

지적도면 전산화를 위한 스캐너 검사 및 벡터화 프로그램 개발

Development of Scanner Test and Vectorizing Programs for Digitization of Cadastral Maps

정동훈*, 정재준**, 신상희***, 김병국****, 김용일*****

Donghoon Jeong, Jaejun Jeong, Sanghee Shin, Byung-Guk Kim, Youngil Kim

요약 필지중심토지정보시스템(PBLIS)의 기본도로 사용될 지적도를 전산화하기 위한 노력이 다각도로 진행되고 있다. 그러나 72만 매에 달하는 지적도를 현재의 디지털 방식으로는 전산화에 소요되는 시간과 경비가 많이 소요되므로 이를 극복하기 위한 스캔방식의 지적도 전산화 시스템이 개발되었다. 본 논문에서는 이 중 가장 중요한 스캐너 검사, 벡터라이징 프로그램의 개발에 대하여 논하였다. 실수요자인 대한지적공사의 요구사항을 분석하였고 개발된 프로그램의 알고리즘 및 기능에 대하여 기술하였다. 본 연구에서 개발된 스캐너 검사 프로그램을 사용하여 다양한 스캐너를 쉽게 검사할 수 있으며 요구정확도를 만족한다면 저가의 스캐너도 지적도 전산화에 사용될 수 있다. 또, 벡터라이징 프로그램은 신속성과 정확성, 사용성의 향상에 목표를 두어 지적도에 적합하도록 개발되었으므로 시간과 비용을 크게 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT Much efforts are being process at many ways for digitization cadastral maps that will be the base map of Parceled Based Land Information Systems. But, current digitizing systems need too much time and cost digitizing about 720,000 cadastral maps. That's way we develop new digitization system for cadastral maps by using scanning and vectorizing methods. In this paper, we treat scanner test and vectorizing program that are the most important parts of new digitization system for cadastral maps. we analyze needs of Korean Cadastral Survey Corporation, and discuss algorithms and functions of developed programs. Using newly developed scanner test program, user could test various scanners, and use inexpensive scanner if it satisfy the accuracy needed. And vectorizing program will reduce much time and cost, because it is designed and customized practically to be adequate to cadastral maps and to improve work speed, accuracy and usage.

키워드 : 토지정보시스템, 지적도, 전산화

1. 서 론

지적도 전산화가 보다 정확하고 공정하게 이루어지기 위해서는 실제의 필지경계선을 재측량해야 한다는 데는 이론의 여지가 없다. 그러나 1997년 현재 남한 국토면적 99,263km²의 99.4%에 해당하는 98,707km², 3,600만 필지를 재측량하여 지적도를 만들기 위해서

는 그 기간만도 최소한 30년이 걸리는 국가적인 대규모 사업이 시행되어야 한다. 이렇게 지적재조사 사업이 장기간을 필요로 한다는 점을 감안할 때 기존 지적도면의 수치화로 지적재조사가 완료될 때까지 우선 사용할 수 있는 지적도면 전산화와 그 운용이 불가피하다.

현재 대한지적공사에서 지적도 전산화의 입력장치

* 인하대학교 지리정보공학과 박사과정
** 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정
*** 청오지앤즈(주) 과장
**** 인하대학교 지리정보공학과 부교수
***** 서울대학교 지구환경시스템공학부 조교수

g2001331@inhavision.inha.ac.kr
hayoon@chollian.net
endofcap@geo.giri.co.kr
byungkim@dragon.inha.ac.kr
yik@plaza.snu.ac.kr

로 사용하고 있는 TCC-11은 카메라렌즈에 의해 지적 경계선의 확대된 화면을 모니터에 출력하고, 입력자가 경계선 직선구간의 시작점과 끝점을 지정함으로써 중이도면을 수치화하고 있다. 보통 밀도의 1:600 축척 지적도면 1매를 숙달된 입력자가 입력하는데 0.56일이 소요되고 있다(1인이 1일 1.8매 입력). 현재 72만 매에 달하는 지적도면을 이런 장비와 방법으로 입력을 하는데는, 전국의 지적도면 전산화에 종사하고 있는 입력자를 50명이라고 하고, (장비수도 50대 라고 가정하고) 1년 작업일수를 250일 이라고 하였을 때, 약 32년이 걸린다[1].

따라서 본 연구에서는 도면 입력의 효율성을 높이는 동시에 전산화에 소요되는 시간과 비용을 절감하고, 나아가서 지적도의 활용을 넓히는데 기여할 수 있는 스캐닝 방식의 지적도면 전산화 시스템을 개발하였다. 본 논문에서는 전산화 시스템의 전체 흐름 중 가장 중요한 스캐너 검사 프로그램과 벡터라이징 프로그램에 대하여 논하고자 한다.

2. 국내의 연구동향

2.1 스캐너 보정 연구 현황

스캐닝 왜곡의 보정에 관련된 연구는 그 필요성이 증대되고 있는 최근에 와서야 활발히 진행되고 있는 실정이다. 외국의 경우 사진을 스캐닝할 때의 왜곡오차를 보정하는 기법을 연구한 사례가 있지만, 이는 본 과업에서 사용할 예정인 CCD 스캐너와는 종류가 다른 스캐너였다.

F.L. Tamm-Daniels와 D.R. Woodley는 TVA (Tennessee Valley Authority)와 Intergraph사 간에

이뤄진 연구에서 래스터 스캐닝 기법의 실질적인 적용에 대해 평가하였고, T.M. McCulloh와 R.A. Marinario는 스캐닝한 데이터로부터 DLG 파일을 생성하려는 시도를 한 적이 있다.

우리나라에서도 스캐닝 기법에 대한 관심이 고조되면서 스캐닝시의 왜곡을 조사하고 보정하려는 연구들이 시도되었다. 이러한 연구들은 크게 스캐닝 기법의 정확도와 디지털라이징 기법의 정확도를 비교하거나, 스캐닝시 해상도에 따른 정확도의 변화를 비교하는 연구가 있었다. 대부분의 연구들은 스캐닝시의 기하학적 왜곡을 인정하고 이를 각종 변환 기법을 이용하여 보정한 뒤 그 정확도를 비교하는 것들이었다. 스캐너 자체의 왜곡을 보정하는 연구가 있었지만, 이는 도면 스캐닝 스캐너와는 다른 종류의 스캐너에 관한 것이었다. 스캐너는 스캐너마다 기계적인 오차가 있는 것으로 알려져 있으며, 이러한 기계적인 오차에 대한 고려가 없이 기하학적 왜곡만을 보정할 경우, 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있을지 아직 검증되지 않고 있다. 본 연구에서는 타 연구와는 달리 스캐너의 내재적 오차의 유형을 조사·분석하고, 스캐닝 방식에서 필요한 영상의 전처리 기법을 연구·구현하였으며, 최종적으로 스캐너 검증 시스템을 개발하여 스캐닝 방식으로 지적도를 재작성할 수 있는 스캐너를 선택할 수 있도록 하였다.

2.2 벡터라이징 S/W 개발 현황

국내 벡터라이징 소프트웨어는 전무한 실정이다. 국내 몇몇 중소기업에서 벡터라이징 소프트웨어를 판매하고 있으나 이들 중 대부분을 외국 소프트웨어의 한국 distributor이다. 다만 부산대에서 발표한 '기존

표 1. 관련분야의 기술개발현황

소프트웨어명	입 력	출 력	특 징
Draft	abi	dxg	smoothing, speckle, size
Vectory	tif, (gp4, cg4, cal, mil), rlc, rle, img, pcx, gen	gen, dxg, dgn, dwf	
Vpmax	tif, (gp4, cg4), rlc, pcx, bmp	vcf	Screen digitizing
Pixedit	거의 모든 종류의 그림 파일 지원	dxg	thinning iteration
Proveca4	tif, pcx, rle, rlc, cit, rcf	dxg	
R2v	tif, prj, bmp, hdr	prj	3차원 영상 지원 등고선 사용에 적합
TTC	tix, tif, bmp, pcx, wmf, jpg, pcd, dwg	dwg, dxg, igs, eps, drw, plt	tracing 기능

도면의 입력 및 수정 소프트웨어의 개발' 보고서[2]에 따르면 부산대에서 이미 상당한 벡터라이징 know-how를 가지고 있다고 판단된다. 그러나 부산대 연구 결과를 이용할 수 없어서 벡터라이징에 관한 국내 소프트웨어의 분석은 사실상 불가능했다.

국의 벡터라이징 소프트웨어에 대한 기술개발현황을 살펴보면 다음 표 1과 같다.

3. 지적도 전산화 시스템의 체계

지적도 전산화의 목적은 필지중심 토지정보시스템(PBLIS, Parceled Based Land Information Systems)을 구축하기 위한 기본도의 작성에 있다. PBLIS를 구축하기 위해서는 현재 도엽별로 관리되고 있는 지적도를 행정구역별로 연속된 형태로 만들어야 하기 때문에 현행 지적도와 정확히 일치하는 전산화 지적도를 만들기 위한 스캐닝, 벡터라이징을 수행하고 도면의 신속 및 변형보정을 위한 단계를 거친다. 스캐너 검사, 벡터라이징 프로그램은 시스템의 전체 작업 흐름 중 일부에 속하지만 가장 많은 시간과 비용이 소요되는 과정인 동시에 전산화 지적도의 정확도에 가장 큰 영향을 미치는 과정이다. 다음은 지적도 전산화 시스템의 작업흐름을 요약한 내용이고 그림 1은 지적도 전산화 시스템의 작업 흐름도이다. 스캐너 검사, 벡터라이징 프로그램의 수행과정은 ①~⑥에 해당한다.

- ① 스캐너의 위치 재현 정확도를 객관적으로 검증하여 지적도 스캔을 위한 최선의 스캐너를 선정한다.
- ② 선정된 스캐너로 현행지적도와 세부측량원도를 스캔한다.
- ③ 지적도의 도면번호, 행정구역, 지역과 도면종류, 축척, 도곽선 수치 등을 log 파일에 기록한다.
- ④ 정확도를 유지한 채 이미지 용량을 줄이고 화질을 개선하기 위한 영상처리를 한다.
- ⑤ 이미지를 화면에 띄우고 화면 디지털타이핑을 수행한다.
- ⑥ 세부측량원도에서는 격자점, 도곽선, 필지경계선을 디지털타이핑하고 지적도에서는 도곽선, 필지경계선을 디지털타이핑 한다.
- ⑦ 지역과 축척에 따라 정규도곽의 크기를 정하고 도곽선 직선화 보정을 사용하여 정규도곽으로 보정한다.
- ⑧ 세부측량원도 사정선의 굴곡점과 이에 대응하는 지적도 필지경계선의 굴곡점을 찾아 기준점 매칭을 수행한다.
- ⑨ 기준점을 사용하여 지적도의 신속을 보정한다.
- ⑩ 지적도를 디지털타이핑 좌표계에서 TM좌표계로 변환한다.
- ⑪ log파일과 지적도 파일을 항목별로 검사한다.
- ⑫ 검사결과를 토대로 지적도파일에 오류위치를 표시한다.
- ⑬ 오류위치를 찾아 수정한다.

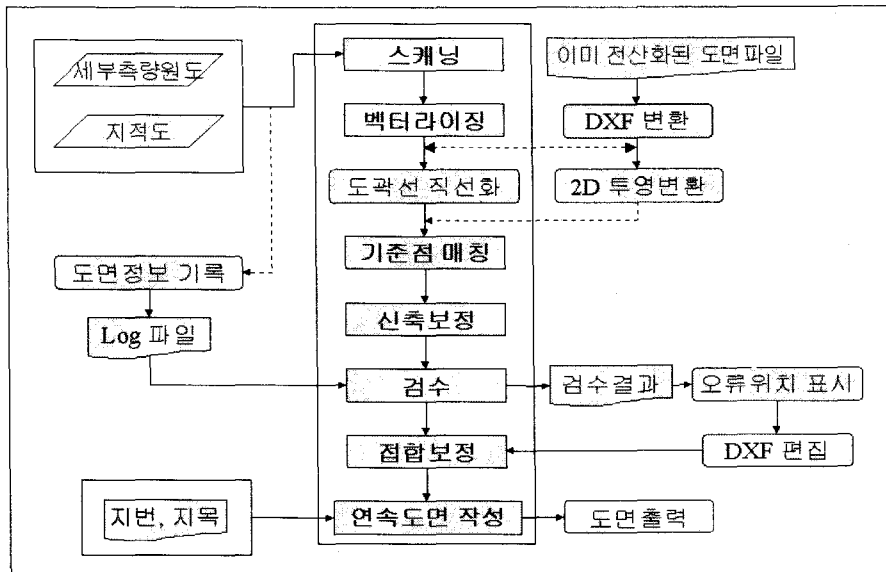


그림 1. 지적도 전산화 시스템 작업 흐름도

- ⑭ 집합보정을 수행한다.
- ⑮ 연속도면을 작성하고 지번과 지목을 입력한다.

4. 지적도 전산화를 위한 스캐너와 벡터라이징 프로그램의 요구 사양

대한지적공사에서는 자체의 장비 구입을 위하여 스캐너와 벡터라이징 프로그램에 대한 평가기준을 마련하고 시장조사를 통하여 현재 구입할 수 있는 각 장비를 평가하여 그 결과를 보고하였다(3). 보고된 내용과 결과를 보면 개발될 스캐너 검사와 벡터라이징 프로그램의 요구 사양과 기능을 파악할 수 있다.

4.1 스캐너의 요구사양

지적도 전산화에 사용될 스캐너가 가져야 하는 사양과 기능은 첫째, 방대한 양의 지적도를 스캔하여야 하기 때문에 우선 가격이 저렴하여야 하고 스캔속도가 빨라야 한다. 둘째, 지적도의 필지경계선은 검은색인 반면 도곽선은 붉은색이기 때문에 이를 구분하여 입력하기 위해서는 칼라 모드를 지원하여야 한다. 셋째, 지적도의 필지경계선의 굵기는 0.1mm이므로 스캔 시

도면을 안정시켜 스캔 정확도가 0.1mm 이상이어야 한다. 따라서 Black & White를 지원하는 스캐너의 경우 600DPI 이상의 해상도를 지원하여야 하고 Color & Gray인 경우에도 200DPI 이상은 되어야 한다. 넷째, 스캐너는 도면의 부착방식에 따라 슬라이딩, 스티칭(stitching) 등이 발생하여 스캔 정확도를 저하시키는 현상이 발생하며 도면을 훼손시키는 경우도 발생한다. 따라서 이런 문제를 효과적으로 방지한 스캐너를 선정하는 것이 바람직하다. 대한지적공사에서는 현재 시중에서 구입이 가능한 스캐너 중 성능검증에 참여한 5개 사의 제품을 대상으로 사양을 조사하고 정확도를 비교하였다. 정확도 비교방법은 300mm*400mm의 정규격자망 도면과 불규칙도면을 각각 스캔하고, 출력 후 도면을 중복시키고 육안으로 비교한 경우와 화면상에서 좌표로 비교한 경우로 나뉘어 있다. 표 2와 표 3에서 볼 수 있듯이 검증에 참여한 스캐너 중 요구사양에 정확히 부합하는 스캐너는 없지만 상기의 정확도 검증 방법을 프로그램화하면 지적도 전산화의 일선에서 간단히 사용할 수 있고, 기계적인 왜곡의 경향을 파악할 수 있으므로 정확도가 떨어지는 저가의 스캐너를 보정하여 사용할 수 있을 것이다.

표 2. 스캐너의 제품별 특징

장비사별	도면출착방식	스캔모드	스캐닝속도 (지적도 1매)	스캐닝범위	가격 (천원)
T사	진공압착	Black & White	6분	855mm*669mm	120,000
H사	"	"	"	"	130,000
A사	밀착	Color	48초	A0	35,000
S사	"	"	40초	40inch	98,000
K사	"	"	60초	36inch	89,000

표 3. 스캐너의 제품별 정확도 비교

장비사별	도면상 비교		좌표간 비교		비고
	X축	Y축	X좌표	Y좌표	
T사	양호	양호	0.1067	0.1166	격자망도면
			0.0546	0.0681	불규칙도면
H사	"	"	"	"	
A사	부적격	부적격	부적격	부적격	
S사	±0.2mm	±0.2mm	0.1125	0.1666	격자망도면
			0.1614	0.2384	불규칙도면
K사	+0.4mm	+2mm	부적격	부적격	

4.2 벡터라이징 프로그램의 요구사항

지적도 전산화에 사용될 벡터라이징 프로그램이 가져야 하는 사양과 기능은 첫째, 벡터라이징은 짧은 시간에 많은 인원이 동원되어야 하는 작업이므로 프로그램의 가격이 저렴하여야 하고 쉽게 작업할 수 있어야 한다. 둘째, 작업 중 오류가 발생할 경우 오류위치를 쉽게 추적할 수 있어야 하고 정확한 작업을 위하여 축소/확대 기능은 물론 자동 및 수동 벡터라이징이 가능하여야 한다. 셋째, 지적도면에는 필지경계선과 도곽선이 각기 다른 의미로 표현되고, 이동사항이 표시된 경우도 있으므로 이를 구분하여 벡터라이징 할 수 있어야 한다. 대한지적공사에서는 현재 시장에서 구입이 가능한 벡터라이징 프로그램 중 성능검증에 참여한 5개사의 제품을 대상으로 사양을 조사하고 성능을 비교하였다. 기준이 다소 주관적이지만 정확성과 신속성, 사용자 위주의 편의성이 강조되고 있다(표 4, 표 5 참조).

며, 이에 대한 대안이 바로 정확도와 정밀도가 높은 스캐너를 이용하여 지적도면을 스캐닝한 뒤, 이를 저가의 컴퓨터에서 처리하여 지적도면을 재작성하는 방법이다. 이러한 스캐닝에 의한 지적도면 재작성 방법을 이용하기 위해서는 스캐너의 정확도를 검증할 수 있는 기법이 개발되어 스캐너의 정확도를 객관적으로 검증할 수 있어야 하며, 벡터라이징 시 요구되는 각종 이미지 처리를 할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 스캐닝에 의한 지적도면 전산화에 요구되는 이미지 처리 기법과 스캐너 정확도 검증 프로그램을 구현하였다.

5.1 이미지 처리 기법

지적도는 다양한 색상과 위치로 스캔된다. 이렇게 다양한 위치와 색상으로 스캔된 이미지를 벡터라이징 할 수 있게 하기 위해서는 위치와 색 수로 만들어 주는 이미지 처리 기법이 요구되며 벡터라이징 모듈에서

표 4. 벡터라이징 프로그램의 제품별 특징

회 사	형 식	스캔모드	파일포맷	한글화 유무	폴리곤 형성	작업방식
T사	수동/자동	Black&White	DXF/DGN IGES/DWG	가능	불완전	스크린 디지털이징
S사	수동/자동	Color	DXF/DGN GEN/DWG	가능	가능	자동
W사	수동/자동	Color	PCX/TIFF	가능	가능	반자동
G사	수동/반자동/자동	Gray	PCX/TIFF/JPG	가능	가능	반자동
K사	수동/자동	Color	PCX/TIFF	가능	불완전	수동

표 5. 벡터라이징 프로그램의 제품별 성능 비교

회 사	정확성	신속성	편의성	응용성	기능구현성	가 격
T사	높음	보통	높음	양호	보통	고가
S사	보통	보통	보통	보통	보통	고가
W사	보통	보통	보통	보통	보통	보통
G사	높음	높음	양호	높음	높음	고가
K사	낮음	낮음	보통	보통	보통	보통

5. 스캐너 검사프로그램 개발

지적도 전산화 과정에서 고비용, 저효율의 문제는 고가의 자동독취기 1대가 1매의 지적도면만을 재 작성할 수밖에 없는 구조상의 문제에서 기인한다. 따라서 이를 해결할 수 있는 새로운 방안이 모색되어야 하

는 오직 2진 binary 영상만을 처리할 수 있으므로 이에 맞춰 스캔된 영상의 색 수를 조절할 필요가 있다. 이미지 처리를 하는 데이터는 칼라, Gray, 2진, Index Color 등으로 분류할 수 있다.

칼라 이미지의 각 화소에는 적(Red), 청(Blue), 녹색(Green)의 3색에 각각 8Bit가 할당되어 총 24bit

로 구성되어 있다. Gray 이미지는 흑백의 농담으로서 나타내므로 색상의 구분은 없지만, 명암으로서 입체적인 감각을 느낄 수 있으며, 일반적으로 각 화소에 8Bit가 할당된다. 2진 이미지는 Gray 이미지를 경계값(threshold)을 이용하여 흑과 백의 두 가지 색으로 데이터를 취급하는 이미지이므로 데이터의 용량을 줄일 수 있고 처리가 용이하여 실용적인 시스템에 널리 이용되고 있다. 24bit 칼라를 8bit Gray 이미지로 변환하고 이를 다시 1bit 2진 이미지로 변환한다. 상세한 내용은 다음과 같다.

① 칼라 이미지를 Gray 이미지로 변환

칼라 이미지를 Gray 이미지로 변환하는데는 몇 가지 방식이 있으나 다음의 식이 보편적으로 사용되고 있다.

$$g(x, y) = 0.2990 * f(x, y).Red + 0.58700 * f(x, y).$$

$$Green + 0.11400 * f(x, y).Blue$$

$$g(x, y) = \text{Gray 이미지의 화소값}$$

$$f(x, y) = \text{칼라 이미지의 화소값}$$

$$x, y = \text{화소의 위치}$$

② Gray 이미지를 2진 이미지로 변환

Gray 이미지를 2진 이미지로 변환시키는 방법은 임의의 밝기값(경계값)을 주어 이를 기준으로 각 화소의 밝기값이 큰 경우와 작은 경우를 구분하는 것이다. 이때 경계값의 증감에 따라 스캔된 지적도 필지경계선의 두께가 달라지므로 경계값의 결정이 무엇보다 중요하다. 변환방법을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$f(x, y) \geq t \text{ 이면 } g(x, y) = 1$$

$$f(x, y) < t \text{ 이면 } g(x, y) = 0$$

$$g(x, y) = \text{Gray 이미지의 화소값}$$

$$f(x, y) = \text{칼라 이미지의 화소값}$$

$$x, y = \text{화소의 위치}$$

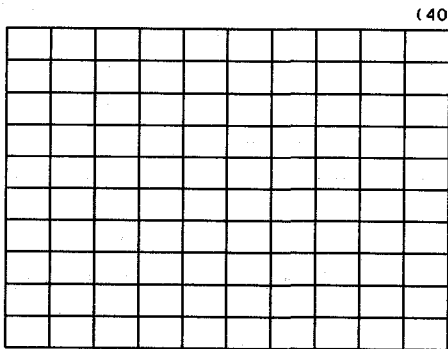
$$t = \text{경계값}$$

5.2 스캐너의 정확도 검증 방법

스캐닝 시에 왜곡을 일으키는 일반적인 기계적인 요인은 렌즈에 의한 왜곡, 스캐너의 정렬 상태, CCD와 피사체의 거리, CCD나 피사체의 이동 속도의 균일성, CCD나 피사체간의 자세 등이다(4). 따라서 본 연구에서는 각 스캐너의 고유한 왜곡을 측정하기 위하여 300mm*400mm의 정구 그리드를 스캔하여 스캐너 오류 크기를 정량화하고, 지적도 스캔을 위한 스캐너 평가기준으로 제안한다. 정확도 검증에 사용되는 정구 격자는 온도·습도 등의 변화에 가장 잘 견디는 폴리 에스테르필름에 정확도가 검증된 벡터플로터로 인쇄하여 실험에 사용하여야 한다.

정규격자를 각 스캐너에서 스캔한 뒤, 좌상단점과 우하단 점을 기준으로 정렬시킨 뒤 총 121점에서 발생하는 X축, Y축 오차를 계량화하여 평균제곱근오차(Root Mean Square Error, RMSE)를 이용하여 오차분석을 수행한다.

$$RMSE \text{ of } X = \sqrt{\frac{\sum v_x^2}{n}} \quad RMSE \text{ of } Y = \sqrt{\frac{\sum v_y^2}{n}}$$



(0,0)

위치오차 분석을 위한 표준 격자판 형상

그림 2. 400mm*300mm 정규격자

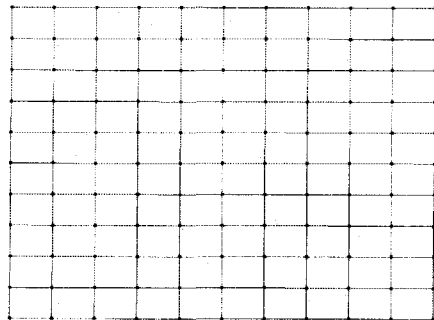


그림 3. 정규격자와 스캔된 이미지의 중복

v_X : X좌표의 잔차($X_{참값} - Y_{참값} - X_{스캔이미지}$)

v_Y : Y좌표의 잔차($- Y_{스캔이미지}$)

n : 점의 총 수(정규격자의 교차점)

5.3 이미지 변형 측정

121점의 정규격자를 스캔하고 화면디지타이징을 통해 교차점의 좌표를 취득한 뒤, 이를 원본의 참값과 비교하여 각 점에 대한 X축, Y축 오차를 구하고, X축, Y축 평균제곱근오차(RMSE)를 구한다. 이를 위해 스캔한 정규격자의 스캔 방향을 지정하고, 좌상단 점과 우하단 점을 화면상에서 입력하고 이를 기준으로 영상을 정렬한 뒤 121점에 대해 차례로 검사한다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 작업을 쉽게 하기 위하여 별도의 확대창을 마련하여 대상 위치를 확대하고 축소할 수 있으며 좌표의 입력이 잘못되었을 경우 다시 입력할 수 있도록 하였다. 또 좌표 입력창에서는 각 점을 입력하는 동시에 그 점에 잔차를 바로 확인할 수 있으며 현재까지의 RMSE를 즉시 확인할 수 있도록 하였다.

5.4 스캐너 검증 결과

본 연구에서는 시중에서 가장 널리 쓰이고 있는 4개사 제품의 Sheet Feed 형의 대형 스캐너를 상대로 그 오차 분석을 수행하였다. 지적도 크기 이상의 문서를 스캔할 수 있는 평판 스캐너는 접할 수 없어 본 연구에서는 제외하였다. 400DPI~800DPI까지를 스캐닝한 뒤 각 스캔 도면의 121점에 대해 x축, y축 잔차를 구한 뒤 RMSE를 구하였다(표 6 참조).

위의 결과에 따르면 D사 제품만이 X축, Y축 모두 오차한도 0.01mm 이내에 드는 것으로 드러났다. 다만 A사 제품 같은 경우는 X축은 오차한도에 들었으나 Y축은 약간 벗어나는 결과가 나왔다. 다만 본 실험은 표본이 많지 않은 관계로 한계가 있다고 할 수 있겠다. 대부분의 제품은 입력되는 방향에서 오차를 많이 내는 것으로 나타났다. 이는 실험 도면이 물에 말려 들어가면서 균일하게 입력되지 못해 발생한 원인으로 추정된다. 해상도에 따른 결과를 보면 대부분의 제품이 400DPI 이상에서는 거의 비슷한 위치 정확도를

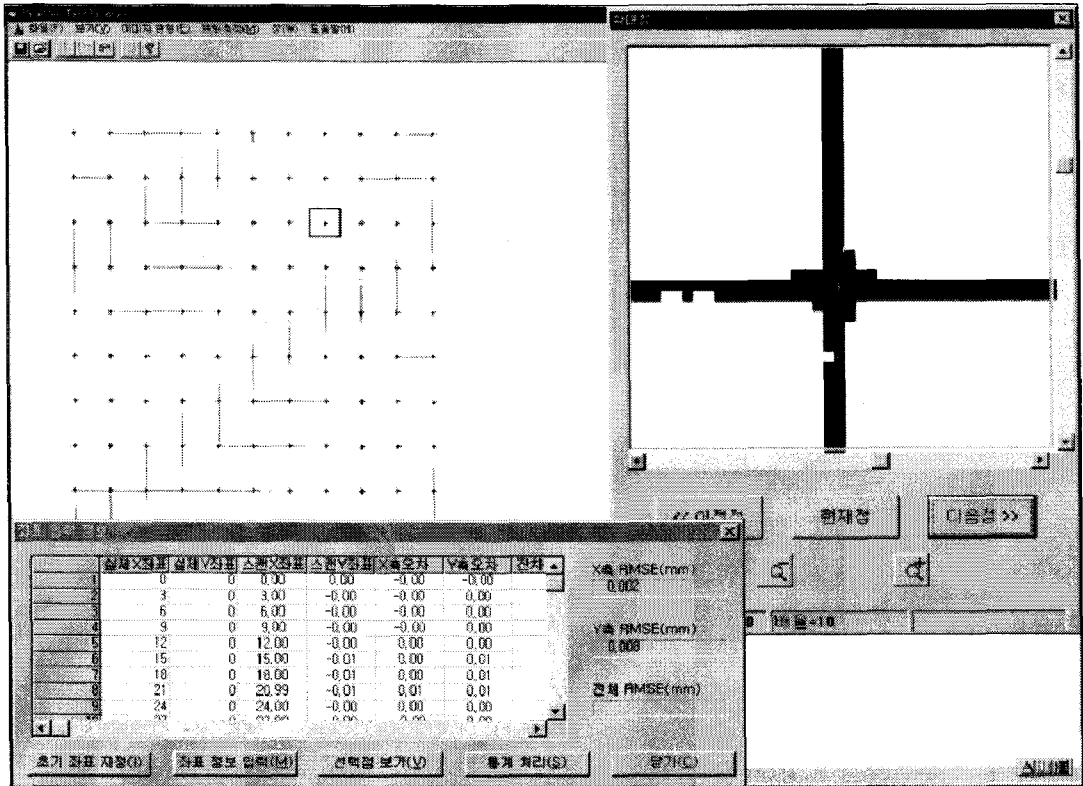


그림 4. 스캐너 검사 프로그램

표 6. 제품별 스캐너 변형 오차

	해상도(DPI)	X축RMSE(mm)	Y축RMSE(mm)
A사 (Y축 방향 스캔)	400	0.004	0.022
	800	0.004	0.022
B사 (X축 방향 스캔)	400	0.033	0.030
	500	0.027	0.015
C사 (X축 방향 스캔)	400	0.049	0.041
	500	0.048	0.038
	600	0.047	0.043
	700	0.044	0.037
D사 (X축 방향 스캔)	400	0.006	0.008
	500	0.009	0.009
	700	0.010	0.009
	800	0.010	0.009

나타내는 것으로 나타났다. 이런 결과를 참고해서 지적도면 전산화에서도 무리하게 높은 해상도만을 추구할 것이 아니라 적절한 해상도를 선택하는 것이 중요하다 하겠다. 이는 해상도가 2배 증가할 경우 스캔 영상의 크기가 4배 증가하여서 파일 크기가 막대해진다는 점을 고려할 필요가 있기 때문이다. 즉, 스캐닝 이후 벡터라이징을 행하기 위해서는 컴퓨터 시스템의 성능을 고려하여 적절한 크기의 영상을 사용해야하기 때문이다. 무리하게 높은 해상도의 영상을 사용할 경우 필요이상의 시스템 부하를 발생시켜 시스템의 처리 속도를 현저하게 떨어뜨리는 약점이 생기게 된다.

6. 벡터라이징 프로그램 개발

스캔을 통하여 얻은 래스터 이미지를 벡터화 하기 위한 방법으로는 자동 벡터라이징 기법과 interactive 벡터라이징 기법을 비교 연구하였다. 자동 또는 반자동 벡터라이징은 작업자의 개입을 줄이고 신속히 작업할 수 있다는 장점을 가지고 있으나 지적도에서 필요로 하는 정확도가 확보되지 않을 뿐만 아니라 도면의 상태에 따라 정확도면에서 다른 결과를 보였다. 지적도는 특히 개인의 재산권과 밀접한 관련이 있기 때문에 필지경계점의 결정에 있어 신중을 기해야 하고, 작업자가 즉시 확인하여야 하기 때문에 프로그램은 보조적인 수단만을 제공하는 것이 바람직하다. 즉, 허용 오차를 감안한 선추적방식의 지형도의 벡터라이징 방

법과는 거리가 있다. 따라서 본 연구에서는 세선화를 통하여 화면 디지털라이징 작업을 용이하게 하고 점추적방식으로 지적도 상의 필지경계점을 인식하여 후보점으로 제시하는 방식의 수동 벡터라이징 알고리즘을 개발하였다.

6.1 세선화

가중치를 이용한 병렬 세선화 알고리즘은 기존의 반복적 외곽선 제거방법을 택한 단일 반복 병렬 세선화 알고리즘이며 가중치를 도입하여 8-이웃을 검사함으로써 기존의 병렬 세선화 알고리즘의 단점을 보완하고 삭제할 화소를 효율적으로 검사한다[5]. 여기서 언급하고 있는 가중치란 의미 있는 화소(흑화소)를 1로, 나머지 화소(백화소)를 0으로 두었을 때 3×3 창에서 중심화소를 제외한 나머지 8-이웃 화소들의 수를 세어 그 중심화소에 가중치로 부여하는 것이다. 따라서 가중치는 적게는 0이, 많게는 8이 나올 수 있다. 그러나 0은 의미 있는 화소를 제외한 나머지 화소들에 부여한 값과 같으므로 가중치가 0인 것은 9로 부여하기로 한다. 원 영상으로부터 계산하여 얻은 가중치를 통해 새로운 영상을 생성하여 그 가중치의 수치와 배치상태에 따라 삭제여부를 결정하게 된다.

세선화 알고리즘의 개략적인 흐름은 다음과 같다.

① 각 흑화소의 가중치를 결정

② 외곽화소들은 각각의 가중치 K를 가지고 있으며 가중치 K에 해당하는 삭제조건을 검색하여 만일

그 삭제조건을 만족하면 삭제한다.(가중치 9를 위한 삭제조건 포함)

③ 각 흑화소의 가중치를 결정

④ 외곽화소들은 각각의 가중치 K를 가지고 있으므로 가중치 K에 해당하는 삭제조건을 검색하여 만일 그 삭제조건을 만족하면 삭제한다.(가중치 9를 위한 삭제조건 제외)

⑤ 삭제조건을 만족하는 흑화소가 없을 때까지 ③에서 ④의 과정을 반복한다.

6.2 후보점 생성

세선화를 통해 얻은 래스터 영상에 대해 세선화파일을 바탕으로 적당한 크기의 template를 이용하여 template 내의 중심점과 외곽 점들 사이의 관계를 계산하여 후보점 여부를 결정한다. 이때, template 내의 교차점이 3개 이상의 지적경계선으로 이루어진 경우에는 template 가장 외곽에서 교차하는 세선화 화소수가 3개 이상이 되므로 후보점으로 등록이 된다. 만약, template 내의 교차점이 2개의 지적경계선으로

이루어진 경우에는 벡터의 합을 계산하여 벡터의 합이 0에 가까운 경우는 후보점이 아니며 그렇지 않으면 후보점이 된다. 이때 threshold의 결정이 후보점의 개수와 밀접한 관련이 있다.

6.3 교차점 생성

실제 작업자의 작업량은 거의 이 부분에서 이루어진다. 후보점 생성 알고리즘에 의해서 생성된 후보점을 후보점 파일에 따로 저장하여 교차점 생성 module이 실행되는 경우에 적용되는 알고리즘이다. 첫 번째 후보점을 중심으로 확대창을 띄우고 원도, 세선화파일, 후보점 파일을 동시에 화면상에 표시한다. 이때 작업자가 후보점 교차점이라 생각되면 다음 점으로 넘어가고 그렇지 않으면 새로운 점을 등록하거나 후보점을 없앨 수 있다. 이때 후보점을 중심으로 일정한 화소수의 후보점은 자동으로 삭제하여 후보점이 여러 개 모여있는 경우에도 단 한번의 마우스 조작으로 다음 점으로 넘어갈 수 있도록 한다.

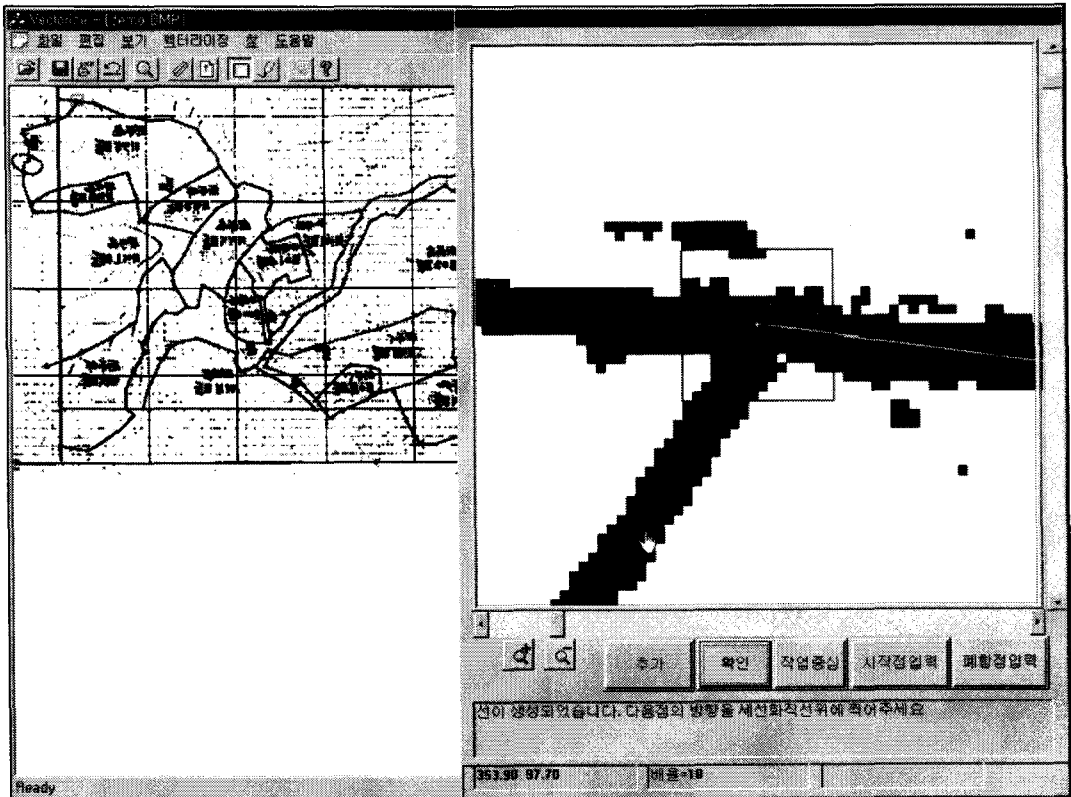


그림 5. 벡터라이징 프로그램

6.4 교차점 연결

세부측량원도, 세선화파일, 후보점파일을 이용하여 생성된 교차점을 지적도와 같은 형태의 선으로 만드는 알고리즘이다. 이 과정에서 이용되는 파일은 세선화파일과 교차점파일이며 1차 dxf 파일이 생성시킨다. 다음으로 교차점에서 template를 설정하고 이 template의 외곽에 세선화파일의 세선의 존재여부를 판단하여 세선이 존재하면 계속 그 방향을 유지하면서 template를 이동하고 계속하여 탐색한다. 탐색범위 안에 다른 교차점이 존재하면 이 두 점을 연결하여 dxf 파일을 생성한다.

6.5 프로그램 구현 및 검증

세선화, 이미지 표현 등의 기능을 구현하였으며 별도의 벡터라이징 확대창을 두어 확대 및 축소, 레이어별 벡터라이징이 가능하도록 하였다. 또한 확대창의 각 버튼을 단축키로 지정하여 신속하고 정확하게 디지털라이징을 할 수 있도록 편의성을 도모하였다. 디지털라이징이 완료된 후에는 벡터데이터를 dxf 형식으로 출력하도록 하였다. 세선화에는 시간이 많이 소요되므로 상황에 따라 세선화를 선택적으로 적용할 수 있도록 하였으며 세선화가 필요치 않은 경우에는 지적도 상에서 바로 작업이 가능하도록 하였다(그림 5 참조).

PentiumII 233MHz 128MB RAM의 PC에서 비속련자가 그림 6의 600 DPI로 스캔된 지적도를 벡터라이징한 결과 화면에 표시하고 resampling에 걸리는 시간이 4분, 도곽선을 디지털라이징(80개 선분)하는데 5분, 필지경계선을 디지털라이징하는데 1시간 40분, 총 1시간 49분이 소요되었다. 그림 7에 dxf로 출력된 벡터파일을 나타내었다. 결과 파일을 화면상에서 이미지

와 중첩한 결과 모든 선이 이미지의 필지경계선 내에 위치하였으며 모든 필지경계선이 포함되어 있었다. 이는 숙련자가 현재 방법으로 입력하는 데에 약 2시간이 걸리고 출력 후 중첩하여 육안 비교를 하고 다시 수정하는 방법에 비하면 벡터라이징 프로그램을 사용함으로써 시간절감 효과와 함께 정확도 향상을 기할 수 있고 모든 필지경계선이 벡터라이징 과정에서 폐합되므로 도면편집 단계에서 이 과정을 생략할 수 있다.

7. 결 론

지적도 전산화의 목적은 정확한 위치정보를 제공하는 PBLIS의 기본도 제작에 있다. 따라서 지적도 전산화에 사용될 스캐너와 벡터라이징 프로그램의 요구 사양 중 가장 중요한 부분은 정확성에 있다. 본 연구에서는 실수요자인 대한지적공사의 요구사양을 분석하고 이에 적합한 스캐너 검사, 벡터라이징 프로그램을 개발하였다. 먼저, 스캐너 검사 프로그램에서는 정규 격자를 스캔하고 참값과 스캔한 이미지에서 읽은 값의 차이를 이용하여 정확도를 RMSE로 나타내도록 하였으며, 칼라에서 gray로 gray에서 2진 흑백 이미지로 변환하는 기능을 두어 벡터라이징 시 편의성을 도모하였다. 벡터라이징 프로그램에서는 점 추적방식을 사용하여 화면 디지털라이징에 소요되는 시간을 획기적으로 줄였으며 자유로이 확대, 축소를 할 수 있어 디지털라이징 정확도를 높일 수 있었다. 따라서, 현행 수동 디지털라이징 방법을 대체하는 방안으로서의 스캐닝 방법은 지적도 전산화 효율성을 획기적으로 향상시킬 것으로 기대된다.

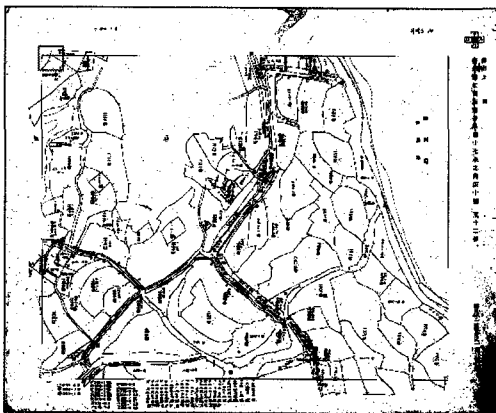


그림 6. 스캔한 지적도

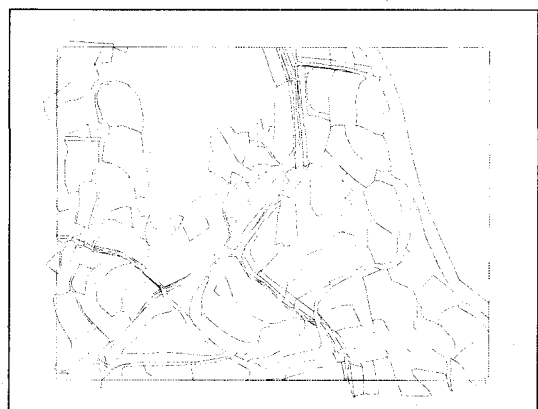


그림 7. 벡터라이징 후 dxf 파일

감사의 글

이 논문은 1999년 과학기술부의 지원에 의하여 연구된 "지적도 전산화를 위한 도곽보정, 집합보정 및 품질검사 전문가시스템 개발" 보고서의 일부분입니다. 연구를 지원하여 주신 과학기술부 및 공동연구원 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 내무부, 지적도면 수치파일화 작업규정 및 전산화에 관한 연구, 1997.
- [2] 부산대학교, 맵핑기술개발 -제1세부과제 자료획득 및 수정 S/W 개발-위탁과제 기존도면의 입력 및 수정 소프트웨어 개발, 1998.
- [3] 대한지적공사, 입력장비 검증결과보고, 1999.
- [4] 안기원, 문명상, 외부표정요소를 이용한 CCD 카메라 스캐너의 기하학적 왜곡 보정기법 연구, 한국측지학회지, 1993.
- [5] 한낙희, 이필규, 가중치를 이용한 병렬 세션화 알고리즘, Korea Journal of Cognitive Science, Vol.7, No.1, pp. 5-3>5, 1996.
- [6] 내무부, 지적도면전산화 시범사업 완료보고서, 1996.
- [7] 서울시정개발연구원, 서울시 지리정보시스템 구축에 관한 연구(I), 1993.
- [8] 유환희, GIS의 지형자료 구축을 위한 Scanning 방법의 오차 분석, 한국측지학회지, 1992.
- [9] 이현직, 손덕재, 국가기본도 수치지도제작 과정에서 입출력장비에 따른 위치정확도 분석, 한국측지학회지, 1998.
- [10] 백승철, 스캐닝방법에 의한 지적도면의 재작성에 관한 연구, 청주대학교 지적학과 석사학위논문, 1994.



정동훈

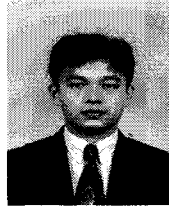
1997년 아주대학교 토목공학과 졸업 (공학사)

1999년 인하대학교 대학원 지리정보공학과 졸업(공학석사)

2000년~현재 인하대학교 대학원 지리

정보공학과 박사과정

관심분야 : 지적도 전산화, 지형도 제작, GPS



정계준

1993년 서울대학교 지리학과 졸업(문학사)

1998년 서울대학교 대학원 도시공학과 졸업(공학석사)

1998년~현재 서울대학교 대학원 도시

공학과 박사과정

관심분야 : Digital Mapping, Remote sensing, GIS, 측량학



신상희

1996년 서울대학교 조경학과 졸업 (공학사)

1998년 서울대학교 대학원 생태조경학과 졸업(공학석사)

1998년~현재 청오지앤지주식회사

부설연구소 연구원

관심분야 : 환경정보체계, 지적전산화, 원격탐사



김병국

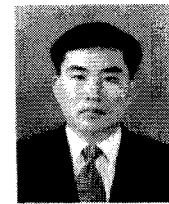
1978년 서울대학교 토목공학과 졸업(공학사)

1986년 위스콘신 주립대 토목환경공학과 졸업(공학석사)

1989년 위스콘신 주립대 토목환경공학과 졸업(공학박사)

1996년~현재 인하대학교 지리정보공학과 부교수

관심분야 : 수치지도, 지적제조사, Digital Mapping, GIS, 측량학



김용일

1986년 서울대학교 대학원 도시공학과 졸업(공학사)

1988년 서울대학교 대학원 도시공학과 졸업(공학석사)

1991년 서울대학교 대학원 도시공학

과 졸업(공학박사)

1998년 Cornell Univ. 원격탐사 및 GIS Visiting Prof.

1998년~현재 서울대학교 지구환경시스템공학부 조교수

관심분야 : Digital Mapping, Remote sensing, GIS, 측량학