한국측량학회지, 제 23권 제 3호, pp. 331~340(2005년 9월 30일)

기 술 노 트

자동 오류검출 방법을 적용한 수치지도 Ver2.0 정위치 및 구조화 편집 공정개선 연구

Advanced Process Technique for Field Check Data Editing and Structured Editing on Digital Map Ver2.0, Applying Automatic Error Detection Method

이진수[1] · 박창택[2] · 박기석[3]

Lee, Jin Soo · Park, Chang Taek · Park, Ki Surk

Abstract

Digital map is very important digital geographic information which is the base for various fields such as building and using the geographic information system (GIS), planing the regional development, and etc. Therefore, it needs high accuracy. Then we offer the advanced technique which minimizes errors on digital maps, using the automated inspection through the whole figures. In addition this new technique raises the economical efficiency as well as accuracy applying the automated error detection method which can recognize, search and classify errors automatically.

Keywords : Digital map Ver2.0, Automated Inspection, Automated Error Detection

요 지

수치지도는 지형도 제작뿐만 아니라 지리정보체계 구축 및 활용, 토목설계 및 시공, 국토계획 등 다양한 분야의 기본이 되는 중요한 디지털 지리정보이다. 따라서 정확도가 높은 수치지도의 제작은 지리정보체계의 활용성을 높이고 디지털국토를 완성하기 위한 필요조건이다. 본 연구는 수치지도 Ver2.0 제작 시 정위치 편집과 구조화 편집 이후에 이루어지는 검수 공정을 자동화시켜 전수 검수가 가능하도록 하여 오류가 최소화된 수치지도가 생산될 수 있도록 했으며, 이 때 오류를 자동으로 인식하고 탐색하여 유형별로 분류한 뒤 해결방법까지 제시하는 '자동 오류검출 방법'을 적용시켜 기존 기술에 비해 정확성, 효율성과 경제성을 높였다.

핵심용어 : 수치지도 Ver2.0, 자동화검수, 전수검수, 자동오류검출

1. 서 론

우리나라는 「국가지리정보체계구축기본계획」 수립 이후 GIS사업을 활발히 추진하여 다양한 지리정보를 구축해 오고 있는데, 그 과정에서 1995년 제1차 국가GIS사업의 일환으로 수치지도 제작사업을 시작하였다. 제1차 국가GIS구축 기본계획에 의거하여 1/1,000과 1/5,000 축척 수치지도 제작사업을 추진하였으며, 제2차 기본계획에 따라 1/1,000과 1/5,000 축척 수치지도 Ver2.0 제작사업을 추진 중에 있다.

정확도가 높은 수치지도가 제작되기 위해서는 위치정확도, 데이터의 일관성, 변환 및 활용의 용이성 등 많은 부분이 고려되어야 하는데, 이를 위한 공정별 품질 평가 기준은 「수치지도작성작업규칙과 내규」에 규정되어 있다. 이는 제작공정별 품질확보를 위해 항공사진촬영, 항공사진도화, 지리조사, 정위치편집, 구조화편집으로 구분

1) 연결저자 · 정회원 · 서울시립대학교 지적정보학과 석사과정 · 공간정보기술(주)(E-mail:jslee@git.co.kr)
2) 인하대학교 지리정보학과 석사수료 · 공간정보기술(주)(E-mail:ctpark@git.co.kr)
3) 충북대학교 토목공학과 박사수료 · 공간정보기술(주)(E-mail:kspark@git.co.kr)

되어 있으며, 모든 공정별 품질확보를 위한 검수는 표본추출 방식으로 이루어진다. 제작공정상 항공사진촬영, 항공사진도화, 지리조사는 특수한 장치를 이용해 작업하거나 현장에서의 확인작업을 요하는 공정으로, 수치지도 제작공정에서는 별도의 작업으로 구분할 수 있다. 이러한 공정 이후 진행되는 정위치편집과 구조화편집이 완료된 수치지도가 사용자가 직접 활용하는 최종성과물이 되며, 결국 정위치편집과 구조화편집 공정 이후의 검수과정에서 수치지도의 품질확보를 위한 과학적 개선 노력이 진행된다.

그러나 기존 기술에 의해 정위치 및 구조화 편집이 완료된 수치지도에는 다음과 같은 몇 가지 문제점들이 있다.

첫째, 출력검수·화면검수 등 육안검수를 행함에 따라 검수자의 주관적 기준이 개입될 수 있으며 이는 일관성 있는 수치지도 제작의 저해요인으로 작용한다. 둘째, 검수자가 대량의 수치지도를 작업하기 때문에 업무과다나 피로 등으로 인한 부정확한 판단이 초래될 수 있다. 셋째, 대량의 수치지도 중 일부에 한하여 실시되는 표본추출방식의 검수는 전체 수치지도에 대한 신뢰도를 저하시키는 요인이 된다.

따라서 수치지도 전체를 대상으로 일관성 있게 검수할 수 있는 자동화 방안을 모색함으로써 수치지도 제작공정의 과학적, 합리적 개선을 도모할 필요가 있다.

이러한 문제점들을 해결하고 GIS 품질을 관리하기 위해 여타 선진국에서는 국제 표준인 ISO 19114/TC211을 제정하는 등 표준화에 관한 연구를 활발히 진행 중이며, 구축된 데이터가 현실을 얼마나 정확히 반영하는지에 중점을 둔 수치지도 품질확보 평가항목을 규정하여 관리하고 있는 실정이다.

이에 국내에서도 선진국의 동향을 반영하여 수치지도 품질을 확보할 수 있는 적극적인 노력이 요구된다. 기존 검수방식의 문제점을 보완하여 국가기본도인 수치지도의 오류를 최소화하고, 작업시간 단축을 위한 기법의 도입 및 적용이 절실한 것이다.

본 연구에서는 위의 문제점을 개선하기 위하여, 수치지도 공정과정에 있어, 전체물량을 검수할 수 있는 전수검수 방법과 이것을 가능하게 하는 자동화검수방법을 제시한다. 오류검출 과정에 있어서는, 첫째 「수치지도 작성 작업규칙」과 「수치지도 작성 작업내규」 그리고 「수치지도 Ver2.0 자료사전」에 준한 일관성 있는 데이터 검수기준을 따랐으며 둘째, 기존의 수치지도 제작과정에서 발생되는 각종 오류들을 체계적으로 유형화하고, 각 특성에 따른 탐색 방법과 해결 방법을 제시한다. 즉, 과학적·체계적 기준이 적용된 오류검출 방법으로 기존 수치지도 제작과정의 문제점을 개선하고, 오류가 최소화된 수치지도를 제작하고자 한다.

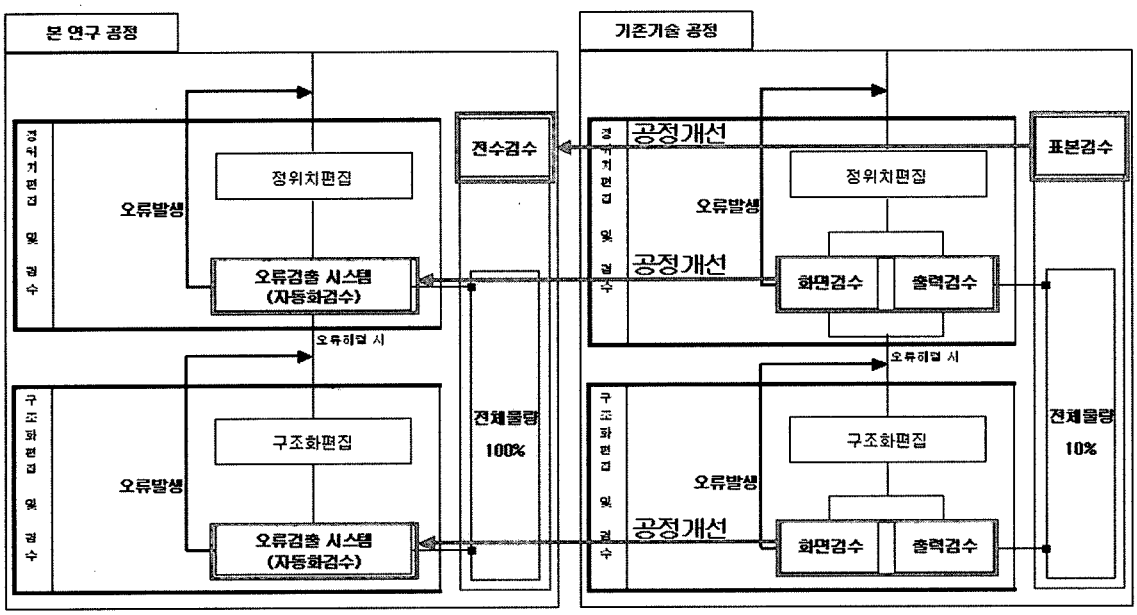

그림 1. 오류검출 시스템을 적용한 공정개선

2. 수치지도 제작공정 개선 연구 내용

본 연구의 공정에서는 수치지도 제작 공정 중 정위치편집과 구조화편집 이후에 각각 오류검출 시스템을 적용하여, 대용량 수치지도의 데이터 전체 물량을 검수 할 수 있도록 자동화 처리 방법을 적용하였다.

본 연구를 위하여 공간정보기술(주)에서 자체 기술에 의해 개발된 수치지도 편집 시스템인 GeoDT에서 제공하는 오류검출 시스템을 적용하였다.

2.1 검수과정에서의 자동화 처리

오류검출 시스템은 총 3단계로 구성되어 있으며, 특히 자동화 처리를 위한 자동처리테이블을 제공한다.

제1단계에서는 수치지도 제작과정에서 생성된 결과물인 파일 기반 수치지도 그래픽 정보와 속성 데이터 저장을 위한 데이터베이스, 검수의 기준이 되는 검수정보테이블, 자동화 처리를 위한 자동처리테이블을 입력받는다. 검수정보 테이블은 수치지도 작업에 필요한 최소한의 규칙 및 작업자의 경향적 판단에 근거한 오류식별 정보를 저장하기 위한 것이며, 자동처리테이블은 본 기술의 핵심으로서 사용자가 검수하고자 하는 수치지도 파일을 원하는 만큼 나열하여 자동 처리할 수 있게 설계하였다.

제2단계는 검수 모듈로서, 세 개의 검수 모듈로 구성된다. 제1 검수 모듈은 데이터베이스의 도곽선 유무를 판단한다. 제2 검수 모듈은 데이터베이스와 검수정보 테이블을 비교하여 도엽 내 검수(논리적 일관성, 문자정확성, 속성정확성, 기하구조의 적합성 등)를 실시한다. 제3 검수 모듈은 데이터베이스와 검수정보 테이블/배치(Batch) 테이블에 대응하는 인접 간 검수(경계 접합성)를 실시한다.

제3단계에서는 검수 결과를 확인할 수 있는 디스플레이 모듈로서 화면상에서 오류 위치를 자동으로 찾아갈 수 있는 오류 탐색기능과 오류 데이터의 편집기능으로 구성된다.

이러한 오류검출 시스템에 의해, 검수 공정에서, 시스템 내에 있는 자동처리테이블에 정의된 전수검수 및 자동화검수가 이루어진다.

2.2 자동 오류 검출

「수치지도작성작업규칙」, 「수치지도작성작업내규」, 「수치지도 Ver2.0 자료사전」에 제시된 품질확보 내용과 합격 판단 기준으로 오류를 분류한 다음, 유형별로 품질기준에 따른 오류를 자동 인식하고, 오류 위치 자동탐색 기능을 탑재하여 오류를 자동으로 찾아낸 뒤 수정할 수 있는 방법을 제시하는데, 이 과정에서 검수결과 레포트 파일인 *.ERR을 이용하여 오류 위치를 자동으로 탐색한다.

○ ERR FILE Read : 검수 시스템 구동 후 자동으로

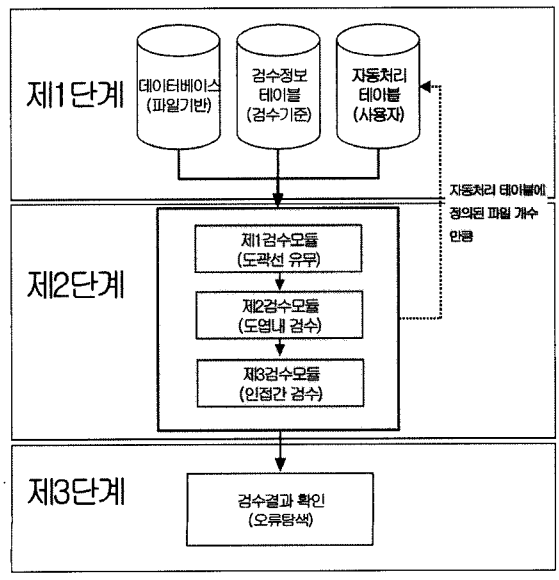

그림 2. 오류검출 시스템의 구성

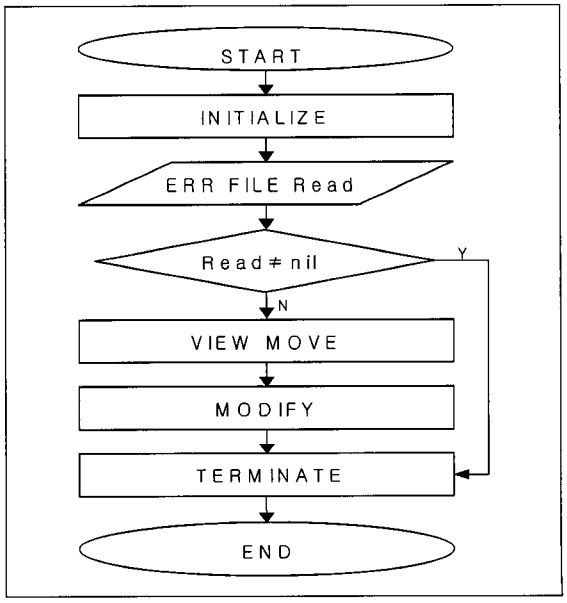

그림 3. 오류위치 자동탐색

생성된 *.ERR파일을 읽는다.

○ Read ≠ nil : *.err 파일의 행을 읽어 유무를 판단한다.

○ VIEW MOVE : 읽은 행의 좌표로 화면을 이동한다.

○ MODIFY : 편집기능을 이용하여 오류를 수정한다.

○ TERMINATE : 모듈을 종료한다.

3. 기술의 원리 및 이론

3.1 토폴로지 검색기법

토폴로지(위상) 구조는 공간관계를 명시적으로 정의하는 것이다. 점, 선, 면으로 나타낸 객체들이 위상구조를 갖게 되면 객체의 위치뿐 아니라 주변 객체들과의 공간상의 관계도 인식할 수 있다. 위상구조가 구축된 후 특징은 선과 선이 교차하는 지점에 노드가 자동으로 생성되어 각 노드의 좌표 정보를 상대적 위치로 저장하는 것이다.

체인은 방향성(from node-to-node)을 가지고 있으므로 왼쪽과 오른쪽의 다각형을 관리할 수 있다. 즉 공통적 위상요소가 되는 체인을 통해 하나의 폴리곤 A는 다른 폴리곤 B와 인접하고 있다는 정보를 제공하는 것이다.

또한 노드로 연결된 모든 체인들은 각각 어떻게 다른 체인들과 연결되어 있는가에 대한 정보를 제공한다. 노드와 연결되어 있는 체인 A, B, C에 대한 정보가 기록되기 때문에 체인 A의 연결성을 알게 된다. 즉, 체인 A는 노드에 의해 다른 체인 B나 C와 연결되어 있음을 알 수 있다.

네트워크의 위상구조는 각 교차점에 결절점이 있고 결절점들은 체인으로 연결되어 있기 때문에 지점간의 경로를 찾아내는 것이 상대적으로 쉽다. 뿐만 아니라 점 사이의 최단경로도 데이터베이스 질의를 통해 쉽게 찾을 수 있는데, 이는 모든 가능한 경로에 대해 총길이를 간단히 비교함으로써 얻을 수 있다.

이러한 위상구조가 구축되고 나면, 객체들 간의 인접성(adjacency), 연결성(connectivity), 포함성(containment)에 대한 정보를 파악하기에 매우 효과적이다.

3.2 오류검출에 필요한 GIS 공간연산자

GIS 데이터를 다루는 공간연산에는 일반적으로 다음의 7가지 연산자를 사용한다.

표 1. GIS 공간연산자

연산자	설명
Disjoint	두 개의 공간 객체가 전혀 만나지 않을 때
Touches	두개의 공간 객체가 외부만 접촉된 경우
Crosses	한 개의 공간 객체가 다른 공간 객체의 외부를 통과한 경우
In (Within)	한 개의 공간 객체가 다른 공간 객체를 포함하는 경우
Overlaps	하나의 공간 객체가 다른 공간 객체의 일부분 또는 전체와 겹치는 경우
Contains	Within의 반대로 포함된 경우
Intersects	Disjoint의 반대로 접촉이 있는 모든 경우

이상의 7개 공간 연산자를 DE-9IM(Dimensionally Extended Nine-Intersection Model[1])로 표현하면 표 2와 같다.

a와 b라는 공간객체가 주어졌을 때, 공간객체의 내부는 I(a) 또는 I(b)로 표현되며, 공간 객체의 경계는 B(a) 또는 B(b)로 표현된다. 전체 공간 중에서 I(a)와 B(a)에 포함되지 않는 외부 영역을 E(a)라 정의한다.

여기서 점의 경계는 공집합이며 선이나 선집합(line-string)의 경계의 양 끝점이다. 경계는 공간객체의 차원보다 한 단계 낮은 차원을 가진다. 즉, 점의 경계는 0차원, 선의 경계는 1차원, 면의 경계는 2차원이다.

위의 표에서 각 번호는 DE-9IM을 문자열로 표현할 때 나열하는 순서이다. DE-9IM을 표현하는 각 셀의 dim()은 각 교집합의 최고 차원을 나타내며, 문자열을 구성하는 각 문자(p)는 {T,F,*,0,1,2}의 값을 가질 수 있는데 각각의 의미는 다음과 같다.

$$p = T \rightarrow \dim(x) \in \{0,1,2\}$$

표 2. DE-9IM

a \ b	내부	경계	외부
내부	1: $\dim(I(a) \cap I(b))$	2 : $\dim(I(a) \cap B(b))$	3 : $\dim(I(a) \cap E(b))$
경계	4 : $\dim(B(a) \cap I(b))$	5 : $\dim(B(a) \cap B(b))$	6 : $\dim(B(a) \cap E(b))$
외부	7 : $\dim(E(a) \cap I(b))$	8 : $\dim(E(a) \cap B(b))$	9 : $\dim(E(a) \cap E(b))$

1) Open GIS Simple Features Specification For OLE/COM Revision 1.1, Open GIS Consortium, Inc.

표 3. 공간연산자의 DE-9IM 표현

연산자	DE-9IM
Disjoint	"FF*FF****"
Touches	"FT*******" 또는 "F**T*****" 또는 "F***T****"
Crosses	a=point, b=line 또는 a=point, b=polygon 또는 a=line, b=polygon 일 때 : "T*T******" a=line, b=line 일 때 : "0********"
In (Within)	"T*F**F***"
Overlaps	a=point, b=point 또는 a=polygon, b=polygon 일 때 : "T*T***T**" a=line, b=line 일 때 : "1*T***T**"
Contains	Not Within
Intersects	Not Disjoint

$p = F \rightarrow \dim(x) = -1, i.e. x = \varnothing$, -1은 공집합을 의미

$p = * \rightarrow \dim(x) \in \{-1,0,1,2\}$

$p = 0 \rightarrow \dim(x) = 0$

$p = 1 \rightarrow \dim(x) = 1$

$p = 2 \rightarrow \dim(x) = 2$ (1)

이러한 DE-9IM으로 위에서 언급했던 공간연산자를 a와 b에 대해서 표현해보면 표 3과 같다.

3.3 수학적 원리

위에서 언급한 각종 공간연산자를 수행하기 위해서는 기본적인 수학적 공식이 필요하다. 새로운 공정기술에서 활용한 주요 수식을 정리하면 다음과 같다.

3.3.1 점과 점사이의 거리 구하기

Point 1 = (x_1,y_1), Point 2 = (x_2,y_2) 일 때,

$$Distance = \sqrt{(x_2-x_1)\times(x_2-x_1)+(y_2-y_1)\times(y_2-y_1)} \quad (2)$$

위 수식은 공간 객체를 구성하는 각 정점간의 거리를 측정하여 검수 중 같은 지점에 존재해야 하는 공간 객체를 찾고자 할 때 사용한다.

3.3.2 점과 선 사이의 거리 구하기

Point = (x,y), Line = (x_1,y_1)~(x_2,y_2) 일 때,

$$Distance = \frac{|((y_2-y_1)\times x-(x_2-x_1)\times y)-((y_2-y_1)\times x_1-(x_2-x_1)\times y_1)|}{\sqrt{(y_2-y_1)^2+(x_1-x_2)^2}} \quad (3)$$

위 수식은 검수 중 공간객체간의 거리, 즉, 한쪽 공간객체를 구성하는 정점과 다른 공간 객체를 구성하는 선분 사이의 거리를 측정한다.

3.3.3 점과 점의 관계 비교

Point 1 = (x_1,y_1), Point 2 = (x_2,y_2) 일 때,

$(x_1 = x_2)$이고 $(y_1 = y_2)$이면 Point 1과 Point 2는 같다. (4)

위 수식은 검수 중 같은 지점에 존재해야 하는 공간 객체를 찾고자 할 때 사용하는 것으로 공간 객체를 구성하는 각 정점이 같은 위치에 있는지를 검사한다.

오류검출 시스템에서는 사용자가 근접 허용 범위(tolerance)를 입력할 수 있도록 지원하기 위해서는 다음 수식을 사용한다.

Point 1 = (x_1,y_1), Point 2 = (x_2,y_2) 일 때,

$(|x_2-x_1| \leqq Tolerance)$ and $(|y_2-y_1| \leqq Tolerance)$이면 Point 1과 Point 2는 같다. (5)

3.3.4 점과 선의 관계 비교

Point = (x,y), Line = (x_1,y_1)~(x_2,y_2)일 때

$\min(x_1,x_2) \leqq x \leqq \max(x_1,x_2)$이고

$\min(y_1,y_2) \leqq y \leqq \max(y_1,y_2)$이고

$\frac{x_1-x}{y_1-y} = \frac{x-x_2}{y-y_2}$이면 Point는 Line에 포함된다. (6)

위 수식은 특정 선분 위에 존재해야 하는 특정 점을 찾기 위해 사용된다.

3.3.5 점과 면의 관계 비교

Point = (x,y), V_n(x_n,y_n), Polygon = V_1(x_1,y_1),V_2(x_2,y_2),.., 일 때,

$V_1(x_1,y_1) = V_n(x_n,y_n)$이고,

$y_i \leqq y \leqq y_{i+1}$이거나 $y_{i+1} \leqq y \leqq y_i$이고,

$x < \frac{(x_{i+1}-x_i)\times(y-y_i)}{y_{i+1}-y_i} + x_i$이면

$CrossEdge(P, V_i, V_{i+1}) = 1$ 아니면

$CrossEdge(P, V_i, V_{i+1}) = 0$ 이다.

표 4. 오류검출 대상의 유형

구분 \ 검수대상	검 수 대 상
공간객체 단순구성 관련 오류	계층오류 불확실 요소 사용 오류 인접 요소 오류
속성 정보 관련 오류	속성 오류 교량 필드 중 하천명 오류
공간정보 간 관련 오류	① 점-점 관계 : 수부코드 폐합 오류, 중복점 오류, 인접 요소 부재 오류 ② 선-선 관계 : 기준점 초과 오류, 기준점 미달 오류, 등고선 교차 오류 ③ 선-면 관계 : 노드 오류, 경계초과 오류 ④ 면-면 관계 : 행정오류, 경계초과 오류(중복), 교차로 오류, 단독 존재 오류, 경지/지류 오류, 인접요소 부재 오류(중복) ⑤ 각도 관계 : 등고선 꺾임 오류, 등고선 직선화 미처리 오류 ⑥ 기타 : 요소 중복 오류, 등고선 끊김 오류, 고도값 오류, 인접 고도값 오류

위 수식을 이용하여,

$\sum_{i=1}^{n-1} CrossEdge(P, V_i, V_{i+1})$가 홀수이면

Point는 Polygon에 포함된다. (7)

위 수식은 한 점이 면 객체에 포함되는지 여부를 판단한다. 점에서 면을 지나는 직선을 그릴 때 만나는 선분의 개수가 홀수이면 점이 면에 포함된 것이고, 짝수이면 점은 면의 밖에 위치한다.

3.4 오류검출 대상 오류의 유형

오류검출 대상이 되는 오류는 크게 3가지로 분류할 수 있다. 그 중 '공간 정보 또는 공간 관계 관련 오류'는 오류 항목이 가장 많으며, 그만큼 중요한 오류검출 유형이다. 이 유형의 오류를 검수하는데 앞에서 언급한 기본 수식이 사용된다.

3.5 오류검출 순서

원활한 오류검출 수행과 중간 결과 활용을 위해서 그림 4와 같은 순서로 전체적인 오류검출을 수행한다.

4. 기존 검수기술과의 비교

본 연구와 기존 기술의 검수방법을 비교하여 품질(오류탐색수)·공사비(인건비)·공사기간(검수소요시간)의 상대적 우수성을 시험해 보았다(표 5, 표 6).

오류탐색 실험을 한 결과, 1/5,000 수치지도 Ver2.0를 제작함에 있어서 발생하는 오류의 개수는, 본 연구를 적용했을 때는 14,501개로 기존의 방식에 의해 검출된 1,580개 보다 무려 918%의 수량적 검출효과를 보였다. 그리고 기존의 검수방식은 총 1,200분의 시간과 200,760원의 비용이 발생하였으나, 본 연구를 적용한 경우 426분의 시간

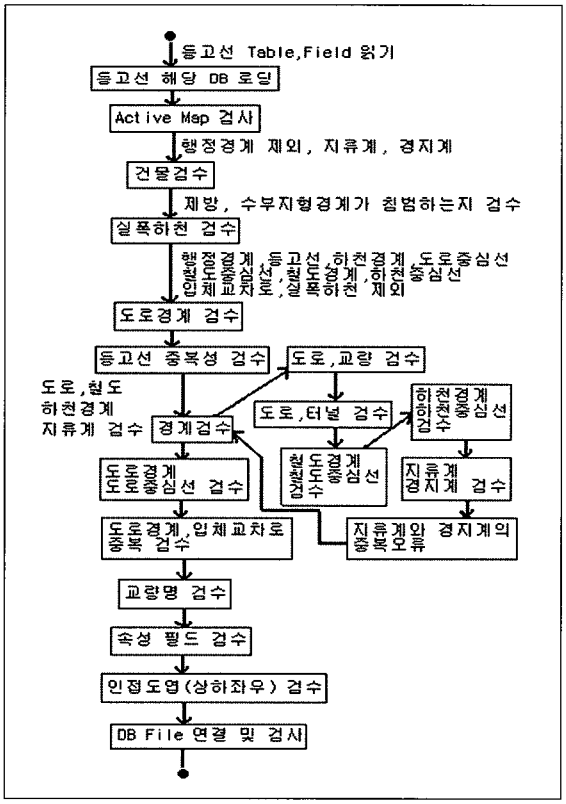

그림 4. 오류 검출 순서

표 5. 진보성 비교 실험

· 실험대상 : 용인지역 1/5,000 수치지도 Ver2.0 제작 과정 20도엽
· 검수방법 : 본 연구-오류검출 시스템, 기존기술-화면검수/출력검수
· 검 수 자 : 고급기술자, 초급기술자, 중급기능사(지도제작)

기술명칭 / 구분	본 연구	기존 기술	결과
품 질 (오류 탐색수)	**총오류탐색 개수 : 14,501(개)** · 도엽내 : 12,491(개) · 인접간 : 2,010(개)	**총오류탐색 개수 : 1,580(개)** · 도엽내 : 1,429(개) · 인접간 : 151(개)	연구결과가 918%의 오류탐색향상
공 사 비 (인건비)	**총인건비 : 73,848(원)** · 고급기술자 : 9,000(원) · 중급기능사 :64,848(원)	**총인건비 : 200,760(원)** · 고급기술자 : 27,000(원) · 초급기술자 : 72,960(원) · 중급기능사 :100,800(원)	연구결과가 약1/3 수준의 인건비 절감
공사 기간 (검수소요시간)	**총소요시간 : 426(분)** · 고급기술자 : 40(분) - 검수결과 확인 · 중급기능사 : 386(분) - 테이블작성 - 반자동검수 - 검수결과 확인 - 오류검출 시스템 구동 시간(20분)	**총소요시간 : 1,200(분)** · 고급기술자 : 120(분) · 초급기술자 : 480(분) · 중급기능사 : 600(분)	연구결과가 약1/3 수준의 검수소요시간 절약

표 6. 진보성 실험 상세내역

기술 비교 / 도엽	본 연구		기존기술		기술 비교 / 도엽	본 연구		기존기술	
	오류 탐색수	소요 시간(분)	오류 탐색수	소요 시간(분)		오류 탐색수	소요 시간(분)	오류 탐색수	소요 시간(분)
37713031	595	21.8	95	48	37713041	1,415	21.4	203	84
37713032	561	21.3	61	70	37713042	1,420	21.2	103	72
37713033	1,917	21.6	264	84	37713043	2,926	21.4	79	49
37713034	942	21	91	55	37713044	647	21.2	159	66
37713035	487	21.4	73	54	37713045	152	21.3	31	42
37713036	259	21.2	30	56	37713046	403	21.5	86	69
37713037	108	21.2	19	51	37713047	613	20.6	44	64
37713038	455	21.4	74	69	37713048	364	21.1	36	52
37713039	389	21.2	48	64	37713049	550	21.4	48	52
37713040	130	21.2	14	45	37713050	168	21.6	22	54
					총 계	**14,501**	**426**	**1,580**	**1,200**

과 73,848원의 비용이 발생하였다. 즉 효율적인 면에서 기존의 검수방식 대비 시간적인 면에서는 35.5%, 비용적인 면에서는 36.8%의 투입으로 완벽한 품질의 검수효과를 창출할 수 있음을 파악할 수 있었다.

즉, 기존의 방식으로 20도엽의 수치지도 Ver2.0를 검수하였을 때는 본 연구 적용 시에 비해 약 3배의 시간과 인건비로(본 연구를 적용했을 때 검출할 수 있었던) 총 14,501개의 오류 중 약 10%(자동검수 대비)정도 만을 검출할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구를 적용할 경우엔 기존에 비해 약 3배 절감된 비용과 시간으로도 약 9배 이상의 오류를 검출, 수정할 수 있게 함으로써 완벽한 품질의 수치지도를 갱신, 제작하는 효과를 얻을 수 있었다.

다음 표 7은 본 연구와 기존기술의 특징 및 기능, 재료, 장점, 단점을 총체적으로 비교분석 한 것이다.

표 7. 총체적 비교

기술비교 / 구분	본 연구	기존 기술
특징 및 기능	오류검출 시스템 적용 수치지도작업규칙에 의한 데이터의 위치정확성, 속성정확성, 기하구조의 적합성, 논리적 일관성, 경계접합, 문자정확성, 시간적 정확성, 완전성 등을 검수 할 수 있음	화면검수 수치지도작업규칙에 의한 모니터에 도시하여 최종성과물의 코드입력상태, 등고선의 Z값, 선의 단락여부, 면처리 상태 등을 수작업으로 검수
	전수검수(전체 물량의 100%를 검수)	표본검수(검수 데이터가 많을 경우 전체 물량의 10%정도로 평가)
	자동화검수(전수검수를 위한 자동화 검수)	육안검수(모든 동작이 수작업으로 실시)
	오류 자동 탐색 기능 분류별 검색 위치검색	메모에 의한 오류 검색
재료	오류검출 시스템	CAD TOOL, 출력도면
장점	- 데이터의 일관성 유지 - 전수검수로 인한 고품질의 수치지도 Ver2.0제작 가능 - 자동화 기능으로 인한 인건비 절감 등의 생산성 증대 - 오류 탐색에 의한 수정 기능 제공	오류검출 시스템 불필요
단점	오류검출 시스템 필요	- 검수자의 판단에 의한 검수로 데이터의 일관성 유지 어려움 - 전수검수가 아닌 표본검수로 인한 저품질의 수치지도 제작 가능성 - 검수과정이 수작업으로 이루어지므로 인력 및 시간투입 과다

5. 기술적·경제적 파급효과

5.1 기술적 파급효과

본 연구는 국토지리정보원 및 용역업체등 38여 곳의 수치지도 현장, 한국전력공사 189지사 「NDIS설비 DB구축」 사업, 대전광역시청등 지방자치단체 8여 곳의 「상·하수도 DB구축」 사업 등에서 활용되고 있다. 뿐만 아니라, 지적도, 토지이용현황도, ITS사업 등 모든 GIS분야에 적용될 수 있는데, 본 기술에서 제시한 오류검출 시스템은 사용자 위주의 시스템으로 각종 테이블만 수정하면 어느 분야이든 활용이 가능하기 때문이다. 그림 5는 상수도 사업에 본 연구를 적용시킨 예이다.

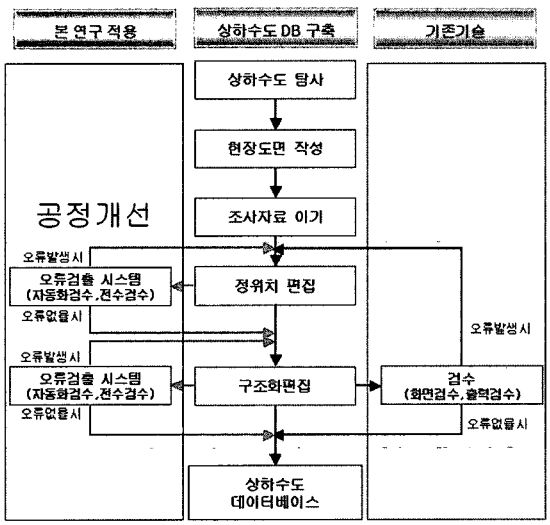

그림 5. 상수도 사업 적용 예

건설CALS인 경우에도 본 연구를 적용하면 공정시간과 국가예산을 절감하면서 정확도를 향상시킬 수 있어 건설CALS의 촉진을 통한 산업생산성 향상 및 효율성 제고에 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

그리고 이미 말레이시아 「시리웍 지역의 GIS System구축」, 필리핀 「National Mapping and Resource Information Autority(NAMRIA)」, 이란 「테헤란 GIS 사업」 등에 본 기술을 제안하여 호평을 받은 바 있어 세계시장 보급에서 교두보 역할을 담당할 것으로 기대된다.

5.2 경제적 파급효과

본 연구를 적용하여 무형적 편익은 제외시키고 유형적

편익을 토대로 비용편익을 계산하였다. 기초적인 자료는 건설교통부의 2003년 지하시설물 GIS 구축현황에 대한 보고서에서 실제 투입 및 계획예정의 비용을 근간으로 분석하였다.

아래 표 8은 2003. 4월 건설교통부의 지하시설물 GIS 구축현황 보고서에서 발췌한 각 분야별 GIS 구축에 투입

표 8. 지하시설물 GIS 구축현황

(단위 : 백만원)

구분	1999년 이전	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년 이후	합계
광역 상수도	-	9,694	6,000	4,600	3,707	3,517	5,482	33,000
가스	2,371	1,493	969	1,256	1,850	1,692	2,526	12,157
도시 가스	26,155	6,345	8,300	5,816	3,628	5,211	1,765	57,220
통신 선로	-	-	-	4,110	0	1,000	-	5,110
열배관	-	150	25	5	-	-	-	180
송유관	-	-	-	-	-	10	-	10
전기 배전	1,800	7,020	12,933	32,411	29,166	64,750	199,520	347,600
합계	30,326	24,702	28,227	48,198	38,351	76,180	209,293	455,277

표 9. 지하시설물 GIS 구축 시 본 연구 적용의 비용편익분석

(단위 : 백만원)

구분	1999년 이전	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년 이후	합계
GIS 구축비용	30,326	24,702	28,227	48,198	38,351	76,180	209,293	455,277
검수비용	212	173	198	337	268	533	1,465	3,186
누적비용	212	385	583	920	1,188	1,721	3,186	
편익	607	494	565	964	767	1,524	4,186	9,107
누적편익	607	1,101	1,666	2,630	3,397	4,921	9,107	
순편익	395	321	367	627	499	991	2,721	5,921
누적 순편익	395	716	1,083	1,710	2,209	3,200	5,921	

표 10. 국내 GIS 산업 전반에 걸친 본 연구 적용 비용편익 분석

(단위 : 억원)

년도	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	합계
시장규모	2490	3486	4880	6832	9565	13391	18748	
검수비용	17.4	24.4	34.2	47.8	67	93.7	131.2	415.7
누적비용	17.4	41.8	76	123.8	190.8	284.5	415.7	
검수편익	49.8	69.7	97.6	136.6	191.3	267.8	375	1187.8
편익누계	49.8	119.5	217.1	353.7	545	812.8	1187.8	
순편익	32.4	45.3	63.4	88.8	124.3	174.1	243.8	772.1
누적순편익	32.4	77.7	141.1	229.9	354.2	528.3	772.1	

된 비용표이다 여기에서 보면 앞서 밝힌 바와 같이 약 2%의 검수원가율을 본 공정의 원가율(0.7%)로 적용하면 그 차액이 본 공정적용의 비용편익이라 볼 수 있다.

따라서 그와 같은 맥락으로 비용편익표를 재구성하면 표 9와 같다.

한편 표 8과 표 9는 수치지도 제작에 국한하여 발생되는 편익을 계산한 것이다. 이를 국내 GIS 시장규모로 확대해 보면 표 9와 같다.

표 10은 국토연구원 2001년 2월 GIS 육성방안에 관한 세미나에서 전망한 GIS산업의 시장규모이다. 이 시장규모에 본 신기술을 적용하였을 경우 검수비용의 편익이 1999년부터 2005년까지 총 772.1억원의 누적적인 순편익을 발생시킴을 도출할 수 있다.

6. 결 론

기존 수치지도 오류검출 방법은 화면검수, 출력검수, 표본검수로서 모든 과정이 사람에 의존하는 육안검수 방식으로 이루어지기 때문에 여러 문제점이 발생하였다. 이를 해결하기 위해 오류검출 시스템을 개발함으로써, 기존 화면검수·출력검수 공정을 자동화검수로, 기존 전체 물량의 10% 검수였던 표본검수 공정을 전체 물량 100%를 검수하는 전수검수로 공정을 개선하여, 경제성 있는 수치지도 제작 기법을 완성하였다.

또한 본 연구는 수치지도 제작 지침인 「수치지도작성 작업규칙」, 「수치지도작성작업내규」, 「수치지도 Ver2.0자료사전」에 의한 객관적인 원칙으로 오류 유형을 분류하여, 오류검출 시스템에 의한 해결방법을 제시함으로써 일관성 있는 오류검출 과정을 정립하였다. 여기에 오류검출 시스템의 오류 결과를 수치지도 상에 표현해주는 시각화 기법을 사용하여 발주자, 감리자, 용역수주자가 수치지도 제작과정의 오류를 자동 탐색하여 바로 확인할 수 있게 했으며, 결과 레포트 파일(*.ERR)을 생성해 줌으로써 데이터에 대한 품질 및 유지관리 차원에서의 편리성도 제공한다.

참고문헌

건설교통부 건설기술연구원 (2001), 기본지리정보 구축사업의 품질 확보방안 연구, pp. 225-243.

건설교통부 국립지리원 (1992), 수치지도작성작업 규칙.

건설교통부 국립지리원 (1995), 수치지도작성작업규칙중 개정령.

건설교통부 국립지리원 (1995), **수치지도작성작업내규**.
건설교통부 국립지리원 (1995), **수치지도제작 성과검사 기준**.
건설교통부 국립지리원 (1998), **수치지도 작업지침 개선연구**.
건설교통부 국립지리원 (1999), **수치지도 품질관리 연구**, pp. 25-33.
건설교통부 국토개발연구원(1995), **국가지리정보체계 연구방안 연구**, pp. 59-94.
김병국, 서현덕 (1999), 통계적 품질관리기법을 도입한 수치지도의 검수방법에 관한 연구, **한국측량학회지**, 제17권1호, pp. 79-86.
신동빈 (1988), **수치지도 자료기반의 신뢰성 향상에 관한 연구**, 박사학위 논문, 연세대학교.
이현직, 최석근, 신동빈, 박경열 (1997), 국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 품질 확보에 관한 연구, **한국측량학회지**, 제15권, 1호, pp. 117-129.

(접수일 2005. 8. 6, 심사일 2005. 8. 16, 심사완료일 2005. 9. 1)