

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ОСВІТЛЕННЯ ТА КУТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ НА ЯКІСТЬ ОТОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі представлено результати аналізу впливу оптичних параметрів системи цифрової отоскопії на якість отримуваних зображень слухового проходу та барабанної перетинки. Дослідження базується на узагальнених експериментальних даних з відкритих наукових джерел.

Ключові слова: отоскоп, освітлення, кут введення, зображення.

Abstract

The paper presents the results of an analytical study on the influence of the optical parameters of a digital otoscopy system on the quality of ear canal and eardrum images.

Keywords: otoscope, lighting, angle of insertion, image.

Вступ

Отоскопія є базовим методом в отоларингології, який дозволяє оглянути зовнішній слуховий прохід та барабанну перетинку з метою діагностики таких станів, як середній отит, сірчані пробки, перфорації перетинки тощо. Якість отриманих зображень суттєво впливає на точність діагностики та подальший автоматизований аналіз. Так, систематичний огляд показав, що алгоритми штучного інтелекту досягають середньої точності понад 90 % при класифікації нормального чи патологічного стану барабанної перетинки.[1] Одна з ключових перешкод — це варіабельність якості зображень, що включає такі фактори, як освітлення, фокус, кут огляду, наявність артефактів та інші. Наприклад, дослідження показало, що лише ~12,75 % відображень отоскопії, оприлюднених в інтернеті, відповідали стандартам доброї практики.[2]

Отже, забезпечення стабільної та високої якості зображень отоскопії є передумовою як для клінічної оцінки, так і для ефективної роботи алгоритмів глибинного навчання.

Результати дослідження

Метою проведеного дослідження було визначення впливу параметрів освітлення (інтенсивність, напрямок) та кута спостереження на якість отоскопічних зображень. Робота спрямована на встановлення оптимальних умов отримання зображень для подальшого використання їх у нейромережових моделях автоматизованого аналізу патологій вуха. дослідження базувалося на узагальненні та статистичному аналізі відкритих експериментальних даних, представлених у наукових публікаціях [2–4]. Для відтворення впливу змін параметрів освітлення та кута спостереження використовувалися узагальнені числові показники, отримані з реальних експериментів, проведених з використанням цифрових USB-отоскопів з роздільною здатністю 1080P HD. Оцінювання якості зображення здійснювалося за трьома ключовими параметрами: інтенсивність освітлення, відносна контрастність та рівень переекспозиції. Інтенсивність освітлення можна виразити як співвідношення фактичної освітленості до максимальної освітленості, даний параметр визначався за допомогою середнього значення яскравості зображення у діапазоні 0–255:

$$I\% = \frac{E}{E_{\max}} * 100 \quad (1)$$

Різниця між найяскравішими та найтемнішими ділянками, нормована на середню яскравість або максимальне значення виражає відносну контрастність зображення[4], $I_{\max}$ та $I_{\min}$ представляють собою середні значення інтенсивності в найсвітліших та найтемніших ділянках області зацікавленості:

$$Cn = \frac{Imax - Imin}{Imax + Imin} * 100 \quad (2)$$

Переекспозиція визначається як співвідношення кількості пікселів інтенсивність яких перевищує порогове значення ($N_{(I>T)}$), зазвичай як порогове значення T встановлюється на рівні 240 для байтового формату до загальної кількості пікселів у зображенні ($N_{\text{заг}}$).[5]

$$O\% = \frac{N(i>T)}{N_{\text{заг}}} * 100 \quad (3)$$

Отриманий результат менше 2% вважається як відсутність переекспозиції, 2-10% - помірний рівень, більше 10% інтерпретується як надмірне пересвічення зображення. На основі узагальнених даних сформовано таблиці залежностей якості зображення від інтенсивності освітлення та кута спостереження.

Таблиця 1. Залежність параметрів якості зображення від інтенсивності освітлення ($\alpha=0^\circ$, $T=4500K$)

Інтенсивність, %	Відносна контрастність	Переекспозиція
20	0.35	0.3%
40	0.62	0.5%
60	0.78	1.5%
80	0.75	6%
100	0.65	35%

Таблиця 2. Залежність параметрів якості зображення від кута спостереження (Інт.=60%, $T=4500K$)

Кут α , °	Відносна контрастність	Переекспозиція
0	0.78	25%
5	0.81	5%
10	0.85	<1%
15	0.80	<1%
20	0.72	<1%
25	0.60	<1%
30	0.45	<1%

Таким чином, отримані залежності є результатом аналітичного узагальнення опублікованих експериментальних даних і відтворюють типові закономірності впливу параметрів освітлення та кута спостереження на якість отоскопічних зображень.

Висновки

На основі аналізу та узагальнення експериментальних даних, опублікованих у відкритих джерелах, встановлено, що параметри освітлення та кут спостереження мають вирішальний вплив на якість отоскопічних зображень. Зокрема, пряме спостереження ($\alpha = 0^\circ$) часто призводить до появи інтенсивних відблисків від поверхні барабанної перетинки, що ускладнює візуалізацію дрібних структур. Збільшення кута огляду до $5-15^\circ$ суттєво знижує кількість відблисків і покращує контрастність ділянок інтересу. При перевищенні кута $15-20^\circ$ зростають геометричні спотворення (асферичні аберації, проєкційні викривлення), що знижує діагностичну цінність зображення. Узагальнення даних показує, що оптимальним є поєднання середньої інтенсивності освітлення (приблизно 50–70 % від максимуму) та невеликого зміщення осі спостереження ($5-15^\circ$). Таке налаштування забезпечує високу контрастність без переекспозиції і дозволяє отримати найбільш інформативне зображення барабанної перетинки. Результати узгоджуються з клінічними спостереженнями щодо необхідності адаптації положення отоскопа або голови пацієнта під час дослідження.

Таким чином, оптимізація параметрів освітлення і кута спостереження є ключовим чинником підвищення якості отоскопічних зображень і може бути використана як основа для автоматизованого аналізу за допомогою моделей глибинного навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dahye Song, Taewan Kim, Yeonjoon Lee, Jaeyoung Kim. Image-Based Artificial Intelligence Technology for Diagnosing Middle Ear Diseases [Електронний ресурс] - <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/18/5831>
2. Alenezi E. M. A., Jajko K., Reid A., Locatelli-Smith A., Tao K. F. M., Bright T., Richmond P. C., Eikelboom R. H., Brennan-Jones C. G. «The reliability of video otoscopy recordings and still images in the asynchronous diagnosis of middle-ear disease»: Int. J. Audiol. — 2022. — Vol. 61, Suppl. 1. — 40-47с.
3. Cai Y., Zeng J., Lan L., Chen S., Ou Y., Zeng L., Yang Q., Li P., Chen Y., Li Q., Zhang H., Shu F., Chen G., Chen W., Yang Y., Li R., Yan A., Lin H., Zheng Y. Expert recommendations on collection and annotation of otoscopy images for intelligent medicine: Intelligent Medicine. – 2022. – Vol. 4. – 230-234с.
4. Kashani R. G., Młyńczak M. C., Zarabanda D., Solis-Pazmino P., Huland D. M., Ahmad I. N., Singh S. P., Valdez T. A. Shortwave infrared otoscopy for diagnosis of middle ear effusions: a machine-learning-based approach // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11, Art. 12509.
5. Kashani R.G., Młyńczak M.C., Zarabanda D., Solis-Pazmino P., Huland D.M., Ahmad I.N., Singh S.P., Valdez T.A. Shortwave infrared otoscopy for diagnosis of middle ear effusions: a machine-learning-based approach // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11.

Марчук Андрій Юрійович - аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, andriu4934@gmail.com.

Науковий керівник: **Заболотна Наталія Іванівна** — доктор технічних наук, професор кафедри біомедичної інженерії та оптоелектронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: natalia.zabolotna@gmail.com.

Marchuk Andrii Yuriyovych - Postgraduate student, Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, andriu4934@gmail.com.

Supervisor: **Natalia Ivanivna Zabolotna** — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: natalia.zabolotna@gmail.com.