

Комплексно оценяване на качествата на локализаторите на еталон в изображение

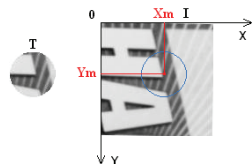
Юлка Петкова

A Complex Evaluation of the Qualities of Template Matching Algorithms: A lot of algorithms for template matching are known and used in practice. Some of their most important features are: precision of localization, number of successive localizations, abilities to cope with different disturbances of images and short run-time. With the best of my knowledge there aren't any published generalized evaluations of this set of features. A simple complex evaluation method is proposed in this paper. User can choose the best template matching algorithm for the purposes of his application, using the received rating of compared algorithms.

Key words: Template Matching, Template Localization, Precision of Localization, Quality of Template Matching Algorithms.

ВЪВЕДЕНИЕ

Локализирането на предварително избран еталон в по-голямо изображение (задачата е илюстрирана на фигура 1) е един етап от обработката на изображения, който намира много широко приложение в компютърната визия. Някои от тези приложения [1 – 5] са например: в медицината – за анализ на медицински изображения с цел диагностициране, откриване и локализиране на образувания; биомедицински изследвания, включващи класификация на микроскопски изображения на кръвни клетки, тъканни проби и хромозоми; за обработка на данни, получени от отдалечени сензори - за анализ на спътникови и самолетни снимки на земната повърхност за граждански и военни приложения в селското стопанство, геологията, океанографията, лесовъдството; за локализацията и идентификацията на обекти; във фармацевтиката – при производството на различни фармацевтични продукти; във всички отрасли на промишленото производство – за регистрация на марки върху печатни материали като етикети, банкноти, ценни книжа и др.; за промишлени работи в електрониката - за анализ на движенията и за насочването им; за товаро-разтоварни и опаковъчни дейности; за дактилоскопски анализи; за разпознаване на символи; за следене на трафика по пътищата и много други.



Фиг. 1. Илюстрация на задачата за локализиране на еталон.

Целта е да се определят координатите на центъра на открития в изображението кръгъл еталон, както и ъгълът на ротация и коефициентът на мащабиране.

Като правило почти всички приложения изискват висока прецизност на локализацията и бърза обработка, а някои – и обработка в реално време.

Това е причината за непрекъснатото създаване и изследване на нови алгоритми за локализация, резултатите от които да удовлетворяват поставените изисквания.

Голямото разнообразие на алгоритми се дължи на използването на различни мерки за подобие, на изчисления в различни области (честотна и пространствена), както и на различни методи за ускоряване на изчисленията, изразяващи се в прилагане на техники за намаляване както на броя на съпоставяните характеристики, така и на позициите, за които се извършват тези съпоставяния.

Изборът на подходящ алгоритъм за дадено приложение може да се направи на базата на тяхната комплексна оценка. За съжаление, в рефериранията литература всички сравненията и оценки, които се правят, са самостоятелни и основани на различни показатели, като няма предложен такъв подход, който да обобщава тези показатели и да дава възможност за лесен избор на най-добрия за конкретното приложение алгоритъм.

КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА НА КАЧЕСТВОТО

С количествената оценка на качеството се занимава науката квалиметрия, която е дял от квалитологията [6]. Обект на теоретичната квалиметрия са теоретико-методологичните основи на оценката на качеството. Основните принципи на теоретичната квалиметрия имат абстрактен характер, тъй като не са свързани със свойствата на конкретните обекти и могат да бъдат използвани при оценката на качеството на всякакви обекти. За разлика от теоретичната квалиметрия, приложната изучава и разработва методите за оценяване качеството на конкретните обекти. Приложната квалиметрия неизбежно се опира на принципите и постиженията на теоретичната квалиметрия, като едновременно с това отчита особеностите на конкретните обекти, т. е. прилага принципа на конкретния подход, тъй като не могат да се разработят принципи за оценка на качеството на отделните обекти само на база на теоретичните постановки.

Комплексни показатели за оценка на качеството

Известно е, че всяко изделие (промишлено или друго) се характеризира с множество единични показатели за качеството му, като под показател за качество е прието да се разбира такава числена величина, която е свързана с качеството на изделието чрез строго монотонна зависимост. Естественият стремеж към отчитане на множеството показатели води до необходимостта от комплексна оценка на качеството на изделието [6].

Единичните показатели за качество x_i ($i = 1, 2, \dots, N$) ще определят в общия случай комплексен показател (K) за качеството на оценявания тип обект (изделие), като (1)

$$K = F(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N) \quad (1)$$

Функционалната зависимост F може да бъде изведена на основата на комплексен математически модел на качеството, свързващ отделните единични показатели. Но при оценяване на качеството на обектите, поради разнотипността на единичните показатели, изводът на F в повечето случаи е невъзможен. При тези условия се ползват усреднени комплексни показатели. Най-широко приложение намират квадратичният – K_K (2), геометричният – K_G (3), аритметичният – K_A (4) и хармоничният – K_X (5).

$$K_K = \frac{\left(\sum_{i=1}^N B_i d_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{\sum_{i=1}^N B_i} \quad (2)$$

$$K_A = \frac{\sum_{i=1}^N B_i d_i}{\sum_{i=1}^N B_i} \quad (3)$$

$$K_G = \left(\prod_{i=1}^N d_i^{B_i} \right)^{\frac{1}{\sum_{i=1}^N B_i}} \quad (4)$$

$$K_X = \frac{\sum_{i=1}^N B_i}{\sum_{i=1}^N d_i} \quad (5)$$

В тези формули d_i са нормираните оценки на единичните показатели x_i , т. е. (6)

$$0 < [d_i = f(x_i)] \leq 1, \quad (6)$$

а B_i – съответните коефициенти за приоритетност. Тези коефициенти най-често се определят чрез експертни методи и за опростяване на формулите се приема тяхната сума да е равна на някаква константа (7), в частност – на 1.

$$\sum_{i=1}^N B_i = const. \quad (7)$$

При изчисление на отделните единични показатели се използват положителни инградиенти (когато най-голямата стойност е най-добрата) или се използват реципрочните им варианти (когато най-малката стойност е най-добрата).

Единични показатели за оценка на качествата на алгоритмите

- Показатели за **точност** (измерени при фиксирано ниво на шум):
 - максимално отклонение по X и по Y (DX_{max}, DY_{max});
 - средноквадратична грешка по X и по Y ($\sigma X, \sigma Y$);
 - максимално ъглово отклонение от правилната позиция при наличие на фиксирана ротация в изображението ($D\alpha_{max}$);
 - максимално отклонение при определяне коефициента на мащабиране в случай на фиксирана промяна в мащаба на изображението (DSF_{max+} и DSF_{max-} - при увеличаване и намаляване на изображението респективно).
- Показател за **успеваемост** (измерен при фиксирано ниво на шум):
 - дял на успешните локализации в рамките на допустимото отклонение (NSucc) спрямо всички опити за локализация (в проценти).
- Показател за **бързодействие**:
 - средно време за локализация при едни и същи условия на експериментите (Time).
- Показатели за **устойчивост на деформации**:
 - максимално зашумяване, при което броят на успешните локализации е по-голям от броя на неуспешните или от предварително определен праг (MaxN);
 - максимален ъгъл на ротация, при който броят на успешните локализации е по-голям от броя на неуспешните или от предварително определен праг (MaxR);
 - максимален коефициент на мащабиране, по-голям от 1, при който броят на успешните локализации е по-голям от броя на неуспешните или от предварително определен праг (MaxSF);
 - минимален коефициент на мащабиране, по-малък от 1, при който броят на успешните локализации е по-голям от броя на неуспешните или от предварително определен праг (MinSF).

В таблица 1 са представени получените оценки по посочените критерии за различни алгоритми и при различни деформации на изображенията. Мярката за подобие е нормализираната взаимна корелация. При алгоритмите, които използват множества от точки, е избран фиксиран брой – 100 точки. Размерът на изображението е 64 x 64 пиксела, а на еталона – 32 x 32 пиксела. Показателите $DX_{max}, DY_{max}, \sigma X, \sigma Y$ и NSucc са изчислени при ниво на гаусов шум 50%. Показателят $D\alpha_{max}$ е определен при ротация от $\pm 5^\circ$, показателят DSF_{max+} - при коефициент на

мащабиране 1,1 и показателят $DSF_{\max-}$ - при коефициент на мащабиране 0,9. Мерните единици не са показани, тъй като показатели подлежат на нормиране и в крайна сметка се получават безразмерни величини.

Таблица 1

Алгоритъм \ Показател	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
DX_{\max}	1	24	4	3	1	1	3
DY_{\max}	1	28	4	6	1	1	2
σX	0,0001	0,028	0,006	0,005	0,002	0,001	0,004
σY	0,0001	0,032	0,002	0,014	0,006	0,003	0,006
$D\alpha_{\max}$	8	27	32	18	16	12	24
$DSF_{\max+}$	1,4	1,8	1,73	1,65	1,66	1,53	1,77
$DSF_{\max-}$	0,71	0,66	0,62	0,68	0,69	0,7	0,63
NSucc	100	57	85	92	98	99	97
Time	2863	165	165	187	238	159	143
MaxN	100	25	80	75	95	95	90
MaxR	3	9	8	5	7	6	5
MaxSF	1,3	1,05	1,07	1,1	1,09	1,12	1,07
MinSF	0,8	0,97	0,96	0,93	0,92	0,88	0,97

Данните в таблицата са получени със следните алгоритми за локализация:

- A1 - с подробно търсене върху всички точки;
- A2 - с подробно търсене върху множества от точки от ръбове, селектирани чрез детектор на Sobel;
- A3 - с подробно търсене върху множества от точки от ръбове, селектирани чрез детектор на Roberts;
- A4 - с подробно търсене върху множества от точки от ръбове, селектирани чрез детектор на Marr-Hildreth;
- A5 - с подробно търсене върху множества от точки от ръбове, селектирани чрез детектор на TuPeED;
- A6 - с подробно търсене върху множества от точки, селектирани чрез метода на екипотенциалните равнини EquiP;
- A7 - с грубо към фино търсене с точки, селектирани чрез EquiP.

В нашия случай комплексната оценка ще бъде формирана на базата на 13 различни показателя. За улеснение приемаме, че всички те са с еднакъв коефициент за приоритетност и сумата от тези коефициенти е равна на 1, т. е.

$$B_i = \frac{1}{13}.$$

За определяне на комплексната оценка на представените локализатори, следва изчисляването на всяка от нормираните оценки d_i на единичните показатели x_i .

Така за алгоритъм A6 се получават следните стойности за отделните единични показатели:

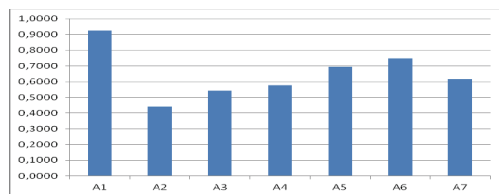
$$DX_{\max A6} = \frac{1}{1}; \quad DY_{\max A6} = \frac{1}{1}; \quad \sigma X_{A6} = \frac{0,0001}{0,001}; \quad \sigma Y_{A6} = \frac{0,0001}{0,003}; \quad D\alpha_{\max A6} = \frac{8}{12};$$

$$DSF_{\max+ A6} = \frac{1,4}{1,53}; \quad DSF_{\max- A6} = \frac{0,7}{0,71}; \quad NSucc_{A6} = \frac{99}{100}; \quad Time_{A6} = \frac{118}{159};$$

$$MaxN_{A6} = \frac{95}{100}; \quad MaxR_{A6} = \frac{3}{6}; \quad MaxSF_{A6} = \frac{0,8}{0,88}; \quad MinSF_{A6} = \frac{0,8}{0,88}.$$

По подобен начин се изчисляват единичните показатели и за другите алгоритми.

По формула 3 се изчисляват комплексните показатели (комплексната оценка) за качеството на сравняваните алгоритми. Получените резултати са представени на фигура 2.



Фиг. 2. Комплексни оценки на качествата на сравняваните алгоритми

Оказва се, че A1 е най-добрият от сравняваните алгоритми. Това се дължи на факта, че болшинството от параметрите са по отношение на точността и има само един параметър, свързан с бързодействието. Ако времето за изпълнение е много важно за приложението, то е желателно неговото тегло в общата формула (7) да бъде променено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложената методика за комплексно оценяване на качествата на локализаторите на еталон в изображение позволява лесното обобщаване на резултатите, получени според различните критерии за оценка, в зависимост от използваните методи и алгоритми за локализация, а също и различните външни фактори като шум, нарушения в целостта на обектите в изображенията и различни деформации. Получената обобщена оценка ще даде възможност на потребителите да изберат най-подходящия за конкретното приложение алгоритъм.

Използвайки предложената методика, комплексната оценка може да се прецизира, добавяйки по указания начин на допълнителни показатели или пък елиминирайки някои от включените.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Arya K.V., P. Gupta, P.K. Kalra, P. Mitra, "Image registration using robust M-estimators", Pattern Recognition Letters 28, pp. 1957–1968, 2007
- [2] Chen J-H., C-S. Chen, Y-S. Chen, "Fast Algorithm for Robust Template Matching with M-estimators", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 51, Issue 1, Jan. 2003, pp. 230 – 243
- [3] Chang-Hsing Lee, Ling-Hwei Chen, "A Fast Motion Estimation Algorithm Based on the Block Sum Pyramid", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 6, No11, pp. 1587-1591, 1997
- [4] S. Yoshimura, T. Kanade, "Fast Template Matching Based on the Normalized Correlation by Using Multiresolution Eigenimages", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 12, No 12, pp. 2086-2093, 1993
- [5] B. Zitova, J. Flusser, "Image Registration Methods: A Survey", Image and Vision Computing, 21, pp. 977 – 1000, 2003
- [6] Недбай А. А., Квалиметрия, Красноярск, 2008, ISBN 978-5-7638-1086-8

Благодарности

Тази разработка е подкрепена финансово от проект: "Подкрепа на творческото развитие на докторанти, постдокторанти и млади учени в областта на компютърните науки", BG 051PO001-3.3.04/13, финансиран от ЕВРОПЕЙСКИ СОЦИАЛЕН ФОНД 2007-2013Г., ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА „РАЗВИТИЕ НА ЧОВЕШКИТЕ РЕСУРСИ“.

За контакти:

Гл. ас. д-р Юлка Петкова, Катедра "Компютърни науки и технологии", Технически университет – Варна, тел.: 052 383 403, e-mail: jppet@abv.bg

Докладът е рецензиран.