

وزارت علوم تحقیقات و فناوری
مجتمع آموزش عالی بم
گروه آموزشی مکاترونیک

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مکاترونیک گرایش
ارتباط جنبی انسان، ماشین و کامپیوتر

بهبود تمایز تصاویر پلاک خودرو در شرایط نور مختلف

استاد راهنما:

دکتر حسین نظام آبادی پور

مؤلف:

فخرالدین امینی

شهریور 1394

تقدیم به:

مادر و پدر عزیزم
و سایر اعضای خانواده‌ام
که در تمامی مراحل زندگی مرا یاری کرده اند و هموار قوت قلبی برایم بوده اند.

سپاسگزارى

با سپاس و قدردانى فراوان از زحمات استاد گرامى ام
جناب دكتور حسين نظام آبادى پور
و آرزوى توفيق، سلامتى و تندرستى براى ايشان كه همواره مرا يارى نموده اند.

چکیده

استخراج اعداد و حروف از تصاویر پلاک خودرو توسط دوربین‌های کنترل ترافیک امری مهم در سامانه تشخیص خودکار پلاک خودرو است. در این پایان نامه، روش‌هایی برای طبقه‌بندی تصاویر پلاک خودرو بر اساس شرایط نوری ارائه شده است. برای هر دسته از تصاویر، پیش‌پردازش‌هایی پیشنهاد شده و سپس برای هر دسته، الگوریتم باینری‌سازی خاصی ارائه شده است. برای باینری‌سازی تصاویر سایه‌دار، الگوریتم باینری‌سازی جدیدی معرفی شده است که قابلیت حذف اثرات سایه را دارد. همچنین الگوریتم باینری‌سازی بر اساس تخمین پس‌زمینه با فیلتر میانگین ارائه شده است که می‌تواند تصاویر با تمایز پایین، نور غیریکنواخت و معمولی را باینری‌سازی کند. برای حذف نویزهای باینری استخراج شده از تصویر پلاک، روشی در قالب هفت مرحله ارائه شده است که توانایی حذف قسمت اعظمی از نویز و جداسازی اعداد و حروف چسبیده به حاشیه پلاک را دارا می‌باشد. برای بررسی نتایج روش‌ها و الگوریتم‌های پیشنهادی از پایگاه داده‌ای با 4000 تصویر پلاک خودرو که دارای انواع مختلفی از تصاویر پلاک می‌باشد، استفاده شده است. نتایج آزمایش‌ها قابلیت روش‌های پیشنهادی را تأیید می‌کند.

واژگان کلیدی: پلاک خودرو، طبقه‌بندی تصاویر پلاک، الگوریتم باینری‌سازی، بهبود تمایز، حذف نویز باینری

فهرست مطالب

ح.....	فهرست جدول‌ها
ط.....	فهرست شکل‌ها
1.....	فصل 1 : مقدمه
1-1.....	1-1- پیشگفتار
3.....	1-2- اهداف پایان‌نامه
3.....	1-3- ساختار پایان‌نامه

فصل 2 : مروری بر روش‌های بهبود تمایز و باینری‌سازی تصاویر	4
2-1- مقدمه	4
2-2- مروری بر روش‌های بهبود تمایز	5
2-2-1- یکسان‌سازی هیستوگرام	5
2-2-2- یکسان‌سازی هیستوگرام با حفظ روشنایی (BBHE)	8
2-2-3- یکسان‌سازی هیستوگرام بازگشتی مبتنی بر جداسازی میانگین (RMSHE)	10
2-2-4- یکسان‌سازی هیستوگرام زیر تصویر دوجزیی (DSIHE)	11
2-2-5- کمترین خطای میانگین روشنایی توسط یکسان‌سازی هیستوگرام دو جزیی (MMBEBHE)	11
2-2-6- یکسان‌سازی وقتی هیستوگرام با محدود کننده تمایز (CLAHE)	12
2-2-7- یکسان‌سازی هیستوگرام زیر تصویر به صورت بازگشتی (RSIHE)	13
2-2-8- بهبود تمایز با بهبود محلی مقدار هیستوگرام (AIVHE)	14
2-2-9- بهبود تمایز با استفاده از اصلاح وقتی یکسان‌سازی هیستوگرام (AMHE)	15
2-2-10- یکسان‌سازی هیستوگرام دینامیکی یک چهارمی (QDHE)	16
2-2-11- پیاده‌سازی الگوریتم‌های بهبود تمایز و مقایسه آنها	19
2-2-12- مقایسه عملی محدود روش‌های یکسان‌سازی هیستوگرام در ارتقا تصاویر پلاک خودرو	22
2-3- روش‌های باینری‌سازی	24
2-3-1- روش آستانه‌زنی فرا محلی با یک آستانه ثابت	25
2-3-2- روش فرامحلی اُتسو	26
2-3-3- روش آستانه‌زنی فرامحلی کاپور	26
2-3-4- روش آستانه‌زنی محلی برنسن	27
2-3-5- روش محلی آستانه‌زنی با میانگین	28
2-3-6- روش محلی آستانه‌زنی MidGrey	28
2-3-7- روش محلی آستانه‌زنی Niblack	29
2-3-8- روش محلی آستانه‌زنی Sauvola	29
2-3-9- روش محلی آستانه‌زنی Phansalkar	30
2-3-10- روش محلی آستانه‌زنی Wolf	30
2-3-11- روش محلی آستانه‌زنی Feng	31
2-3-12- روش محلی آستانه‌زنی Bradley	32
2-3-13- روش محلی آستانه‌زنی Nick	32
2-3-14- پیاده‌سازی الگوریتم‌های بهبود تمایز و مقایسه آنها	32
2-3-15- مقایسه عملی محدود روش‌های باینری‌سازی در زمینه پلاک خودرو	35
2-4- مروری بر کارهایی که در زمینه باینری کردن و ارتقاء پلاک انجام شده است	37
فصل 3 : روش پیشنهادی برای استخراج حروف از پلاک خودروهای ایرانی	45

46	3-1- مقدمه.....
46	3-2- بلوک دیاگرام کلی روش پیشنهادی.....
48	3-3- طبقه‌بندی تصویر پلاک.....
49	3-3-1- تشخیص تصاویر خیلی روشن.....
50	3-3-2- تشخیص تصاویر سایه‌دار.....
52	3-3-3- تشخیص دسته سوم تصاویر پلاک.....
52	3-4- پیش‌پردازش تصاویر.....
53	3-4-1- پیش‌پردازش تصاویر خیلی روشن.....
55	3-4-2- پیش‌پردازش تصاویر سایه‌دار.....
56	3-4-3- پیش‌پردازش سایر تصاویر.....
56	3-5- باینری کردن تصاویر پلاک خودرو.....
57	3-5-1- الگوریتم پیشنهادی آستانه‌زنی تصاویر سایه‌دار.....
58	3-5-2- الگوریتم پیشنهادی آستانه‌زنی به روش تخمین پس‌زمینه.....
59	3-6- پس‌پردازش و حذف نویزهای باینری.....
59	3-6-1- حذف نویزهای عمودی و جداسازی نویسه‌های چسبیده عمودی.....
61	3-6-2- حذف نویزهای افقی و جداسازی نویسه‌های چسبیده افقی.....
62	3-6-3- حذف نویز با استفاده از ویژگی نواحی تصویر باینری.....
63	3-6-4- حذف خطوط افقی با ضخامت کمتر از یک آستانه.....
64	3-6-5- حذف خطوط عمودی با ضخامت کمتر از یک آستانه.....
64	3-6-6- حذف نویزهای نقطه‌ای.....
64	3-6-7- برش قسمت‌های اضافی تصویر.....
65	3-7- جمع‌بندی.....
66	فصل 4 : آزمایش‌ها و نتایج.....
66	4-1- مقدمه.....
67	4-2- شرح پایگاه داده.....
67	4-3- مقایسه روش‌ها و نتایج.....
67	4-3-1- مقایسه الگوریتم‌های باینری‌سازی پیشنهادی.....
72	4-3-2- تحلیل نتایج الگوریتم باینری‌سازی تصاویر سایه‌دار.....
77	4-3-3- تحلیل نتایج الگوریتم باینری‌سازی تصاویر خیلی روشن.....
81	4-3-4- تحلیل نتایج الگوریتم باینری‌سازی (تخمین پس‌زمینه).....
82	4-3-5- بررسی نتایج روش‌های پیشنهادی حذف نویز باینری.....
86	4-3-6- تحلیل نتایج الگوریتم حذف نویز باینری.....
86	4-3-7- بررسی نتایج الگوریتم‌ها و روش‌های حذف نویز به صورت کلی.....

88	4-4- جمع بندی
88	فصل 5 : جمع بندی و پیشنهادها.....
89	1-6- جمع بندی
90	2-6- پیشنهادها
91	مراجع.....

فهرست جدول ها

فصل دوم

22	جدول 2-1. بررسی الگوریتم های بهبود تمایز از نظر زمان اجرا (برحسب میلی ثانیه).....
33	جدول 2-2. تنظیم پارامترها در الگوریتم های باینری سازی با مقادیر ارائه شده توسط هر مؤلف.....

فصل چهارم

67	جدول 4-1. بررسی پایگاه داده از نظر رنگ پس زمینه پلاک ها
67	جدول 4-2. بررسی پایگاه داده از نظر زمان اخذ تصاویر
68	جدول 4-3. تنظیم پارامترها در الگوریتم های باینری سازی با مقادیر ارائه شده توسط هر مؤلف.....
71	جدول 4-4. مقایسه الگوریتم های باینری سازی اعمال شده به تصویر شکل 4-1
72	جدول 4-5. مقایسه الگوریتم های باینری سازی اعمال شده به تصویر شکل 4-2
72	جدول 4-6. مقایسه الگوریتم های باینری سازی اعمال شده به تصویر شکل 4-3
	جدول 4-7. بررسی الگوریتم پیشنهادی ارائه شده برای تصاویر خیلی روشن و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-5
76
	جدول 4-8. بررسی الگوریتم پیشنهادی ارائه شده برای تصاویر خیلی روشن و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-6
76
	جدول 4-9. بررسی الگوریتم پیشنهادی ارائه شده برای تصاویر خیلی روشن و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-7
77
	جدول 4-10. بررسی الگوریتم پیشنهادی باینری سازی به روش تخمین پس زمینه و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-8.....
80	جدول 4-11. بررسی الگوریتم پیشنهادی باینری سازی به روش تخمین پس زمینه و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-9.....
81	جدول 4-12. بررسی الگوریتم پیشنهادی باینری سازی به روش تخمین پس زمینه و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-10.....
81
82	جدول 4-13. پارامترهای روش پیشنهادی حذف نویز باینری

فهرست شکل‌ها

فصل 1

شکل 1-1. نمونه هایی از تصاویر پلاک اخذ شده توسط دوربین های کنترل ترافیک..... 2

فصل 2

- شکل 2-1. یک تابع انتقال سطح خاکستری که هر دو شرط (الف) و (ب) را ارضا میکند..... 6
- شکل 2-2. روندنمای کلی الگوریتم یکسان سازی هیستوگرام..... 8
- شکل 2-3. قبل و بعد از یکسان سازی هیستوگرام با روش BBHE [Che03b]..... 10
- شکل 2-4. نحوه یکسان سازی هیستوگرام با روش RMSHE و مقدار $t = 2$ 11
- شکل 2-5. یکسان سازی هیستوگرام با روش CLAHE [Zui94]..... 13
- شکل 2-6. اصلاح pdf توسط روش AMHE [Yan03]..... 16
- شکل 2-7. مثالی برای روش QDHE [Ooi10]..... 19
- شکل 2-8. نتایج بدست آمده از اعمال روش های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر روشن است..... 20
- شکل 2-9. نتایج بدست آمده از اعمال روش های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر با تمایز پایین است..... 20
- شکل 2-10. نتایج بدست آمده از اعمال روش های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر با نور غیریکنواخت است..... 21
- شکل 2-11. نتایج بدست آمده از اعمال روش های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر سایه‌دار است..... 21
- شکل 2-12. نتایج بدست آمده از اعمال روش های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر تاریک است..... 22
- شکل 2-13. روش آستانه زنی با یک آستانه ثابت..... 25
- شکل 2-14. نتایج روش آتسو بر روی دو نوع تصویر با هیستوگرام مختلف..... 26
- شکل 2-15. روش باینری سازی کاپور..... 27
- شکل 2-16. نتایج الگوریتم Niblack با اندازه بلوک (20×20) و اندازه k مختلف..... 29
- شکل 2-17. نتایج بدست آمده از اعمال روش های باینری سازی بر روی تصویر پلاک خودرو با شرایط نوری روشن..... 33
- شکل 2-18. نتایج بدست آمده از اعمال روش های باینری سازی بر روی تصویر پلاک خودرو با تمایز پایین..... 34
- شکل 2-19. نتایج بدست آمده از اعمال روش های باینری سازی بر روی تصویر پلاک خودرو با نور غیریکنواخت..... 34
- شکل 2-20. نتایج بدست آمده از اعمال روشهای باینری سازی بر روی تصویر پلاک خودرو سایه دار..... 35
- شکل 2-21. مراحل بهبود تصویر ورودی (الف) تصویر اصلی ورودی با اندازه 500×80 (ب) اعمال فیلتر میانه با اندازه 5×5 (ج) یکسان سازی هیستوگرام..... 38
- شکل 2-22. نحوه پیدا کردن بزرگترین خط پلاک برای محاسبه زاویه پلاک..... 38
- شکل 2-23. نحوه باینری کردن تصاویر پلاک (الف) تصویر اصلی ورودی (ب) باینری کردن توسط تکنیک ارائه شده..... 39

- شکل 2-24. عملکرد الگوریتم ارائه شده بر روی تصاویر کج (الف) تصویر اصلی (ب) تعیین بزرگترین خط توسط تبدیل هاف و محاسبه زاویه (ج) اصلاح زاویه تصویر پلاک (د) باینری سازی تصویر پلاک 40
- شکل 2-25. عملکرد الگوریتم بر روی تصاویر با نور غیریکنواخت (الف) تصویر اصلی ورودی (ب) تصویر باینری شده 40
- شکل 2-26. بلوک دیاگرام روش پیشنهادی [Wan12] 41
- شکل 2-27. نتیجه اعمال فیلتر همومورفیک. (الف) تصویر ورودی (ب) تصویر بهبود یافته با فیلتر همومورفیک 41
- شکل 2-28. نتیجه اعمال فیلتر پایین گذر ارائه شده (الف) تصویر اصلی (ب) تصویر بهبود یافته 42
- شکل 2-29. مراحل الگوریتم Yi Wang 43
- شکل 2-30. مراحل الگوریتم [Saa14] 44
- شکل 2-31. تاثیر عملیات مورفولوژی بستن بر روی نحوه اتصال عمودی بر روی هر نویسه 44

فصل 3

- شکل 3-1. بلوک دیاگرام روش پیشنهادی 47
- شکل 3-2. نمونه ای از تصاویر پلاک با شرایط نوری متفاوت. 48
- شکل 3-3. مقایسه هیستوگرام شدت روشنایی تصاویر پلاک (اندازه تصاویر یکسان و برابر 35×280 پیکسل است). 49
- شکل 3-4. نمونه ای از تصاویر سایه دار. 50
- شکل 3-5. نحوه تقسیم تصویر به دو قسمت برای محاسبه اختلاف میانگین μ_{Diff} 51
- شکل 3-6. اعمال روش پیشنهادی تشخیص تصاویر سایه دار بر روی تصاویر نمونه. 51
- شکل 3-7. انتخاب دو بخش از تصویر برای تنظیم بهتر کارایی روش پیشنهادی در تشخیص تصاویر سایه دار. 52
- شکل 3-8. روندنمای تشخیص نوع تصویر پلاک پیشنهادی. 53
- شکل 3-9. مراحل روش پیشنهادی برای پیش پردازش تصاویر خیلی روشن. 55
- شکل 3-10. مراحل روش پیشنهادی برای پیش پردازش تصاویر سایه دار. 56
- شکل 3-11. نتایج اعمال الگوریتم باینری سازی بر روی تصاویر سایه دار. 57
- شکل 3-12. مراحل و نتایج الگوریتم باینری سازی تخمین پس زمینه. 59
- شکل 3-13. نمونه ای از تصاویر باینری دارای نویز 59
- شکل 3-14. نحوه عملکرد روش پیشنهادی حذف نویز عمودی با مقدار آستانه $T_v = 15$ 60
- شکل 3-15. نتایج اعمال روش حذف نویز عمودی بر روی تصاویر با اندازه 80×500 و مقدار آستانه $T_v = 70$ 61
- شکل 3-16. نتایج اعمال روش حذف نویز افقی بر روی تصاویر با اندازه 80×500 و مقدار آستانه $T_H = 75$ 62
- شکل 3-17. نحوه محاسبه زاویه و گریز از مرکز اشیاء درون تصویر باینری. 62
- شکل 3-18. مراحل حذف نویز باینری. 63
- شکل 3-19. مراحل حذف نویز باینری. 64
- شکل 3-20. حذف نویزهای نقطه ای. 65

فصل 4

- شکل 4-1. مقایسه الگوریتم باینری سازی تصاویر سایه دار با دیگر الگوریتم های باینری سازی (نمونه اول) 69
- شکل 4-2. مقایسه الگوریتم باینری سازی تصاویر سایه دار با دیگر الگوریتم های باینری سازی (نمونه دوم) 70
- شکل 4-3. مقایسه الگوریتم باینری سازی تصاویر سایه دار با دیگر الگوریتم های باینری سازی (نمونه سوم) 71
- شکل 4-4. نمونه تصاویری که الگوریتم باینری سازی پیشنهادی عملکرد خوبی ندارد. 73

- شکل 4-5. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر خیلی روشن با سایر الگوریتم های باینری سازی (نمونه اول) 74
- شکل 4-6. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر خیلی روشن با سایر الگوریتم های باینری سازی (نمونه دوم) 75
- شکل 4-7. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر خیلی روشن با سایر الگوریتم های باینری سازی (نمونه سوم) 76
- شکل 4-8. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر (تخمین پس زمینه) با سایر الگوریتم های باینری سازی (نمونه اول) 78
- شکل 4-9. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر (تخمین پس زمینه) با سایر الگوریتم های باینری سازی (نمونه دوم) 79
- شکل 4-10. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر (تخمین پس زمینه) با سایر الگوریتم های باینری سازی (نمونه سوم) 80
- شکل 4-11. نمونه تصاویری که الگوریتم پیشنهادی تخمین پس زمینه به خوبی عمل نمی کند. 82
- شکل 4-12. مراحل الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری (نمونه اول) 83
- شکل 4-13. مراحل الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری (نمونه دوم) 85
- شکل 4-14. نمونه تصویری که الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری ایجاد خطا میکند. 86
- شکل 4-15. مراحل الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری 87
- شکل 4-16. مراحل الگوریتم پیشنهادی. 88

فصل 1

مقدمه

1-1- پیشگفتار

از سال 1964 تاکنون، موضوع پردازش تصویر، رشد فراوانی کرده است. اکنون از پردازش تصویر در موارد متعددی استفاده می‌شود. برای نمونه، در علم پزشکی، نجوم و زیست‌شناسی برای استخراج اطلاعات از تصاویر، از فنون پردازش تصویر استفاده می‌شود. هوشمندسازی فرآیندهای نظارتی از دیگر مواردی است که همگام با این علوم در حال گسترش است. پیشرفت در روش‌های اخذ اطلاعات مانند اسکنرها و دوربین‌های دیجیتالی، زمینه را برای پیشرفت هوشمندسازی فرآیندهای نظارتی مهیا کرده است. از سوی دیگر، افزایش استفاده از خودروها به دلیل رشد جمعیت و نیاز انسان به سامانه

های حمل و نقل، نیاز به یک فرایند هوشمند برای نظارت و کنترل خودروها را دوجندان کرده است. تشخیص خودکار پلاک خودرو و استخراج اعداد و حروف پلاک از مهمترین مراحل سامانه هوشمند حمل و نقل خودرو است [عطاران رضایی، 1379]. در شکل 1-1 نمونه هایی از تصاویر پلاک اخذ شده توسط دوربین های کنترل ترافیک نشان داده شده است.



شکل 1-1. نمونه هایی از تصاویر پلاک اخذ شده توسط دوربین های کنترل ترافیک

بعد از تشخیص مکان پلاک خودرو، برای استخراج اعداد و حروف، الگوریتمی برای باینری سازی پلاک لازم است. الگوریتم های زیادی برای باینری کردن اسناد و نوشته ها ارائه شده است که هر کدام دارای نقاط قوت و نقاط ضعف خاصی هستند. الگوریتم های باینری سازی در ابتدا به صورت فرامحلی ارائه شدند. به این صورت که یک مقدار را به عنوان مقدار آستانه برای کل تصویر در نظر گرفته و تصویر را به دو قسمت اشیاء (اعداد و حروف) و پس زمینه تفکیک می کنند. روش های فرامحلی، بر روی تصاویری که دارای نور غیریکنواخت باشند عملکرد مناسبی ندارند. برای غلبه بر این مشکل، روش های محلی برای باینری سازی تصاویر با نور غیریکنواخت ارائه شد. روش های باینری سازی محلی تا حد زیادی مشکل روش های باینری سازی فرامحلی را حل کردند. اما، به دلیل غیریکنواخت بودن نور در تصاویر، هر الگوریتم باینری سازی بر روی تعدادی از تصاویر عملکرد قابل قبولی دارد. بنابراین، باینری سازی پلاک ها با یک الگوریتم باینری سازی، خطا را افزایش می دهد. در این پایان نامه سعی شده است تا با طبقه بندی تصاویر پلاک بر اساس شرایط نوری، ارائه روش های پیشنهادی برای باینری سازی تصاویر پلاک و همچنین ارائه روشی پیشنهادی برای حذف نویز باینری خطای سامانه را به حداقل برساند.

2-1- اهداف پایان نامه

تصاویر پلاک خودرو اخذ شده از دوربین‌های کنترل ترافیک، به دلیل تغییرات نور و شرایط جوی در طول شبانه روز دارای کیفیت و شرایط نوری مختلفی هستند. استفاده از یک الگوریتم باینری‌سازی برای تمام تصاویر مقدار خطا را افزایش می‌دهد. در این پایان نامه برای کاهش خطا روشی پیشنهاد شده است که در آن تصاویر پلاک بر اساس شرایط نوری به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند. هر دسته از پلاک‌ها با روش‌های پیشنهادی خاصی پیش‌پردازش می‌شوند. سپس هر دسته از پلاک‌های بهبود یافته، با الگوریتم‌های مخصوصی باینری می‌شوند. در این روش برای حذف نویز باینری و آماده سازی تصویر پلاک برای اعمال به نویسه خوان نوری¹، یک مرحله پس‌پردازش اعمال می‌شود.

3-1- ساختار پایان نامه

ساختار پایان نامه به این صورت است که ابتدا در فصل دوم، مروری بر روش‌های بهبود تمایز² و الگوریتم‌های باینری‌سازی خواهیم داشت. در این فصل کارایی و نحوه عملکرد روش‌های متداول بهبود تمایز و باینری‌سازی بررسی و در ادامه با اعمال آنها به تصاویر پلاک با یکدیگر مقایسه شده اند. در فصل سوم، روش‌های پیشنهادی برای طبقه‌بندی تصاویر پلاک خودرو ارائه می‌شود. برای هر دسته از تصاویر، الگوریتم‌های باینری‌سازی مخصوصی ارائه می‌شود. همچنین در همین فصل، روشی برای حذف نویز باینری و جداسازی اعداد و حروف چسبیده به حاشیه پلاک ارائه می‌شود. در فصل چهارم، پایگاه داده معرفی شده و نتایج الگوریتم‌های پیشنهادی با الگوریتم‌های موجود مقایسه شده است. و در نهایت در فصل پنجم پایان نامه جمع بندی شده و پیشنهاداتی برای ادامه کار ارائه شده است.

¹- OCR

²-Contrast

فصل 2

مروری بر روش‌های بهبود تمایز و باینری‌سازی تصاویر

2-1- مقدمه

برای تشخیص پلاک خودرو ابتدا باید تصویر خودرو اخذ شود، سپس محل قرار گیری پلاک خودرو در تصویر تشخیص داده شود. برای تشخیص بهتر و بالا بردن درصد پاسخگویی، لازم است کیفیت

تصویر پلاک خودرو با روش‌های مناسب بهبود داده شود. در مرحله بعد، تصویر پلاک خودرو به منظور کاهش اطلاعات و افزایش سرعت فرآیند، باینری می‌شود. خروجی مرحله باینری‌سازی تصاویر پلاک خودرو اغلب دارای نویز هایی می‌باشد که برای مرحله نویسه خوان نوری باید حذف شود. در این پایان نامه، فرض بر این است که محل پلاک خودرو تشخیص داده شده و در اختیار است. بنابراین در ادامه این فصل، صرفاً به مرور روش‌های بهبود تمایز و باینری‌سازی تصاویر پرداخته می‌شود.

2-2- مروری بر روش‌های بهبود تمایز

تمایز را می‌توان اختلاف بین بیشینه و کمینه سطح روشنایی تصویر تعریف کرد. با تحلیل هیستوگرام تصویر می‌توان اطلاعات مناسبی در مورد تمایز آن تصویر بدست آورد. با شمارش فراوانی پیکسل های سطوح متفاوت روشنایی در کل تصویر، هیستوگرام تصویر استخراج می‌شود. اگر تجمع سطوح روشنایی تصویر در یک بازه کوچک باشد، بیانگر این است که تمایز آن تصویر پایین است. تاکنون روش‌های زیادی برای افزایش تمایز تصویر ارائه شده است که منجر به افزایش محدوده دینامیکی تصویر می‌شود. در ادامه به تعدادی از مهمترین روش‌های بهبود تمایز اشاره می‌شود.

2-2-1- یکسان سازی هیستوگرام¹

یکسان سازی هیستوگرام، روشی برای بهبود تمایز است که پراکندگی شدت روشنایی تصویر را تنظیم می‌کند. در این روش، هدف رسیدن به یک تصویر با تمایز بالاست که در تمام سطوح خاکستری مقداری برابر داشته باشد [Gon08]. اگر نشان دهنده سطوح خاکستری تصویر ورودی باشد و مقادیر درایه های تصویر ورودی اعدادی صحیح بین $(L - 1)$ باشد L تعداد سطوح روشنایی و معمولاً 256 است. با تقسیم شدت روشنایی تصویر بر $(L - 1)$ تصویر نرمالیزه می‌شود.

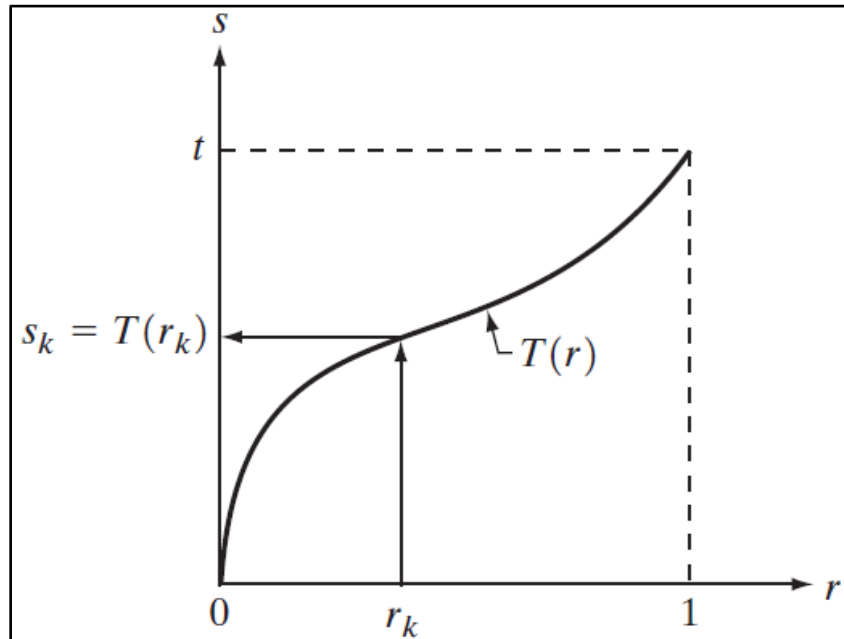
(2-1)

$$s = T(r) \quad 0 \leq r \leq 1$$

در این روش، تابع تبدیل رابطه (2-1) باید به گونه ای محاسبه شود که دو شرط زیر را برآورده کند:
(الف) تابع $T(r)$ تابعی تک مقداره و اکیداً صعودی باشد.

¹ -Histogram Equalization

(ب) برای مقادیر $0 \leq r \leq 1$ تابع $T(r)$ در محدوده صفر و یک باشد یعنی $0 \leq T(r) \leq 1$.
 شرط (الف) باعث می‌شود که ترتیب شدت روشنایی نقاط، در محدوده سطوح خاکستری حفظ شود.
 شرط (ب) تضمین می‌کند که تبدیل در محدوده مجاز مقادیر پیکسل باشد. در شکل 2-1 مثالی از تابع ذکر شده آورده شده است.



شکل 2-1. یک تابع انتقال سطح خاکستری که هر دو شرط (الف) و (ب) را ارضا می‌کند.

چون تابع $s = T(r)$ اکیداً صعودی و یک به یک است، بنابراین معکوس آن نیز وجود دارد اگر هر یک از متغیرهای r و s به عنوان یک متغیر تصادفی در نظر گرفته شوند، در این حالت سطوح خاکستری اولیه و تبدیل شده را می‌توان به ترتیب با تابع چگالی احتمال (pdf)¹، $p_r(r)$ و $p_s(s)$ در نظر گرفت. pdf این دو متغیر تصادفی با رابطه (2-2) به یکدیگر مرتبط می‌شوند.

(2-2)

$$p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right|$$

¹ - Probability Density Function(pdf)

اگر تابع توزیع تجمعی $^1(cdf)$ به عنوان تابع $s = T(r)$ انتخاب شود، می‌توان رابطه (2-3) را نوشت.

(2-3)

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w) dw$$

تابع cdf دو شرط (الف) و (ب) را ارضا می‌کند. بنابراین می‌توان نوشت:

(2-4)

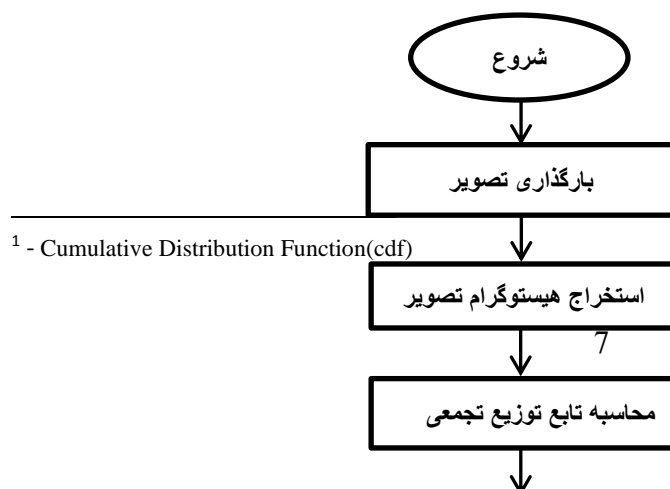
$$\frac{ds}{dr} = \frac{d}{dr} \left[\int_0^r p_r(w) dw \right] = p_r(r)$$

از رابطه (2-2) و (2-4) می‌توان به رابطه (2-5) رسید.

(2-5)

$$p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{1}{p_r(r)} \right| = 1 \quad 0 \leq s \leq 1$$

از این بحث می‌توان به این نتیجه رسید که استفاده از تابع توزیع تجمعی (cdf) هیستوگرام سطوح خاکستری تصویر، تصویری تولید می‌کند که چگالی سطوح خاکستری آن یکنواخت است. یکسان سازی هیستوگرام اولین و قویترین روشی است که برای بهبود تمایز ارائه شده است، این روش شدت روشنایی پیکسل‌ها را به خوبی در کل بازه شدت روشنایی $(0, L-1)$ توزیع می‌کند و بطور قابل توجهی تمایز تصویر را بهبود می‌بخشد. ولی مشکل جابجایی میانگین را دارد و میانگین تصویر را به طرف سطوح میانی جابجا می‌کند [Wan99][Che03]. روندنمای کلی الگوریتم یکسان سازی هیستوگرام در شکل 2-2 آمده است.



شکل 2-2. روندنمای کلی الگوریتم یکسان سازی هیستوگرام

2-2-2- یکسان سازی هیستوگرام با حفظ روشنایی¹(BBHE)

برای غلبه بر مشکلات روش یکسان سازی هیستوگرام، روش BBHE ارائه شده است. در این روش، برای حفظ روشنایی، هیستوگرام تصویر ورودی به دو قسمت تفکیک شده، سپس هر قسمت جداگانه یکسان سازی می‌شود. برای تعیین نقطه تفکیک تصویر، از میانگین شدت روشنایی تصویر ورودی به عنوان نقطه جداکننده استفاده می‌شود. مشکل این روش اشباع شدت² روشنایی می‌باشد [Che03b] [Pat13] [Kau11] [Won98].

در روش مذکور، ابتدا هیستوگرام تصویر ورودی $h(r)$ ، به دو زیرتصویر بر اساس میانگین تصویر ورودی تفکیک می‌شود. فرض کنید تصویر ورودی $f(x,y)$ به دو زیر تصویر $f_L(x,y)$ و $f_U(x,y)$ با میانگین f_m از هم جدا شده اند. $f_m \in \{0,1,2,...,L-1\}$.

$$(2-6) \\ f(x,y) = f_L(x,y) \cup f_U(x,y)$$

در صورتی که

$$(2-7) \\ f_L(x,y) = \{f(x,y) | f(x,y) \leq f_m\}$$

و

¹ - Brightness Preserving bi-histogram Equalization (BBHE)

² -Intensity Saturation

$$(2-8)$$

$$f_U = \{f(x, y) | f(x, y) > f_m\}$$

و میانگین تصویر ورودی بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(2-9)$$

$$f_m = \frac{(\sum_{i=0}^{L-1} i \cdot h(i))}{(\sum_{i=0}^{L-1} h(i))}$$

توجه شود که زیرتصویر $f_L(x, y)$ شامل $\{0, 1, 2, \dots, f_m\}$ و زیرتصویر $f_U(x, y)$ شامل $\{f_{m+1}, f_{m+2}, \dots, L-1\}$ می‌باشد. سپس pdf زیر تصویر $f_L(x, y)$ و $f_U(x, y)$ به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$(2-10)$$

$$p_{L_r}(r_k) = \frac{n_k}{N_L}; \quad k = 0, 1, 2, \dots, f_m$$

$$(2-11)$$

$$p_{U_r}(r_k) = \frac{n_k}{N_U}; \quad k = f_{m+1}, f_{m+2}, \dots, L-1$$

N_U و N_L به ترتیب تعداد کل پیکسل های موجود در $f_U(x, y)$ و $f_L(x, y)$ را نشان می‌دهند. تابع توزیع تجمعی $f_U(x, y)$ و $f_L(x, y)$ به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$(2-12)$$

$$cdf_L(r) = \sum_{r=0}^{f_m} h_L(r)$$

$$(2-13)$$

$$cdf_U(r) = \sum_{r=f_m+1}^{L-1} h_U(r)$$

و سپس هر زیرتصویر جداگانه یکسان سازی می‌شود.

$$(2-14)$$

$$g_L(f_L) = f_0 + (f_m - f_0) cdf_L(f_i)$$

$$(2-15)$$

$$g_U(f_U) = f_{m+1}(f_{L-1} - f_{m+1}) \text{cdf}_U(f_i)$$

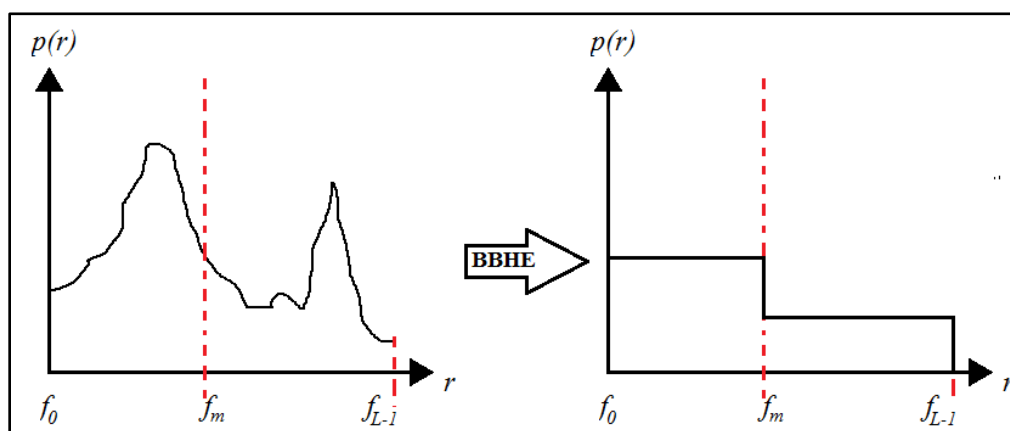
بر اساس این تابع انتقال، زیرتصویرها جداگانه یکسان سازی شده و خروجی این روش از ترکیب زیرتصویرها به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$(2-16)$$

$$g = \{g(i,j)\}$$

$$= g_L(F_L) \cup g_U(F_U)$$

که در آن g خروجی الگوریتم و ترکیب هر دو زیرتصویر یکسان سازی شده می‌باشد. در شکل 2-3 یکسان سازی با روش BBHE نشان داده شده است.



شکل 2-3. قبل و بعد از یکسان سازی هیستوگرام با روش BBHE [Che03b].

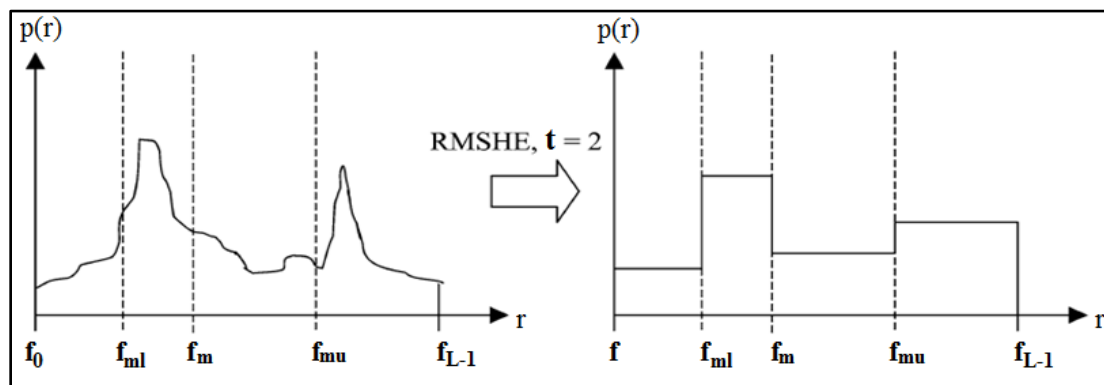
2-2-3- یکسان سازی هیستوگرام بازگشتی مبتنی بر جداسازی میانگین (RMSHE¹)

روش زیر هیستوگرام چندگانه² در سال 2003 به نام روش یکسان سازی هیستوگرام بازگشتی مبتنی بر جداسازی میانگین ارائه شد [Che03a]. در این روش، هیستوگرام تصویر ورودی به 2^t زیر هیستوگرام تفکیک می‌شود. در حالی که t یک عدد صحیح است. سپس، هر زیر هیستوگرام جداگانه یکسان سازی می‌شود. ماهیت بازگشتی این روش امکان حفظ شدت روشنایی را فراهم می‌کند که در لوزام

¹ -Recursive Mean-Separate Histogram Equalization (RMSHE)

² -Multiple Sub-Histogram

الکترونیکی بسیار مفید است. با افزایش مقدار t ، میانگین شدت روشنایی تصویر بیشتر حفظ می شود اما بهبود تمایز کاهش می یابد [Kau11]. شکل 2-4 این روش را برای $2t =$ نمایش می دهد.



شکل 2-4. نحوه یکسان سازی هیستوگرام با روش RMSHE و مقدار $2t =$.

f_0 کمترین مقدار سطح خاکستری، f_{L-1} بیشترین مقدار سطح خاکستری، f_m میانگین سطح خاکستری، f_{ml} میانگین سطح خاکستری زیر تصویر $f_L(x, y)$ و f_{mu} میانگین سطح خاکستری زیر تصویر $f_u(x, y)$ می باشد.

2-2-4-2- یکسان سازی هیستوگرام زیر تصویر دوجزیی (DSIHE¹)

این روش توسط یو وانگ² ارائه شد [Wan99]. در این روش، تصویر ورودی بر اساس مقدار آنتروپی شانون³ به دو زیر هیستوگرام تفکیک می شود. یک قسمت شامل نواحی تاریک تصویر و قسمت دیگر شامل نواحی روشن تصویر می باشد. در آخر، یکسان سازی هیستوگرام روی هر دو قسمت به صورت جداگانه اعمال می شود. این روش، شدت روشنایی تصویر را حفظ می کند و آنتروپی را به خوبی افزایش می دهد.

2-2-5-2- کمترین خطای میانگین روشنایی توسط یکسان سازی هیستوگرام دو جزیی (MMBEBHE⁴)

برای حفظ بیشتر میانگین روشنایی تصویر، روش حفظ بهینه میانگین شدت روشنایی با نام کمترین خطای میانگین روشنایی توسط یکسان سازی هیستوگرام دو جزیی در سال 2003 ارائه شد [Che03b]. این روش، ابتدا تمام سطوح خاکستری تصویر ورودی را به عنوان نقطه جداکننده برای تفکیک تصویر

¹ -Dualistic Sub-Image Histogram Equalization(DSIHE)

² -Yu Wang

³ -Shannon's Entropy

⁴ -Minimum Mean Brightness Error Bi-Histogram Equalization (MMBEBHE)

ورودی به دو زیرتصویر در نظر می‌گیرد و سپس، هر زیرتصویر را جداگانه یکسان سازی می‌کند و با ترکیب دو زیرتصویر، تصویر خروجی یکسان سازی شده را بدست می‌آورد. در مرحله بعد، این روش میانگین تصویر یکسان سازی شده را برای تمام نقاط جداکننده محاسبه می‌کند. MMBEBHE برای حفظ بیشترین میانگین شدت روشنایی، نقطه جداکننده ای که موجب کمترین اختلاف بین میانگین تصویر ورودی و میانگین تصویر یکسان سازی شده، می‌شود را به عنوان نقطه جداکننده در نظر می‌گیرد. خطای مطلق میانگین روشنایی¹ (AMBE) بصورت زیر محاسبه می‌شود:

(2-17)

$$AMBE = |f_m - g_m|$$

که در آن f_m میانگین تصویر ورودی و g_m میانگین تصویر خروجی می‌باشد.

بر اساس این توضیحات، این روش به صورت زیر مرحله بندی می‌شود:

الف) محاسبه AMBE برای هر سطح خاکستری تصویر ورودی. ب) پیدا کردن سطحی از تصویر

ورودی به عنوان نقطه جداکننده که موجب کمترین AMBE می‌شود.

ج) تفکیک هیستوگرام ورودی به دو قسمت بر اساس نقطه جداکننده محاسبه شده در مرحله (ب) و یکسان سازی جداگانه هرکدام از این زیر هیستوگرام ها.

به دلیل محاسبات زیاد در مرحله الف، این الگوریتم از لحاظ زمانی پرهزینه است، خصوصاً هنگامی که تعداد سطوح خاکستری زیاد باشد. حفظ شدت روشنایی روش MMBEBHE بیشتر از روش BBHE است اما نویز بیشتری در خروجی تولید می‌کند و تصویر طبیعی به نظر نمی‌رسد [Sen08] [Kau11].

2-2-6- یکسان سازی وفقی هیستوگرام با محدود کننده تمایز (CLAHE²)

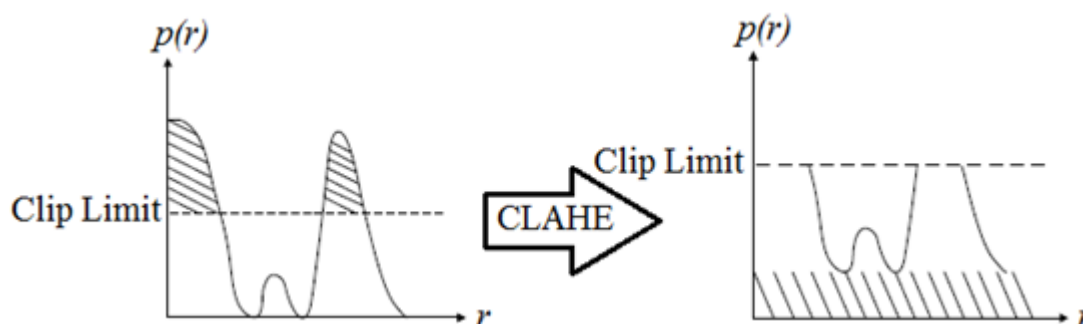
CLAHE یکی از قویترین روش‌های بهبود تمایز است که بر روی تصاویر پزشکی و تصاویر طبیعی عملکرد خیلی خوبی دارد. این روش تصویر ورودی را به بلوک هایی کوچکتر تقسیم می‌کند و سپس هر بلوک را جداگانه یکسان سازی می‌کند [Zui94]. در این روش با استفاده از محدود کننده برش³ از بهبود بیش از حد و تقویت نویز جلوگیری می‌شود. محدود کننده نویز عددی بین صفر و یک است که توسط کاربر تعیین می‌شود. در آخر، برای جلوگیری از ایجاد گسستگی در محل اتصال بلوک های

¹ -Absolute Mean Brightness Error (AMBE)

² -Contrast limited adaptive histogram equalization (CLAHE)

³ -Clip Limit

یکسان سازی شده از درونیابی استفاده می‌کند. در شکل 2-5 نحوه برش هیستوگرام توسط محدود کننده برش (Clip Limited) نشان داده شده است.



شکل 2-5. یکسان سازی هیستوگرام با روش CLAHE [Zui94]

2-2-7- یکسان سازی هیستوگرام زیر تصویر به صورت بازگشتی (RSIHE¹)

روش RSIHE دارای ویژگی‌هایی شبیه به روش RMSHE می‌باشد. تفاوت این دو روش در نحوه محاسبه نقطه جداکننده برای تقسیم تصویر ورودی به زیرتصویرها می‌باشد [Sim07]. این روش، تابع چگالی احتمال برابر 0/5 را به عنوان نقطه جداکننده در نظر می‌گیرد. اگر تابع چگالی احتمال برابر 0/5 باشد، مجموع تمام پیکسل‌های موجود در زیرتصویر $f_L(x,y)$ با مجموع تمام پیکسل‌های زیرتصویر $f_U(x,y)$ برابر می‌شود. مراحل تقسیم تصویر به دو زیر تصویر در بخش 2-2-2 توضیح داده شده است. به منظور داشتن زیرتصویرهای بیشتر می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$(2-18)$$

$$z = 2^b$$

که در آن z تعداد زیرتصویرها می‌باشد و b سطح بازگشت² RSIHE می‌باشد. اگر $b=2$ باشد، الگوریتم تصویر ورودی $f(x,y)$ را به چهار زیرتصویر تقسیم می‌کند و سپس هر زیر تصویر را جداگانه یکسان سازی می‌کند. این روش، روشنایی تصویر ورودی را به خوبی حفظ می‌کند ولی مشکل بیش بهبود را دارد که موجب می‌شود تصاویر طبیعی به نظر نرسند.

¹ -Recursive sub-image histogram equalization (RSIHE)

² - Recursion Level

2-2-8- بهبود تمایز با بهبود محلی مقدار هیستوگرام¹(AIVHE)

روش AIVHE شکل pdf تصویر ورودی را تغییر می‌دهد و به تابع انتقالی تبدیل می‌کند تا از تغییر عمده سطوح خاکستری جلوگیری کند [His09]. این روش، بهبود تمایز را با استفاده از $\alpha(k)$ که یک پارامتر وفقی می‌باشد، تنظیم می‌کند. تنظیم این پارامتر با تعیین مقدار اولیه γ و β توسط کاربر صورت می‌گیرد. در این روش pdf بر اساس P_{bas} به بلوک‌های بالایی و پایینی تقسیم می‌شود. P_h مقدار بیشینه آستانه ای است که برای محدود کردن تغییرات $P_{AIVHE}(k)$ تنظیم می‌شود. محدوده مقدار $P_{AIVHE}(k)$ نباید بزرگتر از P_h باشد. $P_{AIVHE}(k)$ از رابطه زیر بدست می‌آید:

(2-19)

$$P_{AIVHE}(k) = \begin{cases} P_h & , \text{if } P_h \leq P(k) \\ P(k) - \alpha(k) \cdot (P(k) - P_{bas}) \cdot \beta & , \text{if } P_{bas} < P(k) < P_h \\ P(k) + \alpha(k) \cdot (P_{bas} - P(k)) \cdot \beta & , \text{if } P(k) \leq P_{bas} \end{cases}$$

مقدار P_{bas} در رابطه بالا، مقدار میانگین pdf در نظر گرفته می‌شود. این مقدار می‌تواند از اثرات ناخواسته نویز جلوگیری کند. مقدار آستانه P_h ، دو برابر مقدار P_{bas} تنظیم می‌شود تا $P_{AIVHE}(k)$ را به دو قسمت برابر تقسیم کند. این عمل موجب می‌شود تا یکسان سازی هیستوگرام بهتر انجام شود. پارامتر β عددی حقیقی و مابین صفر و یک می‌باشد که به منظور تنظیم مقدار بهبود تمایز که توسط کاربر تعیین می‌شود. تابع انتقال برای یکسان سازی هیستوگرام، زمانی محاسبه می‌شود که مقدار β برابر صفر و مقدار P_{bas} ، حاصل جمع بیشینه و کمینه ی $P(k)$ تقسیم بر 2 باشد. تاثیر بهبود تمایز با افزایش مقدار β کاهش می‌یابد. پارامتر $\alpha(k)$ به صورت خودکار و بر اساس میانگین شدت روشنایی تصویر ورودی، f_m تنظیم می‌شود (رابطه 2-20).

$$\alpha(k) = \begin{cases} \left(1 - \frac{f_m - k}{f_m}\right)^2 (1 - \gamma) + \gamma & , \text{if } k \leq f_m \end{cases} \quad (2-20)$$

¹ -Adaptively Increasing the Value of Histogram Equalization (AIVHE)

$$\left(1 - \frac{k-f_m}{(L-1)f_m}\right)^2 (1-\gamma) + \gamma, \text{ if } k > f_m$$

با تنظیم مقدار اولیه γ برای $\alpha(k)$ ، توزیع پیکسل pdf در مناطق روشن و تاریک تعیین می‌شود. برای بهبود تمایز، بدون ایجاد نویز در تصویر خروجی، مقدار 0/35 برای هر دو پارامتر γ و β پیشنهاد شده است.

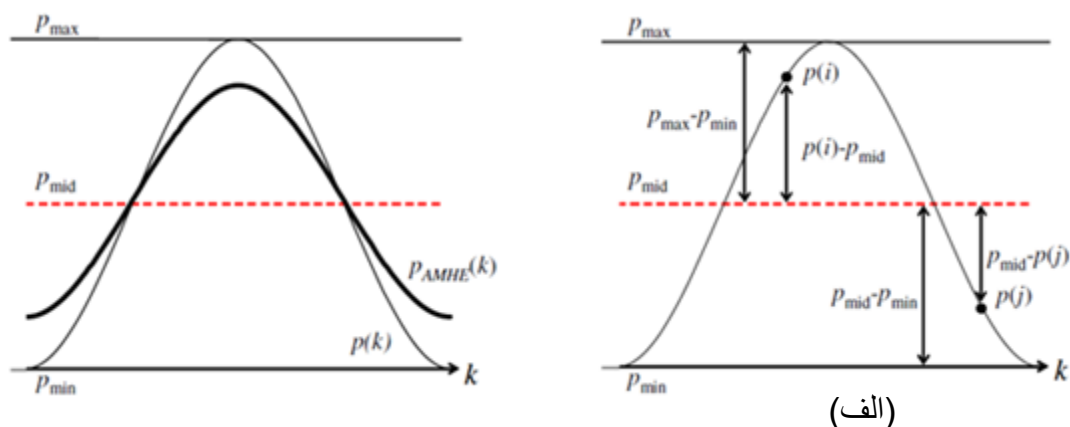
9-2-2- بهبود تمایز با استفاده از اصلاح وفقی یکسان سازی هیستوگرام (AMHE¹)

در یکسان سازی هیستوگرام متداول، نسبت بهبود تمایز می‌تواند با قرار دادن یک محدود کننده بر روی گرادینان تابع نگاشت کنترل شود [Yan03]. از آنجایی که گرادینان تابع توزیع تجمعی برابر تابع چگالی احتمال می‌شود، می‌توان درجه بهبود تمایز را با اصلاح تابع توزیع تجمعی کنترل کرد. این روش تابع چگالی احتمال را اصلاح کرده و شکل آن را حفظ می‌کند [Kim06]. در این روش تابع چگالی احتمال به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{AMHE}(k) = \begin{cases} P_{mid} + \alpha \frac{(P(k) - P_{mid})^2}{P_{max} - P_{mid}}, & \text{if } P(k) \leq P_{mid} \\ P_{mid} - \alpha \frac{(P_{mid} - P(k))^2}{P_{mid} - P_{min}}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-21)$$

P_{max} و P_{min} به ترتیب کمینه و بیشینه مقدار $P(k)$ است. P_{mid} مقدار میانگین P_{min} و P_{max} است و α ضریب بهبود تمایز است.

¹ -Adaptively Modified Histogram Equalization (AMHE)



شکل 2-6. اصلاح pdf توسط روش AMHE [Yan03].

(الف) PDF اصلی (ب) PDF اصلاح شده

برای اصلاح تابع چگالی احتمال P_{AMHE} ، تابع توزیع تجمعی C_{AMHE} با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(2-22)$$

$$C_{AMHE}(k) = \sum_{i=0}^k P_{AMHE}(i)$$

به دلیل اینکه شکل اصلی pdf حفظ می‌شود، این روش کارایی شبیه به یکسان سازی هیستوگرام متداول دارد در حالیکه می‌تواند از تغییر قابل توجهی در سطوح خاکستری تصویر ورودی جلوگیری کند.

2-2-10- یکسان سازی هیستوگرام دینامیکی یک چهارمی (QDHE¹)

این الگوریتم شامل چهار مرحله به نام های بخش بندی هیستوگرام، برش، تخصیص محدوده سطح خاکستری و یکسان سازی هیستوگرام می‌باشد [Ooi10].

مرحله اول: بخش بندی هیستوگرام

در این روش برای تفکیک هیستوگرام و به منظور جلوگیری از تولید نویز در تصویر خروجی، به جای استفاده از میانگین به عنوان نقطه جداکننده، از مقدار میانه استفاده می‌شود. در QDHE ابتدا هیستوگرام تصویر ورودی بر اساس مقدار میانه به دو زیر هیستوگرام تفکیک می‌شود و به طور مشابه

¹ -Quadrants Dynamic Histogram Equalization(QDHE)

هر یک از زیرهیستوگرام ها خود بر اساس مقدار میانه به دو زیرهیستوگرام دیگر تفکیک می‌شوند. بنابراین، هیستوگرام تصویر ورودی به چهار زیرهیستوگرام تفکیک می‌شود. سپس بیشینه و کمینه مقدار شدت روشنایی هیستوگرام تصویر ورودی نیز به عنوان نقطه جداکننده در نظر گرفته می‌شود. تفکیک هیستوگرام تصویر ورودی در روش QDHE همانند تفکیک هیستوگرام در روش RSIHE با مقدار $2b =$ می‌باشد که در آن سطح بازگشتی الگوریتم است. روش تفکیک هیستوگرام بر اساس میانه، موجب تفکیک پیکسل های تصویر به اندازه برابر برای هر زیرهیستوگرام می‌شود. بنابراین، هر نقطه جداکننده را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$(2-23)$$

$$m_1 = 0.25 (r \cdot c)$$

$$m_2 = 0.50 (r \cdot c)$$

$$m_3 = 0.75 (r \cdot c)$$

درحالی‌که m_1 ، m_2 و m_3 شدت هایی هستند که به ترتیب برابر $0/25$ ، $0/50$ و $0/75$ از تعداد کل

پیکسل های هیستوگرام تصویر ورودی می‌باشند. r و c به ترتیب عرض و طول تصویر ورودی را نشان می‌دهند.

مرحله دوم : فرایند برش

دلیل این فرایند، کنترل نسبت یکسان سازی هیستوگرام به منظور جلوگیری از غیرطبیعی به نظر رسیدن و بهبود بیش از حد تمایز تصویر ورودی است. در روش QDHE آستانه برش T_c برابر میانگین شدت روشنایی هیستوگرام در نظر گرفته می‌شود. مرحله برش در شکل 2-7 (ب) مشاهده می‌شود.

مرحله سوم : تخصیص محدوده سطح خاکستری جدید

در اغلب روش‌های بهبود تمایز، اگر توزیع شدت روشنایی به گونه ای باشد که هیستوگرام دارای یک قله با عرض کم باشد، الگوریتم موجب اشباع شدت روشنایی و از دست رفتن جزئیات تصویر می‌شود. برای جلوگیری از این اتفاق، QDHE بر اساس نسبت محدوده سطوح خاکستری و تعداد کل پیکسل های موجود در تصویر، محدوده دینامیکی جدیدی به هر زیرهیستوگرام تخصیص می‌دهد. بیان ریاضی این فرایند به صورت زیر است.

$$(2-24)$$

$$\text{span}_i = m_{i+1} - m_i$$

$$(2-25)$$

$$\text{factor}_i = \text{span}_i (\log_{10} M_i)^\gamma$$

$$(2-26)$$

$$\text{range}_i = \frac{(L-1)\text{factor}_i}{\sum_{k=1}^4 \text{factor}_k}$$

در حالیکه span_i سطح خاکستری دینامیکی استفاده شده توسط i اُمین زیرهستوگرام تصویر ورودی، m_i ، i اُمین نقطه جداکننده، M_i تعداد کل پیکسل های زیرهستوگرام i م، range_i محدوده دینامیکی سطح خاکستری برای i اُمین زیرهستوگرام در تصویر خروجی و γ مقداری برای تقویت M_i می باشد. مقدار γ باید توسط کاربر تعیین شود، برای جلوگیری از پیچیدگی محاسبات می توان range_i را به صورت زیر نوشت:

$$(2-27)$$

$$\text{range}_i = \frac{(L-1)\text{span}_i}{\sum_{k=1}^4 \text{span}_k}$$

در زیر هستوگرام i اُم، محدوده دینامیکی جدید از $[i_{\text{start}} \ i_{\text{end}}]$ به شکل زیر تخصیص داده می شود:

$$(2-28)$$

$$i_{\text{start}} = (i-1)_{\text{end}} + 1$$

$$(2-29)$$

$$i_{\text{end}} = i_{\text{start}} + \text{range}_i$$

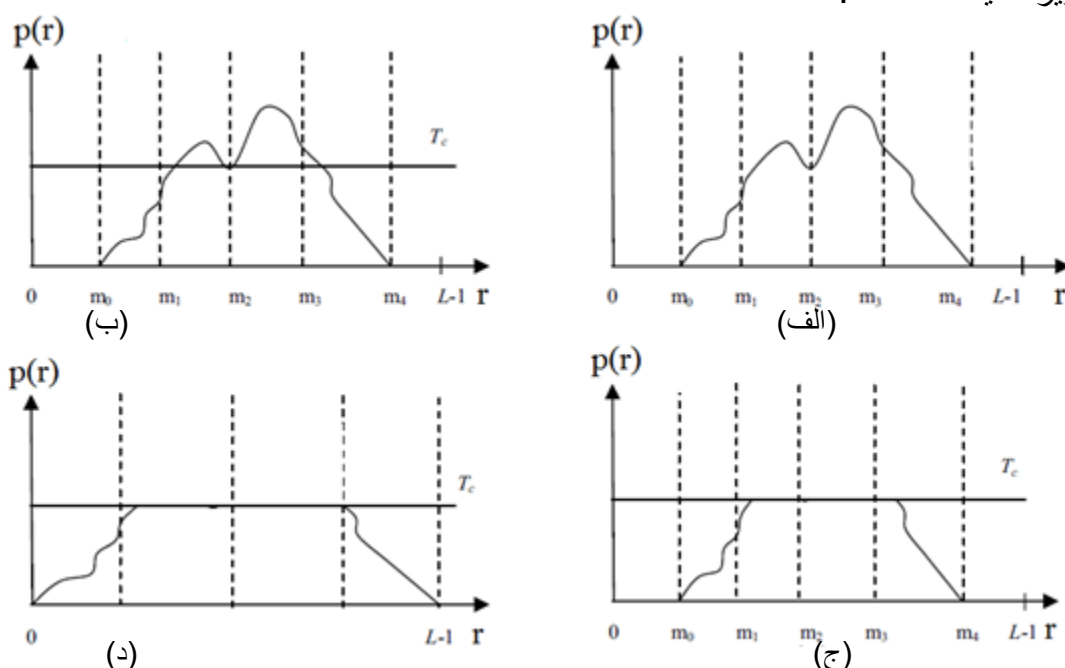
اولین مقدار i_{start} برابر حداقل مقدار شدت در محدوده دینامیکی جدید می باشد.

مرحله چهارم : تعدیل هستوگرام

بعد از تخصیص محدوده دینامیکی جدید به زیرهیستوگرام ها، مرحله آخر این روش تعدیل هر زیرهیستوگرام به طور منحصر می باشد. اگر $y(x)$ تابع نگاشت انتقال باشد، از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$(2-30) \quad y(x) = (i_{\text{start}} - i_{\text{end}}) \text{cdf}(X_k) + i_{\text{start}}$$

درحالیکه $\text{cdf}(X_k)$ تابع توزیع تجمعی در زیر هیستوگرام می باشد. مراحل این روش در شکل 2-7 به تصویر کشیده شده است.

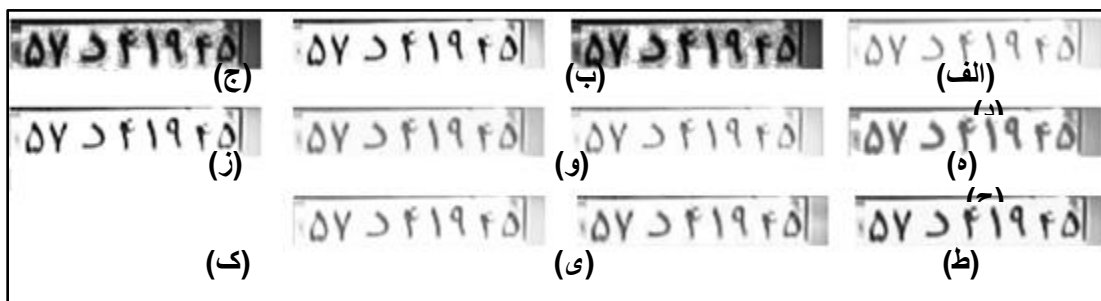


شکل 2-7. مثالی برای روش QDHE [Ooi10].

(الف) بخش بندی هیستوگرام (ب) هیستوگرام قبل از برش (ج) بعد از برش هیستوگرام (د) بعد از تخصیص سطح خاکستری جدید

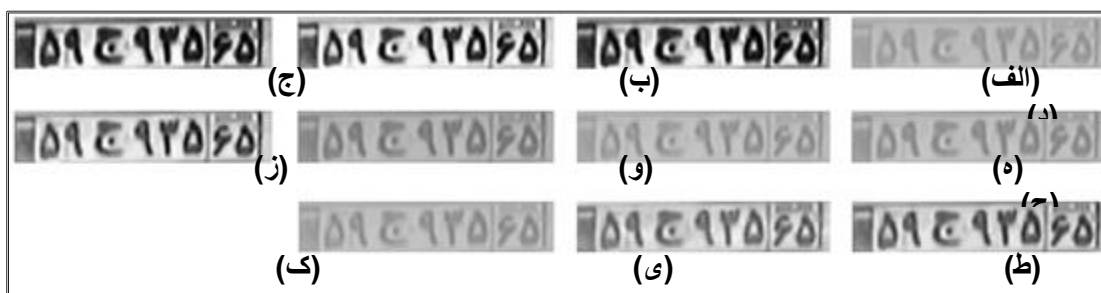
2-2-11- پیاده سازی الگوریتم های بهبود تمایز و مقایسه آنها

برای مشاهده توانایی های روش های یکسان سازی هیستوگرام، روش های ذکر شده پیاده سازی شده و بر روی تصاویر پلاک خودرو اعمال شده است. با توجه به محدودیت صفحه، صرفاً تعداد محدودی از تصاویر در شکل 2-8 تا 2-12 ارائه شده است.



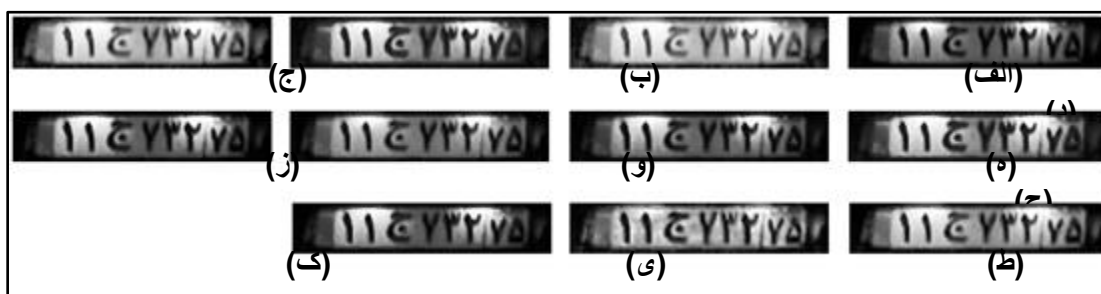
شکل 2-8. نتایج بدست آمده از اعمال روش‌های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر روشن است.

(الف) تصویر اصلی با اندازه 80×400 پیکسل (ب) یکسان سازی هیستوگرام (HE) [Gon08] (ج) الگوریتم BBHE [Che03] (د) الگوریتم MMBEBHE [Che03] (ه) الگوریتم DSIHE [Wan99] (و) الگوریتم RMSHE [Rah03] $2t = 0$ (ز) الگوریتم AMHE [Yan03] $\beta = 35$ ، $\gamma = 0/35$ (ح) الگوریتم QDHE [Ooi10] (ط) الگوریتم CLAHE [Zui94] (ی) الگوریتم AIVHE [Sim07] (ک) الگوریتم RSIHE [Sim07]



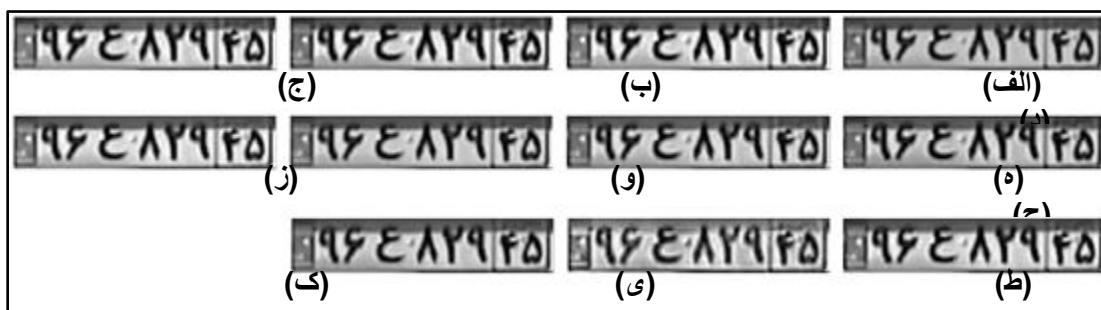
شکل 2-9. نتایج بدست آمده از اعمال روش‌های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر با تمایز پایین است.

پارامترها همان مقادیر شکل 2-8 است. (الف) تصویر اصلی با اندازه 80×400 پیکسل (ب) HE (ج) BBHE (د) MMBEBHE (ه) DSIHE (و) RMSHE (ز) AMHE (ح) QDHE (ط) AIVHE (ی) CLAHE (ک) RSIHE.



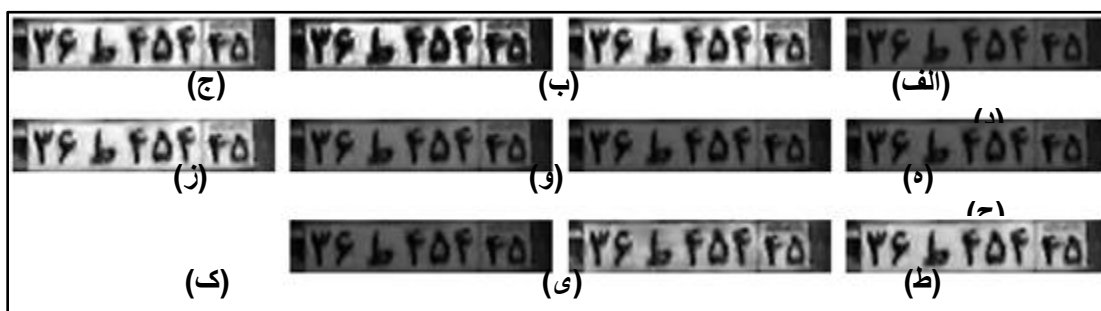
شکل 2-10. نتایج بدست آمده از اعمال روش‌های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر با نور غیریکنواخت است.

پارامترها همان مقادیر شکل 2-8 است. (الف) تصویر اصلی با اندازه 80×404 پیکسل (ب) HE (ج) BBHE (د) MMBEBHE (ه) DSIHE (و) RMSHE (ز) AMHE (ح) QDHE (ط) AIVHE (ی) CLAHE (ک) RSIHE.



شکل 2-11. نتایج بدست آمده از اعمال روش‌های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر سایه‌دار است.

پارامترها همان مقادیر شکل 2-8 است. (الف) تصویر اصلی با اندازه 80×394 پیکسل (ب) HE (ج) BBHE (د) MMBEBHE (ه) DSIHE (و) RMSHE (ز) AMHE (ح) QDHE (ط) AIVHE (ی) CLAHE (ک) RSIHE.



شکل 2-12. نتایج بدست آمده از اعمال روش‌های یکسان سازی هیستوگرام بر روی تصویر پلاک خودرو که یک نمونه تصویر تاریک است.

پارامترها همان مقادیر شکل 2-8 است. (الف) تصویر اصلی با اندازه 80×398 پیکسل (ب) HE (ج) BBHE (د) MMBEBHE (ه) DSIHE (و) RMSHE (ز) AMHE (ح) QDHE (ط) AIVHE (ی) CLAHE (ک) RSIHE.

جدول 2-1. بررسی الگوریتم‌های بهبود تمایز از نظر زمان اجرا (برحسب میلی ثانیه)

شکل	HE	BBHE	MMBEBHE	DSIHE	RMSHE	AMHE	QDHE	RSIHE	CLAHE	AIVHE
8-2	64	54	272	35	36	47	38	38	69	20
9-2	59	41	238	35	36	32	51	35	66	27
10-2	64	46	275	34	35	38	75	38	89	26
11-2	59	39	246	34	36	31	46	42	80	32
2-12	65	42	266	38	42	52	33	32	77	28

روش‌های بهبود تمایز HE، MMBEBHE و DSIHE بر روی تصاویر روشن تولید نویز می‌کنند [Gar11]. سایر روش‌ها بهبود قابل توجهی بر روی تصاویر روشن ندارند. روش‌های HE، BBHE و MMBEBHE تمایز تصاویر پلاک با تمایز پایین را بهبود می‌دهند اما با برجسته کردن جزئیات، تولید نویزهایی می‌کنند که باعث به هم چسبیدن نویسه‌های پلاک خودرو می‌شوند [Sar14]. سایر روش‌ها، بهبود قابل توجهی بر روی این تصاویر ندارند. الگوریتم‌های بهبود تمایز ذکر شده، بر روی تصاویر با نور غیریکنواخت و تصاویر سایه‌دار عملکرد مناسبی ندارند و تمایز را بهبود نمی‌دهند. بطور کلی، عملکرد روش‌های بهبود تمایز بر روی تصاویر پلاک بررسی شده، عملکردی موردی بوده و نمی‌توان از یک روش برای بهبود تمایز کل تصاویر یا دسته‌ای از تصاویر استفاده کرد.

2-2-12- مقایسه عملی محدود روش‌های یکسان سازی هیستوگرام در ارتقا تصاویر پلاک خودرو

- یکسان سازی هیستوگرام (HE)

یکی از اصلی ترین روش های بهبود تمایز می باشد. پیاده سازی آن ساده و از نظر زمانی کم هزینه است. این روش بهبود قابل توجهی روی تصویر انجام می دهد. اما چون میانگین روشنایی تصویر را جابجا می کند و به سطوح میانی می برد، در وسایل الکترونیکی قابل استفاده نمی باشد. این روش در مناطق روشن تولید بلوک هایی ناخواسته می کند که کیفیت تصویر خروجی را کاهش می دهد. در مناطقی از تصویر که تغییرات سطوح روشنایی آرام است جزئیات را از بین می برد و نویز را تقویت می کند [Jog15] [Kim15].

- یکسان سازی هیستوگرام با حفظ روشنایی (BBHE)

تمایز تصویر را بهبود می دهد. در مقایسه با روش یکسان سازی هیستوگرام الگوها را واضحتر نمایش می دهد. روشنایی تصویر ورودی را تا حدی حفظ می کند و از جابجایی آن به سطوح میانی جلوگیری می کند. این روش بر روی تصاویری که یک قسمت آن تاریک و قسمت دیگر روشن است، خوب عمل می کند. مشکل اصلی این روش اشباع شدت در بعضی مناطق است [Dew13] [Lau94] [Lal12].

- یکسان سازی هیستوگرام زیر تصویر دوجزبی (DSIHE)

روشنایی تصویر ورودی را به خوبی حفظ می کند و آنتروپی تصویر را افزایش می دهد. ایجاد بلوک هایی ناخواسته و تقویت نویز از مشکلات عمده این روش می باشد [Kum12] [Zuo14] [Raj13].

- یکسان سازی هیستوگرام بازگشتی مبتنی بر جداسازی میانگین (RMSHE)

روشنایی تصویر ورودی را حفظ می کند و بهبود تمایز را به خوبی انجام می دهد. در این روش تصویر ورودی به 2^t زیرتصویر تقسیم می شود. بهبود ناچیز با افزایش مقدار t از مشکلات اصلی این روش می شود [Pan14].

- کمترین خطای میانگین روشنایی توسط یکسان سازی هیستوگرام دو جزبی (MMBEBHE)

این روش تا حدودی عیب های روش یکسان سازی هیستوگرام و یکسان سازی هیستوگرام با حفظ روشنایی را برطرف می کند. اما مشکل بیش بهبود در برخی مناطق را دارد و تصویر طبیعی به نظر نمی رسد [Lim15].

- یکسان سازی افقی هیستوگرام با محدود کننده تمایز (CLAHE)
تمایز را به خوبی بهبود می‌دهد و جزئیات تصویر را حفظ می‌کند. بر روی تصاویر پزشکی به خوبی عمل می‌کند و روشنایی تصویر ورودی را به خوبی حفظ می‌کند. بر خلاف روش‌های قبلی نویز را تقویت نمی‌کند و آن را محدود می‌کند.

- یکسان سازی هیستوگرام زیر تصویر به صورت بازگشتی (RSIHE)
این روش نیز روشنایی تصویر ورودی را حفظ می‌کند. تمایز خیلی بهبود نمی‌یابد و بهبود غیر قابل توجه با افزایش b عیب اصلی این روش است [Gup15][Tin15][Piz87].

- بهبود تمایز با افزایش محلی مقدار هیستوگرام (AIVHE)
در این روش تصویر خروجی دارای وضوح خیلی بیشتری می‌باشد و طبیعی تر به نظر می‌رسد. اگر چه در اکثر روش‌های قبلی از کل محدوده دینامیکی برای بهبود تمایز استفاده شده است اما در این روش کیفیت تصویر خروجی بهتر است چون در روش‌های قبلی، روشنایی تصویر ورودی به مقدار لازم حفظ نشده است.

- بهبود تمایز با استفاده از اصلاح افقی یکسان سازی هیستوگرام (AMHE)
تابع توزیع تجمعی تصویر ورودی اصلاح می‌شود و شکل اصلی این تابع را حفظ می‌کند. بنابراین بهبود تمایز همراه با حفظ روشنایی انجام می‌شود. می‌توان درجه بهبود تمایز را کنترل کرد.

- روش یکسان سازی هیستوگرام دینامیکی یک چهارمی (QDHE)
روشی قوی برای بیرون کشیدن جزئیات تصویر می‌باشد. اما همزمان با بهبود تمایز تا حدودی نویز را نیز تقویت می‌کند.

3-2- روشهای باینری سازی

تصویر باینری یک تصویر دیجیتال است که تنها می‌تواند دارای دو مقدار برای هر پیکسل باشد. برای نشان دادن یک تصویر باینری معمولاً از رنگ سیاه و سفید استفاده می‌شود، اگرچه می‌توان هر رنگ دیگری را بکار برد. تصاویر باینری را تصاویر دو سطحی نیز می‌گویند که به این معنی است که هر

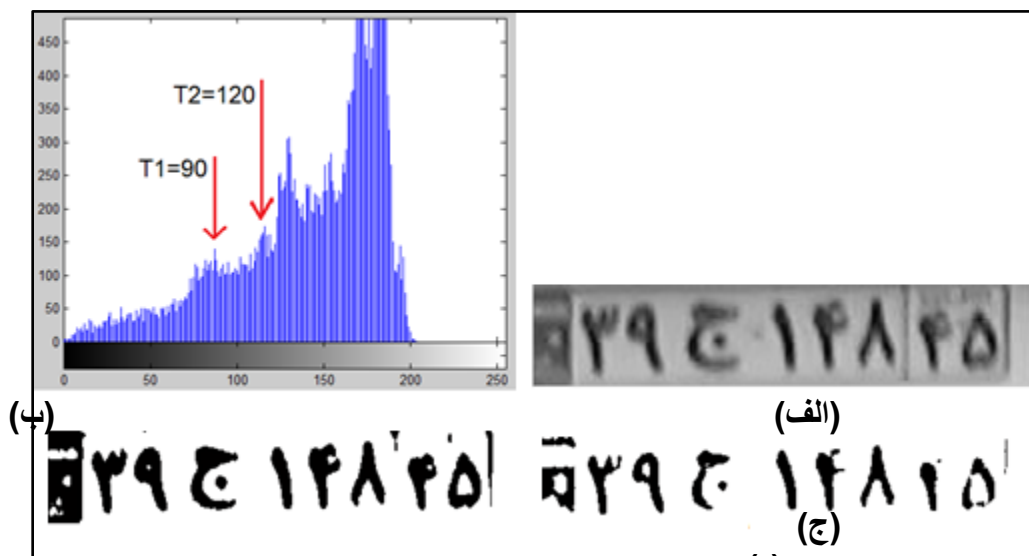
پیکسل می‌تواند مقدار یک یا صفر را داشته باشد. تصاویر باینری عمدتاً از روی تصاویر خاکستری به دست می‌آیند. ناحیه بندی¹ عملیاتی است که روی تصاویر خاکستری اعمال می‌شود و تصویر را باینری می‌کند. در چهار دهه ی گذشته تحقیقات زیادی در زمینه باینری کردن اسناد نوشتاری انجام شده است. روش‌های باینری‌سازی به دو دسته باینری‌سازی محلی و باینری‌سازی فرامحلی تقسیم می‌شود که هر کدام دارای مزایا و معایبی هستند [سریزدی، 1382].

1-3-2- روش آستانه‌زنی فرا محلی با یک آستانه ثابت

یکی از ساده ترین روشهای آستانه‌زنی تعیین یک مقدار ثابت و مشخص است [Ath11][Sau00]. به عنوان مثال برای یک مقدار آستانه مشخص، رابطه آستانه‌زنی فرامحلی به صورت زیر است:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(x, y) > T \\ 0, & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2-31)$$

در این رابطه پیکسل‌های با برجسب یک نشانگر پس‌زمینه و پیکسل‌های با برجسب صفر نشانگر اشیاء (متن) می‌باشند.



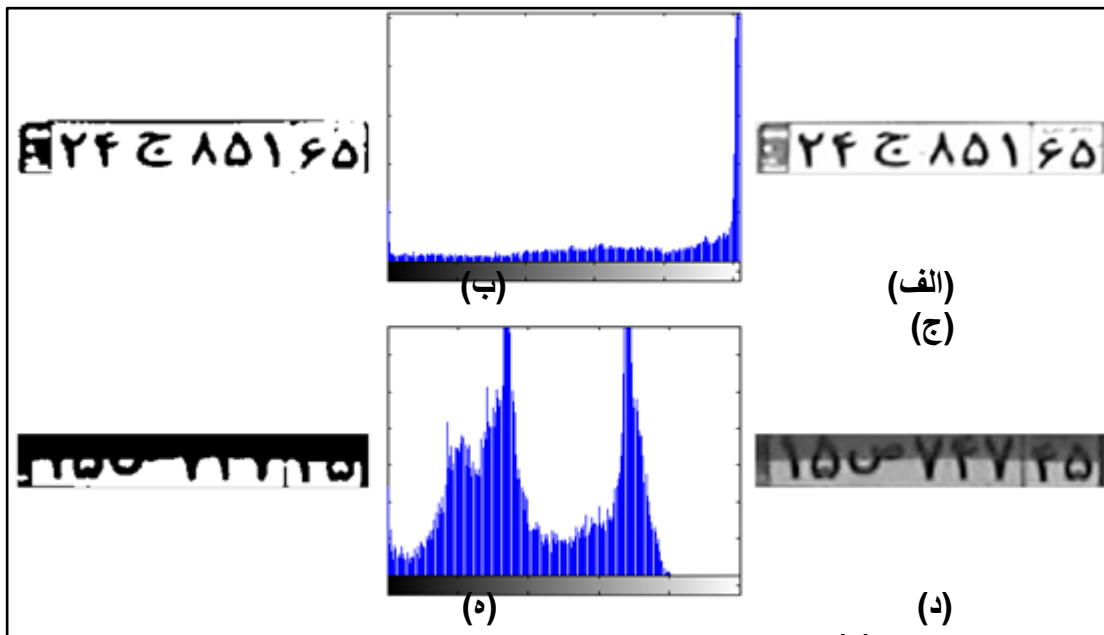
شکل 2-13. روش آستانه‌زنی با یک آستانه ثابت.

(الف) تصویر اصلی (ب) هیستوگرام تصویر (ج) و (د) نتایج اعمال این روش با آستانه های $T = 90$ و $T = 120$.

¹ -Segmentation

2-3-2- روش فرامحلی اُتسو¹

در روش فرامحلی اُتسو، آستانه ای که واریانس درون خوشه ای² را کمینه کند جست و جو می-شود [Ots79] [Pha11]. این روش تصاویری که هیستوگرام آنها دارای دو قله است را به خوبی باینری می-کند. اما بر روی تصاویری که مقادیر پیکسل های پس زمینه و متن تغییر زیادی داشته باشند، عملکرد مناسبی ندارد (شکل 2-14).



شکل 2-14. نتایج روش اُتسو بر روی دو نوع تصویر با هیستوگرام مختلف.

(الف) تصویر خاکستری ورودی. (ب) هیستوگرام تصویر (الف). (ج) نتیجه روش اُتسو. (د) تصویر خاکستری ورودی. (و) هیستوگرام تصویر (ه). (ز) نتیجه روش اُتسو.

2-3-3- روش آستانه زنی فرامحلی کاپور³

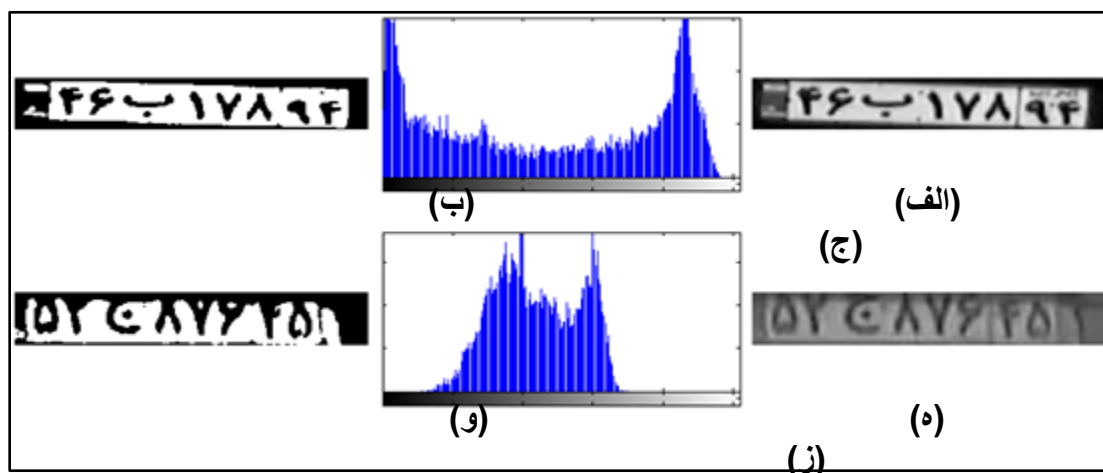
روش کاپور از اطلاعات مربوط به آنتروپی شانون برای آستانه زنی استفاده می-کند [Kap86]. در این روش، ابتدا تمامی سطوح خاکستری تصویر ورودی به عنوان آستانه انتخاب شده و سپس برای هر

¹ -Otsu

² -Variance Intra-Class

³ -Kapur

یک از این آستانه ها، مقدار آنتروپی محاسبه می‌شود. مقدار بیشترین آنتروپی، نمایانگر بیشترین انتقال اطلاعات می‌باشد. کاپور، بیشینه مقدار آنتروپی حاصل از آستانه های انتخاب شده را به عنوان آستانه نهایی در نظر می‌گیرد [Sez04].



شکل 2-15. روش باینری‌سازی کاپور.

(الف) تصویر خاکستری (ب) هیستوگرام تصویر (الف)، (ج) نتیجه روش کاپور با انتخاب $T=119$ به عنوان بیشینه آنتروپی (د) تصویر خاکستری (ه) هیستوگرام تصویر (د)، (و) نتیجه روش کاپور با انتخاب $T=108$ به عنوان بیشینه آنتروپی.

4-3-2- روش آستانه‌زنی محلی برنسن¹

روش‌های باینری‌سازی فرامحلی، در باینری‌سازی تصاویر سایه‌دار و تصاویر با نور غیریکنواخت با مشکل مواجه می‌شوند. این روش‌ها توانایی جداسازی متن و اشیاء را از سایه ندارند. روش باینری-سازی محلی برنسن برای حل مشکلات روش‌های باینری‌سازی فرامحلی ارائه شده است [Tal14]. در این روش مقدار آستانه برای هر پیکسل در محدوده میانی تنظیم می‌شود که مقدار آن میانگین، کمترین شدت روشنایی $f_{low}(x, y)$ و بیشترین شدت روشنایی $f_{high}(x, y)$ ، در بلوکی از تصویر است.

(2-32)

$$T(x, y) = 0.5[\max_w(f(x + m, y + n)) + \min_w(f(x + m, y + n))]$$

$$= 0.5[f_{high}(x, y) + f_{low}(x, y)]$$

¹ -Bernsen

w بلوکی از تصویر با اندازه $[w_1 \times w_2]$ که مرکز آن در (x, y) است. اگر تمایز $C(x, y) = f_{\text{high}}(x, y) - f_{\text{low}}(x, y)$ کمتر از یک مقدار آستانه باشد (مقدار 15 پیشنهاد شده است)، پیکسل خروجی صفر و در غیر این صورت برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

2-3-5- روش محلی آستانه‌زنی با میانگین

اگر تصویر خاکستری ورودی $f(x, y)$ باشد، با فرض بلوکی از تصویر به اندازه $(M \times N)$ ، که مرکز این بلوک در نقطه (x, y) قرار دارد، می‌توان مقدار آستانه را برای هر پیکسل از تصویر ورودی، μ میانگین شدت روشنایی هر بلوک از تصویر در نظر گرفت. $g(x, y)$ تصویر خروجی باینری را می‌توان به صورت زیر بدست آورد:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > \mu \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq \mu \end{cases} \quad (2-33)$$

برای آستانه‌زنی بهتر، می‌توان مقدار میانگین را با یک مقدار ثابت جمع کرد.

2-3-6- روش محلی آستانه‌زنی MidGrey

اگر تصویر خاکستری ورودی $f(x, y)$ باشد، با فرض بلوکی از تصویر به اندازه $(M \times N)$ که مرکز این بلوک در نقطه (x, y) قرار دارد، می‌توان مقدار آستانه $T(x, y)$ را برای هر پیکسل از تصویر ورودی، به صورت زیر بدست آورد:

(2-34)

$$T(x, y) = \frac{1}{2} (\max f(x, y) + \min f(x, y))$$

که در آن $\min f(x, y)$ کمینه شدت روشنایی و $\max f(x, y)$ بیشینه شدت روشنایی در هر بلوک از تصویر ورودی است.

2-3-7- روش محلی آستانه‌زنی Niblack

Niblack روشی است که در آن با محاسبه مقدار μ ، میانگین شدت روشنایی و σ مقدار انحراف معیار در هر بلوک از $f(x,y)$ با اندازه $(M \times N)$ که مرکز این بلوک در نقطه (x,y) قرار دارد، مقدار آستانه را محاسبه می‌کند [Nib86].

$$(2-35)$$

$$T_{\text{Niblack}} = \mu + k\sigma$$

که در آن k مقداری ثابت بین صفر و یک می‌باشد و مقدار $-0/2$ پیشنهاد شده است. کیفیت تصویر خروجی این روش به مقدار k و اندازه بلوک انتخابی بستگی دارد. اگر مقدار k کوچک انتخاب شود، اشیاء و متون در تصویر خروجی ضخیم و غیرواضح خواهند بود و اگر k بزرگ انتخاب شود اشیاء و متون باریک و شکننده می‌شوند. این روش به خوبی نوشته‌ها را در تصاویر با تمایز پایین شناسایی و استخراج می‌کند. اما در مناطقی که دارای اطلاعات نمی‌باشد نویز زیادی تولید می‌کند.



شکل 2-16. نتایج الگوریتم Niblack با اندازه بلوک (20×20) و اندازه k مختلف.

(الف) تصویر خاکستری ورودی با اندازه 60×400 پیکسل (ب) نتیجه اعمال Niblack با مقدار $k = 3$ (ج) نتیجه اعمال Niblack با مقدار $k = -0/2$ (د) نتیجه اعمال Niblack با مقدار $k = -0/5$.

2-3-8- روش محلی آستانه‌زنی Sauvola

این روش الهام گرفته از روش Niblack است. در این روش هدف حذف نویزهای وابسته به انحراف معیار است که در روش Niblack تولید می‌شود. Sauvola با استفاده از محدوده دینامیکی تصویر خاکستری مانع از تولید نویز در خروجی می‌شود [Sau00]. مقدار آستانه برای هر پیکسل از تصویر ورودی، بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(2-36)

$$T_{Sauvola} = \mu (1 - k(1 - \frac{\sigma}{R}))$$

که در آن R محدوده دینامیکی انحراف معیار است و برابر 128 تنظیم می‌شود، مقدار k مثبت و برابر 0/5 پیشنهاد می‌شود. این روش مشکل نویز را حل می‌کند. اما، در تصاویری که تمایز پایین باشد خروجی قابل قبولی ارائه نمی‌دهد.

9-3-2- روش محلی آستانه‌زنی Phansalkar

همانطور که در بخش قبل اشاره شد، الگوریتم Sauvola مشکل تولید نویز را برطرف کرده است. اما، این روش بر روی تصاویر با تمایز پایین عملکرد مناسبی ندارد. روش Phansalkar برای غلبه بر این مشکل ارائه شده است [Pha11].

(2-37)

$$T_{Phansalkar} = \mu (1 + p \cdot \exp(-q \cdot \mu) + k ((\sigma/r)-1))$$

که در آن μ میانگین محلی و σ انحراف معیار محلی تصویر است. مقادیر پارامترها $p=2$ ، $r=5$ ، $k=25$ و $q=10$ پیشنهاد شده است.

10-3-2- روش محلی آستانه‌زنی Wolf

در این روش تمایز و مقدار میانگین تصویر نرمالیزه می‌شود [Wo104]. مقدار آستانه بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(2-38)

$$T_{wolf} = (1 - k) \mu + k.M + k \frac{\sigma}{R} (\mu - M)$$

که در آن، مقدار k برابر $0/5$ ، M برابر کوچکترین شدت روشنایی تصویر و R بزرگترین انحراف معیار محاسبه شده در بلوک های فرضی تصویر (پنجره لغزان) است. این روش در بیشتر موارد نتایج خوبی ارائه می دهد، اما اگر مقدار شدت روشنایی پیش زمینه تغییر محسوسی داشته باشد کیفیت خروجی کاهش می یابد. دلیل این اتفاق این است که مقادیر M و R از روی کل روی تصویر محاسبه می شوند.

2-3-11- روش محلی آستانه زنی Feng

همانطور که در بخش قبلی اشاره شد، روش Wolf انحراف معیار محدوده دینامیکی تصویر خاکستری را از روی کل تصویر انتخاب می کند. این عمل موجب کاهش کیفیت تصویر خروجی می شود. برای حل این مشکل، روش Feng ارائه شد. Feng انحراف معیار را به صورت محلی محاسبه می کند. برای محاسبه محلی، این روش از دو پنجره لغزان استفاده می کند که یک پنجره، پنجره دیگر را شامل می شود. در این روش، σ مقدار انحراف معیار، M کوچکترین مقدار شدت روشنایی و μ میانگین محلی شدت روشنایی در پنجره کوچکتر محاسبه می شوند و انحراف معیار دینامیکی R_s در پنجره بزرگتر محاسبه می شود [Fen04]. مقدار آستانه در این روش از رابطه زیر حاصل می شود:

(2-39)

$$T_{Feng} = (1 - \alpha_1) \mu + \alpha_2 \left(\frac{\sigma}{R_s} \right) (\mu - M) + \alpha_3 M$$

در حالیکه $\alpha_2 = k_1 (\sigma / R_s)^\gamma$ و $\alpha_3 = k_2 (\sigma / R_s)^\gamma$ می باشد. نویسنده مقدار γ را برابر 2 قرار داده است. مقدار پارامترهای دیگر به صورت زیر قرار داده شده است:

(2-40)

$$\alpha_1 = 0.1 \sim 0.2$$

$$k_1 = 0.15 \sim 0.25$$

$$k_2 = 0.01 \sim 0.05$$

سه پارامتر معرفی شده به صورت تجربی تعیین شده است [Khu03].

2-3-12- روش محلی آستانه‌زنی Bradley

این روش در مقایسه با روش‌های قبلی دارای پیاده‌سازی ساده‌تری است و تا حدی اثرات غیریکنواختی نور را از بین می‌برد. ایده اصلی این روش این است که هر پیکسل با میانگین پیکسل‌های موجود در همسایگی خود مقایسه شود. برای محاسبه مقدار آستانه هر پیکسل، تصویر پیمایش می‌شود و میانگین شدت روشنایی پیکسل‌های همسایه با اندازه $(M \times N)$ محاسبه می‌شود. اگر مقدار شدت روشنایی پیکسل مورد نظر، k درصد کمتر از میانگین محلی محاسبه شده باشد، پیکسل صفر و در غیر این صورت پیکسل یک می‌شود. k توسط کاربر تعیین می‌شود و عددی بین یک تا صد است. مقدار پیشنهادی برای k عدد 10 می‌باشد [Bra07].

2-3-13- روش محلی آستانه‌زنی Nick

این روش توسط خورشید¹ و با نام Nick ارائه شد [Khu09]. این روش اصلاح شده روش Niblack است. هدف از این روش حل کردن مشکل تولید نویز در روش Niblack و مشکل Sauvola در باینری‌سازی تصاویر با تمایز کم است. این عمل با جابجا کردن مقدار آستانه رو به سطوح پایین شدت روشنایی انجام می‌شود. مقدار آستانه بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(2-41) \quad T_{Nick} = \mu + k \sqrt{\sigma + \mu^2}$$

که در آن k ضریب Niblack، μ میانگین محلی و σ انحراف معیار است. اگر مقدار k نزدیک به 0/2 باشد، نویز حذف می‌شود اما امکان شکسته شدن نویسه‌های متن وجود دارد. اگر k نزدیک به 0/1 باشد، نویسه‌ها به خوبی حفظ می‌شوند، اما نویز به طور کامل حذف نمی‌شود.

2-3-14- پیاده‌سازی الگوریتم‌های بهبود تمایز و مقایسه آنها

برای مشاهده توانایی‌های روش‌های باینری‌سازی، روش‌های ذکر شده پیاده‌سازی شده و بر روی تصاویر پلاک خودرو اعمال شده است. با توجه به محدودیت صفحه، صرفاً تعداد محدودی از تصاویر در شکل 2-17 تا 2-20 ارائه شده است. از نتایج روش‌های نشان داده شده می‌توان دریافت که روش-

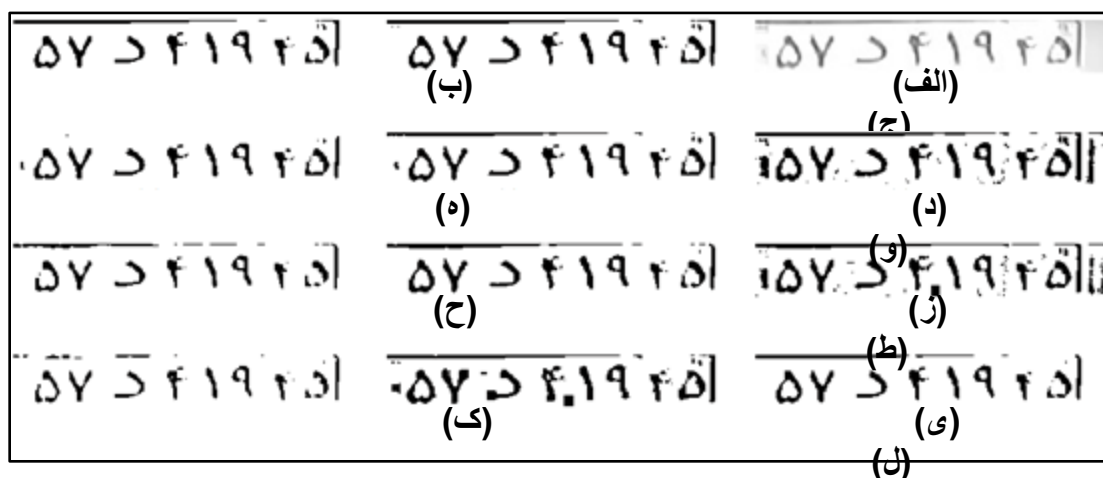
¹ -Khurshid

های باینری‌سازی موجود توانایی باینری کردن همه نوع های تصاویر را ندارند و هر روش بر روی یک یا چند نوع تصویر کارایی مناسبی دارد. برای غلبه بر این مشکل، در فصل سوم روش‌هایی ارائه شده است که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

تنظیم پارامترها در الگوریتم‌های باینری‌سازی معرفی شده، طبق جدول است.

جدول 2-2. تنظیم پارامترها در الگوریتم‌های باینری‌سازی با مقادیر ارائه شده توسط هر مؤلف

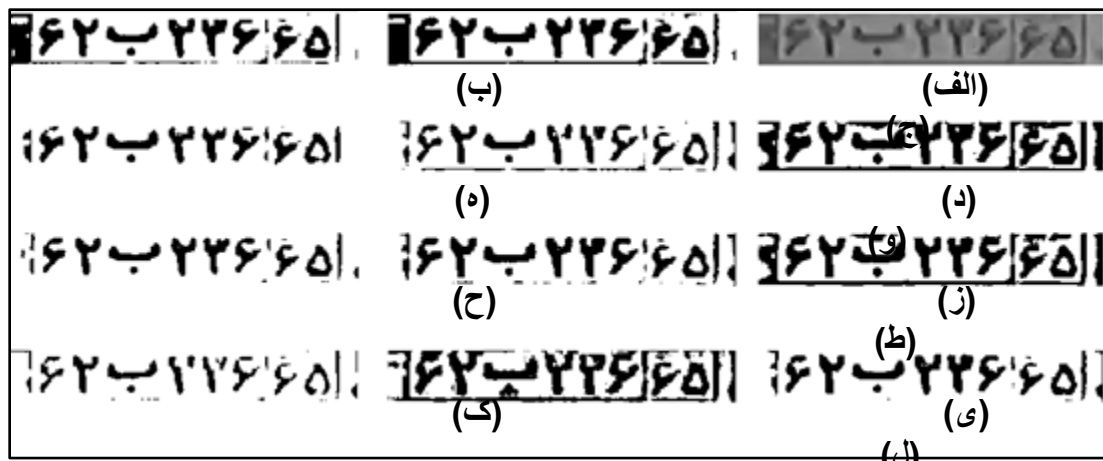
الگوریتم	Bradley	Phanasalkar	Nick	Feng
پارامتر(ها)	$k = 10$	$p = 2$ $r = 0/5$ $k = 0/25$ $q = 10$	$k = -0/02$	$k1 = 0/04$ $k2 = 0/25$ $\alpha = 0/1$ $\gamma = 2$
الگوریتم	Niblack	Sauvola		Wolf
پارامتر(ها)	$k = -0/02$	$k = -0/02$		$k = 0/5$



شکل 2-17. نتایج بدست آمده از اعمال روش‌های باینری‌سازی بر روی تصویر پلاک خودرو با شرایط نوری روشن.

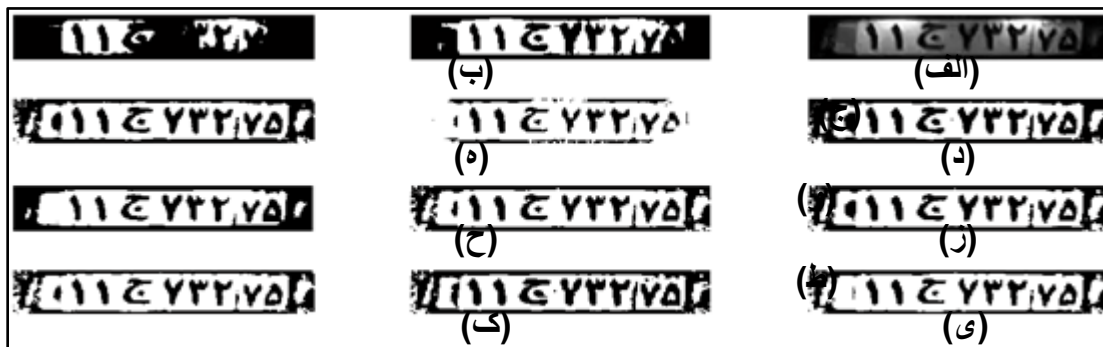
اندازه پنجره لغزان (20×20) (الف) تصویر خاکستری با اندازه 60×400 پیکسل (ب) روش فرامحلی اُتسو [Ots79] (ج) روش فرامحلی کاپور [Kap86] (د) روش محلی برنسن [Tal14] (ه) روش محلی آستانه‌زنی با میانگین (و) روش محلی [Bra07] Bradley (ز) روش محلی [Nib86] Niblack (ح) روش محلی [Sau00] Sauvola (ط) روش محلی

Phansalkar [pha11] (ی) روش محلی Wolf [Wol04] (ک) روش محلی Feng، پنجره داخلی (20×20) و پنجره خارجی (30×30) [Fen04] (ل) روش محلی Nick [Khu09].



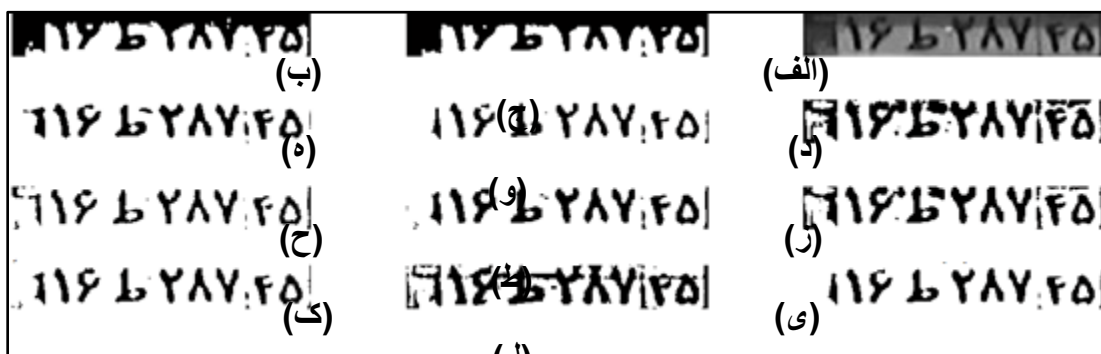
شکل 2-18. نتایج بدست آمده از اعمال روش‌های باینری‌سازی بر روی تصویر پلاک خودرو با تمایز پایین.

اندازه پنجره لغزان (30×30) (الف) تصویر خاکستری با اندازه 60×400 پیکسل (ب) روش فرامحلی اُتسو [Ots79] (ج) روش فرامحلی کاپور [Kap86] (د) روش محلی برنسن [Tal14] (ه) روش محلی آستانه‌زنی با میانگین (و) روش محلی Bradley [Bra07] (ز) روش محلی Niblack [Nib86] (ح) روش محلی Sauvola [Sau00] (ط) روش محلی Phansalkar [pha11] (ی) روش محلی Wolf [Wol04] (ک) روش محلی Feng، پنجره داخلی (20×20) و پنجره خارجی (30×30) [Fen04] (ل) روش محلی Nick [Khu09].



شکل 2-19. نتایج بدست آمده از اعمال روش‌های باینری‌سازی بر روی تصویر پلاک خودرو با نور غیریکنواخت.

مقادیر پارامترها همان مقادیر شکل 2-18 است.



شکل 20-2. نتایج بدست آمده از اعمال روش‌های باینری‌سازی بر روی تصویر پلاک خودرو سایه‌دار.

مقادیر پارامترها همان مقادیر شکل 2-18 است.

15-3-2- مقایسه عملی محدود روش‌های باینری‌سازی در زمینه پلاک خودرو

روش آستانه‌زنی با یک مقدار ثابت برای تصاویری که دارای توزیع یکنواخت نور باشد روشی ساده و با زمان اجرایی کم است. اما به دلیل تعیین مقدار آستانه توسط کاربر امکان استفاده از این روش در کاربردهایی که تعداد و انواع تصاویر زیاد باشد وجود ندارد [Goy11].

▪ روش‌های فرامحلی باینری‌سازی :

روش فرامحلی آتسو بر روی تصاویری که دارای توزیع نور یکنواخت هستند، تصاویری که در آن‌ها فاصله‌ی کمینه و بیشینه مقدار سطح خاکستری زیاد است و تصاویری که هیستوگرام آن‌ها دارای دو بیشینه می‌باشد که یک بیشینه آن نشان دهنده پس‌زمینه و بیشینه دیگر نشان دهنده اشیاء می‌باشد به خوبی عمل می‌کند. این روش در مواردی که هیستوگرام دارای چند بیشینه باشد، نور تصویر به طور غیریکنواخت توزیع شده باشد و تصاویری که دارای تمایز کمی باشد عملکرد خوبی ندارد و کیفیت تصویر خروجی مناسب نمی‌باشد. روش کاپور بر روی تصاویر با تمایز پایین و همچنین تصاویری که نور یکنواخت دارند عملکرد مناسبی دارد. اما بر روی تصاویر با نور غیریکنواخت با مشکل مواجه می‌شود. به طور کل روش‌های باینری‌سازی فرامحلی بر روی تصاویر با توزیع نور یکنواخت عملکرد بهتری دارند و دارای سرعت اجرای بیشتری می‌باشند اما به دلیل غیریکنواخت بودن نور در تصاویر در اغلب کاربردها نمی‌توان از این روش‌ها استفاده کرد [Soo15][Yah09].

▪ روش‌های محلی باینری‌سازی :

روش برنسن برای مقابله با توزیع غیریکنواخت نور ارائه شد که این عمل را به خوبی انجام می‌دهد. ضعف این روش در باینری کردن تصاویر با تمایز پایین و همچنین تصاویر سایه‌دار می‌باشد. روش محلی باینری‌سازی با میانگین، بر روی تصاویر روشن و یکنواخت عملکرد مناسبی دارد. اما در باینری کردن تصاویر با تمایز پایین، توزیع نور غیریکنواخت و تصاویر سایه‌دار با مشکل مواجه می‌شود.

روش Niblack عمل باینری کردن را به خوبی انجام می‌دهد اما تولید نویز بیش از حد در نواحی که جزو پیش زمینه می‌باشد از مشکلات اساسی آن است. همچنین قادر به باینری کردن تصاویر سایه‌دار نمی‌باشد. روش Phansalkar بر روی تصاویر با نور غیریکنواخت عملکرد مناسبی دارد و تصویر را به خوبی باینری می‌کند. این روش بر روی تصاویر با نور زیاد و تصاویری که در آن انحراف معیار کم باشد عملکرد مناسبی ندارد.

روش Sauvola مشکلات روش Niblack را تا حد زیادی برطرف می‌کند و در پس زمین نویز چندانی تولید نمی‌کند. اما در خیلی از موارد نویسه‌ها خیلی باریک شده و در تعدادی از آن‌ها نویسه‌ها شکسته می‌شوند که مشکلاتی را برای نویسه خوان نوری ایجاد می‌کند. روش Bradley در مقایسه با روش‌های قبلی دارای پیاده‌سازی ساده‌تری می‌باشد. این روش، در حذف غیریکنواختی نور قوی عمل می‌کند و برای باینری‌سازی تصاویر ویدیویی مناسب می‌باشد. اما در باینری کردن تصاویر سایه‌دار با مشکل مواجه می‌شود.

روش Nick در مقایسه با سایر روش‌های باینری‌سازی عملکرد بهتری دارد. این روش بر روی تصاویری که تغییرات شدت روشنایی کم باشد عملکرد خیلی خوبی دارد. در مقایسه با سایر روش‌ها بهینه‌تر می‌باشد و بر روی تصاویر با کیفیت پایین نیز کارایی دارد. روش‌های Feng و Wolf با غیریکنواخت بودن نور به خوبی مقابله می‌کنند اما در باینری کردن تصاویر با تمایز پایین و روشن عملکرد خوبی ندارند.

به طور کلی، روش‌ها باینری‌سازی محلی، توانایی بیشتری در باینری کردن تصاویر با نور غیریکنواخت و تصاویر سایه‌دار را دارند و انواع تصاویر بیشتری را می‌توانند باینری کنند. اما در مقایسه با روش‌های فرامحلی باینری‌سازی، هم از نظر زمانی و هم از نظر پیاده‌سازی هزینه بیشتری در بر می‌گیرند.

4-2- مروری بر کارهایی که در زمینه باینری کردن و ارتقاء پلاک انجام شده است

تشخیص خودکار پلاک خودرو راه حلی برای کنترل هوشمند حمل و نقل است که امروزه در بسیاری از تکنولوژی‌ها استفاده می‌شود. با وجود اینکه از معرفی این تکنولوژی بیش از سه دهه می‌گذرد، اما هنوز هم تحقیقات زیادی در این زمینه انجام می‌شود که بیانگر اهمیت این موضوع است. در ادامه به مرور روش هایی که در زمینه باینری کردن پلاک خودرو انجام شده است، پرداخته می‌شود.

روش اول:

به منظور استخراج اعداد و حروف از تصاویر پلاک خودروهای ایرانی و همچنین تصاویر پلاک به زبان لاتین، محمد دشتبان [Das11] روشی را ارائه داده است. اساس روش ارائه شده استفاده از تکنیک‌های معروف پردازش تصویر است. مراحل الگوریتم ارائه شده بعد از مکان‌یابی پلاک تا ورودی OCR به صورت زیر است:

1. بهبود تصویر ورودی

بهبود تصویر ورودی به دو مرحله تقسیم می‌شود.

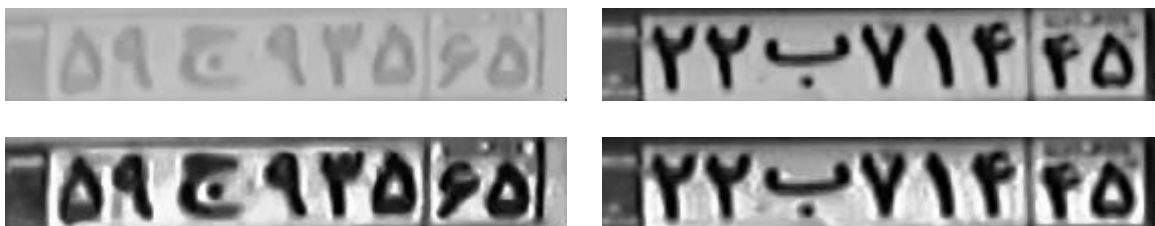
- کاهش نویز
- بهبود تمایز

برای کاهش و حذف نویزهای احتمالی از فیلتر میانه استفاده می‌شود. برای بهبود تمایز و افزایش محدوده دینامیکی از یکسان سازی هیستوگرام استفاده شده است. استفاده از یکسان سازی هیستوگرام به صورت سراسری می‌تواند مناسب باشد مخصوصاً هنگامی که از باینری سازی محلی استفاده شود.



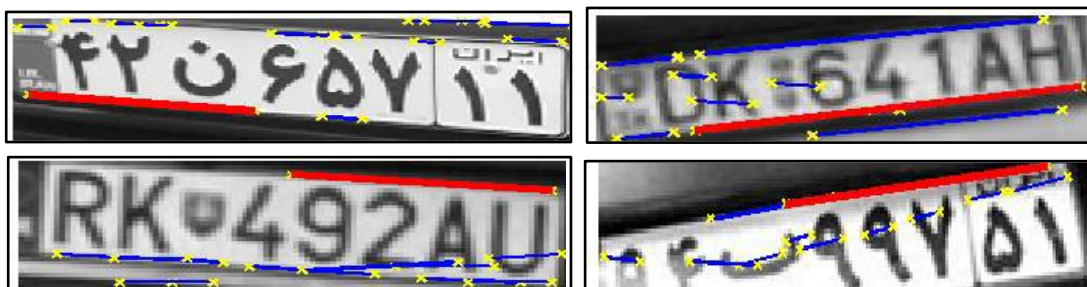
(ب)

(ج)



شکل 2-21. مراحل بهبود تصویر ورودی (الف) تصویر اصلی ورودی با اندازه 500×80 (ب) اعمال فیلتر میانه با اندازه 5×5 (ج) یکسان سازی هیستوگرام

2. اصلاح زاویه پلاک
از آنجایی که تصویر پلاک می‌تواند دارای زاویه‌های مختلفی باشد، برای داشتن یک تصویر بدون زاویه باید میزان چرخش را محاسبه کرده و تصویر را در جهت عکس زاویه چرخش داد. برای محاسبه زاویه ابتدا از الگوریتم لبه یاب canny جهت آشکارسازی لبه استفاده شده و سپس با استفاده از الگوریتم تبدیل هاف¹ بزرگترین خط مشخص می‌شود. زاویه بزرگترین خط آشکار شده، زاویه پلاک در نظر گرفته می‌شود.



شکل 2-22. نحوه پیدا کردن بزرگترین خط پلاک برای محاسبه زاویه پلاک

3. باینری کردن
مرحله سوم باینری کردن است که یک آستانه مناسب مورد نیاز است. روش‌هایی برای تعیین مقدار آستانه مناسب وجود دارد که به دو دسته تقسیم می‌شوند: روش‌های سراسری و روش‌های محلی. استفاده از روش‌های سراسری به دلیل غیریکنواخت بودن شدت روشنایی تصاویر مناسب نیست. در

¹ -Hough Transform

حالی که در موارد زیادی روش اُتسو با پیش‌پردازش خوب می‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد. در روش ارائه شده از روش باینری سازی اُتسو به صورت زیر استفاده شده است.

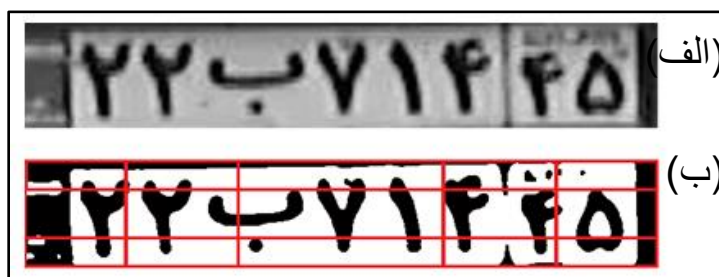
الف) تقسیم تصویر پلاک به سه قسمت نامساوی به صورت افقی و به ترتیب 20%، 60% و 20%

ب) تقسیم تصویر پلاک به پنج قسمت نامساوی به صورت عمودی و به ترتیب 15%، 20%، 30%، 20% و 15%.

ج) محاسبه آستانه توسط روش اُتسو برای هر بلوک.

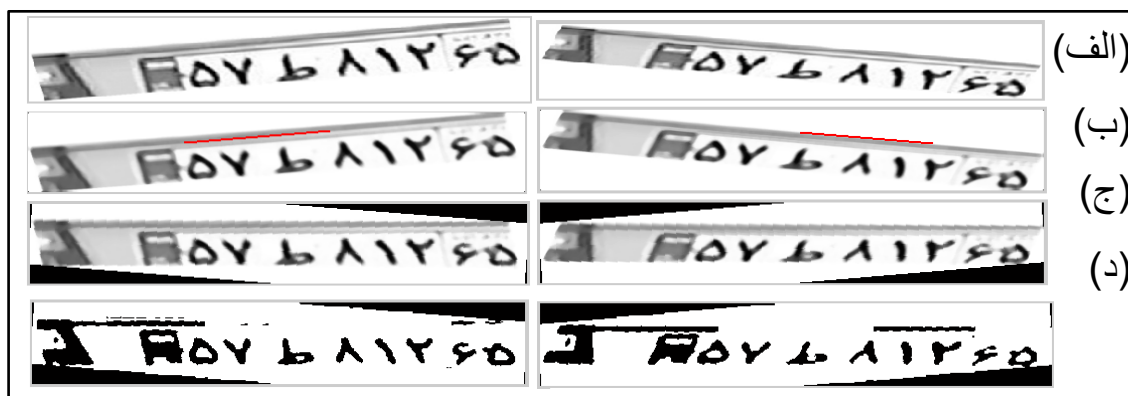
د) باینری کردن تصویر پلاک با استفاده از مقادیر آستانه بدست آمده از مرحله (ج).

دلیل استفاده از بلوک‌ها با اندازه نامساوی این است که لبه های پلاک بر اثر سایه و شرایط نوری معمولاً دارای نویز و ضخیم هستند. این تقسیم بندی می‌تواند آستانه سراسری را تنظیم کند.



شکل 23-2. نحوه باینری کردن تصاویر پلاک (الف) تصویر اصلی ورودی (ب) باینری کردن توسط تکنیک ارائه شده.

نمونه‌های دیگری از عملکرد الگوریتم پیشنهادی در شکل 24-2 و 25-2 به تصویر کشیده شده است.



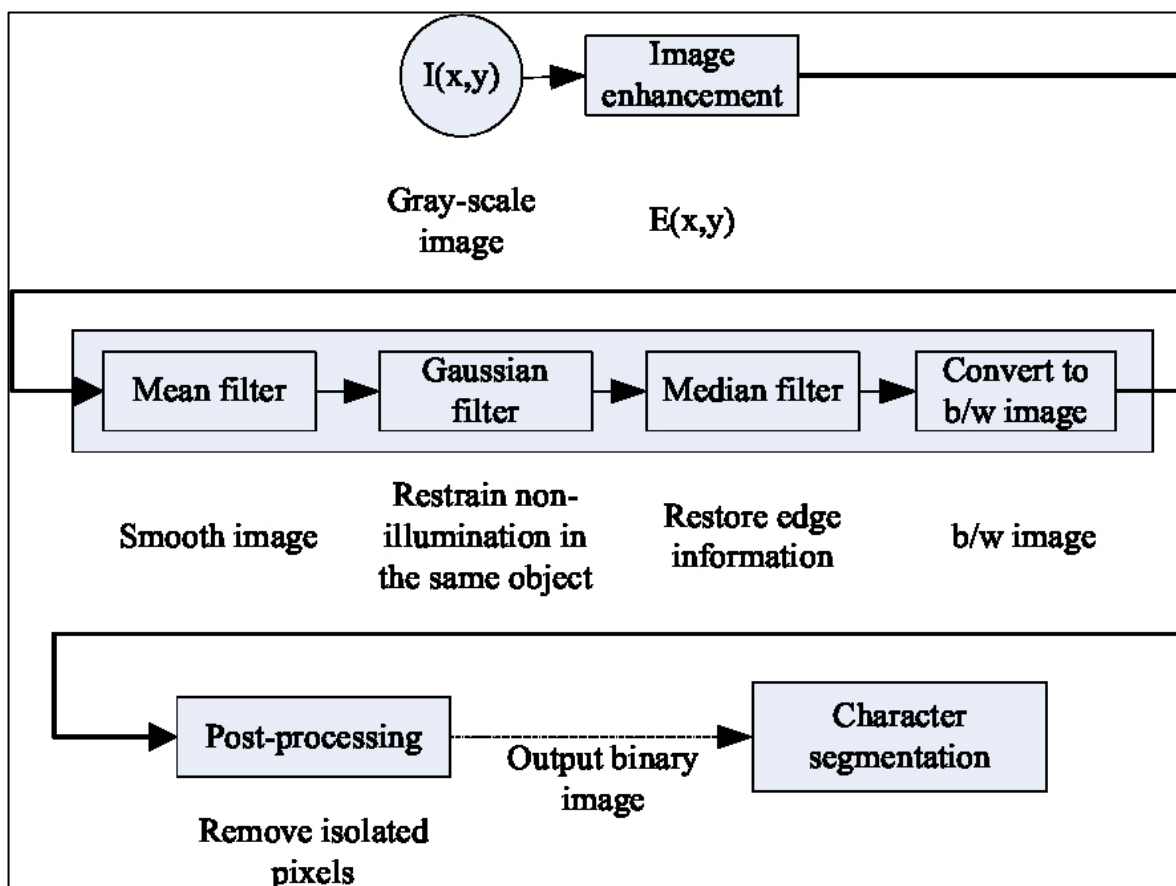
شکل 2-24. عملکرد الگوریتم ارائه شده بر روی تصاویر کج (الف) تصویر اصلی (ب) تعیین بزرگترین خط توسط تبدیل هاف و محاسبه زاویه (ج) اصلاح زاویه تصویر پلاک (د) باینری سازی تصویر پلاک



شکل 2-25. عملکرد الگوریتم بر روی تصاویر با نور غیریکنواخت (الف) تصویر اصلی ورودی (ب) تصویر باینری شده

روش دوم:

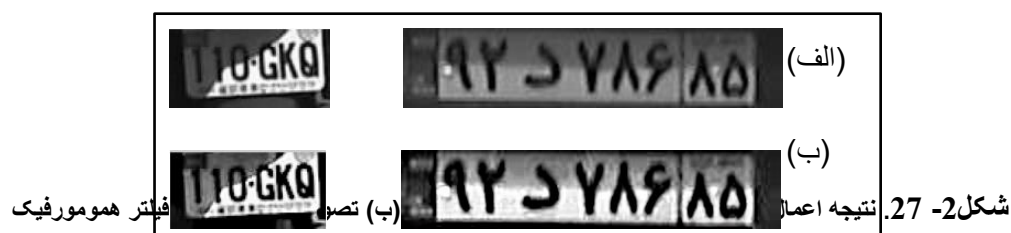
به دلیل شرایط نوری و محدودیت های سخت افزاری، کیفیت تصاویر خودرو همیشه راضی کننده نیست. مشکلات اصلی و عمده تصاویر عبارتند از (الف) سایه نامطلوب به دلیل نور نامناسب، (ب) پس زمینه با شدت نور غیریکنواخت به دلیل روشنایی غیریکنواخت، (ج) کمبود تمایز (د) نویز تولید شده به دلیل محدودیت دوربین ها، (ه) کج بودن و لکه بر روی تصاویر پلاک خودرو. Yi Wang و همکاران روشی برای استخراج اعداد و حروف از تصاویر پلاک خودرو ارائه کرده اند [Wan12]. برای حذف اثرات نور غیریکنواخت از باینری سازی محلی برای باینری کردن تصاویر پلاک استفاده شده است. بلوک دیاگرام روش پیشنهادی در شکل 2-26 رسم شده است.



شکل-26. بلوک دیاگرام روش پیشنهادی [Wan12]

بهبود تصویر:

به دلیل کیفیت پایین تصاویر پلاک خودرو، یک مرحله بهبود به منظور حذف نویز و بهبود تمایز تصاویر ضروری است. برای بهبود تمایز و حذف اثرات نور غیریکنواخت، می‌توان از فیلتر همومورفیک¹ [Qin06] استفاده کرد. نتیجه اعمال فیلتر همومورفیک در شکل 27-2 نشان داده شده است.



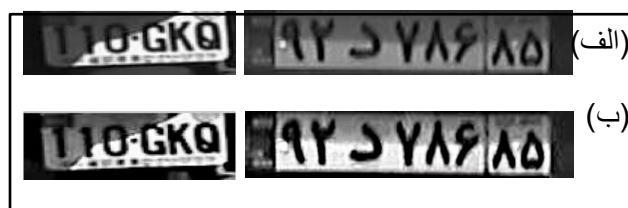
¹ - Homomorphic filter

در پیاده سازی سیستم های تشخیص پلاک واقعی، زمان اجرا و سرعت پارامترهای مهمی هستند. به دلیل سرعت پایین فیلتر همومورفیک از یک فیلتر پایین گذر بر اساس عملیات مورفولوژیکی استفاده می شود. فیلتر پایین گذر به صورت زیر تعریف می شود:

رابطه (2-42)

$$\text{MMLPF}(f) = f + \text{THT}(f) - \text{BHT}(f)$$

که در آن f تصویر خاکستری ورودی، $\text{THT}(F)$ تبدیل Top-Hat و $\text{BHT}(f)$ تبدیل Bottom-Hat می باشد. نتایج فیلتر پایین گذر در شکل 28-2 نشان داده شده است.



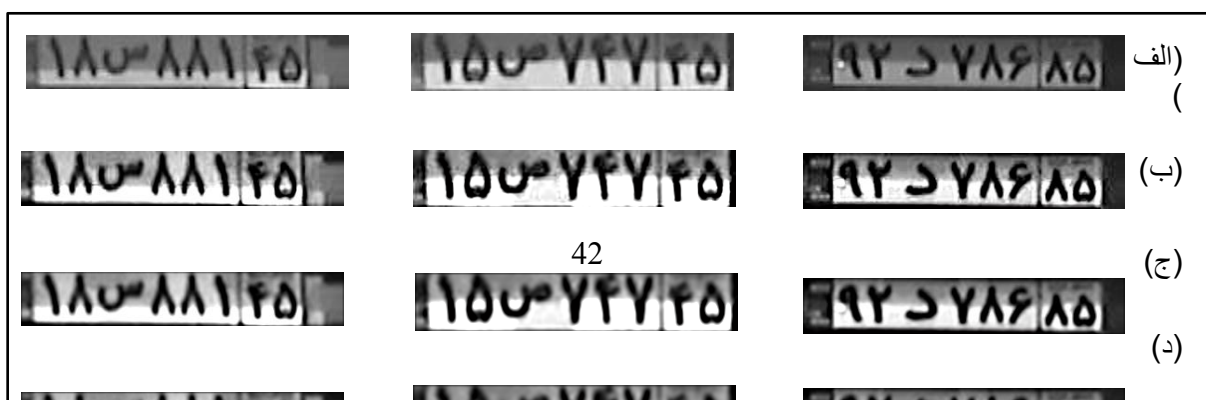
شکل 28-2. نتیجه اعمال فیلتر پایین گذر ارائه شده (الف) تصویر اصلی (ب) تصویر بهبود یافته

برای بهبود بیشتر تصویر پلاک خودرو، از فیلتر میانه به منظور آرام کردن تصویر و سپس از فیلتر گاوسین برای حذف غیریکنواختی نور استفاده می شود. در مرحله بعد، برای حفظ لبه ها از فیلتر میانه استفاده می شود. بعد از انجام بهبود و پیش پردازش های ذکر شده، تصویر حاصل توسط رابطه زیر باینری می شود.

رابطه (2-43)

$$B(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } g(x,y) - f(x,y) - C > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

که در آن $g(x,y)$ تصویر بهبود یافته توسط مراحل قبل و C یک عدد ثابت می باشد. نتایج الگوریتم در شکل 29-2 به تصویر کشیده شده است.



شکل 2-29. مراحل الگوریتم Yi Wang. (الف) تصویر اصلی (ب) بهبود با فیلترهای مبتنی بر مورفولوژی (ج) بهبود با فیلتر میانگین (د) بهبود با فیلتر گاوسین (ه) بهبود با فیلتر میانه (و) باینری تصویر بهبود یافته با مقدار 0/02. $C=$

روش سوم:

محمد سعدمالک، روشی برای تشخیص و استخراج پلاک خودرو ارائه کرده است. در روش پیشنهادی، برای حذف نویز تصویر پلاک خودرو از فیلتر گاوسین استفاده شده است [Saa14]. سپس برای بهبود تمایز تصویر از رابطه 2-44 استفاده کرده است. این رابطه ساده، تمایز تصویر را به مقدار قابل توجهی بهبود می‌دهد.

(2-44)

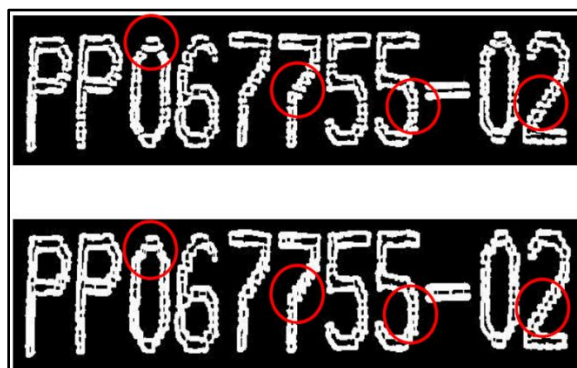
$$I(x,y) = a \times g(x,y) + b$$

که در آن $g(x,y)$ تصویر بهبود یافته از مرحله حذف نویز، a و b ضریب بهبود تمایز که به ترتیب برابر 2 و 100- پیشنهاد می‌شود و همچنین $I(x,y)$ تصویری است که تمایز آن بهبود یافته است. بعد از مراحل حذف نویز و بهبود تمایز، در این روش از الگوریتم باینری سازی اُتسو برای جداسازی پس زمینه و پیش زمینه استفاده شده است. نمونه‌هایی از نتایج این الگوریتم در شکل 2-30 آمده است.



شکل 2-30. مراحل الگوریتم [Saa14] (الف) تصاویر خاکستری اصلی (ب) حذف نویز با فیلتر گوسین (ج) بهبود تمایز (د) باینری سازی با استفاده از الگوریتم آتسو.

روش چهارم:
در سال 2013، Jongho Kim و همکارانش روشی محلی برای باینری کردن تصاویر پلاک خودرو ارائه کردند [Kim13]. در این روش بعد از تشخیص پلاک خودرو از روش آتسو به صورت محلی برای باینری کردن تصویر پلاک استفاده می‌شود. در روش مذکور، تصویر پلاک ابتدا به بلوک‌هایی کوچکتر تقسیم می‌شود و سپس الگوریتم آتسو بر روی هر بلوک به طور جداگانه اعمال می‌شود. برای بهبود اتصال نواحی باینری از عملیات مورفولوژی بستن¹ با عنصر ساختاری 1×3 بر روی تصویر باینری شده اعمال می‌شود. نتایج اعمال عملیات مورفولوژی بستن در شکل 2-31 به تصویر کشیده شده است.



شکل 2-31. تاثیر عملیات مورفولوژی بستن بر روی نحوه اتصال عمودی بر روی هر نویسه (الف) قبل از اعمال عملیات بستن (ب) بعد از اعمال عملیات بستن.

¹ -Closing

فصل 3

روش پیشنهادی برای استخراج حروف از پلاک خودروهای ایرانی

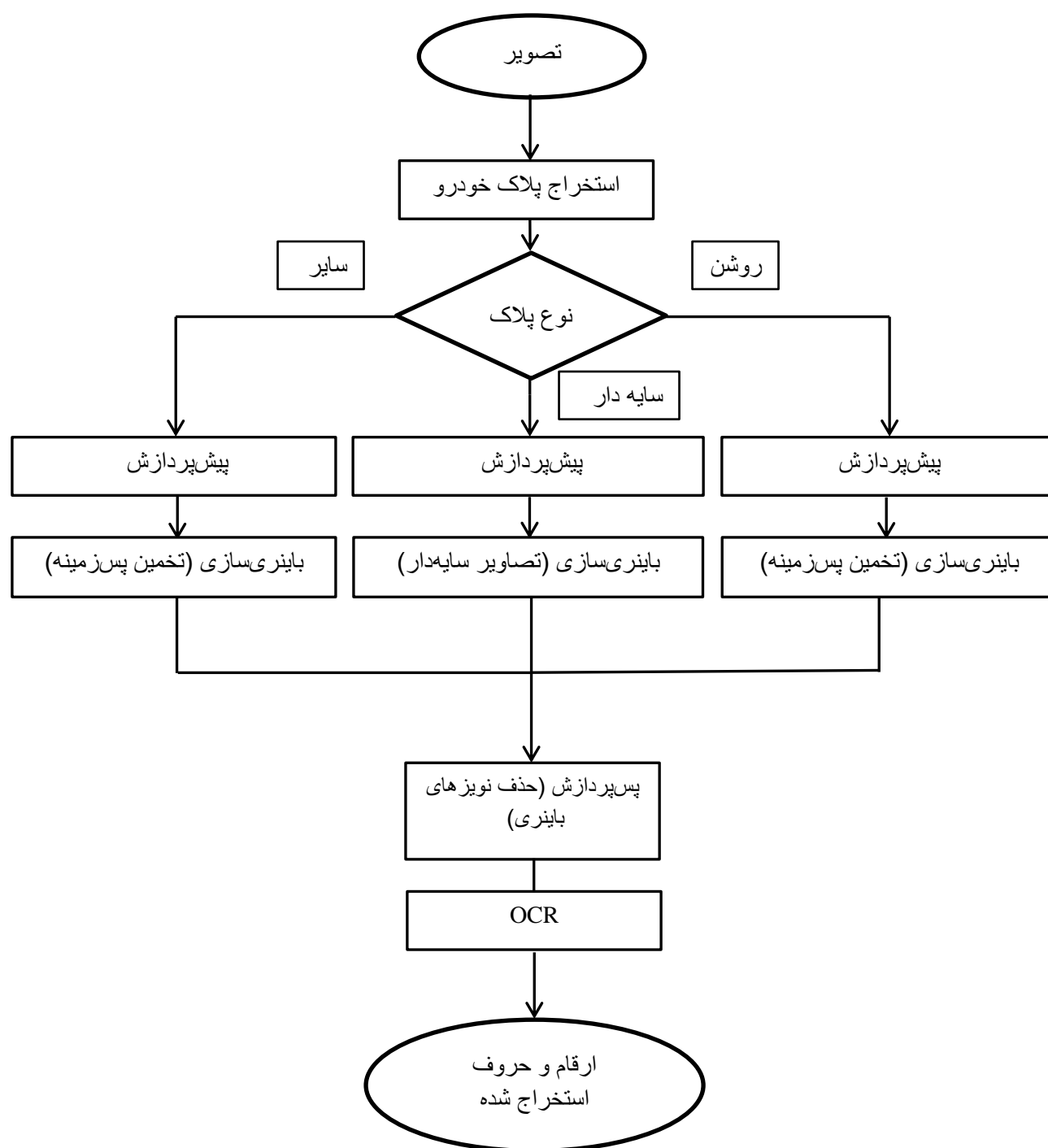
1-3- مقدمه

امروزه در کشور ما با افزایش چشمگیر نقش وسائل نقلیه در زندگی روزمره، نظارت خودکار جاده ای بر تردد خودروها در حال گسترش است. از آنجا که پلاک برای خودرو شناسه ای منحصر به فرد و یکتا است، طراحی یک سامانه دقیق شناسایی پلاک خودرو با دقت بالا، که بتواند در تمام ساعات شبانه روز پلاک را تشخیص دهد، ضروری است. در این فصل سعی بر آن است تا با ارائه روش ها و الگوریتم های پیشنهادی، دقت و کارایی سامانه های تشخیص پلاک ایرانی را بهبود داد.

2-3- بلوک دیاگرام کلی روش پیشنهادی

برای تشخیص پلاک خودرو، ابتدا باید تصویر خودرو توسط دوربین های نظارتی دریافت شود، سپس مکان پلاک خودرو در تصویر تشخیص داده شود. در روش پیشنهادی برای تشخیص بهتر و بالا بردن دقت و کارایی سامانه تشخیص پلاک خودرو، ابتدا تصاویر پلاک خودرو بر اساس شرایط نوری و نوع تصویر، با روش هایی پیشنهادی دسته بندی می شوند. در این روش پیش پردازش هایی مخصوص به هر دسته از تصاویر طراحی شده که به آن ها اعمال می شود. در مرحله بعد به منظور کاهش اطلاعات و افزایش سرعت، تصویر پلاک با الگوریتم های باینری سازی پیشنهادی مربوط به هر دسته، باینری می شوند. خروجی مرحله باینری سازی، اغلب دارای نویز است که برای مرحله نویسه خوان نوری باید حذف شود. در ادامه روش هایی پیشنهادی برای حذف نویزهای باینری و جداسازی نویسه های چسبیده به حاشیه پلاک پیشنهاد می شود. در این پایان نامه فرض بر این است که موقعیت پلاک خودرو

تشخیص داده شده و در اختیار است و مراحل تا ورودی تصویر باینری به نویسه خوان نوری انجام شده است. بلوک دیاگرام کلی روش پیشنهادی در شکل 3-1 آمده است.



شکل 3-1. بلوک دیاگرام روش پیشنهادی

3-3- طبقه‌بندی تصویر پلاک

به دلیل شرایط نوری مختلف در طول شبانه روز، تصاویر پلاک خودرو از نظر شدت روشنایی دارای تنوع هستند. بسته به ساعات تردد خودروها، تصویر یک پلاک ممکن است تاریک، خیلی روشن، دارای نور غیریکنواخت، با تمایز پایین و ... باشد. همانطور که در فصل دوم روش‌های باینری‌سازی توضیح داده شد، هر روش تعدادی از انواع تصاویر را باینری می‌کند و بر روی همه تصاویر عملکرد مناسبی ندارد. بنابراین، به دلیل متنوع بودن کیفیت تصاویر پلاک خودرو، یک روش باینری‌سازی نمی‌تواند همه تصاویر را با کیفیت قابل قبول باینری کند. برای غلبه بر این مشکل ابتدا تصاویر با استفاده از ویژگی‌های تصویر طبقه‌بندی شده، سپس با الگوریتم‌های مناسب پیشنهادی، باینری می‌شوند. شکل 3-2 نمونه‌ای از تصاویر پلاک را به تصویر کشیده است.



شکل 3-2. نمونه‌ای از تصاویر پلاک با شرایط نوری متفاوت.

هر تصویر دارای ویژگی‌هایی است که می‌توان از آن‌ها برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده کرد [نظام-آبادی‌پور، 1381]. تصاویر پلاک خودرو را می‌توان به دسته‌های متفاوتی طبقه‌بندی کرد. در روش پیشنهادی، تصاویر پلاک از نظر نوع شدت روشنایی به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند.

الف) تصاویر خیلی روشن

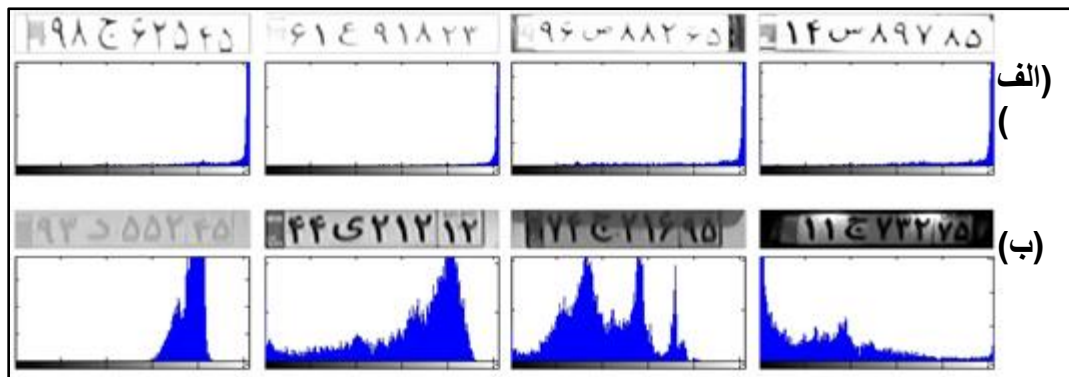
ب) تصاویر سایه‌دار

ج) سایر تصاویر

نحوه طبقه‌بندی تصاویر پلاک در زیربخش‌های بعدی بیان شده است.

3-3-1- تشخیص تصاویر خیلی روشن

اگر فرض شود $f(x,y)$ یک تصویر خاکستری با r سطر و c ستون باشد که دارای 256 سطح شدت روشنایی است، می‌توان بیان کرد که هرچه یک تصویر، پیکسل‌هایی با شدت روشنایی بزرگ بیشتری داشته باشد، آن تصویر روشن‌تر است. با استخراج هیستوگرام هر تصویر می‌توان به چگونگی توزیع شدت روشنایی آن تصویر پی برد. در شکل 3-3 (الف) نمونه‌هایی از تصاویر روشن همراه با هیستوگرام آن‌ها ارائه شده است. با مقایسه تصاویر (الف) و (ب) در شکل 3-3 می‌توان دریافت که تصاویر روشن دارای پیکسل‌هایی با مقادیر نزدیک به 256 بیشتری نسبت به سایر تصاویر هستند.



شکل 3-3. مقایسه هیستوگرام شدت روشنایی تصاویر پلاک (اندازه تصاویر یکسان و برابر 35×280 پیکسل است).

(الف) تصاویر روشن و هیستوگرام مربوط به هر تصویر (ب) تصاویر با نور غیریکنواخت، سایه-دار، معمولی و تمایز پایین همراه با هیستوگرام آنها.

برای تشخیص تصاویر خیلی روشن می‌توان از ویژگی میانگین شدت روشنایی تصویر استفاده کرد. به این صورت که اگر میانگین تصویر خاکستری از یک مقدار آستانه (T_{Bright}) بیشتر باشد، تصویر به عنوان تصویر خیلی روشن تشخیص داده می‌شود. مقدار میانگین تصویر خاکستری $f(x,y)$ از رابطه 3-1 محاسبه می‌شود.

$$(3-1)$$

$$\mu(f) = \frac{\sum_{x=1}^c \sum_{y=1}^r f(x,y)}{r \cdot c}$$

که در آن r و c به ترتیب تعداد سطر و ستون های تصویر $f(x,y)$ و μ مقدار میانگین بدست آمده است. مقدار میانگین تصاویر خاکستری شکل 3-3-الف) از راست به چپ به ترتیب برابر 229، 225، 244 و 236 است و میانگین تصاویر شکل 3-3-ب) به ترتیب از راست به چپ برابر 64، 100، 157 و 191 است. از نتایج مقایسه انجام شده و بررسی تعداد 4000 تصویر پلاک در پایگاه داده موجود، مقدار آستانه برای تشخیص تصاویر پلاک خیلی روشن $T_{Bright} = 210$ پیشنهاد می شود.

3-3-2- تشخیص تصاویر سایه دار

تصاویر سایه دار به تصاویر پلاکی اطلاق می شود که قسمت بالای تصویر دارای سایه ناشی از شیء خارجی باشد. تصاویر ارائه شده در شکل 3-4 نمونه ای از تصاویر سایه دار هستند.



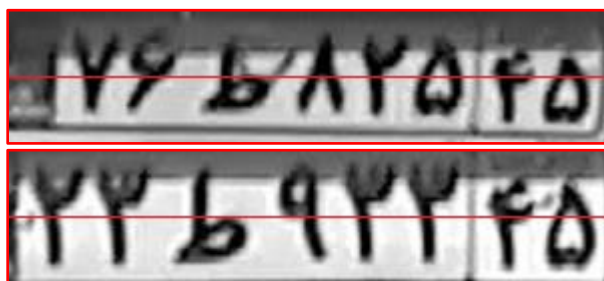
شکل 3-4. نمونه ای از تصاویر سایه دار.

برای تشخیص تصاویر پلاک سایه دار، می توان تصویر پلاک را مانند شکل 3-5 به دو قسمت تقسیم کرد و سپس میانگین هر قسمت را با استفاده از رابطه 3-1 جداگانه محاسبه کرد. اگر تفاضل میانگین قسمت پایینی تصویر از میانگین قسمت بالایی تصویر بزرگتر از یک مقدار آستانه (T_{Shadow}) باشد، تصویر به عنوان تصویر سایه دار تشخیص داده می شود. اختلاف میانگین از رابطه 3-2 محاسبه می شود.

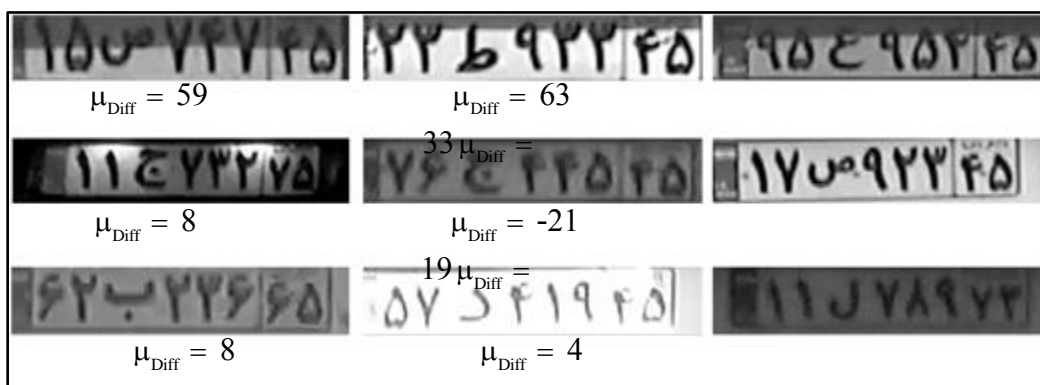
$$(3-2)$$

$$\mu_{Diff} = \mu_L - \mu_U$$

که در آن μ_U میانگین قسمت بالایی تصویر و μ_L میانگین قسمت پایینی تصویر می باشد.



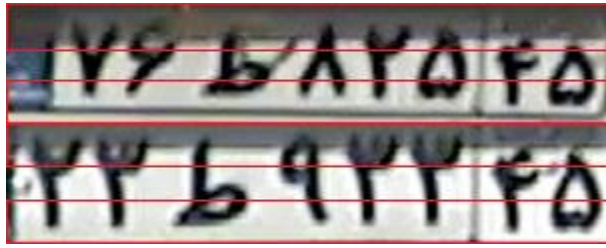
شکل 3-5. نحوه تقسیم تصویر به دو قسمت برای محاسبه اختلاف میانگین μ_{Diff} .



شکل 3-6. اعمال روش پیشنهادی تشخیص تصویر سایه‌دار بر روی تصاویر نمونه. $\mu_{Diff} = 10$

در شکل 3-6، روش پیشنهادی تشخیص تصویر سایه‌دار بر روی تصاویر سایه‌دار و سایر انواع تصاویر اعمال شده و μ_{Diff} برای هر تصویر محاسبه شده است. با توجه به نتایج مقایسه انجام شده و بررسی تعداد 4000 تصویر پلاک در پایگاه داده موجود، مقدار آستانه برای تشخیص تصاویر پلاک سایه‌دار $T_{Shadow} = 30$ پیشنهاد می‌شود.

در تشخیص تصاویر سایه‌دار، علاوه بر تنظیم مقدار آستانه T_{Shadow} ، می‌توان برای تنظیم بهتر کارایی روش پیشنهادی، به جای تقسیم تصویر از وسط به دو قسمت، بخشی از بالای تصویر (یک سوم تصویر) و بخشی از پایین تصویر (یک سوم تصویر) را مانند شکل 3-7 انتخاب کرد.



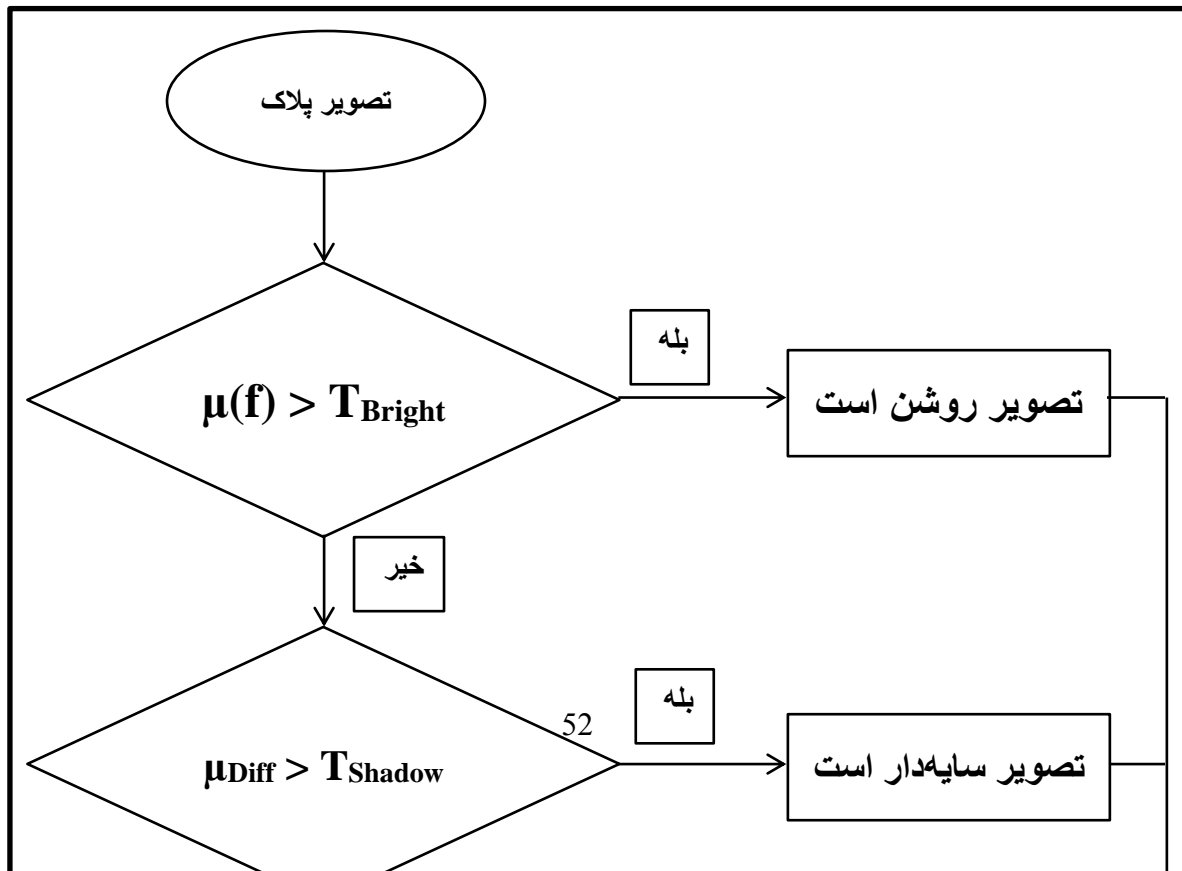
شکل-3-7. انتخاب دو بخش از تصویر برای تنظیم بهتر کارایی روش پیشنهادی در تشخیص تصاویر سایه‌دار.

3-3-3- تشخیص دسته سوم تصاویر پلاک

در بخش 1-3-3 و 2-3-3 نحوه تشخیص تصاویر خیلی روشن و تصاویر سایه‌دار توضیح داده شد. الگوریتم پیشنهادی به گونه ای عمل می‌کند که ابتدا، خیلی روشن بودن تصویر را بررسی می‌کند و سپس اگر تصویر خیلی روشن نباشد، سایه‌دار بودن تصویر را بررسی می‌کند. این الگوریتم، تصاویر پلاکی که خیلی روشن و سایه‌دار نباشد را در یک دسته طبقه‌بندی می‌کند. روندنمای الگوریتم پیشنهادی تشخیص نوع تصویر پلاک در شکل 3-8 ارائه شده است.

3-4- پیش‌پردازش تصاویر

به دلیل شرایط متفاوت نوری و آب و هوایی، تصاویر پلاک خودرو دارای کیفیت های گوناگونی می- باشند. این تنوع کیفیت، نیاز به یک مرحله پیش‌پردازش را افزایش می‌دهد. تصاویر دسته‌بندی شده در بخش 3-3 نیاز به پیش‌پردازش متناسب با هر دسته را دارند که در ادامه تشریح شده است.



شکل 3-8. روندنمای تشخیص نوع تصویر پلاک پیشنهادی.
3-4-1- پیش‌پردازش تصاویر خیلی روشن

مراحل پیش‌پردازش تصاویر خیلی روشن به صورت زیر است:

▪ انتقال تصویر از فضای رنگی RGB به فضای خاکستری

تصویر رنگی پلاک با استفاده از رابطه 3-3 به فضای خاکستری منتقل می‌شود.

$$f(x, y)_{\text{Grayscale}} = 0.2989 \times R + 0.5870 \times G + 0.1140 \times B \quad (3-3)$$

▪ تغییر اندازه تصویر خاکستری

اندازه تصویر پلاک استخراج شده اغلب کوچک است، در این مرحله از پیش‌پردازش، با استفاده از درونیابی مکعبی¹ اندازه تصویر بزرگتر می‌شود [Key81].

▪ اعمال فیلتر وینر [Jae90]

¹ -Bicubic Interpolation

برای حذف نویز از فیلترپایین‌گذر وینر¹ استفاده می‌شود. فیلتر وینر با تخمین واریانس و میانگین محلی، نویز را حذف می‌کند. تصویر توسط یک پنجره $(M \times N)$ پویش شده و میانگین و انحراف معیار پیکسل‌های درون پنجره محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از رابطه 3-4 تصویر رفع نویز می‌شود.

$$g(x, y) = \mu + \frac{(\sigma^2 - v^2) f(x, y) - \mu}{\sigma^2} \quad (3-4)$$

که در آن μ میانگین محلی، σ واریانس محلی و v واریانس نویز است. اگر واریانس نویز در دسترس نباشد، میانگین واریانس‌های کل پنجره‌های درون تصویر به عنوان واریانس نویز در نظر گرفته می‌شود.

■ بهبود تمایز

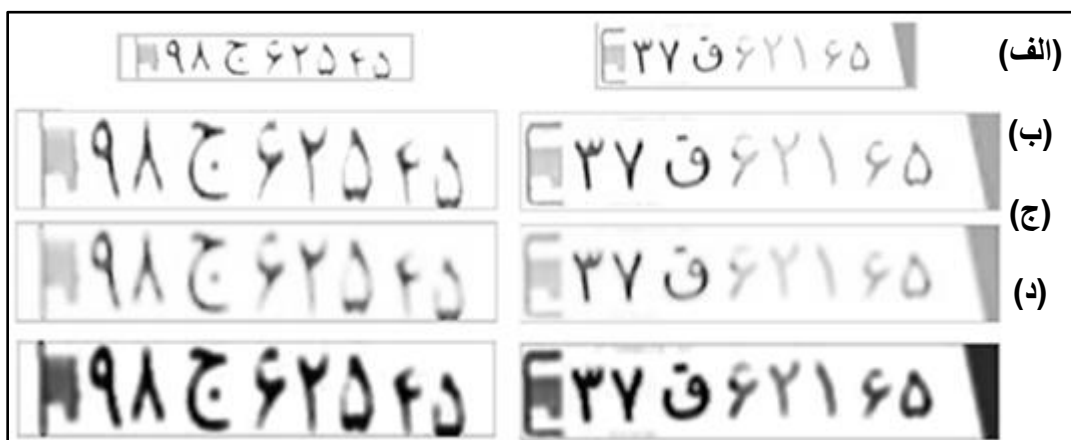
بهبود تمایز با اعمال رابطه 3-5 بر روی تمام پیکسل‌های تصویر انجام می‌شود.

$$(3-5)$$

$$I(x, y) = \exp \left(\frac{g(x, y)}{k} \right)$$

که در آن $g(x, y)$ تصویر خاکستری خروجی فیلتر وینر، $I(x, y)$ تصویر بهبود یافته و k ضریبی برابر 46 است که بر مبنای آزمایش‌ها بصورت سعی و خطا بدست آمده است. شکل 3-9 خروجی روش پیشنهادی را به تصویر کشیده است.

¹ -Wiener



شکل 3-9. مراحل روش پیشنهادی برای پیش‌پردازش تصاویر خیلی روشن.

(الف) دو تصویر خاکستری نمونه (ب) تصاویر الف با اندازه بزرگتر (ج) اعمال فیلتر وینر به تصاویر ب (د) بهبود تمایز با اعمال رابطه 3-5

2-4-3- پیش‌پردازش تصاویر سایه‌دار

مراحل پیش‌پردازش تصاویر سایه‌دار به صورت زیر است:

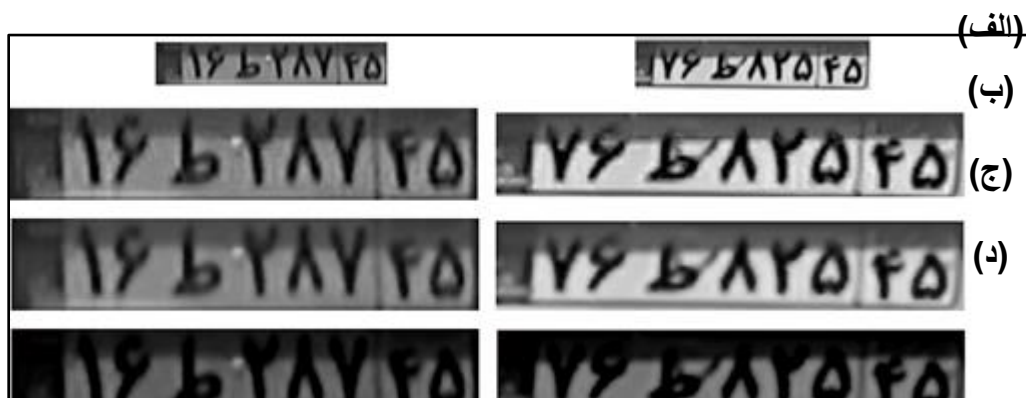
- انتقال تصویر از فضای رنگی RGB به فضای خاکستری
- تغییر اندازه تصویر خاکستری
- اعمال فیلتر وینر
- بهبود تمایز با اعمال رابطه 3-6 بر روی تمام پیکسل های تصویر

(3-6)

$$g(x,y) = (f(x,y) - k \cdot \mu) \sqrt{\frac{\beta}{\sigma}}$$

در این رابطه $f(x,y)$ تصویر خاکستری ورودی، μ میانگین کل تصویر، σ انحراف معیار کل تصویر، مقدار β برابر $0/2$ ، مقدار k برابر $0/6$ و $g(x,y)$ تصویر بهبود یافته می‌باشد. مقادیر β و k از طریق آزمایش بدست آمده است. با اعمال رابطه 3-6 تمایز تصویر ورودی بهبود می‌یابد، اما این امکان وجود دارد که مقادیر پیکسل ها از محدوده خاکستری صفر تا $L-1$ خارج شوند. برای جلوگیری از

این اتفاق، با اعمال شرط‌هایی مقادیر پیکسل‌ها به بازه مجاز محدود می‌شوند. نتایج مراحل بر روی تصویر سایه‌دار در شکل 3-10 ارائه شده است.



شکل 3-10. مراحل روش پیشنهادی برای پیش‌پردازش تصاویر سایه‌دار.

(الف) دو تصویر خاکستری نمونه (ب) تصاویر الف با اندازه بزرگتر (ج) اعمال فیلتر وینر به تصاویر ب (د) بهبود تمایز با اعمال رابطه 3-6

3-4-3- پیش‌پردازش سایر تصاویر

- انتقال تصویر از فضای رنگی RGB به فضای خاکستری
- تغییر اندازه تصویر خاکستری
- اعمال فیلتر وینر

3-5- باینری کردن تصاویر پلاک خودرو

برای باینری کردن تصاویر پلاک خودرو از دو روش استفاده می‌شود. یک روش مخصوص تصاویر پلاک سایه‌دار است و به صورت سطری اعمال می‌شود. در روش دیگر تصاویر پلاک خیلی روشن که با روش ارائه شده در بخش 3-4-1 پیش‌پردازش شده، همراه با سایر تصاویر پلاک خودرو باینری می‌شوند. تشریح این روش‌ها در ادامه ارائه شده است.

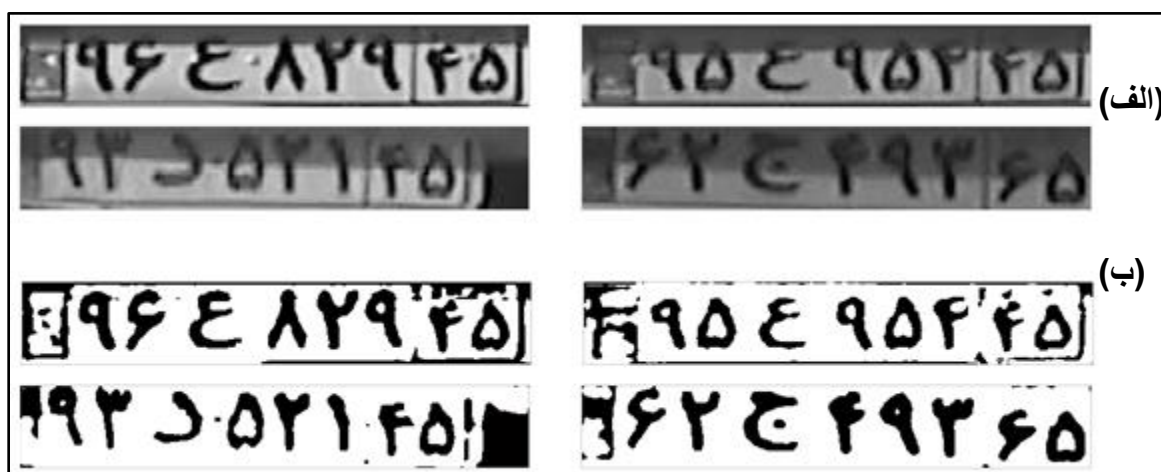
1-5-3- الگوریتم پیشنهادی آستانه‌زنی تصاویر سایه‌دار

با توجه به شکل 3-4 که در آن نمونه‌هایی از تصاویر سایه‌دار آمده است، می‌توان دریافت که به دلیل ساختار و شرایط نوری این دسته از تصاویر، اعمال الگوریتم های باینری‌سازی محلی ارائه شده در فصل دوم، خروجی با کیفیت قابل قبولی ارائه نمی‌دهد. دلیل اصلی این رخداد، مستطیلی بودن پنجره انتخابی در روش‌های محلی است. به این صورت که الگوریتم ها، نواحی مستطیلی شکلی از تصویر را انتخاب کرده و سپس عملیات باینری‌سازی را در این نواحی انجام می‌دهند. در روش پیشنهادی که بر اساس الگوریتم باینری‌سازی Sauvola است، به منظور غلبه بر این مشکل، برای هر سطر از تصویر یک مقدار آستانه جداگانه محاسبه می‌شود. مقدار آستانه، T_L ، برای هر سطر از تصویر به صورت رابطه 3-7 محاسبه می‌شود.

(3-7)

$$T_L = \mu \times (1 + k \left(\frac{\sigma}{R} - 1 \right))$$

در حالیکه μ میانگین شدت روشنایی هر سطر از تصویر، σ انحراف معیار هر سطر از تصویر، k پارامتری بین صفر تا یک و R محدوده دینامیکی واریانس است که در این روش مقدار ثابت 128 قرار داده شده است. برای مقدار k عدد 0/5 پیشنهاد می‌شود. در شکل 3-11 نمونه هایی از نتایج این روش بر روی تصاویر سایه‌دار ارائه شده است.



شکل 3-11. نتایج اعمال الگوریتم باینری‌سازی بر روی تصاویر سایه‌دار.

(الف) تصاویر خاکستری سایه‌دار نمونه (ب) باینری تصاویر الف

2-5-3- الگوریتم پیشنهادی آستانه‌زنی به روش تخمین پس‌زمینه

در بخش قبل، روش باینری‌سازی تصاویر سایه‌دار ارائه شد. برای باینری‌سازی تصاویر خیلی روشن که طبق بخش 3-4-1 پیش‌پردازش شده است و همچنین سایر تصاویر باقی مانده، از روش تخمین پس-زمینه استفاده می‌شود. در این روش، طبق رابطه 3-8 ابتدا پس‌زمینه تخمین زده شده و سپس از تصویر اصلی کم می‌شود. تصویر بدست آمده را می‌توان با یک آستانه فرامحلی باینری کرد.

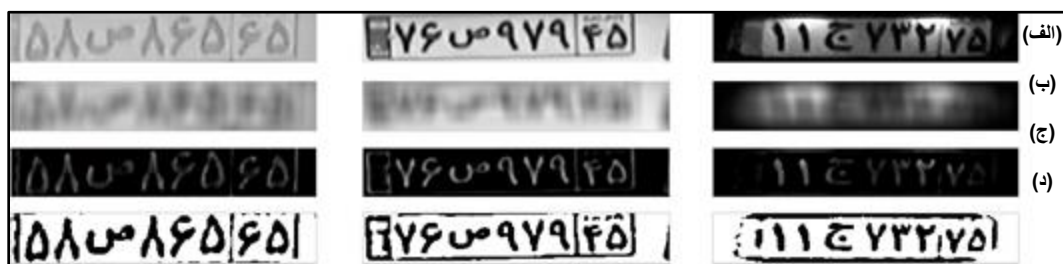
(3-8)

$$g(x, y) = f(x, y) - I_{EB}(x, y)$$

که در آن، $I_{EB}(x, y)$ تخمینی از پس‌زمینه، $f(x, y)$ تصویر خاکستری ورودی و $g(x, y)$ تصویر بهبود یافته است که باید با یک آستانه فرامحلی باینری شود. در این روش، برای تخمین پس‌زمینه از فیلتر میانگین با اندازه پنجره نسبتاً بزرگ استفاده شده است. اندازه پنجره برای تصاویر پلاک 30×30 پیشنهاد می‌شود. تصویر باینری $B(x, y)$ از رابطه 3-9 حاصل می‌شود.

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } g(x, y) \geq C \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (9) \quad 3-)$$

در حالیکه مقدار آستانه فرامحلی و عددی ثابت است. C می‌تواند مقداری صحیح بین $[1, -1]$ انتخاب شود. انتخاب مقدار مناسب برای C در میزان نویز باینری ایجاد شده تاثیرگذار است. هرچه مقدار C نزدیکتر به یک باشد نویز کمتری تولید می‌شود اما نویسه‌ها باریکتر و شکننده‌تر می‌شوند. برای باینری کردن تصاویر پلاک خودرو $C = 0/02$ پیشنهاد می‌شود. شکل 3-12 مراحل و نتایج باینری-سازی به روش تخمین پس‌زمینه بر روی تصاویر پلاک متفاوت را نشان می‌دهد.

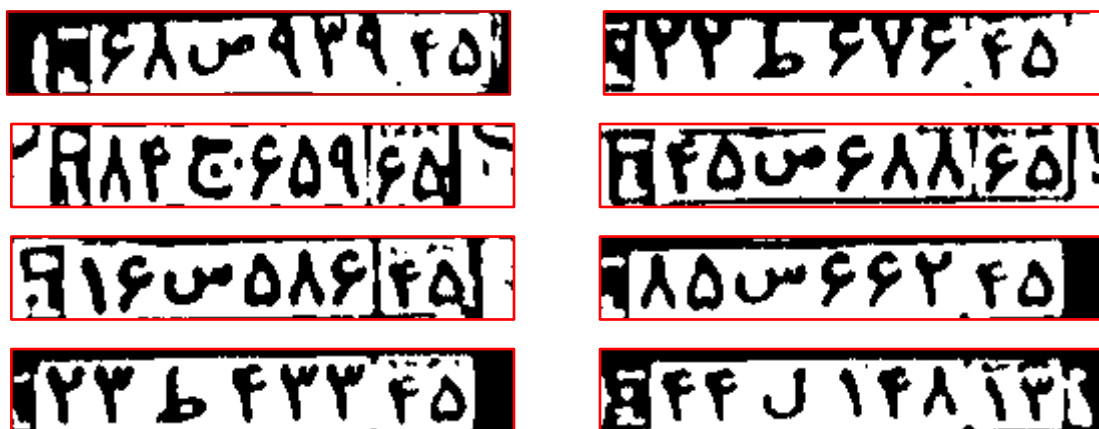


شکل 3-12. مراحل و نتایج الگوریتم بایتری سازی تخمین پس زمینه.

(الف) تصاویر خاکستری نمونه با اندازه 80×500 پیکسل (ب) تخمین پس زمینه با اندازه پنجره 30×30 پیکسل (ج) حاصل رابطه 3-10 با مقدار $C=0/02$ (د) تصویر بایتری حاصل از اعمال رابطه 3-11.

3-6-3- پس پردازش و حذف نویزهای بایتری

در تصاویر بایتری پلاک خودرو، اصولاً هر چیزی به جز اعداد و حروف نویز در نظر گرفته می شود. نویز می تواند به صورت چسبیدن یک حرف یا عدد به حاشیه پلاک نیز معرفی شود. در شکل 3-13 نمونه ای از تصاویر بایتری که دارای نویز هستند آمده است. در بخش 3-6-1 تا 3-6-7 روش هایی برای پس پردازش و حذف نویز بایتری پیشنهاد شده است.

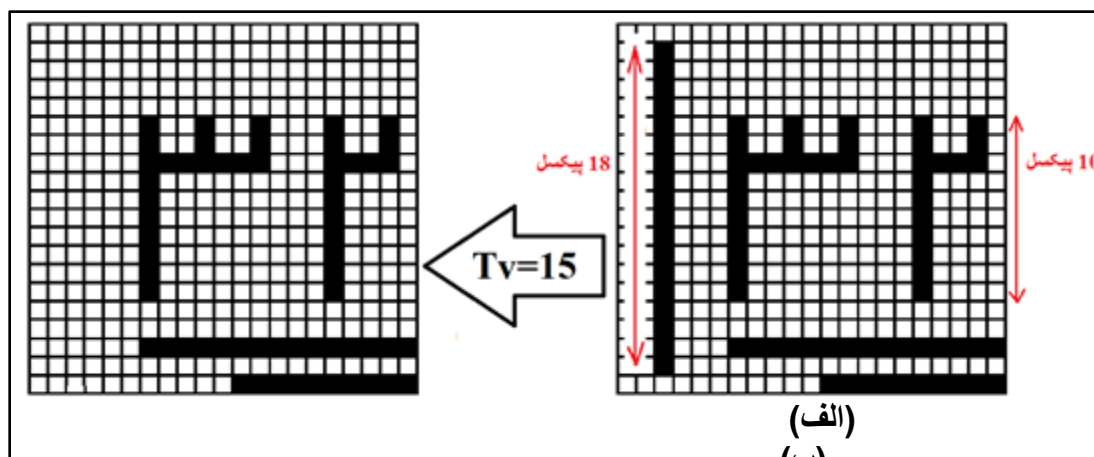


شکل 3-13. نمونه ای از تصاویر بایتری دارای نویز

3-6-1- حذف نویزهای عمودی و جداسازی نویسه های چسبیده عمودی

در این مرحله از حذف نویز، تصویر بایتری به صورت ستونی پیمایش می شود. اگر تعداد پیکسل های با مقدار صفر، که به صورت پیوسته پشت سر هم هستند، بیشتر از آستانه (T_p) باشد نویز در نظر

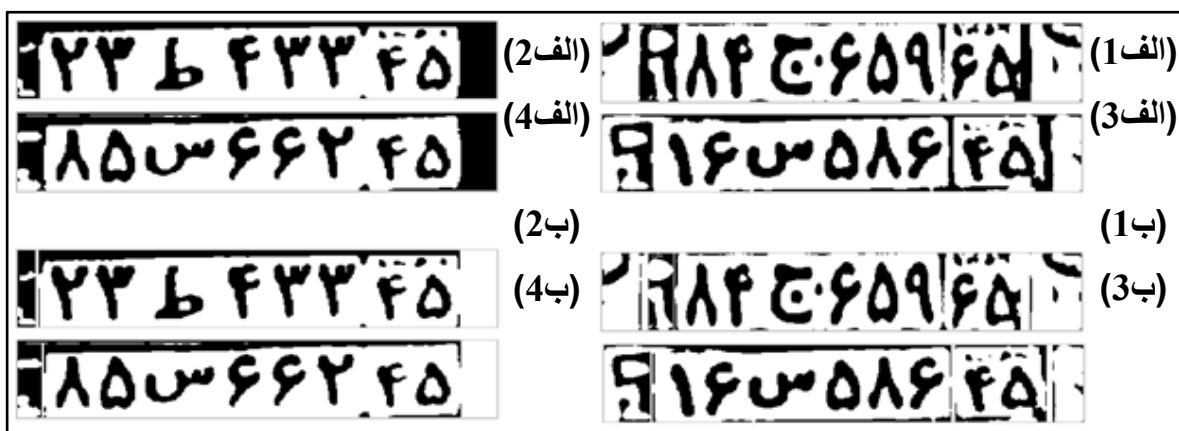
گرفته شده و حذف می‌شوند. به بیان دیگر، اگر در پیمایش عمودی تصویر، پیکسل‌هایی که دارای مقدار صفر و پشت سر هم هستند به صورت یک خط در نظر گرفته شوند، خطوط بزرگتر از آستانه T_v حذف می‌شود. شکل 3-14 نحوه عملکرد این مرحله را نشان می‌دهد.



شکل 3-14. نحوه عملکرد روش پیشنهادی حذف نویز عمودی با مقدار آستانه $T_v=15$.

(الف) تصویر باینری دارای نویز (ب) تصویر خروجی. خطوطی که تعداد پیکسل‌های آن از مقدار آستانه $T_v=15$ بزرگتر است حذف می‌شود.

در این مرحله از روش پیشنهادی حذف نویز باینری، اعدادی که به صورت عمودی به حاشیه پلاک چسبیده‌اند (شکل 3-15-الف) جدا می‌شوند (شکل 3-15-ب). همچنین نویزهای بزرگ شکسته و به نویزهای کوچکتری تقسیم می‌شوند (سایر موارد شکل 3-15). به منظور جلوگیری از حذف نویسه‌ها، آستانه T_v باید به گونه‌ای انتخاب شود که مقدار آن از طول بزرگترین نویسه پلاک بیشتر باشد.



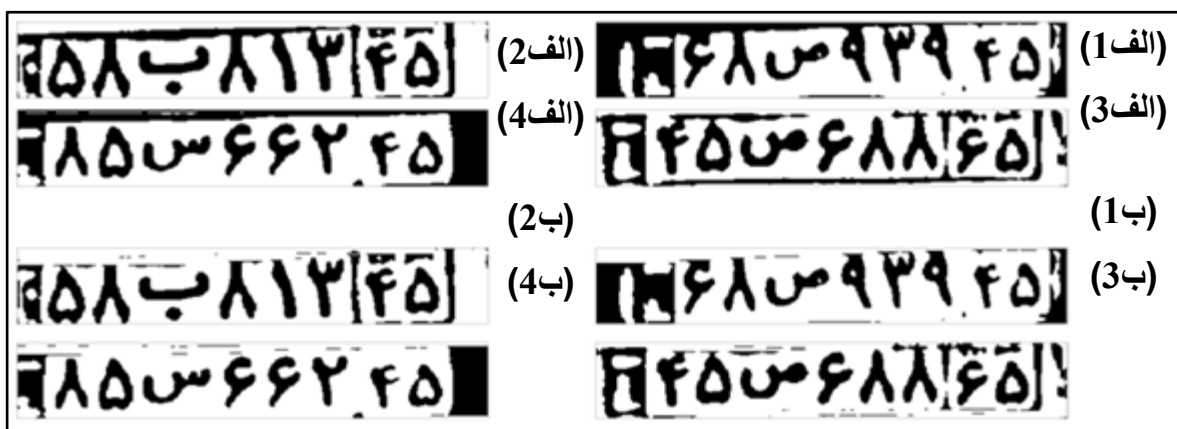
شکل 3-15. نتایج اعمال روش حذف نویز عمودی بر روی تصاویر با اندازه 80×500 و مقدار آستانه $T_v = 70$.

(الف) تصاویر باینری دارای نویز (ب) خروجی مرحله حذف نویز عمودی

2-6-3- حذف نویزهای افقی و جداسازی نویسه های چسبیده افقی

برای حذف نویز افقی، تصویر به صورت سطری پیمایش می‌شود. اگر تعداد پیکسل های با مقدار صفر، که به صورت پیوسته پشت سر هم هستند، بیشتر از آستانه (T_H) باشد نویز در نظر گرفته می‌شوند. به بیان دیگر، خطوط افقی که تعداد پیکسل های آن از آستانه T_H بزرگتر باشد حذف می‌شوند. به منظور جلوگیری از حذف نویسه ها، آستانه T_H باید به گونه ای انتخاب شود که مقدار آن از عرض بزرگترین نویسه پلاک بیشتر باشد. نتایج این روش بر روی تعدادی از تصاویر پلاک خودرو باینری شده در شکل 3-16 ارائه شده است.

در این مرحله از روش پیشنهادی حذف نویز باینری، اعدادی که به صورت افقی به حاشیه پلاک چسبیده‌اند (شکل 3-16-الف1)، (الف2) و (الف3) جدا می‌شوند (شکل 3-16-ب1)، (ب2) و (ب3). همچنین نویزهای بزرگ شکسته و به نویزهای کوچکتری تقسیم می‌شوند (شکل 3-16-الف4) و (ب4). به منظور جلوگیری از حذف نویسه ها، آستانه T_H باید به گونه ای انتخاب شود که مقدار آن از عرض بزرگترین نویسه پلاک بیشتر باشد.



شکل 3-16. نتایج اعمال روش حذف نویز افقی بر روی تصاویر با اندازه 80×500 و مقدار آستانه $T_H = 75$

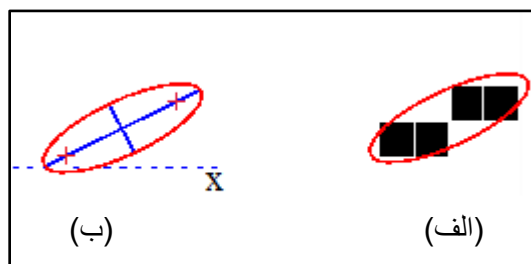
(الف) تصاویر باینری دارای نویز (ب) خروجی مرحله حذف نویز افقی

3-6-3- حذف نویز با استفاده از ویژگی نواحی تصویر باینری

هر شیئی از اجزای درون یک تصویر باینری دارای ویژگی هایی است. ویژگی هایی مانند مساحت، محل قرارگیری در تصویر، زاویه و غیره. در این مرحله از حذف نویز، با استفاده از ویژگی گریز از مرکز¹ و زاویه هر شیئی، می توان قسمتی از نویز را حذف کرد.

▪ ویژگی زاویه

برای محاسبه زاویه هر شیئی در تصویر باینری، ابتدا روی شیئی مورد نظر یک بیضی در نظر گرفته می شود که متناظر با ممان دوم² آن شیئی است (شکل 3-17). زاویه مورد نظر، زاویه بین محور مختصات x و قطر بزرگ بیضی رسم شده است.



شکل 3-17. نحوه محاسبه زاویه و گریز از مرکز اشیاء درون تصویر باینری

¹ -Eccentricity

² - Second-Moments

(الف) رسم بیضی متناظر با ممان دوم بر روی شیئی (ب) رسم ممان دوم شیئی و مشخص کردن نقاط کانونی بیضی

■ گریز از مرکز

گریز از مرکز، نسبتی از فاصله نقطه کانونی و قطر بزرگ بیضی است. نقطه کانونی بیضی در شکل 3-7-ب) با ضربدر مشخص شده است. گریز از مرکز عددی بین یک تا صفر است. هرچه شیئی مورد نظر دارای طول بیشتری باشد، گریز از مرکز به عدد یک نزدیکتر است.

با ترکیب دو ویژگی معرفی شده می‌توان نویزهای باینری را تشخیص داده و حذف کرد. در روش پیشنهادی، برای هر شیئی، مقدار گریز از مرکز و زاویه محاسبه می‌شود. سپس نواحی که هم دارای مقدار گریز از مرکز نزدیک به عدد یک و هم زاویه آنها نزدیک به صفر درجه یا نود درجه باشد حذف می‌شوند. مقدار پیشنهادی برای گریز از مرکز 0/95 و برای زاویه، کوچکتر از 2 درجه و بزرگتر 80 درجه می‌باشد. نتایج این مرحله از پیش‌پردازش با مقادیر پیشنهادی در شکل 3-18 ارائه شده است.

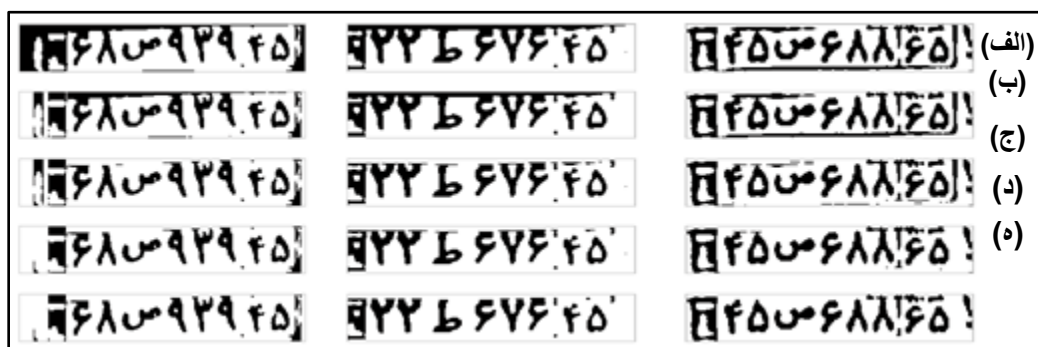


شکل 3-18. مراحل حذف نویز باینری.

(الف) تصویر باینری (ب) حذف نویز عمودی (ج) حذف نویز افقی (د) حذف نویز با استفاده از ویژگی زاویه و گریز از مرکز.

4-6-3- حذف خطوط افقی با ضخامت کمتر از یک آستانه

در این مرحله از پس‌پردازش، نویزهای افقی که دارای ضخامت کمتر از مقدار آستانه‌ی مشخص شده هستند، حذف می‌شوند. اغلب این نویزها توسط مراحل قبل و با تبدیل نویزهای با اندازه بزرگ به اندازه های کوچکتر تولید می‌شوند. این مرحله نویزهایی که بصورت خطوط و نواحی با ضخامت کم به نویسه‌ها چسبیده اند را به خوبی حذف می‌کند. مقدار آستانه برای این مرحله ضخامت 2 پیکسل پیشنهاد می‌شود. شکل 3-17 کارایی این مرحله از پیش‌پردازش را نشان می‌دهد.



شکل 3-19. مراحل حذف نویز باینری.

(الف) تصاویر باینری دارای نویز (ب) اعمال مرحله حذف نویز عمودی (ج) اعمال مرحله حذف نویز افقی (د) حذف نویز با استفاده از ویژگی زاویه و گریز از مرکز، گریز از مرکز 0/95 و اندازه زاویه بزرگتر از 80 درجه و کوچکتر از 2 درجه (ه) حذف خطوط افقی با ضخامت کمتر از 2 پیکسل.

5-6-3- حذف خطوط عمودی با ضخامت کمتر از یک آستانه

عملکرد این مرحله، همانند مرحله قبل است. در این مرحله، پیمایش به صورت عمودی انجام می‌گیرد و خطوط عمودی با ضخامت کمتر از مقدار آستانه حذف می‌شود. این مرحله نویزهایی که بصورت خطوط و نواحی با ضخامت کم به نویسه‌ها چسبیده اند را به خوبی حذف می‌کند. مقدار آستانه برای این مرحله ضخامت 2 پیکسل پیشنهاد می‌شود.

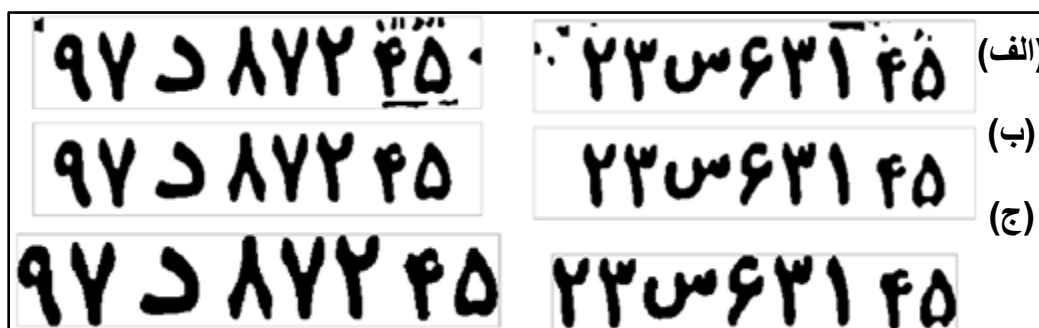
6-6-3- حذف نویزهای نقطه ای

اساس این ایده این است که نواحی با مساحت کم، نویزهای باینری استخراج شده از تصویر می‌باشند که به دلیل کیفیت پایین تصاویر دریافتی پلاک خودرو به وجود آمده اند. مقدار این آستانه باید کوچکتر از مقدار مساحت کوچکترین نویسه تصویر باشد تا از حذف اطلاعات جلوگیری شود. نمونه ای از عملکرد این مرحله در شکل 3-20- (ب) ارائه شده است.

7-6-3- برش قسمت های اضافی تصویر

بعد از حذف نویزهای باینری در مراحل قبل، امکان ایجاد مناطقی بدون اطلاعات در اطراف تصویر وجود دارد. برای جلوگیری از ذخیره اطلاعات غیر ضروری و کاهش حجم اطلاعات پایگاه داده، در این مرحله قسمت های بدون اطلاعات تصویر حذف می‌شود. این کار با حذف سطرها و ستون‌هایی که

قبل از اولین پیکسل حاوی اطلاعات وجود دارد انجام می شود. نمونه ای از عملکرد این مرحله در شکل 3-20- (ج) ارائه شده است.



شکل 3-20. حذف نویزهای نقطه ای.

(الف) تصویر باینری دارای نویز نقطه ای (ب) حذف نویز نقطه ای (ج) برش قسمت های بدون اطلاعات تصویر.

7-3- جمع بندی

در این فصل، مراحل تشخیص نوع تصویر پلاک خودرو با رسم بلوک دیاگرام و معرفی قسمت های آن در بخش 3-2 توضیح داده شد. مشکل سامانه های پلاک خودرو موجود بیان شده و روش هایی برای رفع آنها ارائه شد. در بخش 3-3 و زیربخش های آن روش هایی برای دسته بندی تصاویر ارائه شد. در بخش 3-4 روش های پیش پردازش برای تصاویر دسته بندی شده ارائه شده و در بخش 3-5 روش های باینری سازی محلی مرتبط با هر دسته تشریح شد. به دلیل وجود نویزهای باینری در خروجی الگوریتم های باینری سازی، در بخش 3-6 روش هایی برای حذف نویز و جداسازی نویسه های چسبیده به حاشیه ارائه شد. این روش ها به ترتیب شامل حذف نویزهای باینری با عرض کم و طول زیاد در جهت افقی و عمودی، حذف نویزهای نقطه ای و تغییر اندازه تصویر خروجی و حذف قسمت های بدون اطلاعات تصویر می شود.

فصل 4

آزمایش ها و نتایج

4-1- مقدمه

الگوریتم ها و روش های زیادی برای استخراج حروف و اعداد از تصویر پلاک ارائه شده است. در این پایان نامه، با افزودن مرحله طبقه بندی تصاویر پلاک و اعمال پیش پردازش جداگانه بر روی هر دسته از تصاویر و همچنین ارائه الگوریتم های باینری سازی و حذف نویز پیشنهادی، سعی در افزایش دقت سیستم های هوشمند تشخیص پلاک خودرو شده است. الگوریتم های باینری سازی پیشنهادی بر

روی تصاویر پلاک اعمال شده و نتایج آن با الگوریتم های قدرتمند باینری سازی موجود مقایسه شده است.

4-2- شرح پایگاه داده

پایگاه داده ی مورد استفاده در این پایان نامه، شامل 4000 تصویر است. از 4000 تصویر پلاک خودرو، 22 تصویر دارای پس زمینه با رنگ قرمز و نویسه های سفید رنگ، 12 تصویر دارای پس زمینه با رنگ سبز و نویسه های سفید رنگ، 300 تصویر با پس زمینه رنگ زرد و نویسه های سیاه رنگ و بقیه تصاویر دارای پس زمینه سفید رنگ و نویسه هایی با رنگ سیاه می باشد. تعداد 3052 تصویر در روز، 841 تصویر در شب و 107 تصویر باقی مانده در حالت گرگ و میش از خودروها تهیه شده است. تصاویر این پایگاه داده در جاده بم – ماهان در استان کرمان و توسط دوربین های کنترل ترافیک اخذ شده است.

جدول 4-1. بررسی پایگاه داده از نظر رنگ پس زمینه پلاک ها

تعداد کل تصاویر	پلاک با پس زمینه سفید	پلاک با پس زمینه زرد	پلاک با پس زمینه قرمز	پلاک با پس زمینه سبز
4000	3666	300	22	12

جدول 4-2. بررسی پایگاه داده از نظر زمان اخذ تصاویر

تعداد کل تصاویر	تعداد تصویر اخذ شده در روز	تعداد تصویر اخذ شده در حالت گرگ و میش	تعداد تصویر اخذ شده در شب
4000	3052	107	841

4-3- مقایسه روش ها و نتایج

در این بخش، نتایج الگوریتم ها و روش های پیشنهادی با روش ها و الگوریتم های معتبر و قدرتمند مقایسه می شود. مقایسه از نظر کیفیت خروجی تصویر باینری، میزان تولید نویز باینری، میزان حفظ اطلاعات و هزینه زمانی پیاده سازی الگوریتم ها انجام می شود.

4-3-1- مقایسه الگوریتم های باینری سازی پیشنهادی

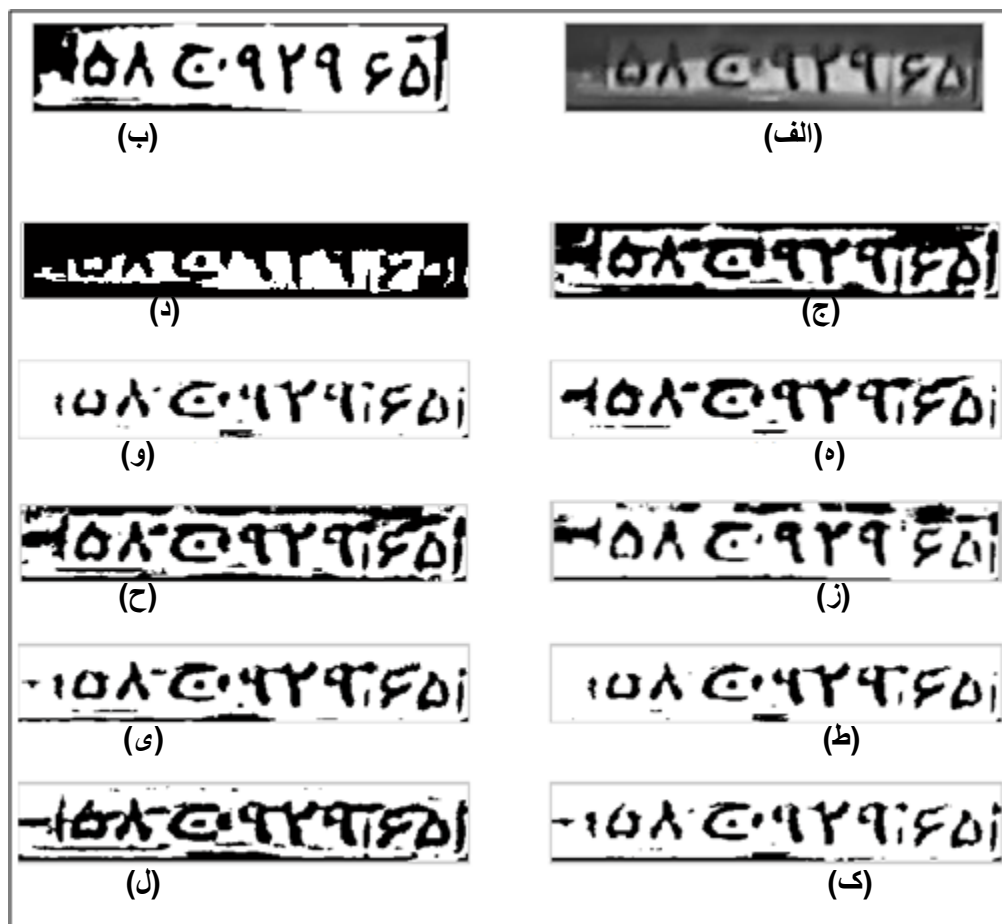
▪ الگوریتم پیشنهادی برای تصاویر سایه دار

در این بخش، الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر سایه دار با سایر الگوریتم های باینری سازی مقایسه می شود. الگوریتم های مقایسه توسط مؤلف و با زبان برنامه نویسی متلب در کامپیوتر اجرا شده

است. الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم‌های مقایسه بر روی تعدادی تصویر نمونه اعمال شده اند. در شکل 1-4 تا 3-4 نمونه‌هایی از عملکرد الگوریتم‌ها بر روی تصاویر سایه‌دار ارائه شده است. برای تنظیم پارامترها در هر الگوریتم، از مقدار پیشنهادی توسط مؤلف آن الگوریتم استفاده شده است. نحوه تنظیم پارامترها در جدول 3-4 آورده شده است. الگوریتم‌ها از نظر زمان اجرا بررسی شده اند که نتایج در جدول 4-4 تا 6-4 آورده شده است.

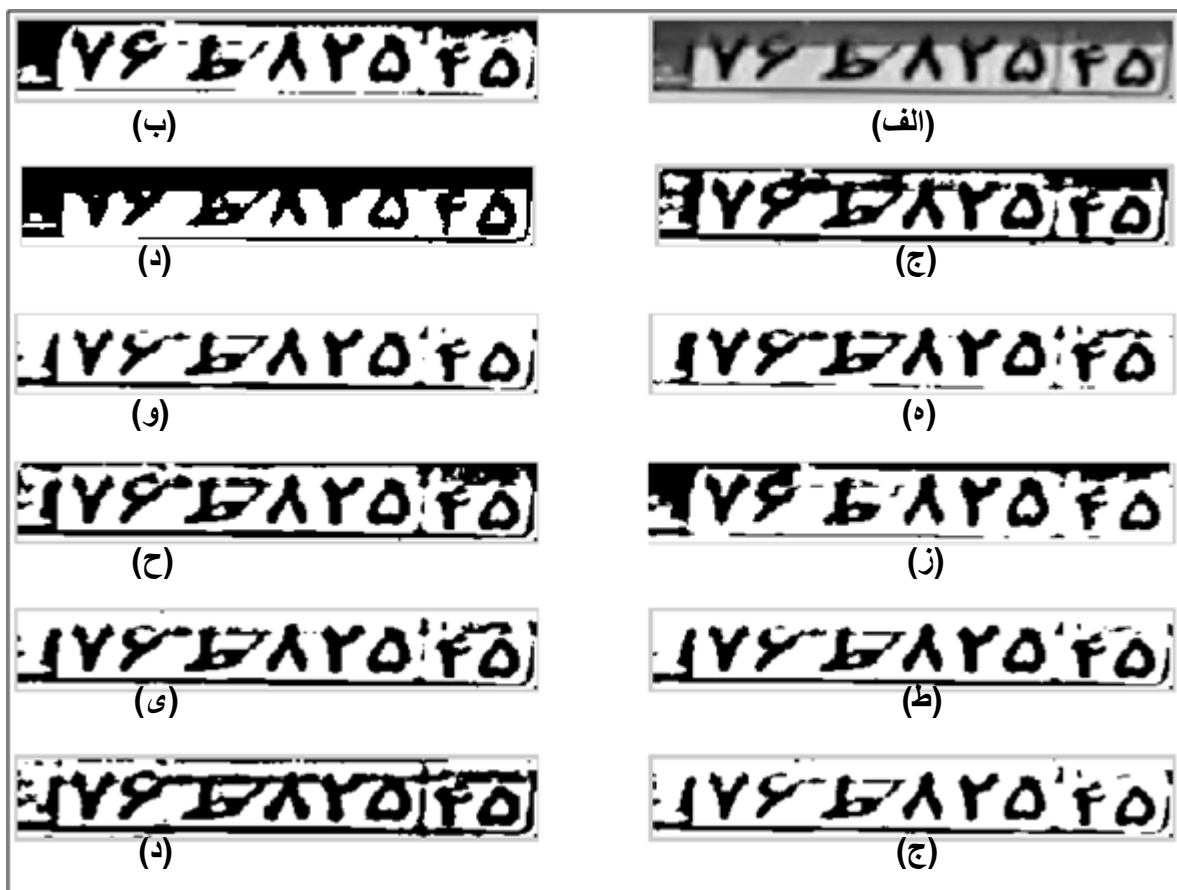
جدول 4-3. تنظیم پارامترها در الگوریتم‌های باینری‌سازی با مقادیر ارائه شده توسط هر مؤلف

الگوریتم	Proposed	Phanasalkar	Nick	Bradley
پارامتر(ها)	$R = 128$ $k = 0/5$	$p = 2$ $r = 0/5$ $k = 0/25$ $q = 10$	$k = -0/02$	$k = 10$
الگوریتم	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng
پارامتر(ها)	$k = -0/02$	$k = -0/02$	$k = 0/5$	$k1=0/04$ $k2=0/25$ $\alpha = 0/1$ $\gamma = 2$



شکل 4-1. مقایسه الگوریتم باینری سازی تصاویر سایه‌دار با دیگر الگوریتم های باینری سازی (نمونه اول)

اندازه پنجره الگوریتم های محلی 25×25 و اندازه پنجره داخلی الگوریتم Feng 15×15 است. (الف) تصویر خاکستری با اندازه 80×500 پیکسل (ب) الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر سایه‌دار (ج) الگوریتم محلی [Tal14]Bernsen (د) الگوریتم فرامحلی أتسو [Ots79] (ه) الگوریتم محلی [Bra07]Bradley (و) الگوریتم محلی Mean (ز) الگوریتم محلی [Pha11] Phansalkar (ح) الگوریتم محلی [Nib86]Niblack (ط) الگوریتم محلی [Wol04]Wolf (ی) الگوریتم محلی [Sau00]Sauvola (ک) الگوریتم محلی [Khu09]Nick (ل) الگوریتم محلی [Fen04]Feng



شکل 4-2. مقایسه الگوریتم باینری سازی تصاویر سایه‌دار با دیگر الگوریتم های باینری سازی (نمونه دوم)

پارامترهای الگوریتم ها طبق جدول 3-4 است. اندازه پنجره الگوریتم ها 30×30 و اندازه پنجره داخلی الگوریتم 21×21 Feng است. (الف) تصویر خاکستری با اندازه 60×400 پیکسل (ب) الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر سایه‌دار (ج) الگوریتم محلی [Tal14] Bernsen (د) الگوریتم فرامحلی اُتسو [Ots79] (ه) الگوریتم باینری سازی محلی [Bra07] Bradley (و) الگوریتم محلی Mean (ز) الگوریتم محلی [Pha11] Phansalkar (ح) الگوریتم محلی [Nib86] Niblack (ط) الگوریتم محلی [Wol04] Wolf (ی) الگوریتم محلی [Sau00] Sauvola (ک) الگوریتم محلی [Khu09] Nick (ل) الگوریتم محلی [Fen04] Feng.

Window Size	Bernsen	Otsu	Mean	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng	Bradley	Nick	Phanasalkar	Proposed
15	53	18	315	43	43	27	64	34	25	45	20
20	58		326	47	46	26	65	33	24	44	
25	54		319	45	47	27	68	33	25	44	
30	55		324	45	45	27	65	34	25	44	
35	56		324	44	46	27	65	32	24	43	

جدول 4-5. مقایسه الگوریتم‌های باینری‌سازی اعمال شده به تصویر شکل 4-2-الف از نظر زمان اجرا (برحسب میلی ثانیه)

Window Size	Bernsen	Otsu	Mean	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng	Bradley	Nick	Phanasalkar	Proposed
15	51	18	35	26	28	27	37	33	31	33	23
20	56		35	25	28	28	37	35	31	34	
25	54		36	26	27	30	38	35	30	34	
30	56		34	27	26	31	38	35	29	34	
35	53		37	27	28	30	39	36	31	33	

جدول 4-6. مقایسه الگوریتم‌های باینری‌سازی اعمال شده به تصویر شکل 4-3-الف از نظر زمان اجرا (برحسب میلی ثانیه)

Window Size	Bernsen	Otsu	Mean	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng	Bradley	Nick	Phanasalkar	Proposed
15	89	18	35	31	26	25	39	36	27	33	24
20	90		34	31	25	26	39	35	27	34	
25	91		33	32	27	26	41	36	29	34	
30	90		36	31	27	28	40	37	27	35	
35	92		36	33	28	27	41	37	28	34	

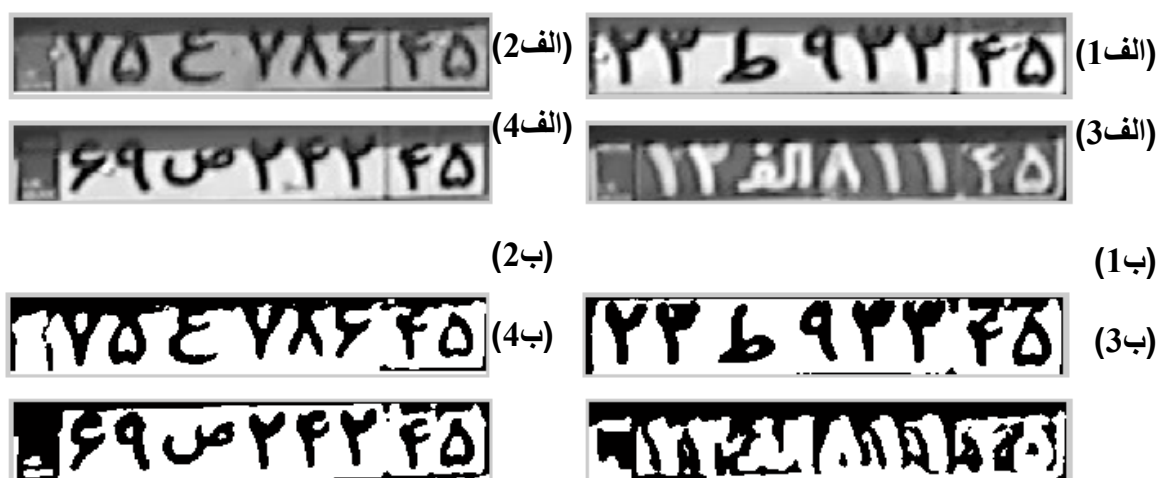
2-3-4- تحلیل نتایج الگوریتم باینری‌سازی تصاویر سایه‌دار

الگوریتم‌های باینری‌سازی فرامحلی به دلیل انتخاب یک آستانه برای کل تصویر، توانایی باینری کردن تصاویر با نور غیریکنواخت را ندارند. در الگوریتم‌های باینری‌سازی محلی برای آستانه‌زنی از یک پنجره لغزان استفاده می‌شود. خروجی الگوریتم‌های محلی بسیار وابسته به اندازه پنجره است. در اغلب الگوریتم‌های باینری‌سازی محلی، اگر تغییرات شدت روشنایی در لبه سایه زیاد باشد، الگوریتم لبه را

استخراج می‌کند. استخراج لبه سایه در اکثر موارد موجب به هم چسبیدن اعداد و حروف در پلاک می‌شود.

نمونه تصاویر سایه‌دار آورده شده در شکل 4-1 تا 4-3، توانایی الگوریتم پیشنهادی برای باینری کردن تصاویر سایه‌دار در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها را نشان می‌دهد. الگوریتم پیشنهادی برای هر سطر یک آستانه انتخاب می‌کند. انتخاب آستانه به صورت سطری، نیاز به تعیین اندازه پنجره توسط کاربر را برطرف می‌کند. انتخاب آستانه به صورت سطری تا حد زیادی از استخراج لبه سایه و چسبیدن اعداد و حروف در پلاک جلوگیری می‌کند. الگوریتم پیشنهادی از میانگین و انحراف معیار برای محاسبه آستانه در هر سطر استفاده می‌کند که موجب می‌شود الگوریتم نسبت به الگوریتم‌های دیگر سرعت بالاتری داشته باشد. پیاده سازی ساده این روش از دیگر مزیت‌های آن محسوب می‌شود.

در شکل 4-4 نمونه تصاویری که الگوریتم پیشنهادی خروجی مناسبی ارائه نمی‌دهد آورده شده است. الگوریتم پیشنهادی بر روی تصاویری که دارای پس‌زمینه رنگی و اعداد و حروف با رنگ سفید باشد عملکرد خوبی ندارد (شکل 4-4 الف-3 و 4-4 ب-3). همچنین این الگوریتم، در مواردی که شدت روشنایی اعداد و شدت روشنایی سایه خیلی نزدیک باشند عملکرد مناسبی ندارد (شکل 4-4 الف-1، 4-4 الف-2 و 4-4 الف-4).

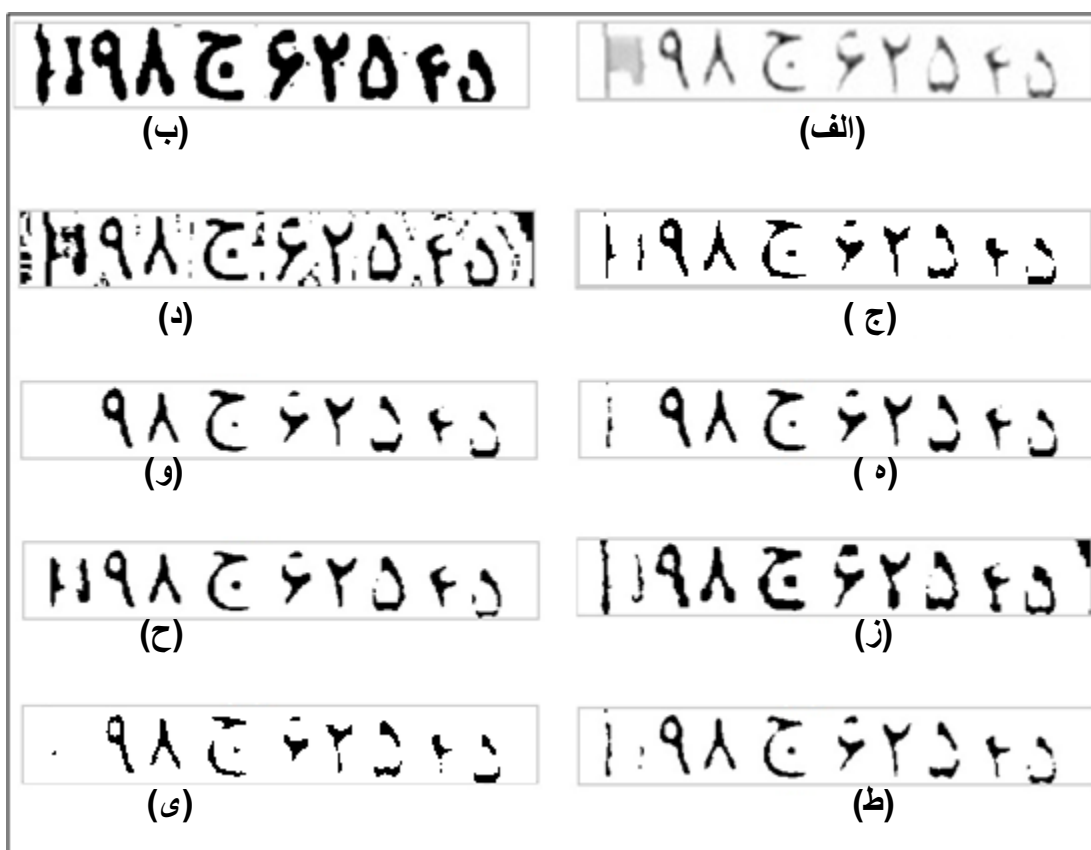


شکل 4-4. نمونه تصاویری که الگوریتم باینری‌سازی پیشنهادی عملکرد خوبی ندارد.

(الف) تصاویر خاکستری (ب) خروجی الگوریتم باینری‌سازی تصاویر سایه‌دار

■ الگوریتم پیشنهادی برای تصاویر خیلی روشن

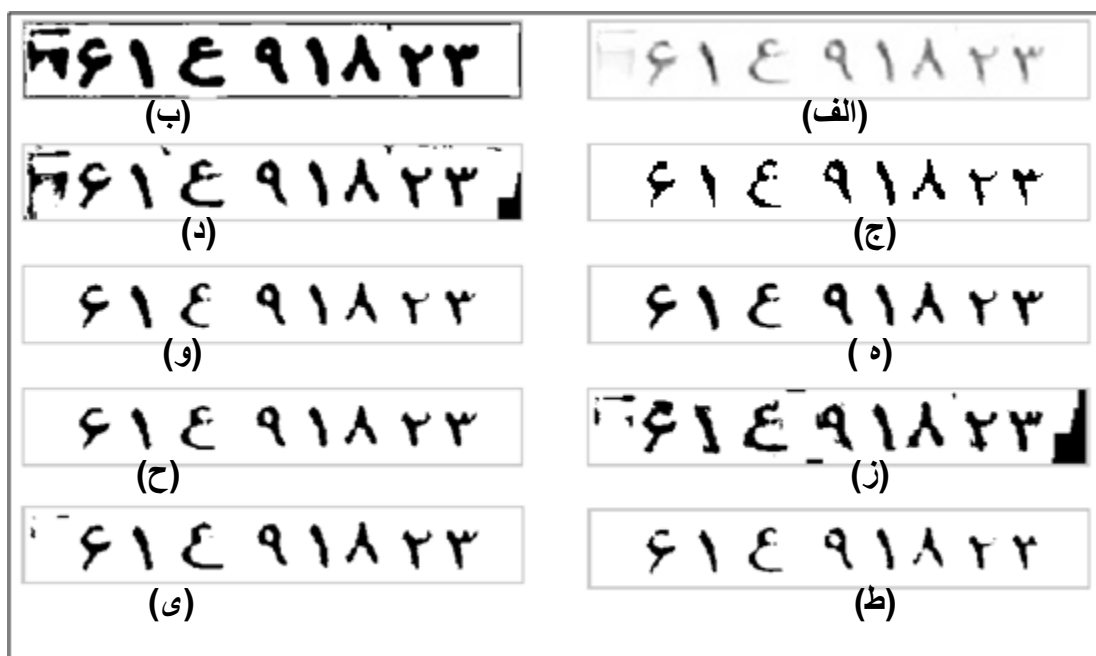
در این بخش، الگوریتم پیشنهادی باینری‌سازی تصاویر خیلی روشن با سایر الگوریتم‌های باینری‌سازی مقایسه می‌شود. الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم‌های مقایسه بر روی تعدادی تصویر نمونه اعمال شده اند. در شکل 4-5 تا 4-7 نمونه‌هایی از عملکرد الگوریتم‌ها بر روی تصاویر خیلی روشن ارائه شده است. برای تنظیم پارامترها در هر الگوریتم، از مقدار پیشنهادی توسط مؤلف آن الگوریتم استفاده شده است. نحوه تنظیم پارامترها در جدول 4-3 آورده شده است. هر تصویر نمونه، از نظر زمان اجرای الگوریتم‌ها بررسی شده است که نتایج در جدول 4-7 تا 4-9 آورده شده است.



شکل 4-5. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری‌سازی تصاویر خیلی روشن با سایر الگوریتم‌های باینری‌سازی (نمونه اول)

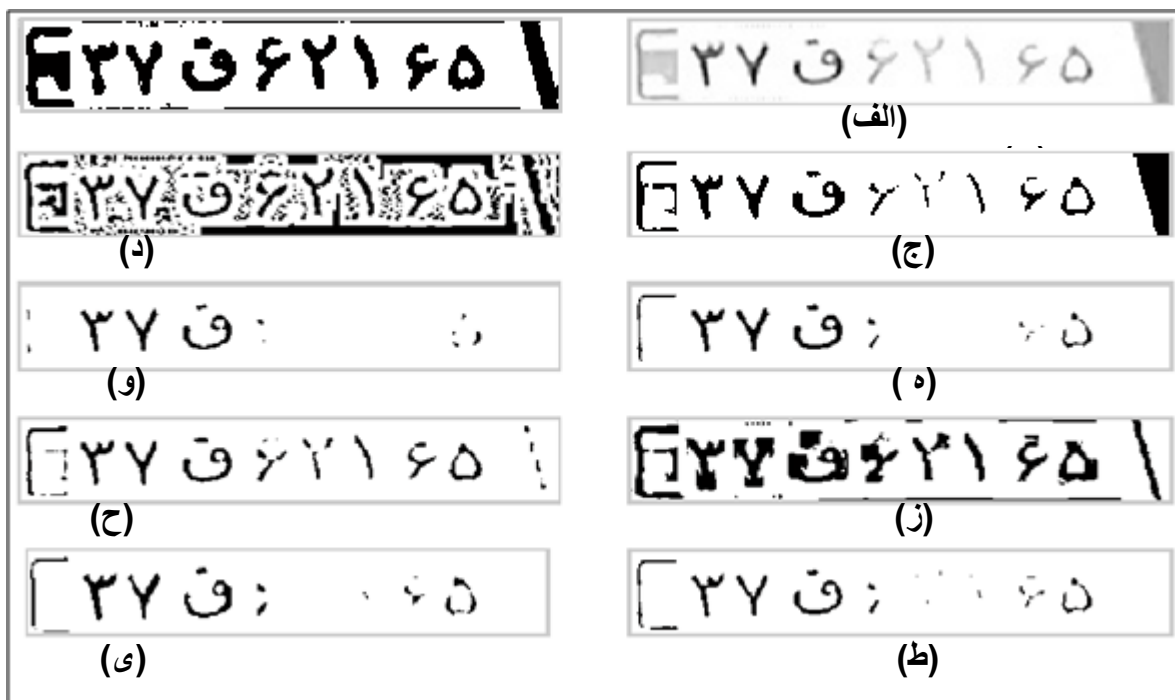
پارامترهای الگوریتم‌ها طبق جدول 4-3 است. اندازه پنجره الگوریتم‌ها 30×30 است (الف) تصویر خاکستری پلاک با اندازه 60×400 (ب) الگوریتم پیشنهادی برای تصاویر روشن، مقدار پارامتر $C=0$. (ج) الگوریتم فرامحلی اُتسو [Ots79] (د) الگوریتم محلی Niblack [Nib86] (ه) الگوریتم محلی

[Sau00]Sauvola (و) الگوریتم محلی [Wol04]Wolf (ز) الگوریتم محلی Feng، اندازه پنجره داخلی 20×20 [Fen04] (ح) الگوریتم محلی [Bra07]Bradley (ط) الگوریتم محلی [Khu09]Nick. (ی) الگوریتم محلی [Pha11]Phansalkar



شکل 4-6. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر خیلی روشن با سایر الگوریتم های باینری سازی (نمونه دوم)

پارامترهای الگوریتم ها طبق جدول 3-4 است و اندازه پنجره الگوریتم ها 30×30 است. (الف) تصویر خاکستری پلاک با اندازه 60×400 پیکسل (ب) الگوریتم پیشنهادی برای تصاویر روشن، مقدار پارامتر C=0 (ج) الگوریتم فرامحلی اُتسو [Ots79] (د) الگوریتم محلی [Nib86]Niblack (ه) الگوریتم محلی [Sau00]Sauvola (و) الگوریتم محلی [Wol04]Wolf (ز) الگوریتم محلی Feng، اندازه پنجره داخلی 20×20 [Fen04] (ح) الگوریتم محلی [Bra07]Bradley (ط) الگوریتم محلی [Khu09]Nick (ی) الگوریتم محلی [Pha11]Phansalkar



شکل 4-7. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر خیلی روشن با سایر الگوریتم‌های باینری سازی (نمونه سوم)

پارامترهای الگوریتم‌ها طبق جدول 3-4 است. اندازه پنجره الگوریتم‌ها 30×30 است. (الف) تصویر خاکستری پلاک با اندازه 60×400 (ب) الگوریتم پیشنهادی برای تصاویر خیلی روشن، مقدار پارامتر $C=0$ (ج) الگوریتم فرامحلی اُتسو [Ots79] (د) الگوریتم محلی Niblack [Nib86] (ه) الگوریتم محلی Sauvola [Sau00] (و) الگوریتم محلی Wolf [Wol04] (ز) الگوریتم محلی Feng، اندازه پنجره داخلی 20×20 [Fen04] (ح) الگوریتم محلی Bradley [Bra07] (ط) الگوریتم محلی Nick [Khu09] (ی) الگوریتم محلی Phansalkar [Pha11]

جدول 4-7. بررسی الگوریتم پیشنهادی ارائه شده برای تصاویر خیلی روشن و سایر الگوریتم‌ها بر روی تصویر شکل 4-5-الف از نظر زمان اجرا با اندازه پنجره‌های متفاوت (برحسب میلی ثانیه)

Window Size	Otsu	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng	Bradley	Nick	Phanasalkar	proposed
10	19	50	50	52	53	50	50	49	34
15		49	49	51	53	49	49	49	
20		49	49	50	53	49	49	49	
30		49	49	49	52	49	49	48	
35		48	48	49	52	48	48	48	

جدول 4-8. بررسی الگوریتم پیشنهادی ارائه شده برای تصاویر خیلی روشن و سایر الگوریتم‌ها بر روی تصویر شکل 4-6-الف از نظر زمان اجرا با اندازه پنجره‌های متفاوت (برحسب میلی ثانیه)

Window Size	Otsu	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng	Bradley	Nick	Phanasalkar	proposed
10	19	29	32	32	78	37	43	61	48
15		31	34	33	77	39	43	59	46
20		30	33	33	79	40	42	63	48
30		30	34	34	80	40	44	63	47
35		32	34	32	79	42	44	62	49

جدول 4-9. بررسی الگوریتم پیشنهادی ارائه شده برای تصاویر خیلی روشن و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-7-الف از نظر زمان اجرا با اندازه پنجره های متفاوت (برحسب میلی ثانیه)

Window Size	Otsu	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng	Bradley	Nick	Phanasalkar	proposed
10	22	28	32	34	68	37	46	51	41
15		28	34	35	67	38	46	53	42
20		30	33	35	69	38	45	53	42
30		31	34	32	64	40	43	55	44
35		32	34	32	69	39	42	54	43

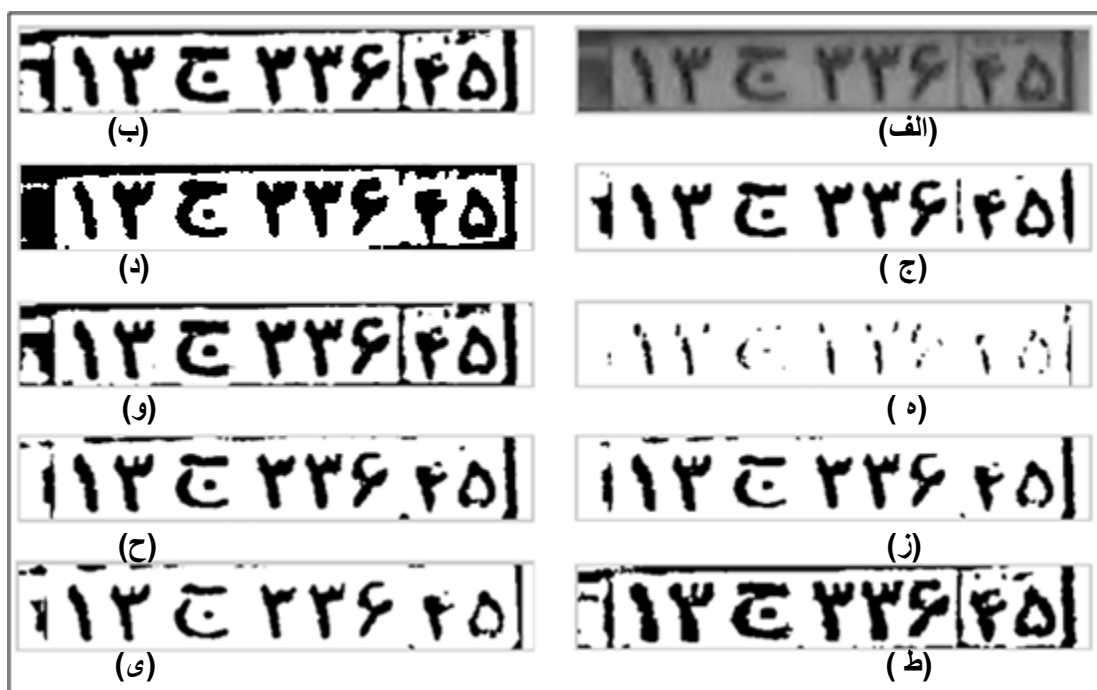
3-3-4- تحلیل نتایج الگوریتم باینری سازی تصاویر خیلی روشن

شکل های 4-5 تا 4-7 توانایی الگوریتم پیشنهادی در استخراج اعداد و حروف پلاک های خیلی روشن را نمایش می دهند. الگوریتم باینری سازی تصاویر خیلی روشن، ابتدا تمایز تصویر را بهبود می دهد. سپس، با استفاده از یک پنجره، پس زمینه را تخمین می زند. بهبود تمایز و محاسبه میانگین در هر پنجره باعث می شود که الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با سایر الگوریتم ها، سرعتی متوسط داشته باشد. این روش تمام تصاویر خیلی روشن در پایگاه داده موجود را با کیفیت قابل قبول باینری می کند و دارای پیاده سازی ساده ای است.

▪ الگوریتم پیشنهادی باینری سازی سایر تصاویر (تخمین پس زمینه)

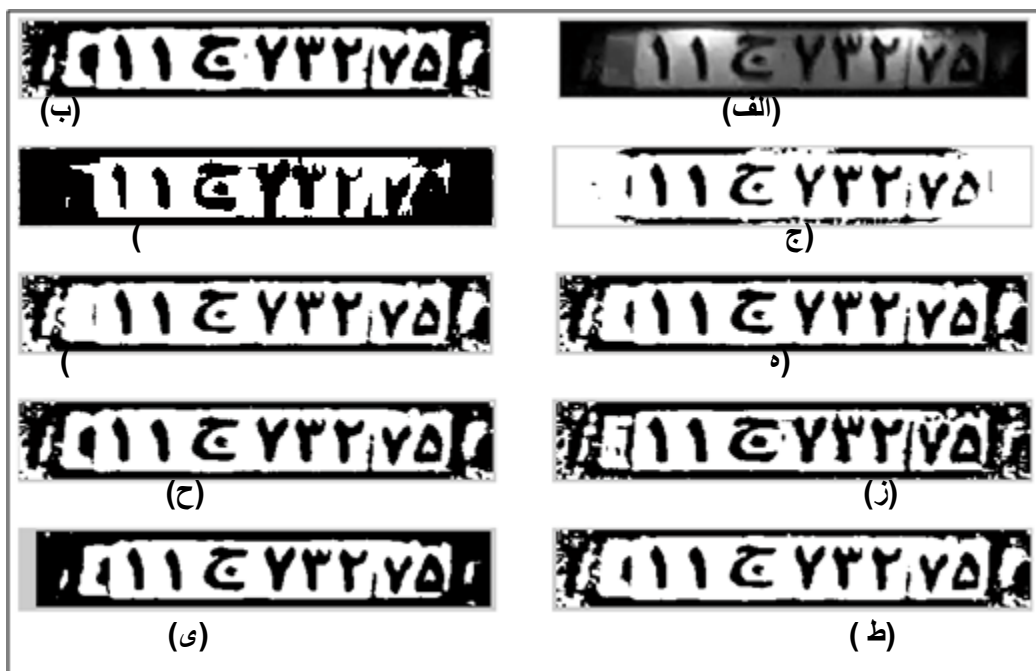
در این بخش، الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تخمین پس زمینه با دیگر الگوریتم های باینری سازی مقایسه می شود. الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم های مقایسه بر روی تعدادی تصویر نمونه اعمال شده اند. در شکل 4-8 تا 4-10 نمونه هایی از عملکرد الگوریتم ها بر روی تصاویر ارائه شده است. برای تنظیم پارامترها در هر الگوریتم، از مقدار پیشنهادی توسط مؤلف آن الگوریتم استفاده شده است. نحوه

تنظیم پارامترها در جدول 3-4 آورده شده است. هر تصویر نمونه، از نظر زمان اجرای الگوریتم‌ها بررسی شده است که نتایج در جدول 4-10 تا 4-12 آورده شده است.



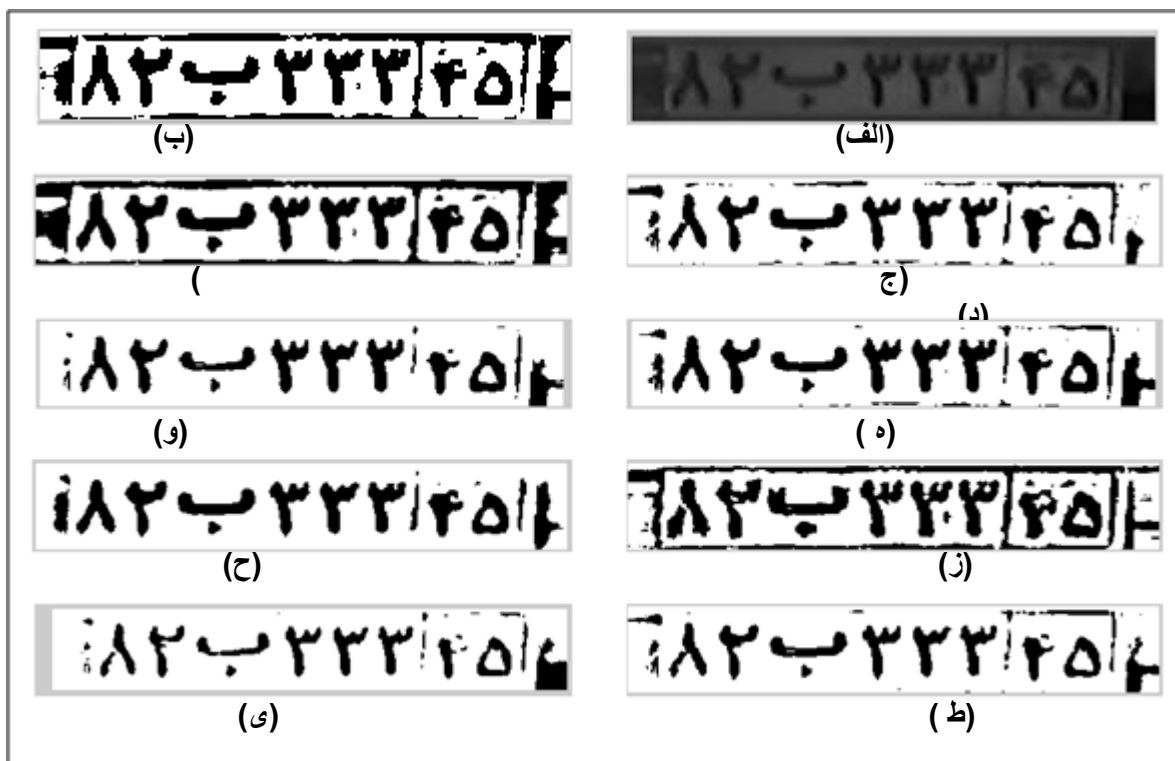
شکل 4-8. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری‌سازی تصاویر (تخمین پس‌زمینه) با سایر الگوریتم‌های باینری‌سازی (نمونه اول)

پارامتر الگوریتم‌های مقایسه در جدول 3-4 آورده شده است. اندازه پنجره الگوریتم‌ها 30×30 و اندازه پنجره داخلی الگوریتم Feng، 21×21 است. (الف) تصویر خاکستری پلاک با اندازه 80×500 پیکسل (ب) الگوریتم پیشنهادی برای سایر تصاویر، مقدار پارامتر $0C =$ (ج) الگوریتم محلی [Bra07]Bradley (د) الگوریتم فرامحلی اُتسو [Ots79] (ه) الگوریتم محلی [Khu09]Nick (و) الگوریتم محلی [Nib86]Niblack (ز) الگوریتم محلی [Wol04]Wolf (ح) الگوریتم محلی [Sau00]Sauvola (ط) الگوریتم محلی [Fen04]Feng (ی) الگوریتم محلی [Pha11]Phansalkar



شکل 4-9. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر (تخمین پس زمینه) با سایر الگوریتم های باینری سازی (نمونه دوم)

پارامتر الگوریتم های مقایسه در جدول 3-4 آورده شده است. اندازه پنجره الگوریتم ها 30×30 و اندازه پنجره داخلی الگوریتم Feng، 21×21 است. (الف) تصویر خاکستری پلاک با اندازه 65×400 پیکسل (ب) الگوریتم پیشنهادی برای سایر تصاویر، مقدار پارامتر $0.02 = C$ (ج) الگوریتم محلی [Bra07]Bradley (د) الگوریتم فرامحلی اُتسو [Ots79] (ه) الگوریتم محلی [Khu09]Nick (و) الگوریتم محلی [Nib86]Niblack (ز) الگوریتم محلی [Wol04]Wolf (ح) الگوریتم محلی [Sau00]Sauvola (ط) الگوریتم محلی [Fen04]Feng (ی) الگوریتم محلی [Pha11]Phansalkar



شکل 4-10. مقایسه الگوریتم پیشنهادی باینری سازی تصاویر (تخمین پس زمینه) با سایر الگوریتم های باینری سازی (نمونه سوم)

پارامتر الگوریتم های مقایسه در جدول 3-4 آورده شده است. اندازه پنجره الگوریتم ها 30×30 و اندازه پنجره داخلی الگوریتم Feng، 21×21 است. (الف) تصویر خاکستری پلاک با اندازه 65×400 پیکسل (ب) الگوریتم پیشنهادی برای سایر تصاویر، مقدار پارامتر $0.02 = C$ (ج) الگوریتم محلی [Bra07]Bradley (د) الگوریتم فرامحلی اُتسو [Ots79] (ه) الگوریتم محلی [Khu09]Nick (و) الگوریتم محلی [Nib86]Niblack (ز) الگوریتم محلی [Wol04]Wolf (ح) الگوریتم محلی [Pha11]Phanasalkar (ط) الگوریتم محلی [Fen04]Feng (ی) الگوریتم محلی [Sau00]Sauvola

جدول 4-10. بررسی الگوریتم پیشنهادی باینری سازی به روش تخمین پس زمینه و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-8-الف از نظر زمان اجرا با اندازه پنجره های متفاوت (برحسب میلی ثانیه)

Window Size	Otsu	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng	Bradley	Nick	Phanasalkar	propose
10	23	47	47	29	66	34	27	39	36
15		48	48	28	67	34	25	39	36
20		46	47	28	69	35	27	40	38
30		46	47	29	66	34	26	40	37
40		48	48	28	64	36	26	42	37

جدول 4-11. بررسی الگوریتم پیشنهادی باینری سازی به روش تخمین پس زمینه و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-9-الف از نظر زمان اجرا با اندازه پنجره های متفاوت (برحسب میلی ثانیه)

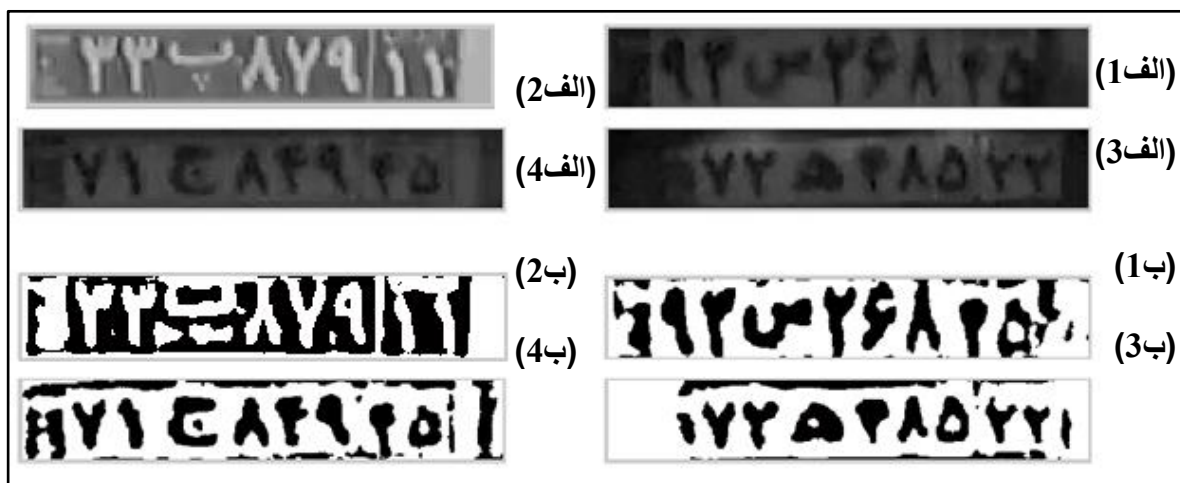
Window Size	Otsu	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng	Bradley	Nick	Phanasalkar	propose
10	24	43	42	33	56	33	31	38	36
15		43	43	34	55	36	32	37	37
20		44	43	32	58	36	35	39	34
30		45	45	34	57	37	35	41	35
40		46	44	35	57	39	34	40	37

جدول 4-12. بررسی الگوریتم پیشنهادی باینری سازی به روش تخمین پس زمینه و سایر الگوریتم ها بر روی تصویر شکل 4-10-الف از نظر زمان اجرا با اندازه پنجره های متفاوت (برحسب میلی ثانیه)

Window Size	Otsu	Niblack	Sauvola	Wolf	Feng	Bradley	Nick	Phanasalkar	propose
10	28	28	41	33	61	33	33	36	37
15		33	42	35	62	35	33	38	35
20		34	44	35	65	35	35	38	36
30		28	46	36	69	36	36	39	38
40		35	44	39	71	38	36	36	37

4-3-4- تحلیل نتایج الگوریتم باینری سازی (تخمین پس زمینه)

تصاویری که خیلی روشن و سایه دار نباشند با الگوریتم تخمین پس زمینه باینری می شوند. این الگوریتم، عملکرد مناسبی بر روی تصاویر متفاوت دارد. این الگوریتم توانایی باینری سازی تصاویر با نور غیریکنواخت، تمایز پایین، تاریک و تصاویر معمولی را دارد. تخمین پس زمینه با میانگین گیری در یک پنجره لغزان، فرآیندی شبیه به سایر الگوریتم ها است. بنابراین، سرعت این الگوریتم در مقایسه با سایر الگوریتم های باینری سازی متوسط است. پیچیدگی پیاده سازی این الگوریتم پایین است. الگوریتم پیشنهادی بر روی تصاویری که دارای پس زمینه رنگی و اعداد و حروف با رنگ سفید باشد عملکرد خوبی ندارد (شکل 4-11-الف و 4-11-ب). این الگوریتم، همچنین بر روی تصاویری که در حالت گرگ و میش اخذ شده اند مناسب عمل نمی کند (شکل 4-11-الف 1، الف 3 و الف 4).



شکل 4-11. نمونه تصاویری که الگوریتم پیشنهادی تخمین پس زمینه به خوبی عمل نمی‌کند

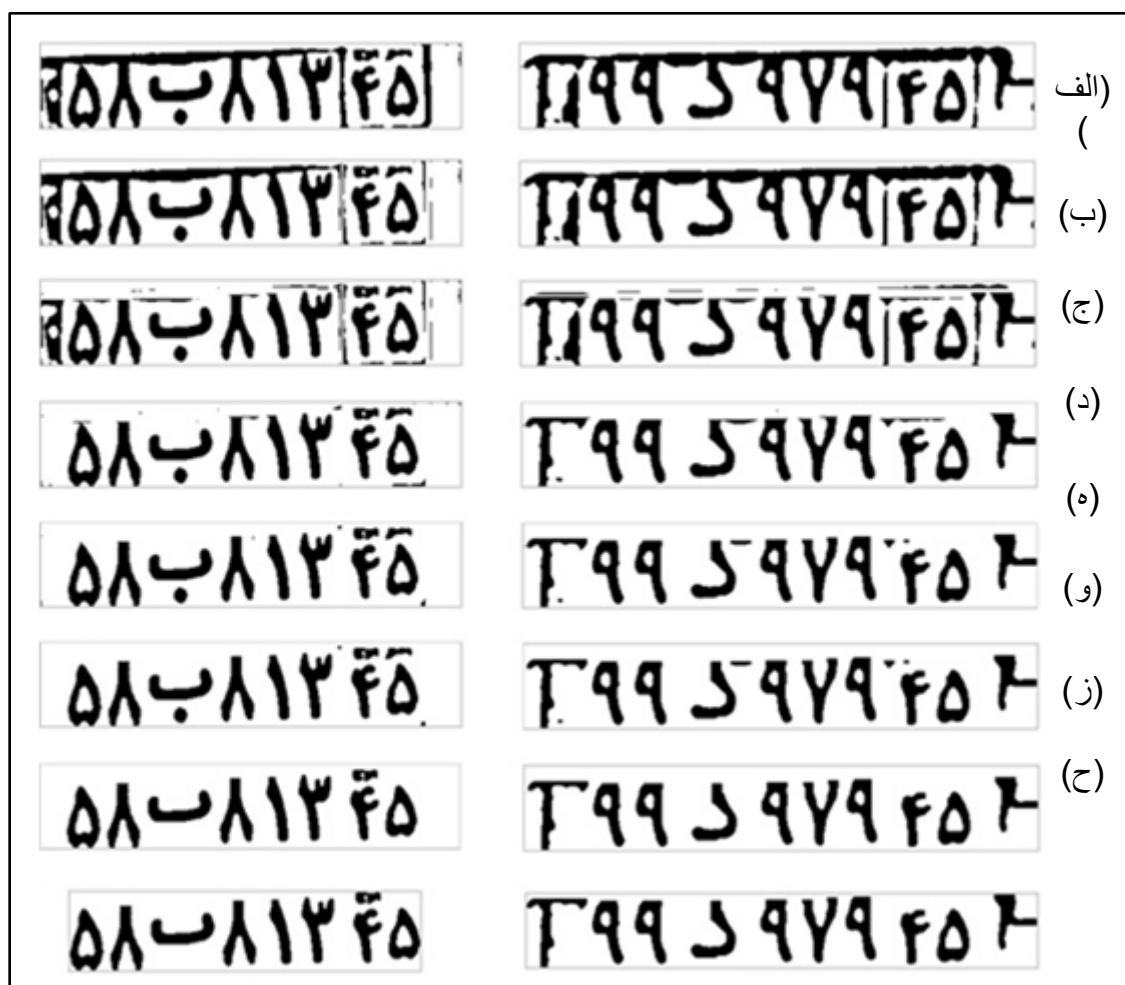
5-3-4- بررسی نتایج روش‌های پیشنهادی حذف نویز باینری

در این بخش، نتایج الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری ارائه می‌شود. این الگوریتم دارای هفت مرحله است. مرحله اول؛ حذف نویزهای عمودی و جداسازی نویسه‌های چسبیده عمودی. مرحله دوم؛ حذف نویزهای افقی و جداسازی نویسه‌های چسبیده افقی. مرحله سوم؛ حذف نویز با استفاده از ویژگی زاویه و گریز از مرکز نواحی تصویر باینری. مرحله چهارم؛ حذف خطوط افقی با ضخامت کمتر از یک آستانه. مرحله پنجم؛ حذف خطوط عمودی با ضخامت کمتر از یک آستانه. مرحله ششم؛ حذف نویزهای نقطه‌ای. مرحله هفتم؛ برش قسمت‌های اضافی تصویر. الگوریتم پیشنهادی بر روی تعدادی تصویر نمونه اعمال می‌شود. در شکل 4-12 تا 4-13 نمونه‌هایی از عملکرد این الگوریتم ارائه شده است. الگوریتم از نظر میزان حذف نویز و زمان اجرا مورد بررسی قرار می‌گیرد. پارامترهای الگوریتم طبق جدول 4-13 تنظیم می‌شود.

جدول 4-13. پارامترهای روش پیشنهادی حذف نویز باینری

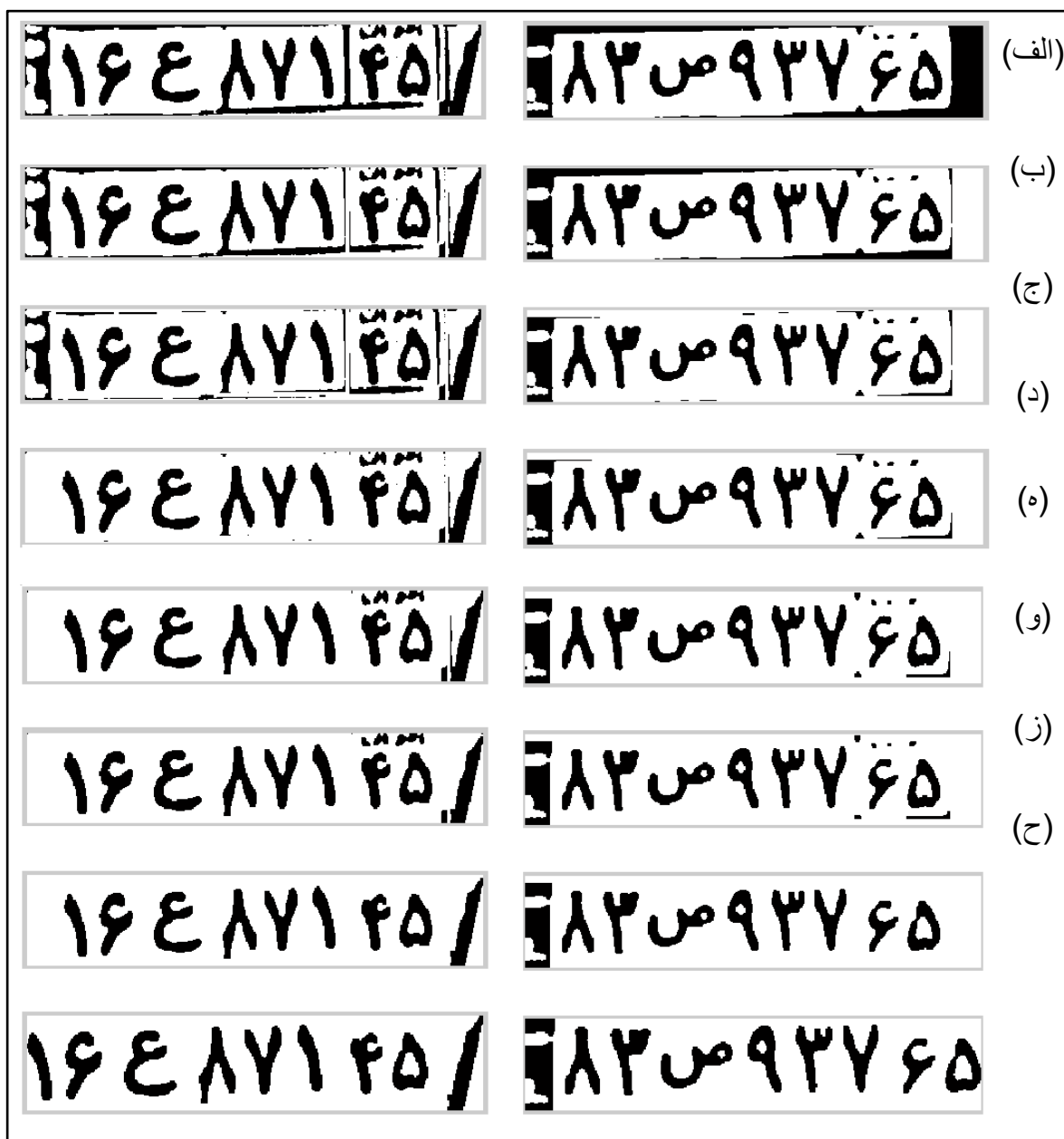
پارامتر	مقدار پارامتر
مرحله اول: حذف نویز عمودی	70 پیکسل

مرحله دوم: حذف نویز افقی	74 پیکسل
مرحله سوم: حذف نویز با استفاده از زاویه و مقدار گریز از مرکز	زاویه بزرگتر از 80 درجه و کوچکتر از 2 درجه گریز از مرکز بزرگتر از 0/95
مرحله چهارم: حذف خطوط افقی (ضخامت)	2 پیکسل
مرحله پنجم: حذف خطوط عمودی (ضخامت)	2 پیکسل
مرحله ششم: حذف نویز نقطه‌ای	200 پیکسل



شکل 4-12. مراحل الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری (نمونه اول)

تصویر پلاک سمت راست، اندازه 80×600 پیکسل، زمان اجرا $T=0/2183$ ثانیه. تصویر پلاک سمت چپ، اندازه 80×460 پیکسل، زمان اجرا $T=0/2123$ ثانیه و پارامترها طبق جدول 4-13 است. (الف) تصویر باینری دارای نویز (ب) حذف خطوط نویز عمودی (ج) حذف خطوط نویز افقی (د) حذف نویز با استفاده از زاویه و مقدار گریز از مرکز (ه) حذف نویزهای عمودی با ضخامت کم (و) حذف نویزهای افقی با ضخامت کم (ز) حذف نویزهای نقطه‌ای (ح) برش نواحی اضافی تصویر.



شکل 4-13. مراحل الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری (نمونه دوم)

تصویر پلاک سمت راست، اندازه 80×400 پیکسل، زمان اجرا $T=0/2043$ ثانیه. تصویر پلاک سمت چپ، اندازه 80×400 پیکسل، زمان اجرا $T=0/2024$ ثانیه و پارامترها طبق جدول 4-13 است. (الف) تصویر باینری دارای نویز (ب) حذف خطوط نویز عمودی (ج) حذف خطوط نویز افقی (د) حذف نویز با استفاده از زاویه و مقدار گریز از مرکز (ه) حذف نویزهای عمودی با ضخامت کم (و) حذف نویزهای افقی با ضخامت کم (ز) حذف نویزهای نقطه‌ای (ح) برش نواحی اضافی تصویر.

4-3-6- تحلیل نتایج الگوریتم حذف نویز باینری

اگر در الگوریتم پیشنهادی برای حذف نویز باینری، پارامترها مناسب انتخاب شوند، این الگوریتم قادر است قسمت اعظمی از نویز را حذف کند (شکل 4-12 و 4-13). انتخاب نامناسب پارامترها موجب حذف حروف و اعداد می‌شود. این الگوریتم بر روی تصاویری که دارای پس‌زمینه رنگی و اعداد و حروف با رنگ سفید باشد با شکست مواجه می‌شود (شکل 4-14). دلیل این اتفاق این است که در تصاویر با پس‌زمینه رنگی و اعداد سفید، در مرحله باینری کردن، جای سفید و سیاه عوض می‌شود و الگوریتم قابلیت تشخیص پس‌زمینه و اعداد را ندارد.



شکل 4-14. نمونه تصویری که الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری ایجاد خطا می‌کند.

(الف) تصویر پلاک (ب) تصویر باینری شده با الگوریتم پیشنهادی (ج) نتیجه اعمال الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری

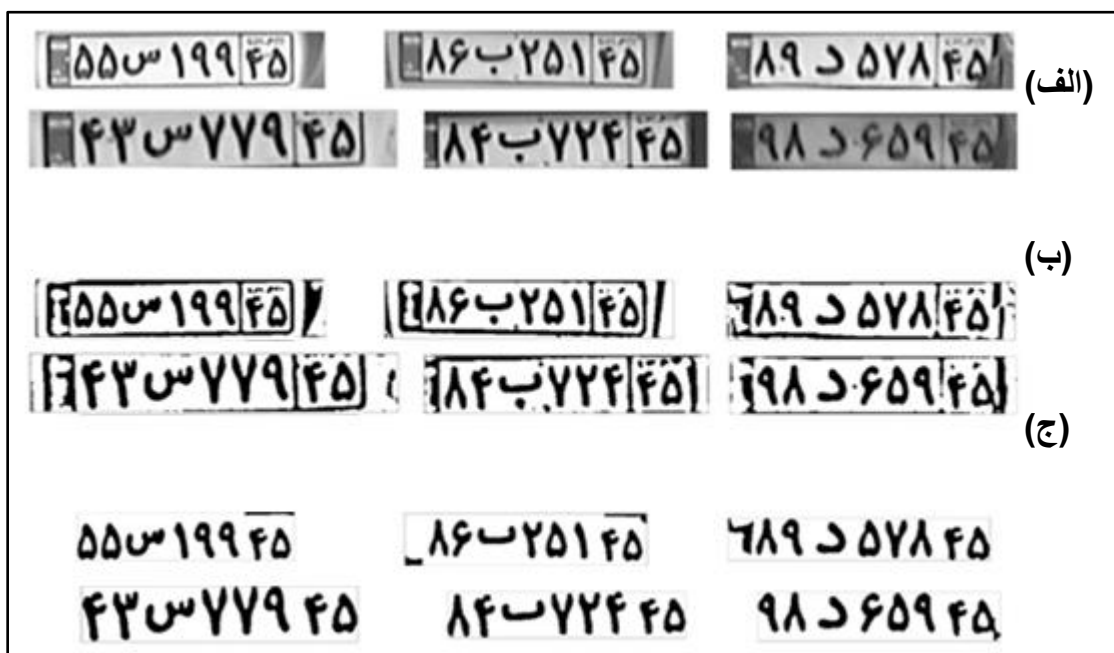
4-3-7- بررسی نتایج الگوریتم ها و روش‌های حذف نویز به صورت کلی

فرآیند کلی الگوریتم پیشنهادی برای استخراج اعداد و حروف از روی تصویر پلاک به این صورت است که ابتدا تصویر اخذ شده از دوربین‌های نظارتی به فضای خاکستری انتقال داده می‌شود. تصویر خاکستری طبقه‌بندی شده و پیش پردازش مربوطه بر روی آن اعمال می‌شود. سپس، الگوریتم باینری-سازی با توجه به نوع تصویر، به تصویر بهبود یافته اعمال می‌شود. تصویر باینری پس‌پردازش شده و در صورت وجود نویز، حذف نویز می‌شود. شکل 4-15 و 4-16 مراحل ذکر شده را بر روی چند نمونه تصویر نشان می‌دهد. اعمال الگوریتم‌های پیشنهادی بر روی پایگاه داده موجود با 4000 تصویر پلاک، نرخ بازدهی 93% را نشان می‌دهد.



شکل 4-15. مراحل الگوریتم پیشنهادی حذف نویز باینری.

پارامترها طبق جدول 3-4 و 4-13 است. زمان اجرا تصویر سمت راست $T=0/3903$ ، زمان اجرا تصویر سمت چپ $T=0/3213$. (الف) تصویر ورودی رنگی با اندازه 80×400 (ب) تصویر خاکستری. (ج) تصویر باینری استخراج شده با الگوریتم باینری سازی پیشنهادی (د) حذف نویز عمودی (ه) حذف نویز افقی (و) حذف نویز با استفاده از زاویه و مقدار گریز از مرکز (ز) حذف نویزهای عمودی با ضخامت کم (ح) حذف نویزهای افقی با ضخامت کم (ط) حذف نویز نقطه‌ای (ی) برش نواحی اضافی تصویر.



شکل 4-16. مراحل الگوریتم پیشنهادی.

(الف) تصاویر خاکستری پلاک (ب) خروجی الگوریتم باینری سازی پیشنهادی. (ج) خروجی الگوریتم حذف نویز باینری

4-4- جمع بندی

در این فصل علاوه بر مرور مختصر بر چگونگی عملکرد روش‌های پیشنهادی، به مقایسه آنها با دیگر الگوریتم‌ها پرداخته شد. الگوریتم‌های باینری سازی از نظر زمان اجرا، کیفیت خروجی و میزان پیچیدگی پیاده سازی با دیگر الگوریتم‌ها مقایسه شد. مزیت‌ها و معایب روش‌های پیشنهادی ذکر شد. الگوریتم حذف نویز باینری مختصراً مرور شده و با نشان دادن چند نمونه تصویر، کارایی آن بررسی شد. در آخر کل مراحل الگوریتم پیشنهادی بر روی چند تصویر نمونه، اعمال شده و مراحل آن به تصویر کشیده شد.

فصل 5

جمع بندی و پیشنهادها

6-1- جمع بندی

در این پایان نامه، روش‌های بهبود تمایز بررسی شده و اغلب الگوریتم‌های مطرح یکسان سازی هیستوگرام پیاده سازی شد. الگوریتم‌ها بر روی انواع دسته‌های تصاویر اعمال شد. مشخص شد که الگوریتم‌های بهبود تمایز بررسی شده، عملکردی موردی بر روی تصویر پلاک دارند، یعنی در بعضی موارد تصویر را بهبود می‌دهند و در برخی از آنها تولید نویز می‌کنند و اطلاعات را از بین می‌برند. در ادامه الگوریتم‌های مهم باینری‌سازی موجود بررسی و پیاده سازی شد.

برای باینری کردن تصاویر پلاک خودرو الگوریتمی پیشنهاد شد که در آن، تصاویر طبقه‌بندی شده و سپس الگوریتم‌های باینری‌سازی مختص هر دسته از تصاویر اعمال می‌شود، سه الگوریتم باینری-سازی پیشنهاد شد که یک الگوریتم مختص پلاک‌های خیلی روشن، یک الگوریتم مختص پلاک‌های سایه‌دار و الگوریتم دیگر مختص سایر پلاک‌ها می‌باشد که یک الگوریتم کلی است. به دلیل اختصاص دادن یک الگوریتم خاص به پلاک‌های سایه‌دار و همچنین یک الگوریتم مختص پلاک‌های خیلی روشن، روش پیشنهادی عملکرد بهتری بر روی این دو دسته از تصاویر نسبت به روش‌های دیگر دارد. در مرحله طبقه‌بندی تصاویر پلاک از ویژگی‌های ساده برای دسته‌بندی تصاویر استفاده شد که

موجب افزایش سرعت فرایند می‌شود. در این مرحله، دسته‌بندی به گونه ای انجام می‌شود که ابتدا تصاویر خیلی روشن و سپس سایه‌دار تشخیص داده شده و بقیه تصاویر را در دسته جداگانه که با الگوریتم تخمین پس‌زمینه باینری می‌شوند قرار می‌دهد. مزیت این نوع دسته‌بندی این است که در صورت تشخیص نادرست تصاویر پلاک، از الگوریتم تخمین پس‌زمینه که یک الگوریتم قوی است استفاده می‌شود که عملکرد مناسبی بر روی تصاویر سایه‌دار و خیلی روشن نیز دارد. طبقه‌بندی تصاویر به سه دسته، دقت و کارایی سامانه تشخیص پلاک را بهبود می‌دهد اما با توجه به تنوع زیاد تصاویر پلاک از نظر شرایط نوری، دسته سوم خود شامل چند نوع تصویر می‌شود. همانطور که قبلاً اشاره شد، باینری کردن چند نوع تصویر با یک الگوریتم باینری‌سازی، میزان خطا را افزایش می‌دهد. روش باینری‌سازی تصاویر سایه‌دار علاوه بر داشتن قدرت زیاد در استخراج نویسه های پلاک سایه‌دار، به دلیل پیمایش و آستانه‌زنی سطری، دارای سرعت بیشتری نسبت به دیگر الگوریتم ها می‌باشد. روش آستانه‌زنی تصاویر روشن و تخمین پس‌زمینه، از نظر زمان دارای عملکرد مشابه و در بعضی موارد بهتر نسبت به سایر روش ها دارد. در قسمت پس‌پردازش تصویر باینری که دارای هفت مرحله است، قسمت اعظم نویز حذف می‌شود. در این مرحله اغلب نویسه هایی که به حاشیه چسبیده اند تفکیک می‌شوند. هر مرحله دارای یک آستانه است که باید با دقت انتخاب شوند. در صورت انتخاب آستانه نامناسب امکان حذف نویسه ها وجود دارد.

در الگوریتم پیشنهادی، بیشترین خطا مربوط به تصاویر حالت گرگ و میش می‌باشد که در آن کیفیت تصاویر پلاک نامطلوب است. همچنین تصاویر پلاکی که دارای اعداد و حروف سفید رنگ هستند به خوبی باینری نمی‌شوند و چون مقدار باینری نویسه ها و پس‌زمینه عوض می‌شود، مرحله حذف نویز نویسه های پلاک را از بین می‌برد که موجب افزایش خطا می‌شود. در تمام مراحل سعی بر ساده سازی شده و الگوریتم و روش‌های پیشنهادی دارای پیاده سازی ساده ای هستند.

6-2- پیشنهادها

- همانطور که قبلاً اشاره شد، تنوع تصاویر پلاک خودرو از نظر شرایط نوری زیاد است. در این پایان نامه سعی شد تا با دسته‌بندی تصاویر و ارائه الگوریتم های باینری‌سازی مختص به هر دسته از تصاویر، میزان دقت و کارایی سامانه تشخیص پلاک را بهبود دهیم. پیشنهاد می‌شود برای افزایش دقت، تصاویر به دسته‌های بیشتری طبقه‌بندی شوند و الگوریتم هایی برای

هر دسته از تصاویر ارائه شود. تصاویر اخذ شده در حالت گرگ و میش، بیشترین خطا را در سامانه بوجود می‌آورد، دسته بندی تصاویر گرگ و میش و ارائه روشی برای باینری‌سازی این دسته از تصاویر، میزان دقت سامانه تشخیص پلاک را افزایش می‌دهد.

- در الگوریتم پیشنهادی، فرض بر این است که پس‌زمینه روشن‌تر از اعداد و حروف است و این فرض در استخراج اعداد و حروف از تصاویری که دارای پس‌زمینه سفید هستند ایجاد خطا می‌کند. کار کردن بر روی تشخیص رنگ پس‌زمینه و یا ارائه روشی که مستقل از رنگ پس‌زمینه عمل کند، پیشنهاد می‌شود.

مراجع

[Ath11]

Athimethphat.M (2011), "A review on global binarization algorithms for degraded document images", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol: 14, No: 3, PP: 188-195.

[Bra07]

Bradley.D, Roth.G (1988), "Adaptive thresholding using the integral image", Journal of graphics, gpu, and game tools, Vol: 12, No: 2, PP: 13-21.

[Che03a]

Chen.S-D, Ramli.A.R (2003), "Contrast enhancement using recursive mean-separate histogram equalization for scalable brightness preservation", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol: 49, No: 4, PP: 1301-1309.

[Che03b]

Chen.S-D, Ramli.A.R (2003), "Minimum mean brightness error bi-histogram equalization in contrast enhancement", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol: 49, No: 4, PP: 1310-1319.

[Das11]

Dashtban.M.H, Dashtban.Z, Bevrani.H (2011), "A novel approach for vehicle license plate localization and recognition", International Journal of Computer Applications, Vol: 26, No: 11, PP: 22-30.

[Dew13]

Dewangan.T, Siddiqui.M.A (2013), "Analysis of contrast enhancement method using modified dynamic histogram equalization", International Journal of Engineering Science and Innovative Technology, Vol: 2, No: 3, PP: 135-141.

[Fen04a]

Feng.M-D, Tan.Y.P (2004), "Contrast adaptive binarization of low quality document images", IEICE Electronics Express, Vol: 16, No: 1, PP: 501-506.

[Fen04b]

Feng.M-L, Tan.Y-P (2004), "Adaptive binarization method for document image analysis", IEEE International Conference on Multimedia and Expo, Vol: 1, No: 1, PP: 339-342.

[Gar11]

Garg.R, Mittal.B, Garg.S (2011), "Histogram equalization techniques for image enhancement", International Journal of Electronics and Communication Technology, Vol: 2, No: 1, PP: 107-111.

[Goy11]

Goyal.R, Kaur.A (2011), "A review of optimal binarization techniques on documents with damaged background", International Journal of Computer Science and Technology, Vol: 2, No: 2, PP: 237-239.

[Gup15]

Gupta.S, Kaur.Y (2014), "Review of different histogram equalization based contrast enhancement techniques", International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Vol: 3, No: 7, PP: 7585-7590.

[Jae90]

Jae.L.S (1990), "Image enhancement. digital image processing techniques", M. P. Ekstrom. San Diego.

[Jog15]

Jogiya.R.P, Gupta.S.R (2015), "A review on histogram equalization techniques for image enhancement", International Journal of Contemporary Research in Computer Science and Technology, Vol: 1, No: 2, PP: 59-65.

[Kap86]

Kapur.J.N, Sahoo.P.K, Wong.A.KC (1985), "A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram", Computer Vision, Graphics, and Image processing, Vol: 29, No: 3, PP: 273-285.

[Kau11]

Kaur.M, Kaur.J (2011), "Survey of contrast enhancement techniques based on histogram equalization", International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA), Vol: 2, No: 7, PP: 137-141.

[Key81]

Keys.R.G (1981), "Cubic convolution interpolation for digital image processing", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol: 29, No: 6, PP: 1153-1160.

[Khu09]

Khurshid.K, Siddiqi.I, Faure.C, Vincent.N (2009), "Comparison of Niblack inspired binarization methods for ancient documents", PP: 1-10.

[Kim06]

Kim.H-J, Lee.J.M, Lee.J.A, Oh.S-G, Kim.W-Y (2006), "Contrast enhancement using adaptively modified histogram equalization", Advances in Image and Video Technology. Editors: Chang.L.W, Lie.W.N, Springer Berlin Heidelberg, PP: 1150-1158.

[Kim13]

Kim.J, Cho.Y (2013), " Efficient character segmentation using adaptive binarization and connected components analysis in ubiquitous computing environments", International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, Vol: 8, No: 2, PP: 89-100.

[Kim15]

Kim.T, Paik.J (2015), "Adaptive contrast enhancement using gain-controllable clipped histogram equalization", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol: 54, No: 4, PP: 1803-1810.

[Kon09]

Kong.N.S.P, Ibrahim.H, Ooi.C.H, Chieh.D.C.J (2009), "Enhancement of microscopic images using modified self-adaptive plateau histogram equalization", International Conference on Computer Technology and Development.

[Kum12]

Kumar.R (2012), "Comparative study of CLAHE, DSIHE and DHE schemes", International Journal of Research in Management, Science and Technology, Vol: 1, No: 1, PP: 1-4.

[Lal12]

Lal.S, Chandra.M (2012), "Efficient algorithm for contrast enhancement of natural images", The International Arab Journal of Information Technology, Vol: 11, No: 1, PP: 95-102.

[Lau94]

Lau.S (1994), "Global image enhancement using local information", Electronics Letters, Vol: 30, No: 1, PP: 122–123.

[Lim15]

Lim.S.H, Isa.N.A.M, Ooi.C.H, Toh.K.K.V (2013), "A new histogram equalization method for digital image enhancement and brightness preservation", signal, Image and Video Processing, Vol: 9, No: 3, PP: 675-689.

[Lu09]

Lu.C-H, Hsu.H-Y, Wang.L (2009), "A new contrast enhancement technique by adaptively

increasing the value of histogram. Imaging Systems and Techniques", International Workshop on Imaging Systems and Techniques, PP: 407 - 411.

[Nib86]

Niblack.W (1990), "An Introduction to digital image processing", Prentice-Hall, Inc.

[Ooi10]

Ooi.C.H, Isa.N.A.M (2010), "Quadrants dynamic histogram equalization for contrast enhancement", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol: 56, No: 4, PP: 2552-2559.

[Ots79]

Otsu.N (1979), "A threshold selection method from gray-level histograms", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol: 9, No: 1, PP: 62 - 66.

[Pan14]

Pandey.K, Singh.S, Mishra.R (2014), "Range limited quad-histogram equalization method for image contrast enhancement", International Journal of Computer Applications, Vol: 91, No: 15, PP: 14-20.

[Pha11]

Phansalkar.N, More.S, Sabale.A, Joshi.M (2011), "Adaptive local thresholding for detection of nuclei in diversity stained cytology images", International Conference on Communications and Signal Processing, PP: 218 – 220.

[Piz87]

Pizer.S.M, Amburn.E.P, Austin.J.D, Cromartie.R (1987), "Adaptive histogram equalization and its variations", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol: 39, No: 1, PP: 355-368.

[Qin06]

Qing.O (2006), "Study on license plate binarization method under nonuniform illumination", Engineering Journal of Wuhan University, Vol: 39, No: 4, PP: 143-146.

[Raj13]

Raju.A, Dwarakish.G, Reddy.V (2013), "A Comparative analysis of histogram equalization based

techniques for contrast enhancement and brightness preserving", International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, Vol: 6, No: 5, PP: 353-366.

[Saa14]

Saad.M.M, Klette.R (2006), "Automatic detection and segmentation of license plates".

[Sar14]

Saravanan.S, Kumar.S (2014), "Image contrast enhance using histogram equalization techniques:review", International Journal of Advancese in Computer Science and Technology, Vol: 3, No: 3, PP: 163-172.

[Sau97]

Sauvola.J, Seppänen.T (1997), "Adaptive document binarization", Proceedings of the Fourth International Conference on Document Analysis and Recognition, Vol: 1, No: 33, PP: 225-236.

[Sen08]

Sengee.N, Heung.C (2008), "Brightness preserving weight clustering histogram equalization", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol: 54, No: 3, PP: 1329-1337.

[Sez04]

Sezgin.M, Sankur.B (2004), "Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation", Journal of Electronic Imaging, Vol: 13, No: 1, PP: 146–168.

[Sim07]

Sim.K.S, Tso.C.P, Tan.Y.Y (2007), "Recursive sub-image histogram equalization applied to gray scale images", Pattern Recognition Letters, Vol: 28, No: 10, PP: 1209-1221.

[Soo15]

Sood.R, Sharma.M (2015), "Binarization of ancient document images", International Journal of Scientific Research and Engineering Studies, Vol: 2, No: 6, PP: 22-25.

[Sta08]

Stathis.P, Kavallieratou.E, Papamarkos.N (2008), "An evaluation survey of binarization algorithms on historical documents", International Conference on Pattern Recognition, Vol: 1, No: 1, PP: 1-4.

[Tal14]

Talab.A.M.A, Junfei.W (2014), "An enhanced Bernsen algorithm approaches for vehicle logo detection", International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, Vol: 7, No: 4, PP: 203-210.

[Tin15]

Ting.C-C, Wu.B-F, Chung.M-L, Chiu.C-C (1987), "Visual contrast enhancement algorithm based on histogram equalization", Sensors, Vol: 15, No: 1, PP: 16981-16999.

[Wan99]

Wan.Yu, Qian.C, Zhang.B (1999), "Image enhancement based on equal area dualistic sub-image histogram equalization method", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol: 45, No: 1, PP: 68-75.

[Wan99]

Wang.B-j, Liu.S-q (2006), "A real-time contrast enhancement algorithm for infrared images based on plateau histogram", Infrared Physics and Technology, Vol: 48, No: 1, PP: 77-82.

[Wan12]

Wang.Y, Fang.B, Lan.L-J, Luo.H-W, Tang.Y-Y (2012), "Adaptive binarization: a new approach to license plate characters segmentation", International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Vol: 11, No: 1, PP: 91-99.

[Wol04]

Wolf.C, Jolion.J.M (2004), "Extraction and recognition of artificial text in multimedia documents", Formal Pattern Analysis and Applications, Vol: 6, No: 4, PP: 309-326.

[Won98]

Wongsritong.K, Kittayarusiriwat.K, Cheevasuvit.F, Dejhan.K (1998), "Contrast enhancement

using multipeak histogram equalization with brightness preserving", IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems, PP: 455 - 458.

[Yah09]

Yahya.S.R, Abdullah.S.N, Omar.K, Zakaria.M.S (2009), "Review on image enhancement methods of old manuscript with the damaged background", International Conference on Electrical Engineering and Informatics, Vol: 1, No: 1, PP: 62-67.

[Yan03]

Yang.S, Jae.H.O, Park.Y (2003), "Contrast enhancement using histogram equalization with bin underflow and bin overflow", International Conference on Image Processing, Vol: 1, No: 2, PP: 881-884.

[Zui94]

Zuiderveld.K (1994), "Contrast limited adaptive histogram equalization", Graphics Gems. Editor: Heckbert.P.S, Academic Press, PP: 474-485.

[Zuo14]

Zuo.C, Chen.Q, Sui.X, Ren.J (2014), "Brightness preserving image contrast enhancement using spatially weighted histogram equalization", International Arab Journal of Information Technology, Vol: 11, No: 1, PP: 25-32.

[سرزیدی، 1382]

س.سرزیدی و ح.نظام‌آبادی‌پور، "ارثه روشی جدید برای آستانه یابی کلی برای دوسطحی سازی تصویر به منظور استفاده در سیستم بازشناسی متن"، اولین کنفرانس بین المللی فناوری اطلاعات و دانش، دانشگاه امیرکبیر، صفحات 293 تا 299، تهران، 1382.

[عطاران رضایی، 1379]

ب.عطاران رضایی و م.جاهد، "استخراج و شناخت حروف و اعداد در پلاک خودرو توسط فیلتر سوبل، شبکه های عصبی و ممائی Hu"، اولین کنفرانس بینایی ماشین و پردازش تصویر، دانشگاه بیرجند، بیرجند، 1379.

[نظام‌آبادی‌پور، 1381]

ح.نظام‌آبادی‌پور، ا.کبیر و س.سرزیدی، "بازیابی تصویر با استفاده از اطلاعات رنگ و شکل"، دومین کنفرانس بینایی ماشین و پردازش تصویر ایران، جلد دوم، صفحات 226 تا 232، تهران، 1381.

Abstract:

Extracting numbers and letters from licence plate images captured by traffic control cameras is an important task in an automatic plate recognition system. In this thesis, some methods are proposed to categorize the plate images based on the different lightning conditions. For each category, especial preprocessing stage and binary algorithm are suggested. To binarize images with shadow, a new algorithm is proposed which has the ability to remove the shadow effects. Futhermore, a binarization algorithm based on background estimation using arithmetic mean filter is proposed which is able to binarize low contrast images, the images captured under uneven lightening condition and ordinary images. To remove binary noises provided through binarization process, a method is proposed consisting of seven stages which has the ability to remove a large parts of the noise and the separate the numbers and letters which is attached to the frames. To validate the results obtained by the proposed algorithm, a database with four thousands images which contain different types of images has been employed. The results confirm the effectiveness of the proposed algorithms.

Keywords: License Plate Images, Binarization Algorithm, Contrast Enhancement, Binary Noise removal.