

A U T O M A T I C S  
**2006**

**Матеріали XIII Міжнародної конференції  
З АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ  
(Автоматика-2006)**

Вінниця  
25-28 вересня 2006 року

**Proceedings of XIII International Conference  
ON AUTOMATIC CONTROL  
(Automatics-2006)**

Vinnytsia  
25-28 September 2006

Національна академія наук України (The National Academy of Sciences of Ukraine)  
Міністерство освіти і науки України (Ministry of Education and Science of Ukraine)  
Українська Асоціація з автоматичного управління (Ukrainian Association of Automatic Control)  
Інститут космічних досліджень НАН і НКА України (Institute of Space Research NAS and NSA of Ukraine)  
Вінницький національний технічний університет (Vinnytsia National Technical University)  
Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України (Glushkov Institute of Cybernetics NAS of Ukraine)  
Одеський національний політехнічний університет (Odessa National Polytechnic University)  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН України і Міністерства освіти і науки України (International Research and Training Center for Information Technologies and Systems NAS of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine)  
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" (National Technical University "Kyiv Polytechnic Institute")  
Міністерство освіти Російської Федерації (Ministry of education of Russian Federation)  
Московський державний університет ім. М.В. Ломоносова (Lomonosov Moscow State University)  
Російський національний комітет з автоматичного управління (Russian National committee on automatic control)  
Білоруська асоціація управління та менеджменту (Belarusian association of control and management)  
Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE), Українська секція (Institute of electrical and electronics engineers (IEEE), Ukrainian chapter)  
Національний інформаційний центр по співробітництву з ЄС у науці і технологіях (National informational center on collaboration with EU in science and technologies)  
Україно-китайський технопарк високих технологій (Ukrainian-Chinese technological park of high technologies)

## **Матеріали XIII Міжнародної конференції**

# **З АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ (Автоматика-2006)**

**м. Вінниця, 25-28 вересня 2006 року**

**Proceedings of XIII International Conference**

**ON AUTOMATIC CONTROL  
(Automatics-2006)**

**Vinnytsia, 25-28 September 2006**

**УНІВЕРСУМ-Вінниця**

**2007**

УДК 681.5

М 34

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

## НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

Кунцевич В., проф. (голова), Куржанський О., проф. (заступник голови), Кирилова Ф., проф. (заступник голови), Мокін Б., проф. (заступник голови), Александров Є., проф., Васильєв С., проф., Висоцький М., проф., Габасов Р., проф., Грабко В., проф., Гриценко В., проф., Грицик В., проф.; Губарев В., проф., Дубовой В., проф., Дудикевич В. проф., Єжовський Я. проф., Згуровський М., проф., Кондратенко Ю., проф., Ковальов О., проф., Кривонос Ю., проф., Куценко О., проф., Ладанюк А., проф., Лебедев Д., проф., Любчик Л., проф., Малахов В., проф., Мельник В., проф., Нянь Лушен, проф., Пряшніков Ф., проф., Тодорцев Ю., проф., Чікрій А., проф.

Головний редактор **Б. І. Мокін**

Відповідальні за випуск **Б. І. Мокін, В. М. Дубовой**

**М 34** Матеріали XIII міжнародної конференції з автоматичного управління (Автоматика-2006), м. Вінниця, 25–28 вересня 2006 року. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. — 600 с.

**ISBN 978-966-641-210-5**

Збірка містить статті за матеріалами доповідей XIII Міжнародної конференції з автоматичного управління за сьома основними напрямками: математичні проблеми управління, оптимізації та теорії ігор; управління та ідентифікація в умовах невизначеності; автоматичне управління в технічних системах; управління аерокосмічними та іншими рухомими об'єктами; управління в природних, соціальних та економічних системах; прогресивні інформаційні технології та інтелектуальне управління; підготовка кадрів в галузі управління та автоматизації.

УДК 681.5

**ISBN 978-966-641-210-5**

© Автори доповідей, 2007

© Вінницький національний технічний університет,  
укладання, оформлення, 2007

УДК 681.518.3: 535.243.2

**В. Г. Петрук, д. т. н., проф.; С. М. Кватернюк; Г. О. Черноволик; А. П. Іванов;  
В. В. Барун**

## **РОЗРОБКА НОВИХ ПРИНЦИПІВ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ НОРМАЛЬНИХ І ПАТОЛОГІЧНИХ БІОТКАНИН ЗА СПЕКТРАМИ ЇХ ДИФУЗНОГО ВІДБИВАННЯ**

*В роботі розглянуті спектрофотометричні комп'ютерно-вимірювальні систем для неінвазійної діагностики стану нормальних і патологічних біотканин за спектрами їх дифузного відбивання. Розглянуто їх структуру та принцип функціонування. Розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для керування роботою системи та попередньої обробки даних. Проведено дослідження спектрів дифузного відбивання нормальних та патологічних біотканин у різних групах реципієнтів.*

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування можливості створення нових методик діагностики стану нормальних і патологічних біотканин за спектрами дифузного відбивання, розробка основних принципів діагностики та експериментальна їх перевірка, розробка спеціальних експертних методик та засобів неінвазійної діагностики приповерхневих станів біотканин, дослідження спектрів відбивання, пропускання та поглинання для виявлення ефектів трансформації випромінювання всередині і на поверхні біотканин, удосконалення теорії переносу випромінювання у біотканинах.

Актуальність роботи полягає у необхідності розроблення спектрофотометричних інформаційно-вимірювальних систем для безболісної, неінвазійної діагностики біотканин, які можна використовувати в судово-медичній експертизі, криміналістиці, медицині катастроф тощо. Тому провідною ідеєю цієї роботи є застосування інтегровальної сфери, як унікального оптичного первинного перетворювача за способом Тейлора у складі інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для реалізації неінвазійних методик вимірювання біологічних об'єктів. На сучасному етапі розвитку оптики світлорозсіювання можна констатувати, що загальна теорія розсіювання знаходиться у задовільному, хоча і далеко незавершеному стані, але окремі експериментальні методики, а особливо необхідна для їх реалізації вимірювальна техніка, розроблені ще досить слабо. І це також зумовлює відповідні наукові фундаментальні задачі, зокрема, ретельного врахування ефектів розсіювання в реальних об'єктах з допомогою математичних моделей, або в результаті безпосереднього вимірювання оптичних параметрів речовини за відомими принципами.

В роботі розвинуті теоретичні, методологічні та метрологічні аспекти проектування спектрофотометричних ІВС для неінвазійної діагностики біотканин. Синтезовано математичну модель інтегровального резонатора для випадку скануючого режиму роботи ІВС з урахуванням розробленої методики діагностики біотканин для неінвазійного способу вимірювань. Розроблено новий спосіб неінвазійної спектрофотометричної діагностики поверхні біотканин на основі удосконалення методів інтегровального резонатора та дифузного відбивання з використанням виносного фотометричного зонда з волоконно-оптичним хвилеводом.

Особливим та найпоширенішим в природі класом об'єктів вимірювань є неоднорідні (світлорозсіювальні) середовища. Неоднорідними називаються двофазні або  $n$ -фазні системи, у яких частинки однієї фази розподілені всередині об'єму іншої фази і можуть мати видиму або невидиму межу поділу між ними. До них відносяться всі дисперсні системи: колоїди, біоб'єкти, шорсткі та дзеркальні поверхні і т. д. Серед них можна проводити широку класифікацію, але зупинимось всього на трьох класах таких об'єктів, до яких можливо віднести всі неоднорідні середовища. Молекулярні світлорозсіювальні середовища та колоїди відносяться до дисперсних систем. До об'єктів біологічного походження відносяться, в основному, органічні речовини тваринного та рослинного походження, які, в свою чергу, можна теж умовно розділити на три групи. До них відносяться зразки: гуморальні, тобто життєзабезпечуючі рідини, біотканини, та

препарати рослинного походження.

ІВС складається з монохроматора, двох вимірювальних зондів, вимірювального блоку на основі мікроконтролера AVR4433, крокового двигуна (ШД-0,25А), що змінює довжину робочої хвилі монохроматора від 300 до 1200 нм, блоку керування кроковим двигуном на основі мікроконтролера AVR8535 та персонального комп'ютера зі спеціалізованим програмним забезпеченням. У якості давачів застосовуються фотодіоди ФД-256 (спектральний діапазон 0,4–1,1 мкм), у разі необхідності досліджень в ультрафіолетовій області – ФД-288В (200-500 нм), у ближній інфрачервоній області 700-5200 нм фотодіоди на основі сульфиду свинцю. Перед початком роботи з ІВС вимірювання спектрів відбивання біотканин необхідно виконати нормування її характеристик. Це здійснюється при встановлених на обох вимірювальних зондах заглушок покритих зразковим матеріалом з відомим спектром коефіцієнту дифузного відбивання (оксидом магнію). Крім того, при вимкненому джерелі випромінювання здійснюється вимірювання сигналів з АЦП, які створюються темновими струмами фотодіодів та їх компенсація.

При вимірюваннях спектральних характеристик коефіцієнту дифузного відбивання нормальних та патологічних біотканин результати вимірів формуються у базу даних із зазначенням всіх умов проведення експерименту: дата проведення, прізвище реципієнта, вік, стать, діагноз тощо. Для однотипних вимірів здійснюється діагностика за допомогою нейромережі та нечіткої логіки.

Обробка результатів вимірювань проводиться у програмі MathCAD таким чином. Безпосередні дані вимірювань корегуються за допомогою нормувальної характеристики  $R_{norm}(\lambda)$ , що враховує відмінності спектральних характеристик двох каналів:

$$R_1(\lambda) = \frac{R_X(\lambda)}{R_{norm}(\lambda)}, \quad (1)$$

де  $R_{norm}(\lambda)$  – нормувальна характеристика, що враховує відмінності між спектральними характеристиками каналів;

$R_X(\lambda)$  ж – безпосередні дані вимірювань спектрів;

$R_1(\lambda)$  – нормований спектр.

Оскільки нормувальна характеристика отримана в результаті кубічної сплайн-апроксимації, це дозволяє здійснювати нормування з одним кроком (50 нм), а вимірювання – з іншим (10 нм). Далі проводиться згладжування на основі розподілу Гауса (рис.1.), що дозволяє суттєво зменшити вплив шумів фотодіода:

$$R_2(\lambda) = ksmooth(\lambda, R_1(\lambda), \Delta\lambda), \quad (2)$$

де  $ksmooth()$  – функція згладжування на основі розподілу Гауса;

$R_1(\lambda)$  – нормований спектр.

$\Delta\lambda$  – ширина вікна згладжування.

Результати обробки показано на рис.1-4.

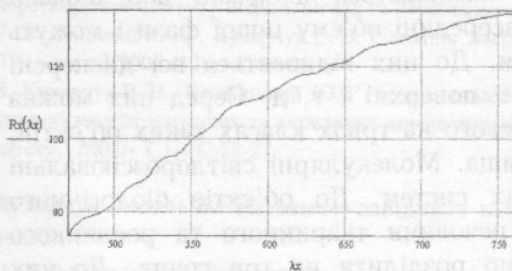


Рис. 1. Нормувальна характеристика отримана в результаті кубічної сплайн-апроксимації

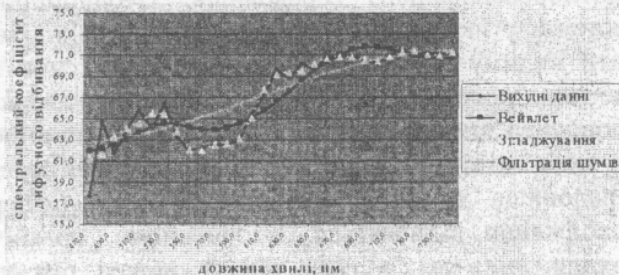


Рис. 3. Згладжування результатів

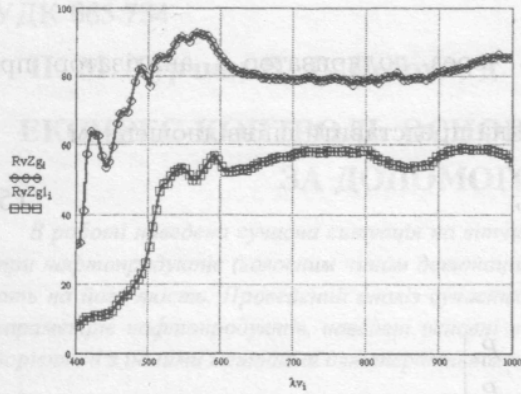


Рис. 2. Оброблені спектри дифузного відбивання нормальної (RvZg) і травмованої (RvZg1) шкіри

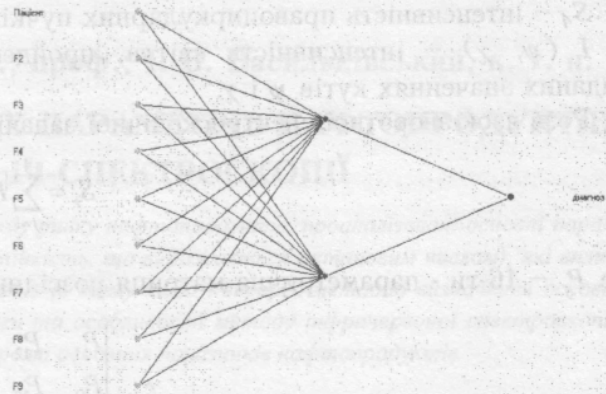


Рис. 4. Неймережева обробка даних

Дослідження спектрів дифузного відбивання нормальних біотканин проводились на групі здорових реципієнтів – студентах-екологів ВНТУ у ході практичних робіт з дисципліни “Основи науково-дослідної роботи”, студентах ВНМУ ім. М. Пирогова у ході їх практики у Інституті реабілітації інвалідів. Для вивчення вікових змін у спектрах дифузного відбивання нормальних біотканин проводились дослідження на співробітниках кафедри ХЕБ ВНТУ, співробітниках Інституту реабілітації інвалідів. Дослідження спектрів дифузного відбивання патологічних біотканин проводились на групі хворих системним червоним вовчаком, хворих з ампутованими кінцівками, хворих з травмами та гематомами різного роду, онкохворих [3]. Також проводились дослідження спектрів дифузного відбивання фрагментів біотканин наданих кафедрою судмедекспертизи ВНМУ.

Планується продовження досліджень за рахунок модернізації вимірювальної установки поляризаційною приставкою на базі гоніометра та визначення поляризаційних матриць Стокса і Мюллера для біологічних тканин, що дозволить отримати більшу інформацію про їх внутрішній стан та підвищить достовірність медичної діагностики біооб’єктів.

Метод вимірювання параметрів Стокса ґрунтується на тому, що світлове поле в середовищі може бути представлено як сукупність некогерентних світлових пучків різного напрямку, кожен з яких характеризується чотириккомпонентним вектор-параметром Стокса:

$$\vec{S} = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Сутність самого методу полягає у визначенні характеристик яскравості трансформованого розсіювальним середовищем випромінювання для чотирьох комбінацій кутових орієнтацій поляризаційних елементів (поляризаційних платівок). В такому випадку отримуємо систему:

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= I(\psi = 0; \chi = 0) + I\left(\psi = \frac{\pi}{2}; \chi = \frac{\pi}{2}\right) \\ S_2 &= I(\psi = 0; \chi = 0) - I\left(\psi = \frac{\pi}{2}; \chi = \frac{\pi}{2}\right) \\ S_3 &= 2I\left(\psi = \frac{\pi}{4}; \chi = \frac{\pi}{4}\right) - S_1 \\ S_4 &= S_1 - 2I\left(\psi = 0; \chi = \frac{\pi}{4}\right) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де  $S_1$  – параметр, що відповідає повній інтенсивності пучка;

$S_2, S_3$  – інтенсивності пучків, що орієнтовані під кутами  $0^\circ$  і  $45^\circ$  до площини референції відповідно;

$S_4$  – інтенсивність правоциркулярних пучків;  
 $I(\psi, \chi)$  – інтенсивність світла, пройденого через поляризатор і аналізатор при заданих значеннях кутів  $\psi$  і  $\chi$ .

Розв'язок зворотної спектроскопічної задачі можна представити співвідношенням

$$S_i = \sum_{j=1}^4 \hat{P}_{ij} S_j, \quad (5)$$

де  $\hat{P}_{ij}$  – 16-ти - параметрична матриця розсіяння

$$\hat{P}_{ij} = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{vmatrix}, \quad (6)$$

в якій  $P_{ij}$  – параметри цієї матриці, значення яких несуть пряму інформацію про феноменологічні характеристики біооб'єктів, які, в свою чергу, разом з даними про  $R_\lambda$  суттєво підвищують об'єктивність кінцевого діагнозу.

### Висновки

Отримані результати вимірювань параметрів біооб'єктів та відповідних операцій використовуються експертною системою, яка побудована на апараті нечіткої логіки для підтримки прийняття рішення лікарем про встановлення діагнозу, корекції методики лікування чи судово-медичним експертом про встановлення давності нанесення травми. Подальші дослідження дозволили підвищити точність визначення інформативних параметрів та роботи системи. Накопичення банку даних спектрів дифузного відбивання разом з елементами матриці Стокса дозволяє експертній системі з більшою вірогідністю виносити вірний діагноз.

Дослідження виконуються науковими колективами кафедри хімії та екологічної безпеки ВНТУ та лабораторії оптики світлорозсіювальних середовищ Інституту фізики ім. Степанова НАН Республіки Беларусь.

*Робота виконана за сприяння Державного фонду фундаментальних досліджень Міністерства освіти і науки України відповідно спільному україно-білоруському проекту.*

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Петрук В. Г. Спектрофотометрія світлорозсіювальних середовищ (Теорія і практика оптичного вимірювального контролю). Монографія. - Вінниця: Універсум-Вінниця, 2000. - 203 с.
2. Петрук В. Г., Черноволик Г. О., Шевчук О. В. Математична модель трансформації випромінювання у патологічних тканинах. // Наукова конференція Укр. НДІРІ. Зб. тез доповідей, Вінниця, 2003. – С.7-11.
3. Петрук В. Г., Кватернюк С. М. Неінвазивна спектрофотометрична експрес-діагностика онкозахворювань // Матеріали III міжнародної конференції по оптоелектронним інформаційним технологіям "PHOTONICS - ODS 2005" – Вінниця, 26-28 квітня 2005 р. – С.154.

**Петрук Василь Григорович** – завідувач кафедри хімії та екологічної безпеки, **Кватернюк Сергій Михайлович** – молодший науковий співробітник кафедри хімії та екологічної безпеки, **Черноволик Галина Олександрівна** – асистент кафедри вищої математики.

Вінницький національний технічний університет

**Іванов Аркадій Петрович** – завідувач лабораторії, **Барун Володимир Володимирович** – старший науковий співробітник лабораторії.

Лабораторія оптики розсіювальних середовищ, інститут фізики ім. Степанова НАНБ

Матеріали доповіді розглянуті і рекомендовані до публікації членами наукового комітету конференції д.т.н., професором Є.Т. Володарським і д.т.н., професором В.О. Поджаренко.