

Guia Pràctica 1

Curs 2024-2025 – Dept. Ciències de la Computació, UAB.

1 Context

Has rebut l'encàrrec d'imprimir en color un conjunt d'imatges que t'han enviat en un arxiu zip. Són poques imatges, així que ho hauries de resoldre en poca estona. Et descarregues l'arxiu, i quan visualitzes la primera de les imatges, el que veus per pantalla és el que mostra la Figura 1.

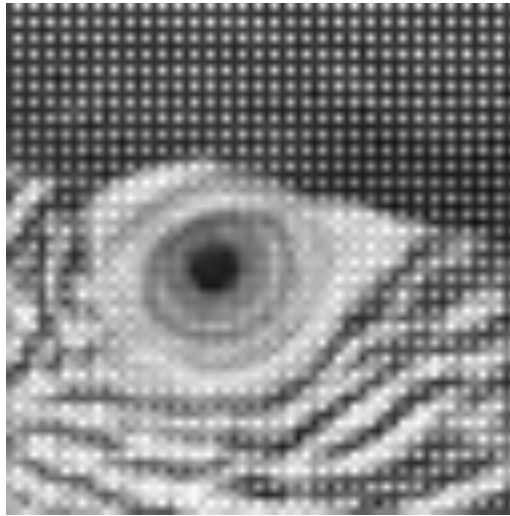


FIGURA 1 IMATGE IM00.PNG (ZOOM X4)

Sembla que la imatge és corrupta. Contactes amb qui t'ha fet l'encàrrec i li comentes que a la imatge im00.png veus el que sembla un ull, però amb un entramat estrany de nivell de grisos. Et respon que efectivament la imatge correspon a l'ull (d'un lloro, específicament), i que en aquesta part del seu cap presenta plomes vermelles i blanques. Afegeix que la imatge no és corrupta, sinó que t'ha enviat la imatge en el format que li dona la seva càmera.

Fes hipòtesis...:

- Què és el que t'ha enviat ?
- On es troba la informació del color ?
- Com està organitzada ?

Quan tinguis una resposta a totes les anteriors preguntes, segueix llegint el document.

Efectivament, els fitxers d'imatge a l'arxiu zip contenen només la informació proveïda pel sensor de la càmera, que captura el color mitjançant un filtre de Bayer. De fet, amb la informació donada prèviament i mirant la imatge a la figura 1 es pot deduir exactament el tipus de patró de Bayer emprat (si BGGR, o RGGB, o etc.).

Imprimir les fotos en color et durà doncs més feina de l'esperada. Hauràs d'aprofitar les teves competències de programació en Python i els teus coneixements de processament d'imatges per aconseguir-ho.

2 Enunciat

En aquesta pràctica has de crear un Jupyter notebook per generar imatges RGB a partir d'imatges RAW (és a dir, imatges que contenen la informació captada pel sensor, sense processar). Els algoritmes que realitzen això s'anomenen algoritmes de *Demosaicing*. Has de resoldre diferents reptes plantejats, documentant adientment cada pas. Sigues endreçat i didàctic en els textos que acompanyin el teu codi en el notebook.

Abans de posar-te a programar, llegeix tots els reptes proposats. T'ajudarà a fer un disseny del codi modular, definint funcions que reutilitzaràs en varis reptes. Codifica tu mateix les diferents funcions demanades. No empris llibreries existents dedicades a processar imatge Raw.

Les funcions que has de codificar requereixen accedir i modificar els píxels de les imatges. Pots tenir la temptació d'utilitzar bucles for per implementar aquestes funcions, però això resultaria en un codi molt ineficient! Aprofita les possibilitats de [indexing](#) i [slicing](#) dels numpy arrays.

2.1 Repte 1: Descarregar i visualitzar les imatges a processar

Descarrega i descomprimeix l'arxiu imatges.zip del campus virtual. En el directori 'Raw' hi ha les imatges amb el patró de Bayer a processar. En el directori 'Original' hi ha les imatges RGB que idealment voldríem obtenir. Les imatges im00.png-im03.png són imatges o fragment d'imatges del 'Kodak Image Suite dataset', usat sovint com a referència. La imatge im04.png s'ha capturat amb un sensor Foveon X3.

Fes un codi que mostri al Jupyter Notebook les imatges 'Raw' i 'RGB' del dataset aparellades (Figura 2).

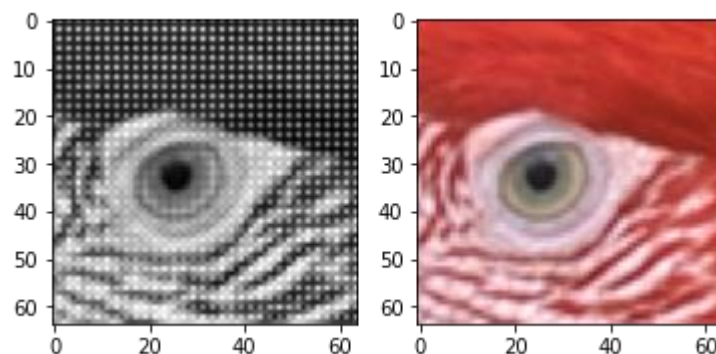


FIGURA 2 VISUALITZACIÓ DE LA IMATGE IM00 RAW I LA IMATGE RGB OBJECTIU

2.2 Repte 2: Mostra el patró de Bayer de im00.png de manera acolorida

Fes una funció que rebi una imatge raw (imatge d'un sol canal) i la reorganitzi en una imatge RGB, posant a cada canal la informació dels píxels del seu color (Figura 3).

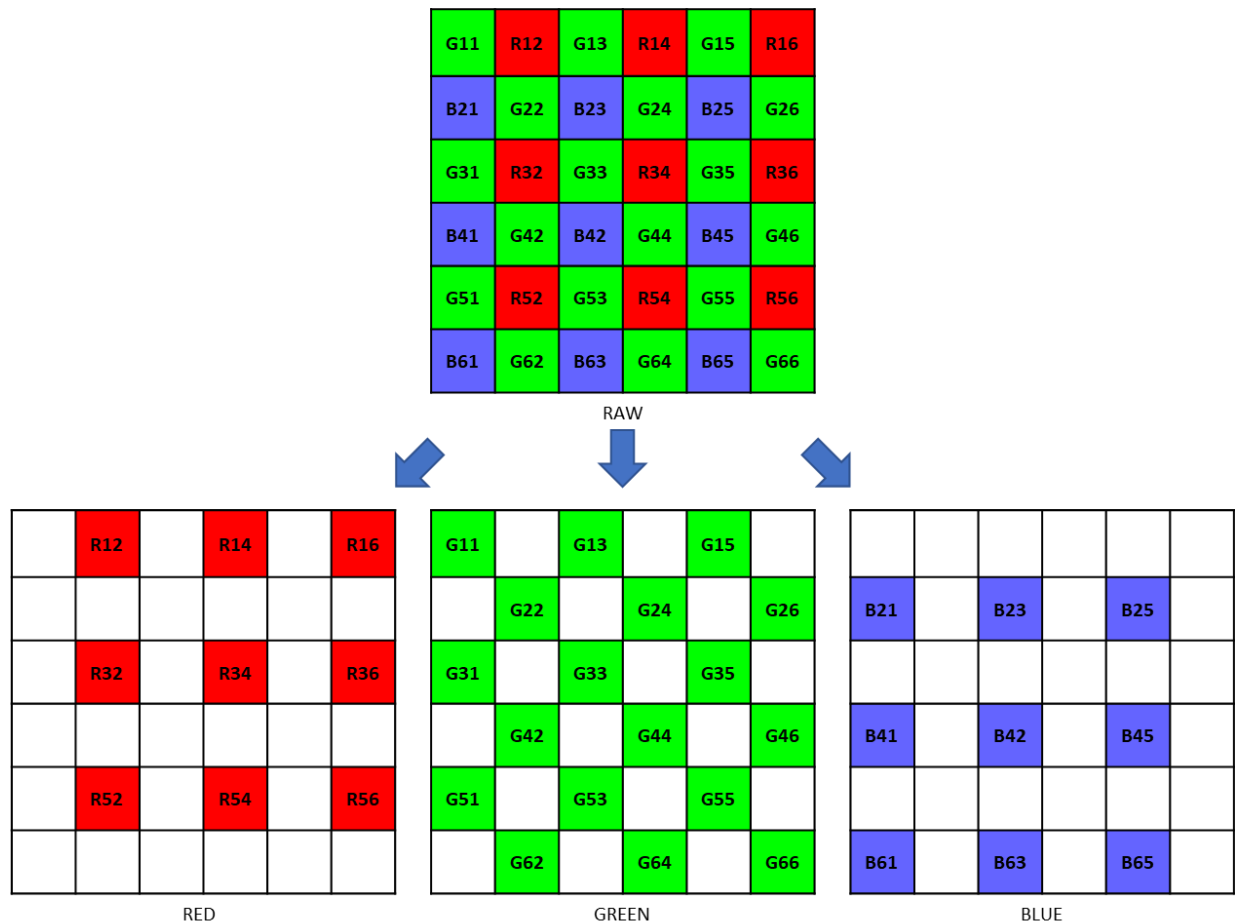


FIGURA 3 REORGANITZACIÓ DE LA INFORMACIÓ DE LA IMATGE RAW EN UNA IMATGE DE 3 CANALS

Pel cas de la imatge im00, el resultat hauria de ser el de la Figura 4.

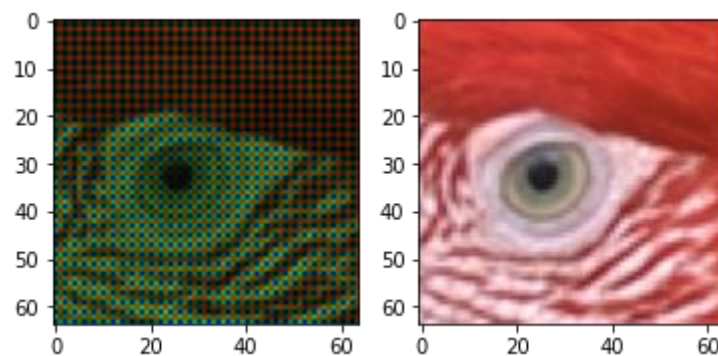


FIGURA 4 IMATGE IM00 RAW ACOLORIDA I LA IMATGE RGB OBJECTIU

2.3 Repte 3: Demosaicing basat en el veí més proper

Fes una funció que rebi una imatge raw (imatge d'un sol canal) i generi una imatge RGB, emplenant els valors que manquen a cada canal emprant el valor disponible més proper, segons mostra la Figura 5.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| R12 | R12 | R14 | R14 | R16 | R16 | G11 | G11 | G13 | G13 | G15 | G15 | B21 | B21 | B23 | B23 | B25 | B25 |
| R12 | R12 | R14 | R14 | R16 | R16 | G22 | G22 | G24 | G24 | G26 | G26 | B21 | B21 | B23 | B23 | B25 | B25 |
| R32 | R32 | R34 | R34 | R36 | R36 | G31 | G31 | G33 | G33 | G35 | G35 | B41 | B41 | B42 | B42 | B45 | B45 |
| R32 | R32 | R34 | R34 | R36 | R36 | G42 | G42 | G44 | G44 | G46 | G46 | B41 | B41 | B42 | B42 | B45 | B45 |
| R52 | R52 | R54 | R54 | R56 | R56 | G51 | G51 | G53 | G53 | G55 | G55 | B61 | B61 | B63 | B63 | B65 | B65 |
| R52 | R52 | R54 | R54 | R56 | R56 | G62 | G62 | G64 | G64 | G66 | G66 | B61 | B61 | B63 | B63 | B65 | B65 |
| RED | | | | | | GREEN | | | | | | BLUE | | | | | |

FIGURA 5 DEMOSAICING BASAT EN EL VEÍ MÉS PROPER

Pel cas de la imatge im00, el resultat hauria de ser el de la Figura 6.

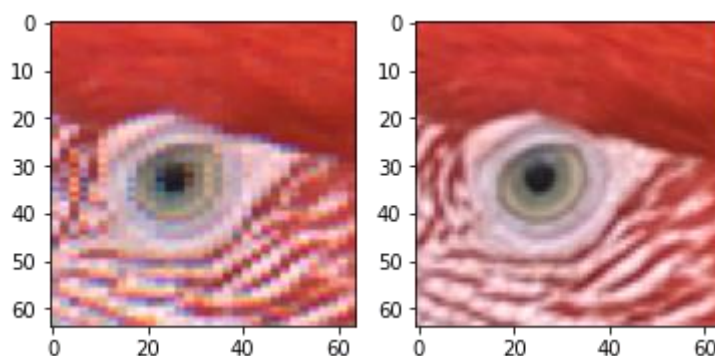


FIGURA 6 IMATGE IM00 RGB SEGONS EL MÈTODE DEL VEÍ MÉS PROPER I LA IMATGE RGB OBJECTIU

2.4 Repte 4: Demosaicing basat en la interpolació bilinear.

L'aproximació del mètode anterior deixa molt a desitjar. Constatant que a la majoria de zones de la imatge els colors mostren transicions suaus, una opció molt més sensata és interpol·lar els valors de color que falten tenint en compte els valors existents que els envolten. Això és el que proposa fer el mètode de demosaicing bilinear, exemplificat a la Figura 7.

Implementa aquest mètode de la següent manera. Parteix de la informació del patró de Bayer reorganitzada en 3 canals obtinguda en el repte1. Per emplenar la informació que manca a cada canal, només has de convolucionar cada banda amb un kernel 3x3, amb els valors adequats per obtenir els valors interpolats desitjats. És a dir, pel cas del canal vermell, el resultat de la convolució de la imatge amb el Kernel hauria de ser el que es mostra a la Figura 8.

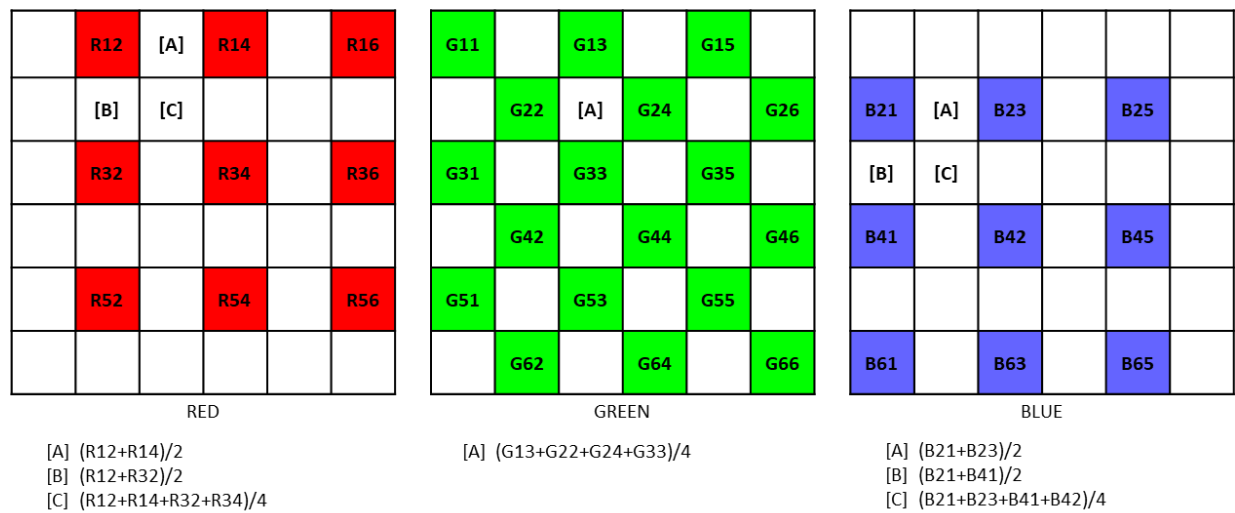


FIGURA 7 DEMOSAICING BASAT EN LA INTERPOLACIÓ BILINEAR

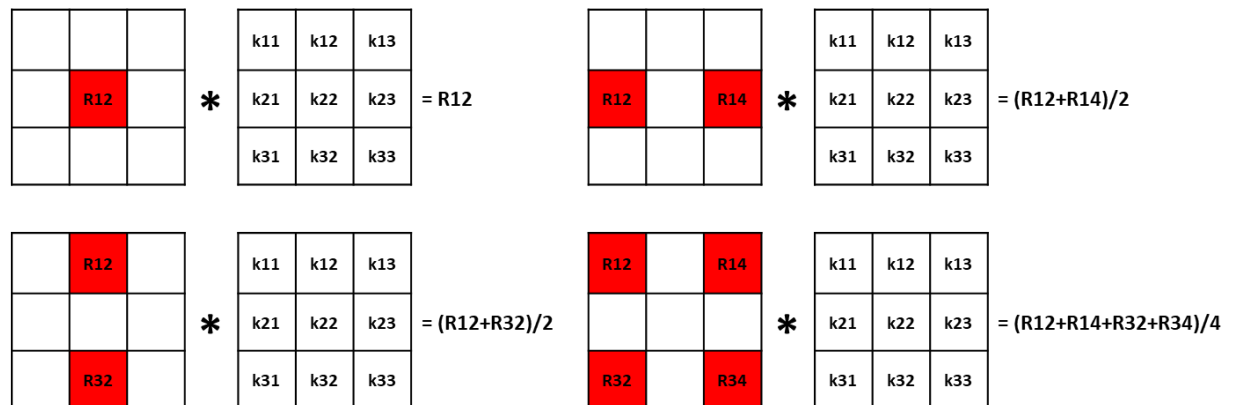


FIGURA 8 AMB UN ÚNIC KERNEL AMB ELS VALORS ADEQUATS OBTENIM LA INTERPOLACIÓ DESITJADA

Pel cas de la imatge im00, el resultat hauria de ser el de la Figura 9.

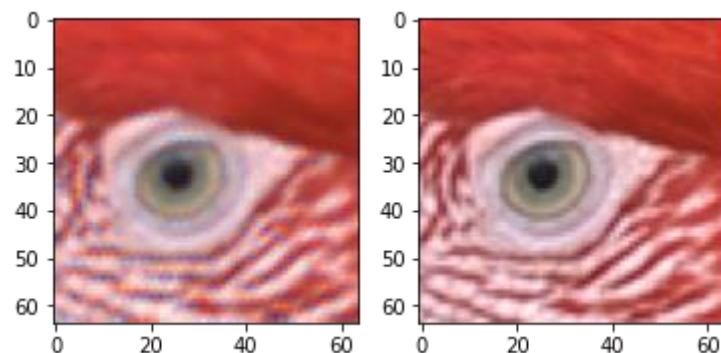


FIGURA 9 IMATGE IM00 RGB SEGONS EL MÈTODE BILINEAR I LA IMATGE RGB OBJECTIU

2.5 Repte 5: Demosaicing basat en el mètode de Malvar-He-Cutler

En aquest repte es demana implementar un dels mètodes *simples* de demosaicing que dona millor resultats. Com en l'anterior mètode, es basa en aplicar kernels de convolució, però en aquest cas sobre la imatge raw d'un sol canal proveïda pel sensor. D'aquesta manera, es té també en compte la informació dels altres canals a l'hora d'interpolar cada canal.

Trobaràs la descripció del mètode a l'article 'Malvar-He-Cutler Linear Image Demosaicing' del material de la pràctica. Per cert, la figura 3 de l'article té un error en el títol de dos dels kernels mostrats a la seva part inferior. Si entens com s'han d'interpretar els kernels, detectaràs els errors fàcilment.

Pel cas de la imatge im00, el resultat d'aplicar aquest mètode hauria de ser el de la Figura 10.

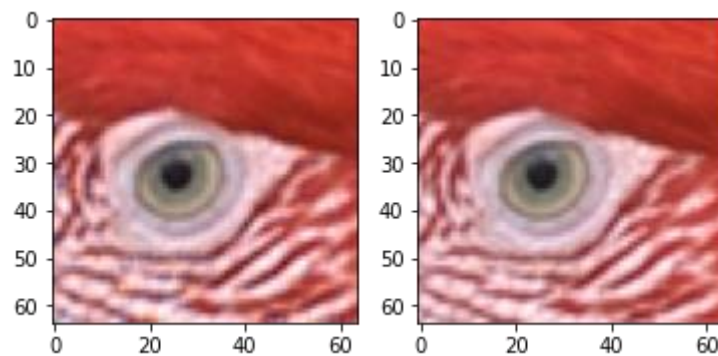


FIGURA 10 IMATGE IM00 RGB SEGONS EL MÈTODE MALVAR-HE-CUTLER I LA IMATGE RGB OBJECTIU

2.6 Repte 6: Avalua la qualitat dels diferents mètodes

Per acabar, aplica els mètodes desenvolupats a totes les imatges del dataset, i avalua la qualitat de les imatges generades. Com que es disposa de la imatge RGB ideal, podem mesurar la similitud entre aquesta imatge i la generada. Utilitza dues de les mètriques més populars per comparar imatges, que trobaràs implementades a la llibreria scikit-image.

- Peak Signal Noise Ratio (PSNR)
- Structural Similarity (SSIM)

Si organitzes bé els resultats de rendiment recollits els podràs analitzar i visualitzar gràficament de manera fàcil utilitzant la llibreria de manipulació de dades Pandas (Figura 11)

| | Image | Method | psnr | ssim |
|----|----------|----------------------|-----------|----------|
| 0 | im00.png | nearest_demosaicing | 21.665902 | 0.796736 |
| 1 | im00.png | bilinear_demosaicing | 25.501571 | 0.894481 |
| 2 | im00.png | malvar_demosaicing | 32.052363 | 0.979188 |
| 3 | im01.png | nearest_demosaicing | 28.271473 | 0.861030 |
| 4 | im01.png | bilinear_demosaicing | 33.120582 | 0.932886 |
| 5 | im01.png | malvar_demosaicing | 38.884980 | 0.977779 |
| 6 | im02.png | nearest_demosaicing | 29.551752 | 0.906077 |
| 7 | im02.png | bilinear_demosaicing | 33.455770 | 0.956307 |
| 8 | im02.png | malvar_demosaicing | 37.832743 | 0.981332 |
| 9 | im03.png | nearest_demosaicing | 24.552329 | 0.787437 |
| 10 | im03.png | bilinear_demosaicing | 28.006620 | 0.869456 |
| 11 | im03.png | malvar_demosaicing | 33.738631 | 0.965596 |
| 12 | im04.png | nearest_demosaicing | 21.423858 | 0.770518 |
| 13 | im04.png | bilinear_demosaicing | 25.180102 | 0.878052 |
| 14 | im04.png | malvar_demosaicing | 29.891804 | 0.961303 |

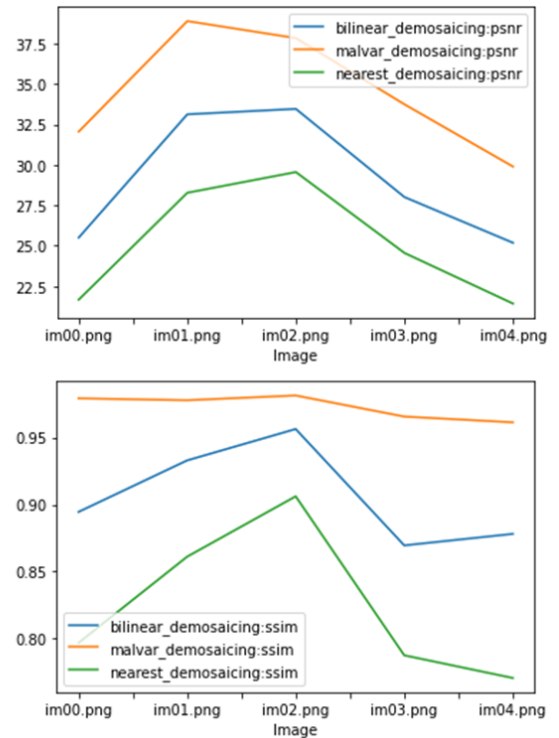


FIGURA 11 POSSIBLE ANÀLISI DEL RENDIMENT DELS DIFERENTS MÈTODES EMPRANT PANDAS

Per pensar-hi:

- Algunes de les imatges que has processat provenen del 'Kodak Image Suite dataset'. Aquestes imatges es van adquirir analògicament, emprant majoritàriament pel·lícules fotogràfiques KODACOLOR Gold 100 (35 mm) i KODAK EKTAR 25 (35mm), les quals es van revelar químicament. Com se'n va generar la versió digital ?
- La mesura de qualitat d'imatge PSNR es calcula a partir de l'error quadràtic mitjà (MSE) obtingut de la diferència entre les imatges comparades. Quina avantatge té la mesura PSNR respecte la MSE ?
- Què pretén aportar la mesura SSIM a l'hora de comparar imatges ?