5 km)의 범위를 보수적인 관점에서 설정하여 새로운 Shape 파일형태로 구축하여 적용해주었다.

가상 시나리오에 따라 주민최적대피경로 알고리즘 분석 결과 대피가 필요한 지점은 33개소로 설정되었으며 각 대피 시작점마다 대피소까지 15개의 경로가 설정되었다. Table 1은 각 설정된 대피경로 중 산불과 가장 인접한 대피시작점인 저동 25461 우편번호 지점에서의 경로정보를 나타낸 것이다. 분석된 경로는 최소 4.35 km에서 5.60 km의 거리분포를 나타내었다.

5. 토 의

5.1 기존 재난문자 내 주민대피경로와 분석결과

가상 시나리오를 통해 분석된 경로는 2019년 고성산불 당시 재난문자를 통해 안내되었던 대피시점과 대피소까지의 거리와 비교, 분석하였다(Fig. 9).

2019년 고성산불 당시 안내문자의 내용을 바탕으로 대피 안내를 한 지역인 신평리, 원암리, 성천리, 용암리에서 동광중학교까지의 경로정보를 Fig. 8과 같이 나타내었다. 경로분석결과, 대피시작점에서 대피소까지의 거리는 최소 5.5 km

Fig. 9. Evacuation Route Based on the Information Text Messages (Basemap : naver.com)

에서 최대 13.7 km까지로 약 9~15분정도의 이동시간이 발생 하는 것으로 분석되었다. 또한, 리 단위 이하의 세부적인 대피그룹을 지정하거나 추가 이용이 가능한대피소의 정보는 누락되어 있어 대피소로 지정된 동광중학교의 수용인원이 초과되어 활용이 불가할 때 해당지역의 이재민들의 혼란 발생이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서 개발한 알고리즘을 활용한 경로분석결과는 4.4에서와 같이 동, 리 행정구역을 우편 번호로 세분화하여 최대 15개의 대피소까지의 경로제시가 가능하다. 또한 대피를 위한 안내문자 발송시 세부그룹(예시: 저동 우편번호 25461 주민)에 복수의 대피소 정보전달이 가능하다. 즉, 기존 대피안내문자는 거리, 경로 등의 세부적인 정보는 누락되어 있다. 이러한 제한적인 정보를 바탕으로 대피를 시작하는 주민들은 대피소의 활용불가 등 다양한 변수에 의한 혼란이 발생될 우려가 있다.

본 연구에서 개발한 알고리즘은 대피시작점을 중심으로 대피소까지의 경로, 거리 등의 세부적인 정보를 시각적으로 습득할 수 있으며, 다양한 대피소 정보를 제공함으로써 대피가 필요한 주민에게 다수의 대피로 정보를 제공할 수 있어 대피 시 발생할 수 있는 변수를 저감하여 혼란을 줄이는 자료로써 활용이 가능할 것으로 판단된다.

5.2 포털사이트(네이버)지도 기반 경로설정 평가

본 연구를 통해 개발된 알고리즘을 바탕으로 선정된 15개의 경로에 대하여 포털사이트(네이버) 지도를 바탕으로 검증 을 수행하였다. 검증방법은 시작점과 도착지점을 동일하게 설정한 뒤 경로검색방법은 최단거리를 기준으로 거리, 소요 시간으로 구분하였다. 15개 경로에 대한 거리, 소요시간은 Table 1에 나타내었다. 이때 Distance는 본 연구를 통해 도출된 대피소까지의 최소거리를 나타내며, Distance & Trevel Time은 네이버 지도를 바탕으로 도출된 이동거리와 소요시간을 나타낸 것이다. 검증결과, 알고리즘을 바탕으로 선정된 거리보다 대부분의 경로가 약 1.0~1.5 km 정도의 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 소요시간은 대부분의 경로에서 약 9~15분 내외로 분석되었다. 이러한 경로에 대한 거리차이가 발생한 이유는 본 알고리즘에서 활용한 데이터와 네이버 지도에서 활용되는 데이터의 차이와 활용범위에 의한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 국토지리정보원에서 제공하고 있는 1:5,000 수치지형도에서 도로로 구분된 레이어 전체를 활용 가능한 경로로 적용하였다. 그러므로 농로를 포함한 1차선도로 등의 세부적인 도로레이어도 분석에 포함되어 있다. 그러나 네이버 지도의 경우 주행의 편의성을 고려한 경로를 우선적으로 안내해주며 일부 좁은 1차선 도로 등은

활용하지 않아 경로의 거리차이가 발생된 것으로 판단된다.

6. 결 론

강원지역에서는 주민대피를 위해 안전, 재난문자를 산불 발생 인근주민에게 서비스하고 있지만 제한적인 정보만을 안내해주어 교통체증, 대피소이용불가 시 대체대피소 안내 없음 등 다양한 문제점이 있는 것으로 분석되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 동, 리 단위보다 세부적인 대피그룹을 우편번호를 기반으로 세분화 하였으며 세분화된 그룹을 각 시작점으로 설정하여 대피경로를 제공하는 알고리즘을 개발하였다.

GIS기반으로 개발된 알고리즘은 가상 시나리오를 설정하여 적용해주었고 적용결과 총 33개소의 대피시작점이 도출되었다. 도출된 대피시작점을 기준으로 최대 15개의 대피경로가 자동으로 선정되도록 하였다. 이러한 결과는 과거 고성 산불상황에서 안내하는 단일대피소까지의 거리(최대 15 km), 차량기준이동시간(15분 이내) 등과 비교할 때 대피대상 주민들에게 복수의 대피소 정보전달이 가능하며 세부적으로 대피가 필요한 주민의 그룹을 분류하여 신속한 대피가 가능하다는 장점이 있다.

특히, 본 연구에서 개발한 주민최적대피경로 알고리즘은 강릉시 전체를 대상으로 적용, 개발한 것으로 산불발생 시 확산정도에 따라 강릉시 전 지역에 대한 대피경로 산정이 가능하다. 또한 기존 동, 리 단위의 큰 행정단위 기준의 대피안내보다 강문동-26450 우편번호 그룹 등과 같이 세부적인 대피안내가 가능하다. 그러나 광범위한 지역에 대한 대피경로를 산정하므로 주민 대피 시 교통트래픽, 대피주민들의 대피소 선택에 따른 이용불가 대피소 추출 등 인문·사회적 특성과 자동차, 자전거 등 이동수단에 따른 분류 등 세부적으로 고려할 사항은 적용되지 않은 한계점이 있다. 이러한 한계점은 현재 서비스되고 있는 포털사이트의 지도에서 안내해주는 경로와 차이가 발생하는 요인으로 판단된다. 그러나 본 연구에서는 도로, 건물 등의 정보를 활용하여 복수의 가장 인접한 대피소까지의 경로를 제시하는 것에 그 목표가 있다. 향후 추가연구로써 인문·사회적 요소, 도로의 상태, 이동수단 등 다양한 사항을 고려하여 알고리즘의 고도화에 대한 연구가 진행된다면 본 연구에서의 한계를 해결하고 산불발생 시 효율성 높은 주민대피알고리즘 개발 및 적용이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 행정안전부 지역맞춤형 재난안전 연구개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(20010162).

References

- Hwang, J.S., and Choi, Y.B. (2016). Route exploration algorithm for emergency rescue support on urgent disaster. *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 16, No. 9, pp. 12-21.
- Kang, C.M., Lee, J.D., Song, J.J., and Jung, K.S. (2014). Route optimization for emergency evacuation and response in disaster area. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 34, No. 2, pp. 617-626.
- Kim, D.I., Jeong, J.A., Park, S.C., Go, J.Y., and Yeom, C.H. (2020). A study on the application of optimal evacuation route through evacuation simulation system in case of fire. *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 16, No. 1, pp. 96-110.
- Korea Forest Service. (2020). *Forest Fire Statistical Yearbook*.
- Ministry of the Interior and Safety. (2019). *Gangwon East Sea coast wildfires white paper 2019*.
- Mun, J.H., Wi, S.Y., and Yoo, S.H. (2018). *Dijkstra* algorithm: Minimum search cost optimal path exploration*. Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, pp. 323-325.
- Park, H.S., Lee, S.Y., and Lee, B. (2012). Questionnaire concerning the actual state of forest fire danger for facilities in wildland-urban interface in gyeongbuk 3 province. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 12, No. 3, pp. 203-210.
- Park, M.Y., Koo, W.Y., Park, W.S., and Kwon, S.G. (2015). A conceptual study on evacuation route analysis and development of refuge algorithm. *Korean Society of Disaster & Security*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-4.
- Yeom, C.H., Lee, S.Y., Kwon, C.G., and Park, H.S. (2015). Analysis of the characteristics of the behaviour and damaged facilities of pohang forest fires. *Crisisonomy*, Vol. 11, No. 1, pp. 115-130.
- Yeom, C.H., Lee, S.Y., Park, H.S., and Kwon, C.G. (2019). A study on facilities damage characteristics caused by forest fire in Goseong-Gun. *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 15, No. 4, pp. 469-478.

Received	September 29, 2021
Revised	September 29, 2021
Accepted	October 13, 2021