

지형공간정보체계를 위한 수치지도의 정확도 평가 및 검정

Accuracy Evaluation and Test of Digital Map for Geo-Spatial Information System

유복모*
Yeu, Bock-Mo

권현**
Kwon, Hyun

표명영***
Pior, Myoung-Young

요 旨

국토수치정보는 지형공간정보시스템의 기초로서 그 중요성이 널리 인식되고, 수치지도작성의 필요성이 증대하여, 각 수요기관이 개별적으로 지도의 전산화를 실시하므로써 그 정확도에 대한 평가기준과 검정방법의 확립이 필요하다.

본 연구에서는 수치지도의 위치 정확도에 대한 외국의 기준을 정리하고, 우리나라의 경우와 비교·분석하여 수치지도 정확도의 기준마련을 위한 방향을 제시하고자 하였으며, 수치지도 입력시 제작된 전체 수치지도의 정확도의 검정을 위한 발취검사에 대한 통계적 방법을 제시하였다.

초기하분포이용하여 제작자 위험률과 주문자 위험률을 고려한 통계적 검정방법을 통하여 계약자 상호간의 동의에 의한 정확도 수준과 지도제작 매수에 따른 적정표본 지도매수를 결정할 수 있었다.

ABSTRACT

The digital information of Land is very important as the basis of geo-spatial information system. And the necessity of it is also increasing. But these days, every other institute that is needing digital map is seperately digitalizing lsnd information. So we need the stadard of accuracy evaluation adn the method of hypothesis test for it.

In this study, we check the standards of foreign countries and compare and analyze with our country's. After doing it, we suggest the direction for standard of digital map and statistical methods for testing accuracy evaluation about total maps that is digitized.

Using hypergeometric distribution for considering consumer risk and producer risk, the statistical test can be for deciding optimal sampling map numbers by the total map and the agreement of contacting parties.

1. 서 론

현대 사회에서 정보시스템의 구축이 필연적으로 요구됨에 따라 국토수치정보는 모든 정보시스템의 기초로서 그 중요성이 널리 인식되고, 그 기초 자료로서 수치지도 작성의 필요성이 증대하고 있다. 그러나, 전

국토의 수치화 작업은 시간이 많이 걸리는 방대한 작업이므로 각 수요 기관이 시급한 요구에 부응하기 위하여 개별적으로 지도 전산화를 착수하므로써 정확성의 평가 기준이 확실하지 않은 상태에서 수치지도의 신뢰성에 문제가 생길 수 있으며, 그 호환성과 중복 투자에 의한 손실 또한 증가하고 있다.

* 연세대학교 토목공학과 교수

** 일본 동경대학 토목과 외국인 연구원

*** 일본 동경대학 토목과 박사과정

수치지도를 기초로 하는 지형공간정보체계의 발전과 그 이용이 일반화되면서 국립지리원을 중심으로 전 국토의 수치정보화를 위한 표준화 방안 등이 연구되고, 이에 따른 지도 전산화 작업이 진행되고 있다. 지형공간정보체계에서 자료 수집에 드는 비용이 전체 지형공간정보체계 비용의 80%를 차지하는 것으로 많은 연구자들이 보고하고 있다.²⁾³⁾ 기본 자료의 형성에 비용이 많이 소요되므로해서 잘못된 자료에 대한 수정 역시 많은 비용 부담을 갖게 될 뿐만 아니라 그 자료를 이용한 응용 분야는 돌이킬 수 없는 착오를 일으킬 수 있으므로 최초로 작성되는 자료의 정확도는 중요할 수 밖에 없다. 그러나 지형도 및 수치자료의 질과 정확도에 대한 기준과 점정 및 평가는 시급한 사용 목적에 밀려 있는 실정이며, 지형공간정보의 개발자, 판매자, 이용자들 또한 자료의 질과 정확도에 대해서는 인식이 부족하여 별로 언급하지 않고 있다.²⁾

지도에 대한 정확도 기준이 미국에서는 1941년 연방예산국에 의해 미국 국가 정확도 표준(USNMAS)으로 발표되어 1943년 수정되고 1947년 재수정되어 오늘날까지 사용되고 있다.⁴⁾ 이 표준안은 USGS같은 소축척도를 작성하는 정부 기관의 요구에 부응하도록 만들어졌다는 비판이 있으며, 1980년대 초 대축척지형도에 대한 정확한 기준 및 평가 방법이 없으므로 이와 관련된 법정 소송을 겪으면서 ASPRS에서 위원회를 구성하여 4년에 걸친 연구 검토 결과 1/20,000이상의 대축척 지형도에 대한 표준을 제안하였다.⁴⁾⁵⁾ 이 제안은 좀 더 간결한 표준을 원하는 반대 의견을 수렴하여 1987년 초안을 발표하고, 다시 검토를 거쳐 1990년에 최종안을 발표하였으며, 이 제안은 대축척도에 대한 미국국가 표준을 수정할 것을 기대하였다.⁵⁾⁷⁾

일본에서는 1974년 국토수치정보의 작성을 1/25,000 지형도 및 1/200,000 주제도 등으로부터 시작하였으며, 1986년 digital mapping은 항공사진으로부터 지형도 제작을 거치지 않고 바로 수치화하는 것으로 정의하고 이에 대한 표준안과 규정을 마련하였다.⁸⁾⁹⁾ 그리고 지형공간정보체계의 활성화로 지형도로부터의 수치화도 많은 분야에서 이루어지게 되자 이에 대한 통일 및 정확도 규정의 필요성을 인식하여 1993년 국토지리원에서 그 규정안을 작성하였다.¹⁰⁾

우리나라에서는 1980년 중반 이후 각 수요기관에서 지형공간정보체계가 이용되면서 이의 기반자료로서 수치지도가 급격히 요구되고 이에 따라 국립지리원에서 지형공간정보체계를 위한 시설을 갖추고 시험작업을 통해 효율적인 작업방법과 이용자 측면의 검토 등 세밀한 분석과 검증을 거침으로써 우리나라 지형공간정보체계의 중심적 역할을 담당하고 있다.¹¹⁾ 이와 아울러 수치지도에 대한 표준안 마련을 위한 연구가 1992년 국방과학연구소, 1994년 국립지리원 등에서 이루어지고, 1992년 건설부령의 수치지도작성작업규칙이 제정되었으며, 1995년 수치지도 작성작업내규를 마련하기 위한 안이 작성되는 등 수치지도에 대한 요구에 부응하기 위한 노력이 계속되고 있다.³⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾

수치지도는 항공사진이나 위성영상 및 지상측량성 과로부터 직접 수치화하는 수치도화와 기존의지도나 측량도면으로부터 수치화하는 지도입력으로 대별할 수 있다. 지형공간정보체계에 이용될 수 있는 이 수치지도의 정확도 평가는 위치와 속성의 정확도로 나누어서 할 수 있으나 본 연구에서는 위치의 정확도에 관한 표준과 제작된 수치지도의 통계적 평가방법에 관하여 고찰하고자 한다.

지형도 및 항공사진으로부터 직접 수치화된 수치도화의 위치정확도는 도상의 검사점과 검사점의 검사측량으로 실측된 점의 편차에 의해 측정되어야 하는 것으로 규정하고 있는 미국의 경우에도 비용의 과다로 실제로 검정된 결과의 보고가 드문 것으로 보고되고 있다. 우리나라에서는 이 부분에 대해 언급된 바 없으며 필요에 따라 적용할 수 있는 우리의 현실에 맞는 규정의 마련이 필요할 것으로 사료된다.

그리고 지도입력의 경우 외국에서는 수동독취인 디지털라이저의 오차를 분석하기 위하여 지도의 종류, 관측자 등으로 나누어 의도적인 실험을 한 경우의 연구나, 지형공간정보체계의 이용을 위해 실측한 결과로부터의 오차모델에 대한 연구 등이 있다.¹⁶⁾¹⁷⁾ 또한 지형공간정보체계를 위한 주제도의 분류 정확도를 평가하기 위하여 생산자와 소비자의 위험률을 고려한 통계적 검정과 이항분포를 이용한 표본수의 선택 방법 등이 연구되고 있다.¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾ 그러나 제작된 수치지도의 정확도를 평가하고 이의 통계적 검정 방법에 대한

연구는 거의 이루어지고 있지 않은 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 지도의 위치정확도의 표준에 대한 외국의 예를 조사하여 정리함으로써 우리나라의 경우와 비교·분석하고, 지도입력된 수치지도의 정확도를 평가하기 위한 통계적인 검증방법을 고찰함으로써 제작된 지도입력의 수치지도를 생산자와 소비자의 계약에 따라 검정할 표본 지도의 적정 배수를 결정할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

2. 지도의 정확도 기준

2.1 외국의 정확도 기준

2.1.1 미국국가지도 정확도 표준(USNMAS)

1947년 연방예산국에서 발표한 미국국가지도 정확도 표준은 축척 1/20,000 보다 대축척인 경우와 소축척인 경우로 나누어져 있지만 주로 1/24,000 이하의 소축척지도를 만드는 USGS와 같은 국가지도 작성기관이 만족하도록 개발되었다.²⁾ 최근에는 대축척도에 대한 표준의 수정이 요구되고 있지만 현재까지 공식적인 지도의 으로 사용되고 있으며, 이 표준은 잘 알려져 있지만 간단히 소개하면 다음과 같다.⁴⁾

- ① 수평위치 정확도는 축척 1/20,000 이상은 도상 1/30 inch, 축척 1/20,000과 그 이하의 축척에서는 도상 1/50 inch 보다 큰 오차를 갖는 점의 수가 10%를 넘지 않아야 한다.
- ② 수직위치 정확도는 등고선 상에서의 검사점이 등고선 간격의 1/2 보다 큰 오차를 갖는 점의 수가 10%를 넘지 않아야 한다. 단, 수평위치 및 수직위치 검사점은 명확하게 인식되는 점(well defined points)으로 일반적으로 도상 1/100 inch 이내로 작도될 수 있는 점이다.
- ③ 정확도는 도상의 점과 더 나은 정확도로 측량된 성과를 비교하므로써 검사될 수 있고, 지도작성

기관에서 검사할 것인지의 여부와 검사의 범위를 결정한다.

2.1.2 대축척 지형도에 대한 ASPRS 표준

1980년대 초 1/20,000 이상의 대축척도에 대한 적절한 정확도 표준이 존재하지 않으므로 해서 법정 소송을 겪게 되자, 이에 대해 일반적으로 이해될 수 있고 정확한 표준을 만들기 위해 ASP가 위원회를 구성하여 초안을 작성하고, 그 후 10년 여의 검토 끝에 1990년 최종안을 발표했다. ASP에서는 최종적으로 제작된 지도에 대해 사용자가 이해할 수 있도록 지상좌표로 검사되도록 하였다.

이 안은 1985년 최초로 제안될 때는 지동상에서 최소 20점 이상의 검사점을 도상 전체에 걸쳐 계약자와 합의된 점으로 구성하여 ① 편의(bias error)를 검사하기 위한 표본평균의 평가로 검사점의 도상위치와 지상위치의 평균제곱근오차에 대한 단측검정으로 95% 신뢰수준의 t-검정을 하고, ② 정밀도(precision)를 검사하기 위한 표본 표준편차의 평가로 지도의 축척에 따른 표준오차(standard error)를 기준으로 95% 신뢰수준의 χ^2 -검정을 실시하며, ③ 검사점에 대한 검사 측량(check surveying)을 실시하는 것으로 하였다.⁵⁾

그러나 그 후 t-검정과 χ^2 -검정에 따른 이해의 부족으로 간단한 방법을 요구하게 되므로써 검사점에 대한 평균제곱근오차가 지도의 축척에 따른 표준오차 이내인가를 검사하는 것으로 후퇴하여 1987년 초안이 발표되고, 1990년 최종안이 발표되었다. 그 내용을 간단히 소개하면 다음과 같다.^{6),7)}

- ① 수평위치 정확도는 평균제곱근오차(root mean square error) $\sqrt{(D_x^2/n)}$ 가 지도의 축척에 따른 표 2-1의 한계평균제곱근오차 범위내에 들어야 하며, D_x^2 는 x와 y 각각 따로 측정하며 검사점에서의 도상좌표와 지상좌표의 차이의 제곱의 합이며, n은 well-defined points로 계약자와 동의된 검사점의 수이다.

표 2.1 Planimetric Coordinate Accuracy Requirement (Ground X or Y in feet) for Well-defined Points-Class 1. Maps

PLANIMETRIC(Ground X or Y) ACCURACY (limiting rms error, meters)	TYPICAL MAP SCALE
0.0125	1:50
0.025	1:100
0.050	1:200
0.125	1:500
0.25	1:1,000
0.50	1:2,000
1.00	1:4,000
1.25	1:5,000
2.50	1:10,000
5.00	1:20,000

- ② 수직위치 정확도는 class-I 지도에 대해 well-defined points에서 등고선 상의 점은 간격의 1/3이내, 표고점(spot point)은 등고선 간격의 1/6 이내의 평균제공근 오차
- ③ class-II와 class-III 지도는 각각 class-I 지도의 2배와 3배의 평균제공근 오차
- ④ 지도의 정확도 검정은 선택적이며, 검사점 수는 최소 20점 이상으로 지도전체에 고루 분포되도록 하되 주요 부분은 밀도를 높힐 수 있으며, 일반적으로 도엽의 1/4 구역에 검사점의 20% 이상 위치시키고 점의 간격은 지도 대각선 길이의 10% 정도이며, 분포 방법은 계약자의 동의를 얻는 방법으로 한다.
- ⑤ 검사점 측량은 수평검사점 측량과 수직검사점 측량으로 나누어져 있다.
 - i) 연방측지기준점 위원회(FGCC)의 상대적인 오차의 향으로 된 표 2.2와 같은 항목과 기준에

따라 설계되고, 제작하고자 하는 지도의 한계 평균제공근 오차의 1/3 또는 그 이하의 표준편차로 실시하도록 하였다.

표 2.2 DISTANCE ACCURACY STANDARDS

Classification	Minimum distance accuracy
First-order	1:100,000
Second-order, class I	1:50,000
Second-order, class II	1:20,000
Third-order, class I	1:10,000
Third-order, class II	1:5,000

여기서 거리의 정확도 1 : a 는 최소제공법으로 조정된 것으로

$$a = d / s$$

- a : 거리 정확도를 표시하는 지수
- s : 최소제공점으로부터 얻어진 측량점 사이의 거리의 표준편차
- d : 측량점사이의 거리

수치적인 예를 들면 표 2.1의 축척 1:1,000, 표준편차가 0.25m인 지형도작성에서 지형도의 대각선 길이의 실제거리가 1524m이라면 $a=1524/0.083=18361$ 이다. 여기서 거리의 표준편차(s)는 한계평균 제공근오차의 1/3로 $2.25m/3 = 0.083m$ 이며, 측량점사이의 거리(d)는 도상에 있는 모든 점과 연결된 정확도를 평가하므로 해당 지도에서 포함하는 전체 영역을 가로지르는 지상 대각선 길이로 표시한다. 따라서 이 지형도는 표 2.2의 second-order class II로 수평검사점의 측량이 실시되도록 설계된다.

- ii) 작성되는 지형도의 등고선 간격의 1/20 이하의 표고차 평균제공근오차를 갖도록 설계되며, 일반적으로 수준망은 FGCC 표준안의 third-order로 측량되도록 설계되면 된다. FGCC의 표고 정확도 표준안은 표 2-3과 같다.

표 2.3 ELEVATION ACCURACY STANDARDS

Classification	Maximum elevation difference accuracy
First-order	0.5
Second-order, class I	0.7
Second-order, class II	1.0
Third-order, class I	1.3
Third-order, class II	2.0

여기서 표고 차이 정확도는 기준점 사이의 수준측량노선에 따른 수평거리의 제곱근으로 축척화된 상대적 표고오차 (b)로 표시된다.

$$b = s/\sqrt{d} \text{ (mm}/\sqrt{\text{km}})$$

d : 수준측량노선에 따른 기준점 사이의 수평거리로 단위는 km

s : 최소제곱조정으로 얻어진 표고차이의 표준편차로 단위는 mm

수치적인 예를 들면 1:1,000 지형도에서 등고선 간격이 1m, 지형도의 대각선 길이가 1524m이라면 $b = 50/\sqrt{1524} = 40.5 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$ 이다. 여기서 표고차의 표준편차(s)는 등고선 간격의 1/20로 $1000\text{mm}/20 = 50\text{mm}$ 이며, 측량점사이의 거리 (d)는 수평위치에서와 마찬가지로 지형도의 지상 대각선 길이로 표시한다. 이 예에서는 40.5mm는 FGCC의 third-order보다 크므로 third-order측량이 지도의 검사측량을 위한 적정수준 이상임을 알 수 있다. 따라서 ASPRS 기준은 작성되는 지도의 표준에 맞게 즉, 예에서 $40\text{mm}/\sqrt{\text{km}}$ 의 수준으로 검사측량을 실시할 수 있도록 하였으며, 이 때에는 반드시 측량에 앞서 계약자와 동의가 이루어져야 한다.

2.1.3 일본의 수치지도 정확도 기준

1. 디지털 맵핑

일본은 1986년 항공사진으로 부터 직접 수치화한

것을 디지털 맵핑이라 정의하고, 이에 대한 표준안을 설정하였다. 디지털 맵핑에서는 지도의 축척에 상당하는 것을 지동정보레벨이라 하고 이에 따라 표 2.4와 같이 규정하였다.²²⁾

표2.4 지도정보레벨과 지도표현의 정확도

지도정보레벨	산정축척	정확도		등고선 간격 (절곡)
		평면위치	표고점의 표고	
500	1/500	± 0.25m 이내	± 0.25m 이내	1m
1,000	1/1,000	± 0.70m 이내	± 0.33m 이내	1m
2,500	1/2,500	± 1.75m 이내	± 0.66m 이내	2m
5,000	1/5,000	± 3.50m 이내	± 1.66m 이내	5m
10,000	1/10,000	± 7.00m 이내	± 3.33m 이내	10m

(주) 제한값은 표준편차를 나타냄

수치지도의 종합정확도는 지형지물과 비도상에 표시된 것과의 비교에 의해 평가하며 그 방법의 내용은 표 2.5와 같다.

표 2.5 종합정확도 점검방법

대상 MT	점검대상사항	점검방법
진위치 MT	지물의 절대위치 정확도	실측좌표와 디지털데이터(명면좌표)와의 비교 점검
	지물의 상대위치정확도	지물간의 실측거리와 진위치 소도상의 거리 비교점검
	표고점과 등고선의 정확도	직접수준측량에 의한 실측값과의 비교에 의해 점검
작도 MT	표현사항	표현방법에 대해서 현지에서 점검
	정식	규정상항에 대해서 점검
	도식 및 표시 기준	규정상항에 대해서 점검

정확도 점검의 기준은 지물의 절대위치 정확도 및 상대위치 정확도, 그리고 표고점 및 등고선의 정확도 점검을 다음의 표 2.6의 기준에 따라서 실시하도록 하였다.

표26 정확도 점검 개소

측량 도엽수	점검 개소수
25	1
50	2
100	3
200	5

여기서 점검개소수는 정확도 점검을 하는 소지역의 개소수이며, 평면위치에 대해서는 1개소에 20점, 표고 점과 등고선 점검에 대해서는 1개소에 표고점을 10점, 등고선 10을 표준으로 한다.

2. 수치지도화 자료

지형도로부터 디지털이저한 것을 수치지도화 자료라 하고, 이에 대한 규정은 최근 1933년 지형공간정보 체계의 발전으로 인하여 각 분야에서 다발적으로 디지털이저가 이루어지자 이의 포맷의 통일과 자료의 정확도의 평가 기준을 확립하기 위하여 국토지리원에서 수치지도 자료화의 위치정확도와 평가기준안을 마련하였다.¹⁰⁾

① 적용 범위는 공공측량 등에서 작성된 수치지도 정보 내, 기성의 공공측량지도 등으로부터 수치화된 벡터 형 자료의 위치정확도 평가에 적용하며, 기성도의 재질은 원칙적으로 신축이 적은 폴리에스테르 필름으로 한다.

② 수치지도 자료의 위치 정확도는 원도와 수치화 자료와의 도상에서의 편위에 의해 평가하고, 그 규격은 표 2.7과 같다.

표27 수치지도 데이터의 정확도

	편위의 양(과대치)	비고
특별급	0.2mm 이내	이용목적에 따라 특히 고정도를 요하는 경우
표준급	0.5mm 이내	공공측량 및 이것에 준하는 정도를 요하는 경우

③ 평가방법은 디스플레이 상에서의 점검, raster/vector 동시출력도에서의 점검, 그리고 vector 출력도에서의 점검 등에 따라 하는 것으로 하였으나, 특별급의 정확도 평가에서는 마지막 방법은 피하고, 공적인 제 3의 기관 등에서 평가할 때는 첫째 방법을 피하도록 하였다. 따라서 정확도는 높고 공적인 기관에서의 평가방법으로 적용할 수 있는 두번째 방법을 소개하면 다음과 같다.

- i) 특별급의 점검에 있어서는 400dpi 이상, 그 이외에는 200dpi 이상의 해상력으로 원도를 raster화하고, 점검하는 vector 자료와 위치를 합친다.
- ii) 원도의 raster data와 점검하는 수치화 vector data를 겹쳐서 특별급의 점검에 있어서는 400dpi 이상, 그 이외에는 200dpi 이상의 해상력의 정전 plotter에서 동시 출력하여 검사용지도로 한다.
- iii) 검사용 도상에서 편위의 양의 계측 및 자료의 탈락 유무를 점검한다.
- iv) 도곽으로부터 2cm 이상의 폭으로 인접한 도엽의 수치화 자료를 출력하고, 도엽간의 접합의 양·부를 눈으로 점검한다.

2.2 우리나라의 수치지도의 정확도 기준

우리나라에서도 수치지도의 표준화를 위한 연구가 이루어졌으나 정확도의 평가에 대해서는 미흡한 실정이었다. 최근 수치지도작성에 대한 작업규정 마련 등 지도의 정확도에 대한 관심이 높아지고 있다. 1992년 건설부령의 수치지도작성규칙이 마련되어 여기에서 수치지도화는 측량용 항공사진 또는 위성영상으로부터 수치화하는 것, 지도입력은 지도 및 측량도면으로부터 수동독취기 및 자동독취기에 의한 수치화로 규정하고 이 두 가지를 수치지도작성이라 하였다. 1995년 수치지도작성작업내규(안)에서 수치도화와

자동 및 수동독취에 따른 정확도 규정을 다음과 같이 제시하였다.²⁰⁾²¹⁾

① 수치도화의 축척별 오차의 허용범위는 다음의 표 2.8과 같다.

표 2-8 수치도화의 축척별 오차의 허용범위

축척	표준편차			최대오차		
	평면위치	등고선	표고점	평면위치	등고선	표고점
1/1,000	0.2m	0.3m	0.15m	0.4m	0.6m	0.3m
1/5,000	1.0m	1.0m	0.5m	2.0m	2.0m	1.0m
1/25,000	5.0m	3.0m	1.5m	10.0m	5.0m	2.5m

② 자동독취의 경우 해상도를 400dpi 이상으로 하고 벡터편집에서의 정확도는 래스터배터와 최종벡터데이터를 화면에서 비교하여 도상 0.2mm이내이어야 하며, 확인용 출력도면은 지도원판과 비교하여 상대 최대오차가 도상 0.7mm, 표준편차가 도상 0.4mm이내이어야 한다.

③ 수동입력의 경우 입력시의 정확도는 도상 0.2mm이내이어야 하며, 확인용 출력도면은 지도원판과 비교하여 상대 최대오차가 도상 0.7mm, 표준오차가 도상 0.4mm이내이어야 한다.

- 생산자 입장에서 본 귀무가설

H_0 : 지도는 요구되는 정확도와 같거나 요구되는 것보다 정확하다.

- 이의 가설대립

H_1 : 지도는 요구되는 것보다 덜 정확하다.

즉, 요구되는 정확도 Q_0 에서

$$H_0 : Q \geq Q_0$$

(3.1)

$$H_1 : Q < Q_0$$

로 5%의 유의수준, 즉 95%의 신뢰도로 검정하는 경우 왼쪽꼬리 검정으로 그림 3-1(a)와 같이 왼쪽의 0.05 부분이 아니면 인정하는 것이다.

그러나 소비자(주문자)입장에서 보면

$$H_0 : Q < Q_0$$

(3.2)

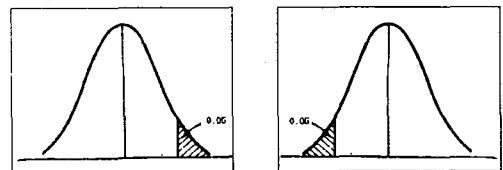
$$H_1 : Q \leq Q_0$$

의 가설로 요구정확도 Q_0 에서 95% 신뢰도로 검정하는 경우 오른쪽 꼬리검정으로 그림 3-1(b)에서 오른쪽 0.05 부분이 아니면 인정하는 것이다.

3. 작성된 수치지도의 통계적 평가

3.1 생산자 위험량과 소비자 위험량

전체지도의 정확도 추정은 하나의 가설검정으로 생각할 수 있다. 가설검정은 지도가 정확하게 만들어졌는지의 여부를 추정하는 것이지만, 제작자 입장과 사용자(주문자)입장이 서로 다르므로 어느 입장에서 귀무가설을 세우느냐에 따라 판정기준은 달라지게 된다.



(a)

(b)

그림 3.1 왼쪽꼬리검정과 오른쪽꼬리검정

이와같이 지도의 동일한 요구정확도 상태에서 검정 하더라도 어느쪽 입장이나에 따라서 가설의 성립조건 이 다르게 되므로 생산자와 소비자의 양쪽 입장을 고려한 결정이 되어야 할 것이다. Q_0 를 요구되는 최소 정확도 Q_L 이라 하면 지도의 정확도 검정에 대한 가설은 먼저 소비자입장에서 본 가설 식(3-2)로 세우게 되고 이 가설은 제 1 종 오류, 즉 지도가 덜 정확한 것임에도 불구하고 귀무가설 H_0 를 기각할지 않고 선택할 확률은 0.05가 되고 이는 소비자 위험률(trisk) 이 된다.이에 따른 생산자 입장에서는 지도가 최소 정확도 Q_L 보다 높은 Q_H 인 경우에 지도가 선택되지 않고 기각될 확률은 최소로 하는 것이 바람직 할 것이다. 이것은 제 2 종 오류, 즉 지도가 정확한 것임에도 불구하고 H_1 을 기각할 확률(생산자 위험률)을 최소로 하는 것이며, 이것은 소비자 위험률을 증가시키거나 표본의 수를 증가시키므로써 가능할 것이다.

이를 그림 3-2로 나타내면 그림 3-2(a)에서 Q_L 은 지도 최소 정확도로 고정하고 귀무가설 H_0 는 지도의 정확도가 Q_L 보다 낮을 확률이 5% 이하가 아닌 인정된다. 그 한계값은 Q_T 는 지도가 Q_L 의 정확도를 갖는다는 가정으로 Q_T 가 5% 이상인 표본값을 갖는 확률로 계산된다. 만약 표본의 정확한 수들의 비율이 Q_T 보다 크거나 같다면 H_0 는 기각되어 지도는 최소 정확도 Q_L 보다 크거나 같은 것으로 인정 된다.

이에 비해 생산자 위험률은 지도의 선택되지 않을 확률로서 $Q_H > Q_L$ 일 때 지도가 정확한 것임에도 불구하고 선택되지 않을 확률로서 Q_T 보다 작은 영역이다. 이것은 그림 3-2(a)에서 처럼 표본수가 작은 경우에는 생산자 위험률이 50% 이상으로 크게 되며, 이는 실제로 정확도를 만족하는 지도가 검정에 통과 해서 인정되는 것을 어렵게 하는 것을 의미한다. 따라서 표본수를 증가시키므로해서 그림 3-2(b)의 경우 처

럼 생산자 위험률을 감소시킬 수 있다. 그러나 표본수의 증가는 지도 검정에 드는 비용의 증가를 뜻하므로 적절한 수준의 표본수를 선택하여야 할 것이다.

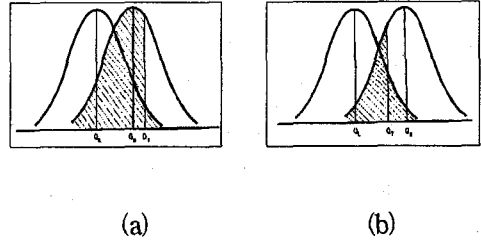


그림 3.2 생산자 위험률과 소비자 위험률

3.2 적정표본검정매수 결정을 위한 초기하분포

초기하분포는 관찰대상의 크기가 일정하고 그 구성이 두가지 표지만으로 정의되었을 때 일정 크기의 표본에 한 표지의 출현회수에 대한 확률모형으로 품질관리의 발취검사에서 널리 이용되는 분포이다.²⁵⁾ 여기서 규정 범위내인 지도의 매수가 M, 규정을 만족하지 못하는 지도의 매수가 D로 구성되었다고 가정하는 지도의 제품 집단에서 표본 n개 가운데 규정 범위내의 지도가 x개 출현할 확률 f(x)는

$$f(x) = \frac{{}^n C_x \cdot {}^D C_{n-x}}{N+D C_n} \quad (4.1)$$

단, $x=0, 1, 2, \dots, n, x < n, n < M$ 이다.

이 초기하분포를 디지털화된 수치지도의 발취검사에서 소비자 위험률과 생산자 위험률을 적용시키면, 전체 디지털화된 지도의 매수 N에서 표본 n개를 발취하여 검사할 때 최소 정확도 Q_L 에서 요구 정확도를 만족하는 지도의 매수는 $M = N \cdot Q_L$ 이며 요구 정확도를 만족하는 지도의 매수 D는 $N - M$ 이 될 것이다. 소비자 위험률, 즉 95% 신뢰도로 검정할 때 표본

수 n 개 중 요구 정확도를 만족하지 못하는 지도의 매 수 n_y 가 포함될 확률(CR)은 다음 식으로부터 구할 수 있을 것이다.

$$CR = \sum_{y=0}^{n_y} \frac{M C_{n-y} D C_y}{N C_n} \leq 0.05 \quad (4.2)$$

즉, 식 (4.2)에서 구한 n_y 는 소비자 위험률을 고려할 때의 표본에서 요구 정확도를 만족하지 못하는 지도 매수 $M = N \cdot Q_H$ 이며, 유구 정확도를 만족하지 못하는 지도 매수 $D' = N - M'$ 가 된다. 소비자 위험률 5%에 따른 생산자 부담률은 디지털이 된 지도의 전체 매수 N 과 표본의 수 n 에 따라 달라질 것이며 다음 식으로 구할 수 있을 것이다.

$$PR = \sum_{y=n_y+1}^D \frac{M' C_{n-y} D' C_y}{N C_n} \quad (4.3)$$

이 식으로부터 소비자 위험률이 고정되었을 때 생산자 위험률을 고려한 최적 표본수 n 이 전체 디지털이 된 지도의 매수 N 의 각 경우에 대해 구해질 것이다.

4. 수치적용 및 분석

4.1 지도의 정확도 규정에 대한 분석

수치도화 및 지도입력의 수치지도 자료는 지형공간정보체계의 기반자료를 구성하는 것으로서 지형공간정보체계에서 차지하는 비용의 많은 부분을 차지하므로 재입력은 막대한 비용의 증가를 초래할 뿐만 아니라 다른 응용 분야에 그 영향이 크게 미치므로 정확한 자료의 구성을 위한 정확도 규정이 필요하다. 따라서 정확도를 평가하기 위한 규정은 명확하여야 하며, 신중하게 결정되어야 할 것이다.

수치지도의 정확도 규정에 대해 외국의 예와 비교하여 보면, 평면위치의 경우, USNMAS 규정은 1/20,000 이상의 축척에서 도상 1/30 inch (약 0.8mm)보다 큰 오차가 10%를 넘지 않아야 되므로, 이것은 통계적 의미에서 표준편차가 약 $0.8\text{mm}/1.645 = 0.49\text{mm}$ 로 볼 수 있을 것이다. ASPRS는 표 2-1과 같이 축척에 따른 지상의 값으로 표시하였지만 도상 값으로 환산해 보면 0.25mm로 USNMAS보다 엄격한 제안을 알 수 있다. 일본의 경우는 표 2.4에서처럼 1/500 이상은 도상 0.5mm, 1/1,000 이하는 도상 0.7mm의 표준편차로 공공측량의 일반 지형도 규정과 같게 적용하고 있다.²⁴⁾ 이에 비해 우리나라의 수치도화 규정은 표준편차가 표 2.8에서 도상값으로 환산했을 때 0.2mm로서 일본에 비해 3배, USNMAS에 비해 2배 이상 엄격하며, 최근의 ASPRS 제안값보다 엄격함을 보이고 있다.

그리고 표고의 경우, USNMAS 규정은 등고선 간격의 1/2 보다 큰 오차가 10%이하이어야 하므로 1/20,000 축척에서 등고선 간격이 10m라고 하면 $5/1.645 = 3\text{m}$ 정도이며, ASPRS에서는 평균제곱근오차가 등고선에서 1/3, 표고점에서 1/6 이므로 각각 3.3m, 1.66m이다. 일본의 경우는 표고점에서 표준편차가 등고선 간격으로 환산해 보면 1/3 정도이며, 같은 축척으로 표시되어 있는 축척 1/1,000 과 1/5,000을 우리나라의 규정과 비교해 보면 1,000 인 경우 2.2배, 1/5,000인 경우 3.3배로 우리나라의 규정이 엄격함을 보이고, 이는 미국의 경우보다도 엄격함을 알 수 있다.

이상과 같이 평면 및 표고 규정에서 외국에 비해 아주 엄격한 규정이 적용되는 것은 정확도를 높게 설정하였다는 점도 있을 수 있겠지만, 지나친 엄격함은 자칫 규정대로 지켜지지 않을 수 있는 우려가 있음도 생각해 볼 필요가 있을 것이다. 따라서 우리나라의 수치도화의 규정은 표준편차와 최대오차로 구분하여 규정되어 있으므로 더욱 엄격한 규정으로 생각되며, 외국의 예와 비교해 볼 때 다소 완화되어도 좋을 것으로 사료된다. 그리고 표준편차를 적용하기 위한 검사점의 수와 검사점의 배치방법 등에 대한 명시가 필요하며, 수동 측취인 경우에도 표준편차를 적용하기 위한 검사점의 수와 배치에 대한 언급이 필요할 것으로 사료된다.

지형도 원도 및 수치도화의 경우 그 정확도를 검사할 수 있는 검사점의 측량이 미국에서도 대축척도에 적용하도록 권고하는 형식으로 학회차원에서 발표된 바 있으나 이의 실행에는 비용이 너무 많이 들기 때문에 선택적으로 하도록 하였다. 우리나라의 경우 지형도 원도에 대한 검정을 하기 위한 검사측량은 측지 기준점과의 관계가 있기 때문에 기준점이 정비 중인 현재 명확한 규정을 정하는 것이 간단한 문제는 아니겠지만, 지형공간정보의 활성화로 수치지도에 대한 요구가 날로 증대해가는 차제에 이에 대한 검토 방안도 연구되어야 할 것으로 사료된다.

4.2 지도입력된 수치지도의 검정

지도입력된 수치지도의 정확도 평가는 국립지리원의 규정을 적용할 수 있을 것으로 사료되지만, 위에서 언급한 바와 같이 필요한 부분에 대한 규정은 계약 당사자간의 합의로 결정할 수 있을 것이다. 계약 당사자간의 합의된 규정의 오차범위 내에 포함되는 수치지도가 제작되었는지의 평가를 모든 수치지도를 검사하고 평가하는 것은 시간과 비용의 증가가 크기 때문에 계약자와의 합의에 의하여 위에서 언급한 통계적 검정을 적용할 수 있을 것이다.

입력된 수치자료의 질을 검정하기 위하여 입력자료와 raster data의 중첩에 의한 검정 방법이 일반적으로 이용되고 있으나, 제작되는 수치지도의 매수가 많은 경우 모든 지도에 대한 중첩검사는 많은 시간과 비용이 소요되고, 오랫동안 검정할 경우에 피로도에 의해 능률이 저하되며, 검정시의 개인오차가 크고, 입력원도의 정확도가 확인되지 않은 경우에 입력자료의 정확성은 무의미하게 되는 단점이 있다. 이러한 경우 중첩검사를 전체 제작된 수치지도 중에서 표본 추출하여 검정하는 통계적 검정 방법이 바람직 할 것이다.

최근 실시되고 있는 지형공간체계를 위한 수치지도 작성의 용역등에서 10~20%의 중첩검사 후 그 결과 통계적 검정이 가능하다고 판단한 경우 표본추출에 의한 검정을 하는 것으로 제외하고 있으나, 표본추출

의 적정매수 및 통계적 검정방법에 대해서는 무작위 추출하는 임의적인 해석을 하고 있다.²⁰⁾

이에 대한 통계적 검정 방법으로 본 연구에서는 앞에서 설명한 생산자 및 소비자 위험률을 고려한 초기하분포를 적용하고자 하였으며, 초기하분포를 이용한 검정의 예를 도표로 표시하면 전체 제작 매수 100매 중 68매의 표본수로 최저요구정확도 $Q_L = 85\%$ 에서 검정할 때 생산자의 수치지도 제작수준이 90%인 경우는 소비자 위험률 5%에서 요구 정확도보다 오차가 큰 지도의 포함 매수가 7매이며 생산자 위험률이 31.97%임을 그림 4.1에서 생산자 위험률인 오른쪽 그래프의 지도 매수 7매보다 왼쪽에 포함되는 빗금친 부분으로 표시됨을 쉽게 알 수 있다. 글미에서 황축은 정확도 기준을 초과하는 지도의 매수로 오른쪽에서부터 0매로 표시하였으며, 소비자 위험률인 왼쪽의 확률곡선에서 초과매수가 7매일 때 0에서 7까지 포함되는 면적이 약 8.3%임을 나타낸다. 이때 지도 제작수준이 95%이면 생산자 위험률은 0%임을 그림 4.2로부터 알 수 있다. 그리고 표본수 38개에서는 지도제작수준 90%에서 그림 4.3에서 보는 것과 같은 그래프가 작성되며, 이 경우의 생산자 위험률은 81%임을 알 수 있다. 이와같이 초기하분포에서는 전체 제작 매수와 표본수에 따라 각각의 확률분포가 다르게 나타날 것이며, 이를 표로 나타내어 이용할 수 있다.

즉, 제작된 지도 중 최소 정확도 기준, 즉 정확도 범위 내에 드는 지도의 수를 85%, 90% 또는 95% 등으로 선정하고 이것을 소비자 위험률 5%인 높은 신뢰수준 95%로 검정하려면 예시한 표 4.1 및 표 4.2와 같은 도표로부터 생산자 위험률을 고려한 최적의 표본수를 선정하여 검사할 수 있다.

최소정확도 기준을 85%로 할 때 표 4-1에서 제작되는 지도의 매수가 100매이라면 소비자 위험률 5%에서 볼 때 표본수가 24개 인 경우는 정확도 범위를 벗어나는 지도는 한 매도 없어야 되고, 84매의 표본수에서는 10매가 포함된다는 것을 알 수 있다. 이때 생산자 입장에서 보면 표본의 개수가 24개이면 지도의 정확도가 90%임에도 불구하고 약 94%의 위험률, 즉 이 검정을 통과하지 못할 확률이 94%이며, 표본수가 84개이면 위험률이 0%, 즉 검정을 통과할 확률이 100%

지형공간정보체계를 위한 수치지도의 정확도 평가 및 검증

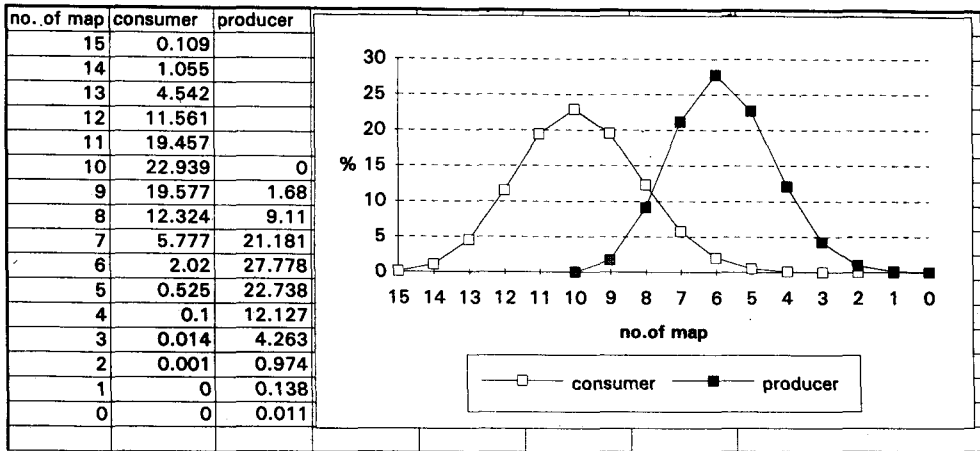


그림 4.1

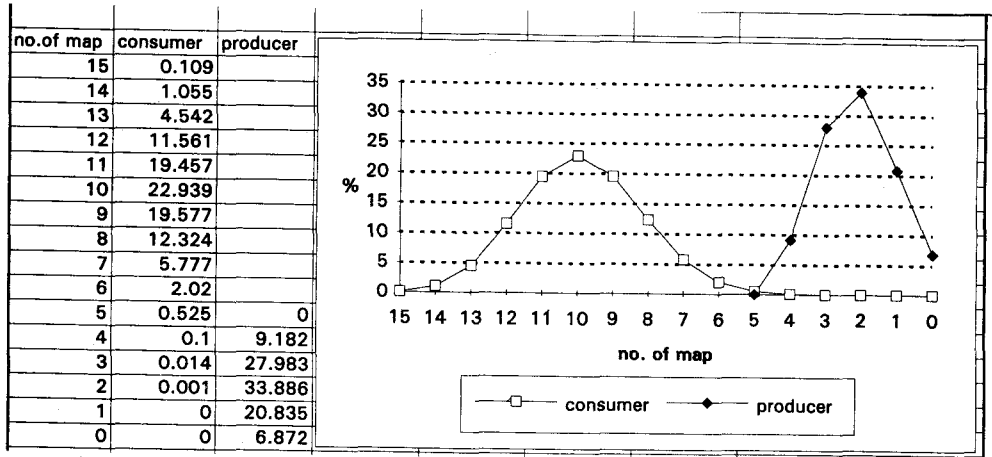


그림 4.2

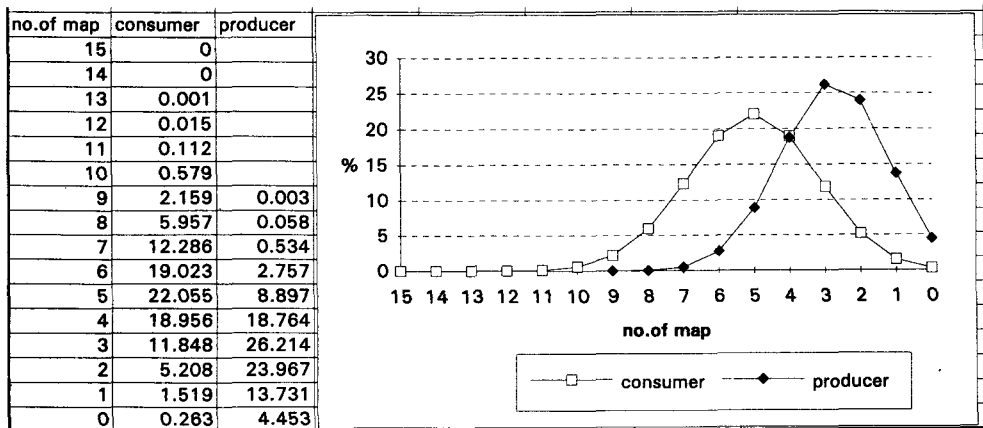


그림 4.3

표4.1 표본매수와 기준초과지도매수 및 생산자 위험률 ($Q_L = 0.85$, $CR = 0.05$)

계좌매수	표본매수	기준초과지도매수	생산자 위험률(PR)		
			$Q_H=0.90$	$Q_H=0.95$	$Q_H=0.99$
100	24	0	94.486	81.660	42.424
	31	1	87.887	60.717	9.394
	38	2	81.194	41.317	0.000
	44	3	72.362	23.232	0.000
	51	4	65.504	11.167	0.000
	57	5	55.824	3.044	0.000
	63	6	45.532	0.000	0.000
	68	7	31.970	0.000	0.000
	74	8	20.751	0.000	0.000
	79	9	8.323	0.000	0.000
	84	10	0.000	0.000	0.000
200	26	0	94.703	79.291	34.298
	34	1	89.019	58.737	7.546
	41	2	82.325	39.959	0.812
	48	3	75.672	25.535	0.000
	55	4	69.217	15.251	0.000
	62	5	63.004	8.406	0.000
	69	6	57.035	4.188	0.000
	76	7	51.295	1.820	0.000
	83	8	46.767	0.653	0.000
	89	9	38.585	0.155	0.000
	96	10	33.526	0.023	0.000
	102	11	27.071	0.000	0.000
	108	12	21.160	0.000	0.000
115	13	17.053	0.000	0.000	
500	27	0	94.638	77.277	28.452
	35	1	88.658	55.801	5.978
	43	2	83.005	39.075	0.989
	51	3	77.839	26.807	0.124
	59	4	73.143	18.068	0.011
	66	5	67.326	11.305	0.000
	73	6	61.809	6.875	0.000
	80	7	56.616	4.064	0.000
	87	8	51.748	2.333	0.000
	94	9	47.200	1.298	0.000
	101	10	42.959	0.698	0.000
	108	11	39.010	0.352	0.000
	115	12	35.339	0.181	0.000
	122	13	31.930	0.086	0.000
	128	14	27.592	0.036	0.000
	135	15	24.745	0.015	0.000
	142	16	22.119	0.006	0.000
	149	17	19.702	0.002	0.000
	155	18	16.644	0.001	0.000
	162	19	14.683	0.000	0.000
	169	20	12.893	0.000	0.000
175	21	10.665	0.000	0.000	

지형공간정보체계를 위한 수치지도의 정확도 평가 및 검증

표4.2 표본매수와 기준초과지도매수 및 생산자 위험률 ($Q_L = 0.90$, $CR = 0.05$)

제작매수	표본매수	기준초과지도매수	생산자 위험률(PR)		
			$Q_H=0.95$	$Q_H=0.97$	$Q_H=0.99$
100	37	0	94.300	84.809	60.545
	47	1	86.760	64.454	21.838
	57	2	78.363	42.160	0.000
	66	3	67.030	18.380	0.000
	75	4	53.089	0.000	0.000
	83	5	31.664	0.000	0.000
200	40	0	92.003	79.585	48.993
	52	1	83.051	58.309	16.625
	63	2	73.144	38.651	3.024
	74	3	63.336	23.054	0.000
	84	4	52.367	11.279	0.000
	94	5	41.719	4.227	0.000
	104	6	31.623	0.930	0.000
114	7	22.308	0.000	0.000	
500	42	0	90.396	75.981	41.093
	54	1	79.535	53.148	12.939
	66	2	69.267	35.528	3.281
	78	3	59.982	22.898	0.645
	89	4	50.599	13.719	0.084
	100	5	42.249	7.834	0.006
	111	6	34.916	4.244	0.000
	121	7	27.693	2.061	0.000
	132	8	22.317	0.978	0.000
	142	9	17.130	0.403	0.000
	153	10	13.393	0.159	0.000
	163	11	9.885	0.052	0.000
	173	12	7.120	0.014	0.000
	184	13	5.224	0.003	0.000
	194	14	3.557	0.001	0.000
	204	15	2.337	0.000	0.000
	214	16	1.472	0.000	0.000
224	17	0.883	0.000	0.000	
234	18	0.499	0.000	0.000	
244	19	0.262	0.000	0.000	

라는 의미이다. 따라서 생산자는 지도의 제작수준이 높다고 판단하면, 즉 지도의 질적 수준이 95% 또는 99%로 높으면 적은 표본수로 선택하여도 위험률은 적을 것이며, 예를 들어 31개의 표본수에서 지도의 질적 수준이 99%이면 생산자 위험률은 9% 정도이다.

검정에서 소비자 위험률은 5%로 고정하므로 소비자 입장에서는 표본의 수에 상관없이 요구하는 최소수준

의 정확도를 확보할 수 있을 것이며, 생산자 입장에서 는 표본의 수가 많으면 비용이 많이 들게 되므로 지도의 제작 수준에 맞추어 적정 위험률을 고려한 표본의 수를 채택할 수 있을 것이다.

일반적으로 최소 정확도 수준을 90%, 지도제작 수준을 95%에서, 생산자 위험률 30%정도의 수준으로 볼 때 지도제작 매수 100매에서 표본수가 83매, 200매

서는 104매, 500매에서는 121매 정도로 표본수를 정할 수 있을 것이며, 제작매수가 증가할 수록 표본의 전체 매수에 대한 비율은 감소한다. 즉 100매 정도의 적은 제작매수에서는 표본수의 비율이 80%를 넘지만, 500매인 경우는 전체의 25%정도의 표본수로 동일한 검정을 할 수 있음을 알 수 있다.

그리고 주문자 입장에서 최소 정확도 수준을 90%로 보더라도 지도의 제작수준을 높게 97% 또는 99%로 원할 경우, 표 5.2에서 알 수 있듯이 100매의 제작에서 47매의 표본수 중 요구 정확도를 벗어나는 지도의 포함 매수가 1인 경우로 지정하면 제작 수준이 99%인 경우에 생산자 위험률이 21.8% 정도이므로 지도의 제작 수준이 높지 않으면 검정을 통과하기 힘들게 될 것이다. 따라서 이 도표로부터 생산자와 주문자의 상호 동의에 의해 적정 표본수를 결정할 수 있을 것이다.

5. 결 론

지형공간정보체계를 위한 수치지도의 정확도 기준과 평가방법에 대한 고찰을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 제작된 수치지도의 검정에서 제작자와 주문자의 위험률을 고려한 통계적 검정을 하므로써 계약자 상호간의 동의에 의한 적절한 정확도 수준의 정확도 검정을 할 수 있을 것이다.
- 2) 수치지도의 정확도 검정에서는 지도의 제작 매수가 한정되어 있으므로 본 연구에서 제의한 초기 하분포를 이용하면 제작매수가 증가할수록 표본수의 전체 매수에 대한 비율이 감소하게 되고, 제작매수에 따른 적절한 지도표본매수를 선택할 수 있다.
- 3) 수치지도의 정확도 기준은 지형도 원도 및 수치도화, 지도입력 등에서의 검사점에 대한 측량 및 검사점의 수 그리고 배치 방법 등이 고려되고, 이의

검정을 위한 통계적 방법에 이르기까지 종합적인 검사방법에 대해 지도제작기관에 의해 통일될 수 있도록 더욱 연구되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 창원시, 항공사진에 의한 도로관리 종합 정보시스템 구축, 1995.
2. K. Thapa, J. Bossler, Accuracy of Spatial Data Used in Geographic Information Systems, PE&RS, VOL. 48. NO.6, 1992, pp.835-841.
3. G.B. Korte, 實務者を ために 地理情報システム, 村井俊治, 那須充譯, オーム社, 東京, 1994.
4. Longman Scientific and Technical, Geographical Information System, D. J. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. Rhind(eds.), John wiley & son, Newyork, 1991.
5. The Committee for Specifications and Standards, Accuracy Specification for Large-Scale Maps, PE&RS, VOL. 51. NO.2, 1985, pp.195-199.
6. D. C. Merchant, Spatial Accuracy Specification for Large-Scale Topographic Maps, PE&RS, VOL. 53, NO.5, 1987, pp.958-961.
7. ASPRS, ASPRS Accuracy Standard for Large-Scale Maps, PE&RS, VOL. 56. NO.3, 1980, pp.1068-1070.
8. 日本測量調査技術協會, デジタルマッピング, 鹿島出版會, 東京, 1987
9. 國土廳計劃調整局, 建設省國土地理院, 國土數值情報, 大藏省印刷局, 東京, 1987
10. 建設省 國土地理院, 地理情報システム技術動向調査作業報告書, 1993.
11. 柳福模, 地形空間情報論, 東明社, 서울, 1994.
12. 윤정섭, 수치지도화 소프트웨어 개발, 국방과학연구소, 1992.
13. 국립지리원, 수치지도작성작업규칙, 1992.

14. 국립지리원, 수치지도작성작업내규(안), 1995.
15. P. A. 바로우, 地理情報システムの原理, 安仁屋政武, 佐藤亮 譯, 古今書院, 東京, 1993.
16. P. V. Bolstad, P. Gessler, and T. M. Lillesand, Positional uncertainty in manually digitized map data, INT. J. Geographical Information Systems, VOL 4, NO. 4, 1990. pp. 399-412.
17. R. Dunn, A. R. Harrison, and J. C. White. Positional accuracy and measurement error in digital databases of land use : an empirical study, INT. J. Geographical Information Systems, VOL 4, NO. 4, 1990, pp.385-398.
18. Michael E. G. , Testing Land-use Map Accuracy : another look, PE&RE, VOL 45, NO. 10, 1979, pp.1371-1377.
19. G. H. Rosenfield, K. F. Lins, H. S. Ling. Sampling for Thematic map Accuracy Testing, PE&RS, VOL. 48. NO. 1, 1982, pp.131-137.
20. S. Aronoff, Classification Accuracy : A User Approach, PE&RS, VOL. 48. NO. 8, 1982, pp.1299-1307.
21. S. Aronoff, The Map Accuracy Report : A User View, PE&RS, VOL. 48. NO. 8, 1982, pp.1309-1312.
22. 建設省 國土地理院, デジタルマッピングの標準化に関する調査研究作業報告書, 1986.
23. 尹起重, 數理統計學, 博英社, 서울, 1988.
24. 日本測量協會, 測量關係法令集, 日本測量協會, 1986.