

통계적 품질관리기법을 도입한 수치지도의 검수방법에 관한 연구 A Study on Methods of Quality Check for Digital Basemaps using Statistical Methods for the Quality Control

김병국* · 서현덕**

Kim, Byung-Guk · Seo, Hyun-Duck

要 旨

본 논문에서는 국내의 수치지도 검수방법을 고찰하고, 보다 효율적인 검수방법을 제안하였다. 수치지도 검수를 수행하기 위하여 통계적 품질관리기법을 도입하였다. 현재의 통계적인 검수방법(1단 완전 추출법)을 개선하기 위한 표본 추출법으로 2단 완전 추출법과 2단 집락 추출법을 제안하였다. 경험적으로 작성된 자료를 이용하여 납품된 전체 수치지도에 대한 오류율과 누락 객체 수를 추정하였으며, 이에 대한 분산도 추정하였다. 또한, 오류율과 누락 객체 수에 대한 신뢰구간을 결정할 수 있었다.

ABSTRACT

In this study, we investigated methods of quality check for digital basemaps and proposed effective methods of quality check. We used new statistical methods for quality control in order to carry out quality check for digital basemaps. We proposed 2-stage complete sampling and 2-stage cluster sampling method to improve present statistical methods of quality check(1-stage complete sampling method). We estimated error rate and number of omitted objects using simulated data about all delivered digital basemaps and estimated variances about it. We could determine confidence interval about error rate and number of omitted objects.

1. 서 론

국가지리정보체계(National Geographic Information System : NGIS)의 일환으로 수치지도 제작사업이 진행되고 있으며, 1:5,000 축척의 수치지도는 거의 완성되었다. 1:1,000 축척의 수치지도 제작이 활발히 진행되고 있다. 국내의 수치지도 제작업체들은 수치지도 제작사업에 참여함으로써 수치지도 제작에 관한 많은 기술을 축적하여 왔다. 또한, 수치지도 검수에 관해서도 검수프로그램의 개발로 검수에 소요되는 시간, 인력, 비용을 단축하였다. 그러나, 아직도 검수에 소요되는 시간, 인력, 비용은 발주처에서 담당하기엔 과다하다. 검수자들의 검수경험에 의하면 어느 정도의 수치지도를 검수하면 납품된 전체 수치지도의 품질을 대략 추측할

수 있었다. 현재 발주처에서 실시되는 통계적 검수방법으로는 납품된 수치지도의 10% 또는 그 이상을 추출하고 추출된 수치지도를 전수검수하는 방법이 사용된다.^{1,2)} 그러나, 많은 검수자들은 좀 더 통계학적인 이론에 입각한 효율적인 검수방법을 필요로 하고 있다.

본 연구에서는 통계적 품질관리 기법을 수치지도 검수에 도입하여 수치지도 제작업체 및 발주처에서 짧은 시간에 전수검사와 거의 동일한 효과를 얻을 수 있는 통계적 검수방법을 제안하였다.

2. 수치지도 검수의 개요

국내에서는 전문적으로 수치지도 검수만을 수행하는 기관은 없으며, 주로 발주처와 용역업체에서 수치지도 검수를 수행하고 있다. 발주처 또는 용역업체에서 실시하는 검수방법은 출력중첩검수, 화면검수, 프로그램검수^{1,2)} 등이 있으며 가장 많은 시간, 인력 및 비용을 필

*인하대학교 지리정보공학과 부교수

**인하대학교 지리정보공학과 석사과정

요로 하는 검수방법은 출력중첩검수와 화면검수이다. 발주처로 납품된 지도의 10% 또는 그 이상을 표본 추출하여 상기와 같은 방법으로 전수검수한다. 검수방법을 간단히 설명하면 다음과 같다.

2.1 수치지도 검수방법

2.1.1 출력중첩검수

수치지도를 출력한 확인용 출력도면, 기존의 지형도, 수정도화원도를 라이팅 테이블에 올려놓고 육안으로 내용물을 비교하면서 오류를 검색한다. 1 매의 지도를 검수하는 데에 2시간 이상 소요되며, 그 이상의 지속적인 작업은 작업자가 쉽게 피로를 느끼게 한다. 수치지도의 품질을 높게 유지하면서, 쉽게 검수할 수 있는 효율적인 검수방법이 요구된다.

2.1.2 화면검수

주로 출력중첩검수에서 검색할 수 없는 오류들을 검수하며 종이지도 크기에서 육안으로 식별이 불가능한 내용물을 컴퓨터 화면에서 수치지도를 확대하여 육안으로 형태와 위치를 식별하거나, 코드를 검사한다.

2.1.3 프로그램검수

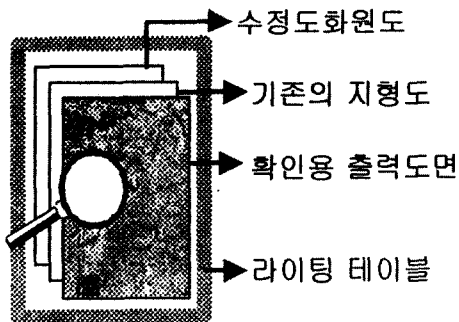


그림 1. 출력중첩검수

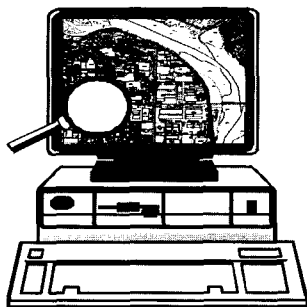


그림 2. 화면검수, 프로그램 검수

DOS 운영체제에서 오류검색 프로그램(GEOCONV)을 실행한다. '수치지도 작성 작업규칙'과 '수치지도 작성 작업내규'에 근거하여 논리적으로 위배되는 내용들을 오류로 처리하여 오류의 내용과 양을 ASCII 파일로 출력한다. 출력된 파일을 오류수정 프로그램에 입력하여 오류의 위치를 화면에 출력하고, 수정한다. 검색할 수 있는 오류의 범위는 한계가 있지만, 수행속도가 빠르고 검색능력이 뛰어나 전수검사가 가능하다.³⁾

2.2 기존 표본 검수방법의 문제점과 해결방안

1) 지형의 특성을 고려하지 않고 절대적인 '오류의 양'을 검수결과와 적합, 부적합에 대한 판별기준으로 하고 있다. 판별기준을 '오류의 양'에서 '오류의 비율-오류율'로 바꾸어 지형의 특성을 고려한 검수방법을 도입한다.

2) '오류의 양' 대신에 '오류율'을 수치지도에 대한 적합, 부적합의 판별기준으로 정하기 위하여 발주처의 기준에 의하여 합격 판정을 위한 '오류율'을 미리 정하고 공표한다.

3) 납품된 지도의 10% 또는 그 이상을 검사하고 있지만, 아직도 검수를 수행하는 데에는 시간, 인력, 비용이 많이 소요된다. 수치지도 검수방법에 통계적 품질관리기법을 도입하여 효율적인 검수방법으로 개선한다.

3. 제안하는 표본추출법⁴⁾

3.1 1단 완전 추출법(One-Stage Complete Sampling Method)

1단 완전 추출법은 그림 3과 같이 납품된 지도에서 임의로 지도를 추출하는 방법이며, 추출된 지도에 대해서는 전수검수한다. 현재 발주처에서 사용되는 표본 추출방법이다.

3.2 2단 완전 추출법(Two-Stage Complete Sampling Method)

2단계 완전 추출법은 그림 4와 같이 납품한 전체의 지도 중에서 1단계로 몇 도엽을 표본 추출하고, 2단계로 추출된 지도 중 몇 군데의 구역을 표본 추출하여 추출된 구역내의 내용물에 대하여 검수하는 방법이며 2단계의 추출된 구역에서 검수의 내용은 누락에 대하여 출력중첩검사를 한다.

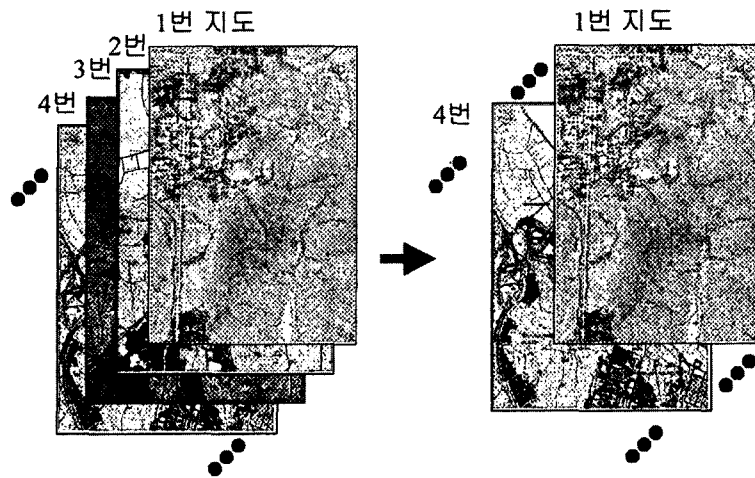


그림 3. 1단 완전 추출법

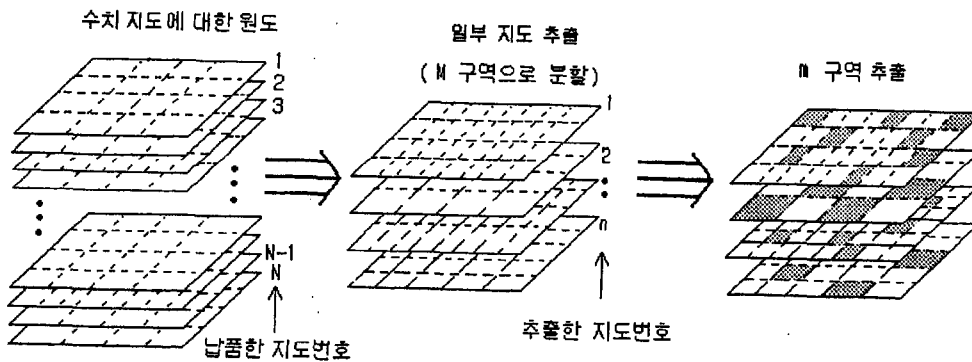


그림 4. 2단 완전 추출법

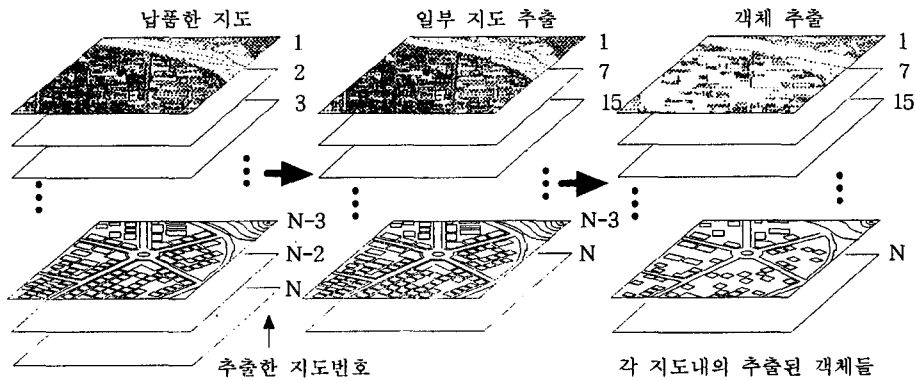


그림 5. 2단 집락 추출법

3.3 2단 집락 추출법(2-Stage Cluster Sampling Method)

2단 집락 추출법은 그림 5에서의 같이 1단계로 지도

를 추출하고, 2단계로 추출된 지도의 객체들 중에서 몇 개의 객체들을 표본 추출하여 출력중첩검사와 화면검사를 하는 방법으로 누락 이외의 오류에 대해 적용한다.

표 1. 통계적 검수방법의 비교

비교항목	검수방법		
	1단 완전 추출법	2단 완전 추출법	2단 집락 추출법
검수 대상	오류, 누락	누락	오류
검수기준	수치지도 작성 작업규칙 및 작업내규 1): 실험을 근거로 한 수치라기 보다는 외국의 기준을 동일하게 적용하고 있음.	실험 결과에 의한 수치	실험 결과에 의한 수치
장점	검수방법, 기록이 간단하다.	검수량이 적다. 시간, 비용이 적게 소요된다.	검수량이 적다. 시간, 비용이 적게 소요된다.
단점	검수량이 많다. 시간, 비용이 많이 소요된다.	별도의 프로그램이 요구된다. 검수방법, 기록이 복잡하다.	별도의 프로그램이 요구된다. 검수방법, 기록이 복잡하다.

3.4 검수방법의 비교

표 1에는 기존의 통계적 검수방법과 새로이 제안된 통계적 검수방법의 비교내용을 나타내었다. 제안된 검수방법은 2단 완전 추출법과 2단 집락 추출법을 조합한 형태이며, 누락에 대해서는 2단 완전 추출법을 오류에 대해서는 2단 집락 추출법을 사용한다. 또한, 표본추출을 위해서는 프로그램을 이용하여 임의로 추출하도록 하였.

4. 오류를 평가

4.1 오류의 종류와 특성

수치지도에 포함되어 있는 오류는 크게 두 가지로 대별되는데 그 중 하나는 잘못 표기된 오류(誤謬)이다. 예를 들면, 하천이 도로로 표시된 것이나, 인접한 등고선이 서로 교차하는 것 등을 말한다. 다른 하나는 있어야 할 정보가 없는 누락(漏落)이다. 즉, 표시되어야 할 하천이나 도로, 건물 등이 수치지도에 나타나지 않은 것

을 말한다.

오류와 누락의 발생특성이 다르기 때문에 이들에 대한 추정 방법을 달리하였다. 오류는 선형 객체, 문자, 기호 등의 모든 자료형태에서 발생한다. 오류를 검사할 때에는 수치지도에 표현되어 있는 객체 위주로 실시하는데, 구역을 나누면 하나의 선형객체가 여러 구역에 존재하므로 오류의 수를 기록하기에 부적합하다. 따라서, 그림 7과 같이 일부의 객체를 표본으로 추출하여 그의 오류 여부를 검사하는 것이 효과적이다.

반면에 누락되는 객체는 하천이나 등고선, 도로 등과 같은 선형 객체 보다 문자나 기호 또는 건물과 같은 작은 객체가 대부분이다. 따라서 그림 8과 같이 누락 객체를 검수할 때에는 도면을 16개 지역으로 분할하고 다시 4개 지역을 추출하여 추출된 구역 전체를 검수하는 것이 더욱 효과적이다.

4.2 오류율과 그의 계산

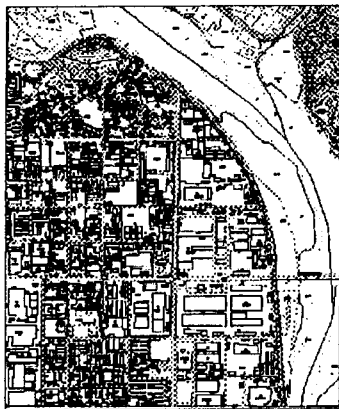


그림 6. 수치지도



그림 7. 객체를 추출한 수치지도



그림 8. 구역으로 구분된 수치지도

1 매의 수치지도에 M개의 객체가 있다고 하자. 여기서 오류의 정의는 객체가 '수치지도 작성 작업규칙' 및 '수치지도 작성 작업내규'의 검사항목 중 위치 정확성, 속성 정확성, 기하 구조의 적합성, 논리적 일관성, 경계의 정확성, 문자의 정확성, 완전성 등을 어겼음을 뜻한다. 하나의 객체가 여러 가지의 오류를 범 하였을 때에는 하나의 객체가 여러 번 집계되어야 한다. M개의 객체 중에서 오류의 수를 A개라고 하면 오류율은 다음의 식으로 계산할 수 있다.

$$\text{오류율 } P = \frac{A}{M} \quad (1)$$

예) M=5084개의 객체가 있는 수치지도의 오류가 출력 중첩 검수와 화면검수 방법에 의하여 다음의 표 1과 같이 조사되었다면 오류율은 표 1과 같이 계산할 수 있다.

업체가 한번에 납품하는 지도는 30, 50 또는 100매 정도이며, 이들에서의 오류율을 구하기 위하여 전체 지

표 2. 검사항목별 오류율

검사 항목	오류수	오류율
위치 정확성	140	140/5084=2.75%
속성 정확성	95	95/5084=1.86%
기하 구조의 적합성	23	23/5084=0.45%
논리적 일관성	45	45/5084=0.89%
경계의 정확성	22	22/5084=0.43%
문자의 정확성	65	65/5084=1.28%
완전성	70	70/5084=1.38%
전체	460	460/5084=9.05%

도를 모두 육안으로 검사한다는 것은 매우 비효율적인 검사방법이 될 것이다. 따라서 다음과 같이 표본에 의한 통계적 검사방법을 적용하도록 한다.

- 1) 납품한 N매의 수치 지도에서 검사하려는 n매의 지도를 추출하여 그에 일련 번호를 부여한다. (1, 2, ..., n)
- 2) 추출된 수치지도의 객체 M_1, M_2, \dots, M_n 개에서 각각 m_1, m_2, \dots, m_n 개의 객체를 임의 추출한다.
- 3) 위에서 추출한 객체에 대하여 수치지도를 출력하고, 그 결과를 원도와 비교하는 육안 검사를 한다.

4.3 오류율(P)의 추정

용역업체가 제작하여 납품한 수치지도 중 검사를 위하여 추출된 지도 i가 그림 6과 같다고 할 때 이 지도에 포함되어있는 M_i 개의 객체에서 m_i 개를 표본추출하여 그림 7과 같이 출력하고 출력된 객체에 대해서만 원도와 비교 검사한다. 앞으로의 설명을 용이하게 하기 위하여 사용할 몇 가지 기호를 먼저 정의하겠다.

n : 1단계로 추출한 지도의 수

M_i : i번째에 표본으로 추출한 지도 내의 전체 객체 수

m_i : i번째에 표본 지도에서 2단계로 추출한 객체 수

a_i : i번째 지도에서 검색된 오류수

$M = \sum_{i=1}^n M_i$: 납품한 전체 지도에 있는 전체 객체의 수

$\tilde{M} = \frac{M}{N}$: 지도 당 평균 객체의 수 이상의 기호를 사

용하면 다음의 계산이 가능하다.

$\hat{P}_i = \frac{a_i}{m_i}$: 지도 i의 오류율 추정값,

$\hat{P} = \left(\sum_{i=1}^n M_i \hat{P}_i / \sum_{i=1}^n M_i \right)$: 납품한 전체 지도의 오류율

추정값

오류에 대한 검수방법으로 적용한 2단 집락 추출법에 의한 전체 오류율의 추정값은 납품된 N매의 지도에서 n매의 지도만을 사용하였고, M_i 의 객체 중에서 m_i 개의 객체를 검사하였으므로 2단계를 거쳐서 전체 지도의 오류율 P의 불편 추정량 \hat{P} 을 계산하였으므로 분산의 추정값 역시 다음과 같이 2단계를 거쳐게 된다.

$$\hat{\text{Var}}(\hat{P}) = \frac{N-n}{N} \frac{1}{nM^2} s_0^2 + \frac{1}{nNM^2} \sum_{i=1}^n M_i^2 \frac{M_i - m_i}{M_i} \frac{\hat{P}_i \hat{Q}_i}{m_i - 1}$$

표 3. 오류율의 분산을 계산하기 위한 요소들

지도번호 i	전체 객체수 M _i	추출 객체수 m _i	오류수 a _i	\hat{P}_i (%)	$\hat{P}_i \hat{Q}_i$	$M_i^2(\hat{P}_i - \hat{P})^2$
1	4800	480	24	0.050	0.0475	3.6864
2	3600	360	16	0.044	0.0421	406.4256
3	4200	420	20	0.048	0.0460	45.1584
4	4300	430	21	0.049	0.0466	6.6564
5	3100	310	19	0.061	0.0573	1248.9156
6	2800	280	13	0.046	0.0439	101.6064

$$\frac{1}{nNM^2} \left\{ (N-n) s_0^2 + \sum_{i=1}^n M_i(M_i - m_i) \frac{\hat{P}_i \hat{Q}_i}{m_i - 1} \right\}, \quad (2)$$

$$\hat{Q}_i = 1 - \hat{P}_i$$

$$s_0^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n M_i^2 (\hat{P}_i - \hat{P})^2$$

위의 수식들을 적용하기 위해 모의 자료를 입력하여 적용하여 보았다. 납품한 50(=N)매의 지도 전체의 객체 수는 모두 175,000(=M)개로서 각 지도당 평균 객체 수는 3,500(= \bar{M})개였다. 그 중에서 6매(=n)를 추출하고, 각 지도의 객체 수와 그 중 오류의 수를 조사하여 다음의 표 3과 같이 정리하였다.

따라서 전체 지도의 오류율 \hat{P} 은 식 (2)에 의하여 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\hat{P} = \frac{1}{22800}$$

$$\left\{ \frac{4800 \times 24}{480} + \frac{3600 \times 16}{360} + \dots + \frac{2800 \times 13}{280} \right\} = 0.0496$$

분산의 추정값은

$$\begin{aligned} \hat{Var}(\hat{P}) = & \frac{1}{6 \times 50 \times 3500^2} \left\{ (50-6) \frac{1}{6-1} (3.6864 + \right. \\ & 406.4256 + \dots + 101.6064)^2 + (2056.283925 + \\ & \left. 1367.839554 + \dots + 1110.245161) \right\} \\ & \frac{(15949.52832 + 9688.785986)}{300 \times 3500^2} = 0.000006976 \end{aligned}$$

로 구할 수 있다.

4.4 오류율에 대한 가설 검정

표본 검사에 의한 P의 귀무 가설과 대립 가설은 각각 다음과 같다.

$H_0 : P=0.03$ v.s. $H_1 : P<0.03$ 이 가설을 검정하기 위한

검정 통계량은 중심극한 정리에 의하여 $\frac{\hat{P} - 0.03}{\sqrt{\hat{Var}(\hat{P})}} < -$

1.645이 성립하면 발견된 객체의 오류만을 수정하여 합격시키고, 그렇지 못한 경우에는 전체의 지도를 다시 제작 하도록 불합격시키는 규정을 만들 수 있다. 또한 지도 전체의 오류율 P의 95% 신뢰구간은 다음과 같다.

$$\hat{P} - 1.96\sqrt{\hat{Var}(\hat{P})} \leq P \leq \hat{P} + 1.96\sqrt{\hat{Var}(\hat{P})} \quad (3)$$

위의 예로부터 납품한 전체 지도의 오류율에 대한 95% 신뢰구간은

$$\begin{aligned} 0.0496 - 1.96\sqrt{0.000006976} & \leq P \leq \\ 0.0496 + 1.96\sqrt{0.000006976} & \end{aligned}$$

즉 $0.044423225 \leq P \leq 0.054776775$ 이다. 여기에서 신뢰도 95%의 의미는, 위와 같은 작업을 할 때, 구역을 달리 잡는다면, 다른 지도를 표본으로 추출할 수 있는 가능성은 얼마든지 많다. 어떤 경우에라도 전체 지도의 오류율은 이러한 범위 안에 있을 가능성이 95%있다는 의미이다. 여기서 신뢰도를 90%로 하려면 식 (3)에서 1.96 대신 1.645를 사용하면 되고 99%로 신뢰도를 높이려면 1.96 대신 2.54를 사용하면 된다.

4.5 표본의 크기

오류율을 추정할 때에는 납품 지도의 전체 매수(N)와 각 지도내의 객체 수(M_i)에 따라서 검사할 지도의 수(n)와 각 지도에서의 표본 객체 수(m_i)를 결정하여야 한다. 표본의 수는 추정의 정확도를 나타내는 분산의 값을 최소로 하는 것으로 결정하도록 한다.

5. 누락 객체의 평가

5.1 누락 객체의 추정

누락 객체에 대한 추정에서는 지도의 구역이 추출대상이며 표본은 임의로 비복원추출된다. 그림 8과 같이 하나의 지도를 16개 정도의 구역으로 분할하고 분할된 구역을 다시 표본추출하여 누락된 객체를 조사한다. 앞으로의 설명을 용이하게 하기 위하여 사용할 몇 가지 기호를 먼저 정의하겠다.

t_{ij} : i 번째에 지도의 j 번째 구역내의 누락 객체 수

$\bar{t}_i = \frac{\sum_{j=1}^m t_{ij}}{m}$: i 번째 지도의 구역당 평균 누락 객체 수

$t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij}$: 표본 추출한 모든 구역내의 누락 객체 수

$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{t}_i$: 전체 지도의 구역당 평균 누락 객체 수

이러한 기호를 사용하면 납품한 지도 전체의 누락 객체 수(T)의 추정값은 다음과 같다.

$$\hat{T} = NM\bar{t} \quad (4)$$

전체 누락 객체수의 분산 역시 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{Var}(\hat{T}) &= \frac{N-n}{N} \frac{N^2}{n} s_0^2 + \frac{N}{n} \frac{M(M-m)}{m} \sum_{i=1}^n s_i^2 \\ s_i^2 &= \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (t_{ij} - \bar{t}_i)^2 \\ s_0^2 &= \frac{M^2}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{t}_i - \bar{t})^2 \end{aligned} \quad (5)$$

따라서 중심 극한 정리에 의한 다음의 정리

$$\frac{\hat{T} - T}{\hat{Var}(\hat{T})} \sim N(0, 1) \quad (6)$$

를 적용하면, T 에 대한 95%의 신뢰구간을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\hat{T} - 1.96\sqrt{\hat{Var}(\hat{T})} < T < \hat{T} + 1.96\sqrt{\hat{Var}(\hat{T})} \quad (7)$$

위의 수식들을 적용하기 위해 모의 자료를 입력하여 적용하여 보았다. 납품한 50(N)매의 지도에 대한 원도

표 4. 누락 객체의 수

i \ j	구역내의 누락 객체 수					\bar{t}_i	$s_i^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (t_{ij} - \bar{t}_i)^2$
	1	2	3	4	5		
1	0	0	0	0	0	.0	.0
2	1	0	0	0	0	.2	.2
3	0	0	0	0	0	.0	.0
4	0	0	0	0	0	.0	.0
5	0	0	1	0	0	.2	.2
6	0	0	0	0	1	.2	.2

중에서 6매($=n$)를 추출하고, 각 지도를 25($=M$)구역으로 나눈 후, 그 중 각각 5($=m$)구역을 무작위 추출하였다. 수치지도와 육안 검사에 의한 비교하여 누락 객체를 조사하여 다음과 같이 정리하였다.

전체 지도의 누락 객체수는

$$\hat{T} = NM\bar{t} = 50 \times 25 \frac{3}{6 \times 5} = 125$$

으로 추정될 수 있으며, 그 분산 값은

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n s_i^2 &= 0.6 \\ s_0^2 &= \frac{M^2}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{t}_i - \bar{t})^2 = \frac{25^2}{6-1} \times 0.06 = 7.5 \end{aligned}$$

이므로

$$\begin{aligned} \hat{Var}(\hat{T}) &= \frac{N-n}{N} \frac{N^2}{n} s_0^2 + \frac{N}{n} \frac{M(M-m)}{m} \sum_{i=1}^n s_i^2 \\ &= \frac{50-6}{50} \frac{50^2}{6 \times 5} 7.5 + \frac{50}{6} \frac{25(25-5)}{5 \times 0.6} \\ &= 3250 \end{aligned}$$

이 된다.

5.2 누락 객체에 대한 가설 검정

수치지도의 검사에서는 지도에 누락 객체의 수 T 의 값이 0 이기를 바라고 검사한다. 그러나 전체의 지도를 검사하지 않기 때문에 약간의 오차는 인정할 수밖에 없다. 따라서 표본 검사에 의한 T 의 귀무 가설과 대립 가설은 각각 다음과 같다.

$$H_0: T = 10 \text{ v.s. } H_1: T < 10$$

위의 가설을 검정하기 위한 검정 통계량은 지도 전체

의 누락 객체수 T의 불편 추정량 \hat{T} 은 평균이 T이고 분산이 $\hat{Var}(\hat{T})$ 인 정규분포를 따른다는 사실로부터

$$\frac{\hat{T}-10}{\sqrt{\hat{Var}(\hat{T})}} < -1.645$$

이 성립하면 발견된 누락 객체만을 재입력하여 합격시키고, 그렇지 못한 경우에는 전체의 지도를 재검사하도록 불합격시키는 규정을 만들 수 있다. 위 예의 경우

$$\frac{\hat{T}-10}{\sqrt{\hat{Var}(\hat{T})}} = \frac{125-10}{\sqrt{3250}} = 2.02 > -1.645$$

따라서 전체 지도의 누락 객체수에 대한 95% 신뢰구간은

$$\begin{aligned} \hat{T}-1.96\sqrt{\hat{Var}(\hat{T})} < T < \hat{T}+1.96\sqrt{\hat{Var}(\hat{T})} \\ 125-1.96 \times \sqrt{3250} < T < 125+1.96 \times \sqrt{3250} \\ 13 < T < 236 \end{aligned}$$

로 구할 수 있다.

6. 결 론

모의 실험을 통하여 전체 지도의 오류율(\hat{P})과 누락 객체 수(T)를 추정할 수 있었으며, 이에 대한 분산을 추정할 수 있었다. 또한, 납품한 전체 지도의 오류율과 누락 객체 수(T)에 대한 95% 신뢰구간을 구할 수 있었다.

통계적 품질관리기법을 수치지도검수에 도입함으로써 기존의 통계적 검수방법(1단 완전 추출법)보다 효율적인 검수방법을 제안하였으며, 이에 대한 통계적 이론

을 정리할 수 있었다. 검색할 오류를 크게 오류와 누락으로 분류하여 오류에 대해서는 2단 집락 추출법을 누락에 대해서는 2단 완전 추출법을 제안하였다.

상기에서 제시한 수치들(지도 내의 객체의 수, 오류의 수 등)은 몇 도엽을 이용하여 실험적으로 작성한 수치들이므로 모든 수치지도를 대표할 수 있는 수치로 볼 수는 없다. 통계적 검사의 기준이 될 만한 수치들을 결정하기 위해서는 다량의 수치지도들에 대한 기록이 있어야 한다. 이를 위해서는 발주처와 협조하여 수치지도를 본 논문에서 제안한 방법으로 검수하고 검수된 결과 기록을 보존하면, 납품된 도엽수에 따라서 추출할 표본의 크기를 결정할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 인하대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구되었으며, 관계자 여러분의 자료제공과 협조에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부 국립지리원, "수치지도작성작업규칙", 1992.
2. 건설교통부 국립지리원, "수치지도작성작업내규", 1995.
3. 유복모, 신동빈, "수치지도자료의 오류 유형분류 및 탐색 방법확립에 관한 연구", 대한토목학회논문집, 제18권 제3-3호, 5, 1998, 329-340.
4. 한국방송통신대학교출판부, "통계적 품질관리 · II", 1995.
5. 최중석외 3인, "통계학 개론", 1989.
6. Ordnance Survey, "OS93", 1995.