

ROBUST METODE FOR ELIMINATION GEOMETRICAL DEFORMATION OF DTP SCANNERS

Vítězslav Obr

Katedra vyšší geodézie, Fakulta stavební ČVUT, Praha

Abstract

Digitalizací analogového obrazu dochází k mnoha zkreslením a ztrátě či změně informací. V tomto článku je analyzována geometrickou složkou těchto faktorů. Jako vhodná a jednoduchá metoda jejich eliminace byla navržena transformace *Thin-Plate Spline*.

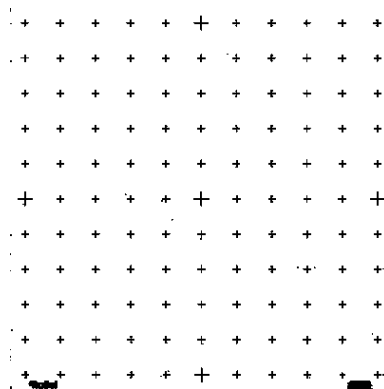
1 Úvod

Digitalizace analogového originálu (fotografie, filmu, technického výkresu ...) pomocí DTP (Desk Top Publishing) je velmi běžnou metodou získání digitálního obrazu. Při digitalizaci umělecké fotografie nehrají geometrické deformace významnou roli. V případě technických výkresu, GIS aplikací, kartografií nebo fotogrammetrie je tento faktor víc než důležitý. I velmi malé zkreslení (desetiny či dokonce setiny milimetru) mohou v plánu malého měřítka způsobit nemalé problémy. Extrémně drahé profesionální fotogrammetrické skenery dosahují přesnosti v řádech mikronů. V představené práci analyzuje geometrické deformace vybraných DTP skenerů a transformaci *Thin-Plate Spline* navrhuje jako vhodnou metodu jejich eliminace.

2 Analýza deformací

Geometrické deformace způsobené digitalizací nelze nikdy zcela eliminovat. Jsou ovlivněny prestižností konstrukce přístroje, především optické části. Jejich charakter a velikost lze popsat na základě analýzy změn tvarů digitálního obrazu vzhledem k analogovému originálu.

K tomuto účelu byla v laboratořích fotogrammetrie ČVUT vytvořena síť křížků 11 x 11 s krokem 5 mm (Obr. 1). Její přesnost je charakterizována směrodatnou odchylkou v poloze 0.003 mm.



Obr. 1 Testovací mřížka

Tento test byl snímán třikrát, aby byla postihnuta stabilita deformací v čase. Souřadnice digitalizovaného testu byli automaticky odečteny se subpixelovou přesností programem RolleiMetric CDW¹. Výsledné hodnoty deformací jsou uvedeny v Tab. 1.

¹ www.rollei.de

Shodnostní transformace	číslo snímání	$\bar{\varepsilon}_{xy}$ *	$m_{v_{xy}}$ **	$\max_{-}\varepsilon_{xy}$ ***
		[micron]		
Microtek ArtixScan 1800 (DTP skener – formát A4)	1	20	11	56
	2	21	11	52
	3	20	12	55
Microtek ArtixScan 2020 (DTP skener – formát A3)	1	77	39	170
	2	78	39	171
	3	69	33	153
Microtek ArtixScan 2500f (DTP skener – formát A4)	1	43	23	100
	2	42	23	95
	3	32	19	83
Minolta DiMAGE Scan Multi PRO (Film skener – formát 6x6 cm)	1	25	12	68
	2	29	14	75
	3	31	15	83
Nikon COOLSCAN 8000 (Film skener – formát 6x6 cm)	1	19	12	45
	2	18	10	42
	3	18	10	42

Tab. 1..Velikosti vektorů deformací testovaných skenerů (*-mean error, **-root mean square error, ***-max absolute error)

3 Eliminace deformací

Metody eliminující geometrické vady zobrazovacího systému lze rozdělit na:

- metody využívající transformace, které postihují fyzickou podstatu vzniku deformací. Jde například o projektivní transformaci popisující středové zobrazení
- metody transformací, které "hrubou silou" minimalizují deformace na základě určité matematické podmínky. Jedná se například o metodu *Thin-Plate Spline* nebo Jungovu transformaci, které jsou aplikovány i v této práci.

Jungova transformace se používá jako druhý krok po Helmertově transformaci [8], kdy zbylé odchylky na identických bodech rozdělíme transformovaným bodům podle vzorců (1)

$$\delta x_i = X_i - x_i, \quad \delta y_i = Y_i - y_i, \quad p_{ij} = \frac{1}{s_{ij}^2}, \quad \delta x_j = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ij} \delta x_i}{\sum_{i=1}^n p_{ij}}, \quad \delta y_j = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ij} \delta y_i}{\sum_{i=1}^n p_{ij}} \quad (1)$$

$P_j(X_j, Y_j)$... určované souřadnice bodů. $P_j(x_j, y_j)$... souřadnice transformovaných bodů.
 $P_i(x_i, y_i)$... souřadnice identických bodů. s_{ij} ... vzdálenost mezi body P_i a P_j .

Metoda *Thin-Plate Spline* řeší 2D interpolační vztah $R^2 \rightarrow R^2$ množiny náhodně rozložených bodů. Přičemž přesně ztotožní identické body. Interpolační funkce (2) se skládá ze dvou částí: afinní transformace s parametry $(a_0 - a_3)$ a nelineární část specifikovaná vektorem \mathbf{w} . Fyzikální představa

Thin plate splines je reprezentována tenkou kovovou deskou, která je přinucena změnit svůj rovinný tvar tak, aby se identické body na desce ztotožnily. Jde tedy o nalezení funkce $f(x,y)$, která přesně ztotožní identické body a zároveň minimalizuje velikosti deformačních sil v kovovém plátu. Transformační rovnice vypadá následovně

$$f(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + \sum_{i=1}^n w_i U_i(r_i) \quad (2)$$

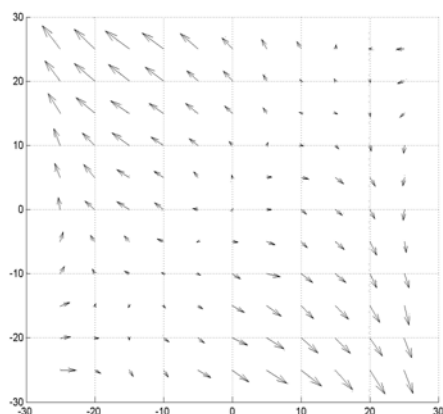
$$U_i(r_i) = r_i^2 \ln(r_i^2) \quad (3)$$

Jde tedy o dvě rovnice, pro každou souřadnici jedna. Neznámými transformačními parametry jsou a_0, a_1, a_2 , vektor w . r_i je průvodič mezi určovaným bodem a body identickými (P_i). Postup odvození výpočtu transformačních koeficientů je uveden např. v [5,6].

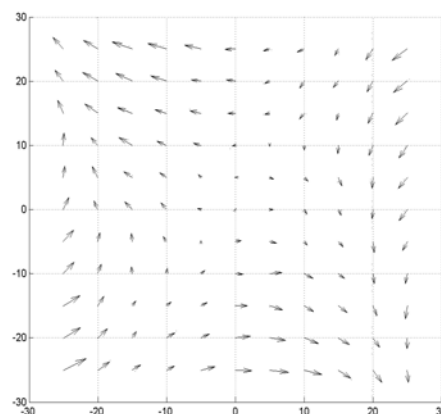
V Tab. 2 jsou uvedeny výsledné velikosti deformací po aplikaci různých transformací pro skenery s nejlepší a nejhorší geometrickou přesností

jednotky: [mm]	Nikon			AS2020		
	$\overline{\varepsilon_{xy}}$	$m_{v_{xy}}$	$\max \overline{\varepsilon_{xy}}$	$\overline{\varepsilon_{xy}}$	$m_{v_{xy}}$	$\max \overline{\varepsilon_{xy}}$
Shodnostní transformace	0.018	0.012	0.045	0.077	0.039	0.170
Podobnostní transformace	0.016	0.007	0.040	0.066	0.029	0.142
Afinní transformace	0.016	0.007	0.038	0.031	0.014	0.069
Jungova transformace	0.005	0.003	0.010	0.013	0.009	0.035
Thin-Plate Spline	0.003	0.002	0.008	0.009	0.006	0.022

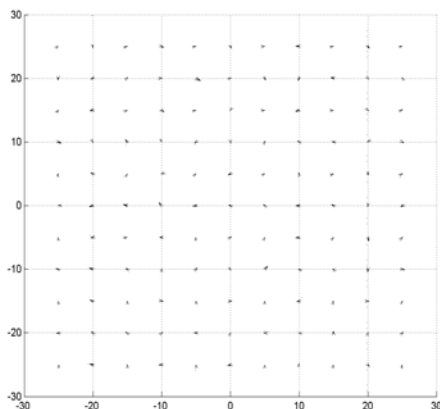
Tab. 2 Velikosti geometrických deformací po aplikaci různých transformací [5,7]



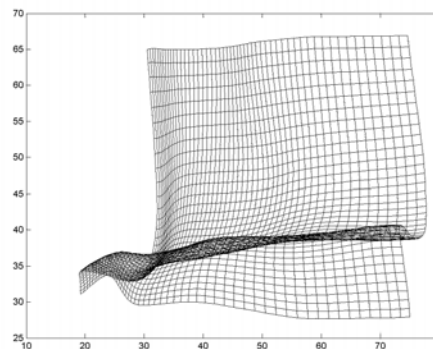
Tab. 3 Nikon 8000 - Vektory deformací (100:1 – osy[mm]) - Shodnostní transformace



Tab. 4 Nikon 8000 - Vektory deformací (100:1 – osy[mm]) - Afinní transformace



Tab. 5 Nikon 8000 - Vektory deformací (100:1 – osy[mm]) - Thin-Plate Splin



Tab. 6 AS2020 - Ukázka transformované čtvercové sítě metodou Thin-Plate Spline, vliv nelienárního členu transformace byl zvětšen 300x => bezrozměrné jednotky os

4 Závěr

V tomto článku byly předvedeny různé typy transformací a jejich vliv na eliminaci deformací vzniklých skenováním obrazových předloh testovanými DTP skenery. Z užitých transformací dosáhla nejlepších výsledků metoda *Thin-Plate Spline*, která dokázala průměrnou velikost deformace snížit o skoro jeden řád (viz. Tab. 2). Nespornou výhodou navrhované metody je její robustnost. Není nutné podrobněji prozkoumat technickou cestu digitalizace v těchto skenerech.

Práce byla vypracována v rámci projektu MSM6840770022 ministerstva školství ČR.

Literatura

- [1] Baltsavias E.P.: *On the performance of photogrammetric scanners*, Photogram-metric Week'99, D. Fritsch and R. Spiller (Eds.), Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 155-173, Zurich, 1999.
- [2] International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 31, part B1, pp. 13-19. Zurich, Switzerland, 1996.
- [3] Baltsavias E.P., Bill R.: *Scanners - a Survey of Current Technology and Future Needs*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 30, part 1, pp. 130-143, Zurich, 1994.
- [4] Baltsavias E.P.: *Test and Calibration Procedures for Image Scanners*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 30, part 1, pp. 163-170. Zurich, 1994a.
- [5] Fred L. Bookstein: *Thin-plate Spline and the Decomposition of Deformations*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No. 6, pp. 567–585, 1989.
- [6] Corouge Isabelle, Barillot Christian: *Use of a probabilistic shape model for non linear registration of 3D scattered data*, IEEE Int. Conf. on Image Processing, ICIP'2001, Pages 149-152, Thessaloniki, Greece, 2001.
- [7] J. Jandorek, J. Ratiborský: *Geodézie IV – způsoby vyrovnání účelových geodetických sítí v E_2 a v E_3* , 1. vyd. Vydavatelství ČVUT, Praha 1995. 169 s

Vítězslav Obr

Department of Advancet Geodesy, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, Thákurova 7, 16629 Praha 6, E-mail: vitezslav.obr@gmail.com