УДК 57.087.23

**СПОСІБ РОЗРАХУНКУ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛА ШУМІВ У ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРІ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ПНЕВМОНІЇ У ДІТЕЙ МОЛОДШОГО ВІКУ**

А. Є. Апікова1, Д. О. Федотов1, В. А. Клименко2.

1Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра біомедичної інженерії

2Харківський національний медичний університет

Кафедра пропедевтики педіатрії №2

У статті надано теоретичне обґрунтування використання принципу GPS-технології для діагностики пневмоній. Матриця датчиків, розташована на грудній клітині пацієнта, є неактивною складовою системи на відміну від супутників, що використовуються у GPS. Спосіб реалізується за допомогою рівнянь GPS-навігації, у яких замінюються змінні. Розраховуючи час приходу респіраторного аускультативного шуму до кожного з датчиків матриці, отримують координати джерела запального процесу у тривимірному просторі. За отриманими координатами роблять висновок про глибину та місце положення запального процесу (пневмонії) у легенях пацієнта.

**Ключові слова:** БРОНХОФОНОГРАФІЯ, ПНЕВМОНІЯ, GPS-ТЕХНОЛОГІЯ

**СПОСОБ РАСЧЁТА ЛОКАЛИЗАЦИИ ШУМОВ В ТРЁХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПНЕВМОНИЙ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА**

А. Е. Апикова1, Д. А. Федотов1, В. А. Клименко2.

1Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Кафедра биомедицинской инженерии

2Харьковский национальный медицинский университет

Кафедра пропедевтики педиатрии №2

В статье дано теоретическое обоснование использования принципа GPS-технологии для диагностики пневмоний. Матрица датчиков, располагающаяся на грудной клетке пациента, является неактивной составляющей системы в отличие от спутников, которые использованы в GPS. Способ реализуется при помощи уравнений GPS-навигации, в которых производится замена переменных. Рассчитывая время прихода респираторного аускультативного шума к каждому из датчиков матрицы, получают координаты источника воспалительного процесса в трёхмерном пространстве. По полученным координатам делают вывод про глубину и место положения воспалительного процесса (пневмонии) в лёгких пациента.

**Ключевые слова:** БРОНХОФОНОГРАФИЯ, ПНЕВМОНИЯ, GPS-ТЕХНОЛОГИЯ

**Method for determining of sounds localization in three-dimensional space for diagnosis of pneumonia in young children**

A. E. Apikova1, D. А. Fedotov1, V. А. Klymenko2.

1Kharkiv National University of Radioelectronics

Department of Biomedical Engineering

2Kharkiv National Medical University

Department of Propaedeutic of Pediatrics №2

The theoretical justification for using of the GPS-technology principle for the pneumonia diagnosis was made in the article. The sensor’s matrix is located on a patient’s chest and it’s an inactive system’s component unlike satellites used in GPS. The method is implemented using the GPS-navigation formula with some variables replacements. For determining of the coordinates of the sounds source in the three-dimensional space it’s necessary to calculate time from sound’s source to each sensor of matrix. According to the obtained coordinates the conclusion about the depth and location of the inflammation process (pneumonia) in the patient lungs can be made.

**Keywords:** BRONCHOPHONOGRAPHY, PNEUMONIA, GPS-TECHNOLOGY

**Вступ:** Пневмонія – гостре інфекційне захворювання, найчастіше бактеріальної етіології, що характеризується вогнищевим або дольовим ураженням респіраторних відділів легенів, наявністю внутрішньоальвеолярної ексудації, вираженою у різному ступені лихоманкою та інтоксикацією [1].

Патологія органів дихання займає одне з перших місць у структурі захворюваності дитячого населення, наприклад, пневмонія є головною інфекційною причиною смертності дітей (15% усіх випадків смерті серед дітей до 5 років ) в усьому світі. У 2013 році від пневмонії померло 935 тисяч дітей у віці до 5 років. [2].

При прослуховуванні хворого (аускультації), лікар намагається з’ясувати місцезнаходження джерела патологічних шумів та за характером звуку виявляє вид патології. Від характеру аускультативних звуків (крепітація, сухі чи вологі хрипи, шум тертя плеври) залежить клінічний діагноз [3]. В деяких випадках виникають нечіткі та погано чутні звуки, що заставляє лікаря сумніватися при постановці діагнозу. Крім того, для дітей молодшого віку процес аускультації має певні складнощі та обмеження: маленька дитина часто плаче при дослідженні, не може виконувати команди лікаря про контрольоване дихання; у цьому віковому періоді не застосовуються об’єктивні методи дослідження респіраторної системи, як спірометрія та пікфлоуметрія. За причинами, що вказані вище, мають місце випадки помилкових діагнозів [4].

**Метою роботи є:** автоматизація процесу аускультації при умові використання спеціальної техніки. Це дозволить прослуховувати легені пацієнта, не зважаючи на внутрішні та зовнішні шуми, що не несуть інформацію про патологічні процеси у дихальних шляхах, записувати звукові феномени та відстежувати прогрес лікування, використовувати дані у роботі телемедицини та навчанні майбутніх лікарів-пульмонологів.

**Організація та методи дослідження:** При записі сигналу, що отримується за датчиків, є резон відстежувати його по часовій складовій, звертаючи увагу на час приходу до кожного з датчиків корисної складової сигналу. Завдяки цьому можна розрахувати місце положення джерела шуму в об’ємі, у даному випадку у грудній клітині пацієнта. А саме: для виявлення місця джерела шуму слід вимірювати моменти часу прийому сигналу від джерела. Формулювання схоже на принцип роботи GPS-навігації. Для з’ясування координат GPS-технології використовується розрахунок по чотирьом рівнянням: «відстань дорівнює добутку швидкості світла на різність моментів прийому сигналу споживачем та моменту його синхронного випромінювання від супутників» [5].

$\left|x-α\_{j}\right|=c\left(t\_{j}-τ\right)$

(1)

Де $α\_{j}$ — місце положення,  j-го супутника, $t\_{j}$ — момент часу прийому сигналу від j-го супутнику за годинником споживача, τ — невідомий момент часу синхронного випромінення сигналу усіма супутниками за годинником споживача, c — швидкість світла, $x$ — невідоме тривимірне положення споживача.

Але, для умов живого організму рівняння в оригінальному вигляді не можуть бути використані тому як швидкість проходження звуку у змінному середовищі (біологічному об’єкті) відмінна від швидкості світла у вакуумі (для ідеальних умов). Крім того, замість супутників, що знаходяться на орбіті Землі, використовуються акустичні датчики, які накладаються на шкіру пацієнта навколо грудної клітини. Для нових умов слід замінити швидкість швидкість світла на швидкість розповсюдження звуку в щільному рідкому середовищі, наприклад, воді тому, що тіло містить багато рідини. Як наслідок, замінимо у початковому рівнянні складові, на необхідні для нових умов та отримаємо рівняння, за допомогою яких можна розрахувати місце положення джерела шумів в об’ємі грудної клітини, прийнявши до уваги її розміри.

Для розрахунку місцеположення запального процесу 5 К необхідно прив'язати об'єкт дослідження 8 і матрицю 3 датчиків 4 Дij до системи координат. В даному випадку доцільно використовувати циліндричну систему 2 координат т. я. матриця 3 датчиків 4 Дij розташовується на площині, яка симетрично описує циліндр навколо осі Z. Об'єкт дослідження 8 «вписаний» в створюючу циліндр площину з розташованою на ній матрицею 3 датчиків 4 Дij. Припустимо, що точка 5 К є джерелом сигналу 7. Тоді координати точки 5 К будуть описані таким чином: К(k’, φ, z). У цьому виразі k’ є проекцією на площину XY точки 5 K. Тому відстань ZK дорівнюється відстані Ok’. φ – кут між віссю Х та відрізком Ok’. Отже, z дорівнює аплікат точки 5 К. (Рис.)

П

1

2

5

6

3

7

8

X

О

K

R

Z

Y

ϕ

Дij

K’

Z’

4

Рис. – Положення матриці датчиків у системі координат та розташування біологічного об’єкту з джерелом шумів

З вищесказаного випливає висновок, що точку К можна прив'язати до Декартової системі координат таким чином:

$\left\{\begin{array}{c}x=k`\cos(φ)\\y=k`\sin(φ)\\z=z`\end{array}\right.$

(2)

Розглянемо матрицю датчиків розташовану на циліндричній площині навколо осі Z. Розташування в просторі кожного датчика опишемо так: в циліндричній системі координат кожний датчик з матриці датчиків позначимо Дij, кожний датчик Дij матиме таку координату Дij(k’, φ, z), отже, перевівши координати з циліндричної системи в Декартову отримаємо:

$\left\{\begin{array}{c}x=R\cos(φ)\\y=R\sin(φ)\\z=z\_{ij}\end{array}\right.$

(3)

Де R це радіус циліндру, що описаний навколо осі Z.

Датчики Дij, що знаходяться у просторі і прив'язані до Декартової системи координат утворюють матрицю такого вигляду:

$N=\left(\begin{matrix}Д\_{11}&Д\_{12} \cdots &Д\_{1j}\\Д\_{21}&Д\_{22} \cdots &Д\_{2j}\\\begin{array}{c}\vdots \\Д\end{array}\_{i1}&\begin{array}{c}\vdots \\Д\end{array}\_{i2} \cdots &\begin{array}{c}\vdots \\Д\end{array}\_{ij}\end{matrix}\right)$

(4)

 В оригінальному вигляді рівняння GPS-навігації не можуть бути використані для розрахунку координат джерела запального процесу викликаного пневмонією (надалі джерело). Перетворивши рівняння (1), з координат кінця вектора, віднімаємо координати початку вектора і, підставивши нові змінні, отримаємо ліву частину рівняння:

$\left|Д\_{ij}-x\right|=KД\_{ij}(R\cos(φ)-K^{'}\cos(φ);R\sin(φ)-K^{'}\sin(φ);z\_{ij}-z^{'})$

(5)

Ліва частина перетвореного рівняння GPS дорівнює координатам вектора КДij. Отже, довжина вектору КДij розраховується таким чином:

$KД\_{ij}=\sqrt{(R\cos(φ)-K^{'}\cos(φ))^{2}+(R\sin(φ)-K^{'}\sin(φ))^{2}+(z\_{ij}-z^{'})^{2}}$

(6)

Далі, замінивши швидкість світла, на швидкість поширення звуку в воді, отримаємо:

$v(τ-t\_{ij})$

(7)

Дане рівняння показує відстань яку проходить звук від джерела до кожного датчика Дij за певний час в біологічному об’єкті.

Підставив усі змінні отримаємо:

$\sqrt{(R\cos(φ)-K^{'}\cos(φ))^{2}+(R\sin(φ)-K^{'}\sin(φ))^{2}+(z\_{ij}-z^{'})^{2}}=v(τ-t\_{ij})$

(8)

Обидві частини рівняння описують довжину відстані, яку проходить звук від джерела до кожного датчика Дij. В отриманому рівнянні невідомими будуть координати джерела К(k’, φ, z) і момент часу випромінювання шуму джерелом К τ. Для визначення координат і моменту часу випромінювання слід вирішити систему рівнянь:

$\left\{\begin{array}{c}\sqrt{(R\cos(φ)-K^{'}\cos(φ))^{2}+(R\sin(φ)-K^{'}\sin(φ))^{2}+(z\_{ij}-z^{'})^{2}}=v(τ-t\_{11})\\\sqrt{(R\cos(φ)-K^{'}\cos(φ))^{2}+(R\sin(φ)-K^{'}\sin(φ))^{2}+(z\_{ij}-z^{'})^{2}}=v(τ-t\_{12})\\……………………………………………………………………………………..\\\sqrt{(R\cos(φ)-K^{'}\cos(φ))^{2}+(R\sin(φ)-K^{'}\sin(φ))^{2}+(z\_{ij}-z^{'})^{2}}=v(τ-t\_{mn})\end{array}\right.$

(9)

Отже, підставивши змінні в оригінальному рівнянні GPS-навігації і вирішивши систему рівнянь (9), отримаємо координати джерела К в розглянутому біологічному об’єкті.

**Висновки:** Такий спосіб для розрахунку джерел шумів пневмоній при реалізації має суттєві переваги характеристик, а саме: можливість виявляти місце положення запальних процесів викликаних пневмонією в легенях пацієнта не використовуючи складні та небезпечні методи діагностики; можливість визначати характер патології за специфікою шумів і джерелом розташування їх у дихальній системі; підвищену точність діагнозу вже на першому огляді лікаря пульмонолога за рахунок отримання даних про характер та глибину залягання запального процесу викликаного пневмонією. За допомогою описаного способу є можливість проводити розрахунок координат місяця положення джерел запального процесу викликаних пневмоніями відносно датчиків.

Джерела інформації

|  |
| --- |
|  |

1. Яковлев В. П. Рациональная антимикробная фармакотерапия / В. П. Яковлев, С. В. Яковлев – Руководство. — М.: Литерра, 2003. — 1004 с., с.252
2. Пневмония [Электронный ресурс]: Информационный бюллетень № 331
Ноябрь 2014 г. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs331/ru/>
3. Справочник педиатра /[авт. кол. В.Г. Арсентьев, А.О. Булыгина, Н.В. Гончар и др.] 3-е изд. Под ред. заслуженного деятеля науки РФ, проф. Н.П. Шабалова – СПб.: Питер, 2014. – 736 с.: ил. – (Серия «Спутник врача»).: 412 – 418 с.
4. Восканян А. Г. Пневмония. Особенности течения и лечение больных астмой [Электронный ресурс] / Восканян А. Г., Восканян А. А. / Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования» №6, 2007 (часть 2) C. 20-32 http://www.science-education.ru/24
5. Шебшаевич В. С. Сетевые спутниковые радионавигационные системы /[Шебшаевич В. С. Дмитриев П. П., Иванцев Н. В. и др.] / под ред. В. С. Шебшаевича. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1993. – 408 c.: ил.