





وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

بهبود تخمین نقشه متراکم جابجایی مکانی با استدلال فازی

نگارنده :

یوسف صفری محمودآباد

استاد راهنما :

دکتر علی محمد فتوحی

تقدیم بہ

پدر

مادر

و ہمسر عزیزم

تقدیر و تشکر

بر خود لازم میدانم از استاد بزرگووارم جناب آقای دکتر فتوحی بخاطر زحمات بی‌شائبه و راهنماییهای دلسوزانه و بی‌دریغشان کمال تشکر و قدردانی را بجا بیاورم. از خداوند منان، آرزوی سلامتی و بهروزی روزافزون برای ایشان دارم.

همچنین از آقایان مهندس بهزاد صالحیان (کارشناس ارشد الکترونیک - دانشگاه امیرکبیر) و مهرشاد کهریزی (دانشجوی کارشناسی - دانشگاه تفرش) سپاسگزارم که راهنمایی‌های ایشان در برنامه نویسی پروژه کمک بزرگی به اینجانب در تکمیل آن کرده است.

در پایان نیز از پدر، مادر و همسر دلسوز و مهربانم که در این مدت همیشه همراه من بودند تشکر می‌کنم و امیدوارم بتوانم قدردان زحمات بی‌دریغشان باشم.

چکیده

هدف اصلی در بینایی استریو، تعیین فاصله اشیاء موجود در صحنه یا عبارتی بدست آوردن اطلاعات عمق صحنه می‌باشد. کاربردهایی مانند بازرسی‌های صنعتی، تشخیص موانع توسط ربات و مسیریابی، مراقبت در محیط‌های امنیتی، مدل کردن سه بعدی اشیاء، آنالیز تصاویر پزشکی، تعامل بین انسان و کامپیوتر و ... به اطلاعات عمق صحنه نیاز دارند. تطابق استریو مهمترین و پیچیده ترین مرحله بینایی استریوست. وجود نویز در تصاویر، تفاوت شدت روشنایی پیکسل‌های متناظر در دو تصویر، نواحی بدون بافت، نواحی با بافت تکراری، نواحی مجاور ناپیوستگی‌های عمق، نواحی انسدادیافته، نواحی دارای شیب و... تطابق استریو را به مسئله‌ای پیچیده و بغرنج تبدیل کرده است. الگوریتم‌های بسیاری برای حل مسأله تطابق استریو پیشنهاد شده است که به دو دسته کلی محلی و سراسری تقسیم می‌شوند. در روش‌های محلی که هزینه محاسباتی پایین تری دارند از شدت روشنایی یا رنگ پیکسل‌ها در یک همسایگی (پنجره) حول پیکسل موردنظر استفاده می‌شود و با جستجوی مشابه‌ترین پنجره در تصویر دیگر، برای آن پیکسل، مقدار جابجایی مکانی محاسبه می‌شود. فرض تلویحی در استفاده از پنجره، ثابت ماندن جابجایی مکانی پیکسل‌های داخل پنجره است که بدیهی است این فرض در مجاورت لبه‌های تغییر عمق نقض می‌شود. پنجره وزن دار تطبیقی یکی از روش‌های موفق محلی بوده است که ایده‌ی اصلی آن اینستکه به پیکسل‌هایی از پنجره که با احتمال بیشتری دارای جابجایی مکانی مساوی با پیکسل مرکزی هستند، وزن بزرگتری نسبت داده شود، تا این پیکسل‌ها سهم بیشتری در محاسبه هزینه انطباق داشته باشند. معیار تساوی جابجایی مکانی، شباهت رنگی و مجاورت هندسی پیکسل‌های داخل پنجره به پیکسل مرکزی پنجره در نظر گرفته می‌شود و وزن پیکسل‌ها براساس این دو معیار از روابط نمایشی ریاضی پیچیده محاسبه می‌شود. اما به نظر می‌رسد به دلیل پیچیدگی ذاتی مسأله تطابق استریو مدلسازی دقیق ریاضی ممکن نیست. با توجه به اینکه منطق فازی در حل مسائلی که مدلسازی و ارائه روابط دقیق ریاضی میسر نیست، عملکرد مناسبی دارد، در این پروژه، با الهام از روش پنجره وزن دار تطبیقی، از یک سیستم فازی ساده برای انتساب وزن مناسب به پیکسل‌های داخل پنجره استفاده می‌شود. سیستم فازی طراحی شده دو متغیر فازی شباهت رنگی و مجاورت هندسی را بعنوان ورودی دریافت کرده با چهار قاعده فازی ساده وزن پیکسل را در پنجره تعیین می‌کند. بررسی نتایج تجربی بر روی تصاویر استریوی استاندارد نشان می‌دهد روش پیشنهادی ضمن سادگی و هزینه محاسباتی پایین، نسبت به روش مرسوم SAD، بطور متوسط 60% و نسبت به روش پنجره وزن دار 15% خطای تخمین نقشه متراکم جابجایی مکانی را کاهش داده است.

کلمات کلیدی: بینایی استریو، نقشه‌ی متراکم جابجایی مکانی، روش پنجره وزن دار تطبیقی، سیستم فازی

فهرست

1	فصل اول : مقدمه
1-1	بینایی استریو
2-1	مفاهیم اولیه بینایی استریو
3-1	قیود مورد استفاده در تطابق استریو
4-1	دسته بندی روش ها
5-1	پایگاه داده، نحوه‌ی ارزیابی، اهداف و ساختار پایان نامه
1-5-1	پایگاه داده مورد استفاده
2-5-1	روش ارزیابی الگوریتمها
3-5-1	اهداف پروژه
4-5-1	ساختار پایان نامه
22	فصل دوم: مروری بر روش های انطباق استریوی متراکم
1-2	مقدمه
2-2	روش محلی یا پنجره‌ای
1-2-2	روش پنجره تطبیقی
2-2-2	روش چند پنجره‌ای
3-2-2	روش پنجره وزن دار تطبیقی
4-2-2	روش تنظیم
5-2-2	روش تعاونی
3-2	روش های سطری
4-2	روش های سراسری

34	5-2 جمع‌بندی نقاط ضعف و قوت روش‌ها
41	(3) فصل سوم: معرفی سیستم‌های فازی و مروری بر روش‌های انطباق استریو مبتنی بر منطق فازی
41	1-3-1 مقدمه
41	2-3-2 بررسی سیستم‌های فازی
43	1-2-3-1 مزایا و کاربرد منطق فازی
44	2-2-3-2 برخی مفاهیم مقدماتی در سیستم‌های فازی
53	3-2-3-3 اجزاء یک سیستم فازی
56	4-2-3-4 عملکرد یک سیستم فازی
60	3-3-3 مروری بر روش‌های انطباق استریوی مبتنی بر منطق فازی
67	4-3-4 نتیجه‌گیری
68	(4) فصل چهارم: بررسی روش پنجره وزن‌دار فازی برای انطباق استریوی تراکم
68	1-4-1 مقدمه
70	2-4-2 پنجره وزن‌دار تطبیقی
80	3-4-3 بررسی روش پیشنهادی پنجره وزن‌دار فازی
89	4-4-4 بررسی سازگاری انطباق‌های چپ - راست
91	5-4-5 نتیجه‌گیری
92	(5) فصل پنجم: بررسی نتایج تجربی
92	1-5-1 مقدمه
92	2-5-2 نتایج تجربی
95	3-5-3 بررسی نتایج تجربی با تغییر مدل رنگ
97	4-5-4 بررسی نتایج تجربی با تغییر در ساختار سیستم فازی

101.....	5-5 بررسی نتایج تجربی با اعمال LRCC
104.....	6-5 نتیجه گیری و پیشنهادات ادامه کار
105.....	واژه نامه
107.....	مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل (1-1): هندسه‌ی تشکیل تصویر در شبکیه‌ی چشمها و تعریف Binocular disparity ----- 2
- شکل (2-1): سیستم تصویربرداری و هندسه‌ی تشکیل تصویر ----- 4
- شکل (3-1): هندسه‌ی استریوی دو دوربینه ----- 5
- شکل (4-1): هندسه‌ی استریوی موازی ----- 6
- شکل (5-1): انسداد ----- 7
- شکل (6-1): نقاط بدون بافت ----- 8
- شکل (7-1): نقاط دارای بافت تکراری ----- 8
- شکل (8-1): نواحی شیب‌دار ----- 9
- شکل (9-1): الف - برقراری و ب - عدم برقراری قید ترتیب ----- 10
- شکل (10-1): عدم برقراری شرط یکتایی در دو حالت مختلف ----- 11
- شکل (11-1): تصاویر تست ----- 16
- شکل (12-1): تصویر Cones: الف - نقشه‌ی جابجایی مکانی مرجع ب - ناحیه‌ی all ج - ناحیه‌ی disc و د - ناحیه‌ی nonocc ----- 17
- شکل (13-1): بخشی از جدول ارزیابی middlebury ----- 19
- شکل (1-2): گراف جهت‌دار حول پیکسل مورد نظر ----- 26
- شکل (2-2): روش چند پنجره‌ای: در نظر گرفتن نه پنجره مختلف و انتخاب پنجره بهینه (الف)، در نظر گرفتن پنجره میانی و 4 پنجره دارای کمترین مقدار هزینه (ب) ----- 28
- شکل (3-2): نمایش صفحه‌انطباق و یک مسیر نمونه در روش برنامه‌ریزی پویا ----- 32
- شکل (4-2): الف - تصویر اصلی، ب - نقشه جابجایی مکانی بدست آمده از روش برنامه‌ریزی پویا ----- 32
- شکل (5-2): تطابق استریو با روش مبتنی بر گراف ----- 34
- شکل (1-3): تکیه‌گاه، مرکز، نقطه تقاطع، ارتفاع و برش آلفای مجموعه فازی ----- 46
- شکل (2-3): توابع عضویت فازی ذوزنقه‌ای و مثلثی ----- 47
- شکل (3-3): تابع عضویت گاوسی ----- 48
- شکل (4-3): مکمل مجموعه فازی A ----- 49
- شکل (5-3): (الف) اجتماع دو مجموعه فازی - (ب) اشتراک دو مجموعه فازی ----- 50
- شکل (6-3): سرعت ماشین به عنوان یک متغیر زبانی ----- 51
- شکل (7-3): اجزای تشکیل دهنده‌ی یک سیستم فازی ----- 53
- شکل (8-3): نمایش گرافیکی غیرفازی ساز مرکز ثقل ----- 54
- شکل (9-3): نمایش گرافیکی غیرفازی ساز میانگین مراکز ----- 55
- شکل (10-3): نمایش گرافیکی برای غیرفازی سازهای ماکزیمم ----- 55
- شکل (11-3): فرایند اعمال قانون فازی ----- 57

- شکل (12-3): عملکرد سیستم فازی ممدانی ----- 59
- شکل (13-3): چگونگی نتیجه‌گیری یک سیستم فازی نوع سوگنو ----- 60
- شکل (14-3): محاسبه هزینه انطباق در هر پیکسل با ابعاد و موقعیت‌های مختلف ----- 63
- شکل (15-3): توابع عضویت فازی برای متغیر انحنا ----- 65
- شکل (16-3): توابع عضویت فازی برای متغیر رتبه ----- 65
- شکل (1-4): مقایسه پنجره‌ها در لبه‌های تغییر عمق ----- 71
- شکل (2-4): مقایسه اندازه پنجره در مناطق بدون بافت ----- 71
- شکل (3-4): مقایسه اندازه پنجره در مناطق دارای بافت تکراری ----- 71
- شکل (4-4): نقشه‌های جابجایی مکانی بدست آمده برای تصاویر Venus, Cones, Teddy, Tsukuba با استفاده از روش SAD با ابعاد (الف) پنجره کوچک $5*5$ و (ب) پنجره بزرگ $35*35$ ----- 72
- شکل (5-4): پنجره مرجع (N_p) و پنجره هدف (N_d) ----- 75
- شکل (6-4): نمونه‌هایی از محاسبه وزن ----- 76
- شکل (7-4): ترکیب وزن‌های مرجع و هدف ----- 76
- شکل (8-4): نقشه‌های جابجایی مکانی بدست آمده از روش پنجره وزن‌دار تطبیقی بر روی تصاویر Teddy, Venus, Tsukuba و Cones ----- 77
- شکل (9-4): نمونه‌ای از پنجره متناظر در مجاورت ناپیوستگی عمق (سمت چپ)، وزن اختصاص یافته بر مبنای فاصله هندسی (وسط)، وزن اختصاص یافته در حالت ایده‌آل (سمت راست) ----- 78
- شکل (10-4): نمونه‌ای از مناطق دارای بافت تکراری که باعث ابهام در تعیین دقیق جابجایی مکانی می‌گردد. نقاط پررنگ متناظر با وزن بیشتر و نقاط کم رنگ متناسب با وزن کمتر می‌باشند. ----- 79
- شکل (11-4): سیستم فازی مورد استفاده ----- 81
- شکل (12-4): توابع عضویت متغیر اختلاف رنگ (Low, Medium, High) ----- 82
- شکل (13-4): توابع عضویت متغیر فاصله هندسی (Low, High) ----- 82
- شکل (14-4): توابع عضویت متغیر وزن (Big, Medium, Small) ----- 84
- شکل (15-4): سیستم فازی طراحی شده ----- 86
- شکل (16-4): مثالی از نحوه محاسبه فرمول غیرفازی سازی ----- 87
- شکل (17-4): محاسبه وزن پیکسل. پیکسل مرکزی توسط مستطیل مشخص شده است. پیکسل‌هایی که روشن‌تر هستند دارای وزن بیشتری در قسمت‌های (ب) و (د) می‌باشند. الف) پنجره $35*35$ روی قسمتی از تصویر Teddy (ب) وزن پنجره قسمت (الف) (ج) پنجره $35*35$ روی قسمتی از تصویر Tsukuba (د) وزن پنجره قسمت (ج) ----- 89
- شکل (18-4): ترکیب پنجره‌های مرجع (R) و هدف (T) در محاسبه هزینه انطباق ----- 89
- شکل (1-5): مقایسه عملکرد روش SAD و روش پیشنهادی به ازای اندازه پنجره‌های مختلف بر روی نقاط بدون انسداد تصاویر Tsukuba, Teddy, Venus, Cones ----- 94

- شکل (2-5) : مقایسه نقشه‌های متراکم جابجایی مکانی بدست آمده از روش SAD و روش پیشنهادی روی تصاویر Tsukuba
 95----- Teddy,Venus,Cones
- شکل (3-5) : مقایسه نقشه‌های جابجایی مکانی در فضاهاى رنگی Grayscale و RGB, CIELab
 96-----
- شکل (4-5) : تابع عضویت فاصله هندسی (Low,Medium,High)
 97-----
- شکل (5-5) : تابع عضویت اختلاف رنگ (low,High)
 99-----
- شکل (6-5) : تابع عضویت اختلاف رنگ (Low,Medium,High,VeryHigh)
 100-----
- شکل (7-5) : تابع عضویت وزن (Small,Medium,Big,veryBig)
 101-----
- شکل (8-5) : نقشه‌های بدست آمده از روش پنجره وزن‌دار تطبیقی و روش پنجره وزن‌دار فازی
 103-----

فهرست جداول

- جدول (1-1): تصاویر تست و پارامترهای آنها ----- 15
- جدول (1-3): مقایسه غیرفازی سازه‌های مرکز ثقل، میانگین مراکز و ماکزیمم از نظر توجیه پذیری، سادگی محاسبات و پیوستگی ----- 56
- جدول (1-4): مقایسه هزینه تطابق روش پیشنهادی و روش پنجره وزندار ----- 88
- جدول (1-5): مقایسه عملکرد روش پیشنهادی با روش SAD و روش پنجره وزندار ----- 93
- جدول (2-5): مقایسه خطاها روی فضاها رنگی Grayscale.RGB و CIE Lab ----- 95
- جدول (3-5): درصد خطای نقشه‌های تولیدی ----- 97
- جدول (4-5): نتایج حاصل از قبل و بعد از اعمال روش LRC روی نقاط مختلف تصاویر ----- 102

فصل اول

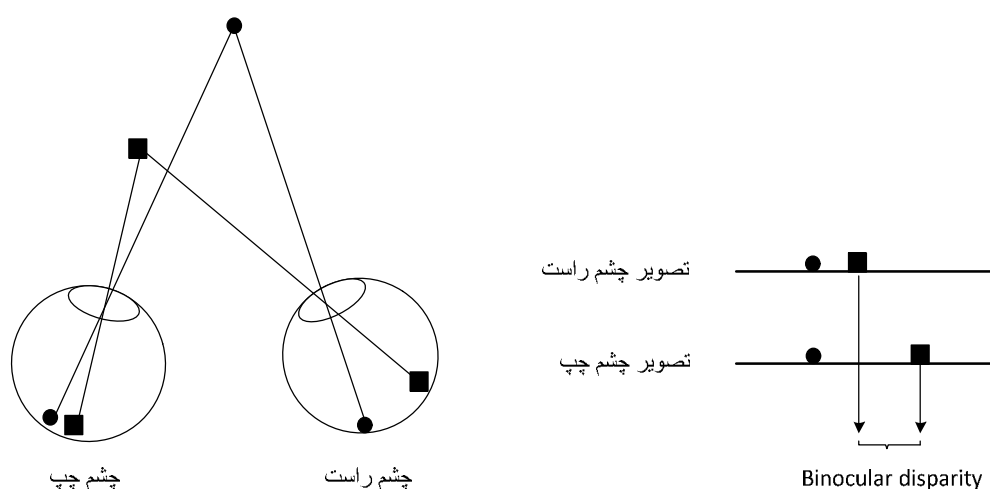
مقدمه

1-1 بینایی استریو

یکی از مهم‌ترین کارکردهای سیستم بینایی انسان، درک سه بُعدی محیط اطراف است. تصویر تشکیل شده بر روی شبکیه‌ی چشم در واقع انعکاس الگوهای نور ساطع شده از محیط واقعی است، بنابراین سوال اساسی اینجاست که چگونه از این دو تصویر دو بُعدی تشکیل شده بر روی شبکیه‌های دو چشم می‌توان به درک عمق یا کسب اطلاعات سه بُعدی صحنه رسید؟ و بالاخره با پیشرفت کامپیوترها در قرن بیستم سؤال جامع‌تری مطرح گردید: چگونه با ابزار بینایی می‌توان به استخراج عمق محیط پرداخت؟

ابتدا تصور می‌شد دانش انسان نسبت به محیط اطراف خود مانند انسداد اجسام، اندازه‌ی نسبی و ... که با یادگیری و به تجربه کسب نموده است، انسان را در ادراک سه بُعدی محیط یاری می‌کند. بر مبنای این فرض برای درک عمق، یعنی یادگیری، مطالعات وسیعی برای استخراج عمق از یک تصویر صورت گرفت اما عملکرد روش‌های مبتنی بر یک تصویر کاملاً وابسته به فرضیات و دانش قوی از صحنه بوده و برای صحنه‌های دلخواه و کلی، انتقال این اطلاعات به کامپیوتر نیازمند پردازش‌های اولیه‌ی بسیاری است.

جولز در سال 1960 نشان داد که انسان بدون توجه به اطلاعات ذکر شده فوق نیز قادر به ادراک عمق می‌باشد. دو تصویر تشکیل شده در دو چشم به خاطر تفاوت مکانی دو چشم در راستای افقی با هم متفاوتند و هر نقطه در فضای سه بعدی در موقعیت مشابهی در تصویر دو شبکیه‌ی چشم ظاهر نمی‌شود. در شکل (1-1) این واقعیت نشان داده شده است. این تفاوت، جابجایی مکانی شبکیه‌ای¹ و پردازش انجام گرفته در مغز برای تعیین عمق و فاصله‌ی اشیاء، stereopsis نام دارد.



شکل (1-1): هندسه‌ی تشکیل تصویر در شبکیه‌ی چشم‌ها و تعریف **Binocular disparity**

اکتشاف جولز، منشأ تحقیقات گسترده‌ای برای استخراج عمق بوسیله‌ی دو یا چند تصویر گرفته شده از یک صحنه و از موقعیت‌های مختلف، گردید. این تحقیقات تحت عنوان بینایی استریو²، امروزه یکی از زمینه‌های پژوهشی مهم و کاربردی بینایی ماشین³ است. گرچه روش‌های فعال استخراج عمق مانند سونار، رادار و لیزر اطلاعات نسبتاً دقیقی از عمق محیط تولید کرده و به سادگی پیاده‌سازی می‌شوند، اما این روش‌ها ضمن آنکه وابستگی شدیدی به شرایط محیطی دارند، اطلاعات عمق را با رزولوشن بالا و در تمام جهات در اختیار نمی‌گذارند و بنابراین در کاربردهای

¹ retinal disparity

² Stereo vision

³ Machine vision

محدودی قابل استفاده‌اند [1]. بعنوان کاربردهایی از بینایی استریو می‌توان به مواردی مانند بازرسی‌های صنعتی، تشخیص موانع توسط ربات و مسیریابی، ناوبری اتومبیل‌های خودکار در محیط‌های ناآشنا، مدل کردن سه‌بعدی اشیاء، آنالیز تصاویر پزشکی، تعامل بین انسان و کامپیوتر و ... اشاره کرد که پایه و اساس عملکرد این سیستم‌ها، داشتن فاصله‌ی اجسام موجود در صحنه تا دوربین است [2]. همزمان با پیشرفت سریع پردازنده‌های دیجیتال در سال‌های اخیر، بعلت کاهش زمان اجرای الگوریتم‌های پیچیده‌ی استریو، به جای تعیین عمق نقاط محدودی از صحنه، مسئله‌ی استخراج نقشه‌ی کامل عمق محیط یا بعبارت دیگر بازسازی سه بعدی صحنه مورد توجه خاص قرار گرفته است [1].

با تکیه بر روابط هندسی و ریاضی ساده، مسئله‌ی تعیین عمق به پیدا کردن پیکسل‌های متناظر در تصاویر ورودی محدود می‌شود که به این عمل یافتن معادل‌ها، تطابق استریو⁴ اطلاق می‌گردد. هر سیستم بینایی استریو از مراحل اصلی عکسبرداری از صحنه، آماده‌سازی تصاویر ورودی (فیلتر کردن، یکسوسازی و ...)، تطابق استریو و استخراج عمق تشکیل می‌شود. الگوریتم‌های متعددی برای حل مسأله تطابق استریو پیشنهاد شده است که در [3] جمع بندی کاملی از روشهای پیشنهادی صورت گرفته است. هر کدام از روش‌ها در کنار نقاط ضعف و قوت خود سعی در حل برخی مشکلات اساسی مسئله‌ی تطابق پیکسل‌ها دارند ولی از منظر قابل پیاده‌سازی بودن در سیستم‌های بلادرنگ، شاخص اصلی قابل بررسی همه‌ی الگوریتم‌ها، سرعت اجرای آنهاست. در کنار مسئله‌ی زمان اجرا، بسته به کاربرد، دقت نتایج تولیدی نیز مورد بحث و بهبود قرار می‌گیرد. عموماً الگوریتم‌های دارای دقت بالا، بار محاسباتی سنگینی داشته و فاقد ویژگی سرعت مطلوب هستند. در این پروژه الگوریتم جدیدی با رویکرد زمانبری پایین و دقت بالا پیشنهاد می‌شود.

در این فصل، ابتدا مفاهیم اولیه و کلیات بینایی استریو بیان می‌شود. در طی بیان این مفاهیم، مشکلات اساسی مطرح در این زمینه و نحوه‌ی عملکرد الگوریتم‌های مختلف در برخورد با این مشکلات نیز تا حدودی مشخص می‌شوند. در ادامه، این الگوریتم‌ها از دیدگاه‌های مختلف، دسته‌بندی خواهند شد. در بخش انتهایی فصل، اهداف

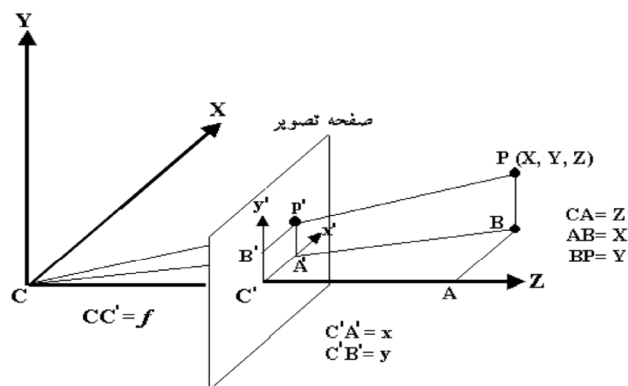
⁴ Stereo Matching

پایان نامه همراه با مفروضات و ملزومات آن بصورت کامل و همراه با جزئیات، تعریف و پس از معرفی پایگاه داده‌ی مورد استفاده برای ارزیابی نتایج و روش ارزیابی، موضوعات فصول آتی پایان‌نامه نیز مطرح خواهند شد.

2-1 مفاهیم اولیه بینایی استریو

در این بخش، برخی مفاهیم اولیه جهت وضوح مطالب فصل‌های بعدی و اجتناب از تکرار، تعریف می‌شوند.

سیستم تصویربرداری: مدل فرض شده در اکثر مراجع برای سیستم تصویربرداری در شکل (2-1) نشان داده شده است. در این شکل، خط CA محور نوری عدسی نام دارد. نقطه‌ی C ، مرکز مختصات سه بُعدی یا مرکز تجسم نامیده می‌شود. صفحه‌ی تصویر که محل تشکیل تصویر است، عمود بر محور عدسی و به فاصله‌ی f در پشت آن قرار دارد که برای راحتی در جلوی مرکز تجسم فرض می‌شود. تصویر نقطه‌ی P با مختصات (X, Y, Z) در فضای سه بُعدی از برخورد CP با صفحه‌ی تصویر بدست می‌آید و با نام p' و مختصات (x, y) بر روی صفحه‌ی تصویر نشان داده شده است.



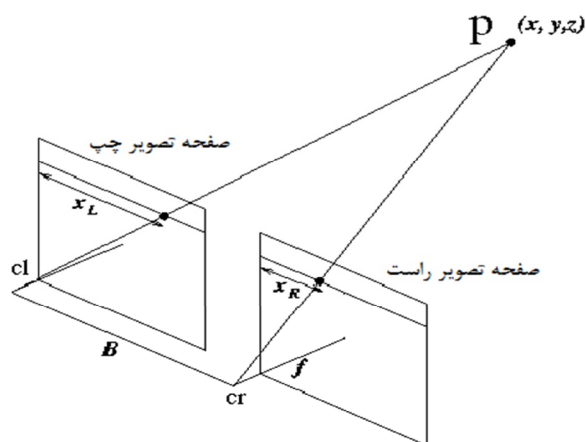
شکل (2-1): سیستم تصویربرداری و هندسه‌ی تشکیل تصویر

با توجه به روابط پرسپکتیو می‌توان رابطه‌ی (1-1) را برای این سیستم نوشت.

$$x = f \frac{X}{Z}, \quad y = f \frac{Y}{Z} \quad (1-1)$$

نامیده می‌شوند. در این تصاویر همانگونه که در شکل (4-1) نشان داده شده است، خطوط قطبی، همان سطرهای افقی متناظر از دو تصویر هستند.

تطابق استریو⁹: دو نقطه‌ی u و u' در شکل (3-1) که تصاویر یک نقطه از فضا در صفحات تصویر چپ و راست هستند، نقاط متناظر یا منطبق نامیده می‌شوند. تطابق استریو، یافتن منطقی برای هر پیکسل، مجموعه‌ای از پیکسل‌ها یا یک ویژگی مانند یک لبه از تصویر مرجع در تصویر دیگر است. تطابق استریو، پیچیده‌ترین و حساس‌ترین بخش بینایی استریو است.



شکل (4-1): هندسه‌ی استریوی موازی

جابجایی مکانی¹⁰: اختلاف موقعیت مکانی دو پیکسل متناظر در دو تصویر، جابجایی مکانی نام دارد. اگر پیکسل p با مختصات (y_l, x_l) در تصویر مرجع (که معمولاً تصویر چپ انتخاب می‌شود) متناظر با پیکسل p' با مختصات (y_r, x_r) در تصویر راست باشد آنگاه بردار جابجایی مکانی منتسب به پیکسل p با d_p نشان داده شده و از رابطه‌ی (2-1) محاسبه می‌شود.

⁹ Stereo Matching (Stereo Correspondence)

¹⁰ Disparity

$$d_p = \begin{bmatrix} x_l \\ y_l \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \end{bmatrix}. \quad (2-1)$$

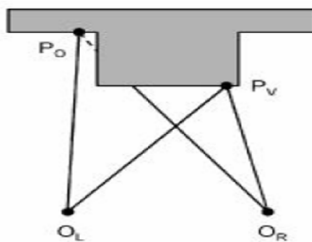
در تصاویر یکسوسازی شده (استریوی موازی)، بعلت برقراری رابطه‌ی $y_l = y_r$ ، جابجایی مکانی بصورت اسکالر بوده و از رابطه‌ی (3-1) بدست می‌آید.

$$d_p = x_l - x_r \quad (3-1)$$

تخمین عمق: با توجه به شکل (4-1)، در سیستم استریوی موازی، اگر فاصله‌ی مرکز تجسم دو دوربین برابر B و فاصله‌ی کانونی دوربین‌ها برابر f باشد، فاصله‌ی نقطه‌ی P تا مرکز تجسم دوربین چپ (عمق نقطه‌ی P) از روی رابطه‌ی (4-1) بدست می‌آید.

$$Z = \frac{Bf}{d_p} \quad (4-1)$$

انسداد¹¹: با توجه به اینکه دوربین‌ها در موقعیت‌های مختلفی نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند، برخی نقاط از صحنه در یک تصویر مشاهده شده و در تصویر دیگر قابل رویت نیستند. همانطور که در شکل (5-1) نشان داده شده است نقطه‌ی P_V در هر دو دوربین، تصویر می‌شود ولی نقطه‌ی P_O فقط در تصویر چپ دیده می‌شود. پیکسل‌هایی از یک تصویر که متناظری در تصویر دیگر ندارند پیکسل‌های انسداد یافته‌ی آن تصویر نامیده می‌شوند. یکی از بزرگترین مشکلات تطابق استریو نیز پیدا کردن و انتساب عمق به همین نقاط انسداد یافته است. انسدادها در مجاورت نواحی دارای تغییر عمق و همچنین در حاشیه‌ی سمت چپ تصویر چپ و حاشیه‌ی سمت راست تصویر راست ظاهر می‌شوند [5].



شکل (5-1): انسداد

¹¹ Occlusion

نواحی بدون بافت¹²: مناطق بدون بافت متناظر با نقاطی از صحنه هستند که دارای تغییرات ناچیز شدت روشنایی یا رنگ می‌باشند. عمل تطابق در نواحی بدون بافت به علت عدم وجود تغییرات شدت روشنایی به سختی امکان پذیر است. به عنوان مثال در شکل زیر نقاط واقع در پس زمینه تصویر (دیوار) از نقاط بدون بافت محسوب می‌شوند.



شکل (6-1): نقاط بدون بافت

نواحی دارای بافت تکراری¹³: این نواحی متناظر با نقاطی از صحنه هستند که دارای تغییرات متناوب شدت روشنایی می‌باشند. تکرار الگوی شدت روشنایی در این نواحی، عمل تطابق و تعیین مقدار جابجایی مکانی را با دشواری روبرو می‌سازد. در شکل (7-1) مناطق بدون بافت در مستطیل نشان داده شده است.



شکل (7-1): نقاط دارای بافت تکراری

¹² Untextured Regions

¹³ Repeated Texture Regions