

# GIS기법을 이용한 봉수대의 지형특성분석 Topographic Characteristic Analysis in Beacon Mounds Using GIS Techniques

한기봉\* · 이지영\*\* · 강인준\*\*\*  
Han, Ki Bong · Lee, Ji Young · Kang, In Joon

### 要 旨

봉수대는 예로부터 조선시대에 이르기까지 국방 및 통신에서 중요한 역할을 해왔다. 그동안의 봉수대에 대한 연구는 고문헌을 통한 조사에 집중되었다. 본 연구에서는 봉수대 입지 선정에 영향을 주는 요소들인 고도, 단면도, 봉수대간의 거리 및 가시권 등의 지형요소를 분석하였다. 그리고 봉수대의 입지 선정 시 지형적 요소가 어떻게 고려되었는지 분석하였다. 분석 결과 봉수대의 지형 특성은 신혼전달에서는 봉수대간의 거리와 가시거리가 상관이 있었고 조망에 있어서는 해안과의 거리와 가시범위가 상관이 있었다. 봉수대의 위치 선정에 있어서는 한가지의 지형요소뿐만 아니라 여러 지형요소들이 복합적으로 고려되었다고 생각된다.

핵심용어 : 봉수대, 가시권, 가시거리, 지형요소, 지리정보시스템

### Abstract

The Beacon Mounds play a important role in defence and communication extending from the period of the Three States to the period of Chosun. About the research of beacon mounds have focused on investigation in old literature. This research analyzed geographic factors such as altitude, cross section, distance and visible distance affect in selecting location of beacon mounds. And it was presumed how each beacon mound geographic characteristics was considered in selecting location of beacon mounds. As a result, it is presumed that communicating among beacon mounds and watching the coast were affected by geographic characteristics and selecting location of beacon mounds was considered by several geographic factors

Keywords : beacon mounds, visible area, visible distance, topographic factor, GIS

## 1. 서 론

전국에 산재하고 있는 봉수대는 삼국시대부터 2000여 년간 우리나라 최고의 통신수단이었고 변방이나 연안의 상황을 중앙정부에 연결하는 ‘하라인’ 역할을 하였다. 조선시대 전국의 봉수망은 국경선이나 바닷가 근처의 최 일선에 설치된 연안봉수(沿邊烽燧)와 전국에 그물망처럼 설치된 내지봉수(內地烽燧)가 모두 수도 한양의 경봉수에 연결되는 체계로 짜여졌다. 전국의 봉수(내지봉수)는 총 5개의 직봉 노선이 설치·운용되었다. 전국적으로 623곳에 설치돼 그물망과 같이 상호연결 신호체계를 구축하였고 그 중 울산과 부산·동부 경

남 일원의 동해남부 지역에는 부산을 시작점으로 총 124곳(직봉 34곳, 간봉 90곳)의 봉수대가 설치되었다(김경추, 2001).

GIS기법을 이용한 역사 유적에 적용시킨 연구로는 구석기 유적에 대한 지형분석을 수치고도모델과 보간법을 이용하여 분석하였고(김주용 등 2002) 중첩분석기법을 이용한 문화유적의 분포예측에 대한 연구(이진영 등 2005)가 있다. 또한 장은미 등(2006)은 조선시대의 왕릉에 대하여 위성영상과 지형학적요소등을 분석하여 공간적 분포 특성에 대한 연구를 하였다.

기존 봉수대에 관한 연구는 봉수대의 위치와 구조에 대해 연구한(이귀혜, 2001)와 봉수대와 당시 사회상황

2009년 11월 12일 접수, 2009년 12월 10일 채택

\* 교신저자 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 지형정보협동과정 박사수료(irstm1@pusan.ac.kr)

\*\* 부산대학교 사회환경시스템공학부 지형정보협동과정 석사과정(ezup28@nate.com)

\*\*\* 정희원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 공학박사 교수(ijkang@pusan.ac.kr)



그림 1. 연구지역의 봉수대

과 연관성을 연구(이상호, 2004)가 이루어졌다. 봉수대의 입지연구는 오동하(2000)와 김경추(2001)가 일부지역의 봉수대를 대상으로 지형학적 요소들을 분석한 연구가 있었다. 이 연구들은 고문헌을 바탕으로 하여 실제 답사를 통해 얻은 자료만을 대상으로 하여 봉수대의 정확한 지형요소들의 특징적인 수치결과는 없었다.

본 연구에서는 역사유적인 봉수대를 대상으로 GIS tool을 이용하여 봉수대의 특징적인 지형요소들을 수치적으로 분석하였다. 분석된 결과들은 과거의 연구에서 논의된 결과와 비교하여 입지선정의 적합성을 파악하였다.

## 2. 연구 방법 및 입지요소 분석

본 연구에서는 부산~울산에 이르는 해안가에 위치한 연안봉수(그림 1)를 대상으로 1:25,000 수치지도(국토지리정보원 제작)를 이용하여 DEM(Digital Elevation Model) 제작하였다. DEM에서 추출한 고도 등의 지형요소의 정확한 수치를 파악해보고 해발고도, 봉수대간의 거리, 단면도 분석, 가시거리 분석, 해안으로의 가시권분석 등의 수치결과를 기존 연구결과에서 서술된 선정조건과 비교하여 입지선정의 적합성과 특징을 연구하였다.

봉수대의 가장 중요한 목적은 외적의 침입을 신속하게 중앙으로 전달하고 일차적으로 방어 수행을 하는 것이다. 이를 위해서는 봉수대의 위치 선정이 중요하다고 하였고, 외적의 침입 상황을 신속히 중앙이나 가까운 본진(本鎭)이나 본읍(本邑)에 알려 군사적 대응 또는

표 1. 봉수대의 지형환경 요건의 적합성(오동하 2000)

기능	지형적 환경과 요건의 적합성
신호전달	적절한 해발고도를 가지고 봉수대간의 상호인지가 좋은 곳.
방어	방어가 쉬운 고지대 해안과의 먼 이격(離隔)거리
감시	시계(視界)가 확보된 곳 해안과의 거리가 가까운 곳 명시성(明視性)이 양호한 곳

표 2. 봉수대의 지형적 요소 분석 기준(오동하 2000)

분석 요소	유형	지형특징
평면 위치	곶(串)형	육지의 끝부분이 바다로 나온곳
	만(灣)형	바다의 일부가 육지로 들어가는 부분
해발 고도	구릉지(丘陵地)형	높이100m~200m 정도의 완만한 경사면
	산정(山頂)형	높이 300m이상의 산봉우리
단면 경사	완경사(緩傾斜)형	사면의 기울기가 완만한 곳
	단애(斷崖)형	경사가 급한 낭떠러지

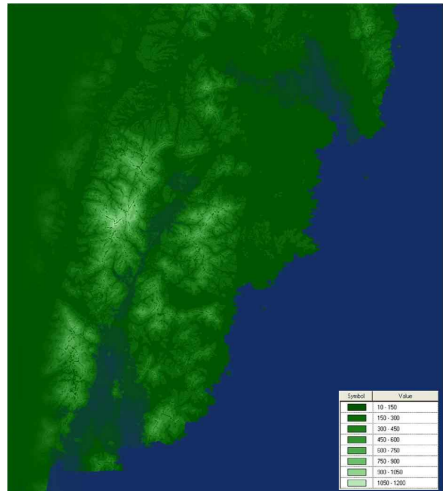


그림 2. 연구지역의 DEM

대피를 준비하기 위해서는 지리, 지형적 요소가 가장 중요하다고 하였다(김봉추, 2001). 오동하(2000)는 각 봉수대의 부지의 지형 등의 조건에 의해 봉수대의 위치가 정해진다고 하였다. 연구의 대상이 해안가에 위치한 연안봉수대를 대상으로 하였기 때문에 표 1.2의 연안 봉수대 입지요소와 지형요소 분석의 틀을 기준으로

각 봉수대의 지형 특징을 분석하였다.

오동하(2000)는 표 1에서 서술된 입지 요소들은 산재하고 있는 봉수대에 대하여 전부 충족시키기 어렵고 각각의 봉수대 별로 상충된다고 하였다. 그러므로 각각의 봉수대에 대하여 지형요소 특징들을 분석하여 봉수대의 특성을 파악하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 표 2와 같은 분석기준으로 각 봉수대별로 지형의 특성과 상호 관계를 수치적으로 표시하였다. 1:25,000의 수치지도를 이용하여 10m간격의 DEM을 생성하여 지형요소들을 분석하였다(그림 2).

### 3. 봉수대에 대한 지형요소 분석

#### 3.1 해발고도 분석 및 거리 분석

##### 3.1.1 고도 분석

여러 문헌 자료와 수치지도에 의해 생성된 DEM에서 분석된 연구지역의 해발고도를 나타낸 것이 표 3이다. 연구지역의 봉수대 9곳의 평균고도는 평균 124m로 나타났고 대상지역의 봉수대 중 가장 낮은 고도는 임랑포 봉수대가 54m, 기장에 위치한 남산봉수대가 228m로 가장 높은 고도를 나타내었다.

오동하(2004)는 연안봉수가 입지한 지형은 해발고도에 따라 구릉형과 산정형으로 구분되며 구릉형은 100~200m 전후로 완만한 경사면을 이루는 지역에 봉수대를 축조한 유형을 말하고 산정형의 경우 높이 300m 이상의 독산형(獨山形) 산봉우리에 봉수대를 조성한

경우라고 하였다. 이런 기준에서 표 3의 해발고도와 비교하면 연구지역의 봉수대는 연안봉수로서 적절한 해발고도의 입지를 가지는 것으로 나타났다. 연안봉수의 주요한 기능이 봉수대의 고유의 신호전달기능 보다는 해안 감시를 목적으로 하기 때문에 전방 해상에 산재된 수많은 섬들로 인한 시야방해를 피하기 위하여 양호한 시계 확보를 위해 지역에서 해발고도가 높은 산봉우리를 봉수대의 부지로 선택할 수밖에 없었을 것이다. 동시에 봉수대간의 신호전달의 기능도 수행해야하므로 적절한 해발고도의 지역을 선택하였을 것이다. 한 봉수대에서 다른 봉수를 바라볼 때 고도의 차이가 많이 나는 경우는 신호파악이나 전달에 어려움이 있었을 것이다. 그림5의 단면도 분석을 결과를 근거로 판단하면 각 봉수대간의 고도가 서로 비슷한 위치에 있어 신호전달도 쉽게 가능했음을 알 수 있었다. 그러므로 연안 봉수 입지 선정에서 해발고도의 기준은 해안에 대한 감시수단과 더불어 봉수대간의 신호전달의 목적을 중요하게 고려하여 적절한 고도에 있는 곳을 선택하였을 것이다.

표 3. 봉수대 좌표 및 해발고도

봉수대	지리적좌표	해발고도(m)
간비오	35°09'59"N 129°09'03"E	148
남산	35°14'03"N 129°13'59"E	228
임랑포	35°18'45"N 129°15'24"E	54
아이	35°19'30"N 129°17'27"E	130
이길	35°21'41"N 129°20'20"E	121
소산	35°24'06"N 129°20'29"E	132
가리	35°28'46"N 129°22'32"E	112
천내	35°29'36"N 129°24'44"E	120
주전	35°33'26"N 129°26'36"E	183

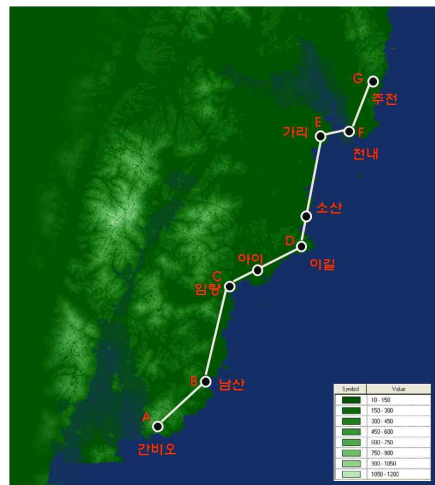


그림 3. 연구지역의 단면도 구역

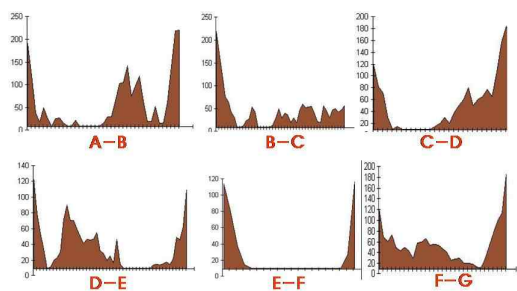


그림 4. 봉수대간의 단면도

표 4. 연구지역 봉수대간의 거리

봉수대	봉수대간의거리(km)
간비오~남산	10.6
남산~임랑포	9
임랑포~아이	3.4
아이~이길	6
이길~소산	4.5
소산~가리	9.2
가리~천내	3.7
천내~주전	7.7

### 3.1.2 봉수대간의 거리 분석

봉수대간의 신호전달에 있어 고도의 요소뿐만 아니라 봉수대간의 거리도 중요한 요소이다. 인간이 파악할 수 있는 거리는 제한되어 있기 때문에 제한범위 안에서 봉수대의 입지가 선정되었음을 유추할 수 있을 것이다. 문헌상에서 우리나라의 봉수대간 거리는 10~20리를 기준으로 하고 연안봉수의 경우 적의 침입을 대비하여 최단 3리, 최장 10~15리 내로 조밀하게 배치하여 연기나 불빛을 쉽게 인지하게 하였고 내지봉수는 최단 10리, 보통 30~50리, 최장 70리라고 하였다. 그리고 밤에 불을 이용할 경우의 지역은 40~50리 정도를 기준으로 삼았다고 밝혔다(김경주, 2001). 현재의 길이로 표시하기 위하여 10리(3.92727km)를 4km로 환산하여 계산한 결과, 짧은 곳은 1.2km 보통 4~6km, 가장 긴 거리의 경우 16~20km로 환산되어진다. 연구지역의 봉수대간의 거리를 DEM에서 측정하여 그 결과를 표 4에 나타내었다. 표 4의 결과와 비교하면 간비오~남산 등 4곳의 구간에서 범위를 벗어나는 결과를 나타내었다.

이런 오차의 결과는 과거의 거리측정 능력은 현재보다 뒤떨어졌기 때문에 나온 결과라고 생각된다. 분석된 결과만을 통하여 볼 때 보통 사물을 파악할 수 있는 인간의 평균적인 시야거리를 고려할 때 6km이상의 거리가 긴 간비오~남산, 남산~임랑포, 소산~가리, 천내~주전 봉수대의 경우 신호전달의 효율성이 크게 떨어진 것으로 나타났다. 특히 악천후나 안개가 짙은 날에는 시계(視界)가 불량할 경우는 신호전달에 어려움이 크므로 봉수대 사이의 중간 거리에 경유지를 두었을 것이라고 생각된다.

## 3.2 봉수대의 가시거리 분석

### 3.2.1 봉수대 간의 가시거리 분석

3.1.2.에서 분석한 봉수대간의 거리분석 결과를 바탕으로 봉수대간의 가시거리를 분석하였다. 봉수대간의 신호 전달은 연기나 불을 통하여 사람의 시각으로서 판

단하게 된다. 그러므로 인간의 시지각적 특징이 중요한 요소로 고려된다. 일반적으로 인간의 대상물을 보는 경우 사람 눈의 시점에서 상하로 80도에서 90도, 좌우로 약 60도내외인데 봉수의 신호를 받는 곳에서는 산 전체를 조망하여야 한다. 황재훈(2004) 등은 대상물이 산 전체인 경우 양각의 영향을 받게 되고 이는 산의 경관 형태에 따라 양각의 특성이 좌우한다고 하였다. 이 기준을 적용할 경우 양각이 5도이하의 경우는 산의 스카이라인 정도만 파악되고 8도에서 10사이에서는 산의 전체가 파악된다고 하였다. 본 연구에서는 봉수대간의 가시거리분석에서 산 전체를 파악 할 수 있는 양각의 범위인 8도에서 10도를 기준으로 하여 그림 4의 라인을 따라 봉수대간의 가시거리를 분석하였다. 분석 결과 대부분의 봉수대에서 봉수대간의 신호 전달이 가능할 정도의 가시거리가 확보되고 있음을 알 수 있었다. 가시거리가 가장 좋은 지역은 이길~가리, 가리~천내 구간이 가시거리가 매우 좋은 것으로 나타났다. 이것은 그림 5와 같이 단면분석의 결과와 거의 일치하는 것으로 보아 봉수대의 위치선정에 있어서 지형의 고려가 매우 중요했음을 시사한다. 일부 봉수대간의 가시거리 분석결과에서 중간에 가시량(可視量)이 감소한 구간이 나타났는데 대표적으로 남산~아이구간으로 그림 5의 B~D 구간에 해당된다. 그림에서와 같이 직선거리로 950m구간에서 지형에 의한 차폐효과가 나타나 2km 구간까지 이어진다. 이러한 지형의 차폐효과를 극복하기 위하여 구간 사이에 중간 경유지를 만들었을 것으로

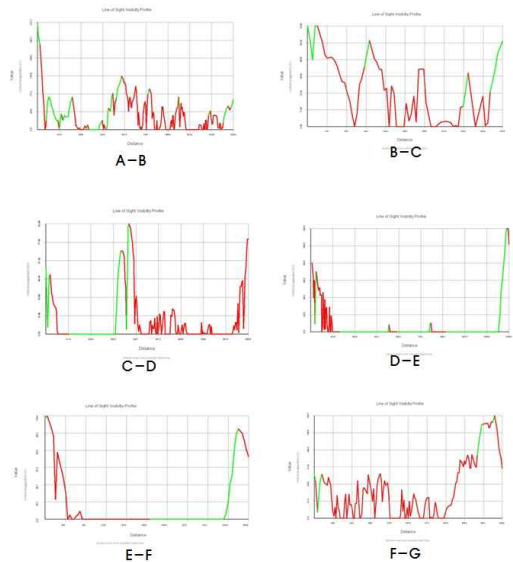


그림 5. 구간별 가시거리분석도

추정되는 입량포 봉수대(54m)를 경유하는 가지거리 분석을 실시하였다. C~D구간의 3km 지점에서 가지량이 증가한다. 이 지점이 입량포 봉수대 지역이며 봉수대간의 단면도를 나타낸 그림 4에서도 이와 같은 가지량이 나타나는 단면도 결과가 나타났다. 이런 결과들을 유추해보면 두 봉수대(남산~아이)사이를 직선으로 연결시키지 않고 가지거리가 확보되는 것 입량포 봉수대를 이용한 것으로 생각된다. 입량포 봉수대는 남산봉수대에서 아이 봉수대로 신호를 전달하는 과정에서 중간 경유지의 역할을 했을 것으로 생각할 수 있다. 그림 4에서 나머지 지형의 차폐효과를 발생할 수 있는 나머지 봉수대구간에 대해 중간경유지 역할을 하는 봉수대의 확인 작업을 시도한 결과 다른 봉수대 구간에서의 정확한 중간 경유지 역할을 하는 봉수대는 파악 할 수 없었다. 정확한 가지거리 분석 실시와 문헌조사, 그리고 실측을 통하여 파악해야 할 것으로 생각된다.

3.2.2 해안과의 거리 및 가지권 분석

봉수대의 기본적인 임무가 바다에서 침입하는 적의 침입을 파악하는 것이다. 이것은 각 봉수대에서 바다를 향한 후방의 효과를 판단하여 각 봉수대의 입지 선정의 적절성을 알아볼 수 있다. 이를 위해 연구지역의 봉수대 부지와 해안과의 거리(표 5)와 봉수대 중 입량, 가리, 천내봉수대를 대상으로 바다에 대한 가지범위분석을 나타내었다.

가지범위 분석의 기준은 앞 절의 봉수대간의 가지거리를 분석 시 사용한 각각의 범위를 그대로 이용하고 최대 5km정도의 거리를 설정하였다. 인간의 최대 가지범위인 90도를 기준으로 가지범위가 50%를 넘을 경우 양호, 그렇지 않을 경우는 불량으로 판단하였다.

그 결과는 표 6과 그림 6~8과 같다. 해안과의 거리결과에서는 최소 300m에서 최대 1.2km정도로 대부분이 해안근처에 위치하는 것으로 나타났다. 가리봉수대의 경우 해안과의 이격거리가 300m이지만 범위는 매우 좁

고 비슷한 거리인 입량 봉수대의 경우는 범위가 매우 좋은 것으로 나타났고 해안과의 거리가 0.7km인 가리 봉수대의 경우 가지범위가 높은 것으로 파악되었다. 이런 결과들을 유추해 볼 때 가지범위에 있어서는 해안과의 거리 외에 다른 요소가 가지범위에 영향을 끼친 것으로 생각된다. 지형의 경사도가 봉수대의 입지에 영향을 준다는 연구(오동하, 2004)에서 조사된 지형의 경사도와 가지범위를 비교한 결과 경사가 완만한 형태(간비오, 남산, 소산)는 해변과 비교적 먼 거리에 위치하고 있으나 가지권에서는 각각 양호 또는 불량으로 나타났다. 상대적으로 경사가 급한 형태(아이, 이길, 천내)는 해변과 근접한 곳에 위치하는지만 가지범위는 각각 다른 것으로 나타났다. 오동하(2004)는 완경사형의 경우 적의 침입했을 때 쉽게 오를 수 있는 단점이 있다고 하였다. 이러한 점을 고려했을 때 적 침입에 대한 감시의 주요한 요소인 명시성(明視性)이 저하되는 단점이 있더라도 해변과 봉수대간 일정거리를 둬으로써 적의 침입 시 봉수군이 충분한 시간을 갖고 대비할 수 있도록 하기 위해서라고 밝혔다. 그러나 이번 연구에서 수행된 가지범위 분석의 결과와는 다소 일치하지 않는 결과가 나타났다. 결과로 미루어 볼 때 봉수대의 가지권과 경사도 해안과의 거리는 절대적인 상관성을 가진다고 할 수 없다. 봉수대의 입지에 대한 선정은 봉수대의 기능에 전적으로 부합되는 전체적인 지형요소를 고려한 입지를 선정하기 보다는 각 봉수대의 지형적인 상황과 기능을 고려하여 입지를 선정 하였을 것으로 추측된다.

이번 연구에서는 과거의 중요한 통신수단이었던 봉수대에 대하여 GIS기법과 톨을 이용하여 봉수대에 대한 지형 요소 분석을 실시하였고 봉수대의 기능과 지형 특성의 관계에 대해 살펴보았다. 수치지도와 GIS기법을 이용한 방법은 우리나라 전 지역의 봉수대에 대하여 정확한 지형 분석에 효율성이 높을 것으로 생각된다.

표 5. 해안과의 거리 및 가지권범위

봉수대	해안과의 거리(km)	가지권유효성
간비오	1.1	불량
남산	0.9	양호
입량포	0.4	양호
아이	0.3	불량
이길	0.5	불량
소산	1.2	양호
가리	0.7	양호
천내	0.4	불량
주전	1.4	양호

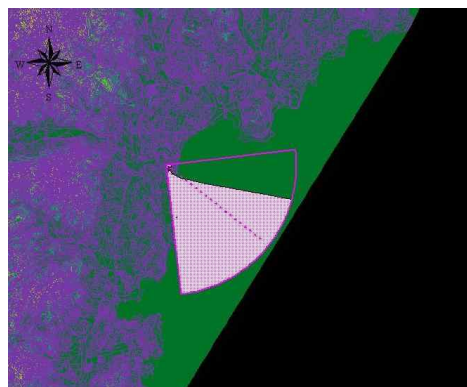


그림 6. 해안으로의 가지범위(입량)



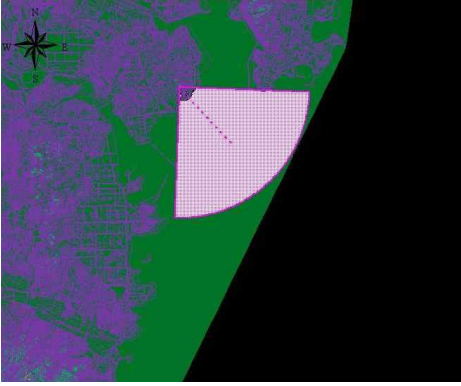


그림 7. 해안으로의 가시범위(가리)

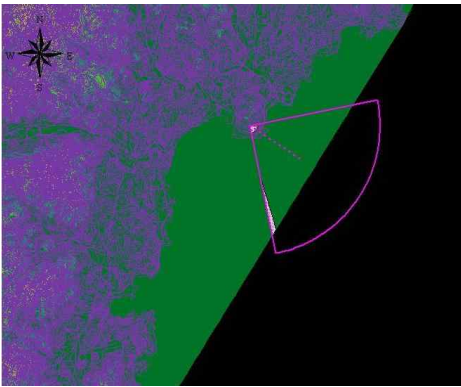


그림 8. 해안으로의 가시범위(천내)

차 후 봉수대 입지에 대한 정확한 분석 기법 및 체계적인 입지선정 기준과 더불어 관련 자료의 DB구축이 이루어진다면 미지(未知)의 봉수대 발견에 효율적인 방법이 될 것이다.

#### 4. 결 론

연안봉수대의 지형적 요소에 대하여 GIS툴을 이용한 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 연구지역 봉수대의 평균해발고도는 124m이며 구릉형의 형태는 나타내었다. 또한 봉수대간의 지형단면도 분석결과를 살펴보면 대부분 신호전달을 위한 시계확보가 가능한 것으로 나타났다.

둘째, 봉수대간의 거리분석을 한 결과 최단 1.2km, 최장 4~6km, 평균 6.8km로 나타났다. 가시거리 분석결과에서는 이길~가리, 가리~천내 구간이 가시거리가 제일 좋은 것으로 파악되었다. 남산~아이의 경우 가시량이 크게 감소한 것으로 나타났으며 임량 봉수대를 경유지로 한 분석 결과 가시량이 증가한 것으로 나타났다.

셋째, 봉수대위치와 해안과의 거리분석 결과 300m~1.4km의 범위를 나타내었다. 가시범위 분석의 결과와 해안과의 거리를 비교 하였을 때 경사의 영향을 받았으나 전반적으로 불일치하는 결과를 나타냈다.

넷째, 봉수대의 입지 선정 시 신호전달을 위해서 거리와 지형의 차폐효과가 나타나는 봉수대 사이에서는 중간경유지를 두어 원활한 신호 전달을 가능하게 하고 후방, 방어의 기능을 수행하기 위하여 봉수대간의 가시권과 해안으로의 가시범위, 경사도 등과 지역의 상황을 고려하여 입지를 선정 하였을 것으로 생각된다.

#### 감사의 글

본 연구는 BK21사업과 국토해양부 공간정보특성화 대학원사업의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 국방군사연구소 (1997). 한국의 봉수제도, pp.99-102.
2. 장인준, 2004, 「측량지형정보공학II」, 동명사. pp.378-381.
3. 김경추 (2001). 조선시대 봉수제도와 입지연구, *지리학연구*. Vol.35, No.3, pp.277-280.
4. 김남신, (2005), GIS 실습 -아크뷰를 활용한 지도제작과 공간분석, pp.300-307.
5. 김성준 등, (2002), GIS개념과 기법, pp.373-376.
6. 김주용 등. (2002). GIS기법을 이용한 한국 영산강 하류 구석기 유적 분포특성 연구. *선사와 고대*, pp.174-176.
7. 이귀혜 (2001). 부산지방 봉수대 연구, 부산대학교 교육대학원 석사학위논문, pp.13-17, 23-48.
8. 이상호 (2004). 조선후기 울산지역 봉수군에 대한 고찰, 울산대학교 역사문화학과 석사학위논문, pp.10-11.
9. 이진영 등 (2005). GIS 중첩분석을 이용한 요지 유적 분포 예측의 시범 연구, *한국지리정보학회지*, 8권 4호, pp.167-168.
10. 오동하 (2000). 조선시대 연변봉수에 관한 연구, 대구가톨릭대학교 가정관리학과 박사학위논문, pp.35-44.
11. 장은미 등 (2006). 조선시대 왕릉의 공간적 분포 특성, *The Journal of GIS Association of Korea*, Vol. 14, No.3, pp.292-294.
12. 황재훈 등, (2004), 청주시 우암산 중심의 조망경관분석, *대한국토·도시계획학회지* Vol.39, No.2, pp.225.