

Informe Final

Asignatura: Algoritmos Genéticos y Optimización Heurística

Estudiante: Navarro, Pablo Agustín

Legajo: 44596

Introducción

Para el desarrollo del presente trabajo, se diseñaron dos algoritmos genéticos para dibujar una imagen, a partir de la representación de círculos de diferentes colores, radios y posiciones.

El objetivo del presente trabajo es explicar, comparar y representar las diferencias de aplicar el algoritmo de mutación de radio con respecto al algoritmo de mutación impaciente (posteriormente explicados), ambos en conjunto con el algoritmo de mutación uniforme y abocados al problema del diseño de una imagen que posee zonas de píxeles que representan líneas o curvas confusas para un algoritmo de mutación ordinario.

Marco Teórico

Descripción algoritmo de mutación Impaciente

En este algoritmo, se busca mutar aquellas variables (representadas por aquellas que no “Aportan” al individuo en cuestión) que correspondan (según la proporción de mutación definida a aplicar sobre el conjunto de individuos/variables), por aquellas que representen un cambio significativo y positivo al fitness del individuo. Cuando se hace referencia a Aportar, se quiere decir que dicho valor de variable debe ser un beneficio para que el fitness logre ser el más óptimo posible dadas ciertas condiciones iniciales.

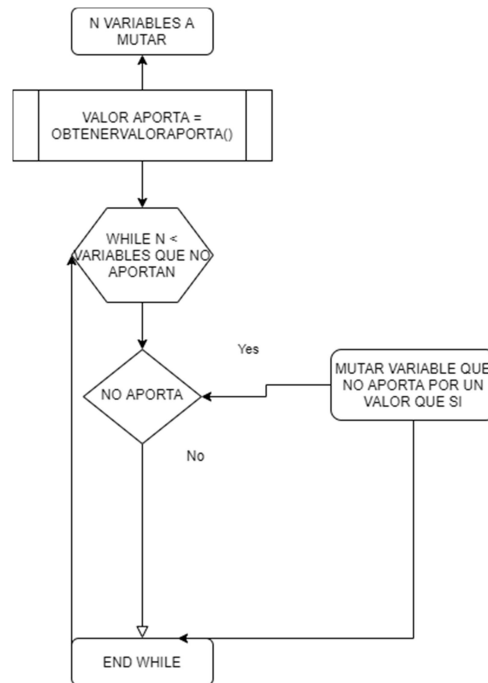
Antes de aplicarlo, es necesario conocer primero cuál es el valor de una variable que más aporta al fitness del individuo en cuestión. Una vez encontrada dicha variable, se reemplaza por una que aporte lo menos posible al fitness del individuo. De esta forma, se repetirá el ciclo en un número proporcional al número de variables correspondientes a mutar.

Si bien el porcentaje de mutación define la cantidad de Individuos a mutar en una población, en este método, ese porcentaje se puede aplicar tanto a variables de un individuo como un número de individuos a mutar, por lo que la mutación se haría a un nivel de variables y también, de individuos.

Este algoritmo recibe el nombre de “Impaciente” debido a su forma secuencial de operar, es decir, no busca explorar por el dominio completo de las variables sino que es un algoritmo bastante explícito en cuanto a explorar zonas específicas del individuo en el cuál se encuentren ciertos valores ideales para el fitness y así intercambiar aquellas variables que no sean buenas por aquellas que sí.

Es necesario aclarar que las condiciones necesarias para que una variable Aporte deben definirse según el contexto y problema, como así también las condiciones para aquellas variables que no aporten.

El diagrama de flujo que representa la secuencialidad del algoritmo impaciente, se muestra a continuación:



Descripción algoritmo de mutación de radio

Este algoritmo funciona específicamente para el caso de diseño de imágenes, a partir del dibujo de círculos de diferentes colores, radios y posiciones. El mismo, busca mutar solo la variable que corresponde al radio de un círculo determinado, dentro de un individuo. El objetivo del desarrollo de este algoritmo fue de identificar aquellos píxeles difíciles de representar en el diseño de una imagen con el algoritmo genético, ya que existían algunos que tenían un radio lo suficientemente pequeño como para no ser considerados parte de un individuo, además de que muchas veces, existían líneas o rectas en la imagen que eran muy complejas de ser representadas con círculos, lo que impulsó a buscar una solución de diseño con la implementación de círculos con radios pequeños y superpuestos entre sí.

Desarrollo

Imagen de prueba

Si bien se realizaron pruebas sobre distintas imágenes, como ser la de los globos, y otra propiamente creada, la imagen optada para realizar el desarrollo, las pruebas y comparaciones se muestra a continuación:



Aplicación de algoritmo impaciente a imagen

Para empezar, es necesario aclarar dos características del algoritmo a aplicar sobre la imagen anteriormente nombrada:

- La cantidad de variables a **Mutar** es igual a la cantidad de círculos que no aportan en un individuo.
- Se conoce al valor de una variable como una que “**Aporta**” cuando la sumatoria de los colores RGB del círculo a mutar que posee un radio y posiciones XY determinadas, menos la sumatoria de los colores RGB identificados en la imagen a analizar en las posiciones correspondientes del círculo, generan una diferencia demasiado pequeña y cercana a cero, esto quiere decir, que si llegara al valor de 0, los colores son los mismos en las mismas posiciones, y el círculo aportaría al individuo en un 100%. Por el contrario, un valor de una variable no aporta cuando esta diferencia es cercana o igual a uno.

El siguiente paso en la aplicación del algoritmo impaciente es identificar las condiciones necesarias para saber si un valor aporta o no según la imagen a analizar. Estas condiciones son definidas a criterio del diseñador.

Las condiciones iniciales (ajustables) definidas en la aplicación de este algoritmo para que encuentre un círculo que aporte son las siguientes:

- El valor de aporte de un círculo sea menor o igual que -0.25 (este valor es ajustable)
- El radio del círculo sea menor o igual que 7 y mayor o igual que 2 (ajustables), es decir, el círculo sea pequeño
- La suma de los valores R, G y B no tienda ser tan elevado. En este caso, como el rango de valor del color de un píxel está entre 0 y 1, la suma máxima de 3 representa un color blanco. Para este contexto, se identificó que muchas veces el algoritmo tiende a confundirse ya que la imagen posee un fondo blanco y asignaba un color cercano a 3 (Suma RGB) y el círculo terminaba no aportando a la solución (sólo válida para la imagen aplicada en el presente trabajo)

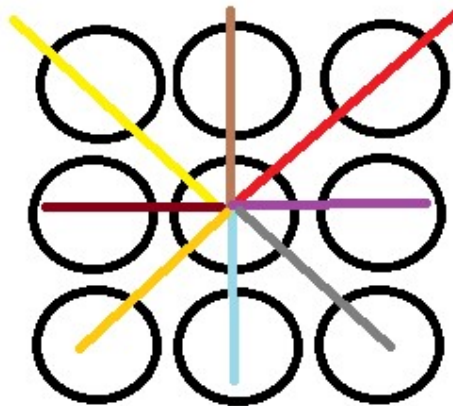
Por último, se especifica la metodología del algoritmo para abordar el problema de dibujar una línea o curva perteneciente a la imagen.

El método aplicado para dibujarla lo más exacta posible es dibujar un conjunto de círculos del mismo radio y colores, superpuestos entre sí. Con superpuesto se quiere decir que las posiciones XY de cada círculo serán aquellos valores que permitan una pequeña intersección entre los mismos, en una orientación vertical, horizontal o diagonal.

Por consiguiente, se buscará encontrar el círculo del individuo que más aporte al fitness. Una vez encontrado, y de acuerdo a la cantidad de círculos a mutar, se buscará copiar las características del círculo que aporta en cuanto a sus colores RGB y su radio para redibujar este círculo tantas veces como la cantidad de círculos a mutar lo establezca, en una orientación particular según el aporte que brinde. De esta forma, este conjunto de círculos redibujados a partir de aquel que más aporta, representa una conjunción de círculos que están separados por una distancia ajustable entre las posiciones XY de los mismos, intentando representar la línea o curva que se encuentra en la imagen.

Para encontrar la orientación más adecuada de este grupo de círculos que refleje lo máximo posible la línea o curva a dibujar de la imagen, se llevará un cálculo sobre el aporte que tiene cada grupo de círculos en cada orientación posible. Es decir que, para cada orientación, se tendrá un grupo de círculos, y para cada grupo se tendrá un valor de aporte que representa la sumatoria del aporte de cada círculo perteneciente a dicho grupo.

Las orientaciones a evaluar se muestran en los distintos colores de la siguiente imagen:



- Arriba (Desde el círculo que aporta hacia arriba)
- Abajo (Desde el círculo que aporta hacia abajo)
- Izquierda (Desde el círculo que aporta hacia arriba)
- Derecha (Desde el círculo que aporta hacia arriba)
- Diagonal izquierda superior (Desde el círculo que aporta hacia arriba)
- Diagonal izquierda inferior (Desde el círculo que aporta hacia arriba)
- Diagonal derecha superior (Desde el círculo que aporta hacia arriba)
- Diagonal derecha inferior (Desde el círculo que aporta hacia arriba)

Aquel grupo de círculos de una determinada orientación en el cual el valor global de aporte sea el mayor, son los círculos mutados finales que reemplazarán en el individuo a aquellos encontrados que no aportan.

Aplicación de algoritmo de mutación de radio

La aplicación de este algoritmo permite identificar aquellos píxeles que son parte de una línea o curva de la imagen mutando el radio de un círculo por uno más pequeño de lo normal. Esto quiere decir que, si el radio es pequeño, es posible identificar aquellos píxeles de la imagen que son difíciles de representar por el algoritmo a través de los círculos.

A lo largo de las generaciones del algoritmo, la probabilidad de poder dibujar a través de círculos pequeños una línea o curva perteneciente a la imagen aumentará.

En este contexto, este algoritmo se aplica a nivel de cada individuo, es decir que, se mutará el radio de un círculo aleatorio en un individuo aleatorio de la población, y este proceso se repetirá por cantidad de individuos a mutar.

Pruebas y Comparaciones

Para realizar las pruebas y comparaciones entre estos dos algoritmos de mutación, se tendrán en cuenta dos escenarios de aplicación.

Para ambos escenarios, se tuvo en cuenta el algoritmo de selección Stochastic Universal Sampling, el algoritmo de cruzamiento Uniform, la aplicación de Elite sobre la población y una conjunción del algoritmo de mutación Uniform con los propuestos en cada escenario.

Cabe aclarar que se estableció un punto de finalización de los algoritmos, que es cuando el valor de fitness del individuo con mayor fitness de la población supera el valor de -0.2. El objeto del límite de funcionamiento de los algoritmos antes de la consecución (o no) de las generaciones es para poder medir con mayor precisión y rapidez las características a evaluar y comparar, además de que una vez alcanzado este valor de fitness se sabe que se encontró una buena solución de diseño de la imagen correspondiente.

En el **primer escenario**, las condiciones iniciales de los algoritmos genéticos para encontrar una solución al problema propuesto para ambos métodos son las siguientes:

- Cantidad de círculos = 80
- Cantidad de Generaciones = 5000
- Tamaño de Población = 30
- Porcentaje de Mutación = 0.3
- Tamaño de Elite = 2
- Epsilum = 0.1

En las siguientes tablas comparativas, se muestran las pruebas realizadas y los valores resultantes de las mismas para cada método a comparar:

Prueba 1

Características/Métodos	Cantidad de generaciones alcanzadas	Valor del mejor fitness logrado	Tiempo total de generaciones
Método con Algoritmo Impaciente	2352	-0.199415	50 minutos
Método con Algoritmo de Mutación de radio	2546	-0.1993104	15 minutos

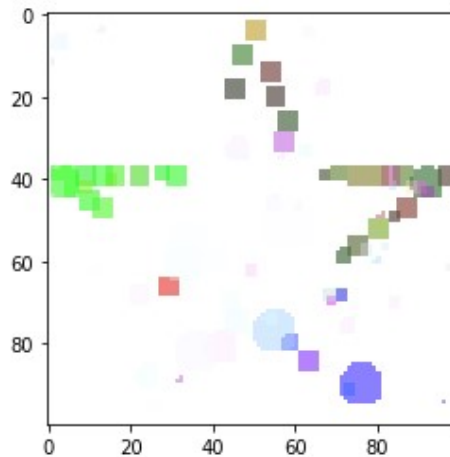


Imagen 1 - Algoritmo Impaciente

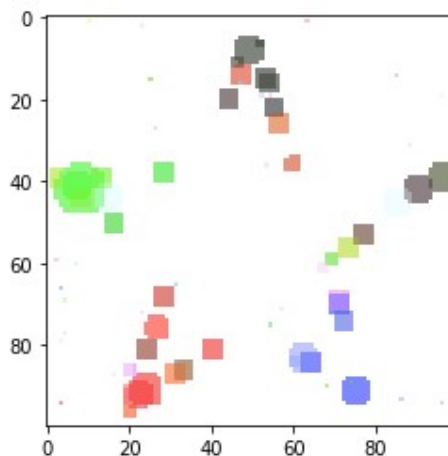


Imagen 2 - Algoritmo de mutación de radio

En la imagen 1, se visualiza un grosor recto bastante definido para representar los “brazos” horizontales de la estrella, lo que conlleva a pensar que este algoritmo tiende a acercarse más al reflejo real de la imagen.

En la imagen 2, se puede apreciar una exploración más abarcativa por parte de los círculos en la imagen, ya que estos se posicionan sobre cada ángulo de la estrella, reflejando una expansión más extensa de la población de círculos y no centradas en un área específica de la

imagen, a diferencia de la imagen 1 donde se aprecia una superpoblación de círculos en áreas específicas. No obstante, en esta se puede ver también la representación de círculos pequeños en lugares que no aportan en definitiva a la solución.

En cuanto a resultados, el algoritmo impaciente logró una mejor marca en cantidad de generaciones para encontrar un valor óptimo cercano a -0.2. Sin embargo, el tiempo es un factor importante y en este caso, existe una relativa diferencia entre ambos ya que el algoritmo de mutación de radio logró encontrar el valor óptimo en 15 minutos mientras que el otro, en 50 minutos.

Prueba 2

Características/Métodos	Cantidad de generaciones alcanzadas	Valor del mejor fitness logrado	Tiempo total de generaciones
Método con Algoritmo Impaciente	3485	-0.199962	47 minutos
Método con Algoritmo de Mutación de radio	2727	-0.19989	19 minutos

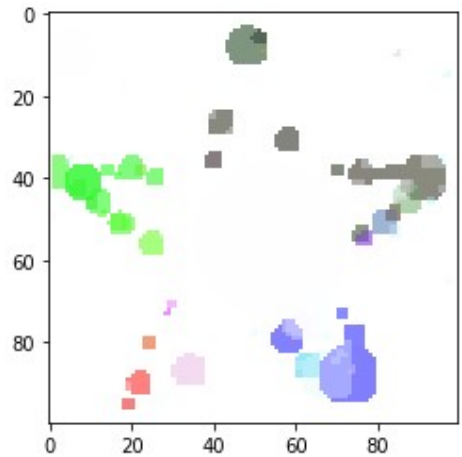


Imagen 3 - Algoritmo Impaciente

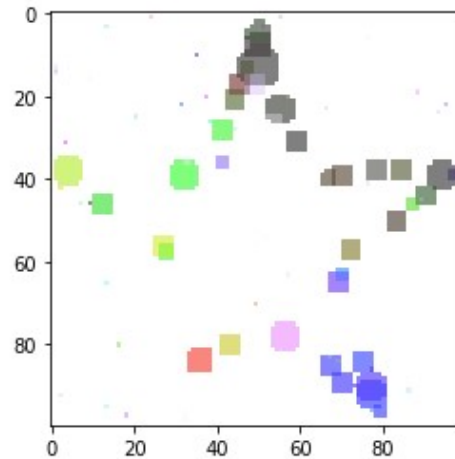


Imagen 4 - Algoritmo de mutación de radio

En la imagen 3, se puede seguir apreciando la exactitud en el dibujo de una recta por parte del algoritmo impaciente, como lo es en el “brazo” derecho horizontal de la estrella, y se nota también, una mejora en la expansión de los círculos en los distintos ángulos de la estrella.

En la imagen 4, si bien la exploración de los círculos en los distintos ángulos de la estrella sigue reflejándose en los resultados, se puede continuar viendo la representación de círculos pequeños en lugares que no aportan en definitiva a la solución.

En cuanto a resultados, el algoritmo impaciente empeora aún más a comparación del algoritmo de mutación de radio, ya que ahora, este último, lo supera también en cantidad de generaciones.

En el **segundo escenario**, las condiciones iniciales de los algoritmos genéticos para encontrar una solución al problema propuesto para ambos métodos son las siguientes:

- Cantidad de círculos = 50
- Cantidad de Generaciones = 5000
- Tamaño de Población = 50
- Porcentaje de Mutación = 0.3
- Tamaño de Elite = 2
- Epsilum = 0.1

Prueba 3

Características/Métodos	Cantidad de generaciones alcanzadas	Valor del mejor fitness logrado	Tiempo total de generaciones
Método con Algoritmo Impaciente	2454	-0.1999210	18 minutos
Método con Algoritmo de Mutación de radio	2359	-0.1999980	16 minutos

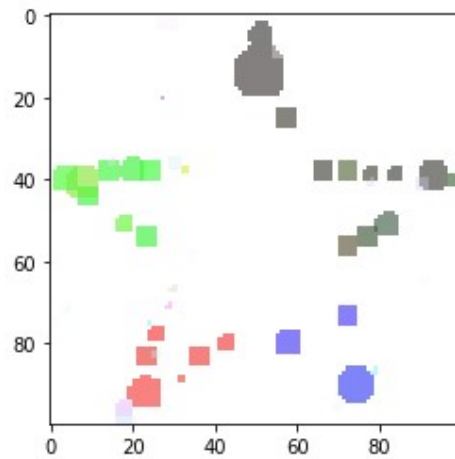


Imagen 5 - Algoritmo Impaciente

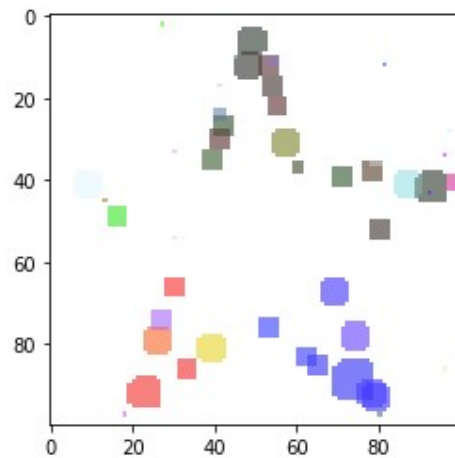


Imagen 6 - Algoritmo de mutación de radio

En la imagen 3, se aprecia que ante la disminución de la cantidad de círculos por individuo, la cantidad de círculos que aportan son menores y por lo tanto, las rectas son más pequeñas. La exploración sigue expandiéndose más a comparación del escenario anterior, y se denota una prolijidad mayor a la imagen siguiente.

En la imagen 4, se aprecia una gama distinta de colores de los círculos, una falta de exploración de círculos por el brazo izquierdo de la estrella y se continúa apreciando la distribución de círculos pequeños del individuo en zonas insignificantes.

En cuanto a resultados, se aprecia una mejora considerable en el tiempo del algoritmo impaciente, pero aun así, y en menor cantidad de generaciones, el algoritmo de mutación de radio supera al otro.

Prueba 4

Características/Métodos	Cantidad de generaciones alcanzadas	Valor del mejor fitness logrado	Tiempo total de generaciones
Método con Algoritmo Impaciente	1890	-0.199558	18 minutos
Método con Algoritmo de Mutación de radio	2598	-0.199997	15 minutos

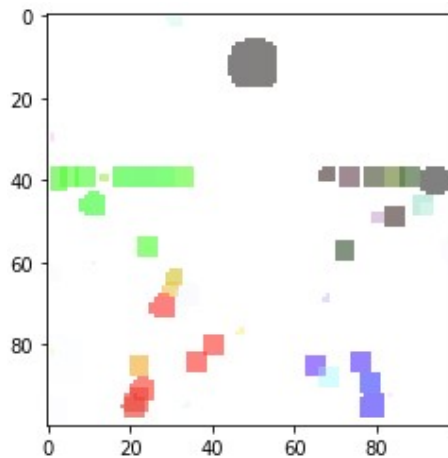


Imagen 7 - Algoritmo Impaciente

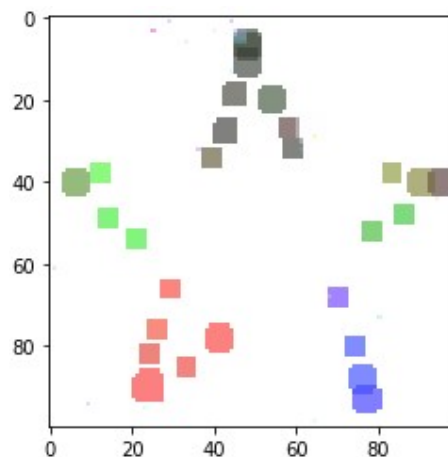


Imagen 8 - Algoritmo de mutación de radio

En la imagen 7, se aprecia una clara representación de rectas horizontales en los brazos derecho e izquierdo de la estrella, como así también la representación de una recta diagonal por parte de los dos círculos rojos posicionados en la “pata” izquierda de la estrella. Sin embargo, se denota una gran falta de población de círculos en el “cuello” (la parte superior) de la estrella. Aun así, también se aprecia el aprovechamiento de la totalidad de los círculos del individuo reflejando una prolijidad en el dibujo de la estrella.

En la imagen 8, se puede ver una correcta distribución de los círculos en las distintas partes de la estrella, una mejora en cuanto a la gama de colores representadas de cada zona de la estrella y una disminución de círculos pequeños ubicados en zonas insignificantes.

En cuanto a resultados, el algoritmo impaciente se recupera de la comparación mejorando en cantidad de generaciones en cuanto al otro algoritmo, pero el tiempo no deja de ser peor.

Conclusiones

Solo bastó con cuatro pruebas en dos escenarios de aplicación de los algoritmos para identificar las ventajas y desventajas de aplicar cada uno.

Por un lado, en el algoritmo impaciente, se apreció una exacta representación por parte de los círculos del individuo en el dibujo de una recta horizontal o diagonal. Además, aproximadamente el 95% de los círculos, fueron explotados para la representación de la imagen, generando una prolijidad y precisión en el dibujo y evitando así, un desvío de los círculos en áreas irrelevantes.

Por otro lado, en el algoritmo de mutación de radio, se apreció una extensa distribución de los círculos en los diferentes ángulos y zonas de la estrella, permitiendo encontrar aquellas zonas subestimadas por contener círculos pequeños y confusos para el algoritmo. No obstante, esto también llevó a sobreestimar zonas insignificantes para el dibujo de la estrella, y tendía a confundir buenos aportes de círculos con el fondo blanco de la imagen.

Lo más resaltante de la comparación realizada, fue la diferencia de los resultados en aplicar un algoritmo con respecto al otro. En el primer escenario de aplicación, con una cantidad elevada de círculos por individuo y con un tamaño pequeño de población, el algoritmo de mutación de radio superó ampliamente al algoritmo impaciente en cuanto al tiempo en encontrar una solución óptima (alrededor de -0.2 de fitness), con una diferencia aproximadamente de 30 minutos, casi el triple de lo que tarda en procesar el algoritmo de mutación de radio. Esto refleja un gran problema de eficiencia por parte del algoritmo impaciente en encontrar una buena solución.

En el segundo escenario de aplicación, con una cantidad menor de círculos por individuo y con un tamaño más grande de población, la diferencia de tiempo y de cantidad de generaciones disminuyó considerablemente entre ambos algoritmos. No obstante, el algoritmo de mutación de radio continuó siendo más eficiente en tiempo que el impaciente.

Por lo tanto, si se desea lograr precisión y exactitud en el reflejo de rectas horizontales, verticales o diagonales de una imagen, como así también aprovechar de mutar aquellos valores del individuo que no aporten por aquellos que sí lo hagan, el algoritmo impaciente responderá eficazmente, mientras que si se desea una eficiencia considerable del factor tiempo, el algoritmo de mutación de radio podrá satisfacerlo.

Mediante el análisis, desarrollo y experimentación de estos dos algoritmos, se concluye que el uso de uno en particular dependerá del objetivo que se quiera lograr, de las características de la imagen a diseñar y de las condiciones que se establezcan para el algoritmo.