

# 일반화 기법을 이용한 소축척 지도의 자동생성 및 정확도 평가에 관한 연구

## A Study on the Small-scale Map Production using Automatic Map Generalization in a Digital Environment and Accuracy Assessment

김감래\* · 이호남\*\*  
Kim, Kam-Lae · Lee, Ho-Nam

### 요 旨

최근 GIS를 비롯한 각종 지형자료의 응용분야에서 기존의 종이지도가 지니는 제한된 축척 및 정보량 등의 경직성을 탈피한 수치지도의 제작은 시급한 당면 과제로 부각되고 있다. 본 연구에서는 수작업으로 처리되고 있는 편집도의 제작을 자동화 하기 위한 방안으로 디지털 환경하에서의 일반화 기법에 대한 연구를 수행하였으며, 주된 연구대상으로는 일반화 알고리즘을 처리 형태별로 개발하여 프로그램화 하고 이들 결과를 이용하여 컴퓨터 상에서 특정 지형지물에 대한 소축척지도의 자동제작을 구현하였다. 또한 GIS 측면에서의 벡터 데이터로서 동일한 위상구조를 지니기 위한 일반화 전후의 데이터 분석을 토대로 처리형태별 우선 순위의 결정 및 오차량 산정을 실시하여 우리실정에 맞는 일반화의 데이터모델을 분석하였다.

### ABSTRACT

Non-scale digital map have important role in the field of GIS and other application area which using geographical data in recently against conventional map restricted by scale and information. The main objective of this study is to develop the automated map production system for small scale map in conjunction with generalization techniques in a digital environment. We will intend to develop algorithms and programs for each generalization operators based on specific terrain feature with vector data. This study will be performed aspects related to an data model development of generalization process, focussing on priority for processing sequency with maintaining vector topology, and error analysis for generalized digital data.

## 1. 서 론

최근 새로운 개념의 국토정보수집 및 관리체계의 구축이 민간은 물론 국가차원의 정보화 사업으로 추진되고 있다. 이러한 정보화 사업의 방안으로 공간자료를 체계적으로 구축하여 필요한 처리를 행하는 지리정보시스템(GIS)의 이용이 가장 효율적인 방법론으로 대두되고 있다. 지리정보시스템을 효율적으로 활용하기 위해서는 디지털 지도의 제작 기술과 소프트웨어 및 데이터베이스를 비롯하여 이에대한 평가 등의 핵심기반기

술이 준비되어야 한다.<sup>9)</sup>

그러나 지리정보시스템은 축척과 투영법 및 데이터 모델등이 서로 다른 다양한 자료를 이용하여 정보체계를 구축할 수 있는 것이 가장 큰 장점인 반면 축척 변화나 데이터의 결합 등은 데이터 본연의 특성이 손실되며, 특히 정확도의 관점에서는 매우 부정적인 영향을 끼칠 수 있다.<sup>11)</sup> 따라서 이들 데이터가 조합될 경우 최종 결과에 미치는 영향 및 신뢰도 분석등은 조속히 해결해야 할 과제이다. 지리정보체계에서 활용되는 가장 기본적인 공간자료인 수치지도는 표현하고자 하는 지형의 정보를 완벽하게 일치시킬 수 있다면 가장 이상적이라 할 수 있으나 편집도는 물론 실축도의 제작에도 이러한 표현이 거의 불가능 하게 된다. 이러한 경우 축

\*명지대학교 공과대학 교수  
\*\*명지대학교 대학원 박사과정

척에 따라 정보의 취사선택이 이루어 지게 되며, 해당 축척별 용도에 따라 이용상 중요한것, 목표가 되는 것은 모두 표현하게 되며 중요하지 않은 것은 생략을 하는 일반화(generalization)과정을 거치게 된다.<sup>2)</sup>

본 연구에서는 수작업으로 처리되고 있는 편집도의 제작을 자동화 하기 위한 방안으로 디지털 환경하에서의 일반화 기법에 대한 연구를 수행하고자 하며, 주된 연구대상으로는 첫째, 일반화 알고리즘을 처리 형태별로 개발하여 프로그래밍화 하고 이들 결과를 이용하여 컴퓨터 상에서 특정 지형지물에 대한 소축척지도의 자동 제작을 구현하며 둘째, 지리정보시스템 측면에서의 벡터 데이터로서 동일한 위상구조를 지니기 위한 일반화 전후의 데이터 분석을 토대로 처리형태별 우선 순위의 결정 및 오차량 산정을 실시하여 우리실정에 맞는 일반화의 데이터모델을 개발하고자 한다. 이러한 연구목적 달성을 위하여 일반화의 기본 원리가 컴퓨터를 이용한 기본지도에 활용 가능한지 여부를 판단하기 위하여 기존에 알려진 일반화의 기본개념과 방법론에 대한 엄밀한 비교분석을 실시하였다. 또한 현재 국가적인 차원에서 시도되고 있는 지리정보체계 구축의 일환인 수치지도의 작성에 대한 현황분석과 더불어 향후의 일반화에 대한 유연성 부여 및 구축조건을 추출을 위한 문제점을 검토하였다. 이와 같은 분석 내용을 바탕으로 일반화를 위한 실제 활용 가능한 처리모델을 개발하였으며, 특정 지역에 대한 적용을 통하여 일반화의 구현에 대한 방법론을 모색하였다. 일반화된 지형자료는 알고리즘의 평가를 위하여 좌표군의 감축비에 대한 평가, 선형요소에 대한 일반화 후의 유지각에 대한 평가, 특정 길이에 대한 좌표군의 표준오차의 변화량, 특정 길이에 대한 벡터 차이량의 변화에 대한 평가, 면적 차이량에 대한 평가, 곡선화 요소의 변화수량에 대한 평가 등의 정량화된 자료를 사용하였다. 또한, 기존의 지도가 향후의 일반화를 위해 내포되어야 하는 데이터의 성격과 문제점을 분석하였으며, 일부 제한된 방법이기는 하나 해결방법을 모색하고자 하였다.

## 2. 지도의 일반화

### 2.1 일반화의 목적 및 일반화의 영향요소

일반화는 고정된 축척의 지도제작에 대한 경직성을 탈피하고자 다양한 축척의 지도를 편집하는 일련의 과정

이라고 할 수 있다.<sup>13)</sup> 데이터의 물리적 저장용량의 한계 및 디스플레이의 유연성 확보등 시스템의 최적화를 통한 효율성의 강조등에 목적을 두고 일반화에 대한 요구는 급증하고 있다. 이러한 일반화는 경제적인 요구와 데이터의 충실성, 다양성 및 정보전달 매체로서의 표현에 대한 요구 등이 동시에 언급되어야 한다.<sup>12)</sup> 지도의 축척이 작은 경우 일반화의 요구는 더욱 크게 부각된다. 따라서 축척의 선택은 주관적인 항목으로 분류될 수 있으나 실제 활용 목적에 근거한 명확한 정의를 내릴 수 있어야 한다. 그러나 소축척화에 따른 지형지물의 지속적인 보존 여부와 축척의 상관관계에 대해서는 수학적으로 완벽하게 정의할 수 없다는 특징이 있다.<sup>10)</sup> 종이지도의 제작과 관련하여 이미 1960년대 미국 등지에서는 서로 다른 축척상에 표현되어야 할 지형지물의 수를 결정짓기 위한 방안을 제시하였으나 이러한 선택의 원리는 어떤 지형지물이 지속적으로 남아 있어야 하는지에 대해서는 도움을 줄수 없기 때문에 단순한 시각적인 판단 자료로서만 활용되고 있다. 수치화된 데이터베이스인 경우 지도의 축척과 상관관계가 없는것 처럼 보이나 원시자료의 축척과 밀접한 관계를 지니게 된다.<sup>14)</sup> 결과적으로 축척이 변경되는 경우 지형지물이 삭제 되거나 지도상에서 판단할 수 있도록 수정이 가해져야 한다. 일반화를 통해 표현되는 요소는 축척변경이 발생 되더라도 상호간의 논리적인 구조와 위상구조가 지속적으로 확보 되어야 한다. 또한 지도의 목적중 하나는 적절한 정보의 유지를 결정짓고 지도상에 표현된 정보의 선별적인 통제 기능에 있다고 할 수 있다. 따라서 일반화 처리상의 요구중 또다른 구조조건으로 판단할 수 있는 요소는 중요한 정보의 선별적인 통제 기능에 있다고 할 수 있다.

### 2.2 일반화에 따른 주관적 요소와 객관적 요소

지도의 일반화는 처리 절차상 연산자의 제어 조건이 사람의 판단에만 의지함에 따라 주로 주관적인 처리절차라고 표현된다. 따라서 이러한 문제점의 인식에 따라 지도제작에 따르는 일반화를 보다 객관화 시키고 자료의 정량화를 유도하고자 하는 것이 일반화의 동향이라고 할 수 있다. 축척과 같은 계량화된 요소로 도형의 판독성을 검토하는 것은 일부 객관적으로 취급할 수 있으나 지형자료의 근본적인 특성 또는 중요도에 따른 사항은 주관적일 수 밖에 없다. 실제 일반화의 처리에 있어서 객관성에 대한 주장은 일반화의 처리과정에 일관성을 부여하고

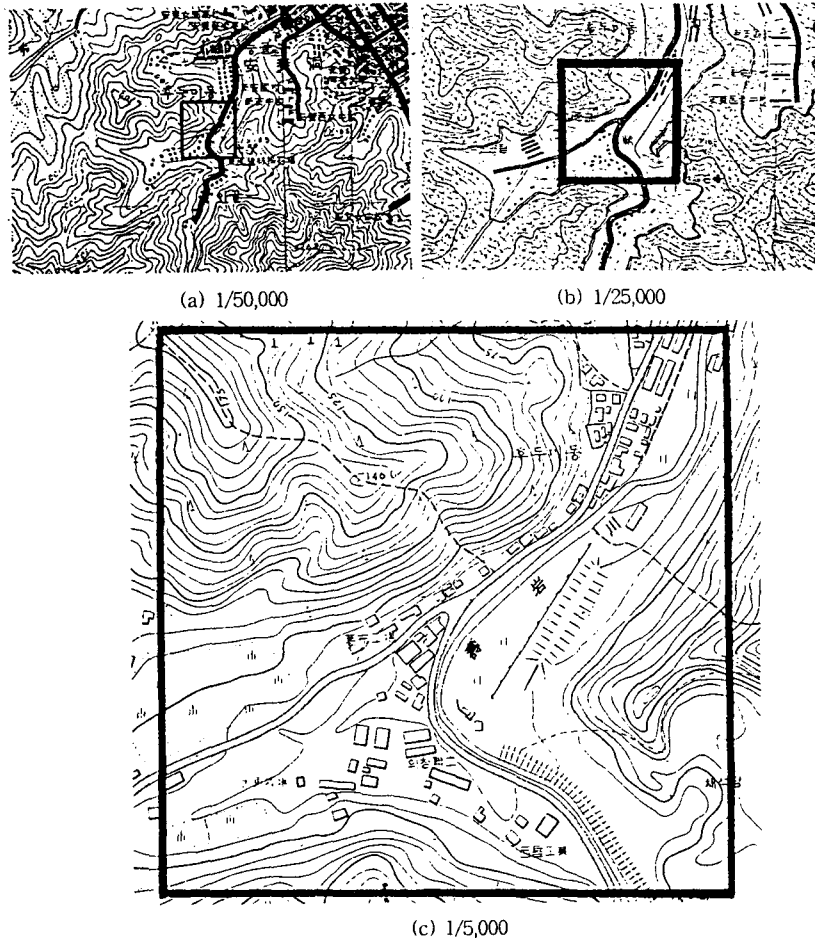


그림 1. 축척에 따른 정보량의 변화 예(국립지리원 국가기본도)

조직적으로 처리하는데 주요 관점을 두고 있다고 할 수 있다. 이러한 판단하에서의 객관성이란 전통적인 지도제작 분야에서의 지도제작자가 행하는 일반화 처리에서 피할 수 없는 다양성과 편견 및 불일치를 감소시키고자 하는데 보다 많은 관점을 부여하는 것이 바람직 하다.

특히 건설교통부의 국립지리원에서는 "수치지도 작성 세부 작업지침서"상에서 실측도의 지도에 대해 일반화의 개념을 명확하게 적용하고 있다. 즉 곡선데이터의 최소간격은 축척 1/1,000은 1m, 1/5,000은 5m, 1/25,000은 10m로 하고 중간점을 생략할 수 있는 1/1,000과 1/5,000은 6°, 1/25,000은 10°를 기준으로 함을 원칙으로 제시하고 있다.<sup>9)</sup> 이러한 구속조건은 가장 대표적인 객관적 요소인 반면, 대부분의 지도제작 지침서에서는 작업자의 주관적인 견해를 수용할 수 있도록 설계

가 되어 있으므로 객관적인 요소와 주관적인 요소가 공존하는 영역을 특정 규칙으로 제한하고자 함에는 많은 문제가 내포되어 있음을 사전에 예측이 가능하다.

### 2.3 수치지도의 일반화 처리절차

대축척 지도로부터 생성된 수치지도를 이용하여 소축척 지도에 대한 수치지도를 제작하고자 하는 경우 전문가 시스템 또는 일부 고가의 지리정보시스템 소프트웨어에서 제공하는 일부 기능을 이용할 경우 비교적 수월한 방법론이 강구될 수는 있으나 이러한 시스템의 부재로 인해 매우 복잡한 처리 절차를 지니게 된다. 일반적으로 디지털 환경하의 일반화에 대한 종합적인 개념 모델은 완전히 자동화된 지도의 일반화 개념을 만족할 수 있어야 한다. 소축척 지도의 자

동생성에 따른 핵심요소인 지도의 일반화와 관련된 연구는 크게 3 단계로 구분할 수 있으며,<sup>16)</sup> 알고리즘의 개발에 중점을 둔 단계와 알고리즘의 효율성에 대한 평가단계 및 종합적인 모델에 중점의 개발 단계 등으로 구분할 수 있다.

디지털 일반화 처리에 대한 대표적인 모델로는 그림 2와 같은 Nickerson & Freeman(1988)모델이 있으며, 이는 1/25,000지도를 이용한 1/250,000지도의 일반화에 대한 분석 결과 비교적 양호한 결과를 도출하고 있음을 연구 보고서는 지적하고 있다.<sup>9)</sup> 이 모델은 모두 5가지의 처리 절차로 수행되며 심볼의 경우 축척과는 별개의 개념으로 처리되는 것이 큰 특징이며, 축척이 비교적 큰 비율로 감소될 경우 효율적으로 처리 할 수 있음을 밝히고 있다.

이와 유사한 시기에 발표된 McMaster & Shea 모델은 그림 3과 같이 지리정보시스템 환경하에서의 지도에 대한 일반화를 시도하고자 함이 가장 큰 목적이다. 따라서 McMaster & Shea 모델을 이용한 일반화를 시도하고자 할 경우 규칙의 설정이 가장 큰 관건이라고 볼 수 있다.

Brassel & Weibel 등에 의해 제시된 또 하나의 처리 모

델은 그림 4와 같으며, 총 5개의 처리절차로 구성되어 있고 다른 모델에 비해 규칙의 설정을 강화된 형태로 처리하고자 하는 것이 가장 큰 특징이며, 비교적 일반화의 자동화를 위한 방안 제시가 상세하게 표현할 수 있는 방법론이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 현존하는 3가지 모델에 대한 분석을 토대로 그림 5와 같은 개념의 형태로 새로운 일반화 모델에 대한 처리절차를 구성하였다. 이는 현재 까지 우

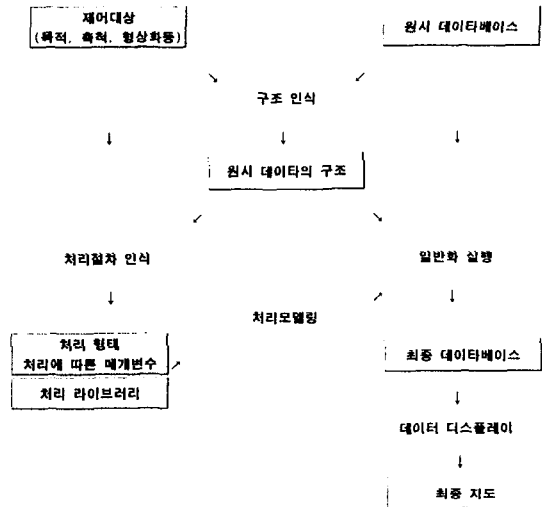


그림 4. Brassel & Weibel의 일반화 모델

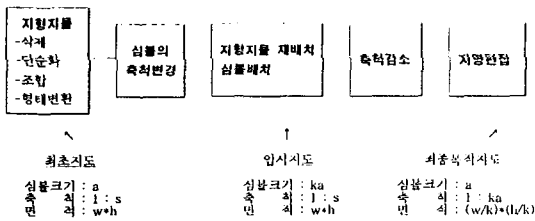


그림 2. Nickerson & Freeman 일반화 모델

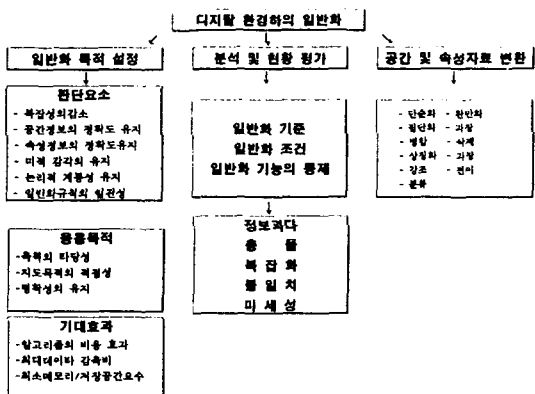


그림 3. McMaster & Shea의 디지털 환경하에서의 일반화 처리 모델

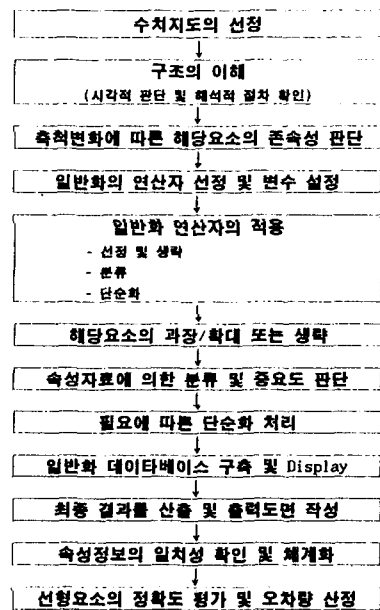


그림 5. 본 연구에서 사용된 일반화 처리모델

리나라의 경우 수치지도에 대한 정확한 세부기준의 설정이 진행중인 단계이며, 지리정보시스템의 활용 측면에 있어서도 인덱스 지도를 형성하기 위한 경우와 중첩 분석에 사용되는 원시자료로의 활용이 그 주된 목적이라고 판단함에 따른 것이다. 이러한 중간 단계의 일반화 모델은 향후 일반화에 대한 요구가 증가할때 기존의 처리모델과는 달리 유연성을 부여할 수 있고 처리 순서에 대한 시각적 확인의 결과를 규칙의 설정이 되기까지의 한시적인 방안으로 처리할 수 있다는데 가장 큰 특징을 찾을 수 있다. 그림 5와 같은 처리모델을 위해서 사전에 판단되어야 할 요소로

- 지리정보시스템 분석 또는 지도제작 측면의 최종 목적에 따른 목표 설정
  - 요구 정확도
  - 시각적인 효과의 필요여부 판단
  - 최종 목표의 축척
  - 최대 데이터 감축 비율
  - 기억공간(메모리/디스크)에 대한 최소 요구
- 등에 주안점을 두었다.

#### 2.4 자동화를 위한 구성요소

일반화의 자동화를 위한 주된 구성요소는 연산자의 선택과 이를 효과적으로 지원하기 위한 규칙의 설정에 있다고 할 수 있다. 이러한 규칙은 도식 규정 이외에도 지리정보시스템목적의 데이터인가? 또는 지도제작을 위한 데이터인지 여부를 판단하여야 한다.

일반화의 자동화를 위해서는 연산자에 대한 파악이 선행되어야 하며, 외국의 문헌조사와 더불어 우리나라에서 발간되는 지도의 특성 분석 및 현업에 종사하고 있는 지도제작자의 의견을 종합하여 표 1과 같은 연산자를 대표적인 항목으로 분류하였다. 이중 도형요소의 구성과 연산자 상호간의 관계는 지도화 되어 표현되는 요소의 특성에 따른 것으로 규칙의 설정과정에서 다양하게 변화될 수 있는 사항이라고 할 수 있다.

#### 2.5 일반화 알고리즘

일반화에 필요한 연산자가 선택되면 디지털 환경하에서 지형지물에 대한 적용이 가능한지 여부를 논리적으로 판단하여야 한다. 따라서 점, 선, 면등의 다양한 대상체에 대한 연산자를 각 지형,지물별로 선정하고 이에 따른 알고리즘별 프로그램을 작성하거나 기존의 소

표 1. 일반화를 위한 연산자

연산자 명	도형요소			연산자간의 상관관계
	점	선	면	
삭제				
선택/생략				
선택	0	0	0	0
선별적 생략				
선형요소				
단순화				
감축	0	0		0
완만화				
분류				
집단화	0	0		
분리				
위치변경				
축소				
형태변경	0	0		
기하학적 표현 변경				
조합/축소				
축소화	0	0	0	
조합화				
전이				
위치변경	0	0	0	0
전치				
과장				
확대 및 강조	0	0	0	
확장				
강조				
보간	0	0	0	
세부화				
완만화				
위상변경	0	0	0	0
위치변경 및 완만화				
심블화				
그래픽 속성 변경	0	0	0	0
모형화				

프트웨어를 이용하여처리 모델에 따라 일반화를 시도하게 된다.

일반화의 알고리즘은 지형자료를 분류하는 방법에 따라 이점이 있을 수 있으나, 점, 선, 면과 3차원자료에 해당하는 표면에 대한 총 4가지 형태로 구분할 수 있다. 일반화를 시도하기 위한 기본적인 개념은 속성정보에 대한 자료가 충분하여 속성만을 이용하는 방법과 도형요소에 대해 시인성을 확보하기 위한 특정 알고리즘을 활용하는 방법으로 대별할 수 있다.

일반화는 표고점, 독립가옥, 심볼 등과 같이 점으로 구성되는 자료와 도로, 하천, 경계등과 같은 선으로 구성되는 자료 및 호수, 공원등과 같은 면으로 구성되는 지형자료에 대한 일반화로 구분할 수 있다. 이들 일반화 요소중 점과 면에 대한 일반화는 처리개념이 비교적

쉽다는 점에 기인하여 연구성과는 그리 많지는 않은 상태이나 선에 대한 자료의 일반화는 문제의 다양성과 더불어 많은 연구성과가 도출되어 있다. 이러한 연구성과

표 2. 일반화 알고리즘의 종류

대상	처리방법	알고리즘의 종류
점	점과점	군집 분석, 비례방사 확대 기법, 가우스 방사 확대법, 불규칙삼각망(TIN) 기법
	점과 선	군집분석
	점과면	군집분석
선	독립점	규칙적 추출법(Nth Point), 무작위 추출법
	지역처리	점간 거리 계산법, 점간 변화각 계산법, Jenk 알고리즘
	구속조건	Lang알고리즘, Dettori알고리즘, Opheim알고리즘, Johannsen알고리즘, Deveau알고리즘, Roberge알고리즘
면	전역처리	Douglas-Peucker알고리즘, 가중평균법, $\epsilon$ 필터링 기법, 수치 보간법
	래스터	Zero-Crossing기법, 격자 필터링 기법
	벡터	Douglas-Peucker알고리즘, $\epsilon$ 필터링 기법

를 토대로 각 도형 요소에 대한 일반화 알고리즘은 표 2와 같이 구분할 수 있으며, 향후에도 이를 수정 보완하고 계산능력이 향상된 알고리즘은 지속적으로 개발될 것으로 기대된다.

본 연구에서는 점의 일반화와 선형자료의 일반화에 따른 평가를 위하여 McMaster가 제시한 군집분석(Culster Analysis)을 시도하고자 하였다.<sup>13)</sup> 지도의 일반화를 위해서 요구되는 각종 연산자의 효율적인 활용을 위해서는 사람의 판단이 개입하지 않고 계수로서 컴퓨터에 입력가능한 대상을 파악하기 위하여 선형자료군에 대한 평가를 시도하고자 하였다. 이러한 평가 자료는 일반화의 연산자로 하여금 일반화 여부를 판단하는 기초 자료가 될 수 있다. 자료군에 대한 관한 주된 평가 방법은 원격탐사와 같은 영상을 다루는 분야에서 이미 상당한 수준으로 발달된 기법이다. 본 연구에서는 선형자료군의 평가를 위하여 그림 6과 같이 표현되는 거리와 방향에 대한 행렬법과 Sperman의 Rho통계법을 이용하여 행렬의 평균값을 추출 하는 방법을 이용 하였다.

이때 군집화가 실시된 선형요소의 집단분석에 대해서는 식 1과 같이 표현할 수 있다.

$$d_{ij} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2}}{m} \quad (1)$$

여기서,  $x_k$ 는  $i$  번째의 지형지물에 대한  $k$  번째의 측정

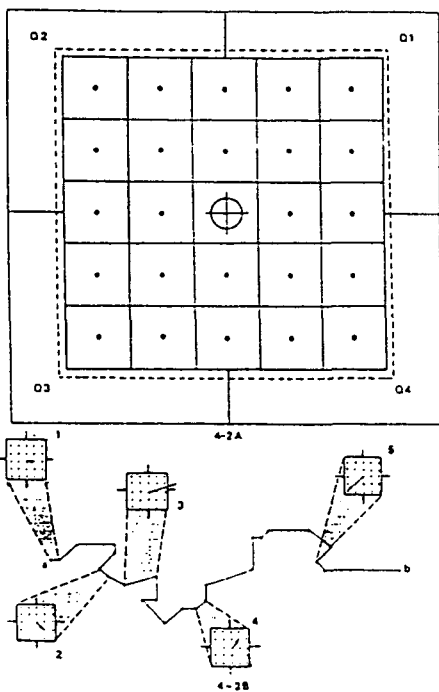


그림 6. 수치지도의 입력 대상에 대한 정점간의 거리와 방향 행렬

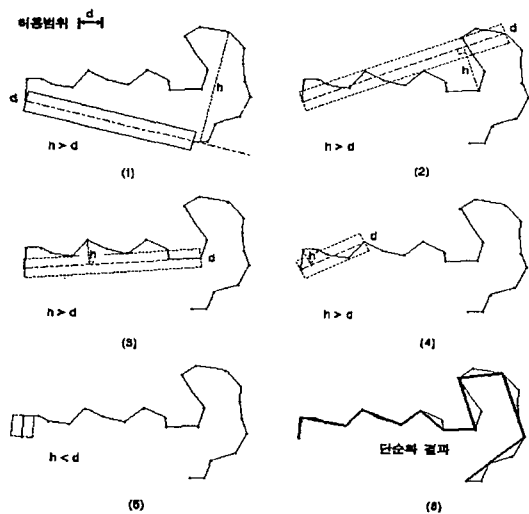


그림 7. Douglas-Peucker알고리즘의 해석 절차

변수,  $x_{jk}$ 는  $j$  번째의 지형지물에 대한  $k$  번째의 측정 변수를 뜻한다. 따라서 각각의 지형지물에 대해  $m$  회의 변수를 측정할 경우  $d_{ij}$ 는  $i$ 와  $j$  간의 거리가 된다. 이때, 거리가 작은 값을 지니는 경우 유사성이 있음을 뜻하며, 그 반대인 경우 도형간의 유사성이 없어짐을 뜻하게 된다.

선형요소로 판단할 수 있는 선과 면의 일반화를 위해서 본 연구에서는 그림 7과 같은 Douglas-Peucker 알고리즘 외에 규칙적 추출법, Jenk 알고리즘 및 Lang 알고리즘을 이용하여 선형요소에 대한 4개의 처리기법중 각각의 대표적인 기법에 따른 차이점을 분석 하였다.

### 2.6 일반화 후의 도형의 특성분석

일반화 후의 자료에 대한 성격 규명을 위해서는 그 목적이 지도제작인 경우 필요한 도면으로 출력 시키거

나 모니터 상에 디스플레이를 통한 육안검사를 통하여 해당 지도 전체 또는 일부분에 대한 일반화의 시도 여부를 판단할 수 있다. 그러나 일반화 되고자 하는 자료가 지리정보시스템에서 활용을 목적으로 생성되거나 일반화의 대상이 방대한 지도제작에 중점을 둘 경우 일반화 후의 평가에 대한 방법을 육안으로 모두 확인 한다는 것은 그리 바람직한 방법이라고 할 수는 없다. 따라서 본 연구에서는 일반화 후의 적절성과 신뢰도를 측정하기 위한 방안으로 특정 연산자를 사용한 일반화 후의 변화량에 대한 통계적인 검증과 정량화된 자료를 생성하기 위하여 McMaster가 제시한 수학적 평가 모델로 표 3와 같은 측정 가능치를 이용하였다.<sup>13)</sup>

이들 주요 측정치에 대한 도해적인 표현은 그림 7과 같으며, 단위 길이는 일반화를 위한 최소 허용범위 또

표 3. 일반화 후의 특성분석을 위한 평가모델

데이터 특성		주요 측정치
구분	특성	
선형의 속성 측정치	선 길이의 변화	(1) 선 길이의 변화량
	좌표의 변화량	(2) 좌표의 변화 비율
		(3) 단위 길이당 평균 좌표의 수
		(4) 단위 길이당 좌표 변화에 대한 표준편차
선형의 변화 측정치	각의 변화량	(5) 각의 변화(합계)
		(6) 각의 변화(+)
		(7) 각의 변화(-)
		(8) 단위 길이당 각의 변화(합계)
선형의 변화 측정치	곡선의 데이터	(10) 곡선화 구간의 변화수
		(11) 평균 곡선 구간의 수
		(12) 각각의 곡선 구간에 대한 누적거리
		(13) 곡선화 구간의 평균 거리에 대한 표준오차
선형의 변화 측정치	벡터 차이량	(14) 벡터 변화의 전체 길이
		(15) 단위 길이당 벡터변화 수(+)
		(16) 단위 길이당 벡터변화 수(-)
		(17) 단위 길이당 벡터변화 길이(+)
선형의 변화 측정치	다각형의 차이량	(18) 단위 길이당 벡터변화 길이(-)
		(19) 전체 면적의 차이량
		(20) 단위 길이당 다각형의 수(+)
		(21) 단위 길이당 다각형의 수(-)
선형의 변화 측정치	둘레의 변화량	(24) 면적 차이량에 대한 전체 둘레의 길이
		(25) 단위 길이당 다각형의 수(+)
		(25) 단위 길이당 다각형의 수(-)

는 특정 간격의 거리를 뜻하는 것으로 각 알고리즘의 상대적 오차 분석이 가능한 최소이격거리이다.

소만을 이용하였다.

### 3. 실험 및 분석

#### 3.1 대상지역 및 지도

본 연구에서는 국립지리원 발행 축척 1/5,000 지형도로부터 1/25,000 및 1/50,000 지도의 재편집에 대한 일부 지형요소에 대해 그 결과를 도출하고자 하였다. 이 중 1/5,000 기본지도에 포함된 총 10개의 지형 자료에 대해 표본으로 사용하였으며, 그림 9와 같은 선형 요

#### 3.2 일반화 모델의 적용

연구대상의 표본 자료에 대해서 모두 90% 이상의 데이터 감축이 가능하도록 일정한 간격의 허용범위 하에서 그림 8과 같은 Douglas-Peucker 알고리즘을 이용하여 단순화를 적용한 후 선의 특성을 분석하였으며, 표 4과 같은 계산결과를 얻었다.

#### 3.3 오차량 평가

일반화 이후의 오차량 평가를 위해서 표 2와 같은 측

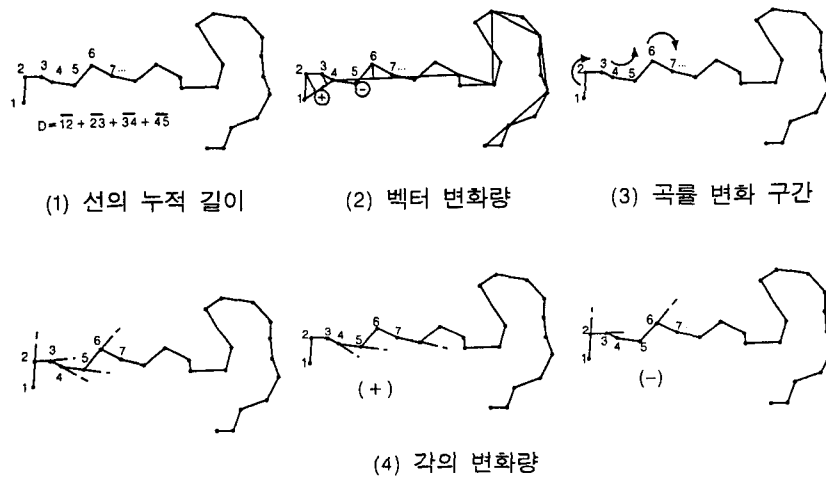


그림 8. 일반화 후의 특성분석을 위한 평가모델의 도해적 표현요소

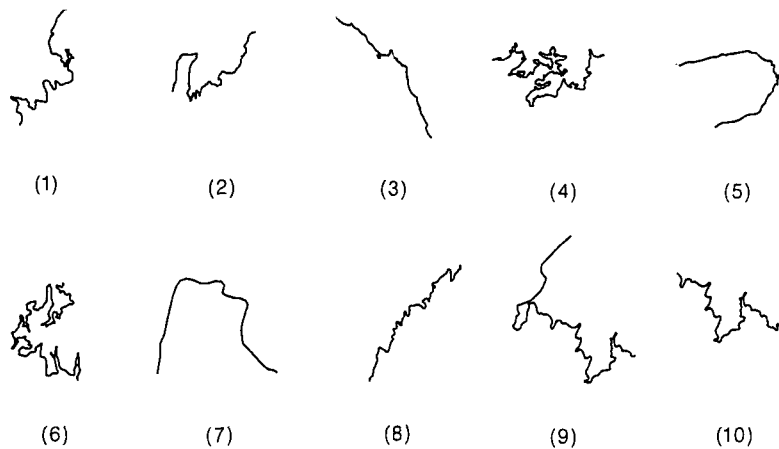


그림 9. 연구대상에 대한 표본자료



표 4. 표본 자료의 단순화 결과

표본 명	최초 좌표수	단순화		
		5m	10m	20m
1	367	174	85	34
2	197	89	57	18
3	184	103	66	16
4	476	167	59	39
5	209	78	48	15
6	535	196	67	38
7	178	74	45	16
8	293	132	52	21
9	245	145	43	25
10	223	108	49	17

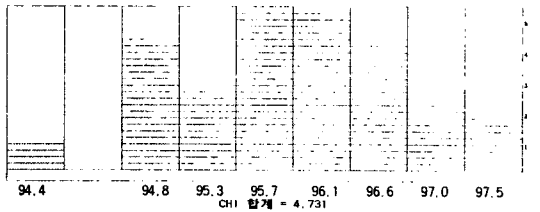


그림 10. 선의 길이에 따른 히스토그램 분포도(표본 1)

정치를 기준으로 자료군의 균질성을 분석하는 것이 바람직 하다. 따라서 본 연구에서는 총 10개의 표본 자료에 대해 5m간격의 허용범위를 기준으로 표2와 같은 측정치중 길이의 변화량을 계산 하였다. 이들 길이 변화량에 대한 결과치를 정규분포 곡선에 대해 신뢰도를 0.05로 설정후 Chi-Square분포에 따른 회기분석을 실시 하였으며, 그림 10과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 총 10개의 표본 자료를 분석 하였다.

총 10개의 표본 자료중 7개의 자료군이 정규분포와 유사한 형태를 취하고 있음을 알 수 있었으며, 표본자료중 7번에 해당되는 지역은 그림 11과 같이 다른 표본 자료에 비해 표준오차가 무려 5배 이상을 상회함을 나타 내었다.

이는 Douglas-Peucker알고리즘이 포함하고 있는 불확실성을 내포하고 있는 단편적인 예라고 할 수 있으며, 단순화 하고자 하는 선에 대해 선형인 요소가 많은 경우 데이터 감축비가 상대적으로 크며, 곡선부와 같이 점의 밀도가 높은 경우 형상을 유지하기 위해 많은 점을 포함하고 있음을 알 수 있다.

표 3과 같은 표본 자료로 부터 단순화 과정을 거친

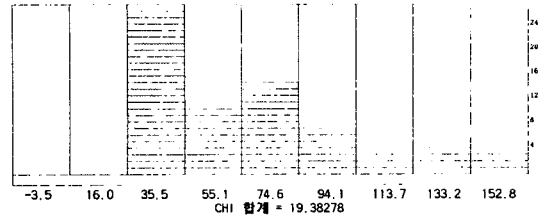


그림 11. 선의 길이에 따른 히스토그램 분포도(표본 7)

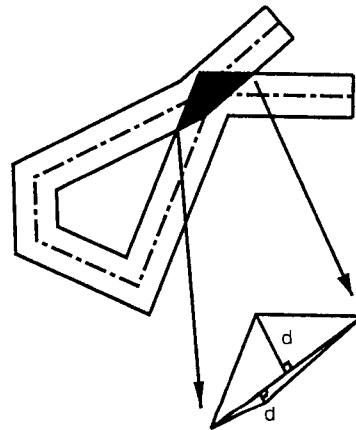
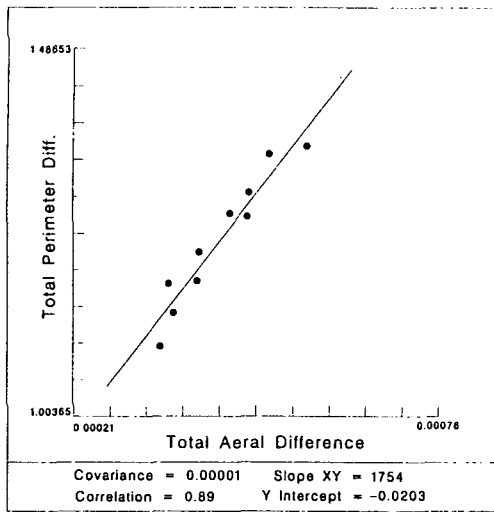


그림 12. 선형요소의 일반화에 따른 특성손실 예

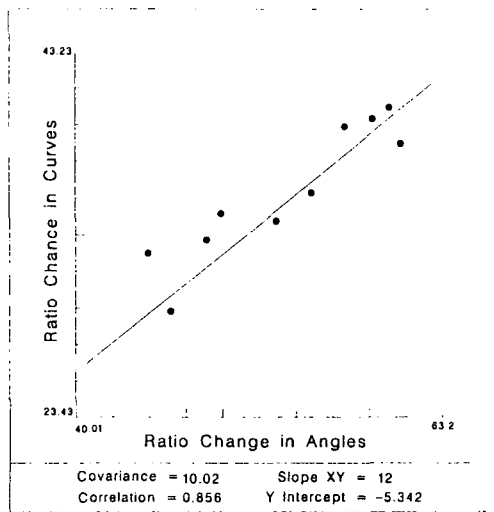
선은 고유한 특성으로 인해 최초의 데이터가 지니고 있던 위치로 부터 기하학적 변위를 지니게 되며, 이러한 변위량을 측정할 경우 단순화에 대한 평가가 그림 10 및 11과 같이 통계적인 방법으로 일부는 해결 가능하다. 최초의 선이 단순화가 종료된 시점에서의 선에 대한 오차의 증가는 해당 알고리즘의 지형정보에 대한 질적인 수준을 결정하는 요소가 되며, 이러한 오차의 측정을 위한 도구로 사용될 수 있는 방안으로 벡터변위량과 면적생성량등 다양한 요소를 들 수 있다. 따라서 본 연구에서는 표 2에서 언급된 항목을 기준으로 각각의 요소를 자동 계산할 수 있는 프로그램을 작성 하였으며, 결과는 그림 13과 같다.

이들 결과를 분석한 결과 일반화 후의 좌표에 대한 감축 비율은 곡선부 또는 완만한 직선을 유지하는 경우 일반화에 데이터에 대한 감축비가 상대적으로 높아서 알고리즘의 효율성을 판단하기에는 다소 무리가 있는 것으로 나타났다. 따라서 이 기법은 다른 측정치와 연계하여 알고리즘을 판단하는 것이 바람직함을 알 수 있었다.

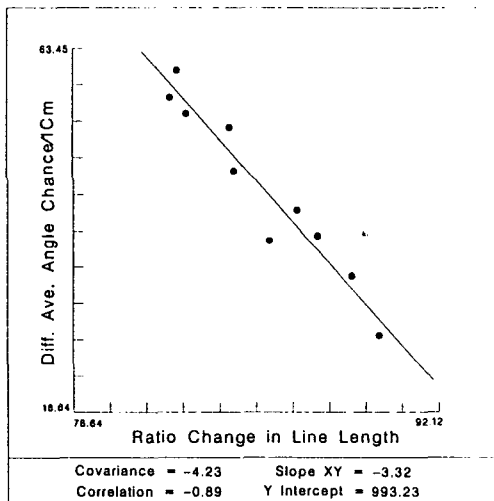
따라서 식(1)을 이용한 상관 행렬을 작성하여 분석한 결과 단위길이당 좌표군의 변화에 대한 지수는 다른 측



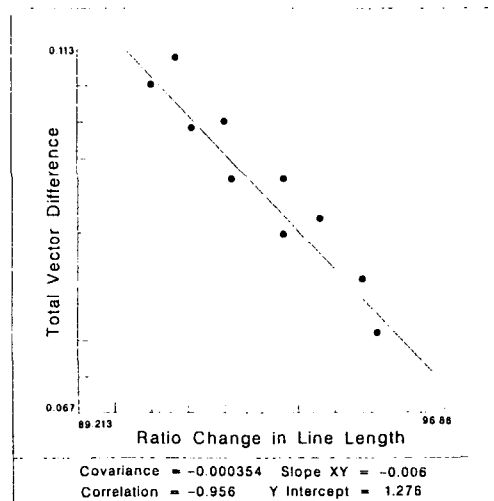
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 13. 일반화 알고리즘에 대한 요소별 결과

정치와의 비교자료로서 매우 유용한 지수가 되는 것으로 나타났다.

선형요소에 대한 각의 변화를 일반화의 수학적 평가로 활용하는 경우 그림 11에서 볼 수 있듯이 단순화의 허용범위가 증가함에 따라 각의 변화 비율은 축소됨을 알 수 있다. 단위 길이당 선을 구성하는 좌표수에 대한 표준편차는 최초의 선에 대한 동일한 점의 밀도로 단순화가 시행되었는지 여부를 판단하는 중요한 자료가 된다. 단위 길이당 점의 수에 대한 변화가 심한 경우 표준

편차가 증가하며, 이에 따른 비율도 큰 폭으로 증가하는 특성을 지니고 있음을 알 수 있다. 100% 이상의 비율로 형성되는 경우 점이 불규칙하게 배치되는 현상을 보이고 있으며, 소규모의 비율을 지니는 경우 유사한 간격으로 배치되고 있음을 알 수 있다.

단위 길이당 벡터의 변화량과 면적 차이량은 최초의 자료로부터 일반화가 시도된 후의 전이에 대한 평가 척도로 활용될 수 있다. 이는 일반화 전후의 두 선에 대한 벡터의 차이량 합과 다각형으로 구성되는 이동량을

계산하므로써 쉽게 파악할 수 있다.

곡선구간의 수에 대한 변화량은 각의 변화량과 매우 밀접한 상관관계를 지니고 있는 것으로 나타났으며, 기하학적 관점과 지도제작의 관점은 지니지 못하고있다. 일반화의 작업중 대부분이 완만하게 표현하고자 한다는 관점에서 보면 일반화 후에는 곡선화 구간이 줄어드는 현상을 내포하고 있다. 이러한 현상을 보다 계량화된 형태로 표현하기 위하여 각각의 표본 자료에 대한 상관도를 분석 하였으며, 그림 6에 표현된 정점간의 거리와 방향행렬의 계산을 통해 10개의 표본 자료에 대한 상관성을 분석하였다. 총 10개의 표본 데이터는 Sperman의 RHO분포가 0.94에서 0.55의 범위에 있었으며, 높은 상관성을 나타내는 경우 평균 행렬과 비교적 밀접한 관계가 있음을 제시하는 것이라 할 수 있다. 이러한 결과로 볼때 본 연구에 사용된 일반화 전후의 계량적 표현을 위한 표 2와 같은 측정치는 최초 입력된 수치지도에서 원시 자료가 보다 세밀하게 많은 점으로 구성되었다 할 지라도 최종 일반화에는 큰 영향을 미치지 않고 있음을 제시한한다고 할 수 있다. 따라서 특정 허용범위를 설정하고 일반화를 실시할 경우 원시자료가 실제 표현하고자 하는 축척보다 과대한 정보를 담고 있어도 표준화되고 일관성있는 데이터 감축이 가능하다는 점을 알 수 있다.

### 3.4 분 석

소축척 지도의 자동제작 개념으로서 일반화를 표본 자료에 적용한 결과 일반화의 처리 모델에서도 지적한 바와 같이 일반화의 규척과 더불어 일반화 알고리즘에는 만족할 만한 수준의 계산 또는 수학적 구속조건이 포함되어야 한다. 특히 이러한 방법은 데이터의 양을 감소시킬 수 있어야 하고 수학적 계산 또는 처리의 효율에 대한 변화가 없어야 한다. 그러나 본 연구에서 시도한 10개의 표본 자료에 대해서 단순화를 시도한 결과에서도 약 3개의 표본 자료는 일반화 후의 선의 특성이 상당부분 손실되고 있음을 알 수 있었다. 이는 그림 12와 같은 형태의 단일의 선이라 할지라도 실제 지도화에 필요한 선형요소를 특정 굵기의 도형으로 표현할 경우 발생하는 문제점이다. 특히 해안선과 굴곡이 심한 도로 및 하천과 같은 선형성 지형지물인 경우 이러한 문제점이 많이 발생할 수 있다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 일반화

의 축척이 가장 큰 변수이며, 특히 지도제작 사양의 준비 과정이 철저하게 검증을 통해 이루어 져야 한다는 점을 알 수 있었다. 또한 수치화된 지도의 일반화에 대한 선형요소의 방향각을 유지할 수 있도록 2차원 상사 변환과 더불어 단순 선형요소가 지도화를 위하여 지도 제작 사양에 따라 불가피하게 면으로 구성되는 도로 및 제방등과 같은 표현요소에 대해서는 과장되는 면적의 측정과 더불어 일반화의 사전단계에서 고려되어야 할 사항임을 알 수 있었다.

본 연구에서는 이러한 현상을 보다 정량화 하기 위하여 도형요소에 대한 총 30개의 측정 가능치를 대상으로 상관관계를 해석하였으며, 표본 자료에서는 벡터 변화량과 면적의 변화량에 대한 평가 계수가 비교적 수작업에 의한 일반화 결과의 척도를 나타낼 수 있는 방법으로 사용됨이 바람직 함을 알 수 있었다. 또한 이러한 검증결과를 토대로 신뢰도를 확보하기 위한 방법으로 상관 행렬을 분석하였으며, 표본자료에 대해 적용한 결과 실제 원시데이터의 복잡함과 일반화 후의 데이터 량은 종속적인 관계가 아님을 알 수 있었다. 따라서 이러한 결과는 일반화와 더불어 현재 제작되고 있는 수치지도인 경우 해당 축척별로 물리적인 데이터의 크기가 유사하다고 판단되며, 이는 지리정보시스템 개념의 도입과 더불어 1/500, 1/1,000, 1/1,200, 1/3,000등의 수치지도가 특별한 제작 사양 또는 도식규정 없이 행해지고 있다는 현실적인 측면을 감안할때 일반화에 영향력이 미세하다는 점에서 큰 구속조건 없이 소축척 지도를 제작할 수 있으나 소축척인 경우 오차량의 평가와 더불어 해당축척에 대한 지도제작 사양이 필수적인 연구과제이며 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구는 소축척 지도의 자동제작을 위한 일반화에 관한 것으로, 실제 활용 가능한 처리모델을 개발하고자 하였으며, 특정 표본자료를 이용한 일반화의 구현에 따른 평가방법을 제시하고자 하였다. 기존의 지도가 향후의 일반화를 위해 내포되어야 하는 데이터의 성격과 문제점을 분석하였으며, 제한된 연구성과이기는 하나 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 일반화와 관련된 모델은 Brassel & Weibel이 제시

한 제시한 모델이 디지털 환경하의 수치지도 제작 과정에서는 가장 적용이 쉽고 표준화된 절차를 지니고 있는 것으로 판단 되었으며, 지속적인 수정과 보완이 이루어져야 할 것으로 판단되나, 이질적인 데이터베이스가 많은 국내의 지도환경에 적합하다고 판단되는 처리모델을 제시할 수 있었다.

2. 국내의 지도제작 및 도식규정에 대한 분석 및 현재까지 사용되어온 편집도의 제작 과정을 분석하고 외국의 사례를 조사하여 일반화를 위한 연산자를 제시하였으며, 도형 및 속성과의 연계에 따른 상관성을 분석하여 표본 자료에 적용한 결과 대용량의 데이터베이스에도 적용이 가능함을 알 수 있었다.

3. 일반화 전후의 허용범위 산정과 관련하여 수학적 평가모델을 제시하였으며, 선형성 지형자료를 표본자료를 이용하여 단순화에 따른 오차량의 검토를 실시하였다. 총 25개 평가 항목중 벡터 변위량과 일반화 후의 면적 차이량에 대한 비교가 일반화를 평가하는 가장 신뢰도가 높게 나타남을 알 수 있었다.

4. 일반화 전의 최초자료와 해당 축척에 따른 일반화 후의 데이터 크기 비교를 토대로 일반화의 연산자에 대한 상관성을 분석한 결과 선형성 자료인 경우 최초자료의 데이터 크기는 일반화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

## 감사의글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 KOSEF-951-1206-013-1)의 연구비 지원에 의해 수행되었기에 깊은 감사를 드립니다.

## 5. 인용문헌

1. 김감래, 이호남, 김종훈, "디지털 환경하의 목적 지향형 지도 일반화", 대한토목학회 학술발표개요집, 1992, PP

320-323  
 2. 김감래, 이호남, "지도 일반화에 따른 단순화 알고리즘의 평가에 관한 연구", 한국측지 학회지 제 10권, 제2호, 1992, pp 63-71  
 3. 김감래, 이호남, "선형성 지형자료의 일반화에 대한 효율적인 알고리즘에 관한 연구", 한국 측지학회지, 제12권, 제1호, 1994, pp43-52  
 4. 김감래, 이호남, 광강울, 1994 "Line단순화를 위한 Zero-crossing알고리즘의 적용에 관한 연구", 대한토목학회 학술발표회집, 1994, pp451-454  
 5. 광강울, 이호남, 김명배 "소축척 지도제작을 위한 데이터 감축기법에 관한 연구". 한국 측지학회지, 제 13권, 제 1호, 1995, pp77-83  
 6. 국립지리원, "1: 5,000 지형도 도식적용 규정"  
 7. 국립지리원, "1:25,000 지형도 도식적용 규정"  
 8. 국립지리원, "1:50,000 지형도 도식적용 규정"  
 9. 국립지리원, "수치지도 작성 세부 작업지침서", 1996  
 10. Buttenfield B P, McMaster R B "Map Generalization : Making rules for knowledge representation", Longman Scientific & Tech., 1991, pp 21-39  
 11. Maguire D J, Goodchild M F & Rhind D W, "Geographical Information Systems" Vol.II, Longman Scientific & Tech., 1991, pp 427-440  
 12. Kilpelainen T, "Multiple Representation & Knowledge-based Generalization of Topographic Data", ISPRS 1992, Washington D.C. 1992, pp 954-964  
 13. McMaster R B, Shea K S, "Cartographic Generalization in a Digital Environment" Proceedings GIS/LIS '88 San Antonio Texas 1, 1988, pp 240-249  
 14. Clarke K C, "Analytical & Computer Cartography" Prentice Hall, 1990, pp 132-143  
 15. Douglas D H & Peucker T, "Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or Its Caricature", The Canadian Cartographer, Vol. 8, No.2, 1973, pp 112-122  
 16. McMaster R B, "A Mathematical Evaluation of Simplification Algorithms", Auto Carto 6, 1985, pp 267-275  
 17. Monmonier M C, "Computer-Assisted Cartography", Prentice-Hall, 1982, pp 170-175