

Thesis for the Doctor of Philosophy

Study of Analytical Techniques for Artificial
Intelligence-Based Digital Automation from Raw
Materials to Steel Products in the Iron and Steel
Industry

Taechang PARK

대학원명
대학원
홈페이지에서
확인!!

Graduate School of Hanyang University

학위수여 년월일

February 2026

쪽번호 안줌

Thesis for the Doctor of Philosophy

Study of Analytical Techniques for Artificial
Intelligence-Based Digital Automation of Steel
Materials to Steel Products in the
Industry

대학원명
대학원 홈페이지에서
확인!!

Thesis Supervisor: Jin-Kuk KIM

A Thesis submitted to the graduate school of
Hanyang University in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Doctor of Philosophy

대학원,학과명
대학원
홈페이지에서 확인!!

Taechang PARK

February 2026

*기재순서
이름
학위수여년월
학과
대학원

학위수여 년월일

Department of Chemical Engineering
Graduate School of Hanyang University

쪽번호 안줌

This thesis, written by Taechang PARK,
has been approved as a thesis for the Doctor of Philosophy.

학위수여 년월일

February 2026

Committee Chairman: Sungyong Mun (Signature)

Committee member: Jeong Gil Seo (Signature)

Committee member: Kiho Park (Signature)

Committee member: Yeong Koo Yeo (Signature)

Committee member: Jin-Kuk Kim (Signature)

도장 or 사인
반드시 있어야
합니다

Graduate School of Hanyang University

쪽번호 안줌

대학원명
대학원
홈페이지에서 확인!!

Table of Contents

Table of Contents	i
List of Figures.....	v
List of Tables.....	xiv
Nomenclature.....	xvi
ABSTRACT	xvii
 Chapter 1. Introduction.....	1
1.1. General background	1
1.2. The scope and aims of the study	4
1.3. Literature reviews.....	10
1.3.1. Deep learning models.....	10
1.3.2. Hyperparameter: Optimizer.....	24
1.3.3. Hyperparameter: Learning rate	31
References	33
 Chapter 2. Automated analytical method for mineral phases in iron ore sinter and iron ore using unsupervised machine learning	43
2.1. Overview.....	43
2.2. Mineral phases in iron ore sinter	46
2.3. Application of k-means clustering algorithm for iron ore sinter	55
2.3.1. K-means clustering algorithm	55
2.3.2. Results of applying the k-means clustering algorithm to iron ore sinter	55
2.3.3. Results of applying the k-means clustering algorithm to the mosaic images of iron ore sinter	66
2.4. Application of k-means clustering algorithm for iron ore	78

*로마자 소문자
i 로 시작
*영문요지
마지막쪽까지
로마자 소문자

ABSTRACT

A Study on High Power Handling Circuit Design for RF switch and Digitally Programmable Capacitor Applications

Wonwoo Seo

Dept. of Electrical and Electronic Engineering

The Graduate School

Hanyang University

이름성
학과
대학원
(앞에 정관사 The 있음)

This dissertation focuses on the design of RF switches and digitally programmable capacitors (DPCs) for mobile communication systems that achieve both high-power-handling capability and fast switching time in the switching circuits, as well as high Q-factor in capacitor structures. In general, conventional RF switch structures exhibit degraded switching time or insertion loss as power-handling capability increases, and conventional DPCs tend to suffer from reduced Q-factor. To overcome these limitations, this dissertation first focuses on the design of RF switches with fast switching time and introduces new biasing circuits and logic drivers to support such speed. Second, this study investigates digitally tunable capacitor structures, which are essential components in various tunable circuits. In particular, a DPC structure is proposed that can maintain high RF power-handling capability while achieving a high Q-factor. To clearly identify the conditions under which the proposed structure improves Q-factor, the study begins with transistor modeling based on the SOI CMOS process and performs mathematical analysis comparing the conventional and proposed structures. In addition, an algorithm is proposed to efficiently predict the conditions under which Q-factor enhancement is possible.

The first contribution of this dissertation proposes a novel method that selectively controls the impedance of the gate biasing circuit, called the Biasing Resistor Bypass Circuit (BRBC). During switching transitions, the low impedance path is used to enable fast switching, while during steady-state RF operation, the high impedance path is applied to minimize insertion loss and harmonic distortion. The proposed SPDT switch can be implemented without requiring additional bias circuitry or increased chip area. Measurement results at 2 GHz show a turn-on switching time of 0.35 μ s, with an insertion loss of 0.16 dB, isolation of 47.1 dB,

Chapter 1. Introduction

1.1. General background

Two hot topics can be used to sum up the representative issues that global steel companies will face in the future: carbon neutrality and digital transformation. The steel industry, one of the largest carbon emitters in the world, is researching into a variety of ways to reduce greenhouse gas emissions [1-2]. Research is currently being done both domestically and internationally on the hydrogen-based reduction ironmaking process, which produces steel using hydrogen instead of fossil fuels. This technology is expected to replace the conventional blast furnace and significantly reduce carbon dioxide emissions. Building a smart factory is an essential strategy for global steel companies as they transform to digital manufacturing applying core technologies in industry 4.0, in addition to carbon neutrality [3-11]. The smart factory uses sensors placed throughout the process to gather and analyze large amounts of data in real time. And then artificial intelligence (AI) is employed to implement the optimal automated process control. In brief, the objective is to increase productivity and improve quality through process optimization and automation by utilizing IT technologies such as the artificial intelligence, big data, and internet of things (IoT).

Various studies are recently conducted to apply the artificial intelligence technology to data-driven processes [12-14]. The ironmaking, steelmaking, continuous casting, and rolling processes are the main operations in the integrated steel mill. These processes are executed in that order to make steel products, which include thick plates for ships and steel plates for automobiles.

1. Ironmaking process with sintering and cokemaking - The ironmaking process, which is the first step in the integrated steel mill, involves the reaction of the iron ore sinter obtained through the sintering process using fine iron ore with the coke

(별첨. 1) AHP 분석 설문조사서

설문 안내 (전문가 AHP 조사)	ID		
<p>안녕하십니까?</p> <p>바쁘신 와중에도 귀중한 시간을 내어 본 연구인 「녹색건축인증제 (G-SEED) 심사기준에 대한 특점체계 개선 연구 - 공동주택의 외부 환경 부문」의 델파이 설문에 응답해 주신 데에 깊이 감사드립니다.</p> <p>본 설문은 AHP 조사 설문지로 G-SEED 전문분야간 상대적 중요도를 도출하는 데 목적이 있습니다. 상대적 중요도는 전문분야간 쌍대비교에 의한 평가를 통해 이루어 지며, 그 예시는 붙임의 자료를 참고해 주시기 바랍니다.</p> <p>녹색건축인증(G-SEED) 중 공동주택의 심사기준 개선을 위한 귀중한 의견을 부탁드립니다. 궁금하신 사항은 아래의 연락처로 언제든지 문의 주시기 바랍니다.</p> <p>AHP 조사 설문의 모든 응답 내용은 「통계법 제33조(비밀의 보호 등)」에 따라 비밀이 철저히 보장됩니다. 응답해 주신 모든 정보는 오직 연구 목적으로만 사용됩니다.</p> <p>바쁘시더라도 귀중한 참여와 협조를 부탁드립니다. 감사합니다.</p> <p>2025. 5. 00.(○)</p> <p>한양대학교 도시대학원 토지이용연구실</p> <div><p>연구자 김형도(박사과정)</p><p>(xxxx@xxx.re.kr, 010-xxxx-xxxx)</p><p>서울시 성동구 왕십리로 222, 신소새콤약관 614호</p></div>			

이메일, 전화번호 안씀
(개인정보 노출안되게)

바로 본문 시작
제목, 이름, 학과 x

국문요지

Industry 4.0으로 대표되는 디지털 전환을 통해 지능화된 제조 시스템을 구축하기 위하여, 현재 철강회사에서는 다방면의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 제철공정 전반에서 수집된 데이터를 딥러닝, 머신러닝 등의 인공지능기술을 활용하여, 철강제품의 품질을 향상시키기 위한 공정 자동화 및 최적화를 구축하는 것이 목표이다. 인공지능을 활용한 연구초기에는 최선의 알고리즘을 접목한 성능향상에 집중하였지만, 연구가 지속될수록 그 기반이 되는 데이터의 정확성이 더욱 중요하게 부각되고 있다. 왜냐하면 부정확한 데이터를 사용해서는 정확한 공정제어 및 품질예측이 불가능하기 때문이다. 최근에는 센서를 통해 실시간으로 수집되는 데이터뿐만 아니라 실험을 통해 얻어지는 분석 데이터의 정확성 및 신뢰성이 공정 스마트화를 위해 필수적으로 요구되고 있다. 하지만 철강산업에서는 아직까지 적절한 대안이 없어서 시험원의 육안분석에 의존하는 전통적인 분석분야가 많이 남아있다. 본 논문에서는 기존의 분석방법들을 대체하기 위하여, 딥러닝, 머신러닝, 이미지 프로세싱 기법들을 활용한 디지털 자동화 분석기술 개발에 관한 다양한 연구를 수행하였다. 일관제철소의 시각 단계인 제선공정에서 활용되는 원료들부터 최종적으로 생산되는 제품들의 품질을 정확하게 평가하기 위한 새로운 방법들을 제안하였다.

대부분을 수입에 의존하고 있는 철강원료들을 정확하게 분석 및 평가하는 것은 공정제어 및 예측을 위한 목적에만 국한되는 것이 아니라, 원가절감의 측면에서도 매우 중요하다. 제선공정의 대표적인 원료인 철광석과 석탄의 품질과 고로에서 사용되기 적합하도록 생산되는 소결광의 품질을 디지털적으로 분석하기 위해서, 비지도 기계학습과 딥러닝 모델들을 활용하였다. 특히 소결광의 광물상 구성은 고로공정의 생산성과 연료비에 영향을 주기 때문에 정확하고 신속한 분석이 요구된다. 본 논문에서는 디지털 현미경을 통해 얻은 광물상 이미지를 자동으로 분류하고, 분류된 이미지의 픽셀수를 기준으로 각 분율을 산출할 수 있는 자동화 분석방법에 관한 연구를 수행하였다. 또한 고로공정에서 환원제와 열원의 역할을 하는 코크스 생산의 주요 원료인 석탄의 품질을 자동으로 평가하기 위한 연구도 함께 진행하였다. 현재 시험원에 의해 수동으로 진행되는 점산법을 대체하기 위하여 다양한 딥러닝

*논문을 영문으로 쓰면
영문연구윤리서약서 -
국문연구윤리서약서 순으로 배치

Declaration of Ethical Conduct in Research

I, as a graduate student of Hanyang University, hereby declare that I have abided by the following Code of Research Ethics while writing this dissertation thesis, during my degree program.

"First, I have strived to be honest in my conduct, to produce valid and reliable research conforming with the guidance of my thesis supervisor, and I affirm that my thesis contains honest, fair and reasonable conclusions based on my own careful research under the guidance of my thesis supervisor.

Second, I have not committed any acts that may discredit or damage the credibility of my research. These include, but are not limited to : falsification, distortion of research findings or plagiarism.

2025년9월~
2025년12월
말까지 가능

go through with Copykiller Program(Internet-
prevention service) before submitting a

DECEMBER 24, 2024

* 서명 or도장 반드시
있어야!!

Degree : Doctor

Department : DEPARTMENT OF KOREAN LANGUAGE & LITERATURE

Thesis Supervisor : Sungmoon Cho

Name : PARK SOON HYUNG

(Signature)

연구윤리서약서부터
쪽번호 없음

*논문을 영문으로 쓰면
영문연구윤리서약서 -
국문연구윤리서약서 순으로 배치

연구 윤리 서약서

본인은 한양대학교 대학원생으로서 이 학위논문 작성 과정에서 다음과 같이 연구 윤리의 기본 원칙을 준수하였음을 서약합니다.

첫째, 지도교수의 지도를 받아 정직하고 엄정한 연구를 수행하여 학위논문을 작성한다.

둘째, 논문 작성시 위조, 변조, 표절 등 학문적 진실성을 훼손하는 어떤 연구 부정행위도 하지 않는다.

셋째, 논문 작성시 논문유사도 검증시스템 "카피킬러"등을 거쳐야 한다.

2025년9월~
2025년12월
말까지
가능

2025년12월24일

* 서명 or도장 반드시
있어야!!

학위명 : 박사

학과 : 국어국문학과

지도교수 : 조성문

성명 : 박순형

서명

한 양 대 학 교 대 학 원 장 귀 하

쪽번호
없음

학위논문배치순서

표제지 - 제출서 - 인준서 - 차례 - **영문요지**

본 문

참고자료 - 부록, 색인, 기타 - **국문요지** - 감사의 글

영문연구윤리서약서 - **국문연구윤리서약서**

*감사의 글은 있어도 되고 없어도 됨

**쪽번호 없어야 하는 것들

- 표제지
- 제출서
- 인준서
- 국문연구윤리서약서
- 영문연구윤리서약서

**쪽번호 줄때

- 차례~ 영문요지까지
: 로마자 소문자 i,ii,iii ...
- 본문부터 국문요지
(또는 감사의 글까지)
: 아라비아 숫자 1,2,3...