

지형 및 지적자료의 통합체계 구축 An Implementation of Integrated System for Topographic and Cadastral Data

유복모* · 김갑진**

Yeu, Bock Mo · Kim, Gab Jin

요 旨

지형공간정보체계 중 토지정보체계를 통하여 지형 및 지적자료의 통합활용에 관한 사용자들의 요구는 계속 증가하고 있어 그 해결방안에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 지형 및 지적자료의 통합에 따른 문제점 해결을 위하여 자료의 오류유형검출 및 조정기법을 다루었다. 이를 위하여 먼저 도형자료와 속성자료로 나누어져 있는 지적자료의 1차 통합자료모형을 구현하였고 다음으로 지적자료 중 도형자료를 지형자료의 도형자료와 일치시키는 개선된 방법으로 지적자료와 지형자료에 대한 2차 통합자료모형을 구현하였다. 이와 같은 연구로부터 도형자료(지적도면)와 속성자료(부동산관리체계)가 이중으로 관리됨으로써 생기는 각종 오류유형 및 원인을 확인하였고, 1차 통합자료모형을 제작하여 이들 오류에 대한 개선 방안을 제시할 수 있었다. 또한 지적도를 지형도에 일치시키기 위하여 일반적인 rubber sheeting, 좌표변환 등 기존의 방법을 이용한 경우보다 본 연구에서 개발한 다중블록조정기법을 적용한 결과, 기준점과 필지 면적에 있어 보다 향상된 정확도를 확보함으로써 2차 통합자료모형을 구현할 수 있었다.

ABSTRACT

With the increasing needs for the integrated use of topographic and cadastral data in order to build an efficient geo-spatial information system, it is urgently necessary to research into its solution. The intention of this study is to detect error types of data and to propose adjustment methods for solving the problems caused by integrating topographic and cadastral data. For this purpose a primary integrated data model is created to link attribute data(land management system) and graphic data within cadastral information in the first step. In next, a secondary integrated data model based on the improved method is formed to coincide the graphic data of cadastral map with that of topographic map. At the first, because a numerous error types and sources caused by separate management of graphic and attribute data are easily checked, it is possible to suggest an improved method to correct these errors using the primary integrated data model. In addition, the accuracy in position and area with coordinate transformation method based on multi-block adjustment is more efficient than rubber-sheeting method. As a result, the secondary integrated data model could be built by harmonizing cadastral map with topographic map using the improved solution.

1. 서 론

1960년대 자원관리를 목적으로 시작된 지형공간정보체계는 초기에는 국가가 중심이 되었으며, 1970 년대에 들어 전산관련 하드웨어와 소프트웨어가 급격히 발달함으로써 체계의 성능 역시 급격히 발달되었고, 최근에는 전산기의 주변기기 및 응용소프트웨어의 기능이 고급화되

어 전산도형해석이 매우 발달하게 됨에 따라 도면자료를 전산화한 수치지도도 그 활용이 일반화되고 있다.¹⁾

국내에서 제작하여 활용할 수 있는 수치지도에는 크게 지적도와 지형도가 있으며, 지적도의 경우 각 지방자치단체 별로 일부 작성되어 사용되고 있으나, 행정자치부에서 앞으로 3~4년의 계획으로 전국의 지적도를 수치화할 예정이다.

지형도에 대한 국내의 수치지도는 현재 지도제작 담당기관인 국립지리원의 각종 법률, 지침 등을 기본으로 하여 제작되고 있는데, 도심의 경우 축척 1/1,000, 도심의

*정회원 · 연세대학교 교수
**정회원 · 한진정보통신(주)

외곽지역은 축척 1/5,000 그리고 산악지역은 1/25,000을 기본도로 정하여 작업하고 있다.^{2,7)}

수치지도제작을 담당하는 생산자와 제작된 수치지도를 사용하는 이용자가 분리되는 국내의 현실로 인해 그간 생산된 수치지도에 관한 연구가 미흡하였으며, 단지 사용자 측면에서 수치지도를 효율적으로 활용하기 위한 연구만이 주로 이루어져 왔다.⁸⁻¹⁰⁾

지적도의 활용에 대한 요구가 높아짐에 따라 현재 행정자치부에서는 지적도면의 전산화에 대한 기본 방침을 마련하여 3년의 계획으로 추진하고 있어 2000년대 초에는 그 성과가 실제 업무에 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 지적정보와 지형정보는 도형자료의 경계선의 불일치로 각종 관련 체계에서 참고자료로만 활용하고 있으나, 이 또한 지형도는 지형도의 수치지도 활용에만 그리고 지적도는 지적도의 수치화 및 그 활용에만 연구가 이루어졌으며, 지적도와 지형도의 공동 활용에 관한 연구는 지적도와 지형도간의 축척, 경계, 기준점 등의 차이에 따른 불일치에 대한 입장이 서로 달라 제대로 이루어지고 있지 않다.

먼저 본 연구에서는 도형자료인 지적도를 전산화하여 사용할 때 지적정보의 일관성 유지라는 측면에서 기존의 부동산관리체계와 실시간 및 온라인으로 연결하여 사용할 수 있는 연계 알고리즘을 통하여 도형자료와 속성자료의 1차 통합모형을 구성하고 다음으로 도형자료로써 지적도와 지형도의 공동활용을 이루기 위해 지적도를 지형도에 일치시키는 개선된 방안을 마련하여 2차 통합모형을 구성함으로써, 토지정보체계와 기타 정보체계간의 자료의 공동활용을 위한 모형을 제시하고자 한다.

이를 위해 실험대상지역으로 대전광역시 유성구지역에 대한 전산화된 지적도면을 사용하였으며, 부동산관리체계의 연계를 위한 프로그램의 개발은 현재 부동산관리체계의 처리절차를 따라 수행되었고, 1차 통합자료모형의 구축에 따른 자료의 일치성을 확인하기 위해 오류검색 프로그램을 개발하였으며, 2차 통합자료모형의 구성을 위한 지적도의 변환에는 지형과 지적의 경계확인관계로 임야부분은 제외하고 지적부분만을 대상으로 하여 실험을 실시하였다.

이와 같은 연구를 계기로 국가차원에서 추진하고 있는 지형공간정보체계사업에 있어서 토지정보체계와 기타 정보체계들간의 활용 폭을 넓힐 수 있을 것으로 기대되며, 정책적인 측면에서 통합체계 운영의 가능성과 타당성을

반영하는 계기가 되어 보다 발전적인 국가지형공간정보 체계가 이루어질 수 있도록 하는 차원에서 수행하였다.

2. 지형 및 지적자료의 현황

2.1 토지정보체계의 구축

지형공간정보체계는 사용목적에 따라 지리정보체계(Geographic Information System : GIS), 도시정보체계(Urban Information System : UIS), 토지정보체계(Land Information System : LIS), 시설물관리체계(Facility Management System : FMS) 등으로 나눌 수 있다.¹¹⁾

토지정보체계는 토지에 관한 정보를 제공함으로써 토지관리를 지원한다. 토지정보체계의 운영은 자료의 취득과 수집을 포함하고 그들의 처리, 저장, 유지, 검색, 분석, 보급 등도 포함한다. 토지정보체계는 정보의 생산자를 위해서라기보다는 사용자의 이익을 위해 설계되었으며, 또한 토지정보체계의 유용성은 토지자료의 정확성과 접근성에 중점을 두고 있다.

지적의 형태는 모두 토지정보체계의 부수적인 요소들이며, 이들의 기능은 토지와 관련된 가치나 권리를 기록하는데 도움을 준다. 이들 각각은 일련의 지적도를 포함하며 또한 다목적 지적으로 확장될 수 있다.

다목적 지적의 체계 안에서 토지의 소유, 토지경제, 계획, 통계, 관리 등에 대한 정보가 종합되며, 하나의 통일된 체계 또는 작은 체계가 연결된 조직망 안에서 이루어진다. 다목적 지적의 용도는 토지 소유권에 관계된 기록을 유지, 관리하여 토지 소유권 이전문제, 소유자, 주거자, 재산, 가치 등에 대한 상세한 기록으로 토지세 문제, 복잡한 토지분할 등 토지에 관한 문제, 토지와 관련된 종합적인 정보를 제공함으로써 일반 토지행정 문제를 해결한다.

1) 도형자료 모형화

고도 정보화 사회의 진전과 함께 다양한 지도를 이용하고 있던 각종 업무에 기존 종이 형태의 지도를 수치화하고 가장 최신의 정밀하고 정확한 지도를 제작하여 신속하게 이용함으로써 업무의 효율화, 적정화를 이루려는 요구가 급속히 증가하고 있다. 이러한 수치지도는 도면 자동화/시설물관리/지형공간정보체계(AM/FM/GSIS)분야에서 단순한 조회 이외에 관련정보에 대한 검색/분석을 하는데 특정 형식으로 변환 처리하여 이용하기도 한다. 따라서, 수치화된 지도를 정보관리의 근간으로 하는 체

계 구축에서는 사용자 요구를 충분히 만족시키는 산출물을 취득, 사용하기 위해서 기초 자료에 대한 취득 작업 및 기초 자료의 취득에 대한 방법이 매우 중요한 요소로 작용하고 있다.

지도를 이용하여 자료입력을 하는 과정은 사용하는 장비에 따라 다르고 제작된 자료의 내용도 차이가 있으므로, 일반적으로 지도의 상태 및 추출 내용에 따라 사용 장비를 정하고 있으며 초기 이용지도를 수치지도로 제작 하느냐 또는 기 제작된 지도를 이용 제작하느냐에 따라 정확도 및 정밀도에 영향을 미칠 수 있으므로 가격대비 활용도의 측면에서 심각하게 고려되어야 한다.

수치 지도는 기존도면 자료와 현지조사 자료들을 점(Point), 선분(Arc), 면(Polygon)이 어떻게 이루어져 있는가를 컴퓨터에 인식시키기 위하여 주요 도형을 벡터 자료화하는 방법으로 토지정보체계의 도형자료모형화를 위한 지적도의 입력에는 디지털링, 스캐닝, 대화형(반자동)입력 방법 등 세 가지 방법이 있다.

2) 속성자료 모형화

토지정보체계의 속성자료는 지적도에 나타난 필지의 특성이나 질을 나타낸다. 이 자료는 문자형태로 체계를 다루며 격자형태로 저장된다. 속성정보는 다시 속성, 도형적으로 표준화된 자료, 지적목록, 공간적 관계로 나누어진다. 속성은 도형요소에 의해 나타난 성질을 문자나 숫자로 설명한다. 지적목록은 지적경계인식을 위해 기초가 되는 자료와 필지 형상을 위치화하는데 필요하다. 공간적 관계는 필지 형상의 관계, 연계성 및 인접성을 설명하는데 이용한다.

비도형적 속성은 필지 형상의 특성에 대해 설명정보를 부여한다. 속성은 도형과 비도형정보를 동시에 기록하는 도형기호(geocode)라 불리는 도형요소와 연결되어 있다. 비도형적 속성은 자료기반 내에 저장된 점, 선, 면, 망구성을 설명하는 질적 및 양적 자료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 토지정보체계에서 필지를 묘사하는 지도층은 지번, 지목, 소유자 등 속성자료를 갖고 있다. 속성은 대개 도형 자료 파일로부터 각각 저장되고, 인식자(entity)를 통하여 연계된다.

토지정보체계는 비도형값에 기초를 두어 지도를 생성하기 위해 속성을 각각 분석할 수 있다. 대개의 체계는 지적도에서 선택한 기호 또는 주석으로 속성을 나타낼 수 있다.

도형적으로 표준화된 자료는 고유위치에서 발생하는

현상을 설명할 수 있으나, 속성과는 다르게 그 자체로 필지 형태를 표현할 수는 없다. 그러나, 도형적으로 표준화된 자료는 고유의 도형적 위치와 관계되는 항목을 설명한다. 대개 도형적으로 표준화된 자료는 자료기반에서 도형형태와 직접적으로 관계가 없는 파일과 체계를 이루어 저장한다.

지적목록은 도형인식에 의해 정의된 필지의 위치에 기초를 둔 자료를 선택하여, 관계를 주어 취득함으로써 토지정보체계 내에서 유지된다. 목록은 다른 구조에서 사용된 사상과 위치, 형태와 도형적 성질의 공간적 관계를 인식하기 위하여 도형기호의 목록은 다중 인식자를 포함한다.

3) 부동산관리체계

부동산관리체계는 국가 행정 전산망 구축사업의 하나로 1990년대 초에 개발되어 부동산관리업무를 전산 개발하여 대민 서비스를 개선하게 되었으며, 전국 토지에 대하여 속성정보만을 온라인 전산망으로 구축하여 현재 운영하고 있다.

부동산관리체계 구조를 업무적, 처리기관별로 분류하여 살펴보면 먼저, 업무적인 측면에서 체계 구조를 분류하면 15개 시도에 설치되어 있는 지역전산본부를 중심으로 처리되는 일반 지적업무와 중앙전산본부에서 처리되는 외국인 토지관리 업무, 법인 아닌 사단, 재단 등록번호 관리 업무로 구분된다. 이는 지적 부서에서 담당하는 순수 지적 업무와 업무분담에 따라 지적 부서에서 처리

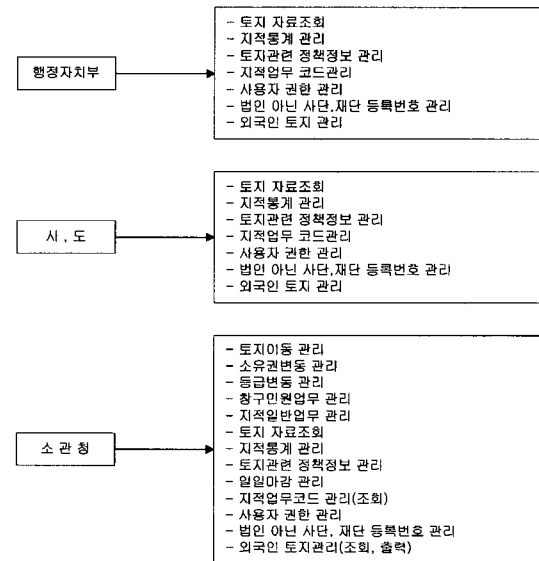


그림 1. 처리기관별 작업분류

하는 지적 이외의 업무를 분류하고 있음을 나타낸다. 즉, 일반 지적업무관리(11종), 법인이 아닌 사단 및 재단 등록번호, 외국인 토지 관리 (2종)로 분류된다.

업무의 발생과 처리 및 집계, 보고 등을 처리기관별로 분류하면 그림 1과 같으며, 부동산관리체계의 자료기반은 토지(임야)기본 화일을 포함하여 총 68종류의 C-ISAM(an Indexed Sequential Access Method)화일 및 SAM 화일로 구성되어 있다.¹²⁾

2.2 지형도 및 수치지도

지표면상의 자연 및 인공적인 지물, 지형의 형태(지모)에 대하여 수평 및 수직의 위치관계를 일정한 축척과 도식으로 표현한 지도를 지형도(topographic map)라고 하며 지형도를 작성하기 위한 측량을 지형측량(topographic surveying)이라고 한다.¹³⁾

지형도에 표현되는 지형은 지물과 지모로 구분할 수 있는데, 지모는 산정, 구릉, 계곡, 평야 등 주로 자연적인 토지의 기복을 말하며 일반적으로 등고선으로 표시된다. 지물은 도로, 철도, 시가지, 촌락 등 주로 인공적인 시설물을 말하며, 지형도상에는 일반적으로 그 수평형태만을 나타낸다. 우리가 일반적으로 지도라고 하는 것은 대부분 지형도를 가리키는 경우가 많으며, 지형도에는 위에서 말한 지물, 지모의 위치관계뿐만 아니라 수림, 농지 등 지표 식생피복상태, 행정경계 및 지명 등 제반 자연, 인문, 사회사상이 두루 표현되어 다목적으로 사용될 수 있으므로, 대부분의 주제도나 특수도는 이 지형도를 기초로 하여 편집된다. 따라서, 국가에서 제작 관리하는 국가기본도는 원칙적으로 지형도로 제작된다.

국가기본도(national base map)는 한 나라의 가장 기본이 되는 지도로서 국토 전체에 걸쳐 통일된 축척과 정확도로 엄밀하게 제작된 지형도로서, 일정한 기준에 의하여 유지되는 지도이다. 우리나라 국가기본도 종별과 규정은 표 1과 같다.

표 1. 우리나라 기본도, 토지이용도 및 지세도

축척	명칭	도폭		등고선 간격
		위도차×경도차	좌표	
1:5,000	기본도	1'30"×1'30"	TM(x, y) 및 표고, 경위도	5 m
1:25,000	기본도	7'30"×7'30"	"	10 m
1:25,000	토지이용도	7'30"×7'30"	"	10 m
1:50,000	기본도	15'00"×15'00"	"	20 m
1:250,000	지세도	1'00"×10'45'	"	-

수치지도는 일반적으로 도형을 X, Y 좌표계에서의 좌표값(x, y)의 조합과 두 좌표를 연결한 선분을 사용하여 지도의 모든 도형을 표현한다. 예로 도로와 하천 등 직선을 표현할 때에는 출발점과 종점의 좌표값이 필요하고, 원을 표현하는 경우에는 중심점의 좌표값과 반경의 길이, 혹은 그 원이 통과하는 3점의 좌표값이 필요하다.

벡터형 도형정보는 좌표값과 선분의 수치조합으로 표현된다. 이들 도형정보는 일정한 자료형식으로 기록함으로써 자료기반화가 가능하다. 도형정보의 자료형식은 지형공간정보체계용 소프트웨어마다 독자적으로 작성되고 있으나, 정보의 호환성 등 때문에 전산지원설계를 포함하여 도형정보 자료형식의 일반적인 형태가 있다. 시판되는 지형공간정보체계용 소프트웨어에는 자료형식변환 기능이 있기 때문에 이를 이용하면 정보공유가 가능해진다. 이들 자료형식은 아주 단순한 구조를 가지며, 다른 자료형식간의 정보호환도 비교적 단순하게 이루어진다.^{14,15)}

우리 나라의 경우 국립지리원에서 국가지형공간정보체계 사업의 하나로 축척 1/1,000, 1/5,000 및 1/25,000 국가기본도를 수치지도로 전국 대부분 지역을 작성하였으며, 이에 대한 활용이 각 지방자치단체별로 활발히 진행 중에 있다.

2.3 지적도 현황

지적은 국가가 국토 자원을 관리하기 위해 국토 전반을 대상으로 하여 작성한 토지의 단위 구역별 특성에 관한 공공기록이다. 여기서 토지의 단위구역은 일필지를 말하며, 공공기록을 지적공부라고 하는데 크게 토지대장, 임야대장, 지적도, 임야도, 수치지적부의 다섯가지를 말한다. 그리고 최근에는 토지대장, 임야대장이 전산화되었으며, 이렇게 전산화되어 법적인 효력을 가진 전산파일도 지적공부로 간주한다.¹⁶⁾

오늘날 우리 나라에서 지적은 토지등기의 기초, 토지감정평가의 기초, 토지조세의 기준, 토지거래의 기준, 토지이용계획의 기초, 주소체계의 기초 등 중요한 기능을 하고 있다.

초기의 지적도는 세부 측량원도를 점사법 또는 직접사법으로 등사하여 작성하였다. 그리고 켈트지에 그린 그대로 소관청에 인계하였으나 한 장으로 열람, 이동정리를 하는 과정에서 파손이 생기고 신축이 생기므로 1917년 이후에는 지적도 뒷 면에 한지를 가로세로로 붙여 사용하고 있다.

표 2. 우리나라 지적도

축척	명칭	실도곽크기(m)	좌표
1:500	수치지적도	200×150	평면직교좌표 (x, y)
1:1,000	수치지적도	400×300	"
1:600	지적도	250×200	"
1:1,200	지적도	500×400	"
1:2,400	지적도	1,000×800	"
1:3,000	지적/임야도	1,500×1,250	"
1:6,000	지적/임야도	3,000×2,500	"

지적도의 도곽은 1/600, 1/1,200경우에는 남북으로 1척 1촌(33.333 cm), 동서로 1척 3촌 7분 5리(41.667 cm)이다. 1/500, 1/1,000경우에는 남북으로 40 cm, 동서로 50 cm이다. 지적도와 함께 임야도, 수치지적도는 토지의 경계와 위치를 나타내는 것을 가장 큰 목적으로 하고 있다. 임야도는 임야대장에 등록된 토지의 경계를 나타내는 것으로 소축척(1/3,000 또는 1/6,000)으로 작성한다. 수치지적도는 경계를 도면으로 나타내지 않고 좌표로 기록하고 있다. 다음 표 2는 우리나라에서 사용중인 지적도의 증별현황을 나타내고 있다.

2.4 지형도와 지적도의 불부합 원인

항공사진 측량에 의해 제작되는 1/1,000 수치지적도와 지적도의 불부합 문제에는 여러 가지 원인이 있을 수 있다. 동일한 통일원점과 좌표체계를 사용함에도 불구하고 건설교통부의 국립지리원에서 관리하는 측량성과에 따라 제작된 1/1,000 수치지적도와 행정자치부 지적과에서 제작된 지적도를 중첩하였을 경우 두 도면의 건물이나 도로 등이 일치하지 않고 불부합되게 나타난다.

일반적으로 이러한 요인으로는 지적도 자체가 갖고 있는 도해지적 관리상의 문제, 건축법을 어기고 필지경계를 벗어나게 건물을 짓는 문제, 지적과 지형에서 보는 경계개념의 차이문제, 국립지리원에서 관리하는 삼각점과 행정자치부에서 관리하는 삼각점의 불일치 문제 등을 들 수 있으며, 이러한 불부합의 원인에 대한 연구로부터 1/1,000 수치지적도에 지적도를 어떻게 맞추는 것이 합리적인지에 대한 방안을 제공할 수 있다.

3. 통합자료모형

3.1 1차 통합자료모형

1차 통합자료모형을 위한 부동산관리체계와 연계처리

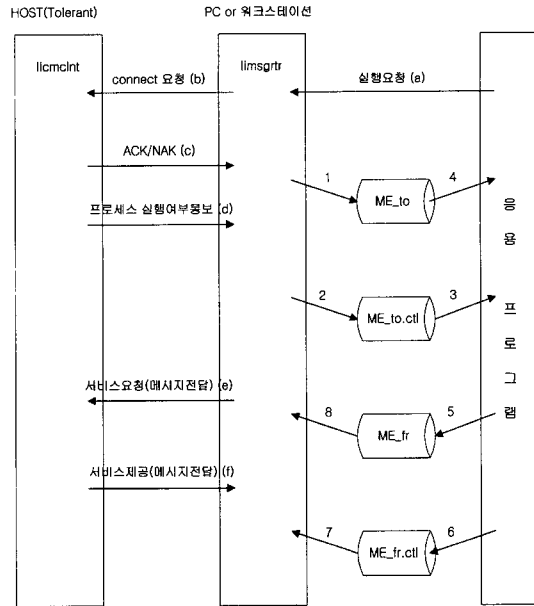


그림 2. 처리절차간의 통신 흐름도

```

@TOWS_new_scmv 0 0
@CMD_END
@TOWS_loc_msg 0 0
날짜(1999/./..)
@CMD_END
@TOWN_connect_nak(or ack)
@CMD_END
@TOWS_licmclnt_down(nak일경우)
@CMD_END
    
```

그림 3. 실행요청에 따른 부동산관리체계의 응답형식

절차의 제어에 대해 살펴보면 다음 그림 2와 같다.

응용프로그램에서 llimsgrtr을 실행시키면 (a) llimsgrtr은 HOST의 licmclnt와 연결이 설정되고 (b,c) 해당업무 처리절차가 실행되어 서비스 준비가 되었음을 PC의 llimsgrtr에 알려준다(d). 준비되었음을 PC의 llimsgrtr은 ME_to라는 SAM 파일을 통해 응용프로그램에 알려준다.

응용프로그램이 타업무를 실행시킬 경우 메시지 전달 순서에 의하여 응용프로그램은 화면 ID를 메시지로 전달하여 준다. 호스트의 licmclnt는 이 메시지를 통하여 업무의 전달을 하여 준다. 또한 업무 종료시에 종료 요청

하면 호스트에 종료 메시지가 전달되어 업무처리절차 종료→licmclnt 종료→limsgrtr종료→응용프로그램 종료의 순서로 처리되어 처리절차의 완벽한 제어가 가능하도록 설계되어 있다.

다음 그림 3은 실행요청에 따른 부동산 관리체계의 응답(㉔,㉕)을 나타내는 자료의 형태로 ME_to 파일에 쓰여지는 내용이며, ME_to 파일(㉔)에 다 쓰여지면 ME_to.ctl 파일(㉓)에 blank가 표시되어 이를 확인해 준다.

다음 그림 4는 응용프로그램에서 필요한 자료를 요청하는 ME_fr 파일(㉖)로써 작업이 끝나면 ME_fr.ctl 파일(㉗)에 blank가 표시되어 이를 확인해 준다.

```
@FRWS_get_total 0 0
.(데이터필드)
.(데이터필드)
.(데이터필드)
@CMD_END
```

그림 4. 응용프로그램의 자료요청 형식

```
@TOWS_disp_all fld 0 0
.(데이터필드)
.(데이터필드)
.(데이터필드)
@CMD_END
```

그림 5. 자료요청에 따른 부동산관리체계의 응답형식

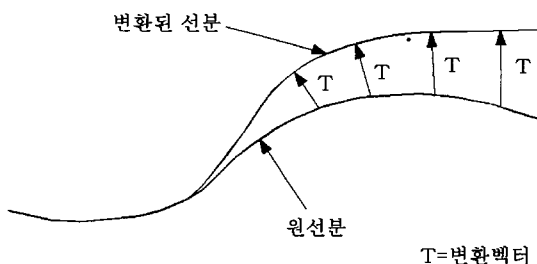


그림 6. rubber-sheeting을 위한 변환 벡터

다음 그림 5는 응용프로그램에서 요청한 자료에 대한 부동산관리체계의 응답내용(㉕)을 나타내고 있다.

3.2 2차 통합자료모형

현재 지적도와 지형도의 불일치 문제를 해결하기 위하여 지적도를 변환하여 지형도에 일치시키는 방법에는 rubber-sheeting 방법과 좌표변환법이 주로 사용되고 있다.

1) rubber-sheeting 방법

rubber-sheeting 방법은 원래 지도는 모든 방향으로 펼쳐질 수 있는 고무 판(rubber sheet)이라는 개념에서 출발한다.

원래 지도는 정확한 기본도와 비교되어 원 지도의 여러 점들이 벡터에 의해 기본도 위로 정확한 위치로 연결된다. rubber-sheeting 알고리즘은 연결 벡터(linking vector)가 0의 길이를 가질 때까지 원래 지도를 확장시키거나 압축시킨다.

이 방법은 2개의 분리된 과정을 거치는데 첫번째 과정은 입력 자료 행렬에 대해 상대적인 위치를 계산하는 것이고 두 번째로는 변환 절점의 위치를 계산하는 것으로 일반적인 식은 다음과 같으며 Adams에 의해 제안되었다.¹⁷⁾

$$\begin{aligned} u &= a_0 + a_1 a_2 x + a_1 a_3 y \\ v &= b_0 + b_1 b_2 x + b_1 b_3 y \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, x, y는 원래 절점의 좌표이며 u, v는 변환된 절점의 좌표이다. a₀와 b₀는 변이값이며, a₁과 b₁는 각각 x축 y축의 축척값이고, a₂, b₂와 a₃, b₃는 회전각 q에 따른 값이다.

$$\begin{aligned} a_2 &= \cos\theta & b_2 &= -\sin\theta \\ a_3 &= \sin\theta & b_3 &= \cos\theta \end{aligned} \quad (2)$$

2) 좌표변환법

본 연구에 사용한 좌표변환법은 부등각 사상변환(affine transformation)으로 지적도 도곽이 도면신축 등의 원인으로 x, y축 방향의 축척이 서로 같지 않을 때 적용되는 이 변환은 x, y축 방향의 축척(λ_x, λ_y)과 전단변형(r), 회전변환(θ), 원점의 변위량(x₀, y₀) 등 6개의 미지변수를 가진다. 부등각 사상변환은 각 좌표의 무게중심으로부터 편차량에 의한 계수 산출방식으로 구 좌표체계(x, y)와 (x', y')가 있을 때에 등각 사상변환이 각 x, y축 성분에 상호 의존적인데 비하여 독립변수로 처리한다. 그 변

환공식은 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 & r \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_x & 0 \\ 0 & \lambda_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \lambda_x & \lambda_{yR} \\ 0 & \lambda_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서,

$$\begin{aligned} a_1 &= \lambda_x \cdot \cos\theta + \delta\lambda_y \cdot \sin\theta \\ a_2 &= \lambda_x \cdot \sin\theta + \delta\lambda_y \cdot \cos\theta \\ b_1 &= \lambda_y \cdot \sin\theta \\ b_2 &= \lambda_y \cdot \cos\theta \end{aligned}$$

로 하면 식 4와 같다.

$$\begin{aligned} x' &= a_1x - a_2y + x_0 \\ y' &= b_1x - a_2y + y_0 \end{aligned} \quad (4)$$

3) 2차 통합자료모형의 알고리즘

앞서 지적도의 변환에 현재 사용되고 있는 rubber-sheeting 방법과 좌표변환 방법은 지적도와 지형도를 일치시키는데 그 불일치의 방향성이 규칙적이지 못하여 적용하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 도곽단위로 이루어지는 변환방법을 개선하기 위해 도로의 경계 또는 건물의 경계나 담장을 경계로 하는 한개 또는 몇 개의 블록단위로 영역을 분할하여 변환을 적용하는 다중블록조정(multi-block adjustment)기법을 개발하였다. 이 방법은 rubber-sheeting에 의한 변환시 경계 부근에서는 잘 일치하지만, 경계와 먼 부분에서는 불일치하는 문제점과 좌

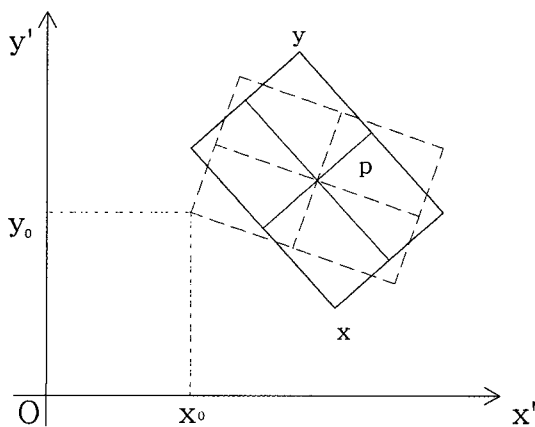


그림 7. 부동산 사상변환

표변환시 불규칙적인 방향성에 대한 문제점을 해결하기 위한 방법이다.

다음 그림 8은 다중블록조정기법의 알고리즘을 나타내고 있다.

4. 통합자료체계 구축

4.1 1차 통합자료모형의 구현

1) 대상지역

속성자료인 부동산관리체계와 도형자료인 지적도면 전산화 자료를 연계한 1차 통합자료모형을 구현하기 위하여 사용한 대전광역시 유성구 전역에 대한 지적도면 자

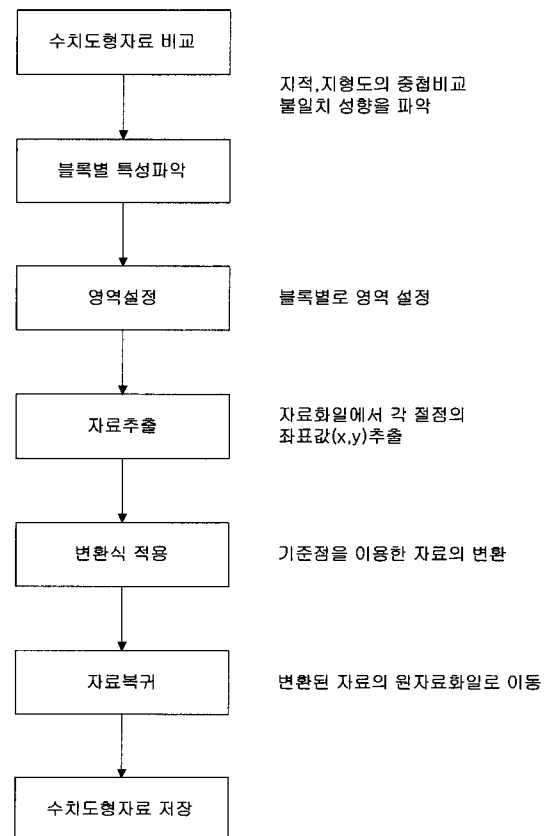


그림 8. 다중블록조정기법의 알고리즘

표 3. 대상지역 자료량

구분	수치지적부		지적도		임야도	
	계	매수 필지수	계	매수 필지수	계	매수 필지수
53개동	1,960	75,161	603	5,653	1,250	61,901
					107	7,817

료 현황은 행정동수는 원내동 외 52 개동으로 면적은 약 176.41 km²(약 5,336만평)이고 도면수는 1,960매이며, 필지수는 75,161 필지이다. 다음 표 3은 자료량을 나타내고 있다. 또한 다음 표 4는 대상지에 대하여 축척별 도면현황을 나타내고 있다.

2) 지적도면 자료취득

토지정보체계는 지적(임야)도를 기본도(base map)로 사

표 4. 대상지 축척별 도면현황

축척별	도엽수(매)	면적(km ²)
1/500	505	11.70
1/600	13	1.04
1/1,000	239	7.09
1/1,200	1,096	65.77
1/6,000	107	90.80
계	1,960	176.41

용하는 지형공간정보체계로서 본 연구에서는 체계구축을 위해 개발툴로써 Arc/INFO를 사용하였으며, 도형자료는 대전광역시 유성구 전체 지적(임야)도 1,960매를 수치화 일화한 것으로 자료의 취득은 2년간에 걸쳐 지적공사에서 작성한 내용을 이용하였으며, 개발툴에 맞게 자료기반을 구성하였다.

도해지역의 자료취득은 지적(임야)도를 윈스텝(one-step) 촬영장비로 복사한 필름으로 디지털라이징 작업을 실시하여 각 필계점을 수치화하였다. 수치지역의 자료는 수치지적부 각 필계점의 좌표를 입력(key-in)하여 작업하였다. 입력작업 완료후 좌표로 형성된 자료는 각 필지별로 위상관계를 정의하여 폴리곤처리하고 지번, 지목등 기본속성자료도 함께 입력하였다. 다음 그림 9는 지적도면 자료기반구성의 업무 흐름도를 나타내고 있다.

3) 도형 및 속성자료의 불일치 검색

그림 2와 같은 속성자료와 도형자료의 연계를 통한 1차 통합자료모형으로부터 기 구축되어 있는 도형자료 및 속성자료에 대하여 토지정보체계의 개발 툴인 Arc/INFO의 AML(Arc Macro Language) 언어를 사용하여 오류검색프로그램을 작성하였으며, 이 프로그램을 적용하여 속성관련 오류현황을 파악하였고, 도면관련내용은 지적(임야)도면의 수치파일 자료를 필지별로 지적공부와 대사작업을 실시함으로써 오류 유형을 파악하였다.

첫째, 도면 수치파일과 토지(임야)대장 파일을 비교하여 지번, 지목 등 속성의 필지별 오류사항을 조사하였다. 그리고 지적(임야)도면 수치파일로 성과도면을 작성(플로터로 출력)후 지적(임야)도면과 필지별로 대조하여 경계점 누락과 이탈 등에 대한 오류사항을 확인하였다.

둘째, 속성 오류는 대장 및 토지이동결의서, 측량결과 원도 등과 대조 확인하였으며, 지적도면은 보정전 파일로 출력한 도면과 지적도 원본을 대조하였다. 수치지역은 수치지적부에 등재되어 있는 각 필지경계점의 수치좌표를 필지별로 입력하고 속성값을 부여하여 수치파일을 작성하였다. 그러나, 편집작업시 체계의 기능을 잘못 사용하여 수치지적부에 등재되어 있는 좌표와 부분적으로

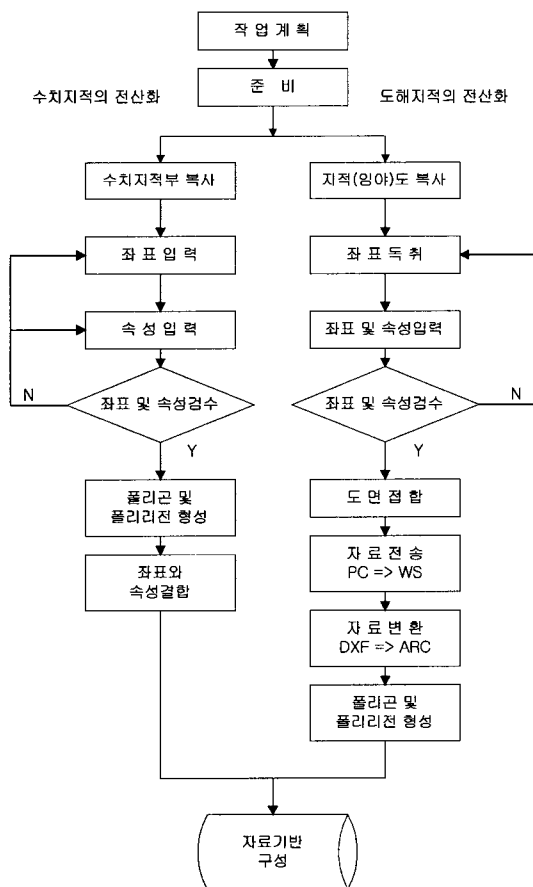


그림 9. 자료기반 구성의 업무 흐름도

표 5. 오류현황집계 (단위 : 필지)

원인별	업무량	오류량	비율
지적공부 미정리 및 등록 착오에 따른 오류	75,161	4,780	6.4%
디지털라이징시 오류	75,161	4,339	5.8%
자료기반 구축 편집 오류	75,161	10,834	14.4%

소숫점이하 둘째자리에서 틀리게 나타났다.

구축된 자료의 오류현황과 오류량을 원인별로 살펴보면 표 5와 같다.

4.2 2차 통합자료모형의 구현

1) 지적도 및 지형도의 중첩변환

본 연구에서는 지적도와 지형도를 일치시킴으로써 지적도를 기본도로 사용하는 토지정보체계와 지형도를 기본도로 사용하는 지리정보체계, 도시정보체계, 시설물관리체계 등이 통합자료모형을 가질 수 있는 가능성을 제시하고자 하며, 이를 위해 지적도를 지형도에 일치시키는 방법을 구현하였다.

지적도와 지형도를 같은 체계에서 중첩시켜 운영하는 2차 통합자료모형을 위한 도면의 변환 방법으로 본 연구

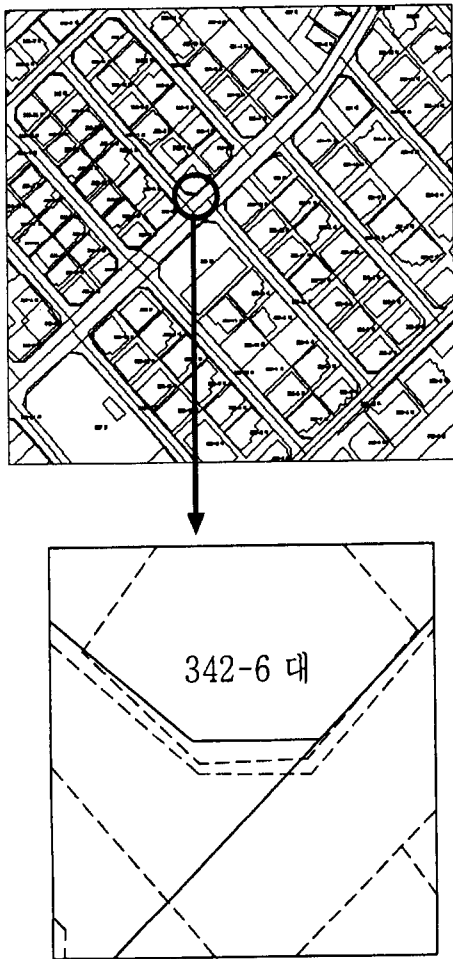


그림 10. 지적도 및 지형도의 중첩 및 부분확대

에서는 일반적인 CAD 소프트웨어에서 사용하는 rubber-sheeting 방법과 좌표변환법의 하나인 부등각 사상변환법에 개발한 다중블록조정기법(multi-block adjustment)을 적용하여 실험하였다.

대상지역은 3가지 경우로 구분하여 수치지역인 축척 1/500 지역(이하 case A로 칭함), 일반 도해지역인 축척 1/1,200 지역(이하 case B로 칭함) 및 임야에 인접한 축척 1/1,200 지역(이하 case C로 칭함)으로 선택하여 사용하였으며, 임야 지역은 지형경계와 일치부분을 찾기 어려워 대상 지역에서 제외하였다.

다음 그림 10은 지적도 및 지형도를 중첩하여 표시한 예이다.

확대된 그림에서 점선은 도로선과 건물선 등 지형부분을, 실선은 지적선, 지번 및 지목 등 지적부분을 나타내고 있다. case A, case B, case C에 대하여 각 블록별로 지적경계선의 굴곡점 중에서 도로경계의 굴곡점과 일치하는 점을 선택하여 기준점으로 하였으며, 다음 표 6

표 6. 각 지역별 블록별 기준점 배치 현황

구 분	1 블록	2 블록	3 블록	4 블록
case A	1,2,3,4	5,6,7,8	9,10,11,12	13,14,15,16
case B	1,2,3,4,5,6,7,8	9,10,11,12,13,14,15	16,17,18,19,20	21,22,23,24
case C	1,2,3,4,5,6,7,8	9,10,11,12,13,14,15	16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	-

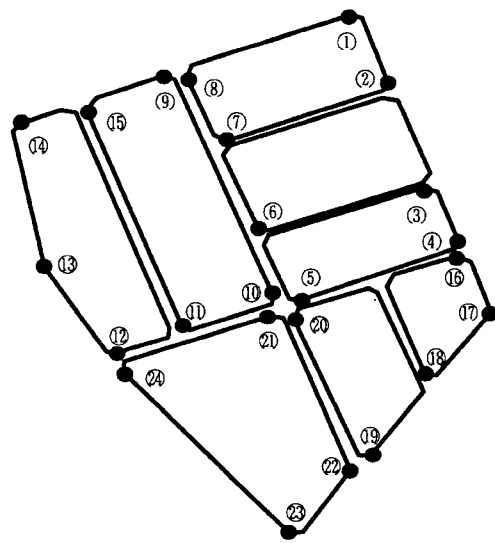


그림 11. case A에서의 기준점 배치

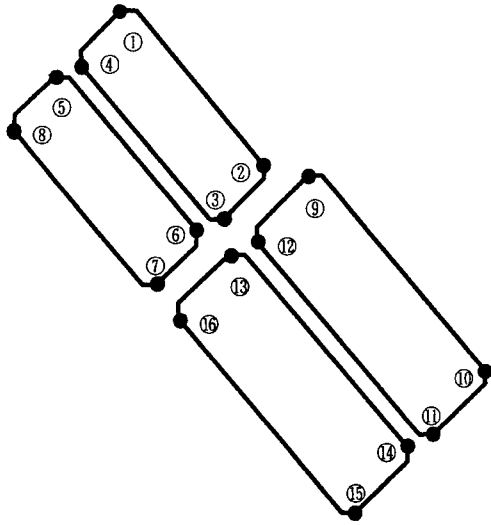


그림 12. case B에서의 기준점 배치

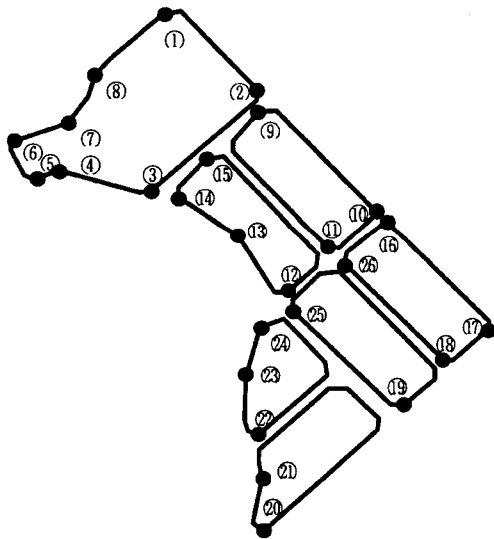


그림 13. case C에서의 기준점 배치

은 각 지역별 블록별 기준점 배치를 나타내고 있으며, 그림 11, 그림 12 및 그림 13은 각 지역별 기준점 배치 현황을 나타내고 있다.

먼저 표 6과 같은 기준점을 사용하여 일반적으로 도면 편집에 이용되고 있는 AutoCAD Map V3.0을 써서 rubber-sheeting 방법과 기존의 좌표변환 방법인 2차원 부동각 사상변환법으로 지적도를 지형도에 일치시키는 방법을 시도하였고 다음으로 이를 개선하여 각 블록 단위로 도형자료를 추출하여 변환한 후 다시 경계점의 위치

r	: 일반 rubber-sheeting 방법에 의한 변환
r4	: 다중블록조정기법을 활용한 rubber-sheeting 방법에 의한 변환
b	: 일반 좌표조정 방법에 의한 변환
b4	: 다중블록조정기법을 활용한 좌표조정 방법에 의한 변환
d	: 기준 지형도
t	: 기준 지적도
a	: case A
b	: case B
c	: case C

그림 14. 항목별 기호

로 되돌려 놓는 다중블록조정기법의 알고리즘으로 각각 변환하는 실험을 통하여 두 방법을 비교하였다.

이 다중블록조정은 기준점의 영향을 최소한으로 줄이기 위한 것으로 물론 필지 단위로 조정이 가능하다면 가장 이상적이겠지만, 이는 경계를 확인하는데 따른 매우 많은 시간과 노력이 필요할 뿐만 아니라, 각 필지마다 담의 경계 또는 도로의 경계를 명확히 알아야 하는 문제점들이 있어 현실적이지 못하므로 다중블록조정기법을 통하여 보다 타당성 있는 결과를 얻고자 하였다.

2) 변환에 따른 기준점 및 면적별 비교

본 연구에서 개발된 다중블록조정기법에 대한 신뢰성 확보를 위해 위치정확도 측면에서 기준점과 대응점의 변환전후의 거리차를 구하였고, 다음으로 지적분야에서 중요하게 고려되는 필지의 면적에 대한 변환전후의 차이를 지적측량에서 정하는 필지면적의 공차범위와 비교하였다.

앞서 설명한 4가지 방법에 의하여 변환된 지적도에 대하여 참조가 되는 지형도의 기준점과 지적도의 면적에 대하여 변환 전후의 변화를 각 기준점과 대응점의 거리차 및 기준 필지와 대응 필지의 면적차를 구하였다.

각 항목별 기호가 의미하는 바는 다음 그림 14와 같다.

다음 그림 15, 그림 16, 그림 17은 각 지역에서의 변환전후의 거리차에 대한 표준편차를 나타내고 있다.

그림에서 좌표변환에 의한 방법이 rubber-sheeting에 의한 방법보다 전반적으로 거리차가 적게 나타남을 알 수 있으며, 각 지역별로 볼 때 다중블록조정기법을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우에 비해 각 기준점에서의 거리차가 전체적으로 안정적으로 나타나고 있으며, case

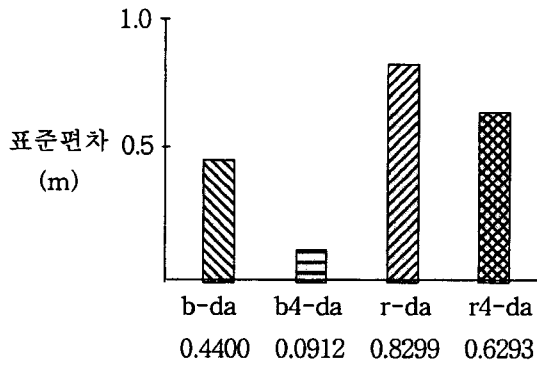


그림 15. case A에서의 방법별 거리차의 표준편차

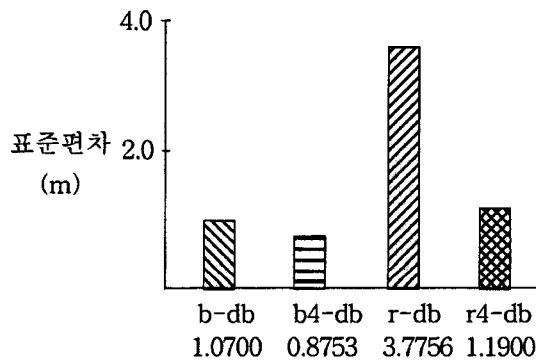


그림 16. case B에서의 방법별 거리차의 표준편차

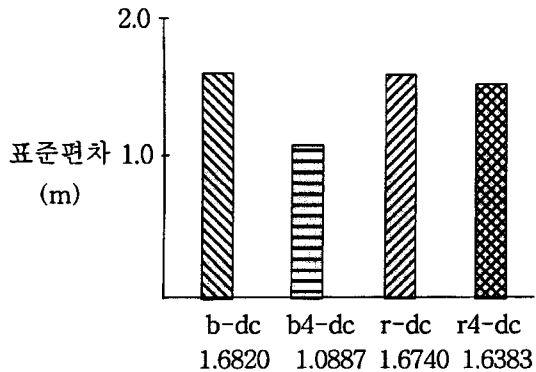


그림 17. case C에서의 방법별 거리차의 표준편차

A에서 처럼 1개 블록단위로 변환하였을 경우가 case B 또는 case C처럼 하나 이상의 블록으로 구성되어 있는 경우보다 조정후에 거리차가 훨씬 적어지는 것으로 나타나고 있다.

다음 그림 18은 지역별 면적차의 표준편차를 나타내고 있다.

그림 18에서 case C에서 rubber-sheeting 방법에 의한

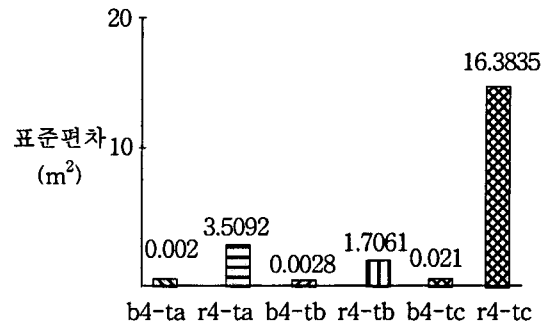


그림 18. 지역별 면적차의 표준편차

표 7. 각 지역별 공차범위 (단위: m²)

구분	총면적	평균면적	공차범위
case A	9,903.49	190.45	4.38
case B	35,328.45	368.00	12.18
case C	22,394.23	1,599.59	25.38

변환면적의 표준편차가 크게 나타나는 것은 case C 지역이 다른 지역에 비해 넓은 면적을 가진 필지가 상대적으로 많은 결과로부터 기인한 것으로 나타났다. 또한 지적법에서 인정하는 공차범위를 구하는 식은

$$a = 0.023^2 \times M \times F^{0.5} \quad (5)$$

여기서, M은 축척분모수, F는 면적이며,¹⁸⁾ 이 공식을 적용하여 각 지역별로 공차범위를 구하면 다음 표 7과 같다.

표 7로부터 공차범위와 표준편차를 비교한 결과 두 방법 모두 허용 공차범위에 들어 자료로써의 가치를 확인할 수 있으나, rubber-sheeting 방법을 적용한 경우 각 필지마다의 경계가 변형이 되어 실제적으로는 사용에 문제가 있는 것으로 나타났다.

5. 결과 분석 및 고찰

5.1 1차 통합자료모형

본 연구에서 제시한 1차 통합자료모형은 도면자료와 속성자료가 이중으로 관리됨에 따른 오류의 발생을 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 도면자료와 속성자료가 별도로 관리됨으로써 생기는 주된 오류는 지적공부 미정리 및 등록착오에 따른 오류이며, 이는 다시 지적공부미정리, 지적공부등록착오, 신규등록할 필지에 대한 오류, 지적복구하여야 할 필지에 대한 오류가 있고 이를 전체 필

지에 대한 비율로 나타내면 전체 75,161 필지에 대하여 총오류량이 4,780 필지로 6.4%에 이르는 것으로 나타났다. 또 이는 토지정보체계를 구축하는 과정에서 발생할 수 있는 모든 오류의 24%에 해당하는 값이다.

5.2 2차 통합자료모형

지적도와 지형도를 일치시키는데 장애가 되고 있는 요소들 즉, 서로 다른 기준점의 사용, 서로 다른 축척의 도면을 보유하는 등의 문제점의 해결은 장기간의 시간이 필요할 것으로 예상되는 바 본 연구에서는 우선 지적도와 지형도를 보다 개선된 방법으로 일치시킴으로써 그 활용 가치를 높이고자 하였으며, 실험에서는 자료의 양이나 처리의 번거로움 등을 고려하여 지적도를 지형도에 일치시키고자 하였다.

수치지역인 축척 1/500 지역, 일반 도해지역인 축척 1/1,200 지역, 임야에 인접한 축척 1/1,200 지역에 대하여 기존방법과 다중블록조정기법을 적용하여 먼저 지형과의 일치성을 확인한 결과 두 방법 모두 다중블록조정기법을 적용한 경우가 기존 방법에 비해 향상된 값을 얻는 것으로 나타났다. 또한 수치 지역과 도해 지역을 비교하여 보면 수치 지역이 도해 지역에 비해 지형과의 거리가 적게 나타나고 있다. 다음 표 8은 표준편차를 비교하여 각 지역별 각 방법별 향상된 위치정확도를 나타내고 있다.

위 표에서 알 수 있듯이 지역적 특성에 따른 위치정확도의 향상은 두 방법에서 일정하게 나타나지 않고 있다.

지적도의 변환에 있어 각 필지의 면적을 유지하는 것은 재산권과 밀접한 관계가 있어 민원 발생의 우려 등 문제가 나타나기 쉽다. 본 연구에서는 다중블록조정기법이 기존의 방법에 비해 더 뛰어난 것으로 확인됨에 따라 이를 근거로 하여 다중블록조정기법을 적용한 rubber-sheeting방법과 좌표변환에 따른 필지면적을 원 필지면적과의 차이를 구하고 이에 대한 공차범위를 구하여 본 결과 그림 18 및 표 7에서와 같이 두 방법 모두 허용공차범위를 초과하지 않는 것으로 나타났으나, 좌표변환방법에 비해 rubber-sheeting 방법이 면적차의 표준편차가 훨씬

표 8. 다중블록조정기법의 적용에 따른 위치정확도 향상

구분	수치지역인	일반도해지역	임야에 인접한
	축척 1/600	인축척 1/1,200	축척 1/1,200
rubber-sheeting	24.2%	68.5%	2.1%
좌표변환	79.3%	18.2%	35.9%

씬 큰 것으로 나타났다.

6. 결 론

연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지적도관련 도형자료와 속성자료를 통합하기 위하여 부동산관리체계와 연계하였으며, 또한 도형자료와 속성자료가 이중으로 관리됨으로써 생기는 각종 오류들을 확인하였고, 1차 통합자료모형을 제작하여 이들 오류에 대한 개선 방안을 제시할 수 있었다.
2. 지적도를 지형도에 일치시키기 위해서 일반적인 rubber-sheeting 방법 및 좌표변환방법을 이용한 경우보다 본 연구에서 개발한 다중블록조정기법을 적용한 결과, 보다 향상된 정확도를 확보할 수 있었다. 또한, 기준점과 필지면적으로부터 다중블록조정기법을 적용한 좌표변환방법이 rubber-sheeting방법에 비해 더 효과적임을 알 수 있었다.
3. 지적도 및 지형도를 보다 향상된 방법으로 일치시킴으로써 2차 통합자료모형을 제작할 수 있었고, 토지정보체계 뿐만 아니라 도시정보체계 및 지하시설물관리체계 등의 실질적인 통합운영이 가능하게 되었다.
4. 1차 및 2차 통합자료모형을 이용하여 지형공간정보체계에서 지적 및 지형관련 자료의 활용도를 높일 수 있게 되었다.

참고문헌

1. 유복모, 지형공간정보론, 동명사, 1994.
2. 국립지리원, 수치지도작성작업내규, 1995.
3. 국립지리원, 항공사진작업내규, 1988.
4. 국립지리원, 수치지도제작 성과검사 기준, 1995.
5. 국립지리원, 공공측량의 작업규정 기준에 관한 규칙, 1991.
6. 국립지리원, 1/5,000 수치지도제작 용역업체 간담회 회의자료, 1997.
7. 국립지리원, 국립지리원용역사업검사업무규정, 1994.
8. 김은형, 이동연, "폭넓은 응용을 위한 수치지도제작", 한 국지형공간정보학회 '94 학술발표회 개요집, 1994, pp. 47-54.
9. 국립지리원, 수치지도관리 및 개선을 위한 연구, 1997.
10. 국립지리원, 지리정보관리 및 공급시스템에 관한 연구, 1998.
11. 유복모, 측량학, 동명사, 1998.
12. 김상수, 지적전산, 삼진출판사, 1994.

13. 유복모, 측량공학, 박영사, 1986.
14. 신동빈, 김재영, 정문섭, 국가지리정보체계 구축방안 연구, 국토개발연구원, 1995, pp. 15-57.
15. M. J. Egenhofer and J. R. Herring, "High-Level Spatial Data Structures for GIS", Geographical Information Systems-Principles and Applications, Longman Scientific & Technical, Vol. 1, 1991, pp. 227-237.
16. 박순표, 최용규, 강태석, 지적학 개론, 형설출판사, 1993.
17. J. Adams, C. Patton, C. Reader and D. Zamora, "Fast hardware for geometric warping", In Proc. 3rd Australasian Remote Sensing Conf. Queensland, 1984.
18. 한국지적학회, 지적관련법규집, 1996.