

# Cyfrowa analiza barwy zębów

( S )

## ***I. Zagadnienia***

1. Sposoby oceny wielkości ubytków próchnicznych i uszkodzeń mechanicznych.
2. Proces wybielania zębów oraz sposoby określania ich barwy.
3. Modele kodowania barw.
4. Kamera CCD. Obrazy cyfrowe i ich analiza.

## ***II. Zadania***

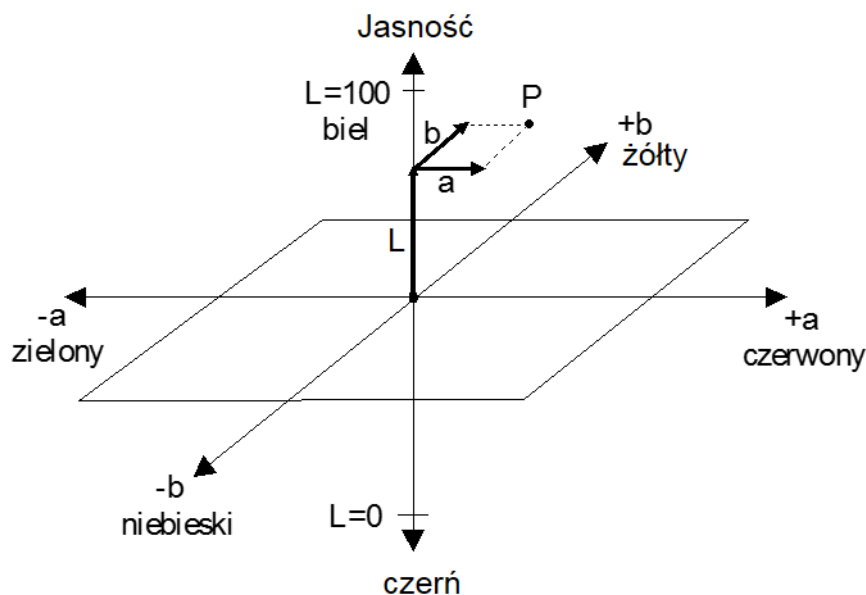
1. Cyfrowa rejestracja oraz analiza obrazów powierzchni ekstrahowanego zęba.
2. Cyfrowa rejestracja oraz analiza obrazu zęba poddanego wcześniej wybielaniu z zastosowaniem standardowych środków dentystycznych.
3. Cyfrowa rejestracja oraz analiza obrazów uzębienia studenta. Ocena koloru wybranych zębów w oparciu o wzornik dentystyczny.
4. Jakościowy opis stanu uzębienia studenta.

### **III. Wykonanie ćwiczenia**

Jednym ze standardowych zabiegów wykonywanych w nowoczesnych gabinetach stomatologicznych jest wybielanie zębów oparte o zastosowanie chemicznych środków utleniających (np. nadtlenek wodoru) oraz zakładanie implantów dopasowanych kolorem do całości uzębienia. Największy problem w obu przypadkach stanowi prawidłowe określenie koloru zębów. Popularnym i stosowanym rozwiązaniem jest użycie wzorca kolorystycznego (np. skala Vita) jako skali odniesienia. Rozwój technologicznie zaawansowanych urządzeń do cyfrowej rejestracji obrazu (np. kamery cyfrowe) oraz zastosowanie różnych metod kodowania i analizy kolorów (przestrzeń kodowania barw), pozwalają ustalić najbardziej obiektywną metodę oceny koloru. Podstawowym pojęciem w technikach cyfrowych jest system RGB, który opisuje kolor jako mieszaninę trzech podstawowych kolorów składowych (prymarnych): czerwonego, zielonego i niebieskiego (R-red, G-green, B-blue). Model RGB ilościowo opisuje kolor za pomocą trzech liczb (współrzędnych) w przestrzeni barw. Światło odbite od obiektu zawierające informację o kolorze, padając na światłoczułą matrycę kamery zmienia jej własności elektryczne. Matryca składa się z pikseli, z których każdy zawiera elementy czułe na poszczególne składowe RGB. Na zasadzie mieszania barw podstawowych powstaje informacja o dowolnej barwie w postaci generowanego impulsu elektrycznego, następnie konwertowanego do postaci cyfrowej. Analiza kolorymetryczna dotyczy zarejestrowanego obrazu.

Uniwersalnym systemem umożliwiającym umieszczenie koloru w trójwymiarowym układzie mierzalnych współrzędnych jest standaryzowany układ odniesienia CIE  $L^*a^*b^*$  (CIELAB) wprowadzony przez Międzynarodową Komisję do Spraw Oświetlenia. Odpowiednie algorytmy umożliwiają przechodzenie od współrzędnych systemu RGB do CIELAB. Algorytmy te są zazwyczaj wbudowane w oprogramowanie sprzężone z urządzeniem rejestrującym lub w standardowe programy graficzne.

Układ CIELAB stanowi przestrzeń 3D (opisywana przez trzy osie współrzędnych), w której każdy kolor stanowi punkt. Położenie danego koloru opisują odpowiadające mu współrzędne  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (Rys. 1):



**Rys. 1.** Przestrzeń  $L^*a^*b^*$  i punkt P w tej przestrzeni.

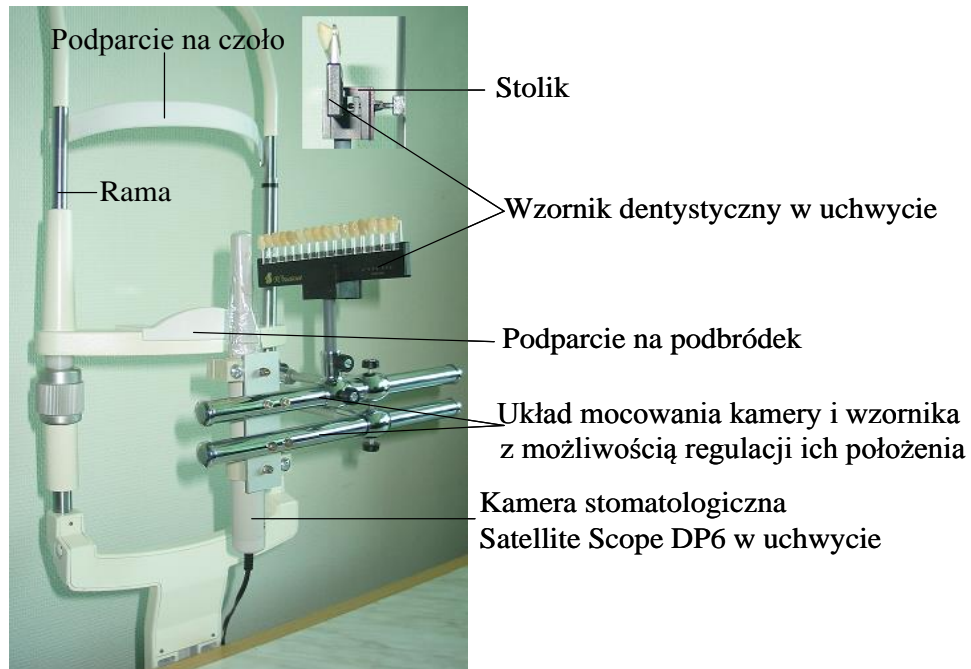
Na osi związanej ze współrzędną  $L^*$  (oznaczającą jasność), umieszczone są odcienie szarości od bieli do czerni ( $L=100$  - biel;  $L=0$  - czern). Na osi związanej ze współrzędną  $a^*$  dodatnie wartości ( $+a$ ) wskazują na zwiększony udział barw czerwonej, natomiast ujemne ( $-a$ ) zielonej. W przypadku współrzędnej  $b^*$ , dodatnie wartości ( $+b$ ) wskazują na zwiększony udział barwy żółtej, natomiast ujemne ( $-b$ ) niebieskiej. Każdy kolor może zatem zostać odwzorowany jako punkt w przestrzeni kolorów scharakteryzowany poprzez trzy wartości liczbowe. Różnica  $\Delta E$  pomiędzy dwoma dowolnymi kolorami z przestrzeni CIELAB wyznaczona jest poprzez odległość pomiędzy ich położeniami, zgodnie z równaniem:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

### Układ eksperymentalny

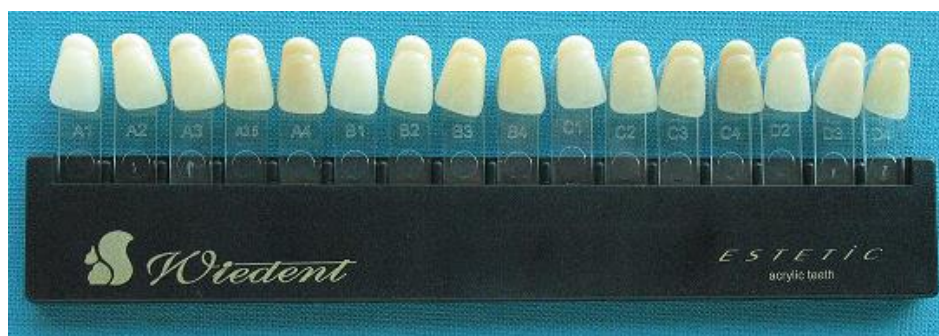
Układ pomiarowy został przedstawiony na Rys. 2. Rusztowanie układu stanowi rama o regulowanym położeniu podparcia na podbródek, co umożliwia dostosowanie pomiarów do każdego pacjenta. Do ramy zamontowany jest układ mocowania kamery cyfrowej (*Satellite Scope DP6*) oraz wzornika dentystycznego (Rys. 3.), o kilku stopniach swobody. Układ mocowania umożliwia zmianę położenia kamery względem pacjenta oraz obrót o dowolny kąt wzdłuż osi kamery. Wzornik dentystyczny jest umieszczony w uchwycie, którego położenie względem kamery można także regulować. Kamera stomatologiczna jest połączona z komputerem i sprzężona z kartą video obsługiwaną programem *ComproDTV45*.

Wykonanie pomiarów polega na rejestracji obrazów badanego obiektu za pomocą kamery cyfrowej oraz dokonaniu analizy cyfrowej uzyskanych obrazów z wykorzystaniem oprogramowania (*ImageJ, CorelDRAW, Pomiary, Statistica*).



**Rys. 2.** Zdjęcie układu pomiarowego.

W celu prawidłowej interpretacji pomiarów używa się wzorca koloru, który stanowi punkt odniesienia przy porównywaniu wyników (Rys. 3).



**Rys. 3.** Przykład wzornika dentystycznego (*Wiedent*).

## 1. Cyfrowa rejestracja i analiza obrazów powierzchni ekstrahowanego zęba

- Założyć folder grupy, w którym będą zapisywane wszystkie wykonane w ćwiczeniu pomiary.
- Ekstrahowany ząb umieścić na stoliku ze skalą milimetrową, przymocowaną do uchwyty wzornika dentystycznego (Rys. 2).
- Wyregulować wzajemne położenie kamery i stolika przesuując uchwyt wzornika tak, by uzyskać najlepszej jakości obraz (odległość ~ 1 cm).
- Włączyć kamerę (instrukcja obsługi kamery).
- Uruchomić program *ComproDTV45* obsługujący kartę video sprzężoną z kamerą (instrukcja programu *ComproDTV45*).
- Wybrać pozycję zęba z widocznym ubytkiem. Zoptymalizować jakość obrazu poprzez regulację odległości kamera - badany obiekt oraz dobór parametrów rejestracji w programie *ComproDTV45*.
- Zarejestrować i zapisać obraz zgodnie z instrukcją programu *ComproDTV45*.
- Wyłączyć kamerę.
- Obraz należy skopiować do folderu grupy i zmienić nazwę na wybraną przez użytkownika.
- Stosownie do instrukcji programu *ImageJ* należy otworzyć obraz, zmienić tryb jego zapisu na 8-bitowy i zapisać w folderze grupy w formacie BMP (z rozszerzeniem **.BMP**)
- Przy pomocy programu *Pomiary*, w oparciu o zarejestrowaną skalę milimetrową należy ustalić rozdzielczość obrazu a następnie określić wielkość oraz stopień zaawansowania ubytku:
  - W dwóch wybranych kierunkach określić rozmiary liniowe ubytku.
  - Zmierzyć średnią jasność  $J_u$  ubytku oraz zdrowej tkanki  $J_z$  w bezpośrednim otoczeniu ubytku na obszarze zbliżonym rozmiarami do powierzchni zmiany.
- Scharakteryzować ubytek poprzez zestawienie w formie tabeli opisujących go parametrów: rozmiarów liniowych w dwóch wybranych kierunkach, średniej jasności powierzchni  $J_u$ ,  $J_z$  oraz względnej utraty jasności (kontrast)  $U_J$  ubytku w stosunku do otaczającej zdrowej tkanki, wyliczonej ze wzoru:

$$U_J = (J_z - J_u)/J_z \quad (2)$$

## 2. Cyfrowa rejestracja i analiza obrazów powierzchni wybielanego i niewybielanego zęba

- Wybielony standardowymi środkami dentystycznymi ząb w części oznaczonej literą „w” umieścić na stoliku (Rys. 2), włączyć kamerę, uruchomić program *ComproDTV45* i zoptymalizować obraz postępując analogicznie jak w p. 1.
- Zarejestrować i zapisać obraz stosownie do instrukcji programu *ComproDTV45*.
- Wyłączyć kamerę.
- Wykonać procedury kopiowania do folderu grupy, zamiany zapisu na tryb 8-bitowy oraz formatu obrazu na BMP identycznie jak w p. 1.
- Powtórzyć czynności dla części niewybielonej oznaczonej „nw”.
- Przy pomocy programu *Pomiary* wyznaczyć średnią skalę szarości dla wybranego obszaru części „w” i „nw” zęba wraz z błędem i porównać wyniki. Wyznaczyć względną poprawę jasności części „nw”.
- Przy pomocy programu *ImageJ* utworzyć histogram w skali stopni szarości dla wybranych obszarów części „w” i „nw” zęba (wybrać, w miarę możliwości, te same obszary jak w poprzednim punkcie) i zapisać utworzone histogramy w formie pliku tekstowego typu **TXT** w folderze grupy.
- Otworzyć zapisane wcześniej pliki w programie *Statistica* (instrukcja programu *Statistica*).
- Odtworzyć histogramy w formie graficznej (jako wykresy liczby pikseli od ich jasności).
- Odczytać z wykresów położenie maksimum pików oraz ich szerokości połówkowe, wyznaczyć względne przesunięcie pików wywołane wybieleniem powierzchni zęba i porównać je z wynikami uzyskanymi wcześniej. Skomentować wyniki otrzymane powyższymi dwiema metodami.
- Przy pomocy programu *CorelDRAW*, otworzyć kolejno zarejestrowane obrazy (kolorowe) dla części „w” i „nw” zęba (instrukcja do programu *CorelDRAW*).
- Następnie, w co najmniej dwóch punktach mieszczących się w wybranym obszarze części „w” (A, B) i „nw” (C, D) (wybrać punkty w obrębie **tych samych** obszarów, co poprzednio), wyznaczyć wartości współrzędnych  $L^*a^*b^*$  zgodnie z instrukcją programu *CorelDRAW*.
- Zapisać dla każdego obrazu wartości współrzędnych  $L^*a^*b^*$ .
- Przy założeniu, że przed wybieleniem badany obszar charakteryzował się takimi samymi własnościami jak obszar niewybielany, ze wzoru (1) obliczyć różnice w odcieniu zęba (przed i po zastosowaniu środka wybielającego:  $\Delta E_{A,C}$ ;  $\Delta E_{B,D}$ ) i skomentować wyniki.
- Podsumować skuteczność zastosowanych metod analizy obrazu w ocenie barwy zębów.

### 3. Cyfrowa rejestracja oraz analiza obrazów zębów żywych (opcjonalnie).

- Osoba badana siada i opiera czoło oraz podbródek o podparcia w ramie (pozycję podbródka można regulować w zależności od indywidualnych potrzeb).
- Założyć na kamerę jednorazową osłonkę.
- Dostosować położenie kamery względem wybranego zęba tak, by uzyskać najlepszy obraz.
- Uruchomić program **ComproDTV45** i zoptymalizować obraz (**zapisać** parametry optymalizacji, gdyż będą one potrzebne w kolejnych krokach p. 3. ćwiczenia).
- Zarejestrować i zapisać obrazy zgodnie z instrukcją programu **ComproDTV45**.
- Skopiować zapisane obrazy do folderu grupy nadając im wybrane przez użytkownika nazwy.
- Umieścić wzornik dentystyczny w przeznaczonym do tego uchwycie.
- Wyregulować wzajemne położenie kamery i wzornika tak, by odległość między nimi była **taka sama** jak poprzednio pomiędzy kamerą a zębem żywym.
- Wybrać do rejestracji 2 zęby ze wzornika, które przy ocenie wizualnej są najbardziej zbliżone kolorem do rejestrowanego wcześniej zęba żywego.
- Uruchomić program **ComproDTV45** i zoptymalizować obraz używając zanotowanych wcześniej parametrów.
- Zarejestrować i zapisać obrazy zgodnie z instrukcją programu **ComproDTV45**.
- Skopiować zapisane obrazy do folderu grupy z zadaną przez użytkownika nazwą.
- Przy pomocy programu **ImageJ** utworzyć histogramy (dla składowych RGB) wybranego obszaru zęba żywego i 2 zębów ze wzornika (należy wybrać obszary o **takim samym** rozmiarze i położeniu).
- Zapisać utworzone histogramy w formie pliku tekstowego (**TXT**) w folderze grupy.
- Otworzyć zapisane wcześniej pliki **TXT** w programie **Statistica**.
- Odtworzyć histogramy jako wykresy dla wybranej składowej RGB w formie graficznej (jako wykresy liczby pikseli od ich jasności), odczytać położenia maksimum pików jasności i ich szerokości połówkowe.
- Porównać i skomentować otrzymane wyniki. Na podstawie otrzymanych wyników określić kolor swojego zęba na skali wzorca dentystycznego.
- Przy pomocy programu **CoreIDRAW**, otworzyć zarejestrowane obrazy zębów (kolorowe).
- Następnie, w co najmniej dwóch punktach (A, B) mieszczących się w wybranym obszarze zęba żywego (Z) oraz zębów - fantomów (f, F) (należy wybrać **te same** obszary jak powyżej), wyznaczyć wartości współrzędnych  $L^*a^*b^*$ .

- Zapisać dla każdego obrazu wartości współrzędnych  $L^*a^*b^*$ .
- Ze wzoru (1) obliczyć różnice w kolorze pomiędzy zębem żywym (ZA; ZB) a 2 wybranymi do oceny zębami ze wzornika (fA; fB; FA; FB):  $\Delta E_{ZA,fA}$ ;  $\Delta E_{ZA,FA}$ ;  $\Delta E_{ZB,fB}$ ;  $\Delta E_{ZB,FB}$  i skomentować wyniki. Na podstawie otrzymanych wyników określić kolor swojego zęba na skali wzorca dentystycznego.
- Podsumować skuteczność zastosowanych metod analizy obrazu w ocenie barwy zębów.

#### **4. Jakościowy opis stanu uzębienia studenta (opcjonalnie).**

Na podstawie wizualnej oceny wnętrza jamy ustnej przy użyciu kamery stomatologicznej opisać jakościowo stan uzębienia wybranego studenta.

### **IV. Sprawozdanie (szablon: CABZ.dotx)**

1. Wyniki cyfrowej analizy ilościowej wybranego ubytku: rozmiary liniowe, jasność, względne zmniejszenie jasności w stosunku do tkanek zdrowych wraz z komentarzami. Wyniki zestawić w tabeli.
2. Wyniki cyfrowej analizy obrazów wybielanego zęba: zmiana jasności, kontrast, histogramy, położenia maksimum pików oraz ich szerokości połowkowe, współrzędne  $L^*a^*b^*$  oraz obliczone na ich podstawie  $\Delta E_{A,C}$  i  $\Delta E_{B,D}$  wraz z komentarzami.
3. Wyniki cyfrowej analizy obrazów zębów żywych: histogramy dla wybranej składowej RGB, położenia maksimum pików oraz ich szerokości połowkowe, współrzędne  $L^*a^*b^*$  oraz obliczone na ich podstawie  $\Delta E_{ZA,fA}$ ;  $\Delta E_{ZA,FA}$ ;  $\Delta E_{ZB,fB}$ ;  $\Delta E_{ZB,FB}$  wraz z komentarzami (opcjonalnie).
4. Jakościowy opis stanu uzębienia studenta (opcjonalnie).

### **V. Instrukcje**

- Instrukcja programu *ImageJ*.
- Instrukcja programu *Pomiary*.
- Instrukcja programu *CorelDraw*.
- Instrukcja programu *ComproDTV45*.
- Instrukcja programu *Statistica*.



Instrukcja obsługi kamery *Satellite Scope DP6*:

1. Przed przystąpieniem do pomiaru należy założyć na kamerę jednorazową osłonkę.
2. Włączyć kamerę delikatnie przekręcając pokrętło przełącznika (umieszczonego na kablu) zgodnie z kierunkiem strzałek. Zaświecą się cztery diody.
3. Uruchomić program *ComproDTV45* (pulpit) obsługujący kartę video sprzężoną z kamerą i przy jego pomocy zarejestrować i zapisać obrazy w celu ich późniejszej analizy (instrukcja programu *ComproDTV45*).
4. Po zakończeniu pomiaru niezwłocznie wyłączyć kamerę ponownie przekręcając pokrętło przełącznika w prawo (zgasną cztery diody).

**Uwaga:** Kamera *Satellite Scope DP6* jest wyposażona w autofocus, co oznacza, iż w chwili zbliżania jej do obserwowanego obiektu następuje automatyczne dopasowanie ostrości i powiększenia obrazu.

***Kamera Satellite Scope DP6 jest urządzeniem bardzo delikatnym, dlatego należy obchodzić się z nią ostrożnie: chronić przed wstrząsami oraz wyłączać po każdej rejestracji.***