

수치지도와 지적도간의 정합정확도 확보방안

강준목* · 윤희천** · 엄대용*** · 강영미***

The Security Plan of Matching Accuracy between Digital Map and Cadastral Map

Joon-Mook Kang* · Hee-Cheon Yun** · Dae-Yong Um*** · Young-Mi Kang***

요 약

최근 효율적 국토자원관리와 토지관리를 위해 국토정보와 토지관련 지적정보의 연계활용에 많은 관심이 모아지고 있으며, 도면정보로써 수치지도와 지적도를 포함하는 종합적인 정보체계의 구축에 많은 관심이 모아지고 있다.

본 연구에서는 수치지도와 지적도의 부정합 원인들에 대한 분석을 수행하고, 두 도면간의 정확한 중첩을 위해 지도의 변환에 활용되고 있는 대표적인 알고리즘에 대한 조사를 수행하여 중첩방안을 모색하였다. 또한 도면간 정합성 확보 방안에 대한 연구를 수행함으로써 수치지도와 지적도의 통합 데이터베이스 구축을 위한 기반을 마련하고 그 품질의 향상을 도모할 수 있는 방안을 제시하였다.

주요어 : 수치지도, 지적도, 불부합, 정합방안

ABSTRACT : Recently, a lot of interests are commanding in link practical use of country information and cadastral information for management of efficient country resource and administration of land. As map information, a lot of interests are commanding in construction of synthetic information system including digital map and cadastral map.

In this study, achieves analysis about non-coincidence causes of digital map and cadastral map, and achieve investigation about representative algorithm that is used in conversion of map for correct overlay between two map and gropes overlay plan. Also, presented plan that

* 충남대학교 토목공학과 교수

** 안산공과대학 토목과 조교수

*** 충남대학교 대학원 토목공학과 박사수료

can ready fetters for integration database construction of digital map and cadastral map by achieving study about matching security plan between map and plan elevation of the quality.

Keywords : Digital Map, Cadastral Map, Non-coincidence, Matching Plan

1. 서 론

1.1. 연구의 배경

고도의 경제성장과 컴퓨터 및 정보기술 (Information Technology : IT)의 발달로 정보의 가치가 어느 때보다 중요시되는 정보화 시대가 도래함에 따라 측량 및 지적 분야에도 일대 혁신의 바람이 불고 있다. 이에 부응하기 위해 최근 효율적인 국토 자원관리와 토지관리를 목적으로 하는 국가지리정보체계 및 토지정보시스템의 구축과 효율적인 활용을 위한 노력이 다방면에서 진행되고 있다. 특히, 1970년대를 전후하여 경제 및 사회의 급속한 발전으로 인구의 증가와 급속한 도시화가 진행되면서 토지수요 증가, 지가의 급등과 같은 문제를 비롯하여 각종 공공계획의 수립, 설계 그리고 국토종합개발, 도시계획, 건축행정, 산림행정, 국공유지 관리, 조세 행정 등 많은 문제점이 파생되면서 이에 대한 해결방안으로 토지에 대한 체계적이고 효율적인 관리를 위한 많은 노력이 기울여 지고 있다. 이에 관련하여 정부에서는 행정의 효율화와 보다 나은 대민 서비스를 위해 지형공간정보의 구축사업을 적극적으로 추진하고 있다. 건설교통부에서는 국토지리정보원을 주축으로 하여 1995년 5월에 「국가지리정보체계 구축 기본계

획」을 수립하고 국가지리정보체계 구축사업(National Geographic Information System, NGIS)을 진행하였으며(한국건설기술연구원, 1998), 행정자치부에서는 1980년부터 전국의 토지대장에 대한 전산화사업을 실시하였고 1993년부터는 한국전산원을 중심으로 지적도의 전산화를 포함한 토지정보시범시스템 구축사업을 지속적으로 추진하여 오고 있다(내무부 외, 1996; 한국전산원, 1996). 이러한 사업의 결과를 바탕으로 도면정보로써 지적도와 지형도의 공동 활용에 대한 논의가 이루어지고 있으나 현행 국토관련 정보의 전산화 사업은 수치지도의 정확도 문제와 데이터의 공유 문제 등 공간 정보의 활용에 있어 문제가 제기되고 있다. 특히 지적 정보의 수용과 활용은 기준점, 축척, 좌표계, 경계등의 차이에 의한 불일치 문제로 여러 부분에서 지리정보와 지적정보의 연계활용에 어려움이 있는 실정이다. 이에 행정자치부에서는 1998년부터 필지중심토지정보체계(PBLIS)의 구축을 위한 연구를 진행하고 있으며(대한지적공사, 1997) 건설교통부에서는 이와는 별개로 토지정보관리체계(LMIS)의 구축에 관한 연구를 수행한 바 있고 이와 유사한 개념의 토지관련 업무의 전산화를 지자체 자체적으로 추진된 사례가 늘고 있다. 이렇듯 토지관련 업무의 전산화를 정부, 지자체를 비롯한 관련기관의 행정목적에 맞게 구성되어 있

는 단편적인 경우가 대부분이므로 이들 정보에 대한 공동 활용의 연계체계가 마련되어 있지 않아 자료간 상호 보완성이 미흡하여 급격한 사회변화에 따른 정책결정을 위해 정확한 판단자료의 신속한 제공이 어려운 상태이며 각종 정보구축을 위한 중복투자로 인해 국가예산낭비와 같은 많은 문제점을 갖고 있는 실정이다. 따라서 양질의 정보를 제공하고 다목적 기능을 수행하기 위해서도 토지관련 지적정보와 국토정보를 데이터베이스화 함으로써 상호 보완적인 연계체계를 구축하여야 할 것이다(한국전산원, 1995; 강인준 외, 1994). 이에 토지와 관련한 각종 공간·속성·법률자료 등을 체계적으로 통합·관리할 수 있는 전국 표준의 종합적 정보체계 구축의 필요성이 대두되고 있다. 이의 실현을 위해서는 우선적으로 지형도와 지적도 자료의 연계·활용을 위한 면밀한 검토와 단계적 해결방안이 제시되어야 할 것이며, 통합데이터베이스 구축방안의 연구가 선행되어 그 제도적 장치 마련 및 연계 기술의 확보가 시급히 요구되고 있다(국립지리원, 1998).

1.2 연구의 목적

수치지도와 지적도는 제작과 유지관리에 있어 많은 원인들에 의한 불일치 문제가 발생하게 된다. 이러한 불일치 원인들을 구체적으로 파악하여 이에 대한 근본적인 해결이 이루어져야 하지만, 수치지도와 지적도의 연계가 시급한 시점에서 모든 제도적 방침을 수정할 경우 또 다른 문제점들이 도출될 것이다. 따라서 근본

적 원인의 개선은 장기적인 발전 차원에서 추진되어야 하며, 현 단계에서는 가능한 이론을 도출하고 이를 적용함으로써 부분적 활용을 유도해야 할 것이다. 이를 위해 기존 지적도면의 전산화와 자료교환에 따른 표준의 설정, 통일된 좌표체계의 사용, 지도축척변환에 따른 제반 문제점의 해결 및 부정합과 불일치에 따른 문제점을 면밀히 분석하고 이에 대한 단계적 해결방안이 제시되어야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 수치지도와 지적도 제작방법에 따른 특성을 파악하고 좌표체계의 이원화에 따른 문제점, 축척과 정합정확도 문제 그리고 정합시 발생하는 부정합과 불일치의 원인과 정도 등을 심도 있게 파악하고자 한다. 또한 제반 문제점들을 면밀히 분석하여 효율적인 지도변환기법을 연구함과 동시에 부정합에 대한 단계적 해결방안과 정확성 확보 방안에 대한 연구를 수행함으로써 수치지도와 지적도 자료의 통합 데이터베이스의 구축을 위한 기반을 마련하고 그 품질의 향상도 도모할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

2. 수치지도와 지적도의 불일치 원인분석

건설교통부 국토지리정보원에서 항측에 의해 작성되는 수치지도와 행정자치부 지적과에서 제작된 지적도의 불부합 문제에 대해 여러 가지 원인을 들 수 있다. 일반적으로 이러한 요인으로는 지적도 자체가 가지고 있는 도해지적도 관리상의 문제, 지적도면 전산화과정에서의 문제, 지적과

지형에서 보는 경계개념의 상이문제, 국토지리정보원에서 관리하는 삼각점과 행정자치부에서 관리하는 삼각점의 불일치 문제 등을 대표적으로 들 수 있으며, 이외에도 다양한 형태의 불부합이 발생하고 그 원인도 매우 다양하며 이들 불부합 원인들이 모두 상호 연관성을 가지게 되므로 수치지도와 지적도의 불부합 문제는 매우 접근하기 힘든 과제라 할 수 있다(행정자치부, 2003). 본 연구에서는 우선 수치지도와 지적도간의 불부합 원인을 알아보고 제작된 수치지도와 지적도의 중첩을 위한 지도의 변환방법에 대한 조사를 수행하고자 하였다. 그리고 현재 이들 두 가지 형태의 지도의 중첩을 위한 지도의

변환에 활용되고 있는 대표적인 알고리즘에 대하여 조사하여 이들의 상호비교를 수행하고 이들에 대한 중첩방안을 모색함으로써 불부합 해결방안으로 제시하고자 하였다.

2.1 기준점체계

우리나라의 평면직각좌표계는 3개의 투영원점을 기본으로 구성되며, 북위 38°를 기준으로 동경 2°씩 구획되어있다. 이와 같이 3개의 투영원점을 기준으로 전국을 동부, 중부, 서부로 구분하여 평면직각좌표계를 달리하고 있으며, 모든 지역의 좌표가 양수가 되도록 종축에 500,000m(단,

<표 1> 수치지도와 지적도의 도면정보 비교

항 목	지적도	지형도	비 고
기준점체계	지적삼각점→ 지적삼각보조점→도근점	삼각점→삼각보조점→ 도근점	정밀도를 높이기 위하여 지적삼각점은 삼각점을 포함하는 것이 바람직함
투영법	가우스상사이중투영	가우스크루거(TM)	경위도의 역변환 후 재투영하는 방법
정 도	mm단위 공차발생(가령, 1/500 축척은 공차가 50mm)	미터단위 공차발생	오차가 다른 경우 도면간 불일치 발생
코드 (레이어포함)	지번 지목(24개) 경계선 행정구역코드 등 분류방식	대/중/소/세분류	지적도와 지형도의 분류 체계 다름 지형도에서 지적도 분류 방식을 수용하는 것이 바람직함
심볼	심볼수 소수	코드분류에 따른 심볼수 많음	서로 교집합되는 부분 이외의 경우 협의 필요
축척	대·중축척 (1/500 ~1/6000)	중·소축척 (1/5,000 ~1/2,500,000)	축척의 상이로 정도 차이발생 임야도인 경우 1:1,000이나 1:5,000 수 치지도를 활용 가능.

출처 : 국립지원, 1998

제주도는 550,000m), 횡축에 200,000m의 정수값을 부여하고 있다. 그러나 우리나라의 삼각점 성과에는 모두 경도에 10.405"를 가산하여 투영을 실시하여야 하므로 10.405"를 삼각점 성과에 가산하여 투영하느냐 또는 투영원점에 10.405"를 가산하여 투영하느냐에 따라 매우 상이한 결과를 초래하게 된다. 이러한 문제는 수치지도 뿐만 아니라 지적성과에도 보다 신중하게 고려되어야 할 것이다.

수치지도와 지적성과 모두 앞서 설명한 것과 같은 3개의 투영원점을 기준으로 평면직각좌표를 계산하고 있으나, 국가기준점 성과와 수치지도는 Gauss-Krüger 투영법을 사용하는 반면, 지적성과에서는 가우스상사이중투영법(Gauss Conformal Double Projection)을 채택하고 있다. 그러나 지적성과에는 토지조사사업 이전에 이미 특별히 원점을 설정하여 측량을 실시한 지역에 대해 구소삼각원점을 중심으로 평면좌표가 구성되어 있다(국립지리원, 1998).

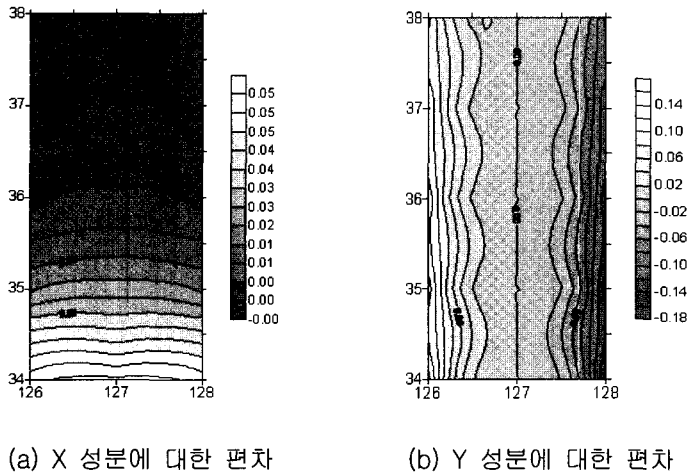
2.2 투영원점

지적측량에서는 1910년 토지조사사업 당시 투영법에 있어서 가우스상사이중투영법을 채택하였으며, 항측도에서는 해방 이후 우리나라의 구면좌표를 계산함에 있어 가우스-크뤼거 투영법을 채택하여, 기존의 지적측량에서 채택한 가우스상사이중투영법과 혼용되고 있다(국립지리원 1998).

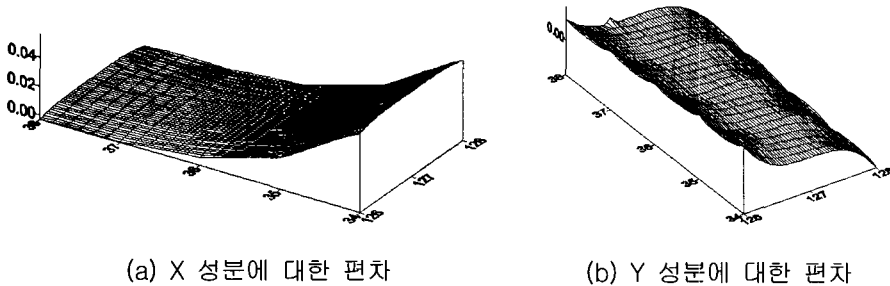
1910년대 토지조사사업 당시 사용한 회전타원체의 제원은 Bessel치를 사용했으며, 평면좌표 계산을 위한 투영법으로 가우스상사이중투영법을 사용하였다. 이 투

영법은 1822년 덴마크 왕립이학협회의 현상공모에 당선된 가우스 이론에 의한 것이다. 그러나 가우스상사 이중투영법은 계산상 어려움이 많은 단점을 내포하고 있어 이를 보완한 것이 Gauss-Krüger 투영법이며, 현재 독일, 일본 등 여러 국가에서 사용하고 있다. 우리나라는 해방이후 구면좌표를 계산함에 있어 세심한 검토 없이 일본의 서적에 따라 Gauss-Krüger 투영법을 적용하여 기존의 가우스 상사 이중투영법과 혼용하게 되었다. 또한 토지조사사업 당시 경위도를 평면좌표로 계산한 공식이나 양식 등이 아직까지도 확실하게 알려지지 않은 채로 사용되고 있는 실정이다. 따라서 국가기준점과 수치지도의 평면좌표체계는 Gauss-Krüger 투영법인 횡 메르카토르 투영법을 사용하고 있으며, 지적기준점과 지적도는 가우스상사 이중투영법을 사용하고 있어 수치지도와 지적정보의 연계시 기준점체계와 좌표체계에 따른 불일치 문제가 야기된다.

가우스상사 이중투영법과 Gauss-Krüger 투영법에 의한 평면좌표의 차이는 [그림 1]과 [그림 2]와 같이 일반원점이 설치된 지역에는 큰 차이가 없지만 남부로 내려갈수록 X에 대해 0.05m, 중앙경선에서 멀어질수록 Y에 대해 0.14m까지의 차이가 발생한다. 그러나 이러한 투영법상의 차이는 수치지도와 지적정보를 연계함에 있어 수치지도의 좌표표현이 소수점 2째 자리(cm 단위)로 제한되기 때문에 불부합 원인에 있어 큰 영향을 끼치지 않는지만, 향후 수치지도와 지적정보의 연계·활용과 측량성과의 상호보완을 위해 보다 체계적인 정립이 이루어져야 할 것이다.



[그림 1] 가우스상사 이중투영법과 Gauss-Krüger 투영법의 차 - I (cm 단위)



[그림 2] 가우스상사 이중투영법과 Gauss-Krüger 투영법의 차 - II (cm 단위)

2.3 도엽체계

(1) 도엽코드

2.3.1 수치지도의 도엽체계

수치지도는 수치지도작성 작업규칙에 근거하여 제작되고 있으며, “표준코드”라 함은 수치지도를 구성하는 도엽코드, 레이아웃코드 및 지형코드로 구분한다.

현재 측량법에서 사용하는 인덱스 방법은 도엽코드를 그대로 사용하는 방법으로 도엽코드의 처음두 자리는 북위를 표시하고 셋째자리는 동경의 끝자리를 의미한다 <표 2>.

<표 2> 측량법상의 도엽코드에 의한 축척별 도면인덱스 방법⁵⁾

축척	도면폭	도엽코드
1/50,000	15'	경위도를 1. 간격으로 분할한 지역에 대하여 다시 15'씩 16등분하여 하단 위도 두자리 숫자와 좌측경도의 끝자리 숫자를 합성한 뒤 해당코드를 추가하여 구성한다.
1/25,000	7' 30"	1/50,000 도엽을 4등분하여 1/50,000 도엽코드 끝에 1자리 코드를 추가하여 구성한다.
1/10,000	3'	1/50,000 도엽을 25등분하여 1/50,000 도엽 끝에 2자리 코드를 추가하여 구성한다.
1/5,000	1' 30"	1/50,000 도엽을 100등분하여 1/50,000 코드 끝에 3자리 코드를 추가하여 구성한다.
1/1,000	18"	1/10,000 도엽을 100등분하여 1/10,000 도엽코드 끝에 2자리 코드를 추가하여 구성한다.
1/500	9"	1/1,000 도엽을 4등분하여 1/1,000 도엽코드 끝에 1자리 코드를 추가하여 구성한다.

출처 : 국립지리원, 1998

(2) 레이어코드

(3) 지형코드

도엽코드로 분류된 파일의 부속코드로서 <표 3>과 같이 분류한다.

지형코드분류는 수직구조로 대분류, 중분류, 소분류, 세분류로 각각 구분하며 분류별로 코드를 부여 한다.

<표 3> 도엽코드로 분류된 파일의 부속코드

현재 국가지리정보체계구축 추진위원회 표준화분과 위원회에서 수치지도작성 작업규칙(건교부령 제17호), 수치지도작성 작업내규(국립지리원내규 제71호)등의 관련표준을 근거로 하여 국가기본도 표준화를 추진하고 있으며, 국가기본도 표준(안)에서는 지형지물에 대한 코드를 <표 5>와 같이 부여한다(국립지리원, 1996).

레이어코드	내용
1	철도
2	하천
3	도로
4	건물
5	지류
6	시설물
7	지형
8	행정 및 지역경계
9	주기

<표 4> 지형코드의 대 분류

레이어코드	내용	레이어코드	내용
1	철도	6	시설물
2	하천	7	지형
3	도로	8	행정 및 지역경계
4	건물	9	주기
5	지류		

<표 5> 기본도의 지형지물에 대한 대분류

분류코드	대분류명	분 류 내 용
A	시설물	시설물 등에 관련한 종류별 분류를 포함한다.
B	수 계	물과 관련된 정보로 해양정보와 하천 및 호소 정보를 포함한다.
C	지형/지질	지질, 지형, 고도, 등의 정보를 포함한다.
D	식 생	논, 축지, 산림지, 등의 정보를 포함한다.
E	행정/경계	인위적, 자연적, 용도 등에 의하여 구분된 지역, 구역 등의 정보를 포함한다.
F	지 적	지적과 관련한 내용을 포함한다.
Z	일 반	기준점, 편차, 주기 등의 내용을 포함한다.

<표 6> 축척에 따른 지형지물코드 현황

	1/1,000	1/5,000	1/25,000
지형지물코드	186개(속성코드 578)	406개	298개

2.3.2 지적도의 도엽체계

지적도의 도곽선은 평면직각좌표의 원점으로 부터 계산하여 1도엽의 중횡선 지상거리로 나누어 구획하며, 구소삼각지역은 구소삼각원점으로부터 계산하여 도곽선을 구획함으로 일반원점과 일치하지 않는다.

<표 7> 지적도의 축척별 도곽 크기

축척별	도상규격	지상거리(m)	포용면적(m ²)	원점지역
1:500	30cm×40cm	150×200	30,000	일반원점
1:600	1.1자×1.375자	200×250	50,000	
1:1000	30cm×40cm	300×400	120,000	
1:1200	1.1자×1.375자	400×500	200,000	
1:2400	1.1자×1.375자	800×1,000	800,000	
1:3000	40cm×50cm	1,200×1,500	1,800,000	
1:6000	40cm×50cm	2,400×3,000	7,200,000	
1:600	1자×1.1자	100×125	41,322.31	구소삼각원점
1:1200	1자×1.1자	200×250	165,289.26	
1:2400	1자×1.1자	400×500	661,157.02	
1:3600	1.1자×1.5자	600×750	1,478,603.3	
1:6000	1.1자×1.5자	1,200×1500	5,950,413.2	

<표 8> 지적파일에 등록하는 축척구분 코드

구 분	축 척	축척구분 코드	대상지역
토지대장 등록지 (지적도)	1:500	05	시가지역
	1:600	06	시가지역
	1:1000	10	농업생산 기반정비사업 지역
	1:1200	12	농촌지역
	1:2400	24	
	1:3000	30	
	1:6000	60	
임야대장 등록지 (임야도)	1:3000	30	시가지 부근의 산간지역
	1:6000	60	기타 산간지역

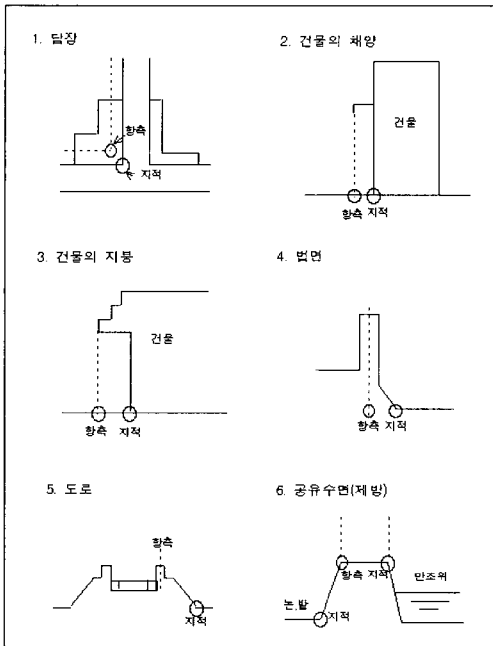
2.4 경계설정기준

수치지도 제작을 위한 수치도화 규정과 지적도 작성을 위한 지적현황측량, 항측도 사이의 차이는 수치지도와 지적도를 연계하는데 많은 불일치의 원인이 된다. 우선 지적도 자체내에서도 현황측량에 의한 지적도와 항측에 의한 지적도 사이에 차이가 발생하며, 현황측량성과도와 항측도 사이의 차이를 살펴보면 다음과 같다. 지적법 시행규칙 제30조에 의하여 지상구조물 또는 지형·지물이 점유하는 위치현황을 지적도 또는 임야도에 등록된 경계와 대비하여 표시하며, 필요한 경우 현황측량을 실시하여 그 결과물로 현황측량성과도를 작성하게 된다. 현황측량성과도의 작성을 위해 지형, 지물 또는 지상구조물을 대상으로 측량을 실시하는데 이에 대한 경계설정기준은 지적법 시행령 제26조에서 정하고 있지만, 항측에 의한 경계는 법규로 지정한 바는 없으나 도식규정 및

수치지적도 작성 작업 규칙을 참고로 건물, 담장, 법면, 도로 등에서 현황측량도와 경계설정기준의 차이가 나타나고 있다.

따라서, 수치지도 제작을 위한 도화 작업시 경계설정기준과 지적도 제작을 위한 경계설정기준에는 많은 차이가 나타나며, 이에 대한 협의를 통해 경계설정기준이 마련되어야 할 것이다(정상균, 2000). 실제 수치지도와 지적도내에서 발생하는 경계설정의 차이를 살펴보면, 농경지의 경우 항측은 경사면의 상, 하단부를 도화하지만 지적의 현황측량에서는 하단부를 측정하게 된다. 또한 건물의 경우 지적의 현황측량에서는 건물 외벽을 기준으로 경계를 설정하나, 항측 도화에서는 건물의 처녀와 장애물 등으로 인하여 표시방법이 달라진다. 지적도상의 경계선은 지적법상에서 명시하고 있는 경계설정기준을 따르도록 되어 있다. 항측에 의한 경계설정은 법규로 지정된 바는 없으나 항공사진상에 나타난 경계선을 위주로 작업을 한다. 그

러므로 [그림 3]에서 보는 바와 같이 건물, 담장, 법면, 도로 등에서 두 지도간에 경계에 대한 개념의 차이가 나타난다(강준목 외, 1999).



[그림 3] 지형도의 지적도의 경계설정 차이

2.5 정확도기준

2.5.1 자동독취 정밀도

스캐너의 정밀도는 감지기에 의해 보여지는 픽셀의 크기에 따라 정해진다. 스캐너의 해상도는 400dpi 이상, 스캐너의 범위는 900mm×600mm 이상이어야 한다. 독취된 파일과 도곽 좌표와의 차이가 도상 0.2mm 이상일 경우에는 재독취 하여야 한다. 수치지도제작규정에서는 해상도를 400dpi 이상으로 규정하고 있으며, 지적도

전산화에 있어서도 400dpi 이상으로 하고 허용범위를 ±0.1mm 이내로 하는 것이 적당하다. 따라서 스캐너에 의한 계측 운용 기준은 계측에 의한 독취 정밀도를 독취도형의 최소화선폭의 1/2을 표준으로 하고 도곽 4모서리의 잔존오차는 수치 데이터 좌표로 최대 2화소로 함이 적당하다.

2.5.2 벡터편집의 정밀도

수치지도에서는 래스터 데이터와 최종 벡터 데이터를 화면에서 비교하여 도상 0.2mm 이내 이어야 하며, 확인용 출력 도면을 지도 원판과 비교하여 상대최대오차가 0.7mm, 표준편차가 0.4mm 이내 이어야 하는 것으로 규정하고 있다. 따라서 지적도 입력 작업에서도 이 규정을 준용하는 것이 타당하다.

2.5.3 인접도면의 접합보정의 정확도

도곽점의 접합은 0.2mm 이내로 하며, 경계점의 경우에는 정합의 경우와 같이 0.3mm 이내로 한다.

3. 수치지도와 지적도의 정합방안

3.1 지도변환기법

이상에서 알아본 원인들에 의해 수치지도와 지적도간의 정합 문제 이전단계에서 많은 오차요인을 내포하게 된다. 그러므로 이러한 오차의 원인에 대한 근본적인 대책의 수립이 우선시 되어져야 하나 이

는 현실적으로 불가능하게 보이므로 당면한 문제의 해결을 위해서는 근본적 문제의 접근과 같은 비현실적 접근방법을 탈피하여 현 단계에서 실현 가능한 방안의 강구가 필요한 시점이다. 따라서 근본적 원인의 개선은 장기적인 발전 차원에서 추진되어야 하며, 현 단계에서는 가능한 이론을 도출하고 이를 적용함으로써 부분적 활용을 유도해야 할 것이다. 그러므로 본 연구에서는 지도변환 기법을 이용해 재변환함으로써 현재의 수치지도와 지적도의 중첩 방안을 모색하고자 하였다.

지도변환에는 Affine 변환, 2차 다항식 변환 및 PLRS(Piecewise Linear Rubber Sheet)변환 방법 등이 있으며, 본 연구에서는 세가지 변환 방법에 대한 알고리즘을 살펴보고 이들의 정확도 분석 사례를 바탕으로 이들 변환방법에 대한 지도변환 정확도를 비교 고찰하였다.

수치지도와 지적도의 지도변환방법에 의한 중첩 정확도를 분석한 사례를 살펴보면 동일한 조건하에서 PLRS의 지도변환에 의한 중첩방법에서 Affine과 2차 다항식 변환방법에 비해 향상된 정확도를 보임을 보고하고 있다. 그러나 PLRS변환 방법은 각각의 piece에 대한 변환인자가 서로 상이하기 때문에 경계선에서 미소량의 불일치가 발생하고 있는 것이 파악되고 있다. 이러한 지도변환방법들에 대한 사례 연구결과는 한 지역의 대상지에 국한하여 실시한 결과이고 지적전산화가 이미 완료된 데이터를 이용하여 수행한 점을 감안할 때 기존 도해지적도의 전산화 과정에서 발생한 오차의 보정과 보다 근

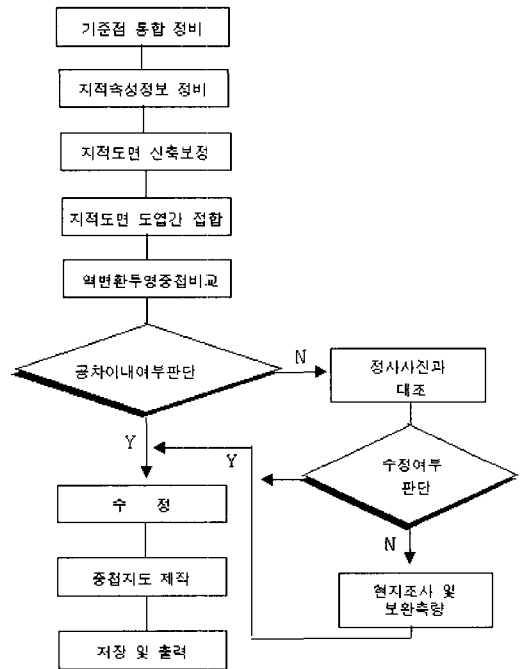
본적인 도해지적도의 특성에 대한 고려 유무를 고려하지 않은 상태이다. 또한 지도변환을 위한 기준점의 선정에 있어 수치지도와 지적도상에 나타나 있는 동일지형요소를 선점할 때 정확한 지형요소로부터 결정하여야 하며, 동일한 지형요소라 할지라도 지적도와 수치지도간의 경계선 측량방법이 상이한 결과로 인하여 좌표 독취값이 서로 다를 수도 있을 것이다. 그리고 기준점의 수와 기하학적 분포가 변환의 성과에 영향을 미치게 되므로 위의 결과값에 대해서는 제한적으로 수용하여 활용하여야 할 것이다. 그러므로 수치지도와 지적도의 정합에 있어 매우 중요한 요인인 지도의 변환방법의 선정을 위해서는 가능한 모든 오차요인들을 고려하고 도해지적도의 대상지역과 그 특성을 면밀히 검토하는 한편 지도변환을 위한 기준점과 기하학적 분포상태에 따른 검증 등을 포함한 다양한 접근에 의한 검증이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

3.2 수치지도와 지적도의 연계

수치지도와 지적도의 연계 작업은 다음과 같은 방법으로 추진하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 우선 수치지도와 지적도의 도곽규격 및 표시단위, 도엽 체계를 단일화 하여야 할 것이다. 이는 현시점에서 단기적 개선방안으로 도면을 중첩하여 활용할 경우 기준이 되는 도곽선의 치수가 일치하지 않으므로 공통 기준점을 기준으로 하여 중첩하여 활용해야 할 것이다. 두 번째, 수치지도와 지적도의 연계

를 위해 지형도의 정비와 더불어 지적도의 정비가 반드시 이루어져야 할 것이다. 지적도의 정비에는 세부측량원도나 폐쇄도 등을 이용한 지적도면의 신축보정과 현황측량도를 이용한 지적불부합지의 정리를 들 수 있다. 세 번째, 제도적으로 이원화 되어 있는 측량기준점과 좌표계를 통합 정비하여야 한다. 대부분이 선진 외국에서 지적도와 지형도가 단일 도면으로 사용되고 있는 것은 동일한 기준점과 좌표계의 사용으로 가능했으며 제도상 지적도와 지형도의 제작 및 관리가 같은 부서에서 이루어지고 있기 때문이라 하겠다. 우리나라의 경우 건설교통부와 행정자치부로 이원화 되어 국가기준점과 지적삼각점이 별도로 설치되어 관리되고 있으며 지적삼각점의 경우 그 정확도가 국가기준점에 비해 현저히 낮은 정도를 지니고 있다. 그러므로 현재 4등 삼각점 수준인 지적삼각점의 정도를 1,2등 삼각점과 연결하여 2,3등 삼각점의 성과로 향상시켜 동일 기준점으로서 활용할 수 있도록 해야 한다. 좌표계의 경우에서도 지적도와 수치지도가 사용하고 있는 투영방식의 차이에 의해 발생하는 불부합을 해소하기 위해 투영이론에 근거한 변환방법을 사용하여야 한다. 수치지도와 지적도의 평면좌표는 모두 Bessel 타원체상의 경·위도를 서로 다른 투영법을 이용한 것이므로 가우스상사이중투영과 가우스크뤼거투영의 상호변환은 경위도 성과를 매개체로 한 간접변환을 사용하는 것이 타당할 것이다. 즉, 지형도에서 지적도를 활용할 경우 가우스상사이중투영의 역변환으로 경위도 성과를

산출하고 이를 다시 가우스크뤼거투영에 의해 평면좌표를 계산하는 것이다. 그리고 네 번째, 공통기준점을 이용한 지도변환방법으로 초래한 수치지도와 지적도의 경계가 일치하도록 지도 중첩을 수행해야 할 것이다.



[그림 4] 수치지도와 지적도의 정합작업

3.3 수치지도와 지적도의 정합성 확보방안

3.3.1 정합결과의 활용분야를 고려한 정합방안

수치지도와 지적도간의 정합성 확보에 있어 지적도간 불부합 그리고 지적도와 수치지도간의 불부합의 원인이 되는 각종 요인들의 영향을 배제한다면 수치지도와 지

적도의 정합에 의해 획득되는 결과에 대한 활용분야와 정합목적에 따라 정합정확도를 비롯한 작업방법을 달리 설정할 필요가 있다. 수치지도와 지적도의 정합 목적과 활용분야를 고려하여 크게 두 가지로 대별한다면 위치정보의 추출이 가능한 도면의 작성과 국토정보의 구축을 위한 DB화 정보획득으로 대별 가능할 것이다. 이는 수치지도와 지적도면의 정합이 이루어진 통합도면에서 필지에 관련된 면적측정, 필지경계설정 등과 같이 위치정보에 의해 수행되어지는 업무의 효율적 지원을 위한 경우에는 높은 정합정확도를 요구하게 되므로 정합에 있어 상당히 신중을 기하여야 한다. 반면에 국토정보의 관리를 위한 DB의 구축차원일 경우에는 정합정확도를 다소 낮게 설정하여도 큰 무리는 없을 것이다. 그러므로 목적에 따라 정합정확도를 적절히 조정하고 이에 따르는 보정작업의 수준을 결정해야 할 것이다. 이러한 설정 작업은 정합에 있어 효율성의 확보를 위해 매우 중요한 절차가 될 것이다.

3.3.2 정합작업의 효율성을 고려한 정합방안

수치지도와 지적도의 정합에 있어 작업의 효율성측면을 기준으로 할 경우에도 그 정합을 위한 작업방법에 차이를 두어야 할 것이다. 최근에 발표되고 있는 각종 논문과 연구수행 결과를 검토해 보면 정합정확도의 확보를 위한 다양한 방법이 제시되고 있으며 비교적 높은 정확도를 확보한 성과가 제시되고 있다. 그러나 이러한 성과의 검토시 정합정확도의 요소만을 고려해서는 안 될 것이다. 정합을 필

요로 하는 대상지역이 전국토를 대상으로 한다면 정합정확도 이외에 작업의 신속성과 용이성을 검토 대상요소로 포함시켜야 한다. 아무리 높은 정확도의 확보가 가능한 방법이라 해도 실제 작업에 많은 시간이 소요되고 그 작업과정에 있어 높은 전문성을 요구하게 된다면 이 방법은 일부 지역에 제한적으로 이용될 수밖에 없을 것이다. 만일 높은 정확도에 기준을 두어 대상지역의 특성에 따라 정합방법 및 보정방법을 달리할 경우에는 지역마다 발생하는 오차가 상이하여 또 다른 2차적인 불일치 문제가 발생할 수 있을 것이다. 그러므로 현재 제시되고 있는 정합방법들의 정합정확도와 정합을 위한 작업의 효율성을 충분한 재검토를 통해 통일된 작업방법을 결정하는 것이 무엇보다 시급하다고 판단된다. 현재 도면정합에 있어 이러한 기준이 마련되지 않고 정합작업을 주관하는 기관에 따라 제각기 다른 보정방법과 전산화방법 그리고 지도변환을 수행함으로써 지적도면간 또는 지적도와 수치 지도간 정합에 있어 큰 불일치를 발생시키고 있는 것이다. 국토의 효율적 관리와 양질의 대민 서비스 그리고 행정업무의 신뢰도의 확보가 시급한 현시점에서 보다 현실적인 수치도면의 작업기준의 마련은 무엇보다 시급히 진행되어야 할 과제이며 이러한 과정이 없이는 2차, 3차적인 문제가 발생하게 될 것이다. 현시점에서 모든 정합방안에 대한 정확한 검증이 이루어지지 않았으므로 어떠한 방안이 정확도의 확보와 작업의 효율성의 확보라는 두 가지 요소를 두루 만족시킬 수 있는 것인지는 확인하기 힘들다.

3.3.3 수치지도기반 정합방안

최근에 많이 이용되고 있는 정합방법으로 NGIS사업의 일환으로 제작된 1/1,000과 1/5,000의 수치지도를 기반으로 하여 전 도면을 대사, 도곽 접합차를 해소하는 방법을 들 수 있다. 이 방법은 수치지적의 작성을 위한 현지측량을 상당히 생략할 수 있어 현지측량에 소요되는 엄청난 예산과 인력을 절감하고 행정구역별, 도엽별, 축척별로 작성된 지적도면을 연속 도면으로 작성할 수 있다. 이 방법을 이용할 경우, 지적법령에 의한 토지경계 결정방법과 지형도 제작에서의 경계현황측정방법이 동일해야 된다는 점을 주의해야 한다. 도곽의 접합에 의한 연속도면의 작성이 가능한 반면, 도면내 경계불일치를 피할 수 없으나 이러한 경계불일치 부분을 컴퓨터로 추출하여 경계조정이 가능하므로 경계조정제도와 같은 새로운 제도를 도입 시행할 경우 장기적으로 제조사의 효과도 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 방법은 수치지도의 정확도가 지적도의 정확도보다 높다는 가정하에 지적도를 수치지도에 정합한 방법이나 수치지적도와 수치지도와의 정합에 있어서는 수치지적도가 보다 높은 정확도를 확보하고 있으므로 수치지적에 수치지도를 정합하여 활용하는 방안도 제시될 수 있을 것이다. 이 방법은 현지실측에 의해 획득된 성과를 이용하게 되므로 전국을 대상으로 할 경우에는 많은 인력과 시간, 비용이 크게 소요된다는 단점을 가지고 있어 장기적 측면에서 고려할 수 있는 방법이므로 현지점에서는 고려하기 어려운 실정이다. 현재 현지실측에 의해 작성된 수치지적도의 비

율이 전 지적도면의 약 3%정도이므로 수치지적이 제작되어 있는 제한적인 지역에서만 활용이 가능할 것이며 이에 대한 정합은 매우 양호한 결과를 보이는 것으로 보고 되고 있다.

3.3.4 정사영상을 이용한 정합방안

수치지도와 지적도를 중첩하여 연계하는데 있어 수치지도와 지적도의 현지 부합 정도를 파악하기 위해 현지현황측량을 실시하여 현황측량 성과도를 작성한 후 중첩하여 비교할 수 있으나 위에서도 거론하였듯이 현지현황측량은 시간·인력·비용면에서 많은 어려움을 안고 있으며 현지측량 작업을 원활히 수행하기 위해서는 원점 및 측량기준점 정비가 체계적으로 선행되어야 하는 난제를 가지고 있음으로 정사사진을 제작하여 수치지도와 지적도를 중첩하는 방식이 제시되고 있다. 정사사진은 중심투영원리에 의해 촬영되는 항공사진으로부터 작성된 양화필름을 스캐닝하여 왜곡이나 변위를 편위수정과정을 거쳐 제거하고 물체의 실제 지리적 위치를 나타내어 이 사진을 컴퓨터에서 사용가능한 데이터로 이미지화한 것을 말하는 것으로 최근에 들어 수치지도와 지적도간의 연계를 위한 방법으로 제시되고 있다(강준묵 외, 1999). 외국의 경우에는 정사사진지도가 기존 비연속 지도 및 지적도를 연속지도 및 지적도로 재작성 하기 위한 지원방식으로서의 가능성을 확인하고 기존지도 및 지적도를 전국 평면좌표계로 연결시키는 간단한 방법으로 사용하고 있는 사례를 찾아볼 수 있다(류병찬, 1999;

행정자치부, 1998). 우리나라의 지형도와 지적도의 정합시 이러한 정사사진은 비연속성을 갖는 부분을 수정하는데 참고가 될 수 있으며, 이는 정사사진을 중첩도면 축척과 동일하게 도해적으로 작성하거나 수치정사사진지도를 작성하여 중첩도면과 도해적으로 또는 스크린 상에서 대조함으로써 실세계에 부합하는 보다 정확한 경계선을 결정할 수 있게 된다. 국내에서 정사사진 도면제작을 실시한 창원시에서는 시지역의 경우에는 수치지적측량을 실시하였으나 시외곽 지역의 기존 지적도 지역에는 대공표지를 설치하여 정사사진으로 비교하는 방법으로 경계결정을 하였다. 이러한 사례로 보아 정사사진은 지형도와 지적도의 정합시 오차의 수정을 위하여 현장조사를 실시하지 않음으로써 전국토를 대상으로 할 경우 비용, 시간, 인력이 막대하게 소요되는 현장조사를 대체할 수 있는 방안이 될 수 있다. 그러나 시가지에서는 건물의 높이 등으로 인한 기복변위 때문에 어려움이 예상되어 농촌 지역에 비하여 효율성이 다소 떨어진다고 할 수 있으며 현재까지 정사사진을 이용한 합리적이고 구체적인 수정방안의 연구가 매우 미흡한 실정으로 장차 정사사진을 이용한 국내의 수치지도제작, 지적측량업무의 여건에 맞는 구체적 수정방안에 대한 연구개발이 필요하다.

3.3.5 공통 도형정보를 이용한 정합방안

수치지도와 지적도간의 정합을 위한 다른 접근방법으로 수치지도와 지적도에 포함된 공통 도형정보를 이용하여 정합하는

방법을 제안할 수 있다. 이 방법은 도해 지적도의 전산화를 위해 도해지적도를 스캐닝한 래스터데이터를 이용하는 것으로 수치지도와 공통으로 존재하는 도형, 예를 들어 도로(가로망)를 매개로 하여 수치지도의 벡터데이터와 지적도의 래스터데이터를 기하보정방법에 의해 정합하는 것이다. 기하보정방법은 래스터데이터가 가지고 있는 기하학적 왜곡의 보정은 물론 기준이 되는 좌표계와의 정확한 정합에 의해 각기 다른 성격의 데이터를 일치시킬 수 있는 기법이다. 이 과정에서 도해지적도의 신축, 훼손 등과 같은 기하학적 왜곡에 대한 보정을 수행되어질 수 있게 되므로써 정합을 위한 지적도면의 전산화후의 보정작업을 상당수 줄일 수 있다는 장점을 지닌다. 그리고 수치지도에서 직접 공통기준점을 취득하게 되므로 수치지도 작성상의 오차를 배제할 수 있으며 기준점의 수와 배치상태를 적절히 고려한다면 매우 양호한 결과를 도출할 수 있을 것이다. 이 두 데이터간의 기하보정이 완료된 후 보정된 지적도의 래스터데이터를 벡터화 함으로써 수치지도와 정합이 이루어진 상태의 지적전산화도면을 획득할 수 있게 된다. 단, 이 방법은 기준점의 상태와 수 그리고 배치상태에 따라 그 정합정확도가 크게 달라지게 되므로 기준점의 선정과 기준점 수의 결정 그리고 배치양상에 따른 정합정확도의 검증이 선행되어야 할 것이며 기준점 확보를 위한 작업시간을 다소 요하게 된다는 점을 고려해야 한다. 또한 원도면이 왜곡정도에 따라 기하보정 후 도형정보 등에 변형이 발생할 수 있다는 점을 고려

해야 하며 연속도면을 정합하였을 경우 경계선의 차이가 발생할 수 있으나 이는 위에서 기술한 기준점의 사용정도에 따라 조정할 수 있을 것이다. 이 방법은 비교적 높은 정합정확도의 확보가 가능하고 지적도면의 래스터데이터를 이용 한다는 점에서 기존의 전산화에 의해 획득되어지는 지적전산데이터를 이용하는 방법과 차별성이 있다. 또한 도곽의 접합과 도면내 경계불일치 정도를 감소시키기 위해서 도곽의 좌표성과를 기준점으로 추가하여 사용한다면 보다 높은 도곽접합 정확도를 확보할 수 있을 것이며 도면내 경계 불일치의 경우는 연속된 도면의 경계에 공통으로 존재하고 있는 도형정보를 추출하여 이를 기준으로 사용한다면 경계불일치의 문제도 어느 정도 해소될 것으로 생각된다.

본 연구에서 제시되고 있는 수치지도와 지적도간의 정합문제는 위에서 거론하였듯이 위치정보의 획득을 위한 목적이 아닌 국토정보의 DB화와 GIS 및 LIS등에서의 활용을 목적으로 한다면 위에서 소개한 다양한 정합방안들에 의해 이를 만족시킬 수 있는 정합을 수행할 수 있다고 사료된다. 이는 대축척의 지적도를 이보다 소축척인 수치지도를 기준으로 정합을 수행할 시, 실제 지적도면의 정보 중 정합도면에 표현할 수 있는 정보는 지면 정도의 극소수의 양이 되며 이러한 축척의 차이가 심하게 발생하는 도면의 접합에서는 통상적으로 현재 활용되고 있는 정합방법을 사용한다 하더라도 허용 범위내에서 정합을 이룰 수 있을 것이다. 다른 접근방식으로 수치지도와 지적도의 정합의 목적과 활용을 위치정보의 획득과 활용이

란 차원에서 접근하게 될 경우에는 정합정확도의 검토가 의미가 있을 것이다. 이 경우 정합정확도의 확보를 위해서는 우선 지적도 자체가 가지고 있는 불부합의 원인들과 이의 전산화 과정에서 발생할 수 있는 오차의 요인들에 대한 보정이 우선적으로 이루어져야 한다. 그러나 이러한 불부합의 원인들은 대부분 단기간에 해결될 수 없는 문제들로서 단기적 방안의 수립을 위한 현시점에서는 이들에 대한 영향을 배제할 수밖에 없다. 그러므로 이들 요소를 배제한 상태에서 높은 정합정확도의 확보는 크게 기대할 수 없을 것이며 위에서 제시되고 있는 각종 정합방안 및 방법 역시 각기 고유한 특성을 가지고 있고 각각의 정합방법에는 장기적 해결이 요구되는 요인들을 포함하고 있는 경우도 있다. 또한 이들 각각의 정합방안에 대해 현재까지 정확한 검증이 이루어진바 없으므로 정확도의 확보를 위한 대안을 제시하기 위해서는 보다 다양한 케이스의 설정에 의한 각 방안에 대한 검증이 우선적으로 수행되어야 할 것이다. 이로부터 수치지적과 지적도의 특성과 현실적 접근이 가능한 통일된 정합방안을 결정하여 각기 다른 정합방법의 사용에 따른 혼란과 2차적 불일치발생 문제를 해소하고 결정된 방안을 이용한 도면간 정합의 효율적 수행과 정확도의 향상방안을 논하여야 할 것이며 정확도의 확보를 위해서 다수 보급된 GPS, TS와 같이 첨단 측정 장비의 활용과 도면간 접합의 수행을 위한 GIS 소프트웨어 등에 대한 검토와 검증을 병행하여 이를 적극적으로 활용함으로써 정합 정확도 향상에 대한 해법을 찾아야 할 것이다(행정자치부, 1998).

4. 결론

본 연구에서는 수치지도와 지적도 제작 방법에 따른 특성을 파악하고 좌표체계의 이원화에 따른 문제점, 축척과 정합정확도 문제 그리고 정합시 발생하는 부정합과 불일치의 원인과 정도 등을 심도 있게 파악하고 제반 문제점들을 면밀히 분석하여 효율적인 지도변환기법을 연구함과 동시에 수치지도와 지적도간의 정합을 위한 다양한 방법에 대한 비교·분석을 통해 두 도면간 정합을 위한 단계적 해결방안과 정확성 확보 방안을 제시하였다. 그리고 수치지도와 지적도 자료의 통합 데이터베이스의 구축을 위한 기반을 마련하고 그 품질의 향상을 도모할 수 있는 방안의 모색과 더불어 향후 수치지도와 지적도간의 정합방안에 관한 실용화를 위해 지속적으로 연구되어야 할 과제를 도출하였다.

국토정보의 기반인 수치지도와 지적도간의 연계를 위해서는 정부를 비롯하여 건설교통부와 행정자치부 및 관련기관 그리고 국민들의 공동 노력에 의한 제도적, 기술적 지원이 있어야 할 것이며 장·단기적 대책을 수립하여 이의 실현을 위한 지속적인 연구를 수행함으로써 국토정보의 안정적 구축 및 적극적 활용이 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토연구원 “수치지형도 (1/5,000)와 지적도 자료간 정합성 확보 방

안 연구” 성과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 강준목, 1996, “지적측량을 위한 GPS 측위정확도 분석”, 한국지적학회지, 제12권, 1호.
- 강준목, 최종현, 강영미, 1999, “정사투영 영상지도에 의한 수치지형도와 지적정보의 중첩정확도 분석”, 한국지형공간정보학회논문집, 제7권, 제2호, pp.57-68.
- 강인준, 장용구, 박기태, 1994, “토지정보체계에 있어서 토지대장 데이터베이스 구축”, 한국측지학회지, 제12권 제2호.
- 건설교통부 국립지리원, 1996, “수치지도작성 작업규칙”.
- 국립지리원, 1998, “지형·지적 정보의 연계 활용 연구”.
- 내무부, 한국전산원, 대한지적공사, 1996, “지적도면전산화 시범사업 완료보고서”.
- 대한지적공사, 1996, “필지중심토지정보시스템 구축사업추진”.
- 류병찬, 1999, “한국과 외국의 지적제도에 관한 비교연구”, 단국대학교 대학원, 박사학위논문.
- 정상균, 2000, “수치지도와 수치지적도의 상호관계 비교 연구”, 명지대학교 석사학위논문.
- 한국건설기술연구원, 1998, “국가지리정보체계 구축사업 발전방안 연구”.
- 한국전산원, 1996, “지적도면 전산화 시범시스템 완료보고서(대전광역시 유성구를 대상지역으로)”.
- 한국전산원, 1995, “통합지리정보 시범시스템 개발보고서”.
- 행정자치부, 2003, “지적불부합지 정리를 위한 학술연구”.
- 행정자치부, 1998, “통합문제관련 해외사례”.