

냉연강판의 표면결함 분류를 위한 현장 적용용 신경망 분류기 개발

문창인*(서울산업대 대학원 메카트로닉스공학과), 최세호(포스코 기술연구소 계측연구그룹)
주원종(서울산업대 기계설계자동화공학부), 김기범(서울산업대 기계설계자동화공학부)

Development of a field-applicable Neural Network classifier for the classification of surface defects of cold rolled steel strips

C. I. Moon (Mechatronics. Eng. Dept. SNUT), S. H. Choi (Research Group., POSCO)
W. J. Joo (MDAE Eng. Dept., SNUT), G. B. Kim (MDAE Eng. Dept., SNUT)

ABSTRACT

A new neural network classifier is proposed for the automatic real-time surface inspection of high-speed cold steel strips having 11 different types of defects. 46 geometrical and gray-level features are extracted for the defect classification. 3241 samples of Posco's Kwangyang steel factory are used for training and testing the neural network classifier. The developed classifier produces plausible 15% error rate which is much better than 20-30% error rate of human vision inspection adopted in most of domestic steel factories.

Key Words : Neural network (신경망), Surface inspection (표면검사), Steel strip defects (강 코일 표면결함), Feature Extraction (특징추출), Data Normalization(데이터 정규화)

1. 서론

최근 산업 발전에 따라 철강제품의 수요 증가와 함께 품질의 고급화에 대한 요구도 점차 증가 하고 있다. 따라서 결함(Defect)의 원인을 미리 찾아서 결함을 줄일 수만 있다면 상당한 손실을 막을 수 있다. 강 코일 표면 결함 검사 시스템의 주요 구성 요소는 강 코일 생산 공정에서 실시간으로 결함을 검출하는 비전시스템과 획득된 결함을 타입별로 분류하는 분류기(classifier)와 모든 결함 정보를 통합하여 통계 처리하고 문서 처리하는 유틸리티 프로그램으로 되어 있다. (Fig.1) 그 중에서 본 논문에서는 형상 인식 기법 중 널리 사용하는 오류 역전파 신경망(Error back-propagation neural network)를 이용하여 철강 표면검사 전용의 신경망 분류기를 구축하는 것이다.

2. 검사 시스템 기술

2.1 결함 특징 값 추출

실제 현장에서 철강은 매우 고속으로 이송 된다. 고속 이송 물체를 카메라를 통하여 깨끗한 결함 이미지를 획득 하기 위해 파장이 일반 조명보다 긴 적외선(IR)조명과 stroboscope 를 사용하여 아주 짧은 조명 노출시간(25us)안에 조명을 터뜨려 이미지

를 획득하였다. 이 방법을 통해 얻은 결함 영상을 노이즈 제거 필터링, 이진화, 에지 검출 등의 이미지 프로세싱 과정으로부터 얻은 이미지와 원 이미지로부터 46 개의 최종 특징 값을 추출 하였다. 추출 된 특징 값은 형상(Geometry) 특징 값 33 개 (Area, Center distance, Orientation, Inertia ratio 등), 명암(Gray) 특징 값 13 개(Entropy, Maximum gray value, Contrast 등)이다.

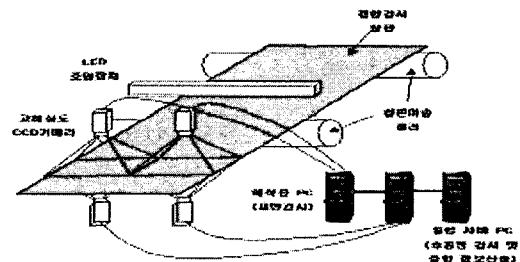


Fig. 1 Inspection system on Steel strip (Parsytec)

2.2 신경망 분류기

결함 인식에 있어서 신경망이 다른 AI 의 기법 즉 룰 베이스의 기법(expert system)보다 우수한 장점은 튜닝이 자동적으로 이루어지는데 있다. 철강

표면 결함은 종류가 다양하고 같은 종류의 결함이 라도 크기와 명암도가 다양하여 지속적인 튜닝 작업이 필요하므로 손쉽게 특징 값을 추가 하거나 제거 할 수 있고 weighting factor 는 학습을 통해서 자동으로 조정 되는 신경망 분류기가 적합하다. (Fig.2) 학습 방법으로는 형상 인식 기법 중 널리 사용하는 오류 역전파 신경망(Error back-propagation neural network)를 이용 하였다.

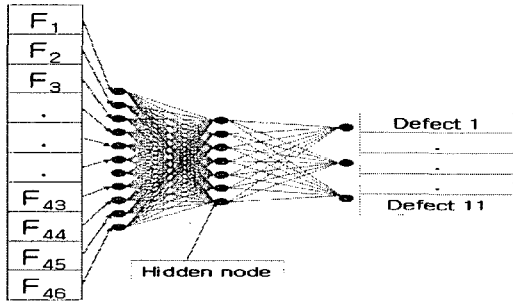


Fig. 2 Structure of Neural Network

3. 실험 및 결과

학습 및 테스트를 위하여 총 4401 개의 샘플 수를 획득 하였으며 학습용 데이터(2200 개) 테스트용 데이터(2201 개)로 나누었다. 또한 신경망의 특성상 어느 하나의 특징 값이 특별하게 크거나 작으면 신경망 학습에서 그 특징 값에 연결된 네트워크의 값에 크게 영향을 미치므로 이를 방지 하기 위하여 모든 샘플 데이터에 관하여 표준편차 값을 이용, 각 결함 별 동일한 특징 값에 대하여 정규화(Normalizing) 작업을 수행하여 이 값들을 입력 값으로 사용하였다. 본 논문의 실험에서는 46 개의 input node(특징 값 개수)와 11 개의 output node(결함의 개수)를 가지는 신경망의 구조에서 16 개의 hidden node 의 구조가 가장 적합한 것으로 실험 결과가 입증되었다. 이 구조의 신경망을 사용하여 실제 테스트의 결과는 Table 1 과 같다.

Defect Name	Number of Sample	Number of Fail	Error (%)
Hole	205	6	2.926829
Scab	188	29	15.42553
Scale	190	9	4.736842
D-line	208	9	4.326923
P-patch	196	12	6.122449
O-drop	213	35	16.43192
Dirty	205	79	38.53659
P-tree	197	24	12.18274
B-hole	189	44	23.28042
L-scale	207	21	10.14493
P-oil	203	67	33.00493

Total	2201	335	15.22035
-------	------	-----	----------

Table 1 Result error of Neural Network classifier

결과에서 보이듯이 전체 평균 결함 분류 에러율은 약 15%로 분류되었으며 이는 대부분의 철강업계에서 수행하는 인간 시각에 의한 결함분류 에러율(20~30%) 보다 우수한 분류율을 보이고 있다. 결함 에러율이 높은 Dirty 와 P-oil 은 현재 선정된 특징값의 범위가 다른 결함의 범위와 많이 중첩 되는 결함으로 이들만이 가지고 있는 특별한 특징 값을 추가로 찾아 낸다면 더 좋은 분류율을 기대 할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 고속이송 냉연강판의 결함을 분류하기 위한 결함의 특징 값에 대하여 분석 하였으며, 이 결함들을 신경망에 적용시키는 방법에 대하여 연구하였다. 본 연구를 바탕으로 실제 신경망을 학습, 테스트 하기 위해 데이터들의 정규화(Normalizing) 방법을 제안 하였다.

실제 인간의 결함 분류율(75%)보다 뛰어난 신경망 결함분류기(85%)를 개발 하였으며 이는 실제 현장에서 아주 큰 효과를 가져다 줄 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 한국 산업 기술재단(KOTEF)의 지역 혁신 인력 양성 사업 연구비 지원에 의하여 연구되고 있습니다.

참고문헌

1. Kishan Mehrotra, Chilukuri K.Mohan, Sanjay Ranka, "Elements of Artificial neural networks", pp.65-109, MA: A Brand Book, 1997.
2. F. Treiber, "On-line Automatic Defect Detection and Surface Roughness Measurement of Steel Strip" pp.26-33, MA: Iron and Steel Engineer, 1989.
3. R. Haralick, K. Shaumugam and I. Dinstein, "Textural Features for image Classification", IEEE Trans. Systems and Cybernetics, Vol. 3, No. 6, pp. 53-58, 1973.
4. Bishop C.M., "Neural Networks for Pattern Recognition", MA: Oxford University Press, 1995.
5. D. E. Rumelhart, G. E. Hinton and R. J. Williams, "Learning Internal Representations by Error Propagation", Vol. 1, eds. D. E. Rumelhart, J. L. McClelland and the PDP Research Group, MIT Press Cambridge, pp. 318-362, 1986.
6. 송성진, 김학준, 최세호, 이종학, "확률신경회로망에 의한 냉연 강판 표면결함의 분류," 비파괴 검사학회지, Vol. 17, No.3, 1997.