

# **Automatyczne generowanie obrazów typu Thread Art z zastosowaniem wybranych algorytmów sztucznej inteligencji**

## **Praca dyplomowa magisterska**

Diplomant: **inż. Michał Suliborski (239713)**

Promotor: **dr inż. Witold Marańda**

Politechnika Łódzka, Instytut Informatyki  
Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej

Kierunek: **Informatyka Stosowana**

Specjalizacja: **Inżynieria Oprogramowania i Uczenie Maszynowe**

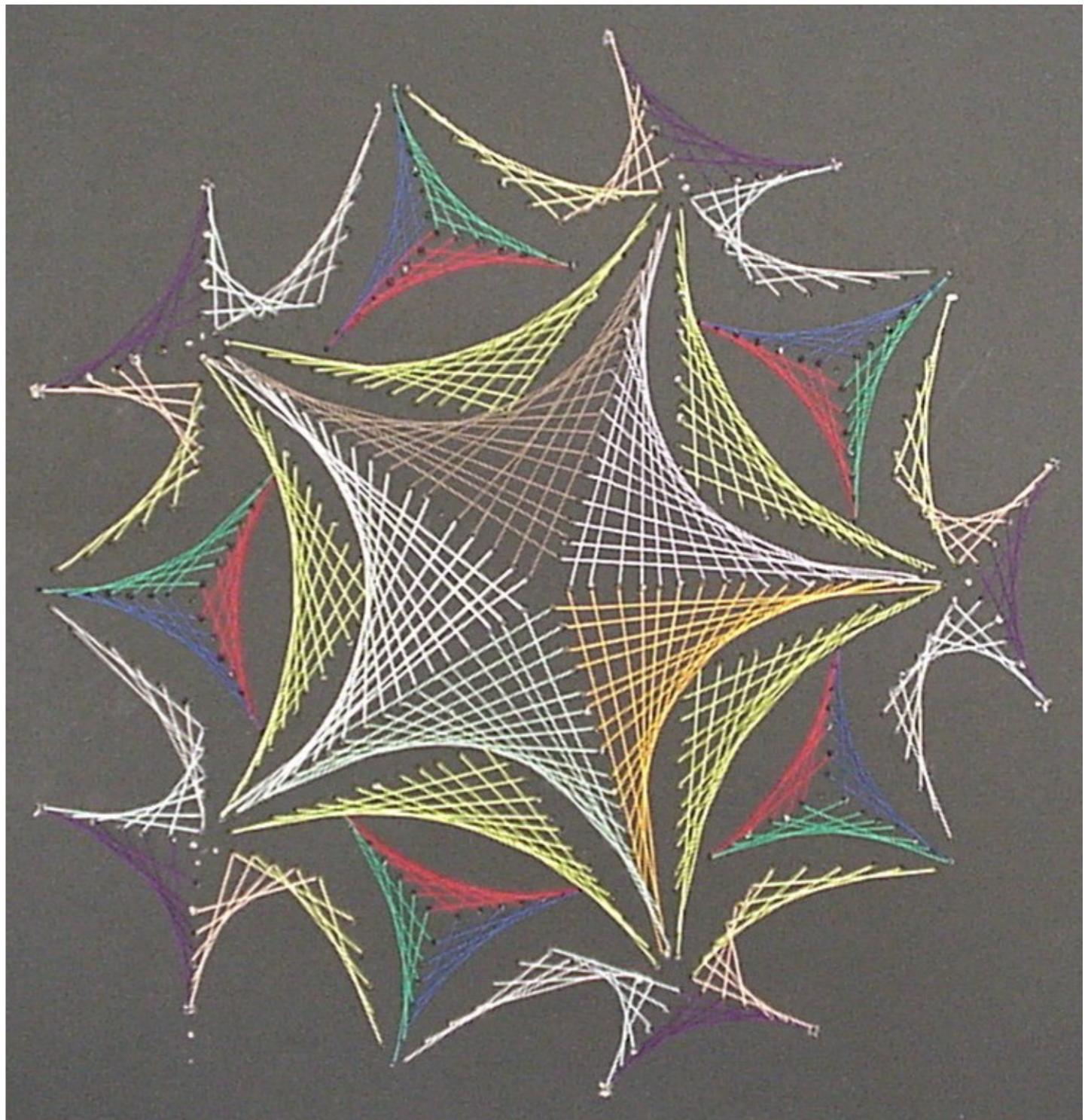
# Thread Art

Inaczej również:

- String Art
- Pin and Thread Art

Technika powstała  
pod koniec XIX wieku.

Popularność zyskała w latach 60.



Przykład obrazu typu Thread Art

# Computational Thread Art

Twórcą komputerowej odmiany Thread Art jest Petros Vrellis, grecki inżynier i artysta.

Zaprezentował ją w 2016 roku.



Petros Vrellis

# Automatyczna generacja obrazów Thread Art

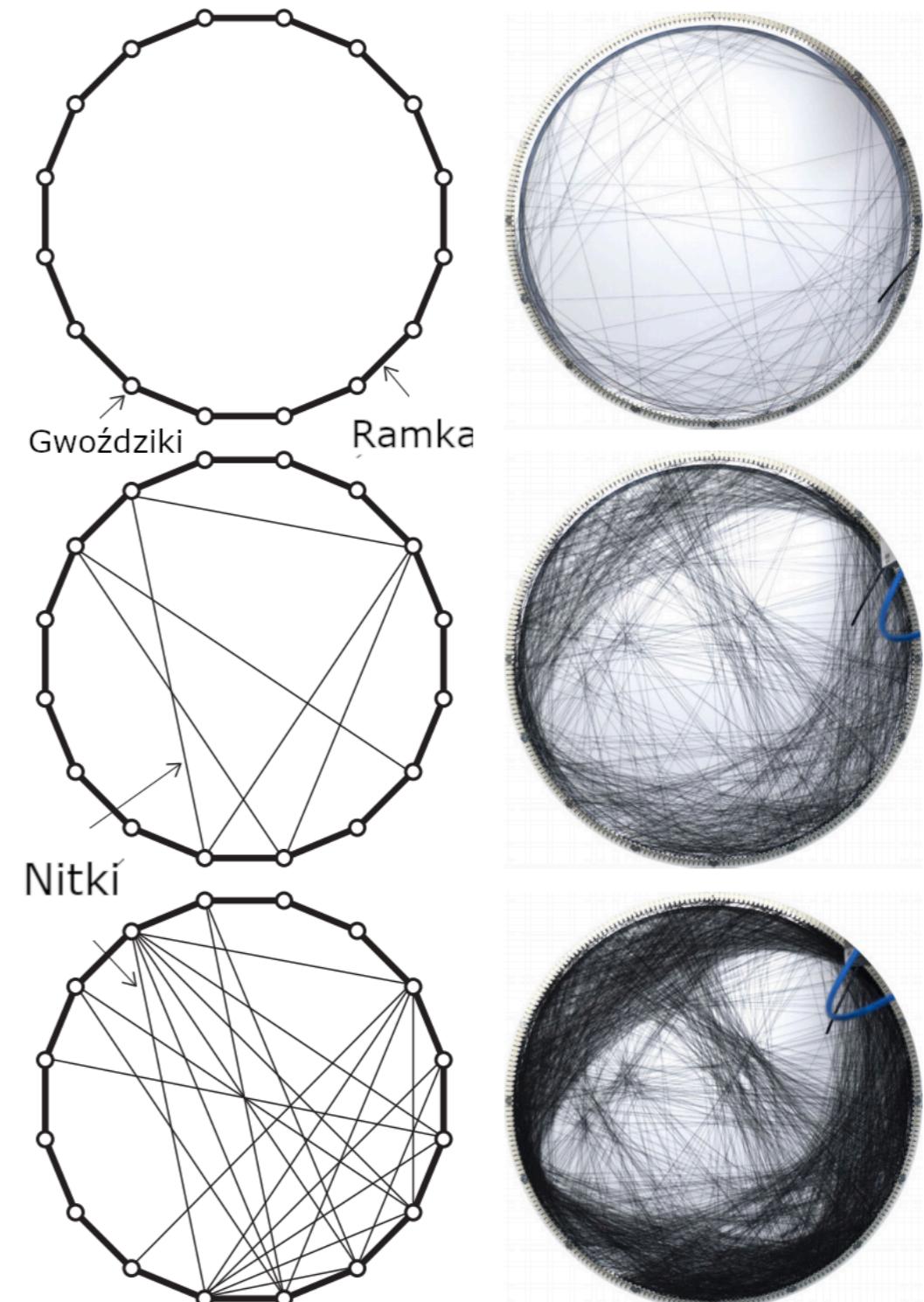
Wybór **obrazu wejściowego**

**Dobór parametrów**

(Ilość gwoździ, szerokość linii, ilość iteracji etc.)

Znalezienie najlepszej drogi dla nitki za pomocą algorytmu

Wygenerowanie **obrazu wyjściowego**



# Ogólny algorytm tworzenia obrazu Thread Art

Wybrany zostaje losowy gwóźdź

Generowane są wszystkie możliwe linie zaczynające się od tego gwoździa

Znajdowana jest linia z najlepszym wynikiem funkcji dopasującej

Linia zostaje usunięta z obrazu

Na podstawie zmodyfikowanego obrazu i nowej pozycji startowej algorytm jest powtarzany

# Techniki stosowane w celu poprawy jakości generowanych obrazów

**Manipulacja obrazem wejściowym  
(kontrast, inwersja, przycinanie)**

**Maska z wagami**

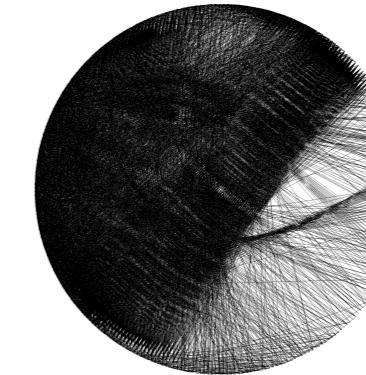
**Automatyczny dobór parametrów  
(ilość powtórzeń algorytmu)**

**Rodzaj wizualizacji  
(fizyczny, cyfrowy)**

# Dotychczasowe rozwiązania

## Metoda Jenny Ma

- prosta w użyciu
- nieskuteczna dla wielu typów obrazu



Wyniki metody Jenny Ma

Obraz referencyjny

## Metoda Calluma McDougalla

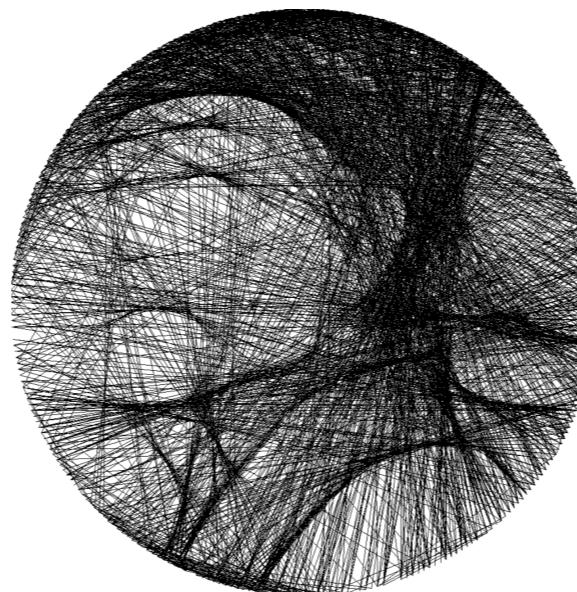
- skomplikowane przygotowanie danych wejściowych
- mało wszechstronna

## Metoda Birsaka, Rista, Wonki i Musalskiego oraz metoda Fanga, Liu i Shamira

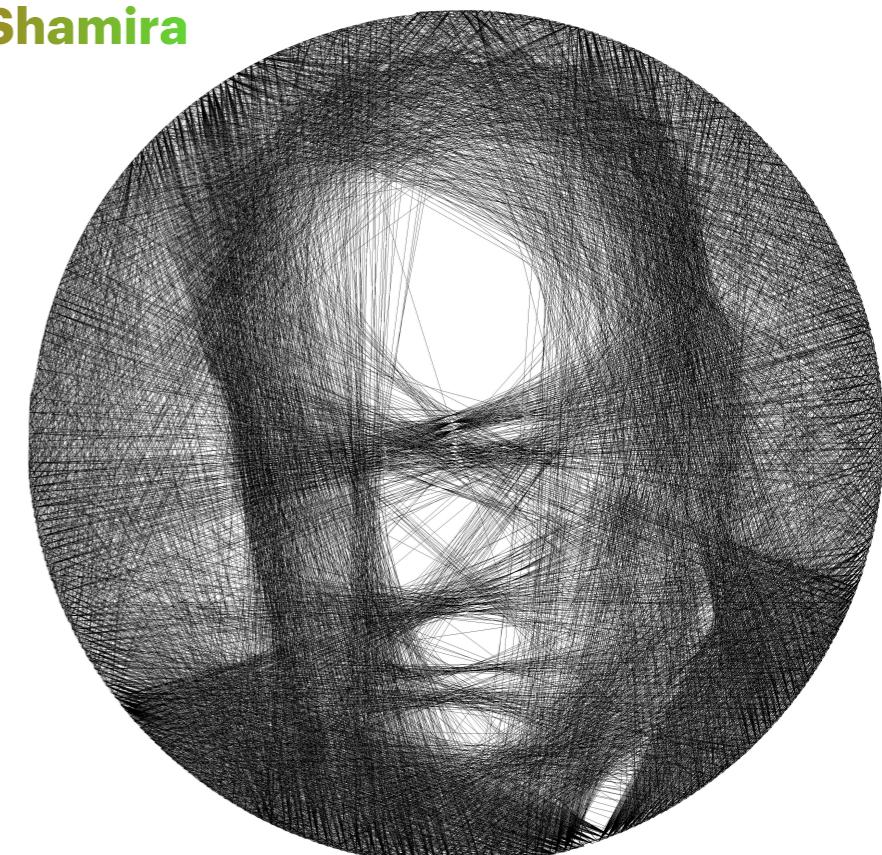
- bardzo skomplikowane przygotowanie danych wejściowych
- zamknięta
- mało wszechstronna



Wynik metody Birsaka,  
Rista, Wonki i Musalskiego



Wynik metody Fanga,  
Liu i Shamira



Wynik metody Calluma

# Cel pracy

Zaproponowanie i implementacja prostej w użyciu metody tworzenia obrazów typu Thread Art, która zwiększy wszechstronność danych wejściowych oraz poprawi ich jakość mierzoną wskaźnikami automatycznymi oraz subiektywnymi.

# Metoda - dane wejściowe

- Manipulacja obrazu  
(kontrast, przycięcie do odpowiednich proporcji)
- Automatyczne tworzenie maski  
(tło + obiekt)
- Automatyczny dobór parametrów  
(liczba iteracji)
- Słowniki danych  
(gwóździe do nitek, nitka do punktów)



Obraz referencyjny      Obraz z podniesionym kontrastem



Obraz z wykrytymi krawędziami



Obraz z usuniętym tłem



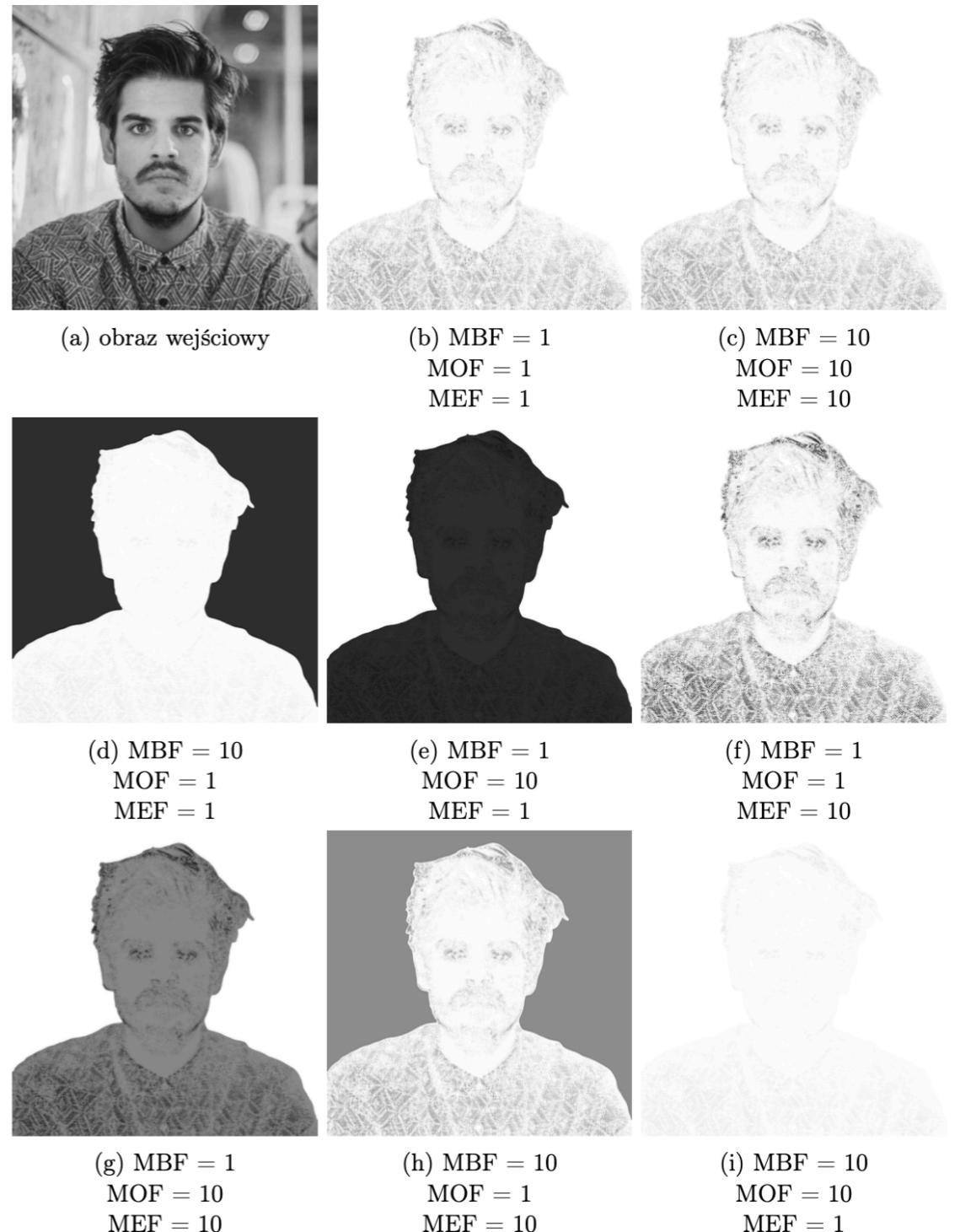
Gotowa maska

$$I(x) = 500 + D \cdot 10 \cdot (255 - M(x)) \cdot S$$

# Metoda - algorytm

- **Algorytm iteracyjny**  
(średnia ważona na podstawie maski)
- **Parametry maski decydujące o drodze nitki**
  - **MASK\_BACKGROUND\_FOCUS (MBF)**
  - **MASK\_OBJECT\_FOCUS (MOF)**
  - **MASK\_EDGES\_FOCUS (MEF)**

$$P(k, w) = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^A w_i k_i$$



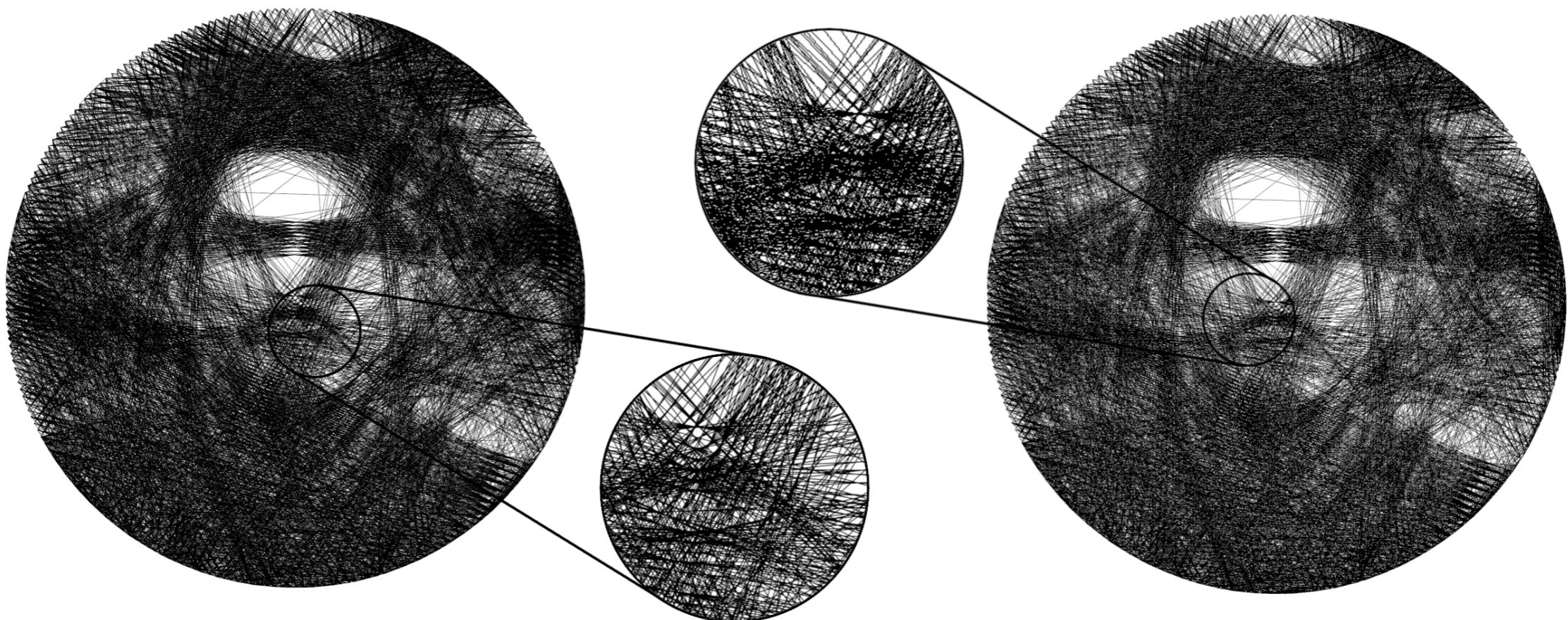
# Metoda - dane wyjściowe

- Obraz grafiki **rastrowej**
- Obraz grafiki **wektorowej**
- Uporządkowana **lista gwoździ**

0 228 238 241 167 240 168 239 164 241 6 228 233 237 168 238 4 228 8 234 157  
235 161 240 164 238 170 230 152 67 64 143 214 149 215 148 67 70 54 49 223  
150 214 199 204 128 205 198 14 197 209 138 210 134 201 20 200 126 203 145 64  
77 74 130 202 127 203 147 66 151 214 156 68 56 81 231 244 3 230 151 213  
137 214 144 73 49 225 50 53 84 45 103 60 57 43 67 155 207 154 230 80  
39 27 33 24 35 95 37 68 153 230 167 239 161 238 7 4 242 232 229 79

(...)

194 237 110 41 103 2 189 17 151 62 172 11 133 198 76 5 125 201 128 5  
167 61 226 164 58 100 95 53 86 211 50 126 207 75 236 209 75 244 173 228  
45 231 65 163 9 164 13 117 80 67 211 151 65 172 211 63 227 54 161 35  
16 124 137 26 22 136 215 127 58 130 84 145 75 212 8 207 85 218 88 38  
158 36 116 202 38 103 94 185 54 234 153 241 244 191 196 10 145 85 216 132  
16 133 74 3 49 155 241 192 104 33 91 236 125 128 43 223 60 170 88 210



# Wskaźniki porównania

- **Matematyczne**
  - MSE - błąd średniokwadratowy
  - PSNR - szczytowy stosunek sygnału do szumu
  - SIMM - wskaźnik podobieństwa strukturalnego (oświetlenie, kontrast, struktura)
- **Subiektywne**
  - stopień dystrybucji nitek
  - odwzorowanie konturów i kształtu obiektów obrazu
  - stopień pokrycia białych i czarnych regionów obrazu
  - liczba wykorzystanych nitek (jasność wygenerowanego obrazu)
  - ocena całościowa stopnia odwzorowania obrazu wejściowego
  - wizualne preferencje

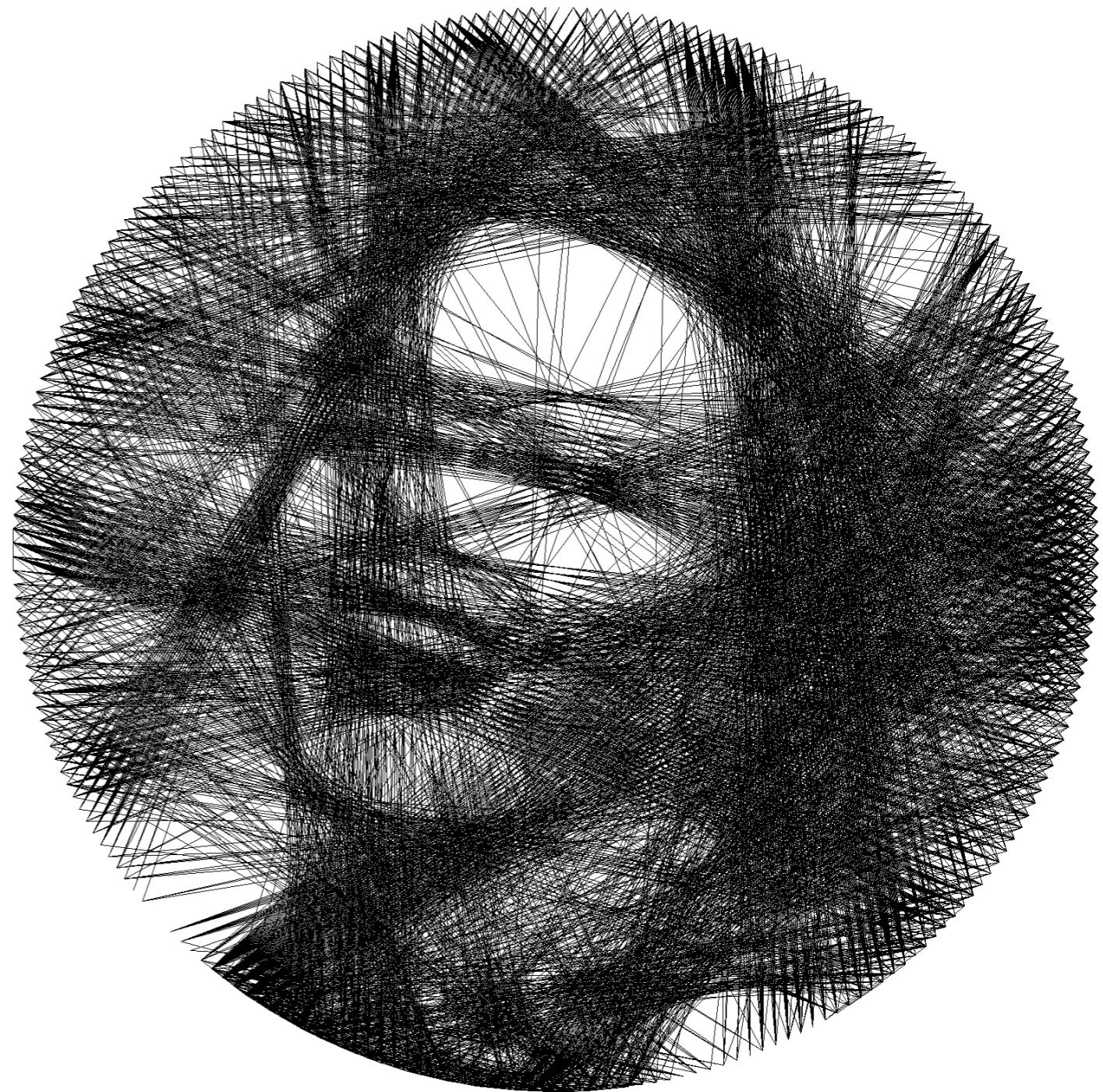
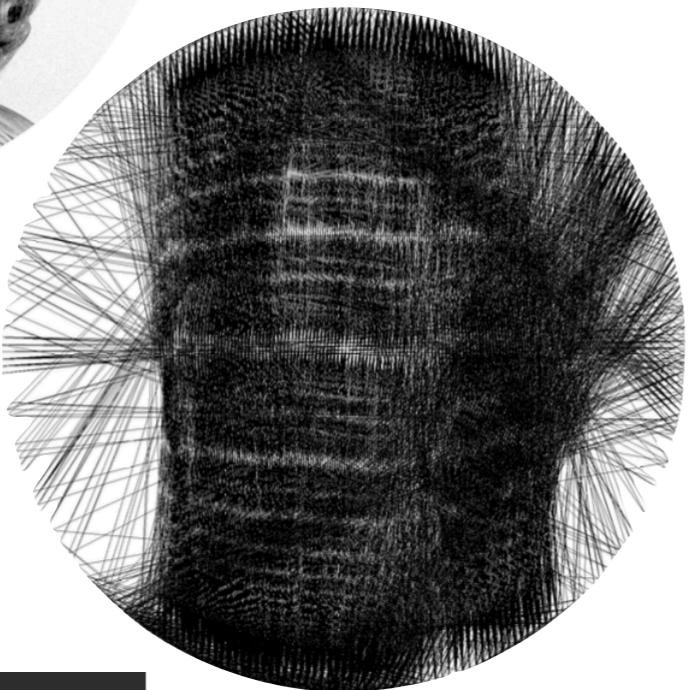
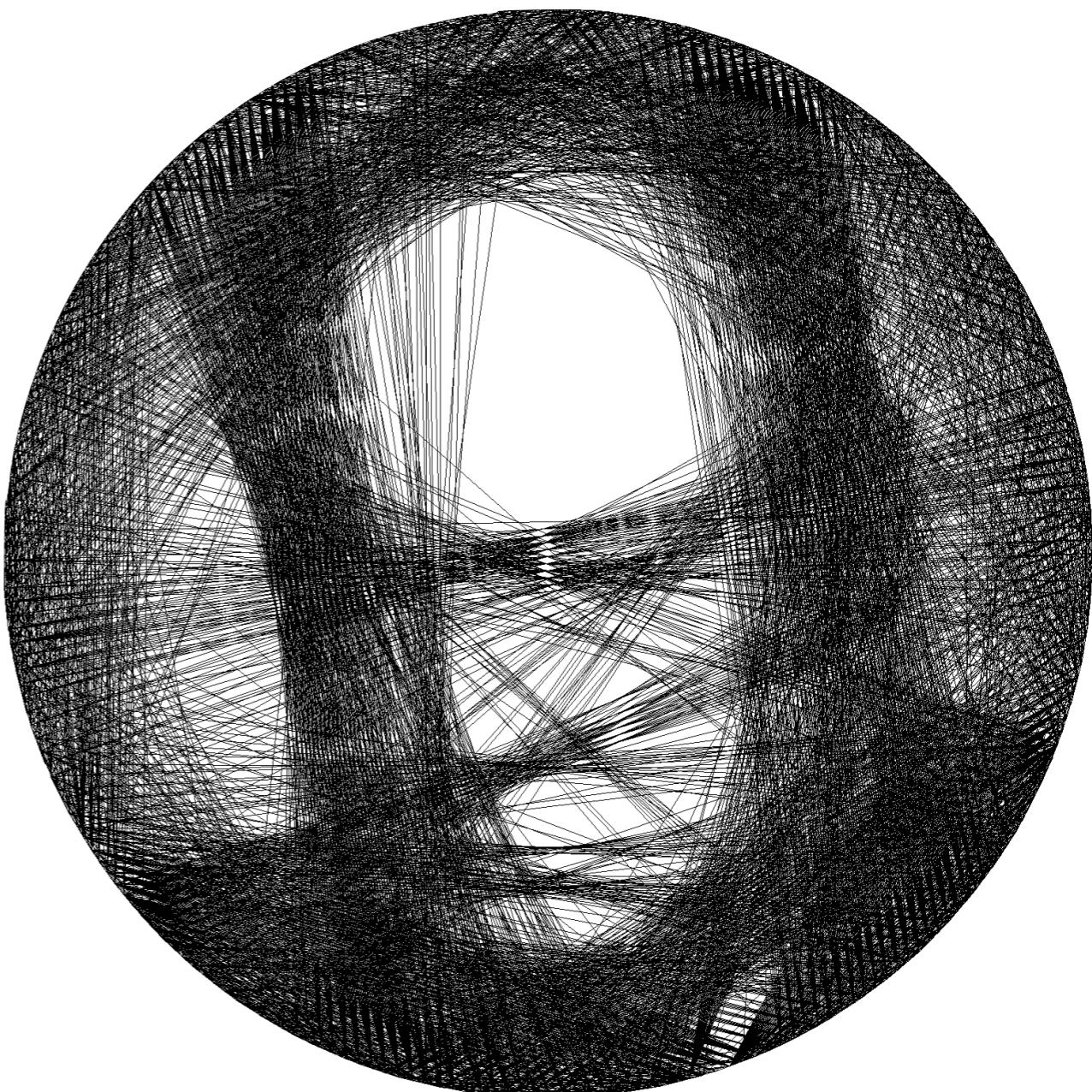
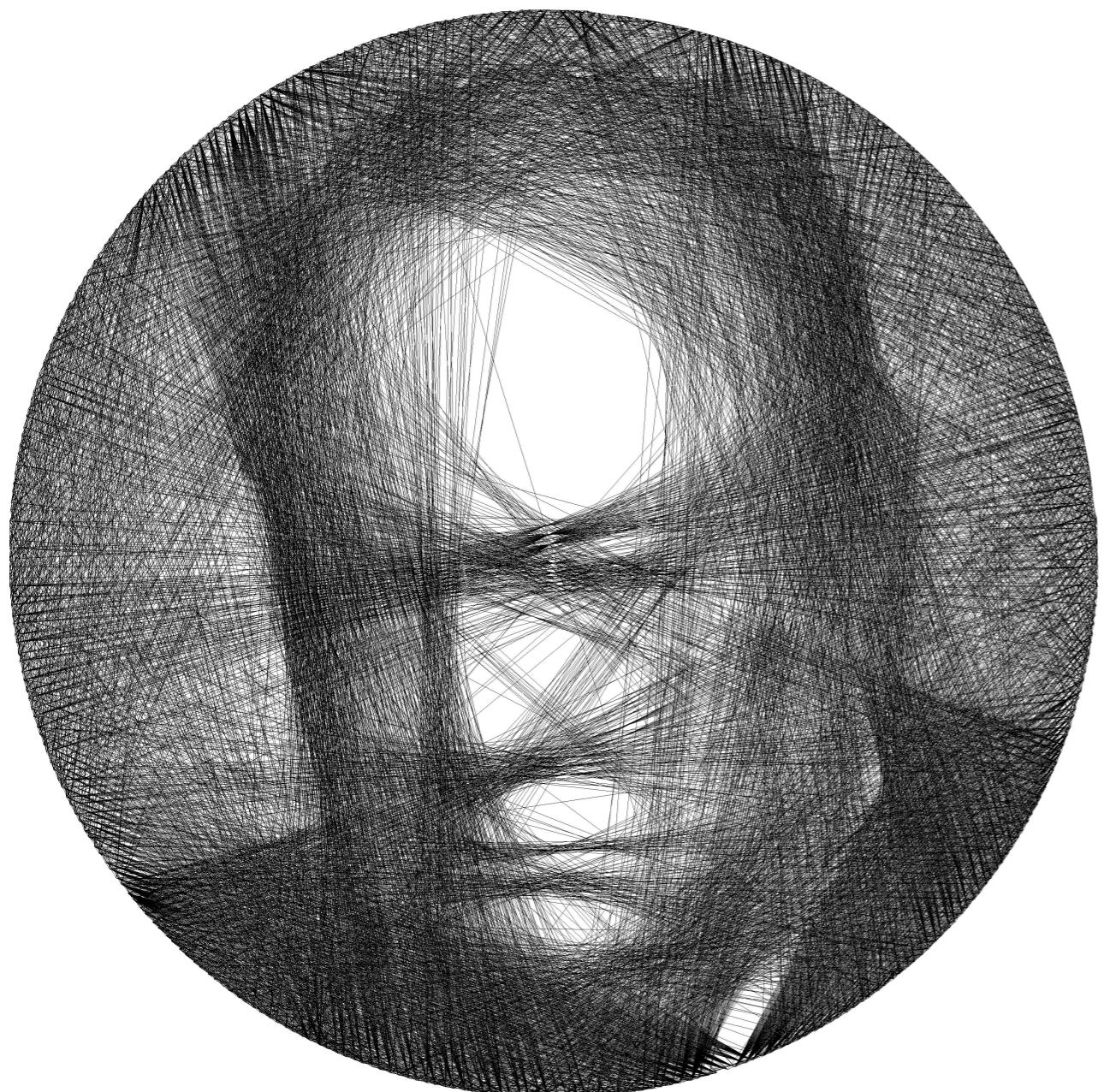


PHOTO	INFO	MSE	PSNR	SSIM
	MBF=10, MOF = 1, MEF = 1	81.91	4.93	0.31
	metoda Jenny	80.82	4.99	0.24

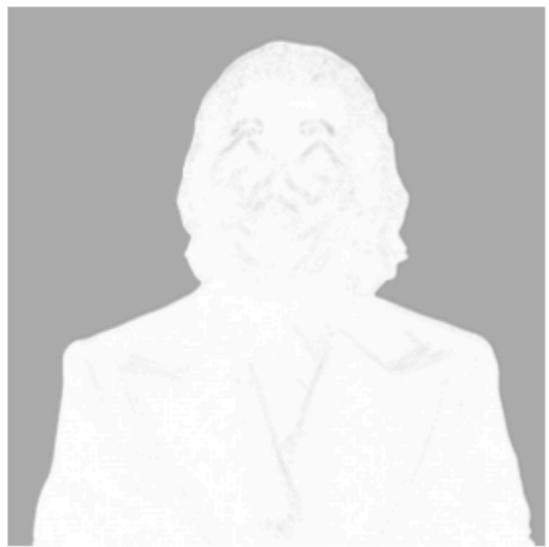


---

PHOTO	INFO	MSE	PSNR	SSIM
	metda Calluma	79.66	5.05	0.52
	MBF=1, MOF=1, MEF=1	81.13	4.97	0.43



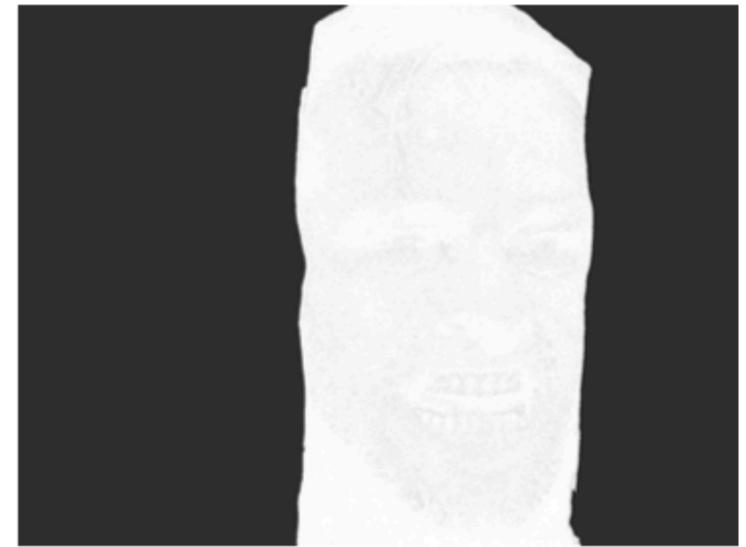
(a) obraz  
wejściowy



(b) maska  
wygenerowana  
autorską metodą



(c) obraz wejściowy



(d) maska  
wygenerowana autorską  
metodą



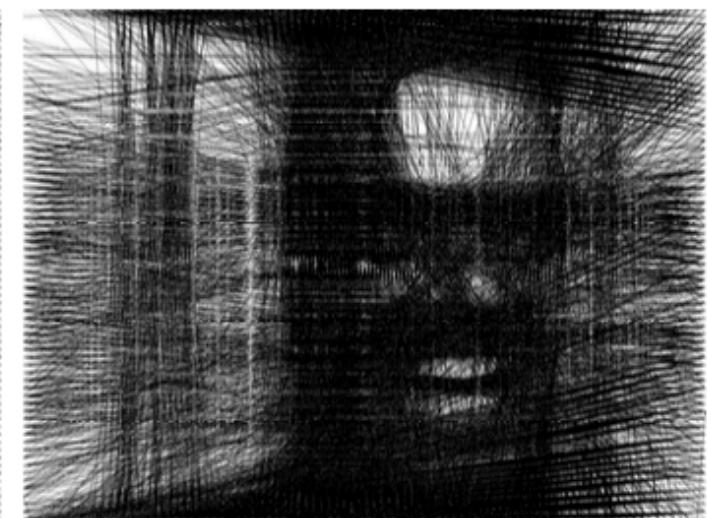
(e) obraz  
wygenerowany  
autorską metodą  
w 2000 iteracjach



(f) obraz  
wygenerowany  
autorską metodą w  
1500 iteracjach



(g) obraz  
wygenerowany  
autorską metodą w  
2000 iteracjach



(h) obraz  
wygenerowany  
autorską metodą w  
2500 iteracjach



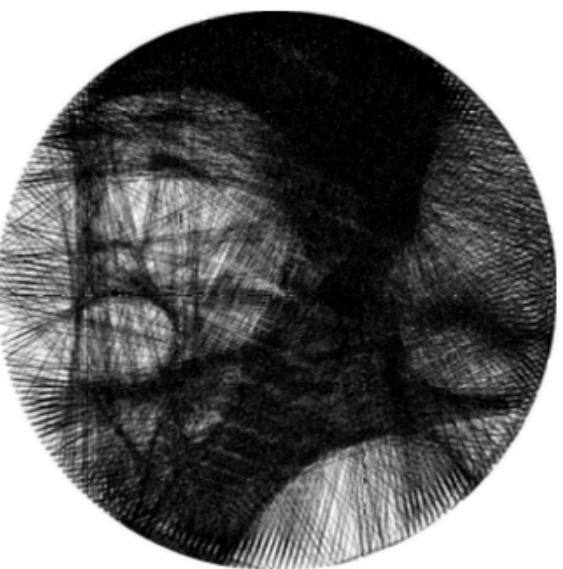
(a) obraz wejściowy



(b) obraz wygenerowany metodą Xiaonana, Fanga, Bina Liu oraz Ariela Shamira



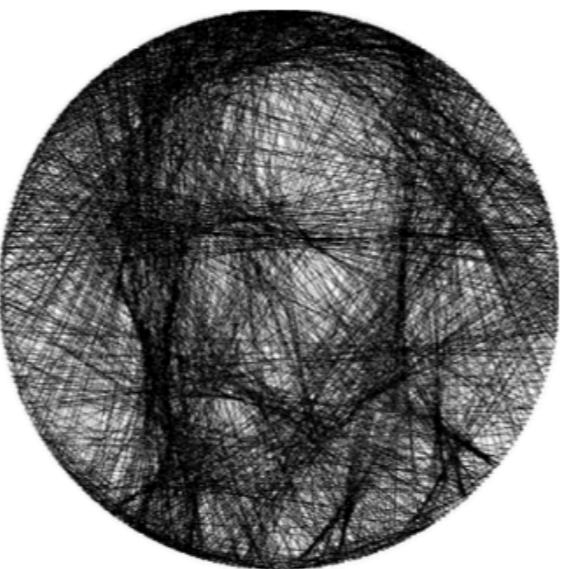
(c) maska wygenerowana autorską metodą



(d) obraz wygenerowany autorską metodą w 3000 iteracjach



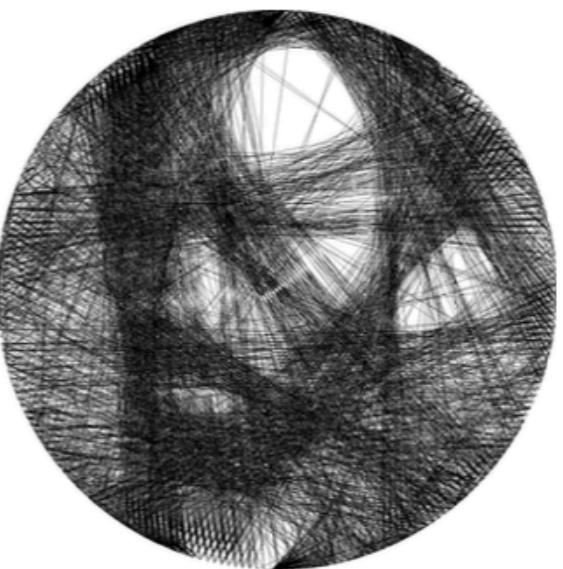
(e) obraz wejściowy



(f) obraz wygenerowany metodą Xiaonana, Fanga, Bina Liu oraz Ariela Shamira



(g) maska wygenerowana autorską metodą



(h) obraz wygenerowany autorską metodą w 2000 iteracjach

# Mozliwość kontynuacji

Użycie technik nauk maszynowej do wyznaczenia ścieżki nitki.

Zbadanie działania algorytmu na obrazach zmodyfikowanych maską,  
zamiast polegać na obrazie i masce osobno.

Zbadanie wpływu generowania portretów Thread Art  
na automatyczne rozpoznanie twarzy.

# **Automatyczne generowanie obrazów typu Thread Art z zastosowaniem wybranych algorytmów sztucznej inteligencji**

## **Praca dyplomowa magisterska**

Diplomant: **inż. Michał Suliborski (239713)**

Promotor: **dr inż. Witold Marańda**

Politechnika Łódzka, Instytut Informatyki  
Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej

Kierunek: **Informatyka Stosowana**

Specjalizacja: **Inżynieria Oprogramowania i Uczenie Maszynowe**