

디지털 항공영상의 도화성과를 이용한 소축척 수치지도 제작

Small Scale Digital Mapping using Airborne Digital Camera Image Map

최석근¹⁾ · 오유진²⁾

Choi, Seok-Keun · Oh, Eu-Gen

Abstract

This study analyzed the issues and its usefulness of drawing small-scale digital map by using the large-scale digital map which was produced with high-resolution digital aerial photograph which are commonly photographed in recent years. To this end, correlation analysis of the feature categories on the digital map was conducted, and this map was processed by inputting data, organizing, deleting, editing, and supervising feature categories according to the generalization process. As a result, 18 unnecessary feature codes were deleted, and the accuracy of 1/5,000 for the digital map was met. Although the size of the data and the number of feature categories increased, this was proven to be shown due to the excellent description of the digital aerial photograph. Accordingly, it was shown that drawing a small-scale digital map with the large-scale digital map by digital aerial photograph provided excellent description and high-quality information for digital map.

Keywords : high-resolution digital aerial photograph, large-scale digital map, generalization

초 록

본 연구는 최근 많이 촬영되고 있는 고해상도 디지털 항공영상 자료를 가지고 제작된 대축척 수치지도를 이용하여 소축척 수치지도를 제작 하는데 있어서의 문제점 및 효용성을 분석하였다. 이를 위하여 수치지도 지형·지물들의 상관성 분석을 수행하였고, 이들 자료를 기초로 축소편집 작업 공정에 따라 자료를 입력, 지형·지물항목 정리 및 삭제, 자료 편집 및 검수 등을 수행 하였다. 그 결과 18개의 불필요한 지형지물을 삭제하였고, 1/5,000 수치지도 정확도에 만족하였으며, 자료 크기와 지형지물 수는 증가하였으나, 이는 디지털 항공영상의 표현 능력이 우수하여 나타난 것으로 분석되었다. 따라서 디지털 항공영상에 의한 대축척 수치지도를 가지고 소축척 수치지도를 제작하는 것은 표현능력이 우수하여 질 좋은 수치지도 정보 제공이 가능한 것으로 나타났다.

핵심어 : 고해상도 디지털항공사진, 대축척 수치지도, 축소편집

1. 서 론

수치지도 제작은 국가지리정보체계의 핵심 사업으로 국가차원의 많은 예산을 투입하여 다양한 목적으로 국가 기본도 수치지도를 제작하고 있다.

수치지도는 기존의 종이지도와는 달리 수치적 환경에서 사용자가 필요로 하는 정보를 쉽게 편집할 수 있기 때

문에, 이를 이용하여 지형공간적 현상을 축척에 따라 다양하게 변환하고, 이를 이용하여 소축척 수치지도를 제작할 수 있다.

외국의 경우 축소편집 연구를 통하여 고효율의 수치지도를 제작하고 있으나, 우리나라에 직접 적용하기는 전체적인 작업공정이 상이하고, 국토지리정보원에서 요구하는 수준과 표기방법 등 근본적인 측면에서 많은 차이를

1) 정회원, 충북대학교 공과대학 토목공학부 교수(E-mail: skchoi@chungbuk.ac.kr)

2) 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail: sirano13@nate.com)

나타내고 있어 축소편집에 대한 보다 세부적인 연구가 필요한 실정이다.

우리나라는 1997년부터 수치지도 1.0을 이용한 대축척 수치지도의 소축척 변환연구가 수행되었고(국토지리정보원, 1999), 그 후 수치지도 1.0의 구조적인 모순들을 제거하고, 속성정보를 추가한 수치지도 2.0을 제작하면서 수치지도 2.0의 축소편집 알고리즘을 정립하였다(국토지리정보원, 1995, 2004).

2006년부터는 고해상도 디지털 항공사진을 이용한 수치지도 2.0 제작에 관한 연구가 진행되고 있으나, 이를 이용한 수치지도 축소편집에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 고해상도 디지털 항공사진(GSD 0.25m)을 이용하여 얻어진 대축척 수치지도(축척 1/2,500 수준)를 이용하여 소축척 수치지도를 제작하기 위한 연구를 수행하였다. 이를 위하여 수치지도 지형·지물의 상관성을 분석하고, 이를 기초로 축소편집 작업 공정에 따라 자료 입력, 지형·지물항목 정리 및 삭제, 자료 편집 및 검수 등을 수행하였다.

따라서, 본 연구는 고해상도 디지털 항공사진을 가지고 제작된 대축척 수치지도를 이용하여 축소편집과정을 수행함으로써, 자료처리과정에서의 어떠한 효과와 문제점이 있는지를 파악하고, 이들 결과를 이용하여 신속·정확한 소축척 수치지도를 제작함으로써 국가경제에 기여할 수 있는 가능성을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 수치지도 축소편집 이론

대축척수치지도를 이용한 소축척수치지도를 제작하는 축소편집은 “기본자료로부터 공간, 또는 속성 변환을 통하여 기호적 또는 수치적으로 코드화된 지형 자료를 획득하는 과정”으로 정의하고, 이를 일반화라고도 한다(국토지리정보원, 2006).

축소편집은 지도 축척에 따라 일관성과 정확성을 가지고, 지형·지물과 도면상의 요소들이 동일한 형상과 색채를 가지며, 상대 요소들간의 좌표관계와 도형표현에 있어 단순화 및 명확성 있게 편집하는 일련의 작업들을 말한다. 축소편집 작업은 1/5,000에서 1/25,000, 혹은 1/1,000에서 1/5,000으로 수치지도 제작과 축척에 따른 정보의 선택, 단순화 및 일반화 등의 과정을 통하여 소축척 수치지도를 별도로 제작하지 않고도 대축척 수치지도를 이용하여 제작할 수 있다.

지도상에 포함된 세부 레이어의 자료특성과 지도제작

규정 및 법규 등에 따라 각 처리과정별로 알고리즘이 적용된다(Douglas 외, 1973).

지도상에 포함된 지형자료는 대부분 점, 선, 면과 3차원 자료에 해당하는 표면 등 총 4가지 형태로 구분할 수 있다. 이들 일반화 대상이 되는 자료구조중 점과 면에 대한 일반화는 처리개념이 비교적 쉽기 때문에 선에 대한 자료 일반화는 문제의 다양성과 더불어 연구 성과도 많은 실정이다(McMaster, 1992, White, 1985).

일반화 알고리즘은 표1과 같다.

표 1. 수치지도 축소편집 알고리즘의 종류

대상	처리기법	알고리즘의 종류
점	점과 점	군집분석, 비례방사 확대 기법, 가우스방사 확대법
	점 선	군집분석
	점 면	군집분석
선	독립점	규칙적 추출법(Nth Poing), 무작위 추출법
	지역 처리	점간거리 계산법, 점간 변화각 계산법, Jenk 알고리즘
	구속 조건	Lang 알고리즘, Dettori 알고리즘, Opheim 알고리즘, Johannesen 알고리즘, Deveau 알고리즘, Roberge 알고리즘
면	전역 처리	Doug las-Peucker 알고리즘, 가중평균법, ε필터링기법, 수치보간법
	래스터	Zero-Crossing 기법, 격자 필터링 기법
	벡터	Doug las-Peucker 알고리즘, ε필터링기법

3. 축소편집 처리

3.1 지형·지물분류체계의 상관성 분석

본 연구는 고해상도 디지털 항공사진을 이용하여 제작한 수치지도 2.0과 1/1,000 및 1/5,000 수치지도 2.0의 지형·지물 상관성 분석을 통해 1/5,000 수치지도 2.0에 표현해야 하는 지형·지물과 축소편집과정에서 삭제해야 하는 지형·지물을 분석하였다(이재기 외, 2003).

본 연구의 대상지역은 강원도 강릉시 일원으로 도심지, 산악지, 농경지 등이 분포되어 있고, GSD 0.25m 디지털 항공카메라를 이용하여 2009년 8월 촬영된 영상이다.

1/1,000 수치지도 2.0과 고해상도 디지털 항공사진을 이용하여 제작한 수치지도 2.0, 1/5,000 수치지도 2.0에 대한 지형·지물 항목을 분석한 결과 표 2와 같으며, 여기에는 대분류에서 교통에 대한 일부 항목을 수록하였다. 축소편집 과정에서 나타난 지형·지물의 표현 유무에 따라

1/5,000 수치지도 2.0에서 표현하지 않는 지형·지물을 표 2와 같이 삭제하였다(이현직, 2010).

표 2. 수치지도의 지형·지물 항목 비교

레이어	지형·지물	표현 유무		
		1/1,000	고해상도 수치지도	1/5,000
A001	도로경계	면	면	면
A002	도로중심선	선	선	선
A003	인도(보도)	선	선	선
A004	횡단보도	선	선	-
A005	안전지대	면	면	-
A006	육교	면	면	면
A007	교량	면	면	면
A008	교차로	면	면	면
A009	입체교차부	면	면	면
A010	인터체인지	면	면	면
A011	터널	면	면	면

3.2 축소편집 처리

3.2.1 자료입력

본 연구에 이용된 수치지도는 강원도 강릉지역의 고해상도 디지털 항공사진(GSD 0.25m)을 이용하여 촬영된 디지털 항공사진을 이용하여 수치지도 제작한 것으로 축척은 1/1,000에서 1/2,500 수준의 도화성과 데이터이다.



그림 1. 수치지도 입력 결과(25도엽)

본 연구의 축소편집은 고해상도 디지털 항공사진을 이용한 수치지도 25도엽을 가지고 1/5,000 수치지도를 제작하기 위한 것으로 그림 1은 이들 수치지도 입력 결과를 나타낸 것이다.

3.2.2 지형·지물 삭제대상 결정

앞서 분석한 고해상도 디지털 항공사진을 이용한 수치지도 2.0과 1/5,000 수치지도 2.0의 지형·지물 상관성 분석을 기준으로 1/5,000 수치지도 2.0에서는 표현하지 않는 레이어를 표 3과 같이 삭제하였다.

표 3. 삭제 대상 지형·지물 항목

삭제 대상 지형·지물 항목		
레이어	지형·지물	처리내용
A004	횡단보도	삭제
A005	안전지대	삭제
A013	정거장	삭제
A014	정류장	삭제
C017	저장조	삭제
C022	조명	삭제
C023	전력주/통신주	삭제
C024	맨홀	삭제
C025	소화전	삭제
C035	동상	삭제
C036	공중전화	삭제
C037	우체통	삭제
C040	게시판	삭제
C041	표지	삭제
C049	신호등	삭제
C050	차단기	삭제
C053	방지책	삭제

3.2.3 지형지물 정리

수치지형도작성작업규정에 따라 1/5,000 수치지도 2.0의 표현기준에 적합하도록 각각의 지형·지물을 축소편집하였다.

지형·지물 항목 중 대분류의 교통에 해당하는 지형·지물에 대해 「수치지형도작성작업규정 제21조 7항」에 근거하여 1/5,000 수치지도 2.0의 축소편집 규정에 따라 폭 3m 이하의 도로를 그림 2와 같이 정리하였다.

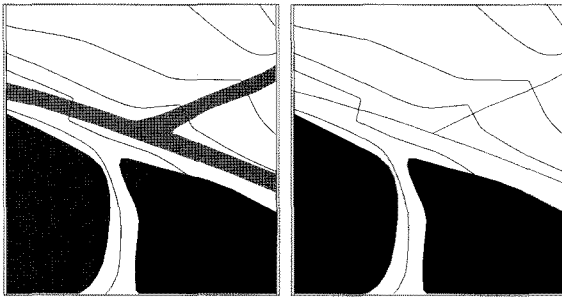


그림 2. 도로 축소편집 결과

「수치지형도작성작업규정」에는 건물의 표현기준이 명확하게 표현되어있지 않기 때문에 「1/5,000 지형도 도식규정 개정(안) 제41조」의 건물표시의 원칙을 준용하였고, 담장의 표현기준은 「수치지형도작성작업규정 별표1 6항」을 준용하였다.

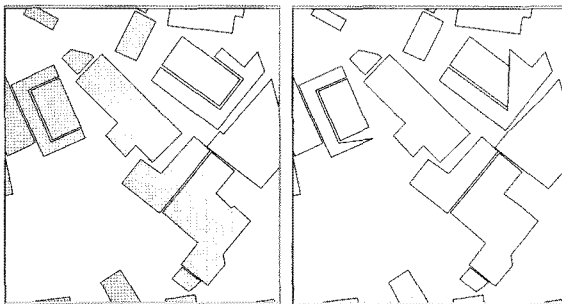


그림 3. 건물 축소편집 결과

이에 따라 지형·지물 항목 중 대분류의 건물에 해당하는 표현기준을 그림 3과 같이 정리하였다.

담장에 대한 축소편집 전·후의 개체수를 비교한 결과 편집작업 전에는 개체수가 131개에서 작업 후 61개로 담장 개체수가 53.4% 줄어든 것을 알 수 있었다.

제방의 표현여부는 제방의 높이와 길이에 의해 결정되며, 「수치지형도작성작업규정 별표1, 2항」에서 규정되어 있는 제방의 지리조사기준을 참고하여 제방의 표현 여부를 결정하였다. 제방의 축소편집 전·후 개체수를 비교한 결과 21개에서 16개로 23.8%가 감소한 것으로 분석되었다.

수계에 관한 표현기준은 「수치지형도작성 작업규정 제21조」의 규정을 참고하였다.

실폭하천은 축소편집시 하천 형태만을 보여주기 때문에 변형 및 왜곡의 우려가 많고, 하천폭에 대한 편차가 크기 때문에 일정한 폭을 유지하여 측정할 수가 없다. 따라

서 실폭하천의 축소편집중에 3m 미만이 있을 경우 실선 처리된 하천으로 인해 하천의 존재가 사라지는 상황이 발생한다. 따라서 디지털 항공사진을 이용하여 수치도화된 실폭하천을 축소편집하지 않고 사용하는 것이 실제 모양과 더 일치하는 것으로 분석되었다. 호수 및 저수지에 대한 축소편집 전·후의 개체 수를 비교한 결과 3개체에서 처리 후 1개로 감소한 것으로 분석되었다.

등고선은 「수치지형도작성작업규정 제9조 2항」에 의해 2m 간격으로 제작된 등고선을 1/5,000 수치지도 2.0 기준인 5m간격으로 축소편집하였다(최석근외, 2010).

5m 단위의 등고선 생성은 1/5,000 수치지도 2.0의 등고선 기준에 적합하도록 세 가지 방법을 이용하여 작업을 수행하였다.

첫째, 「4m와 6m, 14m와 16m, 24m와 26m……」사이에 5m 간격의 등고선을 생성하는 방법과 둘째, 1/5,000으로 축소편집한 결과에 대해서 10m 간격의 등고선 중앙에 5m 간격의 등고선을 생성하는 방법, 그리고 마지막으로 고해상도 디지털 항공사진을 이용한 수치지도의 등고선을 이용하여 TIN을 구성한 후 1m 간격의 등고선을 생성하는 방법 등으로 수행하였다.

5m 간격의 등고선을 생성한 결과 기존 등고선 및 기타 지형·지물과 중첩 시 세가지 문제점이 나타났다.

첫째, 「4m와 6m, 14m와 16m, 24m와 26m, …」사이에 등고선 굴곡이 심한 곳에서는 일부 구간에서 왜곡이 크게 나타났다. 둘째, 1/5,000으로 축소편집한 10m 간격의 등고선 중앙에 5m 간격의 등고선을 생성하는 방법은 디지털 항공사진을 이용한 수치지도의 등고선과 중첩 시 교차오류가 발생하였다. 셋째, TIN구성에 의해 등고선을 생성한 결과 경사가 완만한 지역은 1m 간격의 등고선이 규칙적이고 자연스럽게 생성되었으나, 등고선의 굴곡이 심하면 왜곡이 심하고, 불규칙하게 생성된 선형에 대해 완만화와 단순화의 과정을 별도로 수정하여야 하는 등 작업시간이 추가로 소요되었다.

본 연구에서 등고선 자동생성 테스트 결과 디지털 항공사진을 이용한 수치지도 2.0의 상태를 왜곡시키지 않고 오류 발생이 가장 적은 「4m와 6m, 14m와 16m, 24m와 26m, …」사이에 5m 간격의 등고선을 생성하는 방법을 선택하여 축소편집하였다.

성·절토부는 높이를 알면 제방의 존재 여부를 결정할 수 있으나, 성·절토의 연장에 대한 기준이 없기 때문에 「수치지형도작성작업규정 별표1, 2항」에서 규정하고 있는 제방의 기준인 50m를 준용하여 축소편집을 수행하였다.

표 4. 성·절토, 응벽 개체 수 비교

축소편집 전			축소편집 후	
항 목	성·절토	응 벽	성·절토	응 벽
개체수	216	187	198	91

자료처리 결과 성·절토는 9.2%, 응벽은 48.7%가 감소한 것으로 나타났다.

3.2.4 중첩검수 및 편집작업

등고선은 표고점과 표고수치, 도로 등과의 중첩검수를 통해 논리적인 오류를 범하는 경우에 대해 수작업으로 편집하였다.

건물에 대해 축소편집 기능을 수행한 결과 그림 4와 같은 오류가 발생하였으며, 이를 수정하였다. 따라서 건물을 축소편집 하는 것 보다 건물 그대로의 형태를 사용하는 것이 작업소요시간을 단축하고 정확도를 더 높일 수 있을 것으로 판단된다.

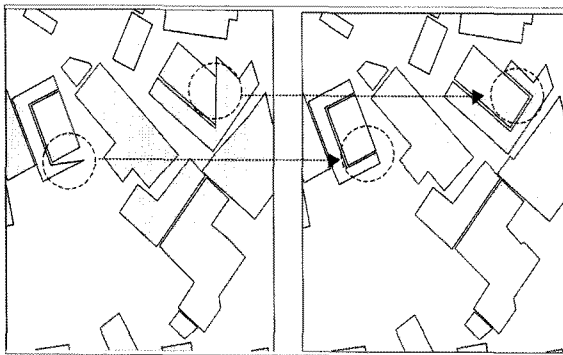


그림 4. 건물 축소편집 정리 결과

3.3 수치지도 축소편집 결과

수치지도작성작업내규와 수치지형도작성작업규정 및 지형도 도식규정의 1/5,000 기준에 따라 축소편집한 결과 그림 5와 같이 나타났다.

축소편집 전·후의 데이터 크기 및 지형·지물의 수를 비교하였다. 축소편집 결과 표 5와 같이 지형·지물의 수와 데이터 크기가 감소한 것으로 분석되었다.

표 5. 지형·지물의 수 및 데이터 크기 비교

구 분	디지털 항공사진 수치지도	축소편집된 1/5,000 수치지도
지형·지물 수	23,901	21,624
데이터 크기	9.838	7.405

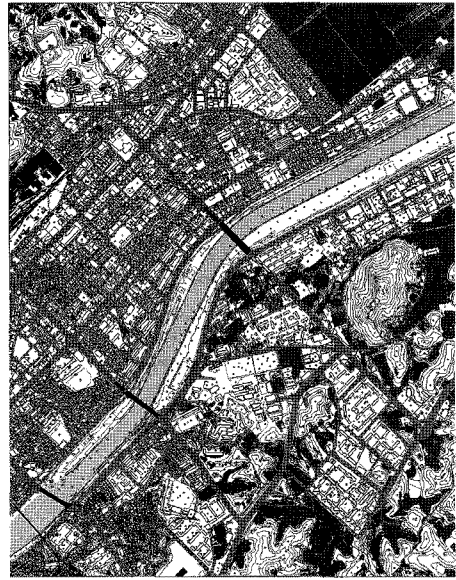


그림 5. 축소편집한 1/5,000 수치지도 2.0

3.4 자료 특성 분석

3.4.1 정확도 분석

정확도 분석을 위하여 고해상도 디지털 항공사진을

표 6. 검사점의 수평위치정확도 분석결과

구 분	검사측량(m)		축소편집된 1/5,000 수치지도 성과(m)	
	X	Y	X	Y
1	191386.409	472424.801	191386.560	472423.780
2	191488.569	472531.299	191489.300	472531.110
3	191524.224	472566.931	191524.050	472567.380
4	191561.666	472547.656	191561.750	472547.920
5	191355.617	472674.002	191355.530	472674.030
6	191364.611	472688.942	191364.270	472689.050
7	191554.052	472576.765	191554.050	472576.720
8	191536.647	472584.077	191536.740	472584.850
9	192744.136	474994.061	192744.050	474994.250
10	192743.504	474991.749	192743.480	474991.840
11	192745.692	474988.208	192744.920	474988.210
12	192748.400	474989.014	192748.340	474988.700
13	192750.504	474990.924	192750.840	474990.650
14	192751.838	474993.151	192751.690	474993.280
15	192749.209	474996.297	192749.050	474996.060
16	192746.622	474996.021	192746.470	474996.060
17	192769.868	474958.741	192769.020	474958.770

1/5,000 축척으로 도화하여 제작한 수치지도와 축소편집으로 제작한 수치지도의 검사점에 대하여 측량 결과를 비교 분석하였다.

검사점에 대한 측량 데이터를 1/5,000으로 제작한 수치지도의 수평위치 정확도를 분석한 결과 표 6과 같이 나타났다.

위치정확도에 대한 평균제곱근오차를 비교·분석한 결과 축소편집에 의해 제작된 수치지도 평균제곱근오차는 dx는 0.343m, dy는 0.427m, dl은 0.548m로 표 7과 같이 나타났다으며, 기존의 방법으로 제작한 것과 유사한 정확도로 나타났음을 알 수 있었다.

또한, 축소편집하여 제작한 1/5,000 수치지도는 「용역사업 검사기준 제정(안) 국가기본도 수정·제작 검사기준」에 나타난 수평위치정확도 허용범위인 3.5m의 기준을 만족하는 것을 알 수 있었고, 1/1,000 수치지도의 수평위치정확도 기준인 0.7m의 기준까지 만족하는 것으로 분석되었다.

표 7. 1/5,000 수치지도 별 정확도 비교

구 분	축소편집으로 제작된 수치지도(m)			1/5,000으로 도화하여 제작한 수치지도(m)		
	dx	dy	dl	dx	dy	dl
최대값	-0.658	-1.131	1.131	0.848	-1.021	1.032
RMSE	0.343	0.427	0.548	0.374	0.375	0.530

3.4.2 데이터 크기분석

본 연구에서는 기존 수치지도와 디지털 항공사진을 이용하여 제작한 수치지도 및 이를 축소편집하여 제작한 1/5,000 수치지도 2.0의 데이터 크기를 비교하였다.

비교 결과 표 8과 같이 기존 방법으로 1/5,000으로 도화하여 제작한 수치지도보다 축소편집에 의해 제작한 1/5,000 수치지도의 데이터 크기가 더 큰 것을 알 수 있었으며, 이는 기존 1/5,000 수치지도의 지형·지물 묘사보다 디지털 항공사진으로 제작한 수치지도의 지형묘사가 더 정확하게 표현되었기 때문인 것으로 분석되었다.

표 8. 수치지도 2.0의 데이터 크기 비교

기존 1/5,000 수치지도 2.0		디지털 항공 사진 수치지도		축소편집 수치지도 2.0	
NGI	NDA	NGI	NDA	NGI	NDA
3,396	1,437	7,326	2,512	5,515	1,890

3.4.3 지형지물 수 분석

본 연구에서는 축소편집으로 제작된 1/5,000 수치지도 2.0과 기존의 1/5,000 수치지도 2.0, 고해상도 디지털 항공사진을 이용한 수치지도 2.0 1도엽의 지형·지물 수를 비교한 결과 표 9와 같이 나타났다.

표 9. 지형·지물 수 비교

수치지도	1/5,000 수치지도	디지털 항공 수치지도	축소편집 수치지도
객체 수	14,816	23,901	21,624

표 9와 같이 기존의 1/5,000 수치지도 2.0은 축소편집 제작한 1/5,000 수치지도 2.0에 비해 지형·지물의 수가 적게 나타났으나, 이는 디지털 항공영상 수치지도 2.0 제작 시 지형·지물을 가능한 최대로 표현하였기 때문에 기존 수치지도 2.0에 비해 약 30% 정도 많이 나타난 것으로 분석되었다.

4. 결론

본 연구는 고해상도 디지털 항공사진으로 도화한 수치지도 2.0(축척 1/2,500수준)을 이용하여 소축적 수치지도를 제작함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 연구에서 제작한 1/5000 수치지도의 정확도 분석 결과 수평위치 정확도 허용범위내에서 만족하였으며, 1/1,000 수치지도의 수평위치정확도 범위까지도 만족시키는 결과를 얻을 수 있었다.
2. 지형·지물분류를 분석한 결과 1/5,000 수치지도에서 표현되지 않는 불필요한 항목이 횡단보도, 정류장 등 18개로 분석되었다.
3. 제방에 대하여 축소편집한 결과 축소편집 전 21개의 개체수가 축소편집후 16개로 감소하였고, 호수·저수지는 3개에서 1개로, 성·절토 지역은 216개에서 198개로 감소한 것을 알 수 있었다.
4. 데이터 및 지형·지물 수 비교결과 기존의 1/5,000 수치지도에 비하여 축소편집으로 제작한 지형·지물 수의 데이터 크기가 약 30% 크게 나타났으나, 이는 고해상도 디지털 항공사진 수치지도 2.0 제작 시 지형·지물 표현이 보다 정확하게 표현되었기 때문인 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구지원비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

국토지리정보원 (1995), "수치지도 작성작업 규칙(건교부령 제17호)", pp. 11-13

국토지리정보원 (1999), "대축척 수치지도의 소축척 변화 및 래스터지도제작에 관한 연구", pp. 23-26.

국토지리정보원 (2006), 지도축소편집자동화시스템개발 III 이재기, 최석근, 박기석 (2003), 수치지도 Ver 2.0을 이용한 일반화 처리공정 개발, 한국측량학회지, 21 (1), pp. 37-44.

이현직, 구대성, 박찬호 (2010), 고해상도 디지털 항공사진

을 이용한 국가기본도 고도화 방안, 한국지형공간정보학회지, 제18권 1호, pp. 135-143.

최석근, 오유진 (2010), 디지털 항공영상 성과를 이용한 대축척 수치지도 축소편집, 충북대학교 건설기술연구논문집, 제29권 제2호, pp. 141-146.

Douglas, D. H. and T. K. Peucker (1973), "Algorithms for the Reduction of the Number of points Required to Represent a Digitized Line or Its Character", The Canadian Cartographer, Vol. 10, No. 2, pp. 112-123.

McMaster, R. B., and Shea, K. S. (1992), "Generalization in Digital Cartography", Association of American Geographer, pp. 17-28.

White, E. R. (1985), "Assessment of Line Generalization Algorithms Using Characteristic Points", The American Cartographer, Vol. 12, No. 1, pp. 17-28.

(접수일 2011. 03. 21, 심사일 2011. 03. 25, 심사완료일 2011. 04. 25)