

수치지도 검수방안에 관한 연구

조윤숙 * · 이종용 · 김명진 · 최현옥 **

A Study on the Inspection of Digital Maps

Yoon-Sook Cho · Jong-Yong Lee · Myung-Jin Kim · Hyun-Ok Choi

요 약

국가GIS구축사업의 일환으로 지형도를 비롯한 여러 가지 주제도들이 수치지도로 구축되어 왔다. 이렇게 구축된 수치지도는 사용하고자 하는 목적에 맞게 올바르게 구축되어 그 정확도를 신뢰할 수 있을 경우에만 효율적으로 사용될 수 있다. 본 연구의 목적은 양질의 수치지도를 구축하는데 필요한 합리적인 검수방안을 제시하는데 있다. 이를 위해 국내·외에서 요구되는 수치지도의 품질요소와 검수현황을 살펴보고, 수치지도에서 발생하는 오류유형을 분석했다. 이러한 오류유형을 바탕으로 데이터생성연혁, 데이터포맷, 위치정확성, 속성정확성, 기하구조의 적합성, 논리적 일관성, 경계인접, 완전성, 도곽선 범위의 9가지 기준을 마련한 뒤 작업계획, 오류유형 정의, 납품내역검수, 육안중첩검수, 현지조사검수, 전산정밀검수, 자동검수, 검수결과판정, 검수결과해석으로 이어지는 9단계의 체계적인 다단계 검수절차를 제안하였다.

ABSTRACT : In establishing the NGIS(The National Geographic Information System), the Korean Government has been computerizing maps such as topographical maps as well as thematic maps. If the digital maps are mapped according to their use purpose, they can be efficiently used. The goals of this study is to describes the reasonable inspection process of digital maps. For these goals, quality controls and test processes of digital maps are investigated and then the error types of digital maps are analyzed. Nine standards which are data lineage, data format, positional accuracy, attribute accuracy, topology, logical consistency, edge-matching, completeness, outline range are established and nine steps, multi steps, which are making a work plan, analysing error types of digital maps, inspection with the naked eyes, a computerized inspection, a automatic inspection, the judge of results, the analysis of results are proposed.

* (주)지오씨티 대표이사(GEOCITY, Anyang City Hall 7F, 1590, Kwanyang-dong, Dongan-gu, Anyang-si, Kyunggi-do, Korea)

** (주)지오씨티 검수감리부(GEOCITY, Anyang City Hall 7F, 1590, Kwanyang-dong, Dongan-gu, Anyang-si, Kyunggi-do, Korea)

1. 서 론

우리정부는 21세기 고도정보화사회에 대비하고 국가경쟁력을 확보하기 위하여 정부차원에서 국가GIS구축사업을 추진해오고 있다. 국가GIS구축사업은 GIS에 대한 국가 표준 마련, 공간정보 데이터베이스 구축, GIS 관련기술 개발 및 활용기반 마련 등을 목적으로 하여 대규모 국책사업으로 활발하게 추진되어 왔다. 이 일환으로 지금까지 지형도를 비롯한 여러 가지 주제도들이 수치지도로 구축되어 왔다. 이렇게 구축된 수치지도는 그 활용목적에 부적합하거나 정확성이 떨어질 경우 막대한 국가예산을 낭비하는 결과를 가져올 수 있다. 또한 이를 바탕으로 응용된 제품 역시 부정확한 것이 되므로 잘못된 국가정책을 야기하거나 업무적 착오를 가져올 수 있다.

따라서 수치지도가 제작된 이후에 유용하게 활용하려면 품질관리기준을 마련하여 양질의 데이터가 생산될 수 있도록 하여야 한다. 그러나 우리 나라는 아직까지 수치지도에 대한 명확한 품질관리 기준이 마련되어 있지 않으며 또한 체계적인 품질관리 방법론이 마련되어 있지 않다. 데이터의 품질을 높이고 신뢰할 수 있는 정확한 수치지도를 구축하여 이를 바탕으로 수치지도를 효율적으로 활용할 수 있기 위해서는 수치지도의 사용목적과 구축될 데이터의 특성에 따른 합리적인 검수방안을 마련하는 것이 필요하다.

본 연구의 목적은 수치지도의 정확도를 검증하기 위한 검수의 기준을 마련하고 그에 따라 수치지도를 검사하는 방법론을 제시하는데 있다. 그러기 위해서 수치지도 품질관리의 목적 및 검수의 필요성에 대한 이해를 바탕으로, 국내·외에서 요구되는 수치지도의 품질요소와 검수현황에 대한 비교·분석을 통하여 효과적인 검수에 필요한 검수요소를 도출하였다. 그리고 각 검수요소별 품질관리 기준을 정하고 효과적이고 정확한 검수를 하기 위한 검수절차를 수

립하여 이를 바탕으로 명확한 검수방법론을 제시하고자 한다.

2. 수치지도 검수의 필요성

2.1 수치지도의 개념 및 제작방법

1) 수치지도의 개념

수치지도는 컴퓨터의 화상처리기술 (CG: Computer Graphics)을 이용하여 이러한 정보들을 항목(layer)별로 구분하여 「데이터베이스」화하고 이용 목적에 따라서 지도를 자유로이 작성할 수 있도록 전산화한 지도이다. 건설교통부 국립지리원의 「수치지도작성내규」 제2조(정의)에 의하면 “수치지도작성이라 함은 수치지도작성작업규칙(건설교통부령 제 17호 '95. 5. 29)에 의거 컴퓨터를 이용한 수치도화, 지도입력 등 지형·지물을 수치자료로 취득하고 목적에 따라 편집하는 것을 말한다.” 라고 정의하고 있다.

2) 수치지도 제작방법

수치지도를 제작하는 방법은 크게 기존지도로부터 스캐너나 디지털타이저를 이용하여 수치화하는 방법과 항공사진측량이나 현지측량을 통해 직접 수치화하는 방법으로 나눌 수 있다. 기존의 지도로부터 수치지도를 제작하는 방법은 경비가 적게 들고 단시간내에 수치데이터를 획득할 수 있다는 장점이 있지만 기존지도의 제작 시점에 따라 최신의 정보가 반영되어 있지 않는 경우가 많기 때문에 정확도가 상대적으로 떨어진다는 단점을 가진다. 반면에 항공사진측량에 의한 제작방법은 도화에 필요한 지상기준점 측량과 촬영을 비롯하여 각 부분별로 전문화된 인력과 장비를 통해 이루어지기 때문에 정확도와 균일성이 보장된다는 장점이 있지만 기존 지도를 수치화하는 방법에 비해 많은 경비와 시간이 소요된다는 단점이 있다.

현재 우리나라에서는 적은 비용으로 단시간

내에 수치지도를 획득할 수 있다는 특성 때문에 기존지도를 사용한 방법으로 수치지도를 제작하고 있다. 그러나 이 방법의 경우에 기존지도가 최신의 정보가 아니라는 점과 스캐닝과 디지털링 과정에서 입력오류 등이 발생하여 정확도가 떨어지기 때문에 품질을 신뢰할 수 없다는 점이 문제가 될 수 있다.

2.2 수치지도의 품질관리와 검수의 필요성

1) 품질관리의 정의

한국공업규격(KS A 3001)에서는 ‘품질이란 물품 또는 서비스가 사용목적에 만족시키고 있는지의 여부를 결정하기 위한 평가의 대상이 되는 고유의 성질·성능의 전체’라고 정의하고 있고, TQC의 주창자인 파이겐 바움(A.V.Feigenbaum)은 ‘품질이란 제품이나 서비스의 사용에서 소비자의 기대에 부응하는 생산·기술 및 보존·마케팅에 관한 여러 특성의 전체적인 구성’을 뜻하는 것으로 정의한다. 그리고 ISO에서는 “품질이란 소비자의 요구를 만족시킬 수 있는 제품 또는 서비스의 전체적 특성”이라고 규정하고 있다. 이와 같이 품질에 대한 여러 가지 정의에서 볼 때 품질은 제품 자체의 물리·화학적 특성만을 뜻하는 것이 아니라 제품에 대한 서비스·사용상의 적합성·신뢰성·마케팅의 특성 등도 포함된 의미라고 할 수 있다.

한편, 관리란 어떤 표준이나 한계를 사전에 정해놓고 이에 맞도록 어떤 행동을 제어해 나가는 것을 뜻한다. 따라서 비용·재고·품질 등을 관리한다는 것은 실제성과를 측정하고 이를 표준과 비교하여 성과와 표준간에 차이가 발생하였을 때에는 그 원인을 찾아서 수정조치를 취하는 것을 의미한다.

한국공업규격에서는 품질관리를 ‘소비자의 요구에 맞는 품질의 제품을 경제적으로 만들어 내기 위한 모든 수단의 체계’라고 정의하고 있다. 또한 Juran은 ‘품질의 표준을 설정하고 이것에 도달하기 위하여 사용되는 모든 수단의 체계’라고 정의한다. 따라서, 품질관리란 소비자와

생산자입장에서 제품규격과 생산품의 품질특성을 비교하여 제품의 불량발생을 예방할 수 있는 적당한 조치를 취할 수 있는 경영활동이라고 할 수 있다. 품질관리는 관리활동의 한 형태로서, 보통 계획(plan) → 실시(do) → 검토(check) → 조치(action) 기능이 근간을 이루고 있다.

품질관리의 목적은 궁극적으로 소비자의 요구에 부합하는 제품을 가장 경제적으로 생산하는데 있으며, 이 목적을 달성하기 위하여 표준화·통계적 방법·피드백(feedback)기능 등이 사용된다.

품질관리를 통해 제품을 규격에 일치시킴으로써 소비자를 만족시키며 작업공정을 원활하게 하고 불량제품이 재발생하지 않도록 할 수 있으며, 품질이 보증된 제품의 생산과 목적에 부합하는 제품의 생산을 가능하게 한다. 또한, 품질관리를 통해 제품의 품질을 균일하게 할 수 있고, 단위당 원가를 절감할 수 있으며 납기 지연을 방지할 수 있다.

2) 수치지도 품질관리와 검수

GIS가 보다 효율적인 수단으로 활용되기 위해서는 데이터의 정확도에 대한 문제가 우선적으로 고려되어야 한다. 과거의 수동적 지도제작에서는 지도의 오류를 눈으로 인식할 수 있었지만 수치지도로 구축되는 지도에서는 오류가 쉽게 인식되지 않는다. 만약 질적으로 문제가 있는 데이터를 활용하여 지리정보시스템을 운영하게 될 경우는 분석상의 오류를 야기하여 잘못된 의사결정을 유도할 우려가 있다. 따라서 수치지도를 효과적으로 활용하기 위해서는 수치지도의 품질관리를 통해 정확도가 높은 수치지도를 확보하는 것이 선행되어야 한다.

수치지도의 품질관리는 제작단계와 유지관리 단계로 나누어 볼 수 있는데, 제작단계에서 이루어지는 품질관리가 바로 수치지도 검수이다. 우리나라의 경우 아직까지 검수의 표준절차가 마련되지 않아, 검수항목 및 검수기준, 검수방법 등이 명확하게 제시되고 있지 않다.

검수란 데이터베이스가 입력지침대로 구축되었는지에 대하여 구체적인 검사를 하는 것을 말하며 이는 데이터베이스 구축과정에서부터 완료시까지 데이터의 품질을 유지하기 위한 필수적인 장치이다. 즉 수치지도 검수란 제작하는 수치지도를 목적에 맞게 사용할 수 있도록 데이터에 내재되어 있는 오류를 파악하고 이를 수정함으로써 양질의 데이터가 생산될 수 있도록 하는 품질보증활동이라고 할 수 있다.

3) 수치지도 검수의 효과

수치지도 데이터는 다른 데이터에 비하여 시간과 비용이 많이 소요될 뿐만 아니라, 잘못된 부분을 수정하는데도 많은 노력이 요구된다. 따라서 양질의 데이터를 구축하기 위한 철저한 작업계획이 있어야 하고 구축된 데이터를 검증하는 검수작업이 반드시 필요하다.

검수를 통하여 데이터의 질적인 정확성을 확보함으로써 데이터의 오류를 최소화하고 GIS시스템에서 정확도를 제고시킬 수 있으며, 수치지도의 이용효율을 높여 향후 수치지도 데이터의 유지관리에 대한 계획 수립이 용이하다. 또한 검수결과를 참조하여 수치지도 특성에 따른 관리가 가능하고, 차기 수치지도 구축시 발생하는 시행착오를 최소화 할 수 있다.

3. 국내외 수치지도 품질관리

3.1 국외 수치지도 품질관리현황

1) 일본(국립지리원)

일본은 건설성에서 제정한 「공공측량작업규정」과 「공공측량작업규정 해설과 운용」 내의 「수치지형측량」 편에서 수치지도에 대하여 규정하고 있다. 이에 의하면 수치지형측량은 TS지형측량, 디지털 매핑, 기성도 수치도화 및 수치지형도 수정으로 구분되어지고 있는데, TS 지형측량이 규

정되어 있는 것이 우리 나라와 다르다.

<표 1> 일본 국토지리원에서 규정한 지형도의 정도

항 목		측 칙		정 도	
		1/500이상	1/1,000이상		
표 준 편 차	수평위치	0.5mm이내	0.7mm이내	도상거리	
	표 고	표고점	$\Delta h/4$ 이내	$\Delta h/3$ 이내	Δh 는 주곡선의 간격
		등고선	$\Delta h/2$ 이내		Δh 는 주곡선의 간격

우리 나라의 수치도화 및 지도입력에 해당하는 디지털 매핑 및 기존지도 수치도화에 대한 품질 규정에 대하여 살펴보면 디지털매핑의 수치지형도 및 지형도 원도 정도는 일반 지형도의 것을 따르며 디지털 매핑에 사용되는 수치도화는 2급 A 또는 이와 동등이상의 성능을 가지고 있어야 하며, 수치도화기의 독취 정도는 밀착 필름상에서 표준편차가 0.01mm이내이어야 하고, 좌표독취장치의 분해능은 밀착사진 상에서 0.005mm이상이어야 한다. 취득된 좌표치의 단위(지상좌표)는 cm로 하며, 수치도화 및 수치편집에 원인이 있는 불량 또는 불명확한 부분은 각각의 공정에서 수정을 하고 그 밖의 원인에 의한 불명확성은 보측 수집 편집시에 수정한다.

그리고 기존 지도를 수치화하는 경우 벡터데이터에 의한 좌표치의 단위(지상좌표)는 지도정보의 수준에 따라 mm또는 cm로 하고, 래스터데이터에 대한 1화소는 최대 0.1mm로 한다.

디지털타이저는 각 계측항목의 계측개시 및 종료시에 도곽 4모서리에 대하여 각각 독립으로 2회 계측하여 교차가 0.3mm를 초과하는 경우 재측하고, 지물 등의 계측정도는 도상 0.3mm(표준편차) 이내로 하며, 도곽 4모서리의 잔존오차는 도상 최대 0.2mm로 한다. 스캐너의 계측에 의한 독취정도는 독취도형의 최소화선평 1/2을 표준으로 하고, 도곽 4모서리의 잔존오차는 수치데이터 좌표로 최대 2화소로 한다.

2) 영국(Ordnance Survey)

영국 Ordnance Survey는 OS93데이터에 적용시키기 위한 품질기준으로 데이터 이력(lineage), 시변성(currency), 위치정확도(positional accuracy), 속성정확도(attribute accuracy), 논리적 일관성(logical consistency), 위상 및 연결성(topology and connectivity), 완결성(completeness) 등의 7가지를 정의하고 있다.

데이터 이력은 실제 세계를 디지털 데이터로 표현하는데 적용되었던 다양한 데이터 추출과정 및 표현과정을 통해, 그 실제 세계로부터 OS93데이터를 구상할 때의 생성연혁에 대한 정보를 기술하는 것으로 연혁(history), 수치화(digitizing), 데이터 형식(data formats), 기준의 변화(changes to specifications), 데이터의 무결성 검사(integrity checking of data)에 대한 사항이 설명되어 있다.

시변성은 DMU(Digital Mapping Unit)에 포함된 실세계변화의 양을 측정하는 것으로 행정경계정보의 변화에 대한 시간주기를 판단할 때 사용할 수 있다.

위치정확도는 대상물에 대한 수치적 표현이 지표면상의 실제 공간적 위치와 어느 정도 일치하는가 하는 정도를 나타내는데 Ordnance Survey에서는 실제 배열이나 형상이 요구기준에 따라 얼마나 정확하게 반영되어졌는지를 나타내는 기하학적 일치성(geometric fidelity), 대상 데이터와 다른 데이터간의 위치일치성(positional consistency)을 측정하는 상대정확도(relative accuracy), 데이터셋상의 점좌표가 영국좌표체계(The British National Grid Reference System)의 좌표값과 얼마나 일치하는가를 측정하는 절대정확도(absolute accuracy)의 3가지 기준에 의하여 평가하고 있다.

속성정확도는 데이터 구조 내에서 메타데이

터 요소의 해석 및 표현을 측정하는 것으로 형상 표현(feature representation), 형상 및 절점의 메타데이터(feature and vertex level metadata), DMU의 메타데이터(DMU Level Metadata)로 구분하여 평가한다.

논리적 일관성은 OS93데이터가 ‘QSS01324 - OS Data Structures와 QSS01325 - OS93 Data Classification’에서 설명된 데이터구조로 편집되어진 정도를 측정하는 것으로 대부분 소프트웨어 검증을 통해 이루어진다.

위상 및 연결성은 형상들이 상호 공간적으로 얼마나 잘 관계를 맺고 있는가를 규정하는 것이다. 완전성은 데이터가 실제 세계를 반영하고 있는지를 측정하는 것으로 현재수준에서 OS93데이터는 QSS01327 - OS93 Capture and Maintenance에서 상세히 기술한 표현 규칙에 따라 완결된다.

OS93 데이터는 계속되는 갱신에 있어서 이전에 데이터로 추가된 적이 없는 실세계의 다양한 변화를 조사하는 것을 목표로 하여 샘플링기법을 사용하여 정기갱신을 하는데 정기갱신을 위한 품질허용기준으로 ‘House Units(HU)’¹⁾를 사용한다.

3) 미국(SDTS)

SDTS(Spatial Data Transfer Standard)는 9년 동안의 개발과정을 거쳐 1992년 7월 29일에 미국의 연방정보처리표준(FIPS Publication 173)으로 승인되었고, 오스트레일리아, 뉴질랜드에서도 국가표준으로 정한 바 있는 대표적인 수치지도 데이터 교환표준이다.

엄밀히 말해서 SDTS는 데이터 교환을 위한 표준지침이 되는 것이고 품질관리는 아니지만 품질관리의 표준지침이 될 수 있는 데이터의 이력(lineage), 위치정확도(positional accuracy), 속성

1) 여러 형태의 변화에 대한 값을 부여하고 DMU가 완성되었을 때 이들 값들을 총합하므로써 추정되어지는 값이다.

$$HU = \text{Acceptional Standard} = \frac{\text{Total Error Score}}{\text{House Units of Change}} \times 100$$
 Ordnance Survey는 기하학적 일치성에 관하여 갱신된 세부 내용 중 98%는 실세계 형상(feature)의 모양, 배열, 인접성에 있어서 오류가 없음을 보장하고 있다.

정확성(attribute accuracy), 논리적 일관성(logical consistency), 완전성(completeness)의 5가지 공간 데이터 품질요소가 규정되어 있다.

데이터의 이력은 데이터를 생산하는데 사용된 원시자료에 대한 정보와 제품생산에 적용된 절차, 그리고 투영과 좌표변환의 파라미터들, 결정인자와 판단기준 등에 대한 사항을 포함하며 품질 보고서에는 데이터의 원천, 수집방법, 최종 수치 데이터제작에 이용된 변환을 수록하도록 되어 있다. 또한 원천데이터의 수집일시 및 갱신에 사용된 보조데이터의 제작일시²⁾와 최종데이터가 완성되기까지 각 단계에 이용된 좌표변환 정보(좌표변환 기준점과 변환방법)를 수록하도록 되어 있다.

위치정확성은 최종결과인 데이터의 질에 초점을 두며, 검사일을 포함하여 위치정확성의 변이와 오차에 대한 정보를 기록하도록 되어 있다. 위치정확성 검사는 오류항목 평가방식, 내부값을 이용한 평가방식, 원본 비교방식으로 수행된다. 오류항목 평가방식은 미리 정의한 검사항목을 통해 각 공간데이터 처리과정에서 발생할 수 있는 오류정보를 기술하는 연역문을 검사하며, 내부값을 이용한 평가방식은 연방측지제어 위원회(FGCC)에서 제안한 절차를 적용하여 데이터의 조정에 따른 선의 폐합여부나 오차와 같이 반복된 측광값과 잉여치에 기초한 검사에 사용된다. 원본 비교방식은 전환하려는 공간데이터를 원본 데이터와 비교하여 차이점이나 오차들을 찾아낸다.

속성정확성을 측정하는 방법이나 절차는 위치정확성과 유사하다. 검사일과 사용된 자료의 사용일을 포함하며, 날짜가 다를 경우 분류된 현상의 변화정도를 기술하도록 되어 있다. 속성정확성 검사는 항목 평가방식, 속성분류 검사방식, 원본 비교방식을 통해 수행된다. 항목 평가방식은 검사항목을 미리 정의하여 검사하는데 평가결과를 좋다,

나쁘다라는 서술보다는 가능한 한 계량적 방식으로 기술한 것이 좋다. 속성분류 검사방식은 전환데이터의 속성부분이 구성되는 분류체계 및 클래스 등에 대한 검사를 하는 것으로, 속성분류가 잘못 되었을 경우 오류부분에 대한 내용을 기술한다. 원본비교방식은 전환된 속성 데이터와 전환되기 이전의 속성 데이터의 비교를 통해 전환시의 오류를 확인한다.

논리적 일관성은 공간데이터들 상호간의 관계에 대한 충실성을 포함하는데, 공간데이터들 간의 공간관계를 나타내는 위상구조가 대표적이다. 논리적 일관성을 검사하는 방식에는 유효값 검사방식, 그래픽 검사방식, 특정 위상구조 검사방식 등이 있다. 유효값 검사방식은 허용되는 유효값에 대한 검사로 모든 공간데이터에 적용되지만, 이 검사로 논리적 일관성의 모든 측면을 파악하기는 매우 어렵다. 그래픽 검사방식은 위상구조가 올바른지를 검사하며 공간형상이 완전한 형태로 존재하는지를 확인한다. 특정 위상구조 검사방식은 각 객체별로 올바른 위상구조를 형성하는데 필요한 요구조건을 만족하는지 검사하는 방식이다. 즉 모든 체인객체는 노드에서 교차하는지, 폴리곤을 둘러싼 체인과 노드의 연속적인 순환이 유지되는지 등을 검사한다.

완전성은 지도제작과 관련된 선택기준, 정의, 규칙 등의 정보를 제공한다. 공간데이터를 구축할 때 허용되는 최소면적이나 최소길이, 너비 등의 기준값을 규정하고, 공간실체(entity)를 지도학적으로 심볼화할 때 사용되는 기호가 표준이나 기준을 따르지 않을 경우에는 각각에 대한 정의와 사용내역을 기록해야 한다.

4) 호주(AUSLIG Geodata)

호주의 자료명세서 중 자료품질관련 정보는 크게 생산품질정보(product quality information),

2) 이때의 일시는 실제데이터수집일시가 원칙이나, 그 일시가 불분명할 때에는 그 데이터의 출판일시로 대체하고 그 사실을 기록한다.

도엽품질정보(tile quality information), 공간형상 품질정보(feature quality information) 등 3가지로 나눌 수 있다.

생산품질정보는 자료 품질을 설명하는 파일로서 원자료의 연혁, 디지털이징 방법, 위치정확도, 속성정확도, 논리적 일관성, 완전성 등을 다룬다.

도엽품질정보는 각각의 도엽에 대한 특정 자료의 계통에 관한 정보로 구성되며 크게 도엽이름, 도엽코드, 좌표계, 벡터 전환 S/W, WGS84 전환 매개변수, Theme 등 한 도엽에 대한 전반적인 정보를 포함하는 레이어 품질표(layer quality table)와 도엽에서 형상들이 나타나는 빈도를 기록한 형상빈도표(feature frequency table) 등이 있다.

공간형상품질정보에는 공간객체의 유효일, 속성객체의 유효일, 수평위치정확도, 원자료의 생성기관들이 표시된다.

3.2 국내 수치지도 품질관리 현황

1) 국립지리원

국립지리원은 「수치지도작성작업규칙」(1992년 건설부령 제500호, 1995년 개정)과 「수치지도작성작업내규」(1995년)를 마련하고 이에 따라 수치지도를 제작하도록 하고 있으며, 수치지도의 활용상 문제점 분석과 수치지도의 검수방안에 대한 연구 등을 통해 수치지도의 품질관리 기준 마련에 노력하고 있다.

국립지리원의 작업규칙에는 수지도화 및 지도입력에 대한 작업원칙이 정해져 있고 현지보완측량에 의한 정위치편집, 구조화편집, 표준도식에 의한 도면제작편집을 실시하게 되어 있다. 국립지리원에서 제시하는 용역업체 자체의 검수기준을 살펴보면 검수범위로는 제작된 지도

또는 측량도면을 수동독취기 또는 자동독취기에 의하여 입력한 파일, 벡터 편집성과, 정위치 편집성과, 출력도면, 현장조사성과로 제시하고 있으며, 검수방법으로는 표본 추출방법에 의해 출력중첩검수, 화면검수, 검수프로그램에 의한 검수를 하도록 하고 있다. 표본 추출은 작업별로 성격에 따라 표준이 되는 지역중에서 추출하며 표본추출 비율은 출력중첩검수 10%, 화면 검수 10%이며, 검수프로그램에 의한 검수는 전수 검수를 원칙으로 한다. 심사결과 후 판정은 총 100점 만점 중 90점 이상을 합격품으로 하며, 95점~90점은 보완작업을 한 후 납품한다. 96점 이상일 때는 보완없이 납품하며, 90점 미만일 때는 재입력하도록 하고 있다.

국립지리원의 수치지정도 검수는 데이터의 구조, 데이터 포맷, 지형코드의 적정사용여부, 폴리곤 폐합여부, 선형데이터의 연결유무, 중심선생성 등 모두 23종의 오류항목을 통해 검사하는 것으로 되어 있다.

2) 국토연구원

국토연구원은 1995년부터 1/5000 수치지정도 제작사업을 추진해 왔으며, 수치지도의 제작·검수에 수치지도작성작업규칙과 작업내규를 따르고 있다. 검수방법으로 육안중첩검수, 화면검수, 프로그램검수, 현장조사 등이 있고 1/5000 국가기본도 수치지도의 질을 더욱 향상하기 위하여 GeoConv33) 라는 검수프로그램을 개발하였다.

각 검수방법을 살펴보면 육안중첩검수에서는 위치정확정보다는 주로 도로, 건물, 지류계 등의 요소 누락여부를 도엽별로 3번 검사하며, 그 결과는 95년부터 사용하는 육안중첩검수 기록표에 기록한다. 그러나 아직 표준화된 기록양식은 없다.

화면검수는 수치지도 성과를 AutoCAD의

3) 벡터 위주의 논리적인 검수를 시행하며 DOS를 기본 운영체제로 대량의 자료를 일괄처리할 수 있는 환경으로 설계되었다.

AutoLISP을 이용하여 검수한다. 이 검수에서는 표본추출에 의한 개별 도엽의 모든 객체에 대해 GeoConv3에서 처리할 수 없는 오류를 검수하는데 육안중첩검수와 마찬가지로 아직 표준화된 기록양식은 가지고 있지 않다.

프로그램 검수는 검수프로그램을 사용하여 수치지도의 기하구조 및 위상무결성, 속성정확성, 경계인접등을 검사하고 그 결과를 수치데이터 점검표에 오류내용 및 개수를 기록한다. 오류발생내용은 데이터 제작업체에게 보내져 데이터를 수정시킨 후 재납품받아 오류가 제대로 수정되었는지 확인한다.

현장조사검수는 수치지도 제작을 위해 필요한 현장조사가 제대로 이루어 졌는지와 조사된 내용이 지도에 올바르게 반영되었는지를 검사하기 위하여 조사대상지역을 직접 방문하여 조사하는데 조사된 내용은 해당 업체에 통보하여 수정·보완하도록 지시한다.

98년, 99년 지하시설물도 전산화 사업을 실시하면서 사업초기부터 정확한 데이터 생산에 중점을 두고 검수를 실시하였다. 검수를 일관성 있고 효과적이며 정확하게 수행할 수 있도록 제작단계별로 검수절차를 정립하고, 그에 따른 검수항목 및 검수방안을 명확하게 제시하는 검수작업규정 및 지침을 마련하였다.

3) 한국통신

한국통신은 기존 종이지도를 디지털화하여 제작된 수치지도의 정밀도를 검증하기 위해 원도와의 일치여부와 수치지도에서 발생할 수 있는 논리적인 오류들을 검수하는 「수치지도 검증 도구(Vector Map Verifier)」⁴⁾를 개발하였다. 이 프로그램은 DXF 포맷의 삼각점, 수준점, 도곽점 등 속성을 가진 포인트 데이터를 이용하여 가지고 벡터 파일, Text Layer, 폐합성, 위치정확

성 여부를 검수할 수 있다.

3.3 국내외 수치지도 품질관리 현황 분석

건교부 수치지도작성작업규정 및 국립지리원 수치지도작성내규는 일본의 것을 준용하였기 때문에 일본 건설성의 공공측량작업규정내의 수치지형측량규정과 유사하다. 우리 나라와 일본의 규정은 수치지도에 대한 품질 기준이며 영국이나 미국의 경우 GIS데이터를 대상으로 한 공간데이터에 대한 품질기준이기 때문에 이를 단순 비교한다는 것은 쉽지 않다. 미국의 SDTS와, 영국의 OS93 데이터 품질 시스템 규정은 공간데이터의 품질을 자료이력, 위치정확도, 속성정확도, 논리적 일관성, 무결성과 시변성 및 의미정확도로 평가하고 있다. 여기에서 데이터 품질에 대한 기준이 체계적으로 가장 잘 이루어진 것은 영국의 OS93 데이터시스템규정이라고 볼 수 있다. SDTS의 경우는 데이터 품질기준이 정성적으로 이루어져 있어 주관적으로 평가될 개연성이 있다. 우리 나라와 일본의 경우 위치정확도를 제외한 다른 품질요소에 대하여는 아직 체계적이지 못하며 정량화가 이루어지지 않았다. 물론 지리조사를 통한 정위치편집이나 구조화편집이 완결성이나 논리적 일관성과 유사한 규정이라 할 수는 있으나 단지 정성적인 면만을 서술하고 있으며 구체적·체계적이지 않고 정량적이지 못하다. 따라서 현재 제작중인 수치지도에 구조적인 결함이 내재되어 있더라도 그것을 결함이라고 판단할 기준이 없어서 확인하지 못할 수도 있으며, 완성된 수치지도의 품질을 대내외적으로 비교 평가할 자료를 갖추지 못하고 있다. 이에 반하여 OS93 데이터시스템규정은 각각의 품질 데이터 요소에 대한 측정요소를 제

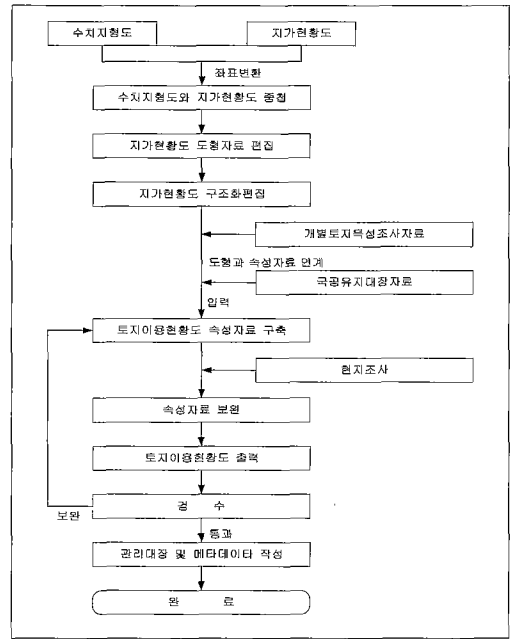
4) 수치지도 납품 포맷인 DXF 벡터화일을 래스터화하는 유도함수를 이용하여 스캐닝한 이미지 자료에 벡터자료를 중첩함으로써 위치오차를 주로 검색하는 검수 프로그램으로 UNIX 운영체제에서 개발하여 대량의 수치지도 성과품 검수에 성능향상을 가져왔다.

시하고 있으며 주관적인 판단을 최대한 배제하기 위하여 품질의 측정값을 정량화 시키고 있다. 예를 들면 OS93 데이터 시스템 규정은 데이터 갱신을 위한 HU(House Units)라는 특이한 값을 정의하여 변화의 양을 정량화시키고 있다.

SDTS와 OS93 데이터시스템규정에는 양질의 품질을 위하여 실세계변화의 양을 측정하는 시변성을 두고 있으며, 정해진 정확도 규정에 맞추어 사용자에게 제공하였던 종이지도와는 달리 수치지도의 모든 품질 정보를 작성하여 사용자에게 제공하고 사용자가 이를 바탕으로 사용의 적합성을 판단할 수 있도록 하고 있다. 검수방법에 대해서도 살펴보면 현재 국내의 검수방법은 거의 출력중첩검수에 의존하고 있고, 일부 소프트웨어를 사용한 검수방법이 연구되고 있기는 하나 아직은 그래픽요소의 누락여부검수 및 일부 입력형태를 검수하는 기초적인 단계라고 할 수 있다.

따라서 우리 나라도 수치지도에 대한 체계적이고 정량화된 품질기준을 규정하여야 하고, 검수항목, 절차 및 허용기준 등은 사용기관의 데이터 특성에 따라 다양하게 변화할 수 있으므로 사용목적 및 요구사항에 따른 검수방안이 수립되어야 하며, 소프트웨어를 활용한 경제적이고 효율적인 검수방안을 고려할 필요가 있다.

기본데이터로 사용하여 각 필지에 대한 토지이용상황을 각 필지의 속성정보로 입력하여 제작한다. 자료범위는 도형자료의 경우 필지경계선이고 속성자료의 경우 행정구역코드, 지번, 면적, 지목코드, 토지이용도코드 등이다.



[그림 1] 토지특성도 제작절차

4. 수치지도 검수항목 및 판단기준

합리적인 검수방안을 마련하고 적용하기 위해서는 수치지도를 검수하기 위한 검수항목과 판단기준이 결정되어야 한다. 본 연구에서는 토지특성도, 도로망도, 지질도의 세 종류의 수치지도를 가지고, 각각의 제작방법을 검토하고 오류유형을 분석하여 검수항목 및 판단기준을 결정했다.

4.1 제작방법 검토

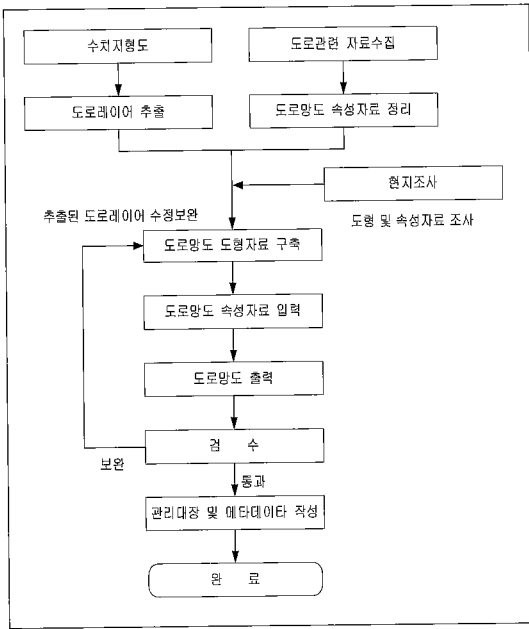
1) 토지특성도 제작방법

토지특성도는 수치지형도와 지가현황도를

2) 도로망도 제작방법

수치지형도를 이용하여 도로망도를 제작하는데 필요한 도형 및 속성자료를 현지조사하고, 수치지형도에서 도로레이어를 추출한 후 현지조사된 사항을 입력하여 도로망도를 제작한다.

자료범위는 도형자료는 도로경계, 도로중심선, 도로노드 등이고, 속성자료는 도로중심선의 경우 중심선(링크)번호, 시작점노드번호, 끝점노드번호, 도로명, 도로번호, 차선수, 중심선(링크)길이, 링크종류, 도로중심선구분, 도로폭구분, 도로등급구분, 개통상태, 도로포장재질 등이며 도로노드의 경우 노드번호, 교차점명, 노드종류 등이다.



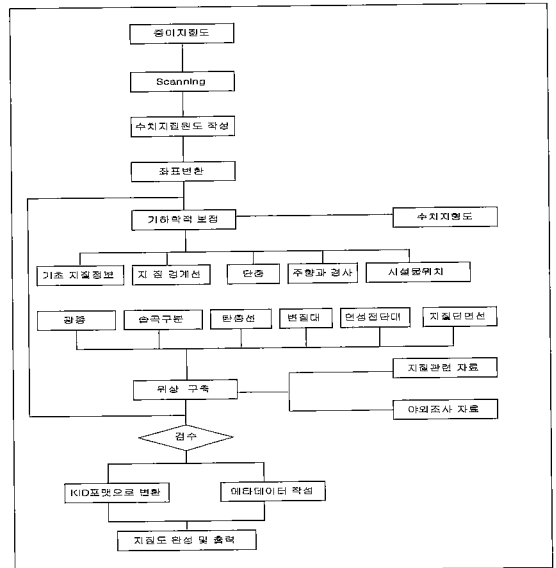
[그림 2] 도로망도 제작절차

3) 지질도 제작방법

지질도는 종이지질도를 스캐닝(scanning)한 뒤 기하학적 보정을 하여 11개의 기본 레이어를 추출하고 그에 대한 속성자료를 연계하여 수치지질도를 제작한다.

제작범위는 원칙적으로 기발간된 종이지질도의 지형 및 지질사항을 그대로 반영하여 도형자료는 기초지질정보, 지질경계선, 단층, 주향과 경사, 시설물위치, 광종, 습곡구분, 탄층선, 변질대, 연성전단대, 지질단면선으로 한다. 이에 연계되는 속성자료는 기초지질정보의 경우 층서명(또는 암군명)1, 층서명2, 지질시대명, 암석명, 비고 등이며, 지질경계선의 경우 (확인)지질경계선과 추정(가상,예상, 가정포함)지질경계선, 점이 지질경계선이다. 단층은 (확인)단층과 추정(가상, 예상, 가정단층포함)단층, 피복단층, 추정 피복단층, (실제)드러스트, 가상드러스트, 피복 드러스트, 추정피복드러스트이고 주향과 경사는 주향, 경사, 상대이며 습곡은 배사와 향사로 구

분이다. 탄층선은 탄층선 구분, 지질 단면선은 해당 단층선의 단면도를 입력한 파일명입력 필드 등이다.



[그림 3] 지질도 제작절차

4.2 오류유형 분석

1) 지도제작시 오류유형

일반적인 지도제작에 있어 발생하는 오류에는 지도 완전성 오류(map completeness errors)와 지형지물 손상오류(feature damage errors)가 있다.

지도 완전성 오류는 지도제작 지침상에 명시된 사양을 충족시키지 못해 발생하는 오류로, 제작된 지도에서 지형지물이 생략(errors of omission)되었거나 사양에 없는 지형지물이 입력(errors of commission)된 경우의 오류이다.

지형지물 손상오류는 지형지물이 지도상에 잘못 표현된 경우에 발생하는 오류로 지형지물 손상오류에는 도형자료의 구성요소에서 발생하는 오류로 그래픽 요소 오류(graphic component errors)와 지형지물에 부여하는 라벨에 의해 발

생하는 오류인 라벨 요소 오류(label component errors)가 있다.

2) GIS용 지도제작시 오류유형

GIS용 지도제작시 발생하는 오류⁵⁾유형에는 기준선초과 오류, 기준선미달 오류, 요소부재 오류, 요소중복 오류, 인접요소 부재 오류, 불필요 요소 사용오류, 인접요소 불일치 오류, 도곽선 범위 오류, 좌표값의 단위 오류, 도곽 좌표값의 정확성 오류, 도곽선의 비직선오류, 속성데이터 누락 오류, 속성데이터 유형 오류, 속성데이터 범위 오류, 속성데이터 불일치 오류 등 15개의 오류가 나타날 수 있는 것으로 판단되었다.

기준선초과 오류는 기준선상에 인접되어야 할 선형요소가 기준선을 지나쳤을 경우에 발생하는 오류이고, 기준선미달 오류는 기준선에 인접되어야 할 선형요소가 기준선에 도달하지 못한 경우에 발생하는 오류로, 수치지형도의 경우 허용오차가 지상거리 0.01m이다.

요소부재 오류는 사양에 명시되어 있는 요소가 입력되지 않은 경우에 발생하는 오류이고, 요소중복 오류는 같은 계층의 요소가 같은 위치에 중복되어 입력된 경우에 발생하는 오류로 같은 계층의 요소가 일부분만이 중복되어 있더라도 오류로 처리한다.

인접요소 부재 오류는 기준이 되는 도면과 인접도면의 도곽선상에 인접한 요소가 기준이 되는 도면에는 존재하지만 인접도면에는 존재하지 않는 경우에 발생하며, 인접요소 불일치 오류는 기준이 되는 도면과 인접도면의 도곽선상에 인접한 요소의 위치가 서로 일치하지 않는 경우나 요소가 일치하더라도 속성자료가 일치하지 않을 경우에 발생한다.

불필요요소 사용오류는 사양에서 규정한 요소이외의 요소가 도면상에 존재하는 경우에 발

생하는 오류이며, 도곽선 범위 오류는 도곽을 벗어난 공간 요소가 있을 경우에 발생하는 오류이다. 좌표값의 단위 오류는 일정기준의 정확도를 유지하기 위해 좌표값의 단위를 규정하며 이를 준수하지 않을 경우 오류로 처리하고, 도곽 좌표값의 정확성 오류는 4개의 도곽 좌표값이 해당 수치지형도의 도곽좌표값과 일치하지 않을 경우에 발생하는 오류이다. 도곽선의 비직선 오류는 도곽선이 직선으로 입력되어 있지 않을 경우에 발생하는 오류이다.

속성데이터 누락 오류는 수치지도 제작지침상의 속성데이터가 누락되었을 경우에 발생하는 오류이고, 속성데이터 유형 오류는 작업자가 입력한 속성자료의 자료유형(문자:A, 정수:I, 실수:E)이 사양에 정의되어 있는 자료유형과 다르게 입력된 경우에 발생하는 오류이며, 속성데이터 범위 오류는 작업자가 입력한 속성자료값이 사양에 정의되어 있는 속성자료의 입력 범위를 벗어난 경우에 발생하는 오류이다. 그리고 속성데이터 불일치 오류는 검수도면과 인접도면의 도곽선상에 인접한 요소가 동일한 요소일 경우 속성정보가 서로 일치하지 않는 경우에 발생하는 오류이다.

3) 토지특성도의 오류유형

토지특성도 제작시 발생할 수 있는 오류로는 수치지형도와의 불일치 오류, 필지경계폐합 오류, 1필지 2원화 오류, 행정구역선 형성 오류, 행정동과 법정동 포함관계 오류, 동코드 형태 오류, 지번형태 오류, 지번의 누락 및 중복 오류, 토지용도 조사 오류, 현지조사대상 선정 오류, 경지정리/미정리 답의 구분 오류, 필지수 불일치 오류, 자료연계 오류 등 13개의 오류가 나타날 수 있는 것으로 분석된다.

수치지형도와의 불일치 오류는 필지경계선이

5) 이 논문에서 언급되는 오류의 기준은 지도제작시에 나타는 오류 발생빈도와 영향정도로 결정하였다. 즉 오류 발생빈도가 많은 것과 오류로 인하여 치명적으로 지도에 영향을 미치는 것인데 예를 들어 속성데이터 누락의 오류는 한도엽에서 나타나는 오류의 수가 많으며 도곽좌표의 오류는 하나의 오류가 발생하면 지도에 미치는 영향이 치명적이다.

수치지형도의 주요 지형지물선과 일치하여야 하는 정도가 기준에 못 미치는 경우에 발생하는 오류이고, 필지경계폐합 오류는 제작지침에서 필지는 다각형으로 입력하며 항상 폐합하도록 되어 있으므로, 하나의 필지가 1개의 선형요소로 폐합되어 있지 않을 경우에 발생하는 오류이다.

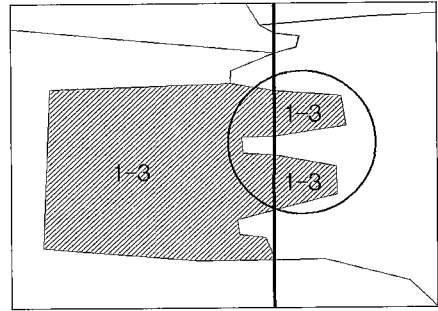
1필지 2원화 오류는 지가현황도 2도엽을 접합할 때 양 도엽에 분리되어 있는 필지가 하나의 필지로 형성되어야 하나 접합한 뒤에도 2개의 필지로 남아 있을 때 발생하는 오류이고, 행정구역선 형성 오류는 개별 필지에 입력된 행정구역코드를 이용하여 행정동 경계와 법정동 경계를 구성하였을 때 행정구역경계가 연결되지 않거나 두 개 이상의 경계로 생겼을 때 발생하는 오류이다.

행정동과 법정동의 포함관계는 행정동경계는 일반적으로 법정동경계를 분할하여 형성된 것이므로 이를 조사하여 실제와 불일치할 경우에 발생하는 오류이고, 동코드 형태 오류는 각 필지에 입력되는 행정동코드와 법정동코드는 규정된 형태로 입력되어야 하고 하나의 필지내에 입력되는 행정동코드와 법정동코드의 시도코드와 시군구코드가 일치하여야 하는데 그렇지 않을 경우에 발생하는 오류이며, 지번형태 오류는 토지특성도의 각 필지에 입력되는 지번이 제작지침에 명시한대로 입력되지 않았을 경우에 발생하는 오류이다.

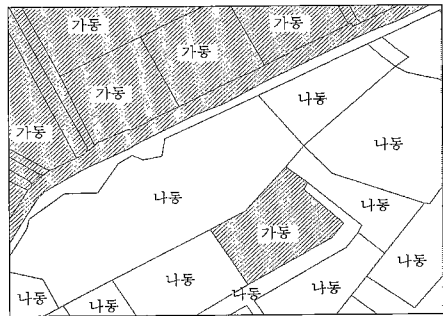
지번의 누락 및 중복 오류는 하나의 필지에 하나의 지번이 입력되지 않았을 경우에 발생하는 오류이고 토지용도 조사 오류는 현지조사시에 토지용도를 잘못 조사하여 발생하는 오류이며 현지조사대상 선정 오류는 조사해야 하는 필지를 잘못 선정했을 경우에 발생하는 오류이다.

경지정리/미정리 답의 구분 오류는 지목이 답인 경우 토지용도에 대한 코드를 구분해서 입력하지 못하는 경우에 발생하는 오류이고, 필지수 불일치 오류는 지가현황도와 토지특성도의 동별필지수가 불일치하는 경우에 발생하는 오류이며, 자료연계 오류는 자료구축에 사용하는 개

별토지특성조사자료와 이를 이용하여 제작한 토지특성도의 속성자료가 불일치하는 경우이다.



[그림 4] 1필지 2원화 오류



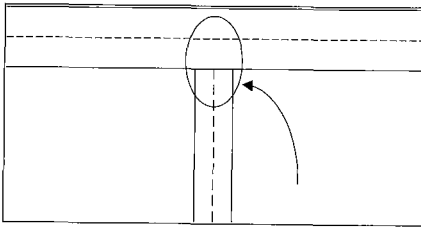
[그림 5] 행정구역선 형성 오류

4) 도로망도의 오류유형

도로망도 제작시 발생할 수 있는 오류로는 수치지형도와와의 불일치 오류, 도로중심선 연결 오류, 도로중심선 선형 오류, 도로중심선의 점간 최소간격 오류, 주요시설물 입력 오류, 노드생성 오류, 현지조사 오류, 폴리곤폐합 오류등 8개의 오류가 나타날 수 있는 것으로 분석된다.

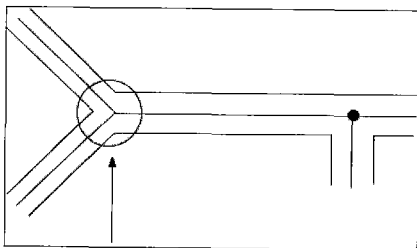
수치지형도와와의 불일치 오류는 도로레이어 추출과정이나 현지조사를 통해 새로운 자료가 입력되는 과정에서 수치지형도와 불일치하는 경우 발생하는 오류이고, 도로중심선 연결 오류는 도로중심선이 항상 연결되도록 입력되어야 하는데 그렇지 못한 경우에 발생하는 오류이며,

도로중심선 선형 오류는 도로중심선이 변곡점(vertex)의 수가 800개 이상일 경우, 일정각도(약 60도)미만의 예각으로 꺾이는 선형, 5m 범위 이내에 노드가 뭉쳐있는 경우, 5m 미만의 짧은 객체가 나타나는 경우의 오류이다. 또한 도로중심선의 점간 최소간격 오류는 도로중심선이 이루고 있는 점들이 많을 경우 분석을 수행하면 많은 시간이 소요되므로 점간 최소간격이 1m이내인 경우 오류로 검출하였다.

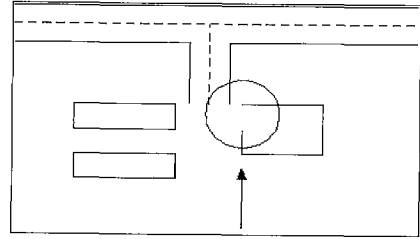


[그림 6] 도로중심선 연결성 오류

주요시설물 입력 오류는 수치지형도상에 나타난 시설물과 입력된 시설물이 불일치할 때 나타나는 오류이고, 노드 생성 오류는 도로시설물과 도로중심선이 연결, 분리되는 지점에 노드를 생성하지 않았거나 잘못된 위치에 노드를 입력했을 때 발생하는 오류이다. 현지조사 오류는 현지조사 해야 하는 도로의 선정이나 조사가 잘못되었을 경우에 발생하는 오류이고, 폴리곤폐합 오류는 주요시설물 입력시에 폴리곤으로 입력되어야 하는 시설물이 제대로 폐합되지 않았을 경우에 발생하는 오류이다.



[그림 7] 노드생성오류



[그림 8] 폴리곤 폐합오류

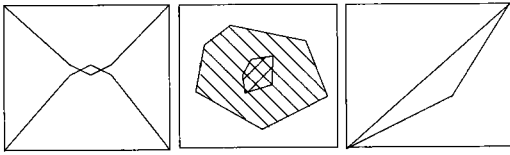
5) 지질도의 오류유형

수치지질도 제작시 발생할 수 있는 오류로는 도곽좌표값의 정확성 오류, 출력의 정확성 오류, 지질원도와의 불일치 오류, 속성정확성, 지질정보(폴리곤)레이어의 폐합오류, 선형 레이어의 단락오류, 기하구조 적합성 오류, 불필요 요소 사용 오류 등 10개의 오류가 나타날 수 있는 것으로 분석된다.

도곽좌표값의 정확성 오류는 지질원도의 경위도좌표를 TM좌표로 변환하는 과정에서의 오차 및 지질도의 도곽좌표값이 불일치하는 경우에 발생하는 오류이고, 출력의 정확성 오류는 납품한 출력도면이 지질도의 제작지침에서 정하는 기준과 불일치하는 경우의 오류이며, 지질원도와의 불일치 오류는 지질원도에 존재하는 도면요소와 불일치하는 경우에 발생하는 오류이다.

속성정확성 오류는 속성데이터의 입력과정에서 발생하는 데이터의 누락, 형태 및 범위의 입력오류이고, 지질정보(폴리곤)레이어의 폐합오류는 하나의 지질정보가 폐합되어 있지 않을 경우에 나타나는 오류이며 선형요소레이어의 단락오류는 선형요소로 레이어에 단락이 발생하는 경우의 오류이다.

기하구조 적합성 오류는 지질정보(폴리곤)의 버텍스 침범, 폴리곤 중첩에 의한 중복, 슬리버 폴리곤이 발생하는 경우 오류이고 불필요 요소 사용 오류는 레이어별로 지정되어 있는 도면요소 이외의 요소가 발생하는 경우의 오류이다.



<바텍스 침범> <폴리곤 중첩> <슬리버 폴리곤>

[그림 9] 기하구조 적합성 오류

4.3. 수치지도 검수내용 및 판단기준

수치지도의 검수항목은 데이터생성연혁, 데이터포맷, 위치정확성, 속성정확성, 기하구조의 적합성, 논리적 일관성, 경계인접, 완전성, 도곽선 범위 등으로 분류할 수 있다. 각 항목들은 그 특성에 따라 납품내역검수, 육안중첩검수, 현지조사검수, 전산정밀검수, 자동검수 등으로 검수된다. 여기에서는 토지특성도, 도로망도, 지질도의 오류유형에 적절한 검수방법을 검수항목별로 살펴해보도록 하겠다.

1) 데이터생성연혁

데이터가 완전히 구축된 후 검수를 실시하는 것보다는 데이터 구축의 시작단계에서부터 품질관리팀이 투입되어 데이터 구축과정을 함께 이해하고 입력과정에 따른 오류를 분석하여 좀더 정확한 데이터를 구축할 수 있도록 하는 것이 품질관리에 보다 효율적이며 검수를 효과적으로 할 수 있다. 그러므로 일정한 기간별, 지역별, 용역업체별, 작업자의 특성에 따라 발생하는 오류를 데이터 구축 초기부터 조사하여 검수방향을 설정하는 것이 바람직하다.

<표 2> 데이터 입력과정 및 생성연혁 검수항목

검수내용	판 단 기 준	검수방법
원시자료의 종류 자료 편집 방법	전량에 대해 오류가 없어야 한다.	납품내역 검수
좌표값의 단위 오 류	좌표값의 단위가 미터로 적어도 소수 2자리까지 표 현되었는지의 여부	자동검수
도곽좌표값의 정 확 성 오 류	수치지형도의 도곽좌표와 차이가 있는지의 여부	전산검수 자동검수
도곽선의 범위 오 류	도곽선 밖으로 자료가 입력되었는지 여부	자동검수
도곽선의 직선 여 부	도곽선이 직선으로 입력되었는지 여부	전산검수 자동검수
현 지 조 사 대 상 선 정 오 류	현지조사대상이 제대로 선정되었는지 여부	현지조사 검수

2) 데이터포맷

구축하고자 하는 수치데이터의 포맷에 대한 형식을 검증하고 납품된 데이터가 올바르게 저장되어 있는지 확인한다.

<표 3> 데이터포맷 검수항목

검수내용	판 단 기 준	검수방법
데 이 터 포맷오류	데이터가 오류없이 읽혀지는지 여부(도형자료, 속성자료, 한글)	납 품 내 역 검수

3) 위치정확성

수치데이터가 실세계의 공간적 위치와 어느 정도 일치하는가를 파악하는 것으로, 모든 요소들이 위치적으로 허용오차를 벗어나는지의 여부를 검수한다.

<표 4> 위치정확성 검수항목

지도	검수내용	판단기준	검수방법
공통	수치지형도와의 불일치 오류	수치지형도의 지형지물과 일치하는지 여부	육안중첩검수 전산검수
	위치조사 오류	현지조사대상 지물지물의 위치가 제대로 조사되었는지 여부	현지조사검수
지질도	도곽좌표값의 정확성 오류	지질원도와 검수용도면의 도곽좌표값이 정확하게 일치하는지 여부	전산검수 자동검수
	지질원도와 불일치 오류	지질원도의 요소들과 검수용도면과 불일치 및 누락하였는지 여부	육안검수 전산검수

4) 속성정확성

수치지도 제작지침에 명시된 코드와 사양에 따라 속성이 제대로 입력되었는지를 검수한다.

<표 5> 속성정확성 검수항목

지도	검수내용	판단기준	검수방법
공통	속성데이터 누락 오류	제작지침상에 명시된 데이터가 누락되었는지 여부	전산검수 자동검수
	속성데이터 유형 오류	제작지침상에 명시된 데이터유형과 일치하는지 여부	
	속성데이터 범위 오류	제작지침상에 명시된 데이터 코드 범위와 일치하는지 여부	
토지특성도	필드정확성 오류	제작지침상에 명시되어 있는 필드가 일치하는지 여부	전산검수
	지번형태 오류	입력된 지번의 형태가 올바른지 여부	
	동코드 형태 오류	행정동코드와 법정동코드의 형태가 올바른지 여부, 해당필지의 법정동과 행정동의 시도·시군구코드가 동일하게 입력되었는지 여부	
지질	경지정리/미정리 오류	지목이 담긴 경우 토지용도에 경지정리/미정리에 대한 코드가 제대로 입력되었는지 여부	전산검수
	기초지질정보 속성 입력 오류	도면내에 존재하지 않는 속성의 입력 여부	
	지질시대별 층서의 입력 오류	지질층서의 입력오류 예:중생대-경산계, 평안계	
도	지질경계선의 입력 오류	지질경계선과 가상지질경계선의 입력 오류	전산검수
	주향 정사의 입력 오류	각도 및 방위의 입력 오류	
	습곡의 입력 오류	배사 향사의 입력 오류 (습곡구분의 입력 오류)	
단층, 광종, 시설물 위치, 단면선의 입력 오류	단층, 광종, 시설물 위치, 단면선의 입력 오류	각 속성의 입력 오류	전산검수

5) 기하구조의 적합성

각 객체들의 기하구조가 올바른가를 검수하는 것으로 객체간의 위상과 밀접한 관계가 있다.

<표 6> 기하구조 적합성 검수항목

지도	검수내용	판 단 기 준	검수방법
토 지 특 성 도	행정동과 법정동의 포함관계	행정동과 법정동의 포함 관계가 올바른지의 여부	전산검수
	행정구역선 형성 오류	행정구역 경계가 제대로 형성되었는지 여부	전산검수 자동검수
	필지경계 폐합오류	필지가 제대로 폐합되었는지 여부	
	1필지 2원화 오류	1필지가 2원화되어 있지 않은 지 여부	
도 로 망 도	노드 생성 오류	도로중심선의 교차점에 노드가 생성되었는지의 여부	전산검수 자동검수
	요소 중복 오류	중복된 요소가 있는지 여부	
	기준선 초과 오류	기준선과의 거리가 5m이내이고, 속성이 없는 경우	
	기준선 미달 오류	기준선과의 거리가 1m미만인 경우	
	도로중심선 연결오류	도로중심선의 연결이 올바른 지 여부	
	도로중심선 선형 오류	도로중심선이 갖는 선형적 특성을 만족하는지 여부	
지 질 도	Line요소의 연결성 오류	도면의 선요소가 연결되어 있는지 여부	전산검수 자동검수
	슬리버 폴리곤 생성 오류	폴리곤이 서로 인접하지 않아 틈이 벌어져 있는지 여부	자동검수
	버텍스의 침범 오류	폴리곤의 일부 침범이 존재하는지 여부	전산검수
폴리곤의 중첩 오류	하나의 요소에 두 개의 폴리곤이 존재하는 경우와 폴리곤의 내부에 또다른 폴리곤이 존재하는지 여부		

6) 논리적 일관성

입력된 객체 및 속성데이터들의 관계를 조사하여 논리적으로 일치하는가를 파악하는 것으로 데이터의 신뢰성을 검수한다.

<표 7> 논리적 일관성 검수항목

지도	검수내용	판 단 기 준	검수방법
토 지 특 성 도	토지용도 조사 오류	토지용도가 올바르게 조사되었는지 여부	현지조사 검수
	불필요 요소 사용 오류	제작지침상에 명시하지 않은 요소가 입력되었는지 여부	육안검수 전산검수
	지번의 누락 및 중복오류	한 필지 내에 한 개의 지번이 존재하는지 여부	육안검수 전산검수 자동검수
	필지수 불일치 오류	지가현황도의 동별필지수와 토지특성도의 동별필지수가 일치하는지 여부	자동검수
도로망도	자료연계 오류	개별토지특성조사자료와 토지특성도의 속성자료가 일치하는지 여부	전산검수 자동검수
도로망도	도로중심선의 점간 최소간격 오류	도로중심선을 구성하고 있는 점들의 최소간격이 1m이상인지 여부	자동검수
지 질 도	요소 중복 오류	Polygon, Line, Point 요소의 중복여부	자동검수
	지질경계선의 연결성 오류	지질경계선과 가상지질 경계선의 일치 여부, 지질 정보 폴리곤과 지질 경계선의 일치 여부	
	불필요 요소 사용 오류	Layer에 따라 표현되는 요소가 정확한지의 여부	

7) 완전성

완전성은 데이터베이스 전반에 대한 품질을 검수하는 것으로 주제도에 대하여 데이터가 실세계를 얼마나 충분히 표현하고 있는가를 검수한다.

8) 경계인접

검수대상도면과 인접한 도면이 일치하는지를 검수한다.

<표 8> 완전성 검수항목

검수내용	판 단 기 준	검수방법
요소부제 오류	누락된 요소가 있는지 여부	육안검수 자동검수
주요시설물 입력 오류	제작지침상에 명시된 주요시설 물이 제대로 입력되었는지 여부	육안검수 전산검수

9) 도곽선 범위

도곽선을 벗어난 공간요소가 있는지를 검수한다.

<표 9> 경계인접 검수항목

검수내용	판 단 기 준	검수방법
인접 도곽선의 불일치 오류	검수도면과 인접도면의 도 곽선이 일치하는가를 확인	전산검수 자동검수
인접 요소의 부제/ 불일치 오류	인접 요소 불일치 오류와 인접요소 부제를 확인	
속성 데이터 불일치 오류	인접 요소간의 속성 불일치 오류 여부	

<표 10> 도곽선 범위 검수항목

검수내용	판 단 기 준	검수방법
도곽선 외부 요소 존재 오류	도곽선 외부에 요소가 존 재하는지 여부	전산검수 자동검수
도곽선의 직선 오류	도곽선이 직선을 이루고 있는지 여부	자동검수

5. 바람직한 수치지도
검수방법 및 절차

5.1 수치지도 품질평가요소

앞에서 살펴본 국내의 품질관리 현황을 토대로 수치지도의 품질 평가요소를 데이터생성연혁, 데이터의 포맷, 도곽선 완전성, 위치정확성, 속성정확성, 기하구조의 적합성, 논리적 일관성, 논리적 완전성, 경계인접 등 크게 9가지로 분류하였다.

데이터생성연혁은 원시자료에 대한 정보와 제품생산절차, 투영과 좌표변환의 파라미터들, 결정인자와 판단기준 등에 대한 사항을 나타내며 데이터의 포맷은 제작지침에서 제시하는 공개된 형식으로 되어 있는지 검사하는 것이다. 도곽선 완전성은 도곽선에 의해 추상적으로 나뉜 폴리곤들이 제대로 도곽을 이루는지와 실세계에서의 위치정확성, 그리고 지침에서 명시된 좌표계에 적합한가 등을 검사하고 위치정확성은 제작된 수치지도의 위치 정보가 실세계와 일치하는지를 검사하는 것이다. 속성정확성은 속성자료가 잘못 입력되거나 자료가 누락되었는지 등의 속성테이블의 구조를 검사하는 것이고 기하구조의 적합성은 입력 데이터의 기하학적 구조가 올바른지를 검사하는 것으로 객체간의 위상을 살펴볼 수 있다.

논리적 일관성은 공간데이터가 데이터모델의 구조적 특성에 따르고 있는지와 데이터의 속성 제약조건에 적합한지를 알아보는 것이며, 완전성은 추상화된 대상과 객체와의 관계가 수치지도 처리과정에서 어떻게 결합으로 나타나는지와 어떻게 정량화하고 있는지를 알아보는 것이다. 경계인접은 인접한 도면과의 상대적 위치 정확성과 경계를 중심으로 공간자료와 속성자료가 제대로 하나를 이루는가 등을 검사한다.

5.2 수치지도 검수방법

검수방법은 검수범위에 따라 모든 수치지도를 검수하는 전수검수와 통계적 해석방법에 의해 표본을 추출하여 검수하는 표본검수⁶⁾로 구분할 수 있다. 전수검수는 전체 자료에 대한 정확성을 신뢰할 수 있으나, 시간과 비용이 많이 소요되므로 방대한 양의 데이터검수에는 적당하지 않다. 이에 비해 표본검수는 시간과 비용이 절감되고, 작업할 분량이 적어서 검수의 정확도를 높일 수 있다. 그러나 입력된 전체 자료에 대한 정확성을 확신할 수 없고, 표본선정, 가설설정 등의 검수과정이 다소 복잡하며 검수자의 통계에 대한 전문지식이 요구된다.

검수방식에 따라서는 육안중첩검수, 전산정밀검수, 자동검수 등으로 구분할 수 있다. 육안중첩검수는 입력도면과 검수할 도면을 종이나 컴퓨터화면상에 출력하여 도면에 직접 표시하면서 검수하는 방식이고, 자동검수는 프로그램을 개발하여 검수하는 방법이며, 전산검수는 육안중첩검수와 자동검수가 어려운 경우에 수행한다.

육안중첩검수는 작업시 특별한 기술이 필요 없지만 검수자의 성실도에 따라 정확도가 달라질 수 있고 자동검수는 검수에 소요되는 비용과 시간을 절감할 수 있다. 그러나 검수 프로그램이 작업상황에 적절하지 않은 경우 계속적인 유지보수가 요구된다. 전산검수는 육안중첩검수로 발견되지 않는 오류를 검출해 내거나 자동검수가 어려운 오류를 검출해 낼 수 있지만, 작업이 비교적 까다롭고 시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

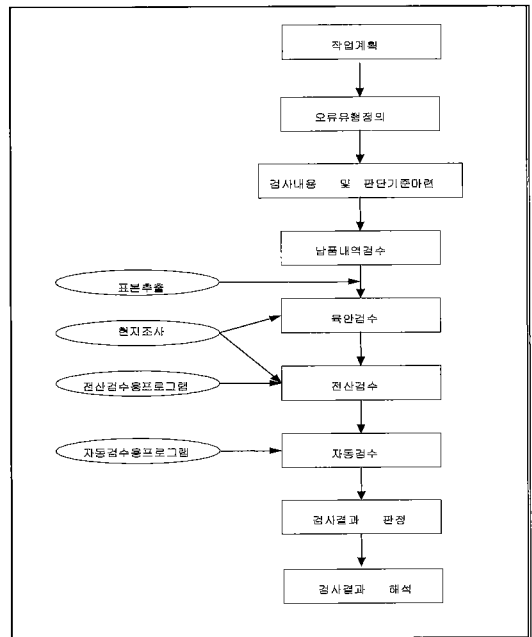
지금까지 설명한 검수방법들은 제각기 장단점을 가지고 있기 때문에 어느 한 방법으로 검

수하기에는 위험부담이 크다. 따라서 검수의 성격과 내용에 따라 위의 방법을 혼용하여 검수하는 것이 바람직하다.

5.3 수치지도 검수절차와 작업내용

1) 수치지도 검수절차

수치지도의 검수는 작업계획, 오류유형정의, 검수내용 및 판단기준 마련, 납품내역검수, 육안중첩검수, 현지조사, 전산검수, 자동검수, 검사결과판정 등 9단계의 절차를 거치는 것이 바람직하다.



[그림 10] 수치지도 검수절차

6) 표본 추출법에는 무작위로 일정 수의 도엽을 추출하여 추출한 도엽전체에 대해 검수하는 완전 무작위 추출법, 무작위로 일정수의 도엽을 표본 추출한 뒤 각 도엽을 다시 몇 개의 구역으로 나누어 그 구역들 중 일부를 표본 추출하여 추출된 구역 내의 모든 객체를 검수하는 무작위 구역 추출법, 그리고 무작위로 일정수의 도엽을 표본 추출한 뒤 각 도엽내에 있는 객체들 중 일부를 표본추출하여 검수하는 무작위 객체 추출법 등이 있다.

2) 검수절차별 작업내용

(1) 작업계획

원시자료 내역을 파악하여 작업지역 목록 및 인덱스를 작성한 뒤, 실험제작과 실험검수를 통하여 검수방법 및 절차를 결정한다. 제시된 지침에 따라서 수치지도를 실험제작 한 뒤 실험검수함으로써 검수작업의 시행착오를 줄이며 실험검수 결과를 토대로 검수방법 및 절차를 수정 보완하여 최종적인 기준을 마련한다.

(2) 오류유형정의

수치지도는 지도의 종류와 사용하고자 하는 목적 그리고 제작방법에 따라 발생할 수 있는 오류유형이 달라질 수 있다. 따라서 그러한 사항을 면밀히 검토하여 오류유형을 분석하여야 한다. 이 연구에서는 앞서 3가지 주제도에 대한 오류유형을 분석하였다. 그 결과에 따르면 수치지도 제작시 발생할 수 있는 일반 오류가 15종, 토지특성도인 경우 13종, 도로망도인 경우 8종, 지질도인 경우 10종 등 총 46종의 오류유형이 분석되었다.

(3) 납품내역검수

수치지도 제작업자가 납품한 성과내역을 검사하여 수치지도 제작지침상에 명시된 성과품이 모두 납품되었는지의 여부를 전수검수한다.

(4) 육안중첩검수

수치지도를 출력한 도면과 검사대상 도면을 형광판에 겹쳐놓고 누락 및 오기사항에 대해 검수한 뒤 검수결과는 성과물 출력도면과 표에 기재한다.

(5) 현지조사검수

제작된 도면이 실제지형과 맞는지의 여부를 현지조사를 통하여 판단한다.

(6) 전산정밀검수

표본추출된 수치지도를 전산검수용 프로그램을 이용하여 검수하며 이 단계가 검수작업에서 가장 많은 시간을 필요로 한다.

(7) 자동검수

모든 수치지도에 대해 검수프로그램을 이용하여 검수한다.

(8) 검사결과판정

수치지도의 검사결과는 각각의 지도가 갖는 오류유형과 오류내용에 오류수를 산정함으로써 판정한다.

(9) 검사결과해석

검사결과를 면밀히 분석하여 데이터의 품질 수준을 규정하는 한편 가장 빈번히 발생하는 오류유형을 파악하고 문제점을 분석하여 다음 제작에 반영하도록 한다.

6. 결 론

본 연구에서는 국·내외 수치지도 품질요소와 검수현황에 대한 비교·분석을 바탕으로 수치지도 정확도 검증을 위한 검수기준과 검수방안을 제시하였다. 연구결과는 다음과 같다.

먼저 연구를 수행하기 위하여 수치지도 제작방법을 검토하여 수치지도 제작시 발생할 수 있는 일반오류 15종, 토지특성도 13종, 도로망도 8종, 지질도 10종 등 총 46종의 오류유형을 분석하였다. 이러한 오류유형을 바탕으로 데이터생성연혁, 데이터포맷, 위치정확성, 속성정확성, 기하구조의 적합성, 논리적 일관성, 경계인접, 완전성, 도곽선 범위의 9가지 판단기준을 마련한 뒤 육안중첩검수, 전산검수, 자동검수의 다단계 검수방법을 제안하였다. 지금까지 언급한 내용을 바탕으로 작업계획, 오류유형 정의, 납품내역검수, 육안중첩검수, 현지조사검수, 전산검수,

자동검수, 검수결과판정, 검수결과해석으로 이어지는 9단계의 체계적인 검수절차를 제안하였다. 본 연구에서 제안하는 검수안은 토지특성도, 도로망도, 지질도를 실제 검수하여 얻은 결과이다. 이 연구를 통해 GIS 데이터의 특성상 모든 주제도에서 공통적으로 검사해야 하는 항목들이 있으나 주제도의 특성에 따라 검사방법이 달라질 수 있다는 것을 알 수 있었다. 앞으로 수치지도 검수에 대한 심도있는 연구를 계속하여 종류와 유형에 관계없이 검수할 수 있는 체계와 방법을 도출하고자 한다. 그리하여 모든 수치지도에 적용가능한 범용검수프로그램 개발방법도 강구할 것이다. 궁극적으로 보다 합리적이고 객관성있는 검수를 통해 양질의 수치지도를 생산할 수 있게 된다면 국가GIS산업 발전에 큰 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

김은형, 1998, 수치지도 검수방안에 관한 연구, 국립지리원.
 김감래, 김승태, 1998, 수치지도 활용상 문제점 종합 분석, 국립지리원.
 김병국, 1999, 수치지도 품질관리 연구, 국립지리원.
 김영표, 조윤숙, 1996, 공통주제도 수치지도화 실험연구, 국토연구원.

김신영, 정문섭, 신동채, 1996, 국가기본도 수치지도화방안 연구, 국토연구원.
 조우석, 1996, 수치지도 검사프로그램 개발, 국토연구원.
 김영표, 조윤숙, 1997, 공통주제도 제작지침 연구, 국토연구원.
 조우석, 1997, 수치지도의 정확도 향상방안 연구, 국토연구원.
 김진용, 이무성, 송교석, 정상윤, 1998, 「신편 품질관리론」, 학문사.
 지오씨티, 1999, 국토기본지질도전산화사업 검수결과보고서.
 지오씨티, 1999, 주제도(1차) 전산화사업 검수결과보고서.
 지오씨티, 2000, 주제도(2차) 전산화사업-검수결과보고서.
 한국통신 선로기술연구소, 1995, 수치지도 정밀도 검증용 도구개발.
 AUSLIG, 1998, GEODATA Specification.
 Ordnance Survey, 1996, Quality Systems Comments and Suggestions.
 USGS, 1998, National Mapping Program Technical Instruction.
 USGS, 1994, Spatial Data Transfer Standards, Parts 1,2,3,4, and 5.
<http://www.mcmcweb.er.usgs.gov>
<http://www.ncl.ac.uk>