

畫像處理 시스템을 이용한 과일의 幾何學의 特性 測定*

Measurement of Geometrical Characteristics of Fruit by Image Processing System

盧 祥 夏** 柳 寬 熙** 金 一 雄**

S. H. Noh, K. H. Ryu, Y. W. Kim

Summary

Geometrical characteristics of fruit including perimeter, projected area and length of minor and major axis were calculated by computer programs to be used in fruit sorting by image processing system.

The results are summarized as follows.

1. A program calculating perimeter, projected area, and length of minor and major axis by edge detection and chain code was developed.
2. Geometrical characteristics of given figures were calculated to verify the program and the discrepancies from the measured values were about 5%.
3. Regression models for estimating volums of apples were developed and regression coefficients for each variety were found.
4. Abnormal apples could be recognized by comparing the ratio of minor axis to major axis and the standard value was proposed.

1. 緒 論

수확된 농산물의 選別은 농산물의 상품적 가치 향상, 농산물을 원료로한 2차가공품의 품질향상, 장기 저장 등을 위해 필수적으로 행해지는 작업 중의 하나이다. 특히, 과일류의 선별은 크기, 무게, 외피의 색깔, 상처 유무, 이물질의 附着有無, 외형 등에 의해 분류되며, 選別 基準은 과일의 종류 뿐만 아니라 품종간에도 차이가 있으며, 하나 하나 개체 선별을 실시해야 하기 때문에 많은 노력이 소요된다.

1987년에 사과, 배, 복숭아, 감귤의 생산량은 각각

572천톤, 139천톤, 617천톤, 405천톤에 달하며, 국민 경제 성장과 더불어 과일 및 과일을 이용한 2차가공품의 소비량도 급증하고 있을 뿐만 아니라 품질의 고급화가 요청되고 있다. 그러나, 우리나라의 경우 과일의 선별은 거의 대부분 육안 판별을 통한 인력에 의존하고 있는 실정으로 농촌 노동력의 감소 및 노임 상승과 더불어 選別의 機械化가 절실히 요청되고 있다.

현재 우리나라의 경우 기계적 장치를 이용한 重量 選果機만 일부 보급되고 있으며, 화상 처리를 이용한 선별기는 연구조차 이루어지지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는 최근에 급속도로 발전되고 있는 畫

*本 研究는 한국 학술진흥재단의 지원('88. 5-'90.4)에 의해 수행된 것임.

** 서울대학교 農科大學 農工學科

像處理 技法을 이용한 과일 선별 장치와 관련되는 기초 자료를 제공 하기 위해 映像處理 시스템을 구성하여,

첫째, 과일의 長·短軸, 둘레, 크기, 부피 등을 계산할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 開發하고

둘째, 이와 같은 기하학적인 특성을 이용하여 사과를 選別하는데 효과적인 要因과 그 基準을 제시하는데 目的이 있다.

2. 文 獻 概 要

畫像處理는 금속 조직 검사, 분자구조의 3차원 표시, 세포검사, 통신, 우주 탐사, 작물 육성 상황 조사 등 다방면에서 이용되고 있다. Davis(1975)는 輪廓(edge) 抽出의 기본적인 용어와 원리에 대하여 연구하였고, Tamar와 David(1982)는 몇가지 윤곽(edge) 추출 알고리즘(algorithm)을 비교 연구하였다. Güner(1977)는 윤곽(edge) 추출을 위한 演算子(operator)들로 compas gradient mask 들의 성능을 비교 연구 하였고, Ikram과 Pratt(1979)은 Sobel 연산자, Prewitt 연산자, Roberts 연산자를 여러가지 요인에 따라 비교 분석하여 각각의 장·단점을 제시하였다.

농업 분야에서는 Sakar 와 Wolfe(1985)가 토마토의 색깔과 표면 상처 식별에 관한 연구를 실시 했고, 또한 화상 처리를 이용한 토마토 선별 시스템(system)을 개발하여 그 성능을 평가 하였다. 이들은 화상 처리를 이용한 과일 선별이 가능할 뿐 아니라 과일의 크기,

모양, 색깔 그리고 표면상처의 유무등은 선별에 매우 중요한 인자들임을 밝혔다. Wolfe 와 Sandler(1985)는 angle pattern 과 chain code를 이용하여 과일의 꼭지 부분을 추출하는 알고리즘(algorithm)에 관하여 연구 했는데, 과일이나 채소의 꼭지 부분을 추출하는데 효과적임을 보였다. Rehkugler 와 Troop(1986)는 화상 처리를 이용하여 사과를 선별하는 장치를 제작하고 선별을 실시 하였으며, 사과의 상처 유무를 알기 위해 사과를 회전시키는 장치를 附加하여 카메라를 통해 사과의 여러방향을 볼 수 있도록 하였다. 이와 같은 試作機의 選別 能率은 1분에 30개 정도로 보고하였다.

3. 材 料 및 方 法

가. 畫像處理 시스템의 構成

그림 1에서 보는 바와 같이 화상처리 시스템은 畫像 人力裝置인 카메라(RS-170 format용), 畫像信號 處理裝置, 데이터 記憶裝置, 처리 결과를 화면에 나타내는 畫像出力裝置 등으로 구성되어 있다.

화상 입력 장치는 閉鎖回路 TV 카메라(Closed Circuit camera)를 사용 했는데 렌즈의 초점 거리가 16 mm 이고, 水平 視野角과 垂直 視野角은 각각 30.24°, 23.09° 이다.

화상信號처리장치와 화상記憶장치로는 PCVISION PLUS BOARD를 사용하였으며, IBM PC로 데이터를 분석하였다.

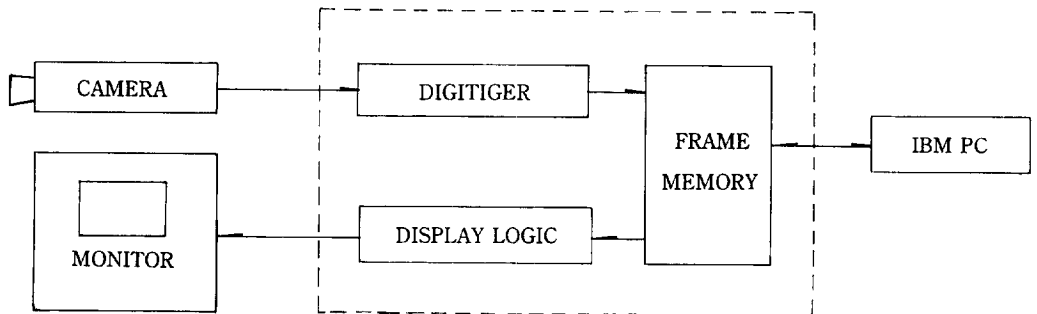


Fig.1. Block digaram of image processing system

나. 實驗 方法

본 실험에서는 화상처리 시스템을 사용하여 사과와 投影圖로 부터 둘레와 면적을 계산하고, 계산된 둘레와 면적을 이용하여 사과와 的 部피를 推定하기 위해, 먼저 시료의 長·短軸, 둘레, 면적을 계산할 수 있는 프로그램을 개발하고, 주어진 도형을 이용하여 프로그램을 검정하였다.

사과 2품종(부사, 스타킹)에 대하여는 實物을 寫眞 撮影하여 둘레와 면적을 實測하고, 본 연구에서 개발한 프로그램에 의해 계산된 값들과 비교하였다. 사과 3품종(부사, 스타킹, 홍옥)에 대하여 部피를 추정하기 위해 둘레와 면적을 계산하고, 이로부터 部피를 추정하는 回歸式을 구하였다.

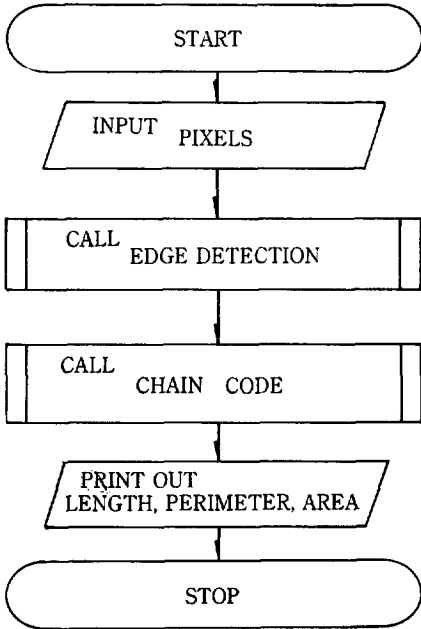


Fig.2. Flow chart of main program for detecting the geometrical characteristics

4. 과일의 幾何學的 特性 測定을 위한 프로그램 開發

가. 理論的 背景

본 연구에서는 윤곽(edge) 추출 연산자로 많이 사용되고 있는 Sobel 연산자, Prewitt 연산자, Roberts 연산자 중에서 Sobel 연산자를 사용하여 입력된 영상의 윤곽(edge)을 추출 하였다.

그리고 추출된 윤곽(edge)에 8 방향의 Chain Code 를 이용하여 둘레와 閉曲線으로 표시하고 이로부터 둘레와 면적을 계산하는 프로그램(program)을 개발 하였다. 프로그램은 C 언어를 사용했으며 그 흐름도는 그림 2와 같다.

화상 처리 시스템에 있어서는 畫像의 特徵(image feature)을 추출해 내는 것이 처리 하고자 하는 화상을 분석하고 인식하는데 매우 중요한 요소가 된다. 이러한 화상의 특징 중에는 빛의 밝기(gray level); texture, 輪廓등 여러가지가 있다. 이 중에서 윤곽(edge)은 畫素(pixel)의 빛의 밝기나 색의 갑작스러운 변화를 나타내는 특성을 가지며 물체의 테두리나 물체와 물체 간의 경계를 나타내는데 사용된다.

일반적으로 畫像 f(x,y)의 gradient는 2차원 벡터(vector)로 표시할 수 있다.

$$G(f(x,y)) = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

輪廓抽出(edge detection)에서는 G의 크기가 중요하며, 이것을 gradient 라고 부른다. gradient G는

$$G [(f(x,y))] = [G_x^2 + G_y^2] \dots\dots\dots (2)$$

으로 나타낼 수 있으며, 이 양은 G방향의 單位 距離當 畫素f(x,y)의 最大 增加率과 같다. 실제적으로 G값은 절대값으로 近似化된 것을 사용한다. 즉,

$$G(f(x,y)) = |G_x| + |G_y| \dots\dots\dots (3)$$

으로 표시할 수 있다.

그림 3 (a)와 같은 특정한 映像面積을 假定하면 X는 (x,y)점에서 빛의 밝기(gray level)를 나타내고 Xi는 각각 점(x,y)에 이웃하는 8개의 畫素의 빛의 밝기(gray level)이다.

x 방향에 있어서 Gradient 벡터(vector)성분은

$$G_x = (X_6 + 2 \cdot X_7 + X_8) - (X_1 + 2 \cdot X_2 + X_3) \dots\dots\dots (4)$$

이고, Y 방향의 성분은

$$G_y = (X_3 + 2 \cdot X_5 + X_1) - (X_1 + 2 \cdot X_4 + X_6) \dots\dots\dots (5)$$

으로 나타 낼 수 있다.

식 3 에서 구한 G 값과 threshold 값을 비교하여 threshold 값보다 G 값이 크면 輪廓(edge)로 판단 하여 그 畫素의 빛의 밝기를 high(255)로 하고, 작으면 배경으로 판단하여 low(0)로 한다. 본 시스템에서 빛의

밝기(gray level)의 범위는 0부터 255까지 8bit이다.

어떤 물체의 둘레나 투영면적을 구하기 위해서는 輪廊(edge)을 한 줄로 나타낼 필요가 있다. 이러한 용도에 유용한 것이 Chain Code인데 이것은 어떠한 도형에 대하여 시작점이 주어지면 다음 code segment로 方向性을 가지고 옮겨간다. 그래서 輪廊(edge)이 끊어지지 않는 畵像 데이터라면 다시 시작점으로 돌아오게 할 수 있다. 화소(pixel)가 옮겨질때마다 그때의 座標값과 방향을 기억장소에 입력하고 이것을 가지고 물체의 둘레와 투영면적을 계산하게 된다.

그림 4(a)는 8방향의 Chain Code를 구성하는 element를 나타내며, 그림 4(b)는 Chain Code로 도형의 둘레(boundary)를 추적해 가는 모습을 보여주고 있다.

이와 같이 하여 畵像의 바깥 둘레를 완전하게 표시한 후 이들의 座標와 방향을 이용하여 둘레와 면적 그리고 長·短軸을 계산한다.

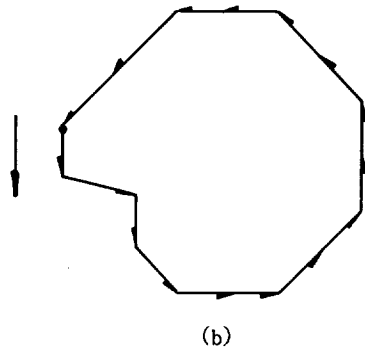
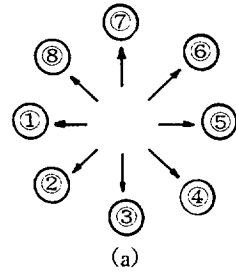


Fig.4. Direction numbers (a) and chain code (b) for detecting the boundary of an image

X1	X2	X3
X4	X	X5
X6	X7	X8

(a) 3 x 3 image region

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(b) Mask used to compute Gx at center point of the 3 x 3 region

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(c) Mask used to compute Gy at center point of the 3 x 3 region

Fig.3. Mask used to compute gray level in x and y directions

나. 幾何學的 特性 測定

畵像 處理 시스템을 이용하여 幾何學的 特性에 해당하는 둘레, 면적, 長·短軸 등의 測定은 각각에 해당하는 畵素數를 가지고 계산하게 된다. 그러나 실제로 있어 하나의 畵素가 정사각형이 아니기 때문에 방향에 따른 보정이 필요하다. 단위길이에 해당하는 선분이 세로로 놓였을때의 畵素數가 P개라면 가로 방향으로 놓이면 P x 1.33333개이고, 45° 방향으로 놓으면 P x 1.66666개가 된다.

1) 둘레

둘레에 해당하는 畵素數(P)는 chain code에 의해서 입력된 가장자리 畵素의 총 갯수에 해당되며, 다음과 같이 계산된다.

$$P_c = (1, 5번\ 방향\ 畵素의\ 총\ 갯수) * 1.33333 \\ + (2번, 4번, 6번, 8번\ 방향\ 畵素의\ 총\ 갯수) \\ * 1.66666 \\ + (3번, 7번\ 방향\ 畵素의\ 총\ 갯수)$$

2) 면적

면적의 경우 基準 座標을 설정하고, 이에 대한 임의의 가장자리 畫素의 Y방향의 座標를 Y_p 라하면, 일단 畫素의 방향에 따른 보정 계수를 감안하여 다음과 같이 N값을 계산한다.

- 1번 방향 : $N = Y_p * (-1.33333)$
- 2번 방향 : $N = Y_p * (-0.66666)$
- 3번 방향, 7번 방향 : $N = Y_p * 0$
- 4번 방향 : $N = Y_p * 1.33333 - 0.66666$
- 5번 방향 : $N = Y_p * 1.33333$
- 6번 방향 : $N = Y_p * 1.33333 + 0.66666$
- 8번 방향 : $N = Y_p * (-1.33333) + 0.66666$

그리고 모든 畫素에 대한 N 값 들을 더하여 면적에 해당하는 畫素數(A_c)를 얻는다.

3) 長 · 短軸

사과와 같이 투영 단면의 輪廓이 타원체인 경우 長 · 短軸의 길이를 구하기 위해 입력된 가장자리 畫素의 座標를 이용하여 먼저 투영도의 중심 좌표를 구하는 것이 선행 되어야 한다. 중심 좌표는 식 6을 이용하여 구하였다.

$$X_m = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i \quad Y_m = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M Y_i \quad \dots\dots\dots(6)$$

임의의 가장자리 畫素 P (X_1, Y_1)와 중심 標準 M(X_m, Y_m)을 지나면서 화소 P에 반대되는 위치에 있는 가장자리 畫素들 중에 P와 M을 이은 직선 상에 놓여 있거나 가장 가까운 위치에 있는 畫素의 座標를 찾아낸다. 이 점을 Q(X_2, Y_2)라 하고 畫素 P와 Q사이의 거리에 해당하는 畫素數를 L이라 하면, L은

$$L = \{ (X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 \}^{0.5} \quad \dots\dots\dots(7)$$

각 畫素에 대하여 L을 계산하고, 각각을 비교하여 가장 큰 것이 長軸의 길이, 가장 작은 것이 短軸의 길이가 된다.

4) 奇形의 分別

모양이 正常이 아닌 사과의 分別은 投影圖의 圓形度와 長 · 短軸의 比를 가지고 할 수 있다. 圓形度 R은 다음과 같이 표시되며,

$$R = \frac{4\pi A}{P^2} \quad \dots\dots\dots(8)$$

여기서, A : 단면적
P : 둘레

도형이 원인 경우는 R값이 1이되고 원에 가까울 수록 1에 접근하게 된다. 또한 長 · 短軸의 比는 원형에 가까울 수록 1이 되고 奇形일 수록 1보다 크게 된다.

Chain Code를 이용하여 둘레, 단면적, 長 · 短軸을 계산하는 프로그램의 흐름도는 그림 5와 같다.

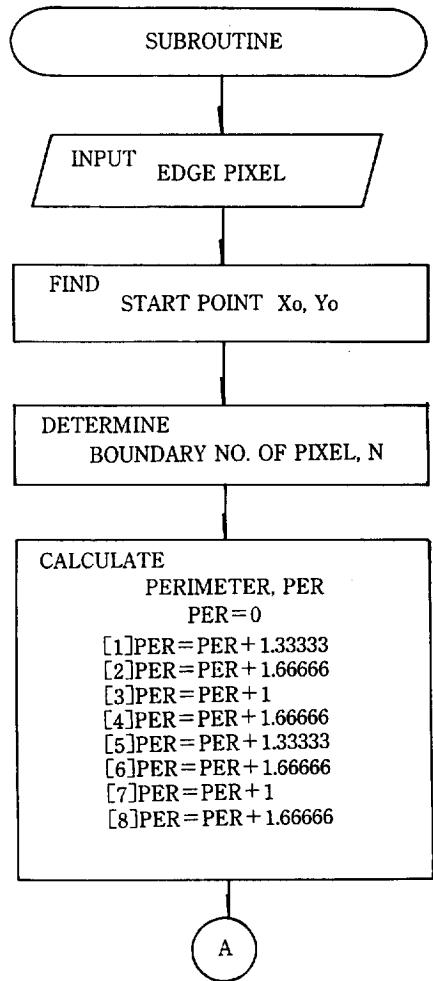


Fig.5. Flow chart for calculating perimeter, area and major and minor axes of the projection

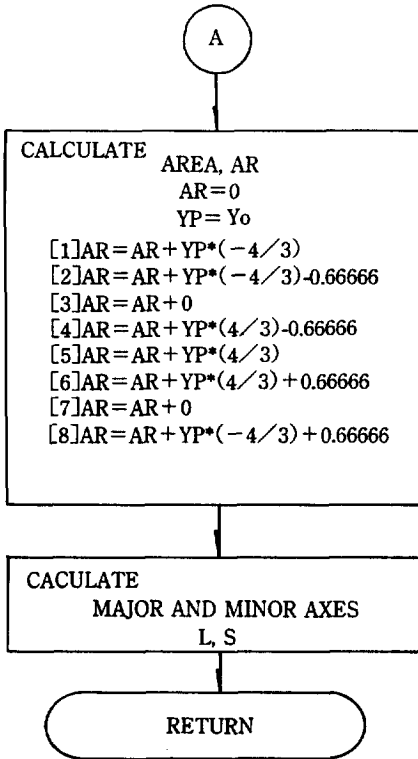


Fig.5. Flow chart for calculating perimeter, area and major and minor axes of the projection

5. 結果 및 考察

가. 개발된 프로그램의 檢證

프로그램의 檢證을 위해 지름이 5.89cm인 원을 입력하고 분석하여 둘레, 면적, 長·短軸에 해당하는 畫素(pixel)수를 실제 길이(cm)와 면적(cm²)으로 換算하는 係數를 구했다.

둘레, 面積, 長·短軸에 대한 각각의 계수를 a, b, c라 할때 a=0.0444, b=0.00226, c=0.0452로 나타났다. 지름이 각각 6.20cm, 10.0cm인 원과, 長·短軸의 길이가 각각 10.6cm와 8.0cm, 11.7cm와 10.1cm, 11.7cm와 11.2cm인 타원 3개를 개발된 프로그램을 이용하여 畫素數를 계산한 후, 각각의 계수를 곱한 추정값과 실제값과의 誤差를 구하였다. 장·단축과 면적에 대해서는 길이와 면적이 증가함에 따라 誤差도 점점 증가하는 경향을

보였다. 이와 같은 현상은 畫像이 디지털이저를 통과하여 512 x 480개의 畫素로 변환할 때 그 畫素가 정사각으로 구성되지 않고, 가로 세로 길이가 다른 직사형으로 구성되므로 같은 길이에 대해 나타나는 畫素數가 놓인 방향에 관계없이 같도록 보정함에 있어서 생기는 誤差와 照明이 도형 전체에 동일하게 비추지지 못하기 때문에 나타나는 誤差가 그 原因인 것으로 판단 된다.

나. 사과의 幾何學的 特性 測定

원래 사과로부터 프로그램의 각 단계를 통과한 결과를 보면 그림 6과 같다. 그림 6(a)는 디지털이저를 통과한 후의 畫像이며, 그림 6(b)는 threshold 값을 50으로 주고 輪廓 抽出을 행한 것으로 윤곽이 다소 두껍게 잡히는 것을 볼 수 있는데, 윤곽의 두께는 Threshold 값에 따라 변화 된다. Threshold 값을 크게 하면 윤곽의 두께는 얇아 지지만 너무 크게 하면 윤곽이 끊어지는 경우가 생긴다. Chain code를 적용하기 위해서는 반드시 윤곽이 이어져 있어야 한다.

그림 6(c)는 Chain code를 적용한 결과인데 둘레의 가장 바깥 부분을 하나의 閉曲線으로 표시하고 있다.

1) 둘레와 斷面積

사과의 投影斷面의 둘레 및 면적을 구하기 위해 개발된 프로그램을 이용하여 각각에 해당하는 畫素數를 구하고, 다음과 같은 모델에 의해 둘레와 면적을 계산하였다.

$$P_e = K_p \cdot P_c \quad \dots\dots\dots(9)$$

여기서 P_e=사과의 投影斷面의 둘레, cm

K_p=回歸 係數

P_c=둘레에 해당하는 畫素數

$$A_e = K_a \cdot A_c \quad \dots\dots\dots(10)$$

여기서 A_e=사과의 投影斷面의 면적, cm²

K_a=回歸 係數

A_c=둘레에 해당하는 畫素數

推定値와 實測値를 비교 분석한 결과 실측치에 대한 이들 차이의 平均과 標準偏差는 각각 3.1%, 1.578%로 나타났다.

이와같은 誤差는 카메라에 입력되는 投影圖가 사과의 크기에 따라 높이가 다른 곳에서 잡힐 뿐 아니라 畫素의 크기가 정사각형이 아니기 때문에 취하여 준

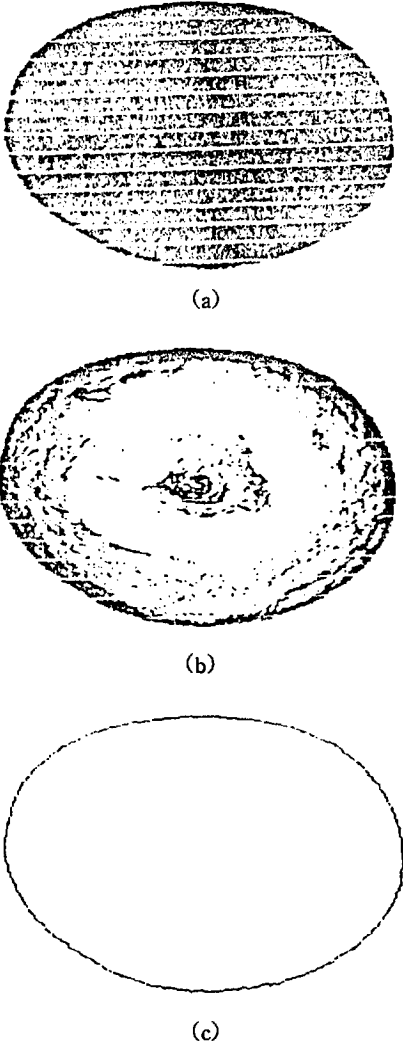


Fig.6. (a). Digital image of an apple
 (b). Profile image by edge detection
 (c). Boundary of the image

補正値의 誤差, 사과의 크기 및 모양에 따른 빛의 反射度의 차이 등에 기인하는 것으로 판단된다.

推定値의 誤차를 줄이기 위해 實測値를 이용하여 사과의 각 품종별 또는 두개의 품종을 대표하는 回歸係數를 각각 구하고, 추정치와 실측치와의 차이를 분석한 결과 실측치에 대한 이들 차이의 평균과 표준편차는 표 1. 에서 보는 바와 같다. 보다 정확한 측정을 위해서는 각 품종에 다른 回歸係數를 사용하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

2) 부피

일반적으로 대부분의 과일은 橢圓體인 경우가 많다. 타원체의 x, y, z 축 방향의 길이를 a, b, c라 할때 부피는 다음 식으로 계산된다.

$$V = \frac{4}{3} \pi abc \dots\dots\dots(11)$$

또한 橢圓體를 위에서 투영시킨 면적과 들레는 다음 식으로 표시된다.

$$A = \pi ab \dots\dots\dots(12)$$

$$p = 2\pi\{0.5(a^2 + b^2)\}^{0.5} \dots\dots\dots(13)$$

결국 부피를 다시 쓰면

$$V = \frac{3}{4} A \cdot c$$

로 나타낼 수 있다.

여기에서 b 값은 타원체의 투영면적으로는 알 수 없는 값이다.

Table 1. Regression coefficients computed from different samples and uncertainties of estimated perimeters of apples.

Model	Sample	Regression coefficients $K_p \times 10^2$	Mean of differences (%)	S.D.
$P_e = K_p \cdot P_c$	Given figures	4.640 *	7.965	1.460
	BOOSA	4.339	0.431	0.301
	STOCKING	4.258	0.830	0.621
	BOOSA&STOCKING	4.300	1.110	0.755

* K_p computed from the given figures was used to estimate perimeters of apples.

Table 2. Regression coefficients computed from different samples and uncertainties of estimated projected areas of apples.

Model	Sample	Regression coefficients $K_a \times 10^3$	Mean of differences (%)	S.D.
$A_e = K_a \cdot A_c$	Given figures	2.101 *	6.480	2.001
	BOOSA	2.271	1.440	1.261
	STOCKING	2.206	0.819	0.689
	BOOSA&STOCKING	2.252	1.547	1.486

* K_p computed from the given figures was used to estimate areas of apples.

그런데 사과와 배의 경우는 품종별로 대부분 그 모양이 유사하며, b 값 및 a, c, P는 비례적으로 변한다고 볼 수 있으므로 b값 대신에 a, c 혹은 P값을 사용함으로써 부피를 추정할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 b값 대신에 p를 사용하여 부피추정모형을 다음과 같이 가정하였다.

$$V = K_r \cdot A \cdot P \quad \dots\dots\dots(14)$$

그림 7은 본 연구에서 제시한 모델로 사과 3품종에 대해서 부피를 추정한 결과이며, 품종에 따른 회귀계수와 결정계수는 표 3과 같다.

이 결과에서 보여 주는 바와 같이 품종에 따라 계수만 바뀌므로서 동일한 식으로 부피를 추정할 수 있음을 알 수 있다.

Table. 3 Comparison of models to estimate the volume of apples

Model : $V = K_v \cdot A_c \cdot P_c$

Variety	$K_v \times 10^5$	r^2
BOOSA	1.722	0.998
STOCKING	1.826	0.999
HONG-OCK	1.736	0.999

A_c : No. of pixels presenting area

P_c : No. of pixels presenting perimeter

3) 사과의 奇形 判別

사과의 奇形判別을 위해 肉眼으로 정상적인 사과 20개와 비정상적인 사과 3개를 사용하여 투영단면의 원형도와 장·단축의 비를 조사하였다. 정상적인 사과의 원형도는 20개 중 4개를 제외하고는 0.95이상 이상이며, 비정상인 경우 3개 중 2개가 0.95 미만으로 분석되었다. 본 실험에서 사용된 奇形에 속하는 사과의 갯수가 3개에 불과하기 때문에 원형도에 따른 기형 판별 기준을 제시하기에는 미흡하지만 그 값이 0.95미만인 것은 기형인 것으로 판단된다.

또한 長·短축의 비에 의하면 정상적인 사과는 그 비가 1.10미만, 奇形에 속하는 사과는 모두 1.10이상으로 나타났다. 화상처리 시스템에서 사과의 奇形判別基準은 投影斷面의 원형도 보다도 長·短축의 비를 사용하는 것이 보다 명확한 것으로 판단되었다. 그러나 圖像處理 시스템을 이용한 사과 선별의 경우 계산 소요 시간이 문제가 되기 때문에 장·단축의 비보다는 원형도에 의한 기형 판별 기준을 사용하는 것이 훨씬 유리하므로 이에 대한 補完 研究가 요청된다.

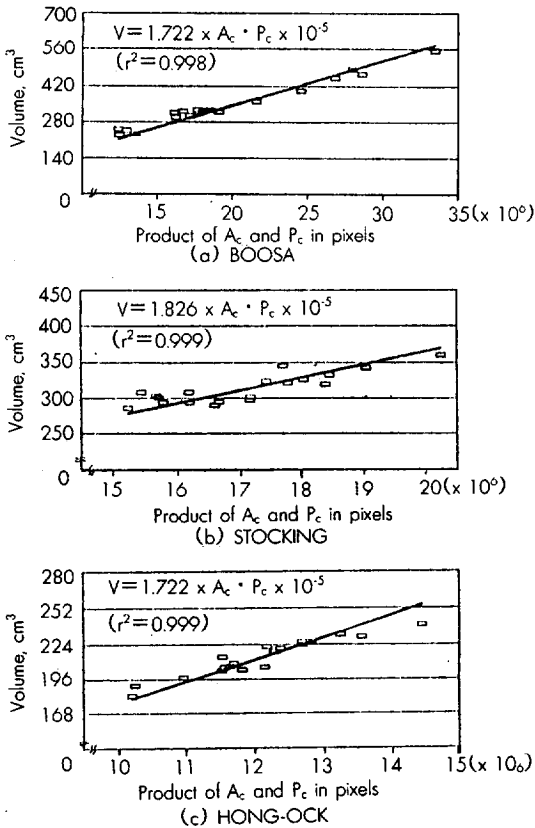


Fig.7. Relationship between volume and product of No. of pixels representing the projected area (A_c) and perimeter (P_c)

6. 要約 및 結論

본 연구는 圖像處理 시스템을 이용한 과일선별에 기초가 되는 과일의 幾何學的 特性 즉 둘레, 面積, 長·短軸 및 부피를 추정하기 위해 수행 되었다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 輪廓抽出과 Chain code를 이용하여 사과의 投影圖로부터 둘레, 면적, 장·단축을 計算하는 프로그램을 개발하였다.
2. 개발된 프로그램을 주어진 圓形에 적용하여 檢證한 결과 實測值와 推定值와의 3.1% 정도의 誤差를 나타내었다.
3. 부피를 포함한 사과의 幾何學的 特性을 추정하는

回歸모형을 開發하였으며, 각 품종에 다른 回歸係數를 구하였다.

4. 사과의 奇形判別은 投影圖의 圓形度 보다도 長·短軸의 比를 判別의 基準으로 사용한 것이 보다 效果的이었다.

參考文獻

1. Davis, L. S. 1975. Survey of edge detection techniques. *Comp. Grap. Imag. Pro.* 4 : 248-270.
2. Güner, S. R. 1977. Edge detection by compass gradient masks. *Comp. Grap. Imag. Pro.* 6 : 492-501.
3. Ikram, E. A. and W. K. Pratt. 1979. Quantitive design and evaluation of enhancement/Thresholding edge detection. *Trans. IEEE.* 5 : 753-763.
4. Marr, D. and E. Hildreth. 1980. Theory of edge detection. *Proc. R. Soc. Lond. B* 207 : 187-217.
5. Paulsen, M. R., and W. F. McClure. 1986. Illumination for computer vision system. *Trans. ASAE.* 29 : 1398-1404.
6. Rehkugler, G. E., and J. A. Troop. 1986. Apple sortig with machine vision. *Trans. ASAE.* 29 : 1388-1379.
7. Robert, M. H. 1984. Digital step edges from zero crossing of second directional derivatives. *Trans IEEE.* 39-49.
8. Sarkar, N., and R. R. Wolfe. 1985. Feature extraction techniques for sorting tomatoes by computer vision. *Trans. ASAE.* 28 : 970-979.
9. Sarkar, N., and R. R. Wolfe. 1985. Computer vision based system for quality separation of fresh market tomatoes. *Trans. ASAE.* 28 : 1714-1718.
10. Tamar, P. and M. David. 1982. A study of edge detection algorithms. *Comp. Grap. Imag. Pro.* 20 : 1-21.

11. Weszka, J. S. and A. Resonfeld. 1979. Histogram modification for threshold selection. Trans. IEEE. 1 : 38-50.
12. Wolfe, R. R., and W. E. Sandler. 1985. An algorithm for stem detection using digital image analysis. Trans. ASAE. 28 : 641-644

13. 박래홍. 1987. 형상인식을 위한 feature 추출에 관한 연구. 과학기술처. 377-511.
14. 정기억 편역. 1986. 晝像處理 시스템의 기초와 설계제작. 도서출판 세운.



學位取得



姓 名: 趙 漢 根
生 年 月 日: 1952年 5月 27日
勤 務 處: 忠北大學校 農科大學 農業機械工學科
取得學位名: Ph.D in Agricultural Engineering
學位授與大學: Iowa State University
學位取得年月日: 1988年 12月 17日
學位論文: System Identification of the Smoke Opacity VS. Fuel Metering in a Diesel Engine



學位取得

姓 名: 崔 榮 秀
生 年 月 日: 1959年 4月 24日
取得學位名: 農 學 博 士
學位授與大學: 서울大學校 大學院
學位取得年月日: 1990年 2月 26日
學位論文: 마이크로프로세서를 이용한 穗給式脫穀機의 供給率制御에 관한 研究