

가스미터기 성능검사 자동화를 위한 숫자자동인식용 영상처리시스템 개발

김희식*, 박준호**

* 서울시립대학교 제어계측공학과

** 대성중앙연구소

ABSTRACT

An image processing and pattern recognition program was developed in order to recognize the numerical displays on gas flow meters. The testing process of the accuracy of gas flow meters are to be automated, using the developed software. There are already many known pattern recognition algorithms for recognition of letters. To upgrade the recognition accuracy, four different algorithms are applied sequentially in the software. An calculation method to assign the weighting factors for the result of each algorithm was developed. It showed 98% accuracy by the pattern recognition of displaying numbers of gas flow meters of 33 different types. This pattern recognition system is to be integrated in a industry.

I. 서 론

자동화는 사람이 수동으로 수행할 때보다는 그 정밀도나 생산성이 향상되어 효율적인 작업이 가능하며 기존 시스템보다 경제성이 매우 향상된다. 계측자동화를 위해서는 높은 신뢰도를 가지는 센서와 적합한 신호처리 회로가 필요하며, 자동계측 시스템의 설계자는 그 시스템이 설치되어지는 실제적 현장 조건을 신중하게 고려해야 한다.

자동계측의 형태에 따라서 자동계측 시스템의 설계자는 그 계측대상물의 요구 정밀도에 따라 몇 가지 센서(Sensor)의 조합된 형태와 적합한 신호처리 알고리즘을 개발하게 된다. 사람의 눈과 같은 역할이 요구되는 시각(Vision)을 응용한 계측 자동화 기술이 검사에서는 자주 적용된다. 시각(Vision)을 응용한 자동계측 시스템은 영상입력용 카메라, 영상 캡쳐 보드, 컴퓨터, Video Monitor, 영상처리 알고리즘, 페턴인식 알고리즘, 측정결과 통제처리 프로그램, 계측결과 출력장치 등으로 구성된다. 영상입력용 비디오 카메라(Video Camera)는 일반적인 캠코더 카메라 또는 산업용으로 개발된 감시용 CCD 카메라를 사용한다. 영상을 이용한 자동계측의 기본적인 방법은 카메라를 통하여 입력된 영상을 밝기와 잡음제거 등 기본 영상 처리를 하고, 영상 내용 중에서 원하는 핵심 자료들을 구분하여 분리한 뒤 여러 가지의 페턴인식 알고리즘(Algorithm)들을 이용하여 원하는 계측대상 내용을 파악한다.

본 연구내용은 도시가스회사에서 일반 수요자에게 공급되어질 가스계량기에 대한 성능검사의 실제적 자동화 서비스에 사용하기 위한 영상처리를 이용한 계량기 숫자 자동인식 기술을 개발한 것이다. 지금까지 회사에서는 일반 수요자에게 공급되어질 가스계량기를 성능 검사하는데 있어서는 대부분

의 작업을 사람의 손으로서 하여 왔다. 이러한 검사 방법에 있어서는 수동 작업은 여러 가지의 측정 오차를 유발하고, 결과의 부정확성이 커지게 된다. 회사에서는 시현 오차의 감소, 시험과정의 자동화, 정밀도 향상, 검사된 자료들의 관리 등을 요구하게 되었고, 이 요구에 의해서 가스계량기 성능검사 장치의 자동화가 계획되었다. 이 가스계량기 성능검사 장치 자동화를 위한 계획은 온도, 압력, 습도 등의 자료들의 수집에 있어서의 자동화, 성능시험 과정의 자동화, 계량기 표시 숫자 입력의 자동화 등의 세 가지 부분으로 구성된다. 또한 온도, 압력, 습도 등의 자료를 수집하는데 있어서 성능시험 과정의 자동화와 같이 구성하여 검사자동화는 두 가지 부분으로 나누어진다.

본 연구는 위의 두 가지 부분중 가스계량기 표시판에 표시되는 숫자부분을 감시용 CCD 카메라를 이용하여 읽어들이고, 퍼스널 컴퓨터의 윈도우즈 환경에서 Borland C++ 를 사용하여 개발된 숫자 인식 알고리즘에 의해서 원하는 숫자 인식 신뢰도를 가지는 응용 소프트웨어를 개발한 내용이다.

중요한 연구 개발 내용은 영상 중에서 관심영역(Region Of Interest)의 축소 알고리즘, 사용되어진 세 가지 알고리즘(Algorithm)의 개발과 그 실제적인 적용사례, 그 세 가지 알고리즘(Algorithm)을 종합적으로 계산한 방법이다. 그리고 계기판에 표시되어질 수 있는 숫자들 - 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 - 각각에 대하여 인식 정밀도를 시험 검사하였다.

II. 관심영역 (Region Of Interest) 의 축소과정

컴퓨터 화면의 윈도우에 나타나는 영상은 카메라가 비추는 범위이며, 카메라에 입력되는 가스미터기의 모양 전체가 영상으로 비추어지게 된다. 즉 가스계량기의 대부분의 모습, 즉 필요한 부분인 숫자 계기판뿐만 아니라, 관심영역이 아닌 외부 프레임 부분까지도 영상의 내용으로 나타난다. 여기서 계량기의 계기판 부분이 1차 관심영역이며, 마우스를 사용하여 수동으로 일정한 구역을 지정한다. 이 일정한 관심영역의 정해진 모습이 위 그림 1이다. 여기서는 두 가지 다른 가스계량기 모델에 대해서 실험했던 영상을 도시해 보았다. 그림 1에서 보이는 가느다란 숫자가 존재하는 영역의 분리선은, 분리선은 숫자 계기판의 구역이 1차적으로 마우스로 결정된다. 2차적으로는 그림 2.에서와 같이 X, Y축에서의 각축의 화소(Pixel)의 개수에 의한 히스토그램에 의해서 자동으로 분리되어진다. 2 차적으로 분리되어진 영상영역은 그림에서 보듯이 불필요한 부분까지 포함한 넓은 관심영역이 되므로 여기에서 최종적으로 영역을 축소해야 한다.

이러한 관심영역의 축소화는 매우 중요한 알고리즘으로 대부분 실제 폐던인식의 개발내용의 절반이 된다. 관심영역의 축소화는 인식되어질 숫자가 차지하는 부분의 이라고 생각되는 최저 바닥과 최고 꼭대기, 그리고 왼쪽과 오른쪽 상한선을 결정하는 일이다. 히스토그램을 좀더 세분화하여 관심영역의 축소화가 이루어진다. 최종 관심영역은 크기를 표준화하여 교육된 폐던의 모델과 비교하게 된다. 그 표준화된 영역의 결과는 그림 3.에 표시되어 있다.

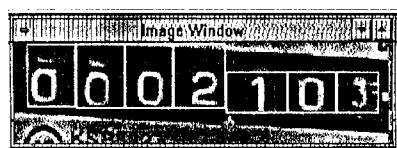


그림 1. 실제 입력된 영상

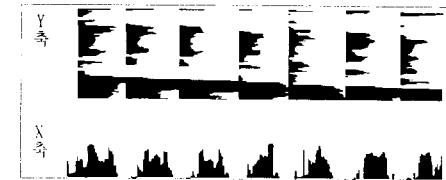


그림 2. 영상에서 추출한 히스토그램



그림 3. 히스토그램을 이용한 관심영역의 추출의 실제 적용 예

III. 숫자인식 알고리즘

1. Pattern 변화를 측정하여 숫자를 인식하는 알고리즘

관심영역 내에 있는 숫자의 영상그림 자체로는 단순한 혹은 화소의 나열에 불과하다. 일정한 숫자 모양에 대해서는 일정한 범위 내에서의 기로 방향과 세로 방향의 혹은 변화하는 형태는 일정하다. 각 숫자의 일정한 혹은 변화의 특성 즉 혹은 Pattern의 변화를 측정하여 인식하는 알고리즘을 설계하였다.

알고리즘이 실행되는 과정은 관심영역 내를 우선 X 축으로 8 구역, Y 축으로 8 구역으로 구분한 후에 그림 4-a에서 보듯이 X축 내에서의 혹은 Y축의 변화하는 빈도와 Y축에서의 혹은 X축의 변화 빈도를 숫자화하여 그 숫자를 인식하는 과정으로 한다. 여기서, 이 전체적인 인식을 하는 한번의 과정으로는 당연히 신뢰성이 의심을 가지게 될 것이다. 이러한 부족한 신뢰성에 대한 보완으로서 그림 4-b에서 보듯이 좌우로 분할한 형태에 있어서의 Y축 변화 빈도를 숫자화하고 그림 4-c에서처럼 상하로 분할하여 X축의 혹은 Y축의 변화 빈도를 숫자화하여 보완하는 데이터로서 사용하고 있다.

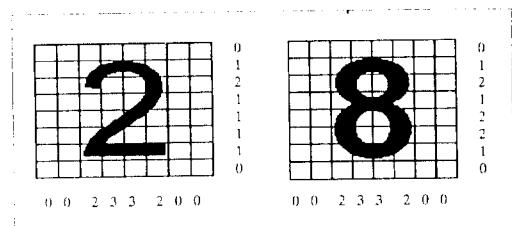


그림 4-a. 숫자 전체에 대한 Pattern 변화 측정

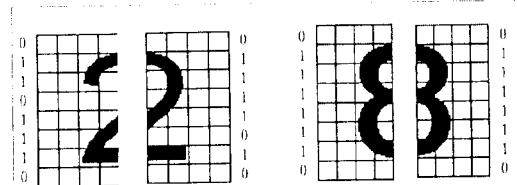


그림 4-b. 좌우 2분할 각각에 대한 Pattern 변화 측정

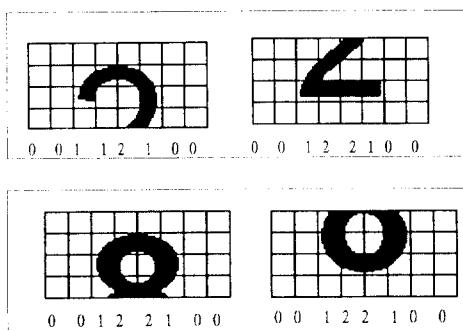


그림 4-c. 상하 2분할 각각에 대한 Pattern 변화 측정

2. 숫자 모델 표준 데이터 입력 방법

검사를 위하여 영상으로 입력된 숫자 데이터는 표준 데이터와 비교하게 된다. 표준 데이터는 여러 번의 숫자인식에 실험과 더불어 계속 누적 쟁신되어 데이터 파일을 확장시킨다. 사용했던 프로그램에 데이터 입력 생신을 위하여 학습기능이 있다. 비교 대상이 되어질 표준 데이터를 경험적 학습에 의해서 확장 구성된다. 다음에 소개할 두 가지 다른 알고리즘에 대해서도 모두 같은 방법으로 표준 데이터를 완성한 후, 개속적인 표준 데이터의 개량에 의해서 더 나은 신뢰도를 가질 수 있도록 표준 데이터의 보완 작업을 진행하고 있다. 또한, 표준 데이터는 그 변화되는 폭이 적기에 적당한 양의 표준 데이터가 모여진다면 그 신뢰성에는 의심할 여지가 없다고 생각된다.

3. 히스토그램에서 흑화소의 개수 분포를 이용한 알고리즘

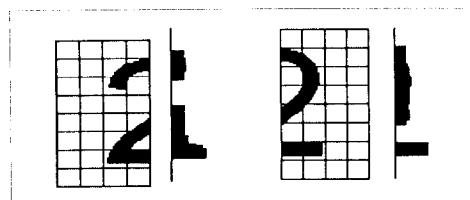


그림 5-a. 좌우로 분할한 경우의 히스토그램

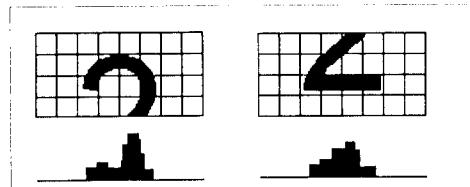


그림 5-b. 상하로 분할한 경우의 히스토그램

흑백의 변화 패턴을 숫자화하여 인식하는 방법 외에도 두 가지 알고리즘을 추가하여 신뢰도의 향상을 추구하였다. 흑백의 변화하는 pattern 을 이용하는 알고리즘으로는 숫자인식 정밀도가 충분하지 못하여 두 가지 알고리즘으로 추가로 검사하여 인식 정밀도를 향상시켰다. 입력된 글자를 가로와 세로로 분할하여 gray scale 히스토그램을 작성하여 비교하는 알고리즘을 개발하게 되었다.

이 알고리즘은 그림 5.에서 보듯이 한 글자의 상하 좌우로 분할된 부분에 있어서의 히스토그램을 구하여 기준이 되는 표준 데이터와의 비교하여 숫자를 인식하게 된다. 단, 여기서 그림 5.에서와 같은 숫자 형태의 전체적인 형태에 대한 히스토그램 분석은 하지 않았다. 전체적인 형태에 대한 히스토그램은 숫자를 인식에서 고정밀도의 신뢰성을 주지 않기 때문에 전체적인 형태에 대한 히스토그램 분석은 하지 않았다. 분할 히스토그램 방법은 앞의 흑백의 변화하는 pattern을 이용하는 알고리즘과 마찬가지로 표준 데이터를 수집해야 한다. 모델 표준 데이터를 교육하는 과정에서 측정되어진 각각의 히스토그램과 비교한 후 그 인식을 하는 데에 도움이 되도록 구성하고 있다. 위의 그림 5.는 각각 2와 8이라는 경우에 대해서 히스토그램의 적용을 보여 주고 있다.

4. 전체 숫자 형태를 표준 데이터와 비교하여 인식하는 알고리즘

제1차적 방법 Pattern변화 측정에 의한 인식 알고리즘과 제2차적 방법 히스토그램 분포에 의한 숫자인식 알고리즘에서 인식하지 못하는 숫자는 제3차적으로 전체적인 형태를 비교하는 알고리즘이 추가로 적용된다. 전체적인 형태를 표준 데이터와 비교하여 그 비교 정도에 의해서 숫자를 인식하는 알고리즘을 다음과 같다.

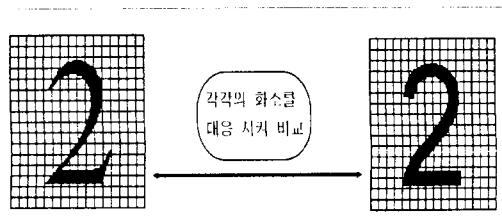


그림 6-a. 숫자 2에 대한 각 화소값 비교

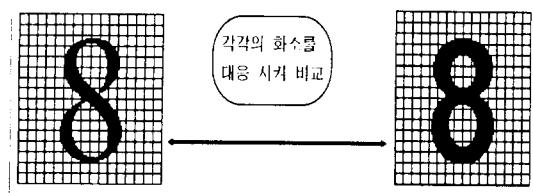


그림 6-b. 숫자 8에 대한 각 화소값 비교

Pattern변화 측정에 의한 인식 알고리즘이 표준화된 관심 영역을 X 축으로 8 칸, Y 축으로 8 칸을 쪼개어서 구성하였으나 전체 형태를 비교하는 알고리즘에서는 표준화되어진 관심 영역을 X 축으로 16 칸, Y 축으로 16 칸으로 더욱 세분화하여 조금 더 세밀하게 비교하여 정밀도를 높였다. 다음의 그림 6.는 전체적인 형태를 표준 데이터와 비교하는 알고리즘을 각각 2와 8이라는 숫자에 대해서 보여주고 있다.

흑백의 Pattern의 변화를 이용하는 인식 방법은 인식률 90% 정도의 인식 정밀도를 보여준다. 그러나 숫자 인식률을 더 향상시킬 필요가 있으므로 한 가지 알고리즘만 사용하지 않고 문자인식 알고리즘 두 가지를 추가하여 인식 정밀도를 향상하였다. 추가로 적용된 것은 히스토그램에 의한 인식 방법과 전체적인 숫자 모양에 의해 인식하는 알고리즘이며, 결과적으로 숫자인식의 신뢰도를 높였다.

IV. 세 종류 숫자인식 알고리즘 결과의 종합적 계산 방법

신뢰도를 향상시키기 위하여 이들 3가지 알고리즘들의 결과 값을 종합적으로 계산하는 방법이 중요하다. 다음의 방식으로 각각의 알고리즘에서 인식된 값들을 사용하여 그 신뢰도를 향상시켰다.

(숫자인식을 위한 3가지 알고리즘의 종합적 계산 방법)

(1) 각 알고리즘에서 얻어진 결과치 3개가 모두 일치되는 경우, 인식된 결과로 인정한다.

예) 얻어진 결과치 3개가 모두 일치되는 경우

(1) 흑백의 변화를 숫자화하여 인식하는 알고리즘의 결과치	3
(2) 히스토그램의 분석에 의하여 인식하는 알고리즘의 결과치	3
(3) 숫자의 전체적인 형태의 비교에 의한 인식 알고리즘의 결과치	3
종합적으로 결과로 인정되는 값	3

(2) 각 알고리즘에서 얻어진 결과치 3개중 2개가 같은 값일 경우, 2개의 같은 값을 인식된 수로 인정한다.

예) 얻어진 결과치 3개중 2개가 같은 값일 경우

(1) 흑백의 변화를 숫자화하여 인식하는 알고리즘의 결과치	2
(2) 히스토그램의 분석에 의하여 인식하는 알고리즘의 결과치	2
(3) 숫자의 전체적인 형태의 비교에 의한 인식 알고리즘의 결과치	4
종합적으로 결과로 인정되는 값	2

(3) 각 알고리즘에서 얻어진 결과치 3개가 모두 다른 경우, 흑백의 변화를 숫자화하여 인식하는 알고리즘의 결과치를 인식되어진 결과로 인정한다.

결과치 3개가 모두 다른 경우, 가장 신뢰도가 있다고 판단되어지는 알고리즘인 흑백의 변화를 숫자화하여 인식하는 알고리즘의 결과치를 우선적으로 결과치로 인정한다. 그 이유는 나머지 두 가지의 알고리즘은 이 알고리즘을 보완하는 관계이고 또한 그 자체로서는 신뢰도가 어느 정도 낮다고 보이지기 때문이다.

예) 얻어진 결과치 3개가 모두 다른 경우

(1) 흑백의 변화를 숫자화하여 인식하는 알고리즘의 결과치	7
(2) 히스토그램의 분석에 의하여 인식하는 알고리즘의 결과치	2
(3) 숫자의 전체적인 형태의 비교에 의한 인식 알고리즘의 결과치	4
종합적으로 결과로 인정되는 값	7

다음 그림 7 은 실제로 세 가지 알고리즘의 종합적 적용된 사례를 가스미터기 숫자 "2"에 대한 계산 결과 값을 보여 주고 있다.

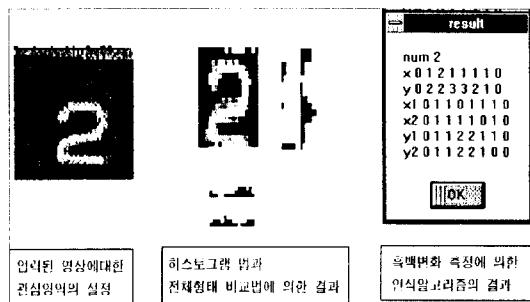


그림 7. 세 가지 알고리즘의 종합적 적용에 의한 결과

V. 각 숫자별 인식실험의 결과

인식실험에 사용된 가스미터기의 모델은 KG-2N, KG-5, ST-3, KG-7, HD-3, SN-5 등 6종류를 실험하였다. 각각의 미터기 종류에 대하여 여러 가지 수치를 계기판에 표시하여 두고 인식실험을 수행하였다. 이렇게 다양한 조건에서 인식실험 시행한 결과는 표1.과 같다.

원비한 인식 결과를 나타낸 숫자는 0, 2, 3, 5, 6, 8, 9 등의 일곱 가지이고 나머지 세개의 숫자 1, 4, 7은 그 형태가 서로 비슷비슷한 부분이 있어서 60회에 1번 또는 40회에 2번 정도의 오인식 결과를 나타내었다. 이중 7은 나머지 1, 4와 닮은 부분이 있어 잘 못 인식하는 경우가 있었다. 그림 8은 각각의 숫자들의 알고리즘 적용하여 실험한 결과를 보여주는 것이다. 0부터 9 까지 열 개 숫자에 대하여 총 835회 인식시도에서 831회 성공하여 전체 평균은 99.5%의 높은 인식률을 보았다.

숫자	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
구분	375	60	40	70	60	65	40	40	45	40
인식	375	59	40	70	59	65	40	38	45	40
시도 횟수	375	60	40	70	60	65	40	40	45	40
정확한 인식 횟수	375	59	40	70	59	65	40	38	45	40
부정확한 인식 횟수	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0

표 1. 각 숫자에 대한 인식 실험 결과

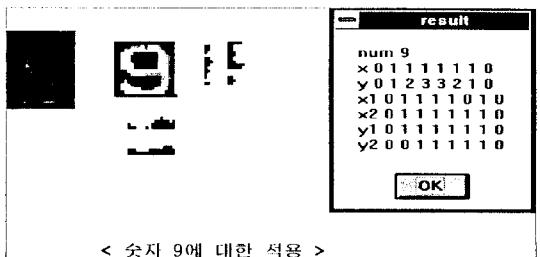
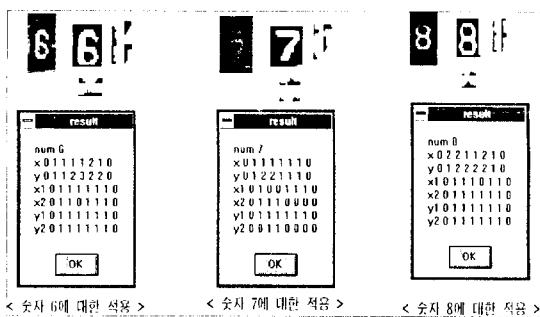
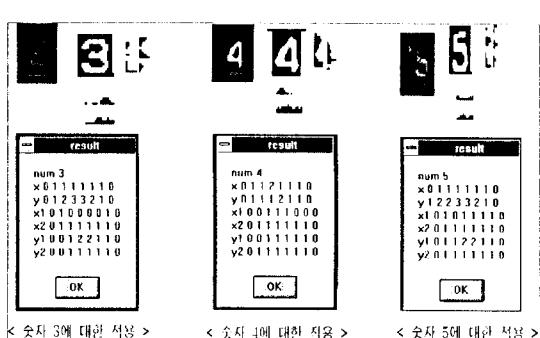
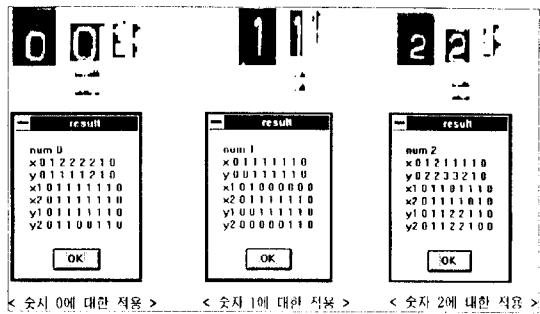


그림 8. 각각의 숫자 0 ~ 9에 대하여 적용한 결과

VI. 결론

본 연구에서 영상처리에 의한 숫자인식 실험 결과 동일한 가스미터기 모델인 경우의 인식도는 100%이며 그 신뢰도 또한 100% 이었다. 또한 모델이 다른 경우도 그 인식도는 미터 기의 상태가 나쁜 경우에 95%이며, 본 알고리즘은 99.5 % 정도의 신뢰도를 가진다고 볼 수 있다. 서로 비슷하게 생긴 숫자들에 대한 인식도를 높이기 위하여 표준 데이터의 입력을 체계적으로 수행하고, 현재 이에 대한 표준 데이터 구성을 개선하고 있다. 표준 데이터를 현재보다 조금 더 세분화하여 모델을 교육하여 표준 데이터를 입력하여 구성하면 그 닮은꼴인 숫자들에 대한 인식도를 향상시킬 수 있다.

인식도를 높이는데 결정적인 영향 중의 하나는 조명 방법이다. 조명이란 측정할 경우 주변상황 - 주변의 밝기, 일정하게 떨어지는 영역의 유지 - 등이 바로 그것들이다. 실제적인 영상처리 연구를 위한 실험의 도중에 가스계량기의 숫자 계기판에 비치는 광선의 양이나 조명 방향 등에 의해서 많은 잡음이 영상에 나타나고 인식의 정도에 영향을 주었다. 영상처리를 위해서는 조명에 대한 대책이 중요하며 카메라 근처에 조명장치를 여러 가지로 실험하여 적합하게 설계해야 한다. 조명을 밝게 하여 그림자가 생기지 않고 하이라이트가 생기지 않으면 숫자 영상에 잡음이 현저히 줄어들면서 인식이 정확하게 되며 문제가 감소되었다.

숫자인식 실험 결과에 의하면 표준 데이터의 구성이 인식도에 매우 중요한 변수임을 알 수 있다. 표준 데이터를 좀 더 세분화하고 더 많은 신빙성을 가지게 체계적으로 구성하는 것이 숫자 인식도를 높이는데 중요한 과정이다.

VII. 참고문헌

1. 남궁재찬, "화상공학의 기초", 1989, 기전연구사
2. Craig A. Lindly 지음, 류성렬 옮김, "C 이미지 프로세싱", 1991, 동일출판사.
3. 김희승, "영상인식, -영상처리, 컴퓨터 비전, 패턴인식, 신경망-", 1993, 생동출판사
4. 일본공업기술센터편, "컴퓨터화상처리입문", 1993, 기전 연구사