



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월01일
(11) 등록번호 10-2307898
(24) 등록일자 2021년09월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 30/20 (2020.01) G01V 99/00 (2009.01)
- (52) CPC특허분류
G06F 30/20 (2020.01)
G01V 99/005 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0173658
- (22) 출원일자 2019년12월24일
심사청구일자 2019년12월24일
- (65) 공개번호 10-2021-0081558
- (43) 공개일자 2021년07월02일
- (56) 선행기술조사문헌
“A comparative assessment between three machine learning models and their performance comparison by bivariate and multivariate statistical methods for groundwater potential mapping”, August 2015.*
“Mapping Groundwater Potential Using a Novel Hybrid Intelligence Approach”, Water Resources Management volume 33(pp. 281-302), September 2018.*
“Groundwater spring potential modelling: Comprising the capability and robustness of three different modeling approaches”, Journal of Hydrology Volume 565(pp. 248-261), October 2018.*
“Groundwater spring potential mapping using bivariate statistical model and GIS in the Taleghan Watershed”, Arabian Journal of Geosciences volume 8(pp. 913-929), December 2013.
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
- (72) 발명자
아불가셈
서울특별시 광진구 능동로 209(군자동, 세종대학교)
최수미
서울특별시 광진구 능동로 209(군자동, 세종대학교)
- (74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 3 항

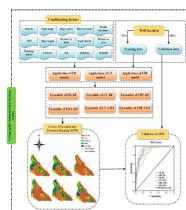
심사관 : 박승철

(54) 발명의 명칭 랜덤 포레스트 및 로지스틱 트리 모델을 가진 세가지 이변수 통계 모델의 통합 앙상블을 이용한 지하수 가능성 매핑

(57) 요약

랜덤 포레스트 및 로지스틱 트리 모델을 가진 세가지 이변수 통계 모델의 통합 앙상블을 이용한 지하수 가능성 매핑 기술이 개시된다. 지하수 가능성 매핑 방법은, 대상 지역의 지형 파라미터(Topographic Parameters)와 수문학적 파라미터(Hydrological Parameters)를 포함하는 유효 인자를 선택하는 단계; 및 상기 유효 인자를 이용한 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



이변수 통계 모델(Bivariate Statistical Model)을 통해 지하수 가능성 맵(groundwater potential map)을 생성하는 단계를 포함한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711093218
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신기술인력양성(R&D)
연구과제명	모바일 플랫폼 기반 엔터테인먼트 VR 기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31
공지예외적용	: 있음

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 시스템에서 실행되는 지하수 가능성 매핑 방법에 있어서,

상기 컴퓨터 시스템은 메모리에 포함된 컴퓨터 관독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 지하수 가능성 매핑 방법은,

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 대상 지역의 지형 파라미터(Topographic Parameters)와 수문학적 파라미터(Hydrological Parameters)를 포함하는 유효 인자를 선택하는 단계; 및

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 유효 인자를 이용한 이변수 통계 모델(Bivariate Statistical Model)을 통해 지하수 가능성 맵(groundwater potential map)을 생성하는 단계

를 포함하고,

상기 선택하는 단계는,

고도(altitude), 경사각(slope angle), 경사면(slope aspect), 경사 길이(slope length), 평면 곡률(plan curvature), 종단 곡률(profile curvature)을 포함하는 지형 파라미터를 선택하는 단계;

TWI(topographic wetness index), 강과의 거리(distance from river), 배수 밀도(drainage density)를 포함하는 수문학적 파라미터를 선택하는 단계; 및

암질(lithology), 단층 거리(distance from fault), 단층 밀도(fault density)를 포함하는 지질 파라미터(Geological Parameters), 강우량(rainfall)을 포함하는 기후 파라미터(Climate Parameters), 토지 이용(land use)과 토양(soil)을 포함하는 생태학적 파라미터(Ecological Parameters)를 선택하는 단계

를 포함하고,

상기 생성하는 단계는,

RF(랜덤 포레스트) 모델과 LMT(로지스틱 모델 트리) 모델이 포함된 세 가지 이변수 통계 모델인 FR(frequency ratio) 모델과 CF(certainty factor) 모델 및 EBF(evidential belief function) 모델을 통해 상기 지하수 가능성 맵을 생성하는 것으로,

상기 FR 모델과 상기 CF 모델 및 상기 EBF 모델을 통해 상기 유효 인자에 대한 공간 관계를 계산하는 단계; 및

상기 세 가지 이변수 통계 모델의 가중치를 상기 RF 모델과 상기 LMT 모델의 입력 값으로 하여 상기 지하수 가능성 맵을 생성하는 단계

를 포함하는 지하수 가능성 매핑 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 지하수 가능성 매핑 방법은,

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, ROC(receiver operating characteristic) 곡선과 AUC(area under curve)를 사용하여 상기 지하수 가능성 맵을 검증하는 단계

를 더 포함하는 지하수 가능성 매핑 방법.

청구항 7

컴퓨터 시스템에 있어서,

메모리에 포함된 컴퓨터 판독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서

를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

대상 지역의 지형 파라미터와 수문학적 파라미터를 포함하는 유효 인자를 선택하는 과정; 및

상기 유효 인자를 RF(랜덤 포레스트) 모델과 LMT(로지스틱 모델 트리) 모델이 포함된 이변수 통계 모델의 입력 값으로 하여 지하수 가능성 맵을 생성하는 과정

을 처리하고,

상기 선택하는 과정은,

고도(altitude), 경사각(slope angle), 경사면(slope aspect), 경사 길이(slope length), 평면 곡률(plan curvature), 종단 곡률(profile curvature)을 포함하는 지형 파라미터를 선택하는 과정;

TWI(topographic wetness index), 강과의 거리(distance from river), 배수 밀도(drainage density)를 포함하는 수문학적 파라미터를 선택하는 과정; 및

암질(lithology), 단층 거리(distance from fault), 단층 밀도(fault density)를 포함하는 지질 파라미터 (Geological Parameters), 강우량(rainfall)을 포함하는 기후 파라미터(Climatic Parameters), 토지 이용(land use)과 토양(soil)을 포함하는 생태학적 파라미터(Ecological Parameters)를 선택하는 과정

을 포함하고,

상기 생성하는 과정은,

RF(랜덤 포레스트) 모델과 LMT(로지스틱 모델 트리) 모델이 포함된 세 가지 이변수 통계 모델인 FR(frequency ratio) 모델과 CF(certainty factor) 모델 및 EBF(evidential belief function) 모델을 통해 상기 지하수 가능성 맵을 생성하는 것으로,

상기 FR 모델과 상기 CF 모델 및 상기 EBF 모델을 통해 상기 유효 인자에 대한 공간 관계를 계산하는 과정; 및

상기 세 가지 이변수 통계 모델의 가중치를 상기 RF 모델과 상기 LMT 모델의 입력 값으로 하여 상기 지하수 가능성 맵을 생성하는 과정

을 포함하는 컴퓨터 시스템.

발명의 설명

기술 분야

아래의 설명은 지하수 가능성 매핑(GPM, groundwater potential mapping) 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

[0002] 최근 수십 년 동안 많은 국가에서 인구 증가와 산업화로 인해 지하수가 가장 큰 천연 자원 중 하나로 확인되고 있다. 지하수는 식수에 필요한 물의 약 50%, 산업에 필요한 물의 40%, 농업에 필요한 물의 20%를 제공한다. 지표수에 비해 지하수의 장점 중 하나는 자연적으로 저장되고, 넓은 지역을 차지하지 않으며, 증발로부터 안전하고, 오염과 갑작스런 가뭄에 덜 영향을 받으며, 모든 계절에 사용할 수 있다는 것이다. 다양한 목적을 위한 지하수 사용이 증가하고 있고 대부분의 대수층 및 지하수 저수지가 과도하게 개발되어 있다는 점을 고려할 때 지하수 가능성이 다양한 지역을 식별하는 것이 중요하다. 지하수 저장 가능성은 대수층의 최대 영구 저장량과 관련이 있다. 지하수 가능성 정보는 지역의 의사결정에 중요한 역할을 할 수 있다. 이란과 같은 개발도상국이 수문학적 정보에 접근하는데 많은 제약을 받고 있다는 사실을 고려할 때, 지하수 시스템의 현재 상태를 파악하는 것이 필수적이다.

[0003] 굴착, 지구물리적, 지질학적 방법과 같은 전통적인 지하수 탐사 방법은 높은 비용과 많은 시간, 인력을 필요로 한다. 예컨대, 한국등록특허 제10-1718522호에는 청정 지하 저수지 적합지 선정 시스템 및 그 방법이 개시되어 있다.

[0004] GIS와 RS(원격 감지) 방법은 지하수 가능성 맵(GPM)을 준비하는 데 매우 효과적이며 지하수 연구의 정확성과 속도를 개선할 수 있다. GIS 기반 GPM에는 주파수 비율(FR), 확실성 계수(CF), 증거 신뢰 함수(EBF), 로지스틱 회귀(LR), 증거 가중치(WOE), 엔트로피 등의 다양한 방법이 사용되고 있다. 랜덤 포레스트(RF), 로지스틱 모델 트리(LMT), 결정 트리(DT), 분류 및 회귀 트리(CART), 인공신경망(ANN), 지원 벡터 머신(SVM) 및 메타휴리스틱(metaheuristic) 알고리즘의 앙상블 등 최근 IT 및 빅데이터의 발전으로 데이터 마이닝 알고리즘은 ANFIS(적응적 neuro-fuzzy 추론 시스템)와 함께 GPM에서 광범위하게 사용되고 있다.

[0005] 지하수 데이터 분석에는 비선형 관계, 상호작용 및 손실 정보를 제어할 수 있는 강력하고 유연한 분석 방법이 필요하다. 또한 이러한 방법으로 결과를 이해하고 제시하는 것은 간단하고 쉽게 해석할 수 있어야 한다. 결정 트리(DT)는 분류와 해석이 쉽지만, 가장 큰 약점은 적합 모형의 분산이 커서 분류를 해석하기 어렵다는 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 평원에 대한 지하수 가능성 맵(GPM)을 작성하기 위해 FR(주파수 비율), CF(확실성 계수), EBF(증거 신뢰 함수), RF(랜덤 포레스트) 및 LMT(로지스틱 모델 트리)를 포함하는 이변수 통계 모델을 사용한 새로운 앙상블 데이터 마이닝 접근방식을 적용한다.

[0007] 랜덤 포레스트(RF)와 로지스틱 모델 트리(LMT)는 GPM 분야에서 가장 강력한 방법 중 하나이다. 데이터 마이닝 알고리즘에서 중요한 문제 중 하나는 정확도를 높이기 위해 데이터를 사전 처리하고 준비하고 알고리즘에 가장 적합한 입력 데이터를 선택하는 것이다. GPM을 제공하기 위해 이변수 통계 모델과 데이터 마이닝 알고리즘의 결합을 사용한 연구는 없다. 본 발명은 랜덤 포레스트(RF)와 로지스틱 모델 트리(LMT)가 포함된 세 가지 이변수 통계 모델(FR, EBF 및 CF)을 사용하여 GPM을 준비하고 평원에 가장 적합한 하이브리드 모델을 선택하는 것을 목표로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 컴퓨터 시스템에서 실행되는 지하수 가능성 매핑 방법에 있어서, 상기 컴퓨터 시스템은 메모리에 포함된 컴퓨터 관독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 지하수 가능성 매핑 방법은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 대상 지역의 지형 파라미터(Topographic Parameters)와 수문학적 파라미터(Hydrological Parameters)를 포함하는 유효 인자를 선택하는 단계; 및 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 유효 인자를 이용한 이변수 통계 모델(Bivariate Statistical Model)을 통해 지하수 가능성 맵(groundwater potential map)을 생성하는 단계를 포함하는 지하수 가능성 매핑 방법을 제공한다.

[0009] 일 측면에 따르면, 상기 선택하는 단계는, 고도(altitude), 경사각(slope angle), 경사면(slope aspect), 경사 길이(slope length), 평면 곡률(plan curvature), 종단 곡률(profile curvature) 중 적어도 하나를 포함하는 지형 파라미터를 선택하는 단계; 및 TWI(topographic wetness index), 강과의 거리(distance from river), 배수 밀도(drainage density) 중 적어도 하나를 포함하는 수문학적 파라미터를 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 다른 측면에 따르면, 상기 선택하는 단계는, 암질(lithology), 단층 거리(distance from fault), 단층 밀도(fault density) 중 적어도 하나를 포함하는 지질 파라미터(Geological Parameters), 강우량(rainfall)을 포함

하는 기후 파라미터(Climature Parameters), 토지 이용(land use)과 토양(soil) 중 적어도 하나를 포함하는 생태학적 파라미터(Ecological Parameters) 중 적어도 하나를 더 선택하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 또 다른 측면에 따르면, 상기 생성하는 단계는, RF(랜덤 포레스트) 모델과 LMT(로지스틱 모델 트리) 모델이 포함된 이변수 통계 모델을 통해 상기 지하수 가능성 맵을 생성할 수 있다.

[0012] 또 다른 측면에 따르면, 상기 생성하는 단계는, FR(frequency ratio) 모델, CF(certainty factor) 모델, EBF(evidential belief function) 모델, RF(랜덤 포레스트) 모델, 및 LMT(로지스틱 모델 트리) 중 두 개의 모델이 포함된 이변수 통계 모델을 통해 상기 지하수 가능성 맵을 생성할 수 있다.

[0013] 또 다른 측면에 따르면, 상기 지하수 가능성 매핑 방법은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, ROC(receiver operating characteristic) 곡선과 AUC(area under curve)를 사용하여 상기 지하수 가능성 맵을 검증하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 컴퓨터 시스템에 있어서, 메모리에 포함된 컴퓨터 판독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 대상 지역의 지형 파라미터와 수문학적 파라미터를 포함하는 유효 인자를 선택하는 과정; 및 상기 유효 인자를 RF(랜덤 포레스트) 모델과 LMT(로지스틱 모델 트리) 모델이 포함된 이변수 통계 모델의 입력 값으로 하여 지하수 가능성 맵을 생성하는 과정을 처리하는 컴퓨터 시스템을 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 지하수 가능성 매핑(GPM) 방법의 예를 도시한 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서 대상 지역의 예시를 나타낸 것이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서 대상 지역의 암질 특성을 나타낸 것이다.
- 도 4 내지 도 18은 본 발명의 일실시예에 있어서 지하수 유효 인자들을 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 19는 본 발명의 일실시예에 있어서 컴퓨터 시스템의 내부 구성의 일례를 설명하기 위한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0017] 본 발명의 실시예들은 지하수 가능성 매핑(GPM, groundwater potential mapping) 기술에 관한 것이다.
- [0018] 본 명세서에서 구체적으로 개시되는 것들을 포함하는 실시예들은 평원에 대한 지하수 가능성 맵(GPM)을 작성하기 위해 FR(주파수 비율), CF(확실성 계수), EBF(증거 신뢰 함수), RF(랜덤 포레스트) 및 LMT(로지스틱 모델 트리)를 포함하는 이변수 통계 모델을 사용한 새로운 앙상블 데이터 마이닝 접근방식을 제공한다.
- [0019] 랜덤 포레스트(RF)와 로지스틱 모델 트리(LMT)는 GPM 분야에서 가장 강력한 방법 중 하나이다. 데이터 마이닝 알고리즘에서 중요한 문제 중 하나는 정확도를 높이기 위해 데이터를 사전 처리하고 준비하고 알고리즘에 가장 적합한 입력 데이터를 선택하는 것이다. GPM을 제공하기 위해 이변수 통계 모델과 데이터 마이닝 알고리즘의 결합을 사용한 연구는 없다. 본 발명은 랜덤 포레스트(RF)와 로지스틱 모델 트리(LMT)가 포함된 세 가지 이변수 통계 모델(FR, EBF 및 CF)을 사용하여 GPM을 준비하고 평원에 가장 적합한 하이브리드 모델을 선택하는 것을 목표로 한다.
- [0020] 본 발명에서는 지하수 가능성 맵(GPM)을 제공하기 위해 다섯 단계를 포함할 수 있다. 첫 단계에서는 연구 대상 지역의 특성을 설명하고 기존의 우물을 파악한다. 두 번째 단계에서는 필요한 데이터를 수집하고 효과적인 기준에 대한 공간 데이터베이스를 구축한다. 이때, 잘 분포된 고도, 경사각, 경사면, 평면 곡률, 종단 곡률, 경사길이, 지형 습도 지수(TWI), 강우량, 강과의 거리, 단층 거리, 배수 밀도, 단층 밀도, 암질, 토지 이용 및 토양 등 15개 인자를 선택하여 모델링할 수 있도록 준비한다. 세 번째 단계에서는 기존 우물과 유효 기준 사이의 FR, CF, EBF 모델을 사용하여 공간 관계를 계산한다. 네 번째 단계에서는 세 가지 통계 모델의 가중치를 RF 및 LMT 모델의 입력 값으로 간주하여 GPM을 생성한다. 다섯 번째 단계에서는 ROC와 AUC를 사용하여 GPM을 검증하고 마침내 최고의 모델을 선택한다. 도 1은 본 발명에 따른 지하수 가능성 매핑(GPM) 방법의 예를 도시한 것이다.

[0021] 대상 지역

[0022] 예를 들어, Booshehr 평원은 51° 20 ‘과 52° 10’ 의 동경과 27° 50 ‘과 28° 30’ 의 북위 사이에서 이란 남동부에 있는 2696km²의 지역에 있다. Booshehr 평원의 많은 부분이 저고도에 있다. Booshehr 평원의 고도는 해수면 높이 기준 3m에서 1490m 사이이다. 이 지역에서의 연평균 기온은 24° C이며 최고 기온은 여름철 50° C이다. 강우량은 평균 255mm 이하로 낮다. 대부분의 비가 11월과 5월 사이에 내린다. 봄과 가을의 강우는 강하고 짧으며 겨울에 희박하고 불규칙하다. 이 지역의 연평균 습도는 71% 이상이다. 도 2는 지하수 가능성 맵핑(GPM)을 위한 대상 지역의 예시를 나타내고 있고, 도 3은 지역 암질 단위에 대한 파라미터를 나타내고 있다.

[0023] 우물 목록

[0024] 지하수 우물에 대한 정보는 Booshehr Province의 수자원 관리부에서 제공된 것이다. 이전 연구와 수질 관리 보고서에 따르면, 각각 높은 가능성의 지하수 우물($\tilde{A}_{11m^3/h}$)과 평균 pH, 6.9와 495 $\mu\text{mhos/cm}$ 의 전기전도도(EC) 데이터가 사용된다. 우물들을 랜덤으로 두 개의 훈련과 시험 데이터 세트로 나뉜다. 총 장소(238개 우물)의 70%를 훈련으로, 나머지 우물(30%, 101개 우물)을 검증으로 간주한다. 우물 위치는 도 2와 같다.

[0025] 조건 인자(Conditioning Factors)

[0026] (1) 지형 파라미터(Topographic Parameters)

[0027] 디지털 고도 모델 (DEM)은 30m×30m의 공간 해상도로 다운로드된 것이다. 고도, 종단 곡률, 경사 길이, 경사각, 평면 곡률 및 경사면으로 구성된 대상 지역의 지형 파라미터를 DEM에서 얻을 수 있다. 모든 지도의 분류는 그 지역의 특징과 이전의 연구뿐만 아니라 자연적인 단절 기법에 기초한다. 다양한 고도는 서로 다른 기후 조건을 생성하여 다른 유형의 식물과 토양을 생성한다.

[0028] 고도 지도는 5개 등급(108m 미만, 108-287m, 287-535m, 553-851m, 851m 초과)으로 구분한다(도 4).

[0029] 경사각은 주로 지하수 공급, 침투 및 유출 과정과 지하수 이동 속도를 제어한다. 경사각은 5개 등급으로 분류되며 0° -6° , 6° -14° , 14° -24° , 24° -39° , 39° 초과(도 5) 등이 있다.

[0030] 경사면은 강우량과 지형학 과정에 의해 영향을 받고 강수량과 초목 유형에 영향을 끼친다. 경사면은 9개의 범주로 분류된다(도 6).

[0031] 경사 길이는 저수지 면적과 경사 경사도의 함수로서 수학적 1에 의해 측정된다.

[0032] [수학적 1]

[0033]
$$LS = \left(\frac{B_s}{22.13} \right)^{0.6} \left(\frac{\sin \alpha}{0.0896} \right)^{1.3}$$

[0034] 여기서, LS는 경사 길이, B_s 는 저수지 면적(m²), α 는 경사각이다. 경사 길이는 5개 등급(0-10m, 10-20m, 20-30m, 30-40m, 40m 초과)으로 분류된다(도 7).

[0035] 평면 곡률은 흐름 수렴과 분산에 영향을 미치며, 종단 곡률은 최대 경사면 방향과 일치하고 주로 지표 흐름 속도에 영향을 미친다. 평면 곡률은 5개 등급(-2.22 100/m 미만, -2.22-0.8 100/m, 0.8-0.4 100/m, 0.4-2.2 100/m, 2.2 100/m 초과)으로 분류되고(도 8), 종단 곡률층은 5개 등급 (3.4 100/m 미만, -3.4-1 100/m, -1-0.4 100/m, -0.4-2.8 100/m, 2.8 100/m 초과)으로 분류된다(도 9).

[0036] (2) 수문학적 파라미터(Hydrological Parameters)

[0037] 수문학적 시스템에서는 강까지의 거리, TWI, 배수 밀도와 같은 수문학적 파라미터가 중요한 역할을 한다. 토양 수분에서는 경사 안정도, 지하수 흐름 및 TWI가 중요한 역할을 한다. TWI는 수문학적 과정에 대한 지형적 통제를 나타내며, 수학적 2와 같이 정의될 수 있다.

[0038] [수학적 2]

[0039]
$$TWI = \ln \left(\frac{A_s}{\tan \alpha} \right)$$

- [0040] 여기서, A_5 는 누적 상승 경사의 면적이고, α 는 라디언 경사각이다. TWI는 2.92 미만, 2.92-3.84, 3.84-4.69, 4.69-6.57, 6.57 초과와 5가지 등급으로 분류된다(도 10).
- [0041] 지역의 배수 시스템은 지질 형성, 토양 흡수 능력, 투과성 및 경사에 의존한다. 높은 배수 밀도는 표면 유출을 증가시키고 침투를 감소시킨다. 높은 배수 밀도 지역은 지하수 자원 생산에 적합하지 않다.
- [0042] 강까지의 거리는 100m 미만, 100-200m, 200-500m, 500-1000m, 1000-1500m, 1500-2000m, 2000m 초과와 7가지 등급으로 구분된다(도 11).
- [0043] 배수 밀도는 $0.13\text{km}/\text{km}^2$ 미만, $0.13-0.27\text{km}/\text{km}^2$, $0.27-0.4\text{km}/\text{km}^2$, $0.4-0.58\text{km}/\text{km}^2$, $0.58\text{km}/\text{km}^2$ 초과와 5가지 등급으로 분류된다(도 12).
- [0044] (3) 지질 파라미터(Geological Parameters)
- [0045] 암질은 수압 전도성을 통해 지하수 가능성에 영향을 미친다.
- [0046] 예를 들어, Booshehr 평원에서 암질 지도는 Qft2, MuPlaj, Plbk, Mmn, Mgs, Eoas-ja, KEpd-gu, Kbgp, JKkgp, OMr, Pc-ch를 포함한 11가지 종류가 있다(도 13).
- [0047] 단층은 주로 공간 네트워크의 분포와 지하수의 축적을 제어한다. Booshehr 평원의 단층부는 Booshehr 지방의 지질학적 지도에서 1:10만의 축척으로 결정되고, 단층으로부터의 거리가 생성되어 100m 미만, 100-200m, 200-500m, 500-1000m, 1000-2000m, 2000-5000m, 5000m 초과 등 7개 등급으로 분류된다(도 14).
- [0048] 단층 밀도는 5가지 등급으로 분류된다($0.03\text{km}/\text{km}^2$ 미만, $0.03-0.09\text{km}/\text{km}^2$, $0.09-0.13\text{km}/\text{km}^2$, $0.13-0.19\text{km}/\text{km}^2$, $0.19\text{km}/\text{km}^2$ 초과)(도 15).
- [0049] (4) 기후 파라미터(Climatic Parameters)
- [0050] 비는 지하수 재충전에 가장 큰 영향을 미치는 기후변수다. 강우는 분지 지역으로의 물의 흐름을 평가하고 분지의 영양 상태를 이해하는 데 매우 중요하다.
- [0051] 강우량은 247mm 미만, 247-264mm, 264-281mm, 281-297mm, 297mm 초과와 5가지 등급으로 구분된다(도 16).
- [0052] (5) 생태학적 파라미터(Ecological Parameters)
- [0053] 가장 중요한 생태학적 파라미터는 토지 이용과 토양이다. 토지 이용은 투과성, 유출 및 증발에 직간접적으로 영향을 미친다.
- [0054] 토지 이용 지도는 맹그로브 숲, 숲, 도시, 염해지, 매우 낮은 숲, 낮은 범위 땅, 모래언덕, 중간 범위 땅, 조립, 바위 및 물 자체 등 11가지 등급으로 구분된다(도 17).
- [0055] 지표 유출물과 지표 아래 유출물의 생성과 축적을 위한 주요 변수 중 하나는 토양 유형이다. 토양 지도는 세 개의 그룹(Entisols/Aridisols, rock outcrops/Entisols, badlands)으로 분류된다(도 18).
- [0056] 모델
- [0057] (1) FR(frequency ratio) 모델
- [0058] FR은 우물과 지하수의 유효 인자 사이의 관계를 보여준다. FR은 우물이 위치한 면적의 비율이다. 각 등급 또는 인자에 대한 FR 값을 계산하기 위해 비발생에 대한 우물 발생 대 비율을 구한다. FR 모델은 수학적 식 3을 통해 계산한다.
- [0059] [수학적 식 3]

$$FR = \frac{\frac{Npix(SX_i)}{\sum_{i=1}^m Npix(SX_i)}}{\frac{Npix(X_j)}{\sum_{j=1}^n Npix(X_j)}}$$

[0060]

[0061] 여기서, $Npix(SX_i)$ 는 우물 위치와 함께 각 기준의 등급 별로 있는 픽셀의 총 값이고, $Npix(X_j)$ 는 각 기준 j의 등급 별로 있는 픽셀 수이며, m과 n은 각각 기준당 등급 수와 기준의 총 수이다.

[0062] 본 발명에서는 지하수에 영향을 미치는 15개의 파라미터를 사용하고, 이러한 파라미터를 각각 기준이라고 하고, 각 기준을 다른 범주로 구분하여 각각 등급이라고 한다. FR 모델은 단순하고 이해할 수 있는 개념을 사용하지만, 각 인자의 이변수 통계 분석과 분류도 분석할 수 있다.

[0063] (2) CF(certainty factor) 모델

[0064] CF 모델은 GIS를 이용한 공간 데이터베이스에 결과를 통합한다. CF모델은 수학적 4를 각 계층의 우물 이벤트 빈도로 계산된다.

[0065] [수학적 4]

$$[0066] \begin{cases} cf = \frac{pp_a - pp_s}{pp_a \{1 - pp_s\}} \text{ if } pp_a \geq pp_s \\ cf = \frac{pp_a - pp_s}{pp_s \{1 - pp_a\}} \text{ if } pp_a < pp_s \end{cases}$$

[0067] 여기서 pp_a 는 한 등급의 우물 조건부 가능성이고 pp_s 는 해당 지역의 우물 이전 가능성이다. pp_a 는 한 등급의 우물 픽셀 수와 해당 등급의 총 픽셀의 비율이며, pp_s 는 지도의 총 픽셀에 대한 대상 지역에 우물이 있는 픽셀의 비율이다.

[0068] CF 모델은 -1에서 +1까지 다양하며, 확실성의 증가를 나타내는 양의 값과 확실성의 감소를 나타내는 음의 값이 있다.

[0069] (3) EBF(evidential belief function) 모델

[0070] EBF 모델은 Dempster Shafer 이론에 기초한 통계적 이변수 기법이다. EBF 모델에서 Bel, Unc, Dis 및 Pls 매개 변수는 각각 신뢰 순위, 불확실성의 순위, 불신도 및 신뢰성 등급이다. EBF 모델에서 Bel 파라미터는 비관적 모드와 낮은 확률 등을 고려하며, Pls 파라미터는 낙관적 모드와 높은 확률 상태를 고려하므로, Bel 파라미터의 값이 Pls 파라미터보다 작거나 같으며, 이 두 파라미터의 차이를 Unc라고 한다. EBF 모델에서 추출한 데이터는 유효 인자와 우물 발생 사이의 공간적 상관관계를 추정할 뿐만 아니라 각 등급 인자의 공간적 상관관계를 추정한다.

[0071] EBF 모델은 수학적 5와 수학적 6을 통해 계산한다.

[0072] [수학적 5]

$$[0073] Bel_{C_{ij}} = \frac{W_{C_{ij}D}}{\sum_{j=0}^m W_{C_{ij}D}}$$

[0074] [수학적 6]

$$[0075] W_{C_{ij}D} = \frac{N(C_{ij} \cap D) / N(C_{ij})}{N(D) - N(C_{ij} \cap D) / N(T) - N(C_{ij})}$$

[0076] C_{ij} (인자 별 각 등급)가 없을 때 기준 우물(즉, 지하수 발생)의 확률을 나타내는 조건부 확률은 수학적 6에 나타나 있다. $W_{C_{ij}D}$ 는 우물이 부족한 대신 우물이 있다는 신뢰를 나타내는 C_{ij} 의 가중치다. 이러한 관계에서 m은 모델링에 대해 고려된 기준의 수를 나타내고, i는 기준별 각 등급을 나타내고, j는 각 기준을 나타낸다. 이러한 관계에서 N(T)과 N(D)은 각각 대상 지역의 총 픽셀 수와 대상 지역의 총 우물 픽셀 수를 나타낸다.

[0077] (4) RF(random forest) 모델

[0078] RF 모델은 분류에서 다양한 트리가 사용하는 데이터 마이닝 알고리즘 중 하나이다. RF 모델은 대상에 영향을 미치는 변수를 교체하고 변경함으로써 대량의 의사결정 트리를 생성한다. 그런 다음 예측에서 알고리즘은 모든 트리를 통합한다. 훈련 과정에서는 각 트리의 원래 데이터를 랜덤으로 선택한다. RF에는 3개의 사용자 정의 파라미터가 포함되어 있으며, 여기에는 각 트리의 구성에 사용되는 인자 수, 트리의 수 및 최소 트리 노드 수가 포함된다. 자음 트리의 강도를 높이고 그 사이의 상관관계를 줄임으로써 RF 모델의 예측력이 향상된다. RF 시스템은 트리를 성장시키기 위해 접근 가능한 모든 정보를 사용하지 않고, 부트스트랩(Bootstrap) 정보의 66%를 활용한다. 그런 다음 성장 단계에서 예측 변수가 랜덤으로 구현되고 트리에서 노드를 생성하기 위해 이 변수가 사용된다. 따라서, 의사결정 트리는 최대 크기로 생산된다. 트리 적합도 평가를 위해 나머지 정보도 33%를 활용한다. 이 과정은 여러 번 반복되며, 알고리즘의 최종 예측은 모든 예상 값의 평균으로 사용된다.

[0079] (5) LMT(logistic model tree) 모델

[0080] LMT 모델은 정량적 및 정성적 예측 변수의 집합을 기반으로 하는 정량 변수나 분류 변수를 예측하는 비모수적(nonparametric) 방법이다. 실제로 계층적 모델의 의사결정 트리는 독립 변수의 동종 지역으로 분해되어 돌아오는 의사결정 도구로 구성된다. 의사결정 트리는 범주나 가치로 이어지는 일련의 법칙을 정의하는 방법이다. 의사결정 트리의 구성 기법 사이의 차이점 중 하나는 이 거리를 측정하는 방법이다. 이산 변수를 예측하는 데 사용되는 의사결정 트리는 표본을 분류하기 때문에 분류 트리라고 불린다. 의사결정 트리를 회귀 트리라고 하며, 연속 변수를 예측하는 데 사용한다. 의사결정 트리의 목적은 일련의 규칙의 형태로 접근법을 발견하여 입력 인자 집합에서 추출한 예측의 결과를 제시하는 것이다. 분류 트리 모델은 로지스틱 회귀법과 의사결정 트리 학습의 조합이다. 로지스틱 유형 데이터의 증가를 분리하기 위해, LogitBoost 알고리즘을 사용하여 각 트리의 앞에서 LR 모델을 생성하고 CART 알고리즘을 사용하여 트리를 절단한다. 각 등급 C(우물 또는 우물이 없는)에 대해 LogitBoost 알고리즘은 최소 제곱을 가진 가산 인자의 로지스틱 회귀 분석을 수학적 7로 사용한다.

[0081] [수학적 7]

$$L_c(X) = \beta_0 + \sum_{i=1}^D \beta_i$$

[0082]

[0083] [수학적 8]

$$(C|X) = \frac{\exp(L_c(X))}{\sum_{c'=1}^C \exp(L_{c'}(X))}$$

[0084]

[0085] 여기서, c는 등급 번호이다

[0086] 검증

[0087] 지하수 가능성 지도의 정확도는 ROC(receiver operating characteristic) 곡선 및 AUC(area under the curve)를 사용하여 파악할 수 있다. CF-RF, EBF-RF, FR-RF, CF-LMT, EBF-LMT, FR-LMT 방법을 사용하여 AUC를 파악함으로써 지하수 가능성 지도의 정확도를 검증할 수 있다.

[0088] 분류 결과를 평가하고 지정된 등급을 식별하는 능력을 평가하는 적절한 방법 중 하나는 ROC 곡선과 AUC를 사용하여 방법의 민감도를 검증하는 것이다. 감도는 분류된 값과 분류되지 않은 값 사이의 관계를 의미한다. ROC 곡선의 특정 등급에 대한 기준선으로부터의 편차가 클수록 분류자가 등급을 식별하는 데 더 효율적이다. 특정 등급의 추세 도표를 고려할 뿐만 아니라, AUC도 계산된다. 대상 지역은 랜덤으로 선택한 값이 올바르게 분류될 확률을 나타낸다. 더 높은 값은 방법의 신뢰성을 보여준다. 평가 지수는 목표 등급에 적절히 할당된 값(True Positive), 잘못된 등급에 할당된 값(False Positive), 정의된 등급에 할당되지 않은 값(True Negative) 및 잘못된 등급에 할당되지 않은 값(False Negative)을 평가한다. 평가 곡선은 수학적 9와 수학적 10으로 계산되는 수평축(X축)과 수직축(Y축)으로 구성된다.

[0089] [수학식 9]

$$X = 1 - \frac{TN}{TN + FP}$$

[0090]

[0091] [수학식 10]

$$Y = \frac{TP}{TP + FN}$$

[0092]

[0093] 실제 출력이 양이고 예측 값이 양일 때 이 상태를 TP(True positive)이라고 하며, FN(False negative)은 실제 출력이 음이고 예측 값도 음인 상태를 나타낸다. TN(True negative)은 실제 출력이 양이고 예측 값이 음인 상태를 나타내며, FP(False Positive)는 실제 출력이 음이고 예측 값이 양인 상태를 말한다. 이러한 평가 지수는 혼동 매트릭스에서 도출되며 ROC 곡선은 이 기준에 따라 계산된다.

[0094] 도 19는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 시스템의 예를 도시한 블록도이다. 예를 들어, 본 발명의 실시예들에 따른 지하수 가능성 매핑 시스템은 도 19를 통해 도시된 컴퓨터 시스템(1900)에 의해 구현될 수 있다.

[0095] 도 19에 도시된 바와 같이 컴퓨터 시스템(1900)은 본 발명의 실시예들에 따른 지하수 가능성 매핑 방법을 실행하기 위한 구성요소로서, 메모리(1910), 프로세서(1920), 통신 인터페이스(1930), 그리고 입출력 인터페이스(1940)를 포함할 수 있다.

[0096] 메모리(1910)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 여기서 ROM과 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치는 메모리(1910)와는 구분되는 별도의 영구 저장 장치로서 컴퓨터 시스템(1900)에 포함될 수도 있다. 또한, 메모리(1910)에는 운영체제와 적어도 하나의 프로그램 코드가 저장될 수 있다. 이러한 소프트웨어 구성요소들은 메모리(1910)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로부터 메모리(1910)로 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체는 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체가 아닌 통신 인터페이스(1930)를 통해 메모리(1910)에 로딩될 수도 있다. 예를 들어, 소프트웨어 구성요소들은 네트워크(1960)를 통해 수신되는 파일들에 의해 설치되는 컴퓨터 프로그램에 기반하여 컴퓨터 시스템(1900)의 메모리(1910)에 로딩될 수 있다.

[0097] 프로세서(1920)는 기본적인 산술, 로직 및 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(1910) 또는 통신 인터페이스(1930)에 의해 프로세서(1920)로 제공될 수 있다. 예를 들어 프로세서(1920)는 메모리(1910)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 수신되는 명령을 실행하도록 구성될 수 있다.

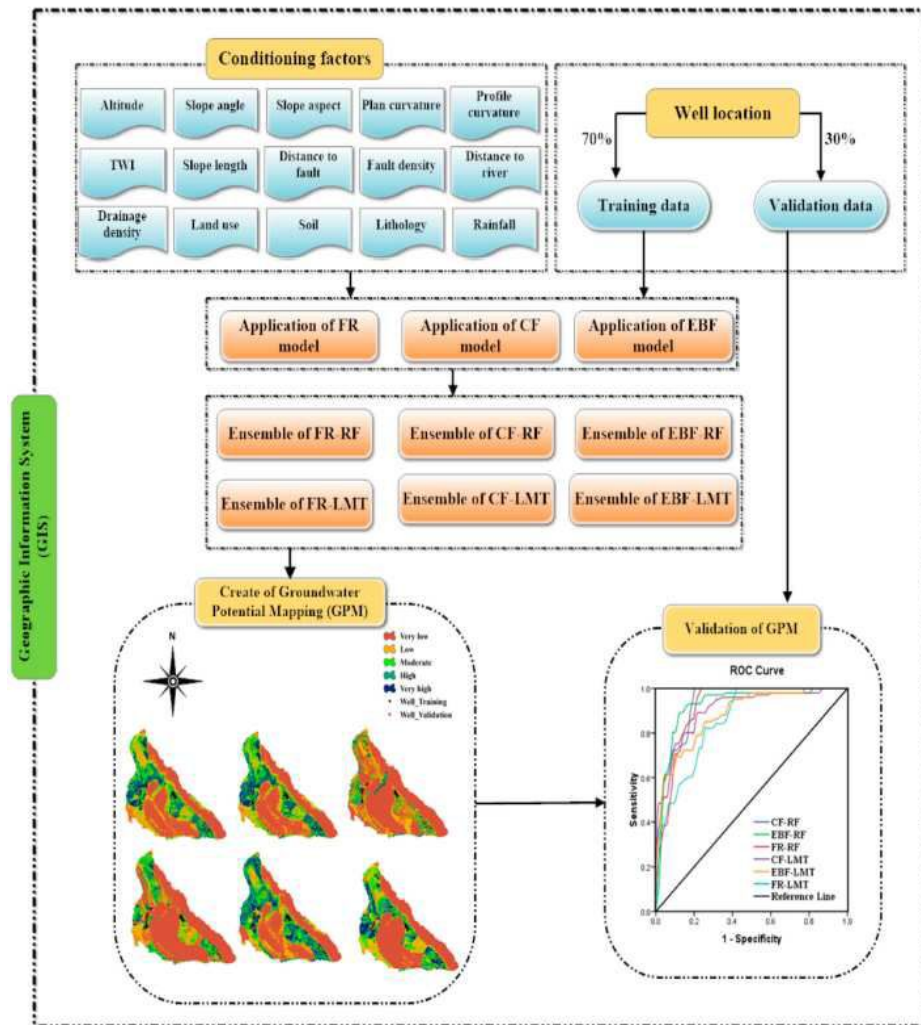
[0098] 통신 인터페이스(1930)은 네트워크(1960)를 통해 컴퓨터 시스템(1900)이 다른 장치와 서로 통신하기 위한 기능을 제공할 수 있다. 일례로, 컴퓨터 시스템(1900)의 프로세서(1920)가 메모리(1910)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 생성한 요청이나 명령, 데이터, 파일 등이 통신 인터페이스(1930)의 제어에 따라 네트워크(1960)를 통해 다른 장치들로 전달될 수 있다. 역으로, 다른 장치로부터의 신호나 명령, 데이터, 파일 등이 네트워크(1960)를 거쳐 컴퓨터 시스템(1900)의 통신 인터페이스(1930)를 통해 컴퓨터 시스템(1900)으로 수신될 수 있다. 통신 인터페이스(1930)를 통해 수신된 신호나 명령, 데이터 등은 프로세서(1920)나 메모리(1910)로 전달될 수 있고, 파일 등은 컴퓨터 시스템(1900)이 더 포함할 수 있는 저장 매체(상술한 영구 저장 장치)로 저장될 수 있다.

[0099] 통신 방식은 제한되지 않으며, 네트워크(1960)가 포함할 수 있는 통신망(일례로, 이동통신망, 유선 인터넷, 무선 인터넷, 방송망)을 활용하는 통신 방식뿐만 아니라 기기들간의 근거리 유선/무선 통신 역시 포함될 수 있다. 예를 들어, 네트워크(1960)는, PAN(personal area network), LAN(local area network), CAN(campus area network), MAN(metropolitan area network), WAN(wide area network), BBN(broadband network), 인터넷 등의 네트워크 중 하나 이상의 임의의 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 네트워크(1960)는 버스 네트워크, 스타 네트워크, 링 네트워크, 메쉬 네트워크, 스타-버스 네트워크, 트리 또는 계층적(hierarchical) 네트워크 등을 포함하는 네트워크 토폴로지 중 임의의 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

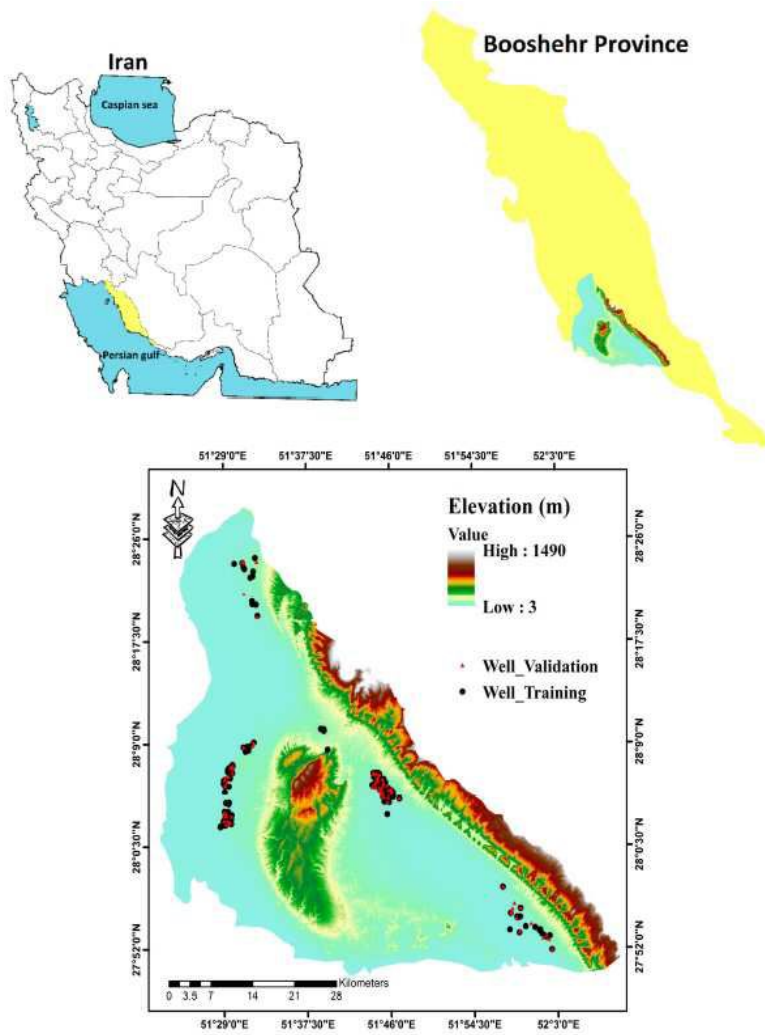
- [0100] 입출력 인터페이스(1940)는 입출력 장치(1950)와의 인터페이스를 위한 수단일 수 있다. 예를 들어, 입력 장치는 마이크, 키보드, 카메라 또는 마우스 등의 장치를, 그리고 출력 장치는 디스플레이, 스피커와 같은 장치를 포함할 수 있다. 다른 예로 입출력 인터페이스(1940)는 터치스크린과 같이 입력과 출력을 위한 기능이 하나로 통합된 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수도 있다. 입출력 장치(1950)는 컴퓨터 시스템(1900)과 하나의 장치로 구성될 수도 있다.
- [0101] 이러한 도 19의 실시예는, 컴퓨터 시스템(1900)의 일례일 뿐이고, 컴퓨터 시스템(1900)은 도 19에 도시되지 않은 추가의 컴포넌트를 더 구비하거나, 2개 이상의 컴포넌트를 결합시키는 구성 또는 배치를 가질 수 있다. 컴퓨터 시스템(1900)에 포함 가능한 컴포넌트들은 하나 이상의 신호 처리 또는 어플리케이션에 특화된 집적 회로를 포함하는 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어 및 소프트웨어 양자의 조합으로 구현될 수 있다.
- [0102] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 어플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0103] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0104] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 이때, 매체는 컴퓨터로 실행 가능한 프로그램을 계속 저장하거나, 실행 또는 다운로드를 위해 임시 저장하는 것일 수도 있다. 또한, 매체는 단일 또는 수 개의 하드웨어가 결합된 형태의 다양한 기록수단 또는 저장수단일 수 있는데, 어떤 컴퓨터 시스템에 직접 접속되는 매체에 한정되지 않고, 네트워크 상에 분산 존재하는 것일 수도 있다. 매체의 예시로는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등을 포함하여 프로그램 명령어가 저장되도록 구성된 것이 있을 수 있다. 또한, 다른 매체의 예시로, 어플리케이션을 유통하는 앱 스토어나 기타 다양한 소프트웨어를 공급 내지 유통하는 사이트, 서버 등에서 관리하는 기록매체 내지 저장매체도 들 수 있다.
- [0105] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0106] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

도면1



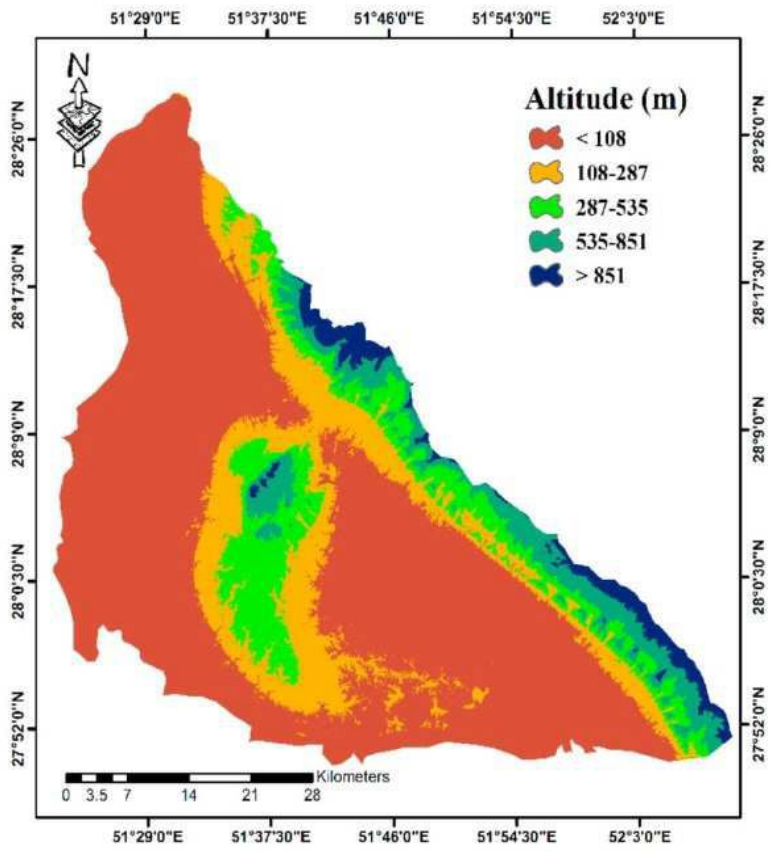
도면2



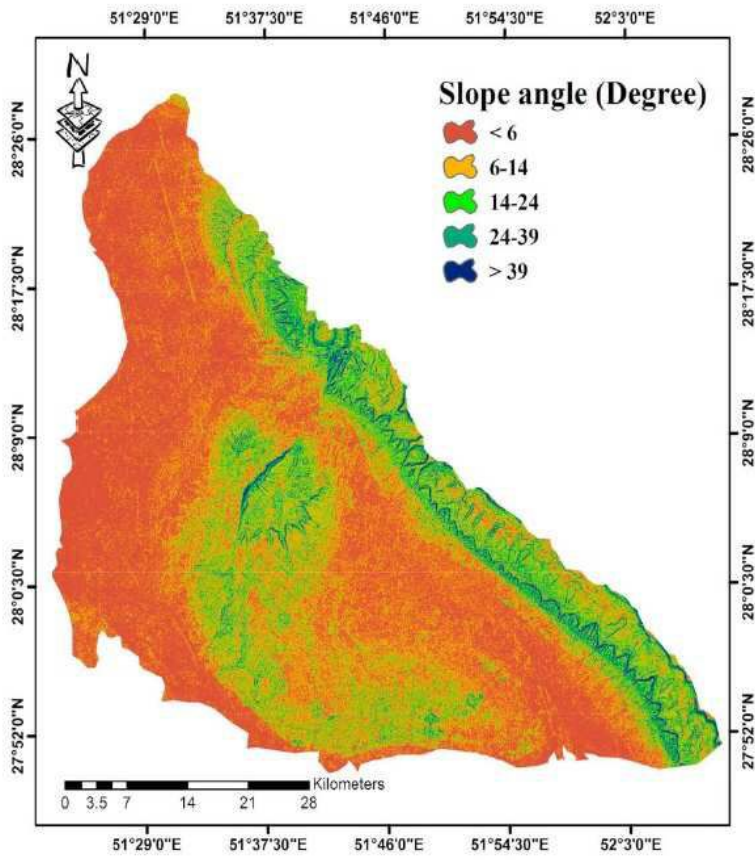
도면3

Unit	Lithology	Unit	Lithology
Qft2	Low-level piedmont fan	KEpd-gu	Massive fossiliferous limestone
MuPlaj	Siltstone, sandstone, red marl (Aghajari formation)	Kbgp	Mostly limestone and shale.
Plbk	Conglomerate locally with sandstone (Bakhtyari formation)	pC-Ch	Rock salt, rhyolite basalt, and trachyte
Mmn	Gray marls with low weather (Mishan formation)	OMr	Silty red, gray and green marls, little ribs of sandstone (RAZAK FM)
Mgs	Red marl, anhydrite, salt locally with argillaceous limestone (Gachsaran formation)	JKkgp	Undivided group of Khami, made up of huge thin limestone bedded
EOas-ja	Undivided formation of Asmari and Jahrum		

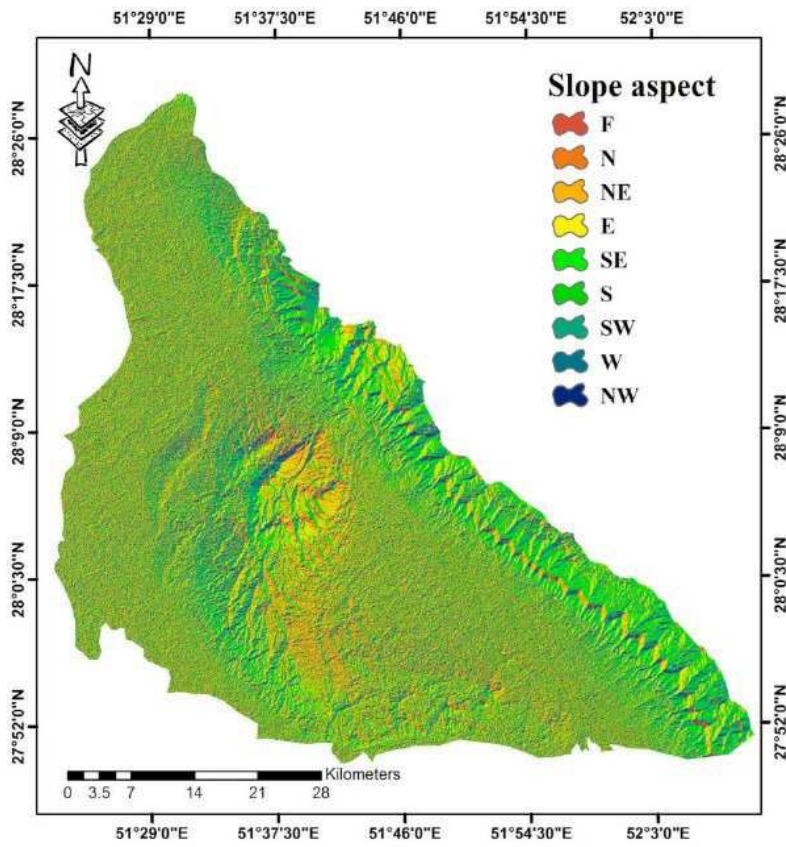
도면4



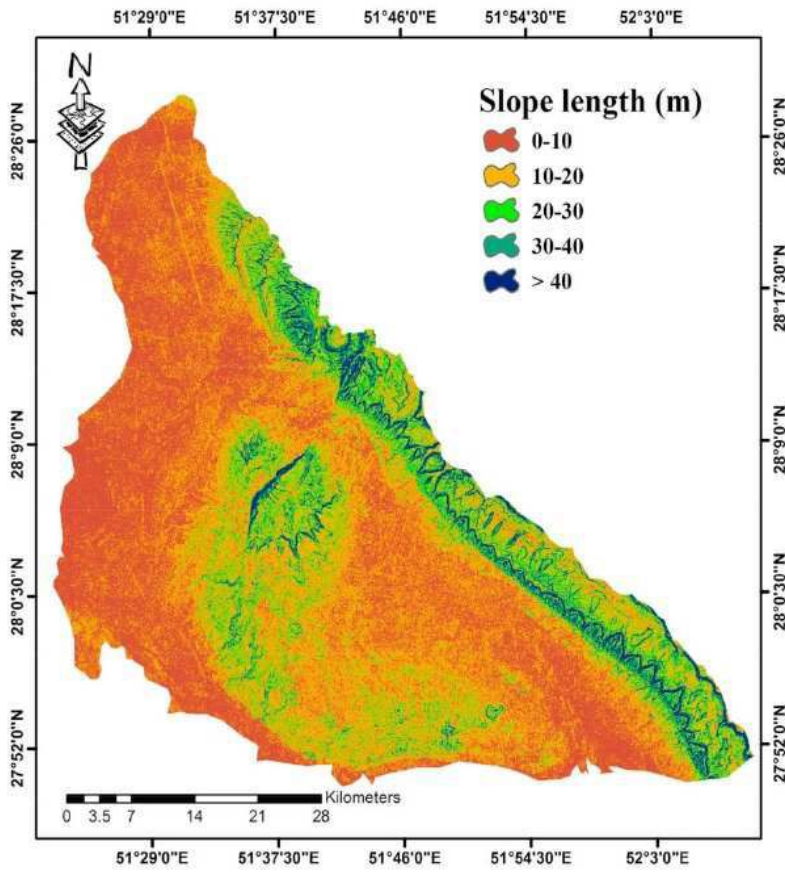
도면5



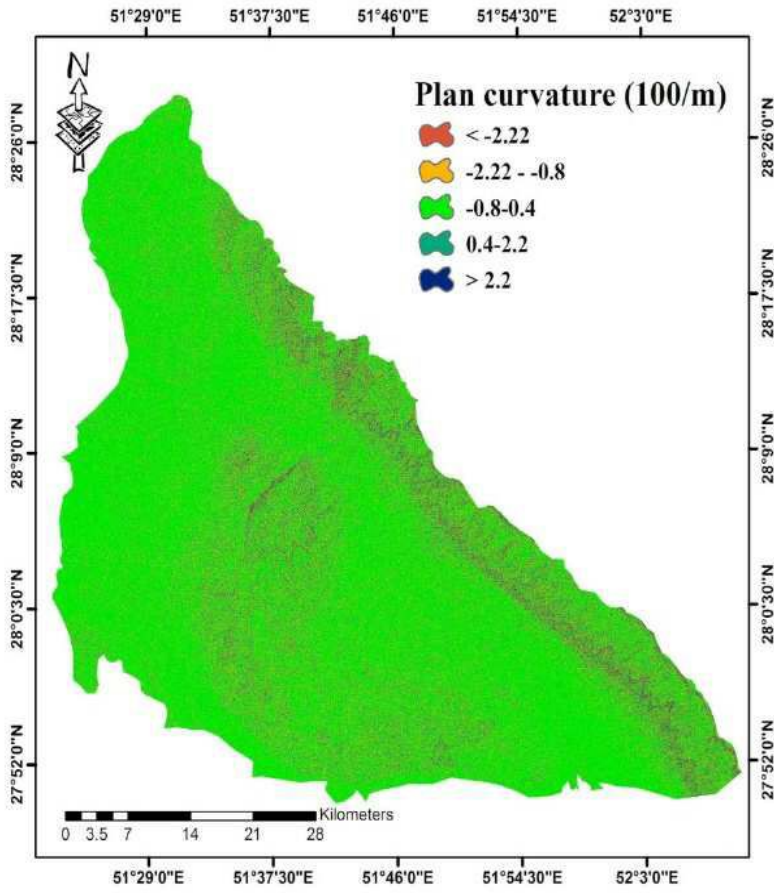
도면6



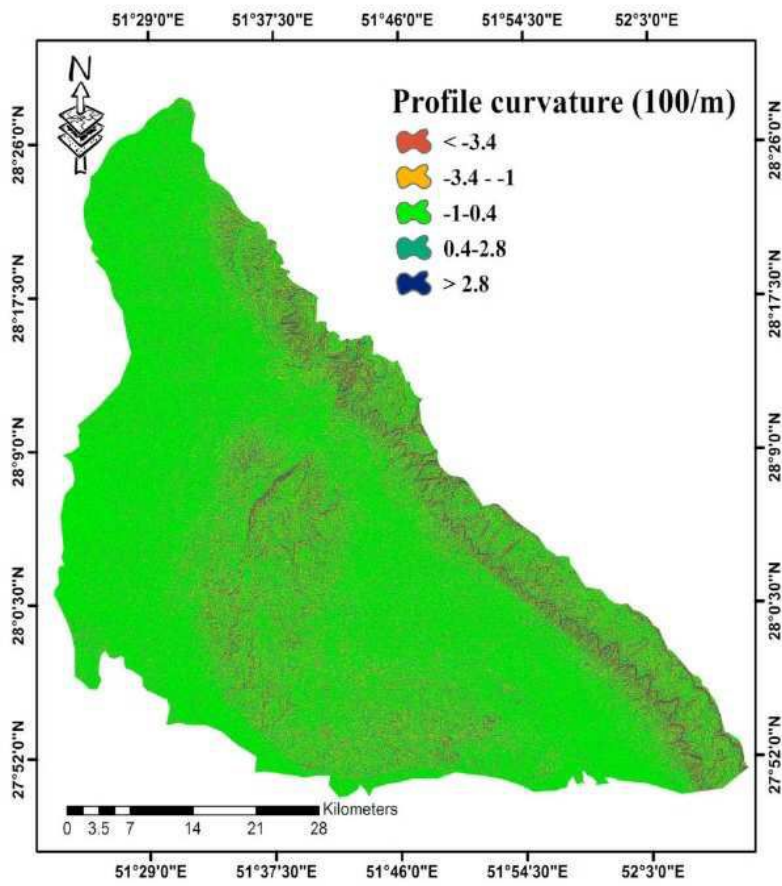
도면7



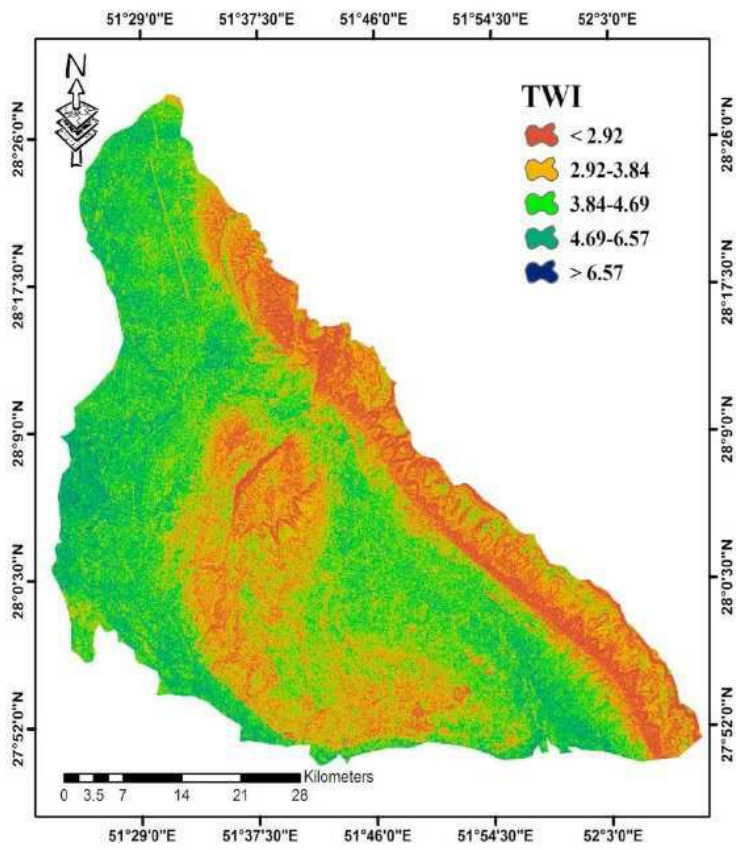
도면8



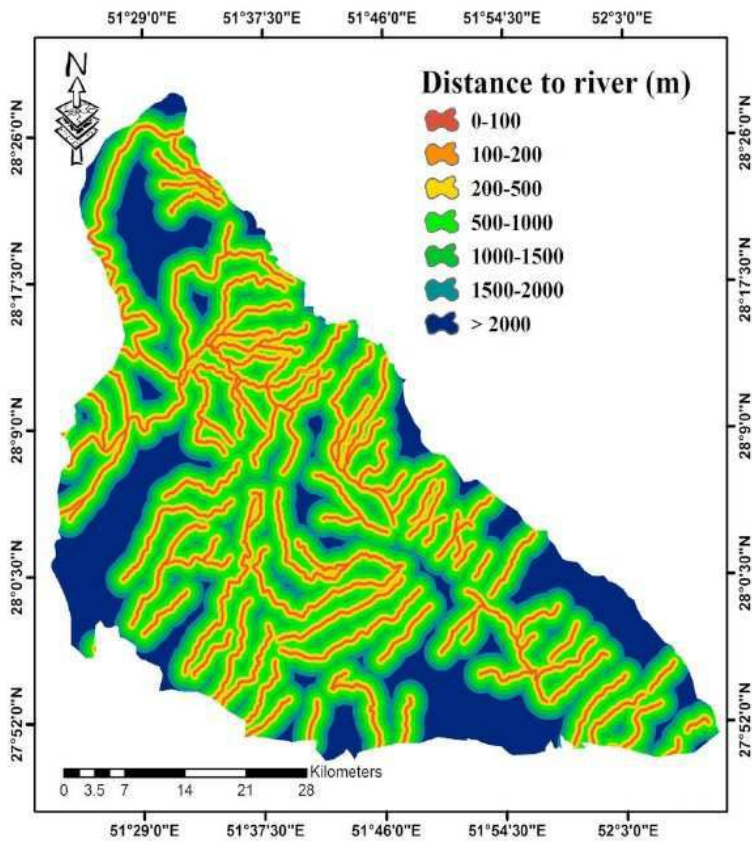
도면9



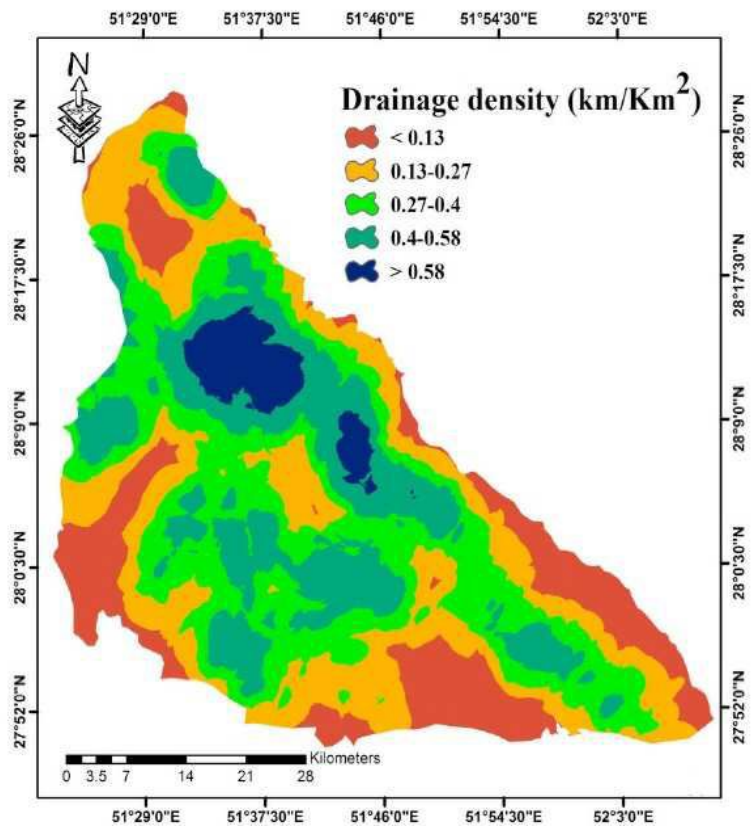
도면10



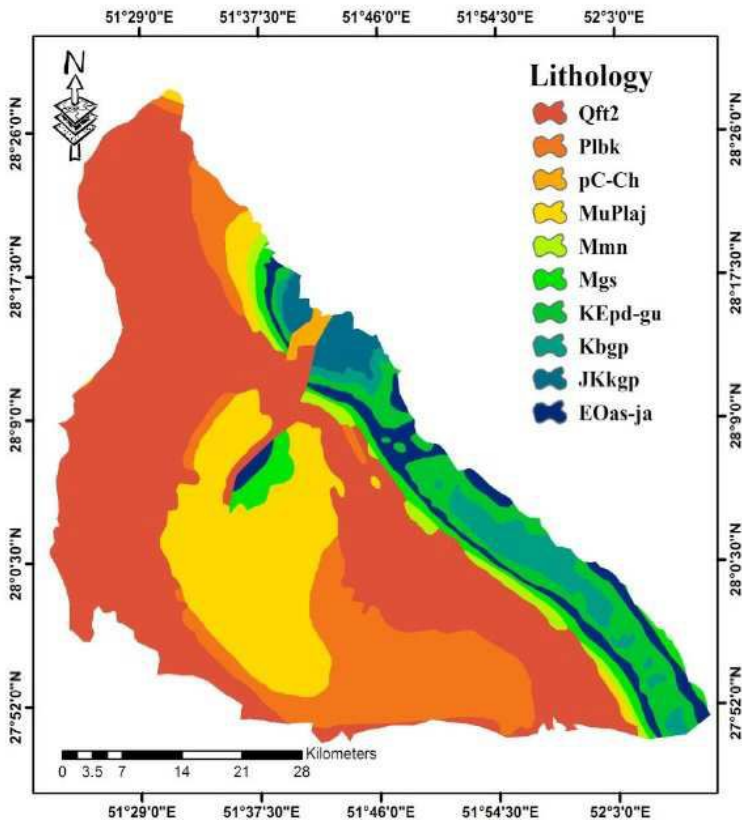
도면11



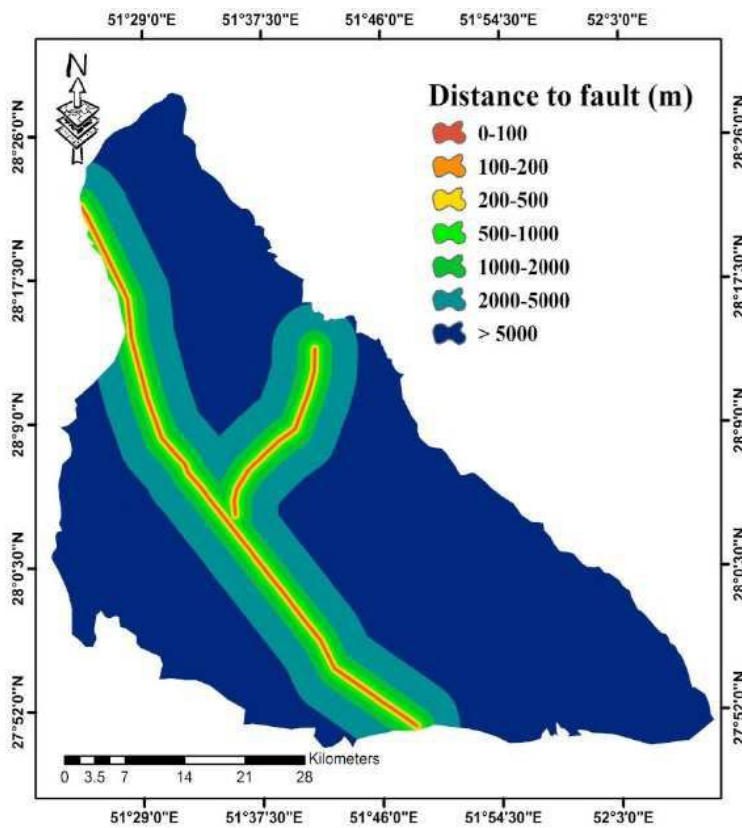
도면12



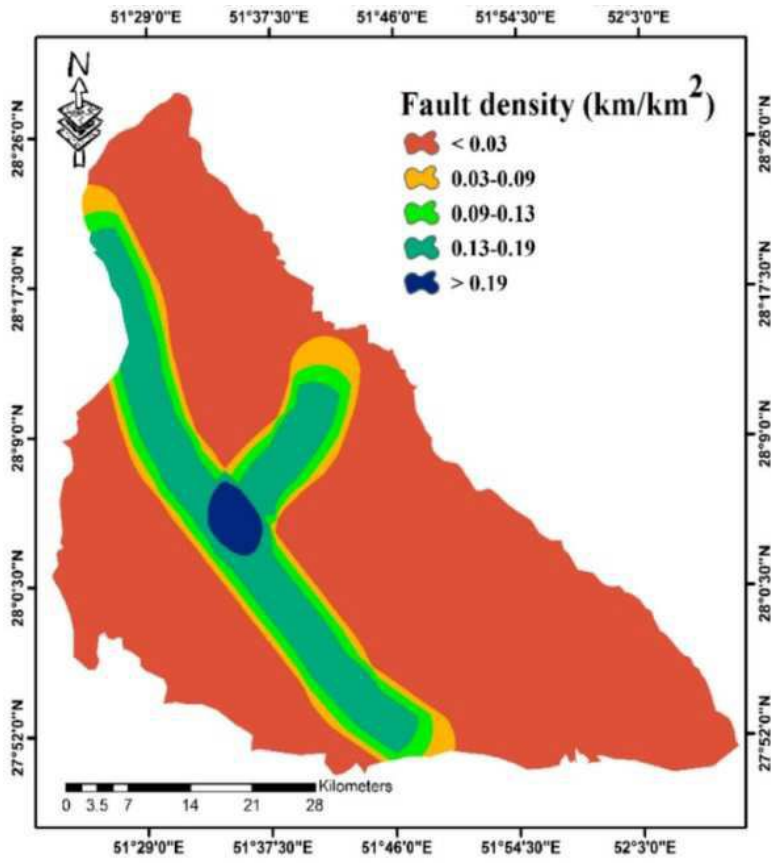
도면13



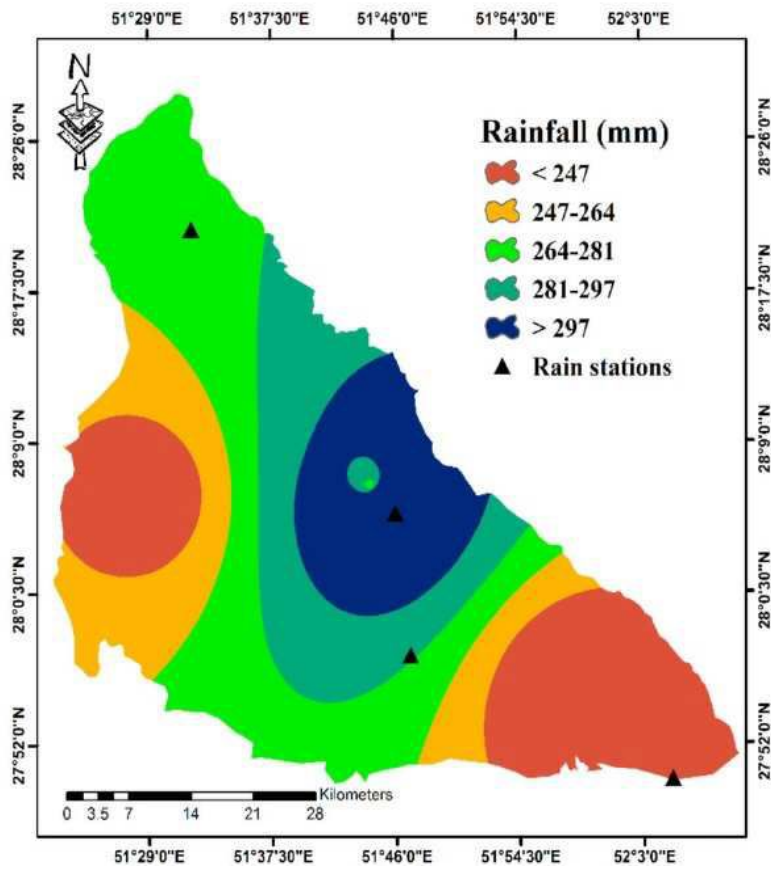
도면14



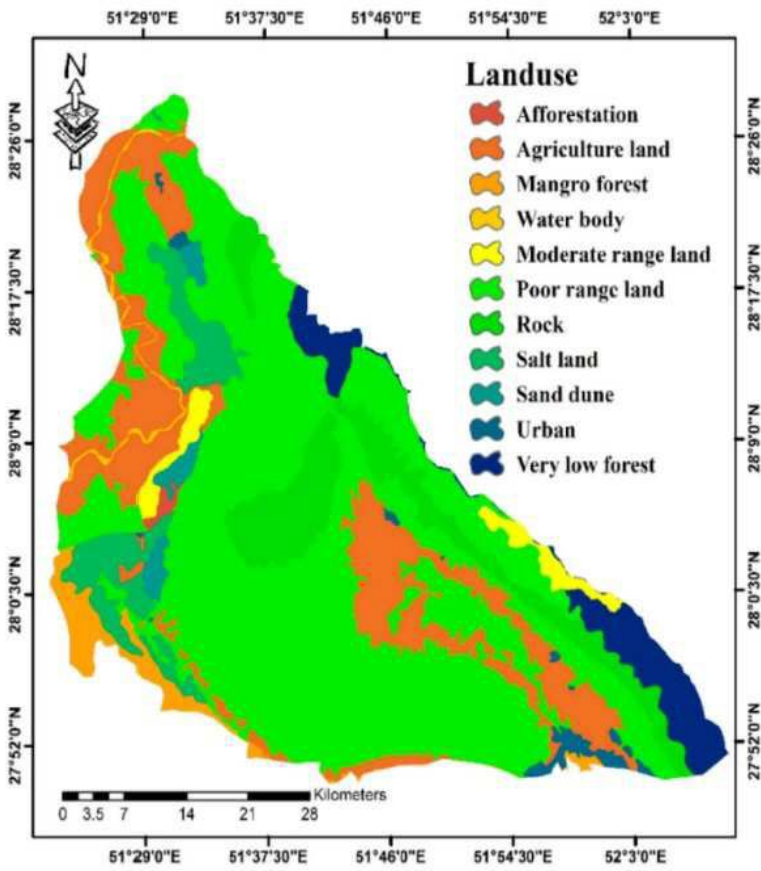
도면15



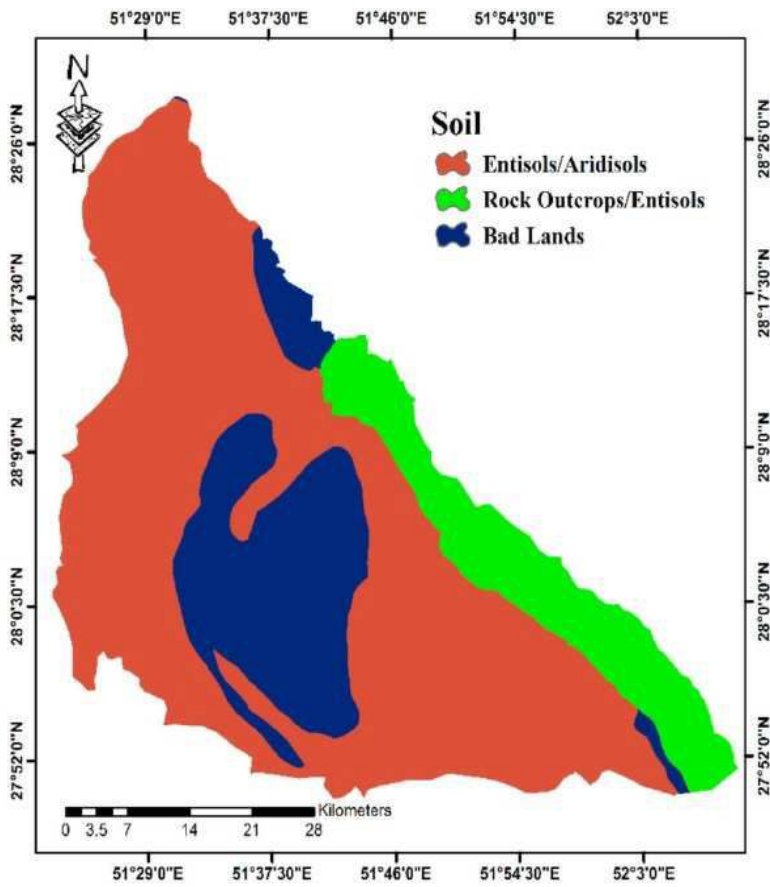
도면16



도면17



도면18



도면19

