

Multi-spectral digital image를 이용한 잡초 검출 알고리즘 개발 Development of weeds detection algorithm using multi-spectral digital image

서 상 룡*	김 영 태*	유 수 남*	최 영 수*
정회원	정회원	정회원	정회원
S. R. Suh	Y. T. Kim	S. N. Yoo	Y. S. Choi

1. 서 론

현대농업은 다수의 농약과 방제기의 개발에 따라 노동력의 절감, 저비용, 경영규모의 확대 뿐만 아니라, 특히 잡초와 병해충으로부터 작물을 보호함으로써 수확량증대와 안정적인 농작업을 수행할 수 있게 되었다. 반면 방제작업은 손쉽게 되었으나 농약을 필요량보다 적게 살포할 경우 잡초와 병해충을 충분히 방제 할 수 없고, 과다 살포할 경우 비용과 환경오염을 증가시키는 또 다른 문제점을 가지고 있다. 현재의 벼농사에서 행해지고 있는 제초는 논에 제초제를 전면 살포하는 방식으로 이는 잡초가 논 전체지역에 넓게 분포한다는 가정아래 수행되어 지고 있다. 그러나 잡초의 분포는 종종 논 전체 보다 일부에 편중되어 있으므로 기계시각을 이용하여 잡초를 정확하게 검출하고 검출된 잡초만을 제초하는 것이 농작업의 효율성을 극대화 할 수 있다. 따라서 본 연구는 선택적 제초를 위한 잡초 검출을 위하여 광학필터를 자동 조리개에 장착한 흑백 CCD 카메라로 논 영상을 촬영하였고, 수집된 영상에서 잡초만을 검출하기 위한 잡초검출 소프트웨어를 구현하고 그의 잡초검출 성능평가를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험장치와 구성

논 영상을 촬영하기 위하여 대역폭이 10 nm인 중심파장 560 nm, 680 nm 그리고 800 nm의 광학필터(Corion, USA)를 각각의 자동 조리개 렌즈(Avenir, Japan)에 장착한 흑백 CCD 카메라(BCE-3411IA, Unimo, Korea)로 논 영상을 동시에 포착하였고, 수집된 화면내의 잡초만을 검출하기 위하여 Visual C++ 6.0(MS-Soft社, USA)을 사용하여 소프트웨어를 개발하였다. Fig. 1은 3대 카메라 장착 그림이다. 각각의 영상에서 벼와 잡초, 배경의 화소값을 조사하여 벼와 잡초를 구분하는 판별분석을 시도하였다. SAS 8.1을 이용한 판별분석 결과 세가지 화면의 정보를 동시에 이용하는 방법이 잡초 검출에 유용할 것으로 판단되었다. 그에 따라 잡초 검출 알고리즘을 개발하였다.

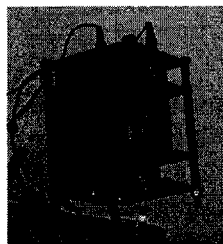


Fig. 1 Frame with 3 cameras

* 전남대학교 농생대학 생물산업공학과

나. 잡초 검출 알고리즘 개발

1) 화면 일치

수집된 영상들로부터 잡초 검출에 있어 알고리즘의 처리 시간 및 검출성능을 높이기 위하여 각 파장대별 수집한 화면을 하나의 화면으로 일치 시켰다. Fig. 2는 각 파장대별 화면이다. Fig. 3은 파장대별 영상 수집 장치의 위치에 따라 화면별 대상체들의 위치 변이가 있어 한 화면을 기준으로 다른 두 화면들을 x-축, y-축으로 이동시켜 화면을 일치 시킨 그림이다.



Fig. 2 View of 3 Pictures - the pictures were taken using a filter of 560, 680 nm and 800 nm center wavelength on 33 days after transplant



Fig. 3 View of 3 pictures overlaped

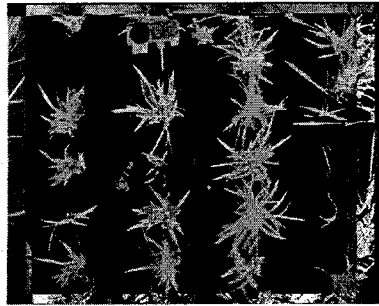


Fig. 4 View of distributed plants

2) 영상 처리

가) 분포도 영상

벼와 잡초의 판별분석을 위하여 일치된 화면내의 식물체와 배경의 화면별 화소값을 조사하였다. 조사된 전체 화소에 대한 화소값들을 판별분석하여 식물체(벼와 잡초)를 분포도 화면으로 나타내었다. Fig. 4는 분포도 화면이다.

나) 800 nm 화면 영상처리

800 nm 화면을 Median filtering 처리를 하고 임계값 처리를 한 후 Morphology 처리를 3회 수행하여 화면을 얻었다. 이는 식물체를 배경으로부터 구분하는데 가장 우수하고, 또한 분포도 화면과 비교하여 잡초 검출을 하기 위하여 수행하였다.

다) 식물체별 분석

벼 재식 영역과 배경영역으로 나눈 후 분포도 화면과 영상처리를 실시한 800 nm 화면에 Flood-fill 알고리즘을 적용하여 분리된 각각의 식물체를 Box화 하였다. 배경영역에서 화소값을 갖는 Box는 모두 잡초(Weed)로 인식하도록 하였다. 잡초를 벼로 오인식 하거나 벼를 잡초로 오인식하는 확률을 줄이기 위하여 중복 되는 Box중 Box의 속성이 같은 경우 작은 Box를 배경으로 인식하도록 하고, 크기(화소수)가 20개 이하의 Box, 비정상적인 Box를 배경으로 인식하도록

하여 오분류 수를 줄이도록 하였고, 이외 나머지 Box의 경우 잡초 가능영역으로 처리하였다. 이러한 방법으로 구분한 벼 재식 영역과 배경영역 그리고 식물체별 처리로 구한 모든 식물체 영상 조각의 사각형 영역을 나타낸 것은 Fig. 5와 같다.

라) 판별식 적용

식물체별 처리에 의해 찾아낸 Box 내 모든 화소에 대하여 판별식을 적용하여 분석하였다. 개발한 알고리즘의 처리 속도를 높이기 위하여 배경영역에서 잡초로 판정된 Box와 식물체가 아닌 배경으로 처리된 Box는 판별하지 않았다. 판별식을 적용하기 위해 포착된 Box에서 벼, 잡초, 배경 중 가장 많은 Pixel을 갖는 화소수를 선정하여 아래와 같은 수식으로 분석을 하였다.

- (1) 벼 재식 영역에 Box 존재 $(\text{벼로 판별된 Pixel 수} / 5) * 7$
- (2) 배경영역에 Box 존재 $(\text{잡초로 판별된 Pixel 수} / 5) * 7$

위와 같은 수식에 의해 분석하였을 때, 대상체별로 약 40%의 점유 확률이 증가하여 벼가 잡초로 오분류 되는 Box 수를 최소화 할 수 있었다. Fig. 6은 본 연구에서 개발한 논 잡초 검출의 마지막 단계로서 모든 사각형 영역을 벼와 잡초로 분류한 다음 잡초로 인식된 영역만을 나타낸 것이다. 그림에서 굵은 원으로 표시한 3개의 잡초는 화면내 4개의 잡초중 정확히 인식한 것이며, 삼각형으로 표시한 1개의 잡초는 검출하지 못한 것이며, 굵은 선의 사각형으로 표시한 6개의 식물체 부분은 벼를 잡초로 오인식한 것이다. 지금까지 설명한 영상처리 방법으로 수집한 모든 화면을 분석하여 잡초 검출 성능을 조사하였다.

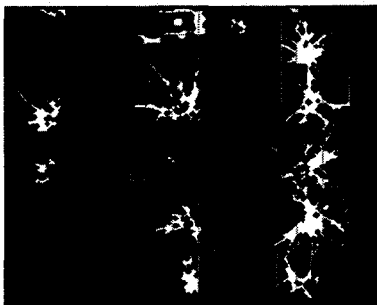


Fig. 5 View of 800 nm picture using Morphology process

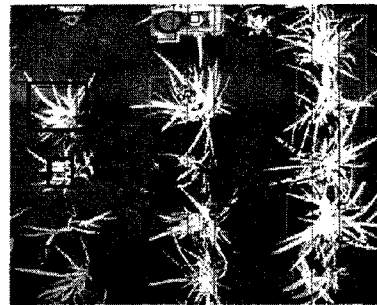


Fig. 6 Plants of became a box

3. 결과 및 고찰

가. 판별분석에 의한 분류

본 연구에서 벼와 잡초, 배경 영상의 화소값을 이용한 판별분석에 의한 분류 능력을 조사한 다음 그 결과를 분류 정확도(Correct Classification Ratio ; CCR)로 나타낸 것은 Table 1과 같다. Table 1과 같이 벼 83.62%, 잡초 58.94%의 분류 정확도를 보였다.

Table 1 판별분석에 의한 분류 정확도

	벼	잡초	배경
벼	83.62	14.68	1.70
잡초	26.81	58.94	14.26
배경	0.00	0.00	100.00

단위(%)

나. 개발 소프트웨어 성능 실험

논 잡초 검출 목적으로 개발한 소프트웨어의 잡초 검출 성능을 잡초 검출율(화면상의 총 잡초 수에 대한 검출 잡초 수의 비율)과 화면당 벼와 잡초를 오분류한 영상 수(벼를 잡초로 오분류 또는 잡초를 벼로 오분류)로 조사한 결과는 Table 2와 같다. 벼를 잡초로 오분류한 오분류율은 17.8%, 잡초를 벼로 오분류한 오분류율은 0%였으며, 전체 영역에서의 평균 잡초 검출율은 74.9%로 나타났다.

Table 2 560 nm, 680 nm, 800 nm 화면을 이용한 잡초 검출 소프트웨어 성능 평가 결과

DAT	Captured Plants		벼		잡초			
	Rice	Weed	오분류 수	오분류율 (%)	오분류 수	오분류율 (%)	검출잡초수	검출율 (%)
27	33	6	4	11	0	0	2/2	100
30	25	6	3	11	0	0	3/4	75
33	17	10	7	19	0	0	3/3	100
36	15	6	5	25	0	0	1/3	33.3
39	27	11	9	23	0	0	2/3	66.6
Mean	23.4	6.5	5.6	17.8	0	0	11/15	74.9

4. 요약 및 결론

본 연구는 기계시각을 이용한 논 잡초 검출 소프트웨어를 개발하기 위하여 수행하였다. 이를 위하여 실험기간 중 촬영한 영상을 분석하여 잡초를 검출하는 알고리즘을 구성하고, 구성된 알고리즘의 성능을 실험하는 단계로 수행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1) 개발한 논 잡초 검출 소프트웨어에 의한 560 nm, 680 nm 그리고 800 nm 세가지 화면을 이용한 잡초 검출율은 전체 영역에서 74.9%로 분석되었으며, 벼를 잡초로 오분류한 경우는 화면당 5.6개로 분석되었다.

2) 개발한 논 잡초 검출 소프트웨어 및 검출 장치를 탑재하여 실제 농사에 적용하였을 경우 실질적인 제초효과 증가 및 상당량 제초제의 살포량은 줄어들 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. Burks, T.F., S.A. Shearer, R.S. Gates and K.D. Donohue. 2000. Backpropagation neural network design and evaluation for classifying weed species using color image texture. Transactions of the ASAE 43(4):1029-1037.
2. Elfaki, M.S., N. Zhang, and D.E. Peterson. 1997a. Field factors affecting weed detection. ASAE Paper No. 973098.
3. Elfaki, M.S., N. Zhang, and D.E. Peterson. 1997b. Weed detection using color machine vision. ASAE Paper No. 973134.
4. Felton, W.L., and K.R. McCloy. 1992. Spot spraying. Agricultural Engineering November 1992, Vol. 73(6): 9-12.
5. Feyaerts, F. and L. van Gool. 2001. Multi-spectral vision system for weed detection. Pattern Recognition Letters Vol(22): 667-674.