

BLOQUE IV. CLASIFICACIÓN

CAPÍTULO 11

Clasificación de mínima distancia.

IV. 11.1 Pasos para realizar la clasificación.

Es necesario comentar que se trata de una clasificación muy básica, que, en este caso, se basa exclusivamente en una característica, el color. Vamos a explicar los pasos seguidos para realizar esta clasificación y luego veremos los resultados en dos variantes distintas.

1. Se parte de una base de datos de recortes de quemaduras correctamente clasificadas y que se utilizaron en [2]. Estos recortes tienen un tamaño de 49 x 49 píxeles. A continuación, se muestran algunos ejemplos de estos recortes:



Figura 34. Recortes de quemaduras utilizados en clasificación de mínima distancia

En total se utilizaron 187 recortes, pertenecientes a los grados siguientes:

Número de recortes de la base de datos	
Grado	Número
2º grado superficial	50
2º grado profundo	50
3 ^{er} grado negro	36
3 ^{er} grado blanco	51

Tabla 9. Número de recortes según grados.

- Con estos recortes se crean unos centroides de color en el espacio (L, u^*, v^*) , donde $L \in [0, 100]$, $u^* \in [-134, 220]$ y $v^* \in [-140, 122]$. Es lógico pensar que si creamos cuatro centroides, muchos píxeles quedarán en zonas más o menos indeterminadas y, por tanto, se producirán muchos errores, que, se pueden solucionar fácilmente si hacemos un estudio un poco más exhaustivo y seleccionamos más centroides por grado. Así conseguimos que cada región esté mejor caracterizada en cuanto a color se refiere.

En los resultados podremos ver las dos situaciones y se podrá comprobar cómo la segunda opción es más eficaz.

2. Una vez que tenemos calculados los centroides cada fotografía se convierte a (L, u^*, v^*) y los píxeles se asocian al centroide más cercano. Así, incrementando un contador se obtiene el número de píxeles que pertenecen a cada centroide.

Vamos a mostrar a continuación algunas características de las fotografías, previas a la clasificación.

Características de las fotografías usadas en el test		
Fotografía	Tamaño (ancho x alto) píxeles	Número de píxeles
Número 1	505 * 418	211090
Número 2	833 * 390	693889
Número 3	366 * 252	92232
Número 4	419 * 295	123605
Número 5	461 * 233	107413
Número 6	548 * 344	188512
Número 7	441 * 435	191835
Número 8	470 * 301	141470
Número 9	830 * 536	444880
Número 10	335 * 301	100835
Número 11	519 * 192	99648
Número 12	361 * 298	107578
Número 13	537 * 174	93438
Número 14	505 * 420	212100
Número 15	625 * 635	396875
Número 16	736 * 439	323104
Número 17	487 * 292	142204
Número 18	575 * 429	246675
Número 19	140 * 154	21560
Número 20	203 * 129	26187

Tabla 10. Tamaño de las fotografías y número de píxeles totales.

En la tabla anterior se muestran los tamaños de las 20 fotografías utilizadas, sin embargo, no todos los píxeles son importantes, ya que en su gran mayoría tienen un color de fondo, en este caso blanco. Estos píxeles no deben ser considerados a la hora de los cálculos, por tanto serán eliminados previamente. En la tabla siguiente se muestra lo que acabamos de comentar, se separan los píxeles del fondo de los realmente importantes y que serán los que se utilicen exclusivamente en la clasificación posterior.

Píxeles de fondo frente a píxeles reales		
Fotografía	Píxeles totales	Píxeles de fondo
Número 1	211090	119985
Número 2	693889	129358
Número 3	92232	29949
Número 4	123605	31622
Número 5	107413	33422
Número 6	188512	75460
Número 7	191835	84134
Número 8	141470	42395
Número 9	444880	162823
Número 10	100835	28505
Número 11	99648	50008
Número 12	107578	30993
Número 13	93438	28278
Número 14	212100	90787
Número 15	396875	128227
Número 16	323104	47540
Número 17	142204	38092
Número 18	246675	139442
Número 19	21560	6784
Número 20	26187	7440

Tabla 11. Píxeles de fondo que no serán utilizados en la clasificación.

IV. 11.2 Clasificación de mínima distancia (1)

En esta clasificación utilizaremos sólo cuatro centroides para caracterizar las regiones posibles. A cada centroide se asociará una región determinada que se corresponde con un grado de profundidad.

Para realizar este procedimiento se utiliza la función "centroides.m" en Matlab, pasándole como parámetro la matriz que contiene las medias (L, u^*, v^*) de todos los recortes.

Los cuatro centroides resultantes fueron los siguientes:

	Coordenadas L,u,v de los centroides		
	L	u	v
2º Sup	57.0717	91.4503	29.2086
2º Prof	73.2183	21.9440	6.6527
3º Blanco	58.9023	28.8147	26.9694
3º Negro	30.2429	14.0748	14.1846

Tabla 12. Coordenadas de los centroides de color.

Una vez obtenidos los centroides se procede a la clasificación de las quemaduras, para ello utilizamos la función "clasificab.m". A esta función se le pasa como parámetro exclusivamente el nombre de la fotografía, como por ejemplo "clasificab('1.bmp')". Sin embargo, previamente a este paso hay que realizar la selección de los centroides que se van a utilizar.

Para la selección de los centroides hay que modificar la función "carga.m". En esta función se encuentran los centroides de color utilizados en las dos versiones de la clasificación de mínima distancia. Simplemente debemos mantener activos, no comentados (%), aquellos centroides que queramos utilizar.

La clasificación que se obtiene en este caso es la siguiente, se muestra tanto en número de píxeles como en porcentajes.

Clasificación de las quemaduras mediante centroides						
Fotografía	Número de píxeles					
	Totales	2º grado Superficial	2º grado Profundo	3º grado Negro	3º grado Blanco	Fondo
Número 1	211090	78754	256	4486	7609	119985
Número 2	693889	166232	338	10884	18058	129358
Número 3	92232	55632	96	1705	4850	29949
Número 4	123605	90402	231	0	1350	31622
Número 5	107413	20183	2897	7815	43096	33422
Número 6	188512	0	5516	16203	84453	75460
Número 7	191835	5221	896	2317	99267	84134
Número 8	141470	0	1748	42065	55262	42395
Número 9	444880	38267	1995	1509	240286	162823
Número 10	100835	1	34552	5968	31809	28505
Número 11	99648	0	20267	1206	28167	50008
Número 12	107578	0	13609	11856	51120	30993
Número 13	93438	0	29937	2930	32293	28278
Número 14	212100	0	58244	16889	46180	90787
Número 15	396875	37956	104492	698	125502	128227
Número 16	323104	2	147603	75709	52880	47540
Número 17	142204	0	58261	19879	25973	38092

Número 18	246675	579	20862	29893	55899	139442
Número 19	21560	15	6989	1680	6092	6784
Número 20	26187	0	2730	5594	10423	7440

Tabla 13. Clasificación según el número píxeles que corresponden a cada centroide.

En porcentaje (%) los resultados son los siguientes:

Porcentaje de grado de quemadura				
Fotografía	2º grado Superficial	2º grado Profundo	3º grado Negro	3º grado Blanco
Número 1	86.4431	0.2810	4.9240	8.3519
Número 2	85.0239	0.1729	5.5669	9.2363
Número 3	89.3213	0.1541	2.7375	7.7870
Número 4	98.2812	0.2511	0	1.4677
Número 5	27.2776	3.9153	10.5621	58.2449
Número 6	0	5.1953	15.2611	79.5436
Número 7	4.8477	0.8319	2.1513	92.1691
Número 8	0	1.7643	42.4577	55.7779
Número 9	13.5671	0.7073	0.5350	85.1906
Número 10	0.0014	47.7699	8.2511	43.9776
Número 11	0	40.8280	2.4295	56.742
Número 12	0	17.7698	15.4808	66.7494
Número 13	0	45.9438	4.4966	49.5595
Número 14	0	48.0113	13.9218	38.0668
Número 15	14.1285	38.8955	0.2598	46.7161
Número 16	0.0007	53.5640	27.2456	19.1897
Número 17	0	55.9599	19.0929	24.9472
Número 18	0.5399	19.4548	27.8767	52.1285
Número 19	0.1015	47.2997	11.3698	41.2290
Número 20	0	14.5623	29.8394	55.5982

Tabla 14. Porcentaje de clasificación con cuatro grados.

Para comparar estos resultados con los ofrecidos por los médicos, convertiremos esta tabla a un formato adecuado, considerando exclusivamente tres grados, fusionando los dos tipos de 3º grado. La tabla quedaría como sigue:

Porcentaje de grado de quemadura			
Fotografía	2º grado Superficial	2º grado Profundo	3º grado
Número 1	86.4431	0.2810	13.2759
Número 2	85.0239	0.1729	14.8032
Número 3	89.3213	0.1541	10.5245
Número 4	98.2812	0.2511	1.4677
Número 5	27.2776	3.9153	68.807

Número 6	0	5.1953	94.8047
Número 7	4.8477	0.8319	94.3204
Número 8	0	1.7643	98.2356
Número 9	13.5671	0.7073	85.7256
Número 10	0.0014	47.7699	52.2287
Número 11	0	40.8280	59.1715
Número 12	0	17.7698	82.2302
Número 13	0	45.9438	54.0561
Número 14	0	48.0113	51.9886
Número 15	14.1285	38.8955	46.9759
Número 16	0.0007	53.5640	46.4353
Número 17	0	55.9599	44.0401
Número 18	0.5399	19.4548	80.0052
Número 19	0.1015	47.2997	52.5988
Número 20	0	14.5623	85.4376

Tabla 15. Clasificación de mínima distancia en porcentaje.

Colocamos de nuevo, por comodidad, la clasificación que realizaron los médicos, así podremos comparar de formas más sencilla.

Diagnóstico realizado por los médicos		
Fotografía	Grados	Probabilidad
Número 1	2º grado superficial	80 %
Número 2	2º grado superficial	84.1 %
Número 3	2º grado superficial	81.4 %
Número 4	2º grado superficial	78 %
Número 5	2º grado superficial	68 %
Número 6	2º grado superficial	90 %
Número 7	2º grado superficial	78.3 %
Número 8	2º grado superficial	82.5 %
Número 9	2º grado superficial	70 %
Número 10	2º grado profundo	72.85 %
Número 11	3º grado	63.6 %
Número 12	2º grado profundo	62.3 %
Número 13	2º grado profundo	65 %
Número 14	2º grado profundo	73.3 %
Número 15	3º grado	81.3 %
Número 16	3º grado	78 %
Número 17	3º grado	91.6 %
Número 18	3º grado	80 %
Número 19	3º grado	98.5 %
Número 20	3º grado	95.7 %

Tabla 16. Clasificación de las quemaduras resultante de la realización del test.

Vamos a comentar los resultados obtenidos por esta clasificación:

- Las fotografías 1, 2, 3 y 4 están clasificadas correctamente, lo que demuestra que el clasificador funciona muy bien con fotografías con colores rojos intensos.
- Las fotografías 5, 6, 7, 8 y 9 también pertenecen a 2º grado superficial, pero en este caso, el clasificador las considera de 3º grado, por tanto son resultados erróneos. La explicación a estos resultados hay que verla en las coordenadas de los centroides implicados, puesto que tienen una L muy similar entre 2º grado superficial y 3º grado blanco que origina que los píxeles que no están claramente decantados puedan clasificarse de forma incorrecta.
- A la fotografía número 10 le ocurre más o menos lo mismo que al caso anterior. Esta fotografía presenta una parte claramente como 2º grado profundo y así se muestra en los resultados, pero también tiene una parte de 2º grado superficial que, en la clasificación, es considerada nuevamente como 3º grado.
- La fotografía número 11 estaba considerada en un principio como 2º grado profundo. Sin embargo, una vez realizado el test a los profesionales, se vio que la mayoría de los diagnósticos realizados la situaban en un 3º grado. Los resultados de la clasificación así lo demuestran, siendo más alto el porcentaje de 3º. Aunque para nosotros debería ser 2º grado profundo.
- Las fotografías 12, 13, 14, consideradas por los médicos como 2º grados profundos tienen como resultado de clasificación que 12 es más 3º grado que 2º, lo que viene motivado igualmente por el 3º grado blanco. Las fotografías 13 y 14 tienen valores más o menos parecidos entre 2º grado profundo y 3º, pero todavía es muy elevado éste último y no se puede considerar como aceptable dicho resultado.
- La fotografía 15 tiene un alto porcentaje en clasificación de 2º superficial, pero éste resulta erróneo debido a que no se trata de este tipo de quemadura sino de una zona ensangrentada.
- Las fotografías 16 y 17 ya no presentan píxeles significativos de 2º superficial, si bien el resultado no es todo lo satisfactorio que se esperaba, teniendo en cuenta que son fotografías clasificadas como de 3º grado y la clasificación arroja un resultado mayor de 2º grado profundo.
- La fotografía 18 tiene un resultado correcto y coherente.
- La fotografía número 19 fue clasificada por los médicos como un 3º grado con bastante probabilidad, sin embargo la clasificación

realizada no proporciona este resultado con tanta claridad, sino que está dividida aproximadamente al 50% entre 2º profundo y 3º.

- La fotografía número 20 está clasificada de forma correcta, si bien el porcentaje de seguridad proporcionado por los médicos es ligeramente superior al obtenido tras la clasificación.

Los errores más importantes que comete esta clasificación son los concernientes a las fotografías 5, 6, 7, 8 y 9 en primera instancia y luego en menor medida los referentes a las fotografías 16, 17 y 19.

IV. 11.3 Clasificación de mínima distancia (2)

En esta segunda clasificación abordaremos el mismo problema pero para ello utilizaremos un número mayor de centroides por grado. Esto proporcionará una mejor caracterización de cada región y evitará los trasvases erróneos de píxeles entre un grado y otro.

Al igual que hicimos en el caso anterior, los centroides resultantes fueron:

	Coordenadas L, u^*, v^* de los centroides		
	L	u^*	v^*
2º Sup	58.0272	95.3110	31.9500
	55.5143	67.9482	22.2981
	53.6947	48.1338	15.3089
2º Prof	72.6782	24.0391	2.0131
	61.1139	19.0325	0.3482
	67.2172	22.6281	5.4296
	55.1881	22.1729	6.2569
	72.9920	23.4195	3.7614
3º Blanco	81.7158	8.9633	31.9396
	68.8220	19.1330	34.5283
	69.7881	18.4004	32.0845
	81.1835	18.2948	16.2631
	68.1626	4.4340	36.9779
3º Negro	28.6788	14.0979	14.6416
	33.1864	18.8846	19.1734

Tabla 17. Coordenadas de los centroides de color.

El siguiente paso es clasificar las quemaduras según el número píxeles que se aproximen más a cada centroide.

Clasificación de las quemaduras mediante centroides						
Fotografía	Número de píxeles					
	Totales	2º grado Superficial	2º grado Profundo	3º grado Negro	3º grado Blanco	Fondo
Número 1	211090	87248	202	3614	78	119985
Número 2	693889	184825	281	10339	125	129358
Número 3	92232	60383	135	1747	21	29949
Número 4	123605	91848	132	0	31	31622
Número 5	107413	60159	3908	8950	1571	33422
Número 6	188512	1774	82084	21000	1544	75460
Número 7	191835	102091	2458	2632	799	84134
Número 8	141470	0	57911	39518	1685	42395
Número 9	444880	270800	7936	2601	1086	162823
Número 10	100835	5129	45638	4774	17308	28505
Número 11	99648	371	38385	834	10053	50008
Número 12	107578	73	58677	10500	7339	30993
Número 13	93438	14	46898	2638	15610	28278
Número 14	212100	939	90251	14388	16114	90787
Número 15	396875	129365	111779	428	30631	128227
Número 16	323104	1480	51992	43517	185875	47540
Número 17	142204	0	33114	17268	58342	38092
Número 18	246675	3545	62377	26052	15550	139442
Número 19	21560	139	7031	1526	6084	6784
Número 20	26187	266	11419	5282	1793	7440

Tabla 18. Porcentaje de clasificación con cuatro grados.

Porcentaje de grado de quemadura				
Fotografía	2º grado Superficial	2º grado Profundo	3º grado Negro	3º grado Blanco
Número 1	95.7275	0.2216	3.9652	0.0856
Número 2	94.5058	0.1437	5.2866	0.0639
Número 3	96.9447	0.2167	2.8048	0.0337
Número 4	99.8228	0.1435	0	0.0337
Número 5	80.6551	5.2394	11.9992	2.1062
Número 6	1.6673	77.1452	19.7365	1.4511
Número 7	94.5462	2.2763	2.4375	0.7400
Número 8	0	58.4287	39.8713	1.7001
Número 9	95.8845	2.8100	0.9210	0.3845
Número 10	7.0406	62.6474	6.5533	23.7587
Número 11	0.7473	77.3221	1.6800	20.2506
Número 12	0.0953	76.6128	13.7095	9.5823
Número 13	0.0215	71.9736	4.0485	23.9564
Número 14	0.7716	74.1635	11.8233	13.2416
Número 15	47.5252	41.0646	0.1572	11.2530
Número 16	0.5232	18.3806	15.3844	65.7118
Número 17	0	30.4569	15.8824	53.6606
Número 18	3.2969	58.0122	24.2290	14.4619

Número 19	0.9405	47.5710	10.3248	41.1637
Número 20	1.4179	60.8689	28.1557	9.5576

Tabla 19. Porcentaje de clasificación con cuatro grados.

Los porcentajes de quemaduras ya en los tres grupos que nos interesan son:

Porcentaje de grado de quemadura			
Fotografía	2º grado Superficial	2º grado Profundo	3º grado
Número 1	95.7275	0.2216	4.0508
Número 2	94.5058	0.1437	5.3505
Número 3	96.9447	0.2167	2.8385
Número 4	99.8228	0.1435	0.0337
Número 5	80.6551	5.2394	14.1060
Número 6	1.6673	77.1452	21.1876
Número 7	94.5462	2.2763	3.1775
Número 8	0	58.4287	41.5714
Número 9	95.8845	2.8100	1.3055
Número 10	7.0406	62.6474	30.3120
Número 11	0.7473	77.3221	21.9306
Número 12	0.0953	76.6128	23.2918
Número 13	0.0215	71.9736	28.0049
Número 14	0.7716	74.1635	25.0649
Número 15	47.5252	41.0646	11.4102
Número 16	0.5232	18.3806	81.0962
Número 17	0	30.4569	69.5430
Número 18	3.2969	58.0122	38.6909
Número 19	0.9405	47.5710	51.4885
Número 20	1.4179	60.8689	37.7133

Tabla 20. Clasificación de mínima distancia en porcentaje.

Al igual que hicimos en la clasificación anterior, vamos a comentar los resultados obtenidos:

- Las fotografías 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 9 están clasificadas correctamente en esta ocasión, puesto que se caracteriza de forma más exhaustiva la región de colores rojos claros.
- Las fotografías 6 y 8 siguen presentando problemas en la clasificación. En el caso anterior eran consideradas de forma totalmente equivocada como de tercer grado. En este caso son consideradas como de segundo grado profundo. Es debido a la oscuridad que presentan ambas fotos que las aleja de la región característica de 2º grado superficial a la que pertenecen.

- La fotografía número 10 tenía como clasificación un 47.7% de 2º grado profundo y un 52% de 3º lo que provocaba un error en clasificación. En este caso presenta un 62% de 2º grado profundo y un 30% de 3º. El porcentaje de 2º grado superficial ahora es del 7%, pero no es suficiente para dar por satisfecha la clasificación puesto que el porcentaje de 3º grado es todavía muy elevado.
- Las fotografías número 11, 12, 13 y 14 se clasifican de forma correcta con este método puesto que el porcentaje de 2º grado profundo está en torno al 70%, que es aproximadamente el resultado ofrecido por los médicos.
- Las fotografías 12, 13, 14, consideradas por los médicos como 2º grados profundos tienen como resultado de clasificación que 12 es más 3º grado que 2º, lo que viene motivado igualmente por el 3º grado blanco. Las fotografías 13 y 14 tienen valores más o menos parecidos entre 2º grado profundo y 3º, pero todavía es muy elevado éste último y no se puede considerar como aceptable dicho resultado.
- La fotografía 15 vuelve a tener un alto porcentaje en clasificación de 2º superficial, puesto que posee gran cantidad de píxeles de color rojizo que provocan estos resultados erróneos. Si se realiza la clasificación segmentando y seleccionando la parte que no posee dichos píxeles, la clasificación es correcta, lo que demuestra la importancia de segmentar la fotografía antes de la clasificación.
- Las fotografías 16 y 17 están clasificadas correctamente con este método.
- La fotografía 18 si bien no está mal clasificada, no posee un resultado tan claro como en el caso anterior puesto que parte de los píxeles que estaban clasificados como de 3º grado, ahora son considerados como de 2º grado profundo.
- La fotografía número 19 se clasifica con este método igual que con el método anterior. El porcentaje de 3º grado es ligeramente mayor al de 2º grado profundo pero no lo suficiente como para decir con rotundidad que el resultado es correcto. Esto ocurre lógicamente porque la zona de 3º grado profundo más blanquecina es considerada como de 2º grado profundo.
- La fotografía número 20, sin embargo, sufre un retroceso en cuanto a la clasificación, puesto que en el caso anterior era clasificada de forma correcta y en este caso hay un trasvase de píxeles de 3º grado a 2º grado profundo. En cualquier caso sigue siendo considerada como una quemadura profunda que es lo interesante.

Para concluir comentar que este método consigue reducir los errores con respecto al método anterior, aunque es incapaz igualmente de clasificar

correctamente las fotografías 6 y 8. Para estas fotografías no son buenos los descriptores de color exclusivamente puesto que por ellos tienen características de otros grados.