(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0147069
(43) 공개일자 2024년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/26 (2024.01) *G06F 16/951* (2019.01)
G06F 16/9537 (2019.01) *G06F 30/20* (2020.01)
G06N 20/00 (2019.01) *G06Q 10/04* (2023.01)
G06Q 10/06 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/26 (2024.01)
G06F 16/951 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2023-0042520
(22) 출원일자 2023년03월31일
심사청구일자 2023년03월31일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
신지욱
경상남도 진주시 소호로 39, 110동 302호
이기학
서울특별시 송파구 올림픽로 4길 42, 20동 703호 (잠실동, 우성아파트)
(74) 대리인
송세근

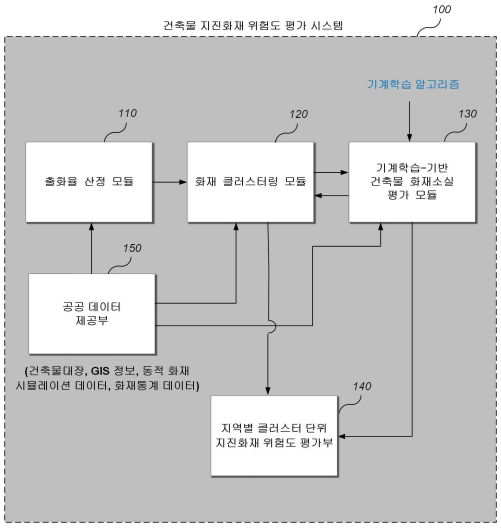
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템 및 그 방법**

(57) 요 약

공공 데이터를 활용하여 도시나 비도시의 지역별(지역 단위) 클러스터 단위로 분류하고, 최소한의 입력정보를 활용하여 지진 발생후 화재에 의한 건축물의 소실률을 기계학습-기반으로 평가하여 지진화재 위험도를 신속하게 평가할 수 있고, 또한, 지역별 건축물의 내화구조 유형별 화재확산거리와 건축물 사이의 인접거리를 비교하여 클러스터를 구축하고, 각 클러스터 내 지역 특성 등을 반영한 기계학습-기반 건축물 화재소실을 평가할 수 있으며, 또한, 기존의 동적 화재 시뮬레이션 방법론과 달리 공공 데이터베이스(건축물대장 등)과 GIS(지리정보시스템)의 건축물 사이의 인접거리 등의 간단한 정보만으로 도시나 비도시의 지역별 지진 발생 이후의 건축물의 화재소실률을 간단하고 신속하게 평가할 수 있는, 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템 및 그 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도8



(52) CPC특허분류
G06F 16/9537 (2019.01)
G06F 30/20 (2020.01)
G06N 20/00 (2021.08)
G06Q 10/04 (2023.01)
G06Q 10/063 (2023.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1615012660
과제번호 161326 (RS-2021-KA161326)
부처명 국토교통부
과제관리(전문)기관명 국토교통과학기술진흥원
연구사업명 국토교통기술사업화지원
연구과제명 형태의 한계를 극복한 3D 프린팅 몰드와 두께 10㎜ 혁신적 UHPC를 이용한 비정형 프리폼 건축물 외장패널 설계·생산·시공 통합플랫폼 개발
기 여 율 0.5/1
과제수행기관명 (주)위시스테크놀로지
연구기간 2021.04.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711185656
과제번호 2021R1F1A1059976
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 인공지능 기반 지역 단위 건축물 내진 성능 데이터 생성 엔진 개발
기 여 율 0.5/1
과제수행기관명 경상국립대학교
연구기간 2021.06.01 ~ 2024.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

지진 규모에 따른 건축물 내 화재 발생 여부를 예측하도록 출화율을 산정하는 출화율 산정 모듈(110);

지정된 도시나 비도시의 지역별 클러스터(그룹)를 구성하며, 건축물 내화구조 유형별 화재확산거리와 GIS-기반 건축물 인접거리의 비교를 통해 지역별 다수의 클러스터를 구축하는 화재 클러스터링 모듈(120);

공공 데이터인 건축물대장에 따른 건축물 화재소실을 기계학습-기반으로 평가하여, 도시와 비도시의 지역별 건축물 화재소실률을 산정하는 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130);

도시나 비도시의 지역별 클러스터 단위 건축물 지진화재 소실률 평가에 따른 클러스터 단위의 지진화재 위험도를 평가하는 지역별 클러스터 단위 지진화재 위험도 평가부(140); 및

출화율 산정, 내화구조 유형 판정 및 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가를 위한 공공 데이터로서, 건축물대장, GIS 정보, 동적 화재 시뮬레이션 데이터 및 화재통계 데이터를 제공하는 공공 데이터 제공부(150)를 포함하되,

상기 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130)은 건축물 내화구조 유형별 연소저항률(Covering Volume Fraction: CVF) 대비 클러스터 내 평균 화재소실률에 해당하는 소실 건축면적 비율을 산정하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 건축물 내화구조 유형은 건축물대장의 구조시스템(구조재료), 사용승인연도, 건축물 층수, 연면적, 용도를 통하여 건축법시행령에 의거하여 내화, 준내화, 방화 및 목조로 추정되는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 화재 클러스터링 모듈(120)은 모든 건축물에 지진 발생 후 출화가 발생할 수 있다는 것을 가정하여, 상기 내화구조 유형에 따른 화재확산거리(Df)와 건물 사이의 인접거리(Dh)가 겹치는 영역을 모두 동일 클러스터로 구성하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 화재 클러스터링 모듈(120)은,

GIS(지리정보시스템) 정보를 활용한 대상지역 내 건축물간 수평 인접거리(Dh)를 산정하는 건축물간 수평 인접거리 산정부(121);

건축물대장에 따라 건축물 내 내화구조 유형을 판정하는 건축물내 내화구조 유형 판정부(122);

건축물대장의 간단한 정보를 활용하여 각 건축물의 내화구조 유형에 따른 화재확산거리(Df)를 산정하는 내화구조 유형별 화재확산거리 산정부(123); 및

건축물간 수평 인접거리(Dh)와 내화구조 유형별 화재확산거리(Df)를 각각 비교하여 지정된 도시나 비도시의 지역별 클러스터를 구축하는 지역별 클러스터 구축부(124)를 포함하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 지역별 클러스터 구축부(124)는 건축물간 수평 인접거리(Dh)와 내화구조 유형별 화재확산거리(Df)를 각각 비교하여, $Dh \leq Df$인 경우 동일 클러스터로 지정하고, $Dh > Df$인 경우, 서로 다른 클러스터로 분류하여 지정하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130)은,

상기 건축물대장의 정보를 활용하여 건축물별 내화구조 유형이 판정되면, 이를 바탕으로 건축물별 연소저항률(CVF)을 산정하는 연소저항률 산정부(131);

상기 연소저항률 산정부(131)에서 산정된 연소저항률(CVF)에 따라 내화구조 유형별 화재확산거리(Df)를 산정하는 화재확산거리 산정부(132);

상기 산정된 연소저항률(CVF)을 반영하여 건축물 소실률을 산정한 데이터셋(Data Set)을 구축하는 학습 데이터셋 구축부(133);

기계학습 알고리즘에 따라 상기 학습 데이터셋 구축부(133)에서 구축된 데이터셋을 학습하는 학습 수행부(134); 및

상기 학습 수행부(134)의 기계학습 결과에 따라 건축물 평균소실률을 산정하는 건축물 평균소실률 산정부(135)를 포함하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 연소저항률 산정부(131)에서 산정된 연소저항률(CVF)은 내화구조 유형에 따른 건축면적을 포함한 화재영역을 의미하며, 내화성능이 낮을수록 화재에 따른 건물형상을 다르게 반영하되, 건물의 화재확산범위를 넓게 설정하여 건폐율을 확장하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 건축물 평균소실률 산정부(135)는 최초 입력정보인 건축물대장 정보와 계절 및 시간대에 따른 화재시나리오에 따라 클러스터 단위의 건축물 소실률을 평가하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템.

청구항 9

a) 지진 규모에 따른 건축물 내 화재 발생 여부를 예측하도록 출화율을 산정하는 단계;

b) 공공데이터를 활용하여 도시/비도시의 지역별 화재 클러스터를 구축하는 단계;

c) 공공 데이터인 건축물대장에 따른 건축물 화재소실을 기계학습-기반으로 평가하는 단계; 및

d) 클러스터 단위의 건축물 화재소실에 따라 클러스터 단위의 지역별 건축물 지진화재 위험도를 평가하는 단계를 포함하되,

상기 c) 단계에서 연소저항률(CVF) 대비 클러스터 내 평균 화재소실률에 해당하는 소실 건축면적 비율을 산정하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 b) 단계에서 지정된 도시나 비도시의 지역별 클러스터(그룹)를 구성하며, 건축물 내화구조 유형별 화재확

산거리와 GIS-기반 건축물 인접거리의 비교를 통해 지역별 다수의 클러스터를 구축하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 건축물 내화구조 유형은 건축물대장의 구조시스템(구조재료), 사용승인연도, 건축물 층수, 연면적, 용도를 통하여 건축법시행령에 의거하여 내화, 준내화, 방화 및 목조로 추정되는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 b) 단계에서 모든 건축물에 지진 발생 후 출화가 발생할 수 있다는 것을 가정하여, 상기 내화구조 유형에 따른 화재확산거리(Df)와 건물 사이의 인접거리(Dh)가 겹치는 영역을 모두 동일 클러스터로 구성하되, 건축물 간 수평 인접거리(Dh)와 내화구조 유형별 화재확산거리(Df)를 각각 비교하여, $Dh \leq Df$인 경우 동일 클러스터로 지정하고, $Dh > Df$인 경우, 서로 다른 클러스터로 분류하여 지정하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 c) 단계에서 산정된 연소저항률(CVF)은 내화구조 유형에 따른 건축면적을 포함한 화재영역을 의미하며, 내화성능이 낮을수록 화재에 따른 건물형상을 다르게 반영하되, 건물의 화재확산범위를 넓게 설정하여 건폐율을 확장하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 c) 단계에서 최초 입력정보인 건축물대장 정보와 계절 및 시간대에 따른 화재시나리오에 따라 클러스터 단위의 건축물 소실률을 평가하는 것을 특징으로 하는 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 지진화재 위험도 평가에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 공공 데이터를 활용하여 도시나 비도시의 지역별(지역 단위) 클러스터(Cluster) 단위로 분류하고, 최소한의 입력정보를 활용하여 지진 발생후 화재에 의한 건축물의 소실률을 기계학습-기반으로 평가하여 지진화재 위험도를 평가하는, 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 2017년 포항지진 발생시 지진에 의한 4건의 출화(Fire Breakout) 사고가 발생하였지만, 국내의 경우, 지진 발생 이후 화재에 대한 건축물 소실을 평가하는 기술이 아직까지 존재하지 않는 실정이다.

[0003] 국내의 경우, 지진 발생 후 화재에 의한 피해는 미미하였으나, 미국, 일본 등 지진에 대한 위험도가 높은 지역은 지진 이후 발생하는 화재 등 2차 피해에 대한 사전대응 시스템을 구축하여 이를 반영한 건축물의 지진피해를 예측하고 있다.

[0004] 예를 들면, 미국의 경우, 지진 후 화재에 대한 위험도 평가 방법으로서 단순한 수학모델을 활용하여 건축물 화재소실을 예측하고 있으나, 이러한 수학모델을 활용한 건축물 화재소실 예측 방법은 정확도가 낮은 편이다. 또한, 일본의 동경도의 경우, 지진 발생 후 화재에 대한 위험도 평가 방법으로서 도시 단위 각각의 동적 화재 시

뮬레이션에 의존하고 있지만, 이러한 동적 화재 시뮬레이션 방법은 적용에 많은 제약이 있다.

[0005] 특히, 전술한 일본의 건축물 지진피해 예측 방법을 국내에 적용할 경우, 도시나 비도시의 지역별 동적(Dynamic) 화재 시뮬레이션을 위한 기본 데이터 구축에 막대한 시간, 인력, 비용 등이 소모될 수 있으며, 또한, 기본 데이터를 구축한 후 높은 지진위험수준을 갖는 도시나 비도시의 지역별 동적 화재 시뮬레이션을 수행하는 것은 물리적 한계가 존재한다.

[0006] 한편, 지역별 동적 화재 시뮬레이션과 관련된 선행기술로서, 일본 등록특허번호 제6,795,901호에는 "재해 발생시의 위험도 평가 장치 및 재해 발생시의 위험도 평가 프로그램"이라는 명칭의 발명이 개시되어 있는데, 도 1a 및 도 1b를 참조하여 설명한다.

[0007] 도 1a는 종래의 기술에 따른 재해 발생시 위험도 평가 장치를 예시하는 구성도이고, 도 1b는 최대 진도와 건물의 전괴율과의 관계를 나타내는 그래프이다.

[0008] 도 1a를 참조하면, 종래의 기술에 따른 재해 발생시 위험도 평가 장치는, 도괴율 연산부(11), 도괴수 연산부(12), 도괴 위험도 순위 연산부(13), 연소 가능영역 설정부(14), 출화건수 연산부(15), 소실 평가치 연산부(16), 화재 위험도 순위 연산부(17) 및 종합 위험도 순위 연산부(18)를 포함하여 구성되며, 또한, 표시 제어부(19), 통신부(20), 메모리(21) 및 CPU(22)를 포함한다.

[0009] 도괴율 연산부(11)는 평가 대상지역을 복수의 평가영역으로 구분하고, 평가영역에 존재하는 건축물에 대해서, 미리 정한 기준 높이에 근거하여 건축물의 높이로부터 건축물의 구조로서의 목조 또는 비목조를 추정하고, 평가영역마다 건축물의 구조에 근거하여 재해 발생시의 건물 도괴한 확률을 연산한다.

[0010] 여기서, 도 1b는 메모리(21)에 저장된 평가영역마다 수행된 전괴율의 조사 결과를 예시하는 그래프로서, 도괴율 연산부(11)이 이를 판독하여 사용한다.

[0011] 구체적으로, 도 1b에 도시된 바와 같이, 가로축이 최대 진도, 세로축이 전괴율을 나타내며, 전괴율의 수치가 건축물의 도괴 확률로 사용된다.

[0012] 여기서, 최대 진도는 지진 해저드 스테이션(J-SHIS)의 표층 지반 데이터를 사용하고, 30㎝/s의 지진동을 공학적 기반으로 부여했을 때의 지반에 의한 증폭률을 고려한 지표면의 최대 진도로서 요구한 수치이다.

[0013] 이에 따라, 도괴율 연산부(11)은 추정한 각 건축물의 구조에 의해 도 1b에 근거하여 건축물 도괴 확률을 산출할 수 있다.

[0014] 도괴수 연산부(12)는 건축물 도괴 확률과 평가영역의 건물수로 건물 도괴수를 산출하고, 평가영역의 면적에 근거하여 단위면적당의 건물 도괴수를 연산한다.

[0015] 도괴 위험도 순위 연산부(13)는 단위면적당의 건물 도괴수에 근거하여, 평가 대상지역에서 평가영역의 건축물 도괴에 관하는 위험도 순위를 연산한다.

[0016] 연소 가능영역 설정부(14)는 평가영역에 존재하는 건축물에 대해서 미리 정한 계수결정 기준에 근거하여 건축물의 높이로부터 건축물의 층수를 결정하고,

[0017] 건축물의 구조 및 건축물의 층수에 근거하여 건축물의 내화 구분을 결정하고, 이러한 내화 구분마다 설정되는 연소 한계거리 및 건물 상호의 위치 관계로부터, 임의로 선택한 건물의 출화에 의해 연소한 가능성이 있는 영역을 연소 가능영역으로서 평가영역마다 설정한다.

[0018] 출화건수 연산부(15)는 연소 가능영역마다 건축물의 속성에 근거하여 재해 발생시의 출화건수를 연산한다.

[0019] 소실 평가치 연산부(16)는 출화건수와 연소 가능영역의 평가면적에 기초하여 평가영역마다 소실 평가치를 산출하고, 이러한 평가영역의 면적에 근거하여 단위면적당의 소실 평가치를 연산한다.

[0020] 화재 위험도 순위 연산부(17)는 단위면적당의 소실 평가치에 근거하여 평가 대상지역에서 평가영역의 화재에 관한 위험도 순위를 연산한다.

[0021] 종합 위험도 순위 연산부(18)는 건축물 도괴에 관한 위험도 순위 따른 화재에 관한 위험도 순위에 기초하여, 평가영역의 종합 위험도를 연산한다.

[0022] 따라서, 종래의 기술에 따른 재해 발생시 위험도 평가 장치에 따르면, 평가 기준이나 표현 방법이 통일됨에 따라 재해 발생시 위험도 평가 장치의 이해 및 이용을 용이하게 한다.

[0023] 하지만, 종래의 기술에 따른 재해 발생시 위험도 평가 장치의 경우, 지역별 동적 화재 시뮬레이션과 관련된 선행기술로서, 기본 데이터 구축에 막대한 시간, 인력, 비용 등이 소모될 수 있다는 한계가 있다.

[0024] 한편, 화재 위험도 예측과 관련된 다른 선행기술로서, 대한민국 등록특허번호 제10-2329428호에는 "딥러닝을 활용한 건물단위 화재 위험도 예측 장치 및 이를 이용한 방법"이라는 명칭의 발명이 개시되어 있는데, 도 2를 참조하여 설명한다.

[0025] 도 2는 종래의 기술에 따른 건물 단위 화재 위험도 예측 장치의 구성도이고, 도 3은 도 2에 도시된 건물 단위 화재 위험도 예측 장치에 의해 제공되는 결과 페이지에 의해 구성된 화면을 예시하는 도면이다.

[0026] 도 2를 참조하면, 종래의 기술에 따른 건물단위 화재 위험도 예측 장치(30)는 통신부(31), 제어부(32) 및 저장부(33)를 포함할 수 있다.

[0027] 통신부(31)는 건물화재 예측 장치(30)의 동작에 필요한 신호를 송수신한다. 통신부(31)는 예를 들면, 사용자 단말로부터 특정 지역 또는 특정 건물의 화재예측 조회 요청 메시지 중에서 적어도 일부를 웹 서버를 통해 수신할 수 있다. 또한, 통신부(31)는 화재예측 조회 요청 메시지에 대한 응답 메시지를 웹 서버를 통해 전달할 수 있다.

[0028] 제어부(32)는 건물화재 예측 장치(30)의 전반적인 동작과 각 구성부를 제어한다. 제어부(32)는 통신부(31)가 수신한 정보를 저장부(33)에 저장하고, 통신부(31)가 수신한 요청 메시지에 따라 저장부(33)로부터 필요한 정보를 획득하여 조회 사항에 대한 응답을 생성한다.

[0029] 구체적으로, 제어부(32)는 건물단위 데이터 전처리부(32a), 학습모델 생성부(32b), 화재 예측부(32c) 및 정보제공부(32d)를 포함할 수 있다.

[0030] 데이터 전처리부(32a)는 건물단위로 건물속성, 공간정보 및 화재이력 등을 포함하는 건물화재 예측을 위한 데이터를 수집하고, 수집된 데이터에서 결측치 등을 제거, 치환하여 건물단위로 융합시켜 건물단위의 데이터셋(Data Set)을 구축한다.

[0031] 학습모델 생성부(32b)는 데이터 전처리부(32a)에 의해 획득한 데이터셋을 분석하여 학습 데이터를 생성하고, 생성된 학습 데이터에 기초하여 건물의 속성에 따른 화재발생 여부를 학습하여 딥러닝 학습모델을 생성한다.

[0032] 화재 예측부(32c)는 결정된 모델을 활용하여 전국 건물데이터에 대한 건물화재 위험도를 예측할 수 있다.

[0033] 예를 들면, 화재 예측부(32c)는 예측 결과에 K-means Clustering를 적용하여 화재 위험도를 등급화할수 있고, 등급별 화재위험지수를 도출할 수 있다. 또한, 화재 예측부(32c)는 건물별 화재위험지수를 안전, 관심, 주의, 경계, 위험 5 등급으로 분류할 수 있다.

[0034] 또한, 화재 예측부(32c)는 통신부(31)를 통해 특정 건물에 대한 화재예측 조회 요청 메시지가 수신되면 특정 건물에 대하여 수집된 데이터를 학습모델에 적용하여 특정 건물의 화재 위험도를 예측할 수 있다.

[0035] 정보제공부(32d)는 화재 예측부(32c)에 의해 예측된 하나 이상의 대상건물의 화재 위험도를 지도 이미지에 매핑시켜 제공한다.

[0036] 아때, 정보제공부(32d)는 외부의 지리공간 데이터를 공유하고 편집할 수 있는 웹 서버와 연계하여 동작한다. 예를 들면, 정보제공부(32d)는 웹 서버에서 제공하는 지도 정보를 불러와 하나 이상의 대상건물의 도로명주소 건물정보에 기초하여, 대상건물의 화재 위험도를 지도 이미지와 매핑하여 출력시키도록 제어한다.

[0037] 이에 따라, 종래의 기술에 따른 건물단위 화재 위험도 예측 장치에 따르면, 도 3에 도시된 바와 같이, 단말은 학습모델에 의해 제공되는 해당 지역에 대한 건물화재 위험도를 지도 이미지상에 표시할 수 있다. 또한, 단말은 결과 페이지 정보를 통해 각 건물 위험도를 서로 다른 색상으로 지도 상에 표시할 수 있다. 예를 들면, 매우 위험은 빨간색, 위험은 주황색, 경계는 노란색, 주의는 연두색, 관심은 초록색으로 표시할 수 있다.

[0038] 따라서, 종래의 기술에 따른 건물 단위 화재 위험도 예측 장치에 따르면, 건물단위의 데이터셋을 딥러닝하여 화재위험도를 분석함으로써, 화재위험도를 정확도 높게 파악하여 화재를 미연에 방지할 수 있고, 또한, 공간정보에 기반하여 건물속성을 건물단위로 융합하여 건물단위의 화재 위험도를 제공함으로써 유관기관 등은 구체적인 예방대책을 용이하게 수립할 수 있다.

[0039] 하지만, 종래의 기술에 따른 건물 단위 화재 위험도 예측 장치의 경우, 건물단위로 융합하여 건물단위의 화재 위험도를 제공하기 위한 것이므로, 지진 발생에 따른 광범위한 2차적인 화재피해 위험도를 예측하는데 사용하기

어렵다는 한계가 있다.

[0040] 한편, 지진피해 상황 예측과 관련된 선행기술로서, 일본 등록특허번호 제3,730,931호에는 "지역별 지진피해 상황 예측 검색 시스템"이라는 명칭의 발명이 개시되어 있는데, 도 4를 참조하여 설명한다.

[0041] 도 4는 종래의 기술에 따른 지역별 지진피해 상황 예측 검색 시스템의 구성도이다.

[0042] 도 4를 참조하면, 종래의 기술에 따른 지역별 지진피해 상황 예측 검색 시스템은, 연산장치(41), 입력장치(44) 및 출력장치(45)를 포함하며, 이때, 입력장치(44)는 키보드(44a) 및 OCR(44b)를 포함하고, 출력장치(45)는 디스플레이(45a) 및 프린터(45b)를 포함할 수 있다.

[0043] 연산장치(41)는 제어장치(42), 특성영역정보 저장부(43a) 및 지도정보 저장부(43b)를 포함한다.

[0044] 특성영역정보 저장부(43a)는 지역 특성을 나타내는 특성영역정보를 특성 종류별로 저장하며, 지도정보 저장부(43b)는 검색 대상지역의 관로, 위치 등을 나타내는 기준 지도정보를 저장한다.

[0045] 제어장치(42)는 검색 대상지역의 지역 특성을 나타내는 적어도 2 이상이 다른 종류의 특성영역정보를 특성영역정보 저장부(43a)로부터 호출해 각 특성영역정보마다 식별 가능하게 동일 화면상에 표시하고, 검색 대상지역의 기준 지도정보를 지도정보 저장부(43b)로부터 호출하여 화면상에 특성영역정보로 겹쳐 표시하며, 또한 각 특성영역의 중복수 또는 각 특성영역정보의 중요 된 값의 합계값마다 중복 특성영역을 요구하고, 중복 특성영역과 기준 지도정보를 겹쳐 표시한다.

[0046] 출력장치(45)의 디스플레이(45a)는 제어장치(42)에 의해 호출된 특성영역정보 및 기준 지도정보를 한 화면으로 표시하며, 프린터(45b)는 표시된 정보를 출력한다.

[0047] 종래의 기술에 따른 지역별 지진피해 상황 예측 검색 시스템에 따르면, 지역별 지진피해 상황을 자동적으로 예측할 수 있다.

[0048] 하지만, 종래의 기술에 따른 지역별 지진피해 상황 예측 검색 시스템의 경우, 지역별 지진피해 상황을 자동적으로 예측할 수 있지만, 지진 발생에 따른 광범위한 2차적인 화재피해 위험도를 예측할 수 없다는 한계가 있다.

[0049] 한편, 화재위험도 평가와 관련된 다른 선행기술로서, 대한민국 등록특허번호 제10-1937310호에는 "교량의 화재위험도 평가방법"이라는 명칭의 발명이 개시되어 있다.

[0050] 종래의 기술에 따른 교량의 화재위험도 평가방법은,

[0051] a) 교량의 화재발생을 유발하는 원인이 되는 요소인 화원의 빈도를 조사하는 화원빈도 조사단계; b) 화원의 위치를 조사하는 화원위치 조사단계; c) 교량에 화재 발생 시 화재를 확산시키거나 저감할 수 있는 요소를 조사하는 확산특성 조사단계; d) 교량의 상부, 내부, 하부의 구성재료의 특성을 조사하는 구성재료특성 조사단계; e) 교량에 화재 발생 시 화재를 억제할 수 있는 요소 중 교량관리주체가 수행불가능한 것을 조사하는 기본방화대책 조사단계; f) 교량에 화재 발생 시 화재를 억제할 수 있는 요소 중 교량관리주체가 수행가능한 것을 조사하는 특별방화대책 조사단계; g) 교량의 내화성능을 조사하는 내화대책 조사단계; 및 h) 교량의 화재위험도를 평가하는 평가단계를 포함하여 이루어진다.

[0052] 따라서, 종래의 기술에 따른 교량의 화재위험도 평가방법에 따르면, 교량의 화재위험도 평가방법을 제시함으로써, 교량의 화재로 인한 피해를 줄일 수 있다.

[0053] 하지만, 종래의 기술에 따른 교량의 화재위험도 평가방법의 경우, 지진 발생에 따른 광범위한 2차적인 화재피해 위험도를 예측할 수 없다는 한계가 있다.

[0054] 한편, 도 5는 종래의 기술에 따른 동적 화재 시뮬레이션 방식의 지진 발생 후 건축물 화재소실 위험도를 예시하는 도면이다.

[0055] 도 5에 도시된 바와 같이, 도시와 지방에 대해 지진 발생후 건축물 화재소실 위험도를 동적 화재 시뮬레이션 방식으로 나타낼 수 있지만, 전술한 바와 같이, 동적 화재 시뮬레이션 방식 정확도는 높지만 고도의 해석기술이 요구된다는 한계가 있다.

[0056] 이에 따라, 지진 발생이 빈번하지 않은 국내의 경우에 적용할 수 있도록, 최소의 입력정보만으로 빠른 속도로 지진 발생후 화재에 의한 건축물 소실을 평가할 수 있는 기술이 필요한 상황이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0057] (특허문헌 0001) 일본 등록특허번호 제6,795,901호(등록일: 2020년 11월 17일), 발명의 명칭: "재해 발생시의 위험도 평가 장치 및 재해 발생시의 위험도 평가 프로그램"

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허번호 제10-2329428호(등록일: 2021년 11월 17일), 발명의 명칭: "딥러닝을 활용한 건물단위 화재 위험도 예측 장치 및 이를 이용한 방법"

(특허문헌 0003) 일본 등록특허번호 제3,730,931호(등록일: 2005년 10월 14일), 발명의 명칭: "지역별 지진피해 상황 예측 검색 시스템"

(특허문헌 0004) 대한민국 등록특허번호 제10-1937310호(등록일: 2019년 1월 4일), 발명의 명칭: "교량의 화재 위험도 평가방법"

(특허문헌 0005) 대한민국 등록특허번호 제10-1642951호(등록일:2016년 7월 20일), 발명의 명칭: "GIS 기반 실시간 지진피해 예측 방법"

(특허문헌 0006) 대한민국 등록특허번호 제10-2266066호(등록일: 2021년 6월 11일), 발명의 명칭: "지진 재난대응을 위한 의사결정 가시화 시스템 및 방법"

(특허문헌 0007) 대한민국 등록특허번호 제10-2342192호(등록일: 2021년 12월 17일), 발명의 명칭: "빅데이터 기반의 재난 발생 위험도 예측장치 및 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0058] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 공공 데이터를 활용하여 도시나 비도시의 지역별(지역 단위) 클러스터 단위로 분류하고, 최소한의 입력정보를 활용하여 지진 발생후 화재에 의한 건축물의 소실률을 기계학습-기반으로 평가하여 지진화재 위험도를 신속하게 평가하는, 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0059] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 도시나 비도시의 지역별 건축물의 내화구조 유형별 화재확산거리와 건축물 사이의 인접거리를 비교하여 클러스터를 구축하고, 각 클러스터 내 지역 특성 등을 반영한 기계학습-기반 건축물 화재소실을 평가할 수 있는, 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0060] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 기존의 동적 화재 시뮬레이션 방법론과 달리 공공 데이터베이스(건축물대장 등)과 GIS(지리정보시스템)의 건축물 사이의 인접거리 등의 간단한 정보만으로 도시나 비도시의 지역별 지진 발생 이후의 건축물의 화재소실률을 평가할 수 있는, 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0061] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 수단으로서, 본 발명에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템은, 지진 규모에 따른 건축물 내 화재 발생 여부를 예측하도록 출화율을 산정하는 출화율 산정 모듈; 지정된 도시나 비도시의 지역별 클러스터를 구성하며, 건축물 내화구조 유형별 화재확산거리와 GIS-기반 건축물 인접거리의 비교를 통해 지역별 다수의 클러스터를 구축하는 화재 클러스터링 모듈; 공공 데이터인 건축물대장에 따른 건축물 화재소실을 기계학습-기반으로 평가하여, 도시와 비도시의 지역별 건축물 화재소실률을 산정하는 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈; 도시나 비도시의 지역별 클러스터 단위 건축물 지진화재 소실률 평가에 따른 클러스터 단위의 지진화재 위험도를 평가하는 지역별 클러스터 단위 지진화재 위험도 평가부; 및 출화율 산정, 내화구조 유형 판정 및 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가를 위한 공공 데이터로서, 건축물대장, GIS 정보, 동적 화재 시뮬레이션 데이터 및 화재통계 데이터를 제공하는 공공 데이터 제공부를 포함하되, 상기 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈은 건축물 내화구조 유형별 연소저항률(CVF) 대비 클러스터 내 평균 화재소실률에 해당하는 소실 건축면적 비율을 산정하는 것을 특징으로 한다.

[0062] 여기서, 상기 건축물 내화구조 유형은 건축물대장의 구조시스템(구조재료), 사용승인연도, 건축물 층수, 연면적, 용도를 통하여 건축법시행령에 의거하여 내화, 준내화, 방화 및 목조로 추정될 수 있다.

[0063] 여기서, 상기 화재 클러스터링 모듈은 모든 건축물에 지진 발생 후 출화가 발생할 수 있다는 것을 가정하여, 상기 내화구조 유형에 따른 화재확산거리(Df)와 건물 사이의 인접거리(Dh)가 겹치는 영역을 모두 동일 클러스터로 구성할 수 있다.

[0064] 여기서, 상기 화재 클러스터링 모듈은, GIS 정보를 활용한 대상지역 내 건축물간 수평 인접거리(Dh)를 산정하는 건축물간 수평 인접거리 산정부; 건축물대장에 따라 건축물 내 내화구조 유형을 판정하는 건축물내 내화구조 유형 판정부; 건축물대장의 간단한 정보를 활용하여 각 건축물의 내화구조 유형에 따른 화재확산거리(Df)를 산정하는 내화구조 유형별 화재확산거리 산정부; 및 건축물간 수평 인접거리(Dh)와 내화구조 유형별 화재확산거리(Df)를 각각 비교하여 지정된 도시나 비도시의 지역별 클러스터를 구축하는 지역별 클러스터 구축부를 포함할 수 있다.

[0065] 여기서, 상기 지역별 클러스터 구축부는 건축물간 수평 인접거리(Dh)와 내화구조 유형별 화재확산거리(Df)를 각각 비교하여, $Dh \leq Df$인 경우 동일 클러스터로 지정하고, $Dh > Df$인 경우, 서로 다른 클러스터로 분류하여 지정할 수 있다.

[0066] 여기서, 상기 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈은, 상기 건축물대장의 정보를 활용하여 건축물별 내화구조 유형이 판정되면, 이를 바탕으로 건축물별 연소저항률을 산정하는 연소저항률 산정부; 상기 연소저항률 산정부에서 산정된 연소저항률에 따라 내화구조 유형별 화재확산거리를 산정하는 화재확산거리 산정부; 상기 산정된 연소저항률을 반영하여 건축물 소실률을 산정한 데이터셋을 구축하는 학습 데이터셋 구축부; 기계학습 알고리즘에 따라 상기 학습 데이터셋 구축부에서 구축된 데이터셋을 학습하는 학습 수행부; 및 상기 학습 수행부의 기계학습 결과에 따라 건축물 평균소실률을 산정하는 건축물 평균소실률 산정부를 포함할 수 있다.

[0067] 여기서, 상기 연소저항률 산정부에서 산정된 연소저항률은 내화구조 유형에 따른 건축면적을 포함한 화재영역을 의미하며, 내화성능이 낮을수록 화재에 따른 건물형상을 다르게 반영하되, 건물의 화재확산범위를 넓게 설정하여 건폐율을 확장하는 것을 특징으로 한다.

[0068] 여기서, 상기 건축물 평균소실률 산정부는 최초 입력정보인 건축물대장 정보와 계절 및 시간대에 따른 화재시나리오에 따라 클러스터 단위의 건축물 소실률을 평가할 수 있다.

[0069] 한편, 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 다른 수단으로서, 본 발명에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법은, a) 지진 규모에 따른 건축물 내 화재 발생 여부를 예측하도록 출화율을 산정하는 단계; b) 공공데이터를 활용하여 도시/비도시의 지역별 화재 클러스터를 구축하는 단계; c) 공공 데이터인 건축물대장에 따른 건축물 화재소실을 기계학습-기반으로 평가하는 단계; 및 d) 클러스터 단위의 건축물 화재소실에 따라 클러스터 단위의 지역별 건축물 지진화재 위험도를 평가하는 단계를 포함하되, 상기 c) 단계에서 연소저항률(CVF) 대비 클러스터 내 평균 화재소실률에 해당하는 소실 건축면적 비율을 산정하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0070] 본 발명에 따르면, 공공 데이터를 활용하여 도시나 비도시의 지역별(지역 단위) 클러스터 단위로 분류하고, 최소한의 입력정보를 활용하여 지진 발생후 화재에 의한 건축물의 소실률을 기계학습-기반으로 평가하여 지진화재 위험도를 신속하게 평가할 수 있다.

[0071] 본 발명에 따르면, 도시나 비도시의 지역별 건축물의 내화구조 유형별 화재확산거리와 건축물 사이의 인접거리를 비교하여 클러스터를 구축하고, 각 클러스터 내 지역 특성 등을 반영한 기계학습-기반 건축물 화재소실을 평가할 수 있다.

[0072] 본 발명에 따르면, 기존의 동적 화재 시뮬레이션 방법론과 달리 공공 데이터베이스(건축물대장 등)과 GIS(지리정보시스템)의 건축물 사이의 인접거리 등의 간단한 정보만으로 도시나 비도시의 지역별 지진 발생 이후의 건축물의 화재소실률을 간단하고 신속하게 평가할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0073] 도 1a는 종래의 기술에 따른 재해 발생시 위험도 평가 장치를 예시하는 구성도이고, 도 1b는 최대 진도와 건물의 전괴율과의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 2는 종래의 기술에 따른 건물 단위 화재 위험도 예측 장치의 구성도이다.

도 3은 도 2에 도시된 건물 단위 화재 위험도 예측 장치에 의해 제공되는 결과 페이지에 의해 구성된 화면을 예시하는 도면이다.

도 4는 종래의 기술에 따른 지역별 지진피해 상황 예측 검색 시스템의 구성도이다.

도 5는 종래의 기술에 따른 동적 화재 시뮬레이션 방식의 지진 발생 후 건축물 화재소실 위험도를 예시하는 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에 적용되는 클러스터의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템의 구성도이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서 화재 클러스터링 모듈의 구성도이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템의 화재 클러스터링 모듈에서 지역별 클러스터 구축부의 구체적인 구성도이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈의 구성도이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서 연소저항률에 따른 건물형상의 확장을 나타내는 도면이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서 연소저항률과 평균소실 건축 면적비율의 관계를 나타내는 도면이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법을 나타내는 동작 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0074] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0075] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "…부" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0076] [지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템(100)]

[0077] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 원리를 설명하기 위한 도면이고, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에 적용되는 클러스터의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0078] 도 6 및 도 7을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가는 지진 발생 후 화재에 의한 건축물의 소실을 빠른 속도로 예측하기 위한 것으로, 지진화재 클러스터링 및 소실률 산정 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0079] 먼저, 통상적인 방식으로 지진에 의해 기인한 출화율(Fire Breakout)을 산정한다.

[0080] 다음으로, 공공 데이터 중에서 건축물대장에 따라 내화구조유형을 판정하고, 내화구조 유형별 연소저항률(CVF)를 산정하며, 상기 연소저항률(CVF)에 기인하여 화재확산거리를 산정한다.

[0081] 이때, 건축물의 내화구조 유형에 따른 화재확산거리와 건축물 사이의 인접거리를 비교하여 클러스터(그룹)를 사전에 구축한다.

[0082] 이후, 사전에 구축된 각 클러스터 범위 내에 위치하고 있는 건축물의 화재에 의한 소실 발생률을 기계학습(Machine Learning)-기반으로 정적(Static) 화재 시뮬레이션 평가 방식으로 신속하게 판정한다.

[0083] 다시 말하면, 기존의 경우, 전술한 동적(Dynamic) 화재 시뮬레이션 방식으로 판정하지만, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가시 정적(Static) 화재 시뮬레이션 평가 방식으로 판정한다.

[0084] 이후, 도시나 비도시의 지역별 클러스터 각각의 평균 건축물 화재소실률을 산정한 후, 이를 바탕으로 도시나 비도시의 지역별 클러스터 단위의 지진화재 위험도를 평가한다.

[0085] 구체적으로, 도시나 비도시의 지역별 클러스터는, 도 7에 도시된 바와 같이 구성할 수 있으며, 도시나 비도시의 지역별 클러스터링을 위해서 GIS-기반의 인접거리 및 내화구조 유형별 화재확산거리를 각각 산정한다.

[0086] 이후, 도 7에서 연소범위로 나타낸 바와 같이, 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가를 위해서 지역 데이터를 반영한 지역 특성에 따라 건축물 소실을 평가한다.

[0087] 또한, 도시나 비도시의 지역별 클러스터 각각의 건축물에 대하여 상기 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 방법을 적용한다.

[0088] 다시 말하면, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가는, 도 6에 도시된 바와 같이, 클러스터 기반의 국내 지진화재 위험도의 평가를 위해서, 출화율 산정 및 클러스터 기반 소실율 산정을 통하여 지진화재 위험도를 평가하는 방법이다.

[0089] 여기서, 상기 출화율은 지진시나리오에 따른 출화 발생율을 산정한다. 또한, 클러스터 단위의 화재소실율을 산정하기 위하여 건축물의 내화구조 유형으로서, 예를 들면, 내화조, 준내화조, 방화조 등을 분류하고, 국내의 공공 데이터베이스와 연계한 연소저항률을 산정하여 건축물 단위의 화재확산거리를 산정한다.

[0090] 이를 지리정보시스템(Geographic Information System: GIS) 내에 구축된 데이터를 활용하여 건축물 사이의 거리를 비교하며, 이후, 클러스터 각각을 구성하여 지진 시나리오에 따른 클러스터 단위의 화재 소실율을 산정하게 된다.

[0091] 또한, 도 7은 GIS 기반으로 산정된 GIS-기반 인접거리와 화재확산거리를 비교하여 구축한 클러스터를 나타낸다.

[0092] 도 7에 도시된 바와 같이, 도시 내 다양한 유형의 내화구조 유형이 존재하며, 각 내화구조 유형에 따라 연소범위가 다른 것을 볼 수 있다.

[0093] 이때, 각 건축물은 모두 출화점이 존재할 수 있는 것으로 가정하여 각 출화점에 따라 화재가 확산될 수 있는 범위(연소저항율 기반의 화재확산거리)와 GIS-기반의 자동 추출된 건축물 사이의 인접 거리와 비교하여 클러스터를 구성할 수 있다.

[0094] 이를 바탕으로, 예를 들면, 도 7에 도시된 바와 같이, 5개의 건축물이 배치된 지역은 총 3개의 클러스터로 구성할 수 있다.

[0095] 한편, 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템의 구성도이다.

[0096] 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템(100)은,

[0097] 출화율 산정 모듈(110), 화재 클러스터링 모듈(120), 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130), 지역별 클러스터 단위 지진화재 위험도 평가부(140) 및 공공 데이터 제공부(150)를 포함하여 구성된다.

[0098] 출화율 산정 모듈(110)은 최대 지반가속도, 최대 지반속도 등의 지진 규모에 따른 건축물 내 화재 발생 여부를 예측하도록 출화율을 산정한다. 여기서, 출화는 소방서의 대응 이전 거주자가 화재 진압이 가능한 경우를 제외

한 화재를 의미하며, 상기 출화율 산정은 기존의 출화율 산정 방식을 그대로 이용할 수 있다.

[0099] 화재 클러스터링 모듈(120)은 지정된 도시나 비도시의 지역별 클러스터(그룹)를 구성하며, 건축물 내화구조 유형별 화재확산거리와 GIS-기반 건축물 인접거리의 비교를 통해 지역별 여러 개의 클러스터를 구축한다.

[0100] 여기서, 상기 건축물 내화구조 유형은 건축물대장의 구조시스템(구조재료), 사용승인연도, 건축물 층수, 연면적, 용도를 통하여 건축법시행령에 의거하여 추정할 수 있다.

[0101] 또한, 상기 화재 클러스터링 모듈(120)은 모든 건축물에 지진 발생 후 출화가 발생할 수 있다는 것을 가정하여, 내화구조 유형, 예를 들면, 내화, 준내화, 방화, 목조 등에 따른 화재확산거리(Df)와 건물 사이의 인접거리(Dh)가 겹치는 영역은 모두 동일 클러스터로 구성한다.

[0102] 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130)은 공공 데이터인 건축물대장에 따른 건축물 화재소실을 기계학습-기반으로 평가하며, 이때, 연소저항률(CVF) 대비 클러스터 내 평균 화재소실률에 해당하는 소실 건축면적 비율을 산정한다.

[0103] 여기서, 상기 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130)의 입력정보는, 클러스터 내 건축물대장 정보로서, 구조시스템, 사용승인연도, 건축물 층수, 연면적 및 용도 정보일 수 있지만, 이에 국한되는 것은 아니다.

[0104] 또한, 상기 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130)의 출력정보는 클러스터 내 화재소실 면적 비율일 수 있지만, 이에 국한되는 것은 아니다.

[0105] 지역별 클러스터 단위 지진화재 위험도 평가부(140)는 클러스터 각각에 상기 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130)을 적용함으로써, 도시나 비도시의 지역별 클러스터 단위 건축물 지진화재 소실률 평가에 따라 클러스터 단위의 지진화재 위험도를 평가한다.

[0106] 공공 데이터 제공부(150)는 출화율 산정, 내화구조 유형 판정 및 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가를 위한 공공 데이터를 제공한다. 예를 들면, 상기 공공 데이터 제공부(150)는 건축물대장, GIS 정보, 동적 화재 시뮬레이션 데이터 및 화재통계 데이터를 포함할 수 있지만, 이에 국한되는 것은 아니다.

[0107] 이에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템(100)은 각 클러스터에 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈을 적용함으로써 도시와 비도시의 지역별 건축물 화재소실률을 신속하게 평가할 수 있다.

[0108] 또한, 간단한 건축물대장 정보를 활용하여 도시 또는 비도시의 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진 발생 후 신속하게 화재 위험도를 평가할 수 있다.

[0109] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템(100)의 출화율 산정 모듈(110)을 통한 지진 규모에 따른 화재 발생 여부의 예측은 기존 기술과 동일하다.

[0110] 다음으로, 지정된 도시나 비도시의 지역별 화재 클러스터링 모듈(120)의 작동 과정은 다음과 같다.

[0111] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서 화재 클러스터링 모듈의 구성도이고, 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템의 화재 클러스터링 모듈에서 지역별 클러스터 구축부의 구체적인 구성도이다.

[0112] 도 9를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템(100)에서 화재 클러스터링 모듈(120)은

[0113] 건축물간 수평 인접거리 산정부(121), 건축물내 내화구조 유형 판정부(122), 내화구조 유형별 화재확산거리 산정부(123) 및 지역별 클러스터 구축부(124)를 포함하여 구성된다.

[0114] 건축물간 수평 인접거리 산정부(121)는 GIS 정보를 활용한 대상지역 내 건축물간 수평 인접거리(Dh)를 산정한다.

[0115] 건축물내 내화구조 유형 판정부(122)는 건축물대장에 따라 건축물 내 내화구조 유형을 판정한다. 예를 들면, 건축물대장의 사용승인연도, 건축물 층수, 구조시스템(구조재료), 용도, 연면적 정보를 기반으로 건축법 시행령 개정에 따라 내화구조 유형을, 예를 들면, 목조, 방화조, 준내화조 또는 내화조로 분류하여 판정한다.

[0116] 내화구조 유형별 화재확산거리 산정부(123)는 건축물대장의 간단한 정보를 활용하여 각 건축물의 내화구조 유형

에 따른 화재확산거리(Df)를 산정한다. 이러한 내화구조 유형에 따른 화재확산거리(Df)의 평가는 다음의 [수학식 1] 내지 [수학식 4]를 활용하여 산정할 수 있다.

[0117] 즉, 상기 건축물 내화구조 유형의 판정은 건축물대장의 간단한 정보만을 활용하여 건축법시행령의 내화구조 의무화 개정에 따라 추정할 수 있다.

수학식 1

[0118] $$\text{목조 화재확산거리} : Df = 12 \times (\frac{a}{10})^{0.442}\,[m]$$

수학식 2

[0119] $$\text{방화조 화재확산거리} : Df = 6 \times (\frac{a}{10})^{0.322}\,[m]$$

수학식 3

[0120] $$\text{준내화조 화재확산거리} : Df = 3 \times (\frac{a}{10})^{0.181}\,[m]$$

수학식 4

[0121] $$\text{내화조 화재확산거리} : Df = 0\,[m]$$

[0122] 여기서, [수학식 1] 내지 [수학식 3]의 a는 건축물 한 변의 길이를 나타낸다.

[0123] 지역별 클러스터 구축부(124)는 건축물간 수평 인접거리(Dh)와 내화구조 유형별 화재확산거리(Df)를 각각 비교하여 지정된 도시나 비도시의 지역별 클러스터를 구축한다.

[0124] 예를 들면, $Dh \leq Df$인 경우, 동일 클러스터로 지정하고, 또한, $Dh > Df$인 경우, 서로 다른 클러스터로 분류하여 지정한다.

[0125] 구체적으로, 도 10을 참조하면, 상기 화재 클러스터링 모듈(120)의 지역별 클러스터 구축부(124)는,

[0126] 지역별 클러스터 정보 입력부(124a), 클러스터 평가부(124b) 및 지역별 클러스터 정보 출력부(124c)를 포함할 수 있다.

[0127] 지역별 클러스터 정보 입력부(124a)는 GIS-기반 건축물간의 수평 인접거리, 내화구조 유형별 화재확산거리를 입력하고,

[0128] 클러스터 평가부(124b)는 건축물간 수평 인접거리(Dh)와 내화구조 유형별 화재확산거리(Df)를 각각 비교하여 동일 클러스터 여부를 평가하며,

[0129] 지역별 클러스터 정보 출력부(124c)는 지정된 도시나 비도시의 지역별 클러스터를 구성하여 출력한다.

[0130] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템(100)은 기계학습-기반 건축물 화재소실을 평가한다.

[0131] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈의 구성도이고, 한편, 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위

의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서 연소저항률에 따른 건물형상의 확장을 나타내는 도면으로서, 연소저항률의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0132] 도 11을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130)은,

[0133] 연소저항률(CVF) 산정부(131), 화재확산거리 산정부(132), 학습 데이터셋 구축부(133), 학습 수행부(134) 및 건축물 평균소실률 산정부(135)를 포함하여 구성된다.

[0134] 연소저항률(CVF) 산정부(131)는 상기 건축물대장의 정보를 활용하여 건축물별 내화구조 유형이 판정되면, 이를 바탕으로 건축물별 연소저항률(Covering Volume Fraction: CVF)을 산정한다.

[0135] 여기서, 상기 연소저항률(CVF)은 내화구조 유형에 따른 건축면적을 포함한 화재영역을 의미하므로, 내화성능이 낮을수록 화재에 따른 건물형상을 다르게 반영하되, 건물의 화재확산범위를 넓게 설정하여 건폐율을 확장할 수 있다.

[0136] 구체적으로, 상기 연소저항률(CVF)은 내화구조 유형에 따라 다음의 [수학식 5]로 산정할 수 있다.

[0137] 이러한 연소저항률은 내화구조 유형에 따라 다르게 산정될 수 있다. 이를 통해 내화구조 유형의 분류는 건축물 소실률 산정에 중요한 요소임을 알 수 있다. 즉, 내화성능이 낮을수록 건물의 화재확산범위를 넓게 설정하여 건폐율을 확장한다.

수학식 5

[0138] $$연소저항률(CVF) = 1-(3.293\times W+2.136\times F+1.340\times R)$$

[0139] 여기서, W는 세미크로스 목조 건폐율을 나타내고, F는 세미크로스 방화조 건폐율을 나타내며, R은 세미크로스 준내화조 건폐율을 각각 나타낸다.

[0140] 화재확산거리 산정부(132)는 상기 연소저항률(CVF) 산정부(131)에서 산정된 연소저항률(CVF)에 따라 내화구조 유형별 화재확산거리(^{Df})를 산정한다.

[0141] 도 12에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서, 상기 연소저항률(CVF)은 건물간 연소한계 거리의 절반 범위에 대한 면적과 대규모 공터를 제외한 지구 면적 비율을 나타낸다.

[0142] 이때, 건축물의 내화구조 유형, 예를 들면, 방화조, 내화조 또는 목조 등에 따라 화재가 확산되는 거리가 정해지므로, 이 면적과 건축면적을 포함한 화재영역을 정의하고, 이러한 화재영역을 제외한 영역이 연소저항 영역이 된다.

[0143] 여기서, 내화구조 유형에 따른 화재영역 범위가 달라질 수 있는데, 예를 들면, 목조는 건폐율 대비 3.293배를 적용하며, 방화조는 건폐율 대비 2.136배를 적용하고, 내화조는 건폐율 대비 1.340배를 각각 적용할 수 있다.

[0144] 도 11을 다시 참조하면, 학습 데이터셋 구축부(133)는 상기 산정된 연소저항률(CVF)을 반영하여 건축물 소실률을 산정한 데이터셋(Data Set)을 구축한다.

[0145] 해당 데이터셋을 활용하여 간단한 건축물대장 정보-기반 건축물 소실률을 판정할 수 있는 기계학습을 수행할 수 있다.

[0146] 학습 수행부(134)는 기계학습 알고리즘에 따라 상기 학습 데이터셋 구축부(133)에서 구축된 데이터셋을 학습한다.

[0147] 건축물 평균소실률 산정부(135)는 상기 학습 수행부(134)의 기계학습 결과에 따라 건축물 평균소실률을 도 13에 도시된 바와 같이 산정한다.

[0148] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템에서 연소저항률과 평균소실 건축 면적비율의 관계를 나타내는 도면이다.

[0149] 도 13에 도시된 바와 같이, 상기 연소저항률(CVF)과 클러스터 내 평균 건축물 소실률에 대한 데이터 구축은 화

재시나리오별(계절, 시간대) 동적 화재 시뮬레이션 데이터와 국내 화재통계 데이터베이스를 활용하여 다음과 같이 연소저항률과 평균 소실률 데이터 관계를 확인할 수 있다.

[0150] 여기서, 상기 평균소실 건축 면적비율인 소실률은 전 건축물 면적 중 소실의 가능성이 있는 범위가 몇 %인지 평균적으로 나타내는 것이다. 따라서, 상기 연소저항률(CVF)과 소실률의 관계를 나타내는 회귀식은 다음의 [수학식 6]으로 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0151] $$\text{평균소실 건축 면적비율(전건축면적)} = 1 - \exp\left(-\frac{0.01307}{\text{연소저항률}^{3.036}}\right)$$

[0152] 이러한 데이터 관계를 바탕으로, 최초 입력정보인 건축물대장 정보와 화재시나리오, 예를 들면, 계절, 시간대 등에 따른 화재시나리오에 따라 클러스터 단위의 건축물 소실률을 신속하게 평가할 수 있다.

[0153] 이에 따라, 지역별 클러스터 단위 지진화재 위험도 평가부(140)는 클러스터 각각에 상기 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈(130)을 적용함으로써, 도시나 비도시의 지역별 클러스터 단위 건축물 지진화재 소실률 평가에 따라 클러스터 단위의 지진화재 위험도를 평가하게 된다.

[0154] 결국, 본 발명의 실시예에 따르면, 공공 데이터베이스의 간단한 정보를 활용하여 지진 발생 후 화재에 의한 2차 피해에 따른 인명 및 재산 피해를 추정함으로써 재난 확산을 사전에 예방할 수 있으며, 또한, GIS, BIM(빌딩정보모델링) 등 플랫폼 탑재를 통한 빠른 속도로 재난에 대응할 수 있으므로, 이재민 대피 계획 수립을 통하여 피해를 최소화할 수 있다.

[0155] 또한, 사전에 지진에 의한 2차 피해 예측이 가능하므로, 국가 단위의 지진 발생 후 소방서, 소방인력, 소방설비의 추가 배치 등의 화재 대응 전략 구축에 적용할 수 있고, 건축물 내진보강계획 수립시 화재 피해 예측까지 반영한 소방설비 강화 등의 추가 보강 전략을 구축할 수 있다.

[0156] [지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법]

[0157] 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법을 나타내는 동작 흐름도이다.

[0158] 도 14를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법은, 먼저, 지진 발생 후 지진 규모에 따른 건축물 내 화재 발생 여부를 예측하도록 출화율을 산정한다(S110).

[0159] 다음으로, 공공데이터를 활용하여 도시/비도시의 지역별 화재 클러스터 구축한다(S120).

[0160] 이때, 지정된 도시나 비도시의 지역별 클러스터(그룹)를 구성하며, 건축물 내화구조 유형별 화재확산거리와 GIS-기반 건축물 인접거리의 비교를 통해 지역별 다수의 클러스터를 구축할 수 있다.

[0161] 여기서, 상기 건축물 내화구조 유형은 건축물대장의 구조시스템(구조재료), 사용승인연도, 건축물 층수, 연면적, 용도를 통하여 건축법시행령에 의거하여 내화, 준내화, 방화 및 목조로 추정될 수 있다.

[0162] 또한, 모든 건축물에 지진 발생 후 출화가 발생할 수 있다는 것을 가정하여, 상기 내화구조 유형에 따른 화재확산거리(Df)와 건물 사이의 인접거리(Dh)가 겹치는 영역을 모두 동일 클러스터로 구성하되, 건축물간 수평 인접거리(Dh)와 내화구조 유형별 화재확산거리(Df)를 각각 비교하여, $Dh \leq Df$인 경우 동일 클러스터로 지정하고, $Dh > Df$인 경우, 서로 다른 클러스터로 분류하여 지정할 수 있다.

[0163] 다음으로, 공공 데이터인 건축물대장에 따른 건축물 화재소실을 기계학습-기반으로 평가한다(S130).

[0164] 이때, 상기 연소저항률(CVF) 대비 클러스터 내 평균 화재소실률에 해당하는 소실 건축면적 비율을 산정할 수 있다.

[0165] 이때, 상기 산정된 연소저항률(CVF)은 내화구조 유형에 따른 건축면적을 포함한 화재영역을 의미하며, 내화성능이 낮을수록 화재에 따른 건물형상을 다르게 반영하되, 건물의 화재확산범위를 넓게 설정하여 건폐율을 확장할 수 있다.

[0166] 또한, 최초 입력정보인 건축물대장 정보와 계절 및 시간대에 따른 화재시나리오에 따라 클러스터 단위의 건축물 소실률을 평가할 수 있다.

[0167] 다음으로, 클러스터 단위의 건축물 화재소실에 따라 클러스터 단위의 지역별 건축물 지진화재 위험도를 평가한다(S140).

[0168] 이에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 지역별 클러스터 단위의 건축물 지진화재 위험도 평가 방법의 경우, 건축물 내화구조 유형별로 화재확산 거리와 건축물 인접거리 비교를 통해 클러스터를 구축하며,

[0169] 특히, 내화구조 유형에 따라 연소저항률(CVF)을 소정의 수학식으로 산정하며, 산정된 연소저항률을 반영해 건축물 소실률을 산출하여 데이터셋을 구축하되, 데이터 구축시 화재 시나리오별 동적 화재 시뮬레이션 데이터와 국내 화재 통계 데이터 베이스를 활용함으로써,

[0170] 간단하게 건축물대장 정보(내화구조 유형)를 입력해줌으로써 구축된 클러스터 내 화재소실 면적비율을 출력할 수 있다.

[0171] 결국, 본 발명의 실시예에 따르면, 공공 데이터를 활용하여 도시나 비도시의 지역별(지역 단위) 클러스터 단위로 분류하고, 최소한의 입력정보를 활용하여 지진 발생후 화재에 의한 건축물의 소실률을 기계학습-기반으로 평가하여 지진화재 위험도를 신속하게 평가할 수 있다.

[0172] 또한, 도시나 비도시의 지역별 건축물의 내화구조 유형별 화재확산거리와 건축물 사이의 인접거리를 비교하여 클러스터를 구축하고, 각 클러스터 내 지역 특성 등을 반영한 기계학습-기반 건축물 화재소실을 평가할 수 있다.

[0173] 또한, 기존의 동적 화재 시뮬레이션 방법론과 달리 공공 데이터베이스(건축물대장 등)과 GIS(지리정보시스템)의 건축물 사이의 인접거리 등의 간단한 정보만으로 도시나 비도시의 지역별 지진 발생 이후의 건축물의 화재소실률을 간단하고 신속하게 평가할 수 있다.

[0174] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0175] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0176] 100: 건축물 지진화재 위험도 평가 시스템

110: 출화율 산정 모듈

120: 화재 클러스터링 모듈

121: 건축물간 수평 인접거리 산정부

122: 건축물내 내화구조 유형 판정부

123: 내화구조 유형별 화재확산거리 산정부

124: 지역별 클러스터 구축부

124a: 지역별 클러스터 정보 입력부

124b: 클러스터 평가부

124c: 지역별 클러스터 정보 출력부

130: 기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈

131: 연소저항률(CVF) 산정부

132: 화재확산거리 산정부

133: 학습 데이터셋 구축부

134: 학습 수행부

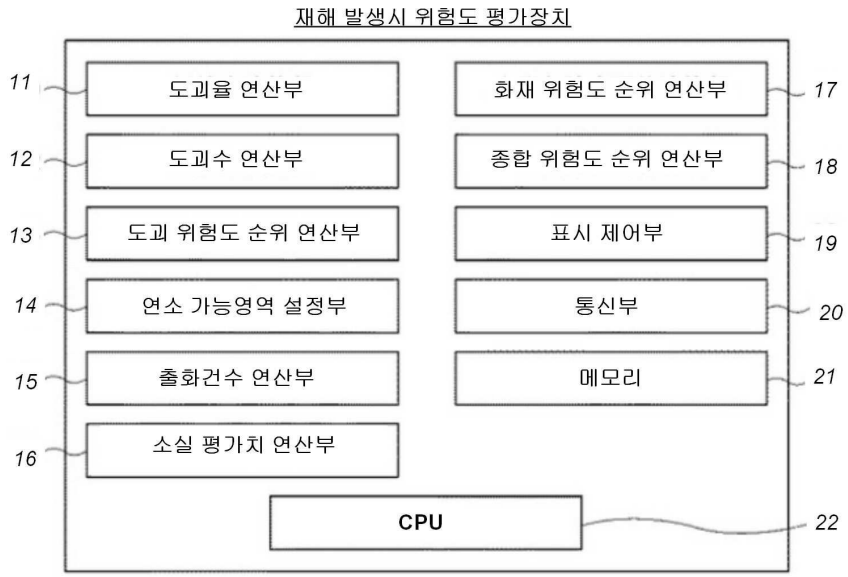
135: 건축물 평균소실률 산정부

140: 지역별 클러스터 단위 지진화재 위험도 평가부

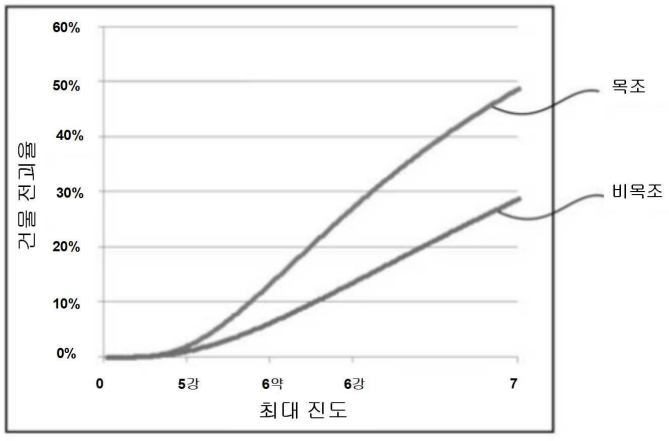
150: 공공 데이터 제공부

도면

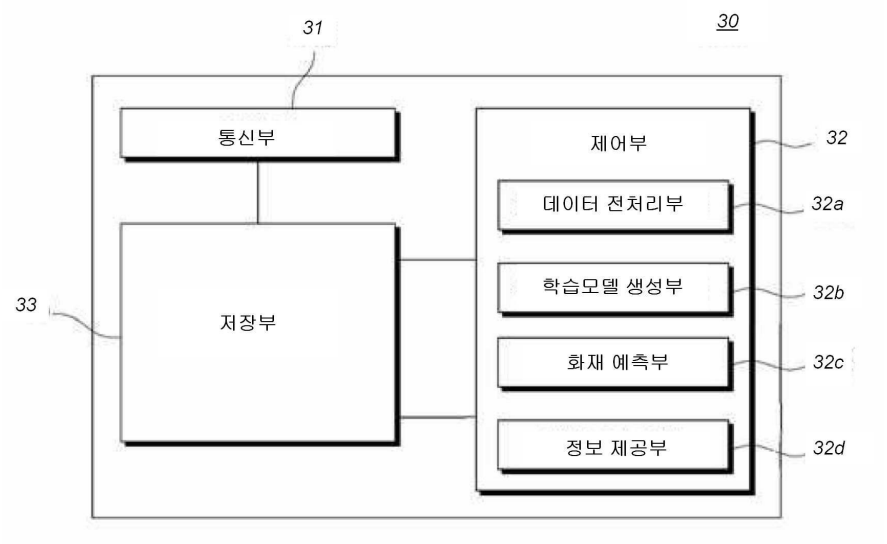
도면1a



도면1b



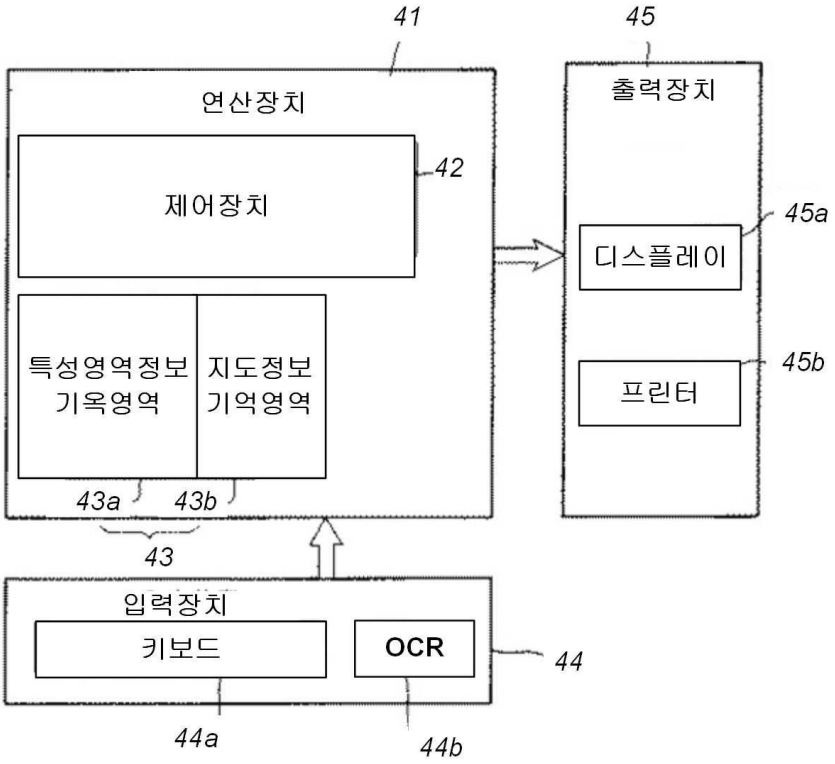
도면2


31
30
통신부
제어부
32
데이터 전처리부
32a
학습모델 생성부
32b
33
저장부
화재 예측부
32c
정보 제공부
32d

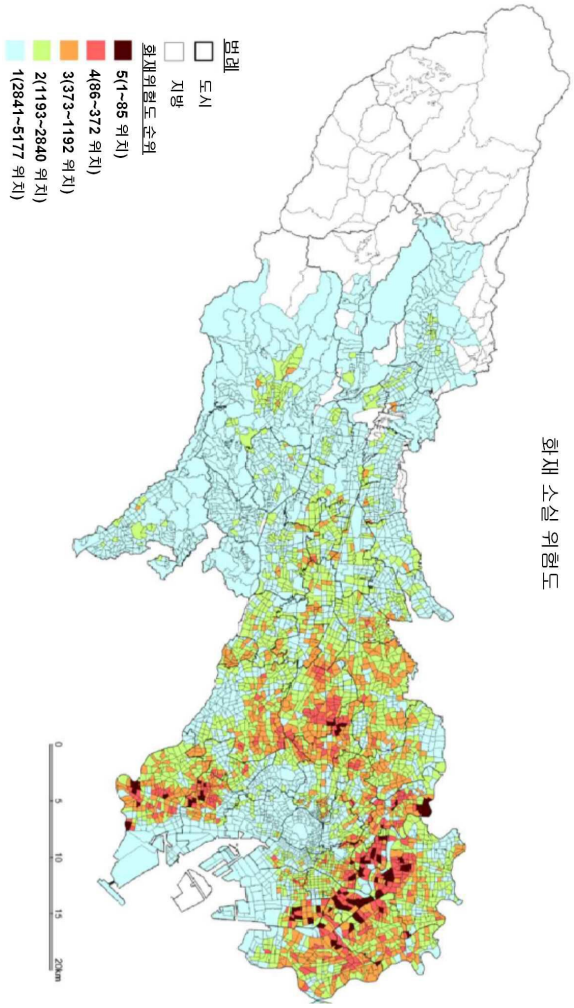
도면3


건물화재 예측 모델을 활용한 데이터 유통 서비스
2019년 4월 19일
건물화재 예측모델 데이터
건물화재 예측정보
건물화재 위험지수
건물화재 위험정보 비교
데이터 유통정보
건물화재 위험정보
시군구 예측등급
매우 위험
위험
경계
주의
관심

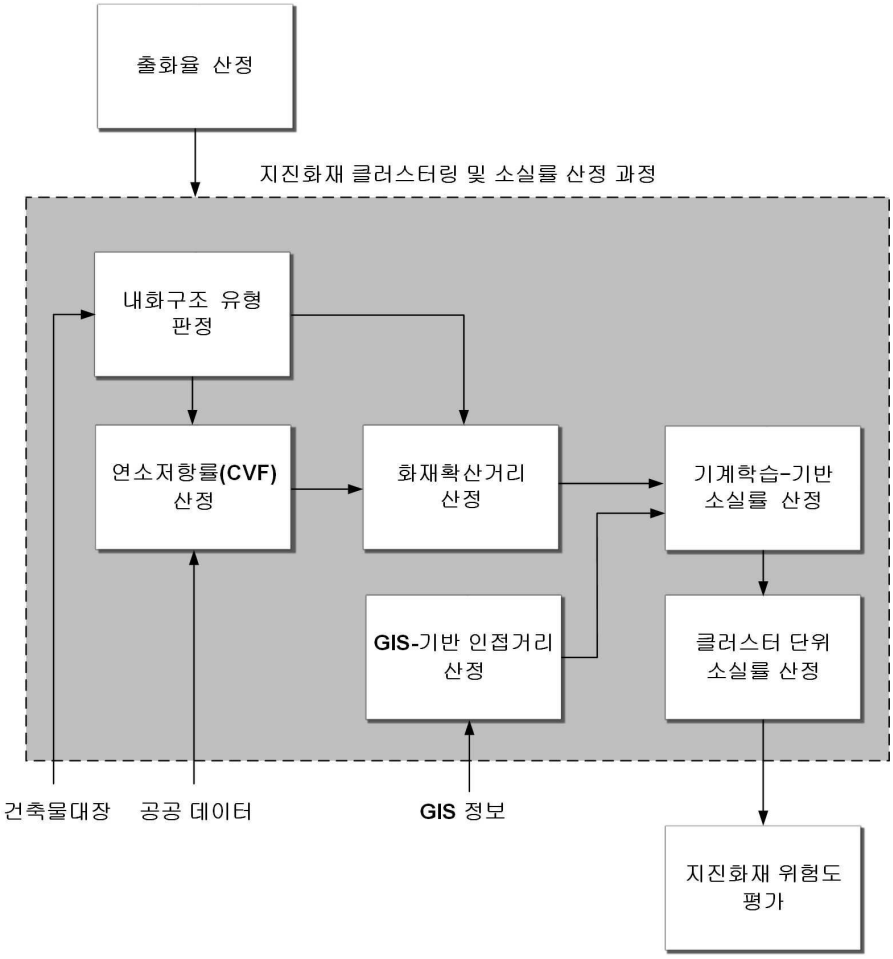
도면4


41
45
연산장치
출력장치
42
제어장치
45a
디스플레이
특성영역정보
기옥영역
지도정보
기억영역
45b
프린터
43a
43b
43
입력장치
키보드
OCR
44
44a
44b

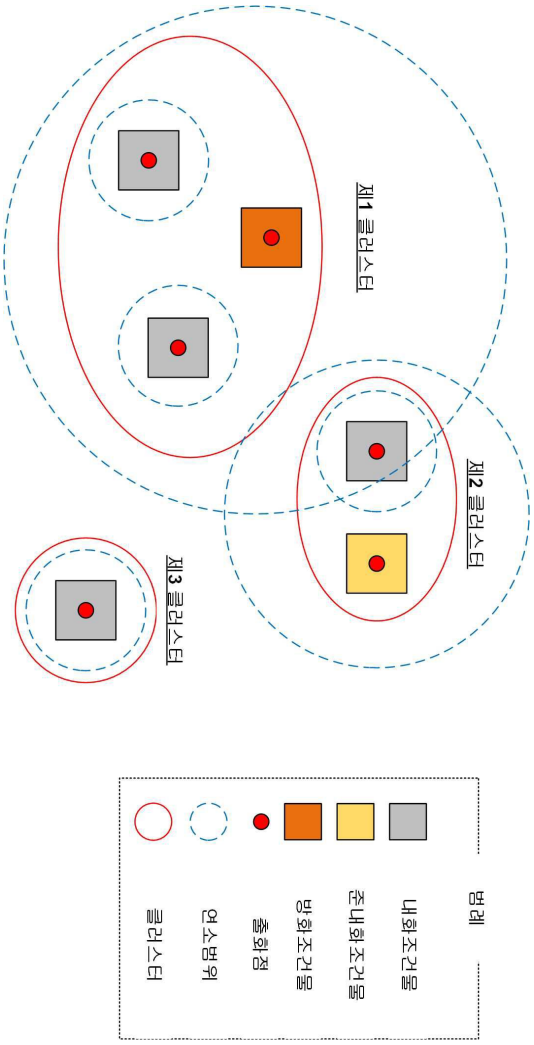
도면5


범례
도시
지방
화재위험도 순위
5(1~85 위치)
4(86~372 위치)
3(373~1192 위치)
2(1193~2840 위치)
1(2841~5177 위치)
화재 소실 위험도
0
5
10
15
20km

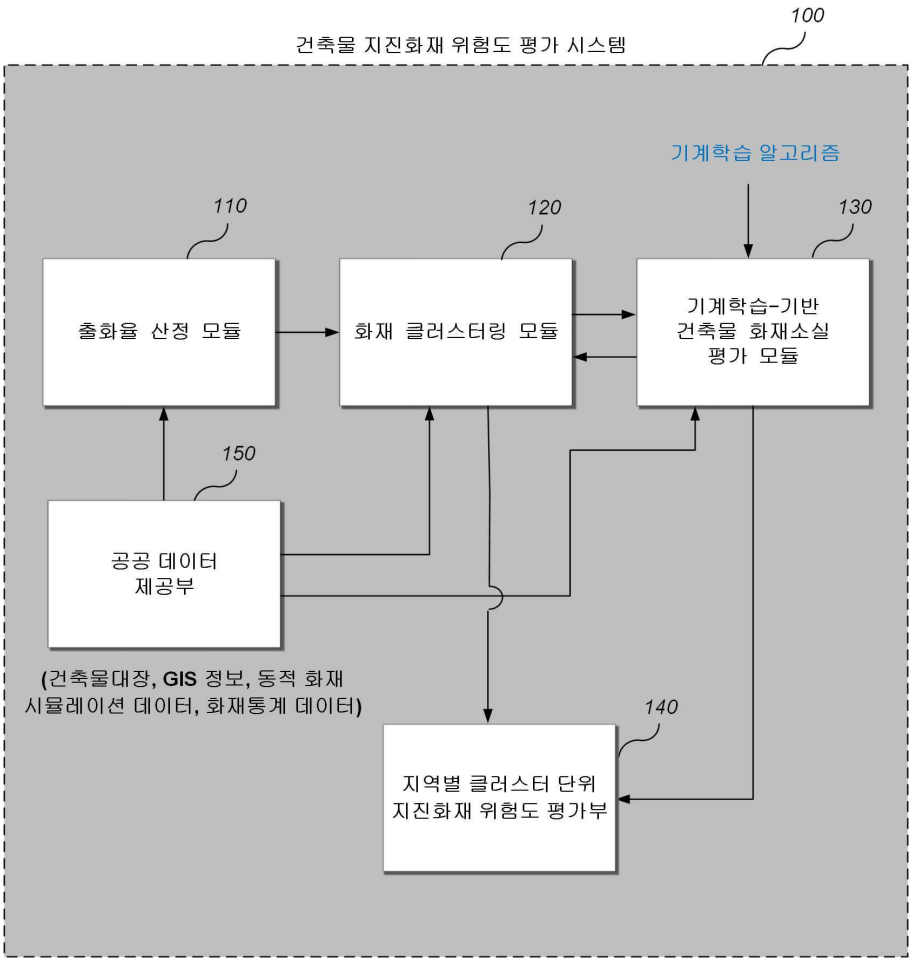
도면6


출화율 산정
지진화재 클러스터링 및 소실률 산정 과정
내화구조 유형 판정
연소저항률(CVF) 산정
화재확산거리 산정
기계학습-기반 소실률 산정
GIS-기반 인접거리 산정
클러스터 단위 소실률 산정
건축물대장
공공 데이터
GIS 정보
지진화재 위험도 평가

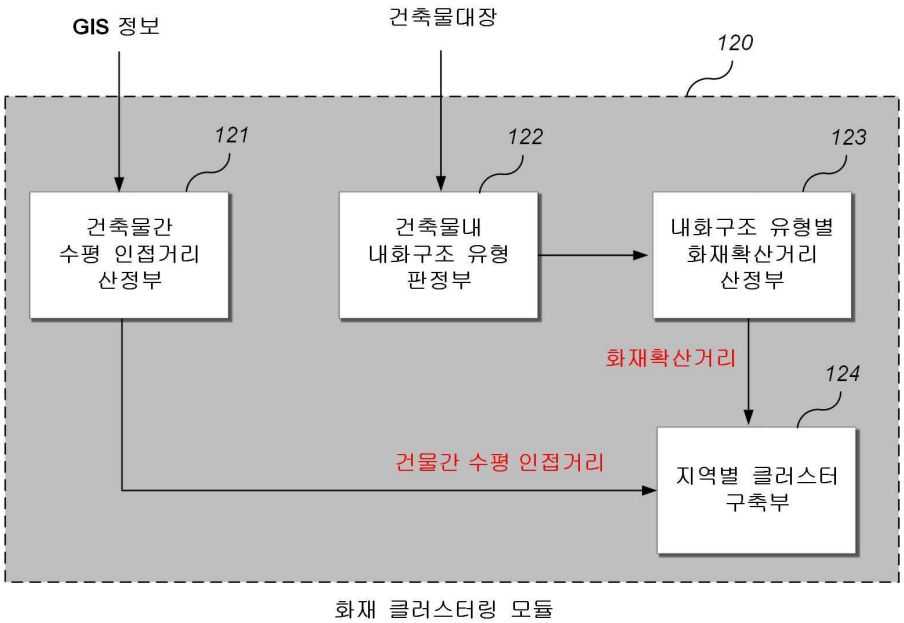
도면7



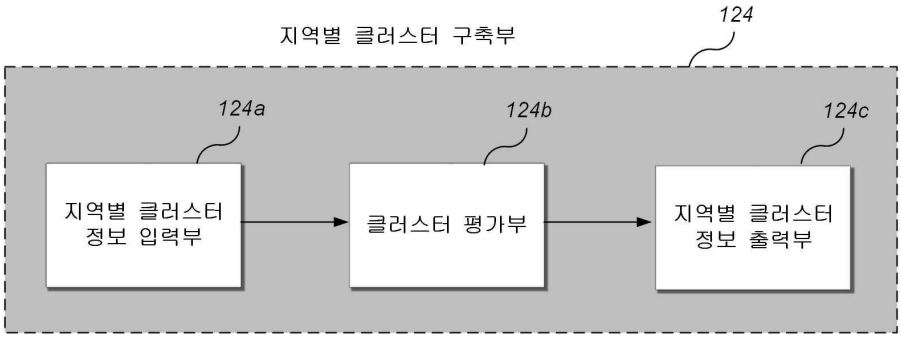
도면8


100
건축물 지진화재 위험도 평가 시스템
기계학습 알고리즘
110
120
130
출화율 산정 모듈
화재 클러스터링 모듈
기계학습-기반
건축물 화재소실
평가 모듈
150
공공 데이터
제공부
(건축물대장, GIS 정보, 동적 화재
시뮬레이션 데이터, 화재통계 데이터)
140
지역별 클러스터 단위
지진화재 위험도 평가부

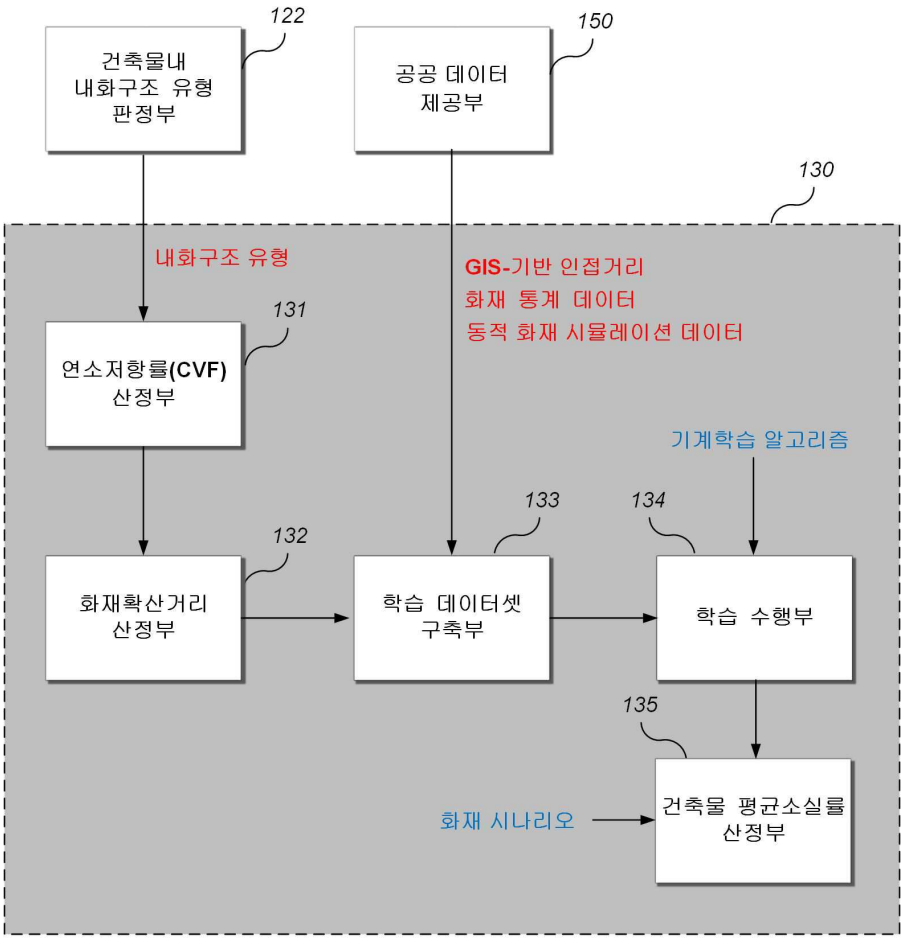
도면9


GIS 정보
건축물대장
120
121
122
123
건축물간
수평 인접거리
산정부
건축물내
내화구조 유형
판정부
내화구조 유형별
화재확산거리
산정부
화재확산거리
124
건물간 수평 인접거리
지역별 클러스터
구축부
화재 클러스터링 모듈

도면10

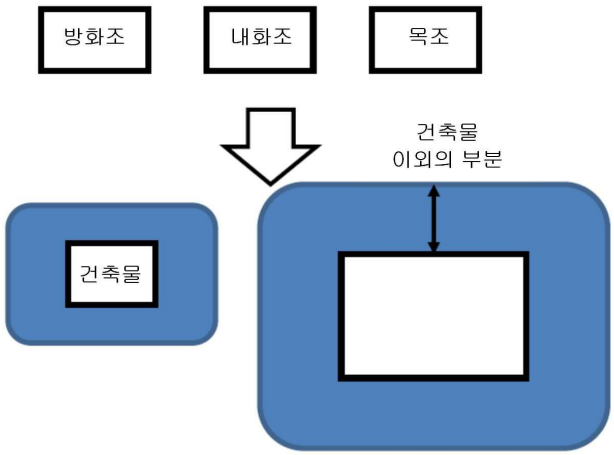


도면11

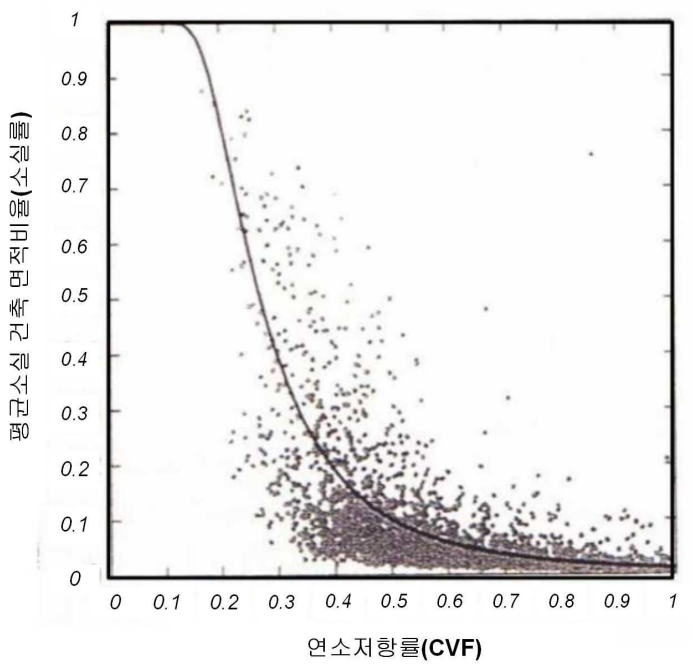


기계학습-기반 건축물 화재소실 평가 모듈

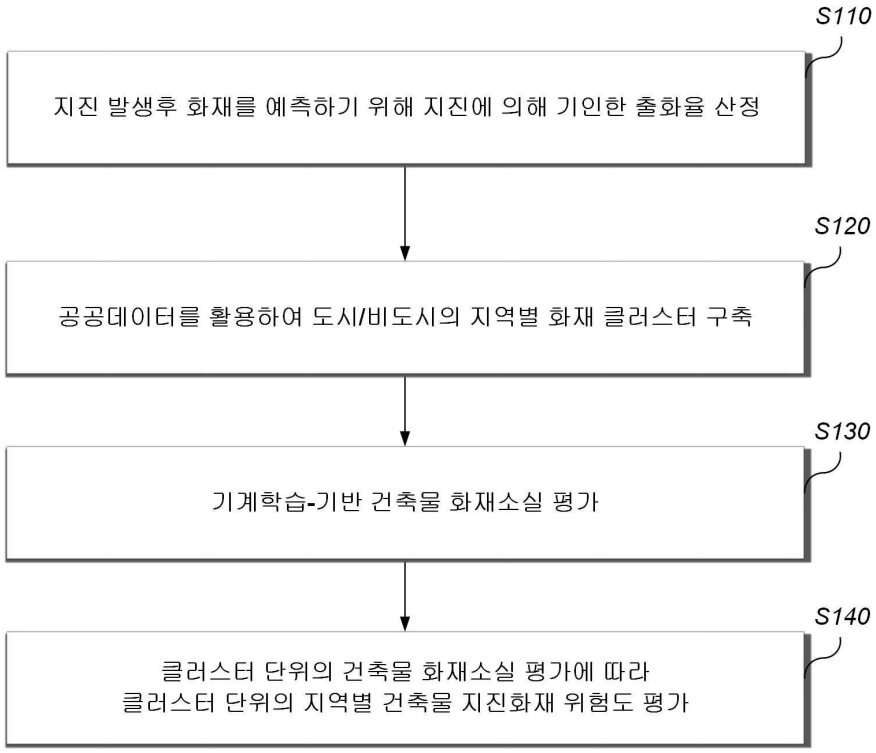
도면12


방화조
내화조
목조
건축물
이외의 부분
건축물

도면13


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
평균소실 건축 면적비율(소실률)
연소저항률(CVF)

도면14


S110
지진 발생후 화재를 예측하기 위해 지진에 의해 기인한 출화율 산정
S120
공공데이터를 활용하여 도시/비도시의 지역별 화재 클러스터 구축
S130
기계학습-기반 건축물 화재소실 평가
S140
클러스터 단위의 건축물 화재소실 평가에 따라
클러스터 단위의 지역별 건축물 지진화재 위험도 평가