

수치지도 일반화 위치정확도 품질평가 The Positional Accuracy Quality Assessment of Digital Map Generalization

박경식* · 임인섭** · 최석근***

Park, Kyeong Sik · Lim, In Seop · Choi, Seok Keun

要 旨

수치지도 일반화 과정을 통해 생성된 수치지도의 공간데이터에 관한 품질을 평가하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는, 공간데이터 품질유지 측면에서, 변환된 수치지도 데이터가 해당 축척의 수치지도 규정 및 정확도에 위배되지 않도록 하기 위해 이론적 기대정확도의 허용범위를 살펴보고 공간데이터의 품질 평가 기준을 정립하였다. 그리고, 대축척 수치지도를 소축척 수치지도로 변환할 때, 단순화, 완만화, 정리 등과 같은 처리과정을 통해 복잡성을 감소시키게 되면 공간적인 위치변화는 항상 발생하게 될 것이다. 따라서, 각 지점의 변환된 위치에 관한 공간정확도를 분석하는 것은 매우 힘든 일이기 때문에 평가방법으로서 버퍼링기법을 이용하였다. 비록 축척 1/1,000 및 1/5,000에 대한 일반적인 위치오차의 허용범위는 관련법규를 기준으로 결정되었다 하더라도, 각 처리요소에 적용된 알고리즘들은 서로 다른 특성을 가지고 있기 때문에, 알고리즘에 따라 적절한 매개변수와 허용오차를 결정하지 않는다면, 일반화 처리후의 허용범위를 만족할 수 없을 것이다. 허용범위에 근거를 둔 각 알고리즘의 변수에 관한 본 연구에서의 실험결과는 단순화 및 위치오차의 매개변수가 각각 0.2617 m, 0.4617 m를 나타내고 있었다.

ABSTRACT

It is very important to assess spatial data quality of a digital map produced through digital map generalization. In this study, as a aspect of spatial data quality maintenance, we examined the tolerate range of theoretical expectation accuracy and established the quality assessment standard in spatial data for the transformed digital map data do not act contrary to the digital map specifications and the digital map accuracy of the relational scale. And, transforming large scale digital map to small scale, if we reduce complexity through processes as simplification, smoothing, refinement and so on., the spatial position change may be always happened. thus, because it is very difficult to analyse the spatial accuracy of the transformed position, we used the buffering as assessment method of spatial accuracy in digital map generalization procedure. Although the tolerated range of generic positioning error for 1/1,000 and 1/5,000 scale is determined based on related law, because the algorithms adapted to each processing elements have different property each other, if we don't determine the suitable parameter and tolerance, we will not satisfy the result after generalization procedure with tolerated range of positioning error. The results of this study test which is about the parameters of each algorithm based on tolerated range showed that the parameter of the simplification algorithm and the positional accuracy are 0.2617 m, 0.4617 m respectively.

1. 서 론

수치지도를 일반화하여 산출된 데이터에 관한 공간데이터 품질을 평가하는 것은 매우 중요하다.

대축척 수치지도를 소축척 수치지도로 변환할 때, 복잡성을 감소시키기 위해 적용된 단순화, 완만화, 정리 등 여러 가지 일반화처리에 의해 공간적인 위치변화를 불가피하게 수반하게 되므로 어떤 통계적 모형을 이용하여 단순히 각 지점마다 그 공간상의 변환된 위치의 정확도를 분석하는 것은 매우 힘든 일이다.

위치오차는 각 법규에서 축척별로 정한 규정에 따라 평가방법을 마련하고, 평가방법에 따른 수치지도 기대정

*충북대학교 토목공학과 박사

**충북대학교 토목공학과 박사수료

***대구미래대학 지적토목과 부교수

확도의 범위를 파악하여야 할 것이다. 특히, 우리나라에 적합한 지도일반화의 표준모델로 제시할 수 있는 각 알고리즘별 매개변수나 위치정확도의 허용범위에 관련된 규정이 없으므로 이러한 문제를 해결할 필요가 있다.

본 연구에서는 수치지도의 공간데이터 품질유지측면에서, 일반화처리과정 후 일반화된 수치지도 데이터가 해당 축척의 수치지도 규정 및 정확도에 위배되지 않도록 하기 위해 수치지도의 이론적 기대정확도 평가에 대해 정확도의 범위를 살펴보고 일반화에 의한 수치지도 제작상의 공간정확도 기준을 정립하였다.

그러나, 현재 규정되어 있는 법규는 단지 실세계와 지도 상호간의 관계에 대해서만 언급하고 있을 뿐 일반화를 통한 지도제작에 대해서는 규정하고 있지 않지만 이것을 바탕으로 일반화에 대한 위치오차 기준을 정립할 수 밖에 없었다.

정립된 허용위치오차를 근거로 하여 수치지도 일반화에 사용되는 각종 기법들과 알고리즘을 실험하고 분석하면서 우리나라의 규정에 적합한지 여부와 이때 필요한 매개변수를 결정하였다. 일반화된 소축척 수치지도의 위치오차를 평가하기 위한 방안으로써, 레이어별로 그 특징에 따른 버퍼링(buffering)처리를 하였으며, 이때 버퍼링의 범위는 관련 규정을 바탕으로 본 연구에서 정립한 위치정확도의 규정에 따랐다.

따라서, 본 연구에서는 일반화를 통한 소축척 수치지도 제작시 기준이 되는 축척 상호간의 위치오차를 정립함은 물론, 이에 따른 문제점을 파악하여 대안을 제시함으로써 일반화에 대한 법규 제정과, 보다 고품질의 수치지도를 효율적으로 제작할 수 있도록 기여함을 목적으로 한다.

2. 일반화 위치오차 평가 방안 및 기준

2.1 일반화의 위치오차 평가 방안

수치지도 일반화는 처리과정을 통해 복잡성을 감소시키고, 공간 및 속성 정확도를 유지하며, 자료의 미적 품질과 논리적 체계를 유지함은 물론 도식규정 및 위치정확도 기준을 준수해야 한다. 그러나 대축척에서 소축척으로 단순히 축척을 변경해서는 정보의 밀도가 높아져 필요한 정보를 정확하게 전달할 수 없게 된다. 이것은 일반화 처리과정 중 각 레이어별 축척에 따른 상관성 분석을 통해 삭제 및 표현되어야 할 지형·지물을 결정함

으로써 해결할 수 있으며, 삭제되지 않은 레이어에 대해서는 사용목적 및 축척에 따라 단순화, 완만화, 집단화, 축약, 정리처리, 단선처리 등과 같은 다양한 알고리즘을 통하여 그 축척에 맞는 정보를 명확하게 나타내도록 해야 한다.¹⁾ 이때, 적용된 수치지도 일반화 알고리즘들은 공간적인 위치변화를 불가피하게 수반하게 되고, 이에 대한 위치정확도를 단순히 어떤 통계적 모형을 이용하여 분석하는 것은 상당히 어려운 일이다. 이것은 수치지도 일반화 알고리즘들이 해당 정보를 형성하고 있는 어떤 지점들을 삭제하거나 새로이 생성함으로 인하여 어떤 한 지점에 대한 공간적 위치비교가 불가능해 지기 때문이다. 따라서, 각 지점에 대한 위치정확도를 비교하는 것보다는 아래 그림과 같이 해당 정보에 대해 공간적인 위치오차의 허용범위를 설정하고 각 지점의 삭제나 생성에 관계없이 그 공간적인 변화가 위치오차의 허용범위를 벗어날 경우 오차로 간주하는 것이 전체적인 위치정확도의 유지에 타당할 것이다. 그림 1 및 2에서, (a)는 일반화 처리전 데이터, (b)는 일반화 처리후 생성된 데이터이고 (c)는 일반화 처리후 생성된 데이터의 정확도 유지를 판단하기 위해 처리전 데이터로부터 허용범위만큼 버퍼링을 하여 일반화 처리후 변환된 데이터 즉 (b)가 그 범위 속에 들어오는가를 판단하는 것이다.

위 그림은 도로, 등고선 등과 같이 선형데이터를 단순화 처리하고 이것이 허용오차이내에 있는 지를 판단하기 위하여 원래의 선형을 허용오차만큼 버퍼링하여 단순화

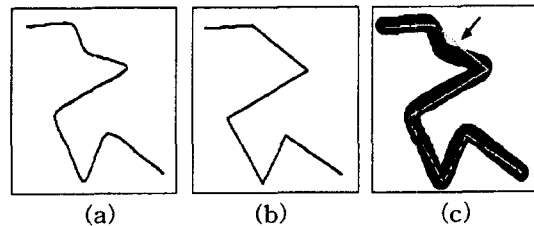


그림 1. 도로, 등고선과 같은 string에 대한 버퍼링

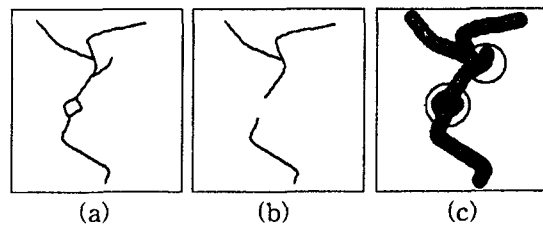


그림 2. 하천에 대한 버퍼링

된 선형과 중첩한 것이다. (c)에서 화살표로 표시된 부분은 허용오차의 범위를 벗어나 오차로 판단되는 부분을 나타낸 것이다.

그림 2는 세류와 같은 대상물에 적용시킨 경우이다. 그림 (a)에서 표현되고 있는 호수와 지류가 그림 (b)에서는 면적 및 길이 비교 일반화를 통하여 일부 삭제되었다. 버퍼링 결과 그림 (c)의 원형 부분과 같이 지류가 끊어지는 부분의 오차를 발견할 수 있고 이러한 부분은 편집을 통하여 연결하여 주어야 한다. 또한 길이비교 삭제된 부분은 오차가 아님을 규명해야 한다.

2.2 위치오차 기준설정을 위한 관련규정

2.2.1 국내규정

일반화된 수치지도의 위치오차를 평가하기 위해 버퍼링 기법을 이용할 경우 버퍼링에 대한 범위를 결정해 주어야 한다. 이 범위는 해당 수치지도에서 요구하는 수준을 만족할 수 있도록 결정되어야 하며, 관련규정을 분석함으로써 정립될 수 있다. 위치오차와 관련된 규정은 수치지도작성작업내규²⁾와 축척별 도식규정이 있으며 주요 규정은 다음과 같다.

수치도화에 따른 축척별 허용오차의 범위는 “수치지도

표 1. 수치도화의 축척별 오차의 허용범위

	평면위치		등고선	
	표준편차	최대오차	표준편차	최대오차
1/1,000	0.2 m	0.4 m	0.3 m	0.6 m
1/5,000	1.0 m	2.0 m	1.0 m	2.0 m
1/25,000	5.0 m	10.0 m	3.0 m	5.0 m

표 2. 곡선데이터에 관한 규정

축척	점간 입력간격		중간점 생략각도	
	제9조 2항	제13조 4항	제9조 2항	제13조 4항
1/1,000	1 m	1 m	6°	6°
1/5,000	5 m	1 m	6°	6°
1/25,000	10 m	10 m	10°	10°

표 3. 곡선데이터의 위치오차

축척	거리 각도에 따른 허용오차		평면위치	
	제9조 2항	제13조 4항	표준편차	최대오차
1/1,000	0.0523 m	0.0523 m	0.2 m	0.4 m
1/5,000	0.2617 m	0.0523 m	1.0 m	2.0 m
1/25,000	0.8716 m	0.8716 m	5.0 m	10.0 m

작성작업내규 제10조”를 근거로 하였고 표 1과 같다.

또한 표 2는 곡선데이터의 점간 입력간격과 중간점을 생략할 수 있는 각도를 나타내고 있으며 1/5,000에서 묘사에 관한 제9조 2항과 벡터편집에 관한 제 13조 4항에서 각각 다르게 규정되어 있다. 위의 기준을 근거로 각 규정에 대한 평면위치 오차를 계산하면 표 3과 같다.

그런데, 제13조 4항에서 일반화에 따른 곡선데이터의 1/5,000의 점간 입력간격과 생략 가능한 각도를 1/1,000과 동일하게 규정한다는 것은 결국 평면위치 오차가 동일하다는 것을 의미한다. 따라서, 이것은 결국 일반화에 의한 처리가 불가함을 나타내므로, 본 연구에서는 제9조 2항의 평면위치오차를 이용하였다.

이상과 같이 관련법규들을 분석하여 정립한 위치오차 기준은 각종 레이어별로 상세하게 규정하고 있으나 전반적인 위치오차는 내규 10조의 표준편차 규정내에 있어야 하며, 바로 이 규정이 우리나라 수치지도의 품질을 평가하는 기준이 되어야 한다.

2.2.2 외국규정

외국의 경우 역시 우리나라와 마찬가지로 각 축척에 대하여 그 위치오차를 규정하고 있으며 외국의 것과 서로 비교하여 봄으로서 일반화를 수행했을 때 나타나는 한계에 대하여 그 방안을 모색할 수 있을 것이다.

표 4. 일본의 위치정확도 규정(m)

지도정보등급	해당축척	정확도(지상좌표, 표준편차)	
		평면 위치	표 고
250	1/250	0.125 이내	0.25 이내
	500	0.25 이내	0.25 이내
1,000	1/1,000	0.70 이내	0.33 이내
2,500	1/2,500	1.75 이내	0.66 이내
5,000	1/5,000	3.50 이내	1.66 이내
10,000	1/10,000	7.00 이내	3.33 이내

표 5. 영국의 상대위치 정확도 규정(m)

측량형태 및 축척(분류)	표준오차	95%	99%
		신뢰구간	신뢰구간
1/1,250 (도시)	<±0.42	<±0.82	<±1.08
1/2,500 (재측재구성된 도시 또는 시골)	<±0.96	<±1.88	<±2.47
1/2,500 (overhaul된 도시/시골)	<±1.82	<±3.57	<±4.69
1/10,000 (황무지)	<±3.89	<±7.62	<±10.02

표 6. 영국의 절대위치 정확도 규정(m)

측량형태 및 축척 (분류)	RMSE	95% 신뢰구간	99% 신뢰구간
1/1,250 (도시)	<±0.42	<±0.73	<±0.90
1/2,500 (재측재구성 된 도시 또는 시골)	<±1.10	<±1.90	<±2.40
1/2,500 (overhaul 된 도시/시골)	<±2.70	<±4.67	<±5.79
1/10,000 (황무지)	<±4.09	<±7.08	<±8.78

표 7. 각국의 위치오차 범위(평균위치) 비교(m)

축척	한국 (표준편차)	일본 (표준편차)	영국 (RMSE)
1/1,000	0.2	0.70	1/1,250 <±0.42
1/5,000	1.0	3.50	1/2,500 <±1.10 1/2,500 <±2.70
1/25,000	5.0	1/10,000 7.0 1/25,000 17.5	1/10,000 <±4.09

일본은 건설성 공공측량작업규정에서 수치지도와 관련하여 표 4와 같이 위치정확도를 규정하고 있으며, 영국 역시 상대위치 정확도와 절대위치 정확도로 표 5 및 표 6과 같이 규정하고 있다.^{3),4)}

이상의 표로부터 우리나라의 위치정확도 규정은 영국이나 일본에 비해 상당히 높은 수준을 요구하고 있음을 알 수 있으며, 보다 객관적인 비교를 위하여 우리나라의 축척으로 일본과 영국의 위치오차 허용범위를 표 7과 같이 산출하여 보았다.

일본은 축척에 따라 위치오차 규정이 일정하게 증가하고 있어 1/25,000의 경우 17.5m를 산출할 수 있었고, 영국의 경우는 지역의 특성에 따라 그 기준이 변하고 있는 관계로 하나로 통일시킬 수 없어 그대로 나타내었다.

위의 표로부터 우리나라의 정확도 규정이 영국이나 일본에 비해 2배 이상 높게 정해진 것을 알 수 있으며, 우리나라의 규정이 상당히 높은 수준임을 알 수 있다. 따라서 수치지도 일반화는 축척간의 위치정확도 차이가 클수록 그 효과가 크게 되는데, 우리나라의 규정을 그대로 적용할 경우 외국에 비하여 그 만큼 효과가 감소됨을 예상할 수 있다.

3. 위치오차 허용범위 결정

수치지도에 있어서 위치정확도는 우리나라와 일본의

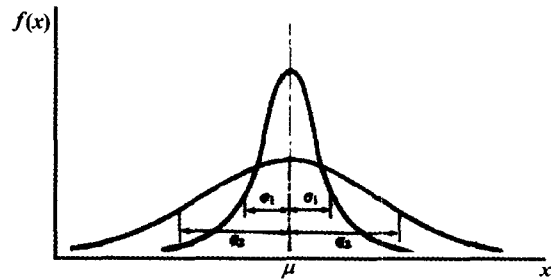


그림 3. 관측값의 확률밀도함수 그래프

경우 표준편차로 표현하고 있으며 일반적으로 측정값이나 관측값의 우연오차는 정규분포를 이루고 오차의 허용 범위를 표준편차의 항으로 결정할 수 있다.

그림 3은 관측값들에 대한 확률밀도함수 그래프로서, σ_1 과 σ_2 는 표준편차를 나타내며, μ 는 최확값이다.

중지도도를 제작한다는 관점에서 보면, 각 축척에서 규정된 실거리 0.2m, 1.0m, 5.0m가 같은 허용범위(도상 0.2mm)를 나타내지만, 수치지도에서는 실제거리를 그대로 표현하고, 전자화면상에서 작성된 도면을 임의로 축소·확대하여 볼 수 있으며, 그렇게 하더라도 각 지형요소(feature)별로 주어진 수치의 속성값은 변하지 않으므로 0.2m, 1.0m, 5.0m는 서로 다른 정도를 가진 허용범위가 될 수 있다.

그림 3에서 함수 $f_1(x)$ 는 고정밀도의 대축척 또는 고정밀도 장비를 사용했을 경우이고, 함수 $f_2(x)$ 는 $f_1(x)$ 보다 정도가 떨어지는 것으로서 소축척 제작시 요구되는 정밀도 또는 다소 정도가 떨어지는 장비를 이용했을 때를 표현하고 있으며, 이 두 함수는 서로 독립적인 관계이다.

그러나, 대축척 수치지도도를 이용하여 소축척 수치지도도를 제작하는 일반화과정에서는 대축척의 자료를 기반으로 하여 소축척 수치지도도를 제작하므로 두 수치지도간에는 서로 독립일 수 없다.

따라서, 대축척 수치지도도를 기반으로 하여 소축척 수치지도도를 얻기 때문에 두 자료는 같은 자료원이라고 할 수 있으며 위치오차에 대한 평가모형을 그림 4와 같이 나타낼 수 있다.

일반화 과정으로 인하여 처리된 소축척 수치지도에 대한 버퍼링의 허용범위는 다음과 같은 조건을 만족해야 할 것이다.

첫째, 대축척지도도를 기반으로 하고 또한 이것을 기준으로 하여 위치오차를 평가하므로 이미 대축척 수치지도에서 포함된 위치오차(σ_L)만큼의 오차를 고려해야 한다.

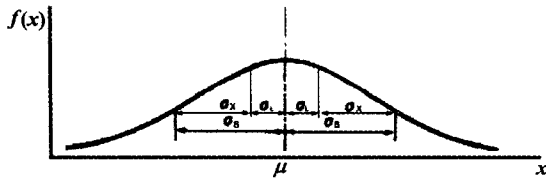


그림 4. 위치오차 평가를 위한 확률밀도함수 그래프

둘째, 변환된 소축척 지도가 실질적으로 도화될 때를 고려하여 수치도화 허용범위 이내의 값을 유지하도록 해야 한다.

그림 4에서 보는 바와 같이 대축척 데이터의 허용오차를 포함하면서 소축척 수치지도의 수치도화 허용범위를 만족할 수 있는 조건식은 다음과 같다.

$$\sigma_L + \sigma_x \leq \sigma_s \quad (3-1)$$

σ_L : 대축척 수치지도에 포함된 허용범위

σ_s : 일반화에 의해 변환된 소축척 수치지도의 위치오차 허용범위

σ_x : 버퍼링에 적용할 수 있는 범위

따라서, 오차의 허용범위 즉 버퍼링에 적용해야 할 범위는 식 (3-2)와 같다.

$$\sigma_x \leq \sigma_s - \sigma_L \quad (3-2)$$

1/1,000축척의 수치지도를 이용하여 1/5,000수치지도를 제작하였을 때 발생하는 위치오차를 한계는 다음과 같다.

$$\sigma_x \leq \sigma_{5000} - \sigma_{1000} = 1.0 - 0.2 = 0.8 \text{ (m)} \quad (3-3)$$

즉, 1/1,000 수치지도상에 있는 각 지형요소들로부터 좌·우 0.8 m의 버퍼링을 한 데이터와 일반화 과정을 통해 제작된 1/5,000 수치지도의 데이터를 비교하여 각 지형요소에 대한 위치정확도를 평가하도록 한다.

4. 처리 요소별 적용된 알고리즘 분석 및 정확도 한계 결정

수치지도에 있어서 일반화란 대축척지도를 소축척지도로 변환하므로써, 복잡한 선형은 단순화시키고, 불필요한 정보는 삭제하는 등의 과정을 통하여 간결한 상태에서 정보를 쉽게 받아들일 수 있어야 하며, 이때 공간 데이터의 위치 오차가 허용범위 이상 발생해서는 안된다.

그런데, 대상물에 대한 위치오차의 허용범위는 관련법 규를 기준으로 결정될 수 있으나, 처리요소에 따라 적용된 알고리즘들은 그 특성이 각기 다르기 때문에 적절한 매개변수와 허용오차를 결정하여야 일반화 처리후의 결과가 허용범위를 만족할 수 있을 것이다. 따라서 적용되는 알고리즘별 매개변수와 그 특성을 일정한 형태의 샘플데이터를 이용하여 분석하였고, 정립된 오차범위를 이용하여 평가할 수 없는 대상물에 대해서는 일반화를 통해 산출된 데이터의 품질을 최대한으로 유지할 수 있도록 그 대안을 제시하였다.

4.1 단순화 알고리즘의 매개변수 분석

수치지도작성작업 내규에 의하면 1/1,000의 경우 곡선의 점간 거리는 1 m를 기준으로 다음 선형과의 편각이 6° 이하이면 생략이 가능하기 때문에 이때 버텍스(vertex)가 소거되면서 이동되는 오차는 0.0523 m이다. 또한 1/5,000 경우 점간거리가 5 m, 생략가능한 편각은 6° 이하이므로 허용되는 위치오차는 0.2617 m 이내이다.

이 규정을 근거로 현재 국립지리원에서 규정하고 있는 거리/각도 알고리즘에 적용하였고 그 외에 Lang 및 Douglas 알고리즘에 대해서도 적용하여 알고리즘의 매개변수에 따르는 변화를 살펴보았다.

4.1.1 거리/각도 알고리즘

단순화 알고리즘 중 거리/각도 알고리즘을 적용하는데는 세가지 경우에 대해 실험하였다.

첫째, 1/1,000의 점간 입력 기준인 1 m를 1/5,000 기준인 5 m 단위로 연결한 다음 편각 6°에 대하여 단순화 처리를 하는 방법이다.

둘째, 다음 버텍스와 편각이 6° 이하일 때까지 모든 중간점을 생략하고 바로 연결하는 방법이다.

셋째, 1/5,000의 최대이동거리 0.2617 m를 위치오차의 허용범위로 결정하고 버퍼링하여 한계를 벗어나지 않는 범위 내에서 가장 길게 직선으로 버텍스를 연결하고 중간점은 모두 생략하는 방법이다.

첫 번째 방법은 1/1,000의 기준인 곡선데이터의 점간 거리 1 m로 선형이 이루어진 경우이다.

거리 1 m에 각도가 1° 변하는 곡선은 그림 5와 같이 매 10 m 마다 직선으로 연결되는 일반화가 되고 이때 최대 오차는 0.2180 m로서 거리 5 m 각 6°의 허용오차인 0.2617 m를 만족한다.

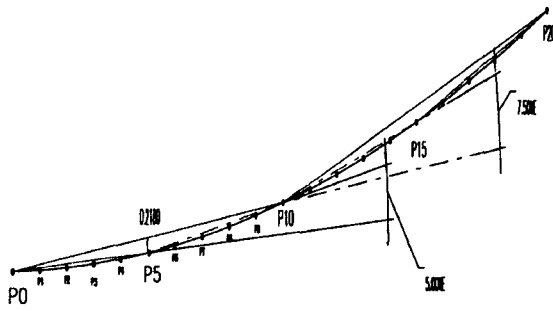


그림 5. 거리/각도 알고리즘(1m-1°)

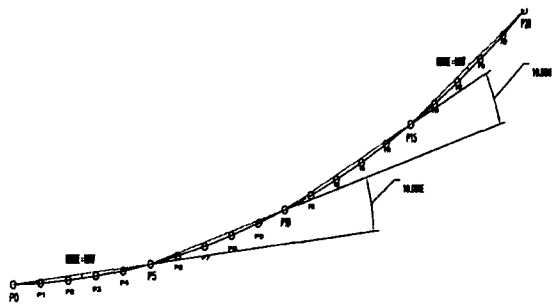


그림 6. 거리/각도 알고리즘(1m-2°)

그러나 거리 1m에 대한 2°의 각이 변하는 곡선에서는 그림 6과 같이 P_0 와 P_5 를 연결한 선과 P_5 와 P_{10} 를 연결한 선과의 편각이 10°이므로 P_0 와 연결할 수 없으며, P_{10} 에서 다시 직선 $\overline{P_0P_{15}}$ 와 $\overline{P_{15}P_{20}}$ 을 비교한다. 이 때에도 편각이 10°가 되어 '편각 6°이내'라는 기준보다 크므로 일반화가 수행되지 않고 그림 6과 같이 나타낼 수 있다.

각의 변화를 3°에서 5°까지 변화시켰을 경우에도, $\overline{P_0P_5}$, $\overline{P_5P_{10}}$, $\overline{P_{10}P_{15}}$, $\overline{P_{15}P_{20}}$ 으로 이루어진 직선간의 편각이 각각 15°, 20°, 25°가 되기 때문에 더 이상 단순화시킬 수 없으며 매 5m 마다 P_0 , P_5 , P_{10} , P_{15} , P_{20} 가 남게 된다.

따라서, 이 방법은 규정에는 가장 적합하지만 편각이 커질 경우 오히려 더 많은 오차를 수반할 위험이 있다.

두 번째 방법은 1m 1° 경우 버텍스를 앞에서부터 하나 하나 계산하여 그 편각이 6° 이하일 때까지 일반화를 수행한다.

그렇게 하면 0에서 11번을 직선으로 연결하였을 때 다음 직선과의 편각이 6°가 되고 이것은 편각 기준에 의하여 12번과도 연결이 된다. 또한 12번까지 연결한 직선과 다음 13번과의 편각은 6.5°가 되어 더 이상 일반화가 되지 않고 12번부터 동일한 과정을 거쳐 24번까지 연결

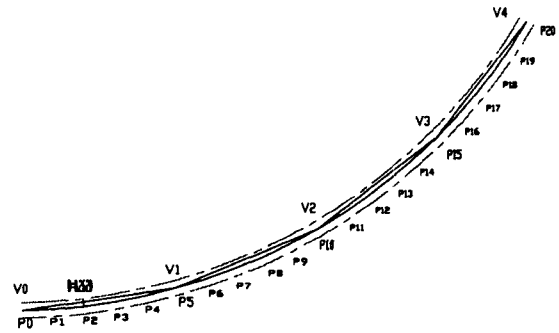


그림 7. 거리/각도 알고리즘의 세 번째 방법

되어진다.

1m 2°의 경우 0-5를 연결하면 6번과의 편각이 6°가 되어 6번까지 연결이 되지만 7번과는 편각이 7°가 되어 더 이상의 일반화는 곤란하다. 동일한 방법에 의하여 1m 3°는 0-4, 1m 4°는 0-3, 1m 5°와 1m 6°는 0-2까지 가능하다.

만약, 버텍스의 각도 변화가 매우 작을 때, 20m 전체가 일반화 되었다고 가정하고 다음 버텍스와의 편각이 6°라면 역시 일반화가 가능하다.

세 번째 방법은 중간점을 생략함으로써 점간 간격이 5m 이상도 될 수 있다는 것을 의미하는 것이고, 이때에도 허용오차는 최대 0.2617m 이내에 있어야 한다. 따라서, 이러한 의미는 결국 각 선형에 대하여 0.2617만큼의 허용오차로서 buffer를 설정하고 이 범위내에 들어오는 버텍스는 모두 연결하는 것과 동일하다.

따라서, 범규에서 정한 모든 조건을 만족하며, 우리나라에 가장 적합한 알고리즘은 세 번째 방법이 된다.

그림 7과 같이, 검정색 선형이 원래의 선형이고 적색 선이 0.2617m의 버퍼링 영역이다. 이 영역내에 들어 있는 버텍스를 각각 연결할 경우 생성된 버텍스 $V_0 \sim V_4$ 를 각각 연결한 선이 일반화를 수행한 것이다.

이 방법은 앞에서부터 버퍼링 영역에 대하여 검사하지만 Douglas 알고리즘은 전체에 대하여 코리도를 설정하고 한계내에 들어 올 때까지 뒤에서부터 수행하기 때문에 방향만 바뀔 뿐 동일한 허용한계를 준다면 동일한 결과를 얻을 수 있다.

4.1.2 Lang 알고리즘

Lang알고리즘⁵⁾은 선택한 전방선택점의 수 만큼의 선을 직선으로 연결하고 각 지점에서의 수선거리가 허용오

차보다 모두 작을 때까지 반복하여 수행한다.

1/1,000 수치 선형 데이터를 1/5,000지도로 일반화 했을 때 전방선택점 수에 따라 남게 되는 벡터의 수와 발생하는 최대오차 및 각도를 살펴보면 1°에서 6°까지 전방선택점이 11개 이상이 되면 모두 동일한 결과를 보이고 있으며, 이는 전방선택점의 한계가 11개임을 나타내고 있다. Lang 알고리즘을 이용할 때, 허용오차는 법규에서 정한 오차를 사용하더라도 전방선택점의 수에 따라 곡선의 선형이 바뀌게 되므로 가장 중요한 것은 전방선택점의 수임을 알 수 있다. 다만 편각이 커질수록 일반화 했을 때 그 선형 역시 부드럽지 못하기 때문에 보다 완만한 정도의 선형으로 일반화 하려면 전방 선택점의 수를 줄이는 것이 좋으며, 이것은 상황에 맞게 적절히 판단해야 한다.

4.1.3 Douglas 알고리즘

Douglas 알고리즘⁶⁾은 거리와 각에 관계없이 최대오차가 허용오차내에 있는 경우 무조건 연결하게 되도록 하는 것이다.

이것 또한 지점의 간격을 1 m로 일정하게 두고 편각을 1°에서 6°까지 같은 방향으로 변화시킨 후 각각의 경우에 대해 축척에 따라 주어지는 최대허용완충오차(0.2617)를 적용하여 지점수와 최대오차를 구하여 그 관계를 검정해 본 결과 표 8과 같다.

1/5,000의 규정에 맞는 최대허용완충오차(0.2617)를 적용하여 단순화를 실시했을 때, 최대오차는 0.2617 m 이내 분포하게 되므로 위치정확도에 대해 충분히 만족할 수 있었으며 국립지리원에서 규정하고 있는 거리/각도 알고리즘과 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

이상의 결과로 보아 세 가지 알고리즘 모두 단순화 처리하는 데 있어서 동일한 허용오차를 제시하면 모두 동일한 결과를 얻을 수 있다. 다만 Lang 알고리즘은

표 8. Douglas 알고리즘(1 m, 1°~6°)

	일반화전		일반화 후 (거리 5 m 각 6°) (1/5,000기준)		
	Ver수	Ver수	Ver No	최대오차	최대각
1°	21	3	0,10,20	0.2180	10°
2°	21	5	0,5,10,15,20	0.1047	10°
3°	21	5	0,5,10,15,20	0.1569	15°
4°	21	5	0,5,10,15,20	0.2089	20°
5°	21	5	0,5,10,15,20	0.2608	25°
6°	21	9	0,3,5,8,10,13, 15,17,20	0.1045	15°

전방선택점을 선택할 수 있는 데 이것은 제시되는 허용 오차에는 어떠한 영향도 미치지 않으나 곡선의 완만성을 나타내는 데 중요한 역할을 한다.

4.2 완만화 알고리즘

그림 8은 Chaiken 알고리즘을 이용하여 1 m-5°의 선형을 일반화한 것이고, 이 때 일반화를 수행한 선분과 원래 선형과의 최대오차는 0.2594이다. 일반화된 선형이 매끄럽지 못하다고 판단되어 Chaiken 알고리즘으로 0.2617의 오차한계를 주어 완만화를 수행해본 결과 청색 선과 같이 나타났다. 원래 선형의 벡터스수는 21개였으며, 단순화 처리를 했을 때 5개의 벡터스로 이루어 졌다. 이것을 완만화 처리했을 때 벡터스수는 6개였으며, 원래 선형과의 최대오차는 0.5381이다. 그런데, 단순화의 목적중 하나가 복잡한 선형을 단순화 시키고 자료량을 감소시키는 일반화 기본요소에 위배되므로 Chaiken 알고리즘의 완만화는 문제가 있다.

그림 9는 동일한 조건으로 Hermite 알고리즘을 사용하여 완만화를 수행한 것이다. 청색으로 나타난 것이 완만

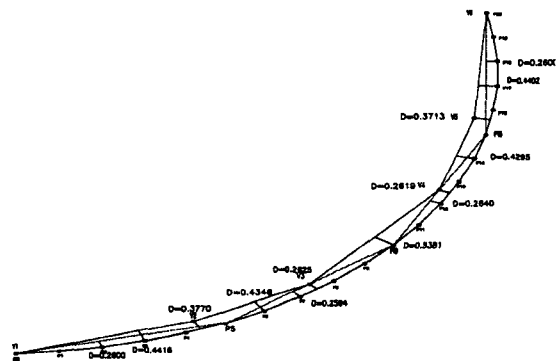


그림 8. Chaiken 알고리즘에 의해 완만화된 곡선

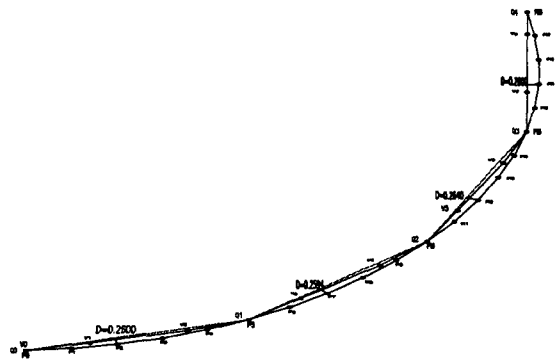


그림 9. Hermite 알고리즘에 의해 완만화된 곡선

화를 수행한 것으로 최대오차가 0.1982로 Chaiken보다는 정확함을 보이고 있고 선형 역시 미려한 편이다. 그러나 수준을 2로 했을 때 버텍스수는 17이었고, 3으로 하면 21개, 4로 하면 25개가 되어 오히려 단순화나 완만화를 아니함만 못한 결과를 보였다.

이상의 결과로부터 단순화된 선분을 다시 완만화 할 경우 오히려 더 큰 오차가 발생하게 되며 이 경우 차라리 Lang 알고리즘을 사용하여 적절한 전방 선택점을 선정하는 것이 원래의 선형을 유지하는데 타당하다.

4.3 정리처리

4.3.1 단선처리

도로와 하천의 경우 1/1,000에서는 폭 0.6m 이상은 모두 실폭으로 표현하고 이들 중 1/5,000에서는 폭이 3m 이상인 것만 실폭으로 표현하도록 되어 있다. 이것을 그림으로 표현하면 다음과 같다.

다만 하천이나 도로의 폭이 변하는 지점에서 항상 도로의 폭을 점검하여 주어야 하는데 이것은 도로폭에 대한 버퍼링의 범위를 3m 미만으로 결정함으로써 처리될 수 있다.

그림 10에서 검정색은 원래의 실폭 선형이고 청색선은 이것을 단순화 처리한 것이다. 도로와 하천의 표현 규정에 의하여 단선처리를 하게 되면 폭 3m 이하의 도로인 경우 적색의 점선과 같은 중심선이 되고 이것을 다시 단순화하면 청색의 점선과 같이 된다. 이때 단선처리한 것과 원래 선형의 중심선과의 오차는 일반화의 허용오차내에 분포하게 되어 곡선의 규정에 적합하다. 따라서 하천이나 도로등과 같은 선형의 단선처리는 항상 허용오차내에 분포하기 때문에 정확도에 문제가 없다.

4.3.2 등고선 처리

등고선의 경우는 간단하게 처리될 수 있다. 먼저 1/1,000의 주곡선 레이어는 삭제하고 계곡선 레이어는 1/5,000의 주곡선 레이어인 7111로 변환한다. 그리고 매 5

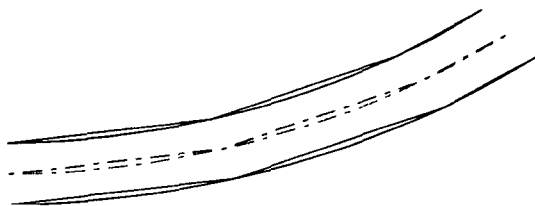


그림 10. 단선 정리 (1/1,000 → 1/5,000)

표 9. 축척별 레이어 번호 및 간격

	1/1,000		1/5,000	
	계곡선	주곡선	계곡선	주곡선
Layer	CAA001	CAA002	7114	7111
등고선간격	5 m	1 m	25 m	5 m

개 마다 하나씩 레이어를 계곡선인 7114로 변경하면 된다. 이때 등고선 역시 일반화 처리를 통하여 단순화를 수행하되 그 허용오차는 곡선데이터의 규정에 따라 0.2617m로 처리하면 최대오차 역시 1/5,000의 규정인 2.0m 내에 분포하게 된다.

4.4 독립건물

특별한 경우가 아닌한 건물을 서로 통합하여 나타내는 것이 필요하다. 이때 도식적용규정 제 1장 2절 6조에서 지물을 표시할 경우 평면위치의 전위는 3.5m 이내로 할 수 있으며, 1/1,000에서 이미 포함된 오차 0.2m를 제외하고 인접하는 건물에 대해 최대오차를 적용하여 전위오차를 1.8m로 할 수 있으므로, 두 건물의 인접하는 변을 각각 1.8m로 버퍼링하여 하나의 건물로 통합한 것이 그림 11이다.

만약 이러한 오차가 표준편차의 규정이나 전위오차로서 수용될 수 없다면, 그 대안으로 각 건물을 통합하되 통합된 건물내부에 원래의 각 건물에 대한 무게 중심을 위치시키는 방법이 제시될 수 있을 것이다. 이 경우 개개의 건물 외곽에 대한 오차는 허용오차보다 크지만, 건물의 위치오차를 외곽에 의하지 않고 내부의 중심점에 의하여 평가한다면, 원래의 위치에 대한 오차는 간단하게 처리될 수 있다.

그림 12의 왼쪽은 원데이터이고, 오른쪽은 원래의 건물에 버퍼링을 실시한 후 이를 통합할 때 통합건물내에

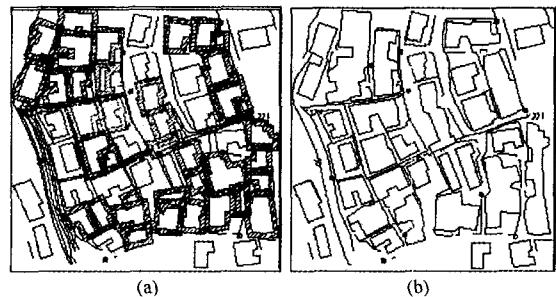


그림 11. (a) 독립건물 버퍼링, (b) 버퍼링에 의한 건물의 통합

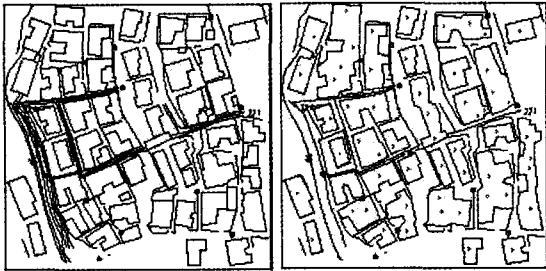


그림 12. 통합건물내의 무게중심표현

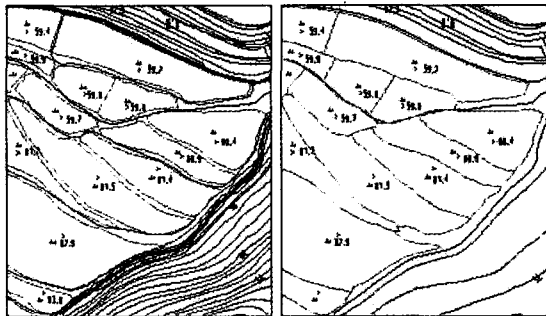


그림 13. 경지계의 통합

원 건물의 무게 중심을 고려하여 각 건물에 대해 표현한 것이다.

4.5 지 류 계

독립건물과 같이 최대오차규정을 이용하여, 양 경계간의 거리가 최대 3.6m 이내에 있을 경우 우선 연결하도록 하였고, 이때 경계선 중 최대오차가 허용 최대오차를 초과하는 경우에는 각각의 경계선으로 그대로 두도록 하여 일반화한 결과 그림 13과 같이 나타낼 수 있다

5. 결 론

수치지도 일반화를 통하여 변환된 수치지도에 대한 품질을 평가하기 위해 공간데이터에 대한 위치오차에 관한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 1/1,000축척의 수치지도를 이용하여 1/5,000 수치지도를 제작할 때 발생하는 위치오차는 버퍼링을 이용하여 점검하고 그 한계는 1/5,000의 수치지도 표준편차 기준인 1.0m로부터 1/1,000수치지도의 표준편차 0.2m를 뺀 나머지 0.8m로 결정하였다.

2. 1/1,000 수치지도에서 1/5,000 수치지도로 변환할 때 선형데이터에 대한 단순화 알고리즘에 대해 매개변수를 0.2617m로 규정하므로써, 변환된 데이터의 위치정확

도는 0.4617(0.2617 m + 0.2 m)가 되므로 1/5,000의 표준 편차 규정 1m이내를 만족하였다. 그러나 일반화를 실시 하면 도리어 선형데이터의 버텍스가 증가되므로 일반화 수행시 데이터가 감소되어야 한다는 기본적인 원칙에 위배되므로 사용하지 않는 것이 좋다.

3. 건물의 통합처리시 내규에서 정한 최대오차범위내에서 통합이 가능하며, 만약 이러한 오차가 표준편차의 규정이나 전위오차로서 수용될 수 없다면, 하나의 대안으로서 각 건물을 통합하되 통합된 건물내부에 원래의 각 건물에 대한 무게 중심을 심볼로 하여 위치시키는 방법을 제시하였다. 이 경우 개개의 건물 외곽에 대한 오차는 허용오차보다 크지만 건물의 위치오차를 외곽에 의하지 않고 내부의 중심점에 의하여 평가한다면 원래의 위치에 대하여 오차는 간단하게 처리될 수 있다.

4. 수치지도작성작업내규 제13조 4항에서 일반화에 따른 곡선데이터의 1/5,000의 점간 입력간격과 생략 가능한 각도를 1/1,000과 동일하게 규정한다는 것은 결국 평면위치 오차가 동일하다는 것을 의미한다. 이것은 결국 1/1,000과 1/5,000으로 일반화 처리시 곡선부분은 단순화시킬 수가 없다는 결론이며, 일반화 처리가 불가능하여 대부분 선형으로 이루어진 지도인 경우 소축척으로 처리했을 때 오히려 복잡성을 증가시키는 결과를 초래한다. 따라서 관련규정이 통일되어야 한다.

이상과 같은 연구를 통하여 대축척지도를 이용한 소축척지도 제작시 일반화 처리에 대한 기준을 정립하여 보았으며, 이를 토대로 하여 일반화를 수행할 경우 보다 고품질의 수치지도를 제작할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 박경열, 최석근, "대축척 수치지도의 소축척 변환 연구 (I)", 국립지리원, 1998.
2. 건설부 국립지리원, "수치지도작성작업내규", 1995
3. 일본측량협회, 건설성, "공공측량 작업규정 해석과 운용", 1996
4. Ordnance Survey, "Quality System Specification", Crown, 1995
5. Lang, T., "Rules for the Robot Draughtsmen", The Geographical Magazine, Vol. 42, No. 2, 1969, pp. 50-51.
6. Douglas, D.H., and Peucker, T.K. "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, 1973, pp. 112-123.