

# Ocena jakości obrazów medycznych

## Laboratorium

### **I. Cel ćwiczenia**

Zasadniczym celem ćwiczenia jest wykorzystanie różnych metod obliczeniowych oraz testów subiektywnych do oceny jakości obrazów medycznych tworzonych w takich systemach jak: tomografia komputerowa – CT (*computed tomography*), radiografia cyfrowa – DR (*digital radiography*) i CR (*computed radiography*), tomografia rezonansu magnetycznego – MR (*magnetic resonance*), ultrasonografia - USG, medycyna nuklearna - MN i inne.

Zagadnienie oceny jakości obrazów podejmowane jest wobec takich zastosowań jak: cyfrowe systemy gromadzenia, przesyłania i wizualizacji informacji obrazowej – PACS (*picture archiving and communication systems*), DICOM (*digital imaging and communications in medicine*), RIS (*radiology information system*), HIS (*hospital information system*), komputerowe wspomaganie diagnostyki obrazowej CAD (*computer-aided detection and diagnosis*), stratna kompresja w celach archiwizacji i transmisji obrazów medycznych.

Wstępna charakterystyka jakości obrazów różnych modalności umożliwia stosowanie odpowiednich metod cyfrowego przetwarzania, analizy i interpretacji danych obrazowych. Porównanie jakości obrazów oryginalnych i przetworzonych pozwala na weryfikację tych metod oraz ocenę ich użyteczności w uwydatnianiu, wizualizacji, detekcji i wyznaczeniu efektywnej reprezentacji informacji diagnostycznej.

Spodziewane efekty pracy studentów to: charakterystyka porównawcza właściwości różnego typu obrazów medycznych, wybór i optymalizacja metod oceny jakości (wiarygodności) z uwzględnieniem testów subiektywnych oraz wyniki ocen jakości danych obrazowych oryginalnych i przetworzonych. W podsumowaniu istotne są: analiza wyników oraz wnioski dotyczące wszystkich zagadnień poruszanych w tym ćwiczeniu.

### **II. Omówienie podstawowych zagadnień związanych z problematyką ćwiczenia**

Przedstawiono ogólną charakterystykę obrazów medycznych różnych modalności podkreślając cechy szczególnie istotne przy analizie, przetwarzaniu i rozpoznawaniu informacji obrazowej w cyfrowych systemach gromadzenia, wymiany i wizualizacji medycznych danych obrazowych. Ocenę właściwości obrazów wpływających na efektywność tych systemów można często sprowadzić do zagadnienia oszacowania dokładności odwzorowania (wybranych struktur, funkcji, fantomu) określonej metody obrazowania (znajomość zniekształceń geometrycznych, poziomu i rodzaju szumów, artefaktów). Obraz medyczny jest jedynie pewnym przybliżeniem prezentowanych struktur 'ukrytych', obciążonym szeregiem ograniczeń całego procesu akwizycji, formowania i wstępnego przetwarzania obrazów (natury fizycznej, elektronicznej, optycznej etc.).

Opisane skrótowo metody oceny jakości obrazów medycznych (oryginalnych, przetworzonych, stratnie kompresowanych) mogą być przydatne również w ocenie i porównaniu wiarygodności wybranych systemów i sposobów obrazowania. Szczęólnego znaczenia nabierają miary wartości diagnostycznej badań obrazowych zarówno w kontekście oceny przydatności metod wspomaganie obrazowej diagnozy, jak też efektywności sposobu doboru parametrów czy nawet nowych technologii systemów obrazowania.

#### II. 1. Charakterystyka klasy obrazów medycznych

Doskonalone sposoby 'zagłądania' do wnętrza ludzkiego ciała pozwalają uzyskać coraz większy zasób informacji diagnostycznej zwiększając trafność i czułość decyzji lekarza. Nie ma uniwersalnych metod

obrazowania skutecznie łączących, z zadawalającą efektywnością, w procesie wizualizacji informację anatomiczną, fizjologiczną (czynnościową, funkcjonalną), dotyczącą szerokiego zakresu rodzaju tkanek i systemów, wielkości obiektów i dynamiki zróżnicowania określonego parametru fizycznego wizualizowanego w obrazie. Odmienność poszczególnych technologii obrazowania wpływa na zróżnicowanie właściwości uzyskiwanych zbiorów danych obrazowych. Wymaga to stosowania dobranych metod wizualizacji (prezentacji) badań obrazowych, poprawy ich jakości w celu skuteczniejszej percepcji informacji diagnostycznej, automatycznej analizy i interpretacji, oszczędnej archiwizacji czy szybszej transmisji w systemach radiologii cyfrowej.

Dostępna *a priori* informacja o właściwościach obrazów winna być wykorzystana w metodach ich 'poprawiania', aby obiektywna bądź obiektywizowana ocena jakości tych obrazów wykazała ich większą przydatność w procesie diagnozy.

### ***Medyczne systemy obrazowania***

Obrazy medyczne, tworzone wskutek różnorodnych zabiegów technologicznych, umożliwiają specjalistom obserwację anatomii struktur oraz przebiegu procesów fizjologicznych zachodzących we wnętrzu ludzkiego ciała. Analiza i interpretacja informacji obrazowej służy właściwej diagnozie (tj. detekcji i ocenie zmian patologicznych oraz określonych cech przedmiotu zobrazowania), a także planowaniu ewentualnej terapii. Poprzez obrazowanie medyczne możemy zajrzeć (bezinwazyjnie) do normalnie ukrytego wnętrza ludzkiego ciała. Poszczególne obrazy ujawniają różnego typu informacje diagnostyczne. Przykładowo klasyczne badania MRI czy CT uwidaczniają z dużą dokładnością morfologię (budowę strukturalną) organów, natomiast badania PET czy SPECT przede wszystkim ich funkcje dynamiczne. Z kolei badania USG pozwalają za pomocą stosunkowo niedrogiej aparatury ocenić cechy zarówno anatomiczne jak i czynnościowe organów zbudowanych z tkanki miękkiej. Kompleksowa, multimodalna prezentacja różnorodnej informacji uzyskanej metodą ultradźwiękową stanowi obecnie chyba najbardziej atrakcyjne narzędzie diagnostyki obrazowej.

Proces obrazowania medycznego wymaga zwykle zaangażowania następujących osób: obok pacjenta także operatora systemu (inżyniera klinicznego, fizyka medycznego, technika) i obserwatora-specjalisty (radiologa, lekarza). Wynikiem wykorzystania określonego systemu obrazowania (urządzenia obrazującego, systemu informatycznego, narzędzi sterowania, planowania, kontroli, archiwizacji, transmisji etc.) jest badanie obrazowe (pojedynczy obraz, sekwencja obrazów, dodatkowe dane z akwizycji). Niekiedy lekarz specjalista interpretujący rejestrowane dane jest jednocześnie operatorem systemu. Percepcja cech anatomicznych czy fizjologicznych zależy jest od właściwości całego systemu obrazowania, jakości urządzeń obrazujących, algorytmów przetwarzania, rekonstrukcji i prezentacji badań.

Większość systemów obrazowania posiada szereg wariantowych nastaw (parametry akwizycji, metody prefiltracji, tryb prezentacji itd.), które są dobierane w zależności od rodzaju badań, cech pacjenta, wymagań radiologa czy określonych procedur diagnostycznych. Mogą to być wymienne części urządzenia obrazującego (ekrany, płytki wzmacniające, kolimatory, płyty obrazowe w radiografii, przetworniki w ultrasonografii, czy cewki w tomografii rezonansu magnetycznego), dobierane wartości różnych wielkości fizycznych związanych z procesem tworzenia obrazu (wielkość napięcia na lampie rentgenowskiej, wielkość wzmocnienia odbieranej wiązki i częstotliwość ultradźwięków w USG, czas echa w MRI, czy też aktywność radionuklidu w badaniu scyntygraficznym). Poszczególne elementy systemu wpływają na jakość obrazu i kształtują dobrą widoczność (rozdzielność, wierność rekonstrukcji itp.) prezentowanych struktur wewnętrznych. Wizualna czułość systemów medycznego obrazowania zależy od wielu czynników na drodze od źródła promieniowania, poprzez badany obiekt, proces kształtowania obrazu do odbiorcy. Może być interakcyjnie i adaptacyjnie optymalizowana w celu jak najlepszego psychowizualnego odbioru prezentowanych struktur. Skuteczność tej procedury jest często efektem bliskiej współpracy lekarzy i inżynierów.

## ***Wartość diagnostyczna obrazów medycznych***

Zasadniczym czynnikiem uwzględnianym przy przetwarzaniu (poprawie jakości, percepcji, wizualizacji, kompresji) obrazów medycznych jest wiarygodność diagnostyczna tych obrazów lub też, w kategoriach bezwzględnych, ich wartość diagnostyczna. Obraz jest **wiarygodny diagnostycznie**, jeżeli ma cechy pozwalające na właściwą interpretację zawartej informacji diagnostycznej. Wartość diagnostyczna wynika z właściwie dobranych warunków rejestracji obrazu oraz odpowiedniego sposobu przetwarzania i prezentacji obrazu. Jest związana ze zdolnością obserwatora do detekcji symptomów (zmian, zagrożeń) patologicznych i zależy od czterech zasadniczych czynników:

- jakości obrazów,
- wiarygodności diagnostycznej obrazów,
- warunków obserwacji,
- charakterystyki pracy lekarza-specjalisty.

Metody przetwarzania zmieniające jakość obrazów przy ustalonych warunkach obserwacji winny być optymalizowane ze względu na skuteczność pracy specjalisty. Niektóre cechy zbioru danych obrazowych (zniekształcone szczegóły struktur, zaszumienie, artefakty, mały kontrast itp.) mogą zmniejszać widoczność (wyrazistość) cech (symptomów) istotnych diagnostycznie. Określone elementy okazują się nieistotne w danej procedurze diagnozowania mniej lub bardziej ograniczając możliwości podejmowania poprawnych decyzji (zmniejszając czułość i trafność decyzji poprzez np. maskowanie (przesłanianie) informacji użytecznej). W pewnych przypadkach zwiększenie skuteczności detekcji patologii można uzyskać poprzez poprawę jakości obrazu.

### *Jakość obrazu*

Jakość obrazów medycznych wynika bezpośrednio z metody obrazowania, właściwości konkretnych urządzeń rejestrujących obraz oraz aktualnych wartości parametrów systemu ustalonych przez operatora. Na jakość składa się pięć głównych cech obrazów: **kontrast, rozdzielczość, stosunek sygnału użytecznego do szumów, poziom artefaktów oraz zniekształceń przestrzennych**.

Obraz wielu nakładających się struktur anatomicznych i cech fizjologicznych, widocznych pod różnymi kątami przekrojów, prostopadłych do powierzchni obrazu naczyń itp. jest często trudny w interpretacji diagnostycznej, która wymaga olbrzymiej wiedzy i doświadczenia radiologa. Analizując inżyniersko taki obraz problem interpretacji można sprowadzić do właściwego określenia cech wybranych obiektów (np. konturów, kształtu, tekstury wnętrza obiektu) występujących niekiedy w mało kontrastowym otoczeniu (kontekście), jego detekcji i poprawnej klasyfikacji. Ważna jest też relacja interesującego diagnostycznie obiektu do struktur sąsiednich i ogólnych cech obrazowanego obszaru.

Rozróżnialność obiektów i cech (tj. wyrazistość informacji) zależy zarówno od właściwości przedstawianego obiektu, jak też parametrów systemu. Zasadniczym celem jest maksymalne zróżnicowanie wielkości charakteryzującej tkanki w danej metodzie obrazowania (impedancji akustycznej w USG, liniowych współczynników pochłaniania w metodach rentgenowskich, ilość zgromadzonego izotopu o danej aktywności w MN, czy też gęstość aktywnych protonów, czas ustawiania się protonów równoległe do linii zewnętrznego pola magnetycznego po zaniku impulsu radiowego T1 oraz czas zaniku namagnesowania poprzecznego T2 w badaniach MR). Metoda odwzorowania tych różnic na rozkład wartości pikseli decyduje o skontrastowaniu obrazu (dobrej percepcji), rozróżnieniu struktur przy zachowaniu ostrych krawędzi (duża rozdzielczość) i minimalizacji czynników negatywnych (szum, artefakty, zniekształcenia). Cenne jest wykorzystanie całej dynamiki rejestrowanych danych. Do najczęściej stosowanych globalnych miar kontrastu należy histogram całego obrazu, a do lokalnych miar kontrastu można zaliczyć lokalny histogram, wariancję rozkładu wartości funkcji jasności w wybranym obszarze, a także często stosowaną zależność:

$$K = \frac{f_a - f_b}{f_a + f_b},$$

gdzie  $K$  - kontrast,  $f_a, f_b$  - wartości funkcji jasności sąsiednich pikseli lub średnie wartości funkcji jasności sąsiednich obszarów.

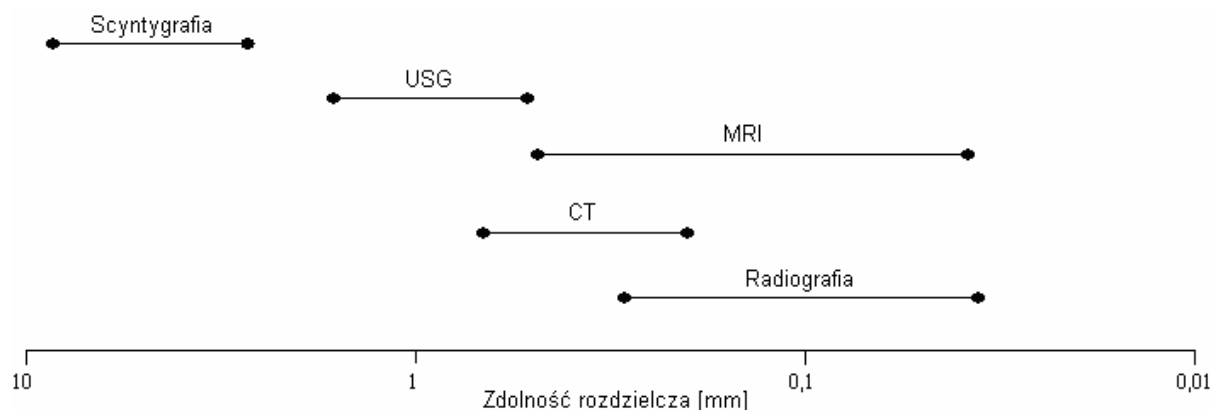
**Kontrast** jest najbardziej fundamentalną cechą obrazu określającą zdolność do rozróżnienia szczegółów i ogólnych treści. Umożliwia właściwą percepcję zawartej w obrazie informacji, a źle dobrany może utrudniać lub wręcz uniemożliwić interpretację diagnostyczną. Format zapisu danych odpowiada możliwej do uzyskania podczas rejestracji (akwizycji) dynamice danych w konkretnym systemie obrazowania, a sposób prezentacji obrazu winien umożliwić obserwację danych z całego zakresu tej dynamiki (lokalnie i globalnie). W praktyce dynamika medycznych danych obrazowych jest bardzo zróżnicowana, zarówno w obrębie jednej metody obrazowania, jak też pomiędzy różnymi metodami akwizycji i rekonstrukcji obrazów (tabela 1).

Tabela 1. Dynamika medycznych danych obrazowych.

NM	USG	MRI	CR/DR	CT
8 - 12 bitów	8 bitów	8 - 12 bitów	10 - 14 bitów	12 bitów

Wśród różnych metod obrazowania szczególne miejsce ze względu na kontrast zajmuje technika CT. Obrazy otrzymywane w rentgenowskiej tomografii komputerowej mają wyższą czułość kontrastu (inaczej rozdzielczość kontrastu) niż w przypadku konwencjonalnej radiografii. Efektem jest niekiedy możliwość obserwacji struktur tkanki miękkiej, które nie są widoczne w konwencjonalnej radiografii. Ze względu na dużą czułość kontrastu w obrazach CT występuje zazwyczaj pewna liczba ostrych krawędzi, które mają znaczenie diagnostyczne. Metody poprawy jakości tych obrazów mogą dodatkowo je uwidoczniać zwiększając lokalnie kontrast (adaptacyjne, lokalne metody poprawy kontrastu typu AHE, CLAHE (*adaptive histogram equalization*)).

Wszystkie metody obrazowania charakteryzuje ograniczone widmo częstotliwościowe odzwierciedlanej informacji anatomicznej i fizjologicznej (redukowany kontrast jako efekt ograniczonej zdolności rozdzielczej systemu). Powoduje to rozmycie ostrych krawędzi, zatarcie czy wręcz zagubienie drobnych szczegółów wizualizowanych obiektów. Większa **rozdzielczość** rejestrowanych obrazów oznacza mniejszy efekt rozmycia, lepiej widoczne drobne elementy często o dużej wartości diagnostycznej. Orientacyjne porównanie zdolności rozdzielczej różnych metod obrazowania zostało przedstawione na rys. 1.



Rys. 1. Porównanie typowych zdolności rozdzielczych różnych metod obrazowania w medycynie.

Inną cechą charakterystyczną obrazów jest obecność **szumu**, który pojawia się w zróżnicowanej postaci cętkowanej tekstury, ziarna, spekli etc.. Rodzaj i poziom szumu zależy od metody obrazowania. Wyższy poziom szumów w stosunku do sygnału użytecznego wpływa na obniżenie widoczności

obiektów, pogarsza kontrast i percepcję szczegółów w wysokorozdzielczym obrazie. Najsilniej wpływa na obiekty o niskim kontraście, które znajdują się blisko progu widoczności (percepcji). Źródła szumów występują na każdym kolejnym etapie tworzenia obrazu i wynikają np. z różnicy energii kwantów promieniowania X, statystyki detekcji kwantów, różnic w prędkościach rozchodzenia się ultradźwięków w tkankach miękkich, zjawiska ugięcia wiązki na sąsiednich drobinach itd. Dalej dochodzą szумы elektroniki, losowo zmieniające się właściwości urządzeń (lub metod) do gromadzenia, rekonstrukcji i prezentacji obrazów.

Minimalizacja poziomu szumów powinna być przeprowadzona na poziomie rejestracji danych obrazowych. Na dalszym etapie stosując metody przetwarzania wstępnego, przetwarzania danych zrekonstruowanych, uwydatniania informacji użytecznej itp. można tylko w ograniczonym zakresie zredukować szумы. Szum zwykle ma widmo ciągłe, staje się bardziej widoczny, jeśli zwiększa się średni poziom przenoszenia kontrastu w obrazie, podbija się składowe sygnału o wysokiej częstotliwości (w tym zakresie stosunek sygnału do szumu jest zwykle mały). Wpływ szumu można natomiast zredukować poprzez filtrację dolnoprzepustową obrazu, uwydatnienie znanych cech sygnału, lokalny dobór kontrastu, wskazanie regionu zainteresowań etc.. Wygładzenie przypadkowej struktury szumów czyni je mniej widocznymi, choć może spowodować także pogorszenie wysokoczęstotliwościowej treści diagnostycznej. Orientacyjne średnie wartości stosunku sygnału użytecznego do szumów w obrazach medycznych przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Orientacyjne średnie wartości stosunku sygnału do szumów w obrazach medycznych.

NM	USG	MRI	CR/DR	CT
15 dB	40 dB	60 dB	60 dB	50 dB

Problemem występującym w różnych modalnościach medycznych jest powstawanie niechcianych cech obrazu, nazywanych **artefaktami**, które nie odzwierciedlają właściwości obrazowanych struktur (ani dodatkowego obiektu umieszczanego niekiedy celowo w polu obrazowania). W wielu przypadkach artefakty nie wpływają znacząco na percepcję informacji istotnej diagnostycznie, jednak niekiedy mogą ograniczyć dokładność interpretacji lub nawet wprowadzić przekłamania (niekiedy artefakty bardzo wiernie 'udają' cechy struktur żywych). Wiele różnych czynników może powodować powstanie artefaktów, począwszy od sposobu przetwarzania danych i algorytmów konstruowania obrazu w systemie, a kończąc na poruszeniu się pacjenta czy chociażby przesunięciu kolimatora w lampie rentgenowskiej. Do typowych artefaktów pojawiających się w obrazach można zaliczyć powstawanie cieni, przejasnień i rewerberacji w badaniach USG, nakładanie związane z kodowaniem częstotliwości, fazy i selekcją warstw, chemiczne przesunięcie w badaniach MR itd.

Ważnym wymaganiem stawianym metodom przetwarzania obrazów jest nie wprowadzanie dodatkowych zniekształceń, które mogą niekiedy zakłócić proces interpretacji (jako 'sztuczne' artefakty). Efekt taki może powodować np. zbyt silne lub mało selektywne podbicie cech informacji użytecznej lub źle dobrana metoda kompresji stratnej.

Obraz medyczny powinien uwidocznić wewnętrzne narządy ciała, ale winien także właściwie oddać ich rozmiar, kształt oraz względne położenie. Proces akwizycji może wprowadzać zniekształcenia kształtu i wzajemnego położenia struktur obrazu, np. wskutek złego dobrania parametrów urządzenia obrazującego (potrzebna jest stała kontrola jakości). Niekiedy na etapie rekonstrukcji czy późniejszego przetwarzania niemożliwe jest skorygowanie obrazu, a jedyną szansą na poprawną diagnozę jest doświadczenie lekarza oraz weryfikacja podejmowanych decyzji na podstawie także innych przesłanek.

Uzyskanie optymalnej percepcji treści diagnostycznej ograniczone jest koniecznością ustalenia wielu kompromisów pomiędzy przeciwstawnymi wpływami poszczególnych elementów systemu obrazowania na jakość obrazu, warunkami wykonywania badania, stanem zdrowia pacjenta itd. (np. pomiędzy wielkością dawki pochłoniętą przez pacjenta a czasem badania w MN). Inżynier kliniczny dobierając parametry systemu np. pod kątem redukcji szumów, często musi ograniczyć kontrast lub zdolność rozdzielczą. Właściwości systemu obrazowania muszą być starannie dobrane do

specyficznych wymagań badań klinicznych, aktualnych uwarunkowań, cech pacjenta, wymagań specjalisty, wcześniejszego rozpoznania itp.

#### *Warunki obserwacji*

Kombinacja dwóch wskaźników stanowi o wyjątkowości każdej z metod obrazowania. Są to widoczne na obrazie cechy charakterystyczne tkanki (dominuje element obiektywny) oraz perspektywa obserwacji (dominuje element subiektywny). Zróżnicowanie specyficznej dla danej metody właściwości tkanek jest odwzorowane w skali szarości dając określone lokalne i globalne skontrastowanie obrazu. Z kolei zdolność postrzegania (percepcji) informacji obrazowej przez obserwatora silnie zależy od warunków, w jakich odbierany (interpretowany) jest ten obraz. Istotny jest tutaj sposób prezentacji obrazu w danym systemie (jakość karty graficznej, monitora, możliwości doboru palety itd.), a także wpływ warunków zewnętrznych pracy specjalisty (oświetlenie pomieszczenia, ergonomia pracy, wyciszenie, zmęczenie, zdenerwowanie, ograniczenia czasowe itp.). Sposób prezentacji obrazów jest bardzo zróżnicowany i zasadniczo powinien być powiązany z ich jakością. W aparatach USG stosowane są najczęściej niewielkie monitory o ograniczonym kontraście i rozdzielczości. Lepsze parametry mają urządzenia do prezentacji badań rezonansu magnetycznego, obserwacji badań CT (przesuwne okno) czy wreszcie obrazów radiograficznych (np. 5 mega pikselowe, 10 bitowe monitory do mammografii). Obrazy scyntygraficzne prezentowane są często w systemach MN z wykorzystaniem interpolacji i filtracji w celu poprawy wizualnej jakości obrazów oryginalnych. Wprowadza się też zazwyczaj pseudokolorowanie.

#### *Charakterystyka pracy specjalisty*

W wielu przypadkach właściwa ocena zmian patologicznych w analizowanym obrazie nie jest prosta i, aby ją wykryć, konieczna jest wiedza, doświadczenie i uważna praca obserwatora-specjalisty. Zarówno sposób detekcji patologii, jak i stosowane kryteria zależą od tak wielu czynników (rodzaj badania, cechy pacjenta, dodatkowe informacje z innych badań, przebieg choroby, preferencje radiologa itd.), że nie jest możliwe jednoznaczne scharakteryzowanie pracy specjalisty metodami obliczeniowymi (ustalone procedury, miary, modele). Stosowane są więc metody oceny subiektywnej zdolności obserwatora do stwierdzania określonych faktów istotnych diagnostycznie na podstawie analizowanych obrazów. Najpopularniejsza obecnie metoda polega na rozpoznawaniu (detekcji i wstępnej klasyfikacji) patologii w statystycznie istotnym zbiorze badań obrazowych przez zespół specjalistów danej dziedziny z różnych ośrodków medycznych. Na podstawie decyzji diagnostycznych wyznaczana są **krzywe ROC** (*receiver operating characteristic*). W trakcie przeprowadzanych testów obok poprawnych decyzji, potwierdzających rzeczywistą obecność patologii w prezentowanym obrazie (decyzje prawdziwie pozytywne) oraz jej brak (decyzje prawdziwie negatywne), zdarzają się też wskazania błędne (fałszywe negatywne i fałszywe pozytywne), tym liczniejsze im silniejszy jest wpływ czynników pogarszających diagnostyczną jakość obrazów (ograniczenia danej metody obrazowania, wybór niewłaściwych parametrów systemu, słabe warunki obserwacji, niedoświadczenie czy nieuwaga obserwatora).

Zaletą analizy ROC jest względna niezależność oceny od preferencji obserwatora. Bardziej czujny radiolog wskaże większą liczbę patologii (rośnie czułość testu), jednak często kosztem wzrostu liczby wskazań fałszywie pozytywnych, co spowoduje mniejszą trafność (specyficzność) jego ocen. Zbyt ostrożny obserwator przy mniejszej czułości ma lepszą trafność decyzji (mniej wskazań fałszywych).

W badaniach CR/DR, CT, MRI decydujące w rozpoznawaniu patologii są często drobne fragmenty struktur, rozgałęzienia czy zgrubienia, zazwyczaj o ostrych krawędziach i nieregularnych kształtach, występujące w newralgicznych regionach zainteresowań. Poprawną interpretację umożliwia dobra jakość tych obrazów. W innych badaniach (USG i NM) zasadniczą informację diagnostyczną stanowią przestrzenne relacje pomiędzy większymi strukturami oraz ich kształt, a brak szczegółów czy wyższy poziom szumów nie zawsze powodują degradację wartości diagnostycznej tych obrazów.

Obok obserwacyjnych metod oceny efektywności procesu diagnozy stosowane są także przybliżające (a jednocześnie obiektywizujące) sposoby obliczania cech istotnych diagnostycznie

bezpośrednio z obrazów, z wykorzystaniem różnych metod przetwarzania obrazów (wyznaczania konturów, segmentacji itd.).

### *Podsumowanie*

Obrazy medyczne stanowią bardzo zróżnicowaną pod względem jakości klasę obrazów. Na podstawie analizy właściwości tych obrazów oraz czynników kształtujących ich wartość diagnostyczną można dokonać ogólnego podziału tych obrazów na dwie grupy:

- a) 'niższej jakości' charakteryzujące się większym poziomem szumów, mniejszą rozdzielczością i łagodniejszymi kryteriami wartości diagnostycznej (dotyczącymi głównie kształtu i przestrzennych relacji prezentowanych struktur); do grupy tej można zaliczyć przede wszystkim obrazy scyntygraficzne, USG i część obrazów MRI;
- b) 'wyższej jakości' wyróżniające się znacznie niższym poziomem szumów, większą rozdzielczością oraz ostrymi kryteriami wartości diagnostycznej (związanej najczęściej z jakością drobnych szczegółów istotnych struktur oraz wielkością i kształtem niewielkich obszarów zainteresowań); do obrazów tej grupy można zaliczyć wysokiej jakości obrazy MRI (głowy, układu nerwowego), CT oraz cyfrowe obrazy rentgenowskie CR/DR/skanowane.

## **II. 2. Ocena jakości obrazów medycznych**

Klasa obrazów medycznych wydaje się jedną z najbardziej wymagających pod względem wierności obrazowania przy zachowaniu wysokiej jakości prezentacji wszystkich istotnych szczegółów. Stosowanie w tym przypadku metod przetwarzania, poprawy jakości czy kompresji wymaga skutecznych, jednoznacznych i obiektywnych wskaźników jakości obrazów, najlepiej w kategoriach wartości diagnostycznej. Uśrednione miary o charakterze ogólnym mogą być niewystarczające, a lokalne wskaźniki i ich interpretacja są silnie zależne od semantyki sceny i znaczenia poszczególnych struktur i ich fragmentów. Brak wystarczająco pewnych metod oceny jakości obrazów diagnostycznych jest kłopotliwy przy doskonaleniu metod wspomagania diagnostyki obrazowej.

Ocena jakości jest zagadnieniem wieloaspektowym, trudnym i często niejednoznacznym, silnie subiektywnym. Ważnym elementem rozważań na temat sposobów oceny jakości obrazów przetworzonych jest analiza jakości obrazu oryginalnego. Trzeba pamiętać o tym, że każdy system obrazowania ma swoje ograniczenia, nie wszystkie cechy prezentowanych obiektów są odzwierciedlane w rejestrowanych obrazach. Każdy system obrazowania można scharakteryzować za pomocą czasowo-częstotliwościowej funkcji przenoszenia, która stanowi kompletny opis danego systemu. Funkcja ta określa częstotliwość graniczną, dopuszczającą określony poziom szczegółowości opisu informacji dotyczącej obiektów reprezentowanych w zarejestrowanym obrazie.

Charakterystykę metod oceny jakości obrazów medycznych przedstawiono w:

<http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Dydaktyka/labjakosc/textocena.pdf>

Aktualną wersję tej instrukcji można znaleźć tutaj:

<http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Dydaktyka/labjakosc/labocena.pdf>

### III. Pomiary i badania

#### III.1 Aparatura



Stanowisko komputerowe z łączem internetowym, z bazą medycznych danych obrazowych:

<http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Dydaktyka/labjakosc/>

oraz programami do przetwarzania obrazów, poprawy jakości obrazów, oceny jakości, wydobywania informacji diagnostycznej, wspomagające testy subiektywne oceny jakości diagnostycznej:

- Mammoviewer: <http://www.ire.pw.edu.pl/MammoViewer/>
- inne: <http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/kompresja/lab/quality/>

#### III.2. Eksperymenty

1. Ocena jakości obrazów medycznych pochodzących z różnych systemów:
  - a) ocena psychowizualna, opisowa (propozycja własna);
  - b) w razie możliwości zastosowania wzorców należy określić wierność odwzorowania i poziom zniekształceń;
  - c) obliczyć jakość poszczególnych obrazów testowych, tj. kontrast (lokalny i globalny), rozdzielczość (na podstawie widma amplitudowego FFT, profili, etc.), estymację poziomu szumów (widmo FFT, miary korelacyjne, etc.).
2. Dokonanie klasyfikacji obrazów medycznych na podstawie wartości parametrów wyznaczonych w punkcie 1.
3. Eksperymentalna próba poprawy jakości diagnostycznej obrazów: percepcji oraz efektywności automatycznej detekcji zmian patologicznych.
4. Ocena jakości przetworzonych obrazów przy użyciu następujących metod:
  - a) obliczeniowej: miary liczbowe skalarne i wektorowe;
  - b) subiektywnej: wybór skali ocen z opisem słownym;
  - c) testu detekcji z wykorzystaniem krzywej ROC.

### IV. Protokół badań

Protokół winien zawierać:

- a) zestawienie rezultatów charakterystyki jakości obrazów różnych modalności,
- b) opis proponowanej klasyfikacji obrazów ze względu na wartości wyznaczonych ocen jakości,
- c) opis wybranej metody poprawy jakości diagnostycznej obrazów,
- d) opis metody subiektywnej oraz testu detekcji,
- e) wyniki oceny jakości przetworzonych obrazów, określenie poziomu korelacji ocen obiektywnych, subiektywnych i testu detekcji,
- f) wnioski.



## **V. Zagadnienia do samodzielnego opracowania przed wykonaniem ćwiczenia**

1. Sposób obliczeniowej oceny jakości obrazów, metodologia takich operacji jak poprawa kontrastu, korekcja histogramu, analiza transformaty FFT i estymacja poziomu szumów.
2. Charakterystyka wybranych systemów obrazowania medycznego (USG, MRI, CT, CR, DR, MN).
3. Jakie są kryteria efektywności metod przetwarzania obrazów w zastosowaniach medycznych?
4. Jaka jest różnica pomiędzy obliczeniowymi a subiektywnymi miarami jakości obrazów?
5. Jakie mogą być kryteria doboru metod poprawy percepcji obrazów?
6. Jak efektywność automatycznych metod detekcji i klasyfikacji zmian patologicznych zależy od właściwości obrazów?

## **VI. Literatura**

1. A. Przelaskowski, „Miary jakości” w „Multimedia - Algorytmy i Standardy kompresji” pod redakcją W. Skarbka, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, pp. 111-142.
2. A. Przelaskowski, „Falkowe metody kompresji danych obrazowych”, Oficyna Wydawnicza PW, 2002, rozdział 5 ([http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Publikacje/download\\_hab.php](http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Publikacje/download_hab.php)).
3. A. Przelaskowski, „Kompresja danych, skrypt internetowy”, 2002, rozdział 9 (<http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Dydaktyka/koda/skrypt.html>)