

بهبود روش تطبیق بخش توسط کد زنجیره ای در الگویابی هواپیما

محمد سعید علمداری^{۱*}، محسن شاهرضایی^۲

۱- کارشناس ارشد، استادیار، دانشگاه جامع امام حسین (ع)

(دریافت: ۹۵/۰۷/۰۵، پذیرش: ۹۶/۰۳/۰۶)

چکیده

در این مقاله شناسایی الگو بر اساس روش فوریه و روش تطبیق بخش، انجام شده است که در آن ابتدا محیط مرزی هواپیما به چندین قسمت کوچک تجزیه می گردد و سپس مسیر بهینه ممکن شناسایی می شود که نتایج حاصل بر اساس مقایسه میان روش مفسر فوریه و روش تطبیق بخش مورد بررسی قرار گرفته اند.

واژه های کلیدی: کد زنجیره ای، جدول فاصله، کانتور، مفسر فوریه، مسیر کوتاه ترین فاصله، تبدیل فوریه گسسته.

۱- مقدمه

برای شروع کار، یک نقطه دلخواه بر روی مرز شکل انتخاب نموده و بر اساس کد زنجیره ای ۸ تایی در خلاف جهت عقربه های ساعت با توجه به جهت نسبی نقطه بعد نسبت به نقطه قبل، کدها را بدست می آوریم.

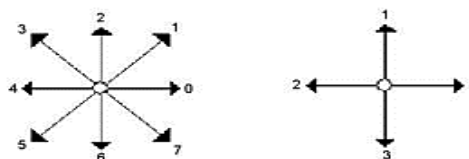
سپس این کد را به صورتی که نقطه شروع زنجیره بر روی مبدا مختصات قرار گیرد تنظیم می کنیم و سپس انتهای هر اتصال زنجیره را با یک نقطه مشخص کرده و با دنبال کردن کد زنجیره ای، مرز شکل بصورت مجموعه ای از نقاط بدست می آید.

برای تقسیم بندی شکل، ابتدا آن را به دو نیمه تقسیم کرده و با در نظر گرفتن یک نیمه، نقطه ای که از محیط دور ترین فاصله را دارد، تعیین می کنیم و با اتصال این نقطه به دو نقطه قبلی، هر نیمه به دو قسمت تقسیم شده و چهار ربع بدست می آید و با ادامه این کار سایر نقاط بدست می آید که همگی رؤس یک چند ضلعی می باشند.

پس از تکمیل چند ضلعی، نوبت به جدا کردن آن می رسد که با بکاربردن سری فوریه [۳، ۴ و ۵] و توسط ضرایب فوریه چند ضلعی را به بخش های مختلف تقسیم بندی کرده و در هر بخش ضریب فوریه [۶ و ۷] محاسبه می گردد.

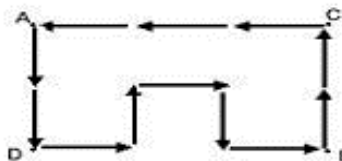
برای تعریف سری فوریه، محیط مرزی که توسط N نقطه گسسته در دستگاه مختصات مطابق شکل (۳) نمایش داده شده است را در نظر بگیرید.

ابتدا به معرفی کد زنجیره ای [۱ و ۲] می پردازیم. کد زنجیره ای برگرفته از محیط مرزی یک جسم، شامل زنجیره بهم پیوسته ای از پاره خط هایی با طول و جهت مشخصی می باشند. بر اساس تعداد جهت های مختلف این پاره خط ها کد زنجیره ای نوع ۴ تایی و نوع ۸ تایی تعریف می شود، شکل (۱) این دو نوع کد زنجیره ای را نمایش می دهد.

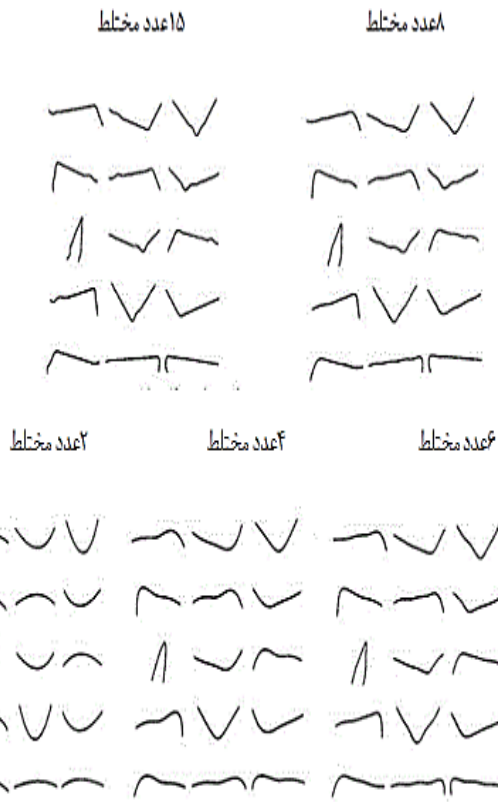


شکل (۱): کد زنجیره نوع چهارتایی (سمت راست) و کد زنجیره نوع هشت تایی (سمت چپ)

همانطور که مشاهده می شود، هر جهت با یک عدد بصورت یک کد مشخص شده است، به عنوان مثال ۳۳۰۱۰۳۰۱۱۲۲۲ می باشد که متناظر با نقطه شروع A می باشد.

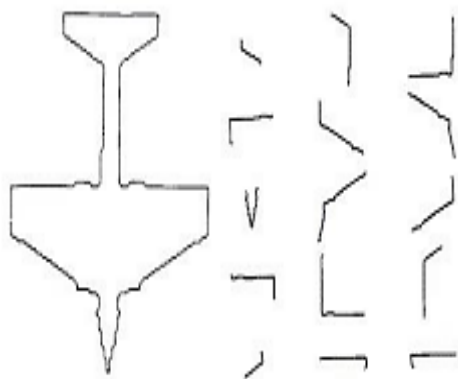


شکل (۲): کد زنجیره ای نوع چهارتایی با توجه به نقطه شروع A



شکل (۴): تشکیل پاره‌منحنی‌ها بر اساس اعداد مختلط

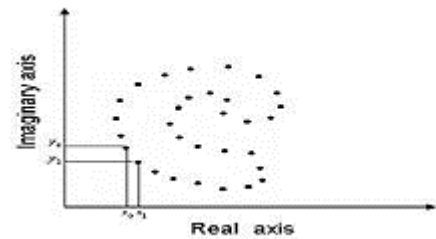
به عنوان مثال، در شکل (۵)، هر زیرمجموعه از سه راس تشکیل شده است.



شکل (۵): تشکیل پاره‌منحنی‌ها بر اساس اعداد مختلط

حال فرض می‌کنیم $X(i)$ و $Y(i)$ تبدیل فوری دو پاره‌منحنی باشند که در آن، $i = -N, \dots, -1, 0, 1, \dots, N$ در این صورت فاصله دو منحنی را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$d^2 = \sum_{i=-N}^{i=N} |X(i) - Y(i)|^2$$



شکل (۳): نمایش یک منحنی به صورت نقاط گسسته

ابتدا نقطه شروع دلخواهی مانند (X, Y) را انتخاب می‌کنیم و از این نقطه در خلاف جهت عقربه ساعت محیط را می‌پیماییم تا مختصات نقاط دیگر بدست آیند که این مجموعه بصورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$S(k) = (x_k, y_k) \quad s.t \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

سپس هر نقطه بصورت یک عدد مختلط به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S(k) = x_k + j y_k \quad s.t \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

به این ترتیب محور X را محور حقیقی و محور Y را محور موهومی فرض می‌کنیم که این کار موجب می‌شود تا مساله از حالت دوبعدی به حالت یک بعدی تبدیل گردد و سپس تبدیل فوری گسسته برای تابع $S(k)$ بصورت زیر تعریف می‌شود که ضرایب مختلط $a(u)$ را اصطلاحاً ضرایب فوری می‌نامند.

$$a(u) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{k=N-1} S(k) \exp\left(\frac{-j2\pi uk}{N}\right) \quad s.t \quad u = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

۲- به دست آوردن ضرایب فوری

ضرایب فوری بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شوند:

که $t_0 = 0$ و $t_p = \sum_{i=1}^p \Delta t_i$ تعداد دوره کد زنجیره بوده و برابر با تناوب کانتورمی باشد، $\Delta \gamma_p, \Delta t_p$ از جدول (۱) متناسب با مولفه‌های کد زنجیره ای بدست می‌آیند:

جدول (۱): محاسبه مقادیر $\Delta \gamma_p, \Delta t_p$ بر اساس کد زنجیره‌ای

α_p	0	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta \gamma_p$	1	1+i	i	-1+i	-1	-1-i	-i	1-i
Δt_p	1	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$

در شکل (۴)، پاره‌منحنی‌هایی که از سری فوری به دست آمده‌اند، برحسب تعداد اعداد مختلط به کار رفته، نمایش داده شده‌اند.

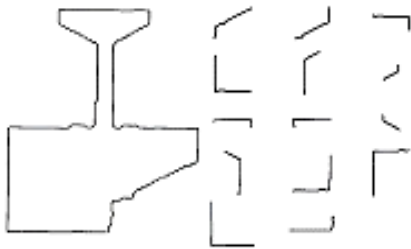
گام بعدی در شرح مسیر مورد نظر این است که جهت حرکت قانونی را از طریق جدول فاصله مشخص کنیم و حرکت کردن از طریق جدول در مسیرهای ممکن تنها به سمت پایین و به سمت راست خواهد بود.

برای توصیف فرمول بندی برنامه نویسی پویا [۸]، فرض کنید $d(i,j)$ نشان دهنده ورودی سطر i ام و ستون j ام در جدول فاصله باشد، همچنین فرض کنید $D(i,j)$ کل فاصله روی مسیر کوتاهترین فاصله از (i,j) امین ورودی از جدول فاصله است که مقدار آن در هر نقطه بصورت زیر، مورد برآورد قرار می‌گیرد.

$$D(i,j) = \min \begin{cases} d(i+1,j+1) + D(i+1,j+1) \\ d(i+1,j) + D(i+1,j) \\ d(i,j+1) + D(i,j+1) \end{cases}$$

شکل (۷) که تغییر یافته شکل (۵) می‌باشد را در نظر

می‌گیریم:



شکل (۷): محیط مرزی تخریب شده و بخش‌های مختلف آن

به عنوان مثال، جدول فاصله در شکل (۸) که در اثر مقایسه بخش‌های نشان داده شده در اشکال (۵) و (۷) حاصل شده است را ملاحظه کنید.

5.35	4.03	2.45	10.32	6.64	4.21	1.53	4.19	0	7.13	10.03	6.89	7.29	4.95
2.62	7.26	8.35	5.32	4.04	7.66	6.46	6.98	7.13	0	4.68	11.91	12.21	8.34
6.08	9.95	10.82	1.18	5.48	10.62	9.82	10.06	10.03	4.68	0	13.88	14.13	10.89
7.36	2.62	6.34	11.86	9.23	2.78	6.50	4.02	5.94	9.31	11.51	6.04	6.68	1.55
5.34	3.63	1.95	10.08	6.77	4.05	2.25	4.21	1.11	7.21	9.78	6.24	6.65	4.61
3.56	6.69	7.46	4.68	1.91	7.23	6.19	6.45	6.22	3.80	4.71	10.71	10.97	7.52
17.00	15.12	14.45	19.01	19.14	15.79	17.03	17.05	16.09	18.80	18.61	10.45	10.42	15.29
2.08	6.27	7.54	5.07	3.91	6.81	6.04	6.34	6.40	1.73	4.43	10.65	10.91	7.38
5.24	0	4.90	10.34	7.47	1.09	4.36	2.38	4.03	7.26	9.95	6.36	6.36	1.65
6.47	4.90	0	11.16	8.18	5.30	3.24	5.67	2.45	8.35	10.82	5.79	6.40	5.80
6.62	10.34	11.16	0	5.29	11.00	10.17	10.33	10.32	5.32	1.18	14.27	14.52	11.20
4.33	7.47	8.18	5.29	0	7.81	6.42	6.65	6.64	4.04	5.48	11.87	12.13	8.13
5.65	1.09	5.30	11.00	7.81	0	4.48	2.02	4.21	7.66	10.62	6.66	6.62	1.51
4.88	4.36	3.24	10.17	6.42	4.48	0	4.20	1.53	6.46	9.82	7.89	8.29	5.39
5.29	2.38	5.67	10.33	6.65	2.02	4.20	0	4.19	6.98	10.06	8.02	8.05	2.53

شکل (۸): جدول فاصله مقایسه پاره‌منحنی‌های اشکال (۵) و (۷)

شماره سطرهای این جدول متناظر با شماره کانتورهای شکل (۵) و شماره ستون‌ها متناظر با شماره کانتورهای شکل (۷) می‌باشد، ملاحظه می‌شود که هرچه فاصله دو کانتور کم‌تر باشد تطابق بیش‌تر است.

هنگامی که دو کانتور مقایسه می‌شوند لازم است که فاصله بین هر بخش از کانتورها را بررسی نماییم که این کار با جدول فاصله انجام می‌شود. شکل (۶) نشان‌دهنده جدول فاصله در اثر مقایسه بین بخش‌های شکل (۵) می‌باشد و مقادیر صفر روی قطر اصلی نشانگر تطابق بخش‌هاست و سایر درایه‌های غیر صفر نشانگر عدم تطابق بخش‌هاست. قسمت‌هایی از جدول که با دایره مشخص شده‌اند، مشخص‌کننده بهترین تطابق مجموعه کانتورها می‌باشد و به آن مسیر کوتاه‌ترین فاصله گویند.

0	7.13	10.03	5.94	1.11	6.22	16.09	6.40	4.03	2.45	10.32	6.64	4.21	1.53	4.19
7.13	0	4.68	9.31	7.21	3.80	18.80	1.73	7.26	8.35	5.32	4.04	7.66	6.46	6.98
10.03	4.68	0	11.51	9.78	4.71	18.61	4.43	9.95	10.82	1.18	5.48	10.62	9.82	10.06
5.94	9.31	11.51	0	5.44	8.44	14.20	8.24	2.62	6.34	11.86	9.23	2.78	6.50	4.02
1.11	7.21	9.78	5.44	0	6.10	15.17	6.30	3.63	1.95	10.08	6.77	4.05	2.25	4.21
6.22	3.80	4.71	8.44	6.10	0	17.51	2.96	6.69	7.46	4.68	1.91	7.23	6.19	6.45
16.09	18.80	18.61	14.20	15.17	17.51	0	17.37	15.12	14.45	19.01	19.14	15.79	17.03	17.05
6.40	1.73	4.43	8.24	6.30	2.96	17.37	0	6.27	7.54	5.07	3.91	6.81	6.04	6.34
4.03	7.26	9.95	2.62	3.63	6.69	15.12	6.27	0	4.90	10.34	7.47	1.09	4.36	2.38
2.45	8.35	10.82	6.34	1.95	7.46	14.45	7.54	4.90	0	11.16	8.18	5.30	3.24	5.67
10.32	5.32	1.18	11.86	10.08	4.68	19.01	5.07	10.34	11.16	0	5.29	11.00	10.17	10.33
6.64	4.04	5.48	9.23	6.77	1.91	19.14	3.91	7.47	8.18	5.29	0	7.81	6.42	6.65
4.21	7.66	10.62	2.78	4.05	7.23	15.79	6.81	1.09	5.30	11.00	7.81	0	4.48	2.02
1.53	6.46	9.82	6.50	2.25	6.19	17.03	6.04	4.36	3.24	10.17	6.42	4.48	0	4.20
4.19	6.98	10.06	4.02	4.21	6.45	17.05	6.34	2.38	5.67	10.33	6.65	2.02	4.20	0

شکل (۶): جدول فاصله مقایسه پاره‌منحنی‌های شکل (۵)

۳- روش برنامه‌ریزی پویا

برای شروع فرموله کردن روش تطبیق بخش به عنوان مسئله مسیر کوتاه‌ترین فاصله، خاصیت‌های مورد نیاز مسیر مطلوب باید تعریف شده باشند که برای تعریف آن‌ها، به صورت زیر عمل می‌نماییم.

فرض کنید کانتور ناشناخته ای M بخش دارد که توسط ستون‌های جدول فاصله نشان داده می‌شود و کانتور شناخته شده ای N بخش دارد که توسط سطرهای جدول فاصله نشان داده می‌شود.

درایه i امین سطر و j امین ستون از جدول فاصله، متناظر با بخش i ام کانتور شناخته شده و بخش j ام کانتور ناشناخته است که در آن، $i=1,2,\dots,N$ و $j=1,2,\dots,M$ می‌باشند.

معیار برای مسیر کامل این است که مسیر باید با استفاده از تمام M بخش کانتور ناشناخته، ساخته شود یعنی مسیر با اولین ستون از جدول فاصله شروع و با آخرین ستون تمام گردد.

از آن جایی که در حال بررسی اشکال جزئی و به دنبال تطبیق کانتور ناشناخته با کانتور شناخته شده هستیم، تعداد بخش‌های کانتور شناخته شده کم‌تر یا برابر با تعداد بخش‌های کانتور ناشناخته خواهد بود لذا باید تمام بخش‌های کانتور شناخته شده را مورد بررسی قرار دهیم.

جدول (۲): بررسی طبقه‌بندی روش تطبیق بخش و روش فوریه

روش فوریه	روش تطبیق بخش	% کانتور
۹۲/۰۰	۹۳/۰۰	۰
۸۳/۶۷	۵۸/۳۳	۱۰
۵۸/۰۰	۷۵/۰۰	۲۰
۳۰/۳۳	۷۱/۶۷	۳۰
۲۲/۰۰	۶۴/۶۷	۴۰
۱۲/۶۷	۵۱/۶۷	۵۰

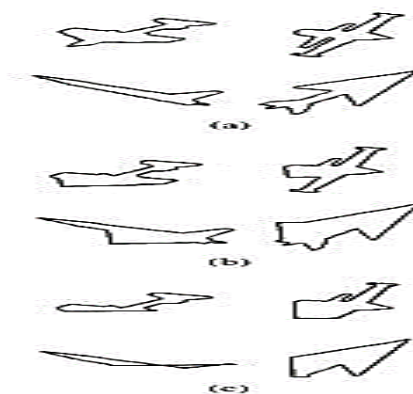
۶- مراجع

- [1] F.Verdoja and M.Grangetto, "Efficient Representation of Segmentation Contours Using Chain Codes," IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing(ICASSP), pp.1462-1466, 2017
- [2] L. Daeha and K. Soon, "Chain code based object recognition," IET Journals and Magazines, vol. 51, pp. 1996-1997, 2015.
- [3] P.Wang and V.Patel, "Extracting Fourier Descriptors from Compressive Measurements," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 4755-4759, 2017.
- [4] J.Yang and Z.Lu, "A Shape Representation Based on Fourier Descriptors," 12th International Conference on Computational Intelligence and Security (CIS), pp 507-510, 2016.
- [5] F.Timm, and T.Martinetz, "Statistical Fourier Descriptors for Defect Image Classification," Pattern Recognition ICPR, 20th International Conference, pp. 4190-4193, 2010.
- [6] E.Sokic and S.Konjicija, "Area Function Fourier Descriptors Based on Contour," IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), pp 1-6, 2015.
- [7] Z.Zhang, and M.Yang, "Area Function Fourier Descriptors Based on Contour," Communication Technology ICCT, IEEE 13th International Conference, pp 823-826, 2011.
- [8] J.Ke, T.Bednarz and A.Sowmya, "Optimized GPU implementation for dynamic programming in image data processing," IEEE 35th International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC), pp 1-7, 2016.
- [9] Z.Fang, G.Yao, S.Dudani, and K.Breeding, "Target Recognition of Aircraft Based on Moment Invariants," IEEE Transactions Computer, pp 1-5, 2012.
- [10] M.Shahrezaei, and M.S.Alamdari, "The application of numerical analysis techniques to pattern recognition of helicopters by area method," Journal of Science Kharazmi University, vol. 17, pp. 1-2, 2016.

۴- آزمایش شناسایی شکل جزئی نتیجه‌گیری

برای آزمایش شناسایی شکل جزئی، مشابه داده‌های مورد استفاده توسط Dudani [۹ و ۱۰] کتابخانه با ۱۴۳ نمایش از شش کلاس هواپیما مورد استفاده قرار گرفت و برای هر کلاس از هواپیما ۵۰ نمایش ناشناخته در نظر گرفته شد و دو نوع کانتورهای شناخته‌شده و ناشناخته در رزولوشن تصویر 128×128 تولید شد.

برای ایجاد اشکال جزئی، کانتورهای ناشناخته به صورت 10% ، 20% ، 30% ، 40% و 50% قطعه‌قطعه شده‌اند. برخی از کانتورهای نمونه در شکل (۹) نشان داده شده‌اند که قسمت a نشان‌گر چهار هواپیمای مختلف است که جهت‌گیری‌هایی متفاوتی دارند و قسمت b و c نشان‌گر کانتورهایی هستند که به ترتیب 20% و 40% قطعه‌قطعه شده‌اند.



شکل (۹): نمونه کانتور ناشناخته

۵- نتیجه‌گیری

شناسایی الگو بر اساس روش فوریه و روش تطبیق بخش صورت پذیرفت که در ابتدا محیط مرزی هواپیما به چندین قسمت کوچک تجزیه و سپس مسیر بهینه ممکن شناسایی شد.

جدول (۲) نشان‌گر مقایسه عملکرد روش تطبیق بخش با روش استفاده شده در توصیف‌گر فوریه است که با توجه به اطلاعات جدول مشخص می‌شود عملکرد روش تطبیق بخش برای کانتور قطعه‌قطعه‌شده نسبت به روشی که کل مرز را استفاده می‌کند تا حد زیادی بهبود یافته است زیرا هر چقدر % کانتور افزایش می‌یابد، در روش فوریه طبقه‌بندی صحیح با کاهش چشم‌گیری مواجه می‌شود.