

Олександр Ушенко<sup>1,2</sup>  
Михайло Горський<sup>2,3</sup>  
Олександр Дуболазов<sup>2</sup>  
Юрій Ушенко<sup>3,4</sup>  
Ірина Солтис<sup>2</sup>  
Іван Мікірін<sup>2</sup>

## 3D ЦИФРОВА ГОЛОГРАФІЧНА ПОЛЯРИМЕТРІЯ ДИФУЗНИХ ОПТИЧНО АНІЗОТРОПНИХ ПОЛІВ ОБ'ЄКТІВ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

<sup>1</sup>Інститут Чжецзянського університету - Тайчжоу, Китай

<sup>2</sup>Кафедра поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

<sup>3</sup>Кафедра комп'ютерних наук Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

<sup>4</sup>Кафедра фізики, Університет Шаосін, Шаосін, Чжецзян 312000, Китай

### *Анотація*

*Представлено експериментальну валідацію методів цифрової голографічної 3D пошарової реконструкції та аналізу поляризації гістологічних зрізів біологічних тканин для виявлення змін у їх структурі, зокрема для діагностики раку.*

**Ключові слова:** Цифрова голографія, 3D реконструкція, поляризація, гістологічні зрізи, біологічні тканини, ракові захворювання.

### *Annotation*

*The experimental validation of methods for digital holographic 3D layered reconstruction and polarization analysis of histological slices of biological tissues is presented, aimed at detecting structural changes, including cancer diagnosis.*

**Keywords:** Digital holography, 3D reconstruction, polarization, histological slices, biological tissues, cancer diseases.

### **Вступ**

Ця робота спрямована на застосування цифрової голографії для 3D реконструкції мікроскопічних зображень біологічних тканин та аналізу їх поляризаційних характеристик. Розроблені методи дозволяють здійснювати пошарову реконструкцію амплітудних розподілів з подальшим виділенням карт поляризації, що важливо для діагностики біологічних змін у тканинах.

### **Результати досліджень**

Представлено експериментальну валідацію методів цифрової голографічної 3D пошарової реконструкції складних амплітудних розподілів у різних фазових площинах мікроскопічних зображень дифузних гістологічних зрізів біологічних тканин з подальшою реконструкцією карт поляризації азимута та еліптичності. Досліджено поляризаційні залежності інтегральної та пошарової векторної структури розподілу азимута та еліптичності поля лазерного об'єкта в двох типах зразків біологічних шарів – фіброзного міокарда та паренхіми печінки. Визначено сценарії та динаміку змін значень статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують інтегральну та

пошарову поляризаційні карти мікроскопічних зображень дифузних гістологічних зрізів біологічних тканин різної морфологічної структури. Визначено критерії виділення поляризаційних складових поля об'єкта, які утворюються актами розсіювання різної кратності. Наведено приклад біомедичного застосування для виявлення раку біологічних тканин.

### **Висновки**

Розроблені методи цифрової голографії та поляризаційного аналізу є перспективними для точного вивчення гістологічних зрізів біологічних тканин, особливо для діагностики раку, завдяки високій чутливості та можливості виявлення складних структурних змін на ранніх етапах.

### **ПОДЯКИ**

Дослідження виконано за підтримки гранту Національного фонду досліджень України №2023.03/0174.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Jacques SL. Polarized light imaging of biological tissues. In: Boas D, Pitris C, Ramanujam N, editors. Handbook of Biomedical Optics. 2nd ed. CRC Press; 2011. p. 649–669
2. Vitkin A, Ghosh N, de Martino A. Tissue Polarimetry. In: Andrews DL, editor. Photonics: Scientific Foundations, Technology and Applications. John Wiley & Sons; 2015. p. 239–321.
3. 3D Jones-matrix thesiography of biological fluid facies / Alexander Ushenko, Iryna Soltys, Alexander Dubolazov, Yuriy Ushenko, Viacheslav Bilooky, Olexander Bilookyi, Olexandra Litvinenko, Ivan Mikirin, Jun Zheng, Zhebo Chen, and Lin Bin // Journal of Innovative Optical Health Sciences. – 2025. – № 12 (06). P. 2443002-1 - 2443002-18.

**Олександр Ушенко** – д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна, професор Інституту Чжецзянського університету - Тайчжоу, Китай

**Михайло Горський** - к.ф.-м.н., доцент кафедри комп'ютерних наук Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна, доцент кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

**Олександр Дуболазов** – д.ф.-м.н., професор кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна, a.dubolazov@chnu.edu.ua

**Юрій Ушенко** – д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна, професор кафедри фізики, Університет Шаосін, Шаосін, Чжецзян 312000, Китай

**Ірина Солтис** – к.ф.-м.н., доцент кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

**Іван Мікірін** – аспірант кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

**Oleksandr Ushenko** – Doctor of Science in Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, Professor, Zhejiang University Institute - Taizhou, China

**Mykhailo Gorsky** – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor Department of Computer Science at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine; Assistant at the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.

***Oleksandr Dubolazov*** – Doctor of Science in Physics and Mathematics, Professor at the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, a.dubolazov@chnu.edu.ua.

***Yuriy Ushenko*** – Doctor of Science in Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of Computer Science at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine; Professor at the Department of Physics, Shaoxing University, Shaoxing, Zhejiang 312000, China.

***Iryna Soltys*** – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor at the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.

***Ivan Mikiran*** – Postgraduate Student at the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.