

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті



Тақырыбы:

**КИІЛЕТІН КӨМЕКШІ ҚҰРЫЛҒЫЛАР (АКТИВТІ ЭКЗОҚАҢҚА) НЕГІЗІНДЕ ЕҢБЕК
ЖАҒДАЙЛАРЫН ЖЕТІЛДІРУ: ЦИФРЛЫҚ ДӘУІРДЕГІ ИНТЕГРАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛ**

PhD докторант:

Ақылбек Алтын Қалдыбекқызы

Алматы, 2026ж.

МӘСЕЛЕ

Неліктен бұл тақырып қазір өте маңызды?

Фактор	Сипаттама
Цифрландыру	Өндірістік процестердің трансформациясы
Жұмысшыларды қорғау	Тірек-қимыл аппаратының кәсіби ауруларының өсуі
Технологиялық серпіліс	Белсенді экзоқаңқалардың қолжетімділігі
Нормативтік вакуум	ҚР-да стандартталған талаптардың болмауы

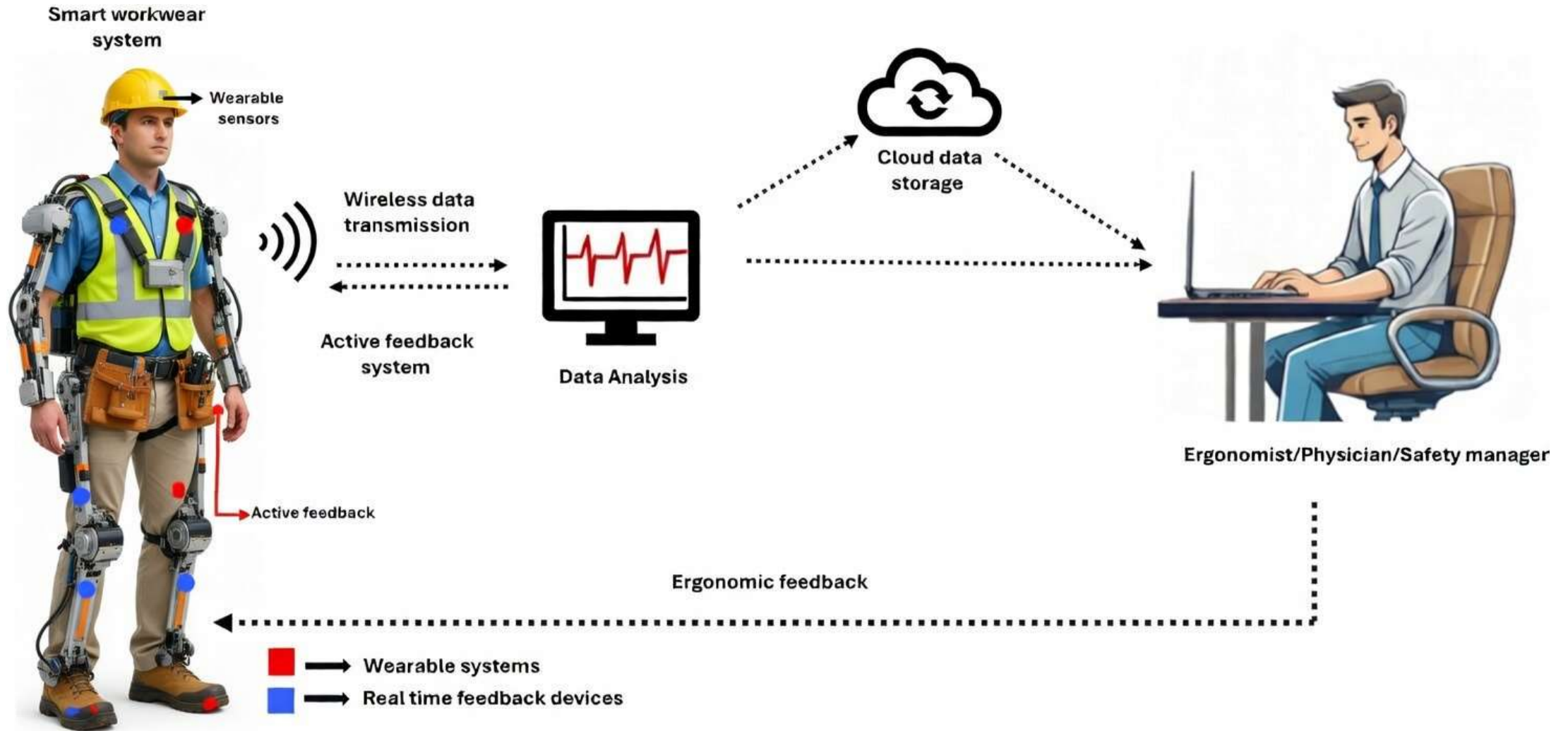
Киілетін көмекші құрылғыларды Қазақстанның еңбекті қорғау жүйесіне енгізудің ғылыми-әдіснамалық негіздері жеткіліксіз.

АКТИВТІ ЭКЗОҚАҢҚА ДЕГЕНІМІЗ НЕ?

Белсенді экзозаңқа — адамның тірек-қимыл аппаратына түсетін физикалық жүктемені төмендетуге арналған **килетін роботталған құрылғы**, қозғалтқыштар (актуаторлар) мен датчиктер жүйесі арқылы жұмыс істейді.



Активті экзоқаңқа — шешім ретінде



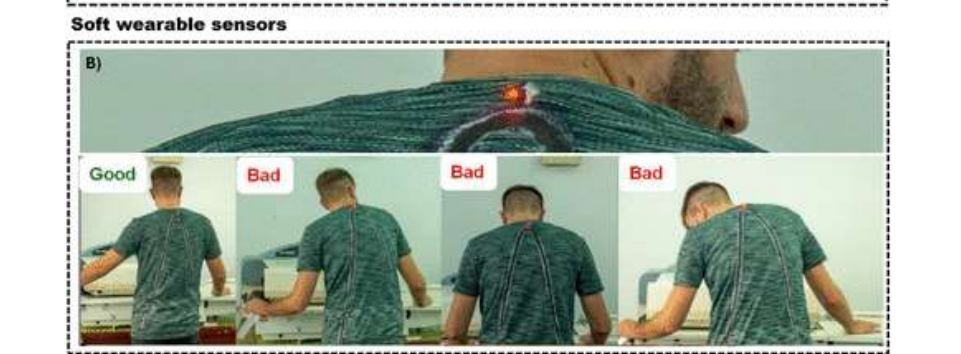
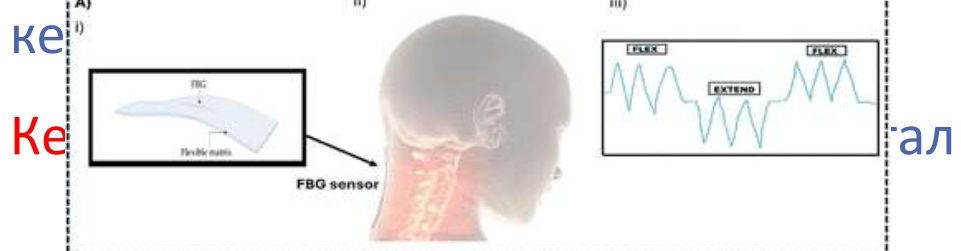
IMU — инерциялық датчиктер

Ең кең таралған технология (зерттеулердің 64%)

Құрамы: Акселерометр + гироскоп + магнитометр

Қолдану: Құрылыс, логистика, хирургия, кеңсе

Дәлдігі: 99,40% — жылдам өзгеру



ЭМГ және қысым датчиктері

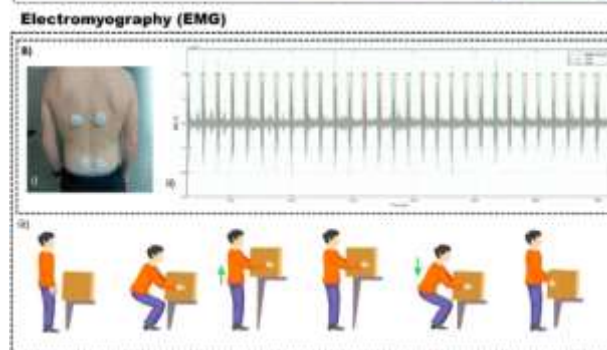
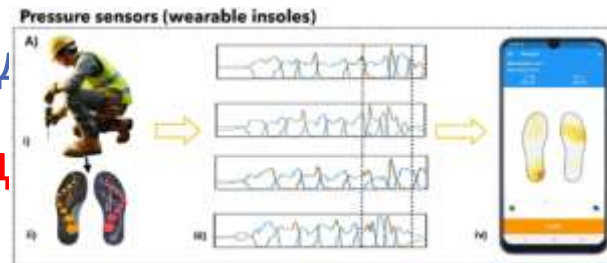
Электромиография (ЭМГ) — зерттеулердің 32%

Өлшейді: Бұлшықеттердің электрлік белсенділігі

Қолдану: Жүк көтеру, хирургтер, ауыл шаруашылығы





Кемшілігі: Терге сезімтал, калибрлеу қажет

Қысым датчиктері
Өлшейді: Жүк көтеру қаупі



ТӘУЕКЕЛДІҢ ЕРТЕ КӨРСЕТКІШТЕРІ

“Leading indicators” – алдын алудың негізі

Ерте көрсеткіш	Дерек көзі	Қауіп интерпретациясы
 Қауіпті позалар жиілігі	IMU	Жедел жарақат ықтималдығы жоғары
 Жинақталған бел жүктемесі	Күш датчиктері	Бел ауруы қаупі
 Жүріс тұрақсыздығы	Акселерометр	Тайғанып/құлау қаупі
 Ескерту оқиғаларының жиілігі	Жүйе журналдары	Жоғары тауекелді кезеңдер

Бұл жарақат болмай тұрып ерте араласуға мүмкіндік береді

ИЕРАРХИЯЛЫҚ ӘСЕР МОДЕЛІ (HIM-WAD)

Hierarchical Impact Model of Wearable Assistive Devices

Деңгей	Әсер саласы	Өлшенетін метрика	Дәлелділік
 1-деңгей	Физиологиялық	ЭМГ амплитудасы, жүрек соғу жиілігі	Күшті 
 2-деңгей	Мінез-құлықтық	Қауіпті позалар жиілігі	Орташа
 3-деңгей	Операциялық	Жақын қауіптер (near-miss)	Шектеулі
 4-деңгей	Натигелік	Жарақат көрсеткіштері (TRIR/LTIFR)	Әлсіз 

Қорытынды: Ең күшті дәлел — 1-деңгейде (физиологиялық көрсеткіштер)

НІМ-WAD МОДЕЛІНІҢ КАСКАДТЫҚ ЛОГИКАСЫ



Маңызды ескерту

Физиологиялық жақсару автоматты түрде жарақаттың төмендеуіне әкелмейді

Әсер әр деңгейде әлсірейді (медиаторлар әсері)

Бұл — технологияның кемшілігі емес, жүйенің күрделілігінің көрінісі

ДАТЧИКТЕР МЕН ТӘУЕКЕЛДЕРДІҢ БАЙЛАНЫС КЕСТЕСІ

Датчик түрі	Өлшенетін параметр	Анықталатын тәуекел	Басқару шешімі
 IMU → Дене тұрыстары, қозғалыс амплитудасы → Позалық артық жүктеме Жұмыс позаларын түзету			
 Көп нүктелі IMU → Қозғалыс асимметриясы → Биомеханикалық теңгерімнің бұзылуы Операцияларды қайта бөлу			
 ЭМГ → Бұлшықет белсенділігі, шаршау → Жасырын артық жүктеме Жүктемені шектеу			
 ЭМГ+IMU → Поза мен тұлшықет сәйкессіздігі → Тиімсіз компенсаторлы стратегиялар Қауіпсіз қозғалыстарға ұйрету			
 Қысым/күш → Контактілік жүктеме → Жұмсақ тіндердің зақымдануы СИЗ конструкциясын өзгерту			
 Пульсометр → Жүрек соғу жиілігі (HR) → Физиологиялық резервтердің асып кетуі Жүктемені дереу төмендету			
 HRV → Стресс деңгейі, қалпына келу → Кумулятивтік стресс Ауысымдарды жоспарлау			

ИНТЕГРАЛДЫ ТӘУЕКЕЛ ИНДЕКСІНІҢ АЛГОРИТМІ

ТӘУЕКЕЛДІ БАҒАЛАУ КОМПОНЕНТТЕРІ (R) — REAL-TIME ЖҮЙЕ

Компонент	Өлшем бірлігі	Салмақ (w)	Сипаттамасы
$R_{\text{поза}}$ 	Дененің бұрыштары (IMU)	0.35	Дене қалпының эргономикалық қауіпін көрсетеді (арқа, иық, тізе бұрыштары және т.б.)
$R_{\text{ЭМГ}}$ 	Бұлшықет белсенділігі (%MVC)	0.30	Бұлшықет шаршауын және артық жүктемені көрсетеді
R_{HR} 	Жүрек соғу жиілігі (HRmax %)	0.20	Жүрек-қан тамыр жүйесіне түскен жүктемені бағалайды
$R_{\text{уақыт}}$ 	Қауіпті факторға ұшырау уақыты	0.15	Ұзақ әсер ету тәуекел деңгейін арттырады

ЖАЛПЫ ТӘУЕКЕЛ ФОРМУЛАСЫ:

$$R = 0.35 \cdot R_{\text{поза}} + 0.30 \cdot R_{\text{ЭМГ}} + 0.20 \cdot R_{\text{HR}} + 0.15 \cdot R_{\text{уақыт}}$$





REAL-TIME ЕСЕПТЕУ

Нақты уақыт режимінде есептеледі, шекті мәндерден асқанда ескерту беріледі

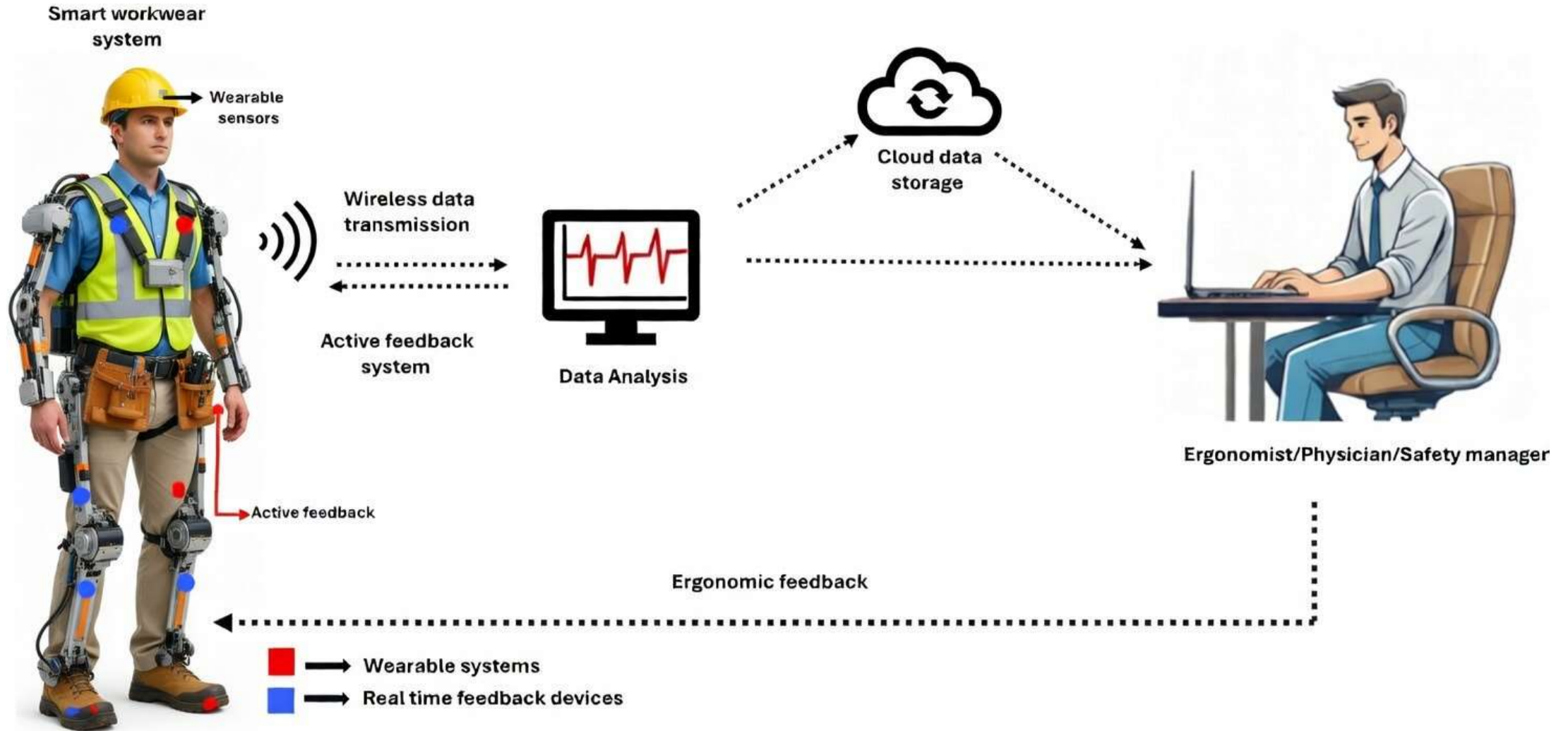
ТӘУЕКЕЛ ДЕҢГЕЙЛЕРІ:

 $R < 0.3$
Төмен

 $0.3 \leq R < 0.6$
Орташа







 $R \geq 0.6$
Жоғары (ескерту!)

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АРХИТЕКТУРА



ISO 45001-МЕН СӘЙКЕСТІК

ISO 45001 талаптары және WAD-деректерінің үлесі

	9.1-тармақ: Мониторинг, өлшеу, талдау	Нақты уақыттағы физиологиялық деректер	
	9.3-тармақ: Басшылықтың талдауы	Жинақталған экспозиция есептері	
	10.2-тармақ: Оқиғаларды тексеру	Near-miss алдындағы деректер	

PDCA цикліне интеграция



БОЛАШАҚ МҮМКІНДІКТЕРІ

Келесі
бағыттары

зерттеу

Бағыт	Сипаттамасы	Мерзімі
AI-негізіндегі болжау	Жарақат қаупін оқиғаға дейін 24 сағат бұрын болжау	2026-2027
Көпэкзоқаңқалы өзара әрекет	Бірнеше жұмысшының үйлесімді жұмысы	2027-2028
Қашықтан басқару	Қауіпті аймақтардағы роботтандырылған экзоқаңқа	2028-2029
Нейроинтерфейс	Ми сигналдары арқылы басқару	2029-2030
Стандарттау	Ұлттық стандарттарды әзірлеу	2025-2027

НАЗАРЫҢЫЗҒА РАХМЕТ!