

GIS 기반 생태 빅데이터 융합을 통한 기후대응 통합정보관리시스템 개발

송병진¹, 송민규², 유지균³, 오승민⁴, 황서연⁵

¹ 한국폴리텍대학 원주 캠퍼스 의료공학과 교수

² 고려대학교 기후환경학과 대학원생

³ 한국폴리텍대학 원주 캠퍼스 의료공학과 학부생

⁴ 한국폴리텍대학 원주 캠퍼스 의료공학과 학부생

⁵ 한국폴리텍대학 원주 캠퍼스 의료공학과 학부생

bjsong@kopo.ac.kr, mksongmk123@naver.com, logspears@naver.com, bebop0518@gmail.com, yeoni0420@naver.com,

Development of an Integrated Climate Response Information Management System through GIS-based Ecological Big Data Convergence.

Byung-Jin Song¹, Min-Ku Song², Ji-Kyun Yoo³, Seung-Min Oh⁴, Seo-Yeon Hwang⁵

¹Dept. of Medical Engineering, KOREA POLYTECHNICS

²Dept. of Environmental Climate and Environment, Korea University

³Dept. of Medical Engineering, KOREA POLYTECHNICS

⁴Dept. of Medical Engineering, KOREA POLYTECHNICS

⁵Dept. of Medical Engineering, KOREA POLYTECHNICS

요 약

본 연구는 기후변화로 인한 생태계 리스크에 선제적으로 대응하기 위해 GIS 기반 공간정보와 생태 빅데이터를 융합하여 통합정보관리시스템을 구축하는 것을 목표로 하였다. 다양한 기관 및 센서로부터 수집된 정형 및 비정형 생태 데이터를 공간 데이터베이스로 통합하고, 이를 클라우드 기반 데이터 허브를 통해 실시간 분석 및 시각화할 수 있도록 설계하였다. 시스템은 데이터 표준화 및 품질관리를 기반으로 생태계 변화 예측, 리스크 모니터링, 정책 수립 지원 기능을 제공하며, 정부기관, 연구기관, 산업체 및 국민 대상 서비스로 확장성을 확보하였다. 본 연구를 통해 생태계 기후변화 대응력 강화 및 국가적 생태 보전 정책 지원에 기여할 것으로 기대된다.

1. 서론

1.1 연구 배경 및 필요성

최근 기후변화의 심화로 인해 생태계는 다양한 위협에 직면하고 있다[1],[5]. 생물다양성 감소, 서식지 변화, 생태계 서비스 저하 등은 국가적 차원의 대응을 필요로 하는 심각한 과제로 부상하고 있다. 그럼에도 불구하고 기존 생태정보 관리체계는 기관별로 분산되어 있어 데이터 중복, 품질 저하, 정보 간 상호운용성 부족 등 여러 한계가 존재한다.

특히, 공간정보를 기반으로 한 통합 분석 및 실시간 대응 체계가 미흡하여, 급변하는 생태계 리스크를 효과적으로 관리하는 데 어려움이 있다.

이에 따라 다양한 출처의 생태 데이터를 통합하고, GIS 기반 공간분석 기법을 적용한 과학적이고 체계적인 생태계 관리 시스템 구축이 시급히 요구되고 있다.

1.2 연구 목적 및 기대효과

본 연구는 GIS 기술과 클라우드 기반 빅데이터 플랫폼을 활용하여

생태계 기후변화 리스크를 선제적으로 대응할 수 있는 통합정보관리시스템을 구축하는 것을 목표로 한다.

개발된 시스템은 생태·기상·공간정보를 융합하여 생태 리스크를 실시간 모니터링하고, 공간적 특성을 고려한 분석과 정책지원을 가능하게 함으로써 기후변화에 대한 국가적 대응 역량을 강화할 수 있다.

또한, 대국민 서비스 확대를 통해 생태환경 보호에 대한 사회적 관심을 높이고,

산업계 및 연구기관의 다양한 데이터 기반 연구 및 활용을 지원함으로써

국가 생태계 보전 및 경제·사회적 피해 저감에 기여할 것으로 기대된다.

1.3 연구 범위 및 구성

본 연구는 GIS 기반의 공간정보 기술과 클라우드 환경을 활용한 빅데이터 연계 및 융합을 통해 생태계 통합정보관리시스템을 구축하는 것을 목표로 한다. 연구 범위는 생태계 리스크 18개 항목에 대한 데이터 표준화 및 관리방안 마련, 실시간 관측 데이터와 기관별 보유 데이터의 연계, GIS 기반의 생태계 공간 분석 및 시각화로 설정하였다.

2. 시스템 개발 개요 및 추진 전략

2.1 시스템 구축 전략 및 추진목표

본 시스템 구축은 국가 기후변화 적응대책에 따라 생태계 부문의 기후변화 리스크를 과학적으로 대응하기 위한 목적으로 추진된다. 시스템은 생태계 리스크에 대한 선제적이고 체계적인 대응력을 향상시키고, 통합적인 생태 빅데이터를 기반으로 국가·사회·경제적 손실 최소화에 기여하는 것을 목표로 한다. 또한 클라우드 기반의 생태·기상·공간정보 융합 서비스 체계를 개발하여 생태계 통합정보의 중추적 역할을 정립하는 것을 추진하고 있다. 이를 통해 정부, 산업계 및 국민에게 단계적으로 서비스를 확대하고 실용화를 촉진하고자 한다.

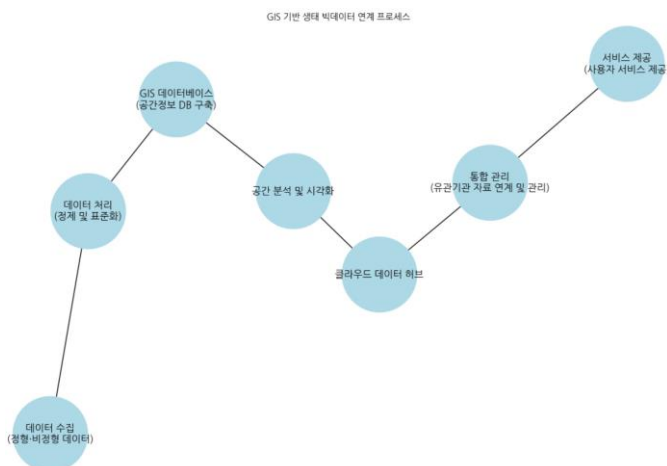
구체적인 추진 목표는 다음과 같다.

- 생태계 리스크 18개 분야에 대한 종합정보 구축
- 범부처 사용자 및 지자체 등에 기후변화 정책 수립에 필요한 정보 제공
- 대국민 활용 확대를 위한 챗봇 서비스 프로토타입 개발

2.2 GIS 기술을 활용한 생태 빅데이터 수집 및 연계 개념도

본 시스템은 GIS 기술을 기반으로 (그림 1)에서 보면, 공간정보 데이터베이스(DB)를 구축하고, 생태 데이터의 수집, 분석 및 관리가 이루어진다. 데이터는 정형 데이터(예: 생물 분류, 기상관측 데이터, 공간정보 등)와 비정형 데이터(예: 연구 보고서, 생태계 조사 정보, 웹 및 SNS 자료 등)로 나누어 수집된다.

수집된 데이터는 GIS 플랫폼을 통해 공간 분석 및 시각화 기능으로 구현되며, 생태정보 카탈로그 관리, 위치기반 데이터 연계, 실시간 관측 DB 관리를 통해 체계적으로 관리된다[2]. 또한 클라우드 기반 데이터 허브를 구축하여 유관기관의 자료를 효율적으로 연계하고, 표준화된 데이터 통합 관리가 가능하도록 하였다.



(그림 1) GIS 기반 생태 빅데이터 연계 프로세스 개념도

2.3 주요 사용자 및 서비스 대상 소개

본 시스템의 주요 사용자는 범부처 정부기관, 지방자치단체, 연구기관, 산업계 및 일반 국민이다.

- 정부기관 및 지자체는 본 시스템을 통해 생태계 기후변화 정책 수립 및 집행 과정에서 필요한 종합 정보를 활용할 수 있다.
- 연구기관 및 산업계는 통합된 생태 빅데이터를 활용하

여 다양한 연구 및 비즈니스 활동을 지원받을 수 있다.

- 일반 국민은 사용자 친화적인 인터페이스와 챗봇 서비스를 통해 생태정보에 쉽게 접근할 수 있으며, 이를 통해 생태환경에 대한 인식 제고 및 참여를 활성화할 수 있다.

3. 연구방법 및 적용 기술

3.1 GIS 데이터 분석기법 및 융합 방법론

본 연구에서는 다양한 출처에서 수집된 생태계 데이터를 GIS(Geographic Information System) 기반으로 통합하고 분석하는 방법을 적용하였다[3],[4],[6],[7].

정형 데이터(공간좌표를 포함한 생물 종 정보, 기후 관측 값 등)는 공간 데이터베이스에 저장하고, 비정형 데이터(생태 보고서, 조사 문헌, 웹 크롤링 데이터 등)는 메타데이터화하여 공간정보와 연결하였다.

GIS 분석 기법으로는 다음과 같은 방법론을 활용하였다:

공간중첩 분석(Spatial Overlay Analysis): 여러 종류의 공간 데이터를 중첩하여 생태 리스크 지역을 식별

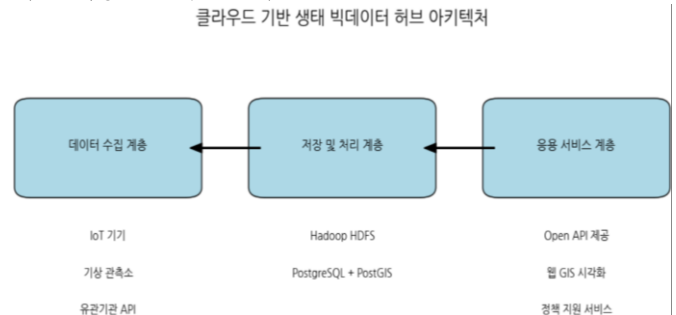
핫스팟 분석(Hot Spot Analysis): 생태계 이상 징후가 빈번하게 발생하는 지역을 통계적으로 분석

시계열 공간 분석(Spatio-Temporal Analysis): 특정 기간 동안 공간상의 변화를 분석하여 기후변화에 따른 생태계 변동 패턴을 도출

데이터 융합 방법론으로는 GIS 공간좌표 기반으로 다양한 속성 데이터(기후, 생물종, 토지이용 정보 등)를 연계하는 방식과, 비정형 문서에서 키워드를 추출하여 지리정보와 매칭하는 방법을 병행하였다.

3.2 클라우드 기반 데이터 허브 시스템 아키텍처 설계

본 시스템은 안정성과 확장성을 고려하여 클라우드 인프라 위에 데이터 허브를 설계하였다. 아키텍처는 (그림 2)과 같이 크게 데이터 수집 계층, 저장 및 처리 계층, 응용 서비스 계층으로 구분된다.



데이터 수집 계층 : IoT 기기, 기상 관측소, 유관기관 API 등 다양한 출처로부터 실시간 및 비실시간 데이터를 수집
저장 및 처리 계층 : 클라우드 기반 분산 파일시스템(Hadoop HDFS)과 관계형 데이터베이스(PostgreSQL with PostGIS)를 조합하여 대용량 공간 데이터를 효율적으로 저장 및 관리[8]

응용 서비스 계층 : 분석된 데이터를 Open API로 제공하고, GIS 분석 결과를 대국민 서비스 및 기관별 정책지원 시스템에 연계 제공

또한, 데이터 품질관리를 위한 표준화된 수집, 검증, 등록 프로세스를 구축하여 생태계 데이터의 신뢰성과 일관성을 확보하였다.

3.3 사용된 기술 스택

본 시스템은 최신 ICT 기술을 활용하여 안정성과 개방성을 동시에 확보하였다.

구분	적용 기술
개발 프레임워크	전자정부 표준프레임워크(eGovFrame) 기반 웹 서비스 개발
데이터 연계	RESTful Open API 설계 및 적용
공간 데이터 처리	PostgreSQL + PostGIS, GeoServer
데이터 시각화	OpenLayers, D3.js 기반 웹 GIS 지도 시각화
클라우드 인프라	OpenStack 기반 IaaS 환경, Kubernetes 기반 컨테이너 오케스트레이션
데이터 수집	Python 기반 스크래핑, 센서 연계 모듈 개발

(표 1) ICT 기반 시스템 적용 기술 목록

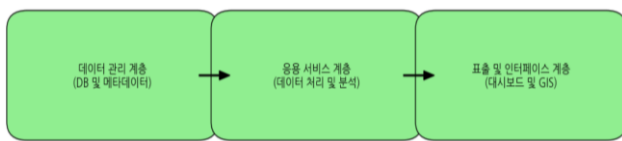
특히, 전자정부 표준프레임워크를 기반으로 시스템을 구축하여 보안성, 유지보수성, 상호운용성을 모두 고려하였으며, 대외 기관과의 데이터 연계를 위해 Open API 표준 프로토콜을 준수하였다. (표 1) 참조

4. 시스템 구현 및 주요 기능

4.1 생태계 기후대응 통합정보관리시스템 구성도 및 화면

(UI/UX) 소개

본 시스템은 사용자 중심의 효율적인 정보 접근과 관리가 가능하도록 설계되었다. 시스템 구성은 (그림 3)같이 3계층 구조로 되어 있다.



공간정보 DB 데이터 통합 검색 대시보드 화면
실시간 관측 데이터 권한 관리 GIS 지도 서비스
생태 메타데이터 API 제공 모바일 대응

(그림 3) 생태계 기후대응 통합정보관리시스템 구성도

- 데이터 관리 계층: 공간정보 DB, 실시간 관측 데이터베이스, 생태정보 메타데이터 관리
- 응용 서비스 계층: 데이터 통합·검색·분석 기능, 사용자 권한 관리, API 제공 서비스
- 표출 및 인터페이스 계층: 대시보드형 메인화면, 지도 기반 생태정보 시각화, 검색 및 필터링 기능

주요 UI/UX 특징은 다음과 같다.

- 대시보드: 생태 리스크 현황, 실시간 데이터 수집 현황을 한눈에 파악할 수 있도록 구성
- GIS 기반 지도 서비스: 특정 지역을 선택하여 생태 데이터의 시공간 변화를 조회
- 모바일 최적화: 스마트폰 및 태블릿 환경에서도 서비스 접근이 가능하도록 반응형 설계 적용.

4.2 생태정보 데이터 표준화 및 관리 프로세스

시스템의 데이터 품질 향상을 위해 생태정보 데이터의 표준화 및 통합 관리 프로세스를 구축하였다.

데이터 표준화 프로세스

- 데이터 수집: 다양한 기관 및 센서로부터 수집된 생태

관련 데이터 확보

- 표준 매핑 및 변환: 수집 데이터에 대해 국가 표준 분류체계(Korean Standard Biodiversity Classification, KSBC) 및 국제 표준(OECD 기준 등)을 적용
- 품질 검증 및 정제: 오류 검출 및 누락 데이터 보완
- 등록 및 갱신: 클라우드 기반 통합 데이터베이스에 최종 등록 및 주기적 업데이트

관리 체계

- 메타데이터 관리: 데이터 출처, 갱신 주기, 신뢰도 등 주요 속성 정보 관리
- 접근 권한 관리: 사용자 그룹별 데이터 열람 및 수정 권한 차등 적용
- 이력 관리: 데이터 변경 이력 기록 및 추적 가능.

4.3 실시간 데이터 모니터링 및 공간 분석 기능 소개

본 시스템은 실시간 데이터 흐름을 모니터링하고, 이를 기반으로 심층적인 공간 분석을 수행할 수 있도록 구현하였다.

실시간 모니터링 기능

- 실시간 생태 관측 정보(기후, 생물 종 변동 등) 수집 및 시각화
- 임계값 초과 시 알림(Notification) 기능 제공
- 생태 리스크 지표(예: 고온다습도, 강우 집중도) 자동 분석 및 지도상 표시

공간 분석 기능

- 시계열 변화 분석: 특정 지역의 생태계 변화를 시간별로 비교 분석
- 리스크 핫스팟 분석: 공간 통계 기법을 활용하여 위험 지역을 식별
- 예측 모델링: 기후 시나리오에 따른 생태계 리스크 변화를 시뮬레이션

5. 성과 및 기대효과

5.1 개발 시스템을 활용한 사례 및 활용방안

본 연구를 통해 구축된 생태계 기후대응 통합정보관리시스템은 다양한 분야에서 실질적인 활용이 가능하다.

특히 범부처 정부기관 및 지자체는 시스템을 기반으로 기후변화에 따른 생태계 리스크를 사전에 인지하고, 정책 수립 및 대응 계획 수립 시 과학적 근거 자료로 활용할 수 있다.

또한 연구기관 및 학계는 통합된 생태 빅데이터를 기반으로 보다 정밀한 생태계 분석 및 예측 모델링을 수행할 수 있으며,

산업계에서는 기후변화로 인한 생태계 변동성을 고려한 신사업 개발 및 전략 수립에 참고 자료로 활용 가능하다.

일반 국민은 웹 기반 대시보드 및 챗봇 서비스를 통해 생태환경 정보를 쉽고 직관적으로 접근할 수 있어, 생태계 보전 및 기후 대응 인식 제고에 기여할 수 있다.

5.2 기후변화 대응력 강화에 따른 국가·사회·경제적 효과 분석

과 분석

본 시스템을 통한 기후변화 대응력 강화는 다음과 같은 국가적, 사회적, 경제적 효과를 기대할 수 있다[5].

- 국가적 측면:

범부처 협력 기반의 생태정보 통합 관리로 정책 일관성을 확보하고, 국가 기후적응대책 이행을 효과적으로 지원한다.

- 사회적 측면:

대국민 생태정보 서비스 제공을 통해 생태환경 보호에 대한 사회적 관심과 참여를 촉진하며, 생태계 파괴로 인한 사회적 갈등 및 피해를 사전에 예방할 수 있다.

- 경제적 측면:

생태계 리스크를 조기에 식별하고 대응함으로써 자연재해 및 생태 붕괴로 인한 경제적 손실을 최소화하고, 지속가능한 산업 발전과 지역경제 활성화에 기여할 수 있다.

5.3 향후 확장성 및 유지관리 계획

본 시스템은 초기 구축 이후에도 지속적인 데이터 갱신, 기능 고도화, 서비스 확장을 통해 장기적으로 발전 가능한 구조로 설계되었다.

- 데이터 확장:

신규 생태 리스크 요소 및 기후변화 지표를 반영하여 데이터베이스를 지속적으로 보완

- 기능 고도화:

인공지능(AI) 기반 생태계 리스크 예측 기능 및 맞춤형 정책지원 서비스 기능 추가 예정

- 유지관리 체계 구축:

클라우드 인프라 기반의 시스템 모니터링 및 자동 백업 체계를 통해 안정적인 서비스 운영을 보장 또한, 외부 연구기관, 민간기업, 시민단체 등 다양한 이해관계자와의 협력 네트워크를 강화하여, 생태 빅데이터 기반 서비스 생태계를 점진적으로 확장해 나갈 계획이다.

6. 결론 및 향후 연구 방향

6.1 연구 결과 요약 및 기여점

본 연구는 GIS 기반 공간정보와 클라우드 환경의 생태 빅데이터를 융합하여 생태계 기후대응 통합정보관리시스템을 구축하는 데 중점을 두었다.

연구를 통해 다음과 같은 주요 성과를 도출하였다.

- 생태계 리스크 18 개 분야를 아우르는 통합 데이터베이스 구축
- GIS 분석 및 시각화 기능을 기반으로 한 실시간 모니터링 및 공간 분석 기능 구현
- 클라우드 기반 데이터 허브 및 Open API 연계를 통한 범부처 협력 기반 조성
- 대국민 서비스 제공을 위한 대시보드 및 모바일 대응 시스템 구축

본 연구는 기후변화로 인한 생태계 리스크에 체계적으로 대응하기 위해 GIS 기반 공간정보와 클라우드 기반 생태 빅데이터를 융합한 통합정보관리시스템을 구축하는 것을 목표로 하였다. 이를 통해 생태·기상·공간 데이터를 통합 관리하고, 실시간 모니터링 및 공간분석 기반의 정책 지원 서비스를 제공할 수 있는 플랫폼을 개발하였다.

본 시스템은 정부기관, 지자체, 연구기관 등 다양한 이해관계자의 생태계 기후대응 역량을 강화하는 데 기여할 수 있으며, 국가 차원의 기후변화 적응정책 수립과 사회·경제적 피해 저감에 실질적인 기반을 제공할 것으로 기대된다.

6.2 본 시스템의 한계점 및 향후 개선 과제

본 연구를 통해 구축한 통합정보관리시스템은 기후변화로 인한 생태계 리스크에 대응하기 위한 데이터 기반 통합 관리체계를 마련하였으나, 여전히 다음과 같은 한계점이 존재한다.

- 일부 지역 및 생태 분야에 대한 실시간 데이터 수집 및 갱신의 한계
- 기후변화 예측 모델의 정밀도 향상 필요성

- 고급 기능 사용에 대한 사용자 편의성 개선 필요

이러한 한계점을 극복하기 위해 향후 연구에서는 전국 단위의 실시간 생태정보 수집망을 확충하고, AI 기반의 생태계 리스크 예측 모델을 고도화하며, 맞춤형 사용자 서비스를 강화하는 방향으로 시스템을 지속 발전시킬 계획이다.

또한, 다양한 이해관계자와의 데이터 공유 및 협력 네트워크를 확대하여, 국가 차원의 생태계 기후대응 시스템을 더욱 고도화할 것이다.

향후에는 지속적인 연구개발(R&D) 투자와 함께, 국제적 데이터 연계 및 글로벌 기후대응 플랫폼과의 협업을 통해 시스템의 활용성과 확장성을 한층 강화해 나갈 예정이다.

참고문헌

- [1] 한국환경정책·평가연구원(KEI), 「기후변화에 따른 생태계 영향 평가 및 적응 방안 연구」, 2019.
- [2] 국립생태원, 「생태계서비스 변화 예측을 위한 공간정보 기반 통합모델 구축」, 2020.
- [3] Turner, W. et al., "Remote sensing for biodiversity science and conservation," Trends in Ecology & Evolution, vol. 18, no. 6, pp. 306-314, 2003.
- [4] Elith, J., Leathwick, J. R., "Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time," Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, vol. 40, pp. 677-697, 2009.
- [5] IPCC, "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability," Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.
- [6] Giri, C., "Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications," CRC Press, 2012.
- [7] 김한나 외, 「GIS 기반 생태네트워크 구축을 위한 공간 분석기법 연구」, 『한국지리정보학회지』, 제 22 권 제 1 호, 2019, pp. 21-34.
- [8] Zhang, C., Goodchild, M. F., "Big data and geospatial analysis," Big Data & Society, vol. 5, no. 2, 2018.