

地形空間情報體系를 이용한 都市地域의
整地標高 算定에 관한 研究
—釜山市 影島區 地域을 中心으로—
A Study on Calculation of Readjustment Height of
Urban Region by Geo-spatial Information System
—Focused on the Region of YOUNGDO-GU, PUSAN—

박운용* · 차성렬** · 신상철***

Park, Un-Yong* · Cha, Sung-Yeoul** · Shin, Sang-Cheal***

要 旨

지형공간정보체계는 광범위한 응용기술과 정부, 기업, 과학의 많은 분야의 종사자들에게 매우 큰 관심거리이다. 토목의 여러 분야에 있어서 절토량과 성토량을 추정하기 위해 지형을 모델화 해야 할 필요가 있다. 일반적으로 공사전의 수치지형모델을 작성하고 공사 후에 변화된 지형을 나타내는 예측 수치지형모델을 만든다. 토목공학의 중요한 요소인 토량산출을 위해 사다리꼴 법칙, 심프슨 1/3 법칙과 3/8 법칙을 사용하여 산출하였다. 그리고 경사는 수평면에 접하는 면으로 정의할 수 있으며, 경사는 표고의 변화율인 기울기와 최대고도 변화율이 일어나는 방향의 두가지 요소를 가지고 있다. 본 연구에서는 토량의 산출 및 정지표고 산정, 경사도, 방향등의 공간정보를 도출하여 그 결과를 얻었다.

ABSTRACT

Geo-spatial information system covers a wide range of applications and technologies and is of great potential interest to many users in government, industry and science. In many civil engineering problems it is necessary to model a landform in order to be able to removed or to be brought in to make the site ready for the proposed developed. The earthwork volume, could be calculated by the trapezoidal formula, Simpson's 1/3 and 3/8 rules. And slope is defined by a plane tangent to the surface as modelled by the digital terrain model at any given point and comprises two components namely, gradient, the maximum rate of change altitude, and aspect, the compass direction of this maximum rate of change. The thesis is the earthwork volume could be counted, readjustment height, slope and aspect analysis of various derived products can be obtained form geo-spatial informations.

1. 서 론

최근의 급격한 도시화 및 산업화는 인구 및 산업의 과대한 대도시 집중을 야기하였고 도시 성장에 필요한 각종 도시기반시설 수요를 원활하게 대처하지 못하게 되면 도시기능의 원활한 수행을 저해하게 되고 주택 문제, 산업용지 문제, 교통혼잡 문제, 환경과피등의 외부 불경제에 따른 각종 도시문제가 등장하게 되어

도시민의 생활 환경 수준을 열악하게 만들게 된다.

그러나 각종 도시기반 시설의 수요는 토지자원의 제약과 도시지역 확장의 한계로 인하여 획기적이고 전략적인 도시발전 정책이 강구되지 않는 한 충족시키기 어려우므로 기존 도심부의 재개발 토지이용의 고도화를 위한 토지의 고층, 고밀도 이용, 우회도로의 건설, 산지개발 및 해안 매립을 통한 신규토지의 확보가 종합적으로 계획되는 대규모 도시계획 사업의 시행이 필연적인 과제로 대두되고 있는 실정이다.

특히, 부산의 지역적인 특성으로 볼 때 바다로 둘러 싸이고 있을 뿐 아니라 산지의 면적이 대부분을 차

*동아대학교 토목공학과 교수
**양산전문대학 토목과 교수
***동아대학교 대학원 토목공학과 석사과정

지하고 있기 때문에 해안매립의 필요성과 산지의 개발이 불가피하다고 판단된다. 이에 따라 본 연구에서는 지형공간정보체계(GSIS)를 통하여 개발가능한 저경사지의 면적을 구하고 이에 따른 정지표고를 계산하며 또한 해안매립, 산지개발시의 질토 성토량을 정확히 산출하며, 설계 계획시 도면을 전산화하여 계획수립 후 설계 변경에 따른 신속한 대처를 기하는데 목적이 있다.

2. 지형공간정보체계의 자료기반 구조

2.1 자료기반의 정의

자료기반에 대한 용어를 설명한 사전의 내용을 보면 다양하게 표현되어 있지만 일반적으로 자료기반이란 말을 접할 때 “체계화 된 자료의 집합체”라는 느낌을 받는 것이 보편적인 것 같다. 따라서 자료기반을 정의할 때 “체계화 된”이라는 것을 어떻게 정의하느냐에 따라 약간씩 그 표현이 다르게 나타난다. “체계화 된”이란 것을 가장 잘 표현되어 있는 것이 데이터베이스 관련서적이며, 이들을 비교분석하고 종합해 보면 “어느 특정 조직의 업무에 필요한 자료를 공동으로 사용할 목적으로 운영상 필요한 자료를 완벽화, 비중복화, 구조화하여 컴퓨터 기억장치에 저장된 것”으로 결론지어진다. 결론적으로 자료기반을 정의할 때 사용하는 사람에 따라 약간은 달라질 수 있겠지만 “어느 특정조직의 업무에 필요한 자료를 공동으로 사용할 목적으로 운영상 필요한 자료를 완벽화, 비중복화, 구조화하여 컴퓨터 기억장치에 저장한 자료의 집합체”라고 정의할 수 있을 것이다.

정의에서 특정조직이란, 어떤 목적으로 소규모의 자료기반을 사용하는 개인이나 또는 대규모의 공동 자료기반을 사용하는 공공단체, 기업체등 모두를 총칭하며 운영상의 자료란 이러한 특정조직의 응용업무에 실질적으로 필요한 자료를 의미한다. 또한 이것은 단순히 외부세계로부터 컴퓨터에 입력된 정보나 시스템에서 출력된 정보뿐만 아니라 시스템에 저장된 기존의 정보로부터 응용분야에 적합하도록 유도된 새로운 정보도 포함한다.

2.2 지형공간자료의 분석

지형공간정보체계와 전산기 지도제작의 중요한 차이점은 공간자료의 변환기능에 있다. 자료의 수평과

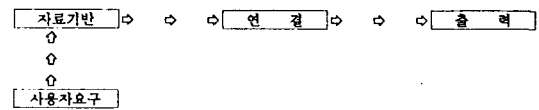
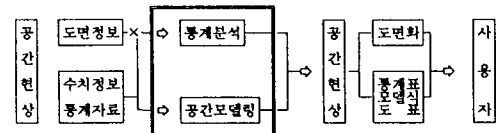
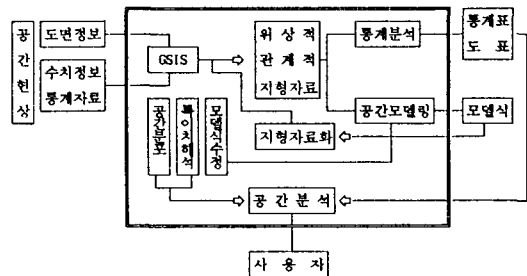


그림 1. 자료분석 절차



a) 종전의 지형공간 자료 분석 단계



b) GIS를 이용한 지형공간 자료 분석 단계

그림 2. GIS를 이용한 지형공간 자료 분석 단계

최신화 또는 축척이나 투영법의 조정에 필요한 변환 능력은 지형공간정보체계나 지도제작의 공통적인 기능이다.

그러나 지형공간정보체계는 위상관계(topology), 지형정보의 공간적 위치, 비공간적 속성, 위치와 속성의 결합등 폭 넓은 분석기능을 가지고 있다.

대부분의 지형공간정보체계는 분석과 종합기능을 대화식으로 수행하고 있다. 지형공간정보체계의 이용자는 실질적으로 어떤 분석기술에도 맞게 격자, 벡터의 양 자료구조의 알고리즘을 사용하고, 하나의 구조에서 다른 구조로 바꾸는 변환을 사용해 요구되는 분석작업을 수행한다.

2.2.1 영향권 생성(Buffer generation)

영향권은 특정한 도면요소를 중심으로 일정거리의 영역을 설정하여 새로운 면적 도면단위 요소를 만들어 주는 기능이다. 영향권 설정되는 길이는 사용자가 절대치로 지정하여 줄 수 있고, 특정 도면요소가 갖고 있는 속성값에 따라 가중치를 주어 변형된 값에 따라 영역의 범위를 다르게 정할 수도 있다.

영향권 설정기능의 응용은 이용권 설정, 또는 토지이용의 적지분석 및 평가등에서 다양하게 이용될

수 있다.

2.2.2 중립면 생성(Thissen Polygon)

중립면 생성 기능은 주어진 점의 도면요소에서 동일한 거리를 갖는 중립면을 생성하는 기능을 제공한다. 지형공간 분석에서 이 기능은 여러가지 목적으로 사용될 수 있으며, 대표적인 이용 예로 동일 용도의 상점들의 분포 예를 도면으로 나타내고, 이 점들간의 중립면을 파악함으로써 상점들의 세력권을 파악할 수 있다.

2.2.3 삼각면 형성(Triangulation)

주어진 점을 잇는 삼각형의 면을 형성하여 입체를 형성하는 작업으로 점등이 3차원의 고도값을 갖고 있는 경우 불규칙한 점의 요소를 이용하여 3차원 입체지형의 표현이 가능하며 삼각면의 경사각도나 방향성을 이용하여 경사분석이나 수계의 방향성을 분석할 수 있다.

지형의 고도값 뿐만 아니라 일반적인 지형공간 현상에 대해 점이 갖는 2차원 위치정보와 현상을 나타내는 속성값을 이용하여 현상의 공간적, 입체적 표현이 가능하다.

2.2.4 중앙점 추출(Centroid of polygon, Midpoint of line)

면의 경우에 중앙점 추출은 중립면 형성의 역과정으로 생각할 수 있다. 즉 주어진 면의 중앙점을 추출하는 기능으로 도면요소중 복잡한 도면요소를 간단한 점으로 치환하여 면의 중앙점이 전체 면의 정보를 대표하게 하는 방법으로 정보량을 줄이는 대책으로 이용될 수 있다.

2.2.5 중앙선 추출(Conflation of polygon)

중앙선 추출은 선의 요소에서 영향권 설정을 형성하는 것의 역과정으로 주어진 면의 중앙을 지나는 선을 추출할 수 있다. 이 기능은 불규칙한 형상을 가진 면 속에서 최적의 노선의 입지를 선정하는데 이용될 수 있다. 다만 전체면이 동일한 밀도나 비중을 가지는 균질한 상태라는 것을 전제하여 계산이 이루어지므로 불균질한 면에서 값을 계산하는 것은 내삽적인 방법으로 추가적인 연산과정이 포함되어져야 한다.

2.2.6 도면결합(Dissolve)

도면 결성은 도면속성 또는 도면의 ID를 이용하여 새로운 도면을 형성하는 기능을 제공한다. 즉 너무 세분류된 도면요소를 재분류 혹은 결합하여 나타냄으로서 목적에 따라 간략해진 도면의 합성이 가능하다.

다.

2.2.7 중첩분석(Overlay Analysis)

실제 현상을 여러개의 도면요소로 분할하여 나타내고 이를 원하는 항목(Layer)만을 선택하여 중복시켜 놓고 분석하는 것은 컴퓨터를 이용하기 전부터 적지 분석이나 도면요소의 결합등을 목적으로 이용되어 왔었다. 그러나 CAD나 GIS는 이러한 기능을 도면 분석을 위한 주요 기능으로 내장하고 있어 사람이 수작업으로 할 수 없었던 많은 수의 도면중첩이나 미세한 요소들의 중첩결과도 정확히 분석해 주고 있다.

도면의 중첩은 크게 점-면 결합, 선-면 결합, 면-면 결합으로 구분된다.

2.2.8 측정분석(Measurement)

점, 선, 면 그리고 입체에서 파악할 수 있는 일반적인 측정치인 갯수, 길이, 면적, 용량을 파악한다.

(1) 갯수(counts): 전체 도면내 혹은 특정 영역내에 있는 도면요소의 갯수를 파악할 수 있다. 또 조건을 부여하여 원하는 요소들을 선택적으로 파악할 수 있다. 도면요소가 갖고 있는 속성값(가중치)을 함께 연관하여 파악하면 도면요소의 갯수 뿐만 아니라 전체적인 갯수 파악도 가능하다.

(2) 길이(Lengths, Distance): 점과, 점 사이, 점과 선 사이의 거리나 선의 길이를 파악하는 것으로 직선적(Straight) 거리와 곡선적(Curved) 거리를 구분하여 파악할 수 있다. 면의 거리는 외부 둘레의 길이를 제공한다.

(3) 면적(Areas): 임의의 형태를 가진 면의 면적을 파악한다.

(4) 체적(Volumes): 입체로 파악되는 도면요소의 체적을 제공하며 단면을 이용하여 계산되며, 두개 이상의 입체를 비교하여 체적의 차이도 계산될 수 있다.

2.3 자료검색 기능

2.3.1 재분류(Reclassification and display)

지형공간정보가 일단 검색되면 자료가 재분류하여 재표시 할 수 있도록 해야 한다. 벡터 다각형 자료 구조에서 둘 혹은 그 이상의 인접한 다각형이 통합되어 새로운 이름을 가지는 하나의 다각형이 만들어지면, 다각형 사이에 있던 선들을 제거되어야 한다. 지도의 새로운 통계량을 계산하거나 새로운 이미지를

만들기 위해서 새로운 다각형 네트워크가 구축되어야 한다.

2.3.2 변환함수의 분류

지역은 특정한 속성이나 특정한 속성값을 공유하는 지점의 집합으로 정의되며, 지점의 위치는 X, Y 좌표에 의해서 정의된다. 자료기반에 이미 포함되어 있는 레이어의 속성함수에 의해서 각 지점의 속성을 계산하는 변환하는 함수는 크게 세가지로 분류된다.

첫째, 인접한 지점의 속성값이나 그 지점이 속해 있는 지역의 일반적인 특성에 영향을 받지 않는다. 이러한 변환점의 가장 단순한 형태는 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈, 지수, 대수, 삼각함수 계산과 같은 산술연산과 극값의 계산, 혹은 평균값 계산이나 부울 논리이다.

새로운 레이어의 속성값, 계급값, 계급이름 또는 주성분 분석이나 군집 분석의 알고리즘으로 얻은 분석 결과일 수도 있다.

둘째, 어떤 지점이 속해 있는 지역의 특성과 관련된 것이다. 이 특성은 길이, 면적, 둘레 혹은 형태일 수도 있고, 또는 정의된 지역내에서 특정한 값을 가지는 지점들과 관련된 것으로서 다른 레이어에 있는 것일 수도 있다.

셋째, 점과 그 근린사상(neighbourhood) 사이의 관계이다. 이것은 새로운 공간결합(Spatial association)을 이용하여 각 지점에서 새로운 값을 계산하는 함수이다. 이와 같은 함수에는 근린점(neighbouring point)이 문제의 지점과 같은 값을 가지는 가의 여부 또는 레이어에서 문제의 지점과 다른 값을 가지는 지점 사이의 거리등이 포함되어 있다. 또한 근린함수(neighbourhood function)에는 가중평균, 최대값, 최소값, 분산도 혹은 그 지점 주위를 덮고 있는 통계면의 변화비율등이 있으며, 거론한 경사, 경사방향, 능선과 계곡선등의 연산이 이 함수 그룹에 속한다.

3. 토공단면적 및 토공량 산정방법

3.1 심프슨 1/3 법칙

그림 3은 수평거리가 h인 점 x_0, x_1, x_2 의 절토고 f_0, f_1, f_2 를 나타내며 심프슨 1/3 법칙에 의해 단면적을 계산하기 위해 곡선식을 2차 다항식으로 가정하면 식 (1)과 같다.

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 \quad (1)$$

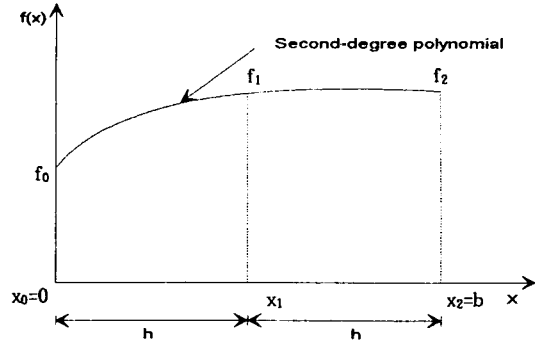


그림 3. 심프슨 1/3 법칙에 의한 단면적 계산

심프슨 식은 식 (1)의 다항식 아래의 면적을 계산함으로써 유도될 수 있다. 이 면적은

$$A = \int_0^b (a_0 + a_1x + a_2x^2) dx \quad (2)$$

$$A = a_0b + \frac{a_1b^2}{2} + \frac{a_2b^3}{3}$$

이때 다항식의 계수 a_0, a_1, a_2 는 세점의 좌표를 대입함으로써 구해질 수 있다.

$$a_0 = f_0$$

$$a_1 = \frac{1}{b} (-3f_0 + 4f_1 - f_2)$$

$$a_2 = \frac{1}{b^2} (2f_0 - 4f_1 + 2f_2)$$

이 a_0, a_1, a_2 를 식(2)에 대입하고 $b=2h$ 이면 아래와 같은 심프슨 1/3 공식을 얻을 수 있다.

$$A = \frac{h}{3} (f_0 + 4f_1 + f_2) \quad (3)$$

식 (3)은 3개의 연속점을 지나는 2차 다항식이며 간격이 많을 시 반드시 짝수이어야 한다.

3.2 심프슨 3/8 법칙

그림 4와 같이 등간격으로 지거를 나누었을 때 심프슨 3/8 법칙은 3구간을 1조로 하여 단면적을 계산한다.

그림 4에서 a', b', c', d'의 불규칙한 경계는 다음과 같이 3차 다항식 형태로 나타낼 수 있다.

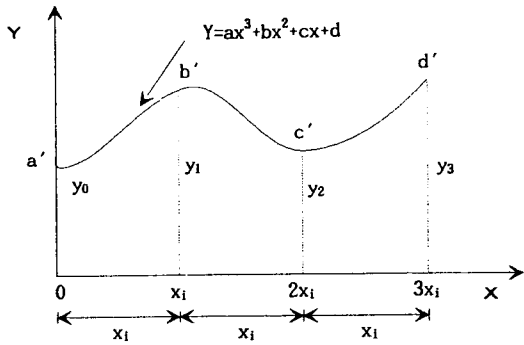


그림 4. 수평선과 지거

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (4)$$

식 (4)에서 이들 지거의 다항식 계수 a, b, c, d가 다음과 같이 구해진다.

$$a = \frac{1}{6x_i^3} (-y_0 + 3y_1 - 3y_2 + y_3) \quad (5)$$

$$b = \frac{1}{2x_i^2} (2y_0 - 5y_1 + 4y_2 - y_3)$$

$$c = \frac{1}{6x_i} (-11y_0 + 17y_1 - 9y_2 + 2y_3)$$

$$d = y_0$$

곡선과 기선사이의 면적 A_{s2} 는 식 (4)에서 y의 함수를 적분함으로써 결정된다.

$$\begin{aligned} A_{s2} &= \int_0^{3x_i} (ax^3 + bx^2 + cx + d) dx \quad (6) \\ &= \left[\frac{ax^4}{4} + \frac{bx^3}{3} + \frac{cx^2}{2} + dx + e \right]_0^{3x_i} \\ &= \left(\frac{81ax_i^4}{4} + \frac{27bx_i^3}{3} + \frac{9cx_i^2}{2} + 3dx_i \right) \end{aligned}$$

식 (6)에 다항식 계수값을 대입하고 정리하면 다음과 같은 심프슨 3/8 법칙에 의해 단면적이 결정된다.

$$A_{s2} = \frac{3}{8} x_i (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3) \quad (7)$$

또한, 식 (7)은 지거의 수 n이 $n = 4 + 3i$ ($i = 0, 1, 2, 3, \dots$)으로 주어졌을 때 불규칙적인 경계의 면적을 결정하기 위해 다음과 같이 확장할 수 있다.

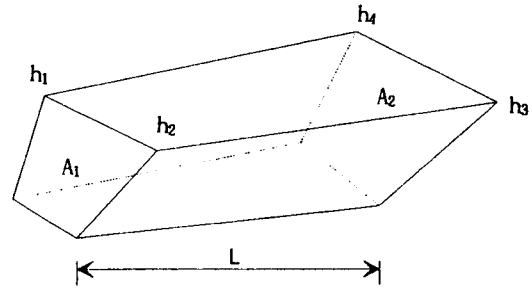


그림 5. 양단면 평균법

$$\begin{aligned} A_{s2} &= \frac{3}{8} x_i (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + 2y_3 + 3y_4 + 3y_5 \\ &\quad + 2y_6 \cdot \dots + 2y_{n-3} + 3y_{n-2} + 3y_{n-1} + y_n) \quad (8) \end{aligned}$$

식 (8)을 일반식의 형태로 쓰면

$$\begin{aligned} A_{s2} &= \frac{3}{8} x_i \left\{ y_0 + y_n + 3 \left(\sum_{i=0}^{(n-3)/3} y_{3i+1} \right. \right. \quad (9) \\ &\quad \left. \left. + \sum_{i=0}^{(n-3)/3} y_{3i+2} \right) + 2 \sum_{i=1}^{(n-3)/3} y_{3i} \right\} \end{aligned}$$

이 된다.

3.3 양단면 평균법

수치지형 모델에 의해 토공량 계산에 지금까지의 연구는 대부분 양단면 평균법이 많이 사용되고 있다.

그림 5에서 A_1 과 A_2 의 면적을 구하면

$$A_1 = \frac{L}{2} (h_1 + h_2)$$

$$A_2 = \frac{L}{2} (h_3 + h_4)$$

양단면 평균법에 의하여

$$V = \frac{L}{2} (A_1 + A_2) l$$

이 되며, 일정한 간격 1마다 양단면 A_1, A_2, \dots, A_n 을 결정하였을 때, 총토공량 V는 사다리꼴 공식을 적용하여 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$V = L \left[\frac{1}{2} (A_0 + A_n) + 2 \sum \text{Another} \right] \quad (10)$$

3.4 선형등간격 점고법

두 연속점 f_0 와 f_1 을 지나는 1차 다항식의 면적은

$$A = \frac{h}{2} (f_0 + f_1)$$

이때 f_0 와 f_1 은 절토고이며 h 는 두 점 사이의 거리이다. 단위 격자의 절토량을 계산하기 위하여 적분하면 식 (11)과 같다.

$$V = \int_{x_0}^{x_1} \int_{y_0}^{y_1} f(X, Y) dy dx \quad (11)$$

y 에 대한 적분은 식 (11)로 계산하면

$$V = \frac{h}{2} \left[\int_{x_0}^{x_1} f(x, y_0) dx + \int_{x_0}^{x_1} f(x, y_1) dx \right] \quad (12)$$

식 (12)를 다시 계산하면

$$V = \frac{h^2}{4} [f(x_0, y_0) + f(x_1, y_0) + f(x_0, y_1) + f(x_1, y_1)]$$

$f(x_i, y_j)$ 를 f_{ij} 로 놓으면

$$V = \frac{h^2}{4} [(f_{00} + f_{01} + f_{10} + f_{11})]$$

격자간격이 m 과 n 일 때 전체면적 V 는

$$A = \frac{h^2}{4} \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij} f_{ij} \quad (13)$$

여기서 a_{ij} 는 아래의 행렬과 같다.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \cdots & 2 & 1 \\ 2 & 4 & \cdots & 4 & 2 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 2 & 4 & \cdots & 4 & 2 \\ 1 & 2 & \cdots & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

3.5 사다리꼴 체적 계산

그림 6에서 $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$ 이 지저의 길이 $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ 지저의 간격이라고 하고 인접한 지저간의 경계선을 직선으로 보면 이 부분은 사다리꼴이 된다.

따라서

$$dA_i = \frac{l_i}{2} (y_{i-1} + y_i)$$

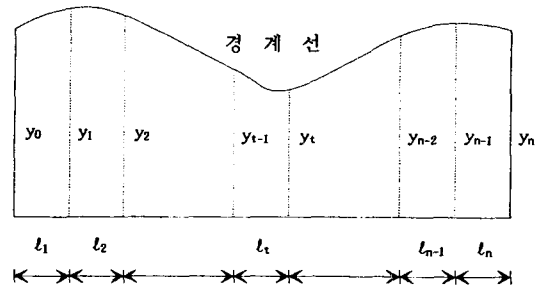


그림 6. 사다리꼴 체적 계산

만약 $l_1 = l_2 = l_3 = \dots = l_n = 1$ 라고 하면

$$A = \sum dA_i A_i = \frac{1}{2} (y_0 + y_n + 2 \sum_{r=0}^{n-1} y_r) \quad (14)$$

4. 적용 및 분석

4.1 연구대상지 선정

연구대상지로는 부산시에 위치한 영도구를 선정하여 모델지역으로 하였으며, 수치지형모형(D.T.M) 기법을 이용하여 1/1,200 항공사진 측량도와 1/25,000 지형도를 수치화하여 나타내었으며, 모델지역의 등고선도와 3차원 투시도는 아래 그림 7과 8로 나타내었다.

4.2 자료입력

본 연구를 위한 자료 구성은 1/1,200 부산직할시 발행 항공사진 측량도와 국립지리원 발행 1/25,000 지형도를 이용하여 정지표고를 산정하기 위한 해발고도를 추출하였는데 영도구 지역은 1/1,200 항공사진 측량도 61도엽(1도엽 500 m × 800 m)으로 구성되어 있으며 일부분의 지역(군사시설 보호구역)은 1/1,200 항공사진 측량도가 미발행 지역이므로 이 지역에 대해서는 1/25,000 지형도를 이용하여 높이값을 추출하였다.

높이값 추출 방법으로는 1/1,200 항공도 가로 500 m와 세로 800 m 구역을 각각 50 m씩 구분하여 10 × 16개의 격자점으로 세분화하여 1도엽당 160개의 표고값을 추출하여 본 연구의 자료 값으로 정하였다.

또한 항공도 미발행 지역에 대해서는 1/25,000 지형도상에서 50 m씩 격자망을 작성하여 표고값을 추출하였다.

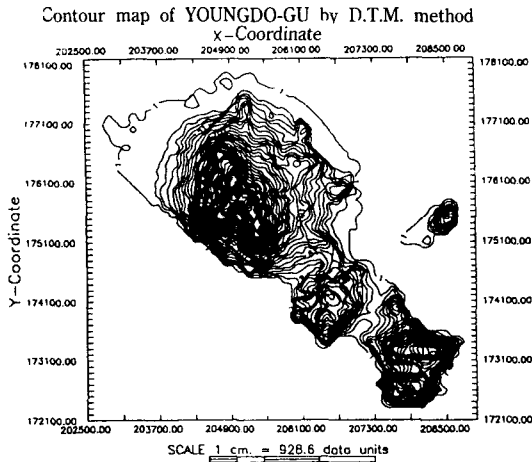


그림 7. D.T.M에 의한 영도구의 등고선도

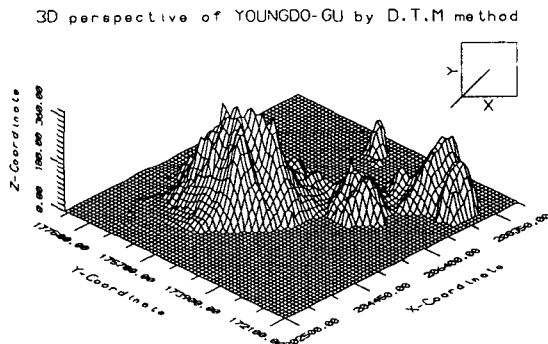


그림 8. D.T.M에 의한 영도구의 3차원 투시도

4.3 토공량 산정

부산지역의 지역적 특성으로 볼 때 대부분의 지역이 산지로 형성되어 있으며 평지부의 면적은 인구의 증가와 산업의 발달로 인한 도로, 항만의 시설확장으로 인한 환경적인 변화로 주거지역은 점차로 개발 가능한 경사지의 이동이 뚜렷이 나타나고 있다. 이러한 이유로 볼 때 경사지의 개발은 불가피한 실정이며, 산지 개발시 공사비에 많은 비중을 차지하고 있는 토량을 정확히 산출해야 하는데 본 연구에서는 0~350 m까지의 토량을 해발기준면으로부터 50 m씩 사다리꼴 법칙에 의해 계산하여 절토량과 성토량을 구하여 표 1과 그림 10에 나타내었다.

또한 면적은 좌표법으로 구하였고, 고도 0 m의 면적과 50 m, 100 m, ..., 350 m까지의 면적을 구하여 표 1에 나타내었으며, 토량은 사다리꼴 법칙, 심프슨 1/3 법칙과 심프슨 3/8 법칙으로 구하였는데, 실제

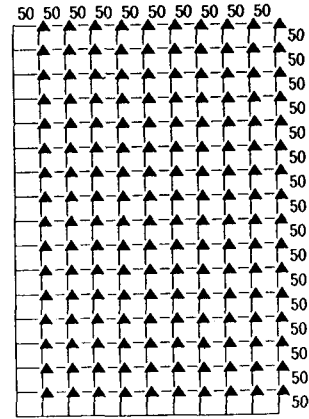


그림 9. 지형도의 격자망의 구조

Cross-sectional view of positive and negative volumes

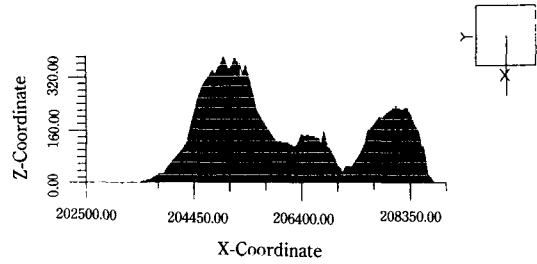


그림 10. 영도구의 종단면도

모델지역의 정확값은 구할 수 없으므로 이 세가지 방법중 중간값인 사다리꼴 법칙을 본 연구 대상지에 대한 토량값으로 정하여 구하였으며, 그 구한 결과는 표 2에 나타내었으며 이에 따른 3차원 투시도는 그림 11과 그림 12에 나타내었다.

4.4 표고별 정지표고 산정

표고별 정지표고를 산정하기 위하여 앞단원에서 제시한 토량으로 0~5 m, 5~10 m, 10~15 m, ..., 95~100 m까지의 토량을 구한 뒤, 양단면 평균법으로 각 구간별 면적을 산출하여 토량에서 면적을 나누어 구간별 정지표고를 표 3과 같이 구하였다. 여기에서 구한 정지표고를 누적해서 50 m의 표고가 공사후 정지하여 계산하면 34.00006 m가 됨을 알 수 있었고, 고도 100 m일 때의 정지표고는 55.6049 m가 됨을 알 수 있었으며, 이 때 이러한 정지표고를 회귀분석하여 $Y=7.4036X-10.2198$ 로 된 방정식을 그림 13과 같이 도출할 수 있었다.

표 1. 고도별 면적 및 절.성토량

해발고도 (m)	면적 (m ²)	토 량 (m ³)		
		절토	성토	절토 - 성토
0 이상	1.32731E+07	+1.08334E+09	+5.14298E+07	+1.03191E+09
50 이상	7369720	+6.32046E+08	+1.50334E+09	-8.71290E+08
100 이상	4380520	+3.45291E+08	+3.19908E+09	-2.85379E+09
150 이상	2413060	+1.80681E+08	+5.01697E+09	-4.83629E+09
200 이상	1357890	+8.87331E+07	+6.90752E+09	-6.81879E+09
250 이상	738888	+3.76150E+07	+8.83890E+09	-8.80129E+09
300 이상	358816	+1.08414E+07	+1.07946E+10	-1.07838E+10
350 이상	66790	+675198	+1.27670E+10	-1.27663E+10

표 2. 고도별 토량계산

해발고도 (m)	토 량 (m ³)		
	사다리꼴 법칙	심프슨 1/3 법칙	심프슨 3/8 법칙
0 이상	1.03191E+09	1.03434E+09	1.02925E+09
50 이상	8.71290E+08	8.68856E+08	8.73949E+08
100 이상	2.85379E+09	2.85136E+09	2.85645E+09
150 이상	4.83629E+09	4.83386E+09	4.83895E+09
200 이상	6.81879E+09	6.81636E+09	6.82145E+09
250 이상	8.80129E+09	8.79886E+09	8.80395E+09
300 이상	1.07838E+10	1.07814E+10	1.07864E+10
350 이상	1.27663E+10	1.27639E+10	1.27689E+10

3D perspective of YOUNGDO-GU by D.T.M method

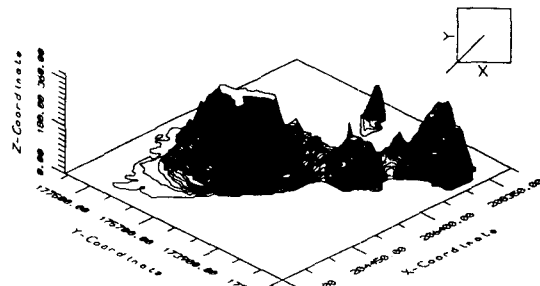


그림 12. 영도구의 표고값에 따른 3차원 투시도 (높이 0m~300m)

3D perspective of YOUNGDO-GU by D.T.M method

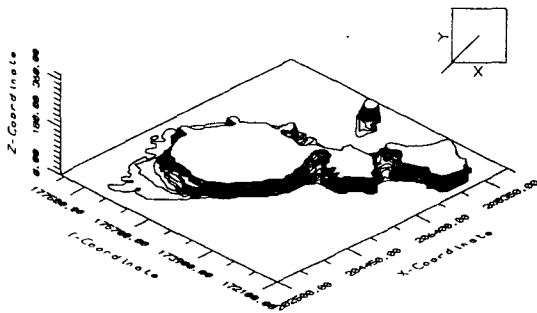


그림 11. 영도구의 표고값에 따른 3차원 투시도 (높이 0m~50m)

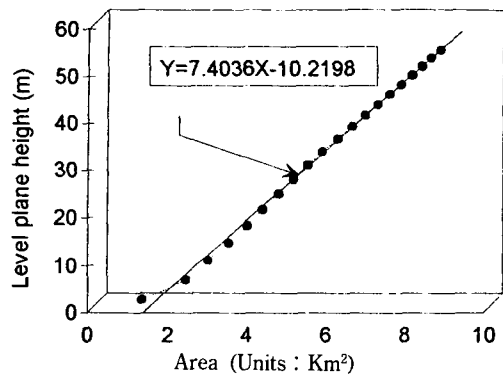


그림 13. 해발고도의 단면별 정지표고

4.5 경사도, 방향 분석

본 연구에서 경사도와 방향에 대한 분석에서 경사는 일반적으로 각도 또는 퍼센트로 측정하고 사면방향은 방위각으로 측정하였다.

등고선의 1차 미분함수는 흔히 수치지형모델의 격

자를 중심으로 3×3 격자 크기의 윈도우(window)를 띄우고 계산하는데, 수치지형모형 위에서 연속적으로 이동시키면서 진행한다. 도함수(1차 미분)가 수치지형모델의 격자에서 계산되면, 결과를 분류하여 지도화시킨다. 분류할 때에는 계급, 색깔 또는 농담 척도가

표 3. 표고별 정지표고 산정

표고 (m)	단면적 (m ²)	토량 (m ³)	정지 단면적 (m ²)	정지 토량 (m ³)	정지 표고 (m)
0	13273100	1.08334E+9	1358300	37310000	2.8109
5	11914800	1.04603E+9	2452900	56491000	7.0670
10	10820200	9.89539E+8	3024700	52622000	11.0316
15	10248400	9.36917E+8	3537560	49942000	14.7942
20	9735540	8.86975E+8	4009090	47474000	18.3709
25	9264010	8.39501E+8	4411360	45295000	21.7834
30	8861740	7.94206E+8	4801550	43304000	25.0459
35	8471550	7.50902E+8	5167490	41446000	28.1685
40	8105610	7.09456E+8	5531390	39620000	31.1535
45	7741710	6.69836E+8	5903380	37790000	34.0006
50	7369720	6.32046E+8	6291330	35850000	36.7016
55	6981770	5.96196E+8	6649090	34010000	39.2639
60	6624010	5.62186E+8	6990140	32260000	41.6944
65	6282960	5.29926E+8	7306610	30611000	44.0006
70	5966490	4.99315E+8	7607320	29076000	46.1912
75	5665780	4.70239E+8	7891230	27609000	48.2713
80	5381870	4.42630E+8	8163050	26217000	50.2465
85	5110050	4.16413E+8	8412790	24922000	52.1241
90	4860310	3.91491E+8	8652670	23699000	53.9096
95	4620430	3.67792E+8	8892580	22501000	55.6049
100	4380520	3.45291E+8			

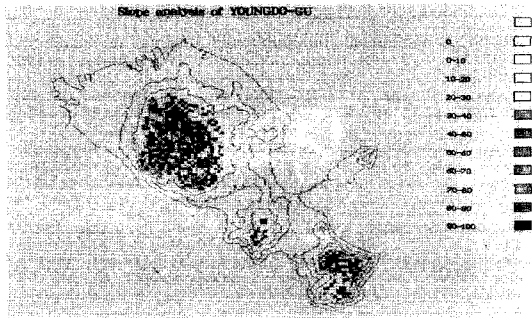


그림 14. 경사도 분석(각도단위)

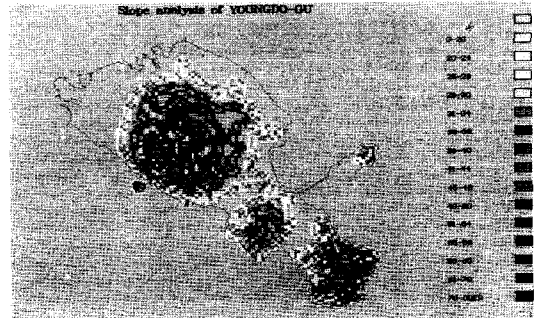


그림 15. 경사도 분석(퍼센트 단위)

적절히 정의된 참조를 이용한다. 각 격자의 값은 참조표와 비교가 되고 적당한 농담이나 색을 지시하는 부호가 출력장치로 전달된다.

경사방향도는 보통 9개의 표제를 가지고 있는데 주요한 방향(N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)을 나타내는 8개의 표제와 평탄한 지형에 또 하나의 표제가 사용된다. 경사를 분류할 때 일반화된 표제 구분에 따르는 것이 편리한 점도 있지만, 기술기의 변화는

지역에 따라 매우 다르기 때문에 평균과 표준편차를 가지고 표제를 조정하는 것이 좋다.

본 연구대상지에서는 그림 14, 15에 나타나 있는 것처럼 각도나 퍼센트로 경사를 분석해 본 결과 등고선의 형상과 비슷하게 일정한 경사의 변화 상태를 보여주고 있다. 사면의 방향은 그림 16에서와 같이 SE, NW의 방향이 가장 많은 것으로 나타났다.

음영기복도는 농담척도와 연속적인 명암의 기법으

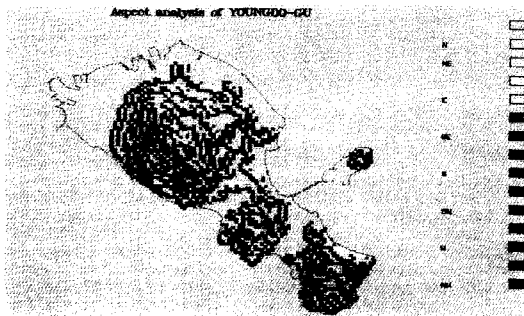


그림 16. 방향분석

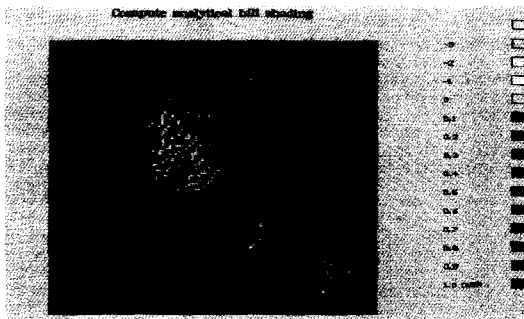


그림 17. 음영기복도 분석

로 표현하기 때문에 지형의 피복상태를 나타내지 않고 단지 지표면의 표고만을 나타낸다. 즉 지형을 구성하는 단위면의 방향과 45° 위의 북서쪽에 광원을 설정하여 각 단위면에 빛이 어떻게 반사될 것인가 하는 것만 계산하면 음영의 기복상태는 그림 17에 나타난 것처럼 도출할 수 있었다.

5. 결 론

표고가 낮은 산지의 개발은 장비의 효율성과 공사비의 문제등의 여건으로 볼 때 불합리한 점이 많기 때문에 도시계획 사업시 표고가 100 m 이내의 낮은 표고를 개발하여 정지하여 면적을 활용하면 효과적이라고 판단되기 때문에 본 연구는 영도구를 중심으로 산지를 개발하기 위한 정지표고와 면적을 산출하였으며, 경사도와 방향 분석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 연구의 대상지역인 영도구의 정지면적에 대한 정지표고를 회귀분석한 결과 함수식은 $Y=7.4036X-10.2198$ (Y: 정지표고, X: 정지면적)였음을 알 수 있

었으며, 연구대상 지역의 토공작업시 뮌 식을 이용하면 효과적이라 사료된다.

2. 계획구역내의 계획표고가 결정되면 구역내의 가용 정지면적을 산출할 수 있음을 알 수 있었다.

3. 지형공간정보체계(GSIS) 및 수치지형모형(DTM) 기법을 통해 지형을 3차원으로 나타낼 수 있기 때문에 지형을 수량적으로 분석할 수 있어 연구지역의 이용 면적을 조절할 수가 있다.

고도정보화 사회속에서 도시와 관련된 다량의 정보를 신속히 처리함으로써 각종 도시계획 수립업무와 도시기반시설의 유지, 관리에 있어서 본 연구에서 제시한 정지표고, 경사도 및 방향분석 결과를 이용하면 토지이용의 효율성을 높이는 데 기여할 수 있다고 사료된다.

參考文獻

1. Duda, R., P.E Hart, N.J. Nilsson, R. Reboh, J. Sloucum, and G. Sutherland. 1977. Development of a Computer Based Consultant for Mineral Exploration. SRI Report. Stanford Research Institute. October, 1977.
2. Fenves, Steven J. What is An Expert System. Expert Systems in civill Engineering Celal N. Kostem, ed. New York: Ammerican Society of Civil Engineers. 1986.
3. Harris, Britton, Information is Not Enough. URISA News. 90. 1987.
4. Klosterman, Richard E. and Yichun Xie. TIGER: A Primer for Planners. A mimeo. Center for Urban Studies, University of Akron, Ohio. 1991.
5. Langendorf, Fichard. Computers and Decision Making. Journal of the American Planners Association. Autumn: 422-433, 1985.
6. Raster, Peuquet D. Data Handling in Geographic Information Systems. Proceedings from the 1st int'l Symposium on Topological Data Structure for GIS. MA: Harvard Lab for computer Graphics and Spatial Analysis. 1978.
7. Simon, H.A. The New Science of Management Decision. New York: Harper and Row. 1960.
8. Kraus, K., Mikhail, E.M. Linear Least-Squares Interpolation. PE & RS, Vol. 38, No. 10, October 1972, pp. 1016-1029.
9. Chambers, D.W. Estimating Pit Excavation Volume Using Unequal Intervals. ASCE, Journal of Survey-

- ing Engineering, Vol. 115, No. 4, 1989, pp. 390-401.
10. 김동규, 유성지역 도로망 체계분석 연구, 석사학위논문, 한양대학교 환경과학대학원, 1991.
 11. 김용중, 서울시 도로망 분석 연구를 위한 벡터자료 지리정보 데이터베이스 구축 연구, 석사학위논문, 한양대학교 환경과학대학원, 1992.
 12. 최봉문, 도시지리정보를 이용한 공간변동의 파악기법에 관한 연구, 한양대학교 박사학위논문, 1992.
 13. 서동조, 지리정보시스템을 활용한 도시 오픈스페이스의 분석에 관한 연구, 서울대학교 조경학 석사학위논문, 1990.
 14. 유정호, 지형공간정보체계의 자료기반부설계에 관한 연구, 석사학위논문, 연세대학교 토목공학과, 1992.
 15. 박수홍, 수치지도 데이터베이스를 이용한 지형도 수정, 석사학위논문 서울대학교대학원, 1991.
 16. 유복모, 권현, 지형변화의 양적 측정에 의한 수치지형모형의 적용, 한국측지학회지, 제5권 제1호, 1987, pp. 49-58.
 17. 박운용 외3인, 수치지형모형에 있어 지형의 분석과 조합 보간법의 적용에 관한 연구, 한국측지학회지, 제8권 제2호, 1990, pp. 53-61.
 18. 문두열, 수치지형모형을 이용한 토공량 계산의 정확도 향상에 관한 연구, 동아대학교 대학원 박사학위논문, 1990, pp. 29-44.
 19. 박운용, 응용측량학, 형설출판사, 1992, pp. 95-96.