

클레이독스 기반의 시험성적서 자동화 및 노코드 데이터 분석법의 활용 연구*

김종진** · 유동희***

〈 목 차 〉	
I. 서론	IV. 노코드 데이터 분석
II. 이론적 배경	4.1 분석 방법
2.1 시험성적서 작성 방법	4.2 분석 결과
2.2 시험인증 관련 연구 현황	V. 설문조사
III. 클레이독스 기반 시험성적서 자동화	VI. 결 론
3.1 시험성적서 자동화 과정	참고문헌
3.2 클레이독스 기반 템플릿 설계 과정	<Abstract>
3.3 프로세스 적용 과정	

I. 서론

최근 많은 산업 분야에서 기업들은 새로운 디지털 기술을 도입하고 활용하는 여러 활동을 수행하고 있으며 디지털 전환(digital transformation)이라는 용어는 이제 정치, 경제, 사회 그리고 일상에서 흔히 사용되고 있다(푸지아, 김인재, 2023; 고승곤, 2024). 이는 우리 사회의 모든 개인과 조직이 급속한 변화를 겪고 있음을 의미한다. 또한 디지털 기술이 발전함에 따라 데이터의 양이 급격하게 증가하고(이태원, 성행남, 2023), 대규모 데이터로부터

의미 있는 정보를 분석하는 능력이 중요해지고 있다(김덕현 등, 2021; 김효곤, 유동희, 2022; Kim et al., 2023; 황유경 등, 2024). 이러한 디지털 전환이 가속화되면서 일하는 방식도 급격히 변화하고 있다(이상근, 2023). 최근, 종이문서가 전자문서로 대체되고 있으며(김현철, 2021), 종이 없는 전자정부를 구현하기 위하여 「전자정부법」에서는 행정업무와 민원사무의 행정정보의 공동이용, 전자화 등을 통하여 종이 문서의 작성, 유통 및 보관을 최소화하고, 지속적으로 종이문서를 줄이기 위한 방안을 강구하고 있다(전자정부법, 2021). 또한 「전자화문서

* 이 연구는 2024년도 경상국립대학교 발전기금재단 재원으로 수행되었음.

** 경상국립대학교 기술경영학과 석사과정, kbisss@naver.com (주저자)

*** 경상국립대학교 경영정보학과 및 경영경제연구소 교수, dhyoo@gnu.ac.kr (교신저자)

의 작성 절차 및 방법에 관한 규정」에 따라 원본 종이문서를 스캐너하여 전자문서로 변환하고(과학기술정보통신부고시, 2021), 「전자문서 및 전자거래 기본법」에 따라 스캐너한 전자문서를 공인전자문서센터에 보관하여도 법적으로 유효한 것으로 판단하고 있다(전자문서 및 전자거래 기본법, 2022).

이러한 전자문서의 사용은 종이보고서의 인쇄와 배송 등에 소요되는 탄소 배출을 저감하여 온실가스 감축에 기여할 수 있다(최미나 등, 2024). 1997년에 채택된 교토 의정서는 온실가스 감축 목표를 최초로 구체적으로 설정한 국제 협약이다. 이 협정의 주요 특징은 선진국을 대상으로 온실가스 감축 목표를 설정했다는 점이다(이태화, 2012). 교토 의정서는 선진국이 기후 변화 문제 해결에 있어 더 큰 책임을 지고 있으며(배문규, 이근희, 2023), 경제적 여력이 더 높다는 인식에 기반하여 개발도상국에 대해서는 감축 의무를 부과하지 않았다. 한편, 2015년에 채택된 파리 협정은 기후 변화 대응에 있어 보다 포괄적이고 유연한 접근 방식을 채택했다. 이 협정은 글로벌 온난화를 산업화 이전 수준 대비 2°C 이하로 제한하는 것을 목표로 하여, 가능하면 1.5°C 이하로 제한하려는 노력을 목표로 설정하였다(배상훈, 2016). 파리 협정의 가장 눈에 띄는 특징은 모든 참여국 즉 195개 이상의 선진국과 개발도상국 모두에게 온실가스 감축 의무를 부과하는 것이다. 이에 따라 2023년까지 국내 감축 목표 27.5%와 국제 시장을 활용한 감축 목표 11.3%를 합한 비율인 총 38.8%를 감축해야 한다(윤익준, 2017). 그 바탕을 통해 산업계의 디지털 전환, 2030 탄소 중립, ESG 경영 실현(서창갑 등, 2023) 등 국내외 환

경변화에 선제적이고 효과적으로 대응하기 위한 지원과 정책을 펼치고 있다. 또한 국가기술 표준원(2022)은 ‘디지털 전환 및 탄소 중립 시대 품질 강국 실현’을 목표로 하는 제5차 품질경영 기본계획을 고시하였다.

그러나 국내 시험인증 산업의 경우, 소재·부품·장비 및 완제품의 성능·안전·신뢰성을 검증하기 위해 매년 수천만 건의 시험·평가를 수행하면서 다량의 데이터가 생성되고 있으나 이를 축적·공유·활용하지 못하고 있다(신민철 등, 2021). 시험인증 산업에서 작성되는 성적서는 주로 수작업에 의존하여 생산되며 이러한 방식은 데이터의 정확성과 신뢰성을 확보하기 어렵고 추적성 확보에도 한계가 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 성적서 작성 시 추적성을 강화할 수 있는 새로운 접근 방법이 필요한 시점이다. 또한 시험성적서의 경우 위·변조 방지를 통해 정부 품질 보증에 대한 신뢰성을 확보해야 한다. 이를 위해 여러 기관에서는 성적서 위·변조 방지를 위한 다양한 노력을 기울이고 있다(정보통신산업진흥원, 2011; 한국수력원자력, 2013; 이광형, 정영호, 2021). 하지만 기존 방법들은 성적서의 사후 검증을 위한 방안이 될 수 있고, 시험성적서의 생성, 발급 및 유통 전과정에서 발생하는 위·변조에 대한 예방 대책 또한 될 수 없다는 한계점이 존재한다(이동현 등, 2016).

본 연구에서는 시험성적서의 자동화를 통해 디지털전환 과정을 보여주고, 노코드(no-code) 분석법을 적용하여 시험인증 산업의 질적 변화를 목표로 한다. 이를 위해 먼저 클레이독스(Claydox)를 사용하여 종이 기반의 시험성적서를 디지털 문서로 전환하는 과정을 설명하고

자동화된 데이터 입력과 분석 과정을 상세히 제시한다. 이러한 시험성적서의 자동화는 단순한 성적서의 형식 변화를 넘어 성적서의 법적 효력을 보장하고 전 과정을 기록하여 시험 결과의 신뢰성을 극대화하는 방법으로 사용하고자 한다. 또한 노코드 분석법을 통해 복잡한 프로그래밍 없이도 데이터를 처리하고 분석할 수 있는 새로운 가능성을 제시하고자 한다. 노코드 플랫폼을 활용하여 사용자는 데이터를 더욱 쉽게 관리하고 실시간으로 성적서와 관련된 정보를 분석할 수 있게 된다. 더불어 본 연구는 디지털화된 성적서 관리 시스템을 통해 관련 제도 및 업무 프로세스의 개선을 제안하여 시험성적서의 관리 및 활용 방식을 혁신하고 시험인증 산업 전반에 걸쳐 신뢰성과 효율성을 증진시키고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시험성적서 작성 방법을 소개하고 시험인증과 관련된 기존 연구들을 살펴본다. 3장에서는 시험성적서의 자동화 과정을 설명하고 클레이독스를 활용한 템플릿 설계 과정과 프로세스 적용 과정을 상세히 기술한다. 4장에서는 노코드 데이터 분석 방법과 그 결과를 다룬다. 5장에서는 실무자들을 대상으로 실시한 설문조사 결과에 대해 기술한다. 마지막으로 6장에서는 본 연구의 결론과 기대 효과를 제시하고 연구의 한계점과 향후 연구에 대해 언급한다.

II. 이론적 배경

2.1 시험성적서 작성 방법

한국산업기술시험원(KTL)에서 진행되는 많

은 시험성적서는 아날로그 전압전류 기록계와 시험품을 연결하여 직접 기록한다. 이 데이터는 엑셀 또는 한글 파일에 입력되며 이 파일을 이메일을 통해 내부망으로 전송한다. 이후 전자적 시스템(ERP, LIMS, QMS)에 업로드하고 이 과정에서 전자적 시스템에 복사하여 붙여넣기하는 수작업 방식이 사용된다. 그러나 이 방식은 시스템의 전체 구조와 환경 변화에 대해 신속하게 대응하는 데에 한계가 있고 수동으로 데이터를 복사 및 붙여넣기하는 과정의 인적 오류를 발생 시킬 수 있으며 엑셀이나 한글의 문서를 이용하여 데이터 처리 방식은 데이터의 추적성을 확보하는데 어려움이 있다. 그리고 데이터의 분석 및 활용에도 사용할 수가 없다.

이를 해결하고자 최근 시험성적서 자동화 시스템인 클레이독스를 개발하였다. 클레이독스는 개발자 도움 없이 ms-office 등을 사용할 줄 아는 사람이라면 누구나 자신이 원하는 성적서를 쉽게 개발할 수 있도록 만든 시스템으로 다음과 같은 세 가지 주요 기능이 포함되어 있다. 첫째, 설계시스템 시험성적서의 데이터 입력 화면은 사용자가 시험성적서의 데이터 입력 화면을 설계하고 관리하는 기능을 제공한다. 사용자는 자체적으로 데이터 입력 화면을 설계할 수 있으며, 이러한 변경 사항은 버전관리 시스템을 통해 추적되고 관리된다. 둘째, 전자적 시스템과 클레이독스 시스템을 연계하여 접수 정보, 시험 관련 정보, 고객 정보 등을 가져올 수 있다. 클레이독스 시스템에서 수기 입력 및 자동 입력, 사진 파일 전송 기능을 통해 추가 데이터를 입력할 수 있으며 과거의 기록을 자동으로 시스템에 입력할 수 된다. 이러한 과정을 통해 데이터 변경 이력이 관리되고 추적되는 이 시

시스템은 입력된 데이터를 기반으로 PDF 형식의 디지털 문서를 자동으로 생성하는 기능도 제공한다. 이를 통해 사용자는 한 번의 작업으로 성적서, 기록지, 작업지 등 출력할 수 있다.

2.2 시험인증 관련 연구 현황

시험인증 산업은 표준과 기술기준을 바탕으로 제품 및 시스템에 대한 시험, 검사, 인증 등을 통해 특정 경제활동이 법률 또는 시장 자율로 정한 기준을 충족하고 있는지 입증해 주는 엔지니어링 컨설팅 산업이다(국가기술표준원, 2019). 이러한 시험인증의 선행 과정을 통해 검증받은 안전한 제품이 시장에 유통되어야 한다. 시험인증은 상호국 인정 제도 등을 통해 상품의 세계화를 빠르게 실현하는 수단으로 활용되었다. 그러나 최근 보호무역주의 기조에서는 시험인증이 상품의 이동을 막는 탈세계화의 수단으로 활용되었다. 무역기술장벽(TBT)은 1995년 세계무역기구(WTO) 출범 이후 매년 평균 11%씩 증가하고 있으며, 특히 2018년부터 매년 3,000건이 넘는 기술장벽이 발생해 최대치를 기록하고 있다. 이러한 추세는 매년 경신되며 무역에 큰 영향을 미치고 있다(뉴시스, 2021).

시험인증에 관한 국내 연구의 경우, 이광호와 목은지(2019)는 시험인증기관 발전 경로에 대한 연구를 수행하였고, 김종규(2020)는 시험인증 적합성 평가 산업의 문제점과 개선 방안을 연구하였다. 그리고 이용규, 김유진(2021)은 정부 역할을 시험인증의 연관 산업발전 관점에서 탐색하였다. 그러나 성적서 부분에서 보안과 관련하여 과거 원자력 발전소 부품 및 군수품

에 대한 성적서 위·변조 문제가 제기되면서 정부품질보증에 대한 신뢰성 확보 필요성이 대두되었으며 이에 따라 성적서 위·변조 확인 및 예방을 위한 다각도의 노력이 진행되었다(이동현 등, 2016). 김규태 등(2004)은 온라인 증명서 발급을 위한 복사방지 코드 패턴을 생성하여 성적서 위·변조 방지에 적용하는 연구를 진행하였다. 그리고 온라인 증명서 발급을 위한 복사방지 코드 패턴을 생성하였고 이차원 바코드를 활용한 공문서 위조 방지 확인 시스템이 제안되었으며 이 시스템은 성적서의 위·변조 방지에도 효과적으로 활용될 수 있다(류기훈 등, 2007). 정보통신 산업진흥원에서는 전자서명 방식, 이미지 특징점, DRM(Digital Rights Management) 등을 해결책으로 제시하였으며(정보통신산업진흥원, 2011), 한국수력원자력은 스마트 태크, QR(Quick Response) 코드, 2D 바코드 등을 그 해결책으로 제시하였다(한국수력원자력, 2013). 또한 이광호와 정영호(2021)는 워터마크, 스테가노그래피, 스크램블링을 제시하였다.

국외 연구의 경우, Nguyen et al.(2020)은 블록체인 기반의 인증 시스템을 통해 인증서의 발급부터 검증까지 모든 과정을 안전하게 처리하는 방법을 연구하였고, Pu and Lam(2023)은 디지털 증명서의 위조 방지를 위해 블록체인 기술을 적용한 다중 사례 연구를 진행하였다. 또한 Alsadi et al.(2023)의 연구에서도 자동차 공급망에서 블록체인 기반 제품 인증 시스템을 도입하여 제품의 위조 및 변조를 방지하는 방안을 제시하였다.

그러나 이러한 선행 연구에서 제시한 방법은 제품이나 성적서의 사후 검증을 위한 것으로

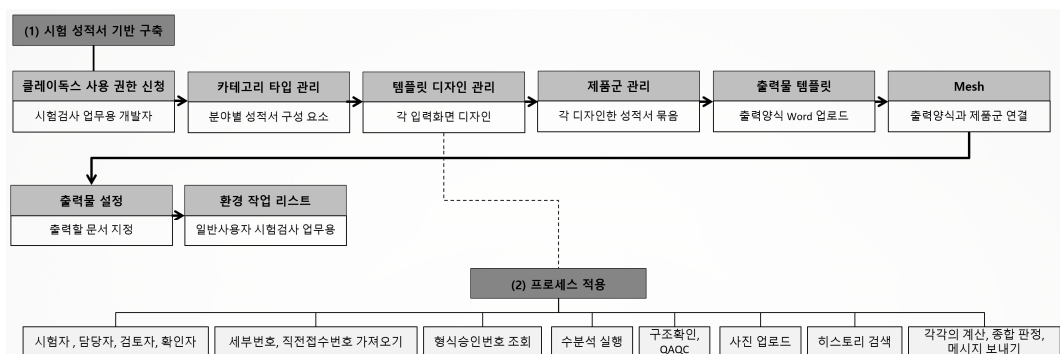
성적서의 원시 데이터 생성 및 발급 전 과정에서 발생하는 위·변조에 대한 예방 및 방지 대책으로는 제한적이다. 또한 현재 시험성적서 평가 분야에 있어서는 디지털 전환을 통한 추적성 연구를 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 디지털 기술을 활용하여 시험성적서의 원시 데이터 생성 및 발급 전 과정에서 추적성을 강화하는 방법을 제시하고 기존의 수동 방식으로 60분 이상 걸리는 분석 방법을 노코드 분석 방법을 활용하여 시험성적서의 통계 및 지역별 통계 등을 통해 효율적으로 업무 관리하고 검증하는 방법을 제안함으로써 기존 연구들과의 차별점을 보여주하고자 한다.

스 기반 시험성적서 템플릿 설계 과정으로 시스템 접근 및 초기 설계 단계와 템플릿 디자인 관리 단계로 구성된다. 시스템 접근 및 초기 설정 단계에서는 클레이독스 시스템에 대한 접근 권한을 신청하고 초기 환경 설정을 완료한다. 이후 템플릿 디자인 관리 단계에서는 운영자가 사용자의 시각적 편의성을 고려하여 템플릿을 디자인하고 관리한다. 두 번째 단계는 프로세스 적용 과정으로 세부 설계 단계와 프로세스 구현 및 추적성 강화 단계로 구성한다. 세부 설계 단계에서는 성적서 작성 순서와 구체적인 템플릿과 컨트롤을 설정한다. 이 과정에서 클레이독스에서 제공되는 수식을 통해 순차적 작업이 이루어지며 별도의 JavaScript 코드를 사용하여 여러 변수를 체크하고 종합 판정 값을 자동으로 계산하는 로직을 구현한다. 이는 모든 조건이 “적합”일 때 최종적으로 “적합”으로 판정하고 그렇지 않을 경우 “부적합”으로 판정하는 함수를 포함한다. 또한 데이터를 효율적으로 저장하고 전송하기 위해 JSON 형식을 사용한다. 프로세스 구현 및 추적성 강화 단계에서는 시험성적서를 수집하고 데이터를 입력 및 저장하며 전자 작업지를 생성하여 성적서를 디지털 형식

III. 클레이독스 기반 시험성적서 자동화

3.1 시험성적서 디지털화 과정

본 연구에서는 <그림 1>과 같이 클레이독스 기반 시험성적서 자동화 과정을 크게 두 단계로 구성하고자 한다. 첫 번째 단계는 클레이독



<그림 1> 시험성적서 자동화 과정

으로 관리하고 출력한다. 이 과정에서 히스토리로 검색 기능을 통해 모든 데이터를 기록하고 필요시 해당 데이터를 쉽게 조회할 수 있도록 하여 시간별로 추적할 수 있다. 이는 데이터의 무결성을 유지한다.

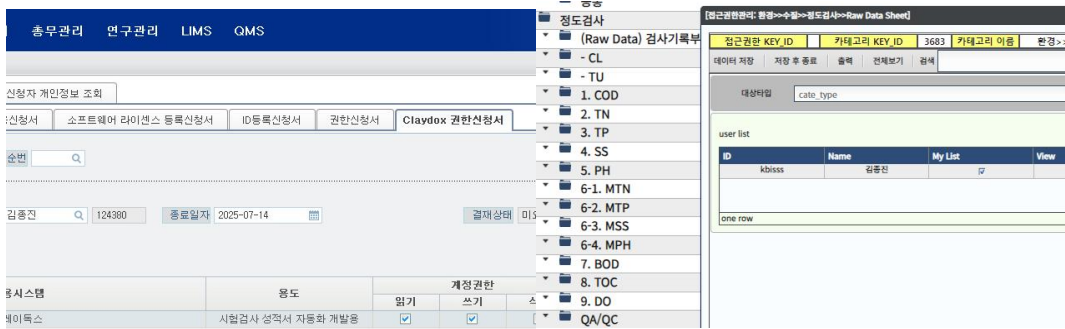
3.2 클레이독스 기반 템플릿 설계 과정

기존의 성적서 관리 방식은 주로 종이 기반의 문서를 사용하였다. 이 방식에서 데이터는 수동으로 기록되고 관리되며 데이터의 입력, 검증, 저장 및 전달 과정에서 인적 오류가 발생할 수 있다. 또한 종이문서의 물리적 보관과 관리에 추가적인 공간과 자원을 필요로 하며 정보 접근성과 처리 속도에 제한이 있다. 이와 비교하여 클레이독스는 JavaScript 언어를 사용하고 복잡한 데이터 관리 및 문서 생성 과정을 효율적으로 개발자가 손쉽게 성적서 설계, 생성, 관리할 수 있도록 지원한다. 첫째, <그림 2>의 a)와 같이 시스템 접근 및 초기 설정 단계에서 사용자는 전자 시스템에서 클레이독스 권한을 신청하고, 아이디와 패스워드를 통한 OTP인증을 받는다. 로그인 후 <그림 2>의 b)와 같이 개발자는 프로젝트별 시험 항목에 맞는 카테고리화 타입을 생성하여 초기 설정을 완료되며 접근 권한 Key를 이용하여 권한 설정한다. 이는 카테고리 타입 관리는 폴더와 비슷한 의미로 원시데이터 시트, 수질 분야 정도검사 시험일지, 현장 점검표 등으로 세분화 한다. 둘째, <그림 2>의 c)와 같이 템플릿 디자인 및 관리 단계에서 사용자는 입력과 출력의 양식을 자유롭게 디자인 한다. 이 과정에서 개발자는 드래그 앤 드롭 인터페이스를 통해 입력 필드를 배치하며

JSON을 활용하여 데이터 교환이 이루어지도록 설정한다. 이는 데이터 처리의 경량화 및 효율성을 높이는데 기여한다. 셋째, <그림 2>의 d)와 같이 제품군 관리 및 템플릿 조립 단계에서 개발자는 여러 템플릿을 하나의 프로젝트로 조합하여 사용한다. 여기서 템플릿 간의 연관성을 정의하고 성적서 중복성을 제거하며 필요한 데이터 입력 항목들을 각 성적서에 맞게 구성한다. 이는 성적서의 유연성과 확장성을 제공한다. 넷째, <그림 2>의 e)와 같이 출력물을 워드 파일로 업로드하고 <그림 2>의 f)와 같이 Mesh 단계에서 출력물과의 일치 및 연결 작업을 수행한다. 그리고 개발자는 최종 성적서의 출력 양식을 출력물 템플릿 관리를 통해 관리되며 Mesh 기능을 사용하여 입력된 데이터와 워드 기반의 출력 양식을 연결한다. 데이터 연결을 통해 자동으로 성적서가 생성되며 최종 출력물은 PDF 파일로 제공된다. 마지막으로, <그림 2>의 g)와 같이 환경 작업리스트 단계에서는 사용자가 시험·검사의 진행 사항을 확인 및 작성할 수 있으며 각 작업에 대한 상세 정보와 상태 변경, 결과 검색 등이 가능하다. 이는 실제 데이터 입력과 성적서 생성 작업이 이루어지는 핵심 공간이며 <그림 2>의 h)와 같이 성적서가 PDF 파일로 출력된다. 이를 통해 전자문서가 생성되며 결과물이 전자시스템으로 이동한다.

3.3 프로세스 적용 과정

클레이독스를 통한 시험성적서 템플릿이 완성되면 성적서 관리가 전자 문서화되고 프로세스 적용과정을 거치면 자동화된 데이터 입력, 관리 및 분석 기능이 제공된다. 이로 인해 디지털



a) 클레이독스 권한 부여 (내부망)

b) 카테고리 타입 관리, 권한 설정



c) 템플릿 디자인 (드래그 앤 드롭)

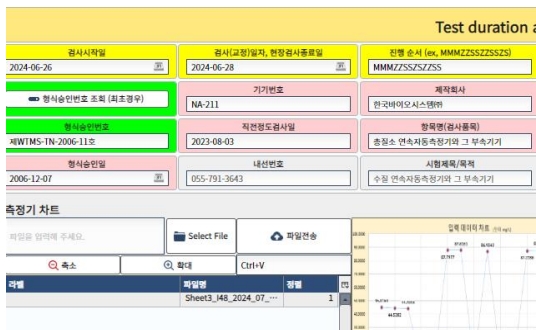


d) 제품권 관리 및 편집



e) 출력물 워드 파일 업로드

f) 각 컬럼들이 연결되고 일치되는 과정



g) 성적서 작성 과정

항목	내용	결과
가. 측정범위	형식승인서상의 측정범위를 사용하는지의 여부를 확인한다.	적합
나. 측정방법	사외선 흡수법, 카드름 환원법 또는 이와 동등 이상의 방법이어야 한다. ① 세량부: 시료 및 시약과 흡착, 부식 등 반응이 없어야 하며, 시료제량기는 시료를 정확한 계량할 수 있어야 한다.	적합
다. 구조 및 기능	② 반응부: 반응소 및 교반기는 내열성, 내약품성이 우수하고 교반 및 세정이 쉽게 이루어져야 한다. ③ 검출부: 시약과의 반응에 의해서 나타나는 측정값을 반복성이 양호하게 검출할 수 있어야 한다. ④ 시약저장부: 시약저장부는 공전 및 교정에 필요한 용액 저장소로 구성되어, 최소 1주간 운전 가능한 양을 저장할 수 있어야 한다. ⑤ 제어부: 측정에 필요한 모든 부분(운영, 교정, 통신 등)을 총괄하여 제어할 수 있어야 한다. ⑥ 운용 프로그램: 형식(변경)승인서 운용 프로그램과 일치 여부를 확인하여야 한다.	적합
라. 지시-외부출력부	측정기는 측정결과를 지시 또는 기록할 수 있어야 하며, TMS 등으로 송출할 수 있어야 한다. 또한 측정기는 정상신호, 교정 중 신호 및 동작불량 등의 상태를 지시 및 출력할 수 있어야 한다.	적합

h) PDF 파일 출력

<그림 2> 클레이독스 기반 템플릿 설계 과정

털 전환이 이루어진다. 사용자는 템플릿을 통해 데이터를 입력하고 시스템은 이를 자동으로 처리하여 PDF 형태의 성적서를 생성한다. 이 과정은 데이터의 정확성을 보장하고 처리 시간을 단축시킨다. 또한 전자적 저장 방식은 데이터의 재사용과 공유를 용이하게 하며 전반적인 문서 관리의 효율을 증가 및 추적성을 확보한다. 프로세스 적용 과정을 요약하면 다음과 같다. 첫째, <그림 3>의 a)와 같이 원시데이터의 사진 기록은 현장이나 실험실에 데이터를 수집하고 보존하는 효율적인 방법으로 사진 촬영 시 필요한 정보(주소, 시간, 접수번호, 현장 정보 등)를 상세히 기록하는 절차를 포함한다. 이는 데이터의 정확성과 신뢰성을 보장하는데 중요하다. 또한 데이터를 저장하고 전송하기 위해서 <그림 3>의 b)와 같이 JSON 형식을 사용한다. 이는 경량의 데이터 교환 형식으로 텍스트 기반의 형식이다. JSON형식은 중괄호 ‘{ }’로 표시되며, 여러 개의 키-값 쌍을 포함한다. 키는 반드시 문자열이어야 하고 따옴표 “”로 묶어야 한다. 키와 값은 콜론 ‘:’으로 구분되며 여러 키-값 쌍은 쉼표로 ‘,’로 구분하여 나열한다. 값은 문자열, 숫자, 객체, 배열, ‘true’, ‘false’, ‘null’ 등 다양한 유형이 될 수 있다. 둘째, <그림 3>의 c)처럼 자동화된 데이터 입력 및 성적서 작성은 다양한 “Action Name”을 통해 입력된 데이터에 따라 자동으로 배정 데이터를 입력하거나 조건에 따라 특정 작업을 수행한다. 예를 들어 접수정보 조회, 오늘 날짜 자동 입력, 카카오톡 문자 메시지 전송, 시험자에 따라 담당자, 검토자, 확인자 자동 선정 등의 기능을 자동화한다. 셋째, <그림 3>의 d)와 같이 랩뷰와 연계하여 현장 검사와 수분석 검사를 분리하여

프로세스를 적용하고 이에 따라 객관성과 신뢰성을 확보한다. 또한 직전 번호 검색 등 고유번호를 통해 성적서를 정확한 양식으로 작성하며 인적 오류를 최소화한다. 넷째, <그림 3>의 e)는 계산의 자동화는 클레이독스에서 제공하는 JavaScript 코드가 아닌 직접 작성한 코드를 사용하여 주어진 조건에 따라 여러 변수를 체크하고 그에 따른 종합판정 값을 자동으로 계산한다. 이는 모든 조건이 “적합”일 때 최종적으로 “적합”으로 판정하고 그렇지 않을 경우 “부적합”으로 판정하는 함수로 자동화를 구현한다. 이 로직은 다음과 같은 단계로 구성된다. 먼저 각 검사 항목(UIID: “직결”, “제결”, “스결”, “반결”, “수결”, “측정범위 확인”, “측방결”, “계량부 확인”, “반응부 확인”, “검출부 확인”, “시약저장부 확인”, “제어부 확인”, “운용 프로그램 확인”, “지시외부 출력부 확인”, “표시사항 확인”) 등의 결과를 가져온다. 이러한 값을 얻기 위해 ‘xps.control.utils.getIdData_JS’ 함수를 호출한다. 그 후 모든 검사 항목이 “적합”이거나 “직결”과 “수결” 항목의 경우 “해당 없음”일 때도 “적합”으로 간주하여 종합 판정을 “적합”으로 설정한다. 그렇지 않은 경우에는 종합 판정을 “부적합”으로 설정한다. 이 결과를 ‘xps.control.utils.setUidData_JS’ 함수를 사용하여 “종합판정” 항목에 저장한다. 특정 조건(예: “직결” 항목이 “해당 없음”이고 종합 판정이 “적합”)을 만족하는 경우 추가적으로 “직선성예외” 값을 설정한다. 또한 종합 판정 결과에 따라 “정도검사 증명서” 항목을 설정한다. “적합”인 경우 “정도검사 증명서 소”, “부적합”인 경우 “선택안함”으로 설정한다. 그리고 종합 판정이 “부적합”인 경우 “사후유효일자” 값을



a) 원시데이터 사진 기록

b) JSON 형식

Action Name	Action Describe
fn_XPS_006	[Trigger] 입력되는 Data별로 타겟 컨트롤에 원하는 Data 자동 입력 처리 (한정 : P, N/A, F 등등)
fn_XPS_007	[Trigger] 온도상승
fn_XPS_008	[Trigger] 공간거리기준 및 연번거리기준
fn_XPS_009	[Trigger] 입력된 데이터가 있으면 타겟에 오늘 날짜를 입력한다.
fn_XPS_010	[Trigger] 테이블 자동입력을 간단하게 처리요청
fn_XPS_011	[Trigger] 공개분석하여 인입, 주파수, 전력, 전류데이터의 축출 및 가감연산을 처리한다.
fn_XPS_012	[Trigger] 테이블의 지정행렬을 정렬한다.
fn_XPS_013	[Trigger] 테이블 중계명 삭제
fn_XPS_014	[Trigger] Source Control ID를 받아서 순서대로 결과를 책에서 리턴한다.
fn_XPS_015	[Trigger] 입력된 최종값에 해당하는 정보를 출력한다.
fn_XPS_016	[Trigger] 모든 측정항의 평균값을 산출된 값으로 변경한다.
fn_XPS_017	[Trigger] 특정 테이블로 지정된 테이블의 데이터를 가지고 온다. (올바르지 않음)
fn_XPS_018	[Trigger] 테이블의 특정값을 출력한다.
fn_XPS_019	[Trigger] 특정 UID와 값과 미리 입력된 값을 자동 입력 처리
fn_XPS_020	[Trigger] 테이블의 모든 데이터를 지운다. (또는 지정된 행들이 모두 빈값인 경우 행사제)
fn_XPS_021	[Trigger] 입력되는 Data별로 테이블에 값을 입력한다.
fn_XPS_022	[Trigger] 지정된 사이트를 삽입으로 보여준다.

c) Action Name

Excel 열기

Pdf 열기

전송

종료

d) 권한자 수분석 담당자, 수분석 Parser

```

if (str_RTIN == "부적합")
{
    var str_RTNS = "";
    var result = xps.control.utlils.setUidData_JS(caller, caller.draw_obj, "전후 30일", str_RTNS);
}
else
{
    var str_RTNS = "(전후 30일)";
    var result = xps.control.utlils.setUidData_JS(caller, caller.draw_obj, "전후 30일", str_RTNS);
}
if (str_RTIN == "적합") {
    var validityOption = xps.control.utlils.getUidData_JS(caller, caller.draw_obj, "1년 또는 2년");
    var previousBaseDateStr = xps.control.utlils.getUidData_JS(caller, caller.draw_obj, "직전 기준일");
    var previousBaseDate = new Date(previousBaseDateStr);
    var nextValidityDate = new Date(previousBaseDate);
    if (validityOption == "1년후")
    {
        nextValidityDate.setFullYear(previousBaseDate.getFullYear() + 1);
    }
    else if (validityOption == "2년후")
    {
        nextValidityDate.setFullYear(previousBaseDate.getFullYear() + 2);
    }
}
let formatter = new Intl.DateTimeFormat('ko-KR',
    
```

e) JavaScript 코드

수행일시	SEQ NO	사용여부	평수번호	사용자	사용자명	프로젝트명	프로젝트명
2024-06-26 21:07:09	513424	N	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description
2024-06-26 21:11:08	513425	N	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description
2024-06-26 22:07:14	513485	N	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description
2024-06-26 22:08:44	513489	N	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description
2024-06-27 20:58:31	514025	N	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description
2024-06-27 21:04:41	514029	N	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description
2024-06-28 17:37:04	514569	N	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description
2024-06-28 18:02:48	514573	N	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description
2024-06-28 18:22:52	514578	N	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description
2024-07-05 22:27:49	517405	Y	24-040198-01-2	1610	김용진	Title	Description

f) 프로젝트 히스토리

<그림 3> 프로세스 적용 과정

초기화한다. 반면 “적합”인 경우 “1년 또는 2년” 옵션에 따라 다음 유효일을 계산하여 설정한다. 이때 “직전 기준일” 값을 기준으로 UID가 1년 후 또는 2년 후의 날짜를 계산하여 “사후유효일” 항목에 저장하며 날짜 형식은 한국 표준 시간대(KST)에 맞게 포맷된다. 마지막으

로, 종합 판정 결과에 따라 “전후 30일” 값을 설정한다. “부적합”인 경우 이 값을 비우고 “적합”인 경우 “전후 30일”로 설정한다. 이러한 일련의 과정은 클레이독스를 사용하여 데이터의 정확성을 높이고 처리 시간을 단축시키며 데이터의 재사용과 공유를 용이하게 하여 전반적인

문서 관리의 효율성을 증가시킨다. 다섯째, <그림 3>의 f)는 히스토리 검색을 통해 추적성을 확인한다. 히스토리 검색 기능을 통해 모든 데이터를 기록하고 필요시 해당 데이터를 쉽게 조회할 수 있도록 한다. 이를 통해 변경사항을 추적할 수 있으며 누가 무엇을 했는지를 시간 별로 상세히 확인한다. 이는 데이터의 무결성을 유지하고 추후에 발생할 수 있는 문제를 신속하게 해결하는데 기여한다.

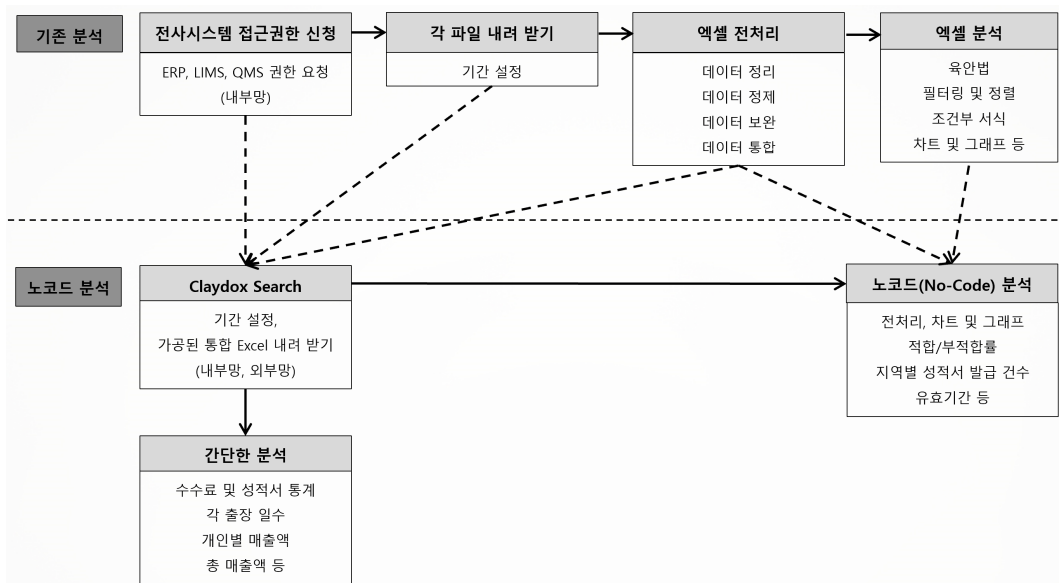
이 사례에서 볼 수 있듯이 클레이독스 시스템의 적용은 데이터 수집부터 성적서 작성, 그리고 최종판정에 이르기까지 전 과정을 자동화하여 처리 시간을 단축하고 인적 오류를 줄이며 작업 효율을 크게 향상시킨다. 또한 JSON 형식을 통한 데이터 관리와 JavaScript를 활용한 함수로 구현하여 유연성과 확장성 그리고 다양한 환경 및 요구사항에 맞춰 시스템이 개발하였다.

IV. 노코드 데이터 분석

4.1 분석 방법

본 절에서는 전자 시스템에 접근하기 위해 필요한 권한을 전산에 요청하고 승인받은 후 각각의 엑셀 데이터를 받아 병합하고 수동 분석을 하는 과정 대신 클레이독스 시스템에서 수집된 데이터를 일괄적으로 받아 효율적으로 처리하고 분석하기 위해 노코드 데이터 분석을 사용하고자 한다. <그림 4>는 기존의 데이터 분석 방법과 노코드 기반 분석 방법의 차이점을 보여주는데, 실선 화살표는 각 분석 방법의 진행 단계를 나타내며 점선 화살표는 기존 분석 단계와 관련이 있는 노코드 분석 단계를 의미한다.

먼저, 기존의 데이터 분석 방법은 주로 엑셀을 사용한 수작업과 육안법에 의존하였다. 이



<그림 4> 기존 분석과 노코드 기반 분석 방법 비교

방법은 데이터를 수동으로 정리하고 분석하는 과정에서 많은 시간이 소요되며 인적오류가 발생할 가능성이 높다. 또한, 데이터의 양이 많아 질수록 분석의 효율성과 정확성이 떨어지는 단점이 있다. 기존 데이터 분석 방법의 절차는 다음과 같다. 첫째, 전산 시스템 접근 권한을 신청한다. ERP, LIMS, QMS 등의 전산 시스템에 접근에 필요한 권한을 요청하고 승인받는다. 둘째, 각 파일을 다운로드 한다. 이 과정에서는 필요한 데이터를 얻기 위한 기간을 6개월 단위로 설정한다. 다운로드한 엑셀 파일을 통합하는 과정이 추가적으로 필요하다. 셋째, 데이터를 일관되게 정리하고 분석 가능하도록 준비하는 중요한 단계지만 많은 시간이 소요되고 오류가 발생할 가능성이 높다. 데이터를 정리, 정제, 보완 및 통합하는 단계이며 이는 공백, 오류, 중복 데이터를 제거하고 누락된 값을 채우고 여러 데이터 소스를 통합하여 하나의 데이터셋으로 만든다. 넷째, 전처리가 완료된 데이터를 엑셀을 통해 분석한다. 이 과정에서는 육안법을 사용하여 데이터를 직접 눈으로 관찰하여 패턴을 파악하고 기본 계산을 수행한다. 또한, 데이터를 특정 기준에 맞게 필터링하고 정렬하며, 조건부 서식을 사용하여 특정 조건에 맞는 데이터를 확인한다. 이에 따라 클레이독스 시스템을 통해 디지털화된 시험평가 데이터를 활용하여, GPT(Generative Pre-trained Transformer) 기반

의 인공지능 모델을 이용한 분석 방법론을 제안하고 평가한다. 이를 통해, 전통적인 데이터 분석 방법과 ChatGPT 기반 분석의 효율성 및 정확성을 비교하고자 한다. 수동 분석법의 경우, 원래는 전산 시스템 접근 권한을 신청하고 각 파일을 내려받아 진행하고자 했으나 여러 오류가 발생하여 클레이독스에서 제공된 엑셀 데이터를 사용하여 분석한다.

다음으로 노코드 분석 방법은 데이터 준비 및 전처리는 클레이독스 시스템을 통해 수집된 성적서 데이터셋을 기반으로 한다. 클레이독스 시스템에서 추출된 엑셀 파일은 초기 데이터 분석의 기반이 된다. 데이터 전처리 과정에는 결측치 처리, 범주화 및 정규화 그리고 특성 추출이 포함된다. 모델 구성 및 학습에서는 ChatGPT 모델을 사용하였으며 특정 시험평가 데이터에 대한 이해를 높이기 위해 추가적인 미세 조정을 진행한다. 이를 위해 지역별, 시험자별, 평가결과별 데이터를 이용하여 질문-응답 형태의 학습 데이터셋을 구성한다. 자동화된 분석 실행 및 비교에서는 GPT 모델이 클레이독스에서 추출된 데이터를 기반으로 시나리오 별로 질문을 생성하고 응답하는 방식으로 구성된다. 본 연구에서는 ChatGPT 모델이 미세 조정을 통해 특정 데이터셋의 문맥을 이해하고 관련 질문에 자연어 및 이미지, 표로 응답할 수 있도록 <표 1>과 같은 질문표를 작성했다.

<표 1> ChatGPT에서 사용된 주요 질문표

항목	질문
1	'koreanize_matplotlib-0.1.1-py3-none-any' 패키지 설치를 통해 한글 깨짐 문제를 해결해 주세요.
2	Raw Data 파일에 대한 행과 열의 의미를 설명해 주세요.
3	열이나 행에서 오타에 해당하는 부분이 있는지 확인해 주세요.
4	'AR', 'CO', 'TI', 'MA', 'MO', '종합판정 및 의견', 'COD_R_5', 'AD', 'VD', 'maintenance', 열에 오타가 있는지 확인해 주세요.

5	주소 옆에 오타가 있는지 확인해 주세요.
6	사용자별 성적서 발행 수를 나타내 주세요(자연어 및 이미지, 표 포함). 가로 막대 그래프로 나타내고, 각 막대 위에 해당 사용자의 발행 건수를 표시해 주세요.
7	주소 옆에 대해서 지역별로 성적서 발행 수를 나타내 주세요(예: 경상남도: 건수).
8	전체 주소는 오른쪽으로 띄어쓰기가 되지 않은 부분까지만 나타내고 합계도 표시해 주세요(예: 경상남도: 건수). 나타내는 과정에서 발견된 주소 옆에 오타가 있으면 수정해 주세요(부산광역시를 부산광역시로, 강원특별자치도를 강원도로). - 요구 사항: 지역 순서는 ‘강원, 인천, 경기, 경남, 경북, 광주, 대구, 대전, 부산, 서울, 세종, 울산, 전남, 전북, 제주, 충남, 충북’으로 해 주세요.
9	월별 성적서 발행 수를 오름차순으로 정렬하고, 한글로 표시한 가로 막대 그래프를 만들어 주세요. - 요구 사항: 각 막대 위에 발행 건수를 표시해 주세요. 그래프 제목을 ‘월별 성적서 발행수(오름차순 정렬)’로 해 주세요.
10	각 사용자별로 모든 지역에서 발행된 성적서의 총수를 요약하여 사용자 이름과 함께 지역별 발행 횟수를 한줄로 표현해 주세요. - 예시: 사용자1: 강원(31건), 경기(5건), ...
11	회사, 제조사와 모델에 대해 오타가 있는지 확인해 주세요(있으면 수정해 주세요).
12	각 사용자별로 적합 및 부적합 성적서의 발행 횟수와 그 비율을 계산해 주세요. - 요구 사항: 가로 막대 그래프로 나타내고, 각 막대 위에 발행 횟수와 비율을 표시해 주세요. 그래프 제목을 ‘사용자별 적합 및 부적합 성적서 발행 횟수와 비율’로 해 주세요.

4.2 분석 결과

본 절에서는 사람이 직접 분석한 수동 분석과 ChatGPT를 이용한 데이터 분석 결과의 일치율을 비교하고자 한다. 이를 통해 분석 과정에서 일관성, 결과의 정확성 그리고 두 방법 간의 차이점을 살펴보고자 한다.

먼저 엑셀을 이용하여 수동 분석을 진행하였다. 주로 엑셀의 COUNT, COUNTIF, COUNTIFS 등의 함수와 수식, 필터링, 피벗 테이블 등을 사용하여 데이터를 조직하고 시각화하였다. 이 과정에서 원 데이터에 부산광역시, 강원특별자치시 등과 같은 오타자가 포함되어 있어 이를 수정하였고 그 결과를 요약하면 <표 2>와 같다.

<표 2>의 a)는 성적서 발급 건수로 각 사용자가 발급한 성적서의 총 수를 파악함으로써 업무 분포와 작업량을 평가할 수 있다. <표 2>

의 b)는 지역별 분포도로, 성적서 발급의 지역별 분포를 파악함으로써 각 지역에서의 검사 수요와 활동을 분석할 수 있다. <표 2>의 c)는 성적서 월별 오름차순으로 월별 성적서 발급 추이를 분석함으로써 시준별 업무량 변화를 파악할 수 있다. <표 2>의 d)는 적합/부적합 비율로, 전체 검사 중 적합과 부적합 비율을 분석하여 검사 결과의 품질을 평가할 수 있다. <표 2>의 e)는 사용자에 따른 지역별 건수로 각 사용자 수행한 지역별 검사를 파악함으로써 사용자별 활동 내역을 분석할 수 있다.

다음으로 <표 1>의 질문표의 내용에 따라 ChatGPT에 질의한 분석 결과에 대해 기술하고자 한다. 본 연구에서는 최신 ChatGPT 버전인 ChatGPT-4와 ChatGPT-4o를 대상으로 분석을 진행하였다.

먼저, ChatGPT-4로 분석을 진행한 결과 <표

<표 2> 엑셀 수동 분석 방법

성적서 발급 건수	
사용자1	492
사용자2	496
사용자3	243
사용자4	140
사용자5	456
사용자6	481
합계	2,308

a) 엑셀, 성적서 발급 건수

성적서 발급된 건수를 월별 오름차순	
6월	314
7월	292
12월	242
11월	214
10월	213
4월	208
5월	181
9월	159
3월	151
2월	133
8월	127
1월	74
합계	2,308

c) 엑셀, 월별에 따른 성적서 발급 건수

지역별 분포도	
강원	82
인천	10
경기	26
경남	608
경북	329
광주	19
대구	350
대전	58
부산	76
서울	0
세종	0
울산	152
전남	314
전북	117
제주	20
충남	81
충북	66
합계	2,308

b) 엑셀, 지역과 사용자별 발급 건수

적합/부적합 건수 및 비율		
적합	2265	98.14 %
부적합	43	1.86 %

d) 엑셀, 적합/부적합 비율

지역	사용자1	사용자2	사용자3	사용자4	사용자5	사용자6	합계
강원	31	8	0	0	23	20	82
인천	0	5	0	5	0	0	10
경기	5	0	5	0	4	12	26
경남	112	131	110	123	79	53	608
경북	51	99	50	0	88	41	329
광주	4	0	2	0	13	0	19
대구	87	91	17	6	65	84	350
대전	0	22	0	0	0	36	58
부산	0	8	8	6	9	45	76
서울	0	0	0	0	0	0	0
세종	0	0	0	0	0	0	0
울산	51	35	15	0	24	27	152
전남	84	55	19	0	73	83	314
전북	15	10	4	0	19	69	117
제주	20	0	0	0	0	0	20
충남	8	20	13	0	31	9	81
충북	24	12	0	0	28	2	66
합계	492	496	243	140	456	481	2308

e) 엑셀 사용자에 따른 지역별 건수

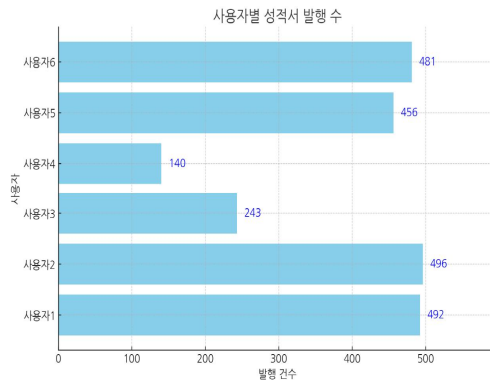
2>와 비교하였을 때 성적서 발행 건수와 월별 성적서 발행 수는 일치하였으나 <표 1>의 항목 7, 8의 질문에 강원 82건, 경남 608건, 경북 329건, 부산 76건 전남 314건, 전북 117건, 충남 81건, 충북 66건, 총 1,673건으로 인식하여 일치하지 않은 결과를 보였다. 또한 항목 10의 질문에 강원, 경남 등 지역이 표현되지 않았고 항목 12의 질문에는 틀린 답변을 하였다.

그 후, ChatGPT-4o로 분석을 진행한 결과 <그림 5>와 같이 <표 1>의 질문에 대한 정확한 답변을 얻었다. <그림 5>의 a)는 열의 이름과

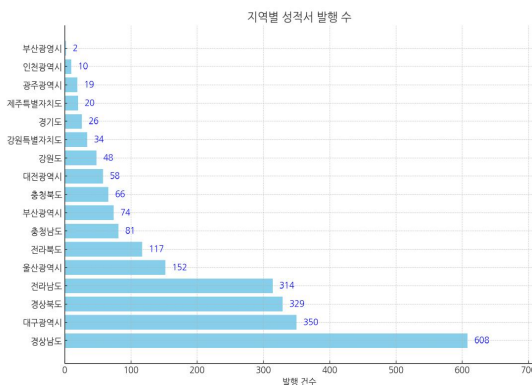
각 열에 대한 설명을 제시하고 <그림 5>의 b)는 성적서 발급 건수를 나타내며 <그림 5>의 c)는 주소 데이터의 오타를 나타낸다. <그림 5>의 d)는 오타에 대한 전처리 요청 결과를 보여주며 <그림 5>의 e)는 성적서 발행 수에 따라 오름차순으로 정렬한 결과를 나타낸다. <그림 5>의 f)는 모든 지역에서 발행된 성적서를 요약한 결과를 나타내며 <그림 5>의 g)는 사용자별 적합 및 부적합 성적서 비율을 보여준다. 이에 통해 수동분석법 결과인 <표 2>의 a), b), c), d), e)와 동일한 결과를 보여주었다.

열 이름	설명
project_key_id	각 프로젝트 식별자
project_receiptno	접수 번호
xpsuser_usernm	업데이트한 사용자
update_date	마지막 날짜와 시간
project_name	프로젝트 이름
project_desc	프로젝트 설명
...	...

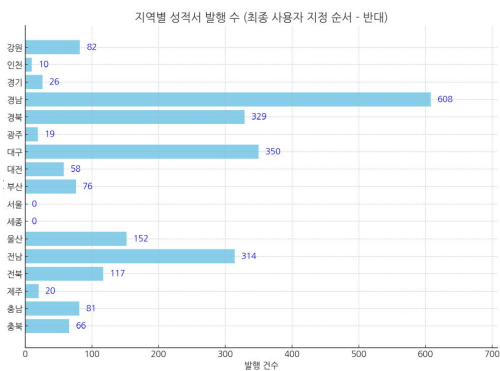
a) 열 이름 및 설명



b) 성적서 발급 건수



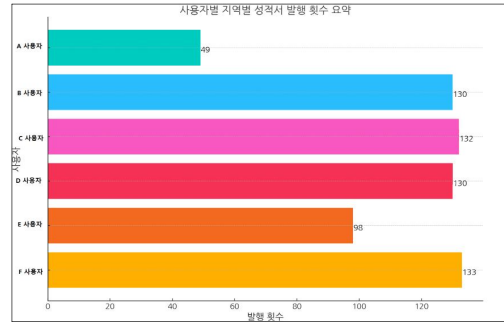
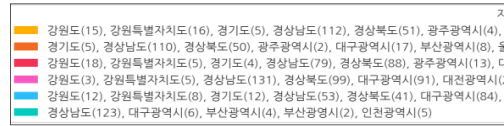
c) 오타 (부산광역시, 강원도 등)



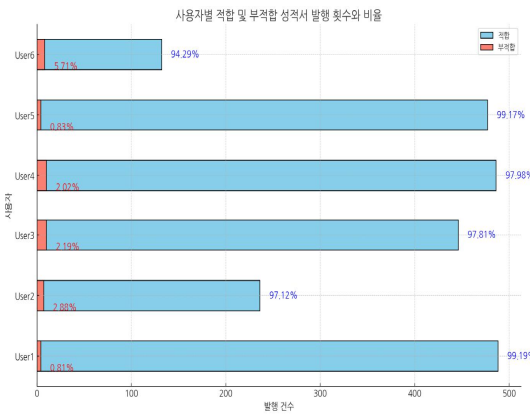
d) 오타에 대한 전처리 요청



e) 성적서 발행 수에 따라 오름차순



f) 모든 지역에서 발행된 성적서 요약



g) 사용자별 적합 및 부적합 성적서 비율

구분	건수	비율 (%)
적합	2265	98.1369 %
부적합	43	1.8630 %
합계	2,308	100.00 %

지역별, 건수 (기준)		지역별, 건수 (기준)	
강원, 82	경북, 329	경기, 26	전남, 314
경남, 608	울산, 152	대구, 350	전북, 117
경북, 329	충남, 81	부산, 76	충북, 66
울산, 152	충북, 66	대전, 58	제주, 20
충남, 81	제주, 20	광주, 19	인천, 10
충북, 66	인천, 10	합계, 2,308	

h) 요약

<그림 5> ChatGPT-4o 분석

<표 4>는 수동분석 결과와 비교하여 ChatGPT의 버전별로 분석된 결과의 정확도를 보여준다. 지역별 성적서 건수, 사용자별 성적서 발급 건수 등의 결과 값을 서로 비교하여 일치하는지 검토한다. 수동분석과 ChatGPT의 버전별 차이를 검토하여 결과 집합이 유의미한 차이를 보이는지 정확도를 통해 판단한다. 첫째, 성적서 발급 건수에 대한 정확도를 비교한 결과 수동분석과 ChatGPT-4, ChatGPT-4o 모

두 성적서 발급 건수가 동일하게 2,308건으로 나타났다. 이는 ChatGPT-4와 ChatGPT-4o이 수동분석 결과와 정확히 일치하였음을 나타낸다. 둘째, 지역별 분포도에 대한 비교에서는 수동분석에서 총 2,308건이 기록되었으나 ChatGPT-4는 1,673건으로 인식하여 72.48%의 정확도를 보였다. 이는 일부 지역 데이터가 정확히 인식되지 않았음을 나타낸다. 반면 ChatGPT-4o는 2,308건으로 수동분석과 동일

<표 4> 정확도 비교

항목	수동분석	ChatGPT-4o		ChatGPT-4	
성적서 발급 건수	기준값	2,308	100.00 %	2,308	100.00 %
지역별 분포도	기준값	2,308	100.00 %	1,673	72.48 %
성적서 발급된 건수를 월별로 오름차순	기준값	2,308	100.00 %	2,308	100.00 %
적합 비율	기준값	2,265	100.00 %	33	1.46 %
부적합 비율		43	100.00 %	978	오류
사용자에 따른 지역별 건수	기준값	2,308	100.00 %	2,306	99.91 %
정확도 = (기준 값 / 측정된 값) × 100 (기준 건수 / 측정된 건수) × 100					

하게 인식하였다. 셋째, 성적서 발급 건수를 월별 오름차순으로 정렬한 결과, 수동분석과 ChatGPT-4, ChatGPT-4o 모두 월별 성적서 발급 건수를 2,308건으로 인식하여 일치하였다. 이는 월별 데이터에 대한 정확한 분석이 이루어졌음을 보여준다. 넷째, 적합 비율에 대한 비교에서는 수동분석에서 적합 비율이 2,265건이었으나 ChatGPT-4는 33건만 인식하여 1.46%의 낮은 정확도를 보였고 이는 ChatGPT-4의 적합성 판단에 큰 오류가 있음을 보여준다. 또한 부적합 비율에 대한 비교에서는 수동분석은 부적합 비율이 43건으로 나타났지만 ChatGPT-4는 978건을 인식하여 큰 오류가 있음을 보였다. 이는 부적합 데이터에 대한 심각한 문제가 있음을 나타낸다. 다섯째, 사용자에 따른 지역별 건수에 대한 비교는 수동분석에서 2,308건이 기록되었으나 ChatGPT-4는 2,306건으로 인식하여 99.91%의 정확도를 보였다. 이는 일부 사용자별 데이터가 정확히 인식되지 않았음을 나타낸다.

이 결과 기준 값으로 제시된 수동 분석법과 ChatGPT-4의 분석 결과에서 일부 차이가 있으

나, ChatGPT-4o의 분석 결과는 수동 분석과 일치하였다. 이는 최신 AI 모델인 ChatGPT-4o의 성능이 개선되면서 수동 분석과의 차이가 없음을 시사한다. 특히 성능 개선은 정확도뿐만 아니라 처리 속도 측면에서도 두드러지게 나타났다. ChatGPT-4o는 ChatGPT-4에 비해 2배 이상 빠르다. 이러한 성능 차이는 ChatGPT-4o는 모델 구조가 최적화되어 있어 동일한 작업을 더 적은 연산으로 처리할 수 있기 때문이다. 이러한 최적화는 연산 복잡성을 줄이고 효율성을 극대화하여 성능을 향상시킨다. 또한 컨텍스트 창이 128,000 토큰으로 확장되었으며 이는 ChatGPT-4의 8,192 토큰에 비해 약 15.6배 차이를 보인다. 이는 한 번에 처리할 수 있는 정보의 양이 크게 증가하였고 더 많은 데이터를 빠르게 처리할 수 있다. 이러한 컨텍스트 창의 확장은 특히 복잡한 분석 작업에서 큰 이점을 제공하며 연산 속도 향상에도 기여한다. 최대 출력 토큰 수에 있어, ChatGPT-4o는 4,096개의 출력 토큰을 지원하는 반면 ChatGPT-4는 8,192개의 출력 토큰을 지원한다. 그러나 ChatGPT-4o는 모델 구조 최적화 덕분에 더 적

은 출력 토큰 수도도 더 정확하고 효율적인 결과를 제공한다. 여기서 중요한 점은 ChatGPT-4o가 더 적은 토큰 수도도 효율적으로 처리할 수 있다는 점이며 이는 단순한 토큰 수 차이보다 모델 최적화 수준이 성능에 큰 영향을 미친다는 것을 보여준다. 이러한 성능 개선은 특히 대규모 데이터 처리와 복잡한 분석 작업에서 큰 차이를 만든다. ChatGPT-4o는 이전 모델인 ChatGPT-4에서 발생했던 데이터 처리 오류를 최소화하고 수동 분석과 비교했을 때 동일한 결과를 도출하는 등 신뢰성 면에서도 큰 향상을 보였다. 이러한 결과는 ChatGPT-4o가 수동 분석을 대체할 수 있는 잠재력을 지닌 모델임을 강하게 시사하며, 더욱 효율적이고 정확한 데이터 분석 도구로 자리매김할 가능성이 높음을 보여준다.

V. 설문조사

본 절에서는 실무자들을 대상으로 설문을 통해 클레이독스의 시험성적서 자동화와 ChatGPT를 통한 노코드 분석에 대한 사용자 만족도를 조사하고자 한다. 기존 연구들로부터

설문 항목을 도출하는 과정은 민경아 등(2021)을 참고하였고, 온라인 설문 진행 방향은 황보연과 김승인(2019)의 연구를 참고하였다. 설문 조사는 구글 폼(Google Form)을 이용하여 진행하였으며, 두 시스템의 성능, 안정성, 사용 편의성, 추적성, 작업 효율성 등 여러 측면에서 사용자들의 경험과 만족도를 파악하고자 한다. 이를 통해 실제 사용 환경에서 두 시스템이 얼마나 효과적인지 가늠하려고 한다. 실험은 시험평가 부분에 클레이독스 활용 경험이 있는 수질 분야 실무자 17명을 대상으로 실시되었다.

설문조사 결과를 요약하면 <표 5>와 같다. 첫째, 클레이독스 처리 시간 만족도는 매우 높았다. 응답자의 71.4%가 매우 만족한다고 응답했으며 나머지 28.6%는 만족한다고 평가했다. 이는 클레이독스 시스템이 데이터 처리 속도 면에서 사용자들의 기대를 충족시키고 있음을 나타낸다. 둘째, 시스템 안정성 만족도 역시 높게 평가됐다. 응답자의 57.1%가 매우 만족한다고 답했으며, 28.6%가 만족, 14.3%가 보통이라고 응답했다. 이는 클레이독스 시스템이 안정적으로 운영되고 있으며 시스템 오류나 다운타임이 적음을 시사한다. 셋째, 사용자 인터페이스에 대한 만족도는 응답자들의 71.4%가 매우 만

<표 5> 실무자 클레이독스 만족도 조사

실무자 평가	매우 만족 (매우 향상)	만족 (향상)	보통	불만족 (감소)	아주 불만족 (매우 감소)
처리 시간	71.4 %	28.6 %	0 %	0 %	0 %
시스템 안정성	57.1 %	14.3 %	28.6 %	0 %	0 %
사용자 인터페이스	71.4 %	28.6 %	0 %	0 %	0 %
추적성	78.6 %	21.4 %	0 %	0 %	0 %
작업 효율성	85.7 %	14.3 %	0 %	0 %	0 %
평균	72.84 %	21.44 %	5.72 %	0 %	0 %

족, 28.6%가 만족한다고 평가했다. 이는 클레이독스의 사용자 인터페이스가 사용하기 쉽고 직관적이며 사용자 경험을 향상시키는데 기여하고 있음을 보여준다. 넷째, 성적서 관련 추적성 개선도는 클레이독스 시스템 도입 후 크게 개선되었다고 응답한 비율이 매우 높았다. 응답자의 78.6%가 매우 향상되었다고 응답했고 21.4%가 향상되었다고 응답했다. 이는 클레이독스가 데이터 추적성과 관리 측면에서 매우 효과적임을 나타낸다. 끝으로 작업 효율성 향상도에 대해선 클레이독스 전환 후 78.6%의 응답자가 크게 향상되었다고 평가했고 14.3%는 향상되었다고 평가했다. 이는 클레이독스 시스템이 전반적인 업무 효율성을 높이는데 크게 기여하고 있음을 보여준다.

또한, 클레이독스 사용을 통해 분석에 소요되는 시간을 기존 분석 방법과 비교했다. 그 결과 수작업으로 진행된 분석에서는 평균 48.89분이 소요되었고 클레이독스에서는 18.33분이 소요되어 30.56분이 줄어든 효과를 얻을 수 있었다. 이는 시간 절감률로 62.51%가 감소되었다 (절감률 = (기존 시간 - 절감된 시간) / 기존 시간 * 100). 이를 통해 클레이독스 시스템이 데이터 처리 및 성적서 작성 시간을 크게 단축

시켜 사용자가 더 빠르고 효율적으로 업무를 수행할 수 있게 되었음을 의미한다. 기존의 데이터 관리와 성적서 작성 과정에서의 추적성 등의 문제점을 웹기반의 클레이독스가 효과적으로 해결하고 전자문서를 사용함으로써 종이, 인쇄, 보관 공간 등 물리적 자원에 소요되는 비용을 절감했다. 전자 데이터의 백업과 복구가 용이하여 시스템의 안정성을 높였고 언제 어디서나 데이터에 접근할 수 있는 편의성을 제공하여 업무의 연속성을 보장했다. 이러한 다양한 면에서 뛰어난 성능을 보여줬고 앞으로도 클레이독스 시스템은 지속적인 개선과 유지 보수를 통해 사용자들의 요구에 부응하고 더욱 효율적인 데이터 관리 및 성적서 작성 도구로 자리매김할 것을 기대해 볼 수 있다.

다음으로 ChatGPT를 통한 노코드 데이터 분석에 대한 실무자들의 설문조사 결과를 요약하면 <표 6>과 같다. 첫째, ChatGPT의 처리 시간에 대한 사용자의 평가는 매우 긍정적이다. 설문조사 결과, 응답자의 대다수인 64.3%가 ChatGPT의 처리 시간이 ‘매우 빠름’이라고 평가했고 28.6%는 ‘빠름’이라고 응답했다. 나머진 7.1%는 ‘보통’이라고 평가했다. 이는 대부분의 사용자가 ChatGPT의 처리 시간에 만족하고

<표 6> ChatGPT 4o 만족도 조사

실무자 평가	매우 빠름 (매우 정확) (매우 기여)	빠름 (정확) (기여)	보통	느림 (부정확) (적게 기여)	매우 느림 (매우 부정확) (기여하지 않음)
처리 시간	64.3 %	28.6 %	7.1 %	0 %	0 %
답변의 정확성	50.0 %	42.9 %	7.1 %	0 %	0 %
비용 절감	71.4 %	21.4 %	7.1 %	0 %	0 %
안정성	64.3 %	21.4 %	14.3 %	0 %	0 %
접근성	57.1 %	35.7 %	7.1 %	0 %	0 %
평균	61.42 %	30 %	8.54 %	0 %	0 %

있고 작업 효율성을 크게 향상시켰다는 것을 보여준다. 둘째, 답변의 정확성에 대한 평가에서도 높은 점수를 받았다. 응답자의 절반인 50%가 ChatGPT의 답변의 ‘매우 정확’이라고 평가했고 42.9%는 ‘정확’이라고 응답했다. 7.1%는 ‘보통’이라고 평가했다. 이 결과는 ChatGPT가 제공하는 정보가 대체로 정확하고 신뢰할 수 있음을 나타낸다. 셋째, 비용 절감 기여도에 대한 평가 역시 긍정적이다. 설문조사에 따르면 응답자의 71.4%가 ChatGPT의 비용 절감에 ‘매우 기여’라고 응답했고 21.4%는 ‘기여’라고 평가했다. 7.1%는 ‘보통’이라고 답했다. 이는 ChatGPT가 기업이나 조직에서 비용 절감에 크게 기여하고 있음을 보여준다. 넷째, 서버 안정성에 대한 평가에서도 ChatGPT는 높은 평가를 받았다. 응답자의 64.3%가 ChatGPT가 ‘매우 안정적’이라고 평가했고 24.4%는 ‘안정적’이라고 응답했다. 14.3%는 ‘보통’이라고 평가했다. 이는 ChatGPT가 안정적으로 작동하며 사용자들이 서버의 접속 등 안정성이 높음을 나타낸다. 마지막으로 접근성에 대한 평가 결과도 긍정적이다. 응답자의 57.1%가 ChatGPT의 접근성이 ‘매우 좋음’이라고 평가했고 37.7%는 ‘좋음’이라고 응답했다. 7.1%는 ‘보통’이라고 평가했다. 이는 ChatGPT가 웹, 어플 등 사용자들이 쉽게 접근할 수 있는 환경을 제공하며 이를 사용자들이 높게 평가하고 있음을 보여준다.

이러한 결과는 ChatGPT가 실무 환경에서 효율적이며 신뢰할 수 있는 도구로 활용될 수 있음을 시사한다. 특히, 시간과 자원을 절감하면서 일정한 정확성과 일관성을 제공한다는 점에서 다양한 업무에서 가치가 있다. 그러나 기업의 기술 유출 등 보안성 문제에 대해서는 한

번 생각해 볼 필요성이 있다고 판단된다.

VI. 결론

본 연구에서는 시험인증 산업의 디지털 전환 및 탄소중립을 실현하고 국내·외 환경 변화에 선제적이고, 효과적으로 대응하기 위해 시험성적서를 디지털화 및 자동화 과정을 보여주었다. 또한 노코드 분석법의 적용 가능성을 탐색하고 이를 통해 시험인증 산업의 질적 변화를 주도하는 방안을 제시하였다. 즉, 클레이독스 시스템의 실제 적용 사례를 통해 원시데이터의 사진 기록부터 자동화된 데이터 입력 및 성적서 작성, 그리고 계산의 자동화까지 다양한 측면에서 성적서 처리 프로세스의 효율성을 대폭 향상시킬 수 있음을 보여줬다. 또한 노코드 플랫폼을 활용하여 실시간으로 성적서와 관련된 데이터를 쉽게 분석할 수 있음을 보여줬다.

본 연구의 기대 효과를 요약한다면 다음과 같다. 첫째, 데이터의 일관성이 유지된다. 클레이독스 시스템에서 생성된 데이터는 기존의 정보를 가져오기 등을 통해 데이터 입력 과정에서 발행할 수 있는 오류를 줄여 성적서의 일관성이 유지된다. 둘째, 업무 효율성 향상을 기대할 수 있다. 기존의 수작업 방식은 데이터 입력과 검증 과정, 진본성을 유지하는데 있어 많은 시간과 노력을 필요로 했다. 또한, Raw Data를 사용자별, 지역별 등 분석하는데도 60시간 이상 소요되었다. 그러나 클레이독스 시스템을 활용한 성적서 작성과 관련된 모든 프로세스의 효율성을 극대화하고 클레이독스 시스템에서 제공되는 Raw Data를 ChatGPT의 자연어 처리

능력을 통해 분석하여 전체적인 업무 효율성을 증대시켰다. 셋째, 성적서 관리에 대한 새로운 표준을 제시했다. 전자문서의 가치와 증거력을 기반으로 한 관리 체계를 구축하여 성적서의 추적성을 확보하고 데이터 관리의 투명성을 높였다. 이는 시험인증 산업의 신뢰성과 공공 안전을 높이는데 필수적이며 기존의 수동적이고 비효율적인 문서 관리 방식에서 벗어나 자동화 및 최적화된 정보 체계를 구축하는 것에 기여했다. 넷째, 법적 준수와 사후관리 대비를 강화할 수 있다. 디지털 성적서 시스템을 통해 모든 성적서의 생성, 발급 및 유통 전 과정을 기록하고 관리함으로써 법적 준수와 감사 대비를 강화했다. 이는 필요한 경우 클레이독스 시스템 및 ChatGPT 분석을 통해 신속하게 대응할 수 있도록 지원한다. 전자문서의 무결성과 추적성을 보장함으로써 법적 분쟁 발생 시에도 신뢰할 수 있는 증거로 제공한다. 다섯째, 종이문서에서 전자문서로의 전환은 단순히 효율성의 문제를 넘어 환경적 측면에서도 중요한 의미를 가진다. 전자문서의 사용은 종이문서의 인쇄와 배송 등에 소요되는 탄소 배출을 저감하여 온실가스 감축에 기여할 수 있다. 이는 지속 가능한 발전 목표를 달성하는데 중요한 역할을 하며 조직의 ESG(Environmental, Social, Governance) 경영 실천에도 긍정적인 영향을 미친다.

그러나 본 연구에서는 클레이독스 시스템과 ChatGPT를 활용한 자동화된 성적서 관리의 적용은 수질 분야에만 한정하여 검토했다. 수질 분야에서의 성과는 긍정적이었으나 이를 먹는 물, 소음진동, 대기(굴뚝), 대기 연속, 실내공기질, 간이측정기, 일반시험 등 다른 분야에도 적

용해 보는 추가 연구가 필요하다. 또한 노코드 분석의 편리성은 높이 평가되지만, 더 복잡하고 고도화된 분석이 필요한 상황에서도 충분히 활용할 수 있는지에 대한 추가적인 검토가 요구된다. 특히, 복잡한 데이터 분석이나 고도의 기술적 요구가 있을 때 노코드 도구만으로는 한계가 있을 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Python과 같은 프로그래밍 언어를 활용하여 데이터 분석을 더 정교하고 자동화하는 방안을 고려해야 한다. 이러한 접근은 노코드 도구의 편의성을 유지하면서도 복잡한 분석 작업에서 발생할 수 있는 문제를 보완하는데 효과적일 것이다. 또한 본 연구는 실무적인 성과를 중심으로 하였지만 이러한 성과를 보다 객관적으로 입증하기 위해서는 이론적 연구가 추가적으로 필요하다. 이를 통해 자동화된 성적서 관리 시스템의 실질적인 효과와 타당성을 더욱 명확하게 검증할 수 있을 것이다.

향후 연구에서는 다양한 시험 환경 분야에서 클레이독스 시스템을 적용하고 이를 통해 분야별 특화된 디지털 성적서 관리 방안을 제시하고자 한다. 또한 노코드 플랫폼을 도입한 실무 사례와 사용자 경험을 수집하여 그 장단점과 개선 방안을 도출할 계획이다. 이러한 노력을 통해 시험성적서의 디지털 전환을 더욱 구체화하고 실무 적용을 통해 효율성을 검증하며 디지털 성적서 관리의 새로운 표준을 제시하고자 한다.

참고문헌

고승권, “DX 전환 환경에서 EDA에 대한 재고

- 찰”, 응용통계연구, 제37권, 제1호, 2024, pp. 87-102.
- 과학기술정보통신부고시, 제2021-64호, 전자화 문서의 작성 절차 및 방법에 관한 규정, 2021.
- 국가기술표준원, “시험인증기관 발전경로 분석 및 고도화 방안”, 제243호, 2019, pp. 1-30.
- 국가기술표준원, “2022 국가표준백서”, 제5차 품질경영 기본계획, 2022.
- 김규태, 김종원, 최종욱, “온라인 증명서 발급을 위한 복사방지 코드 패턴의 생성”, 한국지능정보시스템학회 학술대회논문집, 2004, pp. 269-274.
- 김덕현, 유동희, 정대율, “데이터 마이닝 기법을 통한 COVID-19 팬데믹의 국내 주가 영향 분석: 헬스케어산업을 중심으로”, 정보시스템연구, 제30권, 제3호, 2021, pp. 21-45.
- 김종규, “적합성 평가산업의 문제점 및 개선방안”, 서울: 국회입법조사처, 2020.
- 김현철, “원본 종이문서 폐기를 위한 전자문서법 개정의 의미”, 국회입법조사처, 제13권, 제2호, 2021, pp. 263-288.
- 김효곤, 유동희, “BERT를 활용한 미국 기업 공시에 대한 감성 분석 및 시각화”, 정보시스템연구, 제31권, 제3호, 2022, pp. 67-87.
- 뉴시스, “무역기술장벽, 매년 3천건 쌓이며 최대치 경신…韓수출길 좁아진다”, 최희정 기고, 2021.03.21.
- 대한상공회의소, “무역기술장벽 동향과 대응과제 연구”, 2022.
- 류기훈, 임선영, 한희일, “이차원바코드를 이용한 공문서 위·변조 방지 확인 시스템 제안”, 한국지능정보시스템학회 학술대회논문집, 제2007권, 2007, pp. 444-448.
- 민경아, 박서욱, 유동희, “의사결정나무를 활용한 실시간 온라인 한국어 강의에서의 학습자 만족도 분석-상호작용 요인을 중심으로-”, 한국어 교육, 제32권, 제1호, 2021, pp. 131-150.
- 배문규, 이진희, “제도적 동형화와 FDI: 교토의 정서 기간 동안 환경규제 강도와 해외 직접투자 비교 분석”, 국제경영리뷰, 제27권, 제2호, 2023, pp. 73-85.
- 배상훈, “국제사회, 신기후체제 구축 위해 ‘파리 협정’ 채택 = COP21 폐막... 기존 교토의정서 체제 대체, 협정 발효시 모든 국가, 기후변화 대응 참여, 진전원칙, 법적 구속력 떠나 상당한 압박될 것”, Electric Power, 제10권, 제1호, 2016, pp. 56-59.
- 서창갑, 김종기, 정대현, “ESG 사회적책임 제고를 위한 빅데이터 분석: 장애인 콜택시 운영 효율성 관점”, 정보시스템연구, 제32권 제2호, 2023, pp. 137-152.
- 신민철, 박세훈, 최용규, 반봉규, 홍은표, 조완수, 송준광, “시험평가 데이터 플랫폼 구축 및 활용”, 한국신뢰성학회 학술대회논문집, 제2021권, 제6호, 2021, p. 64.
- 윤익준, “파리협정의 주요 쟁점 및 전망”, 한양법학, 제28권, 제2호, 2017, pp. 113-144.
- 이광형, 정영호, “스크램블링 암호화 기법을 이

- 용한 전자신분증 위변조 방지 기법”, 한국산학기술학회논문지, 제13권, 제2호, 2012, pp. 849-855.
- 이광호, 목은지, “시험인증기관 발전경로 분석 및 고도화 방안”, 과학기술정책연구, 제243호, 2019, pp. 1-34.
- 이동현, 전수현, 배만재, “군수품 시험성적서 위·변조 방지 시스템 아키텍처에 대한 연구”, 한국산학기술학회논문지, 제17권, 제4호, 2016, pp. 43-51.
- 이상근, “디지털 전환, 빅데이터 활용과 혁신과 협업을 위한 기업의 인공지능 전략”, 경상논총, 제41권, 제2호, 2023, pp. 67-86.
- 이용규, 김유진, “적합성평가, 연관 산업발전을 위한 정부 역할 탐색: 방송통신기자재 및 안전분야를 중심으로”, 국가정책연구, 제35권, 제1호, 2021, pp. 1-6.
- 이태원, 성행남, “디지털금융 기반 마이데이터 앱 초기 사용자들의 이용의도에 관한 연구”, 정보시스템연구, 제32권, 제1호, 2023, pp. 1-21.
- 이태화, “포스트 교토의정서체제 논의과정에서의 정책적 쟁점”, 법학연구, 제37권, 제1호, 2012, pp. 23-48.
- 전자문서 및 전자거래 기본법, 법률 제18478호, 제31조의 6(공인전자문서센터를 통한 보관의 효력), 2022.
- 전자정부법, 법률 제18207호, 제33조(종이문서의 감축), 2021.
- 정보통신산업진흥원, “전자문서 보안 관리 가이드라인 연구 보고서”, 정보통신산업진흥원, 2011, pp. 50-60.
- 최미나, 이선미, 김중권, “환경영향평가서 전자 문서 검토에 따른 효과와 만족도 - 비용 및 탄소 배출 저감으로 중심으로”, 환경영향평가, 제33권, 제1호, 2024, pp. 30-41.
- 푸지아, 김인재, “A Conceptual Approach for the Effects of COVID-19 on Digital Transformation”, 정보시스템연구, 제32권, 제4호, 2023, pp. 211-227.
- 한국수력원자력, “품질 증명 문서 등록 관리 시스템 개발 현황”, 한국수력원자력, 2013.
- 황보연, 김승인, “온라인 설문조사 사용자 경험 연구 -구글과 네이버 폼을 중심으로-”, 디지털융복합연구, 제17권, 제8호, 2019, pp. 379-384.
- 황유경, 신진영, 유석중, “자연어 프롬프트 기반 데이터셋 생성 및 시각화 시스템”, 한국정보기술학회 논문지, 제22권, 제4호, 2024, pp. 23-28.
- Alsadi, M., Arshad, J., Ali, J., Prince, A., and Shishank, S., “TruCert: Blockchain-based Trustworthy Product Certification within Autonomous Automotive Supply Chains,” *Computers and Electrical Engineering*, Vol. 109, 2023, 108738.
- Kim, H., Lee, E., and Yoo, D., “Do SEC Filings Indicate any Trends? Evidence from the Sentiment Distribution of Forms 10-K and 10-Q with FinBERT,” *Data Technologies and Applications*, Vol. 57, No. 2, 2023, pp. 293-312.
- Nguyen, B. M., Dao, T. C., and Do, B. L., “Towards a Blockchain-based

Certificate Authentication System in Vietnam,” PeerJ Comput. Sci., Vol. 6, 2020, <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.266>.

Pu, S., and Lam, J. S. L., “The Benefits of Blockchain for Digital Certificates: A Multiple Case Study Analysis,” Technology in Society, Vol. 72, 2023, 102176.

김 종 진 (Kim, Jong Jin)



한국방송통신대학교에서 환경보건학 학위를, 국가평생교육진흥원에서 기계공학 학위를 취득하였다. 현재 경상국립대학교 기술경영학과 석사 과정에 있으며, 주요 관심 분야는 빅데이터, 인공지능, 실시간 데이터 분석 등이다.

유 동 희 (Yoo, Dong Hee)



고려대학교 경영학사와 경영학 박사학위를 취득하였다. 현재 경상국립대학교 경영정보학과에서 교수로 재직하고 있으며, 주요 관심 분야는 온톨로지, 지식 그래프, 인공지능, 빅데이터 분석, 지능형 정보시스템 등이다.

<Abstract>

Claydoy-based Test Report Automation and No-Code Data Analysis

Kim, Jong Jin · Yoo, Dong Hee

Purpose

This study aims to propose an automated test report management method using Claydoy and ChatGPT to achieve digital transformation and carbon neutrality in the testing and certification industry. Focusing on the water quality sector, this study also explores the potential applicability of the proposed method to other environmental fields.

Design/methodology/approach

The test report processing was digitized using Claydoy and ChatGPT. The process consists of three stages: 1) automated data entry from the photographic recording of raw data, 2) test report creation, and 3) automated report analysis. Additionally, the study demonstrated the potential for real-time data analysis using no-code platforms.

Findings

The study found that the test report processing using Claydoy significantly improved efficiency. It maintained data consistency, greatly enhanced work efficiency, and reduced time and costs. The use of electronic documents contributed to reducing greenhouse gas emissions, resulting in positive environmental impacts. Furthermore, legal compliance and post-management preparedness were strengthened, providing reliable evidence in case of legal disputes.

Keyword: Claydoy, ChatGPT, Test report automation, No-code data analysis, Digital transformation

* 이 논문은 2024년 7월 30일 접수, 2024년 8월 21일 1차 심사, 2024년 9월 4일 2차 심사, 2024년 9월 9일 게재 확정되었습니다.