

개인용 컴퓨터를 이용한 Choropleth Map System 개발

구자용* · 황철수* · 김재한* · 유근배*

PC-based CMS Development

Ja-Yong Koo · Chul-Sue Hwang · Jae-Han Kim · Keun-Bae Yu

요 약

코로플레스 지도는 지리사상의 지역간 분포 특성을 시각적으로 표현하는 지도이다. CMS는 코로플레스 지도 제작 프로그램으로 1988년에 처음 개발되었다. 본 연구에서는 최근 변화된 컴퓨터 기술과 사용자 환경을 고려하여 이에 적합한 CMSⅡ를 개발하였다. CMSⅡ는 IBM PC AT 또는 상위 기종에서 실행되며 DOS 5.0 이상의 운영환경과 최소 640KB 이상의 메모리가 필요하다. 그래픽 해상력과 색상을 고려하여 그래픽보드로 VGA를 사용하고 고해상도의 지도를 출력하기 위해 HP 호환의 레이저 젤 프린터를 지원한다. 코로플레스 지도를 효과적으로 디자인하기 위해 화면에 표시된 지도를 이동, 회전, 혹은 축소가 가능하도록 좌표변환모듈을 첨가하였다. 화면의 메뉴와 지도의 제목과 범례 등을 한글화하였고 한자의 사용도 가능하도록 제작하였다. 속성자료의 호환을 위해 DBF 형식을 이용하였다.

ABSTRACT : Choropleth map is a type of thematic maps in which areal units are shaded with a color or pattern that symbolizes some characteristic of the mapped unit. CMS was first developed to produce choropleth maps on ordinary microcomputer environments in 1988. Since then there have been significant technological developments and enhancements in user environments, which have affected the field of choropleth mapping systems positively. A new version of CMS was developed in accordance with these changes. CMSⅡ requires an IBM PC, or compatible, with the minimum 640KB memory and VGA graphic board. It supports HP laser jet printers to output a high resolution map. The program can use Hangul letters for main menu, map title, and legend. And dBase file format (DBF) was implemented to exchange attribute files effectively.

* 서울대학교 지리학과 (Dept. of Geography, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea, Tel. (02)880-6451)

서 언

코로플레스 지도(Choropleth Map)는 지리 사상(geographic features)들의 지역간 분포 특성을 설명하고 이해시키는데 활용되고 있다(Robinson, et., 1984). 전통적으로 지도학에서는 코로플레스 지도를 중요한 소재로 인정하여 활발히 연구하고 있다. 그러나 지도학자들은 코로플레스 지도를 실제로 만드는 작업을 힘들고 지루한 것으로 여기고 있다. 이것은 코로플레스 지도를 제작하는데 고려해야 할 핵심적인 요소들, 특히 계급(class)의 분류나 패턴의 결정 등이 세심한 판단력을 요구하기 있기 때문이다(Noroha, 1987).

1980년대 중반까지만 하여도 코로플레스 지도를 신속하게 제작하기 위한 여러가지 대안이 부족하여 특정한 용도에 맞는 코로플레스 지도를 완성하기가 매우 어려웠다. 그러나, 1980년대 중반이후 급속히 발전된 개인용 컴퓨터와 주변 그래픽 출력 장치의 기술은 코로플레스 지도 제작에 획기적인 전기를 마련하였다.

CMS(Choropleth Map System)는 1988년에 개인용 컴퓨터 환경에서 코로플레스 지도의 제작이 가능하도록 서울대 지리학과 GIS 실험실에서 개발한 프로그램이다(유근배 외, 1988). 그 당시는 코로플레스 지도를 제작하기 위해서 외국의 패키지만을 사용하고 있었으므로 우리의 실정에 적합한 소프트웨어를 구하기 힘들었고 이를 개선하기도 불가능하였다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 당시에 개인용 컴퓨터 환경에서 가장 보편적인 흑백 모니터와 도트 매트릭스 프린터, 그리고 IBM 호

환 16비트 계열의 컴퓨터를 바탕으로 CMS를 제작하였다. 그후 고해상도의 그래픽을 처리할 수 있는 장치가 일반인에게도 많이 보급되었기 때문에 이러한 환경에 맞게 CMS를 보완할 필요성이 제기되었다.

CMSⅡ는 기존 CMS의 사용과정에서 제기되었던 문제점들을 개선한 것이다. 최근의 그래픽 환경을 충실히 따르기 위해 CMSⅡ는 표준 VGA(Video Graphics Array)에서 수행되며 고해상도의 레이저 프린터를 지원한다. 또한 기존의 CMS에서 문제점으로 지적되었던 한글의 사용 문제를 해결되었고 4,000 여 자의 한자도 지원하도록 설계되었다. 그리고, 속성 데이터의 형식을 ASCII에서 DBF로 변환하여 자료의 호환과 처리에 효율성을 도모하였다.

코로플레스 지도의 특성

CMS 정의와 발달

코로플레스 지도(Choropleth Map)에서 'choropleth'라는 단어는 그리스에서 유래된 것으로, 장소를 일컫는 'choros'와 크기 혹은 정도를 의미하는 'pletho'의 합성어이다. 'Choropleth Map'이란 시,군 등과 같은 단위 지역(unit area)으로 구성된 지역의 통계량의 변화를 부호(음영이나 색상으로 표현된 패턴)로 나타내는 지도이다.

코로플레스 지도는 단위지역 내의 통계량이 모두 동일하다는 가정에서 출발하기 때문에 지리적인 분포가 갖는 지역적 변화를 지나치게 단순화시키는 단점을 갖고 있다. 그러나 단위지역을 많이 포함하고 있는 지역의 통계량

을 농담의 변화로 쉽게 비교할 수 있기 때문에 지리적 연구의 초기 단계에서 효과적인 연구 도구(research tool)로 활용되고 있다.

1960년대에 디지털 컴퓨터는 지도학에서 반복적으로 수행되는 일부 단순 작업을 대체할 수 있는 메카니즘을 갖게 되었고, 이후 컴퓨터가 다각형 채움(polygon fill)이나 계급 분류에 응용될 수 있는 향상된 도구로 인정되었다. 이와 같은 상황에서 코로플레스 지도는 컴퓨터 지도학 분야에서 초창기 연구의 중요한 대상이 되었다. 예를 들면, 미국의 Northwestern 대학에서 개발한 SYMAP은 Harvard 대학에서 보완된 후 여러 분야에서 활용되었다.

1970년대와 1980년대 초기에는 컴퓨터 지도학에 탁월한 영향을 미친 두가지 기술적 진보가 있었다. 우선 고해상도의 플로터가 등장하였다. 메인프레임 컴퓨터의 기능과 디지털 데이터베이스의 향상이 뒷받침되어 고해상도 플로터 출력은 수작업으로 작성된 그래픽과 구별할 수 없을 정도의 고해상력을 갖게 되었다. 수작업에 비해 신속하게 지도를 출력할 수 있는 플로터의 처리능력은 지도 인식(map perception)에 관한 연구를 활성화시켰고, 이것은 지도학의 기술적 진보를 이끌었다.

두번째는 부피가 작고 가격이 저렴한 마이크로컴퓨터의 등장이다. 특히, 소프트웨어나 운영 환경이 사용자 편의로 개발되어 활용 인구를 급속히 확산시킬 수 있었다.

이러한 지도학의 발전을 두가지 측면에서 신중하게 고려할 필요가 있다.

첫째, 마이크로컴퓨터용 상업적 지도학 응용 소프트웨어가 1980년대에 시장에 등장하여 기업이나 교육기관 등에 활발히 보급되고 있다

는 점이다. 이와 같은 상업용 소프트웨어 사용의 확장세로 보아 가까운 장래에 컴퓨터로 작성한 지도가 일반화될 것이다. 그런데 대부분의 소프트웨어 사용자들이 지도학 교육을 받지 못한 처지이다. 따라서 지도학 전문가들은 이러한 지도들을 조사하고 코로플레스 지도를 제작하는데 적합한 하드웨어나 소프트웨어가 구성(specifications)되도록 노력해야 한다.

둘째, 상업용 소프트웨어를 평가할 기준이 항상 변화하고 있다는 점이다. 예를 들면 최근의 추세는 '사용자 인터페이스의 효율성'이란 항목이 반드시 포함된다. 이러한 변화를 전문적 지도학자들이 늘 주시하여야 한다.

계급의 분류

자료를 분류하는 작업은 코로플레스 지도를 제작하는데 가장 중요한 사항들 가운데 하나다. 코로플레스 지도 위에 정보를 효과적으로 표현하기 위해서는 우선 계급의 수와 계급의 크기를 신중하게 결정하여야 한다. 펜과 잉크를 사용하는 수작업의 지도학에서는 이 과정에 많은 시간을 소비하였지만, 최근에는 컴퓨터 기술의 발전으로 보다 규모가 크고 복잡한 공간자료를 더욱 빠르게 처리하고 있다.

한편, 계급을 결정할 때 계급의 크기를 복잡하게 나누면 오히려 코로플레스 지도를 이해하기가 어려워진다. 따라서 계급간의 크기를 가급적 일정하게 유지해야 계급간의 변화율 혹은 변화량을 이해하기 쉽다(Dawsey, 1990). 코로플레스 지도에서 계급분류방법은 대체로 세가지로 구분할 수 있다.

첫째, 등간격으로 계급을 설정하는 방법이다. 등간격 방법은 다시 다음의 네가지의 방법

으로 나뉜다.

1) 자료의 범위를 등간적으로 나누는 방법
이 방법은 가장 잘 알려진 방법으로 자료의 최대값과 최소값의 차이 즉, 범위를 구한 다음 그 범위를 원하는 계급수로 나누는 방법이다. 이 방법의 장점으로는 작업이 간단하며 계급간의 비교가 쉽기 때문에 등치선도를 작성할 때 유리하다. 그러나 자료가 정규분포를 이루는 경우에는 자료의 상당 부분이 소수의 계급에 편중되거나 실제의 자료가 없는 계급이 나타날 수 있다.

2) 정규분포에 의한 방법

이 방법은 평균과 표준 편차를 이용해서 계급을 나눈다. 평균을 중심으로 표준편차의 배수로 계급을 나타낸다. 이 방법의 장점으로는 자료가 없는 계급이 만들어지지 않으며, 계급 분류로 사용되는 편차의 합이 평균에 의해서 나누어지는 계급과 같기 때문에 어떤 자료의 분포도 잘 표현할 수 있다. 계급의 개수는 항상 2의 n승이어야 한다.

3) 분위수에 의한 방법

이 방법은 전체 자료수를 주어진 계급수에 의해 일정하게 나누는 방법으로 예를 들어, 4 분위수이면 전체의 자료를 4등분하여 계급을 나눈다. 여기에 흔히 사용되는 분위수로는 4 분위수, 5분위수, 6분위수, 10분위수 혹은 100분위수 등이 있다. 이 방법은 서열척도(ordinal scale)의 자료를 사용할 때 유리한데 그것은 이 방법이 자료의 값이 아니라 자료의 수에 의존하기 때문이다.

4) 등면적에 의한 방법

이는 지역 분할(geographical quantile)이라고도 한다. 지도의 면적을 일정한 크기의 계급으로 나눈다. 계급의 수는 제작자에 따라 다르며, 계급의 결정은 흔히 누적빈도분포 그래프를 사용한다. 단위지역의 면적을 알아야 하며 면적 사상 이외의 정보를 표시할 수 없다. 또한 단위지역이 사각형 형태이거나 등면적일 경우 범위에 의한 등간적 계급분류나 분위수에 의한 분류방법과 다른 점이 없다.

둘째, 어떤 규칙에 따라 나누는 방법이다. 이 방법도 다시 두 가지의 방법으로 구분되는데 등간척도(interval scale) 혹은 비율척도(ratio scale)의 자료에서만 가능하다.

1) 산술급수적 방법 : 이 방법은 등차수열을 이용하여 계급의 간격을 수열의 합만큼 체계적으로 늘리는 방법이다.

2) 기하급수적 방법 : 이 방법은 등비수열을 이용하여 계급의 간격을 공비에 의해서 구한다.

셋째, 자료의 빈도분포에서 나타나는 자연적 경계(natural break)나 클리노그래프(clinograph)의 중요점(critical point)을 경계로 계급을 나누는 방법이다.

음영 패턴과 색조

코로플레스 지도는 국가나 도시와 같은 단위지역의 특정한 주제자료를 표현하기 위해서 시각적 수단을 사용한다. 코로플레스 지도에 표현되는 주제자료는 정량적 혹은 정성적 특성을 갖는데, 이러한 특성은 음영 패턴(shading pattern)이나 색조(hues)를 통해 상징적으로 표현된다(Gilmartin, et., 1989).

단위지역들을 정성적으로 구별하기 위해서는 명암(brightness or value)을 거의 일정하

게 유지하면서 색조나 음영패턴을 다르게 표현한다. 반면에 정량적으로 구별하기 위해서는 색조나 패턴을 일정하게 유지하면서 명암에 차이를 두어 표현하며, 이 경우 어두울수록 양적인 크기가 커지도록 나타낸다. 후자의 경우 전통적으로 자주 이용되는 색조는 청색이나 검정색이다.

한편, 컴퓨터 그래픽 기술이 향상으로 최근에는 색상에 대한 이용이 증가하고 있고 이에 따라 코로플레스 지도를 작성하고 있지만 여전히 효과적인 색상의 조합이 필요하다. 예를 들어 정량적인 구분이 필요한 코로플레스 지도를 작성하는데 색상을 사용할 때는 녹색(green), 청색(blue), 자주색(purple)과 같이 연속적 분광 특성을 갖으면서 명암의 크기에 차이가 있는 색상들을 이용하여 시각적으로 양적 변화를 감지하도록 한다. 그러나 황색(yellow) - 오렌지색(orange) - 적색(red)과 같은 색상들의 조합은 분광순서(spectral sequence)가 연속적이라 할지라도 명암의 크기에 차이가 없기 때문에 정량적 특성을 효과적으로 나타낼 수 없다.

CMS II

CMS II의 구조와 기능

CMS는 초기 개발이후 많은 실험을 거쳐 주요 기능들이 보완되었다. 최근에 컴퓨터 기술의 향상과 더불어 하드웨어 가격이 크게 하락하여 사용자의 하드웨어 환경이 향상되었다. 이에 따라 새로운 코로플레스 지도 제작 프로그램(CMS II, Choropleth Map System II)

을 개발하게 되었다.

CMS II는 지도의 경계선을 따라 작성된 공간좌표화일(geographic coordinate file)과 이와 관련된 속성자료화일(attribute data file)을 서로 연결한다. 그리고 여기에 기본을 두고 자동으로 계급을 부여하여 이를 색상이나 패턴으로 표시한다.

기본도 화일은 도면을 디지털라이저 위에 놓고 좌표를 입력하여 만들거나 CAD 등 외부에서 제작된 도면을 변환하여 준비한다. 속성화일은 기본도화일의 단위면(unit area or polygon)과 연관된 속성을 저장하는 화일로서 자료의 호환을 고려하여 dBaseIII Plus 형태의 화일형식을 갖는다.

계급(class)은 등돛수 분류, 등범위 분류, 정규분포를 이용한 분류, 그리고 임의의 분류 등 4가지 방법으로 분류할 수 있도록 하였다. 본 프로그램은 4가지 계급분류 방식을 대화식으로 선택할 수 있게 하였고, 특히 막대그래프(bar graph)와 원형도표(pie chart) 그리고 속성자료에 대한 기초 통계치를 구하여 계급을 분류할 때 적정성의 판단에 도움을 주도록 하였다.

CMS II는 IBM 286 또는 그 상위 기종에서 실행되며 DOS 5.0 이상의 운영 환경과 640KB이상의 RAM이 필요하다. 그래픽 해상력 및 색상을 고려하여 그래픽보드로 표준 VGA를 사용하였다. 또한 고해상도의 지도를 출력하기 위해서는 HP 호환 레이저 프린터를 지원한다.

CMS II는 모두 8개의 모듈로 구성되어 있으며 프로그램의 핵심부는 '지도제작모듈'이다 (Fig. 1, Fig. 2).

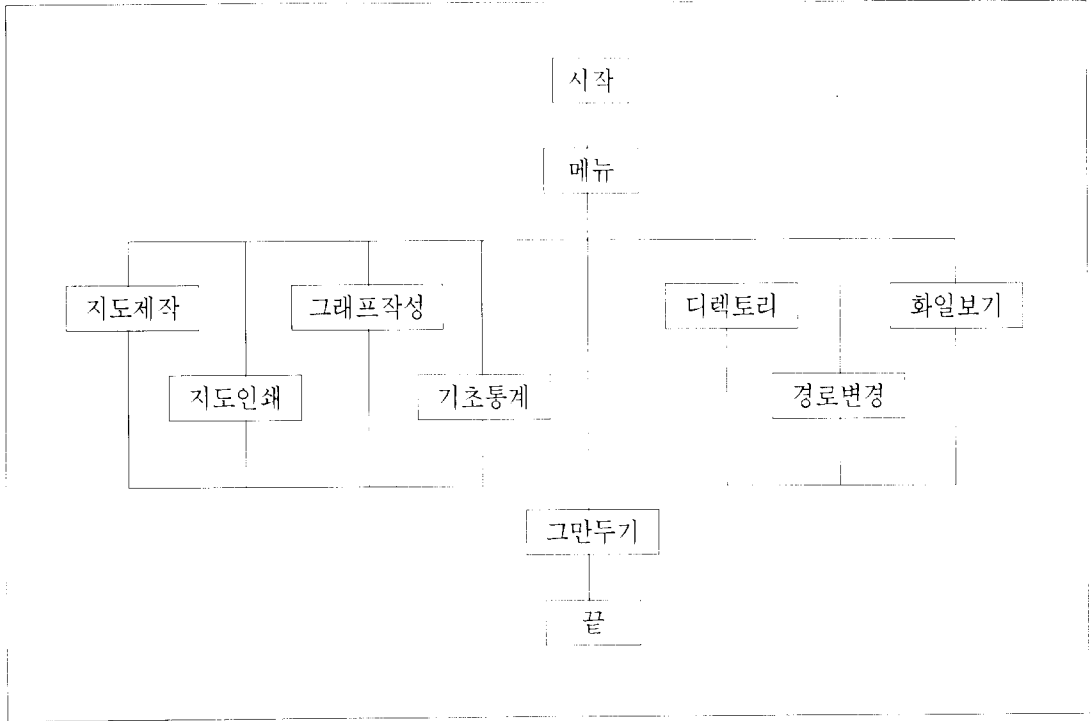


Fig. 1 The Flow Chart of CMS II

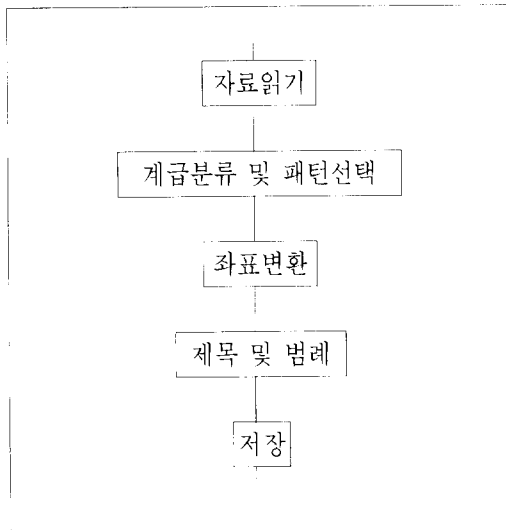


Fig. 2 The Configuration of Mapping Module

각 모듈의 기능

1) 지도제작 모듈

좌표 및 자료화일을 읽어 계급분류와 좌표 변환 작업을 거쳐 코로플레스 지도를 만드는 모듈이다. 이 모듈은 다음의 하부 모듈(submodule)로 구성되어 있다.

① 자료읽기

이는 좌표화일과 자료화일을 읽어들이는 모듈이다. 좌표화일은 직각 좌표계를 바탕으로 한 x,y 값의 조합들로 구성되어 있다. 화일의 앞부분에는 지도의 전체크기를 나타내기 위해 좌상점과 우하점의 좌표값이 기록된다. 각 단위지역마다 단위지역의 고유번호와 이름이 앞

에 기록되고 단위지역의 경계선의 좌표가 입력되며 하나의 단위지역 좌표가 끝나면 -1의 좌표값으로 이를 표시한다.

자료화일은 단위지역 고유번호와 이름, 그리고 각각의 자료값이 기록되어 있으며 dBase III plus를 이용하여 입력, 수정, 관리할 수 있다. 이들 자료는 모두 읽혀져 메모리에 기억되며, 다음의 분류와 변환작업에 이용된다.

② 계급분류 및 패턴선택

자료화일에서 읽은 자료들을 적절한 계급분류 방법에 의해 분류기준값을 설정하고 각 단위지역들을 해당되는 계급으로 분류하는 모듈이다. 여기에서는 네가지의 분류방법을 제공한다.

첫째, 등등수 분류방법은 전체자료를 크기에 따라 일렬로 정리한 후 각 변의수의 값으로 계급을 나누는 방법이다. 이 방법은 각 계급의 등수값이 모두 같도록 분류할 때 사용된다.

둘째, 등간격 분류는 자료값의 범위(최대값 - 최소값)를 구하여 이를 계급의 수로 나누는 값으로 각 계급의 기준값을 정하는 방법이다. 이 방법은 각 계급의 간격이 일정하도록 분류할 때 사용된다.

셋째, 정규분포를 가정한 계급분류는 전체 자료의 평균과 표준편차를 구한 후, 평균에서의 오차정도를 기준으로 8개의 계급으로 분류한다.

넷째, 사용자가 계급분류 기준값을 직접 지정하는 방법은 사용자의 판단에 따라 임의로 분류계급이 부여된다.

이상의 방법을 통해 자료가 분류되면 해당 계급별로 패턴을 부여한다. 사용자가 적절한 패턴을 선택할 수 있으며, VGA의 지원으로 패턴과 아울러 색상도 표현할 수 있다.

③ 좌표변환

좌표읽기 모듈에서 읽혀진 좌표 데이터는 입력과 동시에 화면좌표계로 변환된다. 이렇게 변환된 좌표는 사용자가 원하는 형태로 변환될 수 있다. 화면에 기본도가 그려진 후, 적절하게 이동변환, 축척변환, 회전변환 등을 이용해 알맞는 모습으로 조정한다. 이동변환은 직각좌표계에서 x축 혹은 y축 방향으로 평행이동을 하는 변환으로 이동량은 화면좌표계로 조정한다. 축척변환으로 지도를 확대, 또는 축소시킬 수도 있다. 회전변환에서는 일정 원점을 지정하여 이를 중심으로 회전이동을 시킨다.

④ 제목 및 범례

계급분류와 좌표변환이 끝나면 코로플레스 지도가 완성된다. 그러나 최종적인 지도를 만들기 위해서는 제목과 범례를 넣어야 한다. 제목은 최대 2줄까지 쓸 수 있으며, 한글과 영문, 한자를 모두 사용할 수 있다. 제목은 커서를 이용하여 원하는 곳에 기입할 수 있다. 분류계급마다 해당되는 패턴과 상한값은 우측 하단에 범례로 표시된다. 범례의 설명문도 한글과 영문으로 표현할 수 있다.

⑤ 지도저장

이상의 모듈을 거치면 코로플레스 지도가 완성된다. 완성된 지도는 저장하여 다음에 다시 출력할 수 있다. 지도의 저장은 화면을 하드카피(screen hard copy)하여 지도 화일을 만들기 때문에 지도제작의 수행속도가 빠르고 화일의 크기도 작아 효과적으로 관리할 수 있다.

2) 지도 인쇄 모듈

저장된 지도화일을 다시 읽어 화면에 나타

내고 프린터로 출력하는 모듈이다. 지도화일은 이진화일(binary file)로 되어 있어 신속한 화면표시가 가능하다. 화면에 그려진 화일은 하드카피 루틴에 의해 프린터로 출력된다. EPSON 계열의 도트 매트릭스 프린터를 지원하며 HP 호환의 레이저 젤 프린터도 출력된다. HP 호환 프린터를 이용할 경우 양질의 지도를 출력할 수 있다.

3) 그래프 작성 모듈

자료화일의 데이터를 분류할 때 선택한 계급수나 분류방법이 적절한가를 판단해야 한다. 그래프 작성 모듈은 분류결과를 막대그래프나 원형도표 형태로 표시하여 시각적으로 계급을 비교할 수 있다. 각 계급의 dots를 막대그래프로 표현하여 계급별 dots의 차이를 판단할 수 있고, 원형도표는 각 계급의 dots가 전체에서 차지하는 비율을 표현하여 계급분류의 편중 여부를 판단하는데 도움을 준다. 각 그래프는 프린터로 출력할 수 있다.

4) 기초통계 모듈

자료의 통계적 특성을 분석하여 화면과 프린터에 출력시키는 모듈이다. 자료의 특성을 파악하여 계급을 분류하는데 도움을 준다. 출력되는 통계치는 경우의 수, 최대값, 최소값, 범위, 합계, 평균, 중앙값(median), 제곱합, 분산, 표준편차, 평균편차(mean deviation), 변동계수, 평균의 표준오차, 왜도, 첨도, 1사분위수, 3사분위수, 사분위범위 등이다.

5) 화일관리

— 디렉토리, 경로변경, 화일보기
화일의 관리에 도움이 되는 기능을 하는 모

듈들이다. 디렉토리 모듈은 현재의 디렉토리내의 화일의 목록을 보여주는 모듈이다. 경로변경 모듈은 현재 작업중인 디렉토리나 드라이브를 다른 디렉토리로 변경시켜주며, 화면보기 모듈은 일반 텍스트 화일을 읽어 화면에 나타낸다.

6) 화일변환 모듈

CAD와 같은 시스템에서 사용되는 지도 화일을 CMS에서 사용하기 위해 화일의 형태를 변환시키는 모듈이다. 도면 표준 화일 형태인 DXF 화일을 CMSⅡ의 XY 좌표화일로 변환시켜준다. 특히 AutoCad 등 보편적인 CAD 프로그램을 이용하여 지도를 입력한 뒤 이를 CMSⅡ 화일로 변환하면 손쉽게 좌표화일을 작성할 수 있다. 이것은 CMSⅡ 외부에서 별도의 프로그램으로 운영된다.

적용사례와 평가

본 연구에서는 수도권 지역을 대상으로 코로플레스 지도를 제작하였다. 서울과 인천 등 직할시급 이상의 시는 구단위로, 기타 지역은 군단위로 단위지역을 설정하였다. 속성자료는 1990년도 인구분포와 1990년도 상수도 보급률이 이용되었다.

지도작성에 앞서 그래프를 이용하여(Fig. 3, 4) 계급수 및 분류방법을 결정한 후 코로플레스 지도를 완성하였다(Fig. 5,6).

CMSⅡ의 개발은 다음과 의미를 갖는다. 첫째, 손쉽게 지도를 제작, 출력할 수 있다. 둘째, 보편적인 하드웨어 환경 하에서 작업이 가능하므로 비전문도 손쉽게 지도를 제작할 수

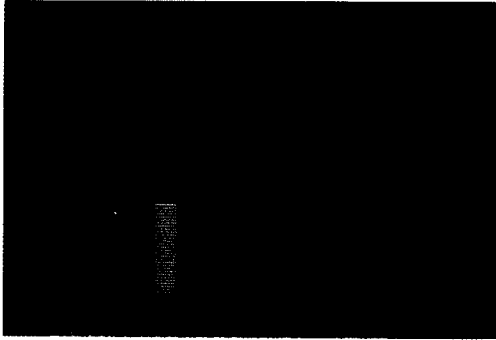


Fig. 3 Bar Graph—Data Classification

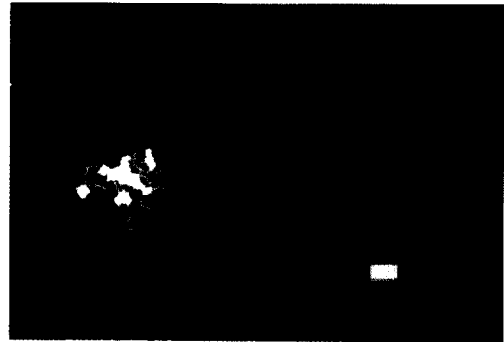


Fig. 5 Population Distribution of Seoul Metropolitan Area in 1990

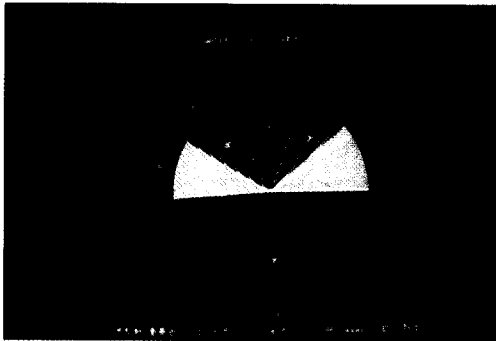


Fig. 4 Pie Chart—Data Classification

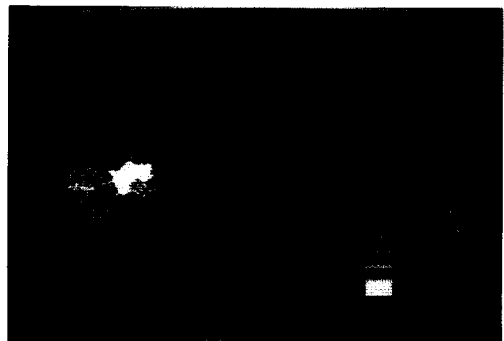


Fig. 6 Water Supply Rate of Seoul Metropolitan Area in 1990

있다. 셋째, 지도제작을 연습할 수 있는 교육 매체로 이용할 수 있다. 넷째, 지리정보 분석의 초기 단계에서 편리하게 이용할 수 있다.

CMSⅡ는 기존의 CMS의 단점을 개선하고 발달된 최근의 하드웨어 환경에 맞추어 개발되었다. 그러나 이 프로그램은 VGA의 화면해상력에 대한 한계가 남아있고, 플로터나 컬러 카피어(color copier) 등과 같은 고품위 출력 기기를 지원하지 못한다.

참 고 문 헌

유근배, 구자용, 박수홍, 1988, "PC-based

Choropleth Maps(CMS)에 관하여," 지리학 논총, 15호, pp.21-27.

Dawsey, C.,B., 1990, "Algorithms for Uniform Range Interval Classification," CARTOGRAPHICA, vol. 27, no.3, pp. 46-53.

Gilmartin, P.,P., 1988, "The Design of Choropleth Shadings for Maps On 2- and 4-Bit Color Graphics Monitors," CARTOGRAPHICA, Vol.25, No.4, pp. 1-10.

Gilmartin, P. and E., Shelton, 1989,

- “Choropleth Maps on High Resolution CRTs/The Effects of Numbers of Classes and Hue on Communication,” *CARTOGRAPHICA*, Vol.26, No.2, pp. 40-52.
- Maceachren, A.,M., 1982, “The Role of Complexity and Symbolization Method in Thematic Map Effectiveness,” *AAAG.*, Vol.72, No.4, pp.495-513.
- _____, 1985, “Accuracy of Thematic Maps : Implications of Choropleth Symbolization,” *CARTOGRAPHICA*, Vol.22, No.1, pp.38-58.
- Muehreke, P.,C., 2nd ed., 1986, *Map Use : Analysis, and Interpretation*, Madison Publications.
- Noronha, V.,T., 1987, “Choropleth Mapping in a Microcomputer environment : A Critical Evaluation of Some Commercial Implementations,” *The American Cartographer*, Vol.14, No.2, pp.139-154.
- Robinson, A.H., Sale, J.L., Morrison, P.C. and Muehreke, 1984, P.C., 5th ed., *Elements of Cartography*, John Wiley & Sons., pp.343-344.