

# Pràctica 5 PDS: Segmentació d'imatges digitals

Juan Gabriel Gomila Salas

La segmentació en el camp del processament d'imatges digitals i la visió per computador és un procès que es basa en dividir una imatge digital en diverses parts o objectes. L'objectiu de la segmentació és simplificar o canviar la representació d'una imatge en una altre que sigui més significativa i més senzilla d'analitzar (per exemple, per mostrar als nens figures d'objectes familiars a l'hora d'aprendre el seu nou: una cadira, una taula, un cavall,...)



a)

b)

Figura 1: a) Fotografia d'uns cavalls pastant b) Segmentació en 3 clusters.

La segmentació s'empra tant per localitzar objectes com per trobar-ne els límits dins la imatge. Més precisament, la segmentació de la imatge és un procès d'assignació d'una etiqueta a cada píxel de la imatge, de forma que tots els píxels que comparteixen la mateixa etiqueta tendran unes característiques visuals similars. El resultat de la segmentació d'una imatge, seran un conjunt de regions disjunes que cobreixen tota la imatge. Cadascun dels píxels d'una regió són similars en alguna característica, com és ara el color, la intensitat o la textura, mentre que regions adjacents són significativament diferents respecte del color, intensitat o textura representada.

Algunes de les aplicacions pràctiques de la segmentació d'imatges són les següents:

- Proves mèdiques; per exemple, localització de tumors, mesura de volums de teixits, cirurgia guiada per ordinador, avaluació de diagnòstics, estudis de l'estructura anatòmica,...
- Localizació d'objectes en imatges satèl·lit (teledetecció).
- Reconeixement d'objectes (empremtes dactilars, cares, iris, matrícules de vehicles,...)
- Sistemes de control de tràfic
- Visió por computador

S'han desenvolupat diversos algoritmes i tècniques de propòsit general per a la segmentació d'imatges, i, ja que no existeix una solució general pel problema de la segmentació, hom tendeix a combinar diverses tècniques per resoldre el problema eficaçment. En particular, nosaltres ens centrarem en el mètode de k-means, basada en manipulacions sobre l'histograma de la imatge.

## 1. El mètode de *k*-means

L'objectiu del mètode de *k*-means és distribuir  $N$  punts (en el nostre cas, la intensitat dels  $N$  píxels de la imatge  $\Omega$ , que els suposem organitzats en un únic vector  $(x_1, x_2, \dots, x_N)$ , per simplificar la notació) en  $k$  subconjunts disjunts,  $\{S_j\}_{j=1}^k$ :

$$\bigcup_{j=1}^k S_j = \Omega; \quad S_i \cap S_j = \emptyset, \forall i \neq j$$

cadascun dels quals conté  $N_j$  punts, tals que el funcional següent sigui mínim:

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{n \in S_j} |x_n - \mu_j|^2$$

on  $x_n$  és el vector que representa l' $n$ -èssim píxel del vector de la imatge i  $\mu_j$  és el centroïde geomètric dels punts de la imatge en  $S_j$ . En general, aquest algoritme, no assoleix el mínim global de  $J$  sobre tots els possibles assignaments, sino que és un algoritme iteratiu, reestructurant les dades en nous  $S_j$  cada cop.

Inicialments, seleccionam arbitràriament  $k$  punts del vector de la imatge i associem a cadascun d'ells un conjunt, format pels punts que es troben més a prop d'ells

en norma 2. Per cada conjunt, computam el centroide,  $\mu_i$  i a continuació, cada punt és assignat al cluster, el centroide del qual es troba més a prop de dit punt. Aquestes passes són alternades fins que decidim aturar segons algun criteri, és a dir, quan ja no es donen més canvis de reassignament als punts de la imatge.

Un cop tenim els  $k$  clusters definits, a cadascun d'ells li assignam el valor corresponent a la mitjana dels colors de tots els píxels que conformen els clusters, i.e.

$$\forall i = 1, \dots, k \implies y_i = \frac{\sum_{n \in S_j} x_n}{|S_i|}$$

de manera que la imatge resultant,  $(\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_N)$

$$\forall j = 1, \dots, N; \quad x_j \in S_i \implies \hat{x}_j = y_i$$

que és precisament la segmentació de la nostra imatge en exactament  $k$  clusters.

Val a dir, que en algun cas, ens pot quedar algun cluster buid (per exemple, si la imatge és binària, i volem crear tres clusters, un d'ells no tendrà pas cap píxel, o fins i tot, si a la inicialització partim d'un cluster que està estrictament contingut dins un altre), aquest fet pot portar a l'algoritme a un error, i per tant, per evitar-ho, bé podem repetir l'experiment, o optar per reduir en un el nombre de clusters.

## 2. Exemples

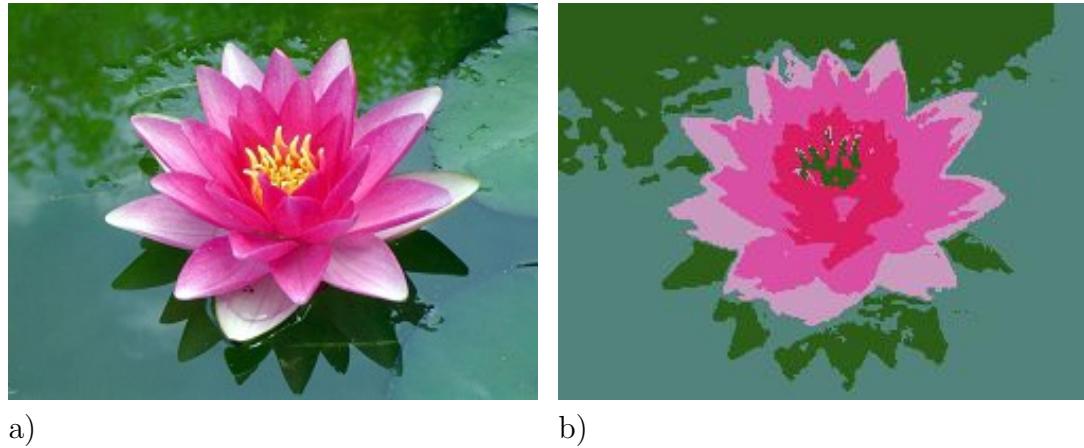


Figura 2: a) Fotografia d'un nenúfar b) Segmentació en 5 clusters.

Notem com els pistils del nenúfar són considerats del mateix color que les algues del fons. Es considera més apropiada a la imatge original agafar 3 tons rosacis pel nenúfar que no pas només dos i que el tercer sigui el dels pístils.

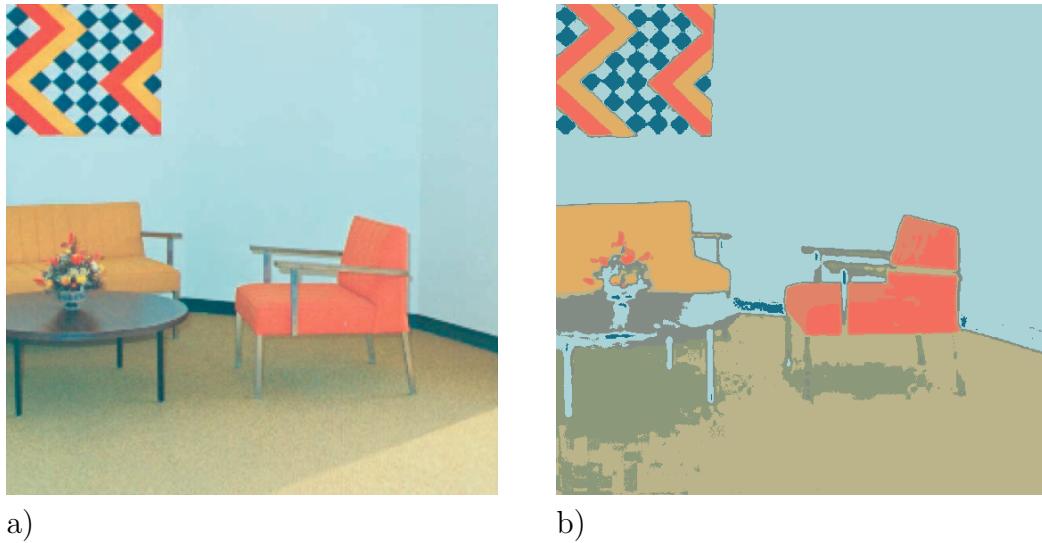


Figura 3: a) Fotografia d'una habitació amb detalls b) Segmentació en 7 clusters.

En aquest cas, un dels clusters es centra exclusivament en les ombres de la taula i les cadires. El quadre de la paret és reconstruit quasi a la perfecció.

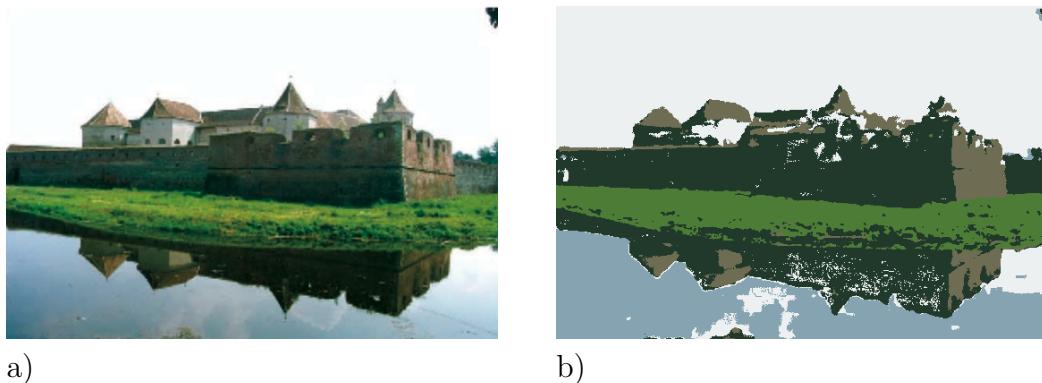


Figura 4: a) Fotografia d'un castell escocès b) Segmentació en 5 clusters.

Notem com en aquest cas, fins i tot els reflexos del castell dins el llac preserven el color del castell original.

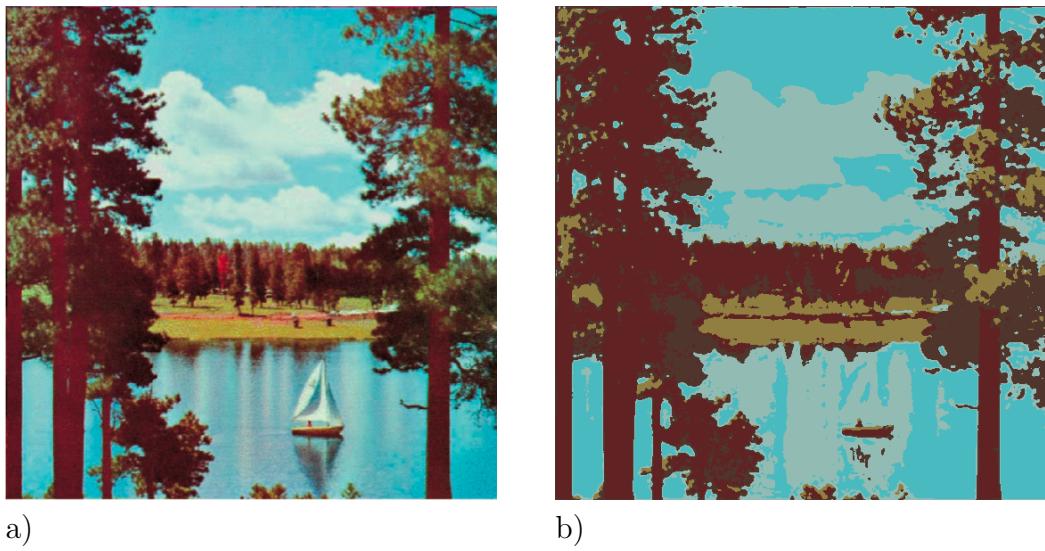


Figura 5: a) Fotografia d'un llac al bosc b) Segmentació en 5 clusters.

En aquest cas, el color de la vela es confon amb els reflexos de l'altre vora del llac. Obsevam com el color dominant en tota la imatge és el de la vegetació, per això tenim tres tonalitats diferents (marró, verd clar i verd fosc) per representar-ne la segmentació.

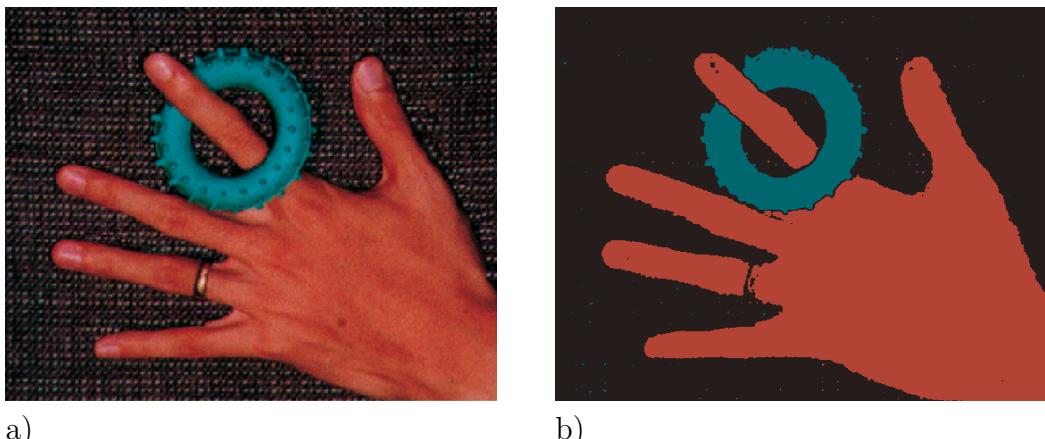


Figura 6: a) Fotografia d'una ma amb un anell b) Segmentació en 3 clusters.

Notem com, en la segmentació s'hi veuen clarament tres estructures clares: una mà en primer pla, un anell verdós al voltant del dit índex, i un fons de color marró. A més, s'hi un s'hi fixa, observa que la ma duu un anell al dit anular.



Figura 7: a) Fotografia de la 5º Avinguda de Nova York b) Segmentació en 3 clusters.

En aquest cas, tenim diferenciats el cel, els edificis, i els detalls com els semàfors i els toldos de les tendes de primer pla. Notem com els detalls més clars dels edificis (finestres, banderes) i fins i tot els vehicles del carrer, queden acolorits del mateix color del cel, ja que el color d'aquests detalls està més pròxim en norma 2 del color blau que no pas del marró dels edificis.

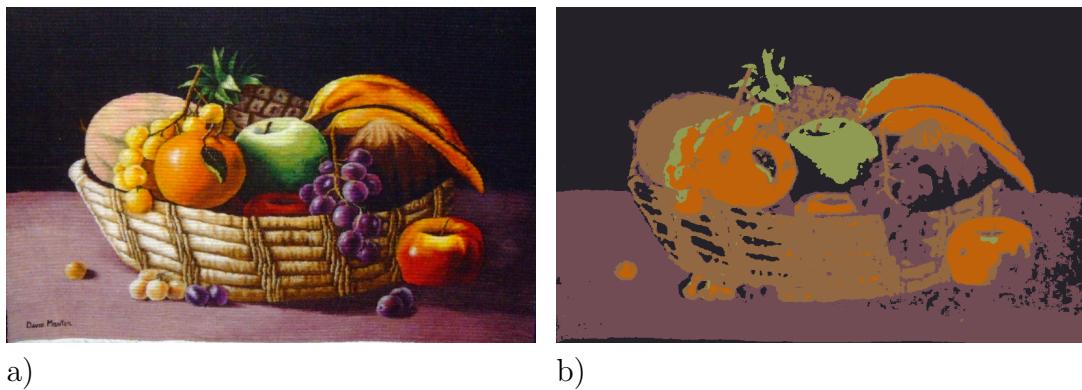


Figura 8: a) Fotografia d'una panera amb fruita b) Segmentació en 5 clusters.

Aquí podem observar com cada fruita conserva el seu color característic: els platans, taronges i pomes d'uns tons taronges; la poma verda i la corona de la pinya verds; el meló i el coco marró com la panera i el raïm, morat, com la taula. El darrer color fosc correspon al fons de la imatge i a algunes ombres del dibuix.

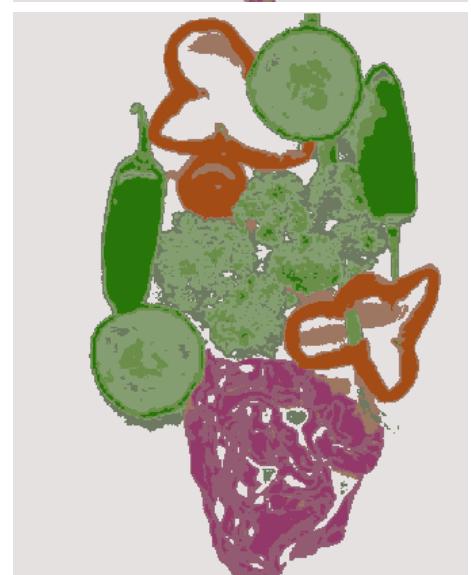
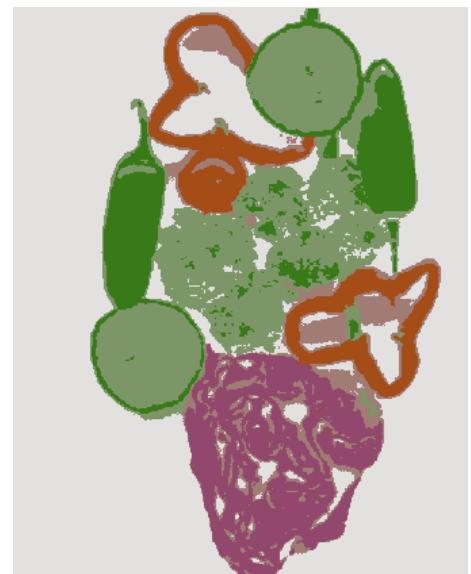
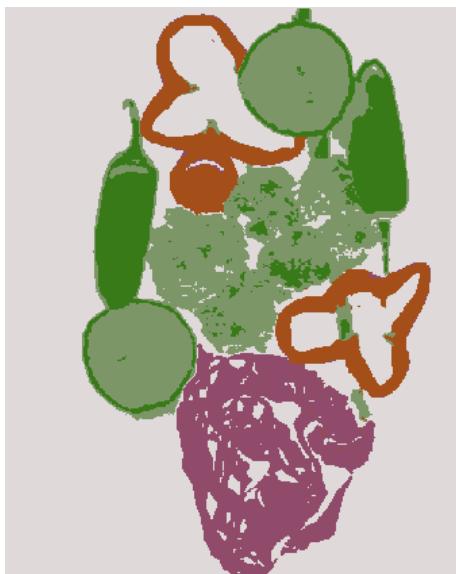
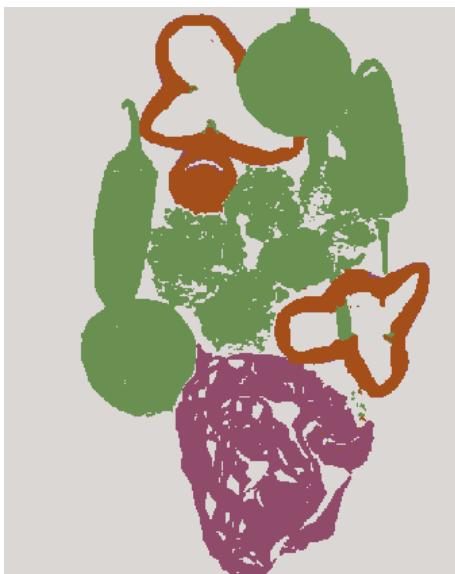


Figura 9: Evolució de l'algoritme en una fotografia de verdures

En la successió de 9 imatges de la pàgina anterior podem observar, d'esquerra a dreta i de dalt a baix l'evolució de la segmentació en funció del nombre de clusters seleccionats:

- 1.1. Imatge original, formada per un conjunt de verdures de diferents colors tallades sobre un fons blanc.
- 1.2. Imatge amb 2 clusters, on clarament contrasten els colors més foscos de la imatge (les verdures de color verd) amb els més clars (el fons i les verdures vermelles).
- 1.3. Imatge amb 3 clusters, on ha aparegut el to vermell del pebre i les tomàtiques.
- 2.1. Imatge amb 4 clusters, on el nou color ara es correspon a la remolatxa, i el color de fons s'ha aclarit considerablement.
- 2.2. Imatge amb 5 clusters, on ara el nou color és el to verd fosc característic dels pebres, la vora de la llimona i els detalls de les cols de Brusel·les.
- 2.3. Imatge amb 6 clusters, on apareix el color marró corresponent a les ombres de les verdures sobre el fons clar.
- 3.1. Imatge amb 7 clusters, on apareix una nova tonalitat verda en el centre de les llimones i en els detalls més clars de les cols de Brusel·les.
- 3.2. Imatge amb 8 clusters, amb una nova tonalitat verda que es correspon amb els detalls radials de la llimona, i les ombres dels surcs dels pebres.
- 3.3. Imatge amb 9 clusters, on ara la remolatxa té un nou color lila més fosc, i ens permet diferenciar els diferents solcs d'aquesta verdura.

Per tant, hem pogut observar un procès constructiu, on els colors varien una mica de tonalitat de l'un a l'altre, però conserven la forma, o en tot cas la defineixen millor encara. Si poguessim procedir indefinidament fins arribar a 255 clusters (i no tenguessim el problema d'obtenir un cluster buid), obtindríem la imatge original.

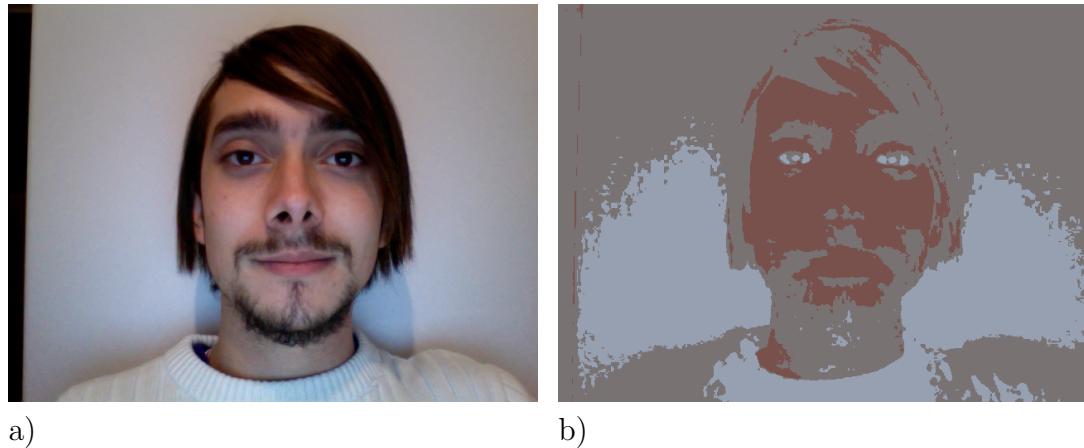


a)

b)

Figura 10: a) Fotografia d'un passeig acolorit b) Segmentació en 7 clusters.

En aquesta fotografia del passeig, observam les tonalitats grises i marrons del passeig, els edificis, i els arbres; les dues tonalitats verdes de la gespa; les dues tonalitats corresponents a l'ombra i la penombra de l'arbre en primer pla; el to vermell de la torre de l'edifici i el color blau clar del cel.



a)

b)

Figura 11: a) Fotografia meva b) Segmentació en 3 clusters.

Per acabar, a la meva fotografia hi observam 3 colors: el color de la pell, el color dels cabells (que es confon amb la part més obscura del fons) i el color més clar del fons, (que es confón amb el del meu jersey).