

## GIS를 이용한 연속지적도 오류검증 방안

### A Study on the Error Detection of Attached Cadastral Maps using GIS

정구하<sup>1)</sup> · 전철민<sup>2)</sup> · 고준환<sup>3)</sup> · 박유리<sup>4)</sup>

Jung, Gu Ha · Jun, Chul Min · Koh, Jun Hwan · Park, Yu Ri

<sup>1)</sup> 서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(E-mail:sofficial@hanmail.net)

<sup>2)</sup> 서울시립대학교 공간정보공학과 교수 (E-mail:cmjun@uos.ac.kr)

<sup>3)</sup> 서울시립대학교 공간정보공학과 교수 (E-mail:jhkoh@uos.ac.kr)

<sup>4)</sup> 서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(E-mail:ppdbfl@uos.ac.kr)

#### ABSTRACT

This study proposed a procedure to improve the error detection of attached cadastral maps using digital map data. In addition, this study also provided the direction for the accuracy improvement of attached cadastral maps by comparing analysis methods. - such as centroid, Lee Sallee shape index, and area index. The analysis is performed as follows. First, by using centroid measurement, the center point of cadastral maps and attached cadastral maps are compared. Secondly, by using Lee Sallee shape measurement, the location accuracy of range area is investigated. Thirdly, by using area measurement, the range area within allowable error scope is verified. Based on analysis, the discrepancy between cadastral maps and the attached cadastral maps are detected as follows: 98.2% from Lee Sallee shape index, 41.8% from centroid, 15.4% from area index in the whole error. (keywords : Attached Cadastral Map, Error Detection, GIS)

## 1. 서 론

본 연구에서는 지적도 전산화 자료를 이용하여 연속지적도 오류를 효율적이고 객관적으로 조사할 수 있는 방법론을 실험지역에 적용하여 연속지적도 오류검증을 위한 과학화된 방법을 제시하는데 목적이 있다. LMIS(Land Management Information System)의 일환으로 구축된 연속지적도는 지적도 파일을 단순히 강제 접합하여 제작한 도형정보이기 때문에 도시계획 등의 업무에 활용하고는 있지만 증명발급을 위한 단순 이용에 그치고 있어 광역적인 공간 분석 등 고도화된 활용에는 한계가 있다. 특히 도곽 접합부분에서 지적도와 연속지적도의 형태불일치를 분할, 합병 등 토지이동사항을 정리할 경우 연속지적도에 자동 반영되는 비율이 낮아 업무 효율성이 떨어지는 실정이다.

그동안의 연구에서 연속지적도 제작을 위한 도곽 접합의 문제를 해결하기 위해 수치정사사진(digital orthophoto), 수치지도, 항공사진 등을 전산프로그램 및 GIS TOOLS 등을 사용하여 정비하는 방안을 제시하여 왔으나 주로 육안판독을 통한 조사 방안을

제시하고 있어 조사에 시간과 비용이 과다하게 발생하고 조사자에 따라 대상지 선정이 달라지는 등 주관성이 개입될 소지가 많다.

따라서 연속지적도 오류를 신속하고 효율적으로 조사하기 위해서는 육안 판독을 통한 조사보다는 현재 구축되어 있는 각종 전산자료를 최대한 활용하는 방법론의 연구가 필요하다. 이러한 방법론을 적용하여 객관적이고 합리적인 방법을 이용하여 오류에 대한 판단이나 정비 우선순위 결정이 필요하다.

## 2. 연속지적도 오류검증의 문제점

연속지적도 오류조사의 방법은 크게 3가지로 구분할 수 있다. 지적도면을 이용한 조사, 실제 측량을 통한 조사, 다양한 전산화 자료를 이용한 조사로 구분할 수 있다. 첫째, 지적도면을 이용한 조사는 작업자가 지적도면을 육안으로 확인하여 오류 토지를 선정하는 방법으로 간편하지만 작업자의 주관성이 개입될 소지가 많다. 둘째 실측을 통한 조사방법으로 실제 측량을 실시하므로 오류검증 시 가장 정확도가 높지만 많은 시간과 경비가 소요된다. 셋째는 수치정

사사진, 수치지도, 지적도면 전산파일 등 각종 전산화 된 도면을 이용하여 조사하는 것이다. 이 방법은 현황을 참고할 수 있는 전산화 자료를 이용하여 상호 비교, 분석을 통해 조사하는 방식이다. 이 방식은 현재 구축되어 있는 전산화 자료를 활용함으로써 시간과 비용 측면에서 실측에 의한 조사방식에 비하여 많은 효율성이 있다고 할 수 있으나 오류의 판단에 작업자의 주관이 개입될 소지가 있는 것은 지적도면을 이용하는 것과 동일하다. 또한 우리나라의 연속지적도 오류는 그 양을 예측하기 어려운 정도로 많기 때문에 이를 육안으로 조사하기에는 무리가 있을 것으로 사료된다. 현재 전국적으로 한국토지정보시스템(KLIS)이 도입되었으며, NGIS사업에서 필요한 정밀연속지적도 제작의 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 따라서 이러한 전산화 도면을 최대한 활용할 수 있는 방법이 필요하다. 그리고 국가의 정책방향 역시 정보화 사업의 일환으로 구축되어 있는 수많은 전산화 자료들에 대하여 다양한 활용과 정보의 공동 활용을 강조하고 있어 이러한 정책취지에 부합할 수 있는 방법의 개발이 필요하다.

### 3. 오류검증 방법론

#### 3.1 Centroid 방법

Centroid는 일반적으로 폴리곤 객체의 중심에 위치하는 점을 말한다. X, Y의 형태로 표현되는 좌표형태의 포인트 타입의 Centroid는 공간자료를 효율적으로 이용하기 위해 간편성과 단순성에서 매우 의미 있는 개념이다. 즉, 많은 좌표의 조합인 폴리곤의 경우 이의 위치를 알기 위해서는 폴리곤에 포함된 각각의 vertex를 이용하기 때문에 연산과정이 복잡하지만 Centroid를 이용하게 되면 하나의 포인트만 이용하기 때문에 연산과정이 단순하고 처리하는 시간도 많이 줄어들게 된다.

Centroid를 기하학적인 측면에서 추출할 수 있는 방법 중에 대표적인 것으로 수학적 개념인 무게중심(the center of gravity)의 확장형태의 방법과 가장 단순한 MBR(Minimum Boundary Rectangle)을 이용한 방법으로 구분된다. 이 연구에서는 폴리곤의 중심을 구하는 방법 중에서 가장 간편한 방법인 MBR을 이용한 방법으로 해당 폴리곤이 포함되는 가장 작은 사각형을 구한 후 그 사각형의 중심을 해당 폴리곤

의 중심으로 선택하는 방법을 이용하였다. 이렇게 두 폴리곤간의 Centroid를 추출 제작할 수 있으면 두 폴리곤간의 대응 포인트가 생성되기 때문에 간단하고 효율적으로 위치 정확도를 산출할 수 있다.

#### 3.2 Lee Sallee shape index 방법

Lee Sallee shape index는 기준 자료에 대응되는 측정 자료의 교차 면적을 계산하여 공간적인 위치 정확도를 측정하는 것이다. 즉, 두 자료간의 교집합 면적을 합집합 면적으로 나누어 일반화된 지수 형태로 값을 산출하여 두 자료간의 공간적인 위치 부합정도를 측정하는 지수이다. 이러한 Lee Sallee shape index 지수는 0과 1사이의 값을 가지며 지수의 값이 1에 가까울수록 두 자료간의 공간적 위치 일치도가 높고, 값이 0에 가까울수록 낮게 된다. 즉, 일반화된 지수 형태로 값을 산출하여 기준 자료와 측정 자료의 위치 정확도를 측정할 수 있는 방법으로 공간적인 부합정도를 참고하기에 상당히 효율적인 방식이다. 그러나 0에서 1이라는 지수 형태로 산출되기 때문에 절대적인 단위의 오차량을 구하기 어렵고, 위치가 정확하다고 할 수 있는 임계값을 찾는 데 어려움이 있다.

#### 3.3 Area index

Area index는 지적도에 대응하는 연속지적도의 교차 면적을 계산함으로써 두 폴리곤간의 면적을 측정하는 것이다. 지적법 시행령 제42조에서 등록 전환 및 분할 등의 면적허용오차를 0.026<sup>2</sup> M<sup>2</sup>/F로 규정하고 있다. 즉, 지적도 면적에서 연속지적도 면적을 제한 값을 면적허용오차로 나누어 일반화된 지수 형태로 값을 산출하여 두 자료간의 면적 부합정도를 측정하는 지수이다.

### 4. 실험 및 사례 분석

#### 4.1 Centroid 측정 결과

측정 결과를 기반으로 하여 방법별로 구체적인 분석을 하였다. 먼저 Centroid 차이량은 표 1과 같이 0m 이상 0.36m 이하의 오차 수준을 보이는 지번 수는 총 2,375건 중 1,964건으로 83%로 나타났다. 그리고 오차가 0.37m 이상 인 지번 수는

표 1. Centroid 측정 수준별 분류

구분	일치		불일치			합계
	0-0.36	소계	0.37-0.50	0.51-1.00	1.01이상	
수량	1,964	411	37	84	290	2,375
비율	83%	17%	2%	4%	12%	100%

411건으로 17%를 차지하는 것으로 분석된다.

이러한 분류는 지적법 경계점 측량성과의 인정 기준을 인용한 분류지만 연속지적도 오류를 선정하는 기준이 불명확한 상황에서 많은 도움이 될 것으로 판단된다. 대체적으로 값들은 0~1m 범위에 분포하고 있는 것을 확인할 수 있다. 그림1은 Centroid로 산출한 오차를 10m범위 내에서 분포량을 나타낸 그래프이며 그림 2는 오차 구간별로 분류하여 나타낸 것이다.

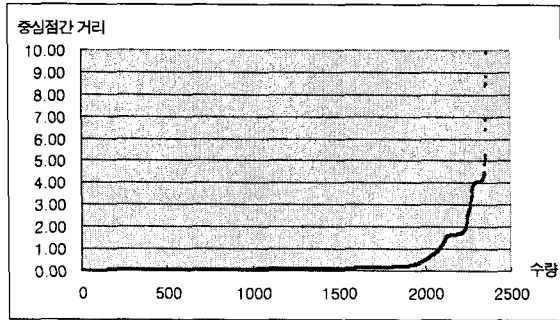


그림 1. Centroid 측정 오차 분포량(10m 이내)

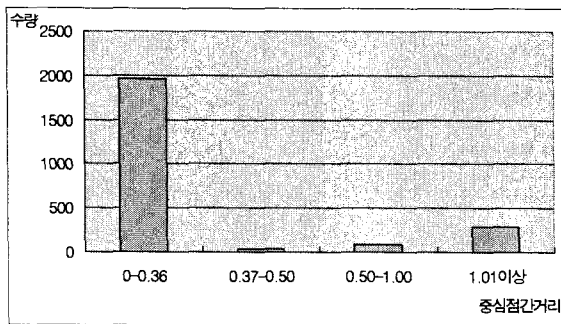


그림 2. Centroid 측정 구간별 분포량

#### 4.2 Lee Sallee shape index 측정 결과

Lee Sallee shape index 측정에 앞서 지수에 대한 임계치를 결정하여야 한다. 불일치 기준을 정하기 위해 기존 연속지적도 오류 조사방법인 관련 전문가에 의한 육안조사를 실시하였다. 전농동 13호 도면을 선택하여 조사한 결과 325개 지번 중 13개를 조사하였으며 이 지번에 대하여 지적도와 연속지적도의 Lee Sallee shape index 측정 결과 평균 0.90이나 그중 최대값인 0.96을 임계치

로 결정하였다. 공간적인 위치정확도를 측정할 수 있는 Lee Sallee shape index를 분석해 보면, 표 2와 같이 0.97이상의 지수를 보이는 지번 수는 총 2,375건 중 1,410건으로 59.4%이다. 그리고 0.96 이하 지수를 나타내는 지번 수는 965건(40.6%)를 차지하는 것으로 분석된다.

그림 3은 Lee Sallee shape index로 측정된 오차를 나타낸 그래프로 대부분의 값들이 0.97에서 1 범위에 분포하고 있는 것을 알 수 있으며 그림 4는 구간별로 구분하여 분포량을 나타낸 것이다.

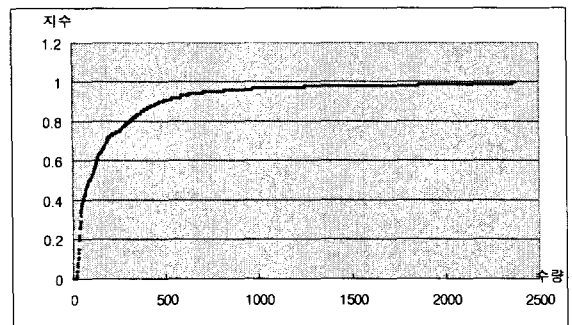


그림 3. Lee Sallee shape index 측정 오차 분포량

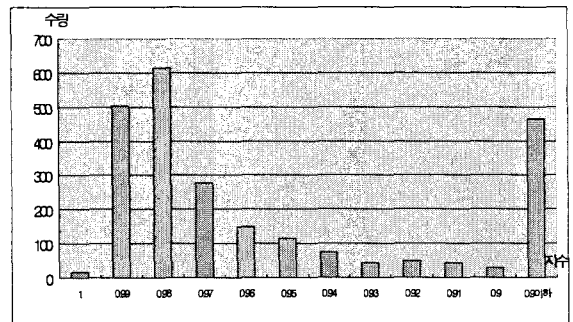


그림 4. Lee Sallee shape index 구간별 분포량

#### 4.3 Area index 측정 결과

Area index 산출결과를 분석해 보면, 표 3과 같이 1.00에서 -1.00사이의 지수를 보이는 지번 수는 2,375건 중 2,224건으로 93.6%이다. 그리고 허용오차 범위를 벗어나는 1.01이상, -1.01이하 지수를 나타내는 지번 수는 151건(6.4%)인 것으로 분석된다.

표 2. Lee Sallee shape index 측정 수준별 분류

구분	일 치					불 일 치									합계
	소계	1	0.99	0.98	0.97	소계	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89이하	
수량	1,410	17	501	613	279	965	149	116	75	42	49	42	28	464	2,375
비율	59.4%	0.7%	21.1%	25.8%	11.7%	40.6%	6.3%	4.9%	3.2%	1.8%	2.1%	1.8%	1.2%	19.5%	100%

표 3. Area index 측정 수준별 분류

구분	불일치		일 치										불일치	합계
	소계	1.01 이상	소계	1.00 ~0.51	0.50 ~0.21	0.20 ~0.11	0.10 ~0	-0.01 ~-0.10	-0.11 ~-0.20	-0.21 ~-0.50	-0.51 ~-1.00	-1.01 이상		
수량	151	62	2,224	47	106	215	738	694	231	125	68	89	2,375	
비율	6.4%	2.6%	93.6%	2.0%	4.5%	9.1%	31.1%	29.2%	9.7%	5.3%	2.9%	3.7%	100.0%	

그림 5는 Area index로 측정한 오차를 나타낸 그래프로 대부분의 값들이 1.00에서 -1.00 범위에 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 그림 6은 구간별로 구분하여 분포량을 나타낸 것이다.

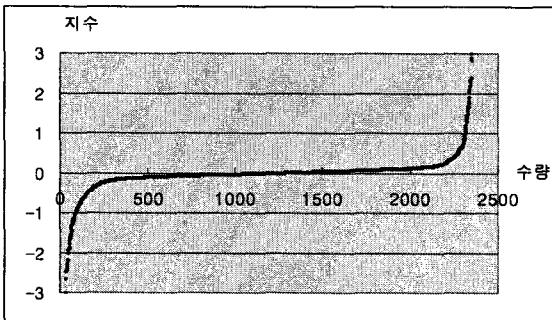


그림 5. Area index 측정 오차 분포량

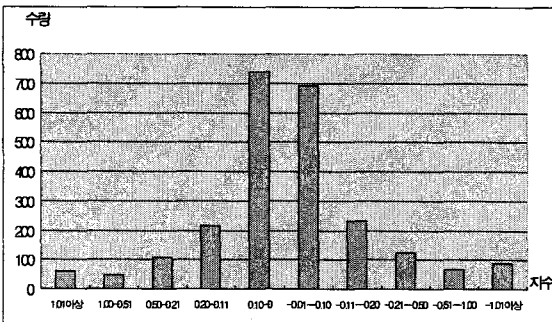


그림 6. Area index 구간별 분포량

### 5. 결과분석

Centroid측정, Lee Sallee shape index측정, Area index측정을 복합 적용하여 분석함으로써 연속지적도 오류에 대한 규모 추정이 가능하다. 지수의 범위에 따라 일치, 불일치로 나누어 본 결과는 표 4와 같다.

또한 측정값을 연결하여 각각의 측정값에서 중복되는 지면을 제외하면 총 2,375건 중 41.4%인 983건의 연속지적도 오류를 조사할 수 있다. 한 가지 방법에만 해당하는 경우가 59.5%, 두 가지 방법에 중복 해당하는 경우가 26.1%, 세 가지 방법 모두 해당하는 경우가 14.3%로 나타났으며 유형별로 분류하면 표 5와 같다.

이를 세부적으로 확인해 보면 Centroid측정 결과만으로 오차범위를 벗어나는 경우는 12건(1.2%), Lee Sallee shape index 측정 결과만으로 오차범위를 벗어나는 경우는 568건(57.8%), Area index 측정 결과만으로 오차범위를 벗어난 경우는 없는 것으로 분석된다.

Centroid측정과 Lee Sallee shape index측정 결과에서 오차범위를 벗어난 경우가 252건(25.6%), Lee Sallee shape index측정과 Area index측정결

표 4. 오류 분류기준 및 조사결과

구분	일 치	불 일 치
Centroid 측정	1,964(0 ~ 0.36)	411(0.37이상)
Lee Sallee shape index 측정	1,410(1 ~ 0.97)	965(0.96이하)
Area index 측정	2,224(1.00 ~ -1.00)	151(1.01이상, -1.01이하)

표 5. 오류 유형별 분류

합계	한 가지 방법에만 해당				두 가지 방법에 해당				세 가지 방법 모두
	소계	Centroid①	Lee Sallee ②	Area ③	소계	①+②	②+③	①+③	①+②+③
983	585	12	568	0	257	252	4	6	141
100%	59.5%	1.2%	57.8%	0.0%	26.1%	25.6%	0.4%	0.6%	14.3%

과에서 오차범위를 벗어난 경우가 4건(0.4%), Centroid측정과 Area index측정결과에서 오차범위를 벗어난 경우가 6건(0.6%)으로 분석된다. Centroid측정, Lee Sallee shape index측정, Area index측정결과에서 모두 범위를 벗어난 경우가 141건(14.3%)로 분석된다. 오류를 유형별로 분류한 결과 각 방법별 판별비율은 표 6과 같으며, 이를 다이어그램으로 나타내면 그림 7과 같다.

표 6. 방법별 판별 비율

구 분	측정오류 / 전체오류	비율
Centroid 측정	411/983	41.8%
Lee Sallee shape index 측정	965/983	98.2%
Area index 측정	151/983	15.4%

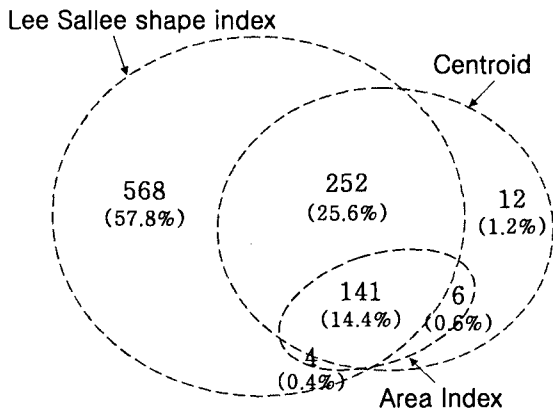


그림 7. 유형별 분류 다이어그램

다이어그램에서 보여 지는 것과 같이 Lee Sallee shape index에서 98.2%가 판별되고 있으며 Centroid에서 41.8%가 판별되고, Area index에서 15.4%가 판별되고 있다. Area index만으로 판별할 수 있는 토지는 없는 것으로 나타났다. 그림 8과 같이 오류는 도곽선 주위에 밀집하여 위치하고 있으며 도곽선에서 멀어질수록 불일치 정도가 낮아지고 있음을 알 수 있다. 또한 축척 간 경계부분에도 오류가 집중적으로 분포하는 것이 보인다. 그림 9와 같이 일부지역은 도곽 전체의 이동 후 집합하는 것이 필요하다.

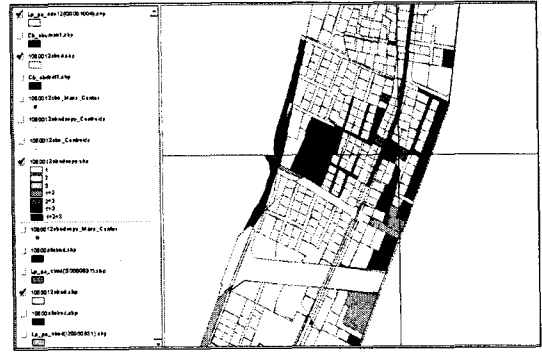


그림 8. 도곽 주변의 오류 사례

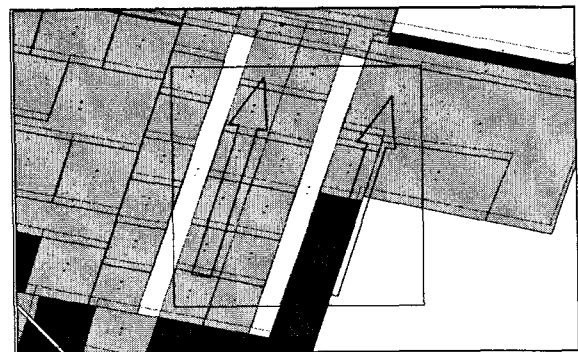


그림 9. 도곽 전체 오류 사례

## 6. 결론

본 연구에서는 연속지적도 전산화일 제작 시 왜곡된 부분에 대한 오류를 검증하기 위하여 기존 연구들에서 보여준 방법 중 Centroid 측정, Lee Sallee shape index측정, Area index측정 방법을 연속지적도에 적용하였다. 특히 실증분석이 미약했던 Lee Sallee shape index 지수를 보완하기 위해 실제 표본측정을 통해 임계치를 조사하여 객관적 수치를 도출하였으며, 이를 이용하여 실험대상지인 동대문구 장안동 1/1200지역 지적도와 연속지적도를 조사한 결과 실험대상지의 41.4%를 오류로 검증할 수 있었다. 실제 표본측정 결과 불일치한 것으로 선정된 경우 모두 오류로 검증됨에 따라 실험에 사용된 임계치가 적절한 것을 알 수 있었다.

그리고 실험 결과 Lee Sallee shape index에서 98.2%, Centroid에서 41.8%, Area index에서 15.4%로 판별되고 있다. Area index만으로 판별할 수 있는 토지는 없으므로 크게 효용성이 없는 것으로 나타났다. Lee Sallee shape index가 효용성이 좋으므로 우선 사용하고 Centroid측정 방법으로 나머지를 찾아주는 것이 효과적인 방법으로 판단

된다. 본 연구의 방법을 적용하면 지번별로 지적도의 기하학적 형태와 차이가 나는 연속지적도의 오류를 검증할 수 있으며, 지적도 전산화일의 토지이용 정리 시 연속지적도에 자동 반영되지 않는 규모를 측정할 수 있으며, 향후 연속지적도 정비의 우선순위를 결정할 수 있을 것으로 판단된다. 오류로 확인된 지번은 연속지적도를 지적도에 맞추어 정리가 가능한 경우와 측량 등을 통해 정리가 가능한 경우로 나누어진다. 전자는 도곽의 중앙부분에 위치한 경우이며 후자는 도곽이나 축척이 다른 경계부분으로 일부는 과거 지적 측량자료를 이용하여 일정한 부분은 지적도의 정비가 가능할 것으로 예상된다. 이 방법은 작업 속도의 향상 및 객관적인 조사가 가능하며 부수적으로 도곽간 경계 오류도 조사가 가능할 것이다.

하지만 본 연구 결과를 가지고 지적도 도곽 경계부분의 정비에 직접적인 사용은 어렵다. 향후 다양한 표본조사와 관련전문가의 의견을 수렴한다면 과학적이고 보다 정밀한 임계치를 도출할 수 있을 것으로 사료되며 실무에도 활용이 가능할 것으로 판단된다. 더불어, 연속지적도 제작은 토지종합정보망 도면 데이터베이스 구축지침에 따르면 되어있지만 제작 이후 연속지적도 정비에 대한 구체적인 규정이 마련되어 있지 않다. 따라서 연속지적도 정비기준 및 규정 마련에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

박기현 (2001), 수치지정사사진을 이용한 지적도 도곽접합에 관한 연구, 석사학위논문, 청주대학교 대학원  
 박춘재 (2005), 수치지적도면 경계접합에 관한 개선방안, 석사학위논문, 경상대학교 산업대학원

서동복 (1999), 지적도 전산화를 위한 지적도 도곽접합의 개선방안에 관한 연구, 석사학위논문, 청주대학교 행정대학원  
 임상열 (2004), 연속지적도 제작을 위한 경계불부합 처리방법에 대한 연구, 석사학위논문, 강원대학교 정보과학 대학원  
 정재준 (2001), 수도권 도시성장 분석 및 예측을 위한 셀룰라 오토마타 모델링, 박사학위논문, 서울대학교 대학원  
 홍성언 (2005), 지적재조사를 위한 GIS 기반의 지적불부합지 자동 조사방법 연구, 박사학위논문, 인하대학교 대학원  
 지적기술연구소 (1996), 지적도면 전산화 시범사업(도면접합사례 유형조사), 지적기술연구소  
 행정자치부 (1999), 지적(임야)도 전산화 작업지침, 행정자치부  
 Clarke, K. C., Hoppen, S. and Gaydos, L. J. (1996), Methods and techniques for rigorous calibration of a cellular automaton model of urban growth, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Jan 21-26, Santa Fe  
 Clarke, K. C. and Gaydos, L. J. (1998), Loose-coupling a cellular automation model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/ Baltimore, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 12, No 7, 699-714.  
 White, R., Engelen, G. and Uljee, I. (1997), The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land-use dynamics, *Environment & Planning B*, Vol. 23, No. 3, 323-343.