(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년12월15일
(11) 등록번호 10-1809629
(24) 등록일자 2017년12월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/26 (2012.01) *G01W 1/10* (2006.01)
G06Q 90/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/26 (2013.01)
G01W 1/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0159616
(22) 출원일자 2016년11월28일
심사청구일자 2016년11월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090088132 A

(73) 특허권자
한국외국어대학교 연구산학협력단
경기도 용인시 처인구 모현면 외대로 81
(72) 발명자
이채연
경기도 용인시 처인구 모현면 외대로 81
신이레
경기도 용인시 처인구 모현면 외대로 81
권혁기
경기도 용인시 처인구 모현면 외대로 81
(74) 대리인
김인한

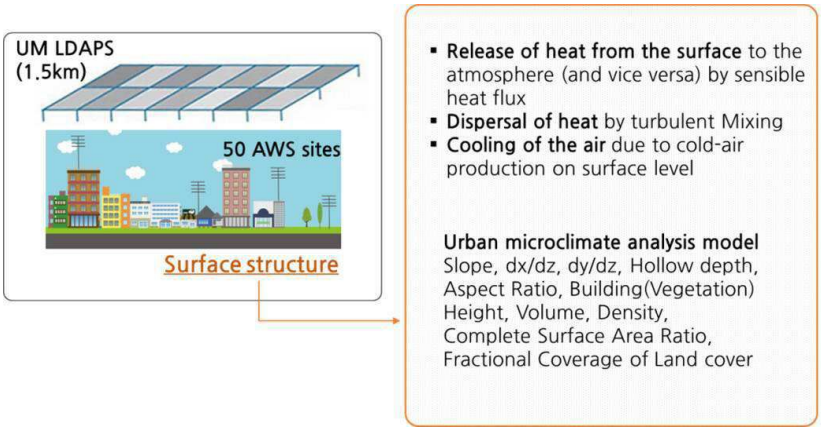
전체 청구항 수 : 총 19 항 심사관 : 배혜정

(54) 발명의 명칭 **기상청 국지예보모델을 활용한 도시 폭염 상세정보 예측 방법 및 시스템**

(57) 요 약

본원 발명의 일 실시예에 따른 도시 폭염 상세 정보 예측 방법은, 국지예보모델의 기온예측자료를 구축하는 단계; 자동기상관측망(AWS)의 기온관측자료를 구축하는 단계; 도시의 건물과 식생을 포함하는 수치 표고모델을 산출하는 단계; 미기후분석모델을 이용하여 상기 수치 표고모델로부터 도시의 형태 및 구조와 관련한 건물 분해능 수준의 도시지표면 변수들을 산출하는 단계; 상기 국지예보모델의 기온예측자료와 상기 도시지표면 변수를 결합하는 단계; 상기 국지예보모델의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수들을 독립변수로 하고, 상기 기온관측자료를 종속변수로 하여, 상기 국지예보모델의 기온예측자료의 편이 보정을 위한 학습모형을 구축하는 단계; 및 구축된 상기 학습모형에 상기 국지예보모델에서 예측한 다음날의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수를 입력하여, 편이 보정을 수행한 후 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보를 산출하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06Q 90/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 KMIPA-2012-0001-1
부처명 기상청
연구관리전문기관 (재)한국기상산업진흥원
연구사업명 차세대도시농림융합스마트기상서비스개발
연구과제명 차세대도시농림융합스마트기상서비스개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국외국어대학교 연구산학협력단
연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

제어부 및 상기 제어부에 연결되고 하기의 단계들을 수행하는 모듈들을 저장하는 데이터 저장 장치를 포함한 컴퓨터 단말기에서 수행되는 도시 폭염 상세 정보 예측 방법으로서,

상기 제어부는 상기 모듈들을 실행하여 하기의 단계들을 수행하며,

상기 단계들은,

국지예보모델의 기온예측자료를 구축하는 단계;

자동기상관측망(AWS)의 기온관측자료를 구축하는 단계;

도시의 건물과 식생을 포함하는 수치 표고모델을 산출하는 단계;

미기후분석모델을 이용하여 상기 수치 표고모델로부터 도시의 형태 및 구조와 관련한 건물 분해능 수준의 도시 지표면 변수들을 산출하는 단계;

상기 국지예보모델의 기온예측자료와 상기 도시지표면 변수를 결합하는 단계;

상기 국지예보모델의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수들을 독립변수로 하고, 상기 기온관측자료를 종속변수로 하여, 상기 국지예보모델의 기온예측자료의 편이 보정을 위한 학습모형을 구축하는 단계; 및

구축된 상기 학습모형에 상기 국지예보모델에서 예측한 다음날의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수를 입력하여, 편이 보정을 수행한 후 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보를 산출하는 단계;를 포함하는 도시 폭염 상세 정보 예측 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 국지예보모델의 기온예측자료를 구축하는 단계는,

기상청에서 한반도 영역의 기상예측을 위해 운영하고 있는 1.5 ㎞ 격자해상도의 UM LDAPS 자료 중 1.5m 높이에서의 1시간 단위의 기온예측자료를 구축하는 단계;를 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 도시지표면 변수들을 산출하는 단계는,

도시의 지표면 특성들과 도시캐노피 모수들로부터 도시미기후 공간분포를 분석하는 도시기후분석모델(CAS)을 이용하여, 경사도, 남북방향 경사길이, 동서방향 경사길이, 우묵한 지형깊이, 건물높이와 도로너비 비, 건물과 식생 높이/부피/밀도, 불투수피복에서의 열방출량, 토지피복(건물, 교목, 자연 피복, 인공피복, 물) 면적의 백분율 중 하나 이상을 포함하는 도시지표면 변수들을 산출하는 단계;를 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 편이 보정을 위한 학습모형을 구축하는 단계는,

서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM) 또는 다중 선형 회귀 모델(Multiple Linear Regression Model, LM))을 이용하고, 슬라이딩 윈도우 기법을 이용하여 최근의 과거자료를 산출하여 매일 새로운 입력자료를 구축하는 단계;를 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 국지예보모델의 기온예측자료는, 인터폴레이션 기법을 통해 건물 분해능 수준의 해상도로 변환되는, 도시 폭염 상세 정보 예측 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

산출되는 상기 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보는,

1시간 단위 기온, 1일 단위 최고기온 및 최저기온의 시간해상도와 10m의 공간해상도를 갖는, 도시 폭염 상세 정보 예측 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

산출된 상기 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보와 관측기온자료가 갱신되면 갱신된 상기 관측기온자료의 값을 이용하여 검증결과를 산출하는 단계;를 더 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 상세 기온 정보로부터 소정 단위의 경계 안에 포함되는 격자 중에 사람이 거주하는 지역을 위치 선정하여 해당 격자를 추출하는 단계;

상기 해당 격자들을 집계하여 이중 상위 10%에 포함되는 격자들 기온을 평균하여 상기 소정 단위의 대표값으로 할당하는 단계; 및

상기 대표값에 따라 소정의 위험 등급을 표출하는 단계;를 더 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 수치 표고모델을 산출하는 단계는,

수치건물지도로부터 수치건물모델을 생성하는 단계;

항공 라이다 자료로부터 분류된 식생자료를 이용하여 수치식생모델을 생성하는 단계;

분류된 지형자료를 이용하여 수치지형모델 생성하는 단계; 및

상기 수치건물모델, 수치식생모델 및 수치지형모델을 결합하여 최종 건물 및 식생이 포함된 수치 표고모델을 산출하는 단계;를 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 방법.

청구항 10

하드웨어와 결합되어 제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 기재된 도시 폭염 상세 정보 예측 방법의 각 단계를 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 11

국지예보모델의 기온예측자료를 구축하는 모듈;

자동기상관측망(AWS)의 기온관측자료를 구축하는 모듈;

도시의 건물과 식생을 포함하는 수치 표고모델을 산출하는 모듈;

미기후분석모델을 이용하여 상기 수치 표고모델로부터 도시의 형태 및 구조와 관련한 건물 분해능 수준의 도시 지표면 변수들을 산출하는 모듈;

상기 국지예보모델의 기온예측자료와 상기 도시지표면 변수를 결합하는 모듈;

상기 국지예보모델의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수들을 독립변수로 하고, 상기 기온관측자료를 종속변수로 하여, 상기 국지예보모델의 기온예측자료의 편이 보정을 위한 학습모형을 구축하는 모듈; 및

구축된 상기 학습모형에 상기 국지예보모델에서 예측한 다음날의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수를 입력하여, 편이 보정을 수행한 후 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보를 산출하는 모듈;을 포함하는 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 국지예보모델의 기온예측자료를 구축하는 모듈은,

기상청에서 한반도 영역의 기상예측을 위해 운영하고 있는 1.5 ㎞ 격자해상도의 UM LDAPS 자료 중 1.5m 높이에서의 1시간 단위의 기온예측자료를 구축하는 모듈;을 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 도시지표면 변수들을 산출하는 모듈은,

도시의 지표면 특성들과 도시캐노피 모수들로부터 도시미기후 공간분포를 분석하는 도시기후분석모델(CAS)을 이용하여, 경사도, 남북방향 경사길이, 동서방향 경사길이, 우묵한 지형깊이, 건물높이와 도로너비 비, 건물과 식생 높이/부피/밀도, 불투수피복에서의 열방출량, 토지피복(건물, 교목, 자연 피복, 인공피복, 물) 면적의 백분율 중 하나 이상을 포함하는 도시지표면 변수들을 산출하는 모듈;을 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 편이 보정을 위한 학습모형을 구축하는 모듈은,

서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM) 또는 다중 선형 델(Multiple Linear Regression Model, LM))을 이용하고, 슬라이딩 윈도우 기법을 이용하여 최근의 과거자료를 산출하여 매일 새로운 입력자료를 구축하는 모듈;을 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 국지예보모델의 기온예측자료는, 인터폴레이션 기법을 통해 건물 분해능 수준의 해상도로 변환되는, 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

산출되는 상기 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보는,

1시간 단위 기온, 1일 단위 최고기온 및 최저기온의 시간해상도와 10m의 공간해상도를 갖는, 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템.

청구항 17

제 11 항에 있어서,

산출된 상기 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보와 관측기온자료가 갱신되면 갱신된 상기 관측기온자료의 값을 이용하여 검증결과를 산출하는 모듈;을 더 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템.

청구항 18

제 11 항에 있어서,

상기 상세 기온 정보로부터 소정 단위의 경계 안에 포함되는 격자 중에 사람이 거주하는 지역을 위치 선정하여 해당 격자를 추출하는 모듈;

상기 해당 격자들을 집계하여 이중 상위 10%에 포함되는 격자들 기온을 평균하여 상기 소정 단위의 대표값으로 할당하는 모듈; 및

상기 대표값에 따라 소정의 위험 등급을 표출하는 모듈;을 더 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템.

청구항 19

제 11 항에 있어서,

상기 수치 표고모델을 산출하는 모듈은,

수치건물지도로부터 수치건물모델을 생성하는 모듈;

항공 라이다 자료로부터 분류된 식생자료를 이용하여 수치식생모델을 생성하는 모듈;

분류된 지형자료를 이용하여 수치지형모델 생성하는 모듈; 및

상기 수치건물모델, 수치식생모델 및 수치지형모델을 결합하여 최종 건물 및 식생이 포함된 수치 표고모델을 산출하는 모듈;을 포함하는, 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 기상청 국지예보모델을 활용한 도시 폭염 상세정보 예측 방법 및 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 국지예보모델의 예측능력과 도시지표면 상세 분석기능을 결합하여, 고해상도 도시열환경 예측자료를 산출하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 최근 고령화와 사회 양극화가 심화하면서 소외계층들의 기후변화에 대한 취약성이 증가하고 있으며, 이에 신속하게 사회적인 안전망을 보완할 필요성이 증가하고 있다. 도시 폭염 대응 관련계획 수립을 위해서는 무엇보다도 취약계층들의 거주위치에 대한 미기후적 환경을 상세하게 정보화해야 한다.

[0004] 기상청 현업모델인 국지예보모델은 기상예측정보를 1.5km*1.5km 격자로 제공한다. 지상 1.5m 높이에서의 기온분포는 도 1(좌)와 같다. 서울의 도시 내부와 외부의 뚜렷한 기온 편차는 5도 정도로 나타나지만, 도시 내부의 편차는 2도 정도로 나타난다. 실제 관측자료를 분석해보면 도 1(우)와 같은 그래프로 나타낼 수 있으며, 기상청에서 서울을 대표하여 예보하는 기온은 서울 종로구 송월동 지점(108번)의 값이다. 그러나 서울 내 다른 지점에서는 108번 지점과 다른 값으로 관측되며, 그 공간적 기온 편차는 4~5도 정도로 나타난다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 십 미터에서 수백 미터 단위로 피복분포 특성들이 급변하는 도시공간에서 나타나는 상세한 기온 취약특성을 수치적으로 산출하기 위해 보다 고해상도의 공간분해 능력을 가지는 도시폭염 예측 모델을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본원 발명의 일 실시예에 따른 도시 폭염 상세 정보 예측 방법은, 국지예보모델의 기온예측자료를 구축하는 단계; 자동기상관측망(AWS)의 기온관측자료를 구축하는 단계; 도시의 건물과 식생을 포함하는 수치 표고모델을 산

출하는 단계; 미기후분석모델을 이용하여 상기 수치 표고모델로부터 도시의 형태 및 구조와 관련한 건물 분해능 수준의 도시지표면 변수들을 산출하는 단계; 상기 국지예보모델의 기온예측자료와 상기 도시지표면 변수를 결합하는 단계; 상기 국지예보모델의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수들을 독립변수로 하고, 상기 기온관측자료를 종속변수로 하여, 상기 국지예보모델 기온예측자료의 편이 보정을 위한 학습모형을 구축하는 단계; 및 구축된 상기 학습모형에 상기 국지예보모델에서 예측한 다음날의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수를 입력하여, 편이 보정을 수행한 후 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보를 산출하는 단계;를 포함한다.

[0009] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 국지예보모델의 기온예측자료를 구축하는 단계는, 기상청에서 한반도 영역의 기상예측을 위해 운영하고 있는 1.5 ㎞ 격자해상도의 UM LDAPS 자료 중 1.5m 높이에서의 1시간 단위의 기온예측자료를 구축하는 단계;를 포함한다.

[0010] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 도시지표면 변수들을 산출하는 단계는, 도시의 지표면 특성들과 도시캐노피 모수들로부터 도시미기후 공간분포를 분석하는 도시기후분석모델(CAS)을 이용하여, 경사도, 남북방향 경사길이, 동서방향 경사길이, 우묵한 지형깊이, 건물높이와 도로너비 비, 건물과 식생 높이/부피/밀도, 불투수피복에서의 열방출량, 토지피복(건물, 교목, 자연 피복, 인공피복, 물) 면적의 백분율 중 하나 이상을 포함하는 도시지표면 변수들을 산출하는 단계;를 포함한다.

[0011] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 편이 보정을 위한 학습모형을 구축하는 단계는, 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM) 또는 다중 선형 회귀모델(Multiple Linear Regression Model, LM))을 이용하고, 슬라이딩 윈도우 기법을 이용하여 최근의 과거자료를 산출하여 매일 새로운 입력자료를 구축하는 단계;를 포함한다.

[0012] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 국지예보모델의 기온예측자료는, 인터폴레이션 기법을 통해 건물 분해능 수준의 해상도로 변환된다.

[0013] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 산출되는 상기 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보는, 1시간 단위 기온, 1일 단위 최고기온 및 최저기온의 시간해상도와 10m의 공간해상도를 갖는다.

[0014] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 산출된 상기 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보와 관측기온자료가 갱신되면 갱신된 상기 관측기온자료의 값을 이용하여 검증결과를 산출하는 단계;를 더 포함한다.

[0015] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 상세 기온 정보로부터 소정 단위의 경계 안에 포함되는 격자 중에 사람이 거주하는 지역을 위치 선정하여 해당 격자를 추출하는 단계; 상기 해당 격자들을 집계하여 이중 상위 10%에 포함되는 격자들 기온을 평균하여 상기 소정 단위의 대표값으로 할당하는 단계; 및 상기 대표값에 따라 소정의 위험 등급을 표출하는 단계;를 더 포함한다.

[0016] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 수치 표고모델을 산출하는 단계는,

[0017] 수치건물지도로부터 수치건물모델을 생성하는 단계; 항공 라이다 자료로부터 분류된 식생자료를 이용하여 수치식생모델을 생성하는 단계; 분류된 지형자료를 이용하여 수치지형모델 생성하는 단계; 및 상기 수치건물모델, 수치식생모델 및 수치지형모델을 결합하여 최종 건물 및 식생이 포함된 수치 표고모델을 산출하는 단계;를 포함한다.

[0018] 본원 발명의 일 실시예에 따르는 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램은 하드웨어와 결합되어 전술한 도시 폭염 상세 정보 예측 방법의 각 단계를 실행시킨다.

[0019] 본원 발명의 일 실시예에 따른 도시 폭염 상세 정보 예측 시스템은, 국지예보모델의 기온예측자료를 구축하는 모듈; 자동기상관측망(AWS)의 기온관측자료를 구축하는 모듈; 도시의 건물과 식생을 포함하는 수치 표고모델을 산출하는 모듈; 미기후분석모델을 이용하여 상기 수치 표고모델로부터 도시의 형태 및 구조와 관련한 건물 분해능 수준의 도시지표면 변수들을 산출하는 모듈; 상기 국지예보모델의 기온예측자료와 상기 도시지표면 변수를 결합하는 모듈; 상기 국지예보모델의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수들을 독립변수로 하고, 상기 기온관측자료를 종속변수로 하여, 상기 국지예보모델 기온예측자료의 편이 보정을 위한 학습모형을 구축하는 모듈; 및 구축된 상기 학습모형에 상기 국지예보모델에서 예측한 다음날의 기온예측자료 및 상기 도시지표면 변수를 입력하여, 편이 보정을 수행한 후 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보를 산출하는 모듈;을 포함한다.

[0020] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 국지예보모델의 기온예측자료를 구축하는 모듈은, 기상청에서 한반도 영역의 기상예측을 위해 운영하고 있는 1.5 ㎞ 격자해상도의 UM LDAPS 자료 중 1.5m 높이에서의 1시간 단위의 기

온예측자료를 구축하는 모듈;을 포함한다.

[0021] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 도시지표면 변수들을 산출하는 모듈은, 도시의 지표면 특성들과 도시캐노피 모수들로부터 도시미기후 공간분포를 분석하는 도시기후분석모델(CAS)을 이용하여, 경사도, 남북방향 경사길이, 동서방향 경사길이, 우묵한 지형깊이, 건물높이와 도로너비 비, 건물과 식생 높이/부피/밀도, 불투수피복에서의 열방출량, 토지피복(건물, 교목, 자연 피복, 인공피복, 물) 면적의 백분율 중 하나 이상을 포함하는 도시지표면 변수들을 산출하는 모듈;을 포함한다.

[0022] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 편이 보정을 위한 학습모형을 구축하는 모듈은, 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM) 또는 다중 선형 회귀 모델(Multiple Linear Regression Model, LM))을 이용하고, 슬라이딩 윈도우 기법을 이용하여 최근의 과거자료를 산출하여 매일 새로운 입력자료를 구축하는 모듈;을 포함한다.

[0023] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 국지예보모델의 기온예측자료는, 인터폴레이션 기법을 통해 건물 분해능 수준의 해상도로 변환된다.

[0024] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 산출되는 상기 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보는, 1시간 단위 기온, 1일 단위 최고기온 및 최저기온의 시간해상도와 10m의 공간해상도를 갖는다.

[0025] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 산출된 상기 건물 분해능 수준의 상세 기온 정보와 관측기온자료가 갱신되면 갱신된 상기 관측기온자료의 값을 이용하여 검증결과를 산출하는 모듈;을 더 포함한다.

[0026] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 상세 기온 정보로부터 소정 단위의 경계 안에 포함되는 격자 중에 사람이 거주하는 지역을 위치 선정하여 해당 격자를 추출하는 모듈; 상기 해당 격자들을 집계하여 이중 상위 10%에 포함되는 격자들 기온을 평균하여 상기 소정 단위의 대표값으로 할당하는 모듈; 및 상기 대표값에 따라 소정의 위험 등급을 표출하는 모듈;을 더 포함한다.

[0027] 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 수치 표고모델을 산출하는 모듈은,

[0028] 수치건물지도로부터 수치건물모델을 생성하는 모듈; 항공 라이다 자료로부터 분류된 식생자료를 이용하여 수치식생모델을 생성하는 모듈; 분류된 지형자료를 이용하여 수치지형모델 생성하는 모듈; 및 상기 수치건물모델, 수치식생모델 및 수치지형모델을 결합하여 최종 건물 및 식생이 포함된 수치 표고모델을 산출하는 모듈;을 포함한다.

발명의 효과

[0030] 본 발명은 기상청 국지예보모델에서 예측된 기온자료를 도시지표면 상세분석기술과 기계학습기법을 이용하여 보정하고, 보행자 환경에서의 기온자료를 상세화하며 정확도를 높여 관측 값과의 오차를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 기상청 국지예보모델의 1.5m 높이에서의 기온분포(좌) 및 도시 내 기온의 공간적 변동성 그래프(우)이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 도시 폭염 상세정보 예측시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 일 최고기온(좌) 및 최저기온(우) 산출모델 개발 결과를 나타내는 도면이다.

도 5는 송파구 지역의 항공사진(좌), 국지예보모델 기온예측자료(중) 및 본 발명의 일 실시예에 따른 상세화된 기온분포(우)를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 동 단위 열환경 분포도. 쪽방촌 위치와 노인인구분포비율을 중첩하여 관리우선순위를 표출하는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 열 위험 예측지도와 위험등급 표출을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 동일하거나 유사한 구성요소에는 동일·유사한 도면 부호를 부여하고 이에 대해 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0035] 이하에서 도면을 참조하여 본원 발명의 실시예를 보다 상세하게 설명한다.

[0037] 도 2는 도시 폭염 상세정보 예측시스템의 구성도이다.

[0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 도시 폭염 상세정보 예측시스템은 1.5km 해상도의 기상청 국지예보모델 자료를 10m 해상도의 지표면 구조 분석기술 즉, 지표면 열 방출(Release of heat from the surface to the atmosphere (and vice versa) by sensible heat flux), 대기 열 확산(Dispersal of heat by turbulent Mixing), 대기냉각(Cooling of the air due to cold-air production on surface level) 등을 분석할 수 있는 도시지표면 변수(Slope, dx/dz, dy/dz, Hollow depth, Aspect Ratio, Building(Vegetation) Height, Volume, Density, Complete Surface Area Ratio, Fractional Coverage of Land cover 등)들과 결합하는 것을 특징으로 포함한다. 또한, 50개의 관측망 자료를 통해 결합능력을 향상시키고 이를 통해 예보능력과 공간적 상세성을 함께 만족하는 서울시의 건물 분해능 수준의 기온 (Building Resolving air Temperature, BRT) 정보를 산출한다.

[0040] 도 3은 본원 발명의 일 실시예에 따른 흐름도이다.

[0042] <기상 입력자료 구축>

[0043] -국지예보모델 자료 구축 : 기상청 현업모델 UM LDAPS(numerical weather forecast model) 자료 중 1.5m 높이에서의 1시간 단위의 기온예측자료를 구축한다. 국지예보모델(LDAPS)은 기상청에서 한반도 영역의 기상예측을 위해 운영하고 있는 1.5 ㎞ 격자해상도 모델(연직층수: 70)로서 한반도 단기예측 모의(36시간)에 적용되고 있다. 일 예에서는 2015년 LDAPS 모델의 기온예측자료(6월~9월, 4개월) 중 주간(09시~20시, KST)과 야간(21시~08시, KST)을 대상으로 120개의 주간의 일 최고기온과 야간의 일 최저기온 자료의 공간분포 자료를 10m 해상도로 보간(interpolation)하여 상세 폭염예측 모형개발을 위한 입력 자료로 사용하였다. 이 자료는 통계기법 적용 시 독립변수로 사용된다.

[0045] -자동기상관측망 자료 구축 : 기상청 운영 자동기상관측망(AWS) 50개 지점의 기온관측자료를 구축한다. 이 자료는 통계기법 적용 시 종속변수로 사용된다.

[0047] <지표면 입력자료 구축>

[0048] -수치 표고모델 자료 구축 : 수치건물지도로부터 수치건물모델을 생성하고, 항공 라이다 자료로부터 분류된 식생자료를 이용하여 수치 식생모델을 생성하며, 분류된 지형자료를 이용하여 수치지형자료 생성한다. 이들을 결합하여 최종 건물 및 식생이 포함된 수치 표고모델을 산출한다.

[0049] -도시 지표면변수 산출 : 도시의 건물과 식생을 포함하는 수치 표고모델을 10m 해상도로 구축하고, 미기후분석모델(CAS, Climate Analysis Seoul; Urban microclimate analysis model)을 활용하여 도시의 형태 및 구조와 관련한 도시지표면 변수(Urban SFC physical variable)들을 산출한다. 도시기후분석모델(CAS)은 도시의 지표면 특성들(토지피복, 건물과 지형의 밀폐도/밀집도 등)과 도시캐노피 모수들로부터 도시미기후(열 및 바람환경) 공간분포를 분석하는 모델이다. 도시지표면 변수들은 경사도, 남북방향 경사길이, 동서방향 경사길이, 우묵한 지형깊이, 건물높이와 도로너비 비, 건물과 식생 높이/부피/밀도, 불투수피복에서의 열방출량, 토지피복(건물, 교목, 자연 피복, 인공피복, 물) 면적의 백분율 등을 포함한다.

[0051] <상세기온 산출모델 개발>

[0052] -국지예보모델 1.5km 해상도 기온자료(UM LDAPS data)와 10m 해상도 도시지표면 변수(Urban SFC physical variable)를 결합한 후, 관측기온자료 기반 도시 지표면의 물리적 구조환경을 반영하여, 국지예보모델 기온예측자료 편이 보정을 위한 학습모형을 생성한다.

[0053] -편이 보정을 위한 기계학습 기법은 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM) 및 다중 선형 회귀 모델

(Multiple Linear Regression Model, LM))을 이용할 수 있으며, 슬라이딩 윈도우 기법을 이용하여 최근 30일(약 1달간)의 과거자료를 산출하여 매일 새로운 모형입력자료를 구축한다.

[0054] -구축된 학습모형에 국지예보모델에서 예측한 다음날의 1.5Km 해상도 기온자료를 인터폴레이션 기법을 통해 10m 해상도로 변환한다. 이에 10m 해상도 도시지표면 변수를 입력하여, 편이 보정을 수행한 후 건물 분해능 수준의 기온(BRT)정보를 산출한다.

[0055] -산출정보의 시간해상도는 1시간 단위 기온, 1일 단위 최고기온 및 최저기온일 수 있다. 공간해상도는 10m 해상도로 건물 분해능 수준의 기온(Building Resolving air Temperature, BRT) 정보이다.

[0057] <검증체계>

[0058] -상세기온 산출모델로부터 매시간 예측되는 기온예측 값과 관측자료(KMA AWS / SKP AWS / Landsat8 SFC temperature)가 갱신될 때마다 기온관측 값을 이용하여 검증결과를 산출한다. 검증지표로는 제곱근오차(RMSE), 결정계수(R2), 일치도(IOA), 평균경향오차(MB)가 사용되었다.

[0060] <열 위험도(Heat Risk Level) 산출>

[0061] -도시 열환경 관리를 위한 행정구역 단위를 동 단위로 정의하고,

[0062] -상세기온(BRT)분포로부터 동 단위 경계 안에 포함되는 격자 중에 사람이 거주하는 지역(건물, 도로기준)을 위치 선정하여 해당 격자를 추출한다.

[0063] -해당 격자들을 집계하여 이중 상위 10%에 포함되는 격자들 기온을 평균하여 동 단위 대표값으로 할당한다.

[0064] -위험도 등급은 4단계로 산정할 수 있으며, 재해 없음, 주의, 경계, 심각 수준으로 정의한다.

[0065] -이로부터 매시간 단위 또는 일 단위로 설정함에 따라 4단계 수준의 열 위험예측지도가 표출된다.

[0067] 상술한 본원 발명의 일 실시예에 따르면, 다음과 같은 효과가 있다.

[0068] -상세화 : 국지예보모델의 예측능력을 확보하면서 도시 지표면 물리적 환경을 분석 결합하여 기온분포의 상세성을 높일 수 있다.

[0069] -정확도 개선 : 기온예측자료를 보정하게 됨으로써, 국지예보모델 예측값과 기상청 AWS 관측값의 제곱근오차(RMSE)가 1.33에서 0. 68로 개선, 결정계수(R2)가 0.44에서 0.91로 1에 가까운 값을 나타냈다.

[0070] -효과 : 기상청 예보는 서울지역을 하나의 대표값으로 알림을 하지만, 공간적으로 10m 격자 기온 편차분포를 산출하게 된 이 결과는 여름철 폭염경보 발령일이 아니라도 폭염 또는 열대야 수준의 열 위험지역을 알 수 있는 효과가 있다.

[0071] -대응 및 관리 : 동 단위 기준으로 4단계 위험도 알림으로 직관적 정보 획득이 가능하고, 상대적으로 취약한 지역을 구분하여 대응할 수 있다.

[0073] 도 4는 일 최고기온(좌) 및 최저기온(우) 산출모델 개발 결과를 나타내는 도면이다(도 1(좌)와 비교). 2015년 8월 30일을 사례로 예측된 BRT 결과는 다음과 같다. 산출된 BRT를 적용하면 일 최고기온의 경우 서울관측소의 기온이 30도일 때 국지적인 서울의 온도분포를 27도에서 33도까지 재구성할 수 있으며 일최저온도의 경우 서울관측소의 기온이 19도일 때 19도에서 25도까지 재구성할 수 있다. 즉, 상대적으로 기온이 높게 나타나는 지역과 낮게 나타나는 지역을 예보모형을 기반으로 공간화할 수 있다.

[0075] 도 5는 송파구 지역의 항공사진(좌), 국지예보모델 기온예측자료(중) 및 상세화된 기온분포(우)를 나타내는 도면이다. 예로, 송파구 일대의 LDAPS 자료의 일최고기온 분포 차이는 2도였으나 본원 발명의 일 실시예에 따른 UM LDAPS-CAS 결합모델에서 산출된 BRT 일최고기온 분포 차이는 7도였다.

[0077] 도 6은 동 단위 열환경 분포도를 나타내는 도면으로서, 쪽방촌 위치와 노인인구분포비율을 중첩하여 관리 우선순위를 표출한다. 건물 및 도로가 위치한 지역의 일 최고기온 분포를 집계하여 동 단위로 평균한 결과 2015년 8월 3일의 경우 동 별로 약 2.4도의 기온 차이가 나타난다. 이렇게 산출된 동별 최고온도평균 자료를 65세 이상 노령인구 비율 및 쪽방촌이 위치한 동 지도와 중첩하면 우선적으로 취약계층을 대상으로 열 환경관리가 집중되어야 할 동을 선정하는 데 유용한 정보들을 구할 수 있다.

[0079] 도 7은 열 위험 예측지도와 위험등급 표출을 나타내는 도면이다.

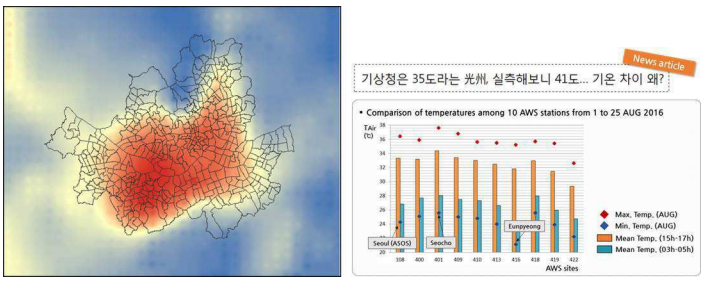
[0080] UM LDAPS-CAS 결합모델에 도 7에서처럼 "최고온도-노출시간" 메트릭스를 통해 서울시 열 위험지도를 시계열적으로 산출할 수 있다. 열 취약성은 재해 없음, 주의, 경계, 심각 수준으로 나타낸다. 이러한 자료는 향후 이를 동네수준의 열취약성 예보에 활용될 수 있다.

[0082] 전술한 본 발명은, 매체에 기록된 컴퓨터 프로그램 또는 애플리케이션으로 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체의 예로는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Disk), SDD(Silicon Disk Drive), ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있다. 또한, 상기 컴퓨터는 단말기의 제어부를 포함할 수도 있다.

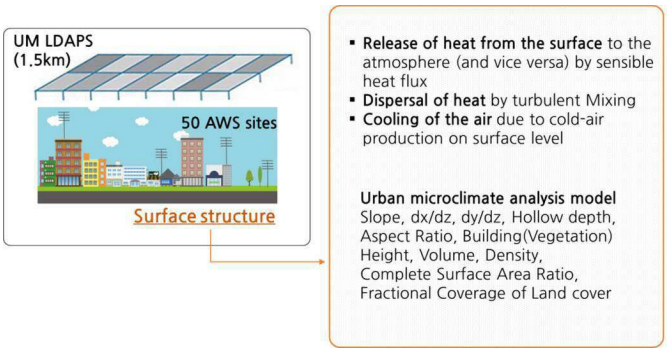
[0084] 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니 되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면

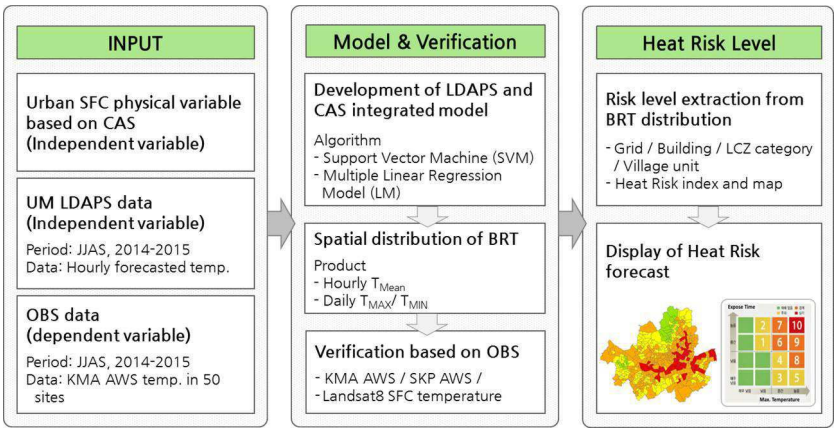
도면1



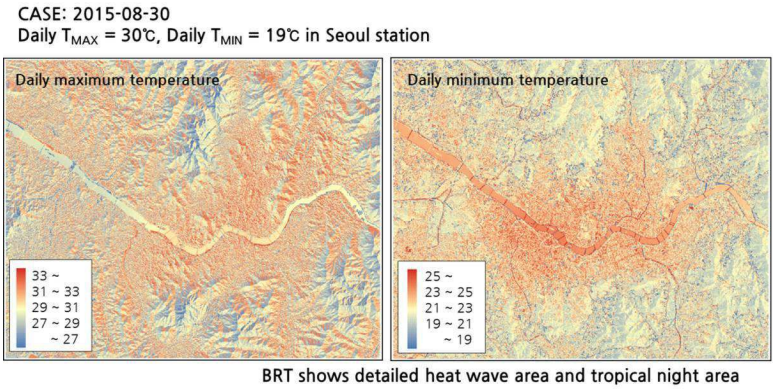
도면2



도면3

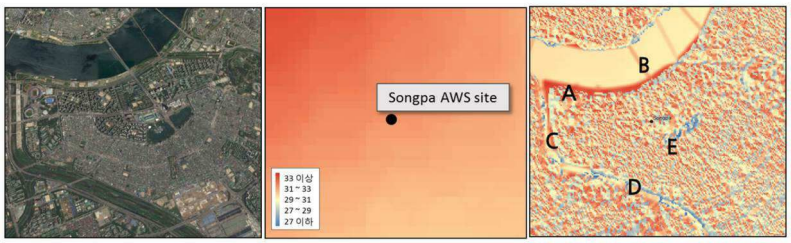


도면4



BRT shows detailed heat wave area and tropical night area

도면5

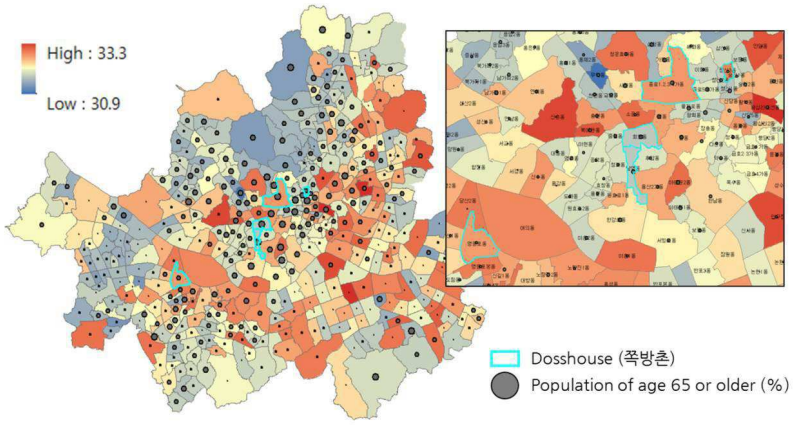


Aerial Photo (Source:Naver)

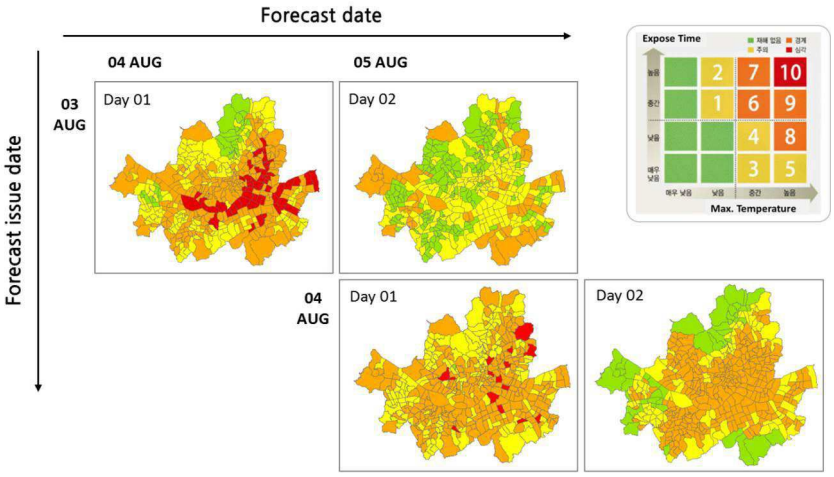
UM LDAPS
Spatial Deviation 2℃

BRT by UM LDAPS-CAS Model
Spatial Deviation 7℃

도면6


High : 33.3
Low : 30.9
Dosshouse (쪽방촌)
Population of age 65 or older (%)

도면7


Forecast date
Forecast issue date
04 AUG
05 AUG
03 AUG
04 AUG
Day 01
Day 02
Day 01
Day 02
Expose Time
Max. Temperature
2
7
10
1
6
9
4
8
3
5