

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial

**Mètode d'Extracció Multiparamètrica
de Característiques de Textura
Orientat a la Segmentació d'Imatges**

Autor: Antoni Grau i Saldes
Directora: Àlicia Casals i Gelpí

Barcelona, maig de 1997

CAPÍTOL 5. RESULTATS: APLICACIÓ DE L'ANÀLISI DE TEXTURES A LA SEGMENTACIÓ EN IMATGES.

5.1. Introducció.

En aquest capítol es mostrarà el funcionament del mètode d'extracció de característiques de textura a partir de diferents aplicacions reals.

El reconeixement o classificació per textures té múltiples aplicacions. Per aquest motiu, no ens volem centrar exclusivament en una aplicació concreta sinó que volem fer extensiu el mètode de segmentació que hem dissenyat a diversos camps. Aquest mètode d'extracció multiparamètrica de característiques de textura és un mètode genèric i no està orientat a cap aplicació directament, així doncs, ha estat provat i avaluat sobre diversos àmbits totalment diferents:

- imatges aèries.
- imatges de carreteres.
- imatges d'entorns agrícoles.
- aplicació industrial: control de qualitat i inspecció en teixits.

El procediment per arribar fins a la segmentació final segueix una sèrie de passos, tal com s'ha explicat en els capítols anteriors. Aquests passos es poden seguir amb imatges intermèdies que ens indiquen com va evolucionant el procés d'extracció de característiques, la classificació, l'aplicació del funcional d'energia i, finalment, la segmentació. No es mostraran tots els passos en les diferents aplicacions que hem detallat anteriorment, sinó només en l'aplicació d'imatges aèries. En les altres aplicacions només es mostren les imatges originals i la seva segmentació. En tots els casos es fa una valoració quantitativa dels resultats.

5.2. Procés de segmentació comú.

Aplicarem per a l'anàlisi i classificació de textures les dues fases del procés de reconeixement: la fase d'aprenentatge més la fase de treball. A partir d'unes imatges que podem considerar patró, el sistema crearà els diferents grups de textura supervisadament, però mai etiquetant les mostres. La supervisió consisteix en decidir el nombre de grups de textura després d'avaluar els resultats de l'agrupament jeràrquic. Per que l'aprenentatge sigui el màxim d'eficient caldria buscar, com a patrons, imatges que continguin el major nombre de textures que poden aparèixer en aquelles tipologies d'imatges. D'aquesta manera els grups que es crearan seran suficientment representatius davant qualsevol textura que pugui aparèixer amb posterioritat.

Quan s'han generat els grups de textura, s'inicia la fase de treball en la qual s'introdueixen, als mòduls extractor de característiques i de classificació, unes noves imatges per ser segmentades en regions de textura semblant. La informació de la que disposa el sistema classificador són els grups de textura que s'han creat en la fase anterior d'aprenentatge. A partir d'aquesta informació, cada nou element de textura que entra al sistema s'assigna a un dels grups existents, el que està a distància mínima respecte als altres grups.

La fase d'aprenentatge es realitza *off-line* on el temps de càlcul no és significatiu. S'ha dissenyat una arquitectura específica per dur a terme la fase de treball amb el mínim de temps possible a la velocitat de *video rate*.

A continuació, es detallen els passos a seguir segons la fase en la que ens trobem.

1. *Fase d'aprenentatge*: el sistema crea grups d'elements de textura amb una certa semblança a partir de les característiques de textura.

- Extracció i aïllament de contorns de la imatge original.
- Càlcul dels paràmetres de textura: linealitat, abruptitat, difuminat, granulositat i discontinuïtat.
- Generació dels elements de textura a partir dels paràmetres.
- Generació dels grups de textura a partir dels tèxels.
- Millora opcional dels grups de textura amb l'ús del funcional d'energia.
- Segmentació de la imatge segons els grups de textura.

2. *Fase de treball*: el sistema passa a classificar elements de textura mitjançant una agrupació feta amb anterioritat. Els grups es poden readaptar a les noves dades si s'en activa l'opció.

- Extracció i aïllament de contorns de la imatge original.
- Càlcul dels paràmetres de textura: linealitat, abruptitat, difuminat, granulositat i discontinuïtat.
- Generació dels elements de textura a partir dels paràmetres.
- Assignació a un grup de textura de cada element de textura.
- Segmentació de la imatge segons els grups assignats.

Tal com es pot veure en la seqüència de passos anteriors, comparant les diferències entre una fase i l'altra, s'aprecia que el preprocessat de les imatges és el mateix. És obvi que el tractament hagi de ser igual per a qualsevol imatge així com també ho és el processat, pròpiament dit, en l'etapa d'extracció de característiques de textura. En la fase d'aprenentatge es creen els grups de mostres d'elements de textura i es millora l'agrupació ja sigui amb el funcional d'energia o bé incrementant el nombre d'imatges a processar. Tant la generació dels grups de textura com l'aplicació del funcional són operacions realment molt costoses des del punt de vista computacional i seran substituïdes en la fase de treball per l'assignació dels elements de textura a algun dels grups (grup més proper) generats anteriorment, assignació per altra banda realitzable en temps real i aplicable a situacions que requereixin un procés *on-line*.

Si la fase d'aprenentatge es realitza amb més d'una imatge, no es pot aplicar el funcional d'energia per corregir i moure els centres de massa de cada grup de textura ja que l'agrupament es realitza amb totes les imatges d'aprenentatge a la vegada. Per tant, els centres de massa resultants no corresponen a cap imatge en concret sinó que corresponen als grups de textura que s'han generat amb totes les imatges. Només té sentit aplicar el funcional d'energia quan l'aprenentatge es realitza amb una sola imatge. En aquest darrer cas, es calculen els grups de textura de la imatge i, després d'aplicar el funcional d'energia, es passa a la fase de treball amb els centres de massa modificats lleugerament. En exemples posteriors es veurà com varia la posició dels centres de massa dels grups de textura després d'aplicar el funcional.

En aplicacions on el temps de processat no sigui crític, es pot aplicar el funcional d'energia en la fase de treball, millorant àmpliament la segmentació dels grups de textura en les imatges.

5.3. Imatges aèries.

L'estudi d'imatges aèries és un tema que ve preocupant als investigadors des de fa ja molts anys. Kaizer *et al.*, en [KAI55], presenta un dels treballs pioners en l'anàlisi d'imatges aèries i busca regions amb textura diferents sobre una regió de l'Àrtic. Haralick *et al.*, en [HAR73], realitza una classificació de zones terrestres a partir d'imatges aèries, on les imatges provenen d'un satèl·lit així com també d'un avió. En aquest treball es calculen diverses característiques estadístiques a partir dels nivells de gris de les imatges i parteix la imatge en regions semblants segons la classificació d'aquestes característiques. Uns altres autors, Weszka *et al.* [WES76], realitzen un estudi comparatiu de mesures de textura usant com a imatges de prova tot un conjunt d'imatges aèries per a la classificació de zones terrestres. La investigadora M. Galloway, en [GAL75], que aplica per primera vegada els *run lengths* de nivells de gris a l'anàlisi de textures, usa imatges aèries per a la prova de les seves mesures de textura.

Avui en dia, hi ha diverses societats que basen els seus esforços tant en la fotogrametria com en sensors a distància (*remote sensing*). Però tot i la quantitat de recursos que es dediquen a aquestes tècniques, queda molt camí a recórrer encara en el reconeixement d'imatges aèries i satèl·lit.

En aquest treball també s'apliquen les mesures de textura per a la segmentació d'imatges aèries. L'objectiu de l'estudi que aquí es presenta consisteix en segmentar i separar les regions amb característiques de textura semblants en cadascuna de les imatges, marcant les fronteres que delimiten cada regió de la imatge.

En concret, es realitza l'aprenentatge amb una imatge sobre la qual s'aplicarà el funcional d'energia. En la fase de treball, s'usen imatges corresponents a escenes del mateix tipus a la imatge sobre la que s'ha fet l'aprenentatge. Es veurà la influència del funcional aplicat durant la fase d'aprenentatge, així com en la fase de treball.

Tant la fase d'aprenentatge com la fase de treball han estat àmpliament provades amb diversos conjunts d'imatges aèries. Per no fer excessivament extensiva l'explicació, només es farà una anàlisi exhaustiva amb les imatges que es mostren. En concret, la imatge d'aprenentatge serà la figura 5.1.a), i les dues imatges de la fase de treball són les figures 5.2.a) i 5.5. a), tal com veurem més endavant.

5.3.1. Fase d'aprenentatge.

Per al processat de la imatge en la fase d'aprenentatge se segueixen els passos esmentats anteriorment: extracció de contorns aprimats, càlcul dels paràmetres, agrupament i segmentació. Per a cadascun d'aquests passos, es genera una sèrie d'imatges intermèdies que es mostren per a cada imatge original. Així doncs, la imatge a) correspon a la imatge original usada en l'anàlisi; la imatge b) mostra els gradients de la imatge original usant en aquest cas un operador tipus Prewitt i la imatge c) mostra els contorns. El següent pas apareix reflectit en la imatge d), on es veuen els contorns aprimats, d'ample un píxel, de la imatge anterior. Un dels requisits imprescindibles dels sistema extractor de característiques de textura és aquests tipus de contorns aprimats. En les imatges e), f), g), h), i i) es mostren els valors corresponents a cadascun dels paràmetres de textura en forma d'imatge, on cada valor s'ha representat com un nivell de gris per fer-ne més entenedora la seva representació. Aquestes valors serviran per generar les mostres de l'espai de patrons 5-dimensional que s'entraran al classificador per generar grups de mostres de textura, resultat que es mostra en la imatge j). Amb la informació dels grups de textura es pot crear una imatge de fronteres entre les regions de la imatge, imatge k). Per tal de millorar el resultat de l'agrupació s'aplica l'ús del funcional d'energia en l'agrupació considerant la informació 2-D que posseeix la imatge pròpiament dita; el resultat d'aquesta millora en la classificació es pot veure en la imatge 5.1.l). És amb aquesta informació que es crea la imatge 5.1.m) on es veu la segmentació de la imatge original sobreposant les fronteres entre textures diferents tal i com han sortit del classificador.



a) imatge original



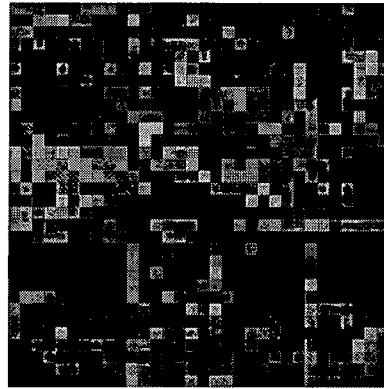
c) imatge gradients



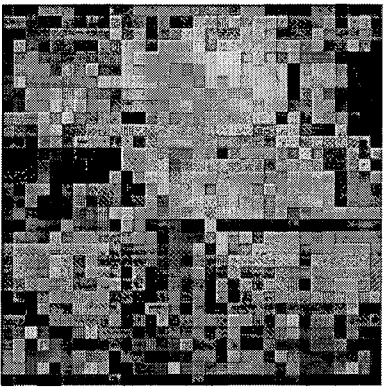
d) imatge contorns



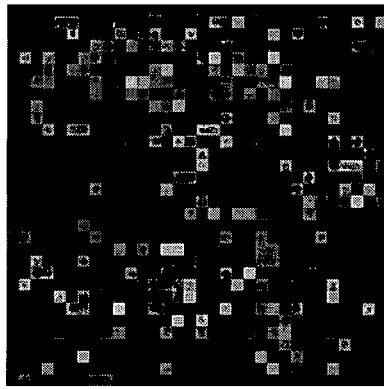
d) contorns aprimats



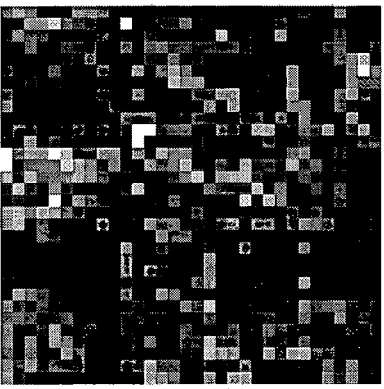
e) linealitat



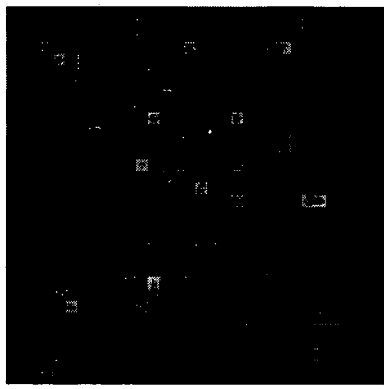
f) difuminat



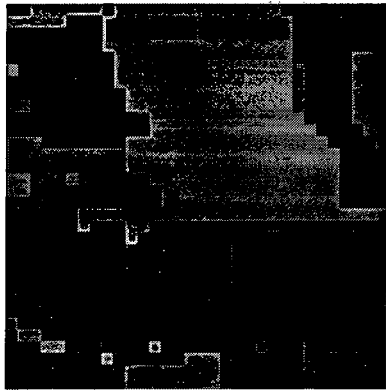
g) granulositat



h) abruptitat



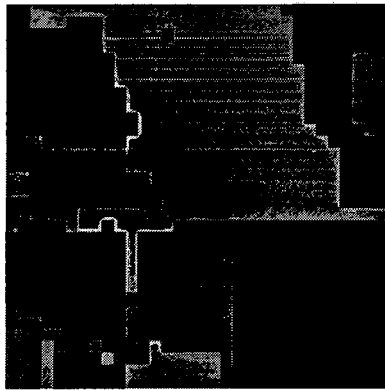
i) discontinuïtat



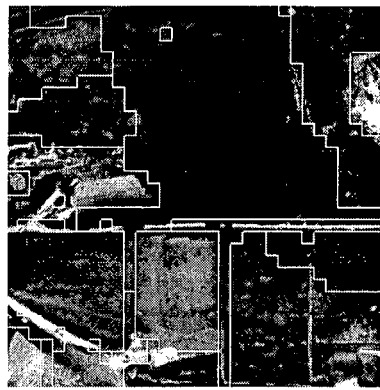
j) sortida del classificador



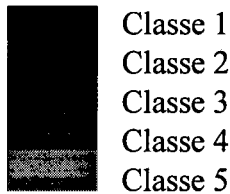
k) segmentació de la imatge



l) sortida del funcional



m) segmentació de la imatge



Classe 1
Classe 2
Classe 3
Classe 4
Classe 5

Figura 5.1. Seqüència d'imatges per a l'aprenentatge i segmentació.

Comentari dels resultats.

En la taula 5.1 es mostren els resultats en la fase d'aprenentatge amb la imatge de la figura 5.1.a). Es pot veure el valor de l'interval de difuminat que s'ha usat en aquesta imatge, que tal com s'ha explicat en l'apartat 3.3.5, és un valor a determinar per a cada imatge. Si totes les imatges a processar han estat adquirides amb condicions semblants de contrast i brillantor, aquest interval no variarà.

Per a la utilització del funcional d'energia en la fase d'aprenentatge, cal fixar el valor del paràmetre λ . Tal com s'ha vist en l'apartat 4.5, aquest paràmetre permetrà una millor minimització del funcional, reduint el nombre de fronteres entre grups de textura així com la dispersió dels elements que formen cada grup.

Interval de difuminat:		[10, 20]	
Nb. de classes resultants		5	
Funcional			
λ	Primer terme funcional del \bar{x}	Segon terme del funcional $ F $	$J(\bar{x}, F)$
370	124.237	124.690 (337)	248.927

Taula 5.1. Valors de variables a definir en la fase d'aprenentatge supervisat per a la figura 5.1.a).

Per fer més gràfica la sortida del classificador i del funcional, hem interpretat cada grup com un nivell de gris i hem generat la imatge 5.1.j) i 5.1.l) per a l'aprenentatge. En les imatges es pot veure la distribució de cada classe de textura sobre l'espai 2D. Per generar la imatge de segmentació hem superposat sobre la imatge original les fronteres entre regions de textura, imatge 5.1.k) i 5.1.m).

Després d'obtenir els grups de textura, cal fer una comparació entre la classificació realitzada amb l'algorisme d'agrupament i el resultat després d'aplicar el funcional. En concret, observarem els centres de massa de cada grup de textura i el seu desplaçament, així com la desviació de cada grup abans i després de l'ús del funcional.

En la taula 5.2 apareix informació sobre cada grup en forma del nombre d'elements que el formen tant abans com després d'aplicar el funcional d'energia, així com la interpretació del què és caracteritzat per cada grup de textura.

Nom de la classe	Descripció	Nombre d'elements	
		sortida classificador	sortida funcional
C1	Zona de cultiu i herba	334	368
C2	Zona sense cultiu (terra, sorra, ...)	155	158
C3	Camins	122	54
C4	Indeterminats amb certa abruptitat	87	98
C5	Zona boscosa	326	346

Taula 5.2. Nombre d'elements en cada grup de textura.

En la classe 4 es recullen aquells elements que no pertanyen a cap zona identificable de textura però presenten una forta component d'abruptitat. Després de veure el nombre d'elements en cada grup de textura abans i després de l'ús del funcional, s'aprecia certa migració d'elements entre grups. En concret, la classe 3 perd més de la meitat dels seus elements els quals han canviat a grups veïns en l'espai 2D, sobretot a la classe 1, 4 i 5. Aquesta migració d'elements cap a d'altres grups es veu molt clarament si s'observa el resultat de la classificació. Però el que realment ens interessa en aquesta fase d'aprenentatge no és com s'ha segmentat aquesta imatge sinó com són els grups que s'han generat, i més concretament, quins són els centres de massa dels

grups de textura. Aquesta és la única informació que es passarà a la fase de treball i no pas el resultat visual de la segmentació de la imatge d'aprenentatge.

Per saber com són els grups de textura generats, fem una anàlisi del resultat de la classificació i del resultat del l'ús del funcional observant les coordenades dels centres de massa dels grups de textura i la seva desviació. A part de la comparació entre els resultats del classificador i el funcional, dels grups de textura obtinguts es poden extreure dades molt significatives. Per a cada grup hem calculat la desviació respecte a cada component. Aquesta dada ens indica l'allargament del grup i es pot veure si està centrat respecte a algun paràmetre. També hem calculat la desviació total del grup, la qual cosa dóna una idea de la dispersió de tots els elements que el formen.

Resultats abans d'aplicar el funcional d'energia							
Classe	Desviació total	Desviació per cada paràmetre					Centre de masses (G, L, D, F, A)
		G	L	D	F	A	
1	13	2	3	10	2	2	(2,2,12,147,1)
2	37	1	13	23	7	15	(1,19,118,5,118)
3	36	5	12	21	11	11	(4,51,93,10,57)
4	39	0	14	21	3	22	(0,139,132,3,200)
5	31	7	10	17	12	11	(8,16,73,16,13)

Taula 5.3. Desviacions i centres de massa dels grups de textura abans d'aplicar el funcional d'energia.

Resultats després d'aplicar el funcional d'energia							
Classe	Desviació total	Desviació per cada paràmetre					Centre de masses (G, L, D, F, A)
		G	L	D	F	A	
1	18	2	7	13	3	2	(2,9,15,145,4)
2	37	1	14	23	7	15	(2,20,117,5,117)
3	26	2	10	18	9	10	(2,50,85,5,49)
4	40	1	16	22	5	22	(1,135,131,5,202)
5	36	6	16	20	13	12	(6,20,72,18,13)

Taula 5.4. Desviacions i centres de massa dels grups de textura després d'aplicar el funcional d'energia.

El fet d'aplicar el funcional d'energia implica que certs tèxels canviïn de grup de textura, per la qual cosa els centres de massa dels grups han variat la seva posició, però tal com es pot apreciar en les taules 5.3 i 5.4, aquesta variació és molt lleugera si es compara amb el que varia la imatge segmentada. Gairebé totes les variacions són de poques unitats amunt o avall respecte la posició que ocupava el centre de massa en cada eix. On apareix una variació més significativa és en la desviació de cada grup. Quan en un grup amb molt elements s'afegeixen diversos elements relativament

llunyans, el centre de massa varia poc perquè els nous elements pesen poc, però la desviació respecte al centre creix donada la distància entre tot el grup i aquests nous elements. Aquest efecte es pot apreciar també en les taules 5.3 i 5.4, comparant les desviacions de cada grup respecte el centre de massa. Després d'aplicar el funcional d'energia, aquestes desviacions han vist incrementat el seu valor per cada grup de textura, excepte en la classe 3 on s'ha reduït lleugerament al perdre elements llunyans al centre de massa.

En la taula 5.3 es pot observar els valors de la desviació total de cada grup, així com la desviació en cada component (G: granulositat, L: linealitat, D: difuminat, F: discontinuïtat, A: abruptitat). S'observa que el grup quatre té una desviació de 0 respecte a la granulositat, aquesta dada significa que tots els valors de granulositat per aquest grup tenen el mateix valor, però cal observar el centre del grup per veure que respecte la granulositat val 0. Amb aquestes dues dades poden afirmar que el grup quatre no té cap component granulosa. De fet, la desviació respecte la granulositat és baixa per tots els grups, però també és propera al 0 la situació del centre respecte aquest paràmetre, aquests valors indiquen que la granulositat té poca importància en aquesta imatge. Existeixen molts tèxels que pertanyen a zones de camps i cultius i zones boscoses, segmentant-se fortament de les zones lineals corresponents a carreteres, camins o edificacions. També hi ha una zona de terra o grava, clarament abrupta, que genera una classe apart de totes les altres.

El grup número 1 és un grup molt compacte donat l'alt nombre de components que el formen i la seva poca desviació. També es veu que el paràmetre de la discontinuïtat té una forta rellevància en aquest grup. Correspon a les zones de cultiu i herba. El grups dels elements indeterminats tenen una alta component d'abruptitat amb molta desviació, com era d'esperar per aquells elements que pertanyen a zones difícils de determinar visualment.

Per veure com afecta l'ús del funcional sobre la posició dels centres de massa, hem construït la taula 5.5, en la qual es pot veure la distància entre els centres de massa abans i després de l'aplicació del funcional.

Distància entre centres de massa de grups	Abans del funcional	Després del funcional
1 al 2	213.02	207.11
1 al 3	175.70	163.02
1 al 4	305.80	296.88
1 al 5	145.80	139.99
2 al 3	73.51	77.28
2 al 4	146.03	143.69
2 al 5	115.02	114.13
3 al 4	172.57	207.88
3 al 5	60.11	44.43
4 al 5	231.97	229.40

Taula 5.5. Distància entre centres de massa dels grups de textura.

Després d'analitzar tota la informació anterior, és a dir, el nombre d'elements de cada grup de textura, la posició dels centres de massa, la desviació de cada grup i de cada component i la distància entre grups, i comparar-la abans i després d'aplicar el funcional d'energia, s'observa que el funcional apropa els grups de textura entre ells i a la vegada fa créixer la desviació dels seus elements, creant en general grups menys compactes i més propers. Per una altra banda, el resultat visual en la segmentació de la imatge és superior al resultat generat exclusivament pel classificador.

5.3.2. Fase de treball.

El sistema de classificació, en la fase d'aprenentatge, ha generat uns grups de textura que serviran en la fase de treball per classificar en diferents textures les imatges que siguin properes a l'entorn amb el qual s'havia realitzat l'aprenentatge. Per provar aquesta fase de treball s'han utilitzat diferents imatges d'aquestes tipologies. Després d'haver generat els tèxels a partir del mòdul d'extracció de característiques, aquests passen a l'espai de característiques i es calcula la distància mínima entre la mostra en qüestió i tots els centres dels grups ja existents. La mostra s'assigna al grup al qual està més proper en aquest espai.

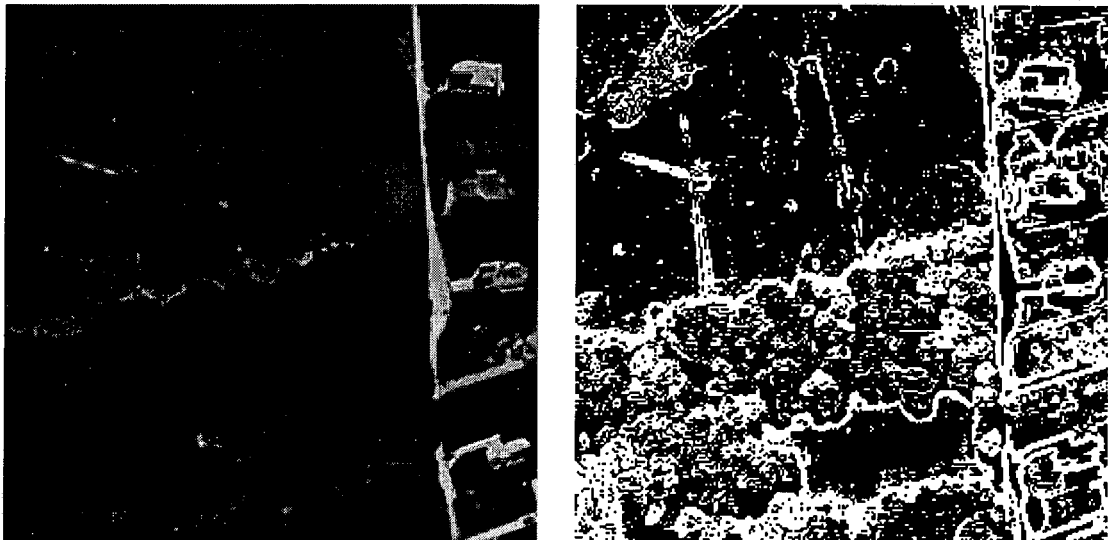
En la fase de treball s'utilitzaran els grups generats de dues maneres diferents:

- només a partir del classificador,
- a partir del classificador més l'aplicació del funcional.

A l'executar la fase de treball amb els grups de textura obtinguts d'aquestes dues maneres es podrà fer una comparació de resultats per veure quines aportacions a la discriminació realitza l'ús del funcional en la fase d'aprenentatge.

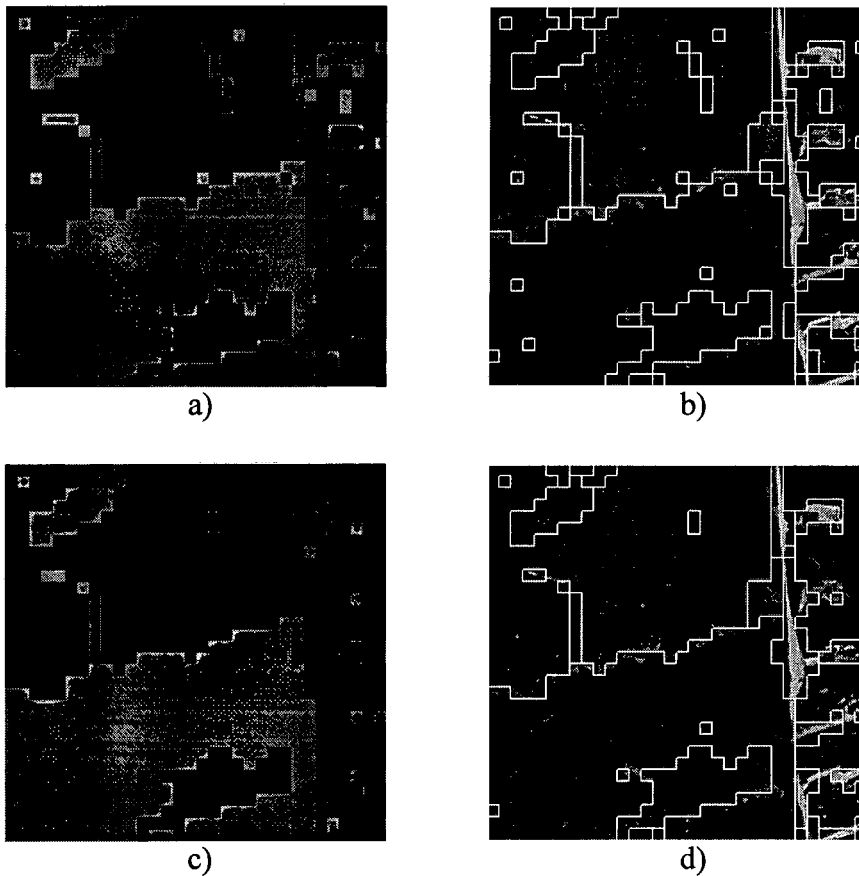
Les imatges es mostren de la següent manera. Primer apareix la imatge original per poder apreciar com són les textures que hi apareixen. Juntament amb la imatge original, es mostra la imatge de contorns que serà la que usará l'extractor de característiques de textura per calcular els tèxels. Després de veure com és la imatge original, es mostrarà el resultat de la classificació per assignació de grups i, a més a més, es mostrarà la imatge de classificació però després d'aplicar el funcional en la fase de treball. Aquests resultats formaran la segmentació de la imatge que es mostren tant amb fronteres superposades com amb nivells de gris per classe. Tot aquest procés es du a terme amb els grups de textura generats pel classificador i amb els grups generats pel classificador més el funcional.

Primera imatge de treball.



a) b)
Figura 5.2. a) Imatge original; b) imatge contorns.

- **Fase de treball amb els grups de textura generats pel classificador.**



a) b) c) d)
Figura 5.3. a) i b) assignació de grups; c) i d) assignació de grups utilitzant el funcional d'energia.

- Fase de treball amb els grups de textura generats pel classificador més el funcional d'energia.

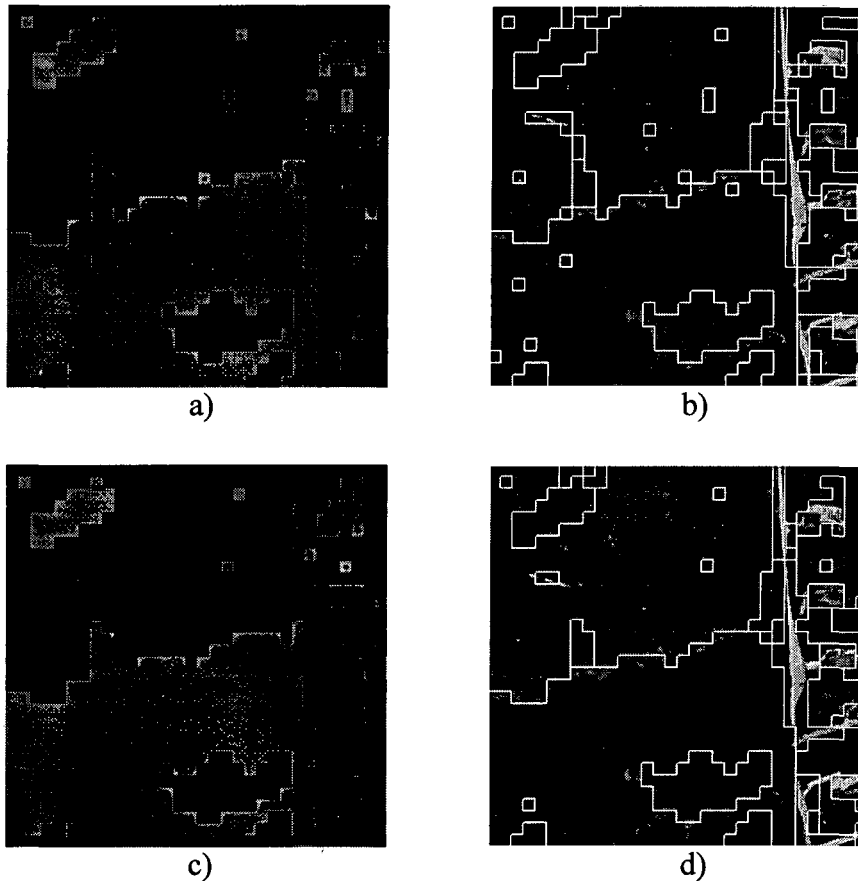


Figura 5.4. a) i b) assignació de grups; c) i d) assignació de grups utilitzant el funcional d'energia.

- Comentari dels resultats.

En primer lloc observem quantitativament els resultats de les dues classificacions que s'ha dut a terme. En concret analitzem el nombre d'elements que s'han assignat a cada grup de textura així com els centres de massa dels grups resultants després la classificació, tant amb l'ús del funcional després de classificar com sense ell.

Descripció Classe	Nombre d'elements			
	Classificador Fig. 5.3		Classificador + Funcional Fig. 5.4	
	a)	c)	a)	c)
C1: Zona de cultiu i herba	524	542	521	524
C2: Zona sense cultiu	16	12	26	23
C3: Camins	72	66	65	63
C4: Indeterminats	36	29	41	44
C5: Zona boscosa	376	375	371	370

Taula 5.6. Resultat de la classificació en la fase de treball.

Pel contingut de la imatge, existeixen dues zones que polaritzen gairebé tots els tèxels: camps i zones boscoses. Tant amb la fase de treball partint dels grups generats amb la classificació com partint dels grups generats amb la classificació més el funcional d'energia, no hi ha diferència aparent pel que fa al nombre d'elements en cada grup de textura. En la taula 5.6 es pot veure el nombre d'elements de textura per grup després de l'assignació de grups en la fase de treball. En les taules 5.7 i 5.8 s'observa les coordenades dels centres de massa dels grups de textura que s'han generat en la fase de treball.

	Centre de masses (G, L, D, F, A)									
	Fig. 5.3 a)					Fig. 5.3 c)				
	CM1	4	15	35	50	8	4	14	35	52
CM2	8	43	176	12	80	8	45	180	12	78
CM3	1	80	67	5	51	1	77	66	5	54
CM4	0	113	103	21	184	1	107	101	21	178
CM5	6	33	82	16	41	6	32	80	16	40

Taula 5.7. Centres de massa dels grups de textura sense aplicar el funcional en la fase d'aprenentatge.

	Centre de masses (G, L, D, F, A)									
	Fig. 5.4 a)					Fig. 5.4 c)				
	CM1	4	16	38	42	9	4	15	40	42
CM2	7	44	168	14	92	7	44	163	14	91
CM3	2	72	71	7	51	2	73	70	7	50
CM4	1	109	110	22	183	1	102	108	23	175
CM5	6	24	64	22	37	6	23	64	22	37

Taula 5.8. Centres de massa dels grups de textura aplicant el funcional en la fase d'aprenentatge.

La primera comparació a realitzar és entre l'aplicació o no aplicació del funcional en la fase de treball. Això correspon a analitzar els resultats en els centres de massa i la seva variació en la taula 5.7 i 5.8 entre les imatges 5.3.a) i 5.3.c) i entre les imatges 5.4.a) i 5.4.c). Aquesta variació dels centres de massa dels grups de textura generats en la fase de treball ve marcada per la migració d'elements de textura que realitza el funcional d'energia. Tal com es veu en la taula 5.6, no hi ha excessius elements que canviïn de grup, per la qual cosa els centres de massa tindran aproximadament les mateixes coordenades, tal com es veu en les aquestes taules. En canvi, si observem els resultats sobre les imatges i veiem com ha variat la segmentació entre 5.3.a) i c) i entre 5.4.a) i c), es pot veure que el funcional ajuda a eliminar certs elements sorollosos i es perfilen millor les fronteres entre regions de textura. Per tant, quantitativament no s'aprecia significativament la intervenció del funcional, però qualitativament es produeix una millor segmentació en la imatge resultant.

La segona comparació serà entre els resultats en la fase de treball partint d'un aprenentatge realitzat sense l'ús del funcional i un aprenentatge amb l'ús del funcional. En la fase de treball, les úniques dades que es necessiten són els centres de massa que s'han calculat en la fase d'aprenentatge, per la qual cosa la única diferència entre aquests dos casos serà en la variació dels centres de massa que s'ha produït després de l'ús del funcional. Si recordem aquesta variació en les taules 5.3 i 5.4, veiem que no era gaire significativa, per la qual cosa es podia esperar que la variació dels resultats en la fase de treball tampoc no fos molt significativa. Després de veure els resultats en l'assignació de grups podem dir que la diferència és poc significativa. Si observem la diferència entre els centres de massa dels grups de textura resultant en la taula 5.7 i 5.8 entre les imatges 5.3 a) i 5.4 a) no hi ha molta variació. Només en el centre de massa que correspon a la classe 5, amb l'ús del funcional en la fase d'aprenentatge ha millorat la definició d'aquesta classe i el centre s'apropa molt al centre que s'havia creat en la fase d'aprenentatge (mirar taula 5.4). En aquest cas, la descripció del grup de textura número 5 resulta més acurada, doncs la distància entre els dos centres de massa (un en cada fase) és gairebé nul·la. Si observem el resultat de la segmentació sobre 5.3.b) i 5.4 b), es veu que l'efecte de la millor definició de la classe 5 millora la classificació d'una zona arbrada al peu de la imatge. Pel que fa a la resta de les regions de textura, els resultats són equivalents.

Segona imatge de treball.

Hem escollit una segona imatge aèria per provar la fase de treball a partir dels grups de textura generats en la fase d'aprenentatge. Es mostra, juntament amb la imatge original, la imatge de contorns que usa l'extractor de característiques de textura.

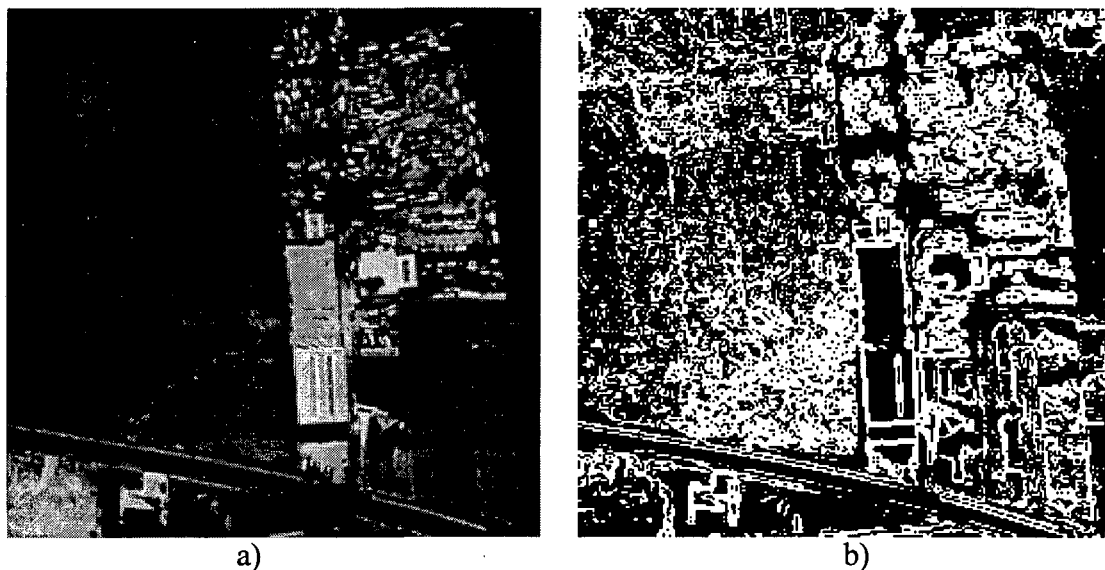


Figura 5.5. a) Imatge original; b) imatge contorns.

- **Fase de treball amb els grups de textura generats pel classificador.**

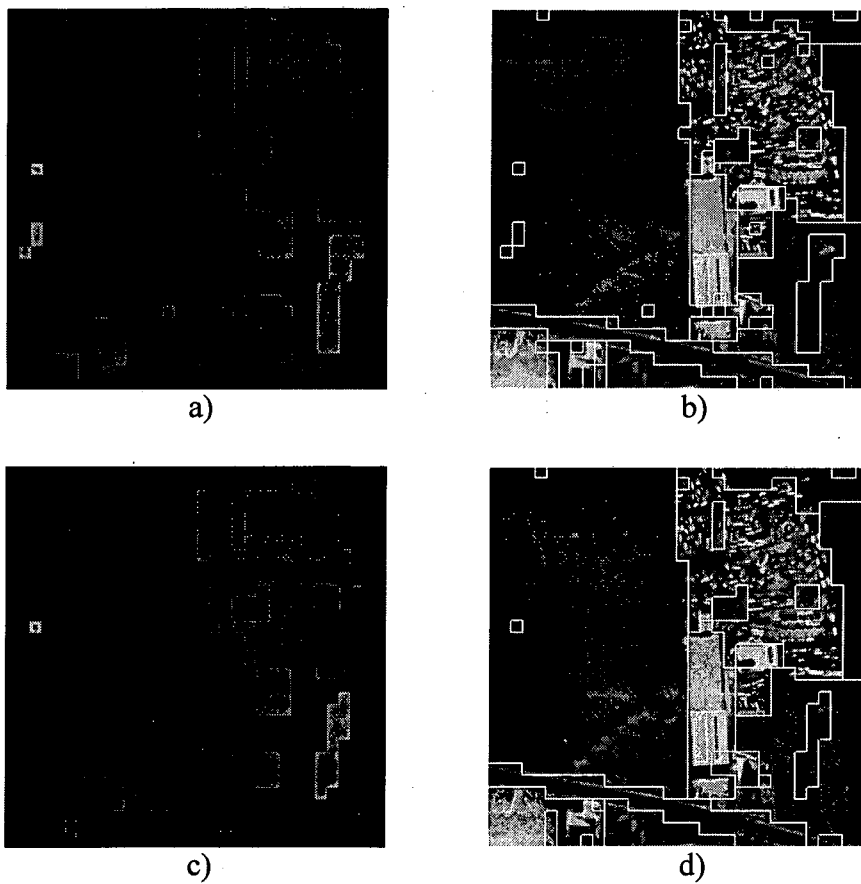
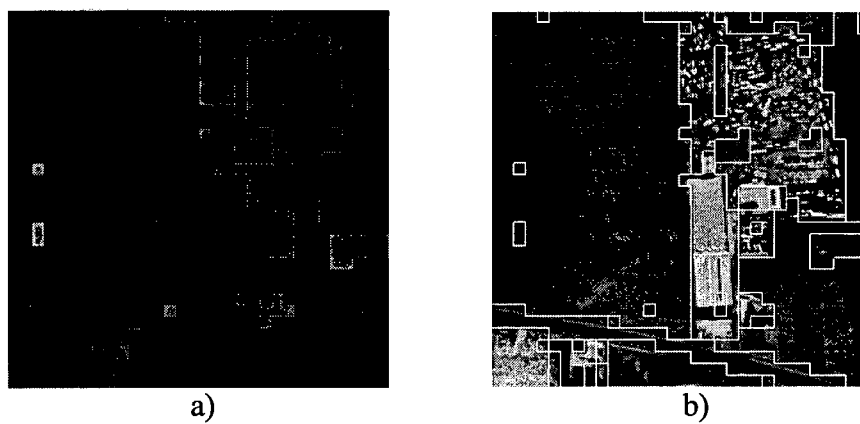


Figura 5.6. a) i b) assignació de grups; c) i d) assignació de grups més aplicació del funcional d'energia.

- **Fase de treball amb els grups de textura generats pel classificador més el funcional d'energia.**



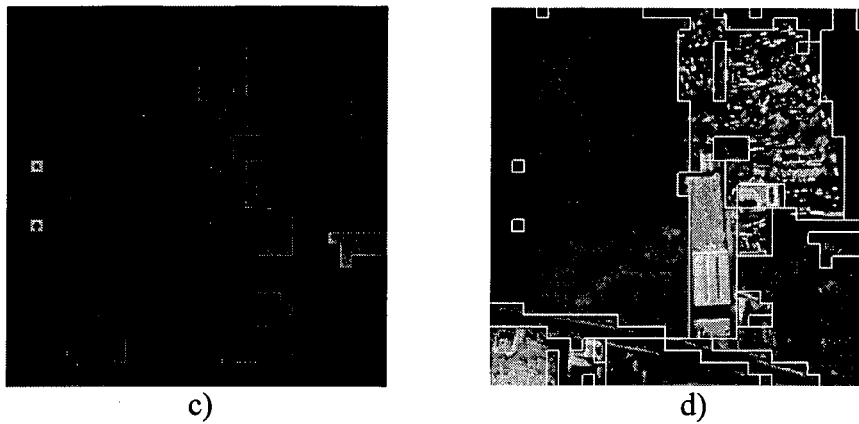


Figura 5.7. a) i b) assignació de grups; c) i d) assignació de grups més aplicació del funcional d'energia.

- **Comentari dels resultats.**

En primer lloc analitzem quantitativament el nombre d'elements que s'han assignat a cada grup de textura així com els centres de massa dels grups resultants després de la classificació, tant amb l'ús del funcional després de classificar com sense ell.

Descripció Classe	Nombre d'elements			
	Classificador Fig. 5.6		Classificador + Funcional Fig. 5.7	
	a)	c)	a)	c)
C1: Zona de cultiu i herba	604	618	613	616
C2: Zona sense cultiu	141	141	153	157
C3: Camins	58	56	48	44
C4: Indeterminats	195	193	195	195
C5: Zona boscosa	26	16	15	12

Taula 5.9. Resultat de la classificació en la fase de treball.

En aquesta imatge apareixen molts elements de textura que pertanyen a la classe 4 d'elements indeterminats. De fet, aquest era el nom que rebia aquesta classe en la fase d'aprenentatge, però en la qual s'hi agrupaven tots aquells elements amb un alt contingut de la textura abruptitat. En aquest imatge en la fase de treball apareixen molts elements que tenen un alt contingut d'abruptitat i linealitat, que corresponen al cotxes que hi ha en una deixalleria.

Les taules 5.10 i 5.11 ens mostren les variacions en els centres de massa dels grups que han estat creats sense l'ús del funcional i amb l'ús del funcional en la fase d'aprenentatge, així com també es mostren els centres dels grups de textura després d'aplicar el funcional en la fase de treball.

	Centre de masses (G, L, D, F, A)									
	Fig. 5.6 a)					Fig. 5.6 c)				
	CM1	2	4	20	130	85	2	4	19	138
CM2	3	36	102	2	45	3	35	99	2	47
CM3	10	39	97	5	31	11	38	102	5	33
CM4	3	124	76	10	189	3	120	78	10	193
CM5	16	23	39	38	22	16	25	36	40	18

Taula 5.10. Centres de massa dels grups de textura sense aplicar el funcional en la fase d'aprenentatge.

	Centre de masses (G, L, D, F, A)									
	Fig. 5.7 a)					Fig. 5.7 c)				
	CM1	2	4	19	131	85	2	4	19	132
CM2	4	32	103	2	51	4	32	104	2	51
CM3	9	38	91	5	31	9	39	93	5	34
CM4	3	124	75	10	190	3	124	75	10	190
CM5	17	20	43	38	22	17	21	44	38	23

Taula 5.11. Centres de massa dels grups de textura aplicant el funcional en la fase d'aprenentatge.

Els resultats, després d'executar la fase de treball amb aquesta imatge, són semblants als resultats que havien aparegut amb la primera imatge de la fase de treball. No hi ha canvis significatius quan la fase de treball usa els grups de textura generats amb el funcional o usa els grups generats només amb el classificador. Recordem que la variació dels centres de massa usant o no usant el funcional en la fase d'aprenentatge no és molt significativa.

Les millores relatives s'obtenen quan s'aplica el funcional en la fase de treball. Si s'observen les variacions en els centres de massa després d'usar el funcional en la fase de treball (taula 5.10 i 5.11) no s'aprecia una variació significativa, però observant la segmentació sobre les imatges, s'observa que s'han perfilat millor les regions de textura diferents.

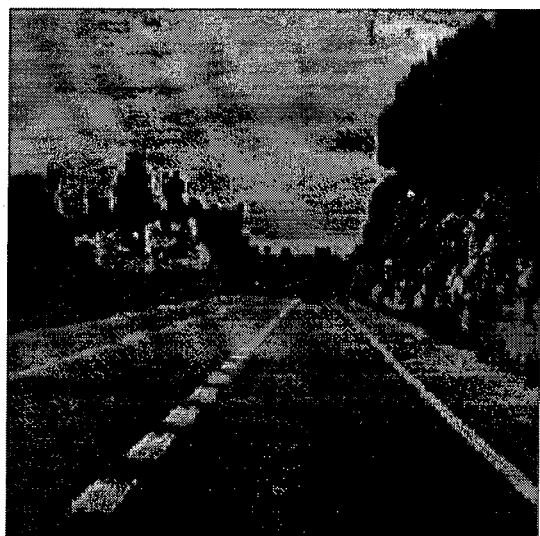
Després de veure aquests resultats, podem dir que l'ús del funcional en la fase d'aprenentatge no millora radicalment la segmentació però té una certa aportació, donat que permet ajustar millor cada grup en la forma de variar el seu centre de massa. És en la fase de treball on s'observa una millora en la segmentació a l'aplicar el funcional d'energia.

5.4. Segmentació d'imatges de carreteres.

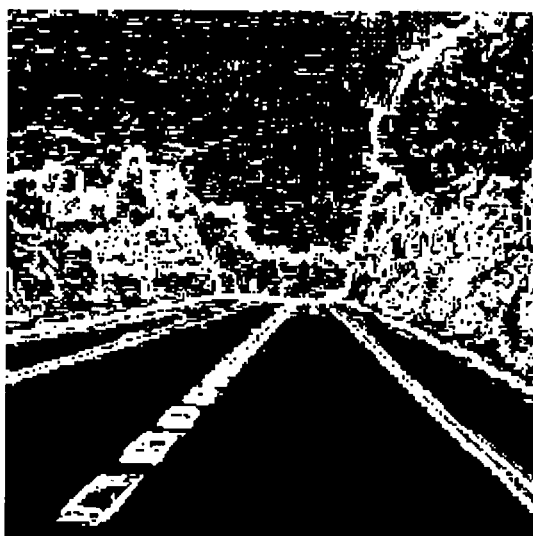
En el guiat de vehicles, un dels problemes principals que cal resoldre és el reconeixement o segmentació del camí pel qual ha de circular el vehicle. Existeixen diversos tipus de processat pel reconeixement de carreteres (contorns, línies principals, punts característics, ...). En aquesta aplicació, el fet de trobar el camí esdevindrà la qüestió principal pel que respecte al temps de càlcul. Només es podran aplicar aquells mètodes que treballin en temps real. En aquest sentit, volem aplicar l'extracció paramètrica de característiques de textura per a la segmentació de carreteres a *video rate* i demostrar que és possible la discriminació de la zona transitable usant amb èxit el nostre mètode.

Per tal de considerar un nombre prou significatiu de textures diferents en aquest tipus d'entorn, en la fase d'aprenentatge usem tres imatges diferents a partir de les quals s'extreuen les característiques de textura i es classifiquen els tèxels resultants de les tres imatges a la vegada. Per tant, després de la classificació no té sentit aplicar el funcional d'energia per modificar els centres de massa resultants donat que aquests no corresponen a cap imatge concreta sinó al resultat de la classificació de les tres imatges.

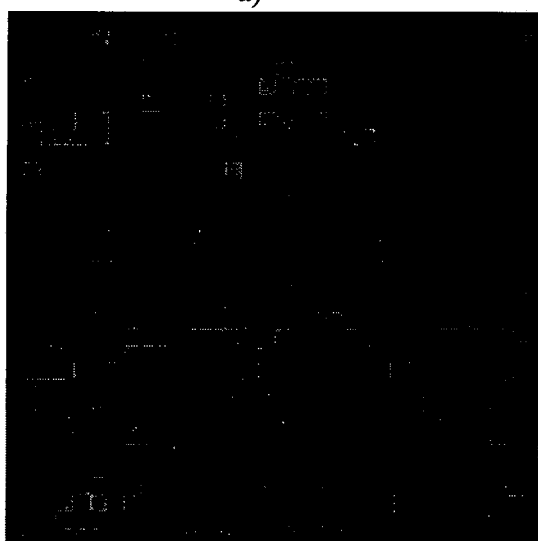
A continuació mostrem aquestes imatges usades en l'aprenentatge i la seva posterior segmentació. Al costat de la imatge original es mostra la imatge de contorns que, de fet, serà la informació que es necessitarà en l'extracció de quatre de les cinc característiques de textura. Després d'obtenir els centres de massa en la fase d'aprenentatge, es passa a la fase de treball en la qual s'assigna cada tèxel a un grup de textura ja creat. En la fase de treball utilitzarem com a imatges d'entrada tant les mateixes amb les quals s'ha fet l'aprenentatge com d'altres imatges de carreteres. El resultat de l'assignació de grups de textura amb aquestes imatges també es mostra juntament amb la imatge original i la imatge de contorns. Tot i que l'aplicació és orientada a l'operació en temps real, s'aplica el funcional d'energia al resultat de l'assignació de grups per veure com millora visualment la discriminació entre textures. En aplicacions d'aquest tipus, on es coneix la tipologia de la imatge, l'interessant és identificar la zona transitable, textura llisa o difuminada, i es podrien utilitzar altres informacions addicionals de la imatge o restriccions imposades a partir del coneixement previ del tipus d'entorn.



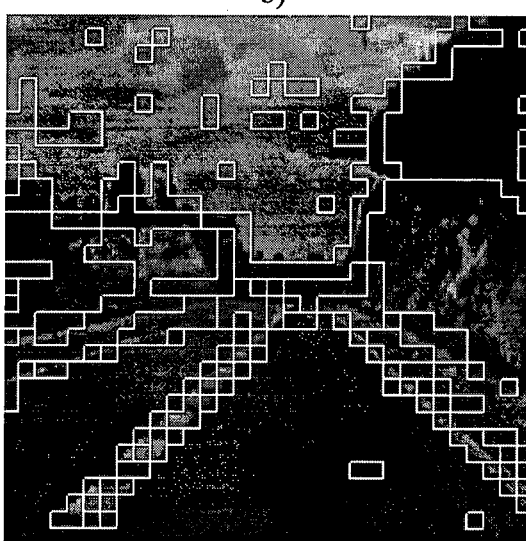
a)



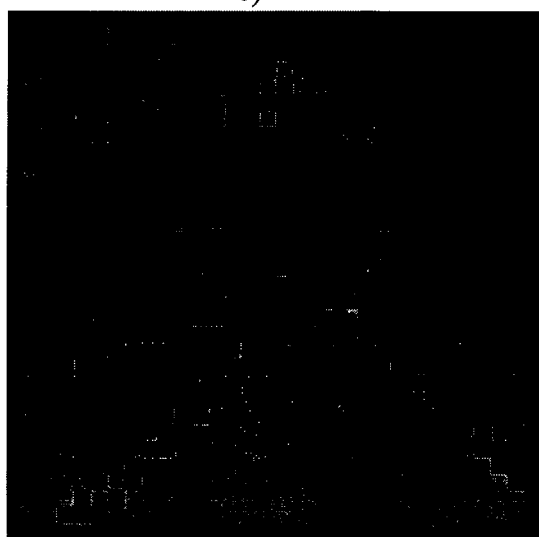
b)



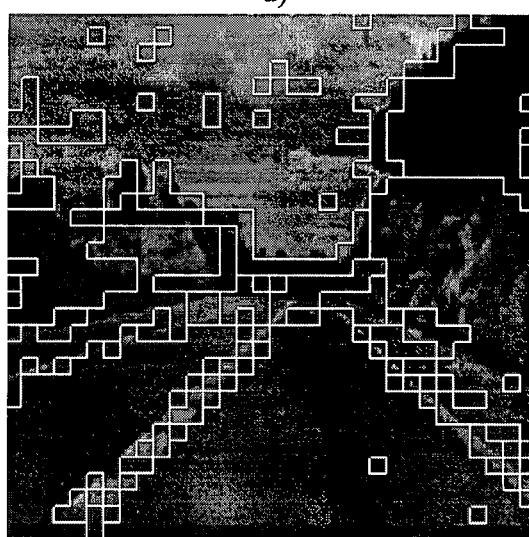
c)



d)

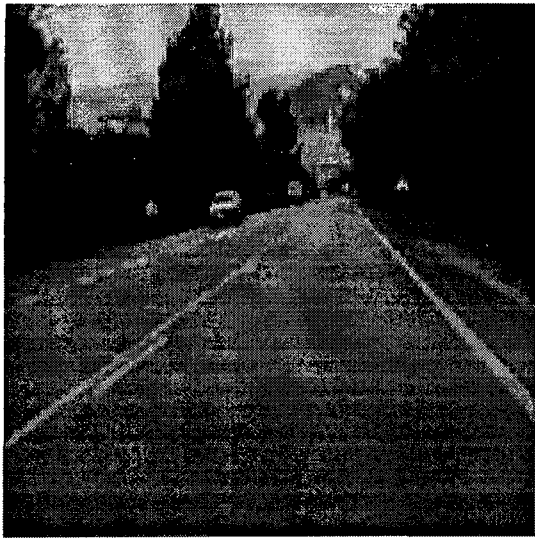


e)

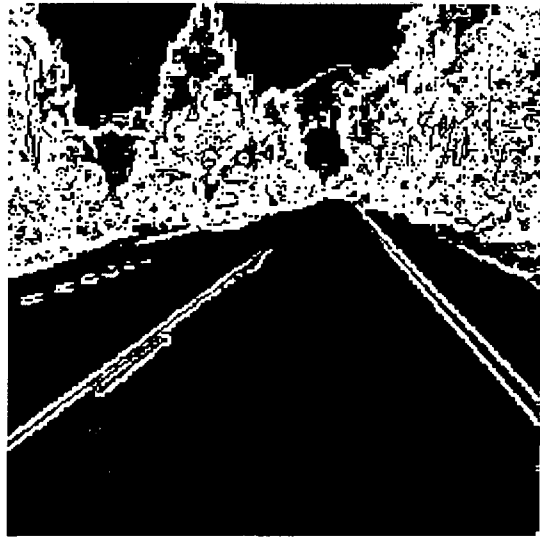


f)

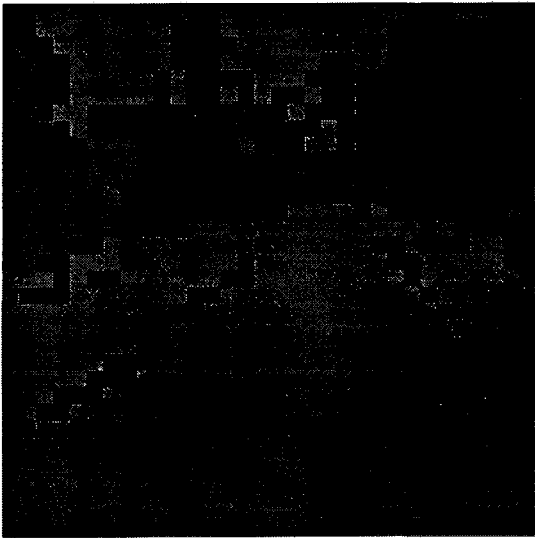
Figura 5.8. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) assignació de grups, d) segmentació de la imatge, e) assignació de grups més el funcional, f) segmentació usant el funcional.



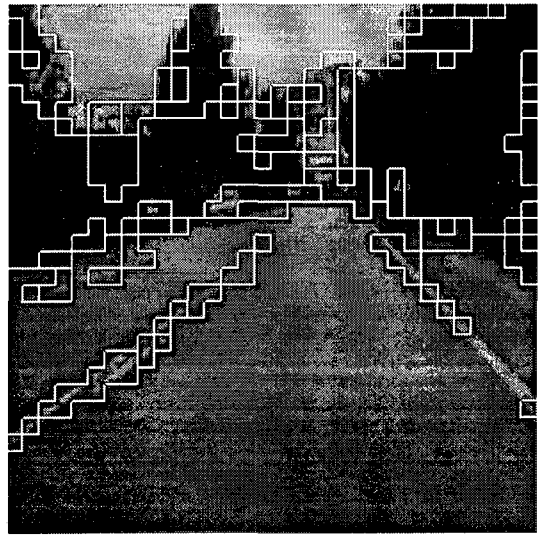
a)



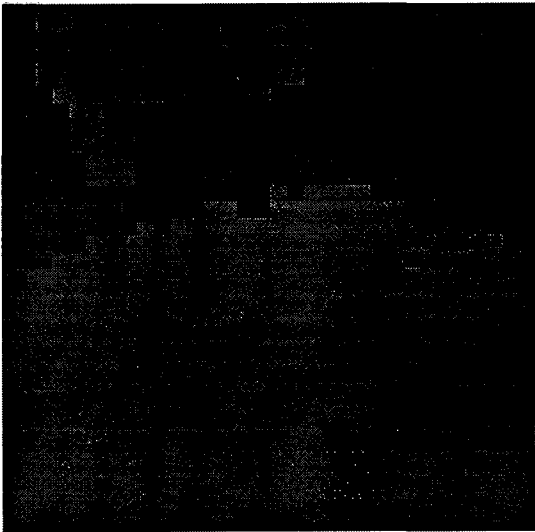
b)



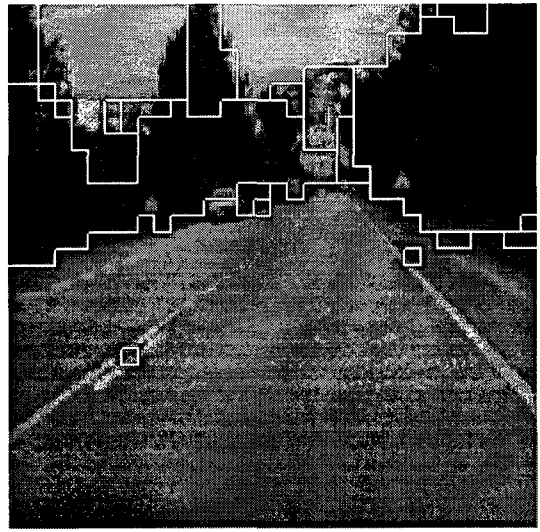
c)



d)

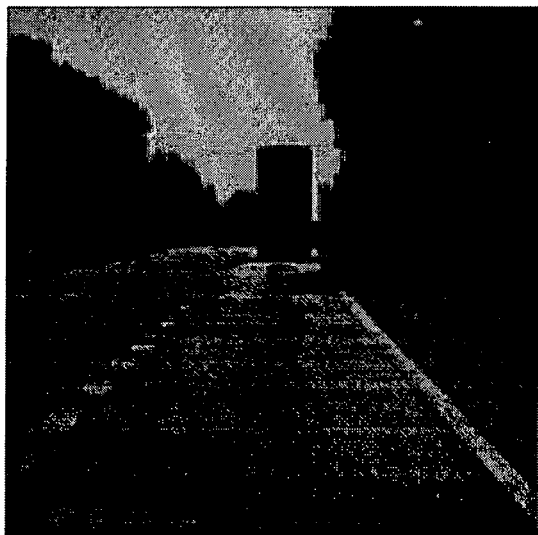


e)



f)

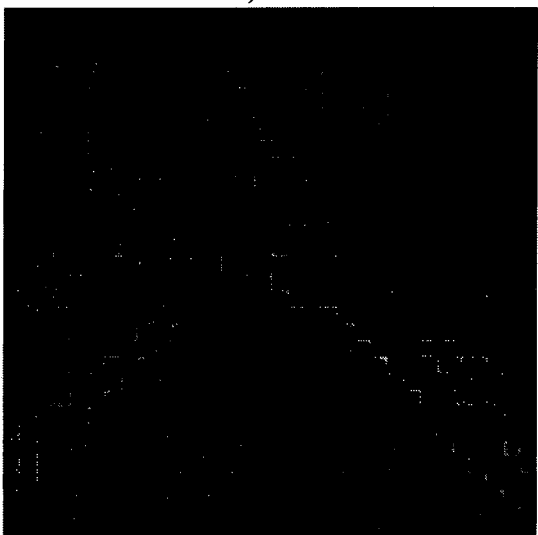
Figura 5.9. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) assignació de grups, d) segmentació de la imatge, e) assignació de grups més el funcional, f) segmentació usant el funcional.



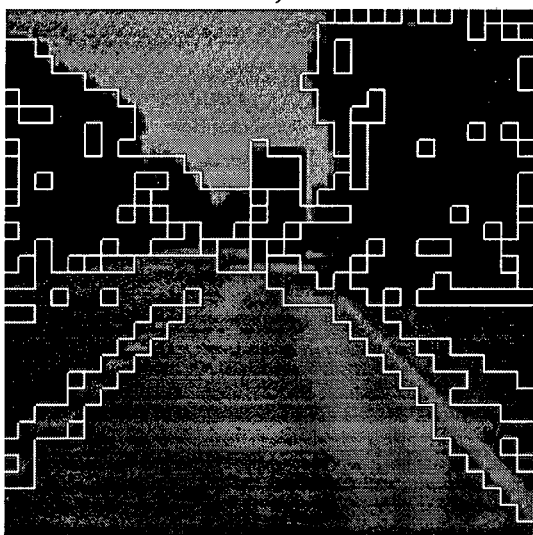
a)



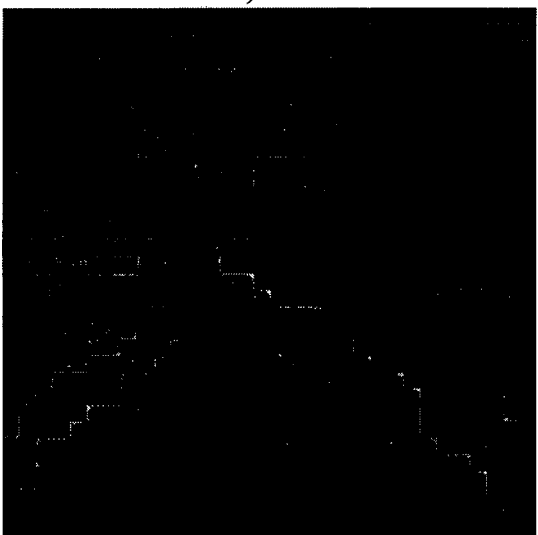
b)



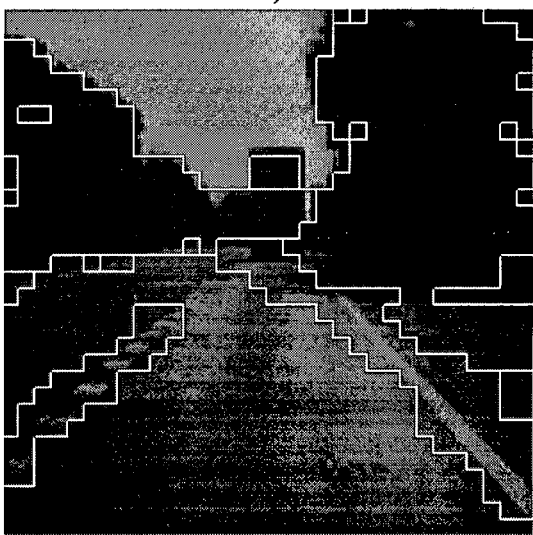
c)



d)



e)



f)

Figura 5.10. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) assignació de grups, d) segmentació de la imatge, e) assignació de grups més el funcional, f) segmentació usant el funcional.

Les imatges de les figures 5.8, 5.9 i 5.10 mostren els resultats del procés d'aprenentatge. Les imatges c) indiquen per a cada regió de textura a quin grup pertanyen. Cada classe s'ha representat amb un nivell de gris diferent, començant per la classe 1 a la qual se li ha assignat el color negre. En les imatges d) es pot veure la segmentació mitjançant fronteres entre aquestes regions. Juntament amb aquestes imatges, s'ha aplicat el funcional sobre el resultat de l'assignació de grups. En les imatges e) es pot observar els grups de textura que s'han generat i, en les imatges f), apareix la segmentació mitjançant fronteres entre els grups de textura.

En la taula 5.12 es mostra el resultat de la classificació en la fase d'aprenentatge. Aquest resultat serà els centres de massa dels grups de textura que s'han generat. El nombre de grups generats és quatre, nombre suficient per descriure les regions que ens interessin de la imatge. Al ser aquesta una aplicació en la qual busquem la zona de carretera, la resta d'elements de la imatge ens interessa que estiguin el més agrupats possible.

Classe	Descripció dels grups de textura	Centre de masses (G, L, D, F, A)
1	Ratlles de la carretera i elements lineals	(4, 121, 34, 70, 67)
2	Zones granuloses i discontinúes	(131, 7, 107, 101, 12)
3	Zones arbrades amb alta abruptitat	(72, 19, 20, 75, 132)
4	Regions difuminades (carretera i cel)	(1, 3, 176, 1, 4)

Taula 5.12. Resultat de l'aprenentatge: centres de massa dels grups de textura.

En la taula 5.13 podem observar la distància entre els centres de massa de cada grup de textura resultant.

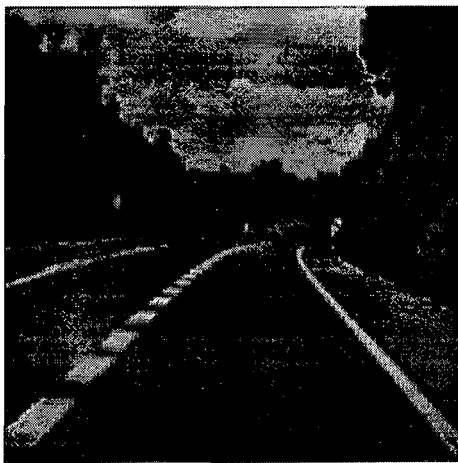
Distància entre centres de massa de grups	Distància
1 al 2	196.06
1 al 3	139.55
1 al 4	207.51
2 al 3	162.08
2 al 4	178.16
3 al 4	226.93

Taula 5.13. Distància entre centres de massa dels grups de textura.

No existeix cap grup que estigui molt pròxim l'un de l'altre. La major distància apareix entre els grups 3 i 4, discriminant-se molt bé les zones arbrades de la zona de carretera.

Fase de treball.

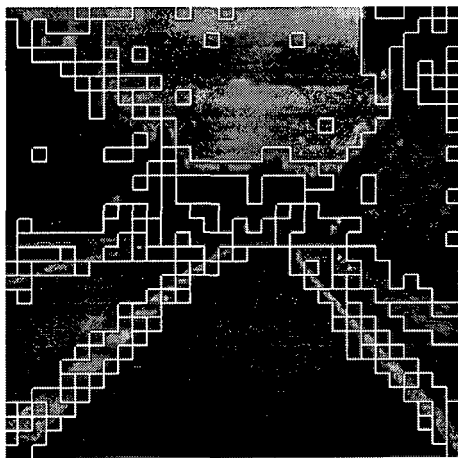
Quan s'han calculat els centre de massa dels grups de textura, es pot iniciar la fase de treball. En aquesta fase, cada tèxel és assignat al centre de massa més proper. Després de cada assignació de grup amb la seva respectiva segmentació, s'ha aplicat el funcional d'energia per observar com millora la segmentació en aquesta fase. En aquesta fase s'han provat diverses imatges i la presentació s'ha distribuït de la següent manera: primer es mostra la imatge original, al costat es pot veure la imatge contorns que serà la informació que necessita l'extractor de característiques de textura. Després de realitzar l'assignació de grups, es mostra la segmentació resultant i també es mostra, al costat, la segmentació després d'aplicar el funcional d'energia.



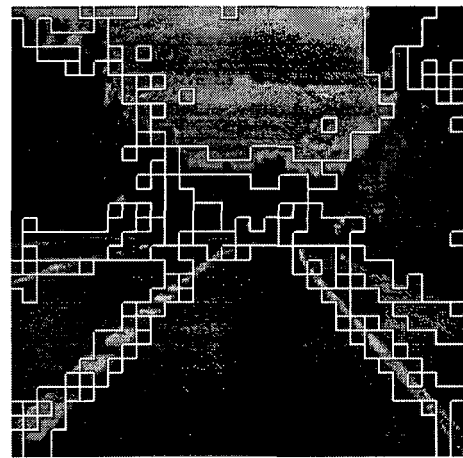
a)



b)



c)



d)

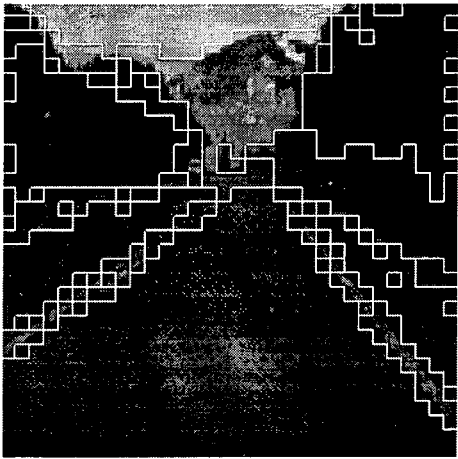
Figura 5.11. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) segmentació amb assignació de grups, d) segmentació amb assignació de grups més funcional d'energia.



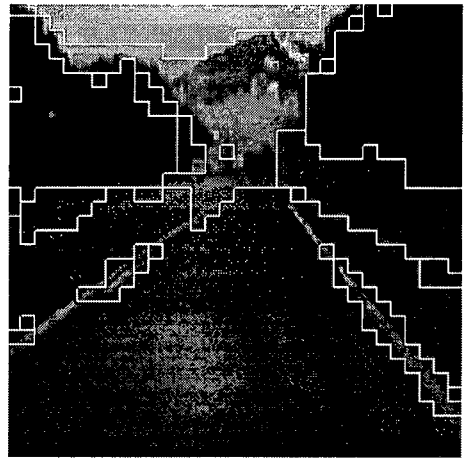
a)



b)

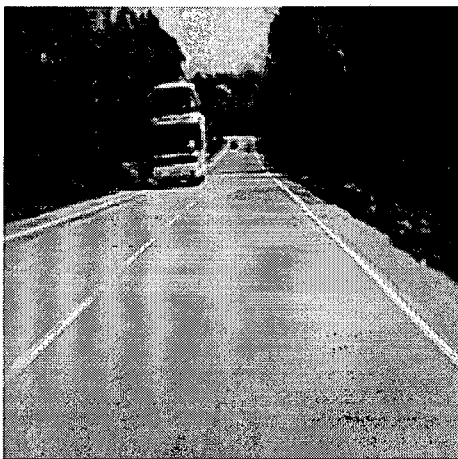


c)



d)

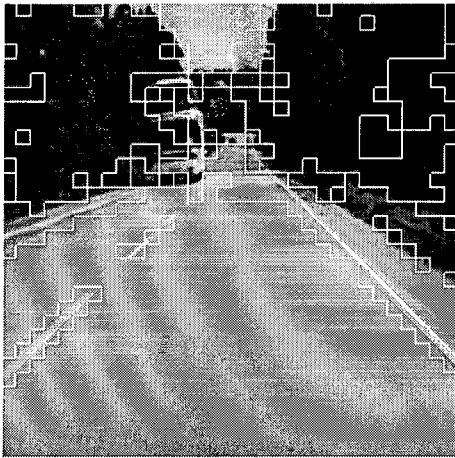
Figura 5.12. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) segmentació amb assignació de grups, d) segmentació amb assignació de grups més funcional d'energia.



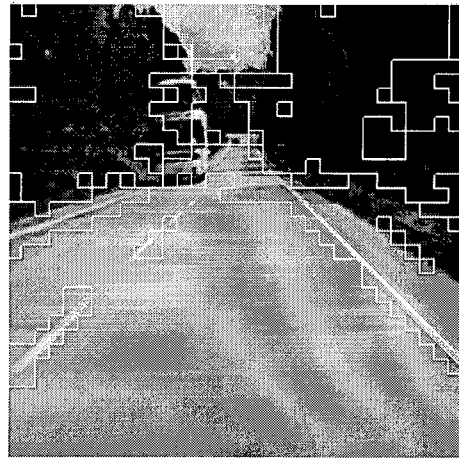
a)



b)



c)

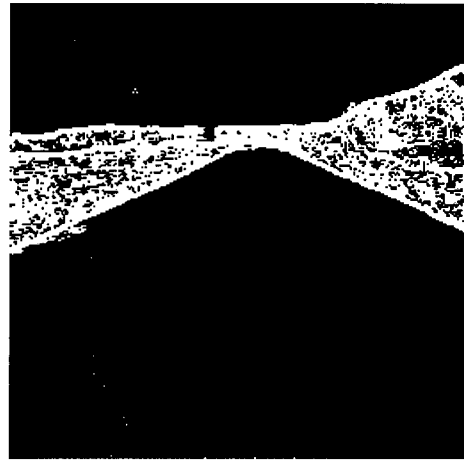


d)

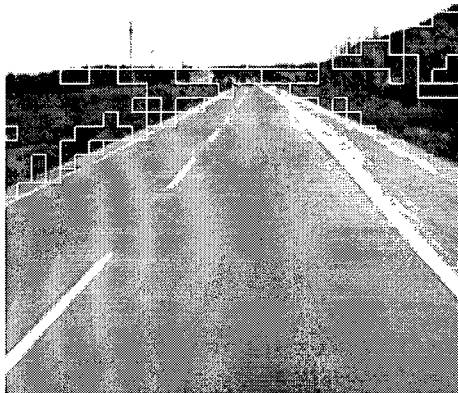
Figura 5.13. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) segmentació amb assignació de grups, d) segmentació amb assignació de grups més funcional d'energia.



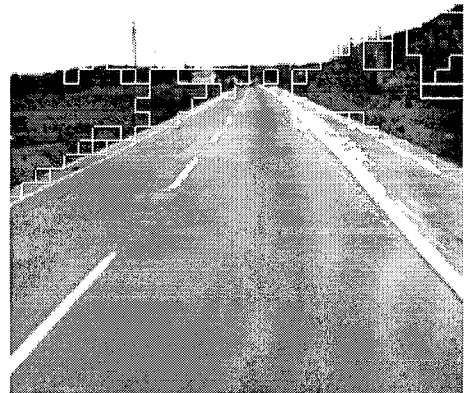
a)



b)



c)

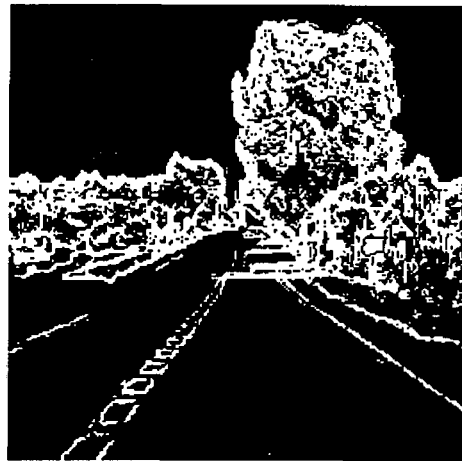


d)

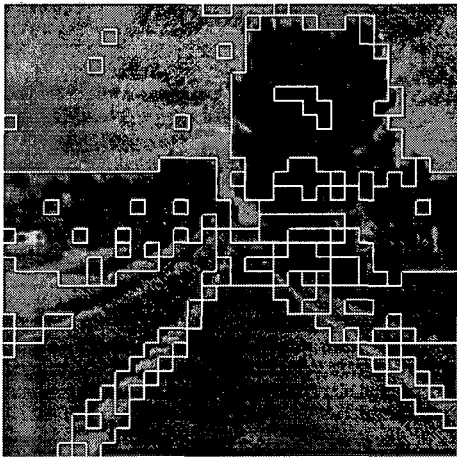
Figura 5.14. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) segmentació amb assignació de grups, d) segmentació amb assignació de grups més funcional d'energia.



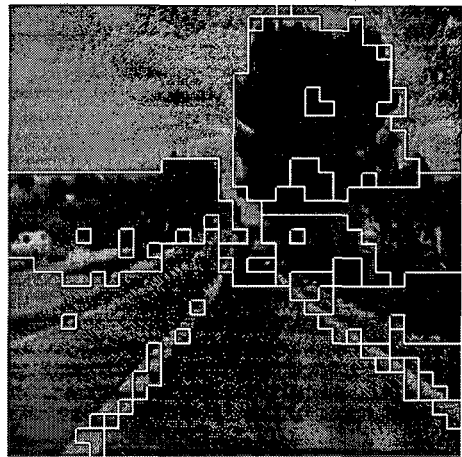
a)



b)

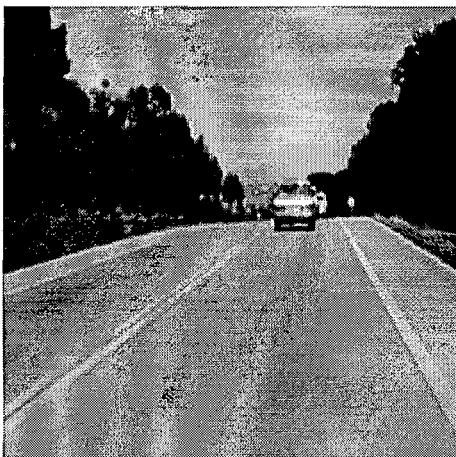


c)

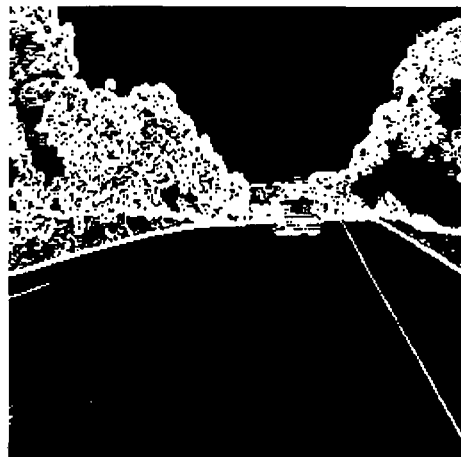


d)

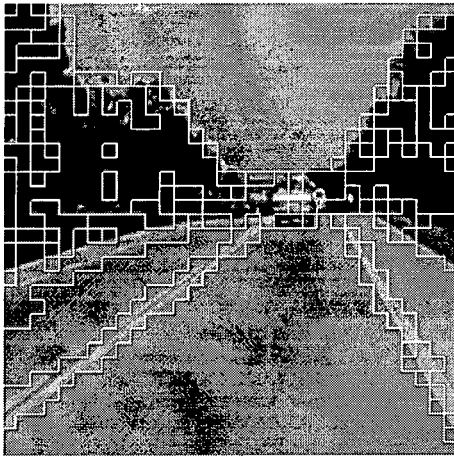
Figura 5.15. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) segmentació amb assignació de grups, d) segmentació amb assignació de grups més funcional d'energia.



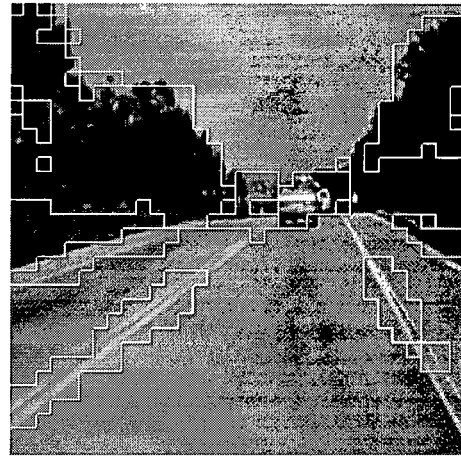
a)



b)

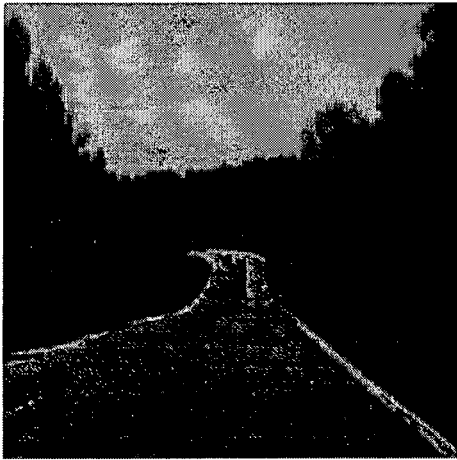


c)



d)

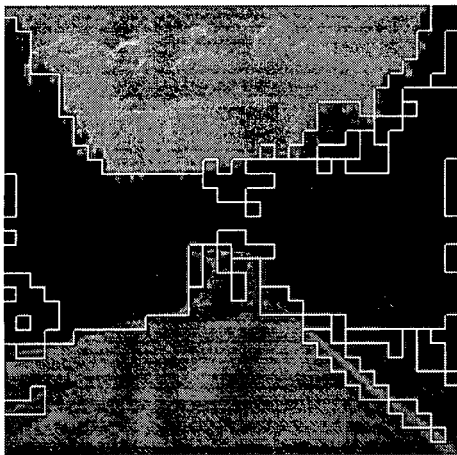
Figura 5.16. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) segmentació amb assignació de grups, d) segmentació amb assignació de grups més funcional d'energia.



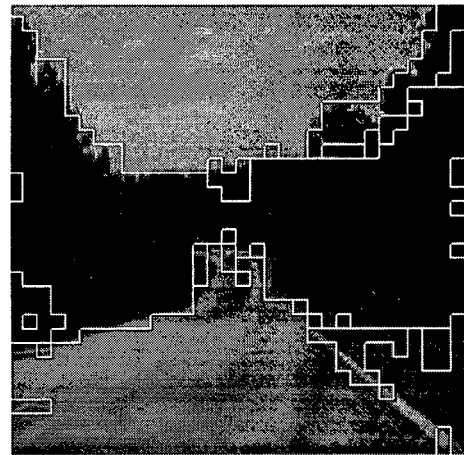
a)



b)



c)



d)

Figura 5.17. a) Imatge original, b) Imatge contorns, c) segmentació amb assignació de grups, d) segmentació amb assignació de grups més funcional d'energia.

Per a cada imatge en la fase de treball, s'extreuen les seves característiques de textura i s'assigna cada tèxel al grup més proper en l'espai de característiques. Aquest és el resultat que es mostra en les imatges c) anteriors. Després d'aquesta assignació s'aplica el funcional d'energia per millorar la segmentació de cada imatge. Tot i que la seva utilització està limitada a aplicacions que no poden operar a temps real, és interessant observar com la discriminació entre textures millora àmpliament. La utilització de tres imatges en la fase d'aprenentatge ens ha permès generar classes més ben definides que no si haguéssim utilitzat el funcional d'energia en aquella fase.

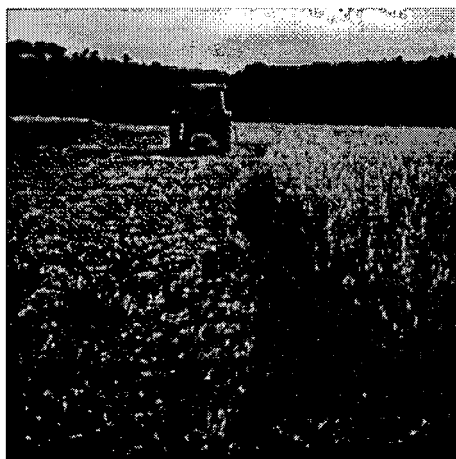
5.5. Segmentació d'imatges agrícoles.

Un altre dels aspectes importants del guiatge automàtic de vehicles apareix quan la zona de conducció no és ni un carril ni una via, sinó una zona natural sense delimitacions estructurades. La pròpia zona de conducció la marca el terreny sobre el qual s'està conduint.

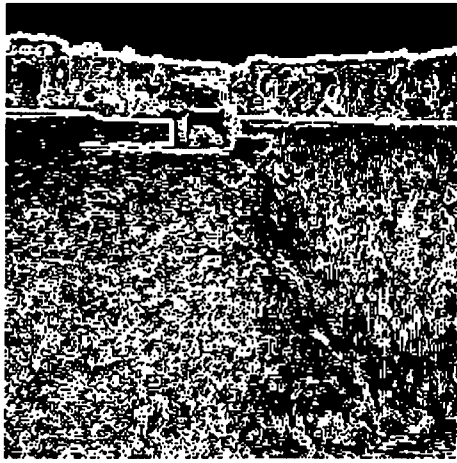
Aquest problema té una clara aplicació en la conducció automàtica de vehicles en zones agrícoles, i més concretament sobre camps de conreu.

Les imatges que es mostren a continuació fan referència a la segmentació de zones de cultiu i zones boscoses per un possible guiatge de màquines o vehicles que circulin per aquests entorns.

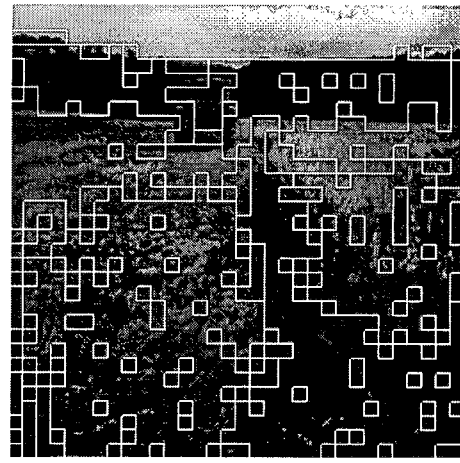
Els tres grups de figures anteriors, 5.18, 5.19 i 5.20, mostren diferents ambients agrícoles sobre els quals s'ha aplicat el nostre mètode d'extracció de característiques de textura per tal de segmentar regions de textura semblant



a)



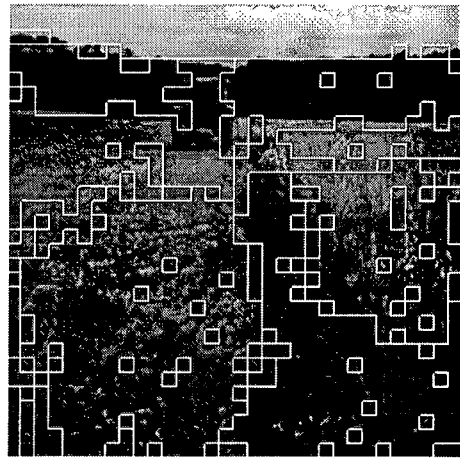
b)



c)

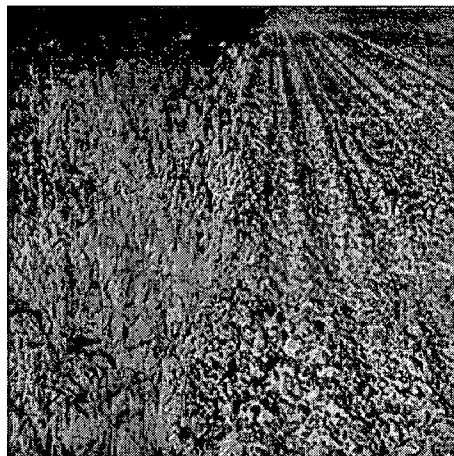


d)

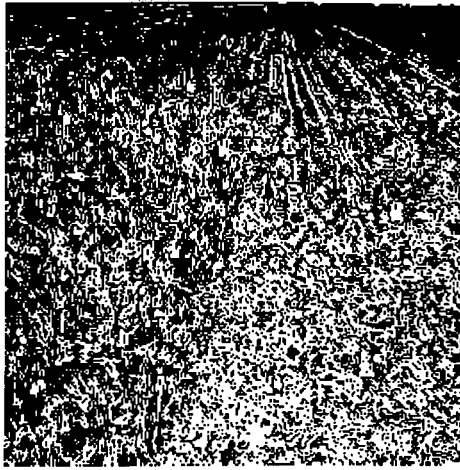


e)

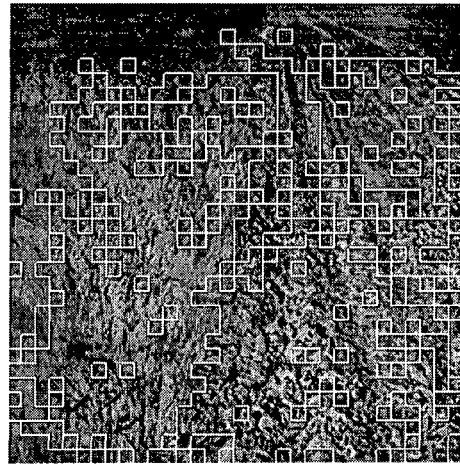
Figura 5.18. Segmentació d'imatges agrícoles. a) Imatge original; b) imatge contorns; c) segmentació; d) segmentació més el funcional d'energia, e) segmentació més funcional amb fronteres.



a)



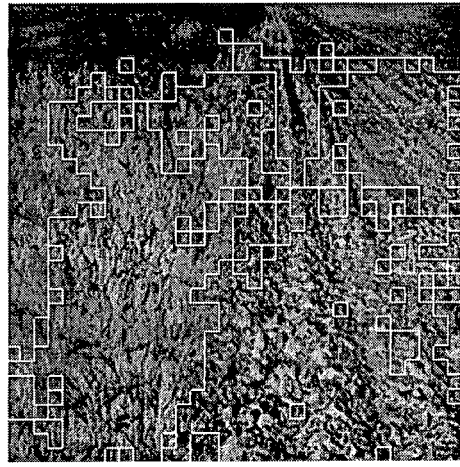
b)



c)

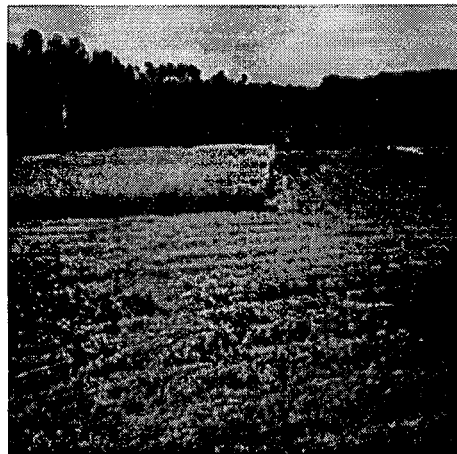


d)



e)

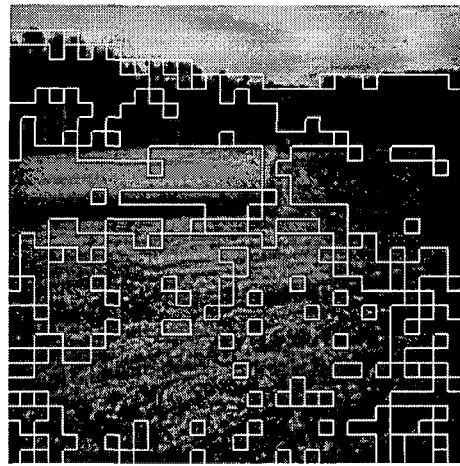
Figura 5.19. Segmentació d'imatges agrícoles. a) Imatge original; b) imatge contorns; c) segmentació; d) segmentació més el funcional d'energia, e) segmentació més funcional amb fronteres.



a)



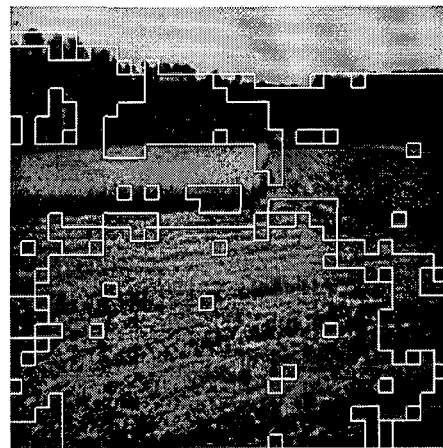
b)



c)



d)



e)

Figura 5.20. Segmentació d'imatges agrícoles. a) Imatge original; b) imatge contorns; c) segmentació; d) segmentació més el funcional d'energia, e) segmentació més funcional amb fronteres.

	Classe 1
	Classe 2
	Classe 3
	Classe 4

Cada grup d'imatges conté les següents figures: a) imatge original sobre la qual treballarem mentre que en la figura b) es mostren els contorns de la imatge original que serà la informació que requereix el procés de càlcul dels paràmetres. En la figura c) s'observa el resultat de la classificació creant fronteres entre els tèxels que pertanyen a grups diferents de textura. Si s'aplica el funcional després de la classificació s'obté el resultat de la figura d) en la qual es mostren en codis de colors cada grup de textura. En la imatge e) es mostren les fronteres entre tèxels.

En el procés de classificació s'han generat quatre classes de textures diferents. En la taula 5.14 es mostra, per a cada conjunt d'imatges, el nombre d'elements de textura que pertanyen als diferents grups de textura.

Nom de la classe	Descripció	Nombre d'elements		
		Fig.5.18	Fig.5.19	Fig.5.20
C1	Zona boscosa	260	199	259
C2	Herbes llunyanes	321	318	286
C3	Zona difuminada	112	251	139
C4	Zona lineal i abrupta	331	256	340

Taula 5.14. Resultat de la classificació en la fase de treball.

La classe 1 engloba tots aquells elements amb components lineals i abruptes però amb valor més baixos que aquells que s'engloben en la classe 4. La classe 2 correspon a elements que, per la distància a la que estan respecte el punt d'observació, no tenen una característica clara de textura i, per això, no és possible distingir-los entre ells. Tot i que els arbres que apareixen en la classe 1 estan més llunyans, a l'estar sobre un pla paral·lel al pla de la imatge, no pateixen la deformació de perspectiva que afecta als elements de la classe 2. La classe 3 conté els elements que pertanyen al cel, altament difuminat o sense cap més component.

En la taula 5.15 apareixen els centres de massa per a cada conjunt d'imatges, així com la desviació total de cada grup de textura.

Classe	Desviació total	Centre de masses (G, L, D, F, A)
Figura 5.18		
1	41	(4, 85, 165, 21, 109)
2	41	(9, 30, 180, 24, 22)
3	18	(0, 3, 12, 0, 2)
4	44	(1, 139, 145, 9, 203)
Figura 5.19		
1	36	(2, 111, 129, 15, 160)
2	39	(6, 66, 144, 30, 78)
3	35	(10, 15, 168, 17, 12)
4	35	(0, 161, 109, 5, 236)
Figura 5.20		
1	44	(4, 78, 133, 25, 94)
2	41	(9, 23, 156, 17, 15)
3	12	(0, 3, 5, 0, 2)
4	45	(0, 137, 111, 9, 200)

Taula 5.15. Desviacions i centres de massa dels grups de textura.

Els grups que corresponen al cel tenen el centre molt pròxim a l'origen de coordenades. També es pot observar que no apareixen molts elements granuloses en les imatges donat que els centres de massa tenen aquesta component propera a l'origen, en canvi el valor del difuminat és elevat per a totes les imatges.

Les distàncies entre els diferents centres de massa ens indicaran quan separats estant entre ells. La taula 5.16 mostra aquestes distàncies entre centres de massa per a cada conjunt d'imatges.

Centres de massa	Distància	Centres de massa	Distància	Centres de massa	Distància
Fig. 5.17		Fig. 5.18		Fig. 5.19	
1 al 2	104.18	1 al 2	95.99	1 al 2	99.42
1 al 3	205.03	1 al 3	180.86	1 al 3	176.39
1 al 4	110.93	1 al 4	93.70	1 al 4	124.39
2 al 3	173.23	2 al 3	87.85	2 al 3	154.08
2 al 4	214.84	2 al 4	189.41	2 al 4	222.24
3 al 4	276.84	3 al 4	274.26	3 al 4	261.68

Taula 5.16. Distància entre centres de massa dels grups de textura.

No apareix cap grup que estigui molt pròxim d'un altre. Aquest fet juntament amb la baixa desviació de cada grup indiquen que els grups de textura estan ben definits. La distància més gran és la que existeix entre els grups 3 i 4, corresponent a les regions difuminades del cel i els elements lineals i abruptes, creant-se una forta discriminació entre ells.

Els resultats de la segmentació per textures sobre imatges en entorns agrícoles dona uns resultats acceptables. La raó d'aquests resultats és que les imatges estan adquirides amb molta perspectiva i, a la vegada, provoca que aparegui el efecte *zoom*. Un mateix objecte en la imatge està a diferents profunditats per la qual cosa la seva textura és perceptivament variable, resultant doncs el mètode no invariant al *zoom*. Així mateix, regions amb una textura determinada apareixen com difuminats a causa de la distància a l'observador.

5.6. Segmentació d'imatges de teixits.

Dins l'entorn industrial, el processat d'imatges és una tècnica àmpliament usada per a resoldre multitud de problemes. Els mètodes emprats han de ser senzills donat el caire de tractament a alta velocitat que necessita qualsevol producció industrial. Per aquest motiu, l'anàlisi de textures sobre imatges obtingudes en processos industrials no pot oferir tota la potència que té, a no ser que l'anàlisi es realitzi a alta velocitat de processament. Així doncs, el nostre mètode serà ideal per a inspecció i control de qualitat dins de cadenes de producció on l'anàlisi a realitzar requereixi de la potència que proporciona l'anàlisi de textures.

En concret, s'han obtingut imatges que provenen d'una cadena d'estampació de dibuixos sobre teixits. En primer lloc, hem construït un mosaic de teixits (figura 5.21 a)) per demostrar que el sistema és capaç de segmentar-los. Com que la mida del tèxel és superior als dibuixos que apareixen sobre la roba, la textura és fàcilment detectada. En la imatge b) es mostra el resultat de la classificació amb 6 classes diferents, donat que apart dels quatre teixits, hi ha dues zones de solapament.

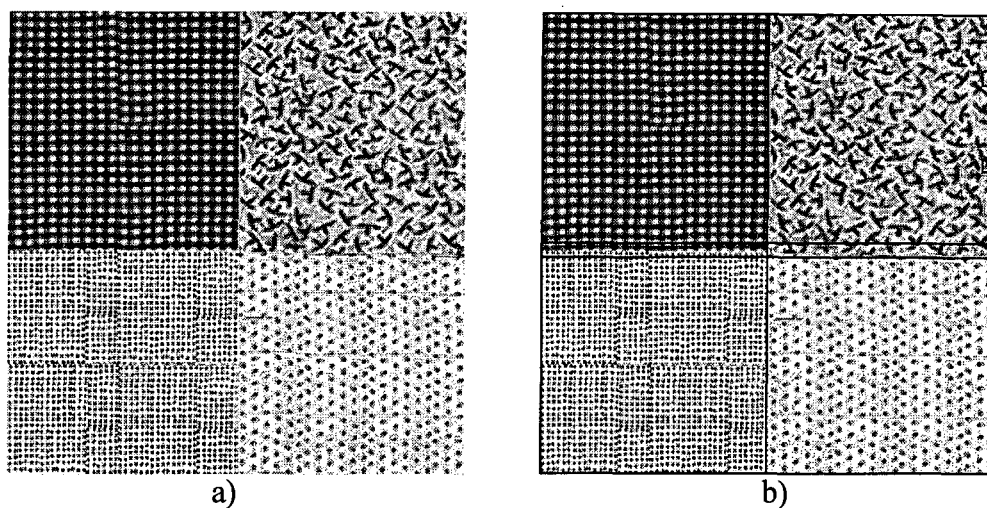


Figura 5.21. Mosaic de teixits i la seva segmentació. a) Imatge original, b) resultat de la classificació.

En la taula 5.17 es pot veure el resultat de la classificació, en termes del nombre d'elements de textura que s'han inclòs en cada classe. S'han generat 6 classes diferents que també es descriuen en la taula.

Número de classe	Descripció	Nombre d'elements de textura
C1	Teixit de línies creuades (superior esquerra)	256
C2	Teixit de flors (superior dreta)	254
C3	Teixit fortament puntejat (inferior esquerra)	240
C4	Teixit puntejat (inferior dreta)	240
C5	Textura solapament esquerra	16
C6	Textura solapament dreta	18

Taula 5.17. Nombre d'elements en la classificació.

Després de veure que és possible segmentar teixits diferents, realitzem una prova més real. En el procés d'estampació dels teixits intervenen diverses estampadores que han d'anar perfectament sincronitzades per crear els dibuixos sobre la roba en una determinada posició. Un dels problemes habituals que succeeixen és la desincronització d'aquestes màquines estampadores, provocant un desplaçament del dibuix sobre la roba. Per automatitzar el procés d'inspecció, analitzarem les imatges obtingudes després de les estampadores per reconèixer si s'han desincronitzat les màquines. L'efecte serà un canvi en la textura de la imatge que es detectarà indicant una nova textura sobre la roba, que en realitat serà la tara de la peça. En la figura 5.22 a) es pot veure la imatge d'una tela (que avança de dreta a esquerra) que té una certa textura fins a la meitat de la imatge. A partir d'aquell instant apareix una nova textura provocada per la desincronització de l'estampadora i la conseqüent estampació moguda. Després d'aquesta franja, torna a aparèixer la textura original amb el problema solucionat. El resultat de la classificació és evident: apareix una nova classe de textura en la zona mal estampada (figura 5.22 b)).

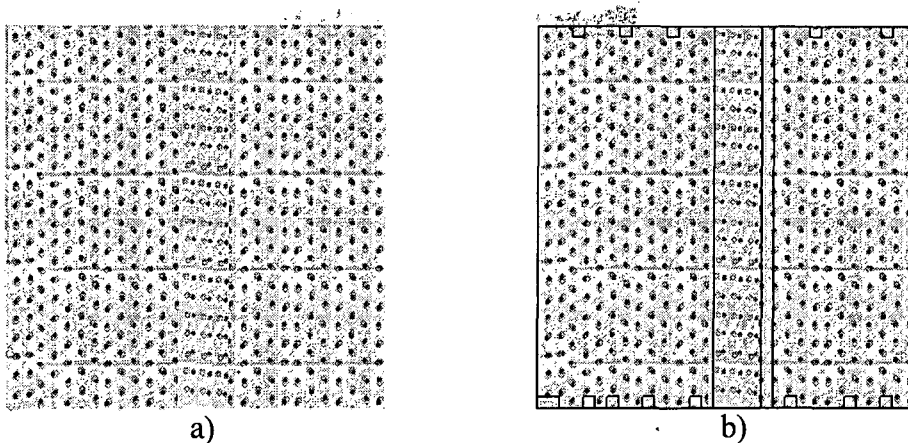


Figura 5.22. Imatge mal estampada (a) i la seva segmentació (b).

A part de la desincronització entre màquines, pot succeir que una mateixa estampadora alenteixi o acceleri el ritme d'estampació per problemes al·lens al sistema de visió. També pot succeir que a cadena que serveix la bobina de roba acceleri o ralenteixi a seva velocitat. Aquest problemes es veuen reflectits en l'estampació del dibuix sobre la roba. En la figura 5.23 a) es pot veure una estampació de punts sobre una tela (que avança de dreta a esquerra). En la imatge s'aprecia una concentració de punts indicant una ralentització de la cadena o un increment de la cadència d'estampació. La textura varia clarament amb aquest problema. En la mateixa imatge, després d'un cert temps, s'aprecia un distanciament entre els punts estampats en el teixit. Això indica una acceleració de la cadena o un alentiment de l'estampació, provocant un canvi en la textura original de la roba.

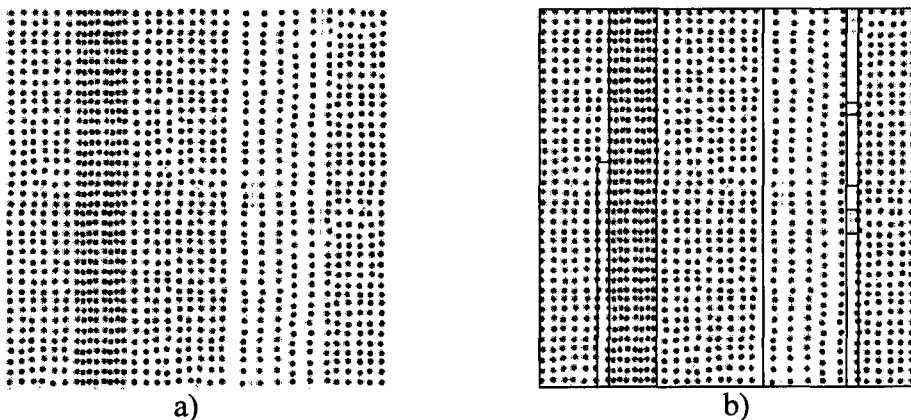


Figura 5.23. Imatge d'un defecte sobre un teixit (a) i la seva segmentació (b).

Així doncs, tal com es veu en la segmentació de la figura 5.23 b), som capaços de detectar automàticament un canvi en la textura dels teixits que surten de les estampadores i que passen sota el sistema de visió, el qual extreu característiques de textura i les classifica en temps real.

5.7. Consideracions als resultats.

Sempre que es parla de processat d'imatges cal tenir en consideració certs aspectes que intervindran enormement en els resultats finals. Si aquest processat és relatiu a l'anàlisi de textures, aquests aspectes encara podem influenciar més en l'obtenció correcta dels resultats. En concret, ens referim a dos aspectes importants que són l'apropament i distanciament de l'àrea a analitzar (*zoom*) i l'altre és la perspectiva des de la qual es visualitza aquesta àrea.

- *Zoom*: Perceptivament, quan observem un objecte a una certa distància descobrim una textura pròpia a aquell objecte i a aquella distància, mentre que si el mateix objecte ens l'apropem canvia la percepció de la textura pròpia de l'objecte a aquella nova distància. Si un arbre és observat a llarga distància es veu com un únic objecte compacte, mentre que si el mateix arbre és observat a pocs centímetres apareix com un garbuix de branques i fulles de formes diferents.
- *Perspectiva*: Igual que amb l'efecte anterior, un canvi de perspectiva fa variar perceptualment la textura que s'observa d'un objecte, creant diverses textures per a un mateix objecte. Per exemple, si observem un camp des d'una imatge aèria, la textura que s'en obté és uniforme per tota l'àrea observable, mentre que si canviem la perspectiva i mirem el mateix camp a nivell de terra, la textura que s'observa de l'àrea corresponent a la zona més propera d'observació és perceptualment diferent de la textura que s'observa de la part més allunyada. Aquesta variació progressiva produirà una segmentació diferenciant regions de textura homogènia amb la utilització dels mètodes convencionals d'anàlisi de textura.

Aquests dos fenòmens fan que el mètode proposat no sigui invariant als paràmetres intrínsecs de la camera i a la geometria. Per aquest motiu, quan varien alguns d'aquests factors caldrà "reaprendre" els grups per adaptar-se a les noves condicions de treball.