



Facultat de Ciències.
Departament d'Informàtica

ESTUDI DEL COMPORTAMENT DE COMPONENTS
CROMÀTICS. APORTACIÓ A LA CORRECCIÓ DELS ERRORS
PROVOCATS PER LA SATURACIÓ DELS CCDs

Memòria presentada per Jordi Regincós i Isern
a la Universitat Autònoma de Barcelona amb la
finalitat d'obtenir el grau de **doctor en Ciències**
(Informàtica)

Director: Joan Batlle i Grabulosa

Bellaterra, novembre de 1996.

6.2.4 Conjunt d'imatges d'uns cotxes

Les imatges adquirides corresponen a tres cotxes. Els cotxes són reproduccions a escala per ser utilitzades en decorats de maquetes de tren i són metàl·lics. Presenten, per tant, reflexió especular. Hi ha un cotxe de color lila, un de color vermell i un de color cian.

Les dotze imatges adquirides, juntament amb la seva correcció a partir de les rectes mostrades a l'equació 6.9, es mostren a la figura 6.9.

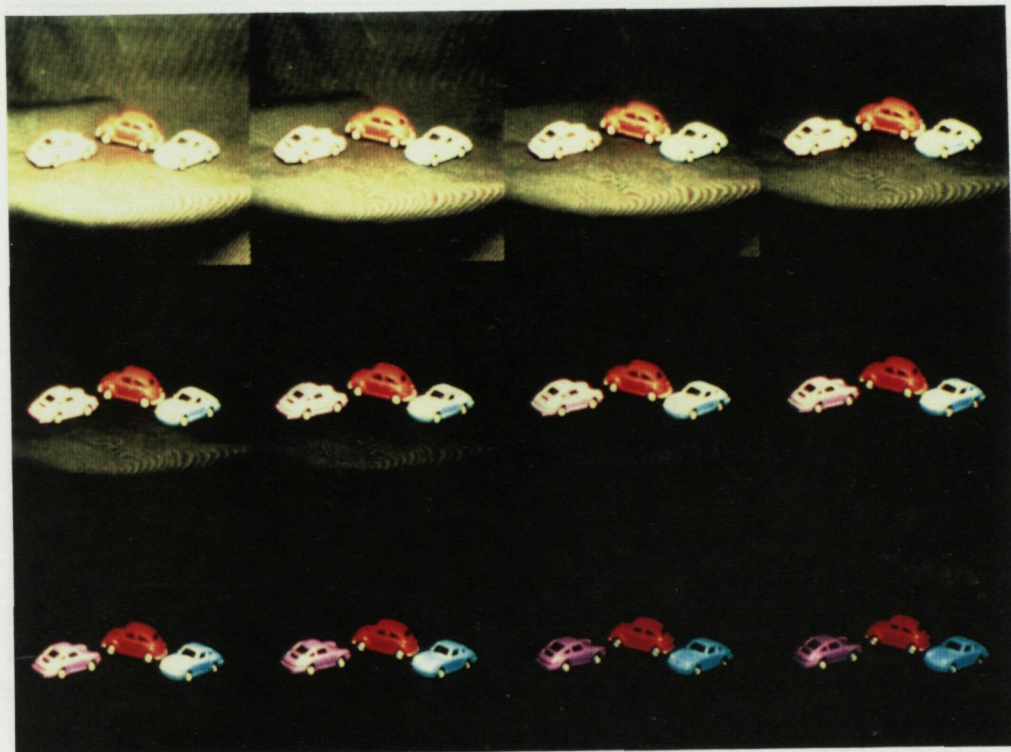
Les rectes estimades són:

$$\begin{array}{lll}
 \text{Cotxe lila} & \text{Cotxe Vermell} & \text{Cotxe cian} \\
 R = 0.91t + 0.03 & R = 2.44t - 0.24 & R = 0.35t + 0.13 \\
 G = 0.60t + 0.05 & G = 0.33t + 0.16 & G = 1.26t + 0.02 \\
 B = 1.50t - 0.05 & B = 0.23t + 0.18 & B = 1.39t - 0.15
 \end{array} \tag{6.9}$$

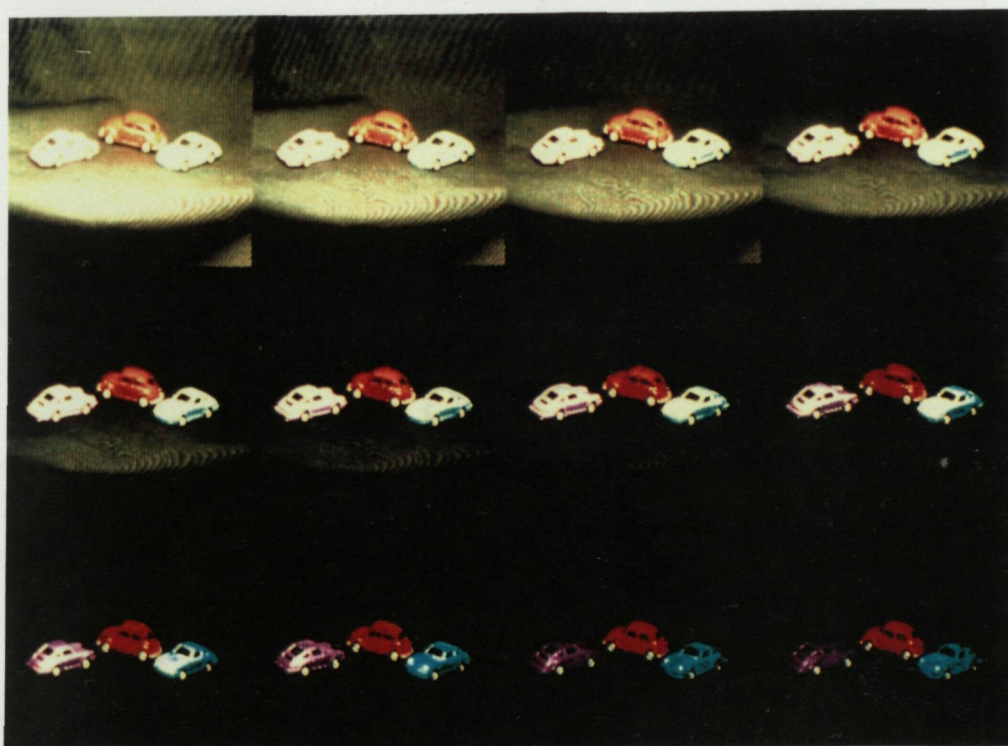
Per la segmentació d'aquests cotxes s'han utilitzat els següents intervals de to: [170, 190] pel lila, [250, 15] pel vermell i [125, 150] pel cian (obtinguts a partir de la imatge *k*).

Imatge	% Segmen.		% Sat. 1		% Sat. 2		% Sat. 3		% Total Sat.	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
a	0.0	0.0	0.2	0.4	1.6	1.2	97.5	97.5	99.3	99.1
b	0.0	0.2	0.5	0.6	2.5	1.6	95.7	95.7	98.6	97.9
c	0.0	0.4	0.7	0.8	4.4	3.0	92.7	92.7	97.8	96.4
d	0.2	1.7	1.1	1.6	9.4	6.6	85.2	85.2	95.7	93.4
e	0.5	8.6	2.0	2.8	17.6	10.4	71.8	71.8	91.4	85.1
f	1.4	15.0	2.6	3.7	22.3	12.8	61.3	61.3	86.2	77.8
g	2.5	21.9	4.3	5.1	24.9	11.8	52.0	52.0	81.2	68.9
h	8.9	32.2	5.8	4.7	34.2	21.6	26.1	26.1	66.0	52.4
i	14.1	45.8	7.7	6.5	34.1	17.2	13.4	13.4	55.2	37.0
j	23.6	58.1	8.4	5.0	20.1	7.8	5.1	5.1	33.5	17.8
k	55.0	78.5	7.0	1.5	3.5	1.0	0.1	0.1	10.7	2.6
l	64.4	82.0	5.4	0.9	1.5	0.3	0.0	0.0	6.9	1.1

Taula 6.13: Mesures sobre el resultat de la segmentació del cotxe lila a les imatges de la seqüència *cotxes*, abans (A) i després (D) de la correcció. Les columnes Sat. 1, 2 i 3 indiquen el percentatge de píxels amb 1, 2 o 3 components saturats i la columna *Total Sat.* indica el percentatge total de píxels amb algun canal saturat.

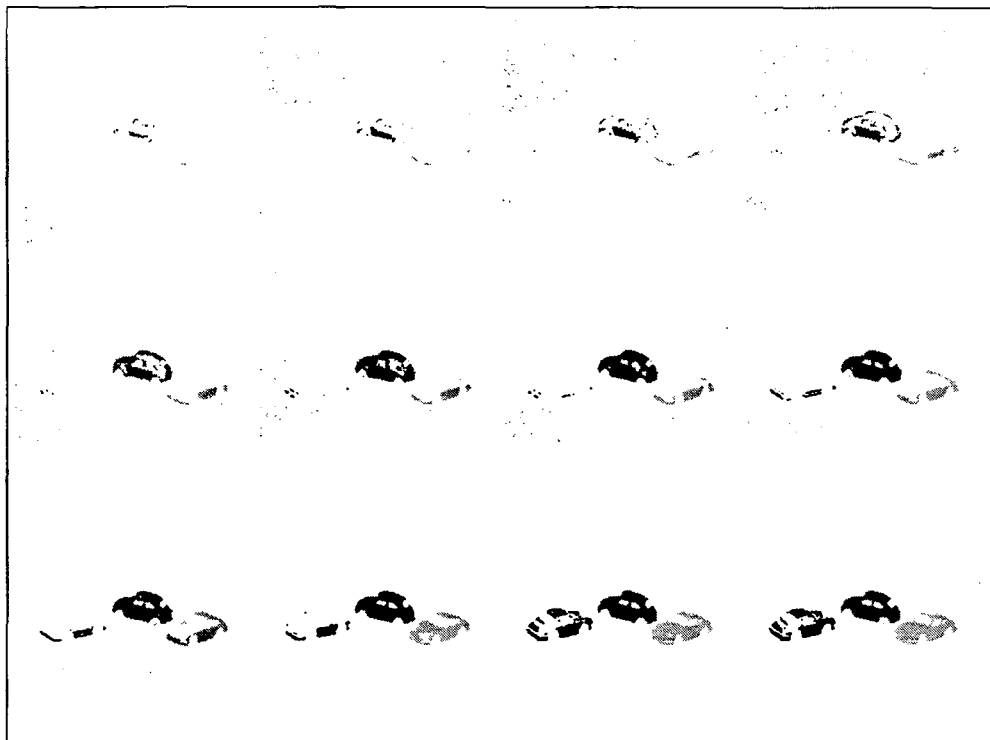


Original

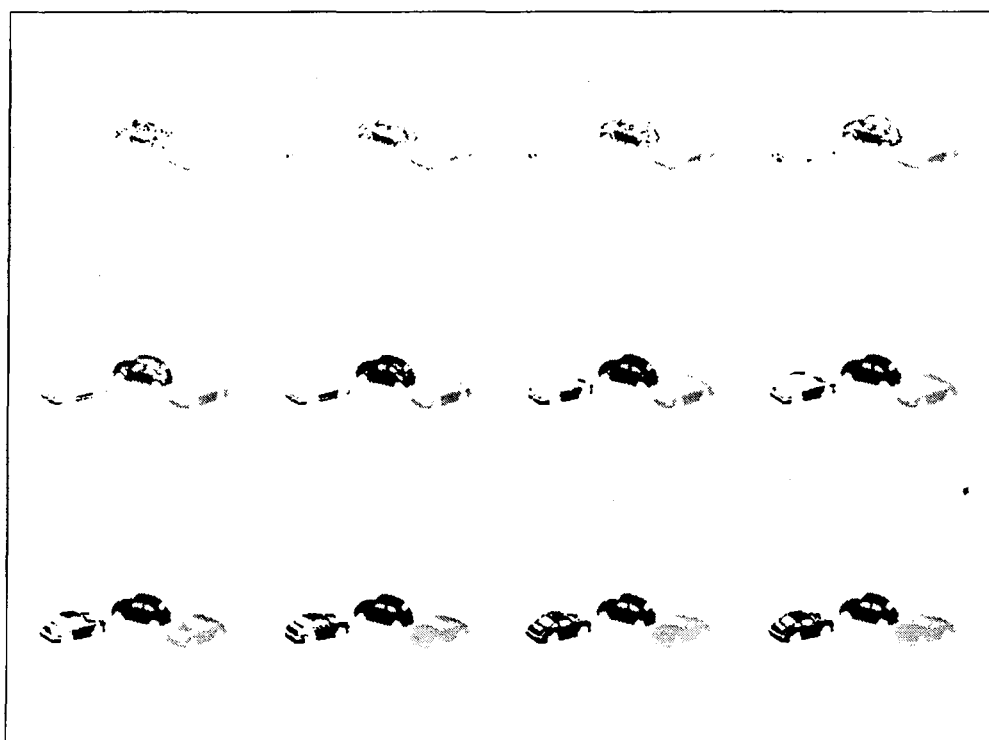


Corregida

Figura 6.23: Imatges originals (dalt) i corregides (baix) corresponents a la sèrie *cotxes*.



Abans de corregir



Després de corregir

Figura 6.24: Segmentació corresponent a les imatges originals (dalt) i a les corregides (baix) corresponents a la sèrie *cotxes*.

Imatge	% Segmen.		% Sat. 1		% Sat. 2		% Sat. 3		% Total Sat.	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
a	4.8	12.4	10.4	12.5	44.0	26.1	9.9	9.9	64.3	48.5
b	14.7	22.6	14.5	14.6	27.7	12.9	6.3	6.3	48.5	33.9
c	21.7	28.5	17.2	13.5	12.6	5.7	4.1	4.1	33.8	23.3
d	37.4	45.4	21.2	14.5	3.4	1.4	2.5	2.5	27.1	18.3
e	66.1	71.8	22.2	12.1	1.4	1.0	1.2	1.2	24.8	14.2
f	87.6	94.8	23.4	10.4	0.8	0.4	0.8	0.8	25.0	11.6
g	95.8	98.9	24.6	10.4	0.3	0.2	0.6	0.6	25.6	11.2
h	98.8	99.3	22.7	10.1	0.2	0.2	0.3	0.3	23.2	10.5
i	99.1	99.3	20.7	9.0	0.1	0.1	0.2	0.2	21.0	9.2
j	99.3	99.3	17.7	8.2	0.1	0.1	0.0	0.0	17.8	8.4
k	99.2	98.6	5.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	1.8
l	99.2	98.4	2.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.7

Taula 6.14: Mesures sobre el resultat de la segmentació del cotxe vermell a les imatges de la seqüència *cotxes*, abans (A) i després (D) de la correcció. Les columnes Sat. 1, 2 i 3 indiquen el percentatge de píxels amb 1, 2 o 3 components saturats i la columna *Total Sat.* indica el percentatge total de píxels amb algun canal saturat.

Imatge	% Segmen.		% Sat. 1		% Sat. 2		% Sat. 3		% Total Sat.	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
a	0.5	1.9	0.0	0.0	8.9	4.5	91.0	91.0	99.9	95.6
b	2.4	5.2	0.0	0.0	15.0	6.6	84.5	84.5	99.6	91.1
c	6.8	9.5	0.1	0.1	21.0	7.9	78.0	78.0	99.1	85.9
d	13.6	16.9	0.1	0.1	25.6	5.8	71.9	71.9	97.6	77.8
e	19.6	23.0	0.2	0.2	30.3	6.4	64.3	64.3	94.8	70.9
f	25.0	28.0	0.5	0.2	35.7	8.8	56.4	56.4	92.5	65.4
g	29.1	33.8	0.5	0.2	39.9	9.5	48.8	48.8	89.1	58.5
h	39.6	45.0	0.7	0.3	57.9	22.9	23.6	23.6	82.2	46.7
i	47.8	59.0	0.7	0.1	72.7	25.0	4.0	4.0	77.4	29.1
j	76.7	86.0	0.9	0.5	66.5	2.8	1.2	1.2	68.6	4.5
k	92.3	90.2	1.6	0.4	47.1	0.3	0.0	0.0	48.7	0.7
l	92.7	89.8	1.7	0.4	39.1	0.1	0.0	0.0	40.8	0.5

Taula 6.15: Mesures sobre el resultat de la segmentació del cotxe cian a les imatges de la seqüència *cotxes*, abans (A) i després (D) de la correcció. Les columnes Sat. 1, 2 i 3 indiquen el percentatge de píxels amb 1, 2 o 3 components saturats i la columna *Total Sat.* indica el percentatge total de píxels amb algun canal saturat.

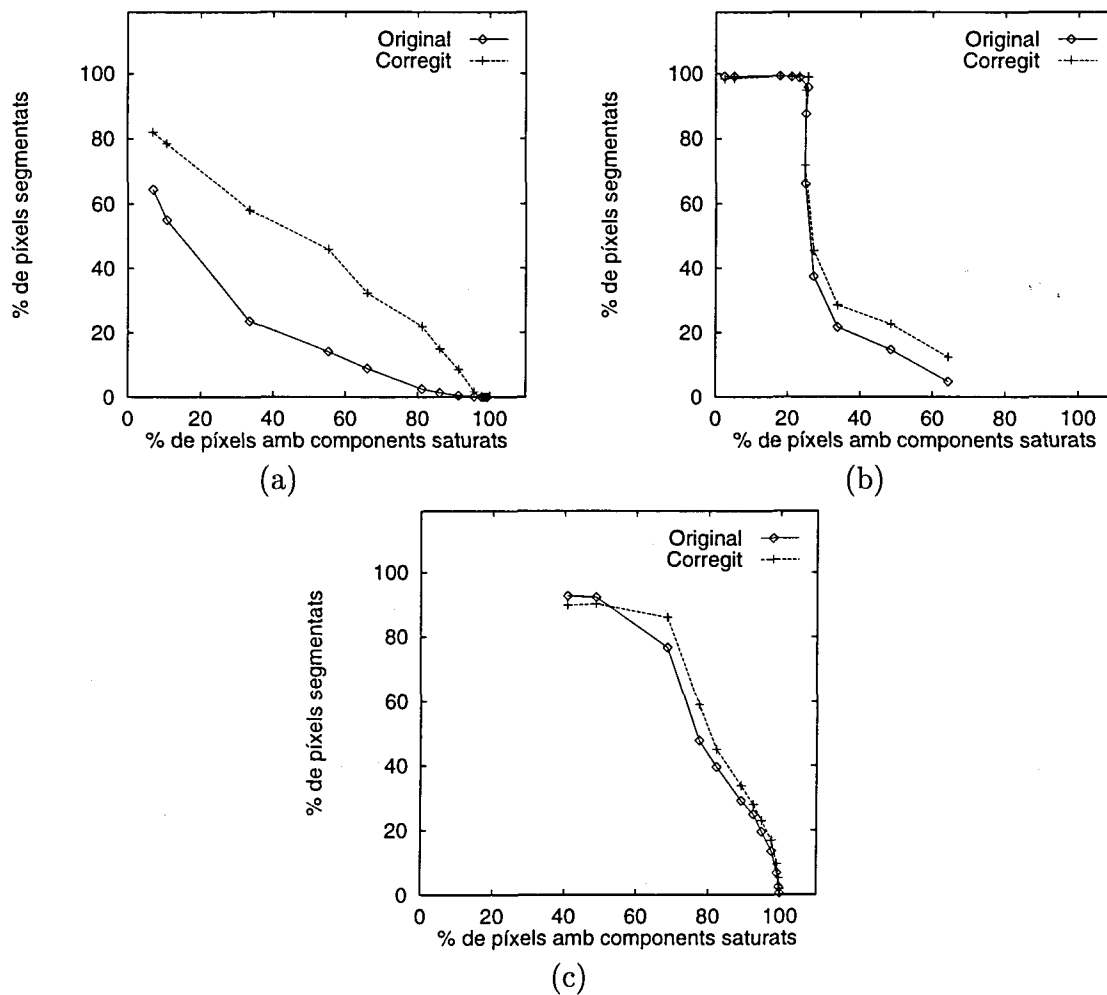


Figura 6.25: Comparació del percentatge de píxels segmentats abans i després de la correcció del color, respecte al percentatge de píxels saturats en la imatge original, de la sèrie cotxes. Cotxe lila (a), cotxe vermell (b), cotxe cian (c).

Capítol 7

Conclusions

Es presenten les conclusions que s'han extret del treball realitzat, comentant les aportacions d'aquest treball, les possibles línies de continuació, així com els articles que s'han presentat fruit d'aquesta tesi.

7.1 Conclusions

Com a conclusions del treball realitzat en aquesta tesi es pot dir que:

- S'ha estudiat el comportament de diferents components cromàtics davant dels canvis en la intensitat de l'illuminant.
- S'ha estudiat l'efecte que provoca la saturació dels CCDs en els components cromàtics dels píxels, veient que tots els components cromàtics que són estables davant de variacions en la intensitat de l'illuminant perden aquesta propietat quan algun dels components *RGB* dels CCDs queda saturat. Aquest estudi s'ha fet des de dos punts de vista: teòric i pràctic. Des del punt de vista teòric, s'han obtingut les corbes que representen el comportament de diferents components cromàtics a partir de les expressions matemàtiques que els defineixen. Des del punt de vista pràctic, s'han adquirit imatges de diferents colors variant la intensitat de l'illuminant, i els valors *RGB* obtinguts s'han transformat a diferents espais cromàtics per estudiar el seu comportament. S'han presentat gràfiques dels dos estudis per 12 colors diferents (els de les dues files centrals de la carta de colors *The Macbeth COLORCHECKER*).
- S'ha vist que tots els components cromàtics que volen imitar l'atribut perceptual del to són estables davant de variacions en la intensitat, i que moltes de les definicions

de l'atribut perceptual de la saturació també ho són. Aquesta afirmació és vàlida sempre que cap dels components *RGB* quedi saturat, essent certa tant per espais de color depenents del *hardware*, com són tota la família d'espais HSI, HLS, HSV,... com pels components definits a partir d'espais independents de dispositiu com serien el *CIELUV* o *CIELAB*.

- S'ha proposat un mètode per la correcció de la informació cromàtica d'aquells píxels amb algun dels tres components *RGB* saturats. Aquest mètode es basa en la propietat que tenen alguns components cromàtics de ser invariants a l'escalat; és a dir, que si $T(r, g, b)$ representa la transformació corresponent a un cert component cromàtic T en funció dels valors (r, g, b) , es compleix que $T(r, g, b) = T(\alpha r, \alpha g, \alpha b)$.
- S'ha presentat un estudi de diversos components cromàtics per veure si compleixen o no la propietat de la invariança a l'escalat i, per tant, per veure si són aptes per l'aplicació del mètode de correcció proposat.
- El mètode proposat ha estat provat experimentalment com un mòdul de preprocessat en un algoritme de segmentació. S'han utilitzat escenes amb diferents tipus d'objectes, observant-se en totes una millora en el resultat de la segmentació. Aquesta millora és especialment significativa quan els objectes de l'escena presenten una reflexió de la llum majoritàriament difusa. Per objectes brillants, es pot recuperar la informació cromàtica fora de les regions que presenten una reflexió especular, però no en aquestes, ja que el seu color és bàsicament el color de l'il·luminant. També s'ha vist que els resultats obtinguts quan s'han corregit només els píxels amb, com a màxim, un component saturat han estat pobres en comparació als resultats obtinguts corregint els píxels amb fins a dos components saturats.
- S'ha implementat un sistema, utilitzant hardware específic pel processat d'imatges en color, que ha permès realitzar la correcció del color en temps real.
- En entorns industrials es donen les condicions necessàries per aplicar el mètode proposat:
 - Els colors amb els que es treballa en aquests entorns són coneguts i, per tant, es poden caracteritzar fàcilment.
 - L'estabilitat del sistema a variacions en la intensitat de l'il·luminant és una característica interessant sempre que es desitgin sistemes robustos i fiables al cent per cent.

7.2 Futures línies de recerca

El treball que s'ha presentat en aquesta tesi té diverses línies de continuació. Algunes d'elles són:

- Estudiar què passa quan en l'escena hi ha diferents il·luminants, cada un d'ells amb característiques cromàtiques diferents. S'ha comprovat que la resposta de la càmera per un cert color il·luminat amb diferents intensitats segueix una recta a l'espai *RGB*. Si existeixen diversos il·luminants, quan es modifica la intensitat d'un d'ells, no només es modifica la intensitat de llum que arriba a la superfície, sinó que també es modifica la distribució espectral d'aquesta. Per tant, la resposta que ofereix la càmera ja no serà una línia a l'espai *RGB*.
- Un cas particular dels problemes de visió per computador és el d'escenes exteriors (il·luminades amb llum diürna). És ben conegut que l'espectre de la llum que ens arriba del sol varia durant el dia. A més, considerant que existeixen taules amb mesures de la distribució espectral de la llum solar sota diferents circumstàncies (vegeu, per exemple, el llibre de Wyszecki i Stiles [WS82]), seria interessant veure com es podrien incloure aquestes mesures en un sistema de visió en color que es pogués adaptar a canvis en les condicions naturals d'il·luminació.
- En la tesi presentada no s'ha tingut en compte el fenomen de la interreflexió entre objectes. Una altra línia de recerca interessant seria estudiar aquest fenomen; primer en el cas simple de dos objectes i un sol il·luminant variant la seva intensitat i llavors estendre'l a més d'un il·luminant i a més de dos objectes.

7.3 Publicacions fruit d'aquesta tesi

Dels treballs d'aquesta tesi n'han sorgit les següents publicacions:

- Jordi Regincós and Joan Batlle, "A system to reduce the effect of CCDs saturation", *Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Image Processing*, volum I, pàgines 1001-1004, 1996 (Presentació oral).
- Jordi Regincós and Joan Batlle, "Contribution to the colour segmentation by means of an algorithm which reduces the CCDs saturation problems", enviat a la revista *Pattern Recognition Letters*. Estat: pendent de resposta després d'incloure les modificacions sol·licitats pels revisors.

- Jordi Regincós and Joan Batlle, "A computational method to reduce the effect of CCD saturation in colour images". Estat: enviat al *VII National Symposium on Pattern Recognition and Image Analysis* a celebrar l'abril de 1997.

Referències

- [AIT95] I. Andreadis, P. Iliades i Ph. Tsalides. A new ASIC for real-time linear color space transforms. *Real-Time Imaging*, 1:373–379, 1995.
- [Azu95] Ronald T. Azuma. A survey of augmented reality. A *ACM SIGGRAPH*, Course Notes #9: Developing Advanced Virtual Reality Applications, 1995.
- [Bat93] Joan Batlle i Grabulosa. *Aportació a la Detecció de Moviment Independentment del Moviment de la Càmera, Basat en el Processat d'Imatges Color*. Tesi doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, 1993.
- [BB82] Dana H. Ballard i Christopher M. Brown. *Computer Vision*. Prentice-Hall, 1982.
- [BCM95] M. Barni, V. Cappellini i A. Mecocci. A vision system for automatic inspection of meat quality. A Carlo Braccini, Leila DeFloriani i Gianni Vernazza (editors), *8th International Conference on Image Analysis and Processing (ICIAP)*, número 974 a Lecture Notes in Computer Science, pàgines 748–753, 1995.
- [BR92] N. Bartneck i W. Ritter. Colour segmentation with polynomial classification. A *Proceedings of the 11th International Conference on Pattern Recognition. Vol II*, pàgines 635–638, 1992.
- [CC80] G.J. Chamberlin i D.G. Chamberlin. *Colour: its measurement, computation and application*. International Topics in Science. Heyden, 1980.
- [CC96] Xavier Cufí i Alicia Casals. A criterion for circumscribed contours determination for image segmentation. A *IAPR Machine Vision and Applications (MVP)*, 1996.
- [Cel90] Mehmet Celenk. A color clustering technique for image segmentation. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 52:145–170, 1990.

- [Cel91] Mehmet Celenk. Colour image segmentation by clustering. *IEE Proceedings-E (Computers and Digital Techniques)*, 138(5):368–376, setembre 1991.
- [Cel93] Mehmet Celenk. Color scene analysis in the 1976 CIE($L^*a^*b^*$) uniform color space. A *Proceedings of the IS&T and SID Color Imaging Conference*, pàgines 208–218, 1993.
- [Cel94] Mehmet Celenk. Color scene analysis. A Bernice E. Rogowitz i Jan P. Allebach (editors), *Proceedings of Human Vision, Visual Processing and Digital Display V (SPIE-2179)*, pàgines 407–417. SPIE, febrer 1994.
- [Cel95] Mehmet Celenk. Analysis of color images of natural scenes. *Journal of Electronic Imaging*, 4(4):382–396, octubre 1995.
- [CGG91] Aldo Cumani, Paolo Grattoni i Antonio Guiducci. An edge-based description of color images. *CVGIP: Graphical Models and Image Processing*, 53(4):313–323, juliol 1991.
- [CL94] T. Carron i P. Lambert. Color edge detector using jointly hue, saturation and intensity. A *Proceedings of the International Conference on Image Processing*, volum 3, pàgines 977–981. IEEE, novembre 1994.
- [CLM93] T. Carron, P. Lambert i P. Morel. Analyse d'une segmentation en régions utilisant conjointement les informations de chrominance et d'intensité. A *Proceedings of the 14th Conference GRETSI*, pàgines 1157–1160, Juan-Les Pins, France, setembre 1993.
- [DL86] M. D'Zmura i P. Lennie. Mechanisms of color constancy. *Journal of the Optical Society of America A (Optics, Image Science and Vision)*, 3(10):1662–1672, octubre 1986.
- [EaGHH92] J. Encarnação, M. Groß, R. Hoffman, i W. Hübner. Integrating computer graphics and computer vision for industrial applications. A Toshiyasu L. Kunii (editor), *Visual Computing*, pàgines 869–881. Springer Verlag, 1992.
- [FF87] Martin A. Fisher i Oscar Firschein. *Intelligence, the Eye, the Brain and the Computerer*. Addison-Wesley, 1987.
- [FH88] Brian Funt i Jiant Ho. Color from black and white. A *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Vision*, pàgines 2–8, 1988.

- [FH89] Brian Funt i Jian Ho. Color from black and white. *International Journal of Computer Vision*, 3(2):109–117, juny 1989.
- [Fin94] Graham D. Finlayson. Color constancy and a changing illumination. A Bernice E. Rogowitz i Jan P. Allebach (editors), *Proceedings of Human Vision, Visual Processing and Digital Display V (SPIE-2179)*, pàgines 352–363. SPIE, febrer 1994.
- [FvDFH90] James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, i John F. Hughes. *Computer Graphics, principles and practice*. The Systems Programming Series. Addison-Wesley, segona edició, 1990.
- [Gag90] André Gagalowicz. Collaboration between computer graphics and computer vision. A *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Vision*, pàgines 733–737, 1990.
- [Gen93] Suzanne E. Genz. *Real Time Chip Set Simplifies Color Image Processing*, pàgines 25–27. Data Translation, 1993.
- [Ger76] Frans Gerritsen. *Color: Apariencia Óptica, Medio de Expresión Artística y fenómeno físico*. Editorial Blume, 1976.
- [Ger85] Ron Gershon. Aspects of perception and computation in color vision. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 32:244–277, 1985.
- [Hal89] Roy Hall. *Illumination and Color in Computer Generated Imagery*. Monographs in Visual Communication. Springer-Verlag, 1989.
- [HB87] Glenn Healey i Thomas O. Binford. The role and use of color in a general vision system. A *Proceedings: Image Understanding Workshop*, pàgines 599–613. DARPA, febrer 1987.
- [HB88] Glenn Healey i Thomas O. Binford. A color metric for computer vision. A *Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition*, pàgines 10–17. IEEE, 1988.
- [HB94] Donald Hearn i Pauline M. Baker. *Computer Graphics*. Prentice Hall, segona edició, 1994.

- [HDS⁺95] Qian Huang, B. Dom, D. Steele, J. Ashley, i W. Niblack. Foreground/background segmentation of color images by integration of multiple cues. A *Proceedings of the International Conference on Image Processing*, pàgines 246–249. IEEE, 1995.
- [Hea88] Glenn Healey. A color reflectance model and its use for segmentation. A *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Vision*, pàgines 460–466, 1988.
- [Hea92] Glenn Healey. Segmenting images using normalized color. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 22(1):64–73, gener 1992.
- [Hec91] Paul S. Heckbert. Simulating global illumination using adaptive meshing. Report tècnic UCB/CSD 91/636, Computer Science Division (EECS), University of California, Berkeley, California 94720, juny 1991.
- [HFD90] Jian Ho, Brian V. Funt i Mark S. Drew. Separating a color signal into illumination and surface reflectance components: Theory and applications. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12(10):966–977, octubre 1990.
- [Hor86] Berthold Klaus Paul Horn. *Robot Vision*. The MIT Electrical Engineering and Computer Science Series. McGraw-Hill, 1986.
- [Hue71] M. Hueckel. An operator which locates edges in digitized images. *Journal of ACM*, 18(1):113–125, 1971.
- [Hun91] R.W.G Hunt. *Measuring Colour*. Applied Science and Industrial Technology. Ellis Horwood, second edició, 1991.
- [JG78] G.H. Joblove i D. Greenberg. Color spaces for computer graphics. *Computer & Graphics*, 12:12–19, 1978.
- [JV96] Anil K. Jain i Aditya Vailaya. Image retrieval using color and shape. *Pattern Recognition*, 29(8):1233–1244, 1996.
- [Kay93] Scott P. Kay. *HSI Color Image Processing Techniques and Applications*, pàgines 28–29. Data Translation, 1993.

- [KH93] Jeong-Yeop Kim i Yeong-Ho Ha. Pseudo-linearly modified IHS color model and its application to color image enhancement. *A Proceedings of the IS&T and SID Color Imaging Conference*, pàgines 23–27, 1993.
- [Kli88] Gudrun J. Klinker. *A Physical Approach to Color Image Understanding*. Tesi doctoral, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, maig 1988.
- [KSK87] Gudrun J. Klinker, Steven A. Shafer i Takeo Kanade. Using a color reflection model to separate highlights from object color. *A Proceedings of the 1st International Conference on Computer Vision*, pàgines 145–150. IEEE, 1987.
- [KSK88a] Gudrun J. Klinker, Steven A. Shafer i Takeo Kanade. Image segmentation and reflection analysis through color. *A Proceedings of the Image Understanding Workshop*, pàgines 838–853. DARPA, 1988.
- [KSK88b] Gudrun J. Klinker, Steven A. Shafer i Takeo Kanade. The measurement of highlights in color images. *International Journal of Computer Vision*, 2(1):7–32, juny 1988.
- [KSK90] Gudrun J. Klinker, Steven A. Shafer i Takeo Kanade. A physical approach to color image understanding. *International Journal of Computer Vision*, 4(1):7–38, gener 1990.
- [LBG90] R.S. Ledley, M. Buas i T.J. Golab. Fundamentals of true-color image processing. *A Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition, Vol. I*, pàgines 791–795, 1990.
- [Lev93] Haim Levkowitz. GLSH: A generalized lightness, hue, and saturation color model. *CVGIP: Graphical Models and Image Processing*, 55(4):271–285, juliol 1993.
- [LKK94] Eun Ryung Lee, Pyeoung Kee Kim i Hang Joon Kim. Automatic recognition of a car license plate using color image processing. *A Proceedings of the International Conference on Image Processing*, volum 3, pàgines 301–305. IEEE, novembre 1994.
- [LL90] Young Won Lim i Sang Uk Lee. On the color image segmentation algorithm based on the thresholding and the fuzzy c-means techniques. *Pattern Recognition*, 23(9):935–952, 1990.

- [Luo93] Quang-Tuan Luong. Color in computer vision. A L.F. Pau C.H. Chen i P.S.P. Wang (editors), *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*, pàgines 311–368. World Scientific Publishing Company, 1993.
- [Mac91] Macbeth. The Macbeth COLORCHECKER Color Rendition Chart. Munsell Color, 405 Little Britain Rd. New Windsor, New York 12553-6148, desembre 1991.
- [Mar72] K.V. Mardia. *Statistics of Directional Data*. Probability and Mathematical Statistics. Academic Press Inc., 1972.
- [MKNM95] B.M. Mehtre, M.S. Kankanhalli, A.D. Narasimhalu, i G.C. Man. Color matching for image retrieval. *Pattern Recognition Letters*, 16:325–331, març 1995.
- [MMD76] C.S. McCamy, H. Marcus i J.G. Davidson. A color-rendition chart. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 2(3):95–99, 1976.
- [MS93] Bruce A. Maxwell i Steven A. Shafer. A framework for segmentation using physical models of image formation. Report tècnic CMU-RI-TR-93-29, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, desembre 1993.
- [MS94] Bruce A. Maxwell i Steven A. Shafer. A framework for segmentation using physical models of image formation. A *Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition Conference*, pàgines 704–708. IEEE, juny 1994.
- [Nev77] R. Nevatia. A color edge detector and its use in scene segmentation. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 7(11):820–826, 1977.
- [Nor90] Richard B. Norman. *Electronic Color. The art of color applied to graphic computing*. Van Nostrand Reinhold, 1990.
- [NS90] Carol L. Novak i Steven A. Shafer. Supervised color constancy using a color chart. Report tècnic CMU-CS-90-140, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, juny 1990.
- [NSW90] Carol L. Novak, Steven A. Shafer i Reg G. Willson. Obtaining accurate color images for machine vision research. A *Proceedings of the Conference on Perceiving, Measuring and Using Color*. SPIE, Volume 1250, febrer 1990.

- [OKHO94] Hironori Okii, Noriaki Kaneki, Hiroshi Hara, i Koichi Ono. Automatic color segmentation method using a neural network model for stained images. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(3):343–350, març 1994.
- [OKS80] Y. Ohta, T. Kanade i T. Sakai. Color information for region segmentation. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 13:224–241, 1980.
- [Per94] Frank A. Perez. *Hue Segmentation, Color Circuitry and the Mantis Shrimp*. Tesi doctoral, California Institute of Technology, Pasadena, California, 1994.
- [PH86] Matti Pietikäinen i David Harwood. Edge information in color images based on histograms differences. *A Proceedings of the Eighth International Conference on Pattern Recognition*, volum 1, pàgines 594–596. IEEE, octubre 1986.
- [PK94] Frank A. Perez i Christof Koch. Toward color image segmentation in analog VLSI: Algorithm and hardware. *International Journal of Computer Vision*, 12(1):17–42, febrer 1994.
- [SB91] Michael J. Swain i Dana H. Ballard. Color indexing. *International Journal of Computer Vision*, 7(1):11–32, novembre 1991.
- [Sch93] Raimondo Schettini. A segmentation algorithm for color images. *Pattern Recognition Letters*, 14:499–506, 1993.
- [Sch94a] R. Schettini. Multicolored object recognition and location. *Pattern Recognition Letters*, 15(11):1089–1097, novembre 1994.
- [Sch94b] R. Schettini. Segmenting color images in the CIELUV color space. *A Proceedings of the IS&T and SID 2nd Color Imaging Conference*, pàgines 93–96, 1994.
- [Sha85] S.A. Shafer. Using color to separate reflection components. *Color Research and Application*, 10(4):210–218, 1985.
- [Smi78] A.R. Smith. Color gamut transform pairs. *Computer & Graphics*, 12(3):12–19, 1978.

- [SNA90] N.J.C. Strachan, P. Nesvadba i A.R. Allen. Calibration of a video camera digitising system in the CIE $L^*u^*v^*$ colour space. *Pattern Recognition Letters*, 11(11):771–777, novembre 1990.
- [SS94] Markus Stricker i Michael Swain. The capacity of color histogram indexing. *A Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition Conference*, pàgines 704–708. IEEE, juny 1994.
- [SWLC93] Yung-Nien Sun, Chung-Sheng Wu, Xi-Zhang Lin, i Nan-Haw Chou. Color image analysis for liver tissue classification. *Optical Engineering*, 32(7):1609–1615, juliol 1993.
- [TC92] Din-Chang Tseng i Chung-Hsun Chang. Color segmentation using perceptual attributes. *A Proceedings of the 11th International Conference on Pattern Recognition, vol.III*, pàgines 228–231, 1992.
- [Ten74] J. N. Tenenbaum. An interactive facility for scene analysis research. Report tècnic Technical Note 87, Artificial Intelligence Center, Stanford Research Institute, 1974.
- [THKS88] Charles Thorpe, Martial H. Hebert, Takeo Kanade, i Steven A. Shafer. Vision and navigation for the Carnegie-Mellon Navlab. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 10(3):362–373, maig 1988.
- [TL92] R.I. Taylor i P.H. Lewis. Colour image segmentation using boundary relaxation. *A Proceedings of the 11th International Conference on Pattern Recognition, Vol.III*, pàgines 721–724, 1992.
- [TLY95] Tardi Tjahjadi, Dariusz Litwin i Yee-Hong Yang. A modified dichromatic reflection model for an analysis of interreflection. *A Proceedings of the International Conference on Image Processing*, pàgines 272–275. IEEE, 1995.
- [TMM89] J.M. Taylor, G.M. Murch i P.A. McManus. A uniform perceptual colour system for display users. *A Proceedings of the SID, number 30*, pàgines 15–21, 1989.
- [TN91] Hiroshi Tomiyasu i Shuichi Nishio. A study of image segmentation using a perceptual color system. A David P. Casasent (editor), *Proceedings Intelligent Robots and Computer Vision X: Algorithms and Techniques*, pàgines 348–357. SPIE, 1991.

- [Tom90] Shoji Tominaga. A color classification method for color images using a uniform color space. *A Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition, Vol. I*, pàgines 803–807, 1990.
- [Wat93] Alan Watt. *3D Computer Graphics*. Addison-Wesley, segona edició, 1993.
- [Wit84] A.P. Witkin. Scale space filtering: a new approach to multi-scale description. A S. Ullman i Richard W. (editors), *Image Understanding*, pàgines 79–95. Ablex Publishing, N.J., 1984.
- [WS82] Günter Wyszecki i W.S. Stiles. *Color Science (Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae)*. Wiley series on pure and applied optics. John Wiley & Sons, segona edició, 1982.
- [Xam77] S. Xambó Descamps. *Álgebra lineal y geometrías lineales*, volum I. Eunibar, 1977.
- [YAN92] Daisuke Yagi, Kejichi Abe i Hiromasa Nakatami. Segmentation of color aerial photographs using HSV color models. *A MVA'92 Workshop on Machine Vision Applications*. IAPR, 1992.
- [ZKJ95] Yu Zhong, Kalle Karu i Anil K. Jain. Locating text in complex color images. *A Third International Conference in Document Analysis and Recognition*, pàgines 146–149. IEEE, 1995.
- [ZVG93] J. Zheng, K.P. Valavanis i J.M. Gauch. Noise removal from color images. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 7:257–285, 1993.



Servei de Biblioteques

Reg. 1500 491922

Sig. + UAB / 3634

Ref. 12500

