

2022 한국안전경영과학회 추계학술대회

딥 러닝 기반의 근골격계부담작업 판별 시스템 개발

Development of Identification System for Musculoskeletal Burden Tasks Based on Deep Learning

||| 울산대학교 산업경영공학부
박종배, 정기효

Acknowledgement: This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIT; No. 2022R1A2C1003282).

INDEX

목차

1

서론

- 연구배경
- 연구 필요성
- 연구 목적

2

연구 방법

- 등간격 워크샘플링(work sampling)
- 딥러닝 기반 작업자의 기준점(landmark) 탐지
- 근골격계부담작업 판별 시스템 개발 및 실제 사업장 적용

3

결론

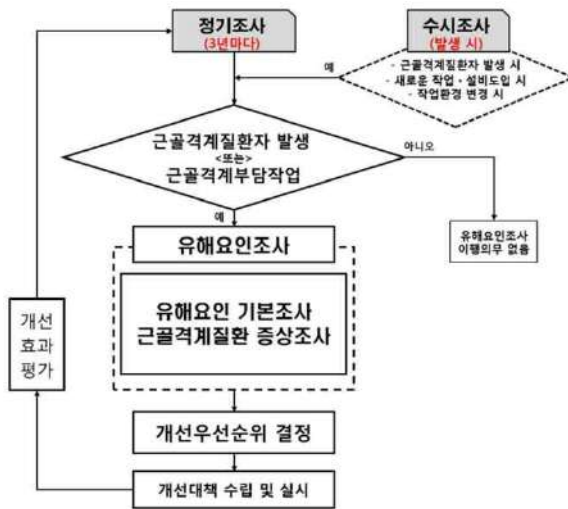
- 용접 작업 적용 결과
- 조립 작업 적용 결과

4

향후 연구 방향

연구 배경

근골격계부담작업을 하는 경우 근골격계질환의 발생을 예방하기 위해
유해요인조사를 3년마다 정기적으로 실시해야 하며(안전보건규칙 657조),
이를 위해서는 작업이 근골격계부담작업에 해당하는지 분석하는 것이 필요하다.



유해요인조사절차
(출처: 한국산업안전보건공단)

구분	내용	작업종류
제1호	하루에 4시간 이상 집중적인 지면청결 작업	디자이너, 일반 서비스직, 상담원 등
제2호	하루에 2시간 이상 같은 동작 반복작업	생산직 종사자, 서비스직, 제조업 종사자 등
제3호	하루에 2시간 이상 머리 위에 손, 팔꿈치가 돌출으로부터 돌출, 경광등을 쬐는 위치에 위치	과수 재배업자, 도배 기술사, 메인드 기술사
제4호	하루에 2시간 이상 구부러거나 비틀 (나사되지 않은 상태, 차체연결 불가)	농부, 서비스 종사자, 승무원, 타일공
제5호	하루에 2시간 이상 브레이크 한거나 무릎을 굽힘	농부, 타일작업자, 용접공
제6호	하루에 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 한 손가락 들어 올기거나, 짚는 작업 1KG 이상 물건, 2KG 이상에 상응하는 힘	생산직 종사자, 유통업 종사자
제7호	하루에 2시간 이상 4.5KG 이상 물건들 한손으로 들거나 짚는 작업	건설업 종사자, 유통업 종사자
제8호	하루에 10회 이상 25KG 이상 물건을 드는 작업	건설현장, 병원 및 사무직, 모식업 종사자
제9호	하루에 25회 이상 10KG 이상 물건을 어깨 위에서 들거나 팔을 뻗은 상태에서 물건을 드는 작업	건설현장, 운전기사, 생산직 종사자
제10호	하루에 2시간 이상 분당 2회 이상 4.5KG 이상 물건을 드는 작업	생산직 종사자, 요양보호사
제11호	하루에 2시간 이상 시간당 10회 이상 반복적인 충격	연마업 종사자, 호텔 복공

근골격계부담작업의 범위
(출처: 한국기술단지기술사사무소)

연구 필요성

근골격계부담작업 여부를 판단하기 위해서는 유해 요인과 노출 시간을 알아야 하나,
현재는 체크시트를 활용한 주관적 판단에 의존하고 있음.

시연경명	조사 일자										
공정명	공정 내용										
구분	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
노출시간	장부에 총 4시간 이상	장부에 총 2시간 이상	장부에 총 2시간 이상	장부에 총 2시간 이상	장부에 총 2시간 이상	장부에 총 2시간 이상	장부에 총 2시간 이상		장부에 총 2시간 이상	장부에 총 2시간 이상	장부에 총 2시간 이상
노출빈도								장부에 총 10회 이상	장부에 총 25회 이상	장부에 2회 이상	장부에 10회 이상
신체부위	손, 손가락 손, 팔꿈치	목, 어깨, 손목 손, 팔꿈치	어깨, 팔	목, 허리	허리, 무릎	손가락	손	허리	손, 무릎	허리	손, 무릎
적용자세 및 내용	일방적인 작업 일측 작업 (마루소, 키보드 사용)	일측 조작 반복작업	· 머리 꺾이는 동작 · 팔로 보류 동작 · 일방적인 보 통 자극에 수 기	구부러진 자세	포그리고 있거나 무릎을 굽힘	한 손의 손가락 잡기작업	물건을 잡는 작업	물건을 잡는 작업	· 무릎 아래에 세울기 · 어깨 위에서 물기 · 팔을 몸통 상 방에서 물건 잡는 작업	물건을 잡는 작업	반복적인 충격
무게						· 1kg 이 상의 물건	· 4.5kg 이 상 의 물건 · 동일한 무게 의 짐	25kg 이상	10kg 이상	4.5kg 이상	
단 위 적 용 여 부											

근골격계부담작업 체크시트
(출처: 한국산업안전보건공단)

현재 유해요인조사 방법의 한계점

- ✓ 개인의 주관이 개입되어 정확하고 객관적인 판단이 어려움.
- ✓ 반복에 의한 부담작업의 기준이 명확하지 않아 정확한 판단이 어려움.
- ✓ 개인차가 발생하여 전문가만이 유해요인조사가 가능함.
- ✓ 모든 작업을 체크시트로 하나하나 기입해야 하기 때문에 시간이 오래 걸린다.

01

연구 목적

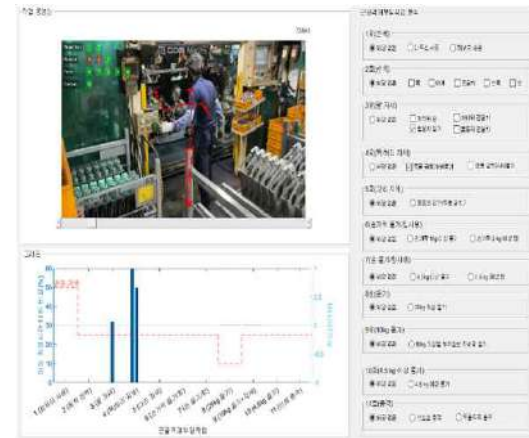
“ 딥러닝 기반의 근골격계부담작업 판별 시스템 개발 ”



워크샘플링(Work Sampling)으로
효율적인 부담작업 판단



딥러닝 기반으로
부담작업 판단 자동화

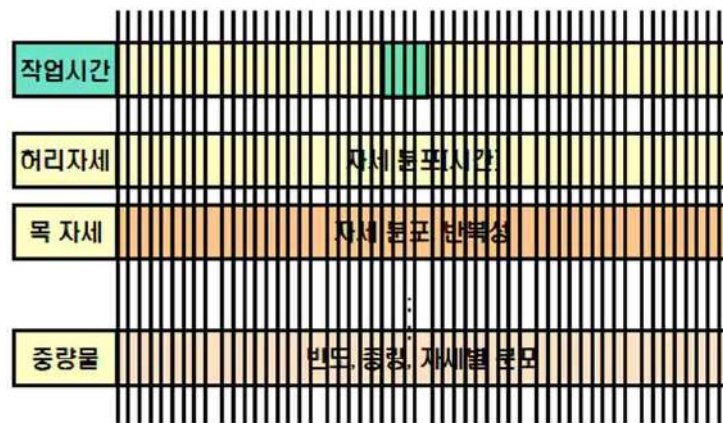


시스템 개발 및 사업장 적용을 통해
응용 및 적용 사례 발굴

등간격 워크샘플링(Work sampling)

워크샘플링(Work sampling)을 통해 장시간 촬영된 작업 동영상도 효율적으로 근골격계부담작업 분석 가능

워크샘플링(Work sampling) 예시



(출처: 한국산업안전보건공단)

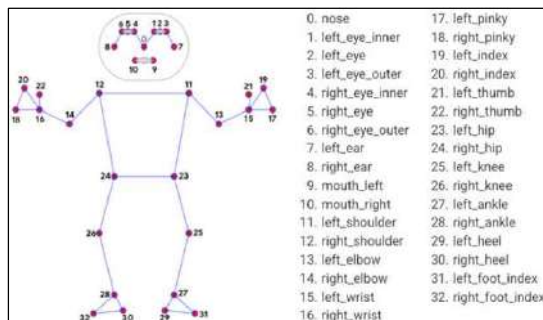
워크샘플링(Work sampling) 절차

- ① 촬영된 작업 영상을 일정 간격(예: 작업 주기(cycle time)이 2분인 경우 분당 30회)으로 샘플링
- ② 추출된 샘플에 대해 부담작업 해당 여부 판단
- ③ 하루 작업시간(예: 8시간) 동안 노출 수준 추정

딥러닝 기반 기준점 탐지

작업자의 신체 기준점(landmark)을 자동으로 탐지하여
작업자의 자세 관련 부담작업(3호-5호) 여부를 자동으로 판단한다.

기준점 정의



작업 영상에서 기준점 탐지



탐지된 기준점의 위치 정보

	NOSE_x	NOSE_y	NOSE_z	NOSE_vs	LEFT_EYE_INNER_x	LEFT_EYE_INNER_y	LEFT_EYE_INNER_z	LEFT_EYE_INNER_vs
0	0.698692	0.449885	-0.151581	0.999171	0.703854	0.441097	-0.156204	0.999448
1	0.698725	0.450373	-0.112632	0.998364	0.703532	0.441110	-0.128962	0.998766
2	0.698778	0.450600	-0.113197	0.997658	0.703368	0.441150	-0.129937	0.998196
3	0.698664	0.450635	-0.123556	0.997145	0.703000	0.441230	-0.140040	0.997801
4	0.698777	0.450692	-0.122979	0.996649	0.703004	0.441324	-0.139749	0.997580
...
567	0.802787	0.443314	-0.082249	0.999463	0.807733	0.426250	-0.091579	0.999415
568	0.803035	0.443880	-0.079562	0.999461	0.807921	0.426787	-0.089261	0.999409
569	0.803168	0.443825	-0.101668	0.999454	0.808037	0.426751	-0.110347	0.999395
570	0.803495	0.443749	-0.099542	0.999444	0.808366	0.426727	-0.108772	0.999391
571	0.803543	0.443966	-0.119155	0.999443	0.808489	0.427205	-0.124611	0.999392

572 rows x 132 columns

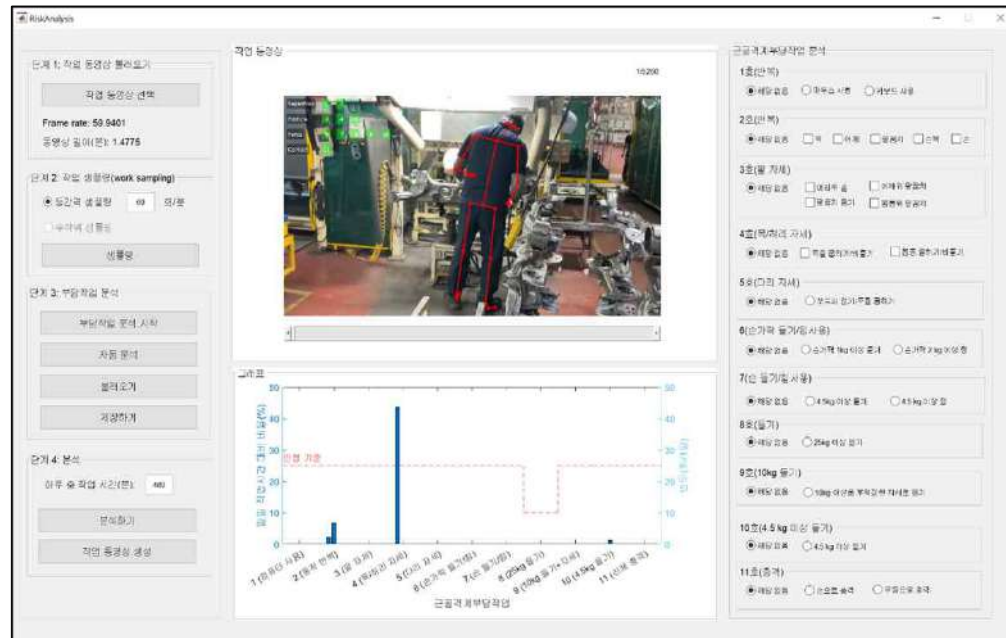
근골격계부담작업 판별 시스템 개발

등간격 워크샘플링(Work sampling)과 딥러닝을 기반으로 근골격계부담작업 판별 시스템을 개발하고, 이를 실제 사업장에 적용한다.

분석 절차

- ① 부담작업 판별 시스템 개발
- ② 사업장 방문 및 작업 영상 촬영
- ③ 워크샘플링 및 딥러닝 기반 부담작업 판별
- ④ 하루 작업시간(8시간, 480분)을 고려한 하루 노출 수준 추정
- ⑤ 근골격계부담작업 여부 판정

근골격계부담작업 판별 시스템 UI 소개



근골격계부담작업 판별 시스템 개발

근골격계부담작업 판별 시스템 시연방법

1 작업 영상 불러오기

2 샘플링 간격 설정 후 샘플링

- 부담작업 분석
- 분석파일 저장 및 불러오기
- 부담작업 3-5호 자동 분석

- 하루 8시간(480분) 기준 부담작업 분석
- 분석동영상 생성



근골격계부담작업 최종 분석 동영상

각 프레임에서의 부담작업 판단 결과를 작업 영상에 노출되게 함
-> 작업 자세와 부담작업 판단을 한눈에 볼 수 있음

The screenshot displays the BiS-Analys software interface. On the left, there are control panels for loading video, setting sampling intervals, and starting analysis. The center shows a video frame with a worker's skeleton overlaid, indicating posture and load. On the right, there are settings for various analysis parameters. At the bottom, a bar chart shows the percentage of time spent in different load categories over an 8-hour period.

작업 영상을 샘플링 간격마다 넘겨가며 근골격계부담작업 판단



근골격계부담작업 수동체크분석영상

하루 8시간(480회) 기준 부담작업 판단 결과 그래프로 표시

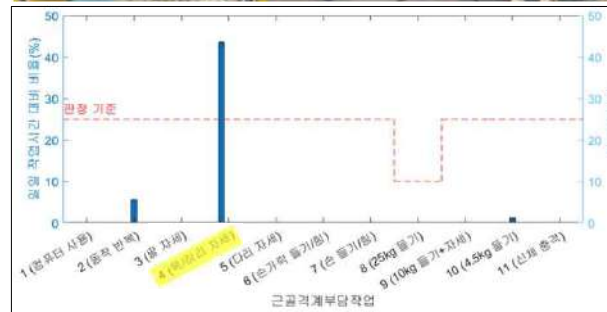
1호 ~ 7호 : 일일 작업시간 대비 비율 25% 이상(2시간 이상/8시간), 8~11호 : 각 호 별 정해진 빈도(회/1일) 이상

실제 사업장 적용 결과

기업 개요

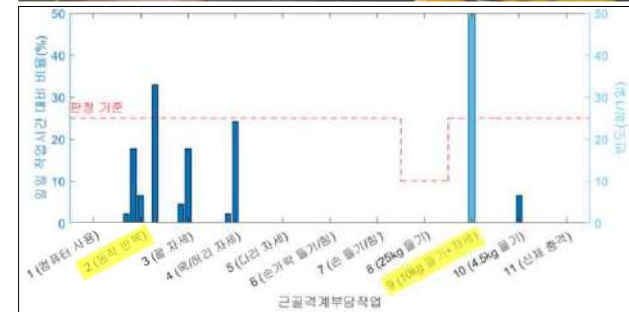
- 기업명 : D산업
- 주소 : 울산광역시 남구
- 업종 : 자동차용 부품 제조업
- 주요 공정 : 용접 공정, 조립 공정

용접 작업



목의 부적절한 자세(4호)
기계 용접된 제품에 수정 용접을 하기 위해
목을 지속적으로 굽히고 작업

조립 작업



반복적 동작(2호) + 중량물 들기(9호)
부품을 기계에 로딩하기 위해
반복적으로 부분품을 들어올리는 작업

향후 연구 방향

- 본 연구에서 개발된 자동 판별 시스템의 성능 평가
- 부담작업 판별의 자동화 확대
- 비정형 작업에 대한 적용 사례 발굴
- 딥러닝 기반 유해요인조사 자동화 시스템 개발



본 연구진이 연구중인
딥러닝 기반 REBA 분석 프로그램



본 연구진이 연구중인
딥러닝 기반 NIOSH 들기 분석 프로그램

THANK YOU

감사합니다