

## 인공지능 기반 고장진단 관련 동향 분석

박은수, 김선대, 정종범, 류은석  
가천대학교

dmseh804@gc.gachon.ac.kr, ele7004@gc.gachon.ac.kr, uof4949@gc.gachon.ac.kr,  
esryu@gachon.ac.kr

### Overview of AI-based Fault Detection and Diagnostics

EunSoo Park, Seon Dae Kim, Jong Beom Jeong, Eun-Seok Ryu  
Gachon University

#### 요 약

많은 분야에서 기기설비들의 고장, 결함은 안전과 관련되어 있기 때문에 연구가 활발히 진행되고 있다. 주로 데이터를 취득하여 제품의 유지보수 및 품질을 향상시키는 연구로 고장을 나타내는 특성 인자를 추출하여 고장진단을 하는 것이다. 하지만, 과거의 룰 기반 결함 탐지 기법은 예외의 경우를 탐지하기 어렵다는 문제를 가져왔다. 최근 들어 인공지능이 특성 인자를 쉽게 추출할 수 있다는 장점으로 인해 인공지능과 결합된 고장진단 시스템이 많이 제안되고 있다. 본 논문에서는 인공지능의 추세와 인공지능과 결합된 고장진단 시스템을 소개한다.

#### 1. 서론

전통적으로 결합 진단분야에서는 제품이나 기계 등의 데이터를 취득하고 이를 이용하여 제품의 유지보수 및 품질을 높이려는 연구가 진행되어 왔다. 고장진단은 주로 센서로부터 데이터 취득, 고장과 관련된 특성 인자 추출, 진단을 위한 분류 경계 결정으로 이루어진다[1, 2]. 이 부분에서 가장 중요하고 어려운 부분은 고장을 나타내는 특성 인자를 추출하는 것이다. 최근 연구주제로 급 부상중인 인공지능은 손쉽게 고장을 나타내는 특성 인자를 추출할 수 있다[3].

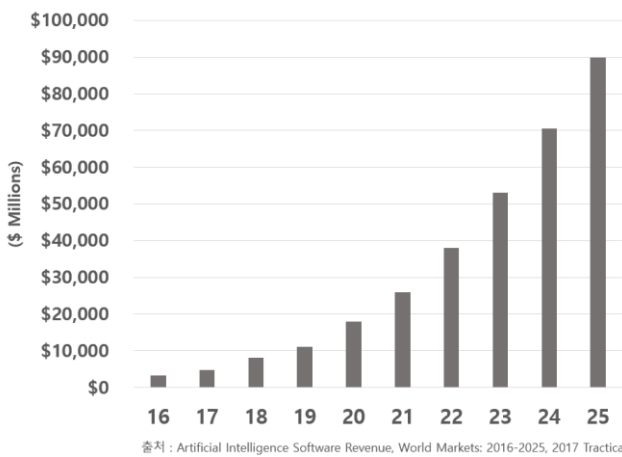


그림 1. 전세계 인공지능 소프트웨어 시장 전망

인공지능은 인간의 지능적인 능력과 기능들을 기계가 대신하도록 하는 것을 목적으로 하는 지능과 그 응용을 다루는 학문이다. 현재는 인공지능이 자동차 산업, 언어 처리 관련 산업, 의료 산업, 금융 산업 등에 사용되고 있다[4].

인공지능은 2010 년대를 전후로 클라우드 컴퓨팅 및 빅데이터의 등장, 컴퓨팅 파워의 개선 및 네트워크의 활성화,

딥 러닝 등 알고리즘 발전으로 기술력이 급성장하며 다시금 각광을 받기 시작하였다[5]. 그림 1 과 같이 전세계적 인공지능 소프트웨어 시장은 2016 년의 32 억 달러부터 시작하여 2025 년에는 898 억 달러까지 전망을 보이고 있다.

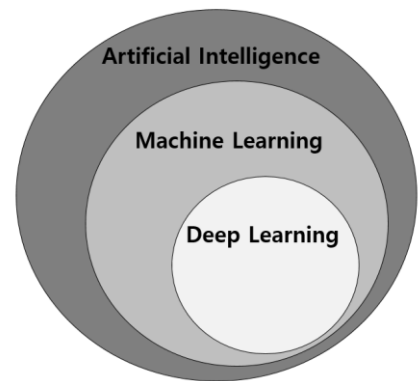


그림 2. 인공지능의 분류

그림 2 와 같이 인공지능은 머신 러닝과 딥 러닝으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 최근 고장진단을 해결하기 위한 인공지능을 접목시킨 방안들의 동향을 분석하고 여러 기술들을 자세하게 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서 머신 러닝, 3 절에서는 딥 러닝과 관련된 기술들을 나열하고 그 기술을 접목시킨 고장진단 기술들을 소개한다. 마지막으로 4 절에서 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

#### 2. 머신 러닝을 이용한 고장진단

##### 2.1 유전 알고리즘

###### 2.1.1 유전 알고리즘 정의

정보 공학에서 최적화는 시스템을 수정하여 어떠한 면의

작업이 더 효과적으로, 또는 자원을 덜 사용하도록 만드는 작업을 말한다.

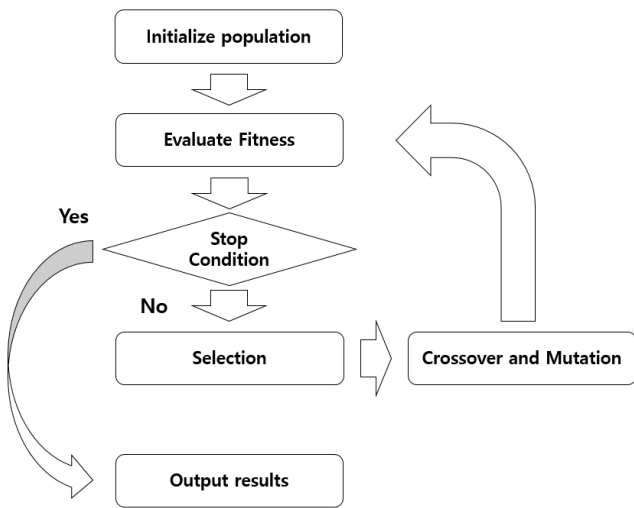


그림 3. 유전 알고리즘

유전 알고리즘은 그림 3 과 같은 구조로 되어있다. 염색체의 집합을 생성하고 적합도를 계산하여 종료 조건에 맞는지 판단한다. 종료 조건이라면 종료하고, 종료 조건이 아니라면 룰렛 휠, 엘리트주의 등과 같은 여러 방식에 따른 선별을 진행 후 설정 비율로 교배 및 변이를 진행한다. 이러한 방식으로 세대를 교체하면서 최적화 문제를 해결하는 머신 러닝의 기법 중 하나이다[6]. 유전 알고리즘을 접목한 고장진단 및 복구 방법에는 여러가지가 있다.

2.1.2 BTB HVDC 최적 위치 선정

수도권 지역의 고장전류 저감을 목적으로 BTB HVDC(Back to back High Voltage Direct Current)를 적용할 수 있다. 참고문헌 [7]은 선로의 과부하를 초래하지 않으면서 고장전류를 최소화하는 BTB HVDC 의 최적 위치를 선정하기 위해서는 많은 연산이 필요한 문제점을 해결하기 위해 유전 알고리즘을 사용한다.

2.1.3 배전계통 고장복구

배전계통은 고장 발생시 정전을 수반하므로 신속한 대처가 필요하다. 배전계통 고장복구 알고리즘은 해당 고장구간을 파악하여 자동으로 고장구간을 제외한 건전구간 및 과부하 발생구간 부하를 주위의 타 피더 케이블로 절체함으로써 정전구간 및 과부하 발생구간이 최소가 되도록 하는 것이다. 참고문헌 [8]에서는 유전알고리즘의 전역 최적해 탐색능력과 타부 검색[9]을 융합하여 기존 유전알고리즘의 전역 최적해 근처까지는 빨리 수렴하나 확실적인 특성으로 전역 최적해를 찾는데 많은 시간이 요구되는 점을 보완한 향상된 최적해 탐색기법을 제안한다.

2.2 Support Vector Machine

2.2.1 Support Vector Machine 정의

SVM (Support Vector Machine)은 1995 년 Vapnik 에 의하여 제안된 알고리즘으로 고정되어 있지만 알려지지 않은 확률분포를 갖는 자료에 대해서 잘못 분류하는 확률을 최소화하기 위해서 구조적 위험을 최소화하는 것에 기반을 두고있다[10].

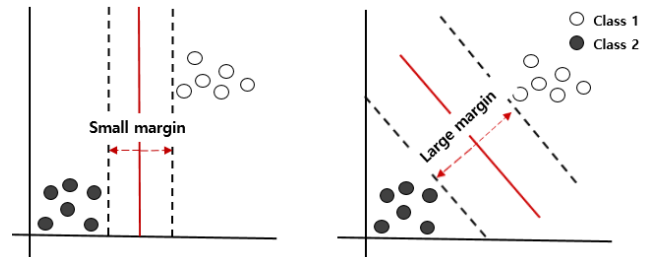


그림 4.2 차원 데이터 분류 방법

그림 4, 그림 5 와 같이 2 차원평면상의 예를 들면 데이터들은 선형적으로 분리 가능하다. 데이터들을 분리할 수 있는 직선은 무수히 많이 존재하지만 훈련 데이터 외의 데이터에 대한 분류 오류를 최소로 하는 직선을 찾는 것이다. SVM 은 더 나아가 n-차원으로 일반화를 하게 되면, 최적의 초평면(hyperplane)을 찾는 것이다. 즉, MMH(Maximum Marginal Hyperplane, 최대 마진 초평면)을 찾아 분리하는 것이다.

2.2.2 풍력발전기 고장 예측

현재 풍력 발전기 유지보수를 위해서 상태기준유지보수(Condition Based Maintenance, CBM)를 시행 중이다. 이러한 방식은 고장이 난 사후처리에 대해서만 기능을 한다는 단점이 있다. 참고문헌 [11]에서는 SVM 기술을 접목하여 기존의 시스템보다 MTTR(Mean Time To Repair, 고장이후부터 다시 동작하기까지의 시간)이 짧아지는 장점이 있다.

2.2.3 비선형시스템의 고장감지와 분류방법

참고문헌 [12]에서는 비선형시스템에서 발생하는 고장을 감지하고 분류하기 위해 인공신경회로망과 SVM 을 이용한 고장감지 및 분류 방법을 제안한다. 신경회로망은 다층 신경회로망을 이용하여 고장감지를 위한 공칭모델을 구축하고 SVM 을 고장을 분류하는 문제에 적용하였다.

3. 딥 러닝을 이용한 고장진단

3.1 Convolution Neural Network

3.1.1 Convolution Neural Network 정의

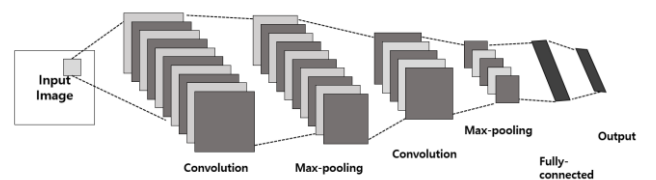


그림 5 CNN 의 구조

합성곱 신경망(Convolution Neural Network)은 그림 5 와 같이 다층 신경망으로 구성되어 있으며 이미지를 처리하는데 특화된 네트워크이다. 합성곱 신경망의 장점은 비슷한 크기의 레이어를 가진 표준 피드 포워드 신경망과 비교하여 합성곱 신경망은 연결 및 매개 변수가 훨씬 적기 때문에 학습하기가 더 쉬운 점이다[13].

3.1.2 발전설비 고온 부품 열화 감지

현재 발전소 현장에서 재질의 손상부위를 필름으로 표면복제하고 현미경을 통해 육안으로 평가하는 방법을 사용한다. 이러한 평가방법은 주관적이며 많은 시간이 소요된다는 단점이 있다. 참고문헌 [14]에서 이러한 단점들을

보완하기 위하여 합성 곱 신경망 열화평가기법을 개발하였다. 이는 고온 설비의 열화 상태를 평가하는데 기존의 한계를 넘어 빠르면서 객관적이고 정확한 평가를 가능하게 했다.

### 3.1.3 표면실장부품의 결함 분류

SMT(Surface Mount Technology) 공정이란 제조된 PCB 표면에 표면 실장 부품(SMD, Surface Mount Device)을 실장하고 고정하는 전자제품 PCB 제조 공정의 최종 단계이다. PCB 표면에 부품을 실장하고 납으로 고정하기 위하여 Mounter 및 Reflower 와 같은 공정설비가 사용된다. 이 Mounter 및 Reflower 의 이상동작이 발생으로 공정조건 불균형이 발생하고 이는 곧 공정결함 발생으로 연결된다. 참고문헌 [15]에서는 합성 곱 신경망을 사용하여 SMT 공정의 대표적 결함을 분류하였다. SVM 과 합성 곱 신경망을 비교 분석하였는데 합성 곱 신경망이 SVM 보다 2.1% 높은 분류 정확도를 보인다. 그러나 과적합을 제거하고 정규화를 하면 분류 정확도가 상승할 것이다.

## 4. 결론

최근 인공지능의 추세와 전망으로 보아 앞으로 기존의 고장 진단과 관련 된 여러 방법들은 인공지능으로 대체될 수 있다고 보여진다. 그러나 인공지능도 만능이 아니다. 현재의 인공지능은 아직 그 내부의 연산량이 너무 많아 인간이 정확한 제어를 하지 못하여 예상치 못한 상황에서 어이없는 판단과 결정을 할 수 있고, 만약 사고를 일으켰을 경우 책임을 어디에 지울 것인가 하는 문제 등 단점도 많기 때문에 앞으로 단점을 보완할 연구들이 필요하다.

### Acknowledgement

이 논문은 2018 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2015R1C1A1A02037743)

### 참고문헌

- [1] Jardine, A. K., Lin, D., Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483-1510
- [2] 윤병동, 황태완, 조수호, 이동기, 나규민. (2017). 인공지능을 이용한 공학시스템 상태진단 및 예지. *기계저널*, 57(3), 38-41.
- [3] 김수현, 이승철. (2017). 딥러닝, 기계공학에선 이렇게 쓰인다. *대한기계학회 춘추학술대회*, 103-104.
- [4] 정동규. (2017). 인공지능 기술과 주요 적용 산업 동향. *한국정보기술학회지*, 15(2), 21-28.
- [5] 원동규, 이상필. (2016). 인공지능과 제 4 차 산업혁명의 함의. *ie 매거진*, 23(2), 13-22.
- [6] 김광백, 송두현. (2011). 유전자 알고리즘을 이용한 경로 탐색. *한국정보통신학회논문지*, 15(6), 1251-1255.
- [7] 송민석, 김학만, 이병하. (2017). Python 을 이용한 유전 알고리즘 기반의 수도권 고장전류 저감을 위한 BTB HVDC 최적 위치 선정 기법에 관한 연구. *전기학회논문지*, 66(8), 1163-1171.
- [8] 문경준, 이화석, 박준호, 김형수 (2005). PC 클러스터

기반 병렬 유전 알고리즘-타부 탐색을 이용한 배전계통 고장복구. *전기학회논문지 A*, 54A(8), 375-387.

- [9] F. Glover, (1989). Tabu Search - Part 1. *ORSA Journal on Computing*, 1(3), 190-206.
- [10] J.A.K. Suykens, J. Vandewalle. (1999). Least Squares Support Vector Machine Classifiers. *Neural Processing Letters*, 9(3), 293-300.
- [11] 신준현, 이윤성, 김성열, 김진오. (2014). SVM 방법을 이용한 풍력발전기 고장 예측 및 발전수익 평가. *조명·전기설비학회논문지*, 28(5), 60-67.
- [12] 이인수, 조정환, 서해문, 남윤석. (2012). SVM 과 신경회로망을 이용한 비선형시스템의 고장검지와 분류방법 연구. *제어로봇시스템학회 논문지*, 18(6), 540-545.
- [13] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. Hinton. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. In *NIPS*, 2012.
- [14] 최우성. (2018). [이슈포커스] 딥러닝 (Deep Learning) 기반 발전설비 고온부품 열화평가 기법. *전기저널*, 15-20.
- [15] 김영규, 박태형. (2017). 심층학습에 기반한 표면실장부품의 결함분류방법. *정보 및 제어 논문집*, 15-16.