

GIS를 이용한 황새(*Ciconia boyciana*) 번식지의 환경특성 분석*

- 1970년대의 경기도와 충청도 지역을 대상으로 -

김수경¹ · 김남신² · 정석환³ · 김영훈⁴ · 성하철³ · 박시룡^{1*}

A Habitat Analysis of the Historical Breeding Sites of Oriental White Storks(*Ciconia boyciana*) in Gyeonggi and Chungcheong Provinces, Korea*

Su-Kyung KIM¹ · Nam-Shin KIM² · Seokwan CHEONG³ ·
Young-Hoon KIM⁴ · Ha-Cheol SUNG³ · Shi-Ryong PARK^{1*}

요 약

본 연구는 향후 황새 복원예정지역을 선정하기 위한 서식지 적합 모델을 개발하는데 기초 자료로 활용하기 위한 목적으로 과거 황새 번식지역의 환경적 변인의 특성을 분석하였다. 청문조사를 통해 6곳의 번식지점을 추가적으로 확인하고, 문헌에 기록된 4개 지역을 포함하여 총 10개 번식지점의 환경적 특성을 분석하였다. 1970년대 토지이용현황도(1:50,000)를 이용하여 황새 번식지 선택에 중요한 환경 변인인 농경지, 하천, 저수지, 도시취락을 분석하였고, 위성영상(Landsat MSS; 1974년) 분석을 통해 번식지점으로부터 5km 반경 내에 포함되는 산림, 수역, 농경지, 초지, 도시화 지역으로 분류하여 면적을 산출하였다. 그리고 무작위지점(random points) 93개 지역과 황새 번식지점 10개 지역의 5km 반경 내에 포함된 5가지 토지피복 유형별 면적의 평균을 비교·검정하였다. 분석결과, 과거 황새 번식지점은 도시취락, 농경지와 인접하여 위치하였으며, 10개 지역 중 7개 지역에서 하폭 30m 이상의 하천이 반경 1km 내에 위치하고 있었다. 황새가 둥지를 튼 영소목의 해발고도는 40~116.38m이었고, 평지나 경사도가 30도 이하인 사면에 영소목이 위치하였다. 인공위성영상으로 분석된 황새 번식지점으로부터 5km 반경 내의 토지피복 유형별 구성비율은 산림(53.7%), 농경지(28.3%), 초지(16.7%), 수역(0.8%), 도시화지역(0.6%)으로 나타났다. 무작위 지점(random point)과 번식지점의 토지유형별 면적의 평균을 비교·검정한 결과, 유의미한 차이를 보이는 토지 유형은 산림, 농경지, 초지, 도시화지역이었다.

주요어 : GIS, 서식지 분석, 번식지, 황새, 수치고도모델, 토지이용현황도, Landsat MSS

2008년 2월 11일 접수 Received on February, 2008 / 2008년 3월 10일 심사완료 Accepted on March 10, 2008

* 본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”으로 지원받아 수행되었음(과제번호: 052- 081-064).

1 한국교원대학교 생물교육학과 Department of biology education, Korea national university of education

2 한국교원대학교 통일교육연구소 Institute of Education for National Unification, Korea national university of education

3 한국황새복원연구센터 Korea Institute of Oriental White Stork Rehabilitation Research

4 한국교원대학교 지리교육학과 Department of geography education, Korea national university of education

* 연락처자 E-mail : srpark@knue.ac.kr

ABSTRACT

This research aims to produce basic data for developing habitat suitability models on the breeding sites of Oriental White Storks(*Ciconia boyciana*) which will be reintroduced to the wild in the future. The habitat characteristics of ten historical nesting sites of the Oriental White Storks at Gyeonggi and Chungcheong provinces in South Korea were analyzed with 1970's land use maps and Landsat MSS. The range of altitude on nesting sites was 40~116.38m. The mean distance from nesting sites to rice fields, to 30m wider river, and to reservoirs was 54.8±84.48m, 869.8±708.01m, and 1721.2±906.05m respectively. Historical nesting sites were located close to human settlements, and the mean distance of nesting sites to human settlements was 144.1±182.97m. The land types within 5km radius from ten historical nesting sites consisted of 53.7% forest, 28.3% rice fields, 16.7% grasslands, 0.8% water bodies, and 0.6% human settlements. The composition of four land types(forest, rice fields, grasslands, and human settlements) was significantly differed between 93 random points and 10 historical nesting sites.

KEYWORDS : GIS, Habitat Analysis, Nesting Sites, Oriental White Stork, DEM, Landuse Map, Landsat MSS

서론

21세기에 들어서면서 생물 종 멸종과 서식지 파괴는 생물종다양성 보전을 위협하는 두 가지 주요 요인이다(IUCN, 2000; Birdlife International, 2000). 생물종다양성 보전을 달성하기 위해서는 서식지 복원과 적절한 관리가 필수적인 과정이다(Neil, 1992). 서식지 보전 전략은 광범위한 생물종다양성을 최종적인 목표로 설정하고, 서식지 지표종으로 특정 생물종을 대상으로 하는데, 조류는 복잡한 생태계의 상태를 평가하는 대표적인 생물 지표종(bio-indicator)으로 활용되고 있다(Steele 등, 1984; Morrison, 1986; Baillie, 1991; Furness와 Greenwood, 1993).

최근에 GIS(geographic information systems)를 이용한 연구방법은 다양한 조류 종들의 서식지 분석과 모델링에 광범위하게 활용되고 있다(Prins, 2003). GIS는 고전적인 현장조사의 시간과 공간적 한계를 보완하고, 광범위한 서식지 내의 조류 분포에 영향을 미치는 중요 환경 변인을 분류해내고, 적합한 서식지를 선

정하는데 효과적이다(Bibby 등, 1992; Bibby 등, 1998). 이를 이용하여 수조류(waterbirds)의 서식지 연구와 희귀한 보호 조류 종들을 대상으로 한 서식지 모델링 연구가 수행되어 왔다(Prins, 2003; Augutis와 Sinkevicius, 2005; Xinhai 등, 2002).

Augutis와 Sinkevicius(2005)는 먹황새(*Ciconia nigra*)를 대상으로 토지피복분류도를 이용하여 번식지 선택에 중요한 환경 변인을 선별하고, 무작위지점(random point)과 번식지점의 환경 변인별 차이를 비교·검정하였다. Jacek(2003)은 유럽황새(*Ciconia ciconia*)를 대상으로 번식지점으로부터 1km 반경 내의 초지, 경작지, 산림, 수역, 도시화지역 등의 환경 변인별 면적과 번식지점으로부터의 거리를 산출한 후, 로지스틱 회귀모델을 이용하여 번식 성공여부와 환경 변인과의 관계를 설명하였다. 김혁(2004)은 번식지 선택이 황새와 유사한 백로류(ardeidae)의 번식지의 환경적 특성을 분석하였다. 수치지형도(1:25,000)와 Landsat ETM+을 이용하여 향, 가시권, 계곡, 식생 등의 환경 변인을 분

석하여 번식지의 환경 특성을 파악하였다.

본 연구에서는 국제자연보전연맹(IUCN)의 적색목록(red data book)에 멸종위기종으로 등재되어 있고(Birdlife International, 2003), 국내에서는 천연기념물 제199호와 멸종위기 야생동물 1급으로 지정·보호되고 있는 황새(*Ciconia boyciana*)를 대상으로 번식지의 환경 특성을 분석하고자 한다.

황새는 황새목(order ciconiiformes) 황새과(family ciconiidae)에 속하는 조류로써 중국과 러시아의 경계인 아무르강(amur river)과 우수리강(ussuri river) 유역, 중국 산지양 평원(sanjiang plain), 한국, 일본 등지에서 번식을 하였고, 중국 양쯔강 유역, 한국, 일본 등에서 월동한다(곽준영, 1981). 그러나 밀렵과 서식지 소실로 개체수가 급격히 감소하여, 전 세계에 3,000여 개체가 생존하고 있다(Birdlife International, 2003). 1970년대 초에 한국과 일본의 번식 개체군이 절멸한 후, 한국과 일본에는 월동 개체군만이 도래하고 있다(박시룡, 2004).

한국과 일본에서는 각각 1996년과 1965년부터 번식 개체군을 복원하기 위한 연구를 수행하여 오고 있다. 개체군 증식과 함께 서식지 복원과 관리에 관한 연구도 수행하고 있다. 이를 위해 과거 황새 번식지역의 환경적 특성을 이해하고, 서식지 적합 모델을 개발하여 적합한 황새복원 예정지역을 선정하여야 할 것이다. 본 연구의 목적은 과거 번식지역의 환경적 특성을 분석하여 향후 서식지 적합모델 개발에 필요한 기초적인 자료를 제공하는데 있다.

연구 방법

1. 연구 지역

문헌에 기록된 황새 번식지역 4개 지점과 유사한 경관적 특성을 가지는 시 또는 군을 선택하여 2007년 4월부터 12월까지 무작위로 방문하여 청문조사를 실시하였다. 황새와 유사

한 환경에 서식하는 백로류와 혼동될 수 있는 문제를 보완하기 위하여 2단계 리커트식 척도의 4개 문항을 3명 이상의 지역 주민이 모두 '긍정'하였을 때 황새가 번식하였다고 확인하였다(표 1). 설문 문항들은 전문가의 안면타당성 검사를 거쳐 보완되었다. 또한 청문조사 시 인터뷰 내용을 녹화하여 전문가 2인에게 최종적으로 검증받았다. 번식이 확인된 지역에서 황새가 등지를 틀었던 영소목의 위치를 지역 주민과 함께 확인하고, GPS(Explorist 210, Magellan)를 이용하여 좌표를 측정하였다. 세계 측지계(WGS84타원체)로 측정된 GPS 좌표를 GPS TrackMaker Pro를 이용하여 TM 좌표체계로 투영하였다(투영원점 경도 127도, 위도 38도).

TABLE 1. 황새 번식 확인 설문문항

번호	설문문항
1	황새가 마을에서 서식하였는가?
2	황새는 날개 끝이 검고, 몸 전체는 백색이었던가?
3	황새가 한 나무에 두 마리만 번식하였는가?
4	황새가 울음소리를 낼 때 부리를 부딪쳐서 소리를 내었는가?

청문조사 결과, 추가적으로 번식이 확인된 황새 번식지점은 총 6개 지점이다. 문헌에 기록되어 있는 4개 지점인 충북 음성군 생극면 관성리, 대소면 삼호리, 충북 진천군 이월면 중산리, 충남 예산군 대술면 궤곡리를 포함하여(박시룡, 2004), 총 10개 지점을 분석 대상지역으로 선택하였다. 충청북도 4개 지점, 충청남도 1개 지점, 경기도 5개 지점이며, 추정되는 최종 번식 시기는 1940년대 초부터 1970년대 초까지이며, 6개 지점에서 밀렵에 의해 번식 개체군이 사망하였다. 황새가 등지를 틀 영소목의 종류는 은행나무, 아카시아나무, 미루나무, 참나무, 소나무, 물푸레나무, 감나무 등

이었다(표 2). 영소목이 현재 보존되어 있는 지역은 삼호리, 신접리, 수정리, 신하리 4개 지점이며, 지역주민의 증언에 따르면 황새가 번식할 당시의 영소목의 높이는 모두 10m 이상이었다고 한다.

2. 분석할 환경 변인 선택

황새목에 속하며, 황새(*Ciconia boyciana*)와 생태적으로 유사한 조류 종들의 번식지 선택에 영향을 미치는 자연적 환경변인과 인위적 환경변인에 관한 여러 선행연구들이 있다. 황새과에 속하는 먹황새(*Ciconia nigra*)의 번식지 선택에 영향을 주는 환경변인은 호수 또는 연못까지의 거리, 도시취락까지의 거리, 도로 및 시설물까지의 거리이며(Augutis와 Sinkevicius, 2005), 따오기과의 따오기(*Nipponia nippon*)의 번식지 선택은 식생, 해발고도, 습지까지의 거리, 인간 활동에 의한 교란요인까지의 거리가

중요한 환경변인이다(Xinhai 등, 2002). 황새과의 Wood Stork(*Mycteria americana*)은 주요 섭식지인 얇은 습지의 면적과 분포가 번식 성공률을 결정짓는 주요 환경변인이라고 한다(Hodgson 등, 1988). 그리고 주요 섭식지인 범람된 초지의 면적과 분포가 유럽황새(*Ciconia ciconia*)의 번식 개체수에 영향을 미친다고 한다(Carrascal 등, 1993). 중국 흑룡강성의 황새(*Ciconia boyciana*)의 번식지 선택에 관련이 있는 환경변인은 교란요인까지의 거리와 수원까지의 거리였다(王 捷과 李曉民, 2006). 국내에 음성군 생극면 관성리에서 1971년에 발견된 마지막 황새 번식쌍의 주요 섭식지는 저수지 가장자리와 논이었으며, 섭식지 형태별 이용비율은 농경지 42%, 저수지 42%, 밭과 논두렁 11%이었다(곽준영, 1981). 국내에 서산 간척지에 도래한 겨울철새 황새는 주로 하폭 100m 이상의 하천과 하천을 중심으로 1~2km

TABLE 2. 경기도와 충청도 지역의 황새번식 확인지점

	행정구역상 위치	경위도 좌표	최종 번식시기	추정멸종원인	영소목 수종
1	충북 음성군 생극면 관성리	N 37 01' 18.23965" E 127 34' 11.35997"	~1971년	밀렵	감나무
2	충북 음성군 대소면 삼호리	N 36 56' 45.03309" E 127 28' 08.07723"	~1952년	밀렵	물푸레나무
3	충북 진천군 이월면 중산리	N 36 54' 51.86133" E 127 26' 19.40358"	~1961년	밀렵	미루나무
4	충북 진천군 이월면 노원리	N 36 54' 58.64326" E 127 25' 17.41779"	~1940년대 초	-	참나무
5	충남 예산군 대술면 필곡리	N 36 40' 47.11284" E 126 54' 30.11618"	~1945년	-	소나무
6	경기 여주군 북내면 신접리	N 37 19' 20.28325" E 127 41' 21.21240"	~1951년	밀렵	은행나무
7	경기 여주군 점동면 사곡리	N 37 12' 01.98990" E 127 41' 24.80015"	~1948년	밀렵	은행나무
8	경기 여주군 흥천면 다대리	N 37 19' 58.75835" E 127 31' 52.83844"	~1950년대 초	한국전쟁	아카시아나무
9	경기 이천시 부발읍 수정리	N 37 15' 13.36367" E 127 31' 50.13002"	~1950년대 초	밀렵	은행나무
10	경기 이천시 부발읍 신하리	N 37 15' 43.79079" E 127 28' 42.25269"	~1950년대 초	한국전쟁	참나무

범위의 무논(flooded rice fields)에서 섭식활동을 하였다고 한다(김주현, 2006).

따라서 본 연구에서는 황새의 번식지 선택에 영향을 주는 자연적 환경변인으로 수원(저수지, 하천)까지의 거리, 농경지까지의 거리, 하천의 길이, 저수지 둘레길이, 논, 논, 논, 저수지의 면적, 산림의 경사도, 향, 조망권, 평균 고도분포를 선택하였고, 인위적 환경 변인은 도시취락까지의 거리, 인접한 도시취락의 면적을 선택하였다. 황새가 번식했을 당시 도로가 발달하지 않았고, 차량으로 인한 교란은 없었다는 지역주민의 증언에 따라 도로는 인위적 환경 변인에서 제외하였다.

황새 번식지의 범위는 번식지점으로부터 5km로 설정하였다. Creutz(1988)는 유럽황새가 육추 기간 초기에는 시야에서 둥지가 벗어나지 않는 곳에서 주로 섭식을 한다고 한다. Latus와 Kujawa(1999)는 번식지점으로부터의 1km 반경 내의 경관적 특성을 분석하였다. 광준영(1981)은 번식기의 황새는 번식 지점으로부터 0.5~2.5km 거리에서 주로 섭식을 하였다고 한다. Martin 등(2001)은 유럽황새가 번식지점으로부터 0.38~4.5km까지 섭식활동을 위해 이동하였다고 한다. 그런데 전체의 88% 이상은 1km 반경 내에서 섭식하였다고 한다. 이 자료에 근거하여 번식지점으로부터 5km 반경 내 지역의 환경변인들을 분석하고, 그 중 1km 반경 내의 지역은 핵심적인 지역으로 판단하고 분석하였다.

3. 자료의 구축

청문조사 결과, 황새는 1970년대 초까지 번식한 것으로 추정된다. 당시의 환경 특성을 분석하기에 적합한 자료로 조선총독부가 1914년에서 1918년까지 제작한 축척 1:50,000의 '근세한국 지형도', 광복이전 지형도(1940년대 제작; 1:50,000), 1970년대에 제작된 1:25,000 축척의 지형도, 토지이용현황도 등이 있다. 그러나 근세한국 지형도와 광복이전지형도는 축척이

1:50,000으로 자료의 세밀함에 한계가 있기 때문에, 국토지리정보원에서 1970년대에 제작된 축척 1:25,000의 토지이용현황도를 기초 자료로 활용하였다. 그리고 토지피복의 특성을 분석하기 위해 Landsat MSS 영상자료(1974년 촬영)를 활용하였다.

토지이용 데이터의 구축을 위해 분석에 사용된 도엽은 13개 도엽으로 음성, 진천, 장호원, 생극, 쌍정, 예산, 대술, 여주, 점동, 능서, 단월, 가남, 이천이 해당된다. 토지이용현황도(1:25,000)를 스캔한 후, GIS기반의 디지털 환경에서 분석이 가능하도록 AutoCAD 2006을 이용하여 스캔된 70년대 토지이용현황도(1:25,000)를 2000년에 제작된 수치지형도(1:25,000)의 도곽에 일치시켜 축척과 좌표를 부여하였다. 디지털라이징을 하여 논, 하천, 저수지, 도시취락 총 4개의 레이어를 생성하였으며, DXF format으로 저장하여 ArcView GIS 3.2와 호환이 되도록 하였다. 그리고 근세한국 지형도(1:50,000)를 참고하여 저수지의 존재 유무를 직접 확인하고, 저수지 레이어를 수정하였다. 그리고 ArcView GIS 3.2를 사용하여 2000년에 제작된 수치지형도(1:25,000)에서 등고선 레이어를 추출하여 2m 공간해상력을 가지는 수치고도모델(DEM)을 생성하였다. 번식지점의 고도, 경사도, 향, 조망권, 번식지점으로부터의 5km 반경 내 지역의 평균 고도를 분석하였다.

토지피복분류 데이터의 구축을 위해 1989년에 촬영된 공간 해상력 30m의 Landsat TM 영상자료를 축척 1:5,000과 1:25,000의 수치지형도를 기준으로 지상기준점(GCP)을 선정하여 고차 다항식 방법(polynomial method)으로 기하학적 보정을 실시하였다. 기하보정을 마친 Landsat TM 영상자료를 기준으로 분석 대상이 될 Landsat MSS(1974년 4월 23일 촬영; 124-34와 124-35 scene 자료) 영상자료를 영상 대 영상(image to image) 기하보정을 실시하였다(강준목 등, 2007; 김윤수 등, 2003; 윤근원 등, 2003). 지상기준점(GCP)으로 도로 교차점, 교량지점을 41개 선택하여 RMS error

0.543m로 기하보정하고, 환경부의 대분류 체계를 기준으로 감독분류의 대표적 방법인 최대우도법(maximum likelihood classifier)을 이용하여 산림, 농경지, 초지, 수역, 도시화지역으로 분류하였다. 데이터의 가공은 ERDAS Imagine 8.6을 이용하였다. 감독 분류된 영상을 ArcView GIS 3.2를 이용하여 60m cell size (Landsat MSS의 공간해상력과 일치)의 Grid로 변환하여 번식지점들로부터 5km 반경 내 토지피복 유형별 면적과 구성 비율을 산출하였다.

4. 환경 변인 분석 방법

수원은 하천과 저수지로 분류하였고, 하천은 하폭을 기준으로 하폭 300m 이상, 100 ~ 300m 미만, 30~100m 미만 총 3개의 범주로 나누었고, 70년대 토지이용현황도(1:25,000)에서 하천 레이어를 생성한 후, ArcView GIS 3.2를 이용하여 번식지점으로부터의 하폭별 하천까지의 최단거리와 5km 반경 내의 하천 길이를 측정하였다. 저수지는 저수지까지의 최단거리, 면적, 둘레길이를 측정하였다. 그리고 주요 습식지인 농경지는 5km 반경과 1km 반경 지역 내에 포함된 농경지의 면적과 번식지점으로부터 농경지까지의 최단 거리를 측정하였다. 도시취락은 도시취락까지의 최단거리, 인접한 도시취락의 면적, 1km 반경 내의 도시취락의 면적을 측정하였다.

황새 번식지점의 사면 방향(aspect) 분석은 ArcView GIS 3.2를 이용하여 정북방향을 중심으로 시계방향으로 90도 간격씩 4단계로 구분하여 0~90도 구간은 북동사면, 90~180도 구간은 남동사면, 180~270도 구간은 남서사면, 270~360도 구간은 북서사면, -1은 평지로 총 5구간으로 구분하였다. 사면의 경사(slope)는 국토해양부의 토지이용 가능지역에 대한 경사구분을 기준으로 하되 4단계로 구분하여 0도에서 5도 미만, 5도 이상 15도 미만, 15도 이상 25도 미만, 25도 이상인 지역으로 구분하여 분석하였다. 그리고 조망권(visibility)은 황새 번식지점에서 평균 등지 높이인 10m의

offset을 설정하여 5km 반경 지역 내에서 조망 가능 지역을 백분율로 나타낸 것이다. 번식 지점의 5km 반경 지역 내의 평균 고도와 고도 범위로 산출하였다.

Augutis와 Sinkevicius(2005)은 먹황새(*Ciconia nigra*)가 번식한 지역과 번식하지 않은 지역간의 환경 변인간의 차이를 검증하기 위하여 ArcView GIS 3.2의 random point extension (Davis, 1996)을 이용하여 무작위지점(random point)을 100개 지역을 선택하여 번식지점과 비교하였다. 본 연구에서도 선행연구와 동일하

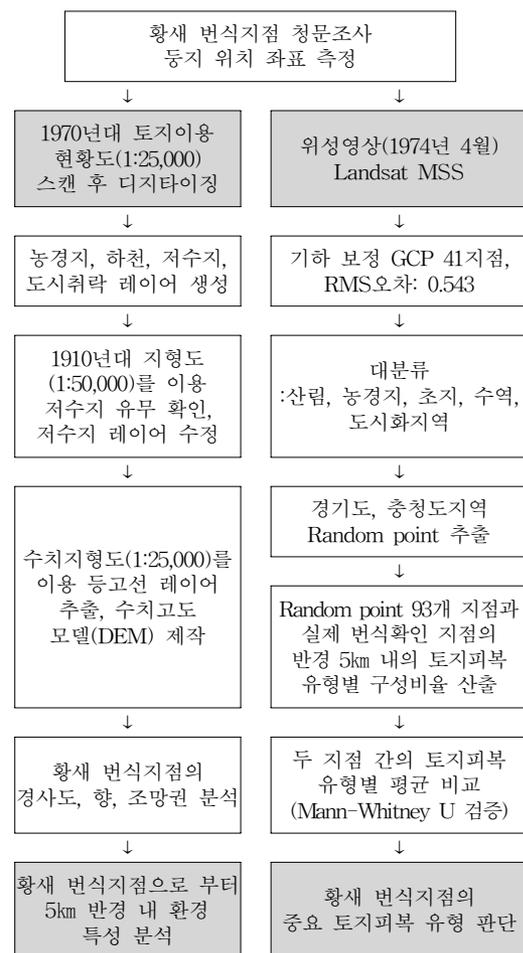


FIGURE 1. GIS를 이용한 황새 번식지역의 환경특성 분석 흐름도

개 경기도와 충청도의 산림과 수역을 제외한 범위에서 100개의 무작위지점을 선택하였다. 그 중 7개 지점의 5km 반경원이 영상자료의 범위를 벗어나 93개의 무작위지점을 선택하였다. 지점별로 5km 반경 지역 내의 산림, 농경지, 초지, 수역, 도시화지역의 면적을 산출하고, Mann-Whitney U 검증법을 이용하여 무작위지점과 번식지점 간의 토지피복 유형별 면적의 차이를 비교·검정하였다(그림 1).

결과 및 고찰

1. DEM을 이용한 환경특성 분석

영소목이 위치하는 번식지점의 해발고도는 40~116.38m이며, 평균 72.77 ± 20.86 m이었다. 다대리 지역이 40m로 가장 낮았고, 관성리 지역은 116.38m로 가장 높았다. 영소목으로부터 5km 반경 지역의 평균 해발고도는 다대리 지역이 60.3893 ± 24.1505 m로 가장 낮았으며, 노원리 지역이 166.0357 ± 105.3674 m로 가장 높았다. 다대리와 중산리의 영소목은 농경지 내에 위치하고 있었고, 나머지 8개 지역은 산지의 주변부 경사면에 위치하고 있었다. 번식 지점의 사면 경사도는 6개 지점이 0~5도 미만, 2개

지점이 5~15도 미만이었으며, 2개 지점이 25도 이상으로 나타났다. 사면 방향은 노원리 지역은 북동사면, 관성리, 삼호리, 켈곡리, 사곡리 4개 지역은 남동사면, 수정리, 신하리 2개 지역은 남서사면, 신접리는 북서사면이었다. 영소목에서 5km 반경 내 지역에 대한 조망권은 평균 $24.63 \pm 11.85\%$ 이고, 관성리와 켈곡리 지역이 다른 지역에 비해 크게 낮게 나타났다(표 3).

2. 토지이용현황도를 이용한 환경특성 분석

황새 번식지점으로부터 5km 반경 내에 포함된 농경지 면적은 켈곡리가 1056.29ha로 가장 낮았으며, 삼호리가 3002.21ha로 가장 높게 나타났다. 10개 지역의 평균 농경지 면적은 2254.88 ± 613 ha이었다. 저수지 면적은 신접리에는 저수지가 5km 반경 내에 포함되지 않았으며, 삼호리가 76.79ha로 가장 높았으며, 저수지 평균 면적은 25.58 ± 24 ha이었다.

황새 번식지점으로부터 농경지까지의 최단 거리는 0~297m, 평균 54.80 ± 84.48 m이었다. 중산리, 다대리 2개 지역은 영소목이 농경지 내에 위치하고 있었으며, 노원리와 신하리는 농경지와 산지의 경계부에 영소목이 위치하고 있었다. 모든 지역이 농경지와 인접하여 분포

TABLE 3. 황새 번식지점의 해발고도, 사면경사, 사면 방향, 조망권 특성

지역명	영소목 위치에서의 측정값			조망권(%)	5km 반경원 내의 평균 해발고도(m)
	해발고도(m)	사면 경사(도)	사면방향(도)		
관성리	116.38	30.6083	101.2802	8.3%	126.52±38.09
삼호리	77.86	0.8476	114.3850	32.2%	93.62±22.46
중산리	70	0	-1	37.5%	128.00±84.36
노원리	98.97	5.5470	83.7004	16.7%	166.04±105.37
켈곡리	75.22	26.2366	105.7997	8.4%	145.44±77.54
신접리	51.9	4.9569	336.20	20.8%	104.33±67.13
사곡리	60	4.5477	137.5385	12.8%	102.49±56.88
다대리	40	0	-1	35.8%	60.39±24.15
수정리	71.53	9.8493	228.0791	38.9%	67.13±13.05
신하리	65.84	4.8704	270.9988	34.9%	73.62±25.35

하였다. 저수지까지의 최단거리는 425~3,295m이며, 평균 1,721.2±906.05m이었다. 저수지까지의 거리는 지역별로 다양하며, 관성리를 제외한 모든 지역이 1km 이상 떨어져 있었다. 저수지 가장자리의 둘레길이는 평균 6834.5±6470m이었다(표 4).

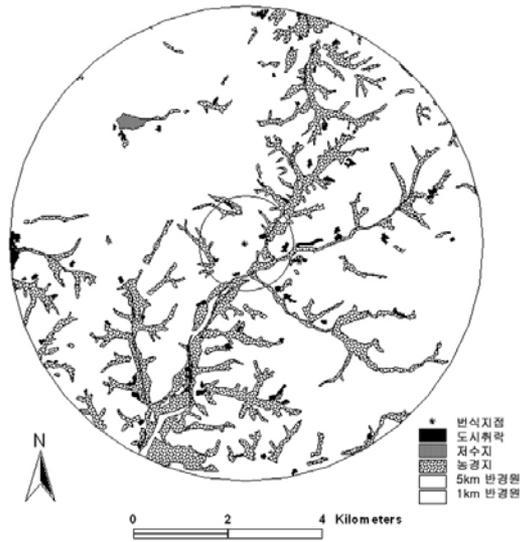


FIGURE 2. 농경지, 저수지, 도시취락 레이어 생성(예: 켈곡리)

황새는 번식 초기에 반경 1km 내에서 주로 섭식을 하기 때문에 1km 반경 내 지역은 핵심적인 지역이다. 1km 반경 내에 포함된 농경지의 면적은 47.10~241.78ha이며, 평균 122.07±68.01ha이었다. 관성리 지역에만 1km 반경 내에 저수지가 위치하고 있으며, 번식지점으로부터 425m 떨어진 위치에서 면적 12.18ha, 둘레 2,067m의 금성저수지가 위치하고 있었다.

인위적인 환경변인인 도시취락까지의 최단 거리는 0~486m이며, 평균 144.1±182.97m이었다. 삼호리와 수정리는 도시취락 내에 영소목이 위치하고 있으며, 중산리와 신접리는 도시취락과 농경지의 경계부에 영소목이 위치하고 있었다. 황새 번식지점은 도시취락과 인접하여 위치하고 있는 특징을 보였다. 번식지점과 가장 인접한 도시취락의 면적은 1.08~6.14ha이며, 평균 2.94±1.72ha이었다. 1km 반경 내에 포함된 도시취락의 총 면적은 2.60~10.81ha이며, 평균 7.73±3.17ha이었다.

과거 황새 번식지점으로부터 하천까지의 최단 거리는 켈곡리가 127m로 가장 가까웠으며 관성리가 2,412m로 가장 멀리 떨어져 있으며, 10개 지역의 평균 거리는 869.8±708.01m이다. 하폭 100~300m미만인 하천까지의 최단거리

TABLE 4. 황새 번식지점의 5km 반경 내의 농경지와 저수지 특성

지역명	저수지까지의 최단 거리(m)	농경지까지의 최단 거리(m)	농경지 면적(ha)	저수지 면적(ha) (저수지 갯수)	저수지 둘레길이(m)
관성리	425	41	2256.85	57.83(39개)	17,448
삼호리	1,344	66	3002.21	76.79(38개)	18,249
중산리	1399	0	2252.66	43.86(26개)	12,245
노원리	997	0	1847.77	29.96(17개)	7,698
켈곡리	2,850	297	1056.29	15.46(2개)	2,245
신접리	-	39	2737.33	0	0
사곡리	3,295	60	1359.03	3.72(1개)	1,021
다대리	1,461	0	2576.80	13.02(8개)	4,473
수정리	1,125	45	2804.45	5.12(4개)	1,872
신하리	2,595	0	2655.38	10.01(6개)	3,094
평균±표준편차	1721.2±906.05	54.8±84.48	2254.88±613	25.58±24	6834.5±6470

는 258~2,864m이며, 평균 1,020±810.60m이었다. 하폭 30~100m미만인 하천까지의 최단거리는 127~2,412m이며, 평균 1,098±714.21m이었다.

황새 번식지점으로부터 5km 반경 내에 포함된 하천 유형별 길이를 분석한 결과, 하폭 300m 이상인 하천의 길이는 0~5,955m이며,

평균 1,710.6±2616.109m이었다. 신접리, 사곡리, 다대리 지역에만 5km 반경 내에 하폭 300m 이상인 하천이 포함되어 있었다. 하폭 100~300m 미만인 하천의 길이는 3,457~19,133m이며, 8,799.8±4626.302m이었다. 하폭 30~100m미만인 하천의 길이는 9,123~34,636m이며, 17,130±7751.425m이었다(그림 3).

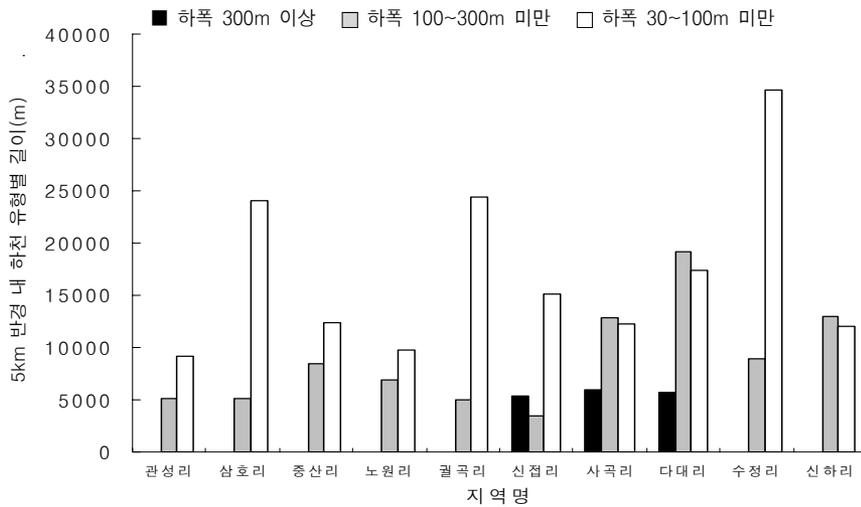


FIGURE 3. 5km 반경 내 포함된 하천 유형별 길이 비교

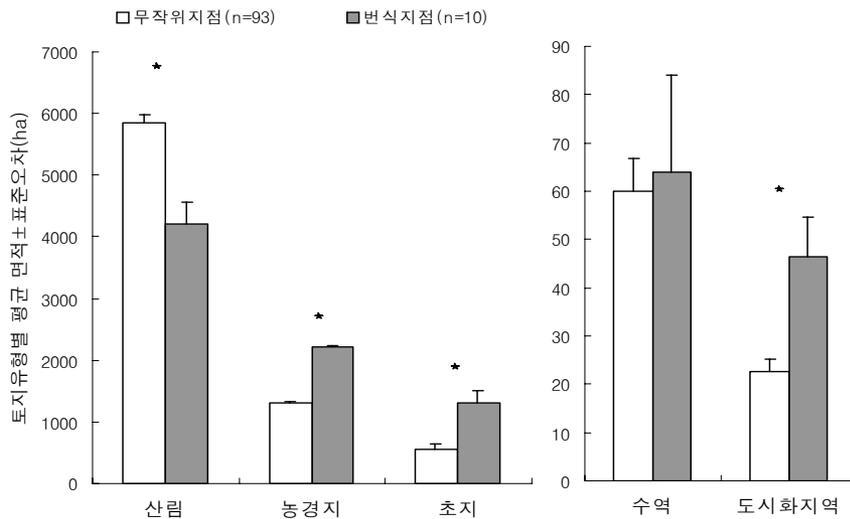


FIGURE 4. 무작위지점과 번식지점의 토지유형별 면적 비교 (* P<0.01)

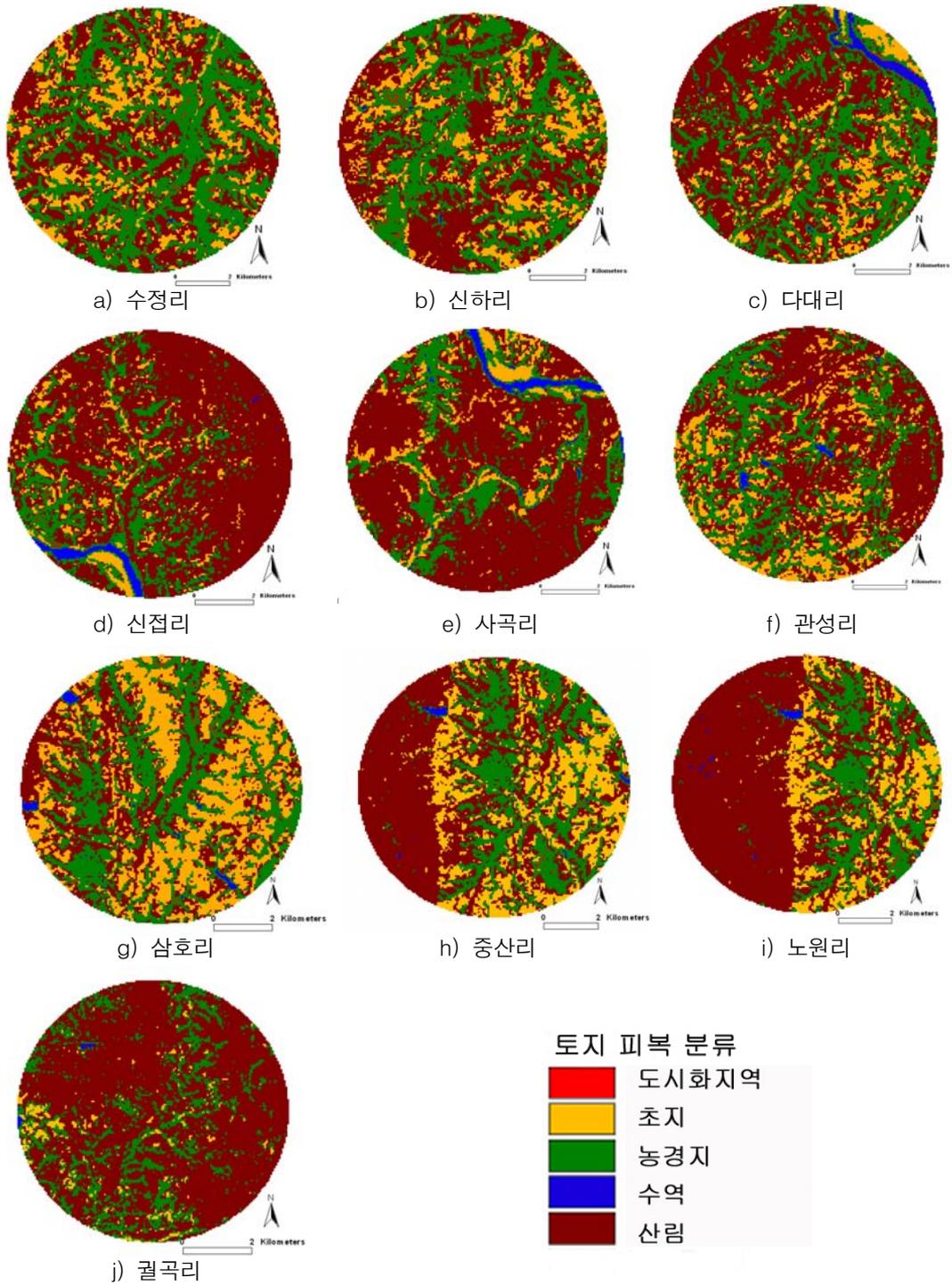


FIGURE 5. 10개 번식지점의 토지피복분류(번식지점으로부터 5km이내)

3. 위성영상을 이용한 황새 번식지점의 중요 토지유형 분석

60m 공간해상력의 Landsat MSS 영상자료를 분석하여 10개의 번식지점의 토지유형별 면적을 산출하고, 무작위지점(random point) 93개와 10개의 황새번식 확인지점의 5km 반경 내에 포함된 토지유형별 면적을 비교한 결과, 10개 지점 모두 산림의 구성비율이 가장 높았으며, 다음으로 농경지, 초지가 높은 비율을 차지하였다. 산림은 53.7%를 차지하였고, 농경지는 28.3%, 초지는 16.7%, 수역은 0.8%, 도시화지역은 0.6%를 차지하였다. 무작위지점 93개와 황새번식 확인지점 10개의 토지 유형별 면적을 비교한 결과, 산림($U=147, P=0.000$) 농경지($U=177, P=0.001$), 초지($U=156, P=0.001$), 도시화지역($U=205, P=0.004$)에서 99% 유의수준에서 유의미한 차이를 나타내었다. 황새번식 확인지점이 무작위지점보다 농경지, 초지, 도시화지역의 면적이 넓고, 산림의 면적은 적게 나타났다(그림 4).

4. 평가 및 토의

본 연구는 황새 번식지점의 환경적 특성을 분석하여 향후 황새 복원 예정지역을 선정하기 위한 서식지 적합 모델을 개발하는데 기초 자료로 활용하기 위한 목적으로 수행되었다. 30년 전에 소실된 과거 황새 번식지를 확인하여 황새 번식지의 환경 특성을 분석하여 서식지 적합 모델을 개발하는데 유용한 정보를 제공하게 되었다.

황새 번식지점은 도시취락과 인접하고, 농경지와 인접하게 위치하고 있었다. 이 결과는 Austin(1948)의 관찰기록과 유사하였다. 반면 러시아 Primorye 지역의 황새(*Ciconia boyciana*)는 도시취락으로부터 4.5~5.5km 떨어진 지역에서 번식을 하였다고 한다(Vinter, 1978). 이는 국내에서는 도시취락이 농경지를 중심으로 발달되었기 때문에 황새 번식지점이 도시취락과 인접하여 분포한 것으로 사료된다. 그리고

과거 도시취락이 황새 번식에 교란요인은 아니었다고 사료된다.

Creutz(1988)는 유럽황새(*Ciconia ciconia*)가 육추 기간 초기에는 시야에서 둥지가 벗어나지 않는 곳에서 주로 섭식을 한다고 한다. 따라서 번식지점으로부터 1km 반경 내의 섭식지의 환경 특성이 황새의 번식지 선택에 중요한 요인이라고 사료된다. 10곳의 번식지점에서 1km 반경 내에 포함된 농경지의 면적은 평균 122.07 ± 68.01 ha이며, 저수지는 관성리 지역만 포함되었으며, 관성리를 제외한 모든 지역에서 하폭 30m 이상의 하천이 1km 반경 내에 위치하고 있었다. 하천과 저수지는 농경지보다 수자원이 풍부하여 지속적으로 섭식활동을 할 수 있기 때문에 황새 번식지의 1km 반경 내에 넓은 농경지를 포함하여 하천이나 저수지의 분포가 번식지 선택에 중요하다고 사료된다. 이는 관성리에서 수행된 황새의 번식생태 연구결과와도 유사한 결과인데, 황새의 주요 섭식지는 저수지 가장자리와 논이었으며, 섭식지 형태별 이용비율은 농경지 42%, 저수지 42%, 밭과 논두렁 11%이었다고 한다(곽준영, 1981). 황새가 둥지를 튼 영소목의 해발고도는 40~116.38m이었다. 황새목 따오기과 따오기(*Nipponia nippon*)는 번식 시기에 800~1,200m를 선호하는 반면(Xinhai 등, 2002), 황새는 5km 반경 내 최대 해발고도가 600m 이하인 저지대에서 주로 번식하였다.

93개의 무작위지점과 10개의 황새 번식지점의 토지유형별 면적을 비교한 결과, 산림, 농경지, 초지, 도시화지역이 유의미한 차이를 보였다. 황새 번식지역은 농경지와 초지의 면적이 넓고, 산림의 면적은 적게 나타났다. Indykiewicz(1998)는 폴란드의 Bydgoszcz 지역에서 서식하는 유럽황새 번식쌍의 수와 주요 섭식지인 농경지와 초지의 비율이 유의미한 상관관계가 있다고 한다. 그리고 Ozgo와 Bogucki(1999)는 유럽황새가 이용하는 주요 섭식지는 초지와 늪지라고 하였다. 유럽황새는 최적의 섭식지역

과 인접한 지역을 선택하여 번식하는데, 하천 유역의 초지, 농경지, 늪지가 다양하게 조성되어 있는 지역이 최적의 섭식환경을 제공하기 때문에 이러한 지역을 번식지로 선호한다고 말하고 있다(Jacek, 2003). 선행 연구와 유사하게 국내에 번식했던 황새는 농경지와 초지의 면적이 넓은 지역을 번식지로 선택하였던 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 1970년대의 토지이용현황도, Landsat MSS 영상자료, 2000년에 제작된 수치지형도를 이용하여 경기도와 충청도에서 확인된 과거 황새 번식지역 10곳의 5km 반경 내의 환경적 특성을 분석한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 과거 황새 번식지점은 도시취락, 농경지와 인접하여 위치하였고, 10개 지역 중 7개 지역에서 하폭 30m 이상의 하천이 반경 1km 내에 위치하고 있었다. 과거 도시취락이 황새 번식에 교란요인이 되지 않았으며, 주요 섭식지인 농경지와 하천까지의 거리가 번식지 선택에 중요한 요인이었다는 것을 알 수 있다.

둘째, 무작위지점과 번식지점의 5km 반경 내의 토지유형별 면적을 비교한 결과, 농경지, 초지, 산림, 도시화지역의 면적이 유의미한 차이를 나타내었다. 농경지와 초지는 섭식지이기 때문에 농경지와 초지의 면적이 황새가 번식지를 선택하는데 중요한 요인이었다고 판단된다.

셋째, 향후 본 연구에서 제공된 황새 번식지역의 환경적 특성에 대한 기초적인 자료를 활용하여 황새복원 대상지역을 선정하기 위한 서식지 적합 모델 개발이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

과거 황새가 번식할 당시의 상황에 대한 중요한 증언을 해주신 번식지역 마을 주민들께

깊은 감사의 마음을 전한다. 그리고 디지털작업에 도움을 준 박근영, 이용성, 조은호, 김병욱 학우에게 감사드린다. 프로그램 사용법을 지도해 준 박평운 연구원에게 감사드린다. **KAGIS**

참고 문헌

- 강준목, 박준규, 엄대용, 이용호. 2007. 다시기 Landsat영상을 이용한 유역의 수계 변화 탐지. 한국지리정보학회지 10(3):31-39.
- 곽준영. 1981. 황새의 번식생태. 경희대학교 대학원 석사학위논문. 27쪽.
- 김윤수, 이광재, 류지원, 김정환. 2003. 도시확장 분석을 위한 위성영상 토지이용 분류기준 설정에 관한 연구. 한국지리정보학회지 6(3):83-94.
- 김주현. 2006. 서산 A·B지구 간척지에 도래하는 황새(*Ciconia boyciana*)의 월동 생태에 관한 연구. 공주대학교 대학원 석사학위논문. 51쪽.
- 김 혁. 2004. 백로류 번식지 및 서식지 모형개발. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문. 70쪽.
- 박시룡. 2004. 과부 황새 그 후. 민음사. 236쪽.
- 윤근원, 박정호, 채기주, 박종현. 2003. 한반도지역 LANDSAT 위성영상의 기하보정 데이터 구축. 한국지리정보학회지 6(1):98-106.
- 王 捷과 李曉民. 2006. 黑龍江省洪河自然保護區東方白鸛 巢址位置. Journal of northeast forestry university 34(1):65-66.
- Augutis D. and S. Sinkevicius. 2005. Application of geographic information system(GIS) technologies in identification of potential nesting habitats of Black Stork(*Ciconia nigra*). Acta Zoologica Lituonica 15(1):3-12.
- Austin, O.L. 1948. The birds of Korea. Bulletin of the museum of comparative zoology 101:44-46.
- Baillie, S.R. 1991. Monitoring Terrestrial Breeding Bird Populations. In Monitoring for Conservation and Ecology. B. Goldsmith(Ed). Chapman & Hall, London. pp.112-132.
- Bibby, C.J., N.J. Collar, M.J. Crosby, M.F. Heath, C. Imboden, T.H. Johnson, A.J. Long,

- A.J. Stattersfield and S.J. Thirgood. 1992. Putting Biodiversity on the Map. International Council for Bird Preservation, Cambridge. 90pp.
- Bibby, C.J., M. Jones and S. Marsden. 1998. Expedition Field Techniques. Bird Surveys. Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society, London. 134pp.
- Birdlife International. 2000. Threatened Birds of the World(Barcelona and Cambridge: Lynx Edicions and BirdLife International). 52pp.
- Birdlife International. 2003. *Ciconia boyciana* (Oriental White Stork). <http://www.rdb.or.id/>.
- Carrascal, L.M., L.M. Bautista and E. Lazaro. 1993. Geographical variation in the density of the White Stork(*Ciconia ciconia*) in Spain: Influence of habitat structure and climate. *Biological Conservation* 65:83-87.
- Creutz, G. 1988. Der Weißstorch. Die Neue Brehm-Bücherei. 375. Wittenberg Lutherstadt: A. Ziemsen Verlag 1-236.
- Davis, B. 1996. GIS : A Visual Approach. New York: Onword Press. 448pp.
- Furness, R.W. and J.J.D. Greenwood. 1993. Birds as Monitors of Environmental Change (Eds). Chapman & Hall, London. 368pp.
- Indykiewicz, P. 1998. [Factors determining distribution of breeding pairs of the White Stork *Ciconia ciconia* in the Bydgoszcz province in 1994-1995]. In: Indykiewicz P.(ed). [The White Stork *Ciconia ciconia* in the Bydgoszcz Province in the 1994-1995]. Bydgoszcz, pp.51-62.
- IUCN. 2000. IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.redlist.org>.
- Jacek, J.N. 2003. Habitat structure and breeding parameters of the White Stork *Ciconia ciconia* in the Kolno Upland(NE Poland). *Acta Ornithologica* 38(1):39-46.
- Hodgson, M.E., J.R. Jensen, H.E. Mackey and M.C. Coulter. 1988. Monitoring Wood Stork foraging habitat using remote sensing and geographic information systems. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54(11): 1601-1607.
- Latus, C. and K. Kujawa. 1999. The impact of landscape structure on occurrence of White Stork's nests. *Екологія* 8(2):150-154.
- Martin moritzi, Lionel Maumary, David schmid, Isabelle steiner, Laurent vallonon, Reto spaar and olivier biber. 2001. Time budget, habitat use and breeding success of White Storks *Ciconia ciconia* under variable foraging conditions during the breeding season in Switzerland. *Ardea* 89(3):457-470.
- Morrison, M.L. 1986. Birds populations as indicators of environmental change. *Current Ornithology* 3:429-451.
- Neil, F.P. 1992. Techniques for Wildlife Habitat Management of Wetlands(Biological Resource Management Series). McGraw-Hill. 549pp.
- Ozgo, M. and Z. Bogucki. 1999. Home range and intersexual differences in the foraging habitat use of a White Stork(*Ciconia ciconia*) breeding pair. In: Schulz H.(ed). Weißstorch im Aufwind? - White Storks on the up? Proc. Int. Symp. White Stork, Hamburg 1996, NABU, Naturschutzbund Deutschland e. V.), Bonn. pp.481-492.
- Prins, E. 2003. Decision support for area estimation and area location of Natura 2000 habitats - based upon GIS analysis of multitemporal Landsat data and digital land cover/use layers. *NepCon*. 59pp.
- Steele, B.B., R.L. Bayn and C.V. Grant. 1984. Environmental monitoring using populations of birds and small mammals: analyses of sampling effort. *Biological Conservation* 30:157-172.
- Vinter, S.V. 1978. The breeding biology of the Oriental White Stork, *Ciconia boyciana* Swinhoe, in the middle Amur region. *Trudy Zoological Institute* 76:9-23.
- Xinhai Li, Li Dianmo, Li Yiming, Ma Zhijun and Zhai Tianqing. 2002. Habitat evaluation for Crested Ibis: A GIS-based approach. *Ecological Research* 17:565-573. **KAGIS**