

## Прилади і системи біомедичних технологій

<p>Безуглий М.О., Ключко Т.Р., Тымчик Г.С.  <b>Разработка классификатора средств мониторинга биотехнических объектов.</b>          Работа посвящена созданию полной классификации средств мониторинга биотехнических объектов с учетом электромагнитных взаимодействий между объектом и системами наблюдения, диагностики, лечения, которое необходимо для оптимального выбора средств наблюдения за текущим состоянием объектов.</p>	<p>Bezuglyi M.O., Klotchko T.R., Tymchik G.S.  <b>Creation of the classification of the biotechnical objects means monitoring.</b>          In the work state of creation of the whole classification of the biotechnical objects means monitoring with electromagnetic interactions the objects and systems monitoring, diagnostic and treatment, which for the optimal selection of the means monitoring of the current condition object is necessary.</p>
---	--

*Надійшла до редакції  
27 липня 2003 року*

УДК 621.384.3

### ОБРОБКА ТА АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ В МЕДИЦИНІ

<sup>1)</sup>Бехтір О.В., <sup>1)</sup>Сизов Ф.Ф. <sup>2)</sup>Чешиук В.Є., <sup>2)</sup>Кравченко О.В., <sup>2)</sup>Носко М.М., <sup>2)</sup>Ліпкевич О.В.

<sup>1)</sup>Інститут фізики напівпровідників НАН України, м. Київ, Україна

<sup>2)</sup>Київська міська онкологічна лікарня (Кафедра онкології Національного медичного університету ім. О.О.Богомольця), м. Київ, Україна

*Розглянуто методику обробки та аналізу теплових медичних зображень. За допомогою прикладних програм розроблені макети форм представлення термограм, термопрофілів та необхідної медичної інформації для забезпечення можливості виявлення та диференціації типових термограм конкретних клінічних випадків*

#### Вступ

Низка фізичних характеристик біологічних тканин, перебіг метаболічних процесів або фізіологічні функції організму можуть бути представлені у вигляді зображення за допомогою діагностичних засобів. Об'єкт та його зображення фізично тотожні й пов'язані одне з одним співвідношеннями, які характеризують конкретний метод візуалізації [1].

#### Об'єкт дослідження

Термограма – це карта елементів зображення із зареєстрованими в них інтенсивностями, що відповідають розподілу температури в організмі *in vivo* (інформація переноситься інфрачервоним випромінюванням). Таким чином, дистанційна медична термографія є неінвазійним методом функціональної діагностики й нешкідлива для людини, оскільки організм людини не уражається опроміненням та інструментальним втручанням. Можливість виявлення захворювання за допомогою термограм базується на тому, що різні патологічні стани впливають як на розподіл, так і на інтенсивність теплового випромінювання [2, 3].

Згідно зі статистичним аналізом, наведеним у [4], температурна асиметрія тіла людини може вказувати як на запалювальний процес, так і на наявність пу-

хлини. В онкології тепlobачення використовується як допоміжний метод для виявлення пухлин молочних залоз [5]. Актуальність проблеми пов'язана з тим, що рак молочної залози став найпоширенішим онкологічним захворюванням жінок [6].

У [7] виділені такі термографічні ознаки цього захворювання:

- 1.) температурна різниця правої та лівої молочних залоз;
- 2.) дисперсія температур у межах однієї залози;
- 3.) перевищення температури центральних ділянок молочної залози (ареола) над середньою температурою залози.

Практика медичних обстежень потребує кількісної оцінки параметрів теплового зображення. Тому для більш детального аналізу термограми доцільно використовувати термопрофілі. Термопрофіль - це графічне представлення розподілу температури на відрізок заданої довжини в певному напрямку.

Розширити можливості діагностики за допомогою тепловізійних пристроїв можна також шляхом набору типових теплових зображень для певних клінічних проявів патологій і їхнього співставлення з термограмами кожного конкретного хворого.

### **Обговорення експериментальних даних**

За допомогою тепловізійного пристрою з відповідним програмним забезпеченням [8], на базі Київської міської онкологічної лікарні, обстежено післяопераційних онкологічних хворих, причому більшість пацієнтів було прооперовано з приводу різних інтрабдомінальних пухлин і в зв'язку з післяопераційними інтрабдомінальними ускладненнями (релапаратомія). Найбільш інформативною палітрою представлення термограм виявилася палітра, де перехід від більш теплих ділянок до холодніших відбувається в такій послідовності псевдокольорів: білий, жовтий, червоний, зелений, блакитний, синій, фіолетовий, чорний. Кількість відтінків кольорів термограми в даних дослідженнях становила 32. Температурне розділення приладу -  $0,2^{\circ}\text{C}$ , робочий спектральний діапазон -  $\lambda=8\div 14$  мкм. Програмне забезпечення тепловізійного пристрою автоматично встановлює мінімальну температуру в кожному конкретному випадку на основі аналізу температурного інтервалу об'єктів, що знаходяться в полі зору приладу. У дослідженнях, які проводилися в реанімаційному відділенні, порівняно низьку поверхневу температуру (близько  $30^{\circ}\text{C}$ ) мали пов'язки на тілі людини та дренажні пристосування (резинові збирачі серединно-черевного вмісту, катетери, дренажні трубки), що на теплових зображеннях відтворюються чорним та фіолетовим псевдокольорами. Чорним кольором також представлена й постіль, що в даному випадку мала найнижчу температуру з усіх об'єктів, які знаходилися в полі зору тепловізора. Максимальна поверхнева температура тіла людини складала  $39,4^{\circ}\text{C}$  (у випадку операції - холецистоеюноанастомоз при діагнозі - рак головки підшлункової залози, механічна жовтяниця, стадія 4, клінічна група 4; на наступний день після операції).

За допомогою прикладних програм розроблено макет форми представлення термограм, термопрофілів та іншої додаткової медичної інформації за кожною людиною (діагноз, операція, вік, стать тощо), необхідної для адекватного аналізу та інтерпретації отриманих теплових зображень.

На рис. 1-2 наведені розроблені форми по термограмах та термопрофілях відповідно.

На схематичному зображенні людини, поданому поруч з термограмами, червоною стрілкою вказано напрямок, що відповідає тому напрямку, в якому знімалася термограма. Чорною стрілкою на термограмах показані довжина та напрямок відрізків, для яких побудовані термопрофілі.

Первинна інформація по термограмах та термопрофілях (у тому числі і координати відрізків  $X_1, Y_1; X_2, Y_2$ ) містяться в \*.dtl файлах, створених за допомогою оригінального програмного забезпечення, що поставляється з тепловізійним пристроєм.

Розрахунок довжини відрізка на тілі людини здійснюється за формулою:

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}, [\text{мм}].$$

При роботі з \*.dtl файлами координати  $X$  та  $Y$  точки, на яку наведено курсор, висвічуються під кадром у спеціальному вікні, причому координати  $(0, 0)$  має лівий верхній кут кадру, а точка з максимальними числовими значеннями координат  $(254, 254)$  відповідає правому нижньому куту кадру.

Для виведення термопрофілю певної довжини в заданому напрямку необхідно перемістити курсор при натиснутій лівій кнопці мишки з однієї точки в іншу. При цьому у вікні, розташованому поруч з термограмою, з'явиться графік розподілу температури по відрізку.

Місцерозташування  $(X_1, Y_1; X_2, Y_2)$  та довжина відрізків  $(d)$ , для яких побудовані термопрофілі, що представлені на рис.2, вибрані з медичних міркувань у тих зонах тіла людини (див. рис.1), що становлять інтерес для онкохірургів у кожному конкретному клінічному випадку залежно від патології.

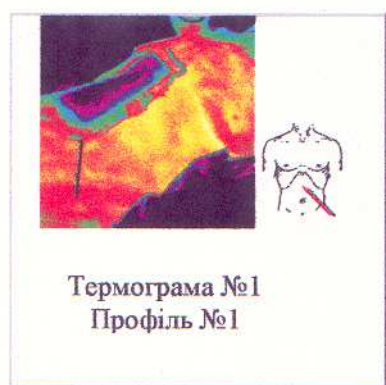
На базі Київської міської онкологічної лікарні також зняті термограми в пацієнтів з онкозахворюваннями молочних залоз та м'яких тканин.

На рис. 3-4 наведені термограми хворої з попереднім діагнозом - фібросаркома м'яких тканин та післяопераційним діагнозом - агресивний фіброз. До проведення операції, на підставі існуючих методик діагностики, вважалося, що пухлина локалізована в області, яка на рисунках позначена чорним кільцем.

Термографічне обстеження, як видно з отриманих теплових зображень, показало, що область локалізації пухлини значно ширша (на рис. 3-4 ця ділянка - від шиї до плеча - представлена жовтим та білим кольорами; тобто зрозуміло, що її температура вища ніж температура прилеглих областей, а це вказує на наявність патологічного процесу), як потім і з'ясувалося при проведенні операції.

ID	Паспортні дані	№ історії хвороби
20	Хвора К., (жін.)	XXXX
<b>Діагноз</b>	рак нижньої третини шлунка, ст.2, Т3NxMo, кл.гр.2, субкомпенсований стеноз привратника	
<b>Операція</b>	дистальна субтотальна резекція шлунка	

### Термограми



#### Примітка

Термограми №№1-3 зняті на наступний день після операції. Термограми №№4-6 зняті через день після операції.

Рисунок 1



ID	Паспортні дані	№ історії хвороби	
20	Хвора К., (жін.)	2463	
<b>Термопрофіль</b>			
<p>Термопрофіль №1</p>	Координати (X1, Y1) на термограмі	Координати (X2, Y2) на термограмі	Довжина відрізка на тілі людини, [мм]
	48; 226	50; 161	65
<p>Термопрофіль №2</p>	84; 139	118; 80	68
<p>Термопрофіль №3</p>	32; 196	88; 145	76
<p>Термопрофіль №4</p>	110; 182	127; 119	65
<p>Термопрофіль №5</p>	31; 183	122; 132	104
<p>Термопрофіль №6</p>	217; 228	193; 158	74
<p>Термопрофіль №7</p>	154; 211	201; 136	89
<b>Примітка</b>			
Термопрофіль №1 – див. Термограма №1; Термопрофіль №2 – див. Термограма №2; Термопрофіль №3 – див. Термограма №3; Термопрофіль №4 – див. Термограма №4; Термопрофіль №5 – див. Термограма №5; Термопрофіль №6 – див. Термограма №6; Термопрофіль №7 – див. Термограма №7.			

Рисунок 2

На рис. 5-6 наведені термограми хворої з діагнозом: рак лівої молочної залози, ст. II-б  $T_2N_1M_0$ , інфільтруючий рак в 3-х лімфовузлах з 10-ти метастази; дані мамографії 5x3 см.

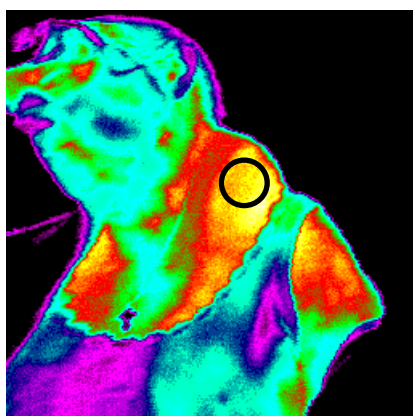


Рисунок 3 - Термограми пухлини

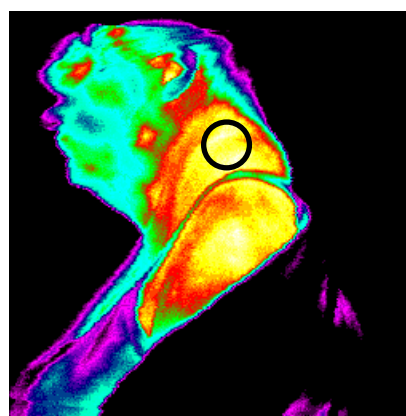


Рисунок 4 – Термограми пухлини

На термограмах чорною стрілкою показано місце локалізації пухлини.

Термограма, наведена на рис. 5, знята до опромінювання, а на рис. 6 - через кілька годин після  $\gamma$ -опромінення. З теплових зображень, представлених на рис. 5-6, видно, що після  $\gamma$ -опромінення температура тієї ділянки людського тіла, яка опромінювалася, підвищується.

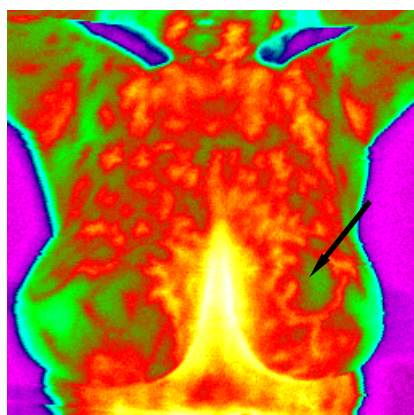


Рисунок 5 - Термограми пухлини



Рисунок 6 – Термограми пухлини

### Висновки

Проведені дослідження показали, що за допомогою кількісної оцінки параметрів теплових зображень, зокрема побудови термопрофілів, можна вивести статистику щодо особливостей перебігу післяопераційного періоду онкологічних хворих, шляхом набору та співставлення термограм і термопрофілів тих ділянок людського тіла, які становлять інтерес у кожному конкретному клінічному випадку залежно від діагнозу та операції. Це свідчить про те, що дистанційна медична термографія, при певному опрацюванні та аналізі теплових зображень, є інформативною для післяопераційного моніторингу хворих, а також як допоміжний засіб неінвазійних досліджень при обстеженні хворих з онкологіч-

ними захворюваннями молочних залоз та м'яких тканин. Термографічне обстеження може бути корисним і для доопераційної оцінки розмірів області поширення пухлин у м'яких тканинах, а також контролю тривалості  $\gamma$ -терапії.

Розроблені форми по термограмах та термопрофілях дають змогу зробити виборку, проаналізувати та порівняти дані по різних групах хворих з метою виявлення та диференціації характерних теплових зображень для різних випадків типових клінічних проявів патологічних станів.

### Література

1. Физика визуализации изображений в медицине: В 2 т. / Под ред. С. Уэбба / Пер. с англ. – М.: Мир, 1991.
2. Основы клинической дистанционной термодиагностики / Под ред. Л.Г. Розенфельда. - К.: Здоровья, 1988.
3. Тепловидение и его применение в медицине / Мирошников М.М., Алипов В.И., Гершанович М.А. и др. – М.: Медицина, 1981.
4. Vavilov V.P., Vavilova E.V., Popov D.N. Statistical analysis of the human body temperature asymmetry as the basis for detecting pathologies by means of IR thermography // Proceedings of SPIE. – 2001. – Vol.4360. – P. 482–491.
5. Cockburn W. Nondestructive testing of the human breast // Part of the SPIE Conference on Thermosense XXI. – 1999. – Orlando (Florida). – Vol.3700.
6. Рожкова Н.И. Состояние и стратегия развития маммологической службы в России // Медицинская визуализация. – 2002. – № 2. – С. 79–84.
7. Зайцева А.Н., Веснин А.Г., Сениглазов В.Ф., Орлов А.А. и др. Вопросы онкологии, 1996. – т.42, № 6.
8. Сизов Ф.Ф., Бехтір О.В., Забудський В.В., Маслов В.П. та ін. Дослідження можливостей дистанційної медичної термографії // Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування. – 2003. – № 25. – С. 133–137.

Бехтір Е.В., Сизов Ф.Ф., Чешук В.Е., Кравченко А.В., Носко М.М., Липкевич О.В. **Обработка и анализ тепловых изображений в медицине.**

Рассмотрена методика обработки и анализа тепловых медицинских изображений. В среде прикладных программ разработаны макеты форм представления термограмм, термопрофилей и необходимой медицинской информации для обеспечения возможности выявления и дифференциации типовых термограмм конкретных клинических случаев.

Bekhtir O.V., Sizov F.F., Cheshuk V.E., Kravchenko O.V., Nosko M.M., Lipkevich O.V. **The processing and analysis of the thermal images in the medicine.**

The method of the processing and analysis of the thermal medical images is considered. The form's models of the introduction of the thermogrammes, thermoprofiles and other necessary medical information are developed with the user's programs for possibility of the showing up and differentiation of the typical clinical thermogrammes.

Надійшла до редакції  
10 жовтня 2003 року