Filter Based Tracking," in *Australian Pattern Recognition Society*, 2003.

[23] K. Toyama and E. Horvitz, "Bayesian Modality Fusion Probabilistic Integration of Multiple Vision Algorithms for Head Tracking," in *Fourth Asian Conference on Computer Vision*, Tapei, Taiwan, 2000.

[24] H. Kruppa and B. Schiele, "Hierarchical Combination of Object Models using Mutual Information," in *Proc. British Mach. Vis. Conf*, Manchester,U.K, 2001.

[25] W. Ying and S. H. Thomas, "Robust Visual Tracking by Integrating Multiple Cues Based on Co-Inference Learning," *Int. J. Comput. Vision*, vol. 58, pp. 55-71, 2004.

[26] I. Leichter, M. Lindenbaum, and E. Rivlin, "A Probabilistic Framework for Combining Tracking Algorithms," in *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2004.

[27] M. Komeili, N. Armanfard, and E. Kabir, "A fuzzy approach for multi-feature pedestrian tracking with particle filter," in *International Symposium on Telecommunications, IST* Tehran, 2008.

[28] E. Maggio, F. Smerladi, and A. Cavallaro, "Adaptive multifeature tracking in a particle filtering framework," *IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 17, pp. 1348-1359, 2007.

[29] P. P'erez, J. Vermaak, and A. Blake, "Data Fusion for Visual Tracking with Particles," in *Proc. IEEE*, 2004.

[30] B. Raducanu and Y. J. Vitria, "A robust particle filter-based face tracker using combination of color and geometric information," 2006.

[31] K. Nummiaro, E. Koller-Meier, and L. V. Gool, "An adaptive color-based particle filter," *Journal of Image and Vision Computing*, vol. 21, pp. 99-110, 2003.

[32] B. Han, C. Yang, R. Duraiswami, and L. Davis, "Bayesian Filtering and Integral Image for Visual Tracking," in *Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services* Montreux, Switzerland, 2005.

[33] M. Heikkila and M. P. inen, "A Texture-Based Method for Modeling the Background and Detecting Moving Objects," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, pp. 657-662, 2006.

[34]"http://www.ces.clemson.edu~/stb/research/headtracker/seq."

[35] http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CAVIAR, "EC Funded CAVIAR project/IST 2001 37540, found at URL".

[36] "http://www.cvg.rdg.ac.uk/PETS2007/data.html."

[37] "ftp://ftp.pets.rdg.ac.uk/pub/PETS2000."

[38] "ftp://ftp.pets.rdg.ac.uk/pub/PETS2001."

[39] "http://pets2006.net/"

مجید کمیلی مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی برق و الکترونیک به ترتیب از دانشگاه علم وصنعت و تربیت مدرس اخذ کرد. او در سال ۱۳۸۷ دوره دکتری خود را در دانشگاه تربیت مدرس آغاز نمود و هم اکنون در حال گذراندن این دوره است. زمینه پژوهشی مورد علاقه او بینایی ماشین، بازشناسی الگو و سیستم های پایش بصری است.

نرگس آرمان فرد مدرک های کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی برق و الکترونیک به ترتیب از دانشگاه های شهید چمران و تربیت مدرس اخذ نمود. او در سال ۱۳۸۷ دوره دکتری خود را در دانشگاه تربیت مدرس آغاز کرد و هم اکنون در حال گذراندن این دوره است. زمینه پژوهشی مورد علاقه او پردازش سیگنال های دیجیتال، بینایی ماشین، بازشناسی الگو و سیستم های پایش بصری است.

احسان‌اله کبیر کارشناسی ارشد پیوسته خود را در مهندسی برق و الکترونیک از دانشکده فنی دانشگاه تهران و دکترای خود را در مهندسی سیستمهای الکترونیک از دانشگاه اسکس در انگلستان، به ترتیب در سالهای ۱۳۶۴ و ۱۳۶۹ دریافت کرد. او اکنون استاد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس است. زمینه پژوهشی مورد علاقه او بازشناسی الگو، به ویژه بازشناسی متون چاپی و دستنویس است.

واژه نامه

[1] Stochastic Methods
[2] Gradient-based
[3] Off-Line
[4] Ground truth
[5] Bayesian Model
[6] Mutual Information
[7] Frame
[8] Resampling
[9] Deterministic
[10] Stochastic
[11] Likelihood
[12] Spatial Uncertainty

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2025-11-18]

۴-۵ بررسی حجم محاسباتی

پیاده سازی الگوریتم‌های مطرح شده در این مقاله در محیط متلب انجام شده است. شبیه سازی‌ها با یک کامپیوتر پنتوم-۴ با پالس ساعت GHz۲,۴، به طور متوسط با نرخ ۴ قاب بر ثانیه انجام شد. البته نرخ قاب بر ثانیه در سناریوهای مختلف، متفاوت است. ۷۶٪ زمان محاسبات مربوط به استخراج ویژگی‌ها، ۴٪ مربوط به خواندن و آماده‌سازی قاب‌ها، ۰/۶٪ مربوط به استنتاج فازی وزن ویژگی‌ها و ۱۹/۴٪ مربوط به سایر بخش‌های ردیابی از جمله فیلتر ذره‌ای است. پیچیدگی محاسباتی بطور خطی با تعداد پیکسل‌های ناحیه شیء مورد نظر افزایش می‌یابد.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله روشی برای اندازه گیری قابلیت اطمینان ویژگی‌ها در چارچوب فیلتر ذره‌ای، ارائه کردیم. برای اندازه گیری قابلیت اطمینان ویژگی‌ها، پراکندگی مکانی ذرات و تنوع مشاهدات ذرات را مبنای قضاوت خود قرار دادیم. برای این منظور از یک سیستم استنتاج فازی استفاده کردیم. کار فعلی بر اساس ویژگی‌های رنگ، راستای لبه و بافت انجام شد.

دانستن میزان کارایی هر یک از ویژگی‌ها این امکان را فراهم می‌کند که تاثیر ویژگی‌های مختلف در فرایند ردیابی متناسب با کارایی آنها باشد. علاوه بر این می‌توان منابع محدود محاسباتی را به استخراج ویژگی‌های کاراتر اختصاص داد. آزمایش‌ها انجام شده نشان داد که ۷۶٪ از منابع محاسباتی صرف استخراج ویژگی می‌شود. در نتیجه هر گونه بهینه سازی در این مرحله بر اساس آگاهی از کارایی ویژگی‌ها، تاثیر قابل توجهی بر نرخ قاب بر ثانیه دارد. این کار می‌تواند با بهینه سازی مدل سازی شیء و یا با بهینه سازی فرض‌های تولید شده، انجام شود. در نظر داریم بر مبنای وزن‌های محاسبه شده، اصلاحاتی در ساختار معمول فیلتر ذره‌ای اعمال کنیم و فرض‌های تولید شده را بهینه تر کنیم.

سپاسگزاری

این پژوهش با پشتیبانی مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران بر اساس قرارداد شماره ۷۲۱۳-۵۰۰-ت کد ۳۲-۰۶-۷۸ انجام شده است.

مراجع

[۱] C. Jacek, R. Branko, and M. Benoit, "A particle filter for joint detection and tracking of color objects," *Image Vision Comput.*, vol. 25, pp. 1271-1281, 2007.

[۲] P. Li, T. Zhang, and A. Pece, "Visual contour tracking based on particle filters," *Image and Vision Computing*, vol. 21, pp. 111–123, 2003.

[۳] C. Dorin and M. Peter, "Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 24, pp. 603-619, 2002.

[۴] S. Caifeng, T. Tieniu, and W. Yucheng, "Real-time hand tracking using a mean shift embedded particle filter," *Pattern Recogn.*, vol. 40, pp. 1958-1970, 2007.

[۵] M. Mason and Z. Duric, "Using Histograms to Detect and Track Objects in Color Video," in *Applied Imagery Pattern Recognition*, Washington, DC, USA, 2001.

[۶] م. کمیلی و ا. کبیر، "یک روش مقاوم در برابر تغییرات روشنایی برای ردیابی عابر بر مبنای رنگ،" در شانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۷.

[7] X. Xu and B. Li, "Head Tracking Using Particle Filter with Intensity Gradient and Color Histogram," in *IEEE International Conference on Multimedia*, 2005.

[8] T. C. Dezhong Hong Sarkodie-Gyan, A.W. Yong Yan "A Threshold Strategy for Edge Tracking," in *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, New Orleans, LA, USA, 1996.

[9] L. Xin, "Contour-Based Object Tracking with Occlusion Handling in Video Acquired Using Mobile Cameras," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 26, pp. 1531-1536, 2004.

[10] M. Niethammer, A. Tannenbaum, and S. Angenent, "Dynamic Active Contours for Visual Tracking," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 51, pp. 562-579, 2006.

[11] F. Moreno-Noguer, A. Sanfeliu, and D. Samaras, "Integration of deformable contours and a multiple hypotheses Fisher color model for robust tracking in varying illuminant environments," *Image and Vision Computing*, vol. 25, pp. 285–296, 2007.

[12] N. Vaswani, A. Tannenbaum, and A. Yezzi, "Tracking Deforming Objects Using Particle Filtering for Geometric Active Contours," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 29, pp. 1470-1475, 2007.

[13] M. Husain, E. Saber, V. Misic, and S. P. Joralemon, "Dyanmic Object Tracking by Partial Shape Matching for Video," in *IEEE International Conference on Image Processing*, Atlanta, GA, 2006.

[14] Q. Xiaoping, Z. Qiheng, O. Yimin, and M. Jiaguang, "A Method for Object Tracking using Shape Matching," in *IEEE Conf. Signal Processing Systems Design and Implementation*, Banff, Alta, 2006.

[15] D. Congxia, Z. Yunfei, and L. Xin, "Pedestrian detection and tracking in infrared imagery using shape and appearance," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 106, pp. 288-299, 2007.

[16] M. Isard and A. Blake, "condensation conditional density propagation for visual tracking," *International Journal of Computer Vision,Springer*, vol. 28, pp. 5-28, 1998.

[17] V. Takala and M. Pietikainen, "Multi-Object Tracking Using Color, Texture and Motion," in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2007.

[18] P. Brasnett, L. Mihaylova, N. Canagarajah, and D . Bull, "Particle Filtering with Multiple Cues For Object Tracking " in *Proc. of SPIE's 17th Annual Symposium on Electronic Imaging, Science and Technology*, 2005.

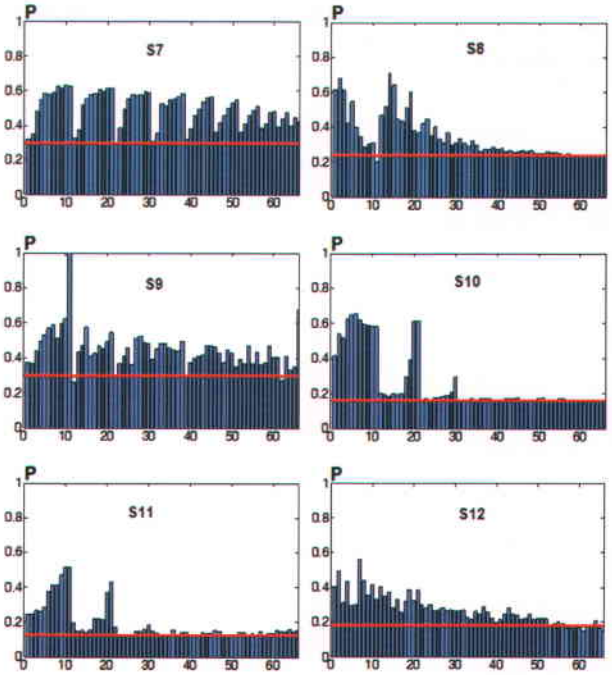
[19] P. Brasnett, L. Mihaylova, D. Bull, and N. Canagarajah, "Sequential Monte Carlo tracking by fusing multiple cues in video sequences," *Image Vision Comput.*, vol. 25, pp. 1217-1227, 2007.

[20] n. armanfard, m. komeili, and e. kabir, "A Texture-Edge descriptor based on LBP for pedestrian detection," in *IST2008*, 2008.

[21] J. Triesch and M. Christoph Von Der, "Democratic Integration: Self-Organized Integration of Adaptive Cues," *Neural Comput.*, vol. 13, pp. 2049-2074, 2001.

[22] C. Shen, V. D. Hengel, A. John, and A. R. Dick, "Probabilistic Multiple Cue Integration for Particle

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2025-11-18]



شکل ۷ مقایسه خطای ردیابی روش پیشنهادی (خط قرمز رنگ) و خطای ردیابی با وزن‌های ثابت(ستون‌های آبی رنگ). هر یک از این ستون‌ها در هر نمودار متناظر با ترکیب ثابتی از وزن ویژگی‌ها ست. اگر فرض کنیم هر ترکیب از وزن ویژگی‌های رنگ،لبه و بافت را با سه تایی (بافت،لبه،رنگ) نشان دهیم، آنگاه محور افقی از چپ به راست متناظر با دنباله [(۱،۰،۰)، ... (۰،۰/۲،۰/۸)،(۰،۰/۱،۰/۹)، (۰،۰،۱)] است.

در مجموعه تصویر S۸ شیء مورد نظر ما از یک ناحیه روشن وارد یک ناحیه تاریک می‌شود. تا زمانیکه شیء در ناحیه روشن صحنه است، رنگ آن کاملا نسبت به زمینه متمایز است ولی با وارد شدن آن به ناحیه تاریک، رنگ‌های شیء و زمینه هر دو به خاکستری می‌گرایند. در چنین شرایطی رنگ ویژگی مناسبی نیست و بعنوان مثال ویژگی راستای لبه که بر اساس گرادیان روشنایی کار می کند کارایی بهتری دارد. شکل ۶ وزن ویژگی رنگ را در قاب های مختلف این سناریو نشان می‌دهد. اگرچه روش فاصله بیشینه محلی از میانگین محلی و روش عدم قطعیت مکانی، تغییرات صحنه را درک کرده‌اند ولی عکس‌العمل کند و ضعیفی از خود نشان داده‌اند. در حالیکه روش پیشنهادی توانسته با موفقیت وزن ویژگی رنگ را با تغییرات صحنه وفق دهد.

ممکن است در نگاه اول از شکل ۵ چنین برداشت شود که خطای روش‌های مختلف بسیار به هم نزدیک است. ولی نکته‌ای که باید به آن توجه شود این است که آنچه در شکل ۵ نشان داده شده است، میانگین خطا روی همه قاب‌های سناریو است و آنچه این میانگین را کوچک می‌کند، کوچک بودن خطا در قاب‌های ابتدایی است. به منظور مقایسه بصری روش‌های مطرح شده، نتایج مربوط به قاب آخر سناریوهای S۲، S۳ و S۵ در شکل ۸ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که روش پیشنهادی بطور قابل ملاحظه‌ای عملکرد بهتری دارد.

۵-۳ مقایسه نتایج ردیابی با روش پیشنهادی و ردیابی با وزن‌های ثابت

در روش پیشنهادی، وزن ویژگی‌ها بصورت وفقی در قاب‌های متوالی تعیین می‌شود. در این بخش با آزمایش ترکیب‌های مختلف ویژگی‌ها، بهترین ترکیب غیر وفقی ویژگی‌ها را برای هر سناریو تعیین می‌کنیم. برای این منظور، همه حالت‌های ممکن برای وزن ویژگی‌های رنگ، راستای لبه و بافت را با دقت ۰/۱ در نظر گرفته ایم و خطای ردیابی با هر یک از این حالت‌ها را اندازه‌گیری کرده‌ایم. در شکل ۷ خطای ردیابی با وزن‌های ثابت، با خطای ردیابی با روش پیشنهادی (خط افقی قرمز) مقایسه شده است. این نتایج از میانگین ۲۰ بار تکرار هر آزمایش بدست آمده اند. تعیین وزن ویژگی‌ها بصورت غیر وفقی اگرچه برای بهترین ترکیب ثابت ویژگی‌ها نتایجی نزدیک به روش وفقی دارد ولی دو ایراد عمده دارد. اول اینکه از یک سناریو به سناریوی دیگر، نیاز به دخالت کاربر برای تنظیم دستی وزن ویژگی‌ها دارد و دوم اینکه تاثیر تغییرات صحنه بر کارایی ویژگی‌ها را نمی‌تواند پوشش دهد. این تغییرات می‌تواند مثلا بخاطر عبور ابر از جلوی خورشید، و یا هنگام جابجایی شیء بین دو ناحیه تاریک و روشن، که در مجاورت یکدیگر هستند مثل رفتن شیء به سایه اتفاق بیافتد.

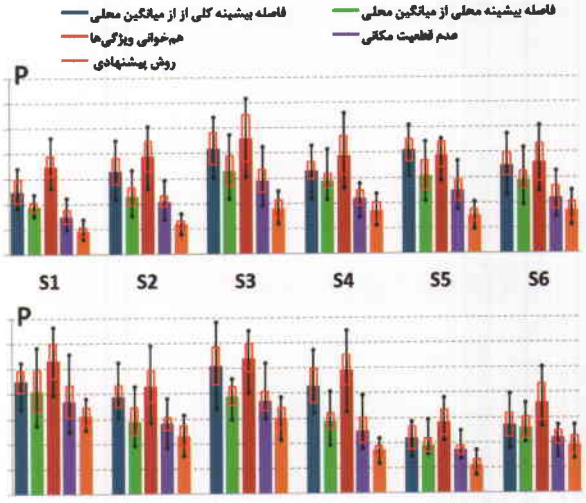
شکل ۸ مقایسه نتایج ردیابی با روش‌های مختلف وزن دادن به ویژگی‌ها برای سناریوهای S3 (قاب ۵۴) ، S2 (قاب ۱۹) ، S5 (قاب ۱۴) بر اساس میانگین ۲۰ تکرار هر آزمایش.

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2025-11-18]

S_g است. P خطای رد یابی است. هر قدر ناحیه تخمین زده شده به ناحیه صحیح نزدیک‌تر باشد، خطای ردیابی کمتر می‌شود. برای نشان دادن کارایی روش پیشنهادی دو دسته آزمایش انجام داده‌ایم. ابتدا خطای ردیابی با روش پیشنهادی و چهار روش تعیین وزن ویژگی‌ها که در بخش۳- مطرح شد را بررسی می‌کنیم. سپس خطای روش پیشنهادی را با خطای ردیابی با وزن‌های ثابت بررسی می‌کنیم.

۵-۲ مقایسه نتایج روش پیشنهادی با روش‌های موجود وزن دادن ویژگی‌ها

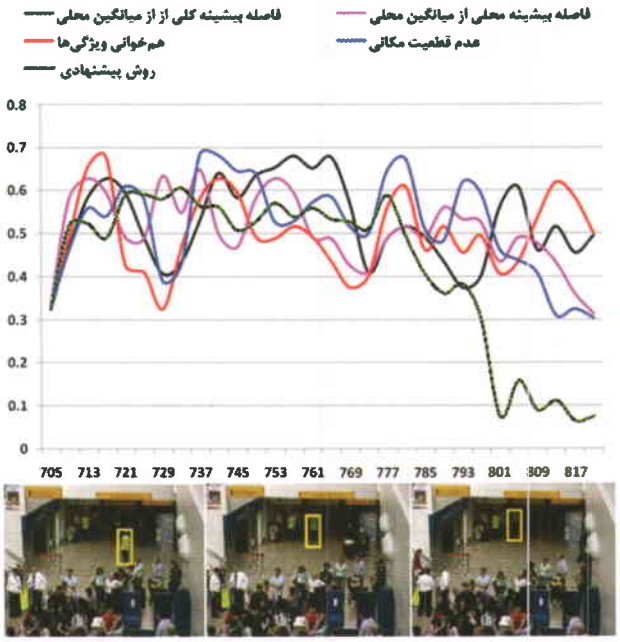
در روش همخوانی ویژگی‌ها[۲۲]، نتیجه ردیابی تنها با استفاده از یک ویژگی، با نتیجه ردیابی با استفاده از همه ویژگی‌ها، مقایسه می‌شود و از این لحاظ رویکرد کاملاً متفاوتی نسبت به چهار روش دیگر دارد. ایراد این روش این است که با تعداد ویژگی کم، مثلا دو یا سه ویژگی، احتمال زیادی دارد که آن ویژگی که با سایر ویژگی‌ها هم خوانی ندارد، بهترین ویژگی باشد در حالیکه کمترین وزن به آن داده می‌شود.



شکل ۵ مقایسه خطای ردیابی با ۵ روش مختلف وزن دادن ویژگی‌ها، برای ۱۲ مجموعه تصویر استفاده شده. اندازه ستون‌ها، میانگین خطا را نشان می‌دهد. مستطیل‌های تو خالی، انحراف معیار و خط‌های روی ستون‌ها، مقادیر کمینه و بیشینه ی خطا است. در این شکل منظور از خطا، میانگین خطا روی همه قاب‌های یک سناریو است. هر آزمایش ۲۰ بار تکرار شده است.

در روش فاصله بیشینه کلی از میانگین محلی[۲۱]، بخاطر انتخاب بیشینه مشاهدات بر اساس بیشترین مقدار تابع شباهت کلی، $L=\sum_{j=1}^{m} L_j$ ، ناگزیر به استفاده از تابع شیب هستیم که منشاء خطای زیادی می‌شود. رابطه (۷) را ببینید. زیرا از یک طرف میانگین روی L_φ ها حساب شده است و از طرف دیگر بیشترین مشاهده‌ی L_φ، از ذره‌ای که بزرگترین L را دارد انتخاب شده است. در عمل معمول است که ذره‌ای که بزرگترین L را دارد، بزرگترین L_φ را نداشته باشد. مثلا اگر X_1 (X_2) مکان شیء فقط با استفاده از ویژگی φ_1 (φ_2) باشد و X_1 با X_2 اختلاف داشته باشد، انتخاب ذره‌ی با بزرگترین L به معنی عدم استفاده از اطلاعات با ارزش ذره با بزرگترین L_φ است. در روش فاصله بیشینه محلی از میانگین محلی [۲۱] این عیب برطرف شده است و نتایج بهتری حاصل شده است. دو روش اخیر هر کدام به طریقی سعی کرده‌اند تنوع مشاهدات ذرات را در نظر بگیرند ولی از این جهت که پراکندگی مکانی ذرات را در نظر نگرفته‌اند، نسبت به روش‌های عدم قطعیت مکانی و روش پیشنهادی عملکرد ضعیف‌تری دارند.

روش عدم قطعیت مکانی [۲۸] علاوه بر اطلاعات مشاهدات ذرات، از اطلاعات مکان ذرات نیز در محاسبه وزن ویژگی‌ها استفاده می‌کند و از این جهت بر سه روش بالا ارجحیت دارد. با این وجود ارتباط منطقی بین تنوع مشاهدات ذرات با پراکندگی مکانی ذرات در نظر گرفته نشده است. در روش پیشنهادی تمام حالت‌های ممکن برای مشاهدات ذرات و مکان ذرات پوشش داده شده است. انعطاف پذیری ذاتی منطق فازی برای فایق آمدن بر عدم قطعیت حاکم بر گزاره‌های موجود در مسئله، آنچنان که در مقدمه روش پیشنهادی به تفضیل بیان شد، آن را برای مسئله تعیین وزن ویژگی‌ها کاملا مناسب می‌کند.



شکل ۶ تغییر وزن ویژگی رنگ در قاب های متوالی سناریوی S8. قاب‌های ۷۰۵ ، ۷۶۸ ، ۸۱۴ این سناریو به عنوان نمونه نشان داده شده‌اند. با وارد شدن شیء به ناحیه تاریک، شیء و زمینه به خاکستری می‌گرایند و وزن ویژگی رنگ، کاهش می‌یابد.

شکل ۵ میانگین خطای ردیابی برای ۱۲ سناریوی مختلف را با پنج روش مطرح شده تعیین وزن ویژگی‌ها نشان می‌دهد. با توجه به اینکه فیلتر ذره‌ای، یک روش تصادفی است، هر آزمایش ردیابی ۲۰ بار تکرار شده است. مقادیر میانگین، انحراف معیار، کمینه و بیشینه‌ی P برای این ۲۰ آزمایش در شکل ۵ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که روش پیشنهادی در مجموعه تصاویر مختلف، خطای کمتری از خود نشان می‌دهد. در اکثر مجموعه تصویرها، روش اول و روش سوم ضعیف‌ترین نتایج را داشته اند. نتایج روش دوم بسیار نزدیک به نتایج روش چهارم است و روش پیشنهادی کمترین خطا را داشته است.

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2025-11-18]

جدول ۱ قوانین سیستم استنتاج فازی وزن ویژگی‌ها

اثر و آنگاه			
σ_{d^x}	σ_{d^y}	σ_{Δ^φ}	Q^φ
زیاد	کم	کم	کم
زیاد	کم	زیاد	زیاد
زیاد	زیاد	کم	کم
زیاد	زیاد	زیاد	زیاد
کم	کم	زیاد	کم
کم	کم	کم	زیاد
کم	زیاد	کم	کم
کم	زیاد	زیاد	زیاد

برای این منظور از انحراف معیار $\Delta_i^\varphi \; i=1,...,N$ استفاده می‌کنیم. بطوریکه Δ_i^φ مشاهده ذره ام براساس ویژگی φ است.

$$\sigma_{\Delta^\varphi} = std\left(\Delta_i^\varphi\right) \; i=1,...,N \qquad (۱۵)$$

σ_{Δ^φ} را طوری نرمالیزه می‌کنیم که شرط $\sum_{\varphi=1}^{m}\sigma_{\Delta^\varphi}=1$ برقرار شود.

خروجی سیستم فازی، Q^φ، با قابلیت اطمینان ویژگی φ متناسب است. قابلیت اطمینان ویژگی φ، η_φ، را از رابطه (۱۶) بدست می‌آوریم. سپس برای کاهش اثر اندازه‌گیری‌های نویزی، η_φ را با رابطه (۱۲) فیلتر می‌کنیم. پارامترهای توابع عضویت سیستم فازی بصورت تجربی بدست آمده‌اند و در جدول ۲ آورده شده است.

$$\eta_\varphi = Q^\varphi \Big/ \sum_{i=1}^{m} Q^i \qquad (۱۶)$$

جدول ۲ پارامترهای توابع عضویت گوسی که در کار ما استفاده شده است.

	کم				زیاد			
	σ_1	μ_1	σ_2	μ_2	σ_1	μ_1	σ_2	μ_2
σ_{d^x}	۰/۰۷	۰	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۰۷	۱/۴
σ_{d^y}	۰/۰۷	۰	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۰۷	۱/۴
σ_{Δ^φ}	۰/۲۱	۰	۰/۲۱	۰/۱	۰/۴۷	۰/۹	۰/۴۷	۱
Q^φ	۰/۱	۰	-	-	۰/۱	۱	-	-

۵- نتایج آزمایش‌ها

۵-۱ شرایط آزمایش

برای ارزیابی روش پیشنهادی در این مقاله، آزمایش‌های مختلفی روی ۱۲ مجموعه تصویر انجام دادیم. مشخصات این مجموعه تصویرها در جدول ۳ آورده شده است. این مجموعه تصاویر در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. ویژگی‌های استفاده شده، رنگ، راستای لبه و بافت است که هیستوگرام رنگ در حوزه RGB با $m_c = 8\times8\times8$ بازه ساخته شده است[۳۱]. برای هیستوگرام راستای لبه $m_e = 32$ بازه در نظر گرفته ایم[۳۲]. هیستوگرام بافت هم مطابق تعریف $LBP_{3\times3}$، دارای $m_t = 2^8$ بازه می‌باشد [۳۳]. تعداد ذرات فیلتر ذره‌ای را $N = 100$

جدول ۳ مشخصات مجموعه تصویرهای استفاده شده

نام مجموعه تصویر	منبع	نرخ قاب	ابعاد قاب
S1,S2,S3,S4,S5	Birchfield [34]	۳۰ fps	۱۲۸×۹۶
S6	CAVIAR [35]	۲۵ fps	۳۸۴×۲۸۸
S7,S8	PETS2007 [36]	۲۵ fps	۳۲۰×۲۴۰
S9	PETS2000 [37]	۲۵ fps	۳۲۰×۲۴۰
S10	PETS2001 [38]	۲۵ fps	۳۲۰×۲۴۰
S11	PETS2006 [39]	۲۵ fps	۳۲۰×۲۴۰
S12	CAVIAR [35]	۲۵ fps	۳۲۰×۲۴۰

گرفتیم. در رابطه (۱)، $\sigma_x = \frac{W}{15}$، $\sigma_y = \frac{L}{15}$ و $\sigma_s = 0.05$ انتخاب شده اند که W و L عرض و طول ناحیه مستطیلی احاطه کننده شیء هستند. ضریب کنترل کننده سرعت به روز شدن وزن ویژگی‌ها در رابطه (۱۲)، $\beta = 0.95$ است. نکته قابل توجه در مورد پارامترهای فوق این است که به منظور کاهش نقش کاربر در تنظیم مجدد پارامترها، این پارامتر ها را برای همه سناریوها یکسان در نظر گرفته‌ایم. واضح است که اگر این پارامترها را برای هر سناریو بهینه کنیم، نتایج بهتری بدست می‌آید. در واقع آنچه به این سیستم ردیابی قابلیت استفاده در سناریوهای مختلف را بدون نیاز به تنظیم دستی پارامترها برای هر سناریو می دهد، توانایی آن در شناسایی خودکار ویژگی های کاراتر است.

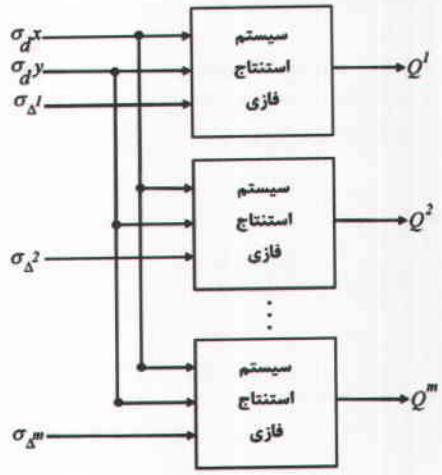
شکل ۴ مجموعه تصویرهای استفاده شده برای ارزیابی روش پیشنهادی: به ترتیب S1 بالا سمت راست تا S12 پایین سمت چپ

به منظور اندازه گیری خطای ردیابی در یک مجموعه تصویر، از رابطه (۱۷) استفاده می‌کنیم [۲۸].

$$P = 1 - \frac{2\times S_p}{S_e + S_g} \qquad (۱۷)$$

که S_g ناحیه مربوط به شیء هدف بر اساس برچسب درست، S_e ناحیه مربوط به شیء هدف بر اساس تخمین و S_p ناحیه مشترک بین S_e و

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2025-11-18]



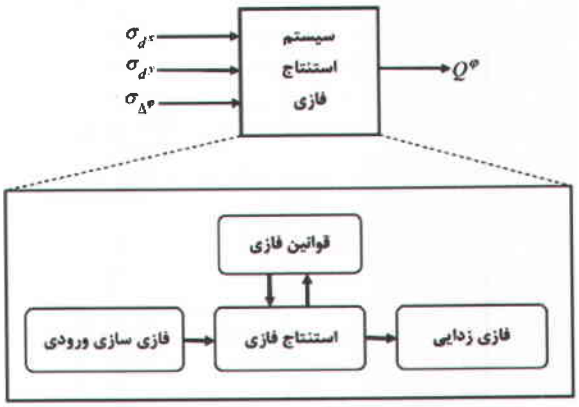
شکل ۲ سیستم طراحی شده برای اندازه‌گیری قابلیت اطمینان ویژگی‌ها. ورودی‌های σ_{d^x} و σ_{d^y} پراکندگی مکانی ذرات در راستای به ترتیب x و y هستند. ورودی‌های $\sigma_{\Delta^1},...,\sigma_{\Delta^m}$ تنوع مشاهدات ذرات بر اساس ویژگی‌های $1,...,m$ است که m تعداد ویژگی‌های استفاده شده است. خروجی‌های $Q^1,...,Q^m$ هم با قابلیت اطمینان ویژگی‌های $1,...,m$ متناسب است.

زمینه باشد. بنابراین برای قضاوت جامع در مورد توانایی تفکیک‌کنندگی یک ویژگی باید تنوع مشاهدات ذرات با توجه به پراکندگی مکانی آنها در نظر گرفته شود. در روش پیشنهادی برای تعیین وزن ویژگی‌ها، از پراکندگی مکانی و تنوع مشاهدات ذرات استفاده می‌کنیم.

از آنجا که تعاریفی مانند *پراکندگی مکانی زیاد*، *تنوع مشاهدات کم* و یا *ویژگی خوب*، گزاره‌هایی قطعی نیستند، استنتاج فازی چارچوب مناسبی برای تحلیل این داده‌ها را فراهم می‌کند؛ به همین دلیل از آن برای اندازه‌گیری قابلیت اطمینان ویژگی‌ها استفاده می‌کنیم. تمام حالت‌های ممکن برای مکان و مشاهدات ذرات را بصورت مجموعه‌ای از قوانین فازی در می‌آوریم و در مورد قابلیت اطمینان ویژگی‌ها قضاوت می‌کنیم. به این ترتیب روش پیشنهادی به سایر روش‌های مطرح که در بخش ۳- یادآوری شدند، برتری پیدا می‌کند. در بخش بعد جزئیات این روش را ارائه می‌کنیم.

۴-۱ سیستم استنتاج فازی وزن ویژگی‌ها

برای تعیین قابلیت اطمینان ویژگی‌ها، از مجموعه‌ای از چند سیستم استنتاج فازی ممدانی، مطابق شکل ۲ استفاده می‌کنیم. همانطور که در شکل ۲، دیده می‌شود، برای تعیین قابلیت اطمینان m ویژگی مختلف، به m سیستم استنتاج فازی مستقل نیاز داریم. شکل ۳ یکی از این سیستم‌های فازی را نشان می‌دهد که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم. قابل ذکر است که این m سیستم استنتاج فازی کاملا مشابه هم هستند. ورودی‌های σ_{d^x} و σ_{d^y} با پراکندگی مکانی ذرات در راستای x و y متناسب هستند. σ_{Δ^φ} با تنوع مشاهدات ذرات و Q^φ با قابلیت اطمینان ویژگی φ متناسب است. روش محاسبه این ورودی‌ها و خروجی، در بخش بعد توضیح داده می‌شود. برای استخراج قوانین فازی بطور ضمنی، گزاره‌های شهودی زیر را در نظر گرفته ایم.



شکل ۳ سیستم استنتاج فازی استفاده شده برای اندازه‌گیری قابلیت اطمینان ویژگی φ

- اگر پراکندگی مکانی ذرات، حداقل در یکی از راستاهای x یا y زیاد باشد، آنگاه پراکندگی مکانی ذرات زیاد است، در غیر این صورت پراکندگی مکانی ذرات کم است.
- اگر پراکندگی مکانی ذرات زیاد باشد و تنوع مشاهدات ذرات هم زیاد باشد، آنگاه قابلیت اطمینان آن ویژگی زیاد است.
- اگر پراکندگی مکانی ذرات زیاد باشد و تنوع مشاهدات ذرات کم باشد، آنگاه قابلیت اطمینان آن ویژگی کم است.

قوانین این سیستم استنتاج فازی که در برگیرنده تمام حالات ممکن برای پراکندگی ذرات و تنوع مشاهدات است، در جدول ۱ آورده شده است.

۴-۲ ورودی‌های سیستم استنتاج فازی

در این بخش چگونگی محاسبه ورودی‌های سیستم استنتاج فازی را توضیح می‌دهیم. یکی از این ورودی‌ها σ_{d^x} (σ_{d^y}) است که باید پراکندگی مکانی ذرات در راستای x (y) را برای سیستم فازی توصیف کند. همچنین σ_{d^x} (σ_{d^y}) باید مستقل از ابعاد شیء و تصویر باشد. برای این منظور ما انحراف معیار فاصله نرمالیزه ذرات از $\hat{X}_t$ در راستای x (y) را استفاده می‌کنیم. $\hat{X}_t$ تخمین مکان شیء در قاب فعلی است.

$$\overline{d_i^x} = \frac{d_i^x}{d_{\max}^x} \qquad \overline{d_i^y} = \frac{d_i^y}{d_{\max}^y} \qquad (۱۳)$$

$$\sigma_{d^x} = std\left(\overline{d_i^x}\right) \qquad \sigma_{d^y} = std\left(\overline{d_i^y}\right) \quad i = 1,...,N \qquad (۱۴)$$

که $d_i^x, i = 1...N$ (d_i^y) فاصله ذره iام از $\hat{X}_t$ در راستای x (y) است. فرض می‌کنیم، شیء مورد نظر ما در دو قاب متوالی تغییرات مکانی ناگهانی ندارد، بنابراین در مرحله انتشار به ذرات اجازه می‌دهیم، حداکثر به‌اندازه $d_{\max}^x$ ($d_{\max}^y$) در راستای x (y) از $\hat{X}_t$ دور شوند. در نتیجه d_i^x (d_i^y) را با تقسیم به $d_{\max}^x$ ($d_{\max}^y$) به بازه $[0,1]$ نرمالیزه می‌کنیم در آزمایشات انجام شده $d_{\max}^x$ ($d_{\max}^y$) را بصورت تجربی برابر طول (عرض) شیء انتخاب کرده‌ایم. ورودی σ_{Δ^φ}، تنوع مشاهدات ذرات بر اساس ویژگی φ را باید برای سیستم فازی توصیف کند.

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2025-11-18]

$$\overline{w^i} = \frac{w^i}{\sum_{j=1}^{N} w^j} \quad (۳)$$

سپس تخمینی از مکان شی را از میانگین وزن دار مکان ذرات بدست می‌آوریم.

$$\hat{X} = \sum_{i=1}^{N} \overline{w^i} \cdot X^i \quad (۴)$$

شکل ۱ شبه کد فیلتر ذره‌ای استفاده شده را نشان می‌دهد. در کارهای قبلی، وزن ویژگی‌ها به روش‌های مختلفی تعیین شده اند. در ادامه به بررسی این روش‌ها می‌پردازیم.

۳- روش‌های موجود تعیین وزن ویژگی‌ها

چهار روش عمده در زمینه تعیین وزن ویژگی‌ها مطرح است. در این بخش این روش‌ها را بطور خلاصه معرفی می‌کنیم.

۳-۱ فاصله بیشینه کلی از میانگین محلی

این روش از اختلاف بین شباهت X' با میانگین شباهت‌های همه ذرات، برای وزن دادن به ویژگی‌ها استفاده می‌کند[۲۱].

$$\eta_{\varphi,t} = R\left(L_\varphi\left(X'_t\right) - \left\langle L_\varphi\left(X_t\right)\right\rangle\right) \quad (۵)$$

که X'، حالت ذره با بیشترین وزن است که از رابطه (۶) بدست می‌آید.

$$X'_t = \arg\max_{X_t^i}\left\{L\left(X_t^i\right)\right\} \quad i = 1...N \quad (۶)$$

برای محاسبه $L\left(X_t^i\right)$ از وزن‌های حساب شده در قاب قبلی استفاده می‌کنیم. $R(\cdot)$ تابع شیب است که به صورت رابطه (۷)تعریف می‌شود.

$$R(X) = \begin{cases} X & X > 0 \\ 0 & X \le 0 \end{cases} \quad (۷)$$

۳-۲ فاصله بیشینه محلی از میانگین محلی

این روش مشابه روش اول است، با این تفاوت که X'_t برای هر ویژگی، بطور جداگانه حساب می‌شود [۲۱]. یعنی در رابطه (۶) عبارت $L(\cdot)$ با $L_\varphi(\cdot)$ جایگزین می‌شود و بصورت رابطه (۸) در می‌آید. در این صورت نیازی به $R(\cdot)$ نیست.

$$X'_t = \arg\max_{X_t^i}\left\{L_\varphi\left(X_t^i\right)\right\} \quad i = 1...N \quad (۸)$$

۳-۳ هم‌خوانی ویژگی‌ها

معیار این روش برای وزن دادن به یک ویژگی، میزان همخوانی نتیجه ردیابی با فقط آن ویژگی، با نتیجه ردیابی کلی است[۲۲]. ردیابی کلی با استفاده از همه ویژگی‌ها انجام می‌شود.

$$\eta_{\varphi,t} = \frac{\tanh\left(-a\bar{E}_{\varphi,t} + b\right) + 1}{2} \quad (۹)$$

که $\bar{E}_{\varphi,t}$ فاصله اقلیدسی بین مرکز ناحیه تعیین شده توسط ویژگی φ و مرکز ناحیه تعیین شده توسط ترکیب همه ویژگی‌ها است. a و b ضرایب ثابتی هستند که مشابه مقادیر استفاده شده در [۲۲] به صورت a=۰/۴ و b=۳ انتخاب شده‌اند.

۳-۴ عدم قطعیت مکانی

این روش بر مبنای عدم قطعیت مکانی[۱۲] کار می‌کند [۲۸]. عدم قطعیت مکانی را با آنالیز مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس شباهت ذرات تخمین می‌زند. به عنوان مثال، برای یک فضای دو بعدی $X = (u, v)$، ماتریس کوواریانس ذرات با رابطه (۱۰) تعریف می‌شود.

$$C_\varphi = \begin{pmatrix} \frac{\sum_{i=1}^{N} L_\varphi\left(u^i, v^i\right)\left(u^i - \hat{u}\right)^2}{\sum_{i=1}^{N} L_\varphi\left(u^i, v^i\right)} & \frac{\sum_{i=1}^{N} L_\varphi\left(u^i, v^i\right)\left(u^i - \hat{u}\right)\left(v^i - \hat{v}\right)}{\sum_{i=1}^{N} L_\varphi\left(u^i, v^i\right)} \\ \frac{\sum_{i=1}^{N} L_\varphi\left(u^i, v^i\right)\left(u^i - \hat{u}\right)\left(v^i - \hat{v}\right)}{\sum_{i=1}^{N} L_\varphi\left(u^i, v^i\right)} & \frac{\sum_{i=1}^{N} L_\varphi\left(u^i, v^i\right)\left(v^i - \hat{v}\right)^2}{\sum_{i=1}^{N} L_\varphi\left(u^i, v^i\right)} \end{pmatrix} \quad (۱۰)$$

در حالت کلی، اگر D بعد فضای حالت هر ذره باشد، $\eta_{\varphi,t}$ با رابطه (۱۱) تعریف می‌شود.

$$\eta_{\varphi,t} = \frac{1}{\sqrt[D]{\prod_{i=1}^{D} \zeta_\varphi^i}} = \frac{1}{\sqrt[D]{\det\left(C_\varphi\right)}} \quad (۱۱)$$

که $\zeta_\varphi^i \quad i = 1..D$، مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس ذرات هستند. برای کاهش اثر اندازه‌گیری‌های نویزی، $\eta_{\varphi,t}$ها را با رابطه (۱۲) فیلتر می‌کنیم.

$$\lambda_{\varphi,t} = \beta \cdot \eta_{\varphi,t} + (1-\beta)\lambda_{\varphi,t-1} \quad (۱۲)$$

$\lambda_{\varphi,t}$ وزن ویژگی φ است. $\beta \in [0,1]$ پارامتری است که سرعت به‌روز شدن وزن ویژگی‌ها را کنترل کرده و تغییرات نویزی وزن ویژگی‌ها را هموار می‌کند. روش پیشنهادی در بخش۴- توضیح داده می‌شود.

۴- روش پیشنهادی تعیین وزن ویژگی‌ها

در این بخش روش پیشنهادی خود را برای اندازه‌گیری قابلیت اطمینان ویژگی‌ها معرفی می‌کنیم. در فیلتر ذره‌ای مجموعه ای از ذرات داریم که در هر قاب احتمال حضور شیء را در مکان‌های متناظر با آن ذرات اندازه گیری می‌کنند. به عبارت دیگر مکان ذرات و مشاهدات ذرات دو اطلاع مهم هستند که فیلتر ذره‌ای در هر قاب در اختیار ما قرار می‌دهد. اگر فرض کنیم ذرات از لحاظ مکانی کاملا در اطراف شیء پخش شده‌اند آنگاه از تنوع مشاهدات ذرات بر اساس یک ویژگی (مثلا رنگ) ، درکی در مورد توانایی آن ویژگی برای تفکیک شیء از زمینه بدست می‌آوریم. هر چه مشاهدات ذرات بر اساس یک ویژگی (مثلا رنگ) متنوع تر باشد، قدرت تفکیک شیء از زمینه برای آن ویژگی بیشتر است و آن ویژگی برای ردیابی بهتر است.

اما واقعیت این است که وقتی مشاهدات از تنوع بالایی برخوردار هستند، نمونه‌برداری دوباره، ذرات را در نزدیکی مرکز شیء متمرکز می‌کند. این وضعیت قوی‌ترین ویژگی‌ها را هم وادار می‌کند مشاهدات شبیه هم داشته باشند. دلیل این پدیده این است که شانس انتخاب شدن ذرات برای انتقال به قاب بعدی با مشاهدات آنها متناسب است. تنوع مشاهدات در حالتی که ذرات از یک پراکندگی قابل قبول حول شیء برخوردار باشند می‌تواند بیانگر توانایی آن ویژگی در تفکیک شیء از

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2025-11-18]

فرض کنید $S^{old}=\{s_1^{old},...,s_N^{old}\}$ داده شده است

مراحل زیر انجام می‌شود.

۱-با نمونه‌برداری از S^{old} مجموعه ذرات S^{new} را تولید کن.
۲-ذرات جدید را با رابطه ۱ منتشر کن.
۳- w^i ها را با رابطه ۲ حساب کن.
۴- وزن ذرات را با رابطه ۳ نرمالیزه کن.
۵- مکان شیء را با رابطه ۴ تخمین بزن.
۶-مجموعه S^{old} را با S^{new} جایگزین کن و به مرحله ۱ برو.

شکل ۱ الگوریتم فیلتر ذره‌ای استفاده شده برای ردیابی[۱۶]

رنگ، ردیابی را مقاوم می‌کند. در گذشته به ویژگی بافت در ردیابی، کمتر توجه می‌شد، ولی اخیرا کارهای تازه ای در این زمینه صورت گرفته است [۱۷-۲۰]. از ویژگی حرکت نیز می‌توان برای ردیابی استفاده کرد [۲۱, ۲۲].

ترکیب مناسب ویژگی‌ها علاوه بر مقاوم‌تر کردن ردیابی، به الگوریتم ردیابی کلیت می‌دهد و آن را در صحنه‌های متنوع‌تری قابل استفاده می‌کند. در زمینه ترکیب ویژگی‌ها کارهای مختلفی انجام شده است. در [۲۳]، قابلیت اطمینان ویژگی‌ها با یک مرحله آموزش برون خط[۳] روی تصاویر با برچسب درست[۴] محاسبه می‌شود و سپس از آنها در قالب یک مدل بیز[۵] استفاده می‌شوند. در [۲۴] ویژگی‌های مختلف طوری ترکیب می‌شوند که اطلاعات متقابل[۶] آنها حداکثر شود. در [۲۵] از یک چارچوب احتمالاتی مبتنی بر یک مدل گرافیکی استفاده شده است. ابتدا براساس ویژگی شکل فرضیه‌های بهتر تولید می‌شوند و سپس از میان این فرضیه‌ها، بر اساس ویژگی رنگ، فرضیه‌های قوی تری تولید می‌شوند. در [۲۶] از چند فیلتر ذره‌ای مستقل برای ویژگی‌های مختلف استفاده می‌شود و سپس نتایج آنها با هم ترکیب می‌شوند.

دسته دیگری از روش‌ها به تعیین قابلیت اطمینان ویژگی‌ها می‌پردازند و بر اساس آن، ویژگی‌ها را با هم ترکیب می‌کنند. قابلیت اطمینان یک ویژگی یا بطور خلاصه، وزن یک ویژگی، بیانگر میزان کارایی آن ویژگی در ردیابی است. دلیل علاقه ما به تعیین قابلیت اطمینان ویژگی‌ها این است که اطلاعات با ارزشی در مورد کارایی ویژگی‌ها در ردیابی یک شیء در یک سناریو دلخواه بدست می‌دهد. اگر در هر قاب بدانیم کدام ویژگی‌ها مناسب‌تر هستند، می‌توان تاثیر آن ویژگی‌ها را در فرایند ردیابی بیشتر کرد[۲۲]. علاوه بر این می‌توان منابع محدود محاسباتی را به استخراج ویژگی‌های کاراتر اختصاص داد[۲۷].

چهار روش مطرح در زمینه تعیین قابلیت اطمینان ویژگی‌ها وجود دارد. در[۲۱] فاصله از میانگین مشاهدات، معیار اندازه گیری قابلیت اطمینان ویژگی‌ها است. در[۲۲] همخوانی نتیجه ردیابی با یک ویژگی با نتیجه ردیابی با همه ویژگی‌ها ملاک قابلیت اطمینان ویژگی‌ها است. در [۲۸] از معیار عدم قطعیت مکانی ذرات استفاده می‌شود. عدم قطعیت مکانی، با آنالیز مقادیر ویژه ماتریس کواریانس شباهت ذرات حساب می‌شود. این روش‌ها را در بخش۳- با جزئیات بیشتری بررسی خواهیم کرد.

در این مقاله برای اندازه گیری قابلیت اطمینان ویژگی‌ها، روشی را در چارچوب فیلتر ذره‌ای، مطرح می‌کنیم. طرح اولیه این روش را پیشتر در [۲۷] ارائه کرده‌ایم. در این روش با استفاده از یک سیستم استنتاج فازی، بر اساس تنوع مشاهدات ذرات و پراکندگی مکانی آنها، در مورد قابلیت اطمینان ویژگی‌ها قضاوت می‌کنیم. بخش‌های مختلف این مقاله بصورت زیر است.

در بخش۲- چارچوب فیلتر ذره‌ای برای ردیابی با چند ویژگی را توضیح می‌دهیم. در بخش۳- روش‌های موجود اندازه گیری وزن ویژگی‌ها را بررسی می‌کنیم. سپس در بخش۴- به ارائه روش پیشنهادی خود برای اندازه گیری قابلیت اطمینان ویژگی‌ها می‌پردازیم. در بخش۵-، آزمایش‌های انجام شده توضیح داده می‌شوند و نتایج آنها ارائه می‌شود. بخش پایانی به نتیجه گیری اختصاص دارد.

۲- چارچوب فیلتر ذره‌ای برای ردیابی با چند ویژگی

برای ردیابی همواره به دنبال تابع احتمال پسین شیء مورد نظرمان هستیم. در مسائل غیرخطی و غیر گوسی، تعیین این تابع احتمال، به صورت تحلیلی غیر ممکن است. روش فیلتر ذره‌ای معمول ترین راه برای ساختن تابع احتمال پسین، در این مسائل است[۱۶, ۲۹, ۳۰]. در این مقاله، فیلتر ذره‌ای، چارچوبی را برای ردیابی با ترکیبی از ویژگی‌ها، فراهم می‌کند. با توجه به شناخته شده بودن فیلتر ذره‌ای، ضمن چشم پوشی از جزئیات، تنها قسمت‌هایی را که مستقیما به کار ما مربوط می‌شوند، توضیح می‌دهیم.

فرض کنید $S^{old}=\{s_1^{old},...,s_N^{old}\}$ ذرات قاب[۷] قبل باشند. فضای حالت هر ذره را به صورت $X=\{x,y,\dot{x},\dot{y},s\}$ در نظر می‌گیریم، که x و y مکان شیء، $\dot{x}$ و $\dot{y}$ سرعت در راستای x و y، و s مقیاس است. با نمونه برداری دوباره[۸] از این N ذره، ذرات $S^{new}=\{s_1^{new},...,s_N^{new}\}$ را تولید می‌کنیم. سپس ذرات بر اساس یک مدل دینامیکی منتشر می‌شوند.

$$x_t = Ax_{t-1} + w_{t-1} \quad (۱)$$

که A مولفه یقینی[۹] مدل و w یک مولفه تصادفی[۱۰] با توزیع گوسی است. ما از یک مدل مرتبه اول برای توصیف یک ناحیه منحرک به مرکز (x,y)، با سرعت ثابت $\dot{x}$ و $\dot{y}$ و تغییر مقیاس s، استفاده کرده ایم [۳۱]. سپس برای هر ویژگی φ، تابع شباهت[۱۱]، $L_\varphi(X_t)$، را محاسبه می‌کنیم. فرض می‌کنیم ویژگی‌ها مستقل از هم هستند، در نتیجه وزن هر ذره از حاصل ضرب مشاهدات مربوط به ویژگی‌های مختلف، بدست می‌آید. برای کاهش اثر ویژگی‌های با قابلیت اطمینان کمتر، وزن هر ذره را از رابطه (۲) حساب می‌کنیم[۲۲].

$$w_t = L(X_t) = \prod_{\varphi=1}^{m} \left(L_\varphi(X_t)\right)^{\lambda_\varphi^{old}} \quad (۲)$$

λ_φ^{old} وزن ویژگی φ است و m تعداد ویژگی‌های استفاده شده در ردیابی است. وزن‌های محاسبه شده در قاب فعلی، برای ترکیب ویژگی‌ها، در قاب بعدی استفاده خواهند شد. سپس وزن هر ذره را نسبت به مجموع وزن همه ذرات، نرمالیزه می‌کنیم.

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2025-11-18]

مجله بین المللی علمی- پژوهشی
ارتباطات وفناوری اطلاعات

ITRC

جلد یکم - شماره ۴ - شهریور ماه ۱۳۸۸ (ش ص .۱۱۵-۱۰۷)

تعیین فازی قابلیت اطمینان ویژگی‌ها برای ردیابی اشیاء در تصاویر ویدئویی

مجید کمیلی
دانشگاه تربیت مدرس
بخش مهندسی برق
komeili@modares.ac.ir

نرگس آرمان فرد
دانشگاه تربیت مدرس
بخش مهندسی برق
armanfard@modares.ac.ir

احسان‌اله کبیر
دانشگاه تربیت مدرس
بخش مهندسی برق
kabir@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۲/۱۰- تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۵/۲۰

چکیده- در این مقاله روشی برای تعیین قابلیت اطمینان ویژگی‌ها برای ردیابی اشیاء در تصاویر ویدئویی، ارائه می‌کنیم. قابلیت اطمینان هر ویژگی توصیف کننده کارایی آن ویژگی برای ردیابی است. استفاده مناسب از چند ویژگی علاوه بر مقاوم تر کردن ردیابی، به الگوریتم ردیابی جامعیت می‌دهد و آن را در سناریوهای متنوع‌تری قابل استفاده می‌کند. در روش پیشنهادی از یک سیستم استنتاج فازی برای تعیین قابلیت اطمینان ویژگی‌ها در چارچوب فیلتر ذره‌ای استفاده کرده‌ایم. برای این منظور تنوع مشاهدات ذرات و پراکندگی مکانی ذرات را مبنای استنتاج خود قرار داده‌ایم. در کار فعلی از سه ویژگی رنگ، راستای لبه و بافت استفاده کرده‌ایم. آزمایش‌های انجام شده روی مجموعه تصاویر مختلف، کارایی بهتر روش پیشنهادی نسبت به چهار روش متداول تعیین قابلیت اطمینان را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: قابلیت اطمینان ویژگی‌ها، استنتاج فازی، ردیابی ، فیلتر ذره‌ای ، رنگ، لبه، بافت.

۱- مقدمه

ردیابی اشیاء در تصاویر متوالی از مسائل مطرح در زمینه بینایی ماشین و سیستم‌های پایش بصری است. روش‌های تصادفی[1] مانند فیلتر ذره‌ای [۱, ۲] و یا روش‌های مبتنی بر گرادیان[2] مانند جابجایی میانگین [۳, ۴] از شاخص‌ترین روش‌ها ی ردیابی هستند. این روش‌ها از ویژگی‌های مختلفی برای ردیابی اشیاء در تصاویر متوالی استفاده می‌کنند. رنگ یکی از مرسوم‌ترین این ویژگی‌ها است که برای ردیابی مجموعه وسیعی از اشیاء صلب و غیر صلب استفاده می‌شود [۵]. با این حال، در صحنه‌هایی که زمینه دارای رنگ‌هایی مشابه شیء هدف است، ویژگی رنگ عملکرد ضعیفی دارد. ایراد دیگر ویژگی رنگ، آسیب پذیری آن در مقابل تغییرات روشنایی صحنه است [۶]. لبه یکی دیگر از ویژگی‌هایی است که در ردیابی اشیاء استفاده می‌شود [۷, ۸]. ویژگی لبه در مقابل تغییرات روشنایی صحنه، مقاوم است. ویژگی مرسوم دیگر، کانتور است [۹-۱۲] که از بسیاری جهات مشابه لبه است. ویژگی شکل با وجود اینکه تعاریف مختلفی از آن وجود دارد [۱۳-۱۵]، معمولا به همراه

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2025-11-18]