

건설도면의 GIS 데이터 변환을 위한 건물외곽선 단순화기법 비교 연구

Comparative Study on the Building Outline Simplification Algorithms for the Conversion of Construction Drawings to GIS data

박우진*, 박승용, 유기윤

Woo-jin Park*, Seung-yong Park, Ki-yun Yu

서울대학교 공간정보연구실

{woojin1*, slpak1, kiyun}@snu.ac.kr

요약

최근 유비쿼터스 시대를 맞아 건설 분야에서 이용되는 CAD 자료에서 GIS 자료로의 변환 및 융복합에 대한 요구가 증대되면서 상호변환을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 건설도면 CAD 데이터를 활용하여 수치지도의 건물데이터를 수정, 갱신하기 위한 방법론의 일환으로 건설도면의 건물외곽선을 추출하여 수치지도의 건물데이터 수준으로 일반화하는 선형 단순화 알고리즘을 비교 분석하였다. 선형 단순화 알고리즘은 Douglas-Peucker 알고리즘, Lang 알고리즘, Reumann-Witkam, Opheim 알고리즘을 적용하였으며 분석방법으로는 시각적 분석, 절점 수, 총길이, 면적 변화율 분석 그리고 각 절점이 수치지도 작성내규를 만족하는 비율을 이용하였다. 분석 결과 Douglas-Peucker 알고리즘이 시각적 측면과 절점 수 감소율 측면에서 상대적으로 우수한 단순화 결과를 보여주었으나 수치지도 작성내규 만족도 측면에서는 공통적으로 50~60% 수준의 만족도를 보이고 있어 국내의 수치지도의 건물데이터를 작성하기 위한 단순화 기법으로는 한계가 있는 것으로 나타났으며 이를 만족시키기 위한 일반화 알고리즘의 개발이 필요하다고 판단된다.

1. 서론

최근 건설산업과 IT산업 간의 융복합에 대한 사회적 요구가 증대되면서 CAD와 GIS 사이의 상호 변환을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 두 시스템은 데이터 구조 및 체계의 상이성으로 상호 호환이 어려우며 변환을 위해서는 CAD

데이터에서 GIS에 필요한 데이터만 추출하기 위한 추출기능, 데이터의 완결성을 위한 Cleaning 기능, 데이터의 간략화를 위한 일반화 기능, 좌표계 변환기능, 데이터의 포맷 변환기능이 요구된다[1]. 그 중에서 CAD 형식의 도면자료는 매우 세밀한 수준의 공간정보를 담고 있는 반면에 GIS 데이터는 보다 거시적인 관점에서의

지형정보를 포함하고 있기에 데이터의 처리특성상 세밀도(LOD, Level of Detail)가 높은 CAD 데이터로부터 낮은 세밀도의 GIS 데이터로 변환하기 위해서는 일반화(Generalization) 과정 특히, 선형 단순화 기법(Line Simplification method)이 필수적으로 수행되어야 한다. 대축척 수치지도를 소축척 수치지도로 일반화하기 위한 연구는 60년대부터 지금까지 많은 연구가 진행되었으나 건설공사에 쓰인 CAD 도면을 GIS 수치지도 데이터로 변환하는 데에 적합한 선형 단순화 기법에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 뿐만 아니라 다양한 선형 단순화 기법을 건설도면에 적용했을 때의 단순화 효과에 대해 비교 연구한 사례도 많지 않다.[3][7]

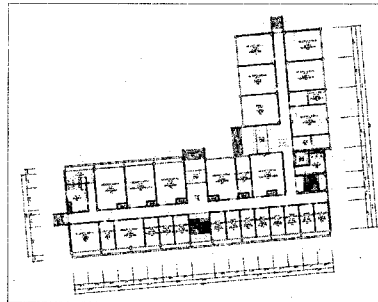
본 연구에서는 CAD 형식의 건설도면, 특히 건물에 대한 도면으로부터 수치지도를 형성하고 있는 건물 데이터를 생성하는 데에 적용해야 할 선형 단순화 기법에 대한 비교연구를 수행하였다. 이를 위해 우선 건물의 배치도에서 건물의 외곽선에 해당하는 레이어를 추출하였다. 추출된 외곽선에 선형 단순화 기법을 적용하여 1/5000 수치지도 작성기준에 맞추어 복잡한 형태의 건물외곽선을 단순화 시켰다. 이 과정에서 현재 가장 널리 쓰이고 있는 4개의 선형 단순화 기법들(Douglas-Peucker 알고리즘, Lang Algorithm, Reumann-Witkam 알고리즘, Opheim 알고리즘)을 각각 건물 외곽선에 적용하여 단순화된 결과를 비교분석하였다. Douglas-Peucker 알고리즘은 처리속도는 비교적 느리지만 절점의 삭제율과 형상의 보존성이 우수한 것으로 알려져 있으며[2][6] Lang 알고리즘 역시 절점 삭제율이 높고 형상과 면적을 보존하는 데 비교적 유리한 것으로 알려져 있다[2][7]. Reumann-Witkam 알고리즘과 Opheim 알고리즘의 경우 불필

요한 굴곡을 제거시켜 곡선화하는 경향이 강하다.[2][7]

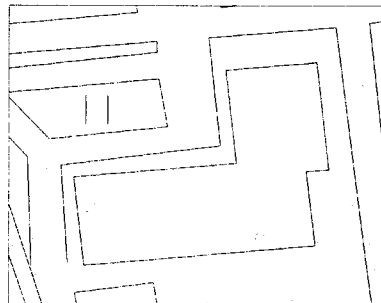
본 논문에서는 단순화 결과에 대한 비교 분석 방법으로 건물의 형태가 잘 보존되었는지에 대한 시각적, 정성적 평가와 함께 단순화 전후의 선길이, 절점 개수, 외곽선 면적 등을 비교한 정량적 평가를 실행하였다. 마지막으로 단순화 결과로 추출된 절점들이 수치지도 작성 작업내규를 만족시키는 비율을 비교 분석하여 건설도면을 수치지도로 변환하기 위한 단순화 알고리즘의 활용가능성을 평가하였다.

2. 건물외곽선 단순화기법

<그림 1>은 건설공사에 쓰이는 건물의 평면도 도면의 한 예이고 <그림 2>는 동일한 건물에 대한 수치지도 상의 건물 외곽선 데이터이다.



<그림 2> 건물의 평면도 CAD 도면



<그림 3> 동일 건물에 대한 수치지도상의 건물데이터

두 그림을 비교해보면 도면상의 건물 데이터는 많은 양의 선 정보로 이루어져 있는 반면에 수치지도 상의 건물데이터는 매우 단순한 형태의 외곽선으로 이루어져 있는 것을 확인할 수 있다. 이렇게 높은 세밀도의 도면 데이터로부터 낮은 세밀도의 수치지도 데이터로 변환하기 위해서는 일반화 과정을 거쳐야 하며 그 중에서도 복잡한 형태의 선 구조를 단순한 형태로 변환시켜주는 선형 단순화 기법이 필수적이다.

2.1 Douglas-Peucker 알고리즘

선형개체의 시작점과 끝점을 연결한 직선에서 각 점과의 수직거리를 계산한 뒤, 수직거리가 임계치를 벗어나는 점들 중 최대 수직거리를 나타내는 점을 새로운 중간점으로 설정하여 선형개체를 분할하고, 임계치를 벗어나는 점이 존재하지 않을 경우에는 분할된 개체 내의 모든 절점을 제거한다. 개체 분할이 발생하지 않을 때까지 앞의 과정을 반복하여 남겨진 중간점들과 초기의 시작점, 끝점만으로 선형개체를 표현하는 방법이다.

2.2 Lang 알고리즘

Lang 알고리즘은 일정 구간의 점들을 검토하여 임의의 중간점에서 구간 시작점과 끝점을 이은 벡터까지의 거리가 허용오차보다 크면 구간을 점 단위로 하나씩 줄여가면서 중간점들과 벡터까지의 수직거리를 허용오차와 비교하는 방식이다. 모든 중간점에서의 수직거리가 허용오차보다 작을 때, 중간점들은 모두 삭제되고 끝점만 저장되며 그 점에서 다시 위와 같은 과정을 반복하게 된다.

2.3 Reumann-Witkam 알고리즘

선형 개체의 첫 점과 두 번째 점을 연결한 선을 둘러싼 일정한 폭과 길이의 임계영역을 형성하여 임계영역 내에 포함된 점들은 삭제하는 방식이다. 그런 다음 처음으로 임계폭을 벗어나는 점의 바로 전 점을 저장한 후 그 점과 벗어나는 처음 점을 기준으로 다시 임계영역을 형성하여 앞의 과정을 순차적으로 진행한다.

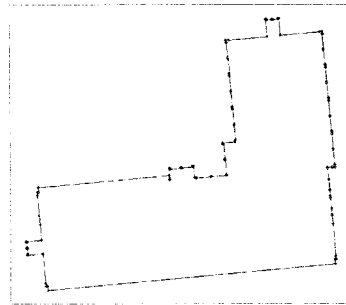
2.4 Opheim 알고리즘

Opheim 알고리즘은 일정한 폭과 길이를 가진 임계도형에 의해 선형사상을 단순화하는 알고리즘이다. 시작 절점을 제외하면 다른 절점들이 임계도형 내에 들어오면 삭제하고 그렇지 않으면 보존하는 방식으로 순차적으로 절점을 제거해 나가는 방법이다.

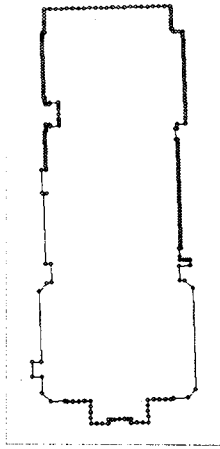
3. 실험 및 결과

3.1. 사용데이터

본 연구에서 사용한 데이터는 서울시 관악구 신림9동에 위치한 서울대학교 38동과 301동 건물에 대한 건설도면을 이용하였다. 건설도면으로부터 추출한 건물의 외곽선은 각각 <그림 3>, <그림 4>와 같다.



<그림 4> CAD 도면에서 추출한 38동 건물외곽선



<그림 5> CAD 도면에서 추출한 301동 건물외곽선

3.2. 단순화기법 적용

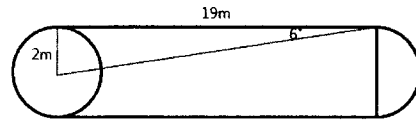
3.2.1. 임계치 설정 및 알고리즘 구현

95년에 국토지리정보원에서 제작한 수치지도작성 작업내규 중 선형 단순화에 관련된 규정은 축척별 정확도 허용범위와 곡선데이터의 점간 입력간격이다. 수치지도에서의 축척별 오차 허용범위는 작업내규에서 제2장 1절 10조에 해당하며 평면 위치 최대오차의 경우 1/1000은 0.4m, 1/5000은 2.0m, 1/25000은 10.0m로 규정하고 있다[4].

수치지도작성 작업내규 13조 4항에 해당하는 곡선데이터의 점간 입력간격은 축척 1/1,000과 1/5,000은 1m, 1/25,000은 10m로, 중간점을 생략 할 수 있는 각도는 직선진행방향을 기준으로 축척 1/1,000과 1/5,000은 6°, 1/25,000은 1°로 하는 것을 원칙으로 하고 있다[4].

본 연구에서는 국토지리정보원의 1/5000 수치지도작성 작업내규에 의거하여 각 알

고리즘의 임계치를 설정하였다. Douglas-Peucker 알고리즘과 Lang 알고리즘, Reumann-Witkam 알고리즘에 사용되는 임계치는 위치정확도의 최대오차에 근거하여 공통적으로 2m를 적용하였다. Lang 알고리즘에서 사용되는 초기 절점 수는 외곽선 전체의 절점수를 고려하여 38동의 경우 20개, 301동의 경우 30개 적용하였다. 또한 Opheim 알고리즘에서 사용되는 임계영역은 위치정확도 최대오차를 임계영역의 폭에 적용하고 곡선에서의 중간점 생략 가능 각도인 6°를 이용하여 임계영역의 길이를 계산해서 <그림 5>과 같이 임계영역을 형성하였다.



<그림 6> Opheim 알고리즘 임계영역

각 알고리즘의 구현 및 임계치의 적용은 Matlab 7.0을 이용하여 시뮬레이션 하였으며 특히 ArcGIS 9.0에서 구현되어 있는 Douglas-Peucker 알고리즘의 적용결과와 비교하여 일치함을 확인하였다.

3.2.3. 평가방법

본 연구에서는 5개의 단순화 기법에 대해 크게 정성적 평가와 정량적 평가로 나누어 분석하였다. 정성적 평가는 건물의 형태 특히 건물외벽의 직선성분과 모서리에서의 직각 또는 예각성분이 잘 보존되었는지에 대해서 시각적으로 평가한다. 정량적 평가는 일반적으로 선형사상 단순화 기법의 평가방법으로 많이 활용되는 선길이 비율, 절점 수 비율, 면적 비율을 이용해서 평가를 수행하였다. 마지막으로 단순화된 건물외곽선의 모든 절점에서 수치지

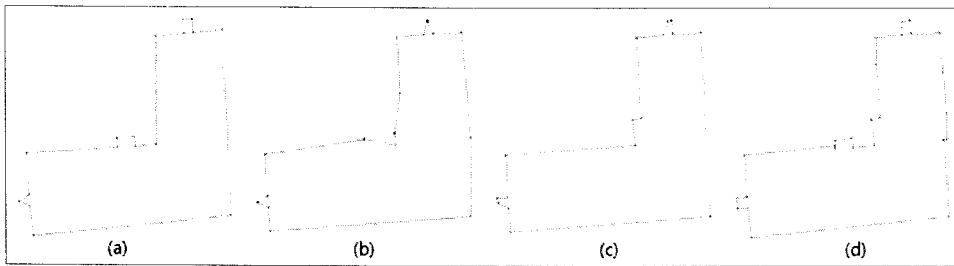
도작성 작업 내규 중 1/5000 수치지도에
서의 곡선데이터 정간 입력간격 조건을
만족하고 있는지에 대한 검사를 실시하여
내규 조건에 만족하는 절점과 위배되는
절점의 개수를 구분하고 조건에 대한 만
족 비율을 비교, 평가하였다.

3.3. 단순화기법 적용결과

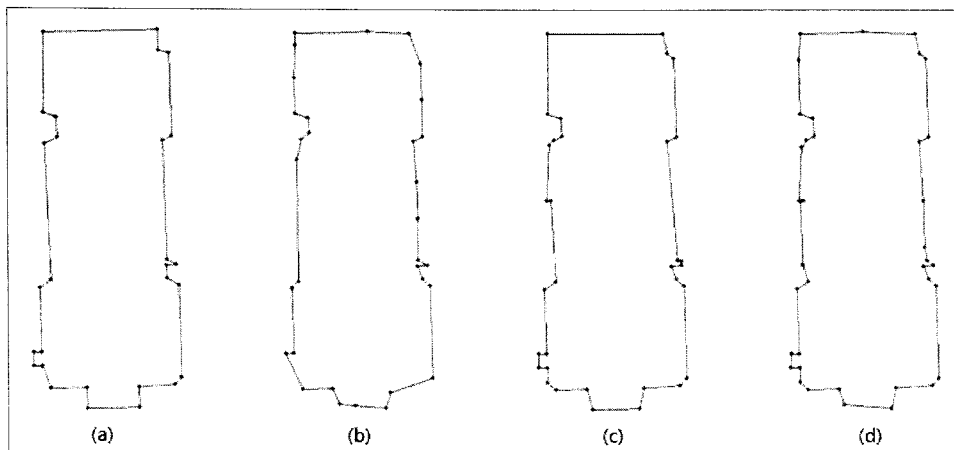
<그림 6>과 <그림 7>는 각각 38동 건물
외곽선과 301동 건물 외곽선에 4개의 단
순화 알고리즘을 각각 적용한 결과를 나
타낸다.

3.3.1. 정성적 평가

시각적인 측면에서 모서리부분의 각성분
이나 건물의 굴곡, 요철 등의 건물외곽선
형태에 대한 보존에 있어서는 Douglas-P
eucker 알고리즘과 Opheim 알고리즘이
나머지 알고리즘에 비해 다소 우수한 것
으로 보인다. 특히 Opheim 알고리즘의
경우 절점의 수가 비교적 적은 38동 건물
에 대해서는 매우 우수한 형태 보존 결과
를 보여주고 있으나 한 번에 절점의 수가
매우 많은 301동 건물에 대해서는 다소
좋지 않은 결과를 보여주고 있다. 이는 일
반적으로 알려진 Douglas-Peucker 알고
리즘의 특성상 급한 굴곡 부분을 유지하



<그림 8> 38동 건물외곽선에 대한 단순화 알고리즘 적용결과, (a) Douglas-Peucker 알고리즘, (b) Lang 알고리즘, (c) Reumann-Witkam 알고리즘, (d) Opheim 알고리즘



<그림 7> 301동 건물외곽선에 대한 단순화 알고리즘 적용결과, (a) Douglas-Peucker 알고리즘, (b) Lang 알고리즘, (c) Reumann-Witkam 알고리즘, (d) Opheim 알고리즘

는 측면이 강해 건물의 모서리 부분의 형태 보존 측면에서 유리한 반면 Lang 알고리즘, Reumann-Witkam 알고리즘, Opheim 알고리즘의 경우 곡선의 굴곡을 부드럽고 완만하게 일반화하는 경향이 있기 때문에 건물의 모서리 부분의 형태를 보존하는 데에는 다소 불리한 것으로 보인다.

4.3.2. 정량적 평가

<표 1>와 <표 2>은 일반화 알고리즘을 적용하기 전과 후의 선길이, 절점 개수, 면적을 비교한 표이고 <그림 8>은 이를 그래프로 나타낸 것이다. 선길이 비율에 있어서 몇몇의 경우를 제외하고는 대부분이 93%~95% 수준의 선길이 비율을 나타내었다. 특히 Lang 알고리즘의 경우 상대적으로 가장 낮은 선길이 비율을 보이고 있는데 이는 Lang 알고리즘이 직각 형태의 모서리를 완만하게 단순화시켜 선의 길이를 단축하는 경향이 강하기 때문이다. 38동 건물에서 Opheim 알고리즘의 선길이 비율이 높은 것은 전술한 것과 같이 외곽선 형태를 매우 잘 보존하고 있어 선길이의 변화가 거의 없는 것으로 보인다. 절점 수의 감소율을 비교하였을 때, 5개의 알고리즘 모두 유사한 수준의 감소율을 보이고 있으나 Douglas-Peucker 알고리즘이 다소 높은 감소율을 보이고 있는 반면 Opheim 알고리즘의 경우 다른 알고리

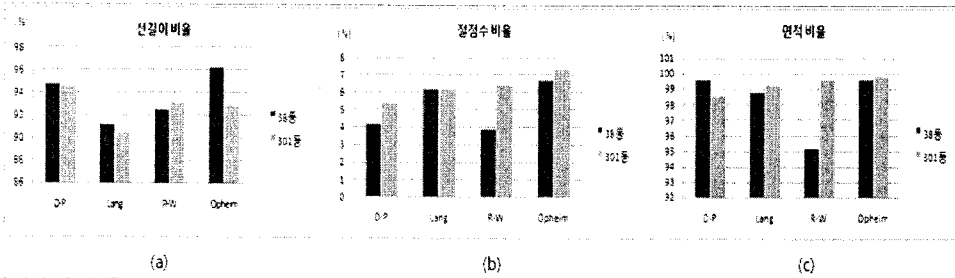
즘보다 다소 낮은 감소율을 나타내고 있다.

<표 1> 38동 건물 외곽선에 대한 각 알고리즘 적용결과

	선 길이(m)	절점 수(개)	면적(㎡)
원래 건물외곽선	235.26 (100%)	403 (100%)	1708.79 (100%)
Douglas-Peucker	223.12 (94.84%)	17 (4.22%)	1701.93 (99.60%)
Lang	214.46 (91.16%)	25 (6.20%)	1688.45 (98.81%)
Reumann-Witkam	217.82 (92.59%)	16 (3.97%)	1626.93 (95.21%)
Opheim	226.66 (96.34%)	27 (6.70%)	1701.75 (99.59%)
평균	220.52 (93.73%)	21 (5.28%)	1679.77 (98.30%)

<표 2> 301동 건물 외곽선에 대한 각 알고리즘 적용결과

	선 길이(m)	절점 수(개)	면적(㎡)
원래 건물외곽선	394.55 (100%)	515 (100%)	5592.93 (100%)
Douglas-Peucker	373.34 (94.62%)	28 (5.44%)	5513.64 (98.58%)
Lang	357.21 (90.54%)	32 (6.21%)	5550.42 (99.24%)
Reumann-Witkam	367.68 (93.19%)	33 (6.41%)	5570.39 (99.60%)
Opheim	366.80 (92.97%)	38 (7.38%)	5582.90 (99.82%)
평균	366.26 (92.83%)	33 (6.36%)	5554.34 (99.31%)



<그림 9> 단순화 결과에 대한 정량적 평가

이는 Douglas-Peucker 알고리즘의 경우 임계영역을 지역적으로 적용시키는 것이 아닌 전역적 단순화 방식이기 때문에 주요한 굴곡을 유지하면서 절점을 제거하는 효과가 뛰어난 것으로 보이며 Opheim 알고리즘의 경우 적용되는 임계영역의 길이가 고정되어 있기 때문에 한 번에 처리할 수 있는 절점의 수가 제한되어 절점의 감소율이 높지 않은 것으로 보인다. Lang 알고리즘이나 Reumann-Witkam 알고리즘의 경우 한 번에 처리되는 절점 수의 최대치에 대한 제한이 없기 때문에 Opheim 알고리즘에 비해서는 절점수의 감소율이 다소 높다.

면적의 비율은 알고리즘에 따라 큰 차이가 없으나 38동에 Reumann-Witkam 알고리즘을 적용한 결과가 특히 높은 면적 감소율을 보인다. 이는 38동의 좌측 상단에 있는 굴곡을 제거하는 과정에서 일반화된 선이 굴곡의 안쪽에 위치하여 굴곡 부분의 면적을 감소시켰기 때문이다.

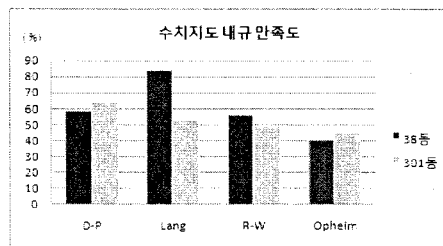
4.3.3. 수치지도 작성내규 만족 비율

단순화 알고리즘을 적용하여 추출된 절점 중 수치지도 작성내규의 기준에 맞는 절점과 맞지 않는 절점을 구분하여 그 비율을 분석하였다. 수치지도 작성내규 중 1/5000 수치지도 곡선데이터의 점간 입력 간격을 적용하여 절점 사이의 간격이 5m 보다 크고 절점에서의 편각이 6°보다 큰 절점을 조건에 만족하는 점으로 구분하였다. <표 3>는 38동과 301동 건물에 대한 단순화 결과의 내규 만족도를 분석한 표이고 <그림 9>는 이에 대한 그래프이다.

내규 조건에 만족하는 절점의 비율은 건물의 형태나 절점의 분포, 그리고 단순화 알고리즘에 따라 매우 상이한 결과를 보여주고 있다.

<표 3> 수치지도 작성내규 만족도

알고리즘	38동		301동	
	절점수	조건 만족	절점수	조건 만족
Douglas-Peucker	17	10 (58.82%)	28	18 (64.29%)
Lang	25	21 (84.00%)	32	17 (53.12%)
Reumann-Witkam	16	9 (56.25%)	33	16 (48.48%)
Opheim	27	9 (40.74%)	38	17 (44.74%)



<그림 10> 수치지도 작성내규 만족도

두 건물의 평균을 기준으로 Lang 알고리즘이 가장 조건에 만족하는 비율이 높고 그 다음으로 Douglas-Peucker, Opheim, Reumann-Witkam 알고리즘 순으로 나타났다. Lang 알고리즘과 Opheim 알고리즘의 경우 비교적 단순한 형태인 38동 외곽선에 대해 높은 만족도를 보이는 반면 301동 외곽선에서는 낮은 만족도를 보이고 있어 편차가 크게 나타났다. Douglas-Peucker 알고리즘은 301동 외곽선에 대한 만족도가 높아 복잡한 형태의 건물외곽선에 상대적으로 유리한 것으로 나타났다. 반면에 Reumann-Witkam 알고리즘은 두 건물외곽선에 대하여 가장 낮은 내규 만족도를 나타냈다. 그러나 전반적으로 평균적인 내규 만족도가 50~60% 수준에 그치고 있어 수치지도 건물외곽선의 작성을 위한 선형 단순화 기법으로 사용되기에는 한계가 있는 것으로 나타났다.

5. 결론

연구결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 모든 알고리즘이 각각의 장단점을 가지고 있지만 전반적으로 Douglas-Peucker 알고리즘이 시각적인 측면, 절점의 감소율 측면에서 다른 알고리즘들에 비해 상대적으로 가장 유리한 것으로 나타났다.

둘째 Lang 알고리즘은 선길이의 축소율이 매우 높은 편으로 나타났고 Reumann-Witkam 알고리즘은 절점의 수가 많지 않은 건물외곽선 데이터에서 높은 면적감소율을 보였다.

셋째, 수치지도 내규 만족도의 측면에서는 모두 50~60%의 만족도를 보이고 있어 수치지도 건물데이터 작성을 위해 사용되기에는 한계가 있는 것으로 나타났다.

따라서 수치지도 작성을 위해 가장 적합한 건물 외곽선 단순화 알고리즘과 임계치 수준을 결정하기 위한 추후연구가 이루어져야 할 것이다. 뿐만 아니라 단순화된 결과가 원래 외곽선의 형상을 어느 정도 보존하고 있는지를 정량적으로 평가할 수 있는 다양한 분석 방법을 적용하면 보다 정확한 비교 평가가 이루어질 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] Seungyong Park, Woojin Park, Deokcheol Choi, Gwanghui Jo, 2008, Study of updating method for National Framework Data using Construction drawings, The 1st SIR BK21 International Conference on Sustainable Infrastructure
- [2] Wenzhong Shi and ChuiKwan Cheung, 2006, Performance Evaluation of Line Simplification Algorithms for Vector

Generalization, The Cartographic Journal, 43(1), pp.27-44

- [3] Woojin Park, Seungyong Park, Yunsik Bang, Kiyun Yu, 2008, A Comparative Study of spatial generalization algorithms for conversion of construction drawings to GIS data, The 1st SIR BK21 International Conference on Sustainable Infrastructure

- [4] 국토해양부 국토지리정보원, 1995, "수치지도작성 작업내규"

- [5] 김강래, 이호남, 방인해, 1992, "지도 일반화에 따른 단순화 알고리즘의 평가에 관한 연구", 한국측지학회지, 제10권, 제2호, pp.63~71

- [6] 김두일, 김종석, 1998, "선형사상에 따른 단순화 알고리즘의 반응 특성 연구", 대한지리학회지, 제33권 제4호, pp.623~634

- [7] 최병길, 2001, "수치지도 일반화에 있어서 단순화에 관한 연구", 한국측량학회지, 제19권, 제2호, pp.199~208