

기하학적 변환에 의한 한반도 고지도의 전체 영역 평가 기법

이대호*, 오일환**

Evaluation Method for Entire Region of Antique Korean Peninsula Maps Using Geometrical Transformation

Daeho Lee*, Il Whan Oh**

요약

한반도 고지도들은 많은 역사적 의미를 가지고 있으므로, 이것을 분석하여 역사적인 사실들을 추정할 수 있다. 하지만, 고지도는 국부적인 영역들을 결합하여 전체적인 영토를 표현하기 때문에, 현재의 지도와 직접적으로 비교하는 것이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 평가할 대상 고지도를 기준 지도의 특성에 맞게 회전, 크기 변환 및 위치 이동을 수행하여 쉽게 영역을 비교할 수 있도록 변환한다. 한반도 영역의 주축을 계산하여 기준 지도의 주축의 차이 만큼 회전하고, 외곽 사각형의 비율을 이용하여 비대칭적으로 폭과 높이의 크기를 수정한다. 마지막으로 영역의 중심을 일치하여 두 영역을 겹치고, 두 가지 유사도 수식을 이용하여 고지도를 평가한다. 실험 결과에서 영역 비율과 휘어짐 각도차의 유사도가 현대에 가까워지면서 유사도가 높아지는 것을 볼 수 있다. 따라서 제안하는 기법은 한반도의 고지도를 사료로 분석하는데 활용될 수 있을 것이다.

▶ Keyword : 고지도, 기하학적 변환, 유사도 평가, 영상 처리

Abstract

Because antique Korean Peninsula maps have many historical signification, we can estimate historical evidences by analyzing them. However, it is very difficult to compare antique maps with modern maps because the antique maps were made by arranging local regions. To resolve this difficulty, we transform antique maps by rotating, scaling and translating to compare with a reference map. Each antique map is rotated in the difference of principal axis angles of the target and the reference maps, and its width and height are scaled asymmetrically using width and height ratios of bounding boxes. Finally, the two regions are overlaid by adjusting their centroids, and then the antique map is evaluated by two similarity equations. Experimental results show that the similarities of region ratio and different angle are properly computed according to era. Therefore, the proposed method can be widely used to analyze the antique Korean Peninsula maps.

• 제1저자 : 이대호 교신저자 : 오일환

• 투고일 : 2011. 02. 14, 심사일 : 2011. 02. 27, 게재확정일 : 2011. 03. 02.

* 경희대학교 후마니타스칼리지(Humanitas College, Kyung Hee University)

** 경희대학교 후마니타스칼리지(Humanitas College, Kyung Hee University), 경희대학교 혜정박물관(Hye Jung Cultural Research Institute/Museum, Kyung Hee University)

▶ Keyword : Antique map, Geometrical transformation, Similarity evaluation, Image processing

1. 서론

지도는 상징적 공간이나 둥그런 지구의 3차원적 입체 정보를 2차원적인 평면 정보로 옮긴 것이다. 그러나 고지도는 삶의 공간 인식이나 세계관을 함축하고 있어 제작자나 시대적 상황에 따라 다양한 형태의 지리 인식이 존재하고 있다. 이로 인하여 현재와 같은 정확한 지리 정보나 과학 기술적인 지도로서의 기능은 매우 미흡하다.

우리나라가 서양 고지도에 등장하기 시작한 것은 16세기 후반으로 그림 1과 같은 둥글거나 길쭉한 섬 형태로 나타난다 [1]. 이러한 형태는 마르코 폴로의 지리관을 탈피하고 있으나 아직은 우리나라에 대하여 불완전한 지리정보를 반영하고 있음을 알 수 있다.

랑그렌 지도에는 린스호텐이 동남아에서 향료무역을 하기 위하여 인도의 고아에서 포르투갈 상인과 함께 머물면서 수집한 정보를 바탕으로 작성한 것으로 우리나라가 섬으로 그려져 있다. 그리고 테이세이라 지도는 포르투갈의 선교사이며 천문학자이면서 에스파냐의 궁정지도제작자의 지도인데 포르투갈의 항해 정보와 일본에서 보내온 정보를 결합하여 지리정보의 정확도를 높였다.



그림 1. 랑그렌(1595, 좌)과 테이세이라(1595, 우)의 지도
Fig. 1. H.F. Landgren(1595, left) and L. Teixeira(1595, right) maps

그러나 17세기에 이르러 포르투갈의 항해사와 네덜란드 동인도 무역회사의 상인 그리고 이탈리아의 선교사로부터 전해진 동양의 지리정보를 바탕으로 중국과 일본에 대한 지형학적 정보가 더욱 풍부해지면서 불규칙한 반도의 형태로 나타나기 시작하였다. 17세기 중엽에 이르러 네덜란드 최대의 인쇄사업과 지도제작자 가문에서 제작한 당시 최고의 지도첩에 수

록되어 있는 블라우 지도는 초창기에 우리나라의 형태를 삼각 형태의 섬으로 그렸으나 점차 반도형태로 수정하여 정확도를 증가시켰다.

1737년 이후에는 그림 2와 같이 현재와 비슷해지고 정형화된 형태로 정착되기 시작하였다. 당빌 지도는 이전까지 우리나라를 여러 가지의 섬이나 불완전한 반도의 형태로 그렸다. 그러나 당빌은 중국에 머물던 선교사의 지리정보와 정확한 고증을 바탕으로 42매의 지도첩을 간행하면서 우리나라를 31번째에 삽입하였다. 이 후 이 지도는 서양에서 정확한 정보에 의하여 단독으로 그려진 최초의 지도로서 우리나라의 지리 형태를 그리는 기준이 되었다[2].

이후 프랑스에서 수로학의 왕이며 해도제작의 권위자이던 벨린은 당빌 형태의 지도를 제작하면서 동양에 대한 정확한 해로와 지리정보를 확산시켰다.



그림 2. 당빌(1737, 상)과 벨린(1746, 하)의 지도
Fig. 2. J.B. D'Anville(1737, top) and J.N. Bellin(1746, bottom) maps

이러한 지리 인식은 동양에 머물던 서양의 선교사들이 전통 방식으로 제작한 동양의 인문학적 문헌의 지도 정보를 서양에 전달하면서 나타난 현상으로 지리정보의 부정확이나 왜곡현상이 적지 않게 나타나고 있다. 이러한 고지도들을 현대 지도와 비교하여 유사도를 평가하는 것은 역사적인 흐름과 세

계관을 판단하는데 큰 역할을 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 지도 평가를 위한 관련 연구에 대해 분석하고, 3, 4장에서는 고지도를 평가하는 새로운 방법을 제안한다. 구체적으로, 3장에서는 평가할 고지도를 기준 지도에 맞게 기하학적 변환을 수행하는 방법을 제시하고, 4장에서는 기하학적 변환된 고지도의 유사도를 평가하는 방법을 제시한다. 5장에서는 시대별 고지도들을 제안하는 방법으로 평가한 결과를 분석하고, 6장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

국내에서는 최신의 과학 기술인 GIS(지리 정보 체계, Geographic Information Systems)나 GPS(위성 위치확인 체계, Global Positioning System)를 활용한 지리 정보적 연구가 활발해지고 있다. 그러나 인공위성이나 과학적 기술을 활용한 고지도의 이미지 분석은 시도하고 있으나 영상 분석 기법을 사용한 연구는 극히 드물며 간단한 경계선 검출 등을 이용하여 지도를 분석하는 경우들이 대부분[3-5]이며, 전체 영역을 비교하는 연구는 찾기 힘들다.

더구나 국내의 고지도 연구는 문헌에 의존한 연구가 대부분이며 지형적 형태의 분석에서도 컴퓨터를 이용한 자동 분석에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다[6]. 컴퓨터를 이용한 지도의 비교는 변위 벡터(displacement vector)나 왜곡 격자(distortion grid)를 이용하며[7, 8], 이는 측량학에 기반한 방법으로 국부적인 영역의 왜곡을 판별하며, 전체적인 왜곡을 평가하기 어렵다.

이는 문헌 기록 위주의 인문학적 자료인 고지도 연구자들이 과학 기술과 결합한 공학적 연구의 수행이나 이에 대한 분석적 연구의 접근이 불가능하기 때문이다. 따라서 이를 극복하기 위해서는 과학 기술을 활용한 공학적 분석과 연구를 통한 새로운 학문적 융합의 필요성이 시급한 실정이다.

고지도는 국부 영역을 결합하여 영토의 전체적인 형상을 제작하기 때문에 전체 형상의 왜곡이 심하다. 따라서 고지도의 전체적인 형상의 정확도를 평가하는 것이 매우 어렵다. 하지만, 본 논문에서는 디지털 영상 처리 기법을 이용하여 고지도를 평가하는 새로운 방법을 제안한다. 이를 위하여 국내의 고지도 전문 박물관에서 출판한 도록의 고지도를 분석 대상으로 하였다[9].

고지도에서는 방위 특성이 정확하지 않으므로 영역 특성을 이용하여 영토의 주축을 계산하여 지도를 회전하고, 영역 특성을 비교하기 위하여 비교할 지도의 중심을 기준으로 $x-y$ 축의 축척을 조정한다. 최종적으로 두 개의 영역을 겹쳐 영역의 유사도를 계산하여 고지도를 평가한다. 본 논문에서 제안

하는 기법은 기하학적 변환을 이용하므로, 영토가 많이 회전되어 보이거나 $x-y$ 축의 축척이 다른 지도도 자동으로 영역의 유사도를 평가할 수 있다.

III. 고지도의 기하학적 변환

평가할 대상 고지도(target map)를 기준 지도(reference map)와 비교하기 위하여 그림 3과 같은 방법으로 기하학적인 변환을 수행한다. 주축(principal axis)은 타원의 장축을 의미하며, 타원이 아닌 영역은 타원으로 근사화할 때의 장축을 의미한다. 대상 고지도를 기준 지도의 주축의 각도와와의 차이만큼 회전하여 두 지도의 주축의 방향을 동일하게 하고, 기준 지도의 외곽 사각형과 대상 고지도의 외곽 사각형 비율을 비교하여, 대상 고지도의 축척과 위치를 변경한다.

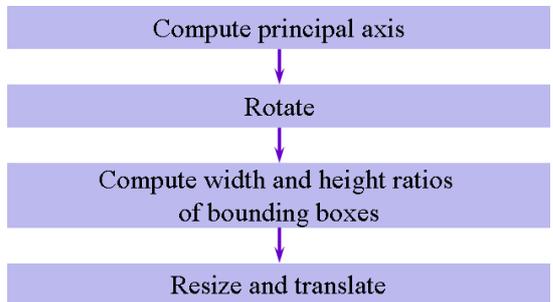


그림 3. 기하학적 변환
Fig. 3. Geometrical transformation

주축은 영역의 중심에서 가장 긴 방향으로 표현되므로, 중심과 영역내의 모든 점과의 평균 각도로 주축의 방향을 결정할 수 있다. 지도 영상에서 영토 영역의 모든 점이 (x_i, y_i) 로 표현된다면($1 \leq i \leq N$), 영상의 pq 차 모멘트(m_{pq})는 식(1)과 같다.

$$m_{pq} = \sum_{i=1}^N x_i^p y_i^q \dots\dots\dots (1)$$

영역의 중심은 식(1)의 모멘트를 이용하여 식(2)와 같이 계산할 수 있다[10].

$$(x_0, y_0) = \left(\frac{m_{10}}{m_{00}}, \frac{m_{01}}{m_{00}} \right) \dots\dots\dots (2)$$

식(2)의 중심 좌표와 영역의 모든 점들과의 평균 각도 [11]로 주축의 방향을 식(3)과 같이 계산한다.

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^N \sin \left(2 \tan^{-1} \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0} \right)}{\sum_{i=1}^N \cos \left(2 \tan^{-1} \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0} \right)} \right) \dots\dots\dots (3)$$

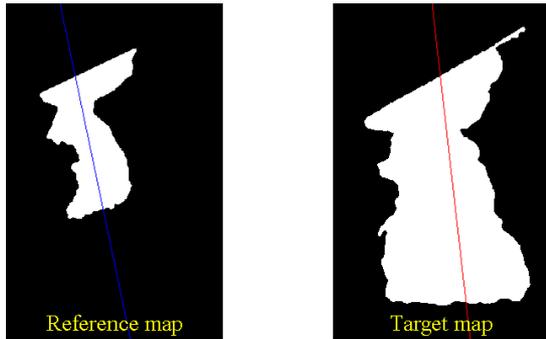


그림 4. 지도 영역의 주축
Fig. 4. Principal axes of map regions

그림 4는 각 지도 영역의 주축을 계산하여, 지도 위에 주축을 표현한 결과이다. 왼쪽의 기준 지도의 주축의 방향(θ_r)과 오른쪽의 대상 고지도의 주축의 방향(θ_t)이 약간의 차이를 보이고 있다. 이를 보정하기 위하여 $\theta_r - \theta_t$ 만큼 대상 고지도를 회전한다.

그림 5의 왼쪽 영상은 그림 4의 대상 고지도를 주축을 $\theta_r - \theta_t$ 만큼 회전한 영상(rotated map)이다. 여기서 두 영상을 최종적으로 비교하기 위해서는 축척의 조정과 이동이 필요하다. 이 과정은 두 영상의 영역에 대한 외곽 사각형(bounding box)을 생성하여 이용한다. 기준 지도의 영역에 대한 외곽 사각형을 B_r 이라고 하고, 회전된 대상 고지도의 외곽 사각형을 B_t 라고 하면, B_t 의 폭과 높이를 각각 B_r 의 폭과 높이가 되도록 대상 고지도의 영역을 조정하고, B_t 의 중심(C_t)과 B_r 의 중심(C_r)이 일치하도록 대상 고지도의 영역을 이동한다. 따라서 회전된 고지도 영상은 식(4)와 같이 축척 조정과 이동을 수행한다. 식(4)에서 (x^*, y^*)는 변환된 좌표이고, C^x 와 C^y 는 각각 x 와 y 축 좌표를 의미하고, S_x 와 S_y 는 축척률로 B_t 와 B_r 의 폭과 높이의 비율이다.

$$\begin{aligned} x^* &= (x - C_t^x)S_x + C_r^x, \dots\dots\dots (4) \\ y^* &= (y - C_t^y)S_y + C_r^y \end{aligned}$$

그림 5의 오른쪽 영상은 식(4)를 이용하여 왼쪽의 회전된 영상을 축척 조정과 이동을 수행한 결과이다.

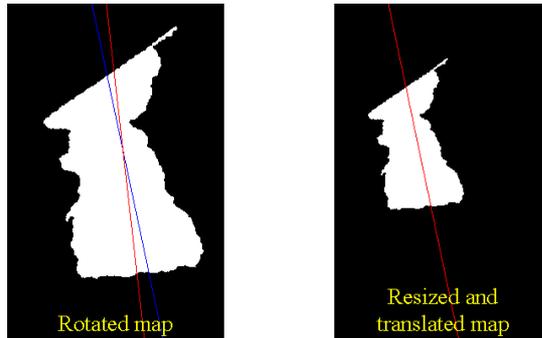


그림 5. 대상 고지도의 회전 및 축척 조정과 이동
Fig. 5. Rotating, resizing and translation of target map

IV. 유사도 평가

대상 고지도는 기준 지도와 영역을 비교할 수 있도록 기하학적으로 변환되었으므로 두 개의 지도는 쉽게 겹쳐 영역의 유사도를 평가할 수 있다. 가장 기본적인 영역의 유사도는 겹쳐지는 영역의 비율(D)을 이용할 수 있으며, 식(5)와 같이 정의한다. 여기서, U 는 겹쳐진 영역의 화소수이고, R 과 I 는 각각 기준 지도 영역과 대상 고지도 영역의 화소수이다.

$$D = \frac{2U}{R+I} \times 100(\%) \dots\dots\dots (5)$$

한반도 지도는 영역의 중심에서 북동쪽방향 끝과 남동쪽방향 끝으로 약 110° 의 각도로 휘어 있다. 따라서 기준 지도와 기하학적 변환된 대상 고지도의 이 각도의 차이(A)를 유사도 평가로 사용한다. D 는 백분율로 표시되므로 100에 가까울수록 유사도가 높은 것이며, A 는 각도의 차이이므로 0에 가까울수록 유사도가 높은 것이다.

V. 실험 결과

제안한 고지도 평가 기법을 검증하기 위하여, 한 개의 고지도를 임의로 회전하여 그림 4의 기준 지도와 비교 평가하였다. 그림 6에서 회색으로 보이는 영상이 대상 고지도의 경계선 영역이고, 기하학적 변환된 영역의 경계는 적색, 기준 지도의 경계는 청색으로 표시하였다. 그림에서 적색으로 표시된 수치는 순서대로 D 와 A 이다. 임의로 회전된 영상에서 기하학적 변환을 사용하므로 유사도가 작은 오차를 가지며 비슷한 결과를 나타내는 것을 볼 수 있다.

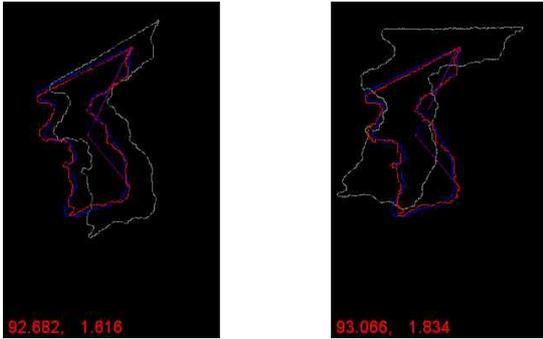


그림 6. 회전된 두 개의 고지도에 대한 유사도 평가
Fig. 6. Similarity evaluation of two rotated maps

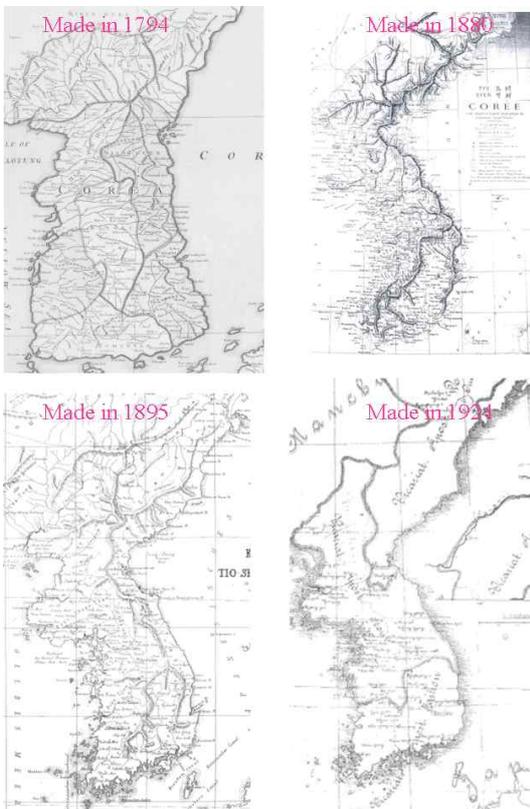


그림 7. 실험에 사용된 고지도
Fig. 7. Tested antique maps

시대별 고지도에 대한 유사도 평가를 위하여 경희대학교 혜정박물관이 소장하고 있는 그림 7과 같은 던의 지도(1794), 하우스만의 지도(1880), 포쥬의 지도(1895)와 프랑스 외방선교회의 교구도(1924)의 고지도를 사용하였다[9, 12].

던의 지도는 프랑스의 당빌과 독일의 캠퍼 그리고 포르투갈의 지도를 바탕으로 영국인이 제작한 지도로서 일본과 함께 당시의 상세한 지명과 지형이 나타나 있다. 하우스만 지도의 표제에는 우리나라를 프랑스어와 한자 그리고 도션이라는 한 글이 함께 나타나 있으며 축적과 주요 도시를 비롯한 간략한 범례 그리고 지형과 지명이 상세하게 나타나 있다. 이와 비슷한 포쥬의 지도에는 우리나라를 일본식 발음의 조선을 영문으로 표기하고 있으며 단지 축적이 나타나 있고 울릉도와 독도 등에 해안이나 섬의 표현이 좀 더 정확하게 나타나 있다. 그리고 교구도는 프랑스 외방선교회에서 축적과 경위선 그리고 주요 지명을 표기하여 발행한 지도로서 1831년 조선교구를 창립한 이후 서울교구와 원산교구가 나타나 있다.

경계선을 손으로 직접 그린 지도를 스캐너를 통해서 영상을 획득했다. 또한 해안선을 제외한 국경선은 시대별로 차이가 있으므로 동쪽으로는 두만강의 하류와 서쪽으로는 압록강의 하류를 직선으로 연결하여 지도 영역을 작성했다. 이러한 분석 대상의 지도는 18세기 후반부터 프랑스나 영국을 비롯한 유럽에서 중국이나 일본에서 습득한 지리 정보에 의하여 비교적 정확한 지도를 제작하였기에 형태 변화의 추이를 살펴볼 수 있는 모델이 될 수 있다.

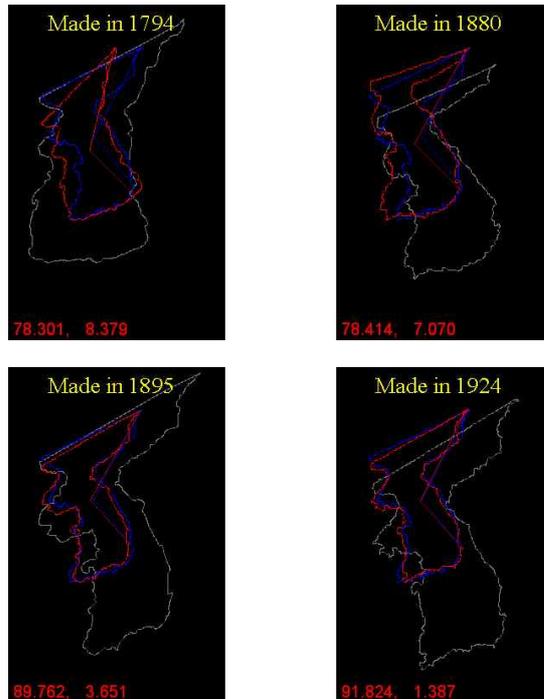


그림 8. 고지도의 유사도 평가
Fig. 8. Similarity evaluation of antique maps

그림 8은 그림 7의 지도를 대상 고지도로 이용하고, 그림 4의 기준 지도와 비교 평가한 결과이다. 시대의 흐름에 따라서 시간적으로도 현대에 가까울수록 현재의 한반도 지도와 가까운 것을 볼 수 있는데, 실험 결과에서도 D 와 A 의 결과와 동일하다. 던의 지도와 하우스만의 지도는 현재의 지도와 달라 북쪽의 특성이 많이 왜곡되어 있는데, 던의 지도는 A 의 차이가 크므로 휘어짐 각도의 왜곡이 심하며, 하우스만의 지도는 북쪽의 영토 영역의 왜곡이 큰 것을 볼 수 있다. 또한 포조의 지도와 교구도는 시간적으로 큰 차이는 발견할 수 없으나, 정밀도면에서 교구도의 유사도가 높은 것은 현재의 지도와 더 유사하다고 판단할 수 있다. 던의 지도는 포르투갈의 지도 정보와 독일이나 프랑스의 지리 정보에 의존하였으나 중국으로부터 전달된 부정확한 지리 정보로 인하여 북쪽은 물론 동해안이나 남해안에 대한 정확도와 유사도의 왜곡이 컸음을 알 수 있다. 또한 하우스만의 지도는 미탐험 지역이었던 북쪽에 대해 부정확한 지리 정보를 사용하면서 동해안의 남쪽보다 북쪽의 왜곡이 심하게 나타나고 있다. 그리고 교구도는 선교사를 비롯하여 서양 세력이나 일본 제국주의를 통하여 수집된 지리정보를 바탕으로 중국 동북지역과 한반도에 대한 정확한 지도를 제작하여 현재와 가장 유사한 형태로 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 고지도의 정확도를 객관적으로 정확히 평가하는 수치임을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서 한반도 고지도의 전체 영역의 특성을 비교하기 위하여, 고지도의 영역을 비교할 기준 지도에 맞게 기하학적 변환을 수행하고, 영역을 비교하여 평가하는 새로운 기법을 제안하였다. 고지도는 국부적으로 형성된 자료로 전체 영토 정보를 작성했기 때문에 현재 지도와의 오차가 크게 나타나므로 고지도의 정확도 평가가 어렵다. 하지만, 제안하는 기법을 사용하면 모든 한반도 고지도를 회전, 축척 및 이동의 변환을 수행하므로 현재 지도와 비교하기 쉽게 수정하므로, 고지도를 쉽게 평가할 수 있다. 따라서 제안하는 기법은 한반도의 고지도를 사료로 쉽게 분석하는데 큰 기여를 할 수 있다.

본 논문에서는 영역적인 특성만을 이용하여 지도를 비교하였으나, 외곽선 정보를 이용하여 영역의 기하학적 변환을 고려한다면 고지도의 국부적인 특성은 유지되면서 전체적인 형상이 현대 지도와 유사하게 변환될 수 있을 것이다. 이와 같이 외곽선의 유사 위치에 의해 선형적 또는 비선형적 변환에 의해 고지도를 변환하여 유사도를 평가하는 기법이 후속 연구로 이루어질 것이다.

참고문헌

- [1] I.W. Oh, "A study on the Shapes of the Korea as an Insula in the 16th and 17th-Century European Cartography," J. Cultural and Historical Geography, Vol. 21, No. 1, pp. 260-273, Apr. 2009.
- [2] I.W. Oh, "A Study on the Changes in Shape Types and Geographical Perception of the Korea Peninsula on the European Cartography," Int. Area Review, Vol. 13, No. 4, pp. 327-356, Winter 2009.
- [3] J. Niederost, "Image analysis for the history of cartography: Drawing conclusions from the evaluation of pfyffer's relief," Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXV, pp. 389-394, Jul. 2004.
- [4] R.D.T. Jansen, "Evaluation Method for an Automatic Map Interpretation System for Cadastral Maps," Proc. Second Int. Conf. Document Analysis and Recognition, pp.125-128, Oct. 1993.
- [5] S.A. Weber and S.R. Yool, "Detection of subsurface archaeological architecture by computer assisted airphoto interpretation," Geoarchaeology: An Int. J., Vol. 14, No. 6. pp. 481-493, Jul. 1999.
- [6] K.H. Kim, "Progress and Prospect of Research on Old Maps in Korea," J. the Korean Association of Regional Geographers, Vol. 13, No. 3, pp. 301-321, Jun. 2007.
- [7] B. Jenny, "MapAnalyst-A digital tool for the analysis of the planimetric accuracy of historical maps," e-Perimtron, Vol. 1, No. 3, pp. 239-245, Summer 2006.
- [8] T. Bayer, M. Cabelka and M. Potuckova, "Cartometric analysis of Vogt's map," ICA Symp. Cartography for Central and Eastern Europe, Feb. 2009.
- [9] Kyung Hee University Hye Jung Cultural Research Institute/Museum, "Sea of Korea," Kyung Hee University Press, 2004.
- [10] D. Lee and Y. Park, "C++ Programming for Image Processing," Interscience, 2008.

- [11] Y.T. Park, "Robust Fingerprint Verification by Selective Ridge Matching," J. the Institute of Electronics Engineers of Korea-SP, Vol. 37, No. 5, pp 1-8, Sep. 2000.
- [12] Kyung Hee University Hye Jung Cultural Research Institute/Museum, "Antique Maps & Korea," Kyung Hee University Press, 2008.

저 자 소 개



이 대 호

1998 : 경희대학교 전자공학과 공학사
 2001 : 경희대학교 전자공학과 공학 석사
 2005 : 경희대학교 전자공학과 공학 박사
 현 재 : 경희대학교 후마니타스칼리지 조교수
 관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, HCI
 Email : nize@khu.ac.kr



오 일 환

1984 : 경희대학교 사학과 문학사
 1988 : 경희대학교 사학과 문학석사
 1997 : 중국 남계대학교 역사학과 역사학박사
 현 재 : 경희대학교 혜정박물관 학예실장/후마니타스칼리지 조교수
 관심분야 : 역사지도학, 문화 콘텐츠, 박물관
 Email : ohil@khu.ac.kr