

# Rekonstrukcja obrazu z sygnału rzadkiego

Karol Olko

9 stycznia 2014

## Abstrakt

Niniejszy raport stanowi opis pracy nad implementacją algorytmu rekonstrukcji obrazu rzadkiego na karcie graficznej, z wykorzystaniem biblioteki OpenCL. Projekt opiera się na osiągnięciach grupy badawczej uniwersytetu RICE, twórców tzw. jednopikselowej kamery [1]. Zasympulowano jej działanie w sposób software'owy oraz przy wykorzystaniu kamery. W ramach pracy zaimplementowano algorytm odtwarzania obrazu, wykorzystujący wyłącznie procesor CPU, kartę graficzną oraz rozwiązanie hybrydowe, które porównano ze względu na czas obliczeń. Implementację poprzedziły rozległe badania literaturowe.

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>3</b>
1.1	Wprowadzenie . . . . .	3
1.2	Cele i założenia projektu . . . . .	3
1.3	Zarys proponowanego rozwiązania . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Analiza złożoności i estymacja zapotrzebowania na zasoby</b>	<b>5</b>
2.1	Sprzęt uruchomieniowy . . . . .	5
2.2	Oszacowanie zasobów pamięciowych . . . . .	5
2.3	Złożoność obliczeniowa algorytmu . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Symulacja i testowanie</b>	<b>6</b>
3.1	Modelowanie i symulacja . . . . .	6
3.2	Testowanie i weryfikacja . . . . .	6
3.2.1	Walidacja . . . . .	6
3.2.2	Wydajność . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Rezultaty i wnioski</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Podsumowanie</b>	<b>8</b>

# 1 Wstęp

## 1.1 Wprowadzenie

Kierunek badań odtwarzania sygnału rzadkiego (ang. **CS** – *Compressed Sensing*) jest stosunkowo nową i bardzo ciekawym kierunkiem badań w dziedzinie przetwarzania sygnałów cyfrowych (ang. **DSP** – *Digital Signal Processing*). W klasycznym podejściu, aby dokładnie odtworzyć sygnał ciągły, próbkuje się go przynajmniej z częstotliwością Nyquista. Dla sygnałów szybkozmiennych jest to jednak bardzo kosztowne, gdyż wymaga to znacznego skomplikowania czujników (wypasając je w mechanizm kompresji danych) lub wymusza wykorzystanie kanału transmisyjnego o dużej przepustowości. Często również wykonanie samego pomiaru jest drogie (rezonans magnetyczny) lub niebezpieczne (promienie rentgenowskie). Wyniki badań z dziedziny próbkowania rzadkiego dowodzą jednak, że często udaje się dokładnie odtworzyć sygnał ze znacznie mniejszej liczby pomiarów, wykorzystując jego nadmiarowość i rzadką reprezentację w odpowiednio dobranej przestrzeni [3]. Ta sama idea wykorzystywana jest w algorytmach kompresji danych: rzadka reprezentacja zdjęcia w bazie falkowej jest metodą zmniejszenia wielkości obrazu w standardzie JPEG2000 [2] próbuje znaleźć taki sposób pomiaru, który pobiera konieczne informacje o sygnale już w skompresowanej formie.

Problem odtwarzania sygnału rzadkiego sprowadza się do rozwiązania nieoznaczonego układu liniowego. Posiadając niepełną liczbę  $m$  pomiarów i macierz pomiarową o rozmiarze  $m \times n$ , należy znaleźć to rozwiązanie równania (należące do nieskończonej rodziny rozwiązań, zależnych od  $m-n$  parametrów), które najlepiej odtwarza sygnał wejściowy. Okazuje się, że często rozwiązaniem bliskim optymalnemu jest sygnał najbardziej rzadki, tzn. posiadający największą liczbę zerowych współczynników. W ostatnich latach przygotowano szereg metod, różniących się złożonością obliczeniową i konieczną liczbą pomiarów. W gruncie rzeczy wszystkie sprowadzają się jednak do rozwiązywania równań Newtona. [Tu opisać L2, L1, L0, Indyk – falki, MRI – Fourier].

Poniższy raport składa się z sześciu rozdziałów. Po wstępie następuje rozdział poświęcony złożoności czasowej i pamięciowej postawionego problemu. Rozdział trzeci przedstawia koncepcję jego rozwiązania, a czwarty - procedury testowe. Rozdziały 5 i 6 opisują odpowiednio wyniki przeprowadzonych eksperymentów oraz podsumowanie. Szczegółowy opis zadania znajduje się w załączniku.

## 1.2 Cele i założenia projektu

Głównym celem projektu była implementacja wybranego algorytmu odtwarzania sygnału rzadkiego, wykorzystując do obliczeń kartę graficzną. Zadaniem dodatkowym była symulacja jednopikselowej kamery, wykorzystując kamerę firmy Jai, dostępną w sali laboratoryjnej. Projekt miał umożliwić znaczne przyspieszenie istniejących rozwiązań, opartych głównie o skrypty środowiska Matlab/Simulink, a także umożliwić odtwarzanie obrazów o większej skali (docelowo obraz w pełnej rozdzielczości kamery, czyli  $2560 \times 2048$  pikseli). Z uwagi na przyjęty sposób generowania pomiarów oraz przede wszystkim - konieczność przechowywania macierzy pomiarowej w pamięci, okazało się to kompletnie nierealne.

### 1.3 Zarys proponowanego rozwiązania

Projekt rozpoczęto od rozległych badań literaturowych. Oprócz zrozumienia zagadnienia, próbowano rozeznąć się w dostępnych metodach, a w szczególności – ich potencjalnej wydajności implementuje algorytm TQVC[Link]. Jest on atrakcyjny ze względu na stosunkową łatwość w implementacji, jak i wysoką skuteczność. Funkcją celu, minimalizowaną w tej metodzie jest totalna wariacja (ang. **TV** – *Total Variation*). Jej istota polega na założeniu, że *gradient* zdjęcia jest rzadki.

## **2 Analiza złożoności i estymacja zapotrzebowania na zasoby**

### **2.1 Sprzęt uruchomieniowy**

### **2.2 Oszacowanie zasobów pamięciowych**

### **2.3 Złożoność obliczeniowa algorytmu**

### **3 Symulacja i testowanie**

#### **3.1 Modelowanie i symulacja**

#### **3.2 Testowanie i weryfikacja**

##### **3.2.1 Walidacja**

##### **3.2.2 Wydajność**

## 4    **Rezultaty i wnioski**

Ok

## 5 Podsumowanie



## Spis rysunków

## Literatura

- [1] Strona internetowa projektu single pixel camera. <http://dsp.rice.edu/cscamera>, 2014.
- [2] JPEG Comittee.
- [3] M. Davenport i inni. *Introduction to Compressed Sensing in Compressed Sensing: Theory and Applications*.