

X-RAY PROJECTION IMAGING – MODEL OF STRUCTURAL, PHYSICAL AND MOVING NOISE SUPPRESSION

Martin Lamoš

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xlamos01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Aleš Drastich

E-mail: drastich@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The aim of this work is to create a program that will simulate noise components and methods of their elimination for X-ray projection imaging with focus on structural noise. Procedures of the program are realized with the choice of MATLAB as the environment for implementation. The methods and elements are implemented into a custom application.

1. ÚVOD

Program vytvořený v této práci modeluje potlačování šumu při projekčním RTG (rentgenovém) zobrazení. Tento šum je tvořen nevýznamnou a nadbytečnou informací v obraze a z obecného pohledu RTG signálu může mít tři složky: fyzikální, strukturální a pohybovou. Fyzikální šum je způsoben například u RTG projekčního zobrazení kvantovým šumem apod. Převážně má tato složka šumu aditivní charakter. Jeho pravděpodobnostní rozložení je s ohledem na lepší názornost metod v modelu zvoleno jako Gaussovské. Pohybový šum vzniká pohybem struktur ve scéně během exponování snímků. Lze jej rozdělit na periodický (vzniká v důsledku pohybu srdce nebo pohybu plic) a náhodný (pohyb pacienta). Strukturální šum je tvořen všemi strukturami ve snímku, které jsou mimo oblast zájmu. Pro potlačení jednotlivých složek šumu je v modelu využito kumulačních a subtrakčních metod.

2. ROZBOR

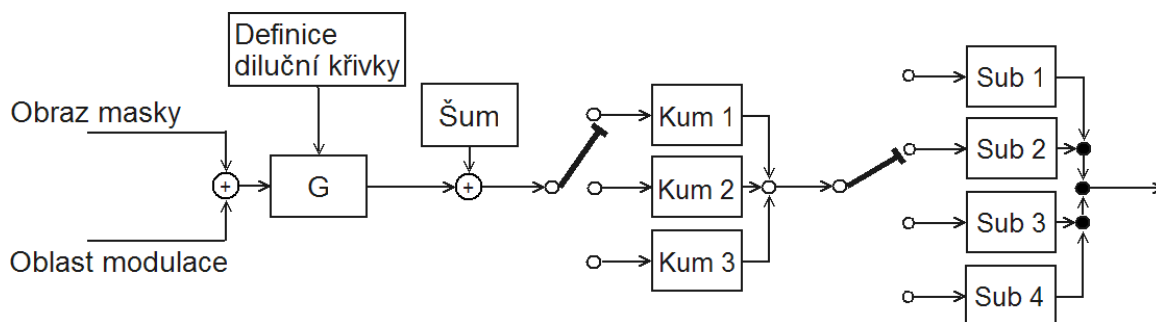
2.1. MODEL

Jako nejobecnější schéma modelu lze považovat blokové schéma na *Obrázku 1*. Vstup je tvořen jednak snímkem zvoleným pro modelování a jednak oblastí modulace, která modeluje struktury plněné kontrastní látkou (zde obraz o téže velikosti jako zvolený snímek pro modelování, obsahuje jasovou hodnotu 0 v každém pixelu, pouze oblast vybraná jako oblast modulace je tvořena hodnotou 1). Tato data se sečtou a tvoří vstupní parametr „generátoru G“ modelové scény.

Generátor vytvoří požadovaný počet snímků dynamické studie a modulaci definované oblasti podle zvolené diluční křivky. Vývoj časové modulace definované oblasti má tak průběh shodný s průběhem diluční křivky. V modelu lze vybrat ze dvou generátorů, jeden standardní, druhý navíc zavádí do snímků pohybový šum, který je možno zvolit buď jako

periodický nebo náhodný. Směr pohybu lze definovat horizontálně, vertikálně respektive diagonálně.

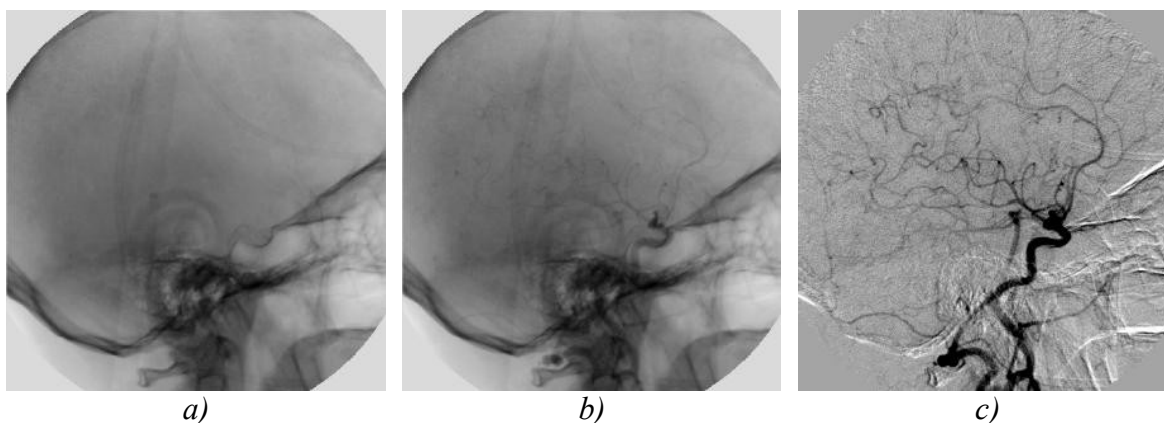
Jednotlivé snímky se v následujícím bloku „Šum“ zatíží aditivním fyzikálním šumem s nastavitelnou střední hodnotou a rozptylem. Další bloky již slouží ke zpracování obrazů.



Obrázek 1: *Obecné blokové schéma modelu*

Blok „Kum“ modeluje potlačení fyzikálního šumu pomocí kumulačních metod. Je možno zvolit jednu ze tří možností: kumulační metodu s rovnoměrnými vahami a pevným oknem, kumulační metodu s rovnoměrnými vahami a klouzavým oknem respektive exponenciální kumulaci.

Blok „Sub“ provádí zvolenou subtrakční metodu pro potlačení strukturálního šumu (angiografické zobrazení, u kterého požadujeme pouze zobrazení cévního stromu, ve kterém je v určité koncentraci obsažena kontrastní látka, známo jako DSA – Digital Subtraction Angiography). Vhodným použitím některých subtrakčních metod lze dosáhnout i potlačení periodického pohybového šumu. Na *Obrázku 2* je vidět základní princip subtrakčních metod: *a)* scéna před aplikací kontrastní látky („maska“), *b)* stejná scéna s maximální koncentrací kontrastní látky (postkontrastní obraz), *c)* výsledný obraz vzniklý subtrakcí obou obrazů předešlých a upravený algoritmem na zvýšení kontrastu.



Obrázek 2: *Základní princip subtrakčních metod [3]*

2.2. SUBTRAKČNÍ METODY

Model podporuje časovou obrazovou subtrakci TID (Temporal Image Subtraction), časovou integraci TI (Temporal Integration), přizpůsobenou filtraci MF (Matched Filtration) a rekurzivní filtraci RF (Recursive Filtration).

Metoda TID je nejjednodušší subtrakční technikou, která využívá pouze dvou snímků. Jeden tvoří scéna před změnou („maska“), druhý scéna po změně (postkontrastní snímek). Pokud jsou snímky nezašuměné fyzikálním a pohybovým šumem a jako postkontrastní

snímek je vybrán ten, kde je koncentrace kontrastní látky maximální, pak je tato metoda díky jednoduchosti, rychlosti a účinnosti ideální. Výsledný obraz reprezentuje pouze změny ve snímané scéně. V praxi jsou snímky vždy alespoň minimálně zatížené fyzikálním a pohybovým šumem. Metoda se proto využívá zřídka, například při zobrazení rychle se pohybujících struktur, jako jsou stěny levé komory srdce.

Princip metody TI je shodný s TID, rozdíl je pouze v tom, že k subtrakci přistupují kumulované hodnoty několika snímků masky a postkontrastu. Výhody oproti TID se projeví při zatížení snímků fyzikálním šumem. TI je schopna potlačovat nekorelovaný fyzikální typ šumu. Kumulační váhy jsou zvoleny -1 pro všechny snímky masky a +1 pro všechny postkontrastní snímky. Počet snímků masky a počet postkontrastních snímků musí být stejný, aby byla splněna podmínka potlačení strukturálního šumu tj. stejnosměrné složky časového vývoje scény. Suma váhových koeficientů jednotlivých snímků musí být rovna nule.

Metoda MF patří mezi vyšší metody časové filtrace obrazového toku. Lze ji také zařadit do kumulačních metod s pevným oknem a nerovnoměrnými vahami. Váhové koeficienty jsou počítány zpětně z průběhu diluční křivky. Po jejím načtení se vypočítá střední hodnota diluční funkce a odečte se od jednotlivých prvků. Tím se získají váhové koeficienty pro filtr, kterými se vynásobí exponované snímky (suma váhových koeficientů je rovna nule). Výsledný obraz je následně tvořen všemi exponovanými snímky. Při zatížení fyzikálním šumem je poměr signálu k šumu u výsledného snímku nejlepší ze všech subtrakčních metod, protože v podstatě dochází ke kumulaci všech exponovaných snímků. Nevýhodou je, že získáme pouze jeden statický snímek.

Metoda RF odstraňuje tuto základní nevýhodu MF filtrace. Je možné sledovat časový vývoj scény kontinuálně. Lze ji také zařadit do kumulačních metod, a to s klouzavým oknem a nerovnoměrnými vahami. K tvorbě výsledného obrazu slouží takový počet snímků, který je definován délkou impulzní charakteristiky TSF (Time Spread Function). Impulzní charakteristika je zde exponenciála, a tak dochází k jistému „zapomínání“ starších hodnot. Aby bylo dosaženo potlačení strukturálního šumu, je filtr implementován ze dvou filtrů. Jeden má kladné koeficienty a druhý koeficienty záporné. Součet všech těchto koeficientů musí být nulový.

Všechny výše zmíněné procedury jsou implementovány do uživatelského rozhraní z důvodu uživatelské přívětivosti („user friendly“).

3. ZÁVĚR

Tento model - laboratorní úloha - realizuje metody potlačování fyzikálního, pohybového respektive strukturálního šumu při projekčním RTG zobrazení. Díky názornosti zobrazení dílčích výsledků jednotlivých procedur je model vhodný pro podporu výuky daného tématu.

LITERATURA

- [1] Doc. Ing. Aleš Drastich CSc.: Netelevizní zobrazovací systémy, Skriptum VUT Brno, 2001
- [2] Prof. Ing. Jiří Jan CSc. : Číslíková filtrace, analýza a restaurace signálů, nakladatelství Vutium, 2002
- [3] Image Sciences Institute, University Medical Center Utrecht, The Netherlands, www.isi.uu.nl