

수치지도 도로사상의 위치정확도 측정방법

박수홍*, 구지용**

A method for Measuring Positional Accuracy of Road Objects in Digital Topographic Maps

SooHong Park, Chayong Ku

요 약

국내 1:1,000과 1:5,000 수치지도의 제작이 완성단계에 이르고 다양한 목적에의 활용이 예상됨에 따라 제작된 수치지도의 위치정확도가 주요한 이슈로 부각되고 있다. 제작자의 측면에서 뿐만 아니라 사용자의 측면에서도 수치지도의 위치정확도는 사용목적에 따른 판단의 기준으로 중요한 의미를 갖는다. 기존 수치지도 위치정확도 측정방법은 대부분 표본점의 추출에 의한 통계량 분석에 기초하고 있으며, 최근에 소개된 선형사상의 위치정확도 측정방법도 실쪽으로 표현되는 국내 수치지도 도로사상의 정확도 측정에는 적용하기가 어려운 단점이 있다.

본 연구에서는 1:5,000 수치지도의 도로사상에 대한 위치정확도를 측정할 수 있는 방법과 절차를 개발하고 모든 과정을 상용 GIS 소프트웨어를 이용하여 구현하였다. 또한 사례지역으로 서울시 강남구 일부지역을 선정하여 도로사상의 위치정확도를 분석하였다.

ABSTRACT : Various digital topographic maps including 1:1,000 and 1:5,000 have been produced for years and these digital maps are expected to serve a wide range of purposes. Most previous research about measuring positional accuracy for digital topographic maps depends on a method that acquires sample points from the tested map and compares to the corresponding known true locations using some statistics. Recently, a simple method for measuring positional accuracy for linear features is introduced, but it has substantial problems applying to the spatial features such as roads, railroads, streams represented with double lines on the recently produced 1:1,000 and 1:5,000 digital topographic maps. This study develops and implements an effective method that measures road objects represented in the 1:5,000 digital topographic maps using a conventional GIS software. We also apply this method to a small study area located in Kangnam Gu, Seoul and illustrate the usefulness of this method.

* 서울시정개발연구원 지리정보연구센터 부연구위원(Center for GIS, Seoul Development Institute, San 4-5, Yejangdong, Choonggu, 100-250, (02)726-1193)

** 서울대학교 지리학과 박사과정(Dept. of Geography, Seoul National University, San 56-1, Shinlimdong, Kwanakgu, 151-742, (02)886-4981)

1. 서 론

1.1 연구배경

1995년부터 시작된 국가지리정보시스템(NGIS) 구축사업의 일환으로 국가기본도인 1:5,000 지형도의 수치지도화 사업이 우리나라 전역(당초 산악지역은 1:25,000으로 제작하였으나 최근 1:25,000 수치지도를 1:5,000으로 다시 제작)을 대상으로 추진되어 왔으며 최근에 1:5,000 수치지도가 유통되기 시작하였다. 1:5,000 수치지도와 아울러 1:1,000 수치지도도 전국의 73개 지방자치단체에서 국가지리정보시스템(NGIS) 구축 사업계획에 따라 제작되고 있는데, 서울시의 경우 98년 11월에 제작이 완료되었다(국립지리원·서울특별시, 1997; 서울시정개발연구원, 1998).

1:1,000 수치지도는 대부분의 경우, 항공사진의 해석도화에 의해 신규로 제작되었으나, 1:5,000 수치지도는 제작비용을 절감하고 기간을 단축하기 위해 기존 1:5,000 지형도 원판의 스캐닝에 의해 제작되었다. 그러나 정확도를 향상하기 위해 최근에 촬영된 항공사진을 사용하여 기존 지형도 원판을 수정하는 방법을 취하고 있다(국립지리원, 1998a).

1:1,000과 1:5,000의 수치지도에 대한 정확도 기준은 국립지리원의 수치지도 작성작업내규(국립지리원, 1995)에 명시되어 있는데, 제작단계별로 허용 오차를 설정해놓고 있다. 그러나 완성된 수치지도에 대한 종합적인 정확도의 기준(오차의 한계)은 아직까지 설정되어 있지 않다.

수치지도에서 선형사상(도로, 하천, 등고선, 해안선 등)에 대한 위치정확도의 측정은 개념적으로나 실제적으로 정확도 측정이 용이한 점사상에 비해 상대적으로 많은 어려움을 내포하고 있다. 일반적으로 수치지도의 공간사상에 대한 위치정확도는 수치지도상의 위치와 실제위치(보통의 경우, 실측에 의한)의 차이에 의해 평가될 수 있는데, 점사상의 경우에 차이의 RMSE(Root Mean Square Error)나 백분위수(percentile)에 의해 보통 측정된다. 이와같

이 점사상의 경우 적절한 표본의 추출과 표본의 통계치에 의해 정확도를 측정할 수 있다. 미국을 비롯한 각국에서 수치지도의 정확도 측정을 이러한 방법에 의해 실시하고 있다(국토개발연구원, 1997).

선형사상의 위치적 정확도를 측정할 수 있는 하나의 방법으로는 측정하고자 하는 선형사상에서 일련의 표본점을 추출하고 이를 실측에 의해 정확한 위치를 구하거나 상대적으로 정확도가 높은 데이터에서 동일한 위치의 값들과 비교하는 방법이다(Goodchild and Hunter, 1997). 그러나 비교대상의 표본점을 찾는 작업이 쉽지 않고 특히, 곡선부분이 많은 선형사상인 경우에 많은 어려움이 있으며, 선형사상이 차지하는 공간적인 범위가 넓은 경우 이 방법의 적용이 쉽지 않다.

현재 우리나라는 수치지도 제작이 완성되어 유통되는 단계에 이르렀으며 점차 활용분야가 증가하고 있다. 이러한 시점에서 사용자가 수치지도를 이용할 때 수치지도에 수록된 사상들의 위치정확도를 판단할 수 있어야 하며, 이를 위한 효과적인 방법의 개발이 필요하다. 특히 도로사상의 경우, 다양한 분야에서 이용될 것으로 예상되기 때문에 실용적인 위치정확도 측정 방법이 요구되고 있다.

1.2 연구목적

본 연구는 수치지도의 도로사상에 대한 위치정확도를 측정할 수 있는 방법을 개발하고 이를 실제적인 사례에 적용하여 측정방법의 효용성을 제시하고자 한다. 구체적으로 본 연구는 우리나라 1:5,000 수치지도의 도로사상에 적합한 위치 정확도 측정방법을 소개하고 이를 서울시 소규모지역(강남구 일부지역)에 적용하여 정확도를 분석하였다.

2. 국내외 수치지도 위치정확도 연구동향

2.1 수치지도의 위치정확도 측정방법

국립지리원(1998b)은 1:1,000과 1:5,000 수치지도의 위치정확도를 제작단계별로 발생할 수 있는 오차의 한계를 바탕으로 계산된 기대정확도와 실측성과와의 비교에 의한 위치정확도로 나누어 분석하였다. 수치지도의 기대정확도는 제작단계별로 설정된 오차의 한계와 우연오차전파법칙에 따라 계산되었다. 1:5,000 수치지도의 기대정확도는 다음과 같다.

○수평위치의 기대정확도

$$\text{SQRT}[(\text{원도오차 } (\pm 3.5m)^2 + \text{자동독취오차 } (\pm 1.0m)^2 + \text{수동입력오차 } (\pm 2.0m)^2 + \text{벡터편집오차 } (\pm 2.0m)^2 + \text{정위치편집오차 } (\pm 2.0m)^2] = \pm 5.02(m)$$

○ 수직위치의 기대정확도

$$\text{SQRT}[(\text{원도오차 } (\pm 1.67m)^2 + \text{자동독취오차 } (\pm 1.0m)^2 + \text{수동입력오차 } (\pm 2.0m)^2 + \text{벡터편집오차 } (\pm 2.0m)^2 + \text{정위치편집오차 } (\pm 2.0m)^2] = \pm 3.97(m)$$

이 연구에서 1:1,000 수치지도의 기대정확도는 제작방법의 다양성을 고려하여 1:5,000과 마찬가지로 기존 원도를 이용한 방법에 대해서만 분석을 하였는데, 결과는 아래와 같다.

○수평위치의 기대정확도

$$\text{SQRT}[(\text{원도오차 } (\pm 0.7m)^2 + \text{자동독취오차 } (\pm 0.2m)^2 + \text{수동입력오차 } (\pm 0.4m)^2 + \text{벡터편집오차 } (\pm 0.4m)^2 + \text{정위치편집오차 } (\pm 0.4m)^2] = \pm 1.00(m)$$

○수직위치의 기대정확도

$$\text{SQRT}[(\text{원도오차 } (\pm 0.33m)^2 + \text{자동독취오차 } (\pm 0.2m)^2 + \text{수동입력오차 } (\pm 0.4m)^2 + \text{벡터편집오차 } (\pm 0.4m)^2] = \pm 0.79(m)$$

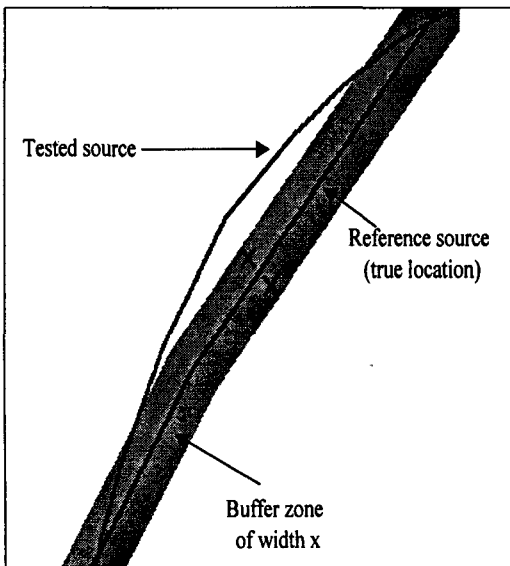
$$\text{SQRT}[(\text{원도오차 } (\pm 0.4m)^2 + \text{정위치편집오차 } (\pm 0.4m)^2] = \pm 0.79(m)$$

기대정확도 분석과 아울러 이 연구에서는 최종 성과물인 1:1,000과 1:5,000 수치지도의 위치정확도를 현지조사 성과(실측성과)에 의해 분석하였다. 1:5,000의 경우, 동일지역의 1:1,000 수치지도와와의 비교에 의한 수평위치 정확도 분석과 실측성과에 의한 수평위치 정확도 분석을 동시에 실시하였다. 1:1,000 수치지도와와의 비교에 의한 분석에서는 4개 지구(과천, 수원장안, 수원권선, 서울성동)의 12도엽에서 총 291점을 추출하고 이들 점을 동일지역의 1:1,000 수치지도에서 최확값으로 구하고 서로 비교하였다. 분석결과 1:1,000 수치지도와와의 비교에 의한 1:5,000 수치지도의 수평위치오차는 $\pm 4.29m$ 로 나타났다. 실측성과에 의한 1:5,000 수치지도의 수평위치 정확도 분석에서는 3개 대상지구(과천, 수원, 서울지구)의 166점을 후방교회법 원리를 이용한 상대거리 실측성과와 동일점에 대한 1:5,000 수치지도상의 성과를 비교하였다. 실측성과에 의한 1:5,000 수치지도의 수평위치오차는 $\pm 5.42m$ 로 나타났다.

1:1,000 수치지도의 수평위치 정확도는 3개지구(과천, 수원장안, 서울성동)의 총 376점을 1:5,000의 경우와 마찬가지로 상대거리 실측성과를 이용하여 분석하였는데, 3개 지구의 평균이 $\pm 0.66m$ 로 나타났다. 또한 과천지구의 경우에는 기존에 제작되어 있는 1:1,000 수치지도 4개 도엽과 이를 신규로 다시 제작한 수치지도 4개 도엽을 실측성과와 서로 비교하였다. 신규로 제작한 1:1,000 수치지도와 실측성과에 의한 비교에서는 $\pm 0.48m$ 의 오차를 보였으며, 기존에 제작된 1:1,000 수치지도와 실측성과에 의한 비교에서는 $\pm 0.87m$ 의 오차를 나타내었다.

2.2 선형사상의 위치정확도 측정방법

Goodchild and Hunter(1997)는 선형사상의 위치 정확도를 측정할 수 있는 방법을 소개하였다. <그림 1>에서와 같이 상대적으로 정확도가 높은 데이터(reference source)에서 추출된 선형사상의 주위에 일정한 간격(x)의 버퍼를 생성하고 측정하고자 하는 동일 선형사상(tested source)을 중첩하여 버퍼내에 속하는 선형사상의 길이의 비율(p)을 측정한다. 여기서 함수 $p(x)$ 는 흔히 점사상의 정확도 측정에서 발생할 수 있는 극단치(outliers)에 대한 영향을 최소화 할 수 있고 측정하고자 하는 사상의 길이에 무관하며, 좌표계의 회전, 이동, 확대/축소에 영향을 받지 않는다. 또한 $p(x)$ 를 누적확률분포로 생각하면 $p(0)=0$ 이고 $p(\infty)=1$ 이 되며, x 의 값을 해당되는 백분위수로 간주할 수 있다. 예를들어 측정하고자 하는 선형사상의 버퍼내에 속하는 길이의 비율이 95% 일 때 버퍼의 길이(x)를 95번째 백분위수로 해석할 수 있다.



<그림 1> 비교대상의 선형사상들과 버퍼지역의 설정 (Goodchild and Hunter, 1997)

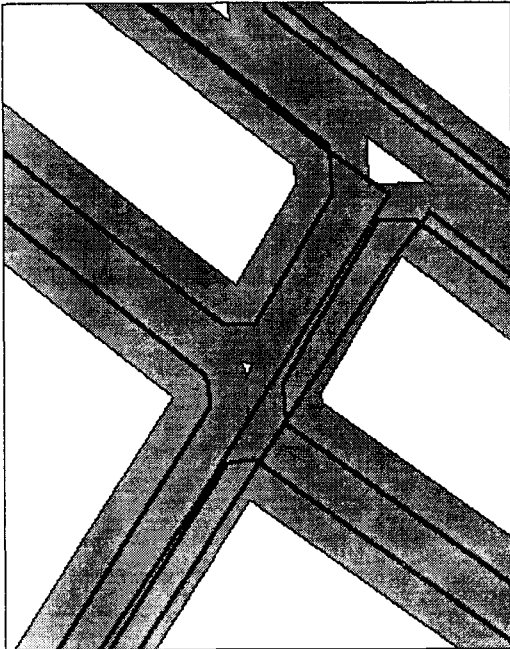
이 방법에서 가장 중요한 부분인 버퍼크기(x)의 결정은 측정하고자 하는 선형사상의 정확도 기준에 따라 임의적으로 설정할 수 있으며, 또한 목표 백분위수(y)를 설정하고(예를 들어 90 혹은 95) 다음과 같은 절차에 의해 반복연산을 실행하여 버퍼크기(x)를 구할 수 있다. 이 경우 $p(x)=y$ 가 되며 x 의 값을 아래의 절차에 의해 구할 수 있다.

1. x_0 와 p_0 의 초기값을 0으로 주고 x_1 의 값을 측정하고자 하는 선형사상의 위치정확도 혹은 오차의 한계로 설정한다. ($i=1$)
2. 상대적으로 정확한 선형사상(reference object) 주위에 x_i 크기 만큼의 버퍼를 생성하고 측정하고자 하는 선형사상이 이 버퍼에 속하는 길이의 비율 p_i 를 구한다. 만약 $|p_i - y|$ 이 0.001보다 작은 경우에는 중지한다.
3. 두 번째 단계에서 계산된 값이 목표 백분위수에 도달하지 않으면 아래의 선형근사식을 이용하여 새로운 x 의 값을 구하고 i 값을 1 증가시켜 두 번째 단계의 과정을 반복한다.

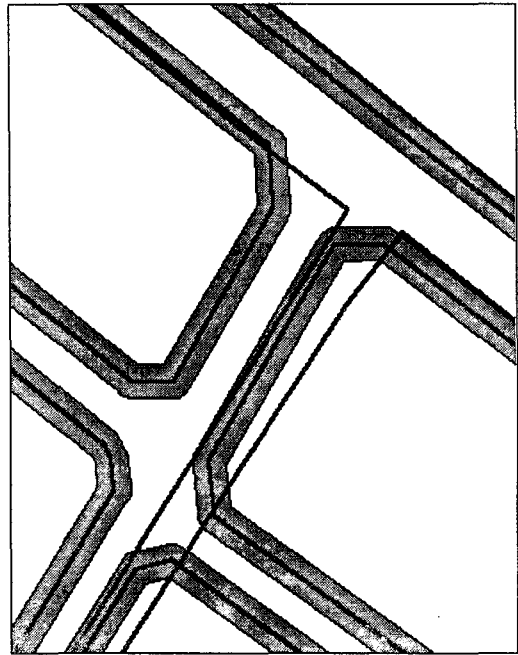
$$x_{i+1} = \frac{(y - p_{i-1})(x_i - x_{i-1})}{(p_i - p_{i-1})} + x_{i-1}$$

Goodchild and Hunter(1997)에 따르면 위의 방법은 첫째, 점사상의 위치정확도 측정에 사용되는 통계치(RMSE 혹은 표준오차(standard error))와는 달리 비모수통계치(non-parametric statistics)에 근거하고 있어, 오차의 분포를 정규분포로 가정하지 않아도 되며, 둘째, 극단치(outliers)에 의한 영향을 최소화 할 수 있으며, 셋째, 비교대상인 두 선형사상에서 일치하는 점(matching point)을 찾는 번거로움이 없고, 마지막으로 모든 절차를 표준적인 GIS 소프트웨어의 기본적인 기능(버퍼링, 중첩연산, 거리계산 등)과 스크립팅 언어로 쉽게 구현할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

그러나 위의 방법을 현재 우리나라에서 사용중인 1:1,000과 1:5,000 수치지도에 적용할 경우 두 가지의 문제가 발생한다. 첫 번째 문제는 실폭의 평행선으로 표현된 선형사상(도로, 하천, 철도 등)에 위의 방법을 적용할 경우, 버퍼의 크기가 선형사상 폭의 1/2을 초과하는 경우에는 평행한 선형사상에 각각의 버퍼가 만들어지지 않고 하나의 버퍼가 생성되며(<그림 2>), 둘째, 특정한 선형사상이 많은 위치오차를 가지고 있는 경우, 이 선형사상이 인접한 다른 버퍼지역에 속하게 되어 길이 계산에 오류가 발생할 수 있다(<그림 3>). 따라서 위의 방법을 우리나라 수치지도의 도로사상에 그대로 적용할 수 없으며, 이를 해결할 수 있는 새로운 방법의 모색이 필요하다.



<그림 2> 실폭도로에서의 버퍼링 문제 (열은 회색선은 1:5,000 도로이며, 진한색 선은 1:1,000 도로이다. 회색지역은 1:1,000 도로주위에 생성된 3m 버퍼임)



<그림 3> 인접한 버퍼에 도로가 위치하는 경우 (열은회색 선은 1:5,000 도로이며, 진한색 선은 1:1,000 도로이다. 회색지역은 1:1,000 도로주위에 생성된 1m 버퍼임)

3. 사례연구 : 1:5,000 수치지도 도로사상의 위치정확도 측정방법

본 연구에서는 수치지도 도로사상의 위치정확도를 측정할 수 있는 방법을 개발하고 이를 상용 GIS 소프트웨어를 이용하여 대부분의 절차를 자동화할 수 있도록 구현하였으며, 실제로 소규모 사례 지역에 적용하여 위치 정확도를 분석하였다. 도로는 대부분의 대축척 혹은 중축척 지형도에서 상세히 표현되며 그 위치정확도가 중요시되는 공간사상 중의 하나이다. 1:5,000 수치지도는 대부분의 경우 기존의 지형도를 수치화하여 제작된 지도이며 검수 과정에서도 원도와의 중첩비교, 화면검수, 프로그램 검수 등의 방법을 통해 누락요소의 확인, 입력형태 및 인접도면과의 연결성 등 일반적인 사항에 대해

서만 검사하며 위치정확도에 대한 실질적인 검수는 이루어지지 않고 있다(국립지리원, 1998c).

1:5,000 수치지도 도로사상의 위치정확도를 측정하기 위해 본 연구에서는 동일한 지역의 1:1,000 수치지도도 사용하였다. 1:1,000 수치지도는 항공사진의 해석도화에 의해 제작되었기 때문에 위치정확도가 상대적으로 높을 것으로 판단되며, 실측성파에 의한 위치정확도 측정에 비해 경제적이고 용이한 장점이 있다.

3.1 사례지역 및 사용자료

사례지역으로 서울시 강남구 역삼동(역삼제1동) 부근의 1:1,000 수치지도 1 도엽을 선정하였다. 구체적으로 1:1,000 수치지도의 도엽번호는 377052100이며, 이와 비교할 1:5,000 수치지도는 동일지역을 포함하는 37705092 도엽을 사용하였다. 1:1,000과 1:5,000 수치지도는 정위치 편집만을 마친 DWG 포맷 데이터를 사용하였다.

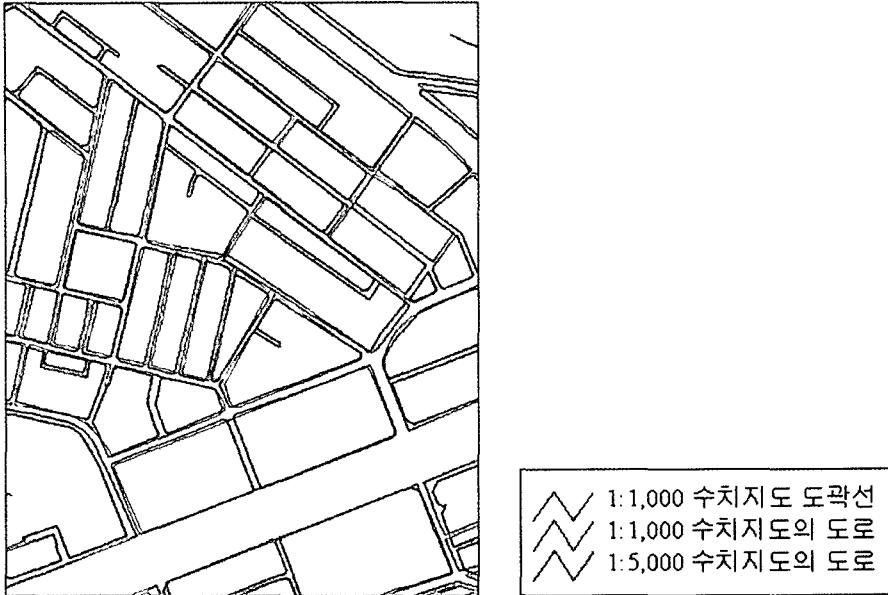
1:1,000 수치지도의 경우, 도로는 실폭으로 그려진 도로경계선과 도로 중심선으로 구성되어 있는데, 본 연구에서는 코드번호 AD001(도로)의 지형지물을 사용하였으며, 1:5,000에서는 이에 상응하는 코드번호 3114(특별시도 및 광역시도) 지형지물을 사용하였다. <그림 4>는 사례지역의 1:1,000과 1:5,000 수치지도에서 추출된 실폭도로를 중첩하여 나타낸 것이다. 사례지역의 1:1,000 수치지도는 97년도에 서울시에서 촬영한 항공사진(축척 1:5,000)을 사용하여 해석도화의 방법에 의해 제작되었으며, 1:5,000 수치지도는 94년에 개정된 1:5,000 지형도를 스캐닝하여 벡터화한 자료에 의해 제작되었다.

3.2 위치정확도 측정방법 및 절차

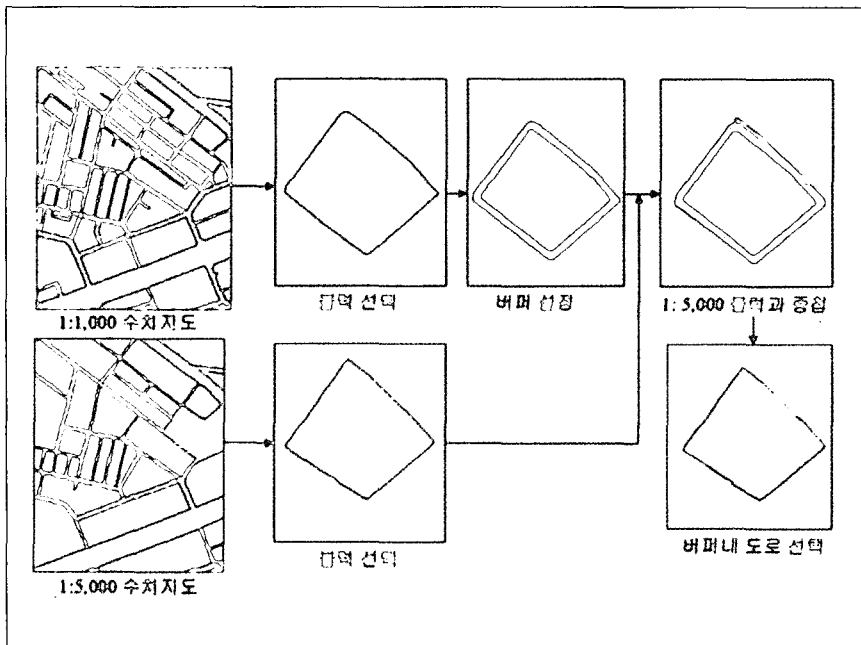
본 연구에서 제시하는 도로사상의 위치정확도 측정 방법은 앞서 소개된 것처럼 기준이 되는 선형사상에 일정한 크기의 버퍼를 생성하고 측정하고자 하는 선형사상이 이 버퍼에 속하는 길이의 비율을

계산하는 Goodchild and Hunter(1997)의 방법에 기초를 두고 있다. 그러나 위에서 이미 언급된 것처럼 이 방법을 실폭을 가진 도로사상에 적용할 경우 버퍼의 병합문제(<그림 2>)와 인접하는 다른 버퍼에 도로가 포함되는 문제(<그림 3>)가 발생한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 대상 수치지도 도로 전체의 정확도를 일시에 측정하지 않고 도로를 건축물 혹은 토지경계에 구분되는 다수의 블록으로 나누고 각각의 블록에 대해 순차적으로 정확도를 측정하여 이를 종합하는 방법을 사용하였다(<그림 5> 참조). 도로경계선을 구성하는 블록을 면사상(polygon)으로 정의하고 각 블록 경계선의 위치정확도를 순차적으로 평가하면 도로의 위치정확도를 측정하는 것과 동일한 결과를 얻을 수 있으며 위에서 언급한 두 가지의 문제를 동시에 해결할 수 있다. 결론적으로 1:1,000과 1:5,000 수치지도에서 동일한 블록을 추출하고 1:1,000 수치지도에서 추출한 블록경계선에 일정한 크기(x)의 버퍼를 생성하여 여기에 속하는 1:5,000 도로의 길이비율(p)을 구한다. 각 블록별로 계산한 결과를 종합하여 전체 1:5,000 도로의 정확도를 구한다. 이러한 기본적인 절차를 구현하기 위해서는 두 단계의 전처리 과정이 요구되는데, 첫 번째 과정은 도로경계선으로 구성된 블록을 면사상으로 만드는 과정이다. 대부분의 경우 1:1,000과 1:5,000 수치지도에서 도로경계선으로 구성되는 블록이 폴리곤으로 구성되어 있으나 블록내 건물의 진입로나 정문이 있을 경우 블록이 단절되지 않고 열린 상태로 표현된다. 이러한 경우에 열린부분의 양 끝점을 직선으로 연결하여 폐합된 폴리곤으로 만들되, 전처리과정에서 추가된 선은 분석에서 제외하여야 하므로 도곽선과 마찬가지로 특별한 표식을 블록과 연결된 속성정보에 기입해 둔다. 이러한 과정을 거쳐 1:1,000과 1:5,000 도로경계선으로 구성된 모든 블록이 폐합된 면사상(폴리곤)으로 생성된다.

수치지도 도로사상의 위치정확도 측정방법



〈그림 4〉 사례지역의 1:1,000과 1:5,000 수치지도의 도로



〈그림 5〉 1:5,000 도로사상 위치정확도 측정방법의 주요과정

두 번째의 전처리에는 블록별로 버퍼를 생성하고 중첩하여 길이비율을 구하기 위해 비교할 1:1,000과 1:5,000의 블록을 일대일로 연결하는 과정이다. 이를 위해 1:5,000 블록의 식별자(id)를 1:1,000 블록의 식별자에 이식하여 식별자를 통일하였다. 먼저 첫 번째 전처리과정에서 생성된 1:1,000과 1:5,000의 블록마다 식별자를 부여한다. 두 지도를 합집합(union)하여 1:1,000 블록의 속성과 1:5,000 블록의 속성을 모두 가진 테이블을 작성한다. 작성된 테이블에서 1:5,000 지도의 도로에 해당하는 식별자를 가진 레코드를 삭제한다. 이때 1:1,000 지도의 도로에 해당하는 식별자를 가진 레코드는 삭제하지 않는다. 중첩에 의해 새로 작성된 속성테이블을 1:1,000 블록의 속성테이블과 연결시킨다. 그러면 1:5,000 블록 식별자를 가진 1:1,000 블록의 속성 테이블이 작성된다. 즉, 1:1,000 블록들이 1:5,000 블록 식별자를 가지게 되므로 두 지도에서 모두 같은 식별자를 가지게 된다. 이후의 분석과정에서 이 식별자를 바탕으로 두 지도에서 차례로 블록을 추출하고 중첩연산을 하여 길이비율을 구하게 된다.

두 단계의 전처리과정이 끝나면 각 블록별로 도로의 위치정확도 측정을 위한 실제적인 과정이 수행된다(<그림 5>). 우선 두 수치지도에서 블록들을 추출하여 각각의 레이어로 만든다. 각각의 레이어는 블록을 폴리곤으로 만들 때 사용하였던 도곽선과 폐합을 위해 추가하였던 선분이 제외되고 도로 경계선만을 갖도록 구성된다. 그 다음단계에서는 1:1,000 수치지도에서 추출된 블록 경계선에 일정한 크기의 버퍼지역을 생성하는데, 버퍼의 크기는 두 가지 방법에 의해 지정할 수 있다. 첫 번째 방법은 사용자가 임의의 크기를 지정하는 것이다. 여기서 버퍼의 크기를 수치지도에 대한 오차의 한계치로 지정할 수 있다. 예를들어 앞에서 설명한 바와 같이 1:5,000 수치지도의 수평위치 기대정확도($\pm 5.02m$)나 이에 상응하는 기준치를 설정해 줄 수 있다. 두 번째 방법으로는 목표 백분위수를 지정하는 방법이다. 이 방법에서는 구체적인 버퍼의

크기를 미리 정하지 않고 흔히 수치지도 정확도 분석에서 사용되는 오차거리에 대한 백분위수(90 혹은 95)를 지정하고 설정된 백분위수를 반복적으로 계산하여 목표 백분위수에 해당하는 버퍼의 크기를 구할 수 있다.

1:1,000 블록경계선에 버퍼지역이 생성되면 이와 동일한 지역의 1:5,000 블록을 중첩하여 버퍼지역 내부에 속하는 선분을 결정한다. 모든 블록에 대해 이와같은 버퍼와 중첩연산을 행하고 블록들을 하나의 레이어로 합한 다음, 합쳐진 레이어에서 버퍼내에 속한 도로길이의 합과 전체 도로길이에 대한 비율(p)을 계산한다. 목표 백분위수로 위치정확도를 측정하는 경우에는 길이비율과 목표치를 비교하고 일치하지 않은 경우, 앞에서 설명된 선형근사식을 이용하여 새로운 버퍼의 크기를 구하고 위의 과정을 다시 반복하여 목표치에 도달할 때까지 계산한다.

본 연구에서는 상용 GIS 소프트웨어인 Arc/Info를 사용하여 위의 과정을 구현하였다. 이 방법의 특징상 반복처리과정이 많아 두 수치지도에서 블록을 폐합하는 전처리과정을 제외한 모든 절차를 AML(Arc Macro Language)를 이용하여 구현하였다.

3.3 사례지역의 위치정확도 분석결과

이제까지 설명된 방법을 사례지역에 적용하여 1:5,000 수치지도에 표현된 도로의 위치정확도를 분석하였다. 우선 버퍼의 크기를 1m에서부터 20m까지 1m씩 증가시키면서 정확도를 측정하였다. 결과는 <표 1>과 <그림 6>에서 <그림 11>과 같다. <표 1>에서와 같이 버퍼의 크기가 1m인 경우 전체 길이에 대한 비율(p)이 38.47%이며 버퍼의 크기가 3m(약 80%)일 때까지 비율(p)이 급격히 증가하다가 이후로는 증가율이 둔화됨을 알 수 있다. 버퍼의 크기가 15m인 경우, 오른쪽의 아래의 도로를 제외하고는 모든 버퍼내부에 속함을 알 수 있다(<그림 11>). 이 부분을 <그림 4>에서 보면 1:5,000 수치지도에는 도로로 표시되어 있으나 1:1,000에는 이에 해당하는 도로가 없다. 이 부분은 1:5,000 혹

수치지도 도로사상의 위치정확도 측정방법

은 1:1,000 수치지도의 오류로 판단된다. 버퍼크기가 15m 이상인 경우에는 길이에 대한 비율(p)의 변화가 없다. 따라서 사례지역의 1:5,000 수치지도 도로사상은 오류가 있는 부분을 제외하면 최대로 15m정도의 오차를 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

이와 아울러 흔히 수치지도 정확도 측정에서 사

용되는 목표 백분위수를 지정하고 이에 상응하는 버퍼의 크기를 분석하여 보았다. 목표 백분위수의 설정은 일반적으로 정규분포를 가정하는 수치지도의 정확도 방법에 맞추어 68.3, 90, 95, 99의 네 가지 경우를 분석하였다. 결과는 <표 2>와 <그림 12>에서 <그림 15>와 같다. <표 2>에서 목표 백분

<표 1> 버퍼의 크기(x)별 길이비율(p)

버퍼의 크기(x)	1:5,000 도로의 전체길이	버퍼내부에 포함된 1:5,000 도로의 전체길이	전체길이에 대한 버퍼내부에 포함된 길이의 비율(p)
1m	8865.9m	3410.5m	38.47%
2m	8865.9m	5614.2m	63.32%
3m	8865.9m	7098.3m	80.06%
4m	8865.9m	7757.4m	87.50%
5m	8865.9m	8336.3m	94.03%
6m	8865.9m	8624.1m	97.27%
7m	8865.9m	8691.1m	98.03%
8m	8865.9m	8734.6m	98.52%
9m	8865.9m	8759.9m	98.80%
10m	8865.9m	8772.4m	98.94%
11m	8865.9m	8780.0m	99.03%
12m	8865.9m	8784.5m	99.08%
13m	8865.9m	8790.8m	99.15%
14m	8865.9m	8829.2m	99.59%
15m	8865.9m	8838.3m	99.68%
16m	8865.9m	8838.3m	99.68%
17m	8865.9m	8838.3m	99.68%
18m	8865.9m	8838.3m	99.68%
19m	8865.9m	8838.3m	99.68%
20m	8865.9m	8838.3m	99.68%

위수를 68.3으로 설정한 경우(정규분포에서 1표준편차에 해당), 버퍼의 크기가 2.22m로 나타났으며, 2표준편차에 해당하는 95인 경우에는 5.19m였으며, 3표준편차인 99의 경우, 버퍼의 크기가 10.55m로 나타났다. 목표 백분위수 100인 경우는 분석에서 제외되었는데, 그것은 위에서 언급된 수치지도상의 오류 때문이다.

사례지역에 대한 1:5,000 수치지도 도로의 위치 정확도 분석결과를 국립지리원(1998b) 분석결과와 비교해보면, 우선 1:5,000 수치지도의 기대정확도 ($\pm 5.02m$)는 <표 1>에서와 같이 약 94번째 백분위수 (5m)와 유사하며, 1:5,000 수치지도를 1:1,000

수치지도를 이용하여 비교한 수평위치 정확도 ($\pm 4.29m$)는 <표 2>에서와 같이 90번째 백분위수 (4.33m)와 유사함을 알 수 있다. 현재 우리나라에서 최종 성과물의 수치지도에 대한 정확도 기준이 없는 관계로 사례지역 도로사상의 위치정확도를 절대적인 기준에 맞추어 분석하기는 어려우며, 1:5,000 수치지도 도로사상에 대한 일반화된 정확도 결과를 얻기 위해서는 다수의 지역을 대상으로 한 정확도 검증이 요구된다.

<표 2> 길이비율(p)별 버퍼의 크기(x)

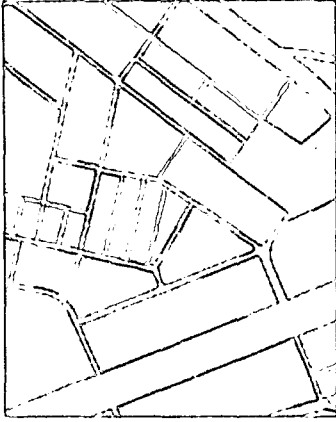
전체길이에 대한 버퍼내부에 포함된 길이의 비율(p)	1:5,000 도로의 전체길이	버퍼내부에 포함된 1:5,000 도로의 전체길이	버퍼의 크기(x)
68.3%	8865.9m	6055.9m	2.22m
90.0%	8865.9m	7978.9m	4.33m
95.0%	8865.9m	8425.1m	5.19m
99.0%	8865.9m	8777.3m	10.55m

4. 결 론

1:1,000 수치지도를 이용하여 1:5,000 수치지도 도로사상의 위치정확도를 측정할 수 있는 방법과 절차를 본 연구에서 제시하였다. 또한 이를 실제로 서울시 일부지역에 적용하여 1:5,000 수치지도 도로사상의 위치정확도 분석을 시도하였다. 위에서 제시된 위치정확도 측정 방법은 우선 방법론적인 측면에서 오차의 분포를 정규분포로 가정하는 기존의 위치정확도 측정방법보다 개념적으로 이해하기가 쉬우며, 일부 표본점만을 추출하여 이를 바탕으로 위치정확도를 측정하는 기존의 방법에 비해 정확도

를 측정하고자 하는 대상이 모두 포함되는 전수점사이므로 정확도 측정 결과에 대한 신뢰도가 상대적으로 높다. 특히 위치정확도를 주어진 기준에 따라 도로의 구간별로 시각적으로 표시할 수 있어 사용자가 쉽게 정확도에 대한 정보를 인지할 수 있는 장점이 있다. 이러한 시각적인 정확도 표현은 수치지도의 수정 및 갱신에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 위에서 제시된 대부분의 절차가 상용 GIS 소프트웨어를 이용하여 구현할 수 있어 수치지도의 사용자가 비교적 손쉽게 정확도 분석을 행할 수 있으며, 1:5,000 수치지도 이외에도 다양한 축척의 수치지도에서 실폭을 가지는 도로사

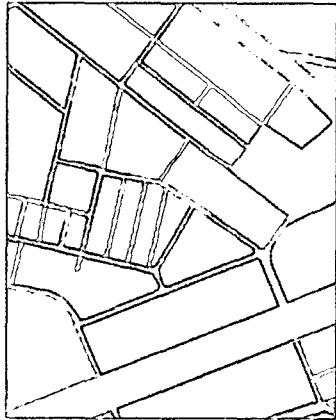
수치지도 도로사상의 위치정확도 측정방법



<그림 6> 버퍼의 크기(x)가 1m
인 경우($p=38.47\%$)



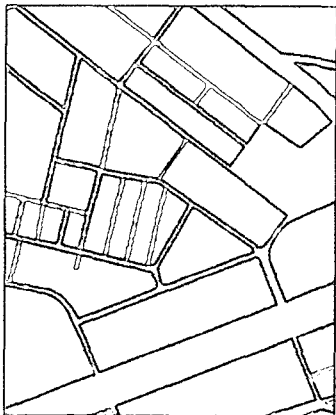
<그림 7> 버퍼의 크기(x)가 2m
인 경우($p=63.32\%$)



<그림 8> 버퍼의 크기(x)가 3m
인 경우($p=80.06\%$)



<그림 9> 버퍼의 크기(x)가 5m
인 경우($p=94.03\%$)

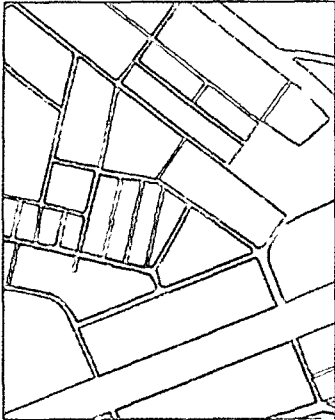


<그림 10> 버퍼의 크기(x)가 8m
인 경우($p=98.52\%$)

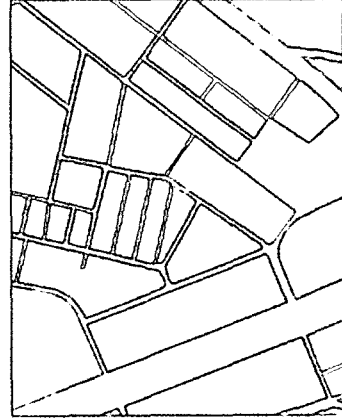


<그림 11> 버퍼의 크기(x)가 15m
인 경우($p=99.68\%$)

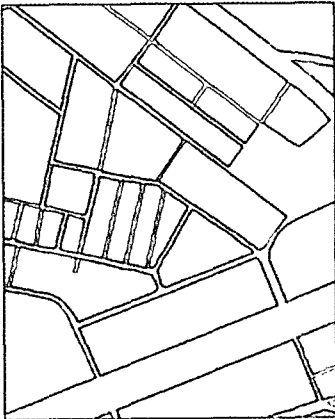
박수홍·구자웅



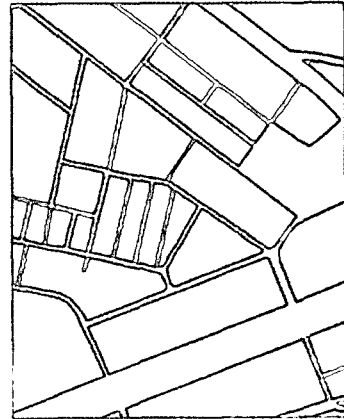
〈그림 12〉 목표 백분위수가 68.3인 경우($x=2.22m$)



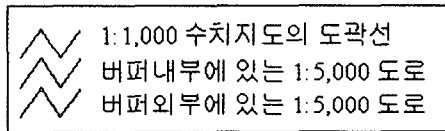
〈그림 13〉 목표 백분위수가 90인 경우($x=4.33m$)



〈그림 14〉 목표 백분위수가 95인 경우($x=5.19m$)



〈그림 15〉 목표 백분위수가 99인 경우($x=10.55m$)



상의 위치정확도 측정에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

국립지리원, 1995, 수치지도작성작업내규

국립지리원·서울특별시, 1997, 1/1,000 수치지도제작(서울지구) 용역결과보고서

국립지리원, 1998a, 수치지도 활용상 문제점 종합분석

국립지리원, 1998b, 수치지도 위치 정확도에 관한 연구

국립지리원, 1998c, 수치지도 검수방안에 관한 연구
국토개발연구원, 1997, 수치지도의 정확도 향상방안
연구
서울시정개발연구원, 1998, 서울시 1:1,000 수치지형
도 유지관리방안 연구

Goodchild, M. F. and G. J. Hunter, 1997, A
simple positional accuracy measure for linear
features, *International Journal of Geographical
Information Science*, Vol. 11, No. 3,
pp.299-306