GIS와 다기준분석법(MCA)을 활용한 연안지역 평가방법 연구

최희정* · 윤진숙* · 황철수**

Application of Multi-Criteria Analysis and GIS to the Coastal Assessment

Hee-jung Choi* · Jin-sook Yoon* · Chul-sue Hwang**

*한국해양수산개발원, **경희대학교

요 약 : 연안관리 정책을 결정하기 위해서는 다양한 정보의 수집과 이를 체계적으로 관리하고 분석할 수 있는 기법이 필요하다. 특히, 다양한 이해집단과 목적들이 상충하는 지역의 특성을 파악하기 위해서는 환경, 사회, 경제적인 기준 및 의사결정자의 가치체계가 반영될 수 있어야 하며, 선호도가 반영된 요소를 효율적으로 분석할 수 있어야 한다. 이에, 본 연구에서는 공간자료의 처리 및 분석이 용이한 GIS 환경에 다기준 분석법, 그 중에서도 AHP 모형을 결합하는 방법을 다루어 보았다. 분석과정을 살펴보면, 본 연구에서는 지역에 영향을 미치는 사회·경제적인 지표, 환경 지표를 정하였고, 이런 지표들의 데이터를 GIS라는 도구를 통하여 분석이 용이하도록 변환시켰다. 한편, 이 지역에 영향을 미치는 각 기준들의 중요성을 파악하여 의사결정자의 의견을 반영할 수 있도록 다기준 분석법의 하나인 AHP를 이용하여 가중치를 산정하였다. 다음으로, 다양한 출처의 자료를 표준화하여 GIS의 래스터 자료로 구축한 후, 가중치를 적용한 개별 레이어를 지도대수와 중첩분석을 이용하여 최종 결과 레이어를 생성하였다. 생성된 최종 결과 레이어 상의 공간의 대안인 각 셀 값을 비교·분석하였다. 이로 인한 결과는 연안의 유한한 자원과 공간의 다양한 이용상태를 관리하기 위한 해안과 육상의 정보를 제공할 수 있다. GIS와 다기준 분석을 통합함으로써 다양한 출처의 공간정보를 분석하고 연안의 현 상태를 밝힐 수 있다. 또한, 이것은 분석 결과가 단순하고 명확하게 설명되어 정책결정자에게 유용한 정보를 제공할 뿐만 아니라, 이 정보를 이용하여 실질적인 연안관리계획을 수립하는데 도움이 된다.

1. 서론

연안지역은 바다와 육지가 만나는 완충지대로서 기초 생산력이 풍부하고 생물자원의 산란장 및 서식지일 뿐만 아니라 관광 및 사회·경제적인 활동이 이루어지는 지역이다. 연안형태 중의 하나인 갯벌은 생태

및 생물학적으로 매우 중요한 요소이며, 인간에게 수산물 공급과 휴양지 제공 등 많은 도움을 주고 있다.

그러나, 그 동안 우리나라는 갯벌을 간척 혹은 매립하는 방식으로 무분별하게 개발하여 왔다. 최근 들어 갯벌 자원에 대한 인식이 변화하고, 환경보호의 중요성이 사회적으로 대두되면서 각 주체들은 갯벌을 이용하기 위해 다양한 방안들을 마련하고 있다. 갯벌에 대한 계획적 관리의 필요성이 제기됨에 따라 1999년에 '습지보전법'이 제정되었다. '습지보전법'에 의거하여 1999년부터 습지에 대한 전면적인 조사가 시작되었는데, 아직까지 정부는 '습지를 잘 보전하고 관리하여야 한다'는 원론적인 수준의 관리목표만 설정했을 뿐, 구체적인 관리방향 및 방안을 제시하지 못하고 있는 실정이다. 아울러, 갯벌 관리에 대한 연구는 주로 갯벌에 서식하는 생물에 대한 조사이거나 생물자원 보호의 중요성을 제시하는 수준을 넘지 못하고 있다. 이에 지속적으로 갯벌을 이용하고 보전하기 위해서는 보다 과학적이고 체계적인 갯벌의 실태 파악과 갯벌관리전략이 수립되어야 한다.

갯벌자원의 합리적인 이용을 위한 갯벌관리는 환경보호와 개발정책의 통합이 요구되기 때문에 통합적인 갯벌관리정책을 수립할 수 있는 기술이 필요하다. 이에 필요한 자료관리와 분석을 위한 기술로써 GIS(Geographic Information System)를 응용할 수 있다. GIS를 통해 갯벌과 관련된 공간정보의 분석과 조작이 가능하다. 그러나, 기준과 목적이 다양하고 복잡해질 경우 분석기능에 한계가 있을 수 있는데, 이러한 문제는 다기준 분석기술을 응용함으로써 개선될 수 있을 것이다.

2. GIS와 다기준 분석법

GIS는 이미 환경문제뿐만 아니라 공간정보에 대한 조작과 분석을 위한 강력한 도구로서 인정받고 있다. 한편, 다기준 분석법(Multi-Criteria Analysis)은 모순되는 객체로부터 가능성 있는 많은 조건들을 분석하기 위한 도구로서 애용되며, 여러 가지 형태로 표현된 정보를 효과적으로 분석함으로써 정책분석, 실질적인 계획 및 환경관리에 중요한 기능을 수행하고 있다. 따라서, GIS와 다기준 분석기술을 통합하여 사회·경제 및 환경적인 조건에 기초한 등급과 다차원 평가를 위한 도구로 활용함으로써 정책수립을 위한 과학적이고 체계적인 정보를 제공할 수 있을 것이다.

정책을 결정하기 위해서는 다양한 경로를 통해 수집된 정보와 이를 관리하고 분석할 수 있는 기법이 필요하다. 특히, 다양한 이해집단과 목적들이 상충하는 지역의 특성을 파악하기 위해서는 환경, 사회, 경제적인 기준 및 의사결정자의 가치체계가 반영될 수 있어야 하며, 선호도가 반영된 요소를 효율적으로 분석할 수 있어야 한다.

갯벌관리정책을 수립하는데 필요한 자료관리와 분석을 위한 기술로써 GIS를 이용하면 갯벌과 관련된 공간정보의 분석과 조작이 가능하다. 그러나, GIS 환경에서는 의사결정자와 계획간의 갈등을 해결하지 못하는 단점을 지니고 있기 때문에 계획과 공간활동간에 조화를 이끌 수 있는 분석을 필요로 한다. 즉, GIS는 계획문제들을 공간상에 표현하고 각 대안들을 나열해 주는 이점이 있으나, 의사결정에 영향을 미치는 변수들간의 관계를 분석하지는 못한다.

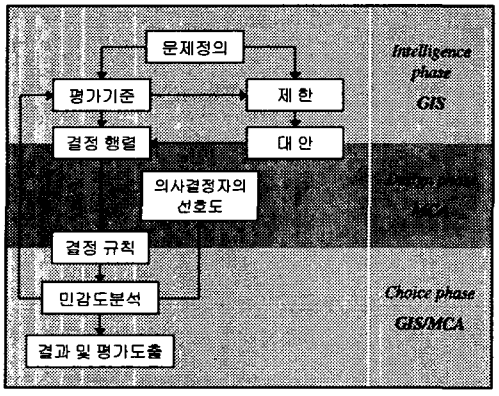
이러한 문제는 다기준 분석법을 응용함으로써 개선될 수 있다. 기존의 지역을 평가하는 분석 방법들은 여러 속성에 관련된 계량지표와 비계량지표의 통합의 문제, 분석을 위한 상이한 척도를 갖는 평가항목들을 통합하는 문제, 여러 기준에 해당하는 값들을 통합하는 과정에서의 이론적 타당성 확보문제 등 많은 어려움이 있다. 그러나, 다기준 분석기술은 다양한 이해집단과 목적들이 상충하는 지역의 환경, 사회, 경제적인 기준 및 의사결정자의 가치체계, 선호도가 반영된 요소를 효율적으로 분석할 수 있다.

따라서, 다기준 분석법과 GIS 기법을 통합함으로써 다양한 공간상의 요인들을 효

율적으로 처리할 수 있을 것이다. 즉, 지역의 특성을 분석하는데 효과적인 다기준 분석법과 공간의 정보처리와 분석에 효과적인 GIS의 통합은 의사결정기법에 필수적인 도구로 활용될 가능성이 크다고 할 수 있다.

MCA와 GIS의 통합은 결과적으로 전통적인 MCA와는 다르게 기준 평가와 대안의 지리적인 위치데이터 모두를 요구한다. 위치데이터는 의사결정을 위한 정보를 얻기 위해서 GIS와 MCA 기술을 이용하여 처리되고, 그런 의미에서 GIS에 기반한 다기준 분석(GIS-based Multi-criteria Decision Analysis)과 공간 다기준 분석(Spatial Multi-criteria Analysis)은 상호 교환적으로 쓰이는 용어이다. 공간 다기준 분석의 구성체제는 GIS 자료의 획득, 저장, 관리, 분석할 수 있는 특성과, 대안 결정 시 의사결정자의 선호도를 지리적인 자료와 결합하기 위한 MCA 기술을 통합한 것이다.

다음의 그림은 의사결정을 도출하기 위한 MCA와 GIS를 통합하는 의사결정의 단계 모델과 주요한 MCA 요소의 통합을 보여준다. 여기서, 의사결정과정은 결정할 문제를 인식하는 것에서부터 결과를 도출하는 마지막 단계에 이르기까지의 일련의 과정이다.



[그림 1] GIS에 기반한 MCA의 통합 구조 (자료: Malczewski, 1999, *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, p.96)

본 논문에서는 공간자료의 처리 및 분석이 용이한 GIS 환경에 다기준 분석법(MCA: Multi-Criteria Analysis), 그 중에서도 AHP(Analytic Hierarchy Process)모형을 결합하는 방법을 다루어 보았다.

3. 평가기준 정의 및 자료구축

다기준 분석법 중에서 다기준 요소를 계층으로 분류하여 가중치를 산정하는 AHP 모형을 선택하여 분석하였는데, 분석 이전에 다기준 분석에서 요구되는 속성값을 GIS 공간분석기능을 이용하여 GIS 환경에서 활용할 수 있도록 자료를 구축하였다.

AHP 모형을 이용해 가중치를 산정하고, 평가 기준별 가중치를 반영한 최종의 분석된 결과가 갯벌 주변지역의 이용현황 특성을 설명하는 자료로 유용함을 제시하였다. 평가를 위한 기준은 PSR 지표들 중에서 선택하였다. 각 기준에 해당하는 자료는 GIS의 레이어를 구축하였다. 구축된 자료의 형태는 변환이 용이하고, 공간분석 및 지도대수를 이용하기 위한 래스터 구조이다. 구축되어진 상이한 측정단위의 레이어는 동일한 척도로 변환되어야 서로 다른 자료가 통합될 수 있다. 이를 위해 레이어에 해당하는 속성 값들은 선형변환(linear Scale Transformation)을 활용한 표준화 방법을 사용하였다. 즉,

비용요소의 자료표준화 :

$$ei = \frac{\max S - Si}{\max S - \min S}$$

이윤요소의 자료표준화 :

$$ei = \frac{Si - \min S}{\max S - \min S}$$

여기에서 ei는 각 요소의 표준화된 점수(Standardized Score), Si는 각 요소의 원래 점수(Raw Score)를 나타낸다(Carver, 1991).

4. GIS와 AHP를 이용한 분석 및 결과

AHP는 성분요소분해, 비교판단, 우선순위 분석 등의 원칙에 기초한다. 이런 원칙에 따라 함평만 지역의 연안지역의 상태를 평가하기 위해서 3가지 단계를 거쳐 분석될 것이

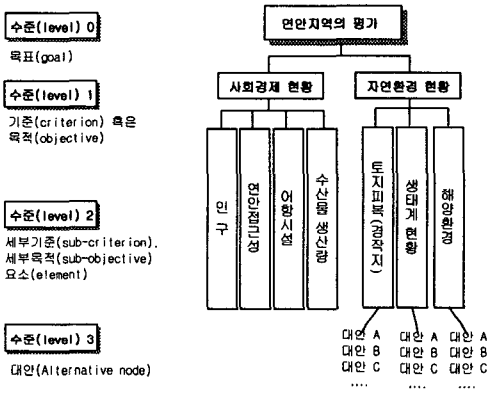
[표 2] 갯벌주변지역의 이용현황 평가를 위한 기준

구 분	평가기준 (Criteria)	자료형태	기회요소	비 고
사회·경제적 지표	인구	polygon	이윤요소	연안습지에 영향을 미치는 압력요인
	접근성	line	비용요소	거리가 가까울수록 개발 가능
	어항시설	point	비용요소	거리가 가까울수록 개발 가능
	수산물생산	point	이윤요소	생산이 많을수록 이용행위 많음
환경적 지표	토지이용현황 (경작지)	위성영상	이윤요소	농경지가 많을수록 개발
	생태계 현황 (생물종)	point	비용요소	중형저서생물 값이 높을수록 보전가치 ↑
	해양오염정도	point	이윤요소	값이 낮을수록 보전가치 ↑ 퇴적물 COD, 수질 COD

다.

첫 번째 단계로, 의사 결정 문제와 관련있는 의사 결정 요소들간의 관계를 분석하여 계층 구조를 형성하여야 한다. 갯벌에 영향을 미치는 지표들 간의 AHP 계층 구성은 갯벌주변지역의 이용현황 평가라는 최종목표와 최종목표에 영향을 미치는 관련속성들을 세분화하여 이루어진다. 최상위 수준은 문제의 궁극적인 목표를 나타낸다. 제 1수준은 최종 목표에 영향을 미치는 평가기준을 나타내는데, 사회·경제 현황, 자연환경 현황의 2개로 나뉘어진다. 그리고, 제 2수준은 제 1수준에 영향을 미치는 세부평가기준을 나타낸다. 이 제 2수준은 사회·경제 현황에 관련된 요소로 인구, 연안접근성, 관광자원, 수산물 생산량을, 자연환경 현황에 관련된 요소로 토지피복(경작지), 생태계 현황, 해양환경으로 구분하고 있다. 마지막으로 최하위 수준에는 대안들이 있게 된다. 이러한 과정을 통해서 문제의 속성을 계층적으로 분화해 간다. 이처럼, 갯벌주변지역의 이용현황을 평가하기 위한 구조는 2단계로 이루어졌다.

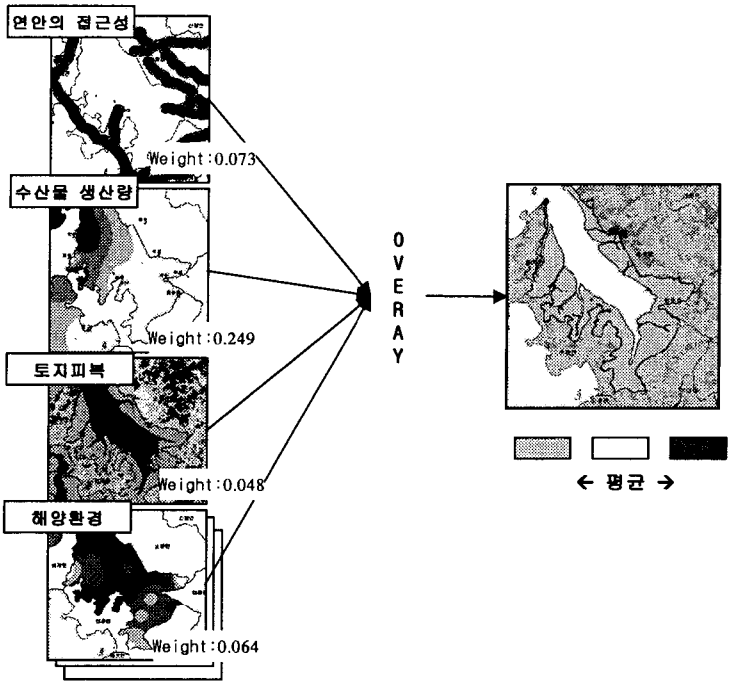
제 2수준의 요소들은 GIS데이터베이스로 표현되어질 수 있다. GIS에서의 각각의 레이어는 대안(폴리곤 혹은 셀) 지역에 할당된 속성들에 대한 값을 포함한다. 이 GIS의 속성에 대한 개념을 통해 AHP를 GIS와 연결할 수가 있다. 이에 제 2수준에 해당하는 각각의 기준들을 레이어로 구축하여야 한다.



[그림 2] 연안에 영향을 미치는 지표들의 계층 구조

계층구조의 형성은 AHP의 응용에서 가장 중요한 단계라 할 수 있다. 계층 구조는 요소들간의 선호 정보, 대안에 대한 선호도 평가의 기본 틀이 되기 때문이다. 이러한 계층 구조를 형성하기 위해서 요소들과 하위의 세밀한 요소들을 도출하고 요소들간의 종속 관계를 규명해야 한다. 다음으로 전문가 조사 설문을 통하여 각 가중치를 산정하였다.

두 번째 단계에서는, 각 계층내의 의사 결정 요소들의 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 통하여 계층별로 쌍대 비교 행렬을 구한다. 이 단계는 특정 계층 내에 있는 요소들의



[그림 3] 중요 레이어 간 중첩분석 결과

중요도에 대한 의사결정자의 선호도를 평가하는 단계이다. 가중치 산정을 위하여 전문가 집단을 상대로 평가항목간 상대적 중요도 또는 선호도를 나타내는 쌍대 비교 형태의 설문을 실시하였다. 설문결과는 다음과 같다.

[표 3] 평가기준 가중치 산정 결과

구 분	가중치
인 구	0.342
연안접근성	0.073
관광자원	0.102
수산물생산량	0.249
토지피복	0.048
생태계현황	0.122
해양환경	0.064

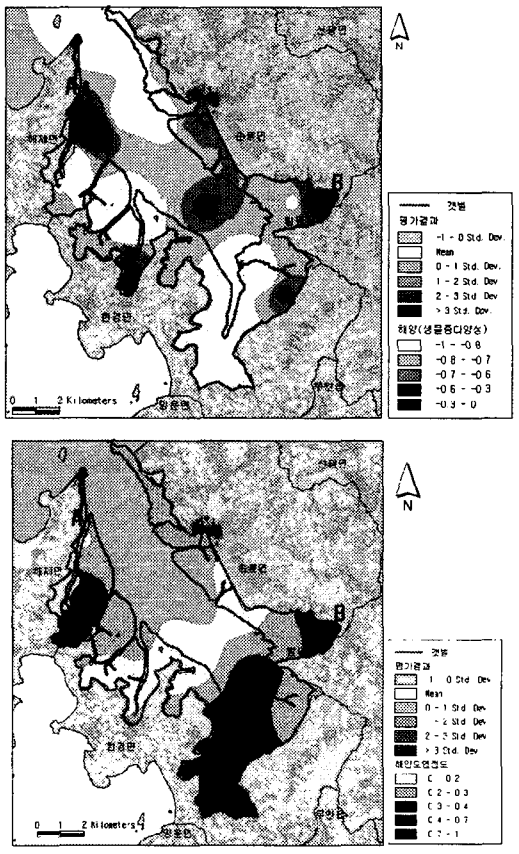
일관성지수 = 0.09

마지막 단계는 각 계층별로 얻어진 요소들의 중요도를 결합하여 대안들 사이의 총 중요도를 계산한다. GIS의 레이어로 구축된 각 속성들은 표준화 과정을 거친 후, 제2단계에서 산출된 가중치를 곱하여 새로운 속성값을 가지게 된다. 이런 과정을 거쳐 구축된 자료를 이용하여 중첩분석을 하기 위해 30m 해상도의 그리드로 변환하여 중첩분석을 시행하였다(그림 3).

연안지역의 상태를 파악하기 위해서는 바다와 육지상태를 동시에 볼 수 있어야 할 것이다. 새로 생성된 해양과 육지의 레이어의 셀값은 클수록 개발이, 값이 작을수록 보전의 성향이 강함을 알 수 있다. 최종 결과의 표현은 평균값을 기준으로 자료를 분류하여 나타내었다.

위의 결과에서 볼 수 있듯이 주로 도로, 어항시설, 경작지 주변에서 개발의 성향이 높게 나타나고 있다. 이런 지역은 개발의 가능성이 높은 지역이거나 현재 개발되는 지역으로 보여진다. 또한, 사회경제적 지표와 환경적 지표로 본 개발의 특성이 나타나는 지역은 현재 간척 매립계획 혹은 관광계획의 수립이 예정되어 있는 지역과 일치하는 것을 볼 수 있다. 현재 이 지역의 이용현황을 보면, 주로 간척 매립계획과 해수욕장 및 관광을 위한 소규모의 개발계획들이 존재하고 있는 지역이다. 이를 자세히

살펴보면, 제2차 공유수면 매립계획에 반영된 지구는 함평군의 3곳으로, 손불면 학산지구와 석창지구, 함평읍의 석성지구이다. 또한, 함평만 주변의 개발계획은 함평군 손불면 월천리 안악해수욕장, 함평군 함평읍 석성리 돌머리해수욕장, 함평군 손불면 궁산리 신흥마을 개발 계획이 있었고, 무안군 해제면 송석리 도리포지구 개발 사업으로 해수욕장 및 관광을 위한 개발계획들이 예정된 지역들로, 도리포 지구와 학산지구의 경우 이 방법을 이용하여 나타난 결과와 유사한 지역임을 알 수 있다.



[그림 4] GIS와 다기준 분석을 이용한 연구지역의 최종 결과

해양의 생물종다양성과 해양오염정도를 나타내는 결과를 육지의 결과와 비교해보면, A(해제면 만풍리)지역은 수질오염의 정도가 약하고 생물종이 풍부하여 현 상태를 보호하기 위한 관리가 이루어져야 할 것이다. 이에 반해, B(손불면 석창리, 함평읍 석성리)지역은 해양은 오염되었을지라도 생물종들이 많이 분포함을 알 수 있다. 이 지역은 개발의 영향을 많이 받고 있는 지역이기 때문에 신중한 관리가 이루어져야 한다.

5. 결론

연안지역은 무분별하고 무계획적으로 개발이 진행됨에 따라, 연안지역이 가지고 있는 경제·사회·환경·문화적 가치가 심각하게 훼손되어져 왔다. 연안지역에 대한 중요성이 점차 사회적으로 확산되어 가고 있으나, 개발과 보존에 대한 논란만 있을 뿐 체계적이고 과학적인 관리계획은 미진한 것이 현실이다. 따라서, 연안지역을 관리하기 위해서는 전체적인 실태파악과 관리정책 수립이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 의사결정지원 방법의 하나로 GIS와 다기준 분석을 통합하는 방법을 제시하였다. GIS는 공간정보의 분석과 조작이 가능하나 기준과 목적이 다양하고 복잡해질 경우 분석기능에 한계가 있을 수 있는데, 이 문제는 다기준 분석법을 통합함으로써 개선될 수 있다. 다기준 분석법은 가능성이 있는 모든 조건들을 효과적으로 분석할 수 있다.

GIS와 다기준 분석을 통합함으로써 다양한 출처의 공간정보를 분석하고, 연안의 현 상태를 밝힐 수 있다. 또한, 평가항목의 가중치 할당은 연안을 다양한 관점에서 보는 것을 가능하게 한다. 아울러, 기존의 연구는 육상에서 일어나는 현상을 통계자료에만 의존하였던데 비해, GIS를 이용하여 육상뿐만 아니라 해상의 측정조사자료를 통합적으로 파악할 수 있다. 이 방법론은 새롭게 변경된 정보들이 쉽게 분석에 포함될 수 있고, 각 연안 지역마다 일어나는 특정 현상에 대한 의견을 다기준 분석법을 통하여 쉽게 파악 할 수 있다. 또한, 분석의 결과가 단순하고 명확하게 설명된다. 이런 이점이 과학적으로 정보를 분석하고 실질적인 연안관리계획을 수립하는데 도움이 된다. 그리고, 최종 결과를

이용하여 연안을 등급화 할 수 있고, 이 등급은 다른 지역과 비교할 수 있는 수단으로 유용하다.

연안 관리는 연안 자원의 합리적인 이용을 위해 환경과 개발정책의 통합이 요구된다. 그러나, 환경과 사회·경제 현상 사이의 상호 불일치성은 연안 관리의 어려움을 증가시킨다. 기본적인 연안관리 전략의 원칙은 자원·공간의 할당과 수요의 균형이라 할 수 있다. 이를 이행하는 전략적인 방법으로는 특별위원회, 지구제 계획, 연안관리정보시스템 등이 있다. 이 전략적인 방법을 용이하게 수행하기 위해 GIS와 다기준 분석법을 이용한다면, 특별위원회의 여러 의견이 다기준 분석이 통합된 GIS에 수용되어 문제의 해결방안을 도출 할 수 있을 것이다. 그리고, 지구제 계획시 즉, 연안 지역을 통합하고 분쟁이 있는 지역들을 분류할 때, 이 방법은 연안관리자에게 필요한 다양한 연안의 정보를 통합된 형태로 보여줄 수 있고, 공간분석기능이 가능하여 계획수립을 위한 과학적인 도구로써 유용할 것이다.

6. 연구의 한계점

GIS와 MCA를 이용한 분석의 틀 안에서 연안지역을 평가해 본 결과 우리나라 실정에 맞는 지표의 기준설정과 민감도 분석이 필요하다. 그 동안의 정책결정 과정에서는 연안의 개발정책을 수립하는데 있어 보존과 개발에 대한 지표들의 신뢰할 만한 기준이 선정되어 있지 않았다. 따라서, 우리나라의 실정에 맞고 객관성을 확보할 수 있는 지표기준이 설정되어야 한다.

그리고, 본 연구에서는 조건을 달리 하였을 때의 분석결과를 비교하여 차이가 발생하는지의 여부를 검토하는 민감도분석 부분은 이루어지지 않았다. 가령, 보존론자와 개발론자의 설문결과를 구분하여 모형에 적용하고 그 결과를 비교해 보는 것이다. 이런 반복적인 분석에 의해 더 다양한 대안이 모색될 수 있고 오류 발생을 줄일 수 있을 것이다.

[참고문헌]

1. 김성희 외, 1999, 「의사결정분석 및 응용(개정판)」, 영지문화사.
2. 박현·고길곤·송지영, 2000, 「예비타당성조사 수행을 위한 다기준 분석방안 연구」, 한국개발연구원.
3. 허윤경, 1998, "GIS 환경에서의 다기준의사결정을 이용한 입지분석에 관한 연구", 부산대학교 석사학위 논문.
4. Carver, S.J., 1991, "Intergrating multi-criteria evaluation with geographical information systems", *International Journal of Geographical Information Systems*, 5(3), pp. 321-339.
5. Eastaman, J.R., Kyem, P.A.K, Toledano, J.,1995, "Raster Procedures for Multi-Critera/Multi-Objective Decisions", *PE&RS*, 61(5), pp.539-547.
6. Kitsiou,D., Coccossis,H., Karydis,M., 2002, "Multi-dimensional evaluation and ranking of coastal area using GIS and multiple criteria choice methods", the Science of the Total Environment, pp. 1-17.
7. Malczewski, J., 1999, 「GIS AND MULTICRITERIA DECISION ANALYSIS」, John Wiley & Sons.