韓國地形空間情報學會論文集 第6卷 第2號 1998年 12月 pp. 91-103

국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 품질유지 및 정확도 향상

The Quality Assurance and Accuracy Improvement of National Basemap Digital Mapping Database

이 현 직 *
Lee, Hyun-Jik

要 旨

국가기본도 수치지도자료는 향후 정보시대의 기반정보로 1995년 이래 시작된 1차사업을 완료하고 자료의 유통이 이루어지고 있다.

일반적으로 수치지도의 품질은 자료의 연혁, 위치정확도, 속성정확도, 논리적일관성 및 완전성에 의해 좌우되며, 다양한 응용분야의 기초정보로 사용하기 위해서는 신뢰성 있는 품질 확보가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 국가기본도 수치지도자료 제작과정에서의 오류유형을 분석하여 주로 자료의 논리적일관성과 완전성을 확보할 수 있는 자동검수프로그램을 개발하고, 위치정확도를 향상시킬 수 있는 제작방법을 제안함으로써 수치지도정보의 품질유지 및 정확도향상을 통해 고품질 수치지도제작에 기여하는데 목적이 있다.

본 연구의 수행결과, 수치지도의 GIS분야 응용분야에서 주요한 자료의 논리적일관성과 완전성을 확보할 수 있는 자동검수프로그램을 개발하였으며, 고품질 수치지도제작방법을 제시함으로써 국가기본도 수치지도 데이터베이스의 품질확보 및 정확도향상에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The digital map data of national basemap which will be basic data of the information age is accomplished to produce and are ready to distribute to public.

Generally, the quality of digital map is affected to data history, position accuracy, attribute accuracy, logical consistency and completeness. The quality of digital map is assured to use basic data for the field of various appication. The purpose of this study is to develop automated quality control program of digital map through analysis type of errors in digital mapping, to determine method of high quality digital mapping.

As a results of this study, The automated quality control program of digital map is developed to assure logical consistency and completeness of digital map which is used to principal data in the field of GIS and is determined the process of high quality digital mapping. Also, the results of this study is contributed to quality assrence and accuracy improvement of national basemap digital mapping database.

* 상지대학교 토목공학과 조교수

1. 서 론

국가기본도 수치지도 데이터베이스는 21세기 정보시대의 필수적인 기본 정보로 NGIS 1차사업에 의해 제작이 완료되어 국가기관 및 지자체와 최종 사용자에게 유통되고 있다.

일반적으로 수치지도의 품질은 자료의 이력(data lineage)과 위치 및 속성정확도(position and attribute accuracy), 논리적일관성(logical consistency) 및 자료의 완결성(completeness)에 의해 좌우되며, 체계적이고 객관적인 품질관리를 통해 데이터베이스의 신뢰성을 확보하여야 자료의 활용성을 증대시킬 수 있다.

그러나, 국가기본도 수치지도자료는 제작 초기의 작업공정 및 규정의 모호함과 작업자 및 검수자의 숙련도 부족에 의해 자료의 품질이 불규칙한 문제점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 국가기본도 수치지도 데이터베이스의 품질유지 및 정확도향상을 위해 수치지도 제작 관련 법규 및 규정을 분석하고, 제작사 및 검수기관의 방문조사를 통해 수치지도의 오류유형을 분석함으로써 자료의 논리적일관성과 완결성을 확보할 수 있는 자동검수프로그램을 개발하고 제작단계별 위치정확도 분석을 통해 고품질 수치지도제작의 가능성을 입증하는데 목적이 있다.

본 연구에서는 수치지도제작과 관련된 각종 법규 및 규정을 분석하였으며, 기존 수치지도제작에 경험이 있는 제작사와 검수기관의 방문조사를 통해 제작과정에서의 각종 오류유형을 조사하였다.

또한, 기존 수치지도자료의 자료구조분석을 통해 자동검수프로그램의 개념 및 물리설계를 수행하였으며, 이를 통해 자료의 논리적일관성과 완결성을 확보할 수 있는 자동검수프로그램을 개발하였다.

본 연구에서의 기존 수치지도의 위치정확도분석을 위해 자료원 및 자료조작과 변환에 따른 위치정확도 개선방향을 제시하였다.

2. 수치지도 관련 법규 및 오류유형 분석

국가기본도의 수치지도제작은 관련 법규에서 규정하는 방법 및 단계에 의하여 이루어져야 하며, 제작과정에서 규정하는 품질기준 및 소요정확도를 만족하여야 한다.1,2)

본 연구에서는 국가기본도 수치지도의 품질 및 정확도 분석에 앞서 수치지도제작과 관련된 국내 법규 및 규정분석을 수행하였으며, 수치지도제작 관련 감독기관 및 제작사의 방문조사도 수행하였다.

이와 같은 과정을 통해 본 연구에서는 수치지도의 제작과정에서 포함될 수 있는 오류유형을 파악하였으며, 이를 통해 자동검수프로그램 개발과 제작단계별 기존 수치지도의 위치정확도 분석 및 고품질 수치지도제작의 방법론 정립에 이용하였다.

2.1 수치지도 관련 국내 규정 및 법규 분석

수치지도제작과 관련된 법규에는 자료원 (data source)에 대한 규정을 다루는 법규와 수치화 과정의 자료변환 및 처리와 관련된 규정을 다루는 법규로 분류된다.3,4,5,6,7) 본 연구에서 분석한 법규 및 규정은 표 2.1과 같다.

표 2.1 국가기본도 수치지도제작 관련 법규 및 규정

분 류	법 규 명	주 요 내 용
자료원에 관한 규정	· 공공측량작업기준에 관한 규칙	건고부령제498호로 원도제작과정에 대한 모든 규정 포함
	· 항공사진측량 작업내규	국립지리원내규제151호로 항공사진측량과 관련된 내규
	· 지도도식규정	축척별 지도의 표현에 대한 세부규정
	· 측량법	측량법 6조 7조로 측량 기술의 연구개발등과 기본측량에 관한 계획
자료변환 및 처리에 관한 규정	· 수치지도작성작업규칙	건고부령제17호로 수치지도와 관련된 가장 기본적인 규정
	· 수치지도작성작업내규	국립지리원내규제71호로 수치지도 관련 세부 규정
	· 용역사업 검사업무 규정	국립지리원 내규 64호에 규정

본 연구에서는 표 2.1과 같은 법규분석을 통해 오류유형 및 제작단계별 위치정확도 파악에 이용하였다.

2.2 제작사 및 감독기관의 방문조사

일반적으로 수치지도의 품질 및 정확도를 평가하기 위해서는 자료원과 자료조작 및 변환과정의 위치정확도와 표현정확도를 분석하여야 하며, 이를 위해 자료생

성 단계의 오류 원인을 기본으로한 품질검사를 수행하는 연역적 평가와 원본자료와 결과물의 그래픽검사를 위한 기하학적 허용오차 분석방법 및 현장 검증이 수행되어야 한다.8,9)

따라서, 본 연구에서는 기존 수치지도제작의 배경 및 제작방법에 대한 정확한 자료수집과 제작과정 중의 정확도 저해요인을 파악하기 위해 수치지도제작에 참여한 제작업체와 감독기관에 대한 방문조사를 수행하였다.

제작사 및 감독기관의 방문조사에서는 기존 수치지도제작시 작업환경과 제작방법 및 과정을 파악하고 작업과정 중에 포함되는 정확도 저해요인을 파악하기 위해 직접 인터뷰방식으로 국가기본도 수치지도제작에 참여한 2개업체와 검수과정의 위치정확도 고려사항을 파악하기 위해 2개 감독기관(국립지리원, 국토연구원)에 대하여 조사하였다.

2.2.1 제작사의 작업환경 및 제작방법 조사

수치지도제작사의 방문조사는 NGIS 국가기본도 수치지도제작 관련 용역을 기 수행한 2개 제작사에 대해 직접 방문하여 인터뷰방식으로 조사하였다.

방문조사에서 파악된 제작사의 수치지도제작 작업환경은 축척별로 다소 차이가 있었으나, 펜티엄급 이상의 PC를 기본 하드웨어(Hardware)로 자료입출력에 필요한 주변기기(Scanner, Digitizer, Plotter, Data Backup 장비 등)로 구성되어 있었으며, 운영체계(Operating System)는 초기의 MS - DOS 환경에서 최근에는 MS - WINDOWS 95 나 WINDOWS NT 로 변환되고 있는 실정이다.10)

또한, 수치지도제작 작업수행의 주축이 되는 지도제작 관련 소프트웨어(Software)는 초기 벡터자료의 편집을 위한 AutoCAD를 기본으로 발주처에서 제공되는 원도 스캐닝자료의 벡터화를 위한 래스터자료 편집용 프로그램 및 등고판의 벡터라이징을 위한 전문 프로그램과 주기판 한글처리를 지원하는 보조프로그램으로 구성되어 있었다.

그러나, 최근에는 작업의 수행능력의 신속성을 고려하여 한 팩키지내에서 수치지도제작과 관련된 모든 기능이 지원되는 Intergraph Mapping Office (Microstation, IRAS/B, IRAS/C, GEOVEC, MGE)와 같은 수치지도제작 전용팩키지를 이용하고 있는 실정이다.

제작사의 작업수행 인력의 구성은 종래의 측량과 관련된 업무를 수행해온 업체와 컴퓨터 관련 업무를 수행해온 업체에 따라 다소 차이가 있으나, 초기의 지도제작 경험이 전무한 인력분포에서 최근에는 시장 규모의 확대와 교육기관 인력양성에 의해 다소 개선되고 있는 추세에 있다.

제작사의 수치지도제작방법은 세부적인 단계에서 축척에 따라 제작사별로 다소 차이가 있었으나, 일반적인 지도제작방법 및 수치지도제작 방법은 그림 2.1과 같으며, 축척별 세부적인 수치지도제작 과정은 그림 2.2 및 그림 2.3과 같다.

그림 2.2의 1:1,000 수치지도제작과정은 서울특별시 도시정보시스템의 작업규정에 의한 작업방법으로 속성입력을 위해서는 데이터베이스 입력기능이 있는 GIS 관련 프로그램을 활용하여야 하며, 현행 NGIS사업 차원에서 수행되는 1:1,000 수치지도제작에서는 속성입력이 삭제된다.

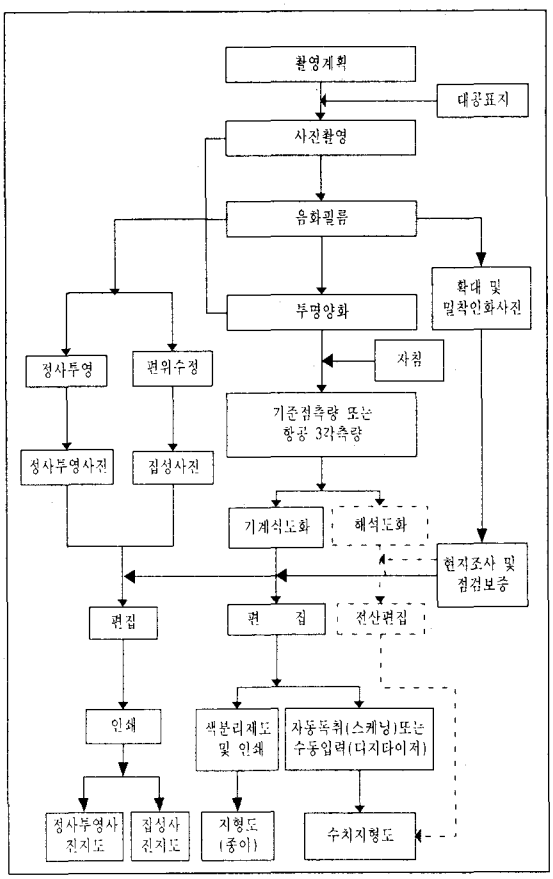


그림 2.1 일반적 지도 제작 과정

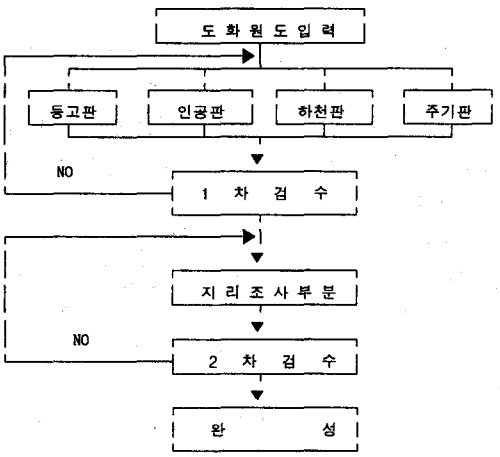


그림 2.2 1:5,000 수치지도의 세부공정

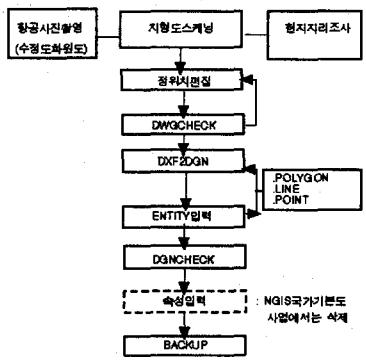


그림 2.3 1:1,000 수치지도의 세부공정

2.2.2 감독기관의 자료검수 과정 조사

국가기본도 수치지도제작을 총괄하는 감독기관의 수치지도 자료검수 과정 조사는 기존 수치지도제작 용역을 관리해온 국립지리원과 국토개발연구원을 대상으로 과업수행과정과 납품시의 검수항목중 위치정확도의 평가 항목과 관련된 부분을 찾기 위해 직접 방문하여 수행하였다.

일반적으로 감독기관에서 수행하는 수치지도 검수과정은 현장검수와 실내검수로 분류된다. 감독기관의 현장검수는 주로 지리조사 성과에 대해 대상지구현장에서 각 조사항목에 대해 일정 부분의 통계학적 표본조사를 수행한다.11)

수치지도의 실내검수는 수치지도제작이 완료된 후 수행되며, 접수된 도면의 지점과 전산화일상태 및 납품매수를 확인하는 제1단계 검수과정과 과업 착수시 제공된 원도자료와 트레이싱지로 출력된 납품도면을 LIGHT TABLE을 이용하여 검수자를 바꾸어 1, 2, 3차에 걸쳐 주로 누락부분에 대해 육안검수를 수행하는 제2단계 검수과정이 수행된 후 오류부분을 표기하여 제작업체로 재발송한다.

수치지도 제작업체에서는 시각검수를 통해 파악된 오류를 수정하여 반송하며, 감독기관에서는 이를 주로 자료화일의 논리적 일관성과 완결성을 파악하기 위해 검수프로그램을 통해 제3차 검수를 수행한다.

표 2.2 감독기관의 수치지도 주요 검수 항목

주 요 검 수 항 목
- 577개로 세분류되어 있는 지형코드의 적정사용여부. (수치지도작성작업규칙중 표준코드 참조) - 벡터데이터가 래스터데이터의 범위 내에서 벡터라이징 생성여부. - 실형건물의 데이터 폐합여부. - 곡선데이터의 최소간격과 중간점의 생략이 축척별 규정에 적합한가의 여부. - 고속국도,국도,지방도및 도 (왕복 2차선 이상)에 도로 중심선 입력여부. - 직할 하천, 지방하천, 준용하천은 제방과 제방사이를 중심으로 하천중심선 입력 여부. - 도로, 도로 중심선, 하천선, 하천 중심선이 고가도로, 육교, 고량 등과 교차할 경우 구조물을 통과하여 데이터가 연결되었는지 여부. - 모든 데이터의 분기점이 일치되는지의 여부. - 연속되는 선형데이터(예 등고선등)의 연결 유무(단락되어서는 안됨). - 등고선, 표고점, 삼각점, 수준점의 Z값이 정확하게 입력되었는지 여부. - 지류기호는 한 필지에 하나씩 해당지류의 중앙에 입력되었는지 여부. - 도곽좌표값의 정확성 유무. - 직각 좌표값(TM)의 단위는 m(미터)로 자리수는 소수 2자리까지 입력 여부. - 모든 데이터(577개의 지형코드)의 구조가 수치지도작성작업규칙의 표준도식과 일치 여부 (점,선,면 선의 방향).수치지도작성 작업규칙중 표식도식 참조 - 인접도엽간 인접상태.

또한, 감독기관에서는 원도의 래스터자료와 벡터자료의 중첩분석과 레이어 코드검수를 수행한 결과를 통해 오류목록 및 오류유형을 파악하여 제작업체로 재반송하며, 제작업체에서는 이를 최종 수정하여 납품을 완료한다. 감독기관의 일반적인 수치지도 검수절차는 그림 2.4와 같으며, 감독기관의 주요 검수항목은 표 2.2와 같다. 그림 2.4 및 표 2.2에 나타난 바와 같이 감독기관의 수치지도 검수는 주로 전산화일의 구조적 오류를 파악하여 자료의 논리적 일관성과 완결성을 유지하는데 중

점을 두고 있으며, 래스터와 벡터자료의 중첩검수와 도곽좌표의 정확도 분석을 제외하고는 위치정확도의 파악 및 개선을 위한 고려가 미진한 상태로 분석되었다.

이와같은 분석을 통해 파악된 감독기관의 주요 검수항목은 자료의 구조분석을 통해 본 연구의 자동검수프로그램 개발을 위한 프로그램 설계의 기본방향 설정에 이용하였다.12)

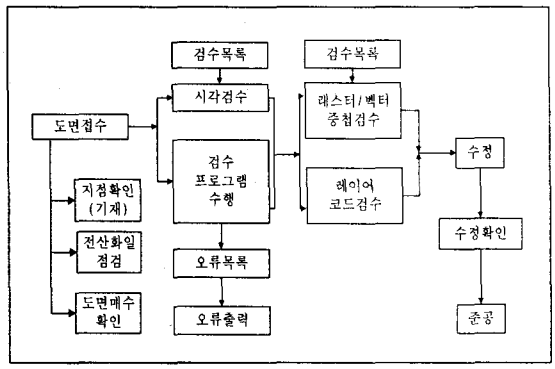


그림 2.4 감독기관의 수치지도 도면검수 과정

2.3 수치지도자료의 오류유형 분석

본 연구에서는 기존 수치지도 납품자료의 육안검사 및 전산코드검사를 통해 주로 발생되는 오류유형을 분석하여 자동검수프로그램 설계의 검수기준 설정에 이용하였다.

육안에 의한 검사방법은 기존 지형도와 수정도화원도 및 최종 출력도면을 중첩하여 지형도와 수정도화원도상의 지형지물의 누락여부를 라이트테이블상에서 육안으로 검사하는 방법으로 사소한 심볼의 누락이나, 표고값 표기오류등 기본적인 오류파악에는 장점이 있으나, 육안에 의한 검사임에 따라 자료의 활용시 중요한 건물의 폐합, 자료층 오류 및 인접관련오류 등 전산구조상에서 발생되는 미세한 많은 오류의 파악은 불가능한 단점이 있다. 일반적으로 육안검수를 통해 파악되는 주요 오류에 유형은 표 2.3과 같다.

표 2.3 육안 검사에 의한 주요 오류 유형

오류유형	주 요 오 류 내 용
도로오류	○ 최종출력도면의 도로폭원과 기존 지형도 및 수정도화원도의 도로폭원이 상이한 경우 ○ 실폭도로와 세류가 만나는 지점에 암거가 누락된 경우
건물오류	○ 주기건물에 대한 심볼 누락 및 종이지도의 주기심볼의 위치와 주기위치가 너무 떨어진 경우 ○ 기존 건물의 위치와 신규 도화된 건물의 위치를 명확히 구분하지 않아 생기는 건물의 겹침
지류오류	○ 지류계 및 경지계 누락, 논과 밭 및 과수원의 심볼 표기 누락 및 위치오류 ○ 지리조사된 경계선의 종류를 명확히 하기 않아 생기는 오류
기타오류	○ 등고수치의 오기 및 위치오류, 등고선이 건물의 중심부를 통과하는 오류 ○ 경계선 오류유형 : 행정경계선의 오기

전산코드검사에 의한 방법은 수치지도작성작업규칙 도식규정에 정의되어 있는 주요 자료층코드에 고유색상을 부여하여 자료층코드가 정확히 입력되었는지를 파악하는 방법으로 전산프로그램을 이용함으로 자료층의 오류파악에는 장점이 있으나, 역시 세부적인 오류파악에는 한계가 있다. 전산코드검사에 의한 주요 오류유형에는 표 2.4와같다.

표 2-4 전산코드검사에 의한 주요 오류 유형

오 류 유 형	주 요 오 류 내 용
· 도로선코드입력오류	○ 도로의 양쪽선을 다른코드로 입력한 오류
· 세류처리오류	○ 하천선중 세류선을 입력하는 경우 주위의 제방선을 교차하는 오류
· 지류계처리오류	○ 수치지도자료층중 가장 많은 코드로 지류계와 경지계를 혼동한 오류
· 콘크리트구조물코드오류	○ 여수토를 콘크리트옹벽 코드로 입력한 경우 (부정확한 작업지침 및 작업자의 주관)
· 주기코드오류	○ 주기입력시 발생되는 오류로 새마을창고를 산업시설코드로 입력한 경우 등
· 건물코드오류	○ 주기건물시 주택코드로 입력한 오류

이와같은 검사방법에 따른 오류유형 이외에도 수치지도자료의 전산화일구조 분석을 통해 많이 발생하는 오류에는 기준선초과(overshoot)오류, 기준선미달(undershoot)오류가 있으며, 검사화일내의 오류와 검사화일과 인접화일과의 오류로 분류된다.

본 연구에서는 기존 수치지도자료에 대한 육안검사 및 전산코드검사에서 파악된 오류유형과 전산자료구조 분석을 통해 파악된 오류유형을 분석하여 자동검수프

로그램의 개발에 이용하였다. 본 연구에서 파악된 수치지도의 발생되는 주요 오류유형의 백분율은 표 2.5와 같다.

표 2.5 수치지도제작시 발생되는 오류유형별 백분율

오 류 유 형	백분율 (%)
○ 도로선의 중복, 접합, 폐합, 교차의 문제점	20
○ 공사중인 도로, 건물의 표현방법의 문제점	7
○ 삼각, 수준, 표고점이 주변사항과 맞지 않을 때의 문제점	10
○ 등고선의 처리의 문제점	13
○ 경계를 어떻게 할 것인가의 문제점	13
○ 시설물 표현의 문제점	10
○ 미정된 코드의 문제점	10
○ 주기에 관한 문제점	10
○ 래스터자료의 품질에 관한 문제점	7
합 계	100

3. 자동검수 프로그램의 설계 및 개발

본 연구에서는 앞절에서 분석한 수치지도 관련 법규 및 규정과 제작사와 감독기관의 방문조사를 통해 파악된 오류유형 정보를 토대로 프로그램의 설계를 수행하여 자동검수프로그램을 개발하였다.

자동검수 프로그램의 개발을 위해서 본 연구에서는 자료구조의 장점이 있는 DWG자료구조를 대상으로 하였으며, 자료검수의 시간 및 인력을 단축하기 위해 작업환경이 아닌 WINDOWS 환경에서 일괄처리할 수 있도록 개발하였다.

본 연구를 통해 개발된 자동검수프로그램은 자료의 활용성을 증대시키기 위해 CAD 환경에서 다양한 명령어로 작업되는 수치지도작성 작업규칙에 규정된 점, 선, 면 및 문자의 요소를 꼭 필요한 자료구조만을 사용하도록 단순화하였으며, 상하좌우 최대 4개의 인접(EDGE MATCH)도면을 자동검수할 수 있도록 설계하였다.13)

또한, 본 연구에서는 오류의 내용을 외부화일로 만들어 오류의 내용 및 수에 대한 검사가 가능하도록 하였음은 물론, 오류의 위치를 쉽게 찾을 수 있도록 오류가 발생된 위치를 원으로 표시하는 DXF화일을 생성하도록 설계하였다.

3.1 프로그램의 논리 및 물리설계

수치지도 자동검수 프로그램의 논리설계 과정에서는 수치지도 작성 작업 지침과 입력된 수치지도 자료를 비교 분석하여 수치지도 작성 작업 지침에 위반되는 자료의 논리적 오류를 유형별로 분류하고 각 오류의 발생 빈도 및 발생 형태를 분석하여 검수의 범위 및 우선 순위를 설정하여 수치지도 검수 프로그램의 검수 기준을 확립하였다. 본 연구에서 자동검수프로그램의 논리설계 과정은 그림 3.1과 같다.

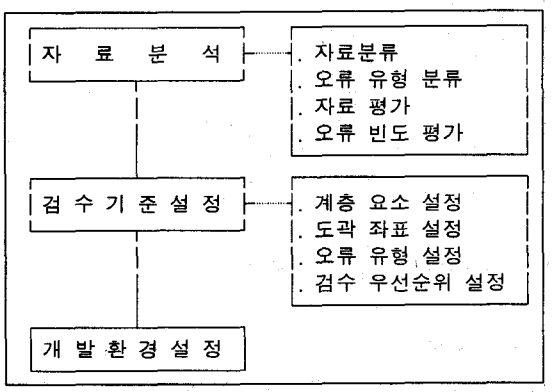


그림 3.1 프로그램 논리설계 흐름도

프로그램 물리설계과정 중의 하나인 구성요소의 표정에서는 자료분석 및 표준화 방안을 고려하여 도형자료의 자료층요소(layer.tbl)를 설정하였으며 특히, 확장성을 고려하여 사용자가 필요에 따라 수정, 추가, 삭제할수 있도록 하였고 도곽 좌표체계는 사용자가 직접 입력한 직각좌표를 사용하도록 함으로써 경위도 좌표를 직각좌표로 변환하는 과정에서 생길수 있는 오류를 제거하였다.

프로그램을 실행하여 발생되는 오류(error)목록은 내용을 단순화 함으로써 사용자가 한 눈에 알아볼수 있도록 설계하였으며, 입·출력 설계는 가장 일반적인 자료로 만들어 사용할수 있도록 설계 되었기 때문에 사용자의 시스템 사양 이나 환경에 아무런 제약을 받지

않도록 하였다.

또한, 프로그램 물리설계과정에서는 자료분석과 오류의 출력을 위한 각종 LIBRARY를 설계하였으며, 프로그램의 수행과정에 대한 설계를 수행하였다. 프로그램의 물리설계과정은 그림 3.2와 같다

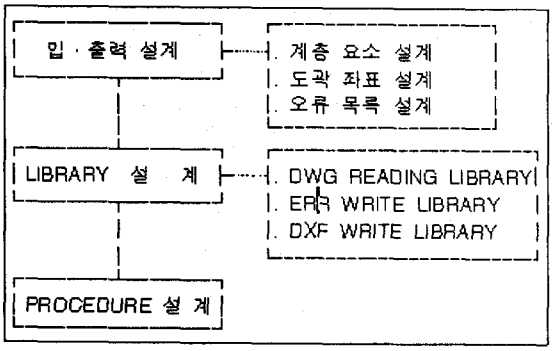


그림 3.2 프로그램 물리설계 흐름도

3.2 자동검수프로그램의 개발

자동검수 프로그램을 개발의 주요 과정은 본 연구의 자료구조 분석을 통해 수치지도 작업지침 및 오류파악에 적합한 자료구조로 설정된 DWG자료의 READING LIBRARY를 개발과 물리설계과정에서 설계된 프로그램 수행절차의 구현이다. 본 연구에서는 프로그램 개발언어로 Visual c++를 이용하였으며, 사용환경은 RAM 4MB이상인 486급이상 PC의 WINDOWS환경에서 이용할 수 있도록 하였다.

DWG READING LIBRARY의 개발에서는 자료 입력 당시의 입력환경과 화일의 대한 정보를 가지고 있는 HEADER부분과 자료층, 심볼, 선형의 종류, 문자형태 등의 정보를 가지고 있는 TABLE부분 및 실질적인 자료입력 요소를 포함하고 있는 3부분으로 나누어 개발하였으며,14) HEADER와 TABLE 부분을 기억장소에 저장한후 입력된 요소부분을 읽어 요소의 내용을 검수할수 있도록 변환하는 방법을 이용하였다. 그림 3.3은 본 연구에서 개발된 DWG READING LIBRARY의 흐름도 이다

또한, 자동검수 프로그램의 수행절차 구현에서는 첫번째 단계로 자동검수를 위한 전제조건으로 사용자가

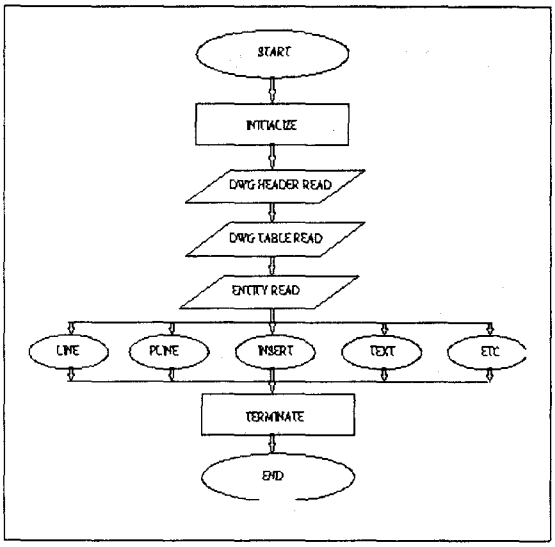


그림 3.3 DWG READING LIBRAR 흐름도

정의한 TABLE(LAYER.TBL, INDEX)화일의 내용을 읽어 그곳에 저장된 정보를 이용하여 검수를 수행하기 위해 사용자 정의 화일의 정보를 프로그램내에 기억하며, 다음 단계로 DWG READING LIBRARY를 이용하여 검색화일을 입력한 후, 검색화일의 요소의 종류 및 오류 여부를 검색한다.

이 과정에서 TABLE화일에서 정의한 도곽 좌표에 의해 검색화일의 선형요소에 대한 인접여부를 파악한후, 인접된 경우 화일간의 인접 검수를 위해 기억 장소에 좌표와 자료층 및 표고값을 기억장소에 저장하고 오류의 검수는 요소의 종류와 자료층에 따라 개별적으로 수행한다.15)

검색화일의 사방에 인접된 인접화일은 DWG READING LIBRARY를 이용하여 요소를 읽어들이지만 검수화일과 같이 화일내의 오류검수는 수행하지 않으며, 단지 도곽의 인접여부만을 확인한후 인접되어 있으면 기억장소에 저장된 내용과 비교하여 같지 않으면 인접오류로 처리 하게 된다.

오류 처리된 요소들은 그 내용에 따라 오류메세지와 오류위치의 XY좌표 및 자료층명을 오류화일(******.ERR)에 기록되며 또한, 본 연구에서는 오류의 가시적인 파악과 오류의 수정을 용이하게 하기 위해

오류화일에 포함된 오류위치의 평면좌표를 중심으로 0 LAYER의 원으로 표시하는 DXF 화일생성 프로그램 (ERR2DXF.EXE) 개발도 개발하였다.

본 연구에서 개발된 수치지도 자동검수 프로그램의 주요 흐름도는 그림 3.4와 같으며, 오류화일 및 요류유형의 DXF화일 출력예는 그림 3.5 및 .그림 3.6과 같다.

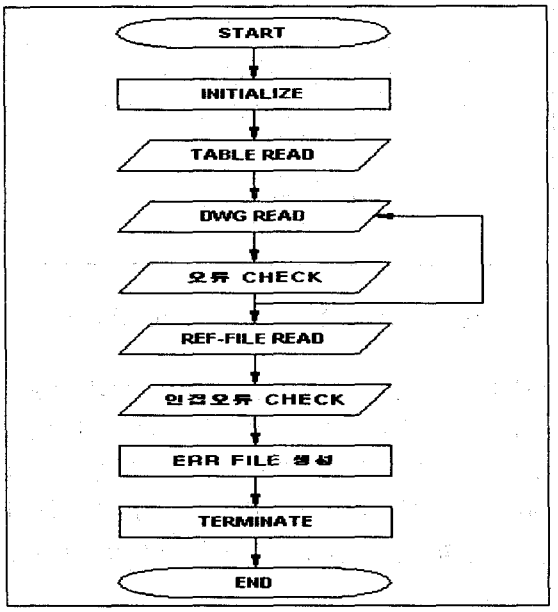


그림 3.4 자동검수프로그램 개발 흐름도

4. 수치지도의 위치정확도 개선방안

본 연구에서는 수치지도의 위치정확도 및 품질 개선을 목적으로 기존 1:1,000수치지도의 제작단계에 따른 위치정확도 분석을 수행하여 위치정확도 저해요인을 파악하고 동일대상지역에 대해 위치정확도 저해요인을 배제한 신규제작을 수행하여 신규제작에 따른 위치정확도 분석을 수행하였다.

4.1 제작단계에 따른 위치정확도 분석

일반적으로 하나의 수치지도가 완성되기 위해서는 <그림 2-1>과 같이 복잡한 과정으로 구성되어 각 단계별 정확도를 규명하는 것은 매우 어려운 문제이다.16,17)

******** REFERENCE FILE DOWN ********		아래쪽 인접도면 오류
REF LAYER MISS	X=245143.851 Y=308696.703 LA=5111	
REF LAYER MISS	X=245062.708 Y=308696.276 LA=5111	
REF Z-VALUE MISS	X=245782.655 Y=308700.064 LA=7111	
REF Z-VALUE MISS	X=245161.342 Y=308696.795 LA=7111	
******** REFERENCE FILE RIGHT ********		오른쪽 인접도면 오류
ENTITY NONE	X=246896.564 Y=310446.260 LA=2112	
REF LAYER MISS	X=246896.746 Y=310412.591 LA=2112	
REF LAYER MISS	X=246893.807 Y=310957.593 LA=3119	
ENTITY NONE	X=246895.958 Y=310558.718 LA=5113	
ENTITY NONE	X=246894.050 Y=310912.496 LA=5111	
REF Z-VALUE MISS	X=246896.362 Y=310483.799 LA=7111	
REF Z-VALUE MISS	X=246897.914 Y=310196.082 LA=7111	
******** EDGE MATCH MISS ********		검수도면 인접오류
EDGE MATCH MISS	X=245161.342 Y=308696.795 LA=7111	
EDGE MATCH MISS	X=245308.444 Y=308697.569 LA=5112	
EDGE MATCH MISS	X=245373.184 Y=308697.910 LA=5111	
EDGE MATCH MISS	X=245782.655 Y=308700.064 LA=7111	
EDGE MATCH MISS	X=246893.807 Y=310957.593 LA=5111	
EDGE MATCH MISS	X=246896.362 Y=310483.799 LA=7111	
EDGE MATCH MISS	X=246896.608 Y=310438.184 LA=2112	
EDGE MATCH MISS	X=246896.746 Y=310412.591 LA=2111	
EDGE MATCH MISS	X=246897.914 Y=310196.082 LA=7111	
********* TOTAL 45 **********		오 류 총 갯수

그림 3.5 오류화일(###.ERR)의 출력예

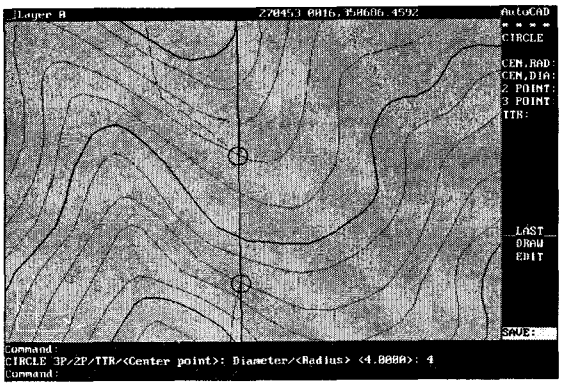


그림 3.6 오류 DXF화일 출력예(인접요소부재)

본 연구에서는 제작사 및 감독기관의 방문조사에서 파악된 위치오차 요인을 토대로 원도가 제작되는 과정에 포함되는 위치오차를 다루는 자료원의 제작 단계별 위치정확도와 이를 수치지도로 만드는 과정에서 수반되는 자료조작 및 변환에 따른 위치정확도를 분석하였다.

(1) 자료원의 단계별 위치정확도

수치지도의 위치정확도에 상당한 영향을 미치는 원도제작은 최근 일반적으로 항공사진측량을 통해 제작된다.

본 연구의 자료원의 단계별 위치정확도 분석에서는 항측원도의 생성과정에 수반되는 주요 단계인 항공사진의 품질과 항공사진의 표정시 이용되는 지상기준점 측량오차 및 도화 품질에 가장 영향을 많이 미치는 항공삼각측량의 조정오차를 고려하였다.

항공사진의 품질은 원도제작을 위한 도화시 위치정확도를 좌우하는 주요 요인중에 하나로 촬영사진기의 FMC기능의 초점거리, 피사각의 크기와 존재유무 및 사진축척과 도화축척의 비에 의해 좌우된다.

일반적으로 항공기의 운항속도와 셔터의 노출시간에 의하여 생기는 상의 흔들림을 방지하기 위해 고안된 FMC(Formard Motion Compen sation)장치는 셔터가 개방되어 있는 사이에 항공기의 운항속도에 의해 생기는 상의 움직임과 같은 속도로 항공필름을 필름압정판과 함께 이동시켜 촬영시 상의 흔들림을 제거하여 상의 해상력을 증가하는 효과를 나타낸다.

일반적으로 1:5,000 국가기본도의 항공사진촬영시 이용한 Wild RC10 항공사진기의 평균해상력이 65 lp/mm인 반면에 본 연구에서 과천지구의 1:1,000수치지도제작을 위해 이용된 FMC장비가 부착된 Wild RC30 항공사진기의 평균해상력은 95 lp/mm로 거의 1.5배의 해상력이 증대되어 전체적인 항공사진의 품질을 향상시켜 도화시 원도의 품질을 향상시킬 수 있다.

또한, 원도의 품질에 상당한 영향을 미치는 사진축척 대 도화축척의 비는 공공측량작업규정에 의해 규정되어 있으나, 필요한 도화내용과 촬영사진기 및 사용도화기에 의해 결정되어야 하므로 사용장비등을 고려하여 사진축척 대 도화축척의 비를 결정하여야 한다.

지상기준점(Ground Control Point)은 항공사진의 표정과정과 항공삼각측량조정 정확도에 영향을 미쳐 도화원도의 품질을 좌우하는 중요한 요소중에 하나로 일반적으로 촬영대상지역의 기본도상에서 대상지역에 균등하게 분포되도록 국가기준점인 삼각점을 선정하여 이용한다.18)

그러나, 우리나라 수평위치 국가기준점인 삼각점은 한국전쟁과 유지관리의 부실에 의해 상당수의 국가기준점이 망실 또는 유실되어 이를 복구하여 사용하였으나 성과의 성과의 정확도가 낮아 국립지리원에서는 이를 정밀 1,2차로 구분 삼변 측량을 실시하고 있다.

국립지리원에서 실시하는 정밀 1차 국가기준점측량은 1, 2등 삼각점을 대상으로 삼변측량방법으로 실시하였으며 정밀 2차 국가기준점측량은 3, 4등 삼각점을 대상으로 삼변측량방법에 의해 실시하므로 성과의 정확도가 높다.

본 연구에서는 향후 수치지도제작시 기준점으로 이용될 삼각점의 수평위치정확도를 분석하기 위해 관측망을 구성하여 현장관측이 용이한 6점의 검사점(CHECK POINT)를 선정하여 Trimble 4000SSi GPS 장비를 이용하여 현장실측을 수행하였다.

본 연구에서 이용한 항공삼각측량 프로그램은 정오차 및 과대오차소거 기능이 있는 PAT-MR 이며, 이를 통해 선정된 6점의 검사점의 평면좌표를 결정하여 현장 실측성과와 비교하였다. 본 연구에서 수행한 지상기준점선정에 따른 항공삼각측량 조정정확도는 표 4.1과 같다.

표 4.1 지상기준점성과에 따른 항공삼각측량 정확도

점 번호	실측성과(m)		항공삼각측량성과(m)		RMSE(m)		비고
	X	Y	X	Y	X	Y	
T52	435519.610	198442.350	435519.630	198442.200	-0.020	0.150	
T53	435904.380	198640.970	435904.304	198641.001	0.076	-0.031	
T54	436195.130	198859.360	436194.971	198859.407	0.159	-0.047	
T55	436069.550	199493.780	435173.104	199215.745	896.446	278.035	이설
T56	435531.240	199416.760	435531.092	199416.874	0.148	-0.114	
T57	435173.200	199215.680	436069.542	199463.818	-896.342	-248.138	이설
각 좌표성분의 RMSE(이설점 제외)					±0.133	±0.114	

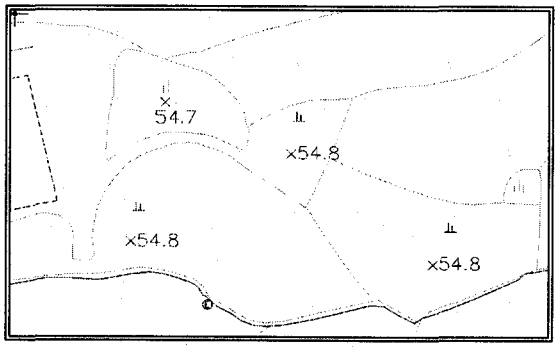
표 4.1에 나타난 바와 같이 선정된 6점의 검사점에서 이설점 2점을 제외한 4점에 대해 GPS 실측한 성과와 항공삼각측량 조정성과의 편차에 대한 평균제곱근오차(RMSE)를 분석한 결과 x 및 y좌표에서 모두 1:1,000 지도의 대지표정후 평면오차 한계인 0.2m 보다 작게 나타나 향후 수치지도제작시 지상기준점으로 정밀 1,2차 기준점측량성과를 이용하는 것이 바람직함을 알 수 있었다.

수치도화의 정확도는 도화기의 성능과 항공사진의

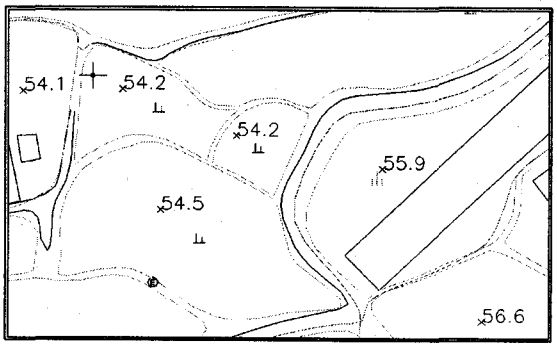
축척 및 해상도에 의해 에 따라 달라지므로, 사진축척대 도화축척의 비가 클 경우 지형지물의 표현한계를 고려하여 1급도화기나 해석도화기를 이용하여야 한다.

일반적으로 수치도화에 의한 원도의 정확도는 지도도식규정에서 정한 대상물의 표현시 폭이 있는 대상물의 단순화나 기호화로 인해 논경지계와 같은 자료층의 위치오차가 크게 저하됨에 따라 선진 외국에서는 대상물의 실폭표현 한계를 도상 1mm로 규정하고 있다.

이론적으로 지도상의 표현한계는 제도선의 굵기를 고려하여 도상 0.4mm 로 규정하고 있어 1m의 실폭도로를 수치지도상에 정위치편집할 경우 선의 굵기를 0.4mm, 선과 선 사이의 간격을 0.4 - 0.6mm로 하여 도상 1.0mm가 필요하여 도화축척은 1:1,000이상 이어야 한다.



(a) 논경지계의 단순화 예(기존 1:1,000 수치지도)



(b) 논경지계의 실폭 표현예
(신규 1:1,000 수치지도)

그림 4.1 수치도화시 논경지계 단순화 실폭표현 비교

따라서, 본 연구에서는 기존 1:1,000수치지도가 제작된 과천지구에 대해 FMC 기능이 있는 wild RC30 사진기로 1:5,000사진축척으로 촬영된 항공사진을 이용하여 해석도화기인 Leica DSR 15로 폭이 있는 대상물에 대해 실폭도면을 완성하여 기존 도면의 형상과 비교하였다. 본 연구에서 과천지구의 신규제작시 논경지계의 실폭을 표현하여 단순화된 기존 1:1,000수치지도의 표현상태와 비교한 결과는 그림 4.1과 같다. 그림 4.1에서 볼 수 있는 것 처럼 일정한 폭을 갖고 있는 대상물에 대해 실폭표현을 수행하면 수치지도의 위치정확도 향상에 기여할 수 있었다.

(2) 자료처리에 따른 단계별 위치정확도

수치지도의 단계별 위치정확도를 파악하기 위해서는 자료원의 제작단계는 물론, 종이지도 상태의 원도자료를 수치지도화 하기 위해 수반되는 자료입력, 벡터편집, 정위치편집 및 자료출력 과정으로 구성되는 자료처리에 따른 단계별 위치정확도를 규명하여야 한다.

자료입력 정확도는 자료원의 형태에 따라 주로 기존도면의 입력시 이용되는 스캐닝오차와 디지타이징오차로 분류된다.19)

본 연구에서는 입력기기에 따른 정확도 분석을 통해 400dpi의 주사해상력과 Affine변환식을 통해 Warpping을 수행할 경우 스캐닝을 통한 자료입력방법이 작업과정의 편의성은 물론, 위치정확도 역시 디지타이징에 의한 자료입력방법에 비해 더욱 양호한 것으로 나타났으며, DRUM TYPE의 스캐너보다는 ROLL TYPE 의 스캐너가 위치오차가 작았으나, ROLL TYPE 스캐너를 이용할 경우 원도 투입방향 및 의한 위치오차 영향이 큼에 따라 투입길이가 작은 방향으로 입력하는 것이 위치오차를 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

수치지도제작시 수반되는 자료편집오차는 스캐닝된 원도를 벡터화하는 벡터편집오차와 현지조사 성과와 수정도화원도를 원도벡터와 합성하는 정위치편집오차로 분류된다.

일반적으로 벡터편집오차는 스캐닝된 원도의 해상력 및 WARPPING오차에 영향을 받으며, 입력기기에 따른 정확도 분석에서 나타난 바와 같이 400dpi 이상의

해상력으로 AFFINE변환식을 통해 WARPPING을 수행할 경우 최근 제작사 작업시 이용되는 벡터편집 소프트웨어 기능 향상에 의해 래스터자료의 도상 0.2mm 이내의 벡터편집이 가능할 것으로 판단된다.

또한, 수치지도의 최종 위치정확도를 좌우하는 정위치편집 오차는 수정도화원도자료의 합성과정에 비해 대축척수치지도일 경우 현지조사 자료량이 상당히 많이 포함되어 현지조사 성과의 위치정확도가 현격히 저하되는 특성을 나타냄에 따라 향후 고품질 수치지도를 제작하기 위해서는 현지조사과정을 최대한 줄일 수 있는 자료형태와 작업방법을 도입하여야 한다.

따라서, 자료편집과정의 위치오차를 줄이기 위해서는 고해상력 항공사진을 통해 해석도화기나 수치사진측량장비상에서 수정도화 및 현지조사 항목의 상당부분을 직접입력할 수 있는 제작방법을 도입하여야 한다.

자료출력오차는 현지조사시 사용되는 도화원도 출력도면과 검수를 위한 자료출력시 문제가 되므로, 출력기기에 따른 위치정확도 분석에서 PLOTTER TYPE 및 출력재질에 따른 위치정확도를 분석하여야 한다.20)

출력오차의 분석결과에 의하면, PLOTTER 형태와 재질에 따른 위치오차가 법규 및 규정에서 정하는 출력오차 한계를 초과하여 관련 조항의 현실적인 개선이 요망되며 특히, 출력도면의 재질은 신축이 없는 트래이싱지나 FILM을 이용하여야 한다.

4.2 위치정확도 개선방법을 적용한 신규 제작 수치지도의 위치정확도 분석

본 연구에서는 단계별 위치정확도 분석을 수치지도 위치정확도 개선 방향의 타당성을 분석하기 위해 기존 1:1,000 수치지도가 존재하는 과천지구의 4개도엽(376121069, 376121076, 376121079, 376 121080)에 대해 위치정확도 개선방법에 의해 1:1,000수치지도를 신규제작하였다.

본 연구에서 신규제작한 1:1,000 수치지도는 FMC기능이 있는 Wild RC30 항공사진측량용 사진기를 이용하여 취득된 1:5,000 사진축척 고해상력 항공사진을 이용하였으며, 지상기준점 성과로는 본 연구를 통해 정확도가 양호한 것으로 입증된 정밀1,2차 국가기준점 성과를 기준점으로 지상기준점에 대해 GPS를 통해 관측된 성과를 이용하였다.

또한, 사진의 표정 및 도화를 위해서는 Leica DSR15 해석도화기를 이용하였으며, 실폭 1m이상인 대상물에 대해 단순화를 생략하고 실폭으로 표현하였고 사진상에 있는 현지조사 항목도 최대한 해석도화기상에서 작업을 수행하여 수치형태의 3차원자료를 생성하였다. 본 연구에서 수행한 신규수치지도제작과정은 그림 4.2와 같다.

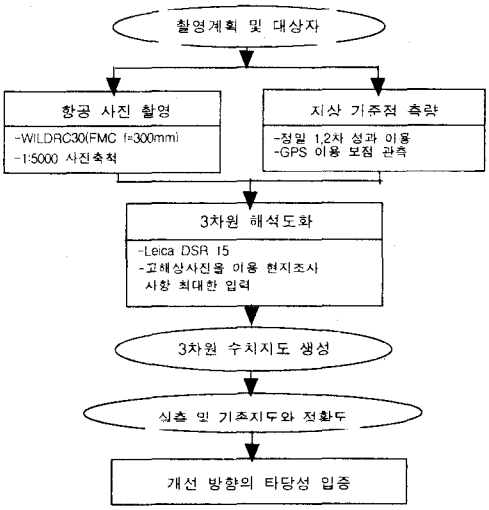


그림 4.2 신규 1:1,000수치지도제작의 주요 과정

(1) 신규제작 수치지도의 수평위치 정확도

본 연구를 통해 신규제작된 1:1,000수치지도의 위치정확도 분석은 후방교회법 원리를 이용한 기계중심위치 결정을 통한 상대위치정확도 분석방법과 동일한 방법을 이용하였으며, 분석결과는 동일지역에 대한 기존 1:1,000수치지도의 위치오차와 비교분석하여 개선된 방법의 타당성을 검증하였다. 과천지구 4도엽에 대해 실측거리를 기준으로 신규제작된 1:1,000수치지도의 수평위치오차 및 기존 1:1,000수치지도와의 위치정확도 분석 결과는 표 4.2와 같다. 또한, 신규제작 수치지도의 수평위치오차를 자료층별로 분석한 결과는 표 4.3과 같다.

신규제작 수치지도의 자료층별 수평위치오차를 분석한 결과, 기존 수치지도의 자료층별 분석에서 나타난

표 4.2 신규지도 대 기존 수치지도의 수평위치오차

지 구 명	1:1,000 도엽명	수평위치 표본표준편차 (m)	
		실측 vs 신규	실측 vs 기존1:1,000
과천지구	376121069	±0.32	±0.54
	376121076	±0.41	±0.79
	376121079	±0.64	±1.10
	376121080	±0.54	±1.04
표본표준편차 평균		±0.48	±0.87

표 4.3 신규제작 수치지도의 자료층별 수평위치오차

대상지구	자료층별 수평위치오차 표본표준편차(m)						평 균
	건물	농지	비닐하우스	도로경계	맨홀	전주	
과천지구 (신규제작)	±0.28	±0.55	±0.62	±0.20	±1.47	±0.28	±0.57

바와 같이 건물레이어보다는 농경지계레이어의 정확도가 저하되었으며, 기존 1:1,000수치지도에 비해 신규제작 수치지도에서는 주로 기존 수치지도의 경우 현지조사를 통해 입력되는 도로경계나 전주레이어의 정확도가 향상되어 현지조사 항목을 고해상력 사진을 통해 해석도화 과정에서 일괄처리하는 신규 수치지도 제작방법이 위치정확도 향상에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

(2) 신규제작 수치지도의 수직위치 정확도

신규제작 1:1,000수치지도의 수직위치정확도 분석은 대상지역에 대해 정밀수준측량을 통해 실측한 성과와 신규제작 수치지도에서 관측한 성과 및 기존 수치지도의 관측성과를 상호비교하였다.

신규제작된 1:1,000수치지도와 기존 1:1,000수치지도의 수직위치오차를 비교한 결과는 표 4.4와 같다.

표 4.4 신규지도 대 기존 수치지도의 수직위치오차

항 목	수직오차평균(m)	표본표준편차(m)	비 고
기존수치지도	-0.16	±0.26	· 점수 : 17점 · 대상 : 논
신규제작지도	-0.13	±0.07	

· 대상지구 : 과천(376121076)

이상과 같이 본 연구를 통해 파악된 수치지도의 위치정확도 개선방법을 적용하여 신규제작한 1:1,000수치지도의 위치정확도를 분석한 결과, 기존 1:1,000 수치지도에 비해 신규제작된 수치지도의 수평위치오차(±0.48m)나 수직위치오차(±0.07m)에서 양호한 위치정확도를 나타내 본 연구에서 제안한 수치지도의 위치정확도 개선방향이 고품질 수치지도제작에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구는 국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 품질유지 및 정확도 향상에 관한 연구로 본 연구의 수행 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 국가기본도 수치지도제작과 관련된 법규 및 규정 분석을 통해 수치지도의 품질 및 정확도확보를 위한 기본방향을 설정할 수 있었다.

2. 기존 수치지도제작 경험이 있는 제작사와 감독기관의 방문조사를 통해 수치지도제작과정에서 포함되는 오류유형을 파악할 수 있었으며, 제작 및 검수과정에 위치정확도 보다는 논리적일관성과 완결성과 관련된 품질유지에 치중되어 있음을 알 수 있었다.

3. 본 연구에서는 수치지도자료의 자료분석과 설정된 오류유형 및 검수기준을 토대로 자동검수프로그램의 개발하였으며, 본 연구를 통해 개발된 자동검수프로그램이 국가기본도 수치지도 데이터베이스 의 논리적일관성과 완결성의 신뢰도를 향상에 기여할수 있었다.

4. 수치지도의 위치정확도 향상을 위해 제작단계에 따른 위치오차분석을 수행하여 위치정확도 개선방안을 정립하였으며, 개선방안을 통한 신규제작을 수행하여 기존 수치지도의 위치정확도와 비교분석한 결과, 수평 및 수직위치정확도가 향상되어 본 연구에서 제안한 위치정확도 개선방안이 향후 수치지도제작 및 갱신시 위치정확도 향상에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

이상과 같은 연구수행을 통해 개발된 자동검수프로그램과 위치정확도 개선방안이 공공정보로 활용성이 큰 국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 품질유지는 물론, 정확도향상에 기여하여 향후 고품질 수치지도 제작과 공공데이터베이스의 신뢰성향상을 위해 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 1997년 한국학술진흥재단의 신진교수과제 연구비에 연구된 결과로 본 연구의 수행에 지원한 당 재단에 심심한 사의를 표합니다.

참 고 문 헌

1. 유복모, 지형공간정보론, 동명사, 1994
2. 국토개발연구원, 국가기본도 수치지도화 방안 연구, 국토개발연구원, 1996
3. 국립지리원, 수치지도작성작업규칙, 국립지리원, 1995
4. 국립지리원, 수치지도작성작업내규, 국립지리원, 1995
5. 국립지리원, 항공사진작업내규, 국립지리원, 1988
6. 국립지리원, 수치지도제작 성과검사 기준, 국립지리원, 1995
7. 국립지리원, 공공측량의 작업규정 기준에 관한 규칙, 국립지리원, 1991
8. 국립지리원, 국립지리원 용역사업 검사업무규정, 국립지리원, 1994
9. 국립지리원, 1/5,000 수치지도제작 용역업체 간담회 회의자료, 국립지리원, 1997
10. 신동빈, 수치지도제작에서의 자료오류 유형, 한국지형공간정보학회 '97 학술발표회 개요집, 한국지형공간정보학회, 1997
11. 과학기술원, 지리정보시스템, 과학기술원, 1993
12. 국립지리원, 수치지도위치정확도에 관한 연구, 국립지리원, 1998
13. 한국통신(선로기술연구소), 수치지도 정밀도 검증용 도구개발, 한국통신, 1995
14. AUTODESK, AutoLISP Programmer's Reference Manual, 1992
15. INTERGRAPH, MircoStation 참조안내서, 1994
16. DMA, "DCW Error Analysis", DMA600-89-C-0023, CDRL C002,1991
17. Keith Turner,A., Three-Dimensional Modeling with Geoscientific Information System, 1992
18. Robin Flowerdew, SPATIAL DATA INTEGRATION, Longman Scientific & Technical, Vol. 1, pp. 375-387, 1991
19. STAN Aronoff, The Map Accuracy Report : A User's View, PE & RS, 1982
20. STAN Aronoff, Classification Accuracy : A User Approach, PE & RS, 1982