

**MagicWare s.r.o.  
ČVUT v Praze**

**FUNKČNÍ VZOREK**

**Smart senzorový bezpečnostní a dohledový systém pro  
monitorování pracujících**

**TN02000067/11-V1**

**Autor:**

**doc.Ing. Kutílek Patrik Ph.D., (ČVUT v Praze)**

**Ing. Hejda Jan Ph.D., (ČVUT v Praze)**

**Ing.Lýdie Leová Ph.D., (ČVUT v Praze)**

**Ing. Petr Volf, Ph.D., (ČVUT v Praze)**

**Ing.Marek Sokol, (ČVUT v Praze)**

**Ing. Tomáš Novosad (MagicWare s.r.o.)**

**Číslo projektu: TN02000067**

**Identifikační číslo výsledku: TN02000067/11-V1**

**Typ výsledku: Gfunk**

**Odpovědný pracovník: doc.Ing. Kutílek Patrik Ph.D.**

**PRAHA, ČERVEN 2025**

**Jazyk výsledku: CZE**

**Hlavní obor: JB - Senzory, čidla, měření a regulace**

**Uplatněn: ANO**

**Název výsledku česky:**

**Smart senzorový bezpečnostní a dohledový systém pro monitorování pracujících**

**Název výsledku anglicky:**

**Smart sensor-based safety and monitoring system for worker supervision**

**Abstrakt k výsledku česky:**

Funkční vzorek představuje multisenzorický systém, který integruje snímače pohybových a fyziologických dat, snímače mikroklimatu a kamerový systém pro zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Systém je navržen tak, aby poskytoval monitorování pracovníků v reálném čase a umožnil včasnou identifikaci rizikových situací. Zařízení je koncipováno jako modulární platforma, která umožňuje snadné rozšíření počtu senzorů nebo integraci nových technologií podle specifických požadavků. Multisenzorický systém zaznamenává, předzpracovává a analyzuje data, čímž vytváří datovou základnu pro interpretaci zdravotního stavu zaměstnanců. Systém se skládá ze dvou hlavních vrstev: Vrstva záznamových systémů zajišťuje sběr dat ze všech integrovaných senzorů a kamer v reálném čase, Vrstva zpracování dat provádí předzpracování, analýzu a vizualizaci dat pro dohledový a řídicí personál.

Dohledový a řídicí personál má k dispozici přehled o aktuálním zdravotním stavu a aktivitě pracovníků, což umožňuje rychlou reakci na potenciálně nebezpečné situace. Systém je navržen s ohledem na flexibilitu, díky integraci různých typů senzorů, zpracování dat a modulárnímu designu představuje systém řešení pro zvyšování bezpečnosti, a to jak v průmyslovém prostředí, tak v kancelářských nebo specializovaných provozech.

**Abstrakt k výsledku anglicky:**

The functional prototype represents a multisensor system that integrates motion and physiological data sensors, microclimate sensors, and a camera system to ensure occupational safety and health. The system is designed to provide real-time worker monitoring and enable the early identification of risk situations. The device is conceived as a modular platform, allowing easy expansion of the number of sensors or integration of new technologies according to specific requirements. The multisensor system records, preprocesses, and analyzes data, creating a data foundation for interpreting employees' health status. The system consists of two main layers: Data acquisition layer collects data from all integrated sensors and cameras in real time, Data processing layer – performs preprocessing, analysis, and visualization of data for supervisory and management personnel.

Supervisory and management staff have an overview of the current health status and activity of workers, enabling a rapid response to potentially hazardous situations. Designed with flexibility in mind, the system's integration of different sensor types, data processing capabilities, and modular design provides a solution for enhancing safety in industrial environments as well as in office or specialized workplaces.

**Klíčová slova česky:**

Multisenzorický systém, Bezpečnost a ochrana zdraví při práci, Modulární platforma, Kamerový systém, Monitorování pracovníků.

**Klíčová slova anglicky:**

Multisensor system, Occupational safety and health, Modular platform, Camera system, Worker monitoring

**Vlastník výsledku:**

České vysoké učení technické v Praze (IČO 68407700) - 70%,  
MagicWare s.r.o. (IČO 62576836) - 30%,

**Lokalizace:** ČVUT v Praze

**Licence:** Ne

**Licenční poplatek:** Ne

**Ekonomické parametry:**

Trh aktuálně nabízí především jednoduchá zařízení pro měření základních biomedicínských parametrů nebo samostatné monitorovací systémy, případně kamerové dohledové systémy, které umožňují sledování pracovníků, ale neumožňují současné propojení biomedicínských dat, dat o mikroklimatu a vizuálního sledování s jejich komplexním zpracováním a analýzou. V současnosti na trhu neexistuje modulární multisenzorický systém pro monitoring pracovníků v reálném čase s možností integrace různých senzorů a přizpůsobení podle konkrétních pracovních podmínek.

Většina komerčních systémů je proprietární a není možné je snadno rozšířit o další senzory nebo metody zpracování dat, což omezuje jejich použití v adaptivních a expertních aplikacích. Takové zařízení tedy na trhu není dostupné.

Ekonomické přínosy vyplývají z komplexnějšího monitoringu pracovníků a prevence rizikových situací, což vede ke snížení počtu pracovních úrazů a celkovému zvýšení bezpečnosti a produktivity práce.

**Kategorie nákladů:** výše nákladů  $\leq 10$  mil. Kč.

## **Popis funkčního vzorku**

### **1. Obecný popis funkčního vzorku**

Funkční vzorek představuje multisenzorický systém, jehož hlavním cílem je zvýšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci prostřednictvím komplexního monitorování pracovníků. Tento systém je navržen tak, aby dokázal současně sledovat fyziologické parametry zaměstnanců, jejich pohybovou aktivitu a mikroklima během kterého pracují. Systém integruje tři hlavní typy senzorů:

1. Snímače pohybových a fyziologických dat : umožňují sledovat srdeční aktivitu a z ní určit úroveň fyzické a psychické zátěže, teplotu pro určení komfortu a pohyb těla pracovníků jako celku pro určení intenzity fyzické aktivity.
2. Snímače mikroklimatu : měří teplotu a vlhkost na úrovni pracovníka v rámci oděvu, čímž umožňují detekovat potenciální tepelnou zátěž nebo nekonfortní a vysoce zátěžové podmínky.
3. Kamerové systémy : poskytují prostorový vizuální záznam pohybů pracovníka, pohybovou aktivitu konkrétních segmentů těla v pracovním prostoru pro identifikaci potenciálně nevhodných pohybových situací.

Zařízení je navrženo jako modulární platforma, systém lze přizpůsobit specifickým potřebám pracoviště. Modularita umožňuje rozšíření počtu senzorů, integraci nových technologií a upravení funkcionality podle požadované ceny a aplikace.

Multisenzorický systém pouze neshromažďuje data, ale také je předzpracovává a analyzuje, čímž vytváří datovou základnu pro další interpretaci a rozhodování. Dohledový a řídicí personál získává expertní informace o aktuálním zdravotním stavu a aktivitě pracovníků, což umožňuje včasnou reakci na potenciálně nevhodné situace.

### **2. Architektura systému**

Systém je rozdělen do dvou hlavních vrstev, které vzájemně spolupracují:

#### **A. Senzorická vrstva**

Monitoring fyziologie a pohybu:

Nositelné senzory monitorující srdeční aktivitu (především tepovou frekvenci), teplotu povrchu těla a pohybovou aktivitu pracovníka. Data umožňují vyhodnotit fyzickou zátěž pracovníka, odhalit únavu nebo přetížení a upozornit na potenciální zdravotní rizika.

Pro měření srdeční aktivity je použit jedno-kanálový senzor EKG, pro měření pohybové aktivity je použit 3 osý senzor pohybu: 3× akcelerometr, 3× gyroskop, 3× magnetometr. Je možná konfigurovatelná vzorkovací frekvence. Přenos dat je pomocí Bluetooth® Low Energy (BLE). Použitý model je voděodolný (IP68) a odolný proti nárazům. Vyměnitelná baterie je možná uživatelem (Maxell CR2025 knoflíková baterie).



Obr.1: Monitoring fyziologie a pohybu těla jako celku

#### Monitoring mikroklimatu:

Nositelná jednotka snímá teplotu a vlhkost v bezprostředním okolí pracovníka resp. oděvu pracovníka. Tato data umožňují identifikovat tepelnou zátěž, riziko přehřátí nebo dehydratace a podporují prevenci pracovních úrazů v extrémních podmínkách.

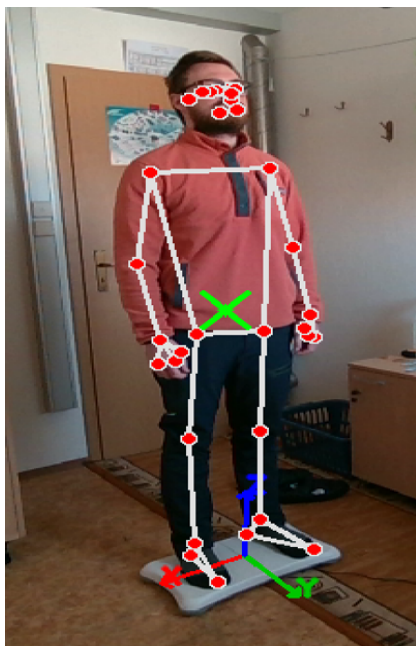
Systém je navržen jako nositelné (wearable), robustní a samostatně napájené zařízení určené k empirickému sběru dat o teplotě a vlhkosti v různých vrstvách a na typech oblečení. Cílem je poskytnout kvantitativní data pro analýzu vlivu vnějších faktorů na uživatelský komfort. Systém funguje na principu sítě senzorů (Wireless Body Sensor Network), kde jeden centrální uzel na těle sbírá data z připojených senzorů a odesílá je v reálném čase přes Wi-Fi do PC pro zpracování těchto dat. Počet senzorů je až 8 senzorů, napájení je Li-ion/Li-pol akumulátorem s integrovaným managementem nabíjení. Ukládání dat je možné také na microSD kartu.



Obr.2: Monitoring teploty a vlhkost v bezprostředním okolí pracovníka

Vizuální monitoring:

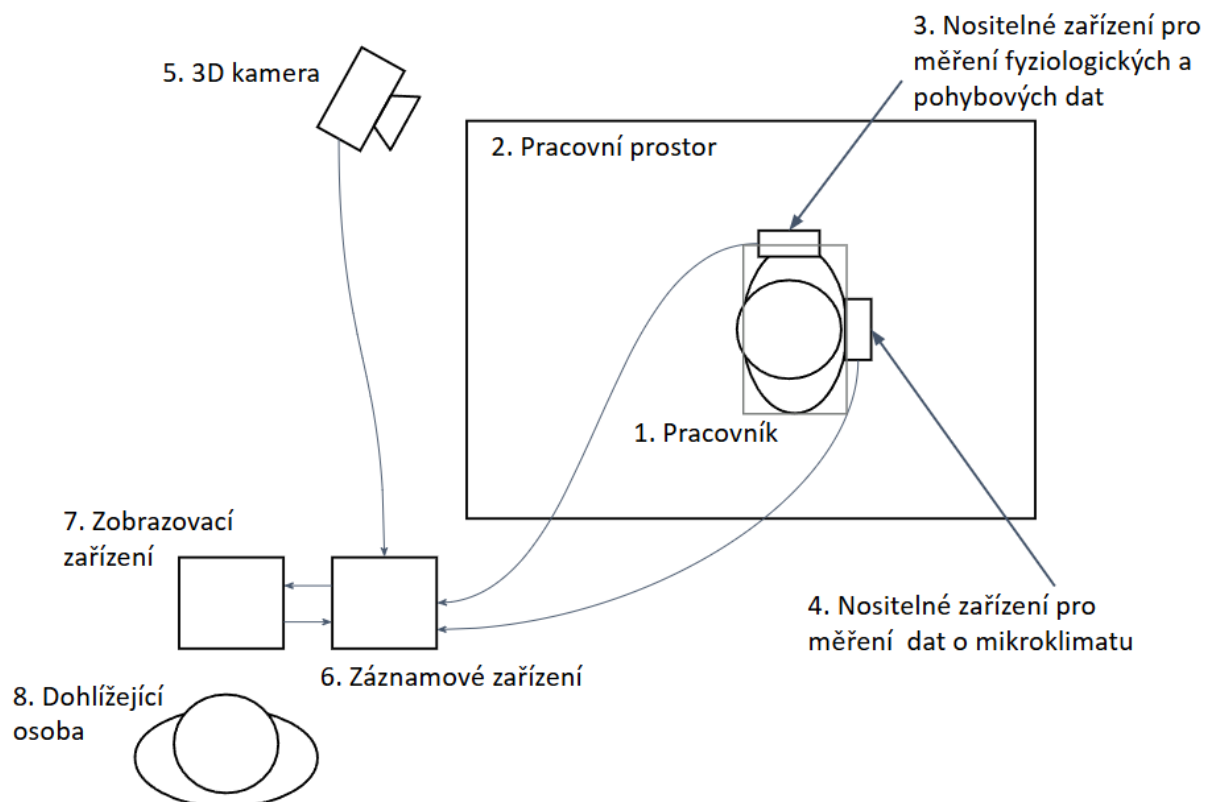
3D kamerový systém sleduje pohybovou aktivitu segmentů těla, pozici pracovníka a interakci s okolím. Poskytuje podklad pro analýzu pohybových aktivit, detekci nekomfortních situací a prostorovou koordinaci v rámci pracovního prostoru. Systém je přenosný a autonomní založený na RGB-D kameře pro bezkontaktní snímání pohybu těla. RGB-D kamera je typu Intel RealSense D455. Probíhá během záznamu automatická synchronizace dat. Napájení systému je bateriové, přenos dat prostřednictvím USB-C a frekvence záznamu 30Hz.



Obr.3: 3D kamerový systém pro sledování pohybové aktivity segmentů těla

Uspořádání systému jako celku kombinuje a propojuje jednotlivé části v souladu s obr. 4, kde

1. Pracovník – monitorovaný subjekt, jehož fyziologické a pohybové parametry jsou sledovány.
2. Pracovní prostor – vymezená zóna monitorovaná senzory a kamerami.
3. Nositelná zařízení (fyziologie/pohyb) – senzory připevněné přímo na těle pracovníka.
4. Nositelná zařízení (mikroklima) – měří teplotu a vlhkost v bezprostředním okolí pracovníka.
5. 3D kamera – optický systém pro prostorový tracking a vizualizaci pohybů.
6. Záznamové zařízení – centrální uzel pro sběr, ukládání a předzpracování dat.
7. Zobrazovací zařízení : rozhraní pro dohledový personál a vizualizaci dat.
8. Vyšetřující / dohledový personál : osoba vykonávající kontrolu, analýzu a rozhodování.



Obr.4: Schéma uspořádání systémů pro komplexní záznamu fyziologických, pohybových a klimatických dat.

## B. Vrstva zpracování dat

Metody umělé inteligence:

AI algoritmy předzpracovávají a vyhodnocují biomedicínská, pohybová a mikroklimatická data. Umožňují detekci anomálií na základě expertních znalostí a potenciálních rizikových stavů u pracovníků.

Automatická identifikace rizikových stavů:

Systém rozpoznává diskomfortní situace, jako je pád, zvýšená srdeční aktivita, přetížení nebo vystavení extrémnímu prostředí. Parametry detekce jsou nastavitelné podle konkrétního

pracovníka nebo typu pracovního prostředí.

### **3. Funkční specifikace a režimy provozu**

Expertní dohled v reálném čase:

Dohledový personál má k dispozici vizualizaci zdravotního stavu a pohybových aktivit pracovníka. Umožňuje okamžitou reakci na kritické události a podporuje rozhodování o bezpečnosti.

Autonomní provoz:

Systém může fungovat bez stálé přítomnosti člověka. Generuje varování pouze při identifikaci odchylek od normálních parametrů, např. pád pracovníka nebo vysoká fyzická zátěž.

Nastavitelnost a personalizace:

Systémy pro monitoring nebezpečných stavů mohou být personalizovatelné podle potřeby pracovního prostředí a konkrétní vykonávané činnosti.

### **4. Závěr**

Byl ověřen proces přípravy a realizace Smart senzorového bezpečnostního a dohledového systému pro monitorování pracujících, který integruje multisenzorickou platformu pro zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Komplexní systém, sestávající z nositelných senzorů fyziologických dat a mikroklimatu v kombinaci s 3D kamerovým systémem, byl testován na jeho funkčnost v reálném čase.

V rámci funkčních zkoušek byla ověřena stabilita přenosu dat prostřednictvím technologií Bluetooth® Low Energy a Wi-Fi, stejně jako schopnost systému provádět synchronizovaný sběr dat. Algoritmy prokázaly schopnost předzpracování biomedicínských a pohybových dat pro identifikaci rizikových stavů, jako je pád, nadměrná zátěž nebo tepelný diskomfort.

Výsledky testování potvrdily robustnost modulární platformy a její schopnost poskytovat dohledovému personálu reprodukovatelné informace o zdravotním stavu pracovníků. Systém vykazuje vysokou míru flexibility díky možnosti přenositelnosti a personalizaci uspořádání podle specifických požadavků pracovního prostředí. Realizovaný funkční vzorek naplňuje předpoklady pro uplatnění v průmyslové praxi, zejména v provozech s nároky na bezpečnost, kde stávající komerční řešení neumožňují takto komplexní propojení vizuálních a biomedicínských dat.

V rámci projektu budou výsledky využity pro další vývoj expertních aplikací v oblasti monitorování bezpečnosti práce a pro komerční nasazení v průmyslových i specializovaných provozech.