

Oprogramowanie EVP Plus dostarcza najnowocześniejszej obróbki obrazu dla systemów CR i DR

Wprowadzenie

Technicy RTG oczekują dużego stopnia automatyzacji i wydajności technologii, której używają w codziennych działaniach, co oznacza, że oczekują minimalnej interakcji z oprogramowaniem. Jednocześnie radiolodzy także potrzebują elastyczności, aby spełnić specyficzne, indywidualne wymagania danej placówki dotyczące preferencji wyświetlania.

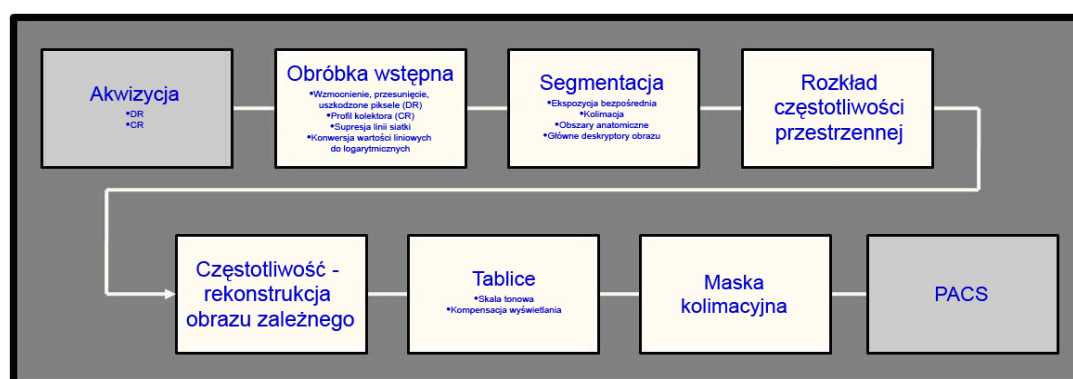
W przypadku techniki obróbki obrazu oznacza to, że podstawowym wyzwaniem jest uzyskanie dużego stopnia automatyzacji z jednoczesnym zapewnieniem elastyczności i łatwej obsługi. Jest to niemałe wyzwanie w przypadku cyfrowej radiografii projekcyjnej, kiedy obrazy RTG pacjentów uzyskane za pomocą systemów radiografii cyfrowej (DR) lub systemów radiografii komputerowej (CR) z ekranami

fosforowymi (PSP) wymagają obróbki, aby przekształcić wykonane obrazy do postaci umożliwiającej interpretację diagnostyczną.

Oprogramowanie CARESTREAM DirectView EVP Plus skutecznie pokonuje to wyzwanie w cyfrowej radiografii projekcyjnej. Oprogramowanie EVP Plus automatycznie obrabia i dostarcza obrazy DR i CR o jakości diagnostycznej do systemu PACS, na podstawie preferencji wyświetlania określonych odrębnie przez każdą placówkę.

EVP Plus: obróbka obrazu

Rysunek 1 przedstawia schemat algorytmu oprogramowania EVP Plus składający się z sześciu głównych etapów obróbki automatycznej.



Rysunek 1 – Schemat obróbki w oprogramowaniu EVP Plus

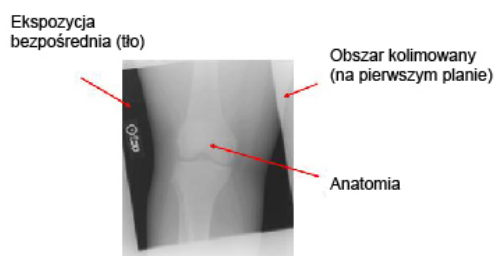
Na etapie obróbki wstępnej na nieobrobionych danych pikseli wykonywane są różne operacje, takie jak

regulacja wzmocnienia detektora i przesunięcia. Korekcje te kalibrują odbiornik, aby jego reakcja na ekspozycję

Biała księga | Oprogramowanie CARESTREAM DirectView EVP Plus

w polu widzenia była spójna. Etap obróbki wstępnej obejmuje także konwersję wartości pikseli z liniowych na logarytmiczne. Konwersja logarytmiczna zapewnia, że kształt histogramu wartości kodu obrazu nie zmienia się w zależności od poziomu ekspozycji, co ułatwia jednorodną obróbkę. Jeśli w trakcie akwizycji obrazu używana jest nieruchoma kratka przeciwrozproszeniowa, na obrazie widoczny jest wzór linii kratki, oprogramowanie do obróbki wstępnej wykryje ten wzór, a następnie amplituda zakłóceń sygnału zostanie stłumiona. Supresja linii kratki zapobiega wystąpieniu artefaktów w postaci efektu aliasingu, np. efektem Moire'a, w przypadku zmiany wielkości obrazów w celu wyświetlenia na monitorach systemu PACS.

Po zakończeniu obróbki wstępnej obraz jest segmentowany, a każdy piksel zostaje zaklasyfikowany jako należący do jednego z trzech obszarów: 1) diagnostycznie istotna część anatomiczna, która odpowiada ogólnie obszarowi wewnątrz linii skóry; 2) kolimacja i 3) ekspozycja bezpośrednia. Rysunek 2 przedstawia trzy główne obszary, które zostały posegmentowane.



Rysunek 2 – Trzy obszary obrazu, które zostały posegmentowane

W obrębie anatomii algorytmy używane są do udoskonalania oszacowania obszarów istotnych diagnostycznie, takich jak kość, tkanka miękka i wolne powietrze. Etap segmentacji dalej identyfikuje względnie mniejsze obszary widoczne w obrazie RTG wewnątrz linii skóry, w tym markery odprowadzeń i stymulatory serca.

Oprogramowanie EVP Plus ignoruje wartości pikseli odpowiadające obszarom widocznym w obrazie w przypadku

wprowadzania parametrów, które sterują wzmocnieniem częstotliwości przestrzennej, oraz generuje tablice w celu interpretacji skali szarości obrazu. W przypadku urządzeń CR mogą występować sytuacje, kiedy na pojedynczym ekranie występuje wiele pól ekspozycji. W takich sytuacjach oprogramowanie automatycznie identyfikuje każdy obszar, a następnie traktuje poszczególne pola ekspozycji jak pojedyncze obrazy. Wynikiem fazy segmentacji jest zestaw głównych deskryptorów obrazu lub, w przypadku badania CR w wielu ekspozycjach, zestawy deskryptorów. Główne deskryptory obrazu są stosowane do sterowania renderowaniem obrazu zależnym od sygnału.

Pierwszym etapem renderowania obrazów jest rozkład ich pasma w wielu częstotliwościach. Jest to potężna metoda umożliwiająca niezależną manipulację kontrastem części anatomicznych o różnej wielkości. Względny kontrast tych części można regulować, aby uzyskać preferowane wyświetlanie interpretacji diagnostycznej dla każdego rodzaju badania. Rozkład pasma częstotliwości obejmuje proces, który powoduje sukcesywne zamazanie obrazu poprzez zwiększanie stopni, aby utworzyć serię obrazów przefiltrowanych przez filtr dolnoprzepustowy. Uzyskane obrazy są wykorzystywane do utworzenia serii obrazów przedstawiających różne pasma częstotliwości przestrzennej. Każde pasmo częstotliwości przedstawia określony zakres wielkości części anatomicznych. Na przykład, pasmo niskiej częstotliwości przedstawia zmiany kontrastu dużych części anatomicznych, jak np. pomiędzy śródpiersem i obszarami płucnymi, podczas gdy pasma wysokiej częstotliwości odpowiadają małym zmianom kontrastu, jak np. beleczki kostne. Pasma wysokiej częstotliwości zwykle zawierają także zakłócenia typu „ziarnistego” związane z szumem kwantowym.

Po rozłożeniu obrazu na pasma częstotliwości, wartości pikseli w każdym paśmie zostają zwielokrotnione poprzez

Biała księga | Oprogramowanie CARESTREAM DirectView EVP Plus

wzmocnienie, które znacząco zwiększa lub zmniejsza (jeśli wzmacnienie wynosi $< 1,0$) kontrast atrybutów obrazu reprezentowanych przez to pasmo. W oprogramowaniu EVP Plus stopień wzmacnienia lub supresji dla każdego pasma częstotliwości przestrzennej nie jest wartością stałą. Przeciwnie, wzmacnienie pasma częstotliwości to funkcja poziomu ekspozycji i wielkości krawędzi. Oprogramowanie EVP Plus posiada funkcję zależną od wielkości krawędzi, która moduluje wzmacnienie, aby osłabić artefakty związane z efektem halo, jakie mogą wystąpić w przypadku krawędzi o wysokim kontraście. Metoda ta pozwala wzmacnić subtelne szczegóły bez zbytecznego podkreślenia krawędzi o wysokim kontraście, które podatne są na artefakty związane z efektem halo (Rysunek 3).



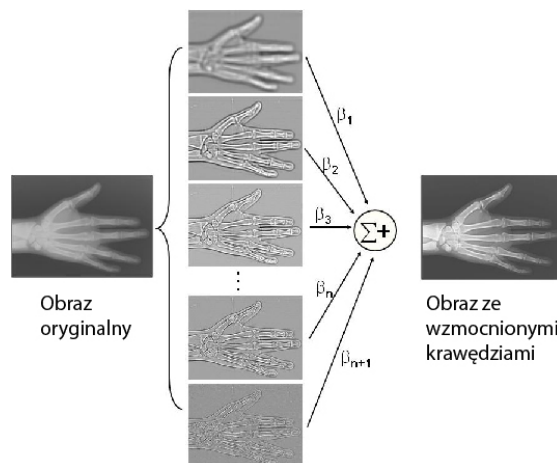
3a – Artefakt związany z efektem halo

3b – EVP Plus: obróbka

Na poziomach ekspozycji diagnostycznej dominującym źródłem szumu w obrazie diagnostycznym jest szum kwantowy. Ponieważ poziomy ekspozycji maleją w zakresie diagnostycznym, stosunek sygnału do szumu (SNR) także maleje, co powoduje nasilenie występowania szumu. W związku z tym, że występowanie szumów różni się przestrzennie, ponieważ odpowiada obszarom względnie wyższej i niższej ekspozycji, oprogramowanie EVP Plus stosuje większą supresję w obszarach o niższej ekspozycji.

Po manipulacji pasmami częstotliwości, pasma zostają ponownie połączone, aby

odtworzyć obraz o wzmacnionej częstotliwości (Rysunek 4).



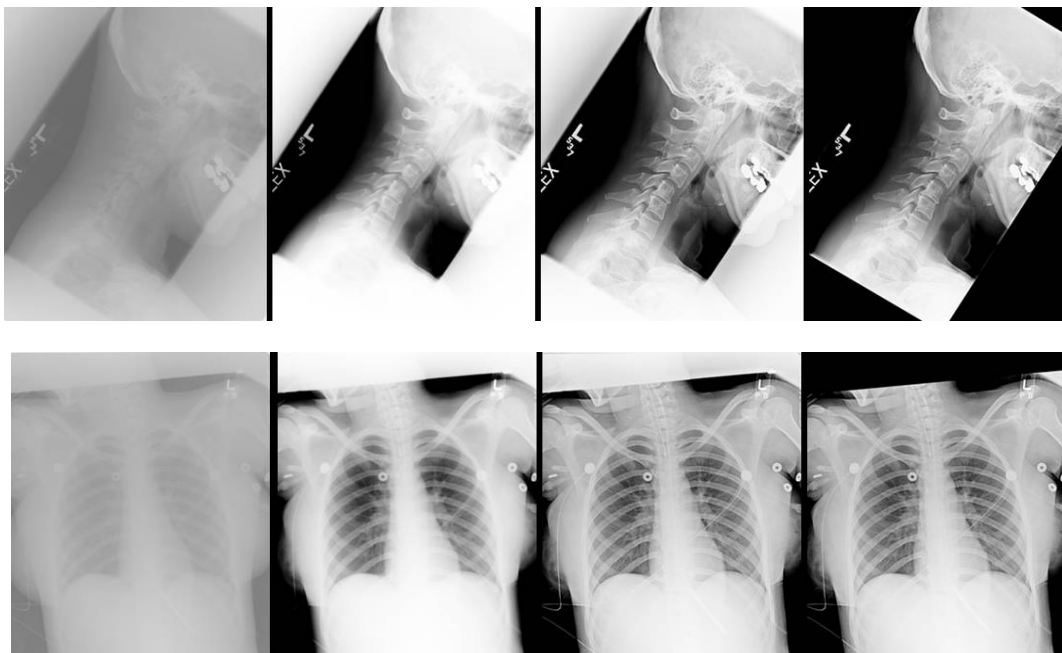
Rysunek 4 – EVP Plus: rozkład pasma w wielu częstotliwościach i rekonstrukcja z wzmacnieniem częstotliwości

Główne deskrytory obrazu są wykorzystywane do wygenerowania skali tonów powstałej na etapie segmentacji. Skala tonowa stosowana jest na obraz o wzmacnionej częstotliwości i wykorzystywana do kontrolowania jasności obrazu (średniej gęstości lub luminancji zakresu ekspozycji gotowej do wyświetlenia).

Ponadto tablica skali szarości mapowana jest za pomocą standardowej funkcji wyświetlania w skali szarości (DICOM GSDF) w celu wyświetlenia obrazu na skalibrowanym monitorze systemu PACS. Można także zastosować maskę kolimacyjną na obraz gotowy do wyświetlenia.

Rysunek 5 przedstawia dwa przykłady wskazujące postępowanie wyglądu obrazu na różnych etapach obróbki obrazu za pomocą oprogramowania EVP Plus. Od lewej do prawej strony przedstawiono: obraz nieobrobiony, obraz po zastosowaniu skali tonowej, obraz o wzmacnionej częstotliwości, gotowy do wyświetlenia obraz po zastosowaniu maski kolimacyjnej.

Biała księga | Oprogramowanie CARESTREAM DirectView EVP Plus



Rysunek 5 – Od lewej do prawej strony, postęp obrazu: obraz nieobrobiony, skala tonowa, wzmocnienie częstotliwości, zastosowana maska kolimacyjna

Ustalanie preferencji wyświetlania obrazu

Systemy CR i DR firmy Carestream posiadają intuicyjny interfejs użytkownika (Rysunek 6), który dostarcza niezależnych elementów sterujących pięcioma głównymi atrybutami jakości obrazu: jasnością, tolerancją naświetlenia, kontrastem szczegółów, ostrością i szumem.

Interfejs użytkownika w postaci opisanej poniżej (Rysunek 6) może być używany do wstępnej konfiguracji unikalnych ustawień wyglądu w placówce. Po ustaleniu preferencji oprogramowanie EVP Plus automatycznie obrabia obrazy do określonego wyglądu.

Biała księga | Oprogramowanie CARESTREAM DirectView EVP Plus



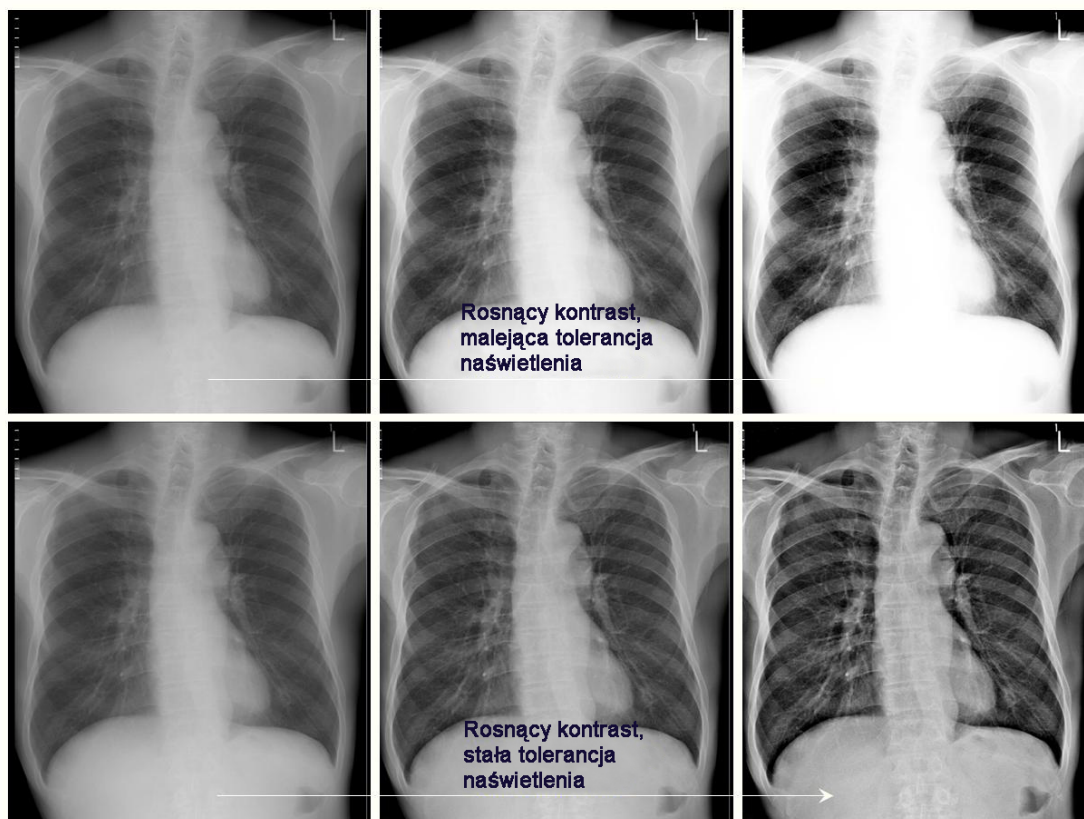
Rysunek 6 – Interfejs użytkownika z niezależnymi elementami sterującymi atrybutami jakości obrazu

Każdy atrybut jakości obrazu jest kontrolowany za pomocą suwaków w edytorze preferencji. Suwak jasności kontroluje średnią gęstość (lub luminancję obrazu). Przesunięcie tego suwaka jasności w górę lub w dół powoduje rozjaśnienie lub przyciemnienie poziomu jasności.

Suwak tolerancji naświetlenia kontroluje zakres ekspozycji, które są mapowane w zakresie wyświetlania bez wpływu na lokalne szczegóły. Przesunięcie tego suwaka w górę zwiększa widoczne odcienie szarości; przesunięcie tego suwaka w dół zmniejsza widoczne odcienie szarości.

Suwak kontrastu szczegółów kontroluje lokalny kontrast struktur średniej wielkości na obrazie, takich jak przestrzenie stawowe, przestrzenie międzykręgowe i żebra, bez wpływu na tolerancję naświetlenia obrazu. Zwiększenie wartości suwaka powoduje większe podkreślenie struktur średniej wielkości na obrazie, podczas gdy zmniejszenie wartości powoduje, że struktury te są mniej widoczne. Rysunek 7 przedstawia różnice pomiędzy niezależnym i współzależnym sterowaniem tolerancją naświetlenia i kontrastem szczegółów.

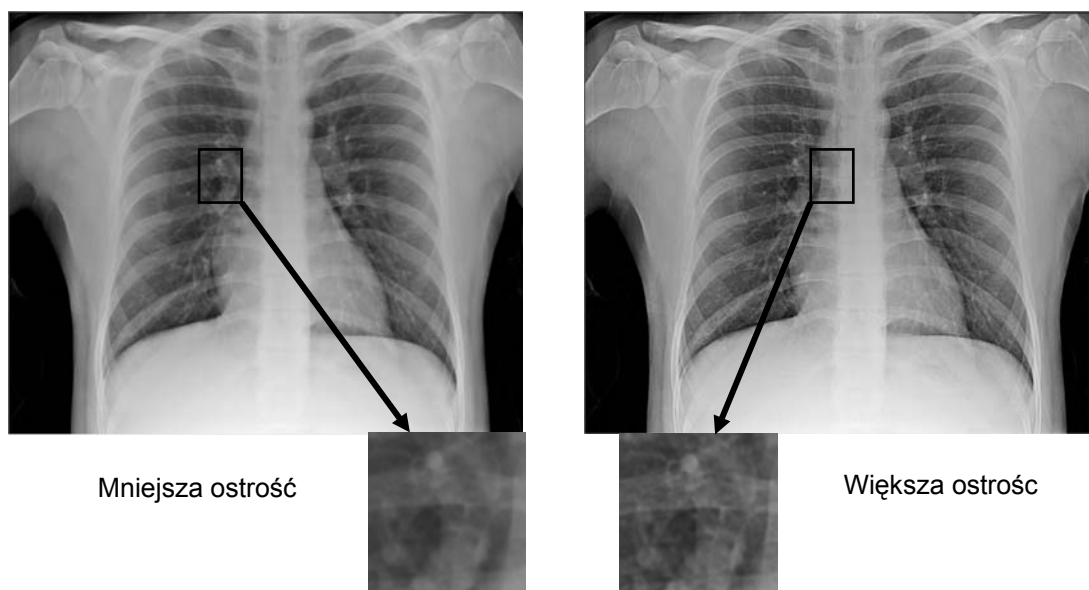
Biała księga | Oprogramowanie CARESTREAM DirectView EVP Plus



Rysunek 7 – Górny rząd: tradycyjna operacja w skali tonowej ilustruje, że rosnący kontrast powoduje zmniejszenie zakresu wyświetlanych ekspozycji (klasyczny współzależny kompromis pomiędzy kontrastem/tolerancją naświetlenia). Dolny rząd: Obróbka za pomocą oprogramowania EVP Plus pozwala osiągnąć taki sam stopień zwiększenia kontrastu, przy jednoczesnym zachowaniu tego samego zakresu ekspozycji, jaki można wyświetlić. Oprogramowanie EVP Plus umożliwia niezależne sterowanie tolerancją naświetlenia i kontrastu.

Suwak ostrości kontroluje wygląd niewielkich struktur, takich jak beleczki kostne, cienie płuc oraz zwapnienia. Rysunek 8 przedstawia efekty regulacji suwaka ostrości.

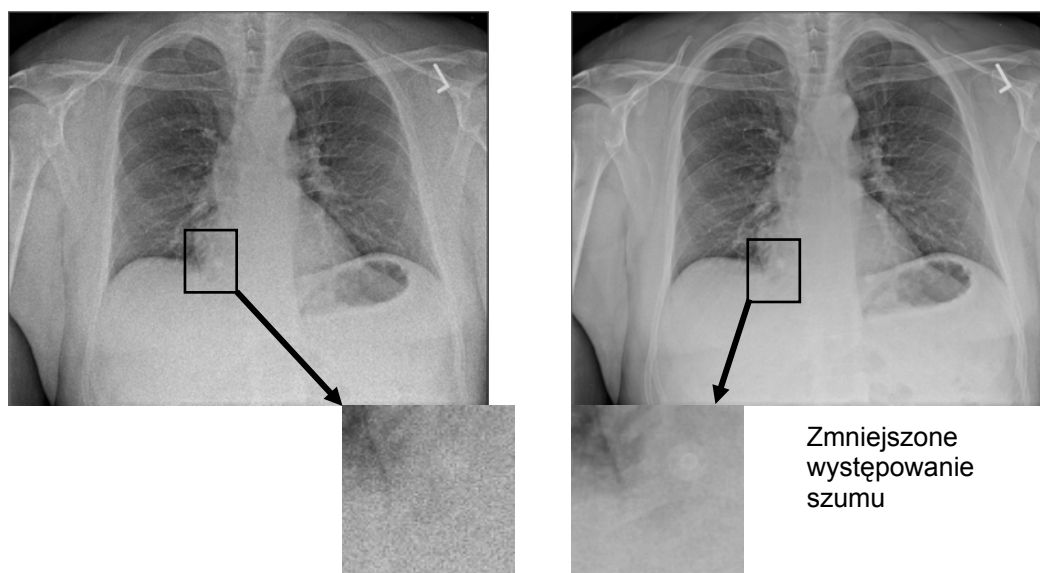
Zwiększenie wartości suwaka sprawia, że te niewielkie struktury są bardziej widoczne, a zmniejszenie wartości suwaka powoduje cofnięcie podkreślenia tych struktur.



Rysunek 8 – Wpływ zwiększenia suwaka ostrości na wygląd niewielkich struktur na obrazie

Wreszcie suwak szumu kontroluje poziom supresji szumu stosowany na obrazie. Tak samo łatwo używa się tej funkcji — zmniejszenie suwaka minimalizuje występowanie szumu, a zwiększenie suwaka powoduje zastosowanie mniejszej

supresji szumu, co sprawia, że szum będzie bardziej widoczny w obszarach o niższej ekspozycji. Rysunek 9 przedstawia efekty zmniejszenia suwaka szumu.



Rysunek 9 – Zmniejszenie suwaka szumu redukuje występowanie szumu

Oprogramowanie EVP Plus oferuje wstępnie zdefiniowane wyglądy, które uwzględniają różne stopnie jasności, tolerancję naświetlenia, kontrast

szczegółów, ostrość i występowanie szumu. Placówki obrazowania mogą wybrać wygląd początkowy z tych wstępnie zdefiniowanych obrazów,

Biała księga | Oprogramowanie CARESTREAM DirectView EVP Plus

a następnie dostosować badania do własnych preferencji za pomocą prostych i intuicyjnych elementów sterujących.

Podsumowanie

Oprogramowanie EVP Plus firmy Carestream dostarcza wysoce zautomatyzowanej, najnowocześniejszej obróbki obrazów w przypadku DR i CR, która możliwa jest dzięki intuicyjnemu

interfejsowi użytkownika. Po zainstalowaniu oprogramowania użytkownicy mogą łatwo wprowadzić indywidualne ustawienia preferencji wyświetlania dla każdego rodzaju badania radiograficznego w placówce. Po skonfigurowaniu oprogramowania, EVP Plus automatycznie dostarcza obrazów radiograficznych, które odpowiadają preferowanemu wyglądowi obrazu dla każdego badania.

Bibliografia

1. X. Wang and H. Luo, „Automatic and exam-type independent algorithm for the segmentation and extraction of foreground, background, and anatomy regions in digital radiographic images,” Proc. SPIE 5370, 1427–1434 (2004).
2. X. Wang, J. Luo, R. Senn, and D. Foos, „Method for recognizing multiple radiation fields in computed radiography,” Proc SPIE 3661, 1625–36 (1999).
3. Couwenhoven ME, Senn RA, Foos DH. Enhancement method that provides direct and independent control of fundamental attributes of image quality for radiographic imagery. SPIE Medical Imaging Proceedings; 5367: 474-481, 2004.
4. Jain AK, „Fundamentals of Digital Image Processing,” Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ, 1989.
5. Dainty JC, Shaw R, „Image Science,” Academic Press, London, NY, San Francisco, 1974.
6. Barret HH, Swindell W, „Radiological imaging: the theory of image formation, detection and processing,” Academic Press, New York, NY, 1981.