

Пропонована корисна модель стосується інтелектуальних устілок для пари взуття, які призначені для моніторингу рухового навантаження людини в реальному часі.

Відомі інтелектуальні устілки для моніторингу параметрів, що характеризують рухову активність людини, а саме шляхом вимірювання рухового навантаження людини з використанням датчиків тиску, що розташовані в устілці взуття.

Відома устілка для моніторингу та оцінювання внутрішнього мікроклімату взуття (Патент США № 7716005, МПК А43В7/147, А61В5/01, опубл. 2010 р.), яка містить датчики тиску, вологості та температури, які з'єднані з обчислювальним пристроєм.

Відома устілка призначена переважно для вимірювання температури стопи у взутті для людей, хворих на цукровий діабет, що обмежує функціональні властивості устілки.

В міжнародній заявці (WO 2001/035818, МПК А61В5/103, опубл. 25.05.2001 р.), описано інтелектуальну устілку для моніторингу зусиль, що розвивають ноги спортсмена при стрибках у довжину, висоту, під час спортивних ігор і відпочинку. Моніторинг зусиль проводився за допомогою щонайменше одного датчика тиску, що розташований в устілці взуття. Для передачі вимірюваних даних до зовнішнього електронно-обчислювального пристрою в устілці розміщено приймально-передавальний пристрій з антеною і джерелом живлення.

Але вищеописана інтелектуальна устілка має обмежені функціональні можливості тому, що не дозволяє на підставі отриманих значень сигналів з датчиків тиску визначати рухове навантаження людини під час спортивних занять у реальному часі.

Найбільш близьким до заявленої корисної моделі є технічне рішення за патентом RU 2531689 С1 (МПК А51В5/103, А43В17/00), в якому кожна з інтелектуальних устілок пари взуття містить чотири датчики тиску, де перший датчик розташований в області п'яти стопи, другий датчик тиску розташований в носковій частині стопи, і два датчики тиску, що розташовані по траєкторії сили реакції опору при ходьбі, тобто в області плеснової кістки стопи. При цьому вищезгадані датчики виконані у вигляді тензометричних перетворювачів (тензодатчиків), які підключені до джерела живлення (блок живлення) і входів мікроконтролера, який здійснює реєстрацію аналогових сигналів з тензометричних перетворювачів і перетворює їх в цифрову форму. Робота всіх елементів устілки забезпечується джерелом живлення. Моніторинг рухального навантаження людини, що здійснюється з використанням вищезгаданих інтелектуальних устілок, відбувається наступним чином: реєструють сигнали з тензодатчиків (чотирьох датчиків тиску) обох устілок за допомогою пристрою обробки сигналів і за часовим співвідношенням сигналів з тензодатчиків правої і лівої устілок визначають вид рухової активності.

Але оснащення кожної устілки (правої і лівої) датчиками тиску, що розташовані в устілці, як зазначено вище, обмежує функціональні можливості інтелектуальної устілки у зв'язку з тим, що не дозволяє отримати цілісного розуміння динаміки стопи людини внаслідок відсутності інформації щодо зміни розподілу навантаження на всю стопу, її згинання та просторове положення під час різноманітних видів діяльності.

Задачею корисної моделі є розробка інтелектуальних устілок для пари взуття для моніторингу рухового навантаження людини в реальному часі, які б мали розширені функціональні можливості за рахунок вимірювання розподілу навантаження на всю стопу, їх згинання та просторове положення під час різноманітних видів діяльності, що підвищувало б достовірність моніторингу рухового навантаження людини в реальному часі.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомих інтелектуальних устілках для пари взуття, кожна з яких містить чотири датчики тиску, де перший датчик розташований в області п'яти стопи, другий датчик розташований в носковій частині стопи та два датчики розміщені по траєкторії сили реакції опору при ходьбі, а саме в області плеснової кістки стопи, мікроконтролер, блок живлення, причому входи мікроконтролера кожної устілки з'єднані з виходами датчиків тиску, а вихід мікроконтролера кожної устілки пари взуття з'єднаний через модуль бездротового зв'язку з входом зовнішнього комп'ютерного пристрою, який є єдиним для обох устілок, згідно з корисною моделлю, кожна устілка пари взуття додатково містить принаймні по два додатково введені датчики тиску, по одному датчику згину, по одному датчику руху, причому один додатково введений датчик тиску розташований в передній частині стопи в області великого пальця, другий додатково введений датчик тиску розташований в арковій області стопи, датчик згину розміщений уздовж осі стопи і виконаний з можливістю вимірювання ступеня згинання та розгинання стопи під час динамічних рухів, датчик руху розміщений в арковій області стопи і виконаний з можливістю вимірювання лінійного прискорення і просторового положення стопи, причому входи мікроконтролера кожної устілки додатково сполучені з виходами двох додаткових датчиків тиску і додатково введенних в кожну устілку датчиків згину та руху, при цьому мікроконтролер кожної устілки виконаний з можливістю збору всіх сигналів від датчиків, що розміщені на устілці, їхнього аналого-цифрового перетворення і передачі на зовнішній комп'ютерний пристрій.

При цьому зовнішній комп'ютерний пристрій, що є єдиним для обох устілок, виконаний з програмним забезпеченням, що передбачає можливість обробки і аналізу сигналів, отриманих від

мікроконтролерів з обох устілок через модуль бездротового зв'язку, які характеризують зміну навантаження на всю стопу, її згинання та просторове положення під час різноманітних видів навантажень.

Таким чином, запропоновані інтелектуальні устілки для пари взуття дозволяють вимірювати та здійснювати аналіз розподілу навантаження на всю стопу, її згин та просторове положення під час різноманітних видів діяльності, що підвищує достовірність моніторингу рухового навантаження людини в реальному часі і розширює функціональні можливості інтелектуальних устілок для пари взуття.

Крім цього, запропонована корисна модель здійснює таке синергетичне поєднання даних від різних типів датчиків, що дозволяє отримати більш глибоке та точне розуміння динаміки стопи.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де:

на фіг. 1 схематично показано устілки для пари взуття, на кожній з яких для моніторингу рухового навантаження на всю стопу зображено наступні елементи, а саме: шість датчиків тиску, один датчик згину, один датчик руху, мікроконтролер, модуль бездротового зв'язку, блок живлення;

на фіг. 2 схематично зображено блок-схему, яка включає елементи, що розміщені на устілках для пари взуття для моніторингу навантаження на всю стопу, її згинання та просторове положення під час різноманітних видів навантаження, що з'єднані бездротовим зв'язком із зовнішнім комп'ютерним пристроєм.

На фіг. 1 подано:

- Датчики тиску (1-6): шість дискретних датчиків тиску стратегічно вбудовані в устілку. Їхнє розташування відповідає основним несучим анатомічним областям людської стопи, включаючи, але не обмежуючись, медіальну та латеральну п'яти, головки першої та п'ятої плеснових кісток, а також область великого пальця. Ці датчики розроблені для безперервного вимірювання динамічної сили, що чиниться стопою на поверхню устілки, тим самим генеруючи карту розподілу підошовного тиску високої роздільної здатності в реальному часі. Вибір технології датчиків (наприклад, п'єзореzystивні, ємнісні або тонкоплівкові п'єзоелектричні) є критично важливим для досягнення оптимальної чутливості, повторюваності та мінімального гістерезису в фізіологічному діапазоні тиску. Ці комплексні дані про тиск є фундаментальними для аналізу перенесення ваги, виявлення зон пікового тиску та оцінки асиметрії навантаження.

- Датчик згину (7): гнучкий датчик згину інтегрований в устілку, зазвичай розташований уздовж поздовжньої осі, наприклад, під плесною областю або простягаючись до щиколотки, та може бути виконаний, наприклад, у вигляді сенсора Flex Sensor 2.2. Його призначення полягає в безпосередньому вимірюванні ступеня згинання та розгинання (підошовного згинання та тильного згинання) стопи під час динамічних рухів, таких як ходьба або біг. Це надає критично важливі кінематичні дані, пов'язані з артикуляцією стопи та гомілковостопних суглобів, пропонуючи уявлення про фази ходи та механіку суглобів, які доповнюють дані про тиск та прискорення.

- Датчик руху (тобто Акселерометр) (8): вбудований багатоосовий акселерометр, розміщений в області арки стопи, такий як модуль ADXL335, включений для точного відстеження лінійного прискорення та змін просторової орієнтації стопи. Цей датчик фіксує критично важливі динамічні параметри, такі як прискорення кроку, розмах стопи та загальний рух тіла. Він служить для контекстуалізації даних про тиск, надаючи інформацію про положення та рух стопи в тривимірному просторі, що є важливим для всебічного аналізу ходи, оцінки сил реакції опори та точного розпізнавання стану руху. У більш досконалих реалізаціях це може бути інерційний вимірювальний блок (IMU), який також включає гіроскоп для вимірювання кутової швидкості та орієнтації.

- Мікроконтролер (9): мікроконтролер функціонує як центральний процесорний блок інтелектуальної устілки. Це малопотужний, високопродуктивний обчислювальний компонент, вбудований безпосередньо в гнучку структуру устілки або розміщений у компактному модулі, прикріпленому до неї. Його основні функції включають: високочастотний збір даних з усіх інтегрованих датчиків; аналого-цифрове перетворення та кондиціонування сигналу для забезпечення цілісності даних; та початкову обробку даних, яка може включати розрахунки в реальному часі, такі як базове вилучення ознак (наприклад, піковий тиск, час контакту, події ходи) та попередню класифікацію стану руху за допомогою оптимізованих вбудованих алгоритмів. Існує безліч прикладів, які підтверджують критичну роль мікроконтролера або центральної системи обробки даних в інтелектуальних устілках для збору, обробки та загальної координації системи.

- Для бездротового зв'язку використаний бездротовий модуль (10) Bluetooth Low Energy (BLE), з'єднаний з мікроконтролером (9) для забезпечення надійної та енергоефективної бездротової передачі даних. Цей модуль забезпечує безперебійний зв'язок між устілкою та зовнішніми обчислювальними пристроями (наприклад, смартфонами, ПК, спеціальними приймачами). Ця бездротова можливість є вирішальною для забезпечення потокової передачі даних у реальному часі, що дозволяє негайний зворотний зв'язок, візуалізацію в реальному часі та безперервний моніторинг без фізичного прив'язування.

- Блок живлення (11), що виконаний як інтегрована, компактна та перезаряджувана батарея (11) і служить основним джерелом живлення для всіх електронних компонентів в інтелектуальній устілці.

Батарея вибрана для забезпечення достатньої операційної автономності для тривалого використання (від 8 годин до кількох днів) безперервного збору даних. Для більшого підвищення зручності користувача та стабільності, можуть бути включені альтернативні або додаткові рішення для живлення, такі як гнучкі сонячні панелі, вбудовані у верхню частину взуття, або механізми збору кінетичної енергії, які перетворюють рух на електричну енергію.

Блок-схема кожної устілки (фіг. 2) містить шість датчиків тиску (1-6), датчик згину (7), датчик руху (8), мікроконтролер (9), модуль бездротового зв'язку (10), блок живлення (11) (на фіг. 2 не вказаний). При цьому виходи всіх датчиків, що розміщені на устілці, з'єднані з входами мікроконтролера (9), вихід якого за допомогою бездротового зв'язку (10) з'єднаний з комп'ютерним пристроєм (12) (що є єдиним для обох устілок).

Збір, обробка та бездротова передача даних відбувається наступним чином (фіг. 2.). Аналогові сигнали, що генеруються датчиками тиску (1-6), згину (7) та руху (8), одночасно надходять до мікроконтролера (9), усередині контролера ці аналогові сигнали перетворюються на цифровий формат, після чого відбувається кондиціонування сигналу (наприклад, фільтрація шуму, посилення, калібрування) для забезпечення точності та надійності даних. Далі мікроконтролер (9) виконує початкову обробку, яка може включати ознаки у реальному часі (наприклад, ідентифікацію подій ходи, значень пікового тиску) та попередню класифікацію станів руху за допомогою оптимізованих, малопотужних вбудованих алгоритмів в мікроконтролер (9). Оброблені пакети даних, кожен з яких ретельно позначений часовою міткою, згодом передаються бездротовим шляхом через модуль Bluetooth на сполучений зовнішній комп'ютерний пристрій (12). Це забезпечує потокову передачу даних у реальному часі, що є критично важливим для застосувань, що вимагають негайного зворотного зв'язку або моніторингу в реальному часі. Завдяки тому, що в запропонованій корисній моделі здійснюється синергетична інтерпретація вхідних даних від датчиків тиску (1-6), датчиків згину (7), датчика руху (8), що підвищує достовірність моніторингу навантаження на всю стопу, її згинання та просторове положення під час різноманітних видів навантаження. А саме, дані про тиск показують, де стопа навантажується, дані про рух вказують, як вона рухається в просторі, а дані про згин розкривають внутрішню артикуляцію стопи. Ця всебічна інтеграція даних дозволяє розширити область застосування інтелектуальної устілки за межі базового аналізу ходи до більш складних застосувань, таких як надання високоточних сигналів управління для зовнішніх пристроїв (екзоскелетів, нейростимуляторів) або створення більш імерсивних та реалістичних досвідів віртуальної реальності шляхом відтворення складних кінематичних рухів стопи.

Запропонована корисна модель може знайти широке застосування для діагностичних та реабілітаційних цілей, вона дозволяє здійснювати моніторинг пацієнтів, які відновлюються після травм або мають проблеми з рухливістю, крім того корисна модель може бути ефективно використана для раннього виявлення відхилень, пов'язаних з тиском стопи, таких як діабетичні виразки стопи, опорно-рухового апарата, таких як підшовний фасциїт, та неврологічних станів, таких як хвороба Паркінсона. Використання запропонованих інтелектуальних устілок для пари взуття значно зменшить суб'єктивний елемент ручних спостережень, тим самим знижуючи ризик людської помилки та підвищуючи точність вимірювань, що призводить до більш стандартизованого підходу, забезпечуючи послідовність незалежно від того, хто проводить тест або де він виконується.

Запропоновані інтелектуальні устілки для пари взуття є значним кроком уперед у галузі носіїв біомеханічних датчиків, її інноваційна архітектура, що поєднує датчики кожної устілки тиску, згину та прискорення з інтегрованим контролером, зв'язаним бездротовим зв'язком із зовнішнім комп'ютерним пристроєм, дозволяє отримати безпрецедентно глибоке розуміння динаміки стопи завдяки синергетичній інтеграції даних з вищевказаних датчиків.

Переваги цього пристрою охоплюють широкий спектр застосувань. У спорті він пропонує інструменти для оптимізації продуктивності та проактивного запобігання травмам шляхом детального аналізу техніки та розподілу навантаження. У сфері охорони здоров'я та реабілітації система надає об'єктивні дані для діагностики, моніторингу прогресу та персоналізації терапевтичних втручань, зокрема для пацієнтів з опорно-руховими та неврологічними розладами. Крім цього, здатність устілки функціонувати як інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для управління зовнішніми пристроями, такими як екзоскелети та нейростимулятори, а також для взаємодії у віртуальній реальності, відкриває нові можливості для покращення якості життя.

Майбутні перспективи цієї технології є багатообіцяючими. Постійний збір даних у реальних умовах дозволить створювати більш повні індивідуальні профілі рухів, що сприятиме розробці ще більш персоналізованих програм тренувань, реабілітації та профілактики захворювань. Розвиток алгоритмів штучного інтелекту, що працюють з цими багатими мультимодальними даними, може призвести до ще точнішого прогнозування ризиків та адаптивного зворотного зв'язку в реальному часі. Зрештою, ця інтелектуальна устілка має потенціал не просто відстежувати рухи, а й активно впливати на здоров'я, продуктивність та взаємодію людини з цифровим світом, роблячи передові біомеханічні знання доступними та інтегрованими в повсякденне життя.

Технічний результат, що досягається, полягає у синергетичному поєднанні вхідних даних від датчиків тиску (навантаження), згину, руху, що підвищує достовірність моніторингу навантаження на всю стопу, її згинання та просторове положення під час різноманітних видів навантаження, що дозволяє отримати безпрецедентно глибоке розуміння динаміки стопи.

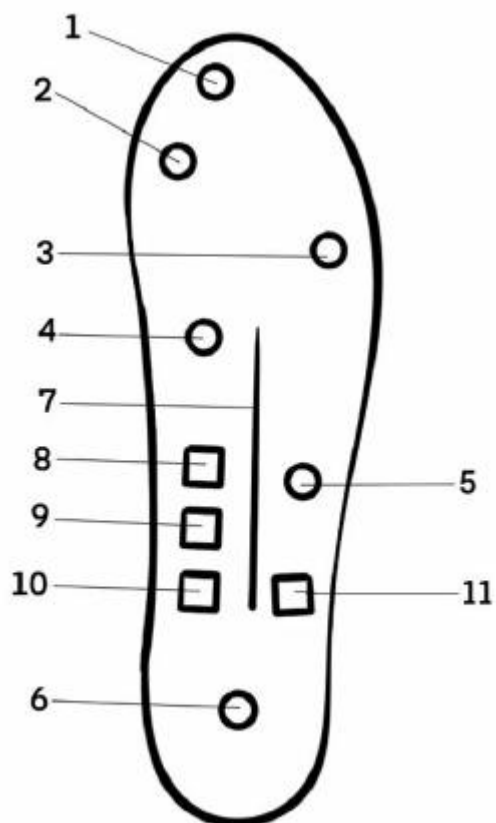


Fig. 1

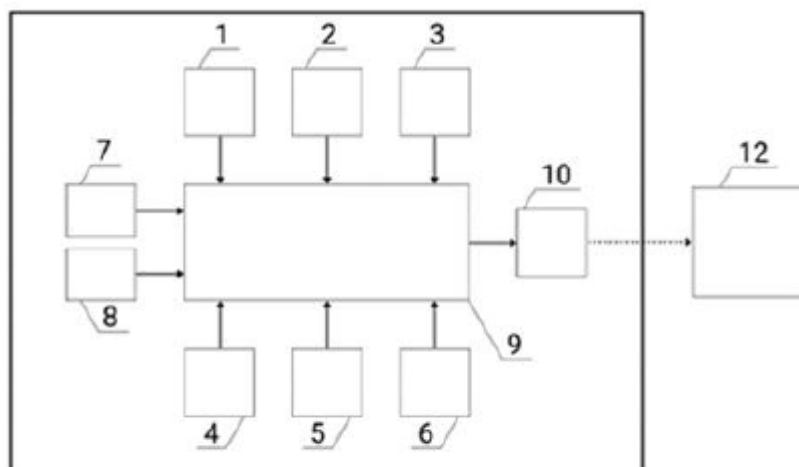


Fig. 2