

지적재조사를 위한 GIS 기반의 광역 지적불부합지 조사 기법의 개발과 적용

Development and Application of the GIS-based Global Cadastral Non-coincidence Surveying Method for the Cadastral Re-survey

홍성언¹⁾ · 이성규²⁾ · 박수홍³⁾

Hong, Sung Eon · Yi, Seong Kyu · Park, Soohong

Abstract

Korean government has constructed a nationwide cadastral map database through the cadastral map computerization project and also produced a variety of spatial data through the NGIS (National Geographic Information Systems) project. Under this circumstance, it is needed to set up the new automatic methodology that effectively solve cadastral non-coincidence problems by using various digital map data instead of expensive field survey methods.

This study proposed a new automatic methodology for cadastral non-coincidence surveying and developed a prototype system as a proof of concept. Validation of this proposed method was done with some test areas. Results showed that this methodology could easily detect and assess both regional non-coincidence levels and cadastral map quadrangle non-coincidence levels. We expect that this new methodology can provide many benefits in planning and determining work priority of the forthcoming nationwide cadastral re-surveying project.

Keywords : Cadastral non-coincidence, Automatic methodology, Prototype system, Cadastral re-survey

요 지

우리나라는 지적도면 전산화 사업의 일환으로 전국적인 지적도 데이터베이스를 구축 완료하였고, NGIS (National Geographic Information Systems) 사업으로 다량의 공간 데이터들을 구축하고 있다. 이러한 전반적인 사회적 여건을 고려할 경우, 현재 사회적으로 문제가 되고 있는 지적불부합지를 가장 효율적으로 해결하기 위해서는 현지 측량 방식에 기반하여 지적불부합지를 조사하기보다는 기 구축되어 있는 각종 전산화 데이터를 최대한 활용하여 광역적으로 지적불부합지를 조사할 수 있는 새로운 방법론이 필요하다.

이 연구에서는 지적도 전산화 데이터와 기 구축되어 있는 GIS 데이터를 이용하여 광역적으로 지적불부합지를 조사할 수 있는 자동화 방법론을 정립하고 이를 기반으로 한 프로토타입 시스템을 구현하였다. 그리고 이를 실제 실험지역에 적용하여 본 결과 지역별 불부합 정도의 측정과 함께 도곽별로 불부합 정도의 측정이 가능한 것으로 분석되었다. 이러한 자동화된 방법에 의한 지적불부합지 조사는 향후의 지적재조사 사업의 기획과 우선순위 등 여러 측면에서 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

핵심용어 : 지적불부합, 자동화 방법론, 프로토타입 시스템, 지적재조사

1. 서 론

우리나라의 지적제도 중 가장 중요한 문제인 지적공부

와 현지의 불부합은 토지분쟁의 야기, 토지행정의 불신 조장, 토지과세의 불공정 초래 등 토지와 관련된 제반 분야에 많은 문제점을 발생시키고 있다(행정자치부a, 2003). 국

1) 연결저자 · 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사과정(E-mail:hongsu2005@hanmail.net)

2) 인하대학교 지리정보공학과 석사과정(E-mail:pla20@hanmail.net)

3) 인하대학교 지리정보공학과 조교수(E-mail:shpark@inha.ac.kr)

가적으로 많은 예산을 들여 지적도면 전산화 사업을 완료 하였으나 현황과 지적도, 지적도 상호간(도엽간)의 불부합 문제로 인하여 지적측량이나 지적행정은 물론 일반 도시 계획 업무 등에서 지적도가 다양하게 활용되지 못하고 있다(국토연구원, 1996). 이로 인하여 축척 1:1000 수치지형도를 기준으로 지적도를 편집한 편집지적도를 추가로 제작·활용하고 있으나 지적도와 연계되지 못하고 막대한 국가 예산을 낭비하고 있는 실정이다(서울시정개발연구원, 1997; 강준복·조성호, 2002).

정부에서는 토지관련 전산 정보의 공동 활용을 위해 행정자치부의 PBLIS(Parcel Based Land Information System)와 건설교통부의 LMIS(Land Management Information System)를 통합한 KLIS(Korea Land Information System)를 구축·완료할 계획으로 있으며 이를 현재 추진 중에 있다(채경석, 2003). 그러나 PBLIS에서 이용되고 있는 지적도 수치파일의 경우 지적도 전산화 사업의 일환으로 구축된 지적도 파일을 지적 불부합지의 정리 없이 단순히 지적도 상호간을 강제 접합하여 연속지적도로 제작한 도형 정보이기 때문에 향후 KLIS의 운영시 지적도면 정보의 공동 활용에 한계성이 있을 수 있다. 이러한 문제를 해결하고자 정부에서는 전면적인 지적재조사 사업보다는 단계적인 사업 시행을 위하여 재조사사업에 앞서 지적도 불부합지 정리를 우선 추진 중에 있다(행정자치부a, 2003, 행정자치부 b, 2003).

우리나라는 지적도면 전산화 사업의 일환으로 전국적인 지적도 데이터베이스를 구축 완료하였고, NGIS(National Geographic Information Systems) 사업으로 다량의 공간데이터들을 구축하고 있다. 이러한 전반적인 사회적 여건을 고려할 경우, 현재 사회적으로 문제가 되고 있는 지적불부합지를 가장 효율적으로 해결하기 위해서 현지 측량 방식에 기반하여 지적불부합지를 조사하기보다는 기 구축되어 있는 각종 전산화 데이터를 최대한 활용하여 광역적으로 지적불부합지를 조사할 수 있는 새로운 자동화 방법론이 필요하다.

국외에서는 효율적이고 자동화된 기법으로 GIS관련 데이터의 위치 정확도를 측정하고자 다양한 연구가 진행되어왔고, 국내에서도 구축된 수치지형도의 위치 정확도 측정실적을 통하지 않고 자동화 방법을 적용하기 위한 연구가 이루어지고 있다(박수홍·구자용, 1999; Soo-Hong, Park and Hhyun-Suk, Kim, 2001). 지적분야 내적으로도 지적불부합지를 해결하기 위한 많은 연구가 진행되고 있

으나 이러한 선행 연구들은 주로 소규모 지역을 대상으로 하여 현지 측량 방식으로 지적불부합지의 조사나 해결 방안을 제시하고 있으며(강태석·권규태, 2003), 전산데이터인 수치정사사진(digital orthophoto)을 이용한 연구의 경우도 자동화된 방법이 아닌 육안 판독을 통한 불부합지 조사나 해결 방안을 제시하고 있어 효율성 측면에서 문제점이 있을 수 있다(강태석·박기현, 2001; 행정자치부b, 2003).

이 연구에서는 지적도 전산화 데이터와 기 구축되어 있는 GIS 데이터를 이용하여 광역적으로 지적불부합지를 조사할 수 있는 자동화 방법론을 정립하고 이를 기반으로 한 프로토타입 시스템을 개발·구현하였다. 마지막으로 개발된 방법론을 실제 실험지역에 적용하여 광역적인 지적 불부합지 조사에 적용할 수 있는지의 가능성 여부를 제시하고자 한다.

2. 불부합지 조사에 적용 가능한 기법의 탐색과 평가

2.1 적용 가능한 기법

현재 국외에서는 GIS 데이터의 위치정확도를 효율적으로 측정하기 위하여 다양한 측정 기법들이 연구되고 있다. 이중 대표적인 자동화 기법으로 SBM(Single Buffering Method) 기법과 BOS(Buffer Overlay Statistics) 기법을 들 수 있다. 따라서 연구에서는 이 두 기법을 대상으로 지적불부합지 조사에 적용 가능성을 평가한 후 방법론을 정립하였다.

일반적으로 지적불부합지는 광의적으로 현지와 지적공부상의 지번, 지목, 면적, 소유권, 경계, 위치 등의 내용이 서로 맞지 않는 것으로 정의할 수 있고, 협의적으로는 지적도에 등록된 경계와 실지의 경계가 서로 맞지 않는 것으로 정의할 수 있다(이성화, 2001). 이 연구에서는 지적 불부합지의 개념을 협의적 개념인 경계불부합지로 정의하였다.

2.1.1 SBM

SBM 기법은 상대적으로 정확도가 높은 라인 형태의 기준(reference) 데이터에 일정 크기의 버퍼를 생성하고 이 버퍼내에 포함되는 측정(measurement) 데이터의 길이를 계산하여 위치 정확도를 측정하는 기법이다(Perkal, 1966; Blakemore, 1984; Aspinall and Pearson, 1995; Goodchild and Hunter 1997).

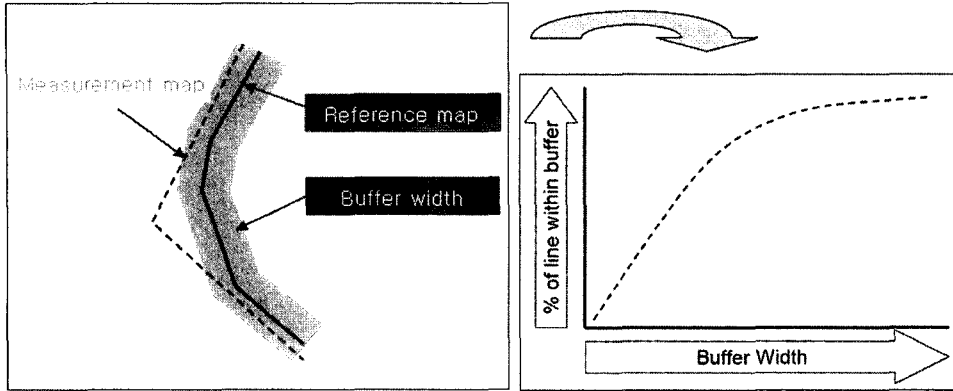


그림 1. SBM 기법의 개요

구체적으로 그림 1과 같이 기준 데이터 주변에 x 크기 만큼의 버퍼를 생성하고, 버퍼내부에 포함되는 측정데이터의 비율 $p(\text{matching ratio})$ 를 산출하여 위치정확도를 측정한다. 여기서, 함수 $p(x)$ 는 최확값에 대한 기대값이 된다. 이 기법은 포인트 형태의 위치 정확도 측정에서 발생할 수 있는 극단치(outliers)에 대한 영향을 최소화 할 수 있고 측정하고자 하는 line 데이터의 길이와 무관하며, 좌표계의 회전, 이동, 확대·축소에 영향을 받지 않고 측정이 가능하다. 또한 $p(x)$ 를 누적확률분포로 가정할 경우 $p(0)=0$ 이고 $p(\infty)=1$ 이 되며, x 의 값을 해당되는 백분위수로 간주할 수 있다. 예를 들어, 측정하고자 하는 라인 객체의 버퍼내에 속하는 길이의 비율이 95%일 때 버퍼의 길이(x)를 95번째 백분위수로 해석할 수 있다.

2.1.2 BOS

BOS 기법은 기준 데이터에만 일정 크기의 버퍼를 생성

하여 위치 정확도를 측정하는 SBM 기법과는 달리 기준 데이터와 측정 데이터 모두에 일정 크기의 버퍼를 생성하고 두 버퍼의 면적을 비교하여 위치 정확도를 측정하는 기법이다(Tveite and Langaas, 1999). 구체적으로 이 기법은 비교하는 두 데이터 라인들 주위에 다양한 크기의 다수의 버퍼를 생성하고 이를 중첩시켜 둘 사이의 통계치를 비교하는 과정을 반복하여 위치 정확도를 산출하는 기법이다.

위치 정확도 측정의 개략적인 방법은 그림 2와 같다. 그림 왼쪽에는 두 개(reference and measurement line feature)의 기준 데이터와 측정 데이터의 원시 라인들이 있다. 여기서, X는 측정 데이터의 라인이며, Q는 기준 데이터의 라인이 된다. 오른쪽 그림은 두 라인에 버퍼를 생성하고 이를 중첩시킨 결과를 보여주는 것으로 버퍼와 중첩 연산 결과 네 개의 서로 다른 영역들이 산출되게 된다. 즉, X 버퍼(XB)와 Q 버퍼(QB)의 내부에 해당하는 영역은 $(XB \cap QB)$, XB 내부와 QB 외부에 해당하는 영역은 $(XB \cap \overline{QB})$,

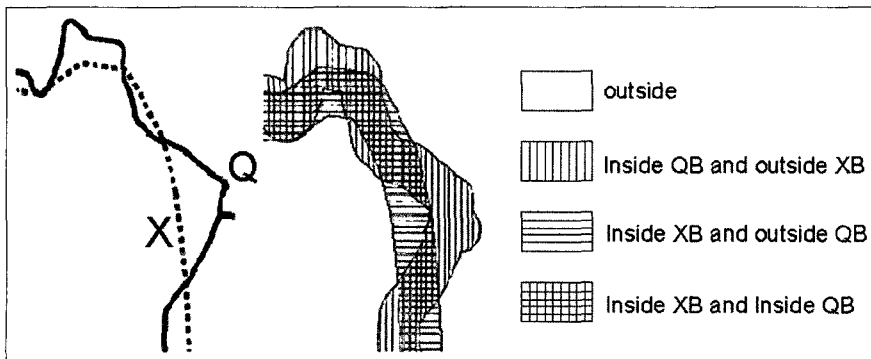


그림 2. BOS 기법의 개요

XB 외부와 QB 내부에 해당하는 영역은 ($\overline{XB} \cap QB$), 모두 외부에 해당하는 영역은 ($\overline{XB} \cap \overline{QB}$)가 된다. 마지막에 해당하는 영역은 위치 정확도 측정에 있어 사용되지 않는 불필요한 영역으로 간주된다. 위치 정확도의 측정은 ($XB \cap QB$) 영역의 면적과 총 면적(합집합 면적)과의 비교를 기반으로 하게 되는데 버퍼의 크기에 따른 합집합 면적 대비 교집합 면적의 증가량을 해석함으로써 이루어진다.

2.2 적용 가능성 평가

SBM 기법은 위치 정확도를 측정함에 있어 두 대상 도면의 선형 객체 즉, line feature를 대상으로 한다. 따라서 벡터 데이터 모델이 기반이 된다고 할 수 있다. 결국 벡터 기반의 지적 전산화 도면과 비교대상이 되는 전산화된 벡터 도면만 있으면 이 기법의 적용이 가능하다.

현재 전국적으로 지적도 전산화 사업이 완료되어 활용 가능한 많은 전산 도면들이 있고, 현황을 참고할 수 있는 벡터 데이터들 즉, 수치지형도, 각종 주제도 등이 NGIS 사업의 일환으로 상당량 구축이 되어 있다. 따라서 이러한 데이터들을 이용한다면 SBM 기법으로 지적불부합지를 측정할 수 있다.

그러나 지적도의 경우 지상측량 방식으로 제작된 도면이고 현황을 참조할 수 있는 도면은 대부분 항공사진측량 방식에 기반하여 제작된 도면이다. 즉, 두 도면이 서로 다른 목적이나 용도로 제작이 되어있기 때문에 비교 대상이 되는 공통 라인 객체의 추출과정이 필요하다.

지적도는 대표적으로 경계와 면적 정보를 가지고 있다. 여기서 경계 정보의 경우 도로 필지 라인 객체만을 추출할 수 있다면 SBM 기법의 적용이 가능하다. 즉, 현황 참조 데이터는 대부분 공통적으로 도로 정보를 포함하고 있기 때문에 두 데이터간의 공통 라인 객체의 추출이 가능하다. SBM 기법은 또한 위치 정확도를 측정함에 있어 기본적인 GIS 연산 시간이 적게 소요되는 장점을 가지고 있다. 즉 기존 데이터에만 버퍼 연산을 적용하게 되므로 GIS 연산 측면에서 효율성을 가지고 있다. 그리고 방법론 자체가 간단하기 때문에 간단한 GIS 연산과 프로그램으로 구현이 가능하다. 따라서 광범위한 지역을 대상으로 지적불부합지를 측정하기에 적절한 방법론으로 평가된다.

BOS 기법은 SBM 기법과는 달리 두 라인 객체에 모두 버퍼를 생성하여 위치 정확도를 측정하는 기법이다. 이 기법 역시 벡터 형태의 두 데이터 간 공통적인 라인 객체만 있으면 불부합을 측정할 수 있다. 그러나 이 기법은 두 라

인 객체에 모두 버퍼를 생성하여야 하기 때문에 계산시간이 많이 소요되는 단점을 가지고 있다. 궁극적으로 소규모 지역을 대상으로 할 경우는 이 기법의 적용이 가능하지만 대규모 지역을 가정한다면 적용에 한계가 있다. 또한 이 기법은 기존 데이터와 측정 데이터 모두에 버퍼를 생성하여야 하기 때문에 지형이 복잡한 경우는 정확한 위치측정이 어렵다는 단점을 지니고 있다. 따라서 연구에서는 두 기법 중 SBM 기법으로 방법론을 선정 후 불부합지 조사 프로토타입 시스템을 구현하였다.

3. 현황 참조 데이터의 선정과 프로토타입 시스템의 구현

3.1 현황 참조 데이터의 선정

새로운 불부합지 조사 방법론의 기본 구상은 현재 전국적으로 구축되어 있는 지적도면 전산화 데이터를 이용하여 가장 효율적으로 지적불부합지를 조사하는 것이다. 따라서 상이에서 고찰한 지적불부합지 조사 기법을 적용하기 위해서는 지적도 전산화 데이터와 비교 대상이 되는 현황 참조 데이터의 선정이 요구된다. 즉, 현황 중심으로 제작된 전산화 도면이 필요하다.

대표적인 현황 참조 데이터로 벡터 형태인 수치지형도를 고려할 수 있다. 수치지형도는 항공사진측량을 기반으로 제작된 현황 중심 도면이다. 현재 지형도는 축척 1:1,000, 1:5,000, 1:25,000, 1:50,000 등이 있으며 이 중 NGIS계획에 의하여 1995년부터 현재까지 축척 1:5,000이 16,194도엽, 1:25,000이 754도엽을 수치지도로 작성·완료하였으며, 78개 지자체의 도심지에 대하여 국가와 지자체가 공동으로 도로 및 지하시설물 등에 활용하기 위하여 축척 1:1,000 수치지도 12,835도엽을 제작 완료하고 현재는 수정 및 갱신작업을 하고 있다(채경식·김용준, 2004). 축척 1:5,000과 1:25,000 수치지도는 기존의 종이지도를 수치화하거나 항공사진측량으로 신규제작하고 있고, 축척 1:1,000 수치지도는 전량 항공사진측량으로 신규제작하여 DXF 포맷으로 구축된 상태이다.

축척 1:1,000 수치지형도는 표 1과 같이 가장 정확도가 높아 현재 지적도 전산화 데이터를 이용한 불부합지 조사나 갱신 또는 정합 등에 현황 참조 모델로 가장 많이 이용되고 있다(오창수, 2002; 유목모·김갑진, 2000; 강준목·윤희천, 2003, 채경석·김용준, 2004).

지적불부합지를 측정하고 판별하기 위해서는 어느 정도

표 1. 축척별 수치지도의 오차

도면축척	표준편차			최대오차		
	평면위치	등고선	표고점	평면위치	등고선	표고점
1:1,000	0.2m	0.3m	0.15m	0.4m	0.6m	0.3m
1:5,000	1.0m	1.0m	0.5m	2.0m	2.0m	1.0m
1:25,000	5.0m	3.0m	1.5m	10.0m	5.0m	1.5m

*자료 : 채경석·김용준, 2004, “지적측량성과의 수치지형도 활용방안 연구”, 한국지적학회지, 제20권 제1호, p.145; 국토지리정보원, 수치지도작성 작업내규.

의 오차 수준을 불부합지의 대상으로 인정해야 하는지에 대한 검토가 요구된다. 연구에서는 이러한 기준을 설정하기 위해 선행연구와 지적법령 등을 검토하였는데 현행 지적법의 경우는 어느 정도의 위치오차가 지적불부합지의 대상이 된다고 하는 규정이 없다. 즉, 지적도의 절대적인 위치오차에 관한 규정이 없다. 따라서 연구에서는 선행 연구에서 정의하고 있는 지적불부합지의 기준을 참고하여 정의하고자 하였다. 최근 행정자치부(2003)에서는 지적측량의 이론적 오차 범위와 지적불부합의 이론적 정의 등을 검토하여 표 2와 같이 축척별 지적불부합지의 기준을 정의하였다. 본 연구 대상지역은 축척 1:1,200 시행지역이므로 50cm라는 기준을 이용하였다. 즉, 축척 1:1,200 도해지적 시행 지역에서 지적도의 위치오차 수준은 50cm로 볼 수 있다.

본 연구의 기본 취지는 현황 참고 수준이 아닌 전산화된 현황 참조 데이터를 이용하여 자동화된 방식의 도입을 통해 효율적으로 지적불부합지를 조사하는 것이다. 따라서 자동화 기법(SBM)을 적용하기 위해서는 두 데이터간의 비교를 위한 공통적인 지형 정보의 추출이 필요하다. 현재 지적도와 수치지형도에서 공통적으로 추출 할 수 있는 정보는 도로 경계 정보 밖에 없다. 따라서 자동화 기법 적용을 위한 공통 정보로 도로 경계선 레이어를 추출하여 이용하였다. 이렇게 도로 경계선 레이어를 추출한 후 상대적으로 정확도가 높은 축척 1:1,000 수치지형도를 기준 데이터(0.4m)로 하여 지적도(0.5m)의 위치정확도를 측정하고 지적불부합지를 분석하였다.

3.2 프로토타입 시스템의 구현

연구에서는 SBM 기법을 프로토타입 시스템으로 구현함에 있어 성능 향상을 위해 GIS 연산을 단순화 하는 방향으로 알고리즘을 설계하였다. 사용된 GIS 연산자는 대표적으로 buffering, overlay, clipping, intersect 등이다. 이렇게 연산자를 단순화 시켜 연산하게 되면 연산에 소요되는 시간을 줄일 수 있어 광역적인 불부합지 조사가 가능하다. 구현에 사용된 프로그램은 ArcObject이다.

알고리즘은 먼저 기준이 되는 축척 1:1,000 도로 경계선 레이어(수치지형도)에 일정 증가치(0.1m)의 버퍼를 연속적으로 생성하고 비교하고자 하는 대상 객체 즉, 지적도 도로 필지 경계선 레이어를 중첩 시킨다. 그리고 버퍼와 중첩된 지적도 도로 경계선 레이어의 교차(포함) 부분을 클립한다. 이렇게 클립된 지적도 도로 필지 경계선 레이어의 총 길이를 산출하여 위치 정확도를 측정하게 된다. 세부적인 구현 과정은 다음과 같다.

Step 1. 해당 지역의 현황 도로 레이어에 버퍼를 생성하고 결과를 shape 파일 형태로 저장한다(그림 3).

Step 2. 생성된 버퍼와 지적도 도로 필지 경계선 레이어를 교차 시킨다(그림 4).

Step 3. 교차된 상태에서 버퍼 영역 안에 남아 있는 지적도 도로 필지 경계선에 대하여 클립 연산을 시행한다(그림 5).

Step 4. 버퍼 크기별로 클립되고 남은 지적도 도로 필지 경계선 길이의 총합과 원 지적도 도로 필지 경계선 길이 총합과의 비율을 계산한다.

표 2. 축척별 지적불부합지의 기준 정의 (단위 : cm)

축척	1:500	1:600	1:1,000	1:1,200	1:3,000	1:6,000
불부합지 오차 수준	15	20	40	50	120	240

*자료 : 행정자치부a, 2003, 불부합지 정리를 위한 학술 연구, p.16.

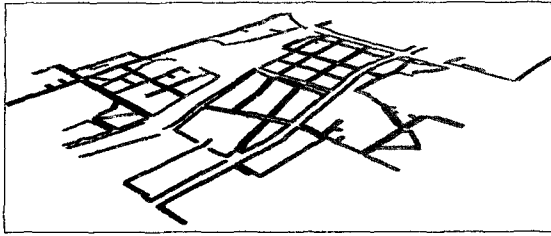


그림 3. 현황 도로 레이어에 버퍼 생성

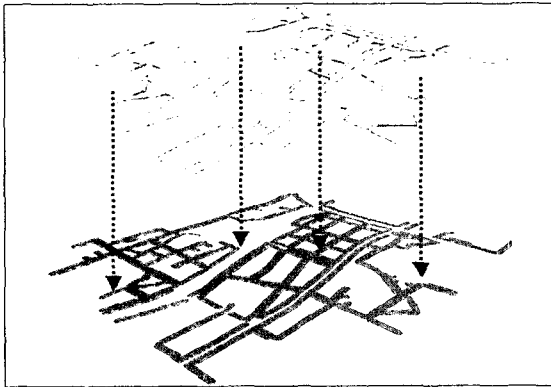


그림 4. 생성된 버퍼와 지적도 도로 필지 경계선 레이어 교차

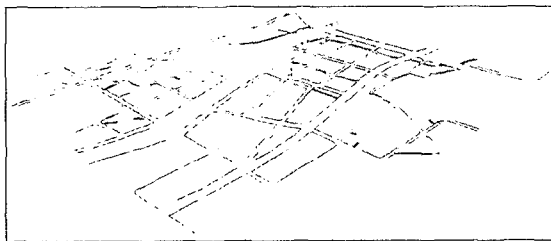


그림 5. 버퍼와 교차된 라인 클립

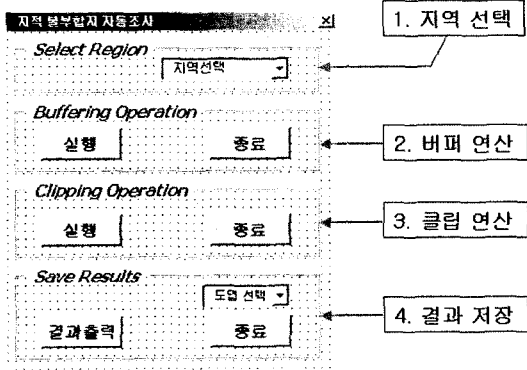


그림 6. 불부합지 조사 프로토타입 시스템 GUI

Step 5. Step 1 - Step 4 Iteration(0.1m - 7.0m)

그림 6은 SBM 기법으로 구현한 불부합지 조사 프로토타입 시스템 GUI(Graphic User Interface)를 나타낸 것이다.

4. 실험 및 분석

4.1 연구지역 선정과 이용 데이터

연구에서는 광역적인 불부합지 조사를 목적으로 하였기 때문에 연구지역을 선정함에 있어 가능한 한 넓은 지역을 공간적인 범위로 설정하였다. 연구지역으로 그림 7과 같이 서울시 강동구 일부지역, 경기도 용인시 김량장동, 인천광역시 부평구 청천지구를 선정하였다.

이용 데이터는 표 3과 같이 강동구는 NGIS 사업의 일환으로 구축된 수치지형도(축척 1:1,000) 20도엽과 지적도 전산화 사업의 일환으로 구축된 축척 1:1,200 지적 전산화 도면 20도엽을 이용하였다. 경기도 용인시 김량장동은 축척 1:1,200 지적도 전산화 도면 18도엽과 1:1,000 수치지형도 12도엽을 이용하였다. 인천 부평 청천지구는 1:1,000 수치지형도 2도엽과 1:1,200 전산화 지적도 2도엽을 이용하였다. 여기서 강동구의 데이터가 시기적 1년 정도의 차

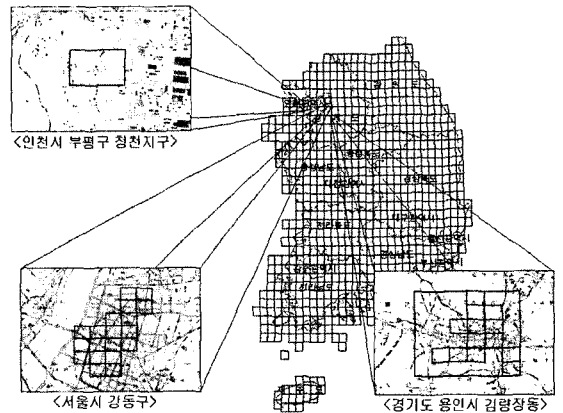


그림 7. 연구 대상 지역의 공간적 범위

표 3. 연구지역의 공간적 및 시간적 범위

연구 지역	공간적 범위(m ²)	시간적 범위(년)
서울시 강동구	4,000,000m ²	지적/지형(2001/2002)
용인시 김량장동	2,400,000m ²	지적/지형(2002/2002)
인천 부평 청천	400,000m ²	지적/지형(2002/2002)

이를 보이기 때문에 데이터 구축시 이를 감안하여 동일한 도로 경계선 레이어를 갖도록 데이터 사전 처리 과정을 거쳤다. 따라서 시기에 약간 차이가 있더라도 불부합 측정에는 영향을 미치지 않게 된다.

4.2 데이터 처리 및 구축

이 연구에서는 축척 1:1,000 수치지형도의 도로 경계선 레이어를 현황 참조 데이터로 이용하였다. 그리고 이와 비교를 위해 축척 1:1,200 전산화 지적도의 도로 인접 필지 경계선(도로 지목 필지 경계선)을 이용하였다. 따라서 두 데이터에서 도로와 관련된 line(arc)을 효율적으로 추출하여야 한다. 이를 위해 GIS 쿼리(query) 기능과 공간분석(spatial analysis) 기법 등을 이용하였다. 데이터 처리와 구축 작업은 ArcGIS를 이용하였다.

먼저, 수치지형도에서 도로 경계선 레이어의 추출은 DXF 포맷의 수치지형도를 shape 파일로 변환을 하였다. 이러한 변환 작업을 거쳐야 효율적으로 도로 경계선을 추출할 수 있다. 변환된 shape 파일의 속성 정보 즉, 수치지형도 레이어 코드 중 도로 경계선 레이어 코드를 이용하여 도로경계선을 추출하였다. GIS query 기능을 이용하여 도로 경계선이 추출되면 위상정보를 갖도록 clean 기능을 이용하여 위상을 정립하였다. 이러한 작업이 끝나면 원시 도로 경계선 arc가 추출된다. 그러나 원시 도로 경계선 arc는 지적도의 도로 필지 경계선과 정확하게 일치하지 않는다. 따라서 사전에 데이터의 편집이 요구된다. 이러한 preprocessing 작업을 마치고 도로 경계선(arc)을 DB에 저장하였다.

전산화 지적도면에서 도로 필지 경계선을 추출하기 위해 도로 지목의 정보를 이용하였다. 그러나 도로 지목의

경우는 특정 레이어 형태로 구축되어 있기 보다는 TEXT 타입의 point 형태로 필지 내에 위치하고 있다. 따라서 수치지형도에서 도로 경계선 코드 값만을 이용하여 직접 추출하는 방법과는 다른 방법의 적용이 요구된다.

연구에서는 전산화 지적도면에서 도로 경계선을 추출하기 위해 GIS location query 기능을 이용하였다. 추출과정은 먼저 DXF 포맷의 지적도 전산화 데이터를 ArcToolbox를 이용하여 GDB(GeoDataBase) 형태로 export 하고 이를 커버리지 형태로 다시 export 하였다. 다음으로는 공간 분석을 위해 지적도 커버리지에서 폴리곤 타입만을 export 하여 지적도를 폴리곤 타입으로 생성하였다. 그리고 지적도 커버리지에서 포인트(지목 텍스트)를 다시 export 하여 포인트 형태의 레이어를 생성하였다.

이렇게 생성된 포인트 형태의 지목 레이어에서 다시 SQL 문을 이용하여 도로 지목만을 추출하였다. 사용된 SQL 문은 [TEXT LIKE '도*']이다. 지목 레이어에서 도로 지목 레이어 만을 추출 한 후에 이것을 폴리곤 형태의 지적도와 location query 작업 즉, 지적도 폴리곤에서 도로 지목 포인트가 포함되어 있는 것만을 추출하도록 연산하였다. 이러한 과정을 거쳐 도로 경계선을 추출하였다. 그림 8은 구축된 연구지역의 지적도 도로 필지 경계선 레이어와 현황 도로 경계선 레이어(arc)를 나타낸다.

4.3 결과분석

연구에서는 대상 지역별로 SBM을 적용하여 불부합 수준을 분석하였고, 또한 강동구 지역을 대상으로 하여 도곽별로 상대적인 불부합 정도를 측정하였다. 표 4는 버퍼 크기에 따라 지역별 매칭률을 나타낸 것이다.

이 기법은 특정 버퍼크기를 고정·설정하고 이에 매칭

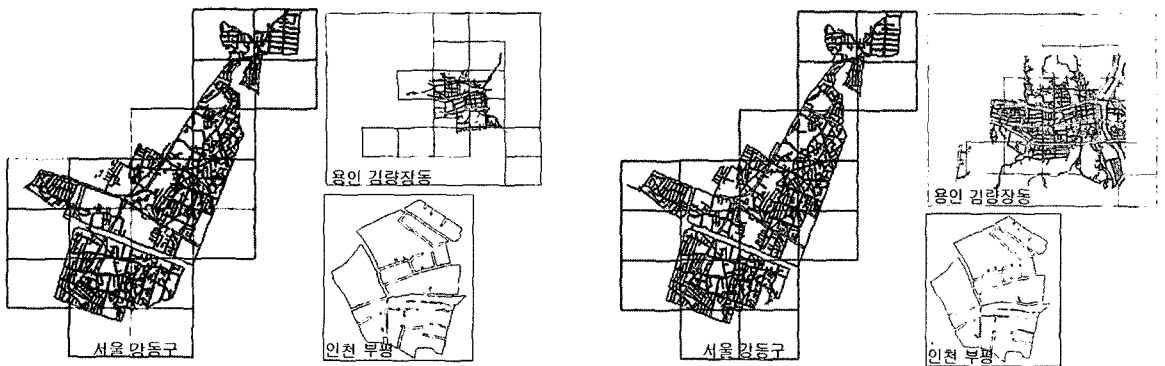


그림 8. 연구지역의 지적도 도로필지 경계선(좌)과 현황 도로 경계선(우) 추출 결과

되는 비율을 상호 비교하여 상대적 불부합 수준 파악이 가능하다. 또한 반대로 특정 매칭률을 고정·설정 한 후 이에 대한 버퍼 크기로서 상대적인 불부합 정도를 파악할 수 있다. 선행 연구의 경우 매칭률이 90%에서 95% 정도 일 경우 측정 도면의 오차 수준으로 볼 수 있다고 하였으나(Goodchild and Hunter 1997, Tveite and Langaas, 1999, 박수홍·구자용, 1999) 현재 지적불부합지 오차 수준을 정의한 법적 규정이 없고 또한 연구의 불부합지 조사 방식 자체가 특정 불부합지를 대상지역으로 선정하기 보다는 전 국토에 대해 광역적으로 불부합지를 조사하거나 상대적인 불부합 수준 정도를 측정을 통하여 점진적인 지적재조사 사업시 불부합지가 심각한 지역부터 우선적인 사업이 이루어질 수 있도록 함에 목적이 있다. 따라서 특정 오차 수준이나 매칭률을 고정하여 분석하기 보다는 오차 수준 또는 적절한 매칭률을 정의하여 다양하게 분석하는 것이 효율적이다.

만일, 매칭률을 대략 80% 수준에서 설정하면, 서울시 강동구의 오차 수준은 대략 1.7-1.9m이고, 용인시 김량장동은 2.0-2.2m이며, 부평구 청천지구는 1.1-1.3m로 분석된다. 따라서 상대적인 불부합 순위는 용인시 김량장동, 서울시 강동구, 부평구 청천지구 순으로 용인시 김량장동의 불부합 수준이 가장 높은 것으로 나타났다.

구체적으로 강동구 지적도의 총 line의 길이는 80639.39m이다. 버퍼 크기별 매칭률을 분석해 보면, 버퍼 크기 0.1m에서는 매칭률이 6.01%, 0.5m에서 28.33%, 1.0m에서 53.21%, 1.5m에서 72.89%, 2.0m에서 85.18%, 2.5m에서 91.65%, 3.0m에서 95.29%의 매칭률을 보인다. 이러한 매칭률은 버퍼의 크기가 증가 할수록 지속적인 증가 추세를 보이다가 대략 4.0m에서 부터는 변화량이 미세한 수준으로 증가하는 것으로 나타난다.

용인시의 경우 지적도의 총 line의 길이는 16209.90m이다. 버퍼의 크기별 매칭률을 분석해 보면, 버퍼 크기 0.1m에서는 매칭률이 5.58%, 0.5m에서 27.54%, 1m에서 50.72%, 1.5m에서 66.95%, 2.0m에서 78.47%, 2.5m에서 86.47%, 3.0m에서 92.49%의 매칭률을 보인다. 이러한 매칭률은 버퍼의 크기를 증가 시킬수록 지속적인 증가 추세를 보이다가 대략 3.5-4m에서 부터는 변화량이 없는 것으로 나타난다. 용인시의 경우 버퍼 크기 0.5m를 기준으로 볼 때 매칭률은 27.54%로 28.33%로 나타난 강동구에 비하여 불부합 정도가 약간 높은 것으로 분석된다. 그리고 매칭률을 80%로 설정하여 본다면 버퍼 크기는 2.1m로 나타나고 강동구의 경우는 대략 1.7-1.9m로 나타나 역시 용

인시의 경우가 불부합 정도가 높은 것으로 분석된다.

인천시 부평구 청천지구는 강동구 및 용인시 김량장동과 동일하게 버퍼의 크기를 0.1 간격으로 최소 0.1에서 최대 7m까지 설정하였다. 부평구 지적도의 총 line의 길이는 3869.68m이다. 버퍼의 크기별 매칭률을 분석해 보면, 버

표 4. 지역별 매칭률 비교 결과

버퍼크기 (m)	서울시 강동구 매칭률(%)	용인시 김량장동 매칭률(%)	인천 부평구 청천지구 매칭률(%)
0.1	6.01	5.58	2.70
0.2	11.62	11.70	6.47
0.3	17.34	17.63	10.49
0.4	22.70	22.63	15.69
0.5	28.33	27.54	20.97
0.6	33.89	32.84	25.87
0.7	38.68	37.84	31.89
0.8	43.64	42.39	41.90
0.9	48.71	47.05	54.84
1.0	53.21	50.72	64.14
1.1	57.71	54.43	70.51
1.2	61.96	58.06	80.45
1.3	65.82	61.46	86.48
1.4	69.44	64.46	90.40
1.5	72.89	66.95	93.76
1.6	75.91	69.33	95.62
1.7	78.64	71.63	96.84
1.8	81.06	73.69	97.28
1.9	83.19	76.27	97.69
2.0	85.18	78.47	98.13
2.1	86.83	80.46	98.38
2.2	88.22	82.19	98.68
2.3	89.49	83.70	99.18
2.4	90.62	85.20	99.36
2.5	91.65	86.47	99.50
2.6	92.53	88.09	99.64
2.7	93.35	89.26	99.69
2.8	94.03	90.67	99.72
2.9	94.71	91.71	99.75
3.0	95.29	92.49	99.78
....
6.9	99.75	99.69	100
7.0	99.76	99.71	100

퍼 크기 0.1m에서는 매칭률이 2.70%, 0.5m에서 20.97%, 1.0m에서 64.14%, 1.5m에서 93.76%, 2.0m에서 98.13%, 2.5m에서 99.50%, 3.0m에서 99.78%의 매칭률을 보인다. 이러한 매칭률은 버퍼의 크기가 증가 할수록 지속적인 증가 추세를 보이다가 버퍼 크기가 대략 1.5m에서 부터는 변화량이 없는 것으로 나타난다. 부평구의 경우 매칭률을 80% 주변에서 설정하여 본다면 버퍼 크기는 1.2m로 용인이 2.1m, 강동구의 경우는 대략 1.7-1.8m로 나타나 강동구나 용인시의 경우보다 불부합 정도가 낮게 나타나는 것으로 분석된다. 결과적으로 상대적인 불부합 순위는 용인시 김량장동, 서울시 강동구, 부평구 청천지구 순으로 분석된다.

이 기법의 장점은 대규모 지역에 대하여 상대적인 불부합 수준과 순위를 효율적으로 측정할 수 있다는 것이다. 즉, 지역단위의 오차 수준 정도를 파악하는데 매우 효율적이다. 또한 지역별 오차 수준을 분석과 더불어 특정 지역에 대하여 도곽을 최소 단위로 도곽별 상대적인 불부합 수준이나 불부합 순위를 산출할 수 있다.

따라서, 연구에서도 강동구 지역을 대상으로 지역 전체에 대한 불부합 수준과 더불어 지역을 도곽 단위로 세분화하여 도엽별 불부합 정도를 분석하여 보았다. 도곽 단위로 측정을 한다면 도곽별 상대적인 불부합 수준에 대한 정도의 파악이 가능한 것은 물론 도엽별 불부합 지역의 선별도 가능할 것이다. 그림 9는 도곽별로 불부합 정도를 측정하기 위해 강동구의 도곽을 임의 도곽으로 구분하여 새로이 생

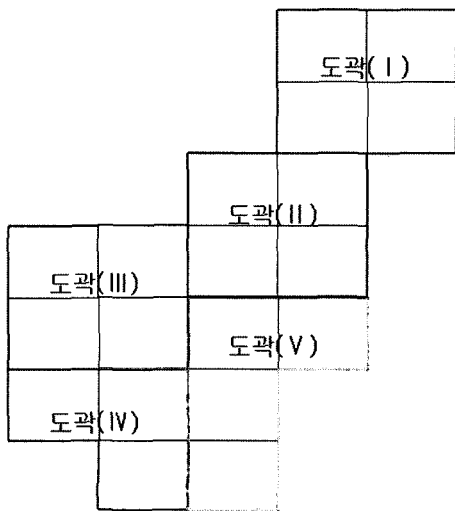


그림 9. 강동구의 임의 도곽 생성

성한 것이다. 강동구 데이터의 경우 특정 도엽의 외곽부분에는 필지 정보가 다른 도엽에 비하여 적게 분포하고 있기 때문에 정보량이 고루 분포할 수 있도록 그림과 같이 도곽을 분할 한 후 측정하였다.

표 5는 도곽별 버퍼 크기에 따른 매칭률을 나타낸 것으로 도곽(I)의 경우는 지적도 총 길이가 15970.16m, 도곽(II)는 28137.68m, 도곽(III)은 13320.96m, 도곽(IV)는 12559.02m, 도곽(V)는 10663.96m이다. 매칭률을 분석해 보면, 도곽(I), 도곽(II), 도곽(III), 도곽(V)는 대체적으로 매칭률의 증가 추세가 비슷하나 도곽(IV)의 경우는 다른 도곽에 비해 상대적으로 매칭률이 떨어져 이 지역의 불부합 정도가 상대적으로 높다는 것을 알 수 있다.

이렇게 도곽별로 분할하여 분석을 할 경우 도곽별 상대적인 불부합 정도를 파악할 수 있다. 즉, 강동구의 경우 연구에서 정의한 대략 매칭률 80% 수준에서 불부합 정도를 상대적으로 분석할 경우 불부합의 순위는 상대적으로 도곽(II)가 1.5-1.6m로 가장 양호하고 그 다음에 도곽(V), 도곽(I), 도곽(III)이고 도곽(IV)가 가장 불부합이 심한 것으로 분석된다. 그림 10은 도곽별 버퍼크기에 따른 매칭률의 변화량을 그래프로 나타낸 것이다.

그림 11은 가장 불부합이 심한 도곽(IV)에서 일부분을 추출하여 본 것으로 이 지역은 편위 불부합이 심하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

4.4 실측 성과와의 비교 분석

인천시 부평구 청천지구는 기존에 실측으로 불부합이 조사된 지역이다(행정자치부a, 2003). 이 지역은 절대위치 불부합 즉, 도곽의 편위 오차가 $X=-0.925m$, $Y=1.156m$ 로 조사되었다. 그리고 이외에 불부합지 유형별 조사, 면적에 관한 불부합 조사 등이 연구되었다. 그러나 연구지역에 대하여 전체적인 위치 오차량이나 불부합 정도는 조사되지 않아 본 연구의 성과와 절대적인 비교는 무리가 있다. 따라서 도곽 불부합 수준 정도만을 비교하여 본다면 연구에서 정의한 대략 80%주변에서 실측 조사 성과와 유사한 정확도를 보이는 것으로 나타난다. 이렇게 80% 주변의 오차 수준과 행정자치부a(2003)의 연구에서 제시하고 있는 축척 1:1,200 지역의 불부합 오차 수준(50cm)을 적용하여 본다면 세 지역 모두가 불부합 대상지역으로 선정되는 것으로 분석된다.

그러나 이러한 비교 결과는 소규모 지역의 실측 조사 성과와의 비교 결과 이므로 절대적인 기준으로 적용하기에

표 5. 도곽별 매칭 통계량

버퍼 크기 (m)	도곽(I) (15970.16m)	도곽(II) (28137.68m)	도곽(III) (13320.96m)	도곽(IV) (12559.02m)	도곽(V) (10663.96m)
0.1	6.68	7.24	4.65	4.00	5.86
0.2	12.82	13.63	9.34	6.99	12.79
0.3	19.69	19.99	14.07	10.05	19.47
0.4	24.67	26.27	19.06	13.09	26.23
0.5	29.95	32.97	24.26	16.32	32.87
0.6	35.34	38.61	29.89	20.36	39.45
0.7	40.74	43.64	34.92	23.78	44.75
0.8	46.42	49.00	39.51	27.34	49.59
0.9	52.18	54.46	44.03	31.68	54.17
1.0	56.92	59.10	48.73	35.34	58.58
1.1	61.12	63.86	53.73	39.07	63.15
1.2	64.90	68.06	57.76	43.80	67.81
1.3	68.47	71.75	61.85	48.06	71.90
1.4	71.82	75.22	65.49	52.22	75.66
1.5	75.49	78.36	68.53	56.67	78.89
1.6	79.01	80.92	72.14	59.85	81.48
1.7	81.56	83.47	75.20	63.00	84.00
1.8	83.73	85.56	77.85	66.25	86.44
1.9	85.36	87.41	80.46	69.08	88.64
2.0	86.70	89.05	83.19	72.04	90.51
2.1	88.10	90.29	84.83	75.08	92.01
2.2	89.44	91.27	85.87	78.08	93.08
2.3	90.74	92.14	86.88	80.89	93.88
2.4	91.77	92.97	88.14	82.82	94.91
2.5	92.59	93.83	89.33	84.68	95.53
2.6	93.20	94.45	90.53	86.50	96.01
2.7	93.77	95.04	91.79	88.01	96.47
2.8	94.45	95.53	92.52	89.33	96.86
2.9	94.88	96.04	93.38	90.72	97.25
3.0	95.23	96.44	94.46	91.83	97.47
3.1	95.58	96.90	95.10	93.05	97.72
3.2	95.90	97.25	95.59	93.94	97.97
3.3	96.14	97.63	96.11	94.82	98.16
3.4	96.36	97.96	96.63	95.36	98.35
3.5	96.59	98.18	96.90	95.87	98.51
3.6	96.80	98.34	97.12	96.48	98.66
3.7	96.97	98.49	97.34	97.07	98.76
3.8	97.11	98.66	97.47	97.68	98.97
....
6.9	99.63	99.85	99.32	99.91	100.00
7.0	99.66	99.86	99.33	99.92	100.00

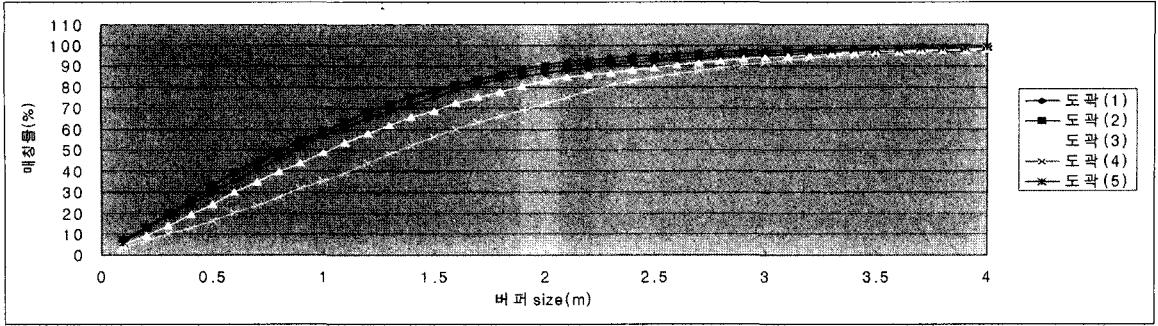


그림 10. 도곽별 버퍼크기에 따른 매칭률 변화



그림 11. 도곽(IV)의 불부합지 사례

는 무리가 있다. 그리고 지적재조사를 위해서는 어떤 방식으로든 전국토를 대상으로 하여 광역적으로 지적불부합지 정도를 측정할 수 있는 자동화된 방식이 필요하다. 즉, 지역별 또는 도곽별 상대적인 불부합 정도를 효율적이고 객관적으로 측정할 수 있는 기법이 요구된다. 또한 현 우리나라의 전 국토에 산재한 불부합 정도를 고려할 경우 특정 불부합지를 추출할 수 있는 기법보다는 지역별로 불부합 순위를 측정할 수 있는 기법이 필요하다.

따라서 본 연구의 기법 역시 국외의 기준(90-95%)을 적용하여 위치정확도를 측정할 수 있으나 이러한 기준을 국내 불부합지 측정에 적용하기에는 다소 무리가 있다. 왜냐하면 이러한 기준을 불부합지 대상지역 선정에 적용할 경우 국내 현실을 감안한다면 대부분의 지역이 불부합 대상 지역으로 선정되므로 조사에 특정 의미를 부여하기 어렵기 때문이다. 그러므로 향후 광범위한 지역에 대한 실험 연구를 통하여 실질적으로 현 국내 실정에 적절한 매칭률의 정의와 이를 기반으로 한 지역별·도곽별 상대적인 불

부합 정도의 측정을 통하여 지적재조사시 불부합이 심한 지역부터 우선적인 사업이 이루어질 수 있도록 함이 합리적이라 본다.

5. 결 론

연구에서는 현재 전 국토에 산재한 지적불부합지를 신속하고 효율적으로 조사하기 위해 구축되어 있는 각종 전산화 데이터를 이용하여 광역적으로 지적불부합지를 조사할 수 있는 GIS 기반의 새로운 자동화 방법론을 모색하였다. 이렇게 정립된 방법론을 실제 구현하고 연구 지역에 적용하여 지역별 상대적인 불부합 정도의 측정은 물론 도곽별로도 불부합 정도를 측정하였다. 그리고 기존 실측 조사 결과와 비교·분석을 통하여 연구 조사 방법론의 적용 가능성을 제시하였다.

본 연구의 방법론은 일정 매칭률의 정의를 통하여 광범위한 지역에 대하여 효율적으로 상대적인 불부합 정도를 측정할 수 있다. 현재 우리나라는 지적재조사 사업을 계획하고 있다. 그러나 실질적으로 어느 지역부터 우선적인 사업이 이루어져야 하는가에 대해서는 아직까지 해답을 구하지 못하고 있다. 연구의 방법론은 전 국토를 대상으로 불부합 정도의 측정을 통하여 객관적으로 상대적인 불부합 순위를 산출할 수 있으므로 이러한 측정 과정을 거쳐 향후 지적재조사시 불부합이 심한 지역부터 사업이 시행될 수 있도록 사업의 우선순위 결정에 효율적으로 활용이 가능할 것이다. 그리고 구축되어 있는 전산 데이터를 활용함으로써 데이터 구축에 별도의 비용이 소요되지 않아 현행 실측 조사 방식보다 비용 소요 측면에서 조사의 효율성을 확보할 수 있을 것이다.

끝으로 본 연구의 한계성과 향후 연구 과제를 기술하면

다음과 같다. 첫째, 연구에서는 특정 매칭률을 고정하여 분석하기 보다는 개략적인 매칭률을 통하여 분석하여 보았다. 향후 보다 다양한 사례지역과 광범위한 지역에 대한 실험을 통하여 이를 고정할 수 있어야 하겠다. 둘째, 도심 지역과는 달리 임야나 농경지 지역에서는 도로 경계선 레이어를 추출하여 불부합 정도를 측정하기에는 한계성이 있다. 그러나 농경지나 임야지의 경우 현재 RTK-GPS 측량 기법이나 수치정사사진 기법 등으로 충분히 불부합지의 조사가 가능함이 연구되고 있으므로 도심지역 적용이 어려운 이러한 기법들과 본 연구의 기법을 연계하여 불부합지를 조사한다면 효율성을 극대화 할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 대한지적공사의 지원에 의하여 수행된 연구과제 성과물의 일부이며 이에 감사드립니다 (04-III-1).

참고문헌

강준목, 조성호, 김성진 (2002), 지적도와 임야도접합을 위한 좌표 변환방법 적용에 관한 연구, 한국측량학회지, 제20권, 제4호, pp. 405-413.

강준목, 윤희천, 엄대용, 강영미 (2003), 수치지도와 지적도간의 정합정확도 확보방안, 한국GIS학회지, 제11권, 제4호, pp. 391-407.

강태석, 권규태 (2003), 지적불부합지의 정리를 위한 실험측량 분석 연구, 한국측량학회지, 제21권, 제3호, pp. 269-275.

강태석, 박기현 (2001), 수치정사사진을 이용한 지적도 도곽접합에 관한 연구, 한국지적학회지, 제17권, 제1호, pp. 63-79.

국토연구원 (1996), 공간계획을 위한 공통주제도 수치지도화 방안 연구.

대한지적공사 (2002), 지적불부합지 현황 및 해결방안 연구.

박수홍, 구자용 (1999), 수치지도 도로사상의 위치 정확도 측정방

법, 한국 GIS 학회지, 제7권, 제1호, pp. 119-131.

서울시정개발연구원 (1997), 서울시 지적 및 도시계획데이터의 GIS 활용 방안.

오창수 (2002), GIS에 의한 지적불부합지의 해석, 한국지형공간정보학회, 지형공간정보, 제10권, 제1호, pp. 77-80.

유복모, 김갑진 (2000), 지형 및 지적자료의 통합체계 구축, 한국측량학회지, 제18권, 제2호, pp. 143-155.

이성화 (2001), 지적불부합지가 토지이용에 미치는 영향과 해소방안에 관한 연구, 한국부동산분석학회, 부동산학연구, 제7집, 2호, pp. 53-72.

채경석 (2003), GIS의 지적도 활용중대 방안에 관한 연구, 한국지적학회지, 제19권, 제2호, pp. 59-70.

채경석, 김용준 (2004), 지적측량성과의 수치지형도 활용방안 연구, 한국지적학회지, 제20권, 제1호, pp. 139-147.

행정자치부a (2003), 지적불부합지 정리를 위한 학술연구, 한국지적학회.

행정자치부b (2003), 항공사진측량기법을 이용한 지적불부합지 정리방안 연구.

Aspinall, R. J. and Pearson, D. M. (1995), Describing and Managing Uncertainty of Categorical Maps in GIS. In *Innovations in GIS 2*, edited by P. Fisher (London:Taylor & Francis), pp. 71-84.

Blackmore, M. (1984), Generalization and Error in Spatial Database, *Cartographica*, Vol. 21, pp. 131-139.

Goodchild, M. F. and G. J. Hunter (1997), A Simple Positional Accuracy Measure for Linear Features, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 11, No. 3, pp. 299-306.

Perkal, J (1966), On the Length of Empirical Curves. Discussion Paper, No. 10 (Ann arbor: Michigan Inter-University Community of Mathematical Geographers).

Soo-Hong Park, Hyun-Suk Kim (2001), Measuring the Positional Accuracy of Linear Feature in 1:5,000 Digital Topographic Maps, *The Journal of GIS Association of Korea (In Korea)*, Vol. 9, No. 4, pp. 617-628.

Tveite, H. and S. Langaas (1999), An Accuracy Assessment Method for Geographical Line Data Sets Based on Buffering, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 13, No. 1, pp. 24-27.

(접수일 2005. 2. 1, 심사일 2005. 3. 7, 심사완료일 2005. 3. 15)