

## 링크 중심의 광역 생태네트워크 설정 연구\*

### A Study on the Establishment of a Link-oriented Wide-area Ecological Network

권용석\*\*  
Yong Seok Kwon

**요약:** 기후위기로 인해 생태네트워크의 연결성이 중요해지고 있음에도 지자체별 행정문화 차이 등으로 의해 광역적으로 연결되어야 할 생태네트워크가 지자체의 행정 경계를 따라 단절되는 문제가 발생하고 있다. 이를 해결하기 위해서는 링크 중심의 광역 생태네트워크 탐색이 필요하기에 대구·경북 광역권을 사례지역으로 삼아 ArcGIS기반 오픈소스인 Linkage Pathways Tool를 활용하여 링크 중심의 광역 생태네트워크를 탐색하였다. 탐색 결과는 분석대상지 중 일부를 표본지역으로 선정하여 분석 결과의 오류 발생여부를 검증하고 정상성을 확인하였다. 연구 성과로는 광역권 내 시·군 공간구상과 대조하며 계획 공백과 행정 경계 부정합으로 발생하는 생태적 단절 문제를 본 연구에서 제시한 광역 생태네트워크로 예방/보완할 수 있음을 확인하였다.

**핵심주제어:** 생태네트워크, 링크, 연결성, 최소비용경로, Linkage Pathways Tool

**Abstract:** Although the connectivity of ecological networks is becoming increasingly important due to the climate crisis, these networks are disconnected along the administrative boundaries of local governments due to differences in their administrative culture. To solve this problem, a link-oriented wide-area ecological network was searched for in this study. Linkage Pathways Tool, an open source based on ArcGIS, was used to search for such a network in the Daegu Gyeongbuk metropolitan area. The normality of the analysis results found in the GIS was verified by selecting some of the target areas as sample areas. The research findings confirmed that the wide-area ecological network proposed in this study can effectively prevent and mitigate the ecological fragmentation issue resulting from planning gaps and administrative boundary mismatches within the metropolitan area.

**Key Words:** Ecological Network, Link, Connectivity, Least Cost Path, Linkage Pathways Tool

\* 본 논문은 경북연구원 정책과제 “기후변화 회복탄력성 향상을 위한 생태네트워크 구축에 관한 탐색적 연구”의 내용을 토대로 논문화한 것임.

\*\* 경북연구원 연구위원

## I. 서론

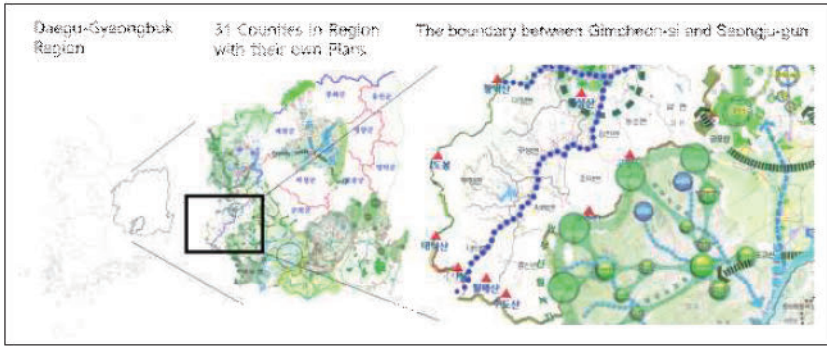
도시화, 산업화로 인해 자연환경이 훼손되면서 야생동식물의 서식처는 축소되고 생존을 위한 이동 또한 곤란해지고 있다. 그런 가운데 기후변화로 인한 이상기온과 극한재해는 생태계 교란을 더욱 가속화시키고 있다. 이러한 외부 충격으로부터 자연환경을 보호하기 위해서는 분절된 자연환경 하나하나를 보호하는 방식이 아닌 분절된 자연 전체를 하나의 유기체로 관리하려는 노력이 필요하다(Bannas, Löffler and Riecken, 2017; Christian von Harren ed. 2004. p.80). 생태학은 그러한 문제의식에서 시작한 학문이고, 생태네트워크는 이러한 문제에 대한 현실적 해결책이다(McRae, Brad, Dickson, Brett, Keitt, Timothy and Shah, 2008).

2010년 전후부터 생태축 또는 생태네트워크에 관한 연구가 국내에서 본격적으로 시작된 이래 생태축 설정에 관한 다양한 방법론들이 소개되고 있다. 이중 특히 생태적 연결성(Connectivity)을 공간적으로 평가하고 연결지점을 특정하는 방법인 최소비용경로 기반의 분석 방법은 최적의 연결 루트를 따라 실질적 보호조치가 가능하다는 점에서 매우 실무적이다. 이는 기존의 관리지역, 즉 노드(node) 중심의 분석 방법에서는 노드 간 연결성, 즉 링크(link)를 자의적으로 판단해야 하는 곤란함을 크게 덜어준다.

이러한 생태적 연결성에 관한 판단 문제는 평가 영역이 광역화될수록, 다수의 지자체에 걸쳐 펼쳐질수록 복잡해지고 결국에는 행정단위로 단절되는 문제가 발생한다. 일례로 경상북도의 경우 생태적 연결성에 관해 우리나라 산지의 21%를 차지할 만큼 천혜의 지리적 조건을 가졌음에도 23개 시군마다 각자의 환경정책을 추진하기 때문에 <그림 1>과 같이 그 행정 경계를 따라 '정책적 단절'<sup>1)</sup>이 발생하고 있다. 이 문제를 풀기 위해서는 국가 단위의 계획, 광역 지자체 단위에서의 계획, 기초 지자체 단위에서의 계획이 서로 연계가 필요하며, 이러한 계획의 연계를 위해서는 국가-광역-기초 지자체로의 하향적인 방향 제시가 요구된다.

1) 정책적 단절은 계획의 부정합은 물론 인접지역의 계획부재로 인해 발생

〈그림 1〉 지자체 행정경계 단위의 생태네트워크 단절



주1: 대구·경북 시군 도시기본계획 및 장기발전계획 내 공간구상을 토대로 패치워크 작성  
 주2: 현행 지자체 단위 계획 상에는 행정경계를 따라 생태네트워크 단절이 발생

본 연구에서는 최소비용경로 방법론을 접목하여 경상북도 23개 시군과 대구시를 포함한 광역권을 대상으로 행정 경계를 넘나드는 링크 중심의 생태적 연결성을 탐색하고 이를 가시화하고자 한다. 그리고 이를 통해 궁극적으로는 생태적 네트워크의 정책적 단절 문제에 대한 대안을 제시하고자 한다.

## II. 선행연구 검토

국내에서는 2010년 이전까지 생태네트워크에 관한 연구<sup>2)</sup>가 주로 도시 차원에서 다루졌으나 2010년 전후로 영역을 확장한 광역 차원의 생태네트워크를 주제로 한 연구가 활발해지기 시작하였다. 대표적 연구로는 전성우·천정윤·성현찬·송원경·박지희(2010)가 있다. 이 연구에서는 광역 생태축 구축을 위한 기준을 설정하고 이에 따라 관리지역을 설정하기까지의 생태네트워크에 관한 전체 프로세스를 담아내었다. 연결성과 관련된 특징으로는 네트워크 구성요소<sup>3)</sup> 중 노드에 초점을 두었다. 김근한·공석준·김민경·이명진·

2) 한국환경정책·평가연구원(2007), 이동근·김이신(2000)가 이에 해당

3) 네트워크의 구성요소 중는 통상적으로 '노드(Node)', '링크(Link)' 2가지로 구성 (Formann ed).








송지윤·전성우(2013), 사공정희 외(2012) 등 후속 연구들 또한 '광역생태축 핵심지역' 식의 노드를 탐색하는 데 중점을 두었다. 윤은주·김은영·김지연·이동근(2019) 연구는 기존의 전통적인 중첩분석과는 차별화되는 회로 이론 기반의 새로운 분석방법을 소개하였다. 이 방법은 2006년에 발표한 McRae et al.(2006)의 연구에서 처음 제안되었다. 전기적 회로 이론을 경관생태학에 접목함으로써 단순 물리적 거리에 의존했던 기존의 방식과는 달리 한층 더 복잡한 연결성을 고려할 수 있게 되었다(권오성, 2020; 윤은주 외 2019; McRae et al., 2006). 하지만 연결성의 탐색 결과는 여전히 노드 수준에 머물러 링크 요소에 관해서는 연구자 임의 해석이 불가피했다. 이점에 있어 권오성(2020)의 연구는 최소비용경로 방법을 토대로 링크 수준까지의 연결성을 제시하는 성과를 보여주었다. 다만 그 연구대상을 대구광역시 수성구 일부 지역에 한정하였기에 행정 경계로 인한 생태네트워크의 단절 문제에 대해서는 다루지 못하였다.

본 연구의 차별성에 관한 이해를 돕고자 <표 1>과 같이 이상의 생태네트워크 관련 선행연구를 분석 결과의 '표출 형태'를 기준으로 유형화하였다. 생태네트워크의 기본적인 전제는 ① 각별히 관심을 가지고 보존해야 하는 패치들이 존재하고, ② 산재된 패치들은 가급적 연결하여 관리하는 것이 생태적 건전성에 긍정적이다. 이렇듯 동일한 이론적 배경에도 선행연구마다 취한 접근방법은 상이한데, 크게 4가지 유형으로 크게 나뉜다. 첫 번째 유형(중요 패치 표출형)은 패치 중 보존 가치가 높은 것들을 갈무리하여 표출하는 방식이다. 두 번째 '연결 패치 표출형'은 보존 가치가 있다고 인정된 선형의 지형, 지물을 토대로 연결 대상인 패치를 표출하는 방식이다. 세 번째 '직관적 선형 표출형'은 가치가 있다고 판단되는 패치들의 연결성을 작성자 주관에 따라 제시하는 방식이다. 이상의 세가지 유형은 사실상 노드, 즉 연결점 중심의 접근법으로 연결선을 특정하기 곤란하다. 반면, 네 번째 '링크 중심 표출형'은 최소비용경로 알고리즘에 따라 패치 간의 최적 연결 선형(즉 링크)을 계산, 도출하는 방식이다. 일정한 알고리즘에 따라 연결 링크가 자동 생성되는 만큼 연결성에 대한 작성자의 임의성이 최소화되는 장점이 있다. 본 연구에서는

네 번째 유형을 채택하고 있다.

〈표 1〉 생태패치워크의 표출방법 유형화 및 유형별 특징 비교

생태네트워크 분석의 공통된 가정		분석 대상 원형
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보존되어야 할 패치들이 존재한다.</li> <li>• 분절된 패치들은 연결 조치를 통해 규모화되는 것이 바람직하다.</li> </ul>		 <p>패치</p>
네트워크 표출 유형	특징	분석 결과 표출 예시
1	<p>중요 패치 표출형</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 패치중에서 보존가치가 높은 것들만을 추려냄</li> <li>• 연결점(노드) 중심 접근</li> <li>• 예시 : 김근한 외(2013)</li> </ul>	 <p>최소 비용 경로 가장 많은 패치</p>
2	<p>연결 패치 표출형</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존의 보존가치가 인정된 선형 요소(백두대간 등)를 차용하여 생태적 연결성을 모색</li> <li>• 연결선(링크) 중심 접근이나 연결선이 모호함</li> <li>• 예시 : 전성우 외(2010)</li> </ul>	 <p>선형적 시립, 지물 (산줄기, 분출기 등) 양원 패치</p>
3	<p>직관적 선형 표출형</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작성자의 판단에 따라 임의로 연결성을 선형으로 추가 표시</li> <li>• 연결선(링크) 중심 접근이나 연결선이 모호함</li> <li>• 가장 일반적인 접근방법</li> <li>• 예시 : 충남연구원(2012)</li> </ul>	 <p>시각적 연결성</p>
4	<p>링크 중심 표출형*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 최소비용경로 알고리즘에 따라 최적 선형을 도출</li> <li>• 작성자의 임의적 조작 배제</li> <li>• 연결선(링크) 중심 접근</li> <li>• 예시 : 권오성 (2020)</li> </ul>	 <p>최적인 최소비용 연결경로</p>

주: 본 연구의 접근방법에 해당

이처럼 본 연구에서는 정책적 단절을 최소화하고자 ① ‘광역 수준’에서 생태적 연결성을 분석하고 이를 ② ‘링크 형태의 선형 네트워크’로 표출한다는 점에서 선행연구와 차별화된다.

### III. 연구 방법

#### 1. 연구대상지와 분석범위

연구대상지는 행정구역상 경상북도와 대구광역시로 구성된 대구·경북 광역권이다. 대한민국의 동남측에 위치한 대구·경북 광역권은 면적 상 19,916 km<sup>2</sup>으로 육상으로는 백두대간과 낙동정맥이 솟아 있고, 하천으로는 우리나라 4대강 중 하나의 낙동강이 대유역을 형성한다. 5백만 인구가 정주하고 있는 경상북도는 23개 시·군이, 대구광역시는 8개 구·군이 자치행정을 하는 만큼 광역입에도 앞서 소개한 <그림 1>과 같이 군소 지자체의 행정경계를 따라 생태네트워크의 단절이 발생하고 있다.

#### 2. 분석방법

본 연구에서는 연결성 탐색방법으로 최소비용경로 기반의 접근법을 채택하였다. 최소비용경로 분석의 전제는 '야생동물은 서식지 이동경로 선택 시 멸종을 최소화하기 위해 최소비용거리를 선택한다'이다(권오성, 2020; Tischendorf and Fahrig, 2000). 최소비용경로에 대해 <그림 3>과 같은 단순화된 모델을 가지고 설명하면 출발점과 목적지 두 지점 사이의 누적 저항값이 가장 적은 경로이다. 두 점 사이를 채우는 매트릭스는 보통 균일하지 않기에 최소비용경로는 두 점을 직선으로 연결하는 유클리드식 거리와는 다를 수 있다.

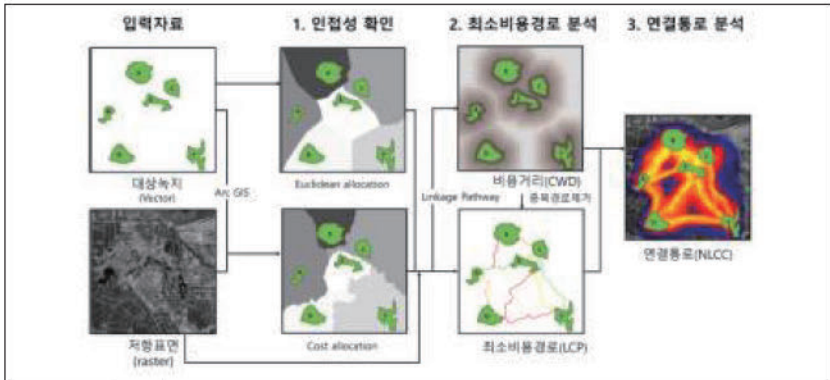
〈그림 2〉 최소비용거리분석 알고리즘



자료: 권오성(2020) 재인용; Rudnick et al.(2012)

분석은 ArcGIS기반 오픈소스인 Linkage Pathways Tool<sup>4)</sup>을 토대로 〈그림 4〉와 같이 3단계로 나누어 수행하였다.

〈그림 3〉 Linkage Pathway 오픈소스를 활용한 최소비용거리분석 절차



자료: 권오성(2020)

1단계에서는 의미 있는 생태공간조각(패치 수준의 핵심 공간, core area)을 추출하였다. 추출 기준은 핵심 공간으로서의 대표성, 패치 크기를 적용하였다. 이 중 핵심 공간으로서의 대표성은 연결을 할 만한 가치가 있는 생태적인 공간을 뜻하는 기준으로 '생태자연도' 상 1등급 지역과 별도관리지역<sup>5)</sup>을

4) Linkage Pathways Tool은 Linkage Mapper에서 제공하는 도구 중 하나로 Linkage Pathways는 핵심 공간 레이어와 저항값이 부여된 매트릭스 레이어에 기초하여 지역 간의 연결을 식별하고 매핑함(McRae and Kavanagh 2011)



대표성 있는 핵심 공간으로 삼았다.

핵심 공간 추출을 위한 적용한 또 다른 기준은 최소 패치 크기이다.<sup>6)</sup> 패치 크기는 핵심 공간의 면적을 의미하는데 본 연구에서는 네 가지 기준(원형 유지, 1ha, 10ha, 100ha)에 대해 적합성 여부를 사전 검토하였다. 연구대상지 규모가 2만 km<sup>2</sup>에 이르는 광역권이란 점, 알고리즘에 따른 최소비용경로 계산이 상당한 분석자원과 시간을 요구하는 점을 감안하여 시범적 차원에서 100ha을 최소 패치 크기로 선택하였다. 2단계에서는 바탕지역(매트릭스, 기질)<sup>7)</sup>에 기초하여 저항표면을 마련하는 것이다. 핵심 공간 간을 이동하는 개체가 극복해야 하는 저항 정도를 공간 단위별로 부여하는 과정으로 본 연구에서는 공간 단위를 30m×30m 격자로 설정하였다. 격자별 저항값은 Mosely, Marzano, Chelcuti and Watts(2013)와 허한결·이동근·모용원(2015), 권오성(2020) 등의 선행연구를 참조하여 토지피복도<sup>8)</sup> 세분류(41개 항목)를 토대로 저항값을 부여하였다. 참고로 선행연구별 저항값은 부록으로 정리하였다.

저항값 관련해서 이번 연구가 기존 연구와 가장 차별화되는 점은 저항값의 스칼라<sup>9)</sup>이다. 권오성(2020)과 같은 선행연구는 저항값의 범위를 1에서 30 이내로 설정하였다. 반면 이 연구에서는 저항값의 범위를 1에서 300까지 넓게 스칼라를 설정하였다. 이와 관련하여 GIS 분석모델인 ‘Linkage Pathways Tool’의 가이드라인에서 저항값의 상한선을 적어도 100 이상으로

5) 별도관리지역이란 자연환경보전법 외 다른 법률의 규정에 의하여 보전되는 지역 중 자연공원, 생태·경관보전지역 등 역사적, 문화적, 경관적 가치가 있는 지역으로 생태자연도 DB상에는 9등급으로 분류

6) 이 외에도 권오성(2020)과 유사하게 외접원지수(패치의 형태에 관한 지수로, 0일 경우에는 패치가 원형이며 1에 가까울수록 선형)를 적용하고자 하였음. 선행연구는 대구 수성구를 대상으로 노선을 탐색하였는데 패치 크기가 작아 일정 규모 이상이라 하더라도 가장자리효과로 인해 핵심기능으로 작용하지 못하는 경우가 존재 선행연구와 달리 광역적인 수준에서 고려하는 본 연구의 특성상 외접원지수를 적용해야 하는 이유가 없음

7) 생태공간조각 또는 핵심공간 사이의 공간

8) 저항값 부여는 중분류를 기준으로 작업하였지만 사용한 자료는 2020년 배포된 토지피복도 세분류 자료임

9) 설정 저항값 범위가 클수록 생태네트워크가 공간상 더욱 확대되어 탐색되고 또한 더욱 세부적으로 표출됨



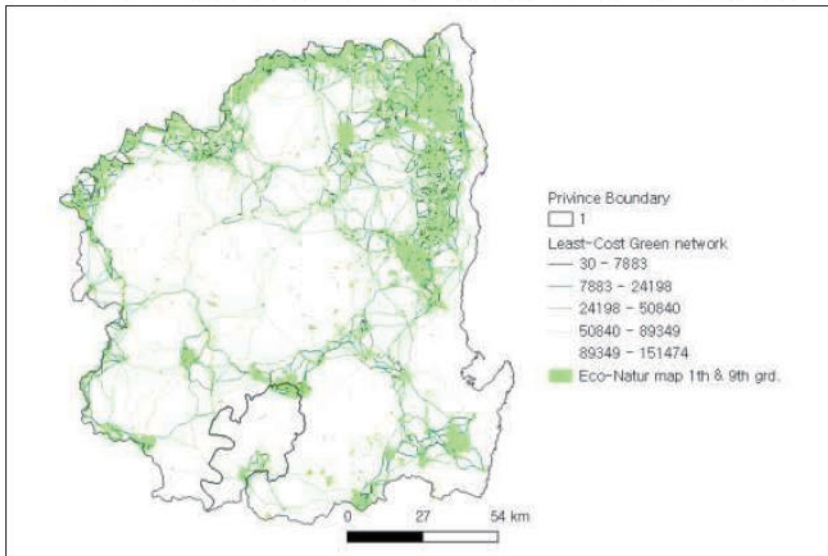
설정하도록 추천하고 있다(McRae and Kavanagh, 2017). 본 연구에서 최고 범위를 300으로 설정하게 된 이유는 광역도 규모인 본 연구대상지를 대상으로 분석을 반복 시행한 결과 300 정도 되어야지 시군 경계를 넘나드는 세부적인 연결성이 표출되었기 때문이다.

### III. 연구 결과

#### 1. 최소비용경로 기반 생태네트워크 연결

하단 <그림 5>는 노선별 총저항값을 고려하여 노선을 평가한 결과이다. 자 연구분법(Jenks)에 따라 5단계로 구분하여 표출하였다. 노선의 연장 또는 직선거리 등을 생각하지 않은 절댓값으로 그 결과는 최적의 노선(저항값이 작은 노선)은 대체로 외곽지역을 따라 형성되어 있다.

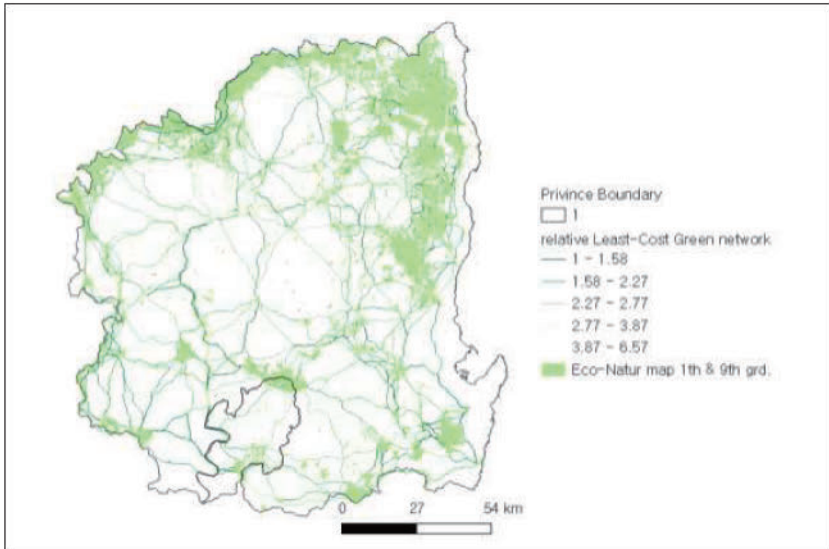
<그림 4> 최소비용거리에 기반한 대구·경북 광역권 생태네트워크 (총저항값 기준)



주: 저항값이 낮은 노선일수록 생태적 연결성이 양호하나 노선 연장이 길어지면 저항값이 높아지는 경향이 있는 만큼 해석에 주의가 요함

다만 이 결과는 거리와는 무관하게 노선별로 부하되는 총저항값인 만큼 노선이 길수록 자연스럽게 저항값도 높은 경향이 있다. 이로 인해 전반적으로 연결성이 양호한 노선임에도 불구하고 연장이 긴 경우 나쁜 등급으로 분류되거나, 반대로 연결성이 나쁜 노선임에도 연장이 짧아 좋은 등급으로 분류되는 경우를 배제할 수 없다. 이 문제를 배제하기 위해 '총저항값/노선 연장' 형태의 (이하 '노선의 상대적 적합도')를 적용하였다. 이처럼 연장 역가중치 저항값을 적용 시 <그림 6>과 같이 노선의 상대적 적합도는 달라지는데, 이처럼 연장에 대한 역가중치를 적용 시 경북의 서측 내륙지역(구미, 군위, 의성, 김천 일대) 내 노선의 적합도가 높아졌다.

<그림 5> 최소비용거리에 기반한 대구·경북 광역권 생태네트워크 (상대저항값 기준)



주: 상대 저항값이 낮은 노선일수록 생태적 연결성이 양호

## 2. 표본 기반 결과 검증

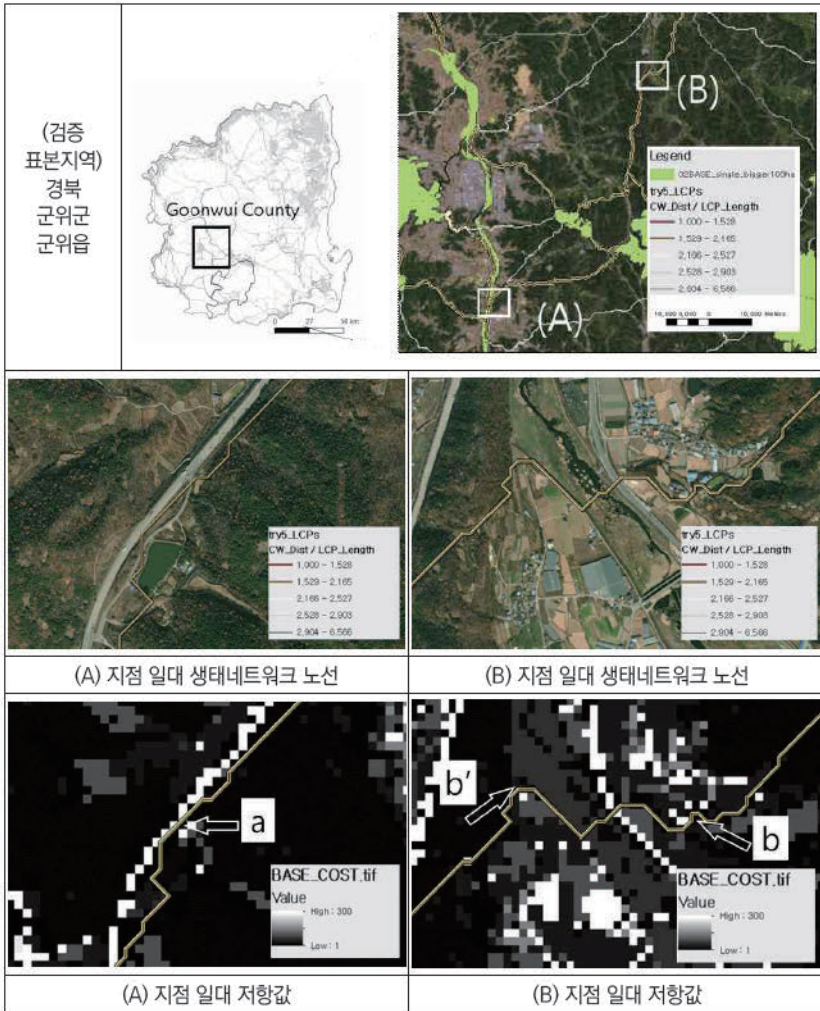
결과의 적합성을 확인하고자 경북 군위군 군위읍 일대를 표본 지역으로 선정하였다. 군위읍은 대구시에 인접하고 있어 도시적 성격을 가지면서도 팔공산의 산줄기와 낙동강의 지천이 공존하는 지역으로 여러 유형의 생태적

연결을 한 번에 파악할 수 있는 장점이 있다.

〈그림 6〉은 군위군 군위읍 일대 중심으로 생태네트워크 분석 결과를 확대한 것이다. 전체적으로 토지피복상 생태적 저항이 최소화하는 경로가 선택되었다. 다만 일부 구간에서는 생태네트워크가 기대와 다르게 저항이 높은 도로와 겹쳐진다거나(상단 그림 내 (A)), 마을을 관통하는 경우(상단 그림 내 (B))가 존재했다. 도로, 마을 같은 인공시설은 생태적 연결성을 저해하는 주요 요인이기에 저항값이 높게 할당되어 있어 일단 분석 오류로 의심되었다. 이어 정확한 사유를 판단하기 위해 결과를 확대하고 해당 공간의 저항표면과 비교하며 검토를 진행하였다. 검토 결과, (A)의 경우는 도로를 따라 형성된 인접 완충녹지(a)를 따라, (B)의 경우는 마을 외곽(b, b')을 따라 최소비용경로가 실제 존재함을 확인하였다.



〈그림 6〉 대구·경북 광역권 생태네트워크 분석결과 검증



주: 1. 상단 그림 내 폴리곤은 핵심 공간(생태자연도 1등급 지역과 동일)

### III. 결론 및 논의

기후변화로 인해 각종 재해재난이 빈번해지고 동시에 기후대가 차츰 변화하면서 동식물의 서식공간 또한 그에 따라 천이되고 있다. 이처럼 거대한 흐

름으로 진행되고 있는 여건 변화는 그간 우리나라가 누려왔던 삶의 양식과 환경을 지속해서 변화시키고 그 과정에서 우리 사회 전반에 막대한 비용과 희생이 발생한다.

예상되는 사회적 비용과 희생을 최소화하기 위해서는 도시와 국토의 환경적 회복탄력성(Resilience)을 높이려는 노력이 필요하다. 이와 직결되는 것이 생태네트워크인데, 공원, 녹지 하나 하나는 점(point)적인 요소라면 생태네트워크는 이들 간의 유기적 연결이다. 연결이란 특징을 통해 생태네트워크는 자체로 인간에게 수원 함양, 대기 정화 등 다양한 생태서비스를 제공하며, 물질 흐름과 이동을 위한 통로로써 환경변화 적응에 필수적인 점이(漸移)공간이다(Christian von Haaren ed. 2004, p. 68).

본 연구는 행정 경계를 따라 단절된 생태네트워크를 연결하기 위한 정책적 기반을 마련하기 위한 목적으로 수행하였다. 이를 위해 대구·경북 광역권을 대상으로 최소비용경로 방법을 적용하여 시군 행정경계를 넘나드는 광역 생태네트워크를 링크 중심으로 탐색하고 표출하였다.

기존의 경우 지자체별로 독립적으로 생태축을 포함한 공간구상을 수립하는 과정에서 지자체간 상이한 정책기조 및 행정문화로 인해 행정 경계를 따라 생태축의 연속성이 단절되는 문제가 발생하였다. 또한 일부 지자체들은 생태축에 대한 공간구상 자체도 없는 경우가 존재하기도 하여 생태네트워크의 연결성이 원천적으로 고려되지 못하는 경우도 존재한다. 대표적인 이 두 가지 문제(①계획 공백, ②경계부 부정합)를 중심으로 연구결과의 성과를 정리하면 다음과 같다:

〈그림 7〉는 기존의 공간구상 패치워크와 본 연구에서 분석한 광역 생태네트워크를 비교한 것이다. 첫 번째 문제인 기존 계획방식에서 발생하는 계획공백에 대해 본 연구의 결과물은 생태네트워크를 해당 지역을 전체를 일괄적으로 탐색하여 생태네트워크 연결성을 제시하고 있기에 국지적으로 계획공백(A)이 있더라도 누락된 생태네트워크를 보완(A')할 수 있다. 두 번째 경계부 부정합 문제(B)에 있어서도 본 연구에서 제시한 광역 생태네트워크(B')는 행정 경계로 인한 생태적 단절을 극복할 수 있는 과학적 기준으로 참조될 수 있다. 이상을





즉 핵심 공간(core area)을 어떠한 공간으로 삼을지에 대한 지역 차원의 합의가 선행되어야 한다. 실제 핵심 공간은 산림(윤은주 외, 2019), 도시생태현황도 상의 주요 비오톱(권오성, 2020), 법적 보호지역(전성우 외, 2010)등 다양하게 적용될 수 있다. 본 연구에서는 보편성 차원에서 핵심 공간을 전국적인 자료가 제공되는 생태자연도를 기준으로 적용하였다.

두 번째, 기초자료의 신뢰성에 관한 문제이다. 공공데이터(토지피복도, 생태자연도 등)에 기초하여 분석을 수행하면서 데이터 자체의 크고 작은 오류가 상당히 존재함을 확인하였다. 일례로 토지피복도의 경우 자료의 형태가 일정한 격자 크기의 소규모 도엽(圖葉) 형태로 제공되다 보니 경북 전체에 대한 분석을 위해서는 다수의 도엽을 병합해야 하는 작업이 필수적이다. 병합하는 과정에서 자료 내 도형 정의상 오류로 인해 병합 후 결과물에 일부 도엽이 빠지거나 병합 자체가 불가능한 경우가 발생하였다. 생태자연도의 경우는 세부적인 생태적 특성보다는 전체적인 평가등급만을 기준으로 삼다 보니 등급 기준으로는 하나의 도형임에도 개별적 생태적 특성 때문에 도형이 다수로 분할된 상태이다. 분석의 효율을 높이기 위해서는 이러한 분할된 도형을 하나로 합치는 과정이 요구되는데, 이 과정에서 도형 위상오류가 발생하면서 후속의 분석 과정이 불가하게 되는 난감한 상황에 부닥치기도 하였다. 환경 연구의 활성화는 물론 이에 기초하여 수립되는 환경정책의 신뢰성을 담보하기 위해서는 기초자료의 정비가 시급하다.

마지막으로 본 연구는 생태네트워크를 기존의 노드 중심의 선행연구와 달리 링크 중심으로 살펴본 연구이다. 노드에 대해서는 보호지역 지정 등 여러 법적 조치들이 마련되어 있다. 이에 반해 노드와 함께 보호되어야 할 링크에 대해서는 국가 차원의 백두대간보호지역 외에 지역차원에서는 지금까지 이렇다 할 법적 제도가 없다. 향후 이에 대한 심도 있는 후속 연구가 이어지길 기대한다.

## ■참고문헌■

권오성, 2020, “대도시 환경보전을 위한 녹지네트워크 개선방안 - 회로이론과 API 정보

- 를 활용하여-”, 박사학위논문, 경북대학교, 대구.
- 김근한·공석준·김민경·이명진·송지윤·전성우, 2014, “광역생태축과 국토환경성평가 지도를 활용한 지자체 광역생태네트워크 구축 방안”, 『환경정책연구』, 13(3), pp.3~19, DOI:10.17330/joep.13.3.201409.3.
- 윤은주·김은영·김지연·이동근, 2019, “생태축 제안을 위한 회로 이론 기초 연결성 평가”, 『환경영향평가』, 28(3), pp.275~286, DOI:10.14249/eia.2019.28.3.275.
- 이동근·김이신, 2000, “생태도시 조성을 위한 녹지 네트워크 수립에 관한 연구 - 양평군 양서면 양수리 용담리 일대를 중심으로 -”, 『산업과학연구』, 9, pp. 44-60, <https://kiss.kstudy.com/Detail/Ar?key=1588861>.
- 전성우·천정운·성현찬·송원경·박지희, 2010, “광역생태축 구축을 위한 기준 및 관리지역 설정 연구”, 『한국환경복원기술학술지』, 13(5), pp.154-171, <https://kiss.kstudy.com/Detail/Ar?key=1588861>.
- 충남연구원, 2012, 『충남도 광역생태네트워크 구축을 위한 자연환경조사(3차)』, 공주:충남연구원.
- 한국환경정책·평가연구원, 2007, 『도시생태축 구축을 위한 가이드라인 개발』, 한국환경정책·평가연구원.
- 허한결·이동근·모용원, 2015, “접근성과 생물다양성 증진을 고려한 도시 공원·녹지의 필요지역 선정 - 성남시를 사례로.” 『한국환경복원기술학술지』, 18(5), pp.13-26, DOI:10.13087/kosert.2015.18.5.13.
- Bannas, L., Löffler, J., and Riecken, U., 2017, Die Umsetzung des laenderuebergreifenden Biotopverbunds - rechtliche, strategische, planerische und programmatische Aspekte -, Bundesamt fuer Naturschutz.
- Christian von Haaren ed., 2004, Landschaftsplanung. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H. and Shah, V. B., 2008, "Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation," *Ecology*, 89(10), pp.2712-2724, DOI:10.1890/07-1861.1.
- McRae B. H., and Kavanagh D. M., 2011, Linkage Mapper Connectivity Analysis Software. The Nature Conservancy, Seattle WA.
- Moseley, D., Marzano, M., Chetcuti, J., and Watts, K., 2013. "Green networks for people: Application of a functional approach to support the planning and management of greenspace," *Landscape and Urban Planning*, 116, pp.1-12, DOI:10.1016/j.landurbplan.2013.04.004.
- Tischendorf L, and Fahrig L., 2000, "On the usage and measurement of landscape connectivity", *Oikos*, 90(1), pp.7-19, DOI:10.1034/j.1600-0706.2000.900102.x.

〈부록〉

표 토지피복도 세분류별 저항값

대분류(7항목)	중분류(22항목)		세분류(41항목)		분류 코드	저항값
시가화 건조 지역	100	주거지역	110	단독주거시설	111	50
				공동주거시설	112	50
		공업지역	120	공업시설	121	90
		상업지역	130	상업·업무시설	131	200
				혼합지역	132	200
		문화체육휴양지역	140	문화체육휴양시설	141	30
		교통지역	150	공항	151	30
				항만	152	90
				철도	153	50
				도로	154	300
				기타 교통·통신시설	155	300
		공공시설지역	160	환경기초시설	161	300
				교육·행정시설	162	30
				기타 공공시설	163	30
농업 지역	200	논	210	경지정리가 된 논	211	20
				경지정리가 안 된 논	212	10
		밭	220	경지정리가 된 밭	221	20
				경지정리가 안 된 밭	222	10
		시설재배지	230	시설재배지	231	100
		과수원	240	과수원	241	30
		기타재배지	250	목장·양식장	251	50
				기타재배지	252	30
산림 지역	300	활엽수림	310	활엽수림	311	3
		침엽수림	320	침엽수림	321	3
		혼효림	330	혼효림	331	3
초지	400	자연초지	410	자연초지	411	1
		인공초지	420	골프장	421	10
				묘지	422	10
				기타초지	423	1
습지	500	내륙습지	510	내륙습지	511	20
		연안습지	520	갯벌	521	50
				염전	522	50



나지	600	자연나지	610	해변	611	20
				강기슭	612	100
				암벽·바위	613	3
		인공나지	620	채광지역	621	100
				운동장	622	100
				기타나지	623	30
수역	700	내륙수	710	하천	711	5
				호소	712	5
		해양수	720	해양수	721	5

자료: Mosely 외 (2013), 허한결 외 (2015), 권오상 (2020) 참조

**권용석:** 독일 Technische Universitaet Dresden에서 도시계획 박사학위를 취득하고 현재 경북연구원에 재직 중이다. 주요 관심분야는 도시생태 및 도시방재 대표되는 지속가능한 도시관리이다(kwony@gdi.re.kr).

투 고 일: 2023년 02월 01일  
심 사 일: 2023년 02월 13일  
게재확정일: 2023년 06월 05일