

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2023-0150219
(43) 공개일자 2023년10월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/26 (2012.01) G06F 16/25 (2019.01)

G06F 16/28 (2019.01) G06F 16/29 (2019.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/26 (2013.01)

G06F 16/25 (2019.01)

(21) 출원번호 10-2023-0051968

(22) 출원일자 2023년04월20일

심사청구일자 2023년04월20일

(30) 우선권주장

1020220049561 2022년04월21일 대한민국(KR)

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

이민영

울산광역시 울주군 삼남읍 도호1길 9-15, 525

조기중

경기도 성남시 분당구 양현로 272, 306동 201호

김용은

경기도 남양주시 다산순환로 242, 1407동 1103호

(74) 대리인

정은열, 김태훈

전체 청구항 수 : 총 11 항

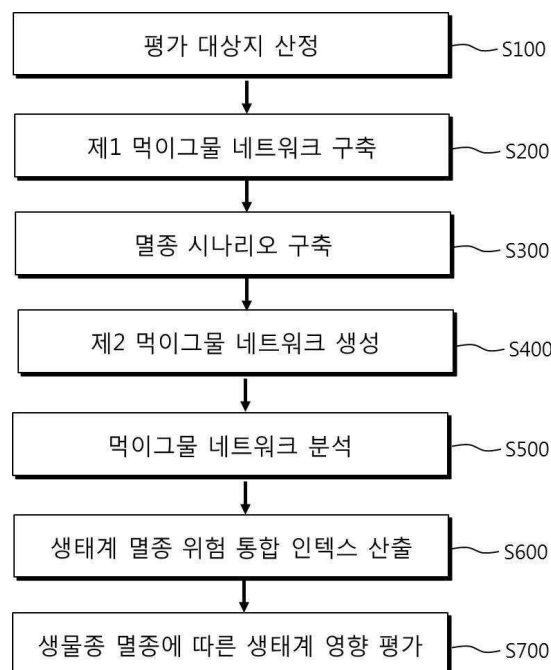
(54) 발명의 명칭 생태계 멸종 위험 진단 시스템 및 이의 동작방법

(57) 요약

본 발명은 생태계 멸종 위험 진단 시스템 및 이의 동작방법에 관한 것으로, 본 발명의 일실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 동작방법은 (a) 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종 중 적어도 하나 이상의 멸종 위기 생물종이 출현하는 적어도 하나 이상의 지점을 평가 대상으로 선정하는 단계; (b) 상기 평가

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



대상지별로, 상기 특정 생태계에 대한 제1 먹이그물 네트워크를 구축하는 단계; (c) 상기 평가 대상지별로, 상기 멸종 위기 생물종의 멸종 확률을 기반으로, 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 상기 멸종 위기 생물종이 순차적으로 멸종되는 멸종 시퀀스를 포함하는 멸종 시나리오를 구축하는 단계; (d) 상기 멸종 시나리오에 따라 멸종 시뮬레이션을 수행하여, 상기 특정 생태계에 대한 제2 먹이그물 네트워크를 생성하는 단계; (e) 상기 제1 먹이그물 네트워크, 및 상기 제2 먹이그물 네트워크를 소정의 분석지표에 따라 분석하는 단계; (f) 상기 분석지표별 결과값을 기반으로, 상기 제1 먹이그물 네트워크와 상기 제2 먹이그물 네트워크의 구조 변화량을 정량화하여 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 산출하는 단계; 및 (g) 산출된 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 기반으로, 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가하는 단계;를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06F 16/287 (2019.01)

G06F 16/29 (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345358250
과제번호	2022R1A6A3A01087398
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	보 구간 수생태계 종적 연속성 연구: 먹이그물망에 대한 network β -diversity 분석
기 여 율	50/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.09.01 ~ 2023.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711112975
과제번호	2019R1A2C1009812
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	네트워크 이론 기반 하천생태계 구조 및 기능 특성 연구
기 여 율	25/100
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345365061
과제번호	2021R1A6A1A10045235
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	오정리질리언스연구원
기 여 율	25/100
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

생태계 멸종 위험 진단 시스템이 특정 생태계에 대한 멸종 위험을 예측 및 평가하는 방법에 있어서,

- (a) 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종 중 적어도 하나 이상의 멸종 위기 생물종이 출현하는 적어도 하나 이상의 지점을 평가 대상으로 선정하는 단계;
- (b) 상기 평가 대상지별로, 상기 특정 생태계에 대한 제1 먹이그물 네트워크를 구축하는 단계;
- (c) 상기 평가 대상지별로, 상기 멸종 위기 생물종의 멸종 확률을 기반으로, 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 상기 멸종 위기 생물종이 순차적으로 멸종되는 멸종 시퀀스를 포함하는 멸종 시나리오를 구축하는 단계;
- (d) 상기 멸종 시나리오에 따라 멸종 시물레이션을 수행하여, 상기 특정 생태계에 대한 제2 먹이그물 네트워크를 생성하는 단계;
- (e) 상기 제1 먹이그물 네트워크, 및 상기 제2 먹이그물 네트워크를 소정의 분석지표에 따라 분석하는 단계;
- (f) 상기 분석지표별 결과값을 기반으로, 상기 제1 먹이그물 네트워크와 상기 제2 먹이그물 네트워크의 구조 변화를 정량화하여 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 산출하는 단계; 및
- (g) 산출된 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 기반으로, 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가하는 단계;를 포함하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 (a) 단계는,

지역별 수생태계 생물상 조사데이터 및 멸종 위기 생물종 평가데이터를 입력받는 단계; 및

상기 지역별 수생태계 생물상 조사데이터의 조사 대상 지점 중, 상기 멸종 위기 생물종 평가데이터의 상기 멸종 위기 생물종을 포함하는 지점을 상기 평가 대상으로 선정하는 단계;를 포함하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 평가 대상지에 출현한 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 상기 생물종을 각각 네트워크 노드로 표시하고, 다수의 상기 생물종 간의 피식-포식 상호관계에 따라 2 이상의 상기 네트워크 노드를 연결하는 네트워크 링크로 표시하여 상기 제1 먹이그물 네트워크를 구축하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 (c) 단계는,

상기 멸종 확률이 높은 순에서 낮은 순으로 구분되는 다수의 멸종 강도에 따라, 상기 멸종 위기 생물종을 분류하는 단계; 및

다수의 상기 멸종 강도별로 상기 멸종 시퀀스를 생성하는 단계;를 생성하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 (d) 단계는,

상기 제1 먹이그물 네트워크에 대하여, 상기 멸종 시퀀스에 따라, 상기 네트워크 노드 중 상기 멸종 위기 생물종에 대응되는 멸종 네트워크 노드, 및 상기 네트워크 링크 중 상기 멸종 네트워크 노드에 연결되는 멸종 네트워크 링크를 제거하고,

상기 네트워크 노드 중, 상기 멸종 네트워크 링크가 제거됨에 따라, 어떠한 상기 네트워크 링크와도 연결되지 않는 고립 네트워크 노드를 추가로 제거하여, 상기 제2 먹이그물 네트워크를 생성하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 (e) 단계는,

다양성 분석, 복잡성 분석 및 구조적 특성 분석을 수행하는 것이며,

상기 다양성 분석은 상기 제1 먹이그물 네트워크, 및 상기 제2 먹이그물 네트워크 내에 존재하는 상기 생물종의 숫자를 기반으로 수행되고,

상기 복잡성 분석은 상기 제1 먹이그물 네트워크, 및 상기 제2 먹이그물 네트워크 내에 존재하는 상호작용 링크의 개수, 상기 생물종 당 존재하는 평균적인 상호작용 링크 수로 계산되는 링크 밀도, 및 상기 제1 먹이그물 네트워크와 상기 제2 먹이그물 네트워크 내에 발현 가능한 전체 상호작용 숫자 대비 실제 존재하는 상호작용 링크 수인 연결성을 기반으로 수행되며,

상기 구조적 특성 분석은 먹이를 갖지만 포식자를 갖지 않는 생물종들의 비율, 먹이를 가지지 않는 생물종들의 비율, 먹이와 포식자를 모두 가지는 생물종들의 비율, 제1 먹이그물 네트워크 및 상기 제2 먹이그물 네트워크 내에 존재하는 전체 먹이사슬 길이의 평균, 2 이상의 영양단계의 먹이를 가지는 생물종들의 비율, 포식자당 평균적인 피식자의 숫자 또는 피식자당 평균적인 포식자의 숫자를 기반으로 수행되는 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 (f) 단계는,

상기 평가 대상지 전체의 상기 제1 먹이그물 네트워크 및 상기 제2 먹이그물 네트워크를 상기 생물종의 숫자에 따라 그룹화하고, 각각의 그룹에 대해 상기 제1 먹이그물 네트워크 및 상기 제2 먹이그물 네트워크에 대한 상기 분석지표별 결과값 차이를 산출하는 단계;

산출된 상기 분석지표별 결과값 차이를 정규화하는 단계; 및

정규화된 상기 분석지표별 결과값 차이를 합산하여 상기 구조 변화량을 정량화하는 단계;를 포함하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

(h) GIS(Geographic Information System)를 이용하여, 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 지리정보로 변환한 후, 상기 평가 대상지별 상기 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가한 결과를 지도에 맵핑하는 단계;를 더 포함하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법.

청구항 9

특정 생태계에 대한 멸종 위험을 예측 및 평가하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템에 있어서,

상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종 중 적어도 하나 이상의 멸종 위기 생물종이 출현하는 적어도 하나 이상의 지점을 평가 대상지로 선정하는 평가 대상지 선정부;

상기 평가 대상지별로, 상기 특정 생태계에 대한 제1 먹이그물 네트워크를 구축하는 제1 먹이그물 네트워크 구축부;

상기 평가 대상지별로, 상기 멸종 위기 생물종의 멸종 확률을 기반으로, 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 상기 멸종 위기 생물종이 순차적으로 멸종되는 멸종 시퀀스를 포함하는 멸종 시나리오를 구축하는 멸종 시나리오 구축부;

상기 멸종 시나리오에 따라 멸종 시뮬레이션을 수행하여, 상기 특정 생태계에 대한 제2 먹이그물 네트워크를 생성하는 제2 먹이그물 네트워크 생성부;

상기 제1 먹이그물 네트워크, 및 상기 제2 먹이그물 네트워크를 소정의 분석지표에 따라 분석하는 분석부;

상기 분석지표별 결과값을 기반으로, 상기 제1 먹이그물 네트워크와 상기 제2 먹이그물 네트워크의 구조 변화량을 정량화하여 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 산출하는 생태계 멸종 위험 통합 인덱스 산출부; 및

산출된 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 기반으로, 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가하는 생태계 영향 평가부;를 포함하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

GIS(Geographic Information System)를 이용하여, 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 지리정보로 변환한 후, 상기 평가 대상지별 상기 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가한 결과를 지도에 맵핑하는 맵핑부;를 더 포함하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 제1 먹이그물 네트워크, 상기 제2 먹이그물 네트워크, 및 상기 분석지표별 결과값으로 구성된 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 웹(web) 상에서 시각화하는 웹 운영부;를 더 포함하는 생태계 멸종 위험 진단 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 생물다양성 보전 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 생태계 멸종 위험을 예측하고 평가하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 현재 전 세계는 심각한 생물다양성 손실 위기에 처해있으며, 세계자연보전연맹(International Union for Conservation of Nature; IUCN)에서는 전세계 생물종들에 대해 멸종 위험 등급을 평가하고 이들의 보전을 촉구하고 있다. 생물다양성 손실은 생태계 구조적 성분 및 기능의 손실을 포함하는 개념이다. 특히, 생물종(species)의 손실, 즉 멸종(species extinction)은 단순히 생태계에서 해당 생물종이 제거되는 것에 국한되지 않으며 생태계 내 연쇄적 반응을 통해 전체 생태계의 구조와 기능에 영향을 미친다. 생물종 손실 방지 및 멸종 영향 예측 기술은 생물다양성 보전을 위한 사전적 조치 마련을 위해 중요하며, 이에 생태학 분야에서는 생물다양성 보전 및 생물종 손실 방지를 위한 기술개발의 필요성을 지속적으로 강조해왔다. 또한, 최근에는 지속가능한 생물자원의 이용 및 발생이익의 공정하고 공평한 공유를 목표로 하는 나고야 의정서(UN, 2010)가 채택·발효됨에 따라, 생물다양성 보전 분야 관련 기술 개발의 필요성이 더욱 강조되고 있다.

[0004] 생물다양성 보전을 위한 종래 기술들은 개별 생물종의 보전에 초점을 맞추어 왔다. 특히, 현재 멸종 위기에 처해있는 종 또는 경제성이 높은 종의 보전에 초점을 맞추어, 이들의 멸종 위험도를 평가하고, 산출된 멸종 위험도에 따라 각 생물종의 멸종 위험 등급을 산정해왔다. 멸종 위험도 평가를 위한 다양한 기술적 발전이 있었다. 대표적 종래 기술로 IUCN에 의해 개발된 멸종 위험 등급 평가 시스템이 있으며, 생물종의 개체군 크기 감소 및 서식 범위 감소 속도를 기반으로 멸종 위험을 등급화하는 기술을 탑재하고 있다. IUCN에서는 생물종의 멸종 위험 등급 평가를 위한 국가 및 지역 수준의 가이드라인을 배포하였으며, 현재 세계 각국에서는 이를 기반으로 해당 국가의 현실적, 생태적 특성을 반영하여 자국의 생물종들의 멸종 위험 등급을 산출하고 있으며, 해당 기술은 생물다양성 보전대책 수립을 위한 의사결정 기반 기술로서 널리 활용되고 있다.

[0005] 생물다양성 보전 분야의 종래 기술들은 생물종의 멸종 위험도를 평가하고 이에 따라 보전이 필요한 생물종을 선정하는 기술 개발에 초점을 맞추고 있지만, 현재까지 생물종의 멸종 영향은 평가되지 않고 있다. 생물종의 멸종은 생태계 내 영양학적 폭포효과에 의해 상호작용하는 타 생물종들에 영향을 미치며, 나아가 전체 생태계시스템에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 멸종의 영향은 개체군 또는 개별 생물종 수준에서 이해되기 어려우며 전체 시스템 수준의 접근법이 필요하지만, 기존의 개별 생물종 멸종리스크 평가 방식으로는 전체 시스템 수준의 이해가 어려운 실정이다. 생태계 생물종들은 독립적으로 존재하지 않으며 생물종 간 복잡한 상호작용을 통해 서로 유기적으로 연결되어서, 생물종의 멸종 또한 타 생물종의 멸종 메커니즘과 유기적으로 연결된다. 하지만, 종래 기술들은 해당 생물종의 개체군 특성(개체군 크기 및 서식 범위 감소)에 의해서만 멸종리스크가 결정되는 방식을 따르고 있으며, 타 생물종의 변화 또는 타 생물종 멸종에 따른 간접적 영향에 의한 이차멸종은 고려하지 않고 있다. 네트워크 분석 지표들은 전체론적 관점에서 시스템의 구조적 특성을 설명하는 데 유용하게 사용될 수 있다. 그러나 분석 지표들은 네트워크의 사이즈 의존적 특성을 가지며, 이로 인해 단일 네트워크의 특성에 대한 설명을 제공할 수 있지만 사이즈가 다른 복수의 네트워크들 간 직접적인 비교에 사용되기는 어렵다. 또한, 다양한 개별 네트워크 분석 지표들이 먹이그물 네트워크 분석에 활용될 수 있지만, 개별 지표들의 독립적 사용은 멸종이 생태계에 미치는 영향에 대한 종합적인 생태적 해석을 어렵게 한다. 종래의 노드 중심성 기반의 네트워크 노드 제거 시뮬레이션 기술은 다양한 실세계 네트워크들의 분석에 활발히 사용되는 기술이나 생태 분야에서는 유의성이 낮아 사용되기 어렵다. 생태계 내 생물종들은 노드 중심성이 높거나 낮은 순으로 멸종되지 않으며, 멸종 위험도 또는 교란에 대한 취약성이 높은 순으로 멸종되기 때문이다. 대량의 축적된 생태자료를 활용한 생태계 예측·분석 기술은 자료의 전처리에서부터 분석, 예측에 이르기까지 많은 시간이 소요된다는 한계점이 있다. 특히, 네트워크 데이터는 이차원 배열(행렬)자료의 특성을 가져 분석, 시뮬레이션, 모형 구동, 결과 표출에 이르기까지 많은 계산시간을 필요로 한다. 동일 종이라 하더라도 해당 종의 멸종의 영향은 지역별로 상이할 수 있다. 종래의 생물종 멸종 위험도 평가 기술은 전세계, 국가, 또는 여러 국가를 아우르는 지역적 수준에서 개발되어왔으며, 국소 지역들에 대해서는 일률적 평가 기준이 적용되었다. 따라서, 국소 지역 간 생물종 멸종의 영향을 비교, 분석, 평가하기에는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 10-2013-0113215 A

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 시나리오 기반 멸종 시뮬레이션 기술을 통해 생물종 멸종 영향의 예측·평가를 가능하게 하는 데 그 목적이 있다.
- [0009] 본 발명은 네트워크 접근법을 이용하여 먹이그물 네트워크 분석 기반의 멸종리스크 예측·평가 시스템을 개발함으로써 전체 생태계 시스템 수준의 멸종 영향 모의를 가능하게 하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 본 발명은 생물종 간 상호작용 구조를 기반으로 생태계 내 이차멸종을 유도함으로써 타 생물종의 영향을 반영한 멸종리스크 산정을 가능하게 하는 데 그 목적이 있다.
- [0011] 본 발명은 먹이그물 네트워크 분석 지표 산정 시 네트워크 사이즈 의존적 특성을 정규화하는 기술을 제공함으로써 복수의 생태계 먹이망 네트워크들 간 직접적인 비교를 가능하게 하는 것을 목적으로 한다.
- [0012] 본 발명은 개별적으로 사용되는 다양한 네트워크 분석 지표들을 통합하는 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 개발함으로써, 멸종의 생태계 영향에 대한 직관적 해석을 가능하게 하는 데 그 목적이 있다.
- [0013] 본 발명은 생물종의 멸종 시나리오를 수립하고 멸종 시나리오 기반 생태계 먹이그물 네트워크 멸종 시뮬레이션 기술을 제안함으로써 생태적으로 현실성 있는 멸종 영향 예측을 가능하게 하는 것을 목적으로 한다.
- [0014] 본 발명은 대량의 네트워크 데이터 처리를 위한 병렬 프로세싱 기능을 제공하는 데 그 목적이 있다.
- [0015] 본 발명은 국소적 수준에서 지역 특이적인 먹이그물 특성을 반영한 시뮬레이션 기능을 개발함으로써 지역에 관계없는 일률적 평가에서 나아가 지역 특이적 평가, 지역 간 생태계 멸종 위험 비교, 지역 및 전국 수준의 멸종 위험 평가를 가능하게 하는 것을 목적으로 한다.
- [0016] 본 발명은 GIS(Geographic Information System) 기반의 웹 어플리케이션을 통해 멸종 영향 평가를 지도에 맵핑하는 데 그 목적이 있다.
- [0017] 본 발명은 생태계 멸종 위험 평가 결과 뿐만 아니라 멸종 후 먹이그물 변화에 대한 네트워크 수준의 정량적 예측치를 제공, 각 지점의 먹이그물 및 해당 지역 내 출현 생물종 멸종 위험 등급에 따른 시뮬레이션을 수행함으로써 지점별, 멸종 시나리오별 예측 결과치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0018] 본 발명은 먹이그물 사이즈별 결과 표출 기능을 제공하고, 먹이그물 네트워크 시각화 기술을 개발함으로써 지점별 네트워크 그래프 시각자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0020] 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법은 (a) 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종 중 적어도 하나 이상의 멸종 위기 생물종이 출현하는 적어도 하나 이상의 지점을 평가 대상지로 선정하는 단계; (b) 상기 평가 대상지별로, 상기 특정 생태계에 대한 제1 먹이그물 네트워크를 구축하는 단계; (c) 상기 평가 대상지별로, 상기 멸종 위기 생물종의 멸종 확률을 기반으로, 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 상기 멸종 위기 생물종이 순차적으로 멸종되는 멸종 시퀀스를 포함하는 멸종 시나리오를 구축하는 단계; (d) 상기 멸종 시나리오에 따라 멸종 시뮬레이션을 수행하여, 상기 특정 생태계에 대한 제2 먹이그물 네트워크를 생성하는 단계; (e) 상기 제1 먹이그물 네트워크, 및 상기 제2 먹이그물 네트워크를 소정의 분석지표에 따라 분석하는 단계; (f) 상기 분석지표별 결과값을 기반으로, 상기 제1 먹이그물 네트워크와 상기 제2 먹이그물 네트워크의 구조 변화량을 정량화하여 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 산출하는 단계; 및 (g) 산출된 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 기반으로, 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가하는 단계;를 포함할 수 있다.

- [0021] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법에 있어서, 상기 (a) 단계는, 지역별 수생태계 생물상 조사데이터 및 멸종 위기 생물종 평가데이터를 입력받는 단계; 및 상기 지역별 수생태계 생물상 조사데이터의 조사 대상 지점 중, 상기 멸종 위기 생물종 평가데이터의 상기 멸종 위기 생물종을 포함하는 지점을 상기 평가 대상으로 선정하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법에 있어서, 상기 (b) 단계는, 상기 평가 대상지에 출현한 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 상기 생물종을 각각 네트워크 노드로 표시하고, 다수의 상기 생물종 간의 피식-포식 상호관계에 따라 2 이상의 상기 네트워크 노드를 연결하는 네트워크 링크로 표시하여 상기 제1 먹이그물 네트워크를 구축할 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법에 있어서, 상기 (c) 단계는, 상기 멸종 확률이 높은 순에서 낮은 순으로 구분되는 다수의 멸종 강도에 따라, 상기 멸종 위기 생물종을 분류하는 단계; 및 다수의 상기 멸종 강도별로 상기 멸종 시퀀스를 생성하는 단계;를 생성할 수 있다.
- [0024] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법에 있어서, 상기 (d) 단계는, 상기 제1 먹이그물 네트워크에 대하여, 상기 멸종 시퀀스에 따라, 상기 네트워크 노드 중 상기 멸종 위기 생물종에 대응되는 멸종 네트워크 노드, 및 상기 네트워크 링크 중 상기 멸종 네트워크 노드에 연결되는 멸종 네트워크 링크를 제거하고, 상기 네트워크 노드 중, 상기 멸종 네트워크 링크가 제거됨에 따라, 어떠한 상기 네트워크 링크와도 연결되지 않는 고립 네트워크 노드를 추가로 제거하여, 상기 제2 먹이그물 네트워크를 생성할 수 있다.
- [0025] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법에 있어서, 상기 (e) 단계는, 다양성 분석, 복잡성 분석 및 구조적 특성 분석을 수행하는 것이며, 상기 다양성 분석은 상기 제1 먹이그물 네트워크, 및 상기 제2 먹이그물 네트워크 내에 존재하는 상기 생물종의 숫자를 기반으로 수행되고, 상기 복잡성 분석은 상기 제1 먹이그물 네트워크, 및 상기 제2 먹이그물 네트워크 내에 존재하는 상호작용 링크의 개수, 상기 생물종 당 존재하는 평균적인 상호작용 링크 수로 계산되는 링크 밀도, 및 상기 제1 먹이그물 네트워크와 상기 제2 먹이그물 네트워크 내에 발현 가능한 전체 상호작용 숫자 대비 실제 존재하는 상호작용 링크 수인 연결성을 기반으로 수행되며, 상기 구조적 특성 분석은 먹이를 갖지만 포식자를 갖지 않는 생물종들의 비율, 먹이를 가지지 않는 생물종들의 비율, 먹이와 포식자를 모두 가지는 생물종들의 비율, 제1 먹이그물 네트워크 및 상기 제2 먹이그물 네트워크 내에 존재하는 전체 먹이사슬 길이의 평균, 2 이상의 영양단계의 먹이를 가지는 생물종들의 비율, 포식자당 평균적인 피식자의 숫자 또는 피식자당 평균적인 포식자의 숫자를 기반으로 수행될 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법에 있어서, 상기 (f) 단계는, 상기 평가 대상지 전체의 상기 제1 먹이그물 네트워크 및 상기 제2 먹이그물 네트워크를 상기 생물종의 숫자에 따라 그룹화하고, 각각의 그룹에 대해 상기 제1 먹이그물 네트워크 및 상기 제2 먹이그물 네트워크에 대한 상기 분석지표별 결과값 차이를 산출하는 단계; 산출된 상기 분석지표별 결과값 차이를 정규화하는 단계; 및 정규화된 상기 분석지표별 결과값 차이를 합산하여 상기 구조 변화량을 정량화하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 생태계 멸종 위험 예측 및 평가 방법에 있어서, (h) GIS(Geographic Information System)를 이용하여, 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 지리정보로 변환한 후, 상기 평가 대상지별 상기 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가한 결과를 지도에 맵핑하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0028] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템은 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종 중 적어도 하나 이상의 멸종 위기 생물종이 출현하는 적어도 하나 이상의 지점을 평가 대상으로 선정하는 평가 대상지 선정부; 상기 평가 대상지별로, 상기 특정 생태계에 대한 제1 먹이그물 네트워크를 구축하는 제1 먹이그물 네트워크 구축부; 상기 평가 대상지별로, 상기 멸종 위기 생물종의 멸종 확률을 기반으로, 상기 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 상기 멸종 위기 생물종이 순차적으로 멸종되는 멸종 시퀀스를 포함하는 멸종 시나리오를 구축하는 멸종 시나리오 구축부; 상기 멸종 시나리오에 따라 멸종 시뮬레이션을 수행하여, 상기 특정 생태계에 대한 제2 먹이그물 네트워크를 생성하는 제2 먹이그물 네트워크 생성부; 상기 제1 먹이그물 네트워크, 및 상기 제2 먹이그물 네트워크를 소정의 분석지표에 따라 분석하는 분석부; 상기 분석지표별 결과값을 기반으로, 상기 제1 먹이그물 네트워크와 상기 제2 먹이그물 네트워크의 구조 변화량을 정량화하여 생태계

멸종 위험 통합 인덱스를 산출하는 생태계 멸종 위험 통합 인덱스 산출부; 및 산출된 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 기반으로, 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가하는 생태계 영향 평가부;를 포함할 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템에 있어서, GIS(Geographic Information System)를 이용하여, 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 지리정보로 변환한 후, 상기 평가 대상지별 상기 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가한 결과를 지도에 맵핑하는 맵핑부;를 더 포함할 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템에 있어서, 상기 제1 먹이그물 네트워크, 상기 제2 먹이그물 네트워크, 및 상기 분석지표별 결과값으로 구성된 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 웹(web) 상에서 시각화하는 웹 운영부;를 더 포함할 수 있다.

[0032] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0033] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

[0035] 본 발명은 생물종 멸종에 따른 생태계 멸종 위험 평가 시스템으로, IUCN 기반의 생물종 멸종 위험 등급 평가 시스템(IUCN, 2022)과 연계함으로써 보전 생물종 선정을 위한 과학적 의사결정 지원도구로 활용이 가능하다.

[0036] 본 발명은 네트워크 분석을 기반으로 멸종 시나리오별 생태계 먹이그물 구조 변화량의 정량적 예측·평가 결과치를 제시한다는 점에서 과학적, 학술적 효과가 있으며, 결과치들은 멸종 위기 생물종 보전대책 마련 시 기초자료로 활용이 가능하다.

[0037] 본 발명은 생물다양성 보전 분야뿐만 아니라 다양한 응용 생태 연구들에서 활용될 수 있으며, 구체적으로 생태계 및 환경 관리 분야에서 기후변화, 환경오염, 외래생물 유입에 의한 생물종 멸종 영향 예측 시 시뮬레이션 기술로서 활용될 수 있다.

[0038] 본 발명은 생물다양성 보전 및 증진을 위한 기초 기술로서, 신생물소재의 발굴과 이용, 유전자원 확보, 의약품 및 고기능성 식품개발 등 고부가가치 산업에의 생물자원 이용의 지속가능성을 증가시킨다는 점에서 경제적, 산업적 효과가 있다.

[0039] 본 발명은 GIS 기반의 멸종 위험 평가시스템으로 전국 수준의 생태계 멸종 위험 평가가 가능할 뿐만 아니라 지역 간 멸종 위험 비교를 가능하게 한다. 멸종 위험의 지역 간 비교를 통해 멸종 위험 우려 지역 및 보호 우선 지역 선정 시 활용이 가능하며, 지자체 수준의 구체적 생물다양성 보전 시행세칙 마련을 지원하고, 생물다양성 증진에 기여한다는 점에서 사회적, 공공적, 환경적 효과가 있다.

[0040] 본 발명은 기술의 실시를 위한 GIS 기반 웹 어플리케이션을 제공함으로써 사용자 편의성을 높이는 효과가 있다.

[0041] 본 발명은 생태계 생물상 모니터링 사업 및 생태계 건강성 평가 프로그램과 결합하여 활용이 가능하다.

[0042] 본 발명은 육상 및 해양 생태계를 포함하는 다양한 생태계 유형에 적용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0044] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 동작하는 환경을 대한 개략도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 동작방식을 설명하는 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 동작방식을 구체적으로 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 평가 대상지를 선정하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 제1 먹이그물 네트워크를 구축하는 방법을 나

타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 멸종 시나리오를 구축하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 멸종 시뮬레이션을 수행하는 방식을 설명하는 흐름도이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 수행한 멸종 시나리오별 멸종 영향 평가 결과를 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 운영하는 GIS 기반 웹(web) 화면을 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 수행한 멸종 영향 평가 및 네트워크 분석 결과 테이블이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0045] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0046] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.

[0048] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 동작하는 환경을 대한 개략도이다.

[0049] 도 1을 참고로, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 연구자 단말기(2000) 및 외부 서버(3000)와 연결되어 통신되는 환경 내에서 동작할 수 있다.

[0050] 일 실시예에 따르면, 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 특정 생태계에 대한 멸종 위험을 예측 및 평가한다. 여기서, 평가 대상이 되는 생태계는 하천, 호수, 하구, 연안, 산림, 육상, 해양 등 다양한 생태계로 구성될 수 있다.

[0051] 생태계의 먹이그물 네트워크 내에서 특정 생물종의 멸종은 영양학적인 폭포 효과에 의해 다른 생물종들의 이차 멸종을 야기할 수 있다. 생물종들의 이차 멸종은 생물종들 간의 상호작용 구조에 영향을 받게 되며, 특정 생물종이 어떠한 상호작용 관계도 가지지 않는 상태가 되면 해당 생물종에 대한 이차 멸종이 발생할 수 있다. 상세하게는, 먹이그물 네트워크 내에서 포식자인 생물종은 해당 생물종과 상호작용하는 피식자 생물종을 가지지 않게 되면 먹이 공급원의 부재로 인해 멸종될 수 있다. 이와 같이, 특정한 피식자 생물종이 멸종할 경우 해당 피식만을 섭취하는 포식자는 먹이 공급원의 소실로 이차 멸종될 수 있다. 이와 달리, 특정한 피식자 생물종이 멸종하더라도 해당 피식자 생물종과 다른 피식자 생물종을 함께 섭취하는 포식자는 다른 피식자를 통해 먹이를 공급할 수 있어 이차멸종이 되지 않을 수 있다. 생태계 내에서의 대량의 이차 멸종은 생물 군집 전체의 붕괴를 초래할 수 있다.

[0052] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 평가 대상지 내의 생태계에서 특정 생물종의 멸종 확률을 기반으로 멸종 시나리오를 구축하고, 그 멸종 시나리오에 따라 멸종 시뮬레이션을 수행하며, 멸종 시뮬레이션 전후의 먹이그물 네트워크를 분석하여 먹이그물 네트워크의 구조 변화량을 정량화함으로써 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가한다. 또한, 동작 과정에서 도출되는 결과를 GIS(Geographic Information System) 기술을 이용해 지리정보로 변환하여 지도에 맵핑할 수 있다.

[0053] 연구자 단말기(2000)는 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)을 관리하거나 사용하는 연구자에 의해 제어되는 단말기로, 연구자는 웹 브라우저 또는 연구자 단말기(2000) 상에 설치된 어플리케이션 등의 프로그램을 통하여 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)에 접속하여 자신이 원하는 방식대로 생태계 멸종 위험 진단을 수행할 수 있

다.

- [0054] 일 실시예에 따르면, 연구자는 연구자 단말기(2000)를 통해 어떠한 멸종 시나리오에 따라 멸종 시물레이션을 수행할 것인지를 결정할 수 있으며, 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 산출하기 위해 먹이그물 네트워크의 사이즈를 선택할 수 있다. 또한, 연구자는 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)이 동작하는 과정에서 활용할 병렬 처리 프로세스의 코어수를 지정할 수도 있다.
- [0055] 연구자 단말기(2000)는 동작에 필요한 정보들을 저장하는 메모리, 동작에 필요한 각종 연산을 수행하는 CPU와 같은 중앙처리장치, 입출력 장치 등을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0056] 이러한 연구자 단말기(2000)는 휴대폰, 스마트폰, PDA(Personal Digital Assistant), PMP(Portable Multimedia Player), 태블릿 PC, 등과 같이 네트워크를 통하여 웹 서버와 연결될 수 있는 모든 종류의 핸드헬드(Handheld) 기반의 무선 통신 장치를 포함할 수 있으며, 개인용 컴퓨터(예를 들어, 데스크탑 컴퓨터, 노트북 컴퓨터 등), 워크스테이션, 웹 패드 등과 같이 메모리 수단을 구비하고 마이크로 프로세서를 탑재하여 연산 능력을 갖춘 디지털 기기 중 하나일 수도 있다.
- [0057] 외부 서버(3000)는 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)의 원활한 동작을 위해 필요한 데이터를 제공하는 서버로, 외부의 정보 제공 시스템이나 데이터베이스로 구성될 수 있다. 예를 들어, 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 평가 대상지 선정에 위한 지역별 수생태계 생물상 조사데이터 및 멸종 위기 생물종 평가데이터, 먹이그물 네트워크를 구축하는데 필요한 생물종 간 피식-포식 상호작용 데이터 등을 외부 서버(3000)로부터 제공받을 수 있다.
- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 도 1에서 도시된 시스템의 동작 환경 내에서 동작하는 각 주체들이 통신하기 위해서 사용하는 통신망은 유선 및 무선 등과 같은 그 통신 양태를 가리지 않고 구성될 수 있으며, 예를 들면, 근거리 통신망(LAN: Local Area Network), 도시권 통신망(MAN: Metropolitan Area Network), 광역 통신망(WAN: Wide Area Network) 등 다양한 통신망으로 구현될 수 있다. 바람직하게는, 본 발명의 일 실시예에 따른 통신망은 공지의 월드와이드웹(WWW: World Wide Web) 등일 수도 있다.
- [0060] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 동작방식을 설명하는 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 동작방식을 구체적으로 나타낸 도면이다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 평가 대상지를 선정하는 방법을 나타낸 도면이고, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 제1 먹이그물 네트워크를 구축하는 방법을 나타낸 도면이며, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 멸종 시나리오를 구축하는 방법을 나타낸 도면이고, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 멸종 시물레이션을 수행하는 방식을 설명하는 흐름도이며, 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 수행한 멸종 시나리오별 멸종 영향 평가 결과를 나타내는 도면이다.
- [0061] 도 2 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 평가 대상지를 선정할 수 있다(S100). 평가 대상지는 생태계 멸종 위험 평가의 대상이 되는 지점이다. 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종 중 적어도 하나 이상의 멸종 위기 생물종이 출현하는 적어도 하나 이상의 지점을 평가 대상으로 선정할 수 있다.
- [0062] 일 실시예로, 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 지역별 수생태계 생물상 조사데이터 및 멸종 위기 생물종 평가데이터를 입력받을 수 있다. 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)의 데이터 수집은 시스템 외부의 정보 제공 시스템이나 데이터베이스를 통해 이루어질 수 있다.
- [0063] 여기서, 지역별 수생태계 생물상 조사데이터는 수생태계 생물상 조사 대상 지점 및 그 지점에 출현한 생물종에 관한 정보를 포함하고, 멸종 위기 생물종 평가데이터는 멸종 위기 생물종에 관한 정보를 포함한다. 따라서, 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 지역별 수생태계 생물상 조사데이터의 조사 대상 지점 중, 멸종 위기 생물종 평가데이터의 멸종 위기 생물종을 포함하는 지점을 평가 대상으로 선정할 수 있다.
- [0064] 도 4를 참고로 예를 들면, 물환경정보시스템(Water Information System; WIS)에서 제공하는 수생태계 생물측정망 데이터베이스를 이용하여 수생태계 생물상 조사데이터를 수집할 수 있다. 전국의 생물측정망 조사지점(약 3,000 개소)에 대해 지점별 어류, 저서성대형무척추동물, 부착조류 출현 생물종 조사자료를 전체 수집할 수 있다. 국내 멸종 위기 생물 종 적색목록자료집을 이용하여 멸종 위기 생물종 평가데이터를 수집할 수 있다. 국내

에서는 세계자연보전연맹(International Union for Conservation of Nature; IUCN)의 국가 및 지역 수준의 가이드 라인에 따라 생물종의 멸종 위험 등급을 평가하고 있으며, 수생태계 생물상에 해당하는 어류, 연체동물, 수서곤충 적색목록 생물종 자료를 전체 수집한다. WIS로부터 수집된 생물측정망 전체 조사지점 중 적색목록 생물종을 포함하고 있는 지점을 추출하고, 추출된 조사지점, 즉 멸종 위기 생물종이 출현한 지점을 평가 대상지로 선정할 수 있다.

[0066] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 제1 먹이그물 네트워크를 구축할 수 있다(S200). 여기서, 제1 먹이그물 네트워크는 선정된 평가 대상지별로 구축되고, 생물종 및 생물종간 피식-포식 상호작용을 나타낸다. 제1 먹이그물 네트워크는 평가 대상지에 출현한 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 생물종을 각각 네트워크 노드로 표시하고, 다수의 생물종 간의 피식-포식 상호관계에 따라 2 이상의 상기 네트워크 노드를 연결하는 네트워크 링크로 표시하여 구축될 수 있다.

[0067] 일 실시예로, 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 먹이그물 네트워크 구축을 위해 전세계 생물 상호작용 데이터베이스인 Global Biotic Interaction(GloBI)으로부터 생물종 간 피식-포식 상호작용 자료를 수집할 수 있다. 상호작용 자료 수집 시, 평가 대상지로 선정된 조사지점 내 전체 출현 생물종들의 학명을 이용할 수 있다. GloBI 데이터베이스 내에서 해당 생물종의 학명과 매칭되는 상호작용 생물종 자료가 존재할 경우 해당 상호작용 자료를 수집할 수 있다. 도 5를 참고로, WIS에서 수집된 생물상 조사데이터에 대해 수집된 생물종 간 피식-포식 상호작용 자료를 외삽함으로써 네트워크 링크를 형성할 수 있다. 전체 생물종들에 대해서 상호작용 자료 외삽 과정을 반복 수행하고, 더 이상 매칭되는 상호작용 데이터가 발견되지 않으면 네트워크 링크 외삽이 종료되며, 생물종 및 생물종 간 피식-포식 상호작용으로 구성된 제1 먹이그물 네트워크의 구축이 완료될 수 있다. 제1 먹이그물 네트워크 구축 과정은 평가 대상지로 선정된 조사지점별로 독립적으로 수행되며, 병렬 프로세스를 통해 동시 구축될 수 있다. 병렬 프로세스에 따르면, 병렬 처리를 수행하는 프로세서의 코어수를 연구자의 설정에 의해 결정될 수 있으며, 그에 따라 복수 개의 제1 먹이그물 네트워크가 구축될 수 있다. 다수의 제1 먹이그물 네트워크에 대한 데이터들이 입력되면 지정된 코어 수에 대응되는 수의 클러스터가 생성되고, 생성된 각각의 클러스터에 대하여 제1 먹이그물 네트워크가 동시에 구축될 수 있다.

[0069] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 멸종 시나리오를 구축할 수 있다(S300). 멸종 시나리오는 멸종 위기 생물종의 멸종 확률을 기반으로, 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 멸종 위기 생물종이 순차적으로 멸종되는 멸종 시퀀스를 포함할 수 있다. 이러한 멸종 시나리오는 평가 대상지별로 구축될 수 있다.

[0070] 일 실시예로, 멸종 확률이 높은 순에서 낮은 순으로 구분되는 다수의 멸종 강도에 따라, 상기 멸종 위기 생물종을 분류할 수 있다. 다음, 다수의 멸종 강도별로 멸종 시퀀스를 생성할 수 있다.

[0071] 도 6을 참고로 예를 들면, 멸종 시나리오는 IUCN 적색목록 범주를 기반으로 작성될 수 있다. 국내 멸종 위기 생물종 적색목록자료집은 IUCN의 적색목록 범주 및 기준 지침서에 따라 국내 생물종의 멸종 위험 등급을 평가하고 있다. 멸종 위험 등급은 생물종별 개체군 크기 감소 및 서식 범위 감소 속도를 기준으로 평가되며, 개체군 크기 감소 및 서식 범위 감소 속도가 높은 생물종들은 멸종 위험 등급이 높은 것으로 평가된다. 이에 따르면, 절멸된 생물종을 제외하고, 현재 멸종 위험에 처한 생물종들은 위급(CR), 위기(EN), 취약(VU)의 세 등급으로 구분되며, 현재 멸종 위험에 처해있지 않지만 가까운 미래에 멸종 위험에 처할 수 있는 생물종들은 준위협(NT)으로 분류되고 있다.

[0072] 위급, 위기, 취약, 준위협 네 가지 범주를 이용하여 멸종 시나리오를 작성할 수 있다. 멸종 위험 등급이 높은 생물종은 고난 하에서 멸종 확률이 더 높다. 이에 따라, 멸종 시나리오는 적색목록 범주에 따라 멸종 위험이 높은 순으로 생물종의 순차적 누적 멸종이 일어나는 것으로 가정할 수 있다.

[0073] 구체적으로, 적색목록 범주를 이용하여 생물종의 순차적 멸종 시퀀스를 갖는 생물종 멸종 시나리오를 생성할 수 있다. 생물종 멸종 시나리오는 멸종의 강도에 따라, 약한 강도의 생물종 멸종 시나리오, 중간 강도의 생물종 멸종 시나리오, 및 강한 강도의 생물종 멸종 시나리오로 구축될 수 있다. 약한 강도의 생물종 멸종 시나리오는 위급, 위기 범주에 해당하는 종들의 멸종으로 수립될 수 있다. 중간 강도의 생물종 멸종 시나리오는 위급, 위기, 취약 범주에 해당하는 종들의 멸종을 수립될 수 있다. 강한 강도의 생물종 멸종 시나리오는 위급, 위기, 취약, 준위협 범주 해당하는 종들의 멸종으로 수립될 수 있다.

[0074] 생물종 제거 시뮬레이션을 위해, 평가 대상지별로 각각의 멸종 시나리오에 따른 생물종의 멸종 시퀀스들을 생성

할 수 있다. 이때, 멸종 시퀀스는 해당 평가 대상지에서 출현한 멸종 위기 생물종들에 의해 결정될 수 있다.

- [0076] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 제2 먹이그물 네트워크를 생성할 수 있다(S400). 제2 먹이그물 네트워크는 멸종 시나리오에 따라 멸종 시뮬레이션을 수행한 결과로써 생성될 수 있다. 생물종 멸종 시뮬레이션은 각각의 멸종 시나리오에 따라 구축된 제1 먹이그물에서 해당 생물종을 제거함으로써 수행될 수 있다.
- [0077] 구체적으로, 제1 먹이그물 네트워크에 대하여, 멸종 시퀀스에 따라, 네트워크 노드 중 멸종 위기 생물종에 대응되는 멸종 네트워크 노드, 및 네트워크 링크 중 상멸종 네트워크 노드에 연결되는 멸종 네트워크 링크를 제거할 수 있다. 다음, 네트워크 노드 중, 멸종 네트워크 링크가 제거됨에 따라, 어떠한 네트워크 링크와도 연결되지 않는 고립 네트워크 노드를 추가로 제거하여, 제2 먹이그물 네트워크를 생성할 수 있다
- [0078] 도 6을 참고로 예를 들면, 해당 생물종(멸종 네트워크 노드) 제거에 따른 해당 생물종의 피식-포식 상호작용 링크(멸종 네트워크 링크)가 제거되며, 연속적으로 피식-포식 상호작용 링크(네트워크 링크)를 가지지 않는 고립된 생물종(고립 네트워크 노드)이 생성될 수 있다. 생태계 내 생물종은 상호작용함으로써 존재할 수 있기 때문에 고립된 생물종은 멸종되게 된다. 생물종 제거에 따라 생성된 고립된 생물종들은 이차멸종하는 것으로 가정하며, 이에 따라 시뮬레이션 과정에서 고립된 생물종은 제1 먹이그물 네트워크 내에서 제거할 수 있다. 본 발명에서 이차멸종의 유도 과정은 생태계 내 영양학적 폭포 효과에 따른 연쇄적 멸종을 반영한다.
- [0079] 시뮬레이션의 각 단계에서 발생하는 고립된 생물종들은 다음 단계에서 생물종 제거 시 함께 제거된다.
- [0080] 시뮬레이션 과정에서 이차멸종의 유도 과정은 더 이상 고립된 노드가 발생하지 않을 때 까지 반복 수행될 수 있다.
- [0081] 약한 강도의 생물종 멸종 시나리오 하에서 멸종 시뮬레이션은 다음과 같이 수행된다. 평가 대상지의 제1 먹이그물 내 위급, 위기 범주에 해당하는 어류, 연체동물, 수서곤충 생물종을 확인하고, 해당 생물종 자료를 추출한 다음, 상응하는 먹이그물 네트워크 노드를 제거하고, 제거된 네트워크 노드의 링크들을 제거한다. 그리고, 제거된 링크들과 연결된 네트워크 노드를 확인하며, 확인된 노드가 링크를 갖지 않는 경우에는 고립된 노드로 지정하고, 고립된 노드를 추출하여 추출된 고립된 노드들의 제거를 수행한다. 먹이그물 네트워크 노드 제거에서부터 추출된 고립된 노드들의 제거에 이르기까지가 멸종 시뮬레이션의 한 단계에 해당하며, 이 과정을 반복 수행한 후 더 이상 고립된 노드가 발생하지 않으면 시뮬레이션이 종료될 수 있다.
- [0082] 중간 및 강한 강도의 생물종 멸종 시나리오 하에서 멸종 시뮬레이션 과정 역시 위의 약한 강도의 생물종 멸종 시나리오 시뮬레이션 과정과 동일한 과정에 따라 수행될 수 있다.
- [0084] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 먹이그물 네트워크의 구조를 분석할 수 있다(S500). 여기서, 제1 먹이그물 네트워크, 및 제2 먹이그물 네트워크의 구조를 소정의 분석지표에 따라 분석할 수 있다. 평가 대상지별로 멸종 전(현재 상태), 후(멸종 시나리오에 따른 멸종 후 상태: 약한 강도의 멸종 시나리오, 중간 강도의 멸종 시나리오, 강한 강도의 멸종 시나리오에 따른 멸종 후 상태)의 먹이그물 네트워크들 각각에 대해 소정의 분석지표로 네트워크 분석을 수행하고, 평가 대상지별로 소정의 분석지표별 결과값들을 산출할 수 있다.
- [0085] 제1 및 제2 먹이그물 네트워크 구조 분석은 다양성 분석, 복잡성 분석 및 구조적 특성 분석으로 분류될 수 있다. 다양성 분석은 분석 대상이 되는 먹이그물 네트워크 내에 존재하는 종의 숫자(S)를 기반으로 수행될 수 있다. 복잡성 분석은 먹이그물 네트워크 내에 존재하는 상호작용의 링크 수(L), 생물종 당 존재하는 평균적인 상호작용 링크 수로 계산되는 링크 밀도(LD) 및 먹이그물 네트워크 내에 발현 가능한 전체 상호작용 숫자 대비 실제 존재하는 상호작용 링크 수로 계산되는 연결성(C)을 기반으로 수행될 수 있다. 구조적 특성 분석은 먹이를 갖지만 포식자를 갖지 않는 생물종들의 비율(Top), 먹이를 가지지 않는 생물종들의 비율(Basal), 먹이와 포식자를 모두 가지는 생물종들의 비율(Inter), 먹이그물 네트워크 내에 존재하는 전체 먹이사슬 길이의 평균(MCL), 둘 이상의 영양단계의 먹이를 가지는 생물종들의 비율(O), 포식자당 평균적인 피식자의 숫자(Gen) 또는 피식자당 평균적인 포식자의 숫자(Vul)를 기반으로 수행될 수 있다.
- [0087] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 산출할 수 있다(S600). 분석지표별 결과값을 기반으로, 제1 먹이그물 네트워크와 제2 먹이그물 네트워크의 구조 변화량을 정량화하여 생태계 멸종 위

험 통합 인덱스를 산출할 수 있다.

[0088] 여기서, 평가 대상지 전체의 제1 먹이그물 네트워크 및 제2 먹이그물 네트워크를 생물종의 숫자에 따라 그룹화하고, 각각의 그룹에 대해 제1 먹이그물 네트워크 및 제2 먹이그물 네트워크에 대한 분석지표별 결과값 차이를 산출할 수 있다. 이렇게 산출된 상기 분석지표별 결과값 차이는 정규화될 수 있고, 정규화된 분석지표별 결과값 차이를 합산하여 구조 변화량을 정량화할 수 있다.

[0089] 예를 들면, 전체 평가 대상지 먹이그물 네트워크들을 먹이그물 네트워크의 사이즈(즉, 생물종 수; S)별로 그룹화하고, 아래 [수학식 1]에 따라 각 그룹에 대해 네트워크 분석 지표들의 멸종 시뮬레이션 전후 차이값을 산출할 수 있다. 먹이그물 네트워크의 사이즈 그룹은 ≤ 40 , $41 - 60$, $61 - 80$, $81 - 100$, $101 - 120$, $121 - 140$, > 140 으로 구분될 수 있다.

[0090] [수학식 1]

$$D_{G,i} = Y_{G,i,before} - Y_{G,i,after}$$

$$G \ni \{\leq 40, 41 - 60, 61 - 80, 81 - 100, 101 - 120, 121 - 140, > 140\},$$

$$i \ni \{S, L, LD, C, Gen, Vul\}$$

[0091] $after \ni \{low\ scenario, medium\ scenario, high\ scenario\}$

[0092] 네트워크 분석 지표 변화량은 네트워크 분석 지표에 따라 서로 다른 범위의 값을 가지기 때문에 정규화가 필요하므로, 아래 [수학식 2 및 3]에 따라 min-max 정규화에 따라 각각의 분석 지표들이 모두 0 ~ 1의 범위를 갖도록 정규화할 수 있다.

[0093] [수학식 2]

$$f(x) = \frac{x - x_{\min}}{x_{\min} - x_{\max}}$$

[0094]

[0095] [수학식 3]

$$f(D_{Gi}) = D_{Gi}'$$

[0096]

[0097] 네트워크 분석 지표들은 먹이그물 네트워크의 사이즈에 의해 영향을 받기 때문에, 멸종 전후 네트워크 분석 지표의 변화량에는 멸종의 영향 뿐만 아니라 네트워크 사이즈 영향이 포함되어 있을 수 있다. 상기 [수학식 1, 2 및 3]에 따라, 먹이그물 네트워크 사이즈를 그룹화한 후, 그룹별 지표 변화량을 정규화하고, 그룹별 정규화된 지표들을 합산함으로써 멸종 위험을 정량화하고 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 산출할 수 있다(수학식 4).

[0098] [수학식 4]

$$Extinction\ Risk\ Index = f\left(\sum_i (-D_{Gi}''')\right) \times 100 (\%)$$

[0099]

[0100] 생태계 멸종 위험 통합 인덱스는 전체 분석지표들의 변화를 종합적으로 고려하여 산출될 수 있다. 멸종에 따른 먹이그물 네트워크 구조의 변화가 클수록 생태계 멸종 위험이 높으며, 생태계 멸종 위험 통합 인덱스는 0(멸종 위험 낮음) ~ 100(멸종 위험 높음) 사이의 값을 가질 수 있다.

[0102] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가할 수 있다(S700). 산출된 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 기반으로, 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가할 수 있다. 따라서, 멸종 위험이 낮은 순서에서부터 높은 순서에 따라 생물종 멸종에 따른 생태계 영향이 평가될 수 있다.

[0104] 또한, 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가한 결과를 지도에 맵핑할 수 있다.

- [0105] 도 8을 참고로, GIS(Geographic Information System)를 이용하여, 상기 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 지리 정보로 변환한 후, 평가 대상지별 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가한 결과를 지도에 맵핑할 수 있다.
- [0107] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.
- [0108] 도 9를 참고로, 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 평가 대상지 선정부(110), 제1 먹이그물 네트워크 구축부(120), 멸종 시나리오 구축부(130), 제2 먹이그물 네트워크 생성부(140), 분석부(150), 생태계 멸종 위험 통합 인덱스 산출부(160), 및 생태계 영향 평가부(170)를 포함할 수 있다.
- [0109] 평가 대상지 선정부(110)는 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종 중 적어도 하나 이상의 멸종 위기 생물종이 출현하는 적어도 하나 이상의 지점을 평가 대상지로 선정할 수 있다. 지역별 수생태계 생물상 조사데이터 및 멸종 위기 생물종 평가데이터를 입력받고, 지역별 수생태계 생물상 조사데이터의 조사 대상 지점 중, 멸종 위기 생물종 평가데이터의 멸종 위기 생물종을 포함하는 지점을 평가 대상지로 선정할 수 있다.
- [0110] 제1 먹이그물 네트워크 구축부(120)는 평가 대상지별로, 특정 생태계에 대한 제1 먹이그물 네트워크를 구축할 수 있다. 평가 대상지에 출현한 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 생물종을 각각 네트워크 노드로 표시하고, 다수의 생물종 간의 피식-포식 상호관계에 따라 2 이상의 네트워크 노드를 연결하는 네트워크 링크로 표시하여 제1 먹이그물 네트워크를 구축할 수 있다.
- [0111] 멸종 시나리오 구축부(130)는 평가 대상지별로, 멸종 위기 생물종의 멸종 확률을 기반으로, 특정 생태계에 포함되는 다수의 생물종에 대하여, 멸종 위기 생물종이 순차적으로 멸종되는 멸종 시퀀스를 포함하는 멸종 시나리오를 구축할 수 있다. 멸종 확률이 높은 순에서 낮은 순으로 구분되는 다수의 멸종 강도에 따라, 멸종 위기 생물종을 분류하고, 멸종 강도별로 멸종 시퀀스를 생성할 수 있다.
- [0112] 제2 먹이그물 네트워크 생성부(140)는 멸종 시나리오에 따라 멸종 시뮬레이션을 수행하여, 특정 생태계에 대한 제2 먹이그물 네트워크를 생성할 수 있다. 제1 먹이그물 네트워크에 대하여, 멸종 시퀀스에 따라, 네트워크 노드 중 멸종 위기 생물종에 대응되는 멸종 네트워크 노드, 및 네트워크 링크 중 멸종 네트워크 노드에 연결되는 멸종 네트워크 링크를 제거할 수 있다. 다음, 네트워크 노드 중, 멸종 네트워크 링크가 제거됨에 따라, 어떠한 네트워크 링크와도 연결되지 않는 고립 네트워크 노드를 추가로 제거하여, 제2 먹이그물 네트워크를 생성할 수 있다.
- [0113] 분석부(150)는 제1 먹이그물 네트워크, 및 제2 먹이그물 네트워크를 소정의 분석지표에 따라 분석할 수 있다. 여기서, 다양성 분석, 복잡성 분석 및 구조적 특성 분석이 수행될 수 있다.
- [0114] 생태계 멸종 위험 통합 인덱스 산출부(160)는 분석지표별 결과값을 기반으로, 제1 먹이그물 네트워크와 제2 먹이그물 네트워크의 구조 변화량을 정량화하여 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 산출할 수 있다.
- [0115] 생태계 영향 평가부(170)는 산출된 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 기반으로, 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가할 수 있다.
- [0117] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 맵핑부(180)를 더 포함할 수 있다. 맵핑부는 GIS(Geographic Information System)를 이용하여, 생태계 멸종 위험 통합 인덱스를 지리정보로 변환한 후, 평가 대상지별 생물종 멸종에 따른 생태계 영향을 평가한 결과를 지도에 맵핑할 수 있다.
- [0119] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 통신부(200)를 더 포함할 수 있다. 통신부(200)는 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)이 연구자 단말기(2000) 및 외부 서버(3000)와의 통신을 수행할 수 있도록 한다. 통신부(200)가 통신을 수행하기 위해서 사용하는 통신망은 유선 및 무선 등과 같은 그 통신 양태를 가리지 않고 구성될 수 있으며, 예를 들면, 근거리 통신망(LAN: Local Area Network), 도시권 통신망(MAN: Metropolitan Area Network), 광역 통신망(WAN: Wide Area Network) 등 다양한 통신망으로 구현될 수 있다.
- [0121] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 저장부(210)를 더 포함할 수 있다. 저장부(210)는 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000) 내의 각종 구성부 내에서 수집되고, 생성되고, 가공되는 정보들을 저장하는 역할을 수행한다.

즉, 저장부(210)에는 수집된 지역별 수생태계 생물상 조사데이터, 멸종 위기 생물종 평가데이터, 생물종 간 피식-포식 상호작용 데이터, 먹이그물 네트워크 구축 및 분석 결과, 시나리오 시뮬레이션 결과, 멸종 영향 평가 등이 저장될 수 있다. 이러한 저장부(210)는 예를 들어, 메모리(memory), 캐시(cash), 버퍼(buffer) 등을 포함할 수 있으며, 소프트웨어, 펌웨어, 하드웨어 또는 이들 중 적어도 둘 이상의 조합으로 구성될 수 있다.

[0123] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 운영하는 GIS 기반 웹(web) 화면을 나타내는 도면이고, 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 생태계 멸종 위험 진단 시스템이 수행한 멸종 영향 평가 및 네트워크 분석 결과 테이블이다.

[0124] 도 10을 참조하면, 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 웹 운영부(190)를 더 포함할 수 있다. 웹 운영부(190)는 제1 먹이그물 네트워크, 제2 먹이그물 네트워크, 및 분석지표별 결과값으로 구성된 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 웹(web) 상에서 시각화할 수 있다. 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)의 특정 생태계에 대한 멸종 위험을 예측 및 평가는 웹에서 수행될 수 있고, 웹 운영부(190)가 웹 상에서의 동작을 제어할 수 있다.

[0125] 웹 운영부(190)는 사용자 설정부, 및 결과 표출부를 포함할 수 있다. 사용자 설정부는 멸종 시나리오 옵션 설정부와 먹이그물 네트워크 사이즈 옵션 조절부로 구성될 수 있으며, 여기서 사용자는 멸종 시나리오를 선택하고, 먹이그물 네트워크 사이즈를 선택할 수 있다. 결과 표출부는 결과 표출부는 상호작용 맵, 먹이그물 네트워크 시각화자료 표출부, 멸종 영향 평가 및 네트워크 분석 결과 테이블 표출부로 구성될 수 있다. 여기서, 먹이그물 네트워크를 시각화하여 나타내고, 멸종 영향 평가 및 네트워크 분석 결과 테이블을 표시할 수 있다. 사용자가 분석을 위한 옵션으로, 멸종 시나리오 및 먹이그물 네트워크 사이즈를 설정하면, 그 옵션에 따라 먹이그물 네트워크 구축 및 멸종 시나리오별 시뮬레이션 결과, 네트워크 분석 결과를 추출하여 결과 표출부에서 표출할 수 있다. 결과 표출부의 상호작용 맵에서는 멸종 위험 통합 인덱스 산출 결과를 지도 형태로 표출할 수 있다.

[0126] 지도 내 평가 대상지 마커를 클릭하면, 팝업창이 생성되며, 해당 대상지의 멸종 영향 평가 상세정보를 확인할 수 있다. 팝업창 생성과 동시에, 지도 표출부 하단에 네트워크 시각화 자료를 표출할 수 있다. 네트워크 시각화 자료 표출부에서는 설정된 옵션에 따른 멸종 시나리오 하에서의 먹이그물 네트워크 구조(네트워크 노드, 네트워크 링크, 생물종명 태그들로 구성)를 시각화하여 나타낼 수 있다.

[0127] 네트워크 시각화 자료 표출부 하단에 멸종 영향 평가 및 네트워크 분석 결과 테이블을 제공함으로써, 평가 대상지 간 멸종 영향 평가 결과를 비교할 수 있다(도 11 참조).

[0129] 생태계 멸종 위험 진단 시스템(1000)은 제어부(220)를 더 포함할 수 있다. 제어부(220)는 평가 대상지 선정부(110), 제1 먹이그물 네트워크 구축부(120), 멸종 시나리오 구축부(130), 제2 먹이그물 네트워크 생성부(140), 분석부(150), 생태계 멸종 위험 통합 인덱스 산출부(160), 생태계 영향 평가부(170), 맵핑부(180), 웹 운영부(190), 통신부(200) 및 저장부(220) 간의 데이터 흐름을 제어하는 역할을 수행할 수 있다.

[0130] 평가 대상지 선정부(110), 제1 먹이그물 네트워크 구축부(120), 멸종 시나리오 구축부(130), 제2 먹이그물 네트워크 생성부(140), 분석부(150), 생태계 멸종 위험 통합 인덱스 산출부(160), 생태계 영향 평가부(170), 맵핑부(180), 웹 운영부(190)는 제어부(220)를 기능적으로 분류한 구성이므로 하나의 제어부(220)로서 통합되어 구성될 수도 있다.

[0132] 본 발명의 실시예와 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어로 직접 구현되거나, 하드웨어에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로 구현되거나, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(Flash Memory), 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터 판독가능 기록매체에 상주할 수도 있다.

[0134] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것

으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

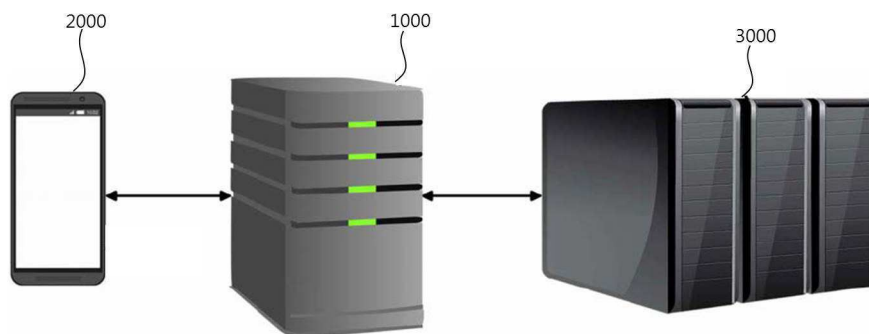
[0135] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

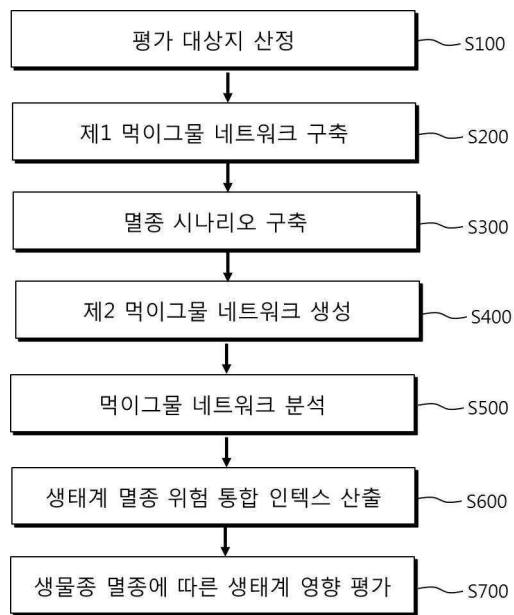
[0137] 110: 평가 대상지 선정부 120: 제1 먹이그물 네트워크 구축부
130: 멸종 시나리오 구축부 140: 제2 먹이그물 네트워크 생성부
150: 분석부 160: 생태계 멸종 위험 통합 인덱스 산출부
170: 생태계 영향 평가부 180: 맵핑부
190: 웹 운영부 200: 통신부
210: 저장부 220: 제어부
1000: 생태계 멸종 위험 진단 시스템
2000: 연구자 단말기 3000: 외부 서버

도면

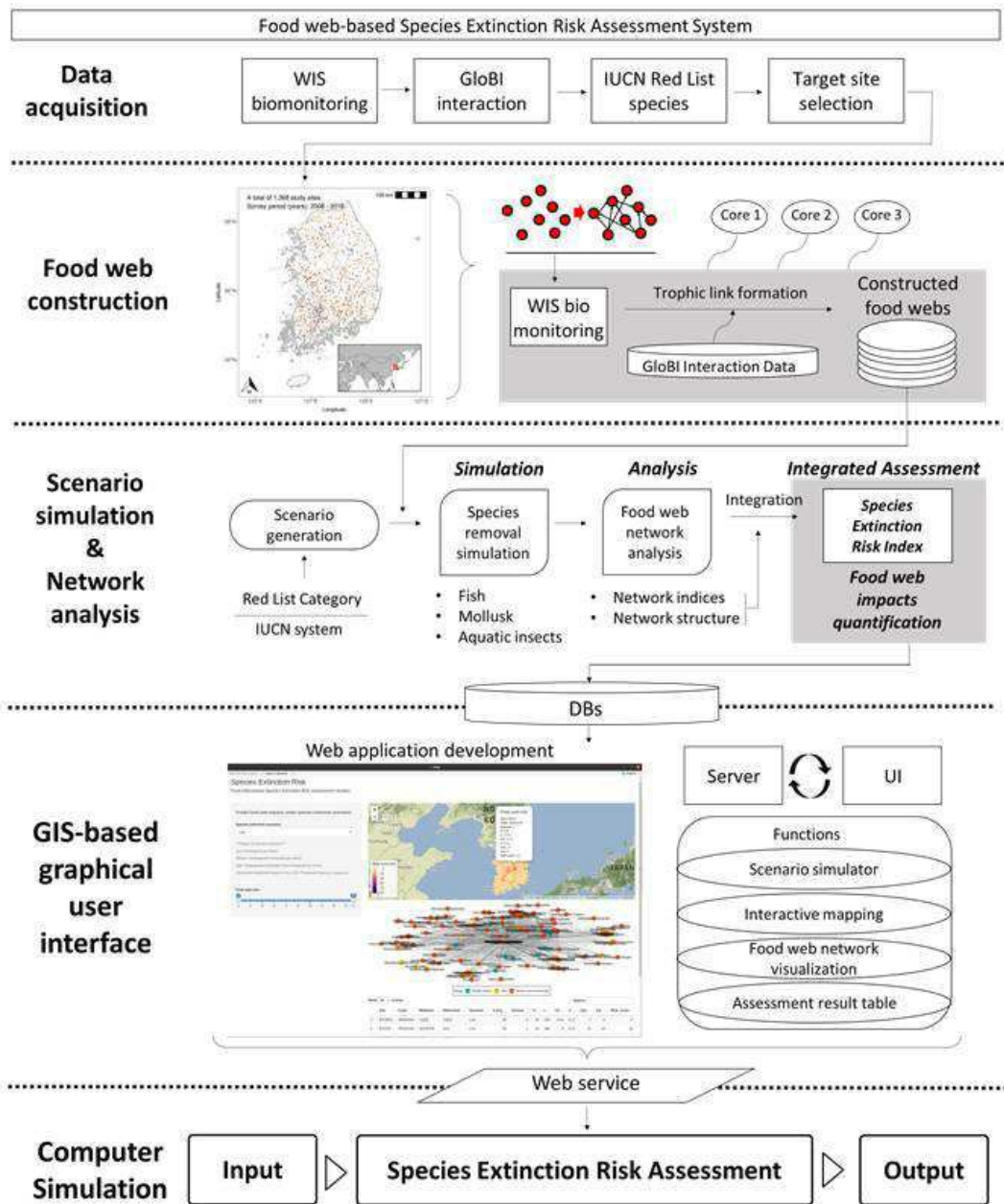
도면1



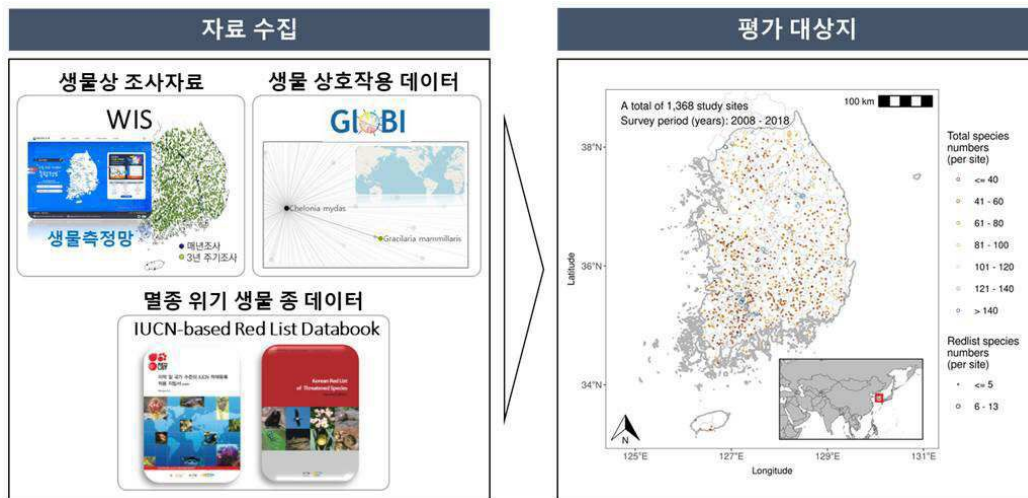
도면2



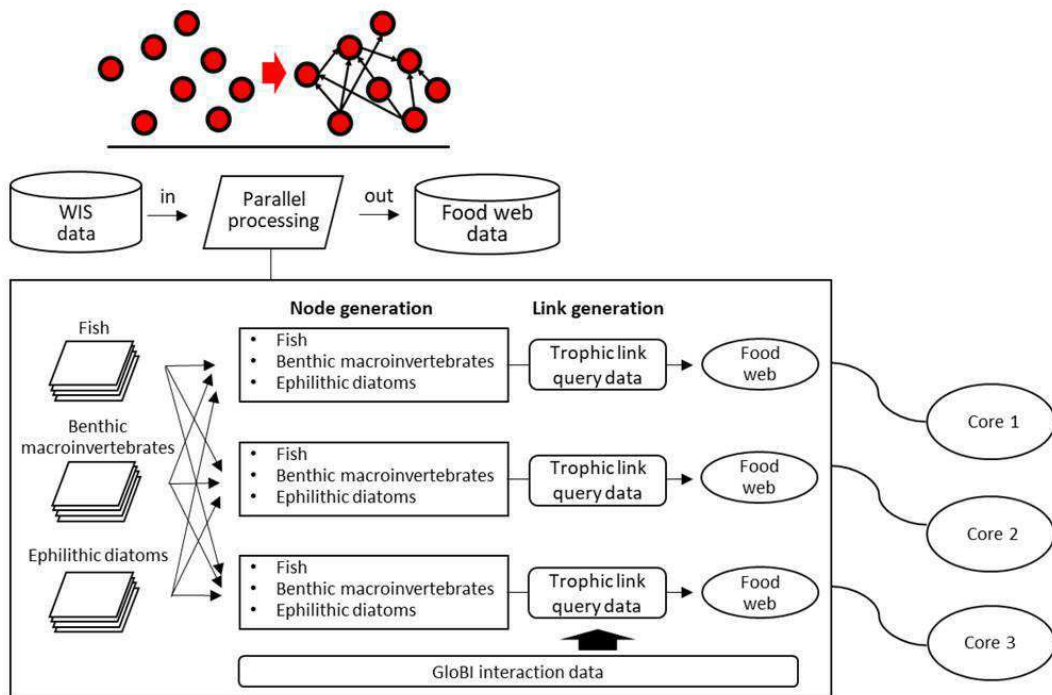
도면3



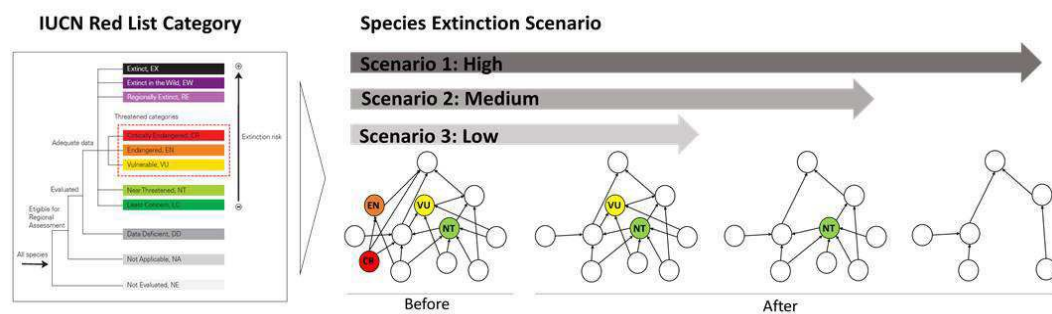
도면4



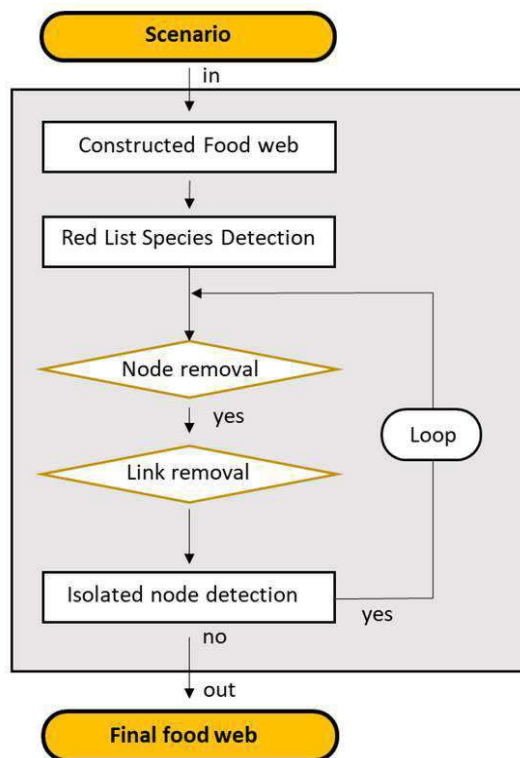
도면5



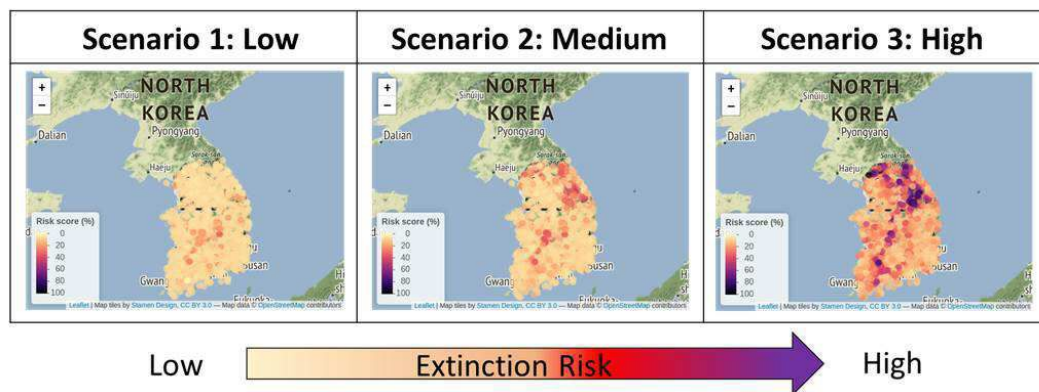
도면6



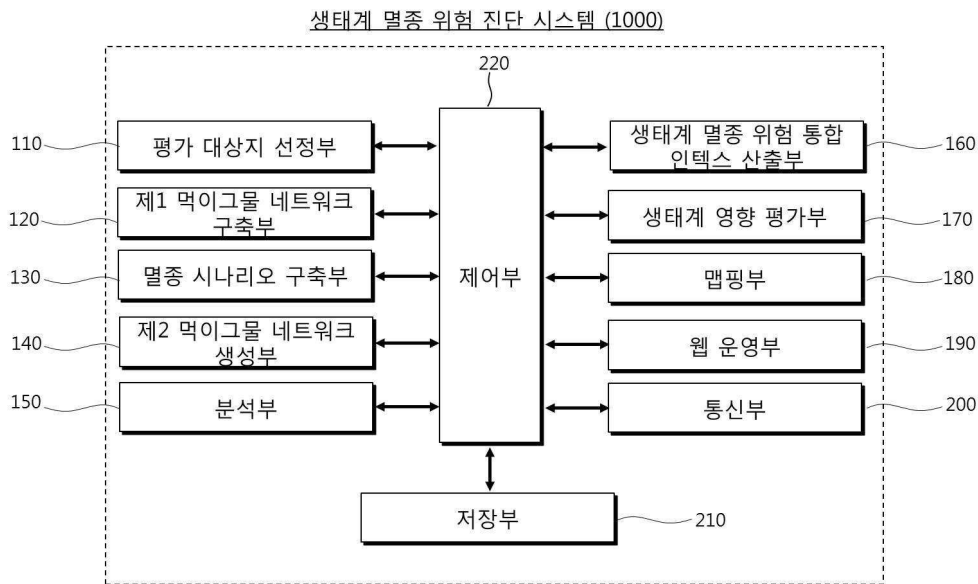
도면7



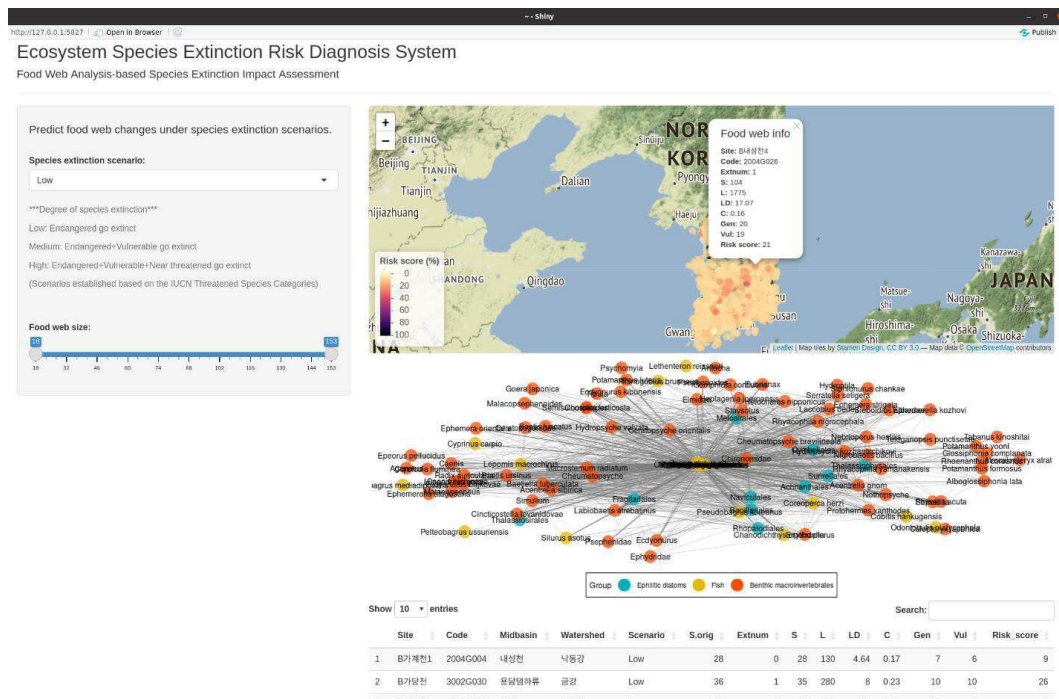
도면8



도면9



도면10



도면11

Show
10
entries

Search:

	Site	Code	Midbasin	Watershed	Scenario	S.orig	Extnum	S	L	LD	C	Gen	Vul	Risk_score
1	B가계천1	2004G004	내성천	낙동강	High	28	1	27	118	4.37	0.16	7	6	17
2	B가당천	3002G030	용담댐하류	금강	High	36	2	34	272	8	0.24	10	10	30
3	B가암천	2008G002	위천	낙동강	High	30	1	29	200	6.9	0.24	10	8	15
4	B각안천	4002G045	섬진강댐하류	섬진강	High	21	3	18	73	4.06	0.23	10	4	32
5	B간문천2	4009G066	섬진강하류	섬진강	High	31	1	30	212	7.07	0.24	10	8	15
6	B갈곡천A	2018G126	남강댐	낙동강	High	30	2	28	170	6.07	0.22	9	7	23
7	B갈곡천B	5301G015	주천천	영산강서해	High	34	1	33	188	5.7	0.17	8	6	10
8	B강경천3	3013G062	논산천	금강	High	39	1	38	287	7.55	0.2	11	8	16
9	B강기천	4005G033	요천	섬진강	High	26	2	24	108	4.5	0.19	10	5	20
10	B강남천	5301G030	주천천	영산강서해	High	40	1	39	317	8.13	0.21	11	10	12

Showing 1 to 10 of 1,369 entries

Previous

1

2

3

4

5

...

137

Next