

УДК 616-78

# ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЮ АНТРОПОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИТИНИ

Вовянюк Світлана Ігорівна

[sivovianko@gmail.com](mailto:sivovianko@gmail.com)

Колбасін Максим Олександрович

[maximkolbasin03@gmail.com](mailto:maximkolbasin03@gmail.com)

Кафедра біомедичної інженерії

Національного технічного університету

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна

**Анотація** – Мета роботи: створення програмно-апаратного комплексу для контролю антропометричних параметрів дітей, який забезпечує автоматизований збір, збереження, аналіз та оцінку показників з можливістю своєчасної корекції виявлених відхилень через індивідуальні рекомендації. Комплекс розробляється з урахуванням можливості використання у педіатричній практиці та батьками вдома, що робить його універсальним інструментом для моніторингу здоров'я в різних умовах. Актуальність: розрахунок антропометричних даних у дітей включає значну кількість параметрів, що потребує багато часу та зусиль лікаря. При вимірюванні до 20 показників і подальшому веденні індивідуального статистичного контролю виникає ризик помилок і затримок у корекції. Автоматизація та впровадження програмно-апаратного комплексу дозволяють значно прискорити обробку даних, зробити процес більш точним та доступним, зменшити навантаження на медичного працівника та підвищити якість контролю за фізичним розвитком пацієнтів. Новизна: комплекс передбачає інтеграцію автоматичного моніторингу споживання нутрієнтів із антропометричними вимірюваннями. Згідно з наказом МОЗ України №1073 від 03.09.2017, для корекції відхилень ефективно застосовується індивідуалізована дієтотерапія, адаптована до вікових норм і потреб конкретної дитини. Розрахунковий модуль дозволяє лікарю та батькам вибирати оптимальний склад білків, жирів і вуглеводів, а також гнучко налаштовувати ці показники відповідно до рекомендацій спеціаліста. Практична реалізація: програмно-апаратний комплекс підтримує роботу на смартфонах, комп'ютерах і ноутбуках, що важливо в умовах обмеженого доступу до спеціалізованого обладнання. Використання такої системи сприятиме своєчасному виявленню проблем, профілактиці захворювань, пов'язаних з ожирінням або дефіцитом маси, і забезпечить комплексний підхід до гармонійного розвитку дитини на всіх етапах її росту та формування.

**Ключові слова** – антропометрія, програмно-апаратний комплекс, автоматизація, гармонійний розвиток, дієтотерапія.

## I. ВСТУП

Фізичний розвиток (ФР) – динамічний процес росту та біологічного дозрівання дитини в тому чи іншому періоді дитинства. Рівень фізичного розвитку в дитячому віці – один з об'єктивних показників стану здоров'я, що є результатом взаємодії ендогенних факторів (здоров'я батьків, перебіг вагітності і пологів, наявність вроджених аномалій розвитку, тип конституції, інтенсивність обміну речовин, ендокринний фон організму, активність ферментів крові та секретів травних залоз) та екзогенних факторів (особливості клімату, санітарногігієнічні умови, характер харчування, перенесені захворювання,

рухова і розумова активність, режим дня та ін.) [1].

Рівень ФР, адекватний віку, є важливою ознакою здоров'я та одним із критеріїв оцінки якості заходів, що направлені на зниження захворюваності та дитячої смертності. Чим суттєвіші відхилення у ФР має дитина, тим вища вірогідність у неї хронічної соматичної патології [2].

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначає фізичний розвиток дитини як сумарний індикатор стану здоров'я дитини і популяції в цілому, а показники фізичного розвитку дітей раннього віку як критерій оцінки соціально-економічного розвитку окремого регіону або країни [1].

Надмірна кількість жирової тканини в організмі дитини, достатня для погіршення здоров'я, відома як дитяче ожиріння. Вважається, що зростаюча поширеність ожиріння в усьому світі значною мірою залежить від змінних навколишнього середовища, способу життя та культурного контексту [3]. Дитяче ожиріння є одним із наслідків порушеного харчування, недостатньої фізичної активності, а також може бути зумовлене ендокринними розладами, генетичними схильностями та порушеннями у режимі дня. Існує значний негативний вплив ожиріння на здоров'я дитини як у дитинстві, так і в дорослому віці [4].

Розрахунок антропометричних даних у дітей включає значну кількість параметрів, що потребує багато часу та зусиль лікаря. При вимірюванні до 20 показників і подальшому веденні індивідуального статистичного контролю виникає ризик помилок і затримок у корекції. Наша попередня робота дозволила автоматизувати розрахунки [5]. Створення програмно-апаратного комплексу дозволить значно прискорити не лише обробку, але і збір даних, зробити процес більш точним, зменшити навантаження на медичного працівника та підвищити якість контролю за фізичним розвитком пацієнтів. Інтеграція автоматичного моніторингу споживання нутрієнтів із антропометричними вимірюваннями сприятиме підвищенню ефективності індивідуалізованої дієтотерапії для корекції відхилень.

## II. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Антропометрія – комплекс методів оцінки групових та індивідуальних морфологічних особливостей тіла дитини. Методика антропометричних досліджень уніфікована і передбачає вимірювання тіла стандартними вимірювальними інструментами. Визначають такі показники фізичного розвитку:

- маса тіла;
- довжина тіла (зріст);
- обвід голови;
- обвід грудної клітки;

- співвідношення маси тіла та довжини (зросту);
- індекс маси тіла [6].

До тотальних розмірів тіла відносять довжину і масу, окружність грудної клітки. Відношення маси тіла до його довжини і окружності грудної клітки є сумарною характеристикою, як щільності, так і масивності. Довжина тіла разом із окружністю грудей дає уявлення про форму тіла [7].

Антропометричний контроль охоплює вимірювання зросту, маси тіла, окружності грудної клітки, голови, талії та стегон, довжин сегментів тіла, товщини шкірно-жирових складок і пропорцій тіла. Вимірювання проводяться за стандартними методиками з подальшим внесенням результатів до карти спостережень та порівнянням із нормативами. Для оцінювання зросту та маси тіла дітей відповідної статі й віку застосовуються графіки сигмальних відхилень і таблиці перцентильних кривих, наведені у [8]. Такі ж таблиці використовують для визначення динаміки росту та маси тіла у дітей раннього віку. Товщина підшкірної жирової складки вимірюється каліпером за усталеними методиками [9].

Розрахунки та контроль у більшості випадків виконуються вручну на спеціальних бланках, що потребує значних часових витрат та підвищує ризик помилок у підрахунках і збереженні даних. Це ускладнює швидке реагування на відхилення та не забезпечує зручного динамічного аналізу.

Харчова поведінка школярів часто характеризується недостатнім вмістом основних нутрієнтів у щоденному раціоні. Стан організації харчування в закладах освіти потребує системного моніторингу за його якістю, повноцінністю та безпечністю відповідно до фізіологічних потреб дітей [10]. У 2017 р. затверджено Наказ МОЗ № 1073 «Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії», що визначає вікові нормативи нутрієнтів [10]. Водночас, у практиці закладів освіти відсутня належна участь медичних працівників у складанні

меню та система дієтичного харчування для дітей, які його потребують [10].

Оскільки традиційні методи антропометричних досліджень є досить трудомісткими та малонадійними, в останні роки з'являються розробки, спрямовані на автоматизацію вищевказаних вимірювань. Пандемія COVID-19 дала поштовх розвитку безконтактних методів антропометричних вимірювань, з метою зниження ризику передачі хвороб [11]. Для цього пропонується застосування різних сенсорів: тензометричного датчика для маси тіла, інфрачервоного та ультразвукового датчика для зросту й окружності голови, а також датчика MLX90614-DCI для температури. За даними [11], середня похибка розробленої системи при вимірюванні температури становить 0,06 %, зросту – 0,3 % для інфрачервоного датчика та 2,19 % для ультразвукового, окружності голови – 0,7 %, а маси тіла – 0,92 %.

В свою чергу, дослідження [12] описує прототип цифрової антропометричної системи для первинної медичної допомоги, який поєднує ультразвукові та тензометричні сенсори для вимірювання зросту та маси тіла немовлят і використовує IoT-технологію. Особливістю цієї системи є бездротове підключення сенсорів до комп'ютера або мобільного додатку, автоматичне передавання даних у реальному часі, інтеграція з хмарними сервісами для зберігання результатів та можливість віддаленого доступу до вимірювань без фізичної присутності медичного персоналу. Система автоматично збирає та обробляє вимірювальні дані, забезпечує безконтактне вимірювання, а також дозволяє зберігати результати для подальшого аналізу.

Також варто виокремити прототип портативного пристрою на базі Arduino, описаний в статті [13], що було розроблено для автоматизованого збору антропометричних даних та оцінки харчового статусу. Система оснащена різними сенсорами, які дозволяють вимірювати масу тіла, зріст та лінійні розміри, а також швидко оцінювати стан здоров'я пацієнтів у польових умовах.

Разом з тим, більшість наявних рішень є вузькоспеціалізованими й не розраховані на інтеграцію в систему комплексного спостереження за дітьми, що підкреслює потребу у розробці програмно-апаратного комплексу нового типу.

### III. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Проведення антропометричних досліджень у дітей є трудомістким процесом, що вимагає значних часових та людських ресурсів. Лікаряю доводиться виконувати численні вимірювання, аналізувати показники та формувати рекомендації, що нерідко супроводжується ризиком помилок і затримками у корекції. Використання програмно-апаратного комплексу, який поєднує автоматизований збір, обробку та збереження антропометричних даних із розрахунком індивідуальних дієтичних рекомендацій, дозволяє суттєво підвищити ефективність цього процесу. Така система здатна звільнити лікаря від рутинної роботи та забезпечити своєчасне виявлення відхилень. Одночасно батьки отримують чіткі та обґрунтовані поради щодо харчування дитини, що дає змогу ефективно контролювати та коригувати масу тіла за потреби. Впровадження програмно-апаратного комплексу для автоматизації антропометричних досліджень є перспективним і доцільним напрямом розвитку педіатричної практики.

### IV. МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є розробка програмно-апаратного комплексу для автоматизованого збору, збереження, аналізу та оцінки антропометричних показників дітей, що забезпечуватиме своєчасне виявлення і корекцію відхилень шляхом формування індивідуальних рекомендацій. Комплекс має поєднувати апаратні модулі для точних вимірювань та програмне забезпечення для обробки даних та моніторингу динаміки зміни антропометричних параметрів.

### V. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

*Датчик для вимірювання ваги.*  
Тензодатчик – це перетворювач, який

перетворює силу або вагу на електричний сигнал. Цей сигнал потім може бути інтерпретований різними приладами для забезпечення точних вимірювань. Тензодатчики бувають різних типів і конструкцій, кожен з яких адаптований до конкретних застосувань та середовищ [14].

У вимірюванні ваги в електронних системах також широко застосовуються тензометричні давачі, що працюють на основі зміни електричного опору під дією механічного навантаження. Такі давачі зазвичай реалізуються у вигляді мостових схем – повних або половинних мостів, де зміна опору резистивних елементів призводить до появи різниці потенціалів на виході мосту. У випадку використання половинного мосту для коректного формування сигналу потрібна балансувальна схема з додатковими резисторами. Сигнал, що виникає, має дуже малу амплітуду (порядку мілівольт), тому його необхідно підсилювати та перетворювати у цифрову форму для подальшої обробки мікроконтролером.

Цю функцію може виконувати спеціалізований перетворювач HX711, який є високоточним 24-бітним АЦП з вбудованим програмованим підсилювачем (32, 64, 128). Він здатен працювати з малими сигналами тензодатчиків, забезпечуючи високу роздільну здатність (до  $2^{-24}$  від повного діапазону), та має два канали (A і B), що дозволяє одночасно підключати кілька датчиків. Типова швидкість дискретизації становить 10 або 80 вимірювань за секунду. Передача даних здійснюється по двопровідному синхронному інтерфейсу (пін *DT* для даних та *SCK* для тактування), що забезпечує сумісність із більшістю мікроконтролерів. Передача даних від HX711 до мікроконтролера здійснюється через простий двопровідний протокол.

*Вимірювання товщини підшкірної жирової складки.* Для отримання точної інформації про лінійні розміри у вимірювальних системах часто застосовують цифрові штангенциркулі, які мають вбудовану електроніку для формування та передачі даних. На відміну від класичних механічних приладів, цифрові моделі

обладнані індуктивною або ємнісною системою зчитування положення рухомої рамки, що дозволяє перетворювати зміщення у електричний сигнал. Отримані дані обробляються внутрішнім мікроконтролером штангенциркуля та відображаються на рідкокристалічному дисплеї.

Крім відображення результату вимірювання, більшість сучасних штангенциркулів обладнані спеціальним інтерфейсом для передачі даних до зовнішніх пристроїв. Найбільш поширеним є Digimatic-інтерфейс. Він дозволяє у цифровому форматі передавати значення вимірювань у реальному часі до комп'ютера, мікроконтролера або інших реєструвальних пристроїв. Сигнал формується у вигляді серії імпульсів, які кодують бінарне представлення вимірюваної величини. Передача здійснюється через два основні контакти: лінію даних та лінію синхронізації.

*Датчик для вимірювання зросту.* Для визначення зросту людини широко застосовуються ультразвукові давачі відстані. Одним із найпопулярніших є HC-SR04, що працює на частоті 40 кГц. Він забезпечує вимірювання у діапазоні від 2 см до 4 м з типовою точністю  $\pm 3$  мм. Час відгуку датчика становить приблизно 20 мс, що дозволяє здійснювати понад 50 вимірювань на секунду. Принцип дії полягає у випромінюванні короткого ультразвукового імпульсу через пін *TRIG* і вимірюванні часу до повернення сигналу, що фіксується на пині *ECHO*. Тривалість імпульсу прямо пропорційна відстані до об'єкта. Знаючи швидкість поширення звуку в повітрі ( $\approx 343$  м/с при  $20^\circ\text{C}$ ), мікроконтролер легко перераховує час у відстань, а далі – у значення зросту, віднімаючи отримане число з висоти встановлення сенсора.

*Передача інформації.* Для ефективного збору антропометричних даних у комплексі варто використовувати бездротову передачу інформації. Доцільно застосувати Bluetooth-модулі JDY-31 у кожному сенсорному пристрої, оскільки вони працюють у діапазоні 2,4 ГГц, підтримують серійний профіль SPP і дозволяють передавати дані у

форматі, сумісному з більшістю мікроконтролерів та комп'ютерних систем.

Приймання даних доцільно виконувати Bluetooth-модулем HC-05, який приймає дані від усіх сенсорних модулів і передає їх на комп'ютер або мобільний додаток. Варто використовувати режим майстер або слейв для одночасного підключення кількох пристроїв та синхронного отримання інформації.

*Живлення модулів.* Для забезпечення автономної роботи вимірювальних модулів варто використовувати дві послідовно з'єднані батарейки по 3,6 В, що забезпечує сумарну напругу 7,2 В. Такий підхід дозволяє жити модулі протягом тривалого часу без потреби частішої підзарядки. Доцільно передбачити можливість зарядки через універсальний порт USB Type-C, що спрощує обслуговування та підвищує мобільність системи. Рекомендовано застосувати літій-іонні або літій-полімерні акумулятори з достатньою ємністю для кількох годин безперервної роботи та захистом від перенапруги і глибокого розряду для продовження ресурсу батарей.

*Середовище програмування.* Для створення програмної частини комплексу було використано програмне середовище Qt Creator, яке забезпечує зручний інтерфейс для розробки кросплатформених застосунків. Основна частина програмної логіки реалізована мовою C++.

Qt Creator є кросплатформеним IDE, яке розроблено для забезпечення максимальної продуктивності програмістів [15]. Послідовний порт Qt забезпечує базову функціональність для налаштування, операцій вводу/виводу, а також отримання та налаштування керуючих сигналів розпіновки RS-232 [16].

## VI. РЕЗУЛЬТАТИ

### 6.1. Реалізація апаратної складової

Апаратна складова розробленого комплексу передбачає чотири пристрої для вимірювання основних антропометричних даних. Це ваги, ростомір, штангенциркуль та центральний хаб, до якого підключаються всі інші пристрої.

Кожен із трьох вимірювальних модулів (ваги, ростомір, штангенциркуль) працює автономно, має власний вбудований акумулятор для живлення, а також уніфікований порт USB Type-C для заряджання. Такий підхід забезпечує мобільність пристроїв, спрощує обслуговування та дозволяє використовувати їх у різних умовах без потреби постійного підключення до джерела живлення.

Для зручності користувача доцільно реалізувати світлову індикацію за допомогою двох світлодіодів: червоний діод сигналізує про увімкнений стан пристрою та горить постійно, зелений – вказує на відсутність підключення до хаба і гасне після встановлення з'єднання. Така логіка може бути реалізована через контроль лінії State на Bluetooth-модулі. До конструкції кожного пристрою доцільно додати дві кнопки: одну – для ввімкнення/вимкнення живлення, іншу – для ініціації процедури вимірювання. Після натискання кнопки фіксації результатів пристрій виконує 10 послідовних вимірів, розраховує середнє значення і надсилає отримані дані на хаб для подальшого зчитування та обробки.

Вимірювальний модуль ваг використовує тензодатчик у поєднанні з мікросхемою HX711 для точного зчитування маси тіла. Пристрій побудовано на базі тензодатчиків типу 50 кг, які об'єднані у мостову конфігурацію. Схема підключення наведена на рисунку 1.

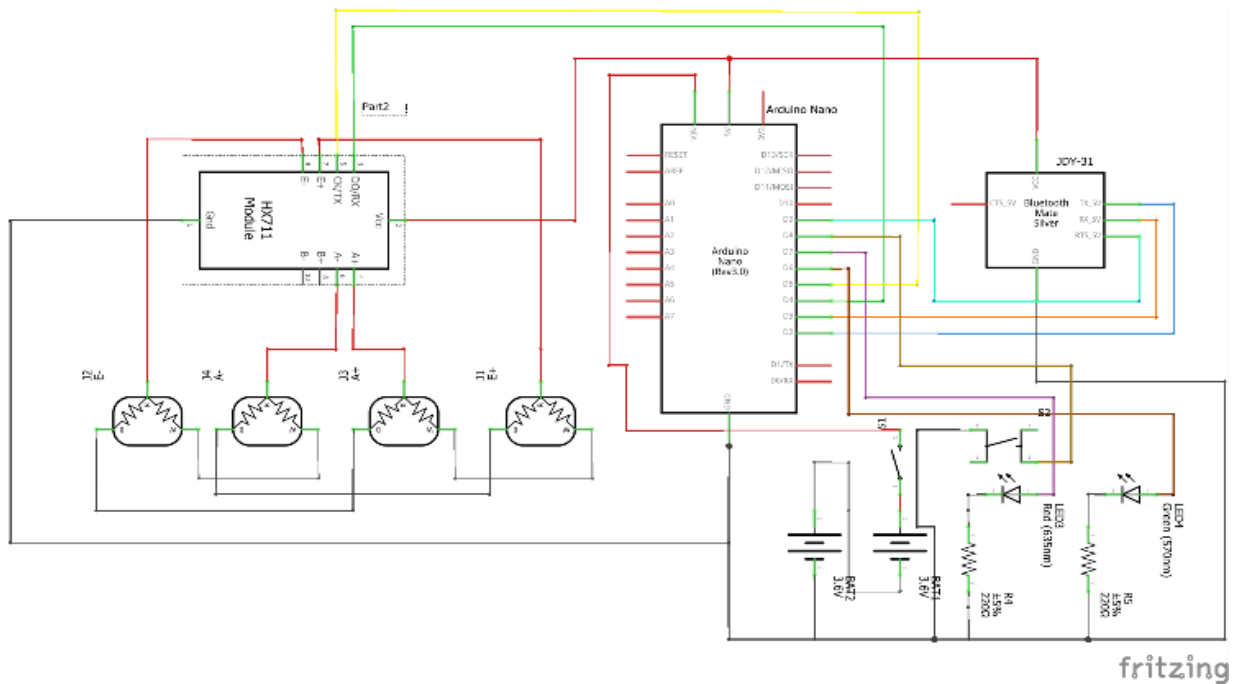


Рисунок 1 – Схема підключення електронних вагів

Готовий прилад (ваги) повинен мати тверду підкладку з міцного та стабільного матеріалу (наприклад, акрилу, ABS-пластику або тонкого металу), яка забезпечує рівномірний розподіл навантаження на тензодатчик. Це критично важливо для точності вимірювань, оскільки нерівна або деформована основа може спричинити похибки.

У даному прототипі в якості підкладки була використана шліфувана фанера товщиною 10 мм, яка забезпечує достатню жорсткість і легкість конструкції. Такий матеріал є зручним для обробки, дозволяє надійно закріпити всі компоненти та витримує необхідне навантаження під час вимірювання ваги.

У результаті проведеної компоновки та фіксації всіх конструктивних елементів було сформовано прилад, зовнішній вигляд якого представлено на рисунку 2

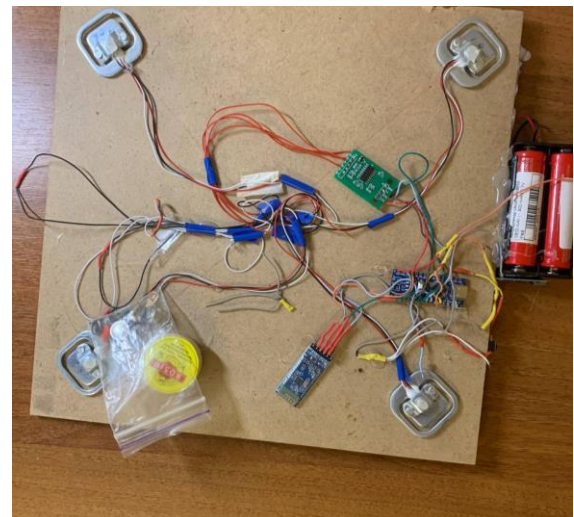


Рисунок 2 – Готовий прилад – електронні ваги

Модуль ростоміра побудовано на базі ультразвукового сенсора HC-SR04, який фіксує відстань до верхівки голови дитини та, відповідно, обчислює її зріст. Схема підключення – на рисунку 3.

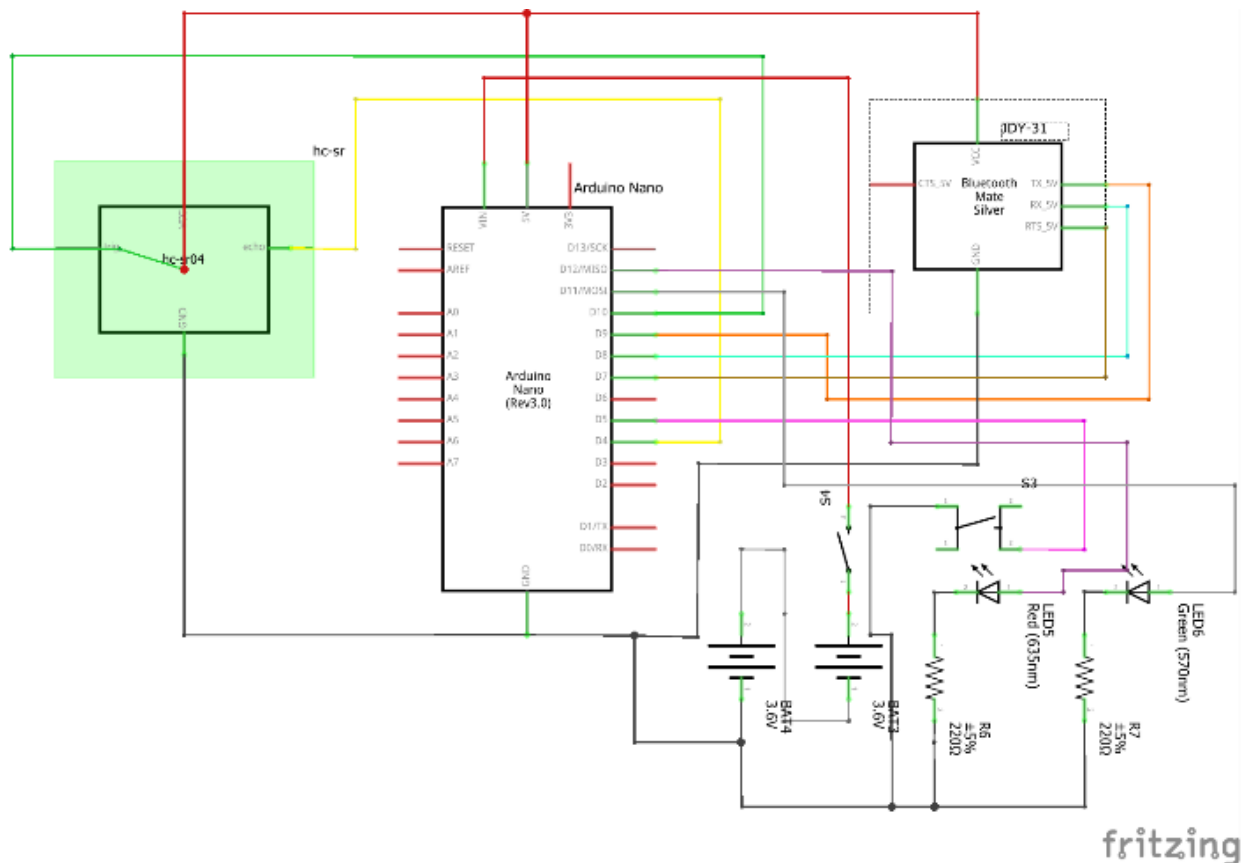


Рисунок 3 – Схема підключення ультразвукового далекоміра

Корпус пристрою доцільно виготовити з легкого та міцного ABS-пластику, який поєднує високі механічні характеристики з невеликою вагою. Такий матеріал забезпечує надійний захист електроніки від механічних пошкоджень та зовнішніх впливів, зберігаючи при цьому компактність конструкції. Крім того, ABS-пластик легко обробляється, що спрощує процес монтажу та встановлення компонентів усередині корпусу. У даному випадку для реалізації прототипу було використано готовий корпус, у якому вже виконано попередні отвори для розміщення основних елементів пристрою, таких як сенсор, кнопки, світлодіоди та порт для заряджання. Результат компоновки конструктивних елементів пристрою для вимірювання зросту наведено на рисунку 4.

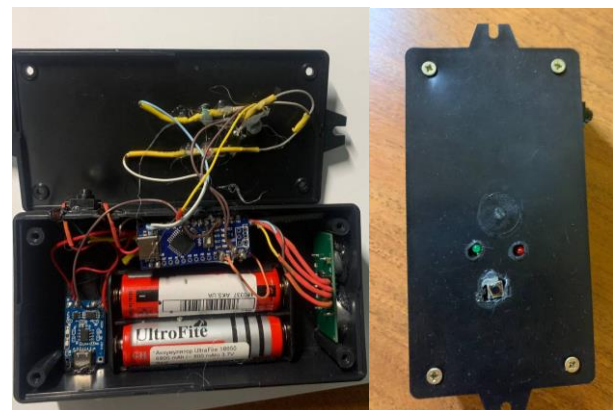


Рисунок 4 – Готовий прилад – ультразвуковий зростомір

Для вимірювання товщини жирової складки, відстаней між тілом і рухомими елементами, а також розмірів кінцівок (наприклад, довжини передпліччя або стопи), варто використовувати цифровий штангенциркуль із можливістю зчитування даних через цифровий інтерфейс.

На рисунку 5 представлено схему підключення електронного штангенциркуля.

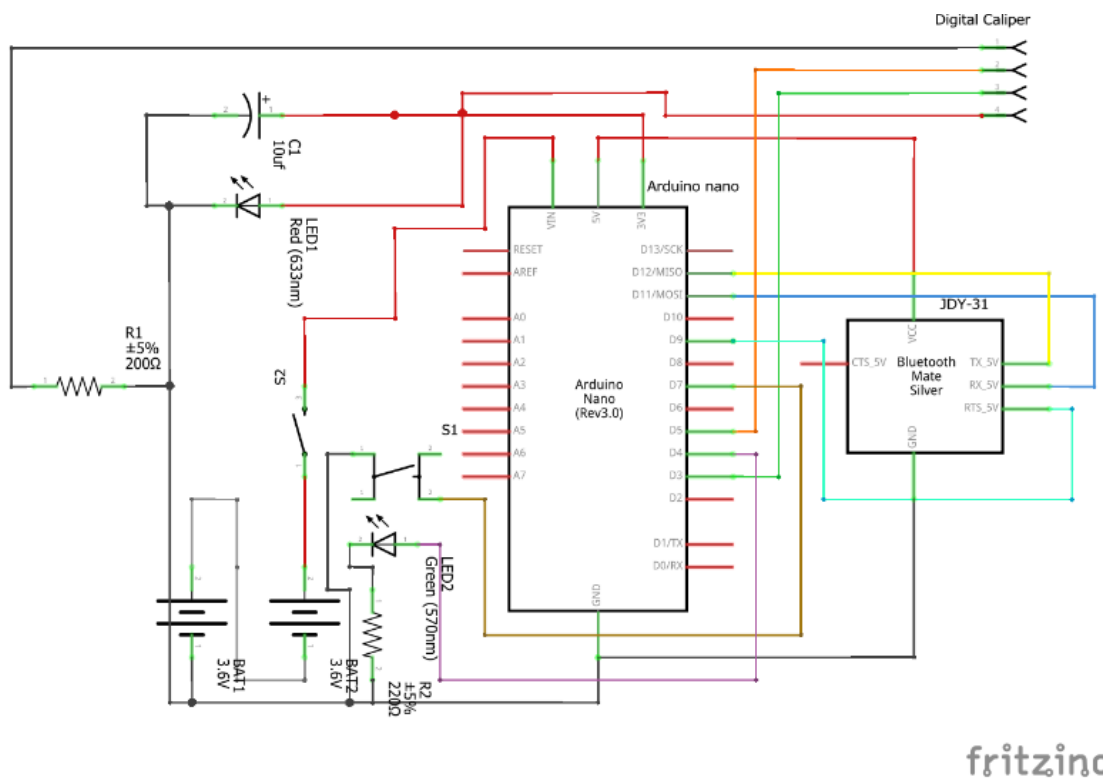


Рисунок 5 – Схема підключення електронного штангенциркуля

Проблемою є те, що цифрові штангенциркулі зазвичай працюють в діапазоні живлення від 1,5 В до 3,3 В, тоді як Arduino Nano має стандартні виходи з напругою 3,3 В або 5 В. У випадку використання моделі штангенциркуля без вбудованої батарейки, живлення подається безпосередньо від плати Arduino через пін 3,3 В, що є допустимим варіантом у межах робочого діапазону пристрою. При цьому лінії даних (DATA) та тактування (CLOCK) підключаються до цифрових пінів Arduino (наприклад, D11 та D12 відповідно), що дозволяє зчитувати інформацію безпосередньо.

Доречно використати такий підхід, оскільки він спрощує схему живлення та уніфікує керування пристроєм. Водночас варто передбачити базові засоби стабілізації – як-от підключення конденсатора на 10 мкФ у паралель до живлення та резистора, що обмежує струм у колі, для запобігання пульсаціям та підвищення надійності передачі сигналу. Додатково в колі присутній резистор на 200 Ом, що обмежує

струм до штангенциркуля, захищаючи його від можливих перенавантажень.

У результаті компоновки та фіксації основних елементів було сформовано готовий пристрій, зовнішній вигляд якого наведено на рисунку 6.



Рисунок 6 – Готовий прилад – цифровий штангенциркуль

Центральний хаб оснащено модулем HC-05, який виконує функцію приймача Bluetooth-сигналів. Він приймає дані з трьох вимірювальних модулів (ваги, ростомір, штангенциркуль), обробляє отриману

інформацію та передає її на персональний комп'ютер або мобільний застосунок для подальшого аналізу чи збереження. Таке технічне рішення було обрано з урахуванням умов експлуатації комплексу в медичних установах, зокрема лікарнях, де не завжди

використовуються сучасні комп'ютери з вбудованим Bluetooth-модулем. Схема підключення – на рисунку 7.

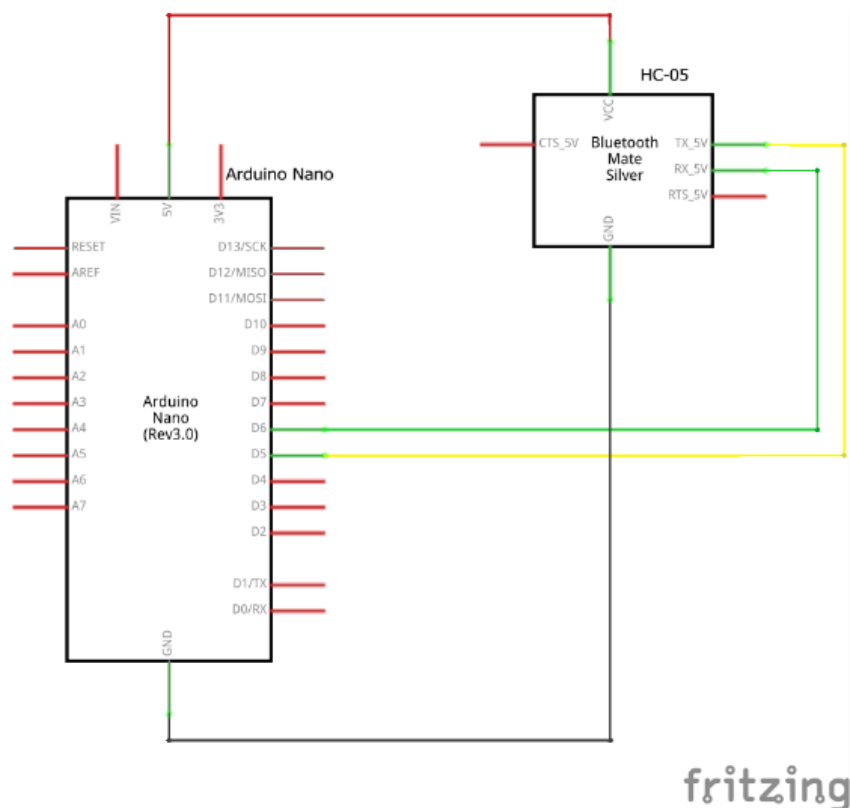


Рисунок 7 – Схема підключення приймача інформації (головного хабу)

На рисунку 8 наведено готове інженерне рішення приймача даних.



Рисунок 8 – Готовий прилад – головний хаб

## 6.2. Реалізація програмної складової

Програмне забезпечення розроблено на основі кросплатформового фреймворку Qt, що дозволило забезпечити не лише зручний інтерфейс користувача, а й високий рівень сумісності з різними ОС. Дані зчитуються через серійний порт, автоматично обробляються та візуалізуються у вигляді електронних графіків. Таким чином, програмне забезпечення виконує роль не лише приймача, а й аналітичного інструмента для медичних працівників та батьків.

Для зчитування даних із Bluetooth-модуля HC-05, підключеного до Arduino, в даному проєкті використано бібліотеку SoftwareSerial, яка дозволяє створити додатковий програмний серійний порт.

Підключення здійснюється таким чином: вивід TX модуля HC-05 підключається до піна 5 Arduino, а RX – до піна 6, відповідно оголошується програмний серійний порт за допомогою конструкції SoftwareSerial BT(5, 6).

Оцінка фізичного розвитку починається з визначення індексу маси тіла (ІМТ), який у дітей розраховується з урахуванням віку та статі, адже пропорції тіла змінюються в процесі росту.

Для цього система використовує дані вимірювань маси тіла, зросту та інших

параметрів, порівнюючи їх з міжнародними стандартами ВООЗ у вигляді центильних та сигмальних шкал.

Програмна частина автоматично визначає відхилення від норми, обчислює значення перцентилів і сигмальних відхилень, формує графіки динаміки розвитку та інтерпретує їх у зручній для лікаря формі. Приклад електронного графіку представлено на рисунку 9.

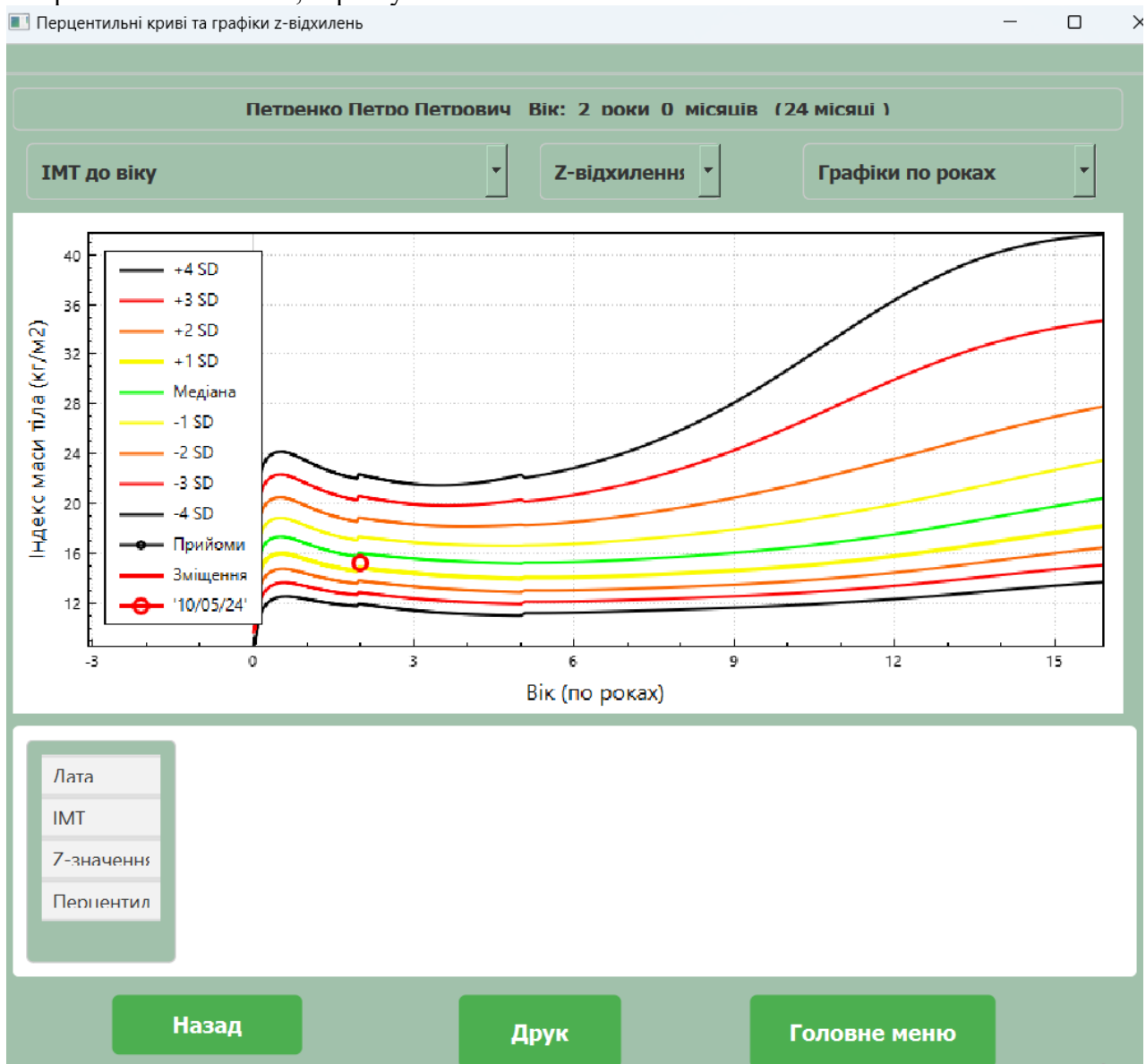


Рисунок 9 – Приклад електронного графіку сформованого програмною частиною

На основі отриманих результатів система оцінює гармонійність фізичного розвитку, виявляє ризики ожиріння чи недостатньої маси тіла та проводить комплексний аналіз пропорцій тіла дитини.

Окрім антропометричних розрахунків, програмний модуль інтегрує функцію

підбору дієтотерапії. Вона враховує норми енергетичної цінності та нутрієнтів згідно з наказом МОЗ №1073 від 03.09.2017. Форма електронної форми для розрахунку основних нутрієнтів представлена на рисунку 10.

The screenshot shows a software application for calculating nutrients. It features a menu at the top with options like 'МЕНЮ' and 'БАЗА'. Below the menu, there are input fields for 'Виберіть прийом їжі' (Select meal) and 'Виберіть тип продукту' (Select product type). The main part of the interface consists of two tables for selecting products. The left table lists products like 'Гречана ...', 'Бурак свіж.', and 'Помідор ...' with columns for 'Калорії', 'Жири', 'Білки', 'Вуглеводи', 'ХО', and 'вага'. The right table lists products like 'Сіль', 'Помідор ...', 'Салат свіж.', 'Перець ...', and 'Огірок ...' with similar columns. Below these tables are buttons for 'Видалити', 'Очистити', 'Зберегти набір', and 'Видалити набір'. A 'КОНТРОЛЬ СКЛАДУ РАЦІОНУ' (Ration composition control) section is also present. At the bottom, there is a summary table with columns for 'Калорії', 'Жири', 'Білки', 'Вуглеводи', 'ХО', and 'вага'. A dialog box titled 'Введення ваги' (Weight input) is open, showing a value of 100 and buttons for 'OK' and 'Cancel'.

Рисунок 10 – Форма для розрахунку нутрієнтів

Автоматизація дозволяє в режимі реального часу розраховувати калорійність, білкову, жирову та вуглеводну складову харчування, порівнювати їх з фізіологічними нормами і попереджати перевищення чи дефіцит нутрієнтів.

## VII. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Сучасний підхід до моніторингу фізичного розвитку дітей вимагає врахування широкого спектра антропометричних показників, оскільки лише один індекс маси тіла (ІМТ) не дає повної картини стану здоров'я. Набір необхідних параметрів змінюється залежно від віку, тому для об'єктивної оцінки доцільно застосовувати сигмальний та перцентильний методи, які дозволяють

своєчасно виявляти відхилення від норми та відслідковувати динаміку змін.

Для ефективної реалізації цього підходу необхідна автоматизація збору, обробки та аналізу даних.

Огляд літератури показав наявність прототипів мультисенсорної безконтактної антропометричної системи. Але вони пропонують суто виміри антропометричних параметрів без прямої інтеграції з програмним забезпеченням та без можливості автоматизованого контролю подальшого розвитку дитини.

Оптимальним рішенням є створення програмно-апаратного комплексу, що поєднує сенсорні модулі для вимірювань, мікроконтролер для первинної обробки сигналів та програмне забезпечення,

розроблене на основі кросплатформового інструментарію Qt Creator. Такий комплекс зможе працювати на персональних комп'ютерах та мобільних пристроях, підтримуючи основні сучасні операційні системи. Орієнтовний розмір програмного забезпечення складає до 200 МБ, що дозволяє оптимально поєднувати функціональність та ефективність використання ресурсів пристрою.

Функціонал комплексу має включати не лише базові розрахунки середніх значень, але й проведення перцентильного аналізу, визначення сигмальних відхилень, візуалізацію динаміки та збереження історії вимірювань для подальшого аналізу.

Важливим доповненням стане модуль дієтотерапії, який автоматизує розрахунок кількості нутрієнтів відповідно до наказу МОЗ №1073 від 03.09.2017 «Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії».

## VIII. ВИСНОВКИ

1. Виконання вимірювань і обробки даних вручну потребує значних трудових та часових ресурсів, що знижує оперативність виявлення відхилень.
2. Створення та впровадження програмно-апаратного комплексу для збору, збереження, аналізу та візуалізації антропометричних показників дозволить автоматизувати весь процес, зменшити навантаження на медичний персонал та забезпечити своєчасну корекцію виявлених відхилень.
3. Інтеграція модуля дієтотерапії у комплекс дозволить оперативно формувати індивідуальні рекомендації згідно з нормами МОЗ України, що підвищить ефективність профілактики ожиріння та забезпечить гармонійний розвиток дітей.
4. Використання програмно-апаратного комплексу у роботі лікарів та батьків сприятиме підвищенню точності моніторингу, покращенню взаємодії між медичними працівниками та родиною, а

також створить умови для тривалого контролю та аналізу розвитку дитини.

**Фінансування.** Дане дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Згода на публікацію.** Пацієнти участі в дослідженні не приймали.

**ORCID ID та внесок авторів.**

0000-0002-6889-3197 (A, D, E, F)

Vovianko Svitlana

0009-0004-4737-607X (B, C, D) Kolbasin

Maksym

A – Концепція роботи та дизайн, B – аналіз даних, C – Відповідальність за статистичний аналіз, D – Написання статті, E – Критичний огляд, F – Остаточне схвалення статті.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фізичний розвиток дітей та його оцінка : метод. рекомендації / Н. В. Молочек, Т. М. Фалалєєва, О. І. Цирюк ; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології та медицини». – Київ, 2023. – 13 с.
2. Горленко О. М., Ленченко А. В., Дебрецені О. В., Сочка Н. В. Фізичний розвиток дітей : метод. вказівки для студентів III курсу мед. фак. ДВНЗ «УжНУ» з педіатрії. – Ужгород : ДВНЗ «УжНУ», 2023. – 102 с.
3. Єрмольєв В. О. Особливості формування маси тіла та її компонентів, як показників фізичного розвитку / В. О. Єрмольєв. – Вінниця, 2019. – 108 с.
4. Childhood obesity: trends and potential causes. Anderson PM, Butcher KE. *Future Child*. 2006;16:19–45. doi: 10.1353/foc.2006.0001
5. Козяр В. В., Колбасін М. О., Вов'яно С. І. Автоматизація контролю антропометричних показників дітей // Біомедична інженерія і технологія. – 2024. – № 14. – С.18–25. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-8974.2024.14.303993>
6. Фізичний розвиток дітей : метод. вказ. для студентів III курсу медичного факультету ДВНЗ «УжНУ» / Горленко О. М., Ленченко А. В., Дебрецені О. В., Сочка Н. В. – Ужгород : УжНУ, 2023. – 102 с.
7. Kumari S., Shukla S., Acharya S. Childhood obesity: prevalence and prevention in modern society // *Cureus*. – 2022. – Vol. 14, No. 11. – Article e32006. – DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.32006>
8. Дубчук О. В. Оцінка функціонального стану організму студентів зі сколіозом II–III ступенів під

- час занять на профілакторі Євмінова / О. В. Дубчук // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві : зб. наук. пр. Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. – Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2010. – No.2 (10).
9. Міністерство охорони здоров'я України. Про затвердження Критеріїв оцінювання фізичного розвитку дітей віком до 18 років : наказ від 13 вересня 2024 р. № 1590 ; зареєстр. в Мінюсті України 27 вересня 2024 р. за № 1459/42804. – Київ, 2024.
  10. Вимір шкірно-жирової складки (каліперометрія) // Studfile. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5550311/page:4/>.
  11. Alimuddin I., Tolle H., Mursityo Y. T., Chandra V., Hamdani M. A. Development of Non-Contact Anthropometry System Using Infrared and Ultrasonic Sensors for Detecting Stunting in Children under Five. Sensors. 2021. Vol. 11, No. 4. P. 69. DOI: <https://doi.org/10.3390/jsan11040069>
  12. Rialihanto, M. P., Siswati T., Iswanto I., Ardiyanto F. Developing a Digital Anthropometry Device Using IoT-Based Technology. The Open Public Health Journal, 2025, 18, e18749445406189. DOI: <https://doi.org/10.2174/0118749445406189250623053039>
  13. Ardianto E. T., Oktafa H., Husin H., Afriansyah F. L., Pratiwi B. Y., Elisanti A. D. Prototype Design of Arduino-based Automatic Portable Anthropometric and Health Nutrition Assessment Tool // *IJHITECH*. – 2025. – Vol. 3, No. 1. – P.38.–44. DOI: <https://doi.org/10.25047/ijhitech.v3i1.5538>
  14. LCM Systems. (n.d.). Ultimate Guide to Load Cells: Everything you need to know – Introduction to Load Cells. Retrieved September 6, 2025, from LCM System . – Електронний ресурс. – Режим доступу <https://www.lcmsystems.com/Applications/ultimate-guide-to-load-cells-everything-you-need-to-know>
  15. Qt Development Tools // Qt. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.qt.io/product/development-tools>.
  16. Qt Serial Port // Qt Documentation. — Електронний ресурс. — Режим доступу: <https://doc.qt.io/qt-6/qtserialport-index.html>.

UDC 616-78

# HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM FOR MONITORING CHILDREN'S ANTHROPOMETRIC PARAMETERS

Vovianko Svitlana

[sivovianko@gmail.com](mailto:sivovianko@gmail.com)

Kolbasin Maksym

[maximkolbasin03@gmail.com](mailto:maximkolbasin03@gmail.com)

Department of Biomedical Engineering  
National Technical University of Ukraine  
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Kyiv, Ukraine

**Abstract** – Purpose: To develop a hardware-and-software system for monitoring the anthropometric parameters of children that provides automated collection, storage, analysis, and evaluation of measurements, with the possibility of timely correction of detected deviations through individualized recommendations. The system is being designed for use both in pediatric practice and by parents at home, making it a versatile tool for health monitoring in various settings. Relevance: The calculation of children's anthropometric data involves a large number of parameters, which requires significant time and effort from physicians. When up to 20 measurements are taken and individual statistical monitoring is maintained, there is a risk of errors and delays in corrective actions. Automating and implementing a hardware-and-software complex significantly speeds up data processing, makes the process more accurate and accessible, reduces the workload on medical personnel, and improves the quality of physical development monitoring in patients. Novelty: The system integrates automatic monitoring of nutrient intake with anthropometric measurements. In accordance with Order No. 1073 of the Ministry of Health of Ukraine dated September 3, 2017, individualized dietary therapy tailored to age norms and the specific needs of each child is effectively applied to correct deviations. A calculation module allows the physician and parents to choose the optimal composition of proteins, fats, and carbohydrates, as well as flexibly adjust these indicators according to the specialist's recommendations. Practical implementation: The hardware-and-software system supports operation on smartphones, computers, and laptops, which is important when access to specialized equipment is limited. Use of such a system will promote the timely detection of problems, prevention of diseases associated with obesity or underweight, and ensure a comprehensive approach to the harmonious development of the child at all stages of growth and formation.

**Key words** – Anthropometry, hardware and software system, automation, harmonious development, diet therapy.