TUGAS KECIL 2 IFF2211 STRATEGI ALGORITMA

IMPLEMENTASI CONVEX HULL UNTUK VISUALISASI TES LINEAR SEPARABILITY DATASET DENGAN ALGORITMA DIVIDE AND CONQUER

Disusun oleh

Christine Hutabarat (13520005)

TEKNIK INFORMATIKA

SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

BANDUNG 2022

DAFTAR ISI

I. ALGORITMA DIVIDE AND CONQUER

Algoritma *divide and conquer* dalam konteks ilmu komputer adalah salah satu strategi penyelesaian persoalan dengan cara membagi suatu persoalan dan menyelesaikannya. Terdapat tiga langkah utama yang digunakan dalam strategi algoritma ini, yaitu *divide, conquer,* dan *combine.* Pada langkah *divide,* persoalan dibagi menjadi upa-persoalan. Upa-persoalan adalah bagian dari persoalan utama yang juga memiliki karakteristik yang sama dengan persoalan induknya, namun memiliki ukuran yang lebih kecil. Langkah *conquer* yaitu langkah penyelesaian merupakan langkah yang dilakukan setelah persoalan telah dibagi menjadi ukuran terkecilnya. Langkah ini memberikan hasil yang kemudian akan digabung dengan hasil dari upa-persoalan lainnya dalam langkah *combine*.

Beberapa jenis persoalan yang umum diselesaikan dengan algoritma *divide and conquer* adalah persoalan yang memiliki ukuran *n*, seperti larik, matriks, pohon, eksponen, dan lain-lain. Penyelesaian persoalan menggunakan strategi ini umumnya diimplementasikan secara rekursif. Sementara itu, untuk suatu persoalan berukuran *n* yang diselesaikan menggunakan algoritma *divide and conquer* memiliki kompleksitas yang dapat dinyatakan menggunakan persamaan (1).

$$T(n) = \begin{cases} g(n) & , n \leq n_0 \\ T(n_1) + T(n_2) + \cdots + T(n_r) + f(n), & n > n_0 \end{cases} \quad (1)$$

Salah satu persoalan yang dapat diselesaikan menggunakan algoritma ini adalah pencarian *convex hull* dari kumpulan titik-titik yang berada pada suatu bidang planar. Suatu himpunan titik dapat disebut *convex* jika untuk sembarang dua titik pada bidang, seluruh segmen garis yang berakhir di kedua titik tersebut berada pada himpunan. Pada himpunan yang terdiri hanya dari dua buah titik, maka *convex hull* adalah garis yang menghubungkan kedua titik tersebut. Jika terdapat titik-titik lainnya yang juga dilalui oleh garis yang sama, maka *convex hull* adalah garis yang menghubungkan titik-titik terjauh. Jika terdapat titik-titik lain yang tidak dilalui oleh garis yang sama, maka convex hull merupakan garis-garis yang membentuk sisi-sisi poligon.

Langkah-langkah umum pencarian *convex hull* dimulai dengan mencari garis yang menghubungkan dua titik terjauh dalam himpunan titik. Garis tersebut kemudian dijadikan acuan untuk membagi titik-titik dalam himpunan ke dalam dua himpunan baru berdasarkan daerahnya. Dimisalkan terdapat suatu garis yang dibentuk oleh titik (x_1, y_1) dan titik (x_2, y_2). Untuk mengetahui di mana letak suatu titik (x_3, y_3), dapat digunakan determinan yang dihitung dengan persamaan (2).

$$determinan = x_1y_2 + x_3y_1 + x_2y_3 - x_3y_2 - x_2y_1 - x_1y_3 \quad (2)$$

Posisi titik (x_3, y_3) dapat diketahui berdasarkan tanda positif dan negatif dari determinan.

Setelah himpunan awal terbagi menjadi dua himpunan baru, cari titik-titik terjauh dari garis pembagi dari masing-masing himpunan, sehingga terbentuk segitiga yang memiliki titik-titik sudut adalah titik-titik pembentuk garis pembagi dan titik terjauh. Abaikan seluruh titik yang berada di dalam segitiga yang terbentuk oleh titik-titik yang sudah dimiliki sebelumnya pada masing-masing daerah. Kemudian himpunan hasil pembagian dan garis baru yang dibentuk segitiga akan menjadi himpunan yang akan diproses pada iterasi berikutnya hingga rekursi dihentikan pada himpunan kosong. Pasangan titik pembentuk garis baru kemudian dikembalikan dan digabung menjadi penyelesaian dari persoalan utama.

II. IMPLEMENTASI

Program pengolahan *convex hull* ditulis dengan menggunakan bahasa python dalam bentuk kelas. Kelas yang digunakan diberi nama myConvexHull dan diimplementasikan pada dokumen berjudul myConvexHull.py.

STRUKTUR KELAS

Atribut dari kelas myConvexHull dijelaskan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Daftar Atribut pada Kelas myConvexHull

Nama Atribut	Tipe Data	Deskripsi
points	*Array of array*	Points adalah larik dengan jenis elemen berupa titik (direpresentasikan sebagai *array of float*), menyatakan kumpulan titik yang akan dicari *convex hull*-nya.
vertices	*Array of array*	Vertices adalah larik dengan jenis elemen berupa titik yang menyatakan kumpulan titik pembentuk *convex hull*.
lines	*Array of array*	Lines adalah larik dengan jenis elemen berupa *tuple* dari dua titik pembentuk garis *convex hull*.
contained	*Set*	Set adalah himpunan bilangan bulat yang menyatakan indeks dari titik pada atribut points yang sudah berada di dalam *convex hull*.

Seluruh metode yang digunakan dalam kelas myConvexHull dijabarkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Daftar Metode pada Kelas myConvexHull

Nama Metode	Deskripsi
__init__	Konstruktor dari kelas. Menerima masukan data berupa data yang bertipe *numpy array*, dan berfungsi untuk mencari *convex hull* dan mengisi seluruh atribut kelas.
find_outer_points	Mencari dua titik dengan nilai absis terkecil dan terbesar (terluar) dari himpunan titik. Digunakan untuk melakukan inisialisasi garis pada algoritma *convex hull*.
determinant	Menerima masukan berupa dua titik pembentuk garis dan satu titik lainnya. Menghitung di mana posisi titik ketiga relatif terhadap garis.

get_distance	Menerima masukan berupa dua titik pembentuk garis dan satu titik lainnya. Menghitung jarak dari titik ketiga ke garis.
find_furthest_idx	Menerima masukan berupa dua titik pembentuk garis. Mencari indeks dari titik pada atribut points yang memiliki jarak terjauh dari garis dibanding titik-titik lainnya.
is_contained	Menerima masukan berupa tiga buah titik yang membentuk segitiga dan sebuah titik lainnya. Mencari tahu apakah titik tersebut berada di dalam atau luar segitiga. Perhitungan yang digunakan memanfaatkan koordinat barycentric.
update_contained	Menerima masukan berupa tiga buah titik yang membentuk segitiga dan sebuah himpunan titik. Memasukkan indeks dari titik-titik pada himpunan yang berada di dalam segitiga ke atribut contained.
divide_region	Menerima masukan berupa tiga buah titik dan suatu himpunan titik. Membagi himpunan ke dalam dua bagian berdasarkan posisinya relatif terhadap garis-garis yang dibentuk oleh tiga titik parameter.
update_region	Menerima masukan berupa himpunan titik. Menghapus anggota himpunan apabila himpunan tersebut sudah berada pada atribut contained.
findConvexHull	Algoritma utama pencari *convex hull*. Menerima masukan berupa dua titik yang membentuk garis dan himpunan titik yang daerahnya terbagi menjadi dua oleh garis. Membagi daerah dan menyelesaikan permasalahan *convex hull* secara rekursif.

SOURCE CODE

Realisasi dari kelas myConvexHull terdapat pada kode program yang ditulis dalam dokumen myConvexHull.py seperti sebagai berikut.

```
# myConvexHull.py

import math

class myConvexHull:

    def __init__(self, data) :
        self.points = data.tolist() # berisi point (point didefinisikan
sebagai array of float dengan panjang 2 elemen)
```

```
        self.vertices = [] # berisi indeks dari point dalam points yang
membentuk convex hull
        self.lines = [] # berisi point-point yang membentuk garis convex hull
(didefinisikan sebagai array of integer dengan panjang 2 element)
        self.contained = set() # set yang berisi indeks dari point-point yang
sudah berada di dalam area

        outer = self.find_outer_points()

        # since outer points surely create the convex hull
        self.vertices.append(self.points.index(outer[0]))
        self.vertices.append(self.points.index(outer[1]))
        self.lines.append([outer[0], outer[1]])
        self.contained.add(self.points.index(outer[0]))
        self.contained.add(self.points.index(outer[1]))

        init_reg = self.points.copy()
        left_point = outer[0]
        right_point = outer[1]
        init_reg.pop(init_reg.index(left_point))
        init_reg.pop(init_reg.index(right_point))

        self.findConvexHull(left_point, right_point, init_reg)


    def find_outer_points (self) :
        # mencari point-point dengan nilai absis terendah dan tertinggi
        # mengembalikan array dua elemen dalam bentuk [indeks point terkiri,
indeks point terkanan]
        res = [self.points[0],self.points[0]]
        min_x = self.points[0][0]
        max_x = self.points[0][0]

        for point in self.points :
            if point[0] < min_x :
                min_x = point[0]
                res[0] = point
            if point[0] > max_x :
                max_x = point[0]
                res[1] = point
        return res

    def determinant(self, point_line1, point_line2, point) :
        # mencari nilai determinan untuk menentukan di daerah mana sebuah
point berada
        # point_line1, point_line2, point : point
        # point_line1 dan point_line2 adalah ujung-ujung dari garis pembatas
daerah
```

```
        det = (point_line1[0] * point_line2[1]) + (point[0] * point_line1[1])
+ (point_line2[0] * point[1]) - (point[0] * point_line2[1]) - (point_line2[0]
* point_line1[1]) - (point_line1[0] * point[1])
        return det

    def get_distance (self, p1, p2, point) :
        # menghitung jarak point dari garis yang dibentuk p1 dan p2
        a = p1[1] - p2[1]
        b = p2[0] - p1[0]
        c = (p1[0] * p2[1]) - (p2[0] * p1[1])
        denom = math.sqrt(a**2 + b**2)
        if (denom != 0) :
            return (abs(((a * point[0]) + (b * point[1]) + c)/denom))
        else :
            return -1

    def find_furthest_idx(self, point_line1, point_line2, region) :
        # mengembalikan indeks dari titik terjauh dengan garis dan memasukkan
indeks yang bukan merupakan paling jauh ke dalam contained
        # dipastikan len(region) > 1
        furthest = -1
        idx = -1

        for point in region :
            dist = self.get_distance(point_line1, point_line2, point)
            if (dist != -1 and dist > furthest) :
                furthest = dist
                idx = self.points.index(point)
        return idx

    def is_contained(self, p1, p2, p3, point) :
        # menggunakan barycentric coordinate
        # referensi :
https://mathworld.wolfram.com/TriangleInterior.html#:~:text=The%20simplest%20w
ay%20to%20determine,it%20lies%20outside%20the%20triangle.

        denom = (p2[1] - p3[1])*(p1[0] - p3[0]) + (p3[0] - p2[0])*(p1[1] -
p3[1])
        if (denom != 0) :
            a = ((p2[1] - p3[1])*(point[0] - p3[0]) + (p3[0] -
p2[0])*(point[1] - p3[1])) / denom
            b = ((p3[1] - p1[1])*(point[0] - p3[0]) + (p1[0] -
p3[0])*(point[1] - p3[1])) / denom
            c = 1 - a - b
            return ((0 <= a <= 1) and (0 <= b <= 1) and (0 <= c <= 1))
        else :
            return False
```

```
    def update_contained(self, p1, p2, p3, region) :
        for point in region :
            if (self.is_contained(p1, p2, p3, point)) :
                self.contained.add(self.points.index(point))

    def divide_region(self, p1, p2, p3, region) :
        # cari garis yang tegak lurus dengan garis yang dibentuk oleh titik p1
dan p2 dan melewati titik p3
        # bagi region berdasarkan tempat titik berada relatif terhadap garis
tersebut
        reg1 = [] # berisi titik-titik yang berada di daerah yang sama dengan
p1
        reg2 = [] # berisi titik-titik yang berada di daerah yang sama dengan
p2

        # cari titik-titik yang memiliki nilai x lebih kecil dan lebih besar
        # x1 dan x2 tidak mungkin sama
        if p1[0] < p2[0] :
            left = p1
            right = p2
        else :
            left = p2
            right = p1

        # cari persamaan garis
        grad12 = (right[1] - left[1])/(right[0] - left[0])
        c12 = ((grad12 * left[0]) * -1) - left[1]
        if (grad12 != 0) :
            grad = -1/grad12
            c = ((grad * p3[0]) * -1) - p3[1]
            x = (c12 - c)/(grad - grad12)
            y = grad*x + c
        else : # p1 dan p2 memiliki nilai y yang sama
            x = p3[0]
            y = p1[1]

        # sign1 dan sign2 menandakan tanda dari determinan, True untuk + dan
False untuk -
        sign1 = (self.determinant(p3, [x,y], p1) > 0)

        for point in region :
            sign = (self.determinant(p3, [x,y], point) > 0)
            if (sign==sign1) :
                reg1.append(point)
            else :
                reg2.append(point)

        return (reg1, reg2)
```

```
    def update_region (self, reg) :
        # menghapus elemen-elemen pada region yang sudah berada di dalam hull
        new_reg = []
        for point in reg :
            # abaikan point yang sudah berada di dalam bidang
            if not (self.points.index(point) in self.contained) :
                new_reg.append(point)

        reg = new_reg

    def findConvexHull (self, point_line1, point_line2, region) :
        # membentuk convex hull
        # region : array of points
        # point_line1, point_line2 : point
        if (len(region) > 0) :
            regA = [] # list dari point yang berada di daerah kiri/atas
            regB = [] # list dari point yang berada di daerah kanan/bawah

            # Divide region
            for point in region :
                det = self.determinant(point_line1, point_line2, point)
                if (abs(det) < 1e-12) :
                    # dianggap ada di garis
                    self.contained.add(self.points.index(point))
                elif (det > 0) :
                    regA.append(point)
                else :
                    regB.append(point)

            a_is_not_contained = (len(regA) > 0 and not
self.points.index(regA[0]) in self.contained)
            b_is_not_contained = (len(regB) > 0 and not
self.points.index(regB[0]) in self.contained)

            new_triangleA_created = False
            new_triangleB_created = False

            # if any of the region is contained already, just skip
            # find furthest point in the not-contained area
            # then, update the vertices and lines
            if (a_is_not_contained) :
                furthestA = self.find_furthest_idx(point_line1, point_line2,
regA)

                self.vertices.append(furthestA)
                self.lines.append([point_line1, self.points[furthestA]])
                self.lines.append([point_line2, self.points[furthestA]])
```

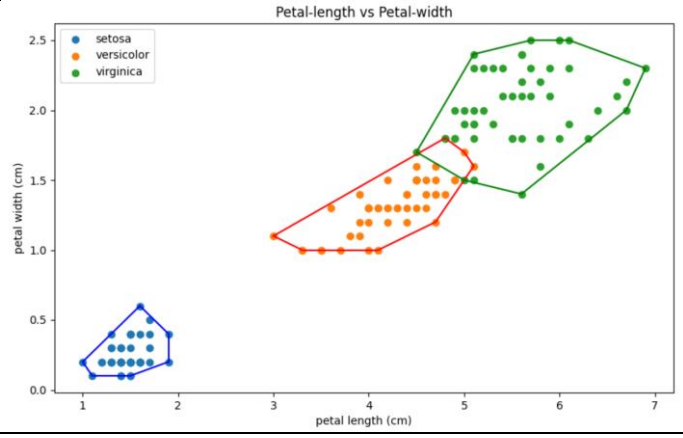
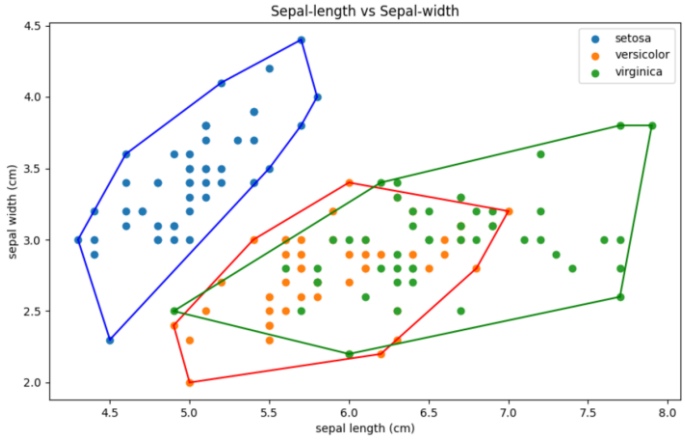
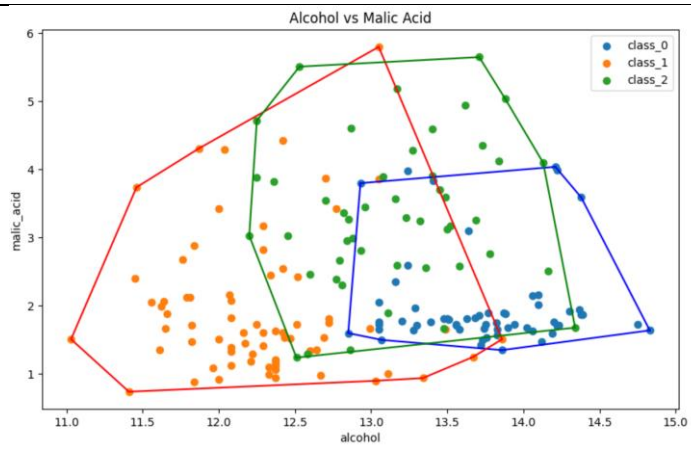
```
                # setelah terbentuk segitiga dalam region, update dulu point-
point mana aja yang masuk ke segitiga
                self.update_contained(point_line1, point_line2,
self.points[furthestA], regA)
                self.update_region(regA)
                new_triangleA_created = (furthestA != -1)
                # bagi region menjadi yang lebih dekat dengan masing-masing
                regs = self.divide_region(point_line1, point_line2,
self.points[furthestA], regA)
                self.findConvexHull(point_line1, self.points[furthestA],
regs[0])
                self.findConvexHull(point_line2, self.points[furthestA],
regs[1])

            if (b_is_not_contained) :
                furthestB = self.find_furthest_idx(point_line1, point_line2,
regB)

                self.vertices.append(furthestB)
                self.lines.append([point_line1, self.points[furthestB]])
                self.lines.append([point_line2, self.points[furthestB]])
                self.update_contained(point_line1, point_line2,
self.points[furthestB], regB)
                self.update_region(regB)
                new_triangleB_created = (furthestB != -1)

                regs = self.divide_region(point_line1, point_line2,
self.points[furthestB], regB)
                self.findConvexHull(point_line1, self.points[furthestB],
regs[0])
                self.findConvexHull(point_line2, self.points[furthestB],
regs[1])


            # delete the line created by point_line1 and point_line2
            if(new_triangleA_created or new_triangleB_created) :
                self.lines.pop(self.lines.index([point_line1, point_line2]))
```

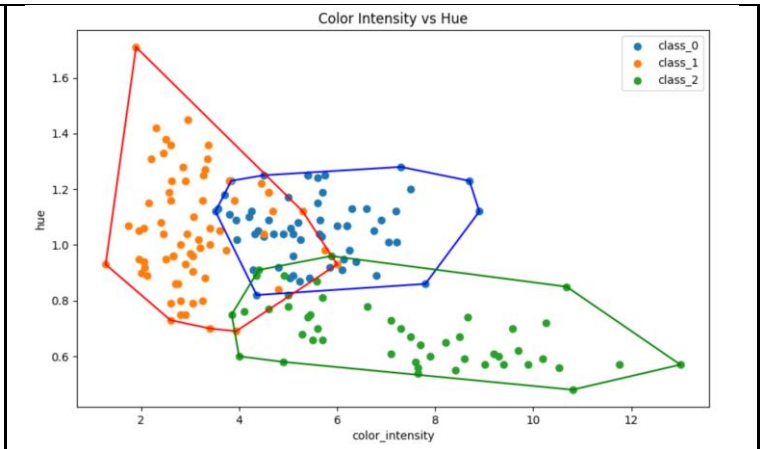
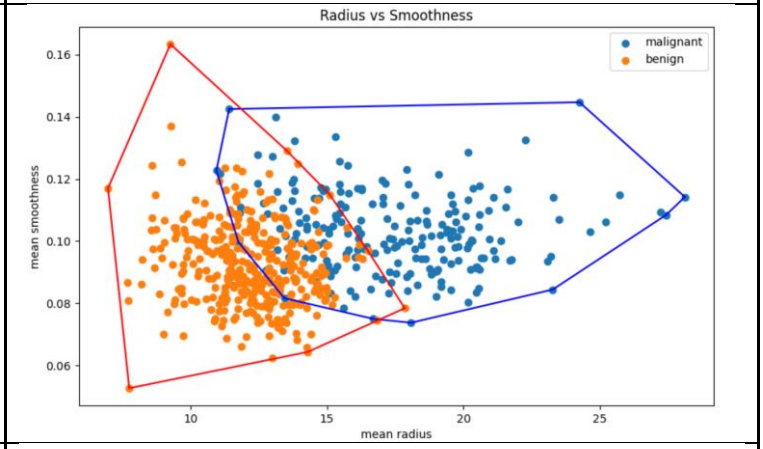
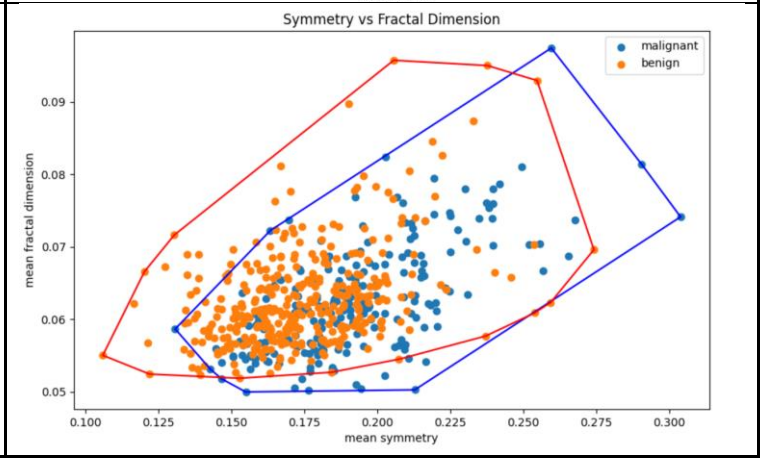
Adapun contoh penggunaan kelas yang kemudian akan digunakan untuk pengujian program juga terdapat pada dokumen testMyConvexHull.ipynb.

III. HASIL PERCOBAAN DAN EVALUASI

Untuk menguji program yang dibuat, digunakan tiga jenis dataset percobaan yang diambil dari pustaka sklearn. Dataset yang digunakan adalah dataset iris, wine, dan breast cancer. Nama dataset, pasangan atribut yang digunakan serta hasil percobaan terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Hasil Percobaan

Nama Dataset	Pasangan Atribut	Hasil Convex Hull
iris	Petal-length, petal-width	
iris	Sepal-length, sepal-width	
wine	Alcohol, Malic Acid	

wine	Color Intensity, Hue	
breast_cancer	Radius, Smoothness	
breast_cancer	Symmetry, Fractal Dimension	

Hasil percobaan dirangkum dalam evaluasi yang terdapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Evaluasi Program

Poin	Ya	Tidak
1. Pustaka *myConvexHull* berhasil dibuat dan tidak ada kesalahan.	✓	
2. *Convex hull* yang dihasilkan sudah benar	✓	
3. Pustaka *myConvexHull* dapat digunakan untuk menampilkan *convex hull* setiap label dengan warna yang berbeda.	✓	
4. **Bonus**: program dapat menerima input dan menuliskan output untuk dataset lainnya.	✓	

IV. ALAMAT KODE PROGRAM

Kode implementasi kelas myConvexHull, panduan penggunaan pustaka, program untuk menguji kelas myConvexHull, serta program pengujian kelas ConvexHull dari scipy.spatial terdapat pada repository GitHub dengan alamat :

https://github.com/chryes220/Tucil1_Stima.git