

LOKALIZÁCIA POZÍCIE CHYBY ESTIMÁCIE POHYBU (LOCALISATION OF MOTION ESTIMATION ERROR POSITION)

Mária GAMCOVÁ, Stanislav MARCHEVSKÝ, Ján GAMEC

Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií, Fakulta elektrotechniky a informatiky,
Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská republika, tel. 055/602 4180,
E-mail: maria.gamcova@tuke.sk, stanislav.marchevsky@tuke.sk, jan.gamec@tuke.sk

SUMMARY

This paper presents the analysis of errors produced by block matching motion estimation methods with lower computational cost (fast search algorithms). We try to find an answer on the question what model of distortion can be used and which motion vectors are founded as fault (corrupted by noise). We consider the vector fields obtained by using of full search algorithm (FSA) as lossless data. We take the vectors of movement obtained by using 2D logarithmic (2D log) search procedure as data corrupted by noise. The results of analysis can help optimize post processing of motion vectors in endeavouring to reduce computational cost or regularize vector fields.

Keywords: motion estimation, block matching, motion vector

1. ÚVOD

Účelom estimácie a kompenzácie pohybu je redukcia redundancie spôsobenej medzisnímkovou koreláciou pohybujúcich sa objektov [1], [6]. V perspektívnych systémoch s vysokou schopnosťou kompresie (videokodeky H.261, H.263, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 a H.264 [2], [3]), v ktorých nachádzajú široké uplatnenie algoritmy priradzovania blokov, resp. blokovej podobnosti (Block Matching - BM) [4], [5], [6].

V dôsledku limitácie vyplývajúcej zo snahy dosiahnuť vysokú vernosť predikovaného obrazu BM algoritmy vnášajú tzv. efekt blokov, ktorý je dôsledkom nedostatočnej spojitosti medzi estimovaným a skutočným pohybom v obraze. Pre čiastočné potlačenie tohto nedostatku je možné v ďalšom kroku zrealizovať zrovnomenenie alebo vyhladenie estimovaného vektorového poľa [1]. Pri následnom spracovaní vektorového poľa za účelom zlepšenia výsledkov metód BM je vhodné zohľadňovať nie iba priestorovú spojitosť, ktorá by mohla byť dosiahnutá aplikáciou priestorových filtrov vektorov ale aj zohľadnením miery podobnosti blokov prípadne štatistickými vlastnosťami chýb vektorov.

Tento príspevok je zameraný na analýzu jednej z často spomínaných metód s redukovaným počtom prehľadávacích krokov a to dvojrozmernú logaritmickej metódu (2Dlog) z hľadiska odhadu a lokalizácie potenciálne možnej chyby estimácie vektora pohybu.

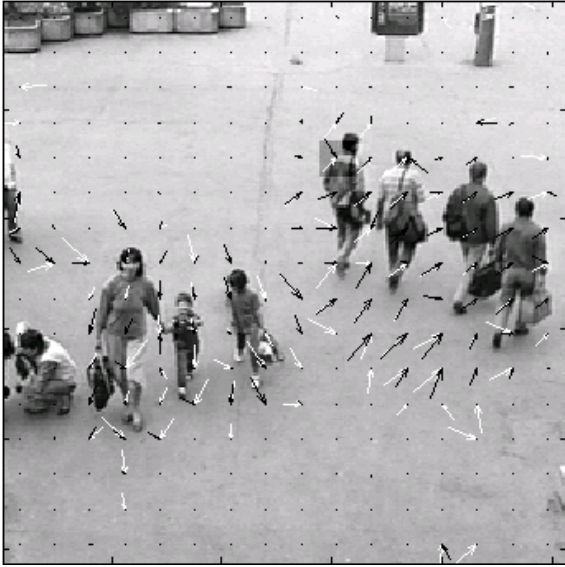
2. PRÍČINY CHÝB 2DLOG METÓDY

Dôležitou podmienkou správneho nájdenia vektora posunutia 2Dlog metódou (ale aj iných BM metód s redukovaným počtom prehľadávacích

krokov) je kvadrantová monotónnosť [7] hodnôt kritéria podobnosti.

Príklad nájdených vektorov pohybu zo sekvencie "Stanica" je na obr. 1, na ktorom je znázornená snímka s nájdenými vektormi pohybu. Čierne vektory sú vektory nájdené 2Dlog metódou pre subbloky s rozmermi (Block size - BS) $BS = 16 \times 16$ [OP] a predpokladané maximálne posunutie $d_m = 13$ [OP] v každom smere. Biele vektory sú vektory pohybu nájdené metódou s úplným prehľadávaním (Full Search - FS), s tými istými parametrami BS a d_m a sú viditeľné pre tie subbloky, v ktorých sa nezhodujú s vektormi získanými 2Dlog metódou. Tmavšou úroveňou jasu je v obrázku zvýraznený jeden zo subblokov, v ktorom nie je zhoda medzi 2Dlog vektorom (čierny) a FS vektorom (biely).

Na obr. 2a sú znázornené všetky hodnoty kritéria MAD (Mean Absolute Difference), ktoré sú vypočítané FS metódou pre zvýraznený subblok z obr. 1 (tmavší štvorec s rozmerom 16×16 [OP]). Počet týchto hodnôt je $(2d_m + 1) \times (2d_m + 1)$, t.j. 27×27 hodnôt. Z obr. 2a je zrejmé, že hodnoty kritéria MAD nevykazujú monotónnosť. Pozícia globálneho minima kritéria MAD korešponduje so skutočným vektorom pohybu. Na obr. 2b sú hodnoty kritéria MAD znázornené ako úrovne sivej, pričom biely bod (v úplne čiernej oblasti) indikuje polohu minima. Biely vektor v obr. 2b je hľadaný vektor posunutia, ktorý nájde FS metóda. Čiernymi čiarkovanými vektormi je znázornený postup hľadania vektora pohybu 2Dlog metódou, pričom čierny vektor vyjadrený súvislou čiernou tučnou čiarou je výsledný nájdený vektor 2Dlog metódou pre zvýraznený subblok z obr. 1. Z obr. 2 je zrejmé, že 2Dlog metódou bol nájdený nesprávny vektor pohybu v dôsledku konvergencie procesu hľadania k miestu lokálneho minima a nie k miestu globálneho minima.



Obr. 1 Snímka zo sekvencie “Stanica“ s vektormi pohybu, nájdenými FS metódou (biele) a 2Dlog metódou (čierno)

Fig. 1 Frame from the image sequence “Railway station” with motion vectors founded by FS method (white) and 2Dlog method (black)

Inou príčinou možných chýb nájdených vektorov pohybu je medzisnímkový šum v obraze (spôsobený vlastnosťami obrazového snímača, odleskami, zmenou osvetlenia, atď.). Ďalšou príčinou môže byť skutočnosť, že iba časť pravouhlého subbloku je podrobená pohybu a zvyšná jeho časť je tvorená statickým pozadím (resp. časť subbloku je statické popredie a časť pohyblivé pozadie).

Vizuálne posúdenie nájdených vektorov pohybu a zohľadnenie príčin možných chýb, generovaných metódami s redukovaným počtom prehľadávacích krokov, naznačuje impulzový charakter chýb [8] (hodnoty impulzového šumu nenadobúdajú iba extrémne hodnoty -salt and peper, ale hodnoty z celého rozsahu). Akceptovaním impulzového modelu (1),

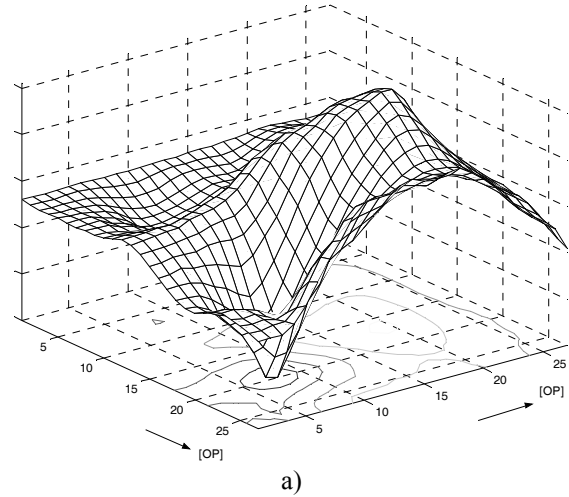
$$y = (1 - ef)s + ef.\dot{s},$$

$$ef = \begin{cases} 1, & \text{pravdepodobnosť } P_{ef} \\ 0, & \text{inak} \end{cases} \quad (1)$$

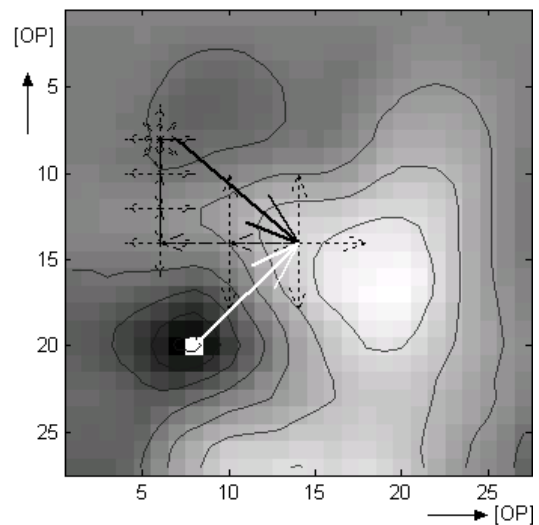
môže byť ef pre zložky vektorov pohybu vyjadrená v tvare :

$$ef(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{ak } [U_{FS}(i, j) \neq U_{2Dl}(i, j)] \cup \\ & [V_{FS}(i, j) \neq V_{2Dl}(i, j)] \\ 0, & \text{inak,} \end{cases} \quad (2)$$

kde symbol \cup reprezentuje logický operátor OR (logický súčet), U_{FS} a U_{2Dl} sú súbory (matice) horizontálnych zložiek vektorov pohybu pre celú, rovnakú snímku, nájdených FS alebo 2Dlog metódou a podobne V_{FS} resp. V_{2Dl} sú súbory vertikálnych zložiek vektorov pohybu pre celú a tú istú snímku, nájdených FS alebo 2Dlog metódou.



a)



b)

Obr. 2 a) Hodnoty MAD, b) hodnoty MAD vyjadrené ako úrovne sivej a postup hľadania vektora posunutia 2Dlog metódou (čierno čiarkované vektory)

Fig. 2 a) Values of MAD, b) values of MAD shown as gray levels and 2Dlog search procedure (black dashed vectors)

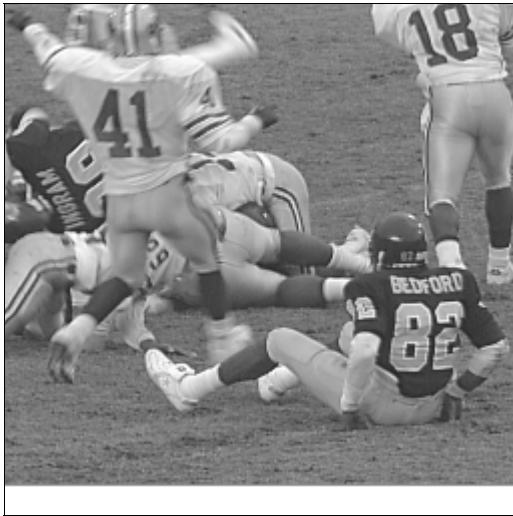
3. ODHAD FUNKCIE CHYBY

Pri diagnostike impulzového rušenia je dôležitým bodom detekcia samotných impulzov. V prípade známeho signálu bez rušenia a signálu s rušením je možné hodnoty impulzového šumu detekovať jednoduchým porovnaním hodnôt týchto dvoch signálov (najpresnejšie – prakticky však obtiažne) alebo detektormi impulzov [9].

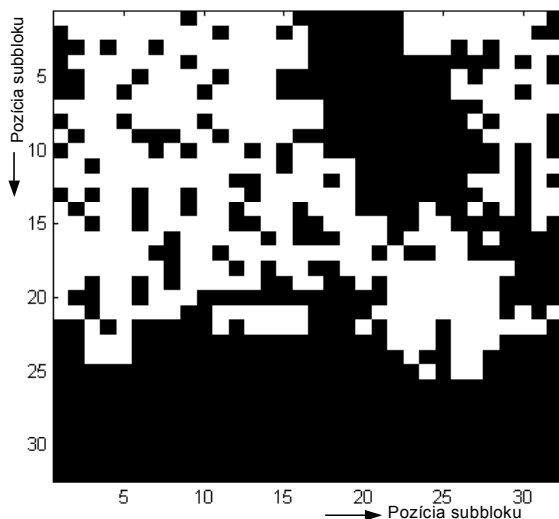
Veľičina $ef(i, j)$, definovaná vzťahom (2) je vlastne funkcia s binárnymi hodnotami. Svojou hodnotou “1” indikuje pozíciu subbloku, v ktorom sa niektorá zo zložiek vektora pohybu získaného 2Dlog metódou nezhoduje s príslušnou zložkou vektora pohybu získaného FS metódou. Daný vektor je tak považovaný za hodnotu impulzového rušenia.

Na obr.4 sú znázornené ako binárny obraz hodnoty funkcie $ef(i, j)$ (biela znamená hodnotu “1”,

čierna "0"), získané zo snímkov sekvencie "Football" (obr. 3) pre 2Dlog metódu s parametrami estimácie $BS = 8 \times 8$ [OP] a $d_m = 10$ [OP].



Obr. 3 Snímka zo sekvencie "Football"
Fig. 3 The frame of sequence "Football"



Obr. 4 Funkcia chyby $ef(i, j)$ pre snímky zo sekvencie "Football" (biela \Leftrightarrow "1", čierna \Leftrightarrow "0")
Fig. 4 Error function $ef(i, j)$ for frames of sequence "Football" (white \Leftrightarrow "1", black \Leftrightarrow "0")

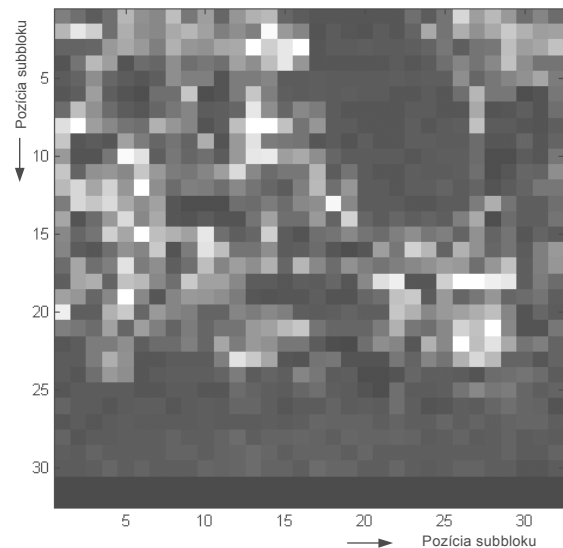
Takéto hľadanie hodnôt funkcie $ef(i, j)$ je však nepraktické, pretože vyžaduje poznanie vektorov pohybu získaných FS metódou (výpočtovo najnáročnejšia).

Užitočnou mierou úspešnosti nájdenia vektora pohybu \vec{V}_B , so zložkami (u_B, v_B) , pre subblok $B(i, j)$ s pozíciou (i, j) , je hodnota kritéria MAD_B s posunutím (u_B, v_B) . Hodnota MAD_B sa vypočíta:

$$MAD_B(i, j, u_B, v_B) = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |X_k(m, n) - X_{k-1}(m+u_B, n+v_B)| \quad (3)$$

kde M, N sú rozmery subbloku v pozícii (i, j) , $X_k(m, n)$ sú hodnoty obrazových prvkov snímky k a $X_{k-1}(m+u_B, n+v_B)$ sú hodnoty predchádzajúcej snímky z vyšetrovanej oblasti s posunutím o nájdený vektor (u_B, v_B) . Táto hodnota nemusí byť pri metódach s redukovaným počtom prehľadávacích krokov minimálna. V takom prípade je možné predpokladať že vektor \vec{V}_B je odhadnutý nesprávne, t.j. zaťažený šumom.

Na obr. 5 sú ako úrovně sivej (od 0 po 256) znázornené hodnoty $MAD_B(i, j, u_B, v_B)$ pre všetky hodnoty pozície subblokov (i, j) , získané zo snímkov sekvencie "Football" pre 2Dlog metódu s parametrami estimácie $BS = 8 \times 8$ [OP] a $d_m = 10$ [OP]. Rozsah hodnôt $MAD_B(i, j, u_B, v_B)$ (pôvodne výrazne menší ako 256) bol kvôli zlepšeniu viditeľnosti normovaný na 256 úrovni.



Obr. 5 Hodnoty funkcie $MAD_B(i, j, u_B, v_B)$ normované na 256 úrovni (svetlejšia-väčšia hodnota, tmavšia-menšia hodnota)

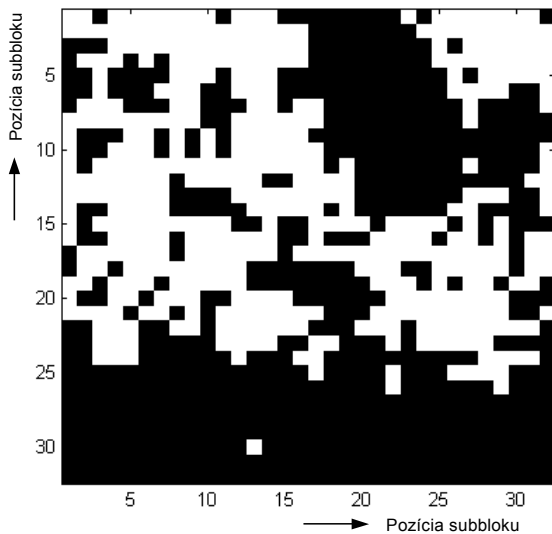
Fig. 5 The values of function $MAD_B(i, j, u_B, v_B)$ normalized to 256 levels (lighter-higher value, darker-lower value)

V prípade, že hodnoty $MAD_B(i, j, u_B, v_B)$ sa považujú za mieru úspešnosti nájdenia vektora pohybu \vec{V}_B , je možné vhodným stanovením prahu T_2 odhadnúť binárnu funkciu $ef_E(i, j)$ pre pozície subblokov (i, j) , ktorá má podobný tvar ako funkcia $ef(i, j)$. Pre zistenie hodnôt funkcie $ef_E(i, j)$ však nie je potrebné poznať vektory pohybu zistené FS metódou. Hodnoty $ef_E(i, j)$ sa vypočítajú:

$$ef_E(i, j, u_B, v_B) = \begin{cases} 1, & \text{ak } MAD_B(i, j, u_B, v_B) > T_2 \\ 0, & \text{ak } MAD_B(i, j, u_B, v_B) \leq T_2 \end{cases} \quad (4)$$

Na obr. 6 sú znázornené ako binárny obraz hodnoty funkcie $ef_E(i, j, u_B, v_B)$ s prahom $T_2=8$ (biela znamená hodnotu "1", čierna "0"), získané zo snímkov sekvencie "Football" pre 2Dlog metódu

s parametrami estimácie $BS = 8 \times 8$ [OP] a $d_m = 10$ [OP]. Vizuálnym posúdením možno konštatovať značnú mieru podobnosti medzi funkciou $ef_E(i, j, u_B, v_B)$ (obr. 6) a funkciou $ef(i, j)$ (obr. 4).



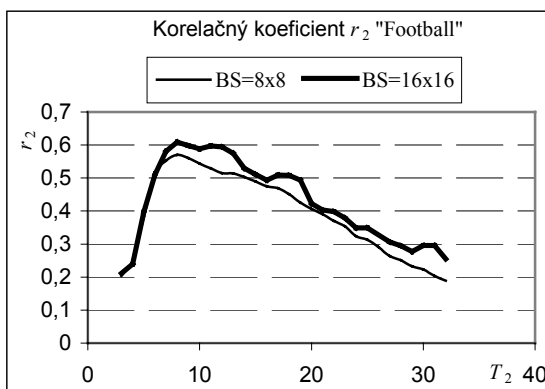
Obr. 6 Funkcia chyby $ef_E(i, j, u_B, v_B)$ pre snímky zo sekvencie "Football" (biela \leftrightarrow "1", čierna \leftrightarrow "0")

Fig. 6 Estimated error function $ef_E(i, j, u_B, v_B)$ for frames of sequence "Football" (white \leftrightarrow "1", black \leftrightarrow "0")

Pre kvantitatívne posúdenie podobnosti sa zvolil korelačný koeficient r_2 dvojrozmerných veličín, ktorý je definovaný:

$$r_2 = \frac{\sum_i \sum_j [ef(i, j) - \overline{ef}] [ef_E(i, j) - \overline{ef_E}]}{\sqrt{\left\{ \sum_i \sum_j [ef(i, j) - \overline{ef}]^2 \right\} \left\{ \sum_i \sum_j [ef_E(i, j) - \overline{ef_E}]^2 \right\}}} \quad (5)$$

kde $\overline{ef_E}$, resp. \overline{ef} znamenajú stredné hodnoty.



Obr. 7 Graf závislosti korelačného koeficienta r_2 od hodnoty prahu T_2 ("Football", $d_m = 10$)

Fig. 7 Chart of correlation coefficient dependency r_2 from value of threshold T_2 ("Football", $d_m = 10$)

V grafe na obr. 7 sú znázornené závislosti korelačného koeficienta r_2 medzi $ef_E(i, j, u_B, v_B)$ a $ef(i, j)$ od hodnôt prahu T_2 pre snímky zo sekvencie "Football". Funkcia $ef_E(i, j, u_B, v_B)$ bola získavaná pomocou 2Dlog metódy s parametrami $BS = 8 \times 8$ a 16×16 [OP].

4. ZÁVER

Z uvedených výsledkov vyplýva, že voľba prahu T_2 vplyva na veľkosť korelačného koeficienta r_2 . Charakter závislosti je pre rôzne hodnoty BS rovnaký ale po prekročení určitej hodnoty prahu prudko stúpne hodnota koeficienta r_2 , pričom ďalším zvyšovaním hodnoty prahu hodnota r_2 pozvoľne klesá. Maximálne hodnoty r_2 sa dosahujú pre odlišné hodnoty T_2 v odlišných sekvenciách (charakter obrazu a miera aktivity). Hodnoty funkcie $ef_E(i, j)$ vykazujú pri vhodnej voľbe prahu T_2 dobrú zhodu s teoretickými hodnotami funkcie $ef(i, j)$. Táto skutočnosť umožňuje zaviesť modifikácie nielen 2Dlog metódy, ale aj iných algoritmov estimácie pohybu s redukovaným počtom prehládavacích krokov, ktorými sa zvýši ich účinnosť a efektívnosť.

LITERATÚRA

- [1] Musmann, H. G. - Pirsch, P. - Grallert, H. J.: Advances in Picture Coding. Proceeding of the IEEE, No.4, April 1985, pp.523 - 536.189-192.
- [2] Sadka, A. H.: Compressed Video Communications, John Wiley and Sons Ltd, 2002.
- [3] Richter, H. - Smolic, A. - Stabernack, B. - Müller, E.: Real Time Global Motion Estimation for an MPEG-4 Video Encoder. Proceedings of Picture Coding Symposium, PCS'2001, April 25-27, 2001, Seoul, Korea, pp.401-404.
- [4] Cheung, H. - Po, L. M.: A Novel Cross-Diamond Search Algorithm for Fast Block Motion Estimation, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 12, no. 12, Dec. 2002.
- [5] Hung, J. - Wong, H.-S. - Wang, J.-H.: A Novel Cellular Search Algorithm for Block-Matching Motion Estimation, International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC '01) p. 0629.
- [6] Jamkar, S. - Belhe, S. - Dravid, S. - Sutaone, M. S.: A comparison of block-matching search algorithms in motion estimation, Proceedings of the 15th international conference on Computer communication, Mumbai, Maharashtra, India, August 2002, p. 730 - 739.
- [7] Jain, J. - Jain, A. K.: Displacement Measurement and Its Applications in Interframe Image Coding. IEEE Transactions on Communications, Vol. 29, No.12, December 1981, pp.1799-1808.

- [8] Gamcová, M. - Marchevský, S. - Gamec, J.: Statistical Analysis of errors in Motion Vectors Fields, 6th International Scientific Conference DSPĽ MCOM'05, September 13-14. 2005, Košice, Slovakia, in press.
- [9] Moucha, V. - Marchevský, S. - Lukáč, R. - Stupák, Cs.: Číslíková filtrácia obrazových signálov, Edičné stredisko Vojenskej leteckej akadémie gen. M.R. Štefánika, Košice, 2000.

BIOGRAPHY

Mária Gamcová was born in 1965 in Rožňava, Slovakia. She graduated from the Technical University Košice with specialization in Radioelectronics, Summa cum laude, in 1989. Since 1989, she has been as an assistant professor of electronics at the Department of Electronics and Multimedia Telecommunications of the Technical University Košice. Her research comprises linear analogue systems and digital signal processing.

Stanislav Marchevský received the M.Sc. in electrical engineering at the Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague, in 1976 and Ph.D. degree in radioelectronics at the Technical University of Košice in 1985. Currently he is a Professor of Electronics and Multimedia Communication Department of Faculty of Electrical Engineering and Informatics of Technical University of Košice. His teaching interests include switching theory, digital television technology, and satellite communications. His research interests include image nonlinear filtering, neural networks, genetic algorithms, and multiuser detection, space-time communication, and power and bandwidth-efficient multiuser communications.

Ján Gamec (Ing., Ph.D.) was born in Stul'any, Slovakia in 1960. He graduated from the Technical University in Košice with specialization in Radiotechnics, Summa cum laude in 1985. He reached a Ph.D. degree in radioelectronics at the Technical University, Košice, Slovakia, in 1995. Since August 1985, he has been as an assistant professor in electronics and information technology at the Technical University of Košice. His main area of scientific research is digital image processing.