

DODATEK A

Znormalizowany zysk filtracji względem filtru dopasowanego

Celem niniejszego dodatku jest wyprowadzenie wyrażenia na zysk filtracji dla filtru liniowego, znormalizowanego względem zysku filtracji dla filtru dopasowanego. Tak zdefiniowany znormalizowany zysk filtracji ma dwie istotne zalety w porównaniu do innych wskaźników określających zdolność filtru liniowego do wyodrębnienia znanego sygnału, zakłóconego białym szumem. Zaletami tymi są:

- prostota obliczeń,
- przejrzysta interpretacja.

Pierwsza z tych zalet zostanie potwierdzona końcowym wynikiem analizy przeprowadzonej w niniejszym dodatku. Druga z tych zalet wymaga krótkiego komentarza. Filtr dopasowany jest abstrakcyjnym pojęciem, definiującym nierealizowalny w praktyce układ liniowy, który zapewnia maksymalną wartość zysku filtracji, przy założeniu, że szum jest biały, a sygnał znany. Teoria stanowi, że dla sygnału wejściowego $s(t)$, posiadającego widmo $S(j\omega)$, odpowiedź impulsowa filtru dopasowanego i transmitancja wynoszą odpowiednio $s(-t)$ i $S^*(j\omega)$, gdzie $S^*(j\omega)$ jest funkcją sprzężoną z $S(j\omega)$, np. [248]. Wartość zysku filtracji dla dowolnego filtru liniowego znormalizowana względem wartości tego wskaźnika dla filtru dopasowanego wyraża w decybelach maksymalną stratę, którą ponosimy stosując rzeczony filtr liniowy zamiast filtru dopasowanego. W szczególnym przypadku, w którym stosujemy filtr dopasowany strata ta wynosi 0 dB, we wszystkich pozostałych przypadkach wyrażona jest ujemną liczbą decybeli, np. [93].

Rozważmy model, w którym do wejść analizowanego filtru liniowego i filtru dopasowanego doprowadzono znany sygnał zakłócony szumem (rys. A1).

Stosunek sygnału do szumu, kolejno na wejściu obu filtrów, na wyjściu filtru liniowego i na wyjściu filtru dopasowanego definiuje się jako:

$$(S/N)_i = 10 \log \left[\frac{s^2(t)|_{\max}}{\sigma_i^2} \right], \text{ [dB]}, \quad (\text{A.1})$$

$$(S/N)_l = 10 \log \left[\frac{g^2(t)|_{\max}}{\sigma_l^2} \right], \text{ [dB]}, \quad (\text{A.2})$$

$$(S/N)_m = 10 \log \left[\frac{v^2(t)|_{\max}}{\sigma_m^2} \right], \text{ [dB]}, \quad (\text{A.3})$$

Zysk filtracji, odpowiednio dla filtru liniowego i dopasowanego, definiuje się następująco:

$$G_l = (S/N)_l - (S/N)_i, \text{ [dB]}, \quad (\text{A.4})$$

$$G_m = (S/N)_m - (S/N)_i, \text{ [dB]}, \quad (\text{A.5})$$

Konsekwentnie, znormalizowany zysk filtracji filtru liniowego względem filtru dopasowanego definiuje się jako

$$G_o = G_l - G_m, \text{ [dB]}, \quad (\text{A.6})$$

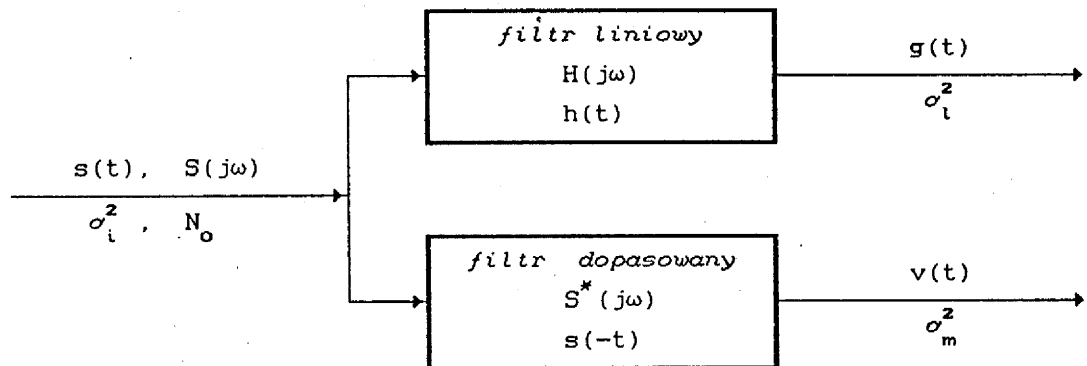
co po podstawieniu (A.4) i (A.5) daje

$$G_o = (S/N)_l - (S/N)_m, \text{ [dB]}. \quad (\text{A.7})$$

Wyrażenie (A.7) określa postać znormalizowanego zysku filtracji, który w pracy został przyjęty jako wskaźnik zdolności filtru do wyróżnienia sygnału zakłóconego białym szumem. Podstawiając definicje (A.2) i (A.3) do (A.7), otrzymujemy:

$$G_o = 10 \log \left[\frac{g^2(t)|_{\max}}{v^2(t)|_{\max}} \cdot \frac{\sigma_m^2}{\sigma_l^2} \right], \text{ [dB]}. \quad (\text{A.8})$$

Wyrażenie (A.8) stanowi podstawę do wyznaczenia znormalizowanego zysku filtracji w oparciu o model przedstawiony na rys. A1.



Rys. A1. Model służący do wyznaczenia znormalizowanego zysku filtracji

- $s(t)$ - sygnał wejściowy,
- $S(j\omega)$ - widmo sygnału wejściowego,
- σ_i^2 - wariancja szumu wejściowego,
- N_o - widmowa gęstość mocy szumu wejściowego,
- $H(j\omega)$ - transmitancja filtru liniowego,
- $h(t)$ - odpowiedź impulsowa filtru liniowego,
- $g(t)$ - sygnał wyjściowy filtru liniowego,
- σ_l^2 - wariancja szumu na wyjściu filtru liniowego,
- $v(t)$ - sygnał wyjściowy filtru dopasowanego,
- σ_m^2 - wariancja szumu na wyjściu filtru dopasowanego.

W nawiązaniu do rys. A1, zauważmy, że sygnał $v(t)$ na wyjściu filtru dopasowanego jest dany funkcją autokorelacji sygnału wejściowego $s(t)$, której wartość maksymalna jest równa energii sygnału $s(t)$. Stąd mamy

$$v(t)_{\max} = E_s = \int_{-\infty}^{\infty} s^2(t) dt. \quad (\text{A.9})$$

Wariancję szumu na wyjściu filtru dopasowanego można przedstawić jako:

$$\sigma_m^2 = \frac{N_o}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega . \quad (\text{A.10})$$

Z twierdzenia Parsewala wynika, że

$$E_s = \int_{-\infty}^{\infty} s^2(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega . \quad (\text{A.11})$$

Podstawiając (A.11) i (A.9) do (A.10), otrzymujemy

$$\sigma_m^2 = N_o \cdot E_s . \quad (\text{A.12})$$

Analogicznie, jak w przypadku (A.10), wariancja szumu na wyjściu filtru liniowego jest dana jako:

$$\sigma_l^2 = \frac{N_o}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |H(j\omega)|^2 d\omega . \quad (\text{A.13})$$

W tym przypadku twierdzenie Parsewala przyjmuje postać

$$\int_{-\infty}^{\infty} h^2(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |H(j\omega)|^2 d\omega . \quad (\text{A.14})$$

Wyrażenie po lewej stronie (A.14) jest nazywane odpowiedzią średniokwadratową filtru liniowego [9]. Należy zauważyć, że odpowiedź średniokwadratowa jest wariancją szumu na wyjściu filtru liniowego, przy założeniu, że widmowa gęstość mocy szumu białego na jego wejściu jest równa 1, tzn. $N_o = 1$.

Podstawiając (A.14) do (A.13), otrzymujemy:

$$\sigma_l^2 = N_o \int_{-\infty}^{\infty} h^2(t) dt . \quad (\text{A.15})$$

Kolejno podstawiając (A.9), (A.12) i (A.15) do (A.8), mamy:

$$G_o = 10 \log \left[\frac{1}{E_s} \cdot \frac{g^2(t)|_{\max}}{\int_{-\infty}^{\infty} h^2(t) dt} \right] , \text{ [dB]} . \quad (\text{A.16})$$

Normalizując sygnał wejściowy w taki sposób, aby jego energia była równa 1, tzn. $E_s = 1$, ostatecznie otrzymujemy:

$$G_o = 10 \log \left[\frac{g^2(t)|_{\max}}{\int_{-\infty}^{\infty} h^2(t) dt} \right] , \text{ [dB]} . \quad (\text{A.17})$$

Zwróćmy uwagę, że wyrażenie w mianowniku (A.17) jest odpowiedzią średniokwadratową analizowanego filtru. Wyznaczenie znormalizowanego zysku filtracji G_o redukuje się więc do obliczenia stosunku sygnału do szumu na wyjściu analizowanego filtru liniowego, przy warunku, że zarówno energia sygnału wejściowego, jak i widmowa gęstość mocy szumu na jego wejściu są równe 1,

Tak znormalizowany wyjściowy stosunek sygnału do szumu oznaczamy przez $(S/N)_o$ i zapisujemy w następującej postaci:

$$(S/N)_o = 10 \log \left[\frac{g^2(t)|_{\max}}{\int_{-\infty}^{\infty} h^2(t) dt} \right], \text{ [dB]}, \quad E_s = 1. \quad (\text{A.18})$$

Dla klasy sygnałów dyskretnych, określonych przez (2.10), (3.2) i (3.4), wyrażenie (A.18) przybiera następującą postać, np. [60], [93]

$$(S/N)_o = 10 \log \left[\frac{g^2(i)|_{\max}}{\sum_{i=-r}^u h^2(i)} \right], \text{ [dB]}, \quad (\text{A.19})$$

przy warunku

$$\sum_{i=-p}^q s^2(i) = 1. \quad (\text{A.20})$$

Jak widać, obliczenie znormalizowanego wyjściowego stosunku sygnału do szumu $(S/N)_o$ jest proste i wymaga wyznaczenia tylko dwóch wielkości: odpowiedzi średniokwadratowej filtru oraz maksymalnej wartości chwilowej sygnału na jego wyjściu, przy warunku, że energia sygnału wejściowego jest równa 1.

Znormalizowany wyjściowy stosunek sygnału do szumu $(S/N)_o$ (A.19) jest wskaźnikiem jakości filtru, wykorzystywanym w niniejszej pracy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A n c e a u x P., G a y B.: Problème inverse en théorie de la couche limite. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 4^e Trimestre, nr 77, 1983, str. 61-71.
- [2] A l c a z a r - F e r n a n d e z J., F r a i l e - P e l a e z F.: A lattice algorithm for L_p deconvolution. Mat. konf. ICASSP 88, vol. 3, N. Jork, 1988, str. 1746-1749.
- [3] A r y a V. K., H o l d e n H. D.: Deconvolution of seismic data - an overview. IEEE Trans. on GE, vol. GE-16, nr 2, 1978, str. 95-98.
- [4] A u d l e y D. R.: Ill-posed and well-posed problems in system identification. IEEE Trans. on AC, vol. AC-19, nr 6, 1974, str. 738-747.
- [5] B a c k u s G. E., G i l b e r t F. J.: Numerical applications of a formalism for geophysical inverse problems. Geoph. J. R. Astr. Soc. vol. 13, 1967, str. 247-276.
- [6] B a m b e r J. C., D a f t C.: Adaptive filtering for reduction of speckle in ultrasonic pulse-echo images. Ultrasonics, vol. 24, nr 1, 1986, str. 41-44.

-
- [7] Bednar J., Bee, Yarlagadda R., Watt T.: L_1 deconvolution and its application to seismic signal processing. Mat. konf. ICASSP 85, vol. 1, 1985, str. 453-456.
- [8] Bekey G. A., Chellappa R., Gronley J. K.: A signal processing approach to estimation of intramuscular potentials. Math. and Computers in Biomedical Applications, North-Holland 1985, str. 373-380.
- [9] Bekey G. A., Karpplus W. A.: Obliczenia hybrydowe, WNT, Warszawa, 1976.
- [10] Berenstein C. A., Taylor B. A., Yger A.: On some explicit deconvolution formulas. Mat. konf. Topical Meeting on Signal Recovery and Synthesis with Incomplete Information and Partial Constraints, WA4, 1983, str. 1-4.
- [11] Berkhout A. B.: Predictive deconvolution of seismic traces. Geophysics, vol. 42, nr 7, 1977, str. 1369-1383.
- [12] Bertero C., De Mol G. A., Viano G. A.: The stability of inverse problems. Inverse Scattering Problems in Optics, (H.P. Baltus Ed.), Topics in Current Physics, vol. 20, 1980, Springer, str. 161-214.
- [13] Bertero M., Poggio T. A., Torre V.: Ill-posed problems in early vision. Proc. of the IEEE, vol. 76, nr 8, 1988, str. 869-889.
- [14] Bille J., Schmitt B., Beck E.: Reconstruction of three-dimensional light-microscopic images by comparing frequency and spatial domain methods. Mat. konf. SFIE Int. Soc. Opt. Eng. vol. 697, 1986, str. 349-356.
- [15] Biraud Y. G.: Les méthodes de deconvolution et leurs limitations fondamentales. Revue de Physique Appliquée, t. 11, nr 2, 1976, str. 203-214.
- [16] Birdsall T. G., Metzger K. Jr.: Factor inverse matched filtering. Jour. Acoust. Soc. Am. vol. 79, nr 1, 1986, str. 91-99.
- [17] Boland F. M., Doyle T.: Deconvolution in real time of noisy signals. Mat. konf. ICASSP 82, Paryż 1982, str. 1853-1857.
- [18] Bolton J. S., Gold E.: The determination of acoustic reflection coefficients by using cepstral techniques. II. Extensions of the technique and considerations of accuracy. J. Sound and Vib. vol. 110, nr 2, 1986, str. 203-222.
- [19] Bumbaca F., Smith K.C.: A practical approach to image restoration for computer vision. Comput. Vis. Graph. Image Process. (USA), vol. 42, nr 2, 1988, str. 220-233.
- [20] Candy J. V., Zicker J. F.: Deconvolution of noise transient signals: A Kalman filtering application. Mat. konf. 24 IEEE Conf on Deconvolution and Control, Orlando 1982, str. 211-216.
-

-
- [21] Cannon M.: Blind deconvolution of spatially invariant image blurs with phase. IEEE Trans. on ASSP, vol. ASSP-24, nr 1, 1976.
- [22] Český T., Mongiardo M.: Antenna pattern deconvolution and restoration of finite extent brightness distribution by a singular value decomposition technique. Alta Frequenza, vol. LV, nr 6, 1986, str. 385-389.
- [23] Chen C. H., Wei-Lien Hsu: A comparison of wavelet deconvolution techniques for ultrasonic NDT. Mat. konf. ICASSP 88, vol. 2, N. Jork, 1988, str. 867-870.
- [24] Cheney E.W.: Introduction to approximation theory. McGraw-Hill, N. York, 1966.
- [25] Chi Chong-Young, Mendel J. M.: Performance of minimum-variance deconvolution filter. Mat. konf. ICASSP 84, 1984, str. 28B.2.1-28B.2.4
- [26] Chiba S.: Utilization of spectral flatness measure for the discrimination of voiced and voiceless stops. Bull. Electrotech. Lab. Japonia, vol. 50, nr 2-3, 1986, str. 140-142.
- [27] Childers D. G., Krishnamurthy A. K., Bocchieri E. L., Naik J. M.: Vocal source and tract models based on speech signal analysis. Math. and Comp. in Biomed. Appl. North-Holland, 1985, str. 335-349.
- [28] Chiollaz M., Escudie B., Biraud Y., Pachiaudi G.: Interferometric acoustic imaging, joint representation and image deconvolution. Mat. konf. ICASSP 82, Paryż 1982, str. 1485-1488.
- [29] Chuang C.: Speech recognition using dual-stage hierarchical structure: gross and fine phonetic features. Mat. konf. ICASSP 86, vol. 4, N. Jork, 1986, str. 2635-2638.
- [30] Civanlar M. R., Trussell H. J.: Signal deconvolution using fuzzy sets. Mat. konf. ICASSP 85, 1985, str. 12.7.1 - 12.7.4.
- [31] Clarkson P. M., Hammond J. K.: Time and frequency selective deconvolution using optimal control. Mat. konf. ICASSP 85, 1985, str. 12.5.1 - 12.5.4.
- [32] Clarkson P. M.: The applications of optimal control methods to the deconvolution of velocity meters signals. Raport badawczy ISVR, nr 128, Univers. Southampton, 1985.
- [33] Clay C. S.: Deconvolution of fish scattering PDF from the echo PDF for a single transducer sonar. J. Acoust. Soc. Am. vol. 73, nr 6, 1983, str. 1989-1994.
- [34] Cohen-Tenoudji F., Quentin G., Tittmann B. K.: Technique d'inversion de l'amplitude rétrodiffusée en vue d'extraire la forme de cibles simples. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 173-182.
-

- [35] C o h e n-T e n o u d j i F., Q u e n t i n G. : Characterization of surfaces by deconvolution of ultrasonic echoes using extended bandwidth. J. Appl. Phys. (USA), vol. 53, nr 6, 1982, str. 4057-4063.
- [36] C o m m e n g e s D. : A new deconvolution technique and its application to the study of vascular systems. Mat. konf. 6 IFAC Symp. on Ident. and Syst. Par. Estim. Waszyngton, 1982, str. 1272-1277.
- [37] C o m m e n g e s D., B r e n d e l A. J. : A deconvolution problem for processing radiotracer dilution curves. Comput. Program. Biomed. vol. 14, 1982, str. 271-276.
- [38] C o m m e n g e s D. : The deconvolution problem: Fast algorithms including the preconditioned conjugate-gradient to compute a MAP estimator. IEEE Trans. on AC, vol. AC-29, nr 3, 1984, str. 229-243.
- [39] C ô t e P., L a g a b r i e l l e R. : Inversion en vitesse et atténuation des mesures de transparence sonique entre forage. Revue du CETHEDDEC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 61-69.
- [40] C o u r a n t R., H i l b e r t D. : Methods of mathematical physics. Vol. I, Interscience Publ. N. Jork, 1953.
- [41] C r u m p N. D. : A Kalman filter approach to the deconvolution of seismic signals. Geophysics, vol. 39, nr 2, 1974, str. 432-444.
- [42] D a h a n a y a k e B. W., W o n g K. M. : Deconvolution in the sequency domain. Mat. konf. ICASSP 85, vol. 1, 1985, str. 438-441.
- [43] D a h l q u i s t G., B j o r c k A. : Metody numeryczne. PWN, Warszawa, 1983.
- [44] D a s s a n a y a k e P., M o r g a n E. B. : Sidelobe reduction of pulses compressed from pseudorandom binary words. Adv. Radar Techn. Londyn, 1985, str. 508-509.
- [45] D a v e y B. L. K., L a n e R. G., B a t e s R. H. T. : Blind deconvolution of noisy complex-valued image. Optics Communications, vol. 69, nr 5-6, 1989, str. 353-356.
- [46] D e l l e r J. R. : Sequential glottal waveform estimation based on set-membership theory. Mat. konf. 9 Ann. Conf. of the IEEE Eng. in Med. and Biolog. Soc. vol. 4, N. Jork, 1987, str. 1842-1843.
- [47] D e m o m e n t G., P o s c a C. L., S a i n t - F e l i x D. : Transducer smearing correction using a microprocessor based discrete deconvolution. Mat. konf. 18 Conf. on Decision and Contr. vol. 2, 1979, str. 842-843.
- [48] D e m o m e n t G., S a i n t - F e l i x D. : Accelerated convergence of the Kaczmarz method by row quasi-ortogonalization for real time deconvolution. E.N.S.I.C. Nancy, July 1982, str. 247-264.
- [49] D e m o m e n t G., S a i n t - F e l i x D. : Déconvolution en temps réel par une méthode sous-optimale rapide. Revue du CETHEDDEC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 133-147.

- [50] Demoment G., Reynaud R., Ségalen A.: Estimation sous-optimale rapide pour la déconvolution en temps-réel. Mat. konf. 9 Colloque GRETSI, Nicea, 1983, str. 205-210.
- [51] Demoment G., Reynaud R., Herment A.: Fast minimum variance deconvolution filter. Mat. konf. ICASSP 84, 1984, str. 28B.3.1-28B.3.4.
- [52] Demoment G., Reynaud R., Herment A.: Range resolution improvement by a fast deconvolution method. Ultrasonic Imaging 6, 1984, str. 435-451.
- [53] Demoment G., Ségalen A.: Adele, a fast suboptimal estimator for real-time deconvolution. Electronics Letters, vol. 19, nr 3, 1983, str. 86-88.
- [54] Deutsch R.: Teoria estymacji. PWN, Warszawa 1969.
- [55] Dickinson R. J.: Comment on Lateral filtering of medical ultrasonic B-scans before image restoration. Ultrasonic Imaging, vol. 7, nr 2, 1985, str. 198-199.
- [56] Dickus R. L.: Impulse response estimation with underwater explosive charge acoustic signals. J. Acoust. Soc. Am. vol. 70, nr 1, 1981, str. 122-133.
- [57] Di Gesu V., Maccarone M. C.: The Bayesian direct deconvolution method: Properties and applications. Signal Processing, vol. 6, nr 3, 1984, str. 201-211.
- [58] Drachman B.: Two methods to deconvolve: L_1 -method using simplex algorithm and L_2 -method using least squares and a parameter. IEEE Trans. on AP, vol. AP-32, nr 3, 1984, str. 219-225.
- [59] Duchene B., Pichot, C., Tabarra W.: Caractérisation d'un objet inhomogène enfoui dans un milieu stratifié. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 19-25.
- [60] Dyka A., Ugowski H.: Minimax sidelobe reduction filtering for Huffman sequence autocorrelation function type signals. IEEE Trans. on CAS, vol. CAS-35 No. 8, 1988, str. 1014-1019.
- [61] Dyka A.: Near minimax algorithm of deconvolution filtering. Electronics Letters, vol. 24, nr 9, 1988, str. 561-562.
- [62] Dyka A., Ugowski H.: A noniterative algorithm for deconvolution-inverse filtering using the Chebyshev minimax norm for the approximation error. Part I: Theory. Int. J. for Comp. and Math. in Electr. and Electron. Eng. "COMPEL", 1989, w druku.
- [63] Dyka A., Ugowski H.: A noniterative algorithm for deconvolution-inverse filtering using the Chebyshev minimax norm for the approximation error. Part II: Performance. Int. J. for Comp. and Math. in Electr. and Electron. Eng. "COMPEL", 1989, w druku.

-
- [64] Dyka A., Marszał J.: Filtr dekonwolucyjny do poprawy rozdzielczości wglębnej impulsów hydrolokacyjnych o obwiedni prostokątnej. Mat. XXVII Otwartego Seminarium z Akustyki, Puławy 1980, str. 153-156.
- [65] Dyka A.: Resolution of rectangular pulses by deconvolution filtering. Mat. III Symposium Maritime Electronic, Rostock 1980, str. 287-290.
- [66] Dyka A.: Badania eksperymentalne filtru do poprawy rozdzielczości wglębnej systemów hydrolokacyjnych. Mat. XXVIII Otwartego Seminarium z Akustyki, Gliwice 1981, str. 125-128.
- [67] Dyka A.: Parametry filtru do poprawy rozdzielczości wglębnej systemów hydrolokacyjnych. Mat. I Sympozjum z Hydroakustyki, Jastrzębia Góra, 1984, str. 108-115.
- [68] Dyka A.: Processing gain against noise and reverberation using a filter for range resolution improvement in sonar systems. Mat. konf. "Meßstochastik", Rostock 1984, str. 64-69.
- [69] Dyka A.: Algorytm filtracji tłumiącej listki boczne sygnałów o postaci funkcji autokorelacji sekwencji Huffmana. Mat. II Sympozjum z Hydroakustyki, Jastrzębia Góra 1985, str. 5-14.
- [70] Dyka A.: Algorytm redukcji poziomu listków bocznych w sygnałach o postaci funkcji autokorelacji sekwencji Huffmana. Mat. XXXII Otwartego Seminarium z Akustyki, Kraków 1985, str. 243-246.
- [71] Dyka A.: Przegląd algorytmów filtracji tłumiącej listki boczne sygnałów dyskretnych. Mat. III Sympozjum z Hydroakustyki, Jastrzębia Góra 1986, str. 57-60.
- [72] Dyka A.: Przybliżona filtracja rozplotowa sygnałów dyskretnych. Mat. II Kraj. Konf. Nauk.-Techn. z Przetw. Syg. w Telekom. Ster. i Kontr. Bydgoszcz 1986, str. 348-351.
- [73] Dyka A.: Sidelobe reduction technique using truncated inverse filter method. Mat. 8 Colloquium on Microwave Communication, - "MICROCOLL", Budapeszt 1986, str. 123-124.
- [74] Dyka A., Pankiewicz L.: Filtr do poprawy rozdzielczości interferujących sygnałów hydrolokacyjnych - badania wstępne. Mat. XXXIII Otwartego Seminarium z Akustyki, Rzeszów 1986, str. 195-198.
- [75] Dyka A., Pankiewicz L.: Filtr do poprawy rozdzielczości wglębnej interferujących sygnałów hydroakustycznych - badania symulacyjne. Mat. IV Sympozjum z Hydroakustyki, Jastrzębia Góra 1987, str. 85-90.
- [76] Dyka A.: Filtering techniques for resolution improvement in sonar systems. Mat. konf. II-nd Specialized FASE Conference, Madryt, 18-20 czerwca 1987, str. 221-227.
-

-
- [77] Dyka A.: Resolution improvement filter for sonar returns. referat przedstawiony na International Symposium on Fisheries Acoustics, ISFA, Seattle; 22-26 czerwca 1987, 21 str. Archives of Acoustics, PAN, Warszawa, w recenzji.
- [78] Dyka A., Ugowski H.: Minimax sidelobe reduction filtering for Huffman sequence autocorrelation function signals type. Mat. European Conference on Circuit Theory and Design, (ECCTD), Paryż, 1-4 września 1987, str. 151-156.
- [79] Dyka A.: Laboratory experiments with an adaptive thresholding system for range resolution improvement in sonar. Proc. of Institute of Acoustics, (W. Bryt.), vol. 11, Pt3, 1989, str. 149-156..
- [80] Dyka A.: Model filtracji poprawiającej rozdzielczość wglębną systemów hydrolokacyjnych. Praca doktorska. Politechnika Gdańska, Gdańsk 1984.
- [81] Dyka A.: Sposób filtracji poprawiającej rozdzielczość prostokątnych impulsów echolokacyjnych. Patent PRL nr 122974.
- [82] Dyka A.: Filtr impulsów lokacyjnych w systemach echolokacyjnych. Patent PRL nr 138560.
- [83] Dyka A.: Filtr ech impulsów lokacyjnych. Zgłoszenie patentowe nr P-261127.
- [84] Dyka A.: Chebyshev minimax deconvolution filtering for a pair of discrete pulses. Mat. konf. VI Sympozjum z Hydroakustyki, Stawiska 1989, str. 101-108.
- [85] Dyka A.: A method of regularization for the inverse of the convolution of finite-length sequences. Electronics Letters, w recenzji.
- [86] Dyka A.: Zagadnienia. filtracji rozplotowej w hydroakustyce. Przegląd Telekomunikacyjny, w recenzji.
- [87] Ehrenberg T.E., Ewart T.E., Morris R.D.: Signal-processing techniques for resolving individual pulses in a multipath signal. J. Acoust. Soc. Am. vol. 63, nr 6, 1978, str. 1861-1865.
- [88] Ekstrom M. P.: A spectral characterization of the ill-conditioning in numerical deconvolution. IEEE Trans on AU, vol. AU-21, nr 4, 1973, str. 344-348.
- [89] El-Sherief H.: Adaptive least squares for parametric spectral estimation and its application to pulse estimation and deconvolution of seismic data. Mat. konf. ICASSP 84, vol. 1, 1984 str. 5.5.1-5.5.4.
- [90] Erikson M.: Noninvasive measurement of arterial diameters in humans using ultrasound echoes with prefiltered waveforms. Med. and Biol. Eng. and Computation, (Wlk. Bryt.), vol. 25, nr 2, 1987, str. 189-194.
-

-
- [91] Er m e r t H., R o h r l e i n G.: Ultrasound reflection-mode computerized tomography for in-vivo imaging of small organs. Mat. konf. 1986 IEEE Ultrasonics Symp. vol. 2, str. 825-828.
- [92] E s c u d i e B., B i r a u d Y. : Un probleme inverse particulier: la deconvolution sous contrainte, application a l'imagerie spatiospectrielle. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 4^e Trimestre, nr 77, 1983, str. 1-19.
- [93] E v a n s R. J., F o r t m a n n T. E.: Optimal resolution of rectangular pulses in noise. IEEE Trans. on AES, vol. AES-11, nr 3, 1975, str. 372-379.
- [94] E v a n s R. J., F o r t m a n n T. E.: Design of optimal line-source antennas. IEEE Trans on AP, vol. AP-23, nr 3, 1975, str. 342-347.
- [95] E v a n s R. J., F o r t m a n n T. E., C a n t o n i A. : Envelope constrained filters, part I: Theory and applications. IEEE Trans. on IT, vol. IT-23, nr 4, 1977, str. 421-434.
- [96] E v a n s R. J., C a n t o n i A. F o r t m a n n T. E. : Envelope constrained filters, part II: Adaptive structures. IEEE Trans. on IT, vol. IT-23, nr 4, 1977, str. 435-444.
- [97] E v a n s R. J., F o r t m a n n T. E. : Improved range resolution filters for rectangular-pulse radar systems. IEEE Trans. on AES, vol. AES-16, nr 2, 1988, str. 238-244.
- [98] F a l c h e t t i F., L e s s e l i e r D., T a b a r r a W.: Détermination de la permittivité et de la conductivité d'un milieu stratifié a l'aide d'un dipole enterré. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 27-33.
- [99] F o r t m a n n T. E., A t h a n s M.: Optimal filter subject to output sidelobes constraints: Theoretical considerations. J. Optim. Th. and Appl. vol. 14, 1974, str. 179-197.
- [100] F o r t m a n n T. E., E v a n s R. J.: Optimal filter subject to output sidelobes constraints: Computational algorithm and numerical results. J. Optim. Th. and Appl. vol. 14, 1974, str. 271-289.
- [101] F r a n k s L. : Teoria sygnałów. PWN, Warszawa, 1975.
- [102] F u s h i k i d a K.: A formant extraction method using autocorrelation domain inverse filtering and focusing method. Mat. ICASSP 88, vol.4, str. 2260-2263.
- [103] G a l v e z L a m o l d a J. M., G o m e z M a r t i n R. : On pole-zero modelling of linear systems. An improvement to ITIF algorithm. Rev. Inf. and Autom. (Hiszpania), vol. 19, nr 1, 1986, str. 7-14.
- [104] G o r d o n R., R a n g a y y a n M. R.: Geometric deconvolution: A meta-algorithm for limited view computed tomography. IEEE Trans on BME, vol. BME-30, nr 12, 1983, str. 806-810.
-

- [105] G o u p i l l a n d P. L.: An approach to inverse filtering of near-surface layer effects from seismic records. *Geophysics*, vol. 26, 1961, str. 754-760.
- [106] G o u s s a r d Y., D e m o m e n t G., G r e n i e r Y.: Deconvolution de processus multi-impulsionnels par algorithmes rapides: Approches AR et MA. Onzieme Colloque Grets, Nicea, 1-5 czerwca 1987, str. 761-764.
- [107] G r a s s o J. R., C u e r M., P a s c a l G.: Imagerie sismique tridimensionnelle de l'interieur de la terre: inversion des anomalies de propagations des ondes sismiques. *Revue du CETHEDC: Ondes et signal*, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 47-59.
- [108] G r i f f i t h s L. J., S m o l k a F. R., T r e m b l y L.: Adaptive deconvolution: A new technique for time varying seismic data. *Geophysics*, vol. 42, 1977, str. 742-759.
- [109] G u i l h o t J. P., G e l y D.: Mesure de l'isolement acoustique des batiments a l'aide d'une source impulsive. *Revue du CETHEDC: Ondes et signal*, 20^e Année - 4^e Trimestre, nr 77, 1983, str. 105-112.
- [110] H a g i n F.: A stable approach to solving one dimensional inverse problems. *S.I.A.M. J. Appl. Math.* vol. 40, nr 3, 1981.
- [111] H a l l e u x I., U y t t e n d a e l e M.: Interpretation quantitative des diagraphies de rayonnement gamma naturel. *Ann. Mines Belg.*, nr 7-8, 1985, str. 319-327.
- [112] H a m m o n d J. K., H a r r i s o n R. F.: Modelling and deconvolution of nonstationary acoustic signals from moving source using a covariance equivalent formulaion. *Mat. konf. ICASSP 84*, vol. 2, 1984, str. 28B.4.1-28B.4.4.
- [113] H a m m o n d J. K., C l a r k s o n P. M., L a n g f o r d J.: Application of optimal control techniques to the deconvolution of velocity meter signals. *Mechanique, Materiaux*, 1982, str. 389-391.
- [114] H a u s l e r G., K o r n e r E.: Imaging with expanded depth of focus. *Zeiss Inf. (NRD)*, vol. 29, nr 98, str. 9-13.
- X [115] H a y k i n S.: Introduction to adaptive filters.: Macmillan Publ. Comp. N. Jork, 1983
- [116] H e l l s t r o m C. .: Statystyczna teoria detekcji. WNT, Warszawa 1964.
- [117] H e r m e n t A.: Deconvolution and tissue characterization. *Rap. naukowy I.D.C.V. INSERM, (Francja)*, informacja prywatna, 27 str.
- [118] H e r m e n t A., D e m o m e n t G., V a y s s e M.: Algorithm for on-line deconvolution of echographic signals. *Acoust. Imag.* vol. 10, 1982, str. 325-345.
- [119] H o l m e s J., B a l a n i s C., T r u m a n W.: Application of Fourier transform for microwave radiometric inversions. *IEEE Trans. on AP*, vol. AP-23, 1975, str. 797-806.

-
- [120] H u a L e e, N o o r b e h e s h t B.: Optimal deconvolution filter for high-resolution NMR spectral parameter estimation. Mat. ICASSP 88, vol. 2, 1988, str. 1316-1319.
- [121] H u n d t E. E., T r a u t e n b e r g E. A.: Digital processing of ultrasonic data by deconvolution. IEEE Trans. on SU, vol. SU-27, 1980, str. 249-252.
- [122] H u n t B. R.: The inverse problem of radiography. Math. Biosci. vol. 8, 1970, str. 161-179.
- [123] H u n t B. R. : A theorem on the difficulty of numerical deconvolution. IEEE Trans. on AU, vol. AU- 20, 1972, str. 94-95.
- [124] H u n t B. R.: Deconvolution of linear systems by constrained regression and its relationship to Wiener theory. IEEE Trans. on AC, Oct. 1982, str. 703-705.
- [125] J a n s s o n P. A.: Deconvolution with application in spectroscopy. Academic Press, Londyn, 1984.
- [126] J a v i d i B., H o r n e r J. L., C a u l f i e l d H. J.: Deconvolution using nonlinear joint transform correlator. Optics Communications, vol. 70, nr 5, 1989, str. 369-372.
- [127] J a v k i n H. R., A n t o n z a s - B a r r o s o N. : Digital inverse filtering for linguistic research. J. Speech and Hear. Res., (USA), vol. 30, nr 1, 1987, str. 122-129.
- [128] J e u r e n s T. J. M., S o m e r J. C., S m e e t s F. A. M., H o e k s A. P. G.: Two-dimensional Wiener inverse filtering in echographic imaging: Possibilities and restrictions. Mat. konf. 14 Int. Symp. on Acoust. Imag. 1985, Plenum Press.
- [129] J o h a n s s o n A., A h i b o m G., Z e t t e r b e r g L.: Event detection using recursively updated lattice filters. Mat. konf. ICASSP 85, vol.2, 1985, str. 623-625.
- [130] J u p p D. L. B., V o z o f f K.: Stable iterative methods for the inversion of geophysical data. Geophys. J. Roy. Astr. Soc. vol. 42, 1975, str.957-976.
- [131] J u r k e v i c s A., W i g g i n s A.: A critique of seismic deconvolution methods. Geophysics, vol. 49, nr 1, 1985.
- [132] K a t s a g g e l k o s A. K., S c h a f e r R. W.: Iterative deconvolution using several distorted versions of an unknown signal. Mat. konf. ICASSP 83, vol. 2, 1983, str. 591-594.
- [133] K a w a u r a J., S u z u k i Y., S o n e T., S o m a J. : A new method of digital inverse filtering of ill conditioned signal. Trans. Inst. Electron. and Commun. Eng. Japan, vol. J69A, nr 7, str. 914-917.
- [134] K e n n e t T. J. et al.: Bayesian deconvolution I: Convergent properties. Nucl. Instr. and Meth. vol. 151, 1978, str. 285-292.
- [135] K e n n e t T. J. et al. : Bayesian deconvolution : Noise properties. Nucl. Instr. and Meth. vol. 151, 1978, str. 293-301.
-

- [136] K e n n e t T. J. et al.: Bayesian deconvolution: Application and algorithm implementation. Nucl. Instr. and Meth. vol. 153, 1978, str. 125-135.
- [137] K i m J. H., L e e B. S., P a r k S. B. : Prior inverse filtering for high resolution pulse-echo images. Mat. konf. 14 Int. Symp. on Acoust. Imag. 1985, Plenum Press.
- [138] K i m J. H., L e e B. S., P a r k S. B. : Prior inverse filtering for the improvement of axial resolution. Ultrasonic Imag. (USA), vol. 7, nr 2, 1985, str. 179-190.
- [139] K o h l W., S c h w a r t z R.: A simple method of realizing the deconvolution of ultrasonic images. Ultrasonics, vol. 19, 1981, str. 272-278.
- [140] K o l l i a s S. D. : A model reduction algorithm by spline approximation in the deconvolution of seismic signals. Mat. konf. ICASSP 83, vol. 3, 1983, str. 1013-1016.
- [141] K o l l i a s S. D.: An adaptive estimator methods using instrumental variables and deconvolution. Int. J. Adapt. Control Sig. Process. (W. Bryt.), vol. 2, nr 2, 1988, str. 79-93.
- [142] K r i s h n a m u r t h y A. K., C h i l d e r s D. G. : Two-channel speech analysis. IEEE Trans. ASSP, vol. ASSP-34, nr 4, 1986, str. 730-743.
- [143] K r ó l i k o w s k i A.: On deterministic evaluation of internal elements of electric circuits by using polynomial-shaped measuring signal. Mat konf Symposium IMEKO on Measurement and Estimation, Bressanone, 1984, str. 193-197.
- [144] K r ó l i k o w s k i A., Z i e l o n k o R.: Application of special-shape signals to measurements for the purpose of electronic system testing. Acta IMEKO 1979, str. 155-164.
- [145] L a i D. C., V e r f a i l l e K., P o t e n z a J. : Median filter as image preprocessor for machine recognition. Opt. Eng. (USA), vol. 24, nr 6, 1985, str. 1030-1037.
- [146] L a i n i o t i s D. G., K a t s i k a s S. K. : L i k o t h a n a s s i s S. D. : Optimal seismic deconvolution. Signal Processing, vol. 15, nr 4, 1988, str. 375-404.
- [147] L a i n i o t i s D. G., K a t s i k a s S. K. : L i k o t h a n a s s i s S. D. : Adaptive deconvolution of seismic signals - performance computational analysis, parallelism. IEEE Trans. on ASSP. vol. ASSP-36, nr 11, 1988, str. 1715-1734.
- [148] L a t h i B. P.: Teoria sygnałów i układów telekomunikacyjnych. PWN, Warszawa 1970.
- [149] L e f e b v r e J. P.: Vers une échographie quantitative: la tomographie d'impedance acoustique. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 159-172.

- [150] L e f k o p o u l o s D., B e r g e r G., F o n r o g e t J.: Problème inverse et détermination de la distribution d'un traceur radioactif dans un organe a partir de données codées. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 149-158.
- [151] L u X. J., Y u F. T. S.: Restoration of out-of-focused color photographic images. Opt. Commun. vol. 45, nr 5-6, 1983, str. 278-283.
- [152] L u c k y R. W.: Automatic equalization for digital communication. BSTJ vol. XLIV, nr 4, 1965, str. 547-588.
- [153] M a c A d a m D. P.: Digital image restoration by constrained deconvolution. J. Opt. Soc. Am. vol. 60, nr 12, 1970, str. 1617-1627.
- [154] M a h a l a n a b i s A. K., S u r e n d r a P r a s a d, M o h a n d a s K. P.: Deconvolution of nonstationary seismic data using adaptive lattice filters. IEEE Trans on ASSP, vol. ASSP-31, nr 3, 1983, str. 591-598.
- [155] M a h a l a n a b i s A. K.: On the application of the fast Kalman algorithm to adaptive deconvolution of seismic data. IEEE Trans. on GE, vol. GE-21, nr 4, 1983, str. 426-433.
- [156] M a k h o u l J.: Linear prediction: A tutorial review. Proc IEEE, vol. 63, nr 4, 1975, str. 561-580.
- [157] M a k o w s k i R.: Identification of some rock mass characteristic using seismic signals. Rap. bad. Inst. Telekom i Akust. Polit. Wrocław. I28/PRE-031/85
- [158] M a k o w s k i R.: Pewne zagadnienia analizy sygnałów sejsmicznych. Mat. konf. XXXII Otwartego Sem. z Akust. Kraków 1985, str. 391-394.
- [159] M a k o w s k i R.: Filtracja odwrotna sygnału w warunkach niepełnej informacji o systemie. Mat. konf. XI Kraj. Konf. Teorii Obw. i Ukł. Elektron., Łódź 1988, str. 206-211.
- [160] M a r i ñ o - A c e b a l J. B., M a y e r - P u j a d a s A., M a s g r a u, E., N a d e u C.: Design of digital equalizers with minimax error. Mat. konf. EUSIPCO 80, 1980, str. 557-560.
- [161] M a r k e l J. D.: Digital inverse filtering - a new tool for formant trajectory estimation. IEEE Trans. on AU, vol. AU-20, nr 2, 1972, str. 129-137.
- [162] M a r t i n e z D. R.: Deconvolution of band-limited signals. Mat. konf. ICASSP 83, vol. 3, 1983, str. 1009-1012.
- [163] M a r u c i R., M e r s e r a u R. M., S c h a f e r R. W.: Constrained iterative deconvolution using a conjugate gradient algorithm. Mat. konf. ICASSP 82, vol. 1, 1982, str. 1845-1848.
- [164] M a s m o u d i M.: Problème inverse de l'équation de Helmholtz. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 4^e Trimestre, nr 77, 1983, str. 113-125.

- [165] M c A u l a y A. D.: Predictive deconvolution of seismic array data for inversion. Mat. konf. ICASSP 85, vol. 1, 1985, str. 180-184.
- [166] M e n d e l J., K o r m y l o J.: New fast optimal white-noise estimator for deconvolution. IEEE Trans. on GE, vol. GE-5, 1977, str. 32-41.
- [167] M e n d e l J.: Minimum variance deconvolution. IEEE Trans. on GE, vol. GE-19, 1981, str. 161-171.
- [168] M e n d e l J.: Optimal seismic deconvolution: An estimation based approach. Ac. Press, 1983.
- [169] M e s s e r s c h m i t t D. G.: A geometric theory of intersymbol interferences. Part I : Zero-forcing and decision-feedback equalization. BSTJ, vol. 52, nr 9, 1973, str. 1483-1519.
- [170] M i l e n k o v i c P. : Glottal inverse filtering by joint estimation of an AR system with a linear input model. IEEE Trans. on ASSP, vol. ASSP-34, nr 1, 1986, str. 28-42.
- [171] M i y o s h i M., K a n e d a Y.: Inverse filtering of room acoustics. IEEE Trans. on ASSP, vol. ASSP-36, nr 2, str. 145-152.
- [172] M o h a r i r P. S.: Deconvolution by cepstral transformation. J. Inst. Electron. and Telecom. Eng. (India), vol. 28, nr 10, str. 515-532.
- [173] M o i r T. J., V i s v a n a t h T. G., C a m p b e l l D. R.: Real-time self-tuning deconvolution filter and smoother. Int. J. Control, vol. 45, nr 3, str. 969-985.
- [174] M o r a w s k i R. Z. : Direct method of measurement signal reconstruction. Mat. konf. 11-th World Congress of IMEKO, Houston, vol. "Applications", 1988, str. 111-121.
- [175] M o r a w s k i R. Z.: Metody odtwarzania sygnałów pomiarowych. Praca habilitacyjna, informacja prywatna, Warszawa 1988.
- [176] M o r h a c M.: Error-free deconvolution and its application in signal processing. Mat. konf. Computer Analysis of Images and Patterns, CAIP 87, Wismar 1987, Berlin Academic-Verlag 1987, str. 48-54.
- [177] M o u r j o p o u l o s J.: A comparative study of least-squares and homomorphic techniques for the inversion of mixed phase signals. ICASSP 82, vol. 1, 1982, str. 1858-1861.
- [178] M o u r j o p o u l o s J.: On the variation and invertibility of room impulse response functions. J. Sound and Vibr. (W. Bryt.), vol. 102, nr 2, 1985, str. 217-228.
- [179] M u l l e r M., W e i g e l t G.: High-resolution astronomical imaging by roll deconvolution of space telescope data. Astron. and Astrophys. (RFN), vol. 175, nr 1-2, 1987, str. 312-318.
- [180] M u l l e r M., W e i g e l t G.: Roll deconvolution of space telescope data: inverse filtering of two speckle interferograms. Mat. konf. Int. Conf. on Speckle, SPIE Int. Soc. Opt. Eng. (USA), vol. 556, 1985, str. 270-273.

-
- [181] N a h m a n N. G u i l l a m e M. E.: Deconvolution of time domain waveforms in the presence of noise. N.B.S. Technical Note 1047. Nat. Bur. of Stand. (USA), Boulder, 1981.
- [182] N a k a y a m a K.: A band-limited signal extrapolation algorithm using pseudo inverse filtering and heuristic optimization. ICASSP 1988, vol. 3, 1988, str. 1754-1757.
- [183] N a s h e d M. Z.: Aspects of generalized inverses in analysis and regularization. Generalized inverses and applications, (Nashed editor), Ac. Press, N. York, 1976.
- [184] O n u r a l L., S c o t t P. D.: Digital decoding of in-line holograms for imaging fractal aggregates. Electronics Letters, vol. 22, nr 21, 1986, str. 1118-1119.
- [185] O p p e n h e i m A. V., S c h a f e r R. W. : Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. WKiŁ, Warszawa, 1979.
- [186] P a d u l o L.: An algorithm for the time-domain inversion of convolution. Mat. konf. 1 Asilomar Conf. Circuits and Systems, 1967, str. 826-835.
- [187] P a r k e r R. L.: Understanding inverse theory. Ann. Rev. Earth Planet. Sc. vol. 5, 1977, str. 35-64.
- [188] P a r r u c k B., R i a d M. S.: An optimization criterion for iterative deconvolution. IEEE Trans. on IM, vol IM-32, nr 1, 1983, str. 137-140.
- [189] P a r r u c k B., R i a d S. M. : Study and performance evaluation of two iterative frequency domain deconvolution techniques IEEE Trans. on IM, vol. IM-33, nr 4, 1984, str. 281-286.
- [190] P e a c o c k K. L., T r e i t e l S.: Predictive deconvolution: Theory and practice. Geophysics, vol. 34, nr 2, Apr. 1969, str. 155-169.
- [191] P e r i o P., S e a n c e s C. R.: Local deconvolution. Acad. Sci. Ser. II, (Francja), vol. 295, nr 11, 1982, str. 927-929.
- [192] P h a m T. T., D e F i g u e i r e d o R. J.P. : Maximum likelihood estimation of a class of non-gaussian densities with application to L_p deconvolution. IEEE Trans on ASSP, vol. ASSP-37, nr 1, 1989, str. 73-82.
- [193] P i k e E. P., et al.: Generalized information theory for inverse problems in signal processing. IEE Proc.-F. Commun. Radar and Signal Process. vol. 131, nr 6, 1984, str. 660-667.
- [194] P i s k o r e k A.: Równania całkowe. Elementy teorii i zastosowania. WNT, Warszawa 1980.
- [195] P r a s a d K., M a h a l a n a b i s A. K.: Adaptive filter structures for deconvolution of seismic signals. IEEE Trans. on GE, vol. GE-18, nr 7, 1980, str. 267-273.
- [196] P r e i s D. : Least - square time-domain deconvolution for transversal-filter equalizers. Electronics Letters, vol. 13, nr 12, 1977, str. 356-357.
-

-
- [197] P r o a k i s J. G.: Digital Communications. Mc Graw-Hill, 1983.
- [198] P r o s t R., G o u t t e R.: Kernel splitting method in support constrained deconvolution for super-resolution. Mat. konf. ICASSP 82, 1982, str. 1841-1844.
- [199] P r o s t R., G o u t t e R.: In - time noniterative fast algorithm for support constrained deconvolution. Mat. konf. ICASSP 83, vol. 2, 1983, str. 647-650.
- [200] P r o s t R., G o u t t e R.: Non - iterative and n - steps iterative support-constrained deconvolution algorithm. Mat. konf. EUSIPCO 83, Erlangen 1983, str. 495-498.
- [201] R h o d a s R. L., E k s t r o m M. P.: Removal of intervening system by deconvolution. IEEE Trans. on IM, vol. IM-17, 1968, str. 333-337.
- [202] R h y n e T. L., S a g a r K. B., W a n n S. L., H a a s l e r G.: A myocardial backscatter parameter with maximal sensitivity to cyclic variation. Mat. konf. IEEE Ultrason. Symp. vol. 2, 1986, str. 902-912.
- [203] R i a d S. M.: The deconvolution problem: An overview. Proc. IEEE, vol. 74, nr 1, 1986, str. 82-85.
- [204] R i a d S. M.: Impulse response evaluation using frequency domain optimal compensation deconvolution. Mat. konf. 23 Midwest Symposium on Circuits and Systems, (USA), Toledo 1980, str. 521-525.
- [205] R i c h a r d V., B a y e r R., C u e r M.: Quelques applications du problème inverse en géophysique. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 71-78.
- [206] R i c h a r d s M. A.: Iterative deconvolution in noncoherent systems. Mat. konf. ICASSP 85, vol. 1, 1985, str. 434-437.
- [207] R i c h a r d s M. A.: Iterative noncoherent angular superresolution. Mat. konf. 1988 IEEE National Radar Conf. N. York 1988, str. 100-105.
- [208] R o b i n s o n D. E., W i n g M.: Lateral deconvolution of ultrasonic beams. Ultrasonic Imag. vol. 6, 1984, str. 1-12.
- [209] R o b i n s o n E. A., T r e i t e l S.: Geophysical signal analysis. Prentice Hall, Inc. 1979.
- [210] R o g e r A.: Problèmes inverses en électromagnétisme étude théorique, numérique et résultats expérimentaux. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 35-45.
- [211] R o n e n J.: Wave equation trace interpolation. Geophysics, vol. 52, nr 7, 1987, str. 973-984.
- [212] R o s s i t e r J.: Signal abstractions in the machine analysis of radar signals for ice profiling. Mat. ICASSP 88, vol. 2, str. 1224-1227.
-

- [213] R o u s s e a u x P., T r o q u e t J.: Deconvolution of time-varying systems by Kalman filtering: Its application to the computation of the active state in the muscle. Signal Processing, vol. 10, nr 3, 1980, str. 291-301.
- [214] S a b a t i e r P. C.: Positivity constraints in linear inverse problem I and II. Geophys. J. Roy. Astr. Soc. vol. 48, 1977, str. 415-466.
- [215] S a b a t i e r P. C.: Application de la théorie de l'inversion. Revue du CETHEDDEC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 1-18.
- [216] S a b b a g h L. D., S a b b a g h H. A. : Some numerical techniques for inverse problems. Mat. 10 Annu. Rev. Progr. Quant. Nondestruc. Eval. Santa Cruz, vol. 3B, 1984, str. 899-906.
- [217] S a n k a r R., G o l d s t e i n J.: Signal processing and pattern recognition approach to transient detection and classification of EEG for the diagnosis of eilepsy. Mat. konf. IEEE Southeastcon 87, vol. 2, 1987, str. 405-408.
- [218] S a r k a r l T. K., T s e n g F. I., D i a n a t S. A., H o l l m a n B. Z.: Impulse response determination in the time domain. IEEE Trans. on AP, vol. AP-30, 1982, str. 657-663.
- [219] S a r k a r l T. K., D i a n a t S. A., H o l l m a n B. Z. : L_2 -approximation of impulse response from time limited input and output: Theory and experiment. ASSP Spectrum Estim. Workshop II , Tampa, (USA), 1983, str. 303-307.
- [220] S a r k a r l T. K., T s e n g F. I., D i a n a t S. A., H o l l m a n B. Z. : Deconvolution by the conjugate gradient method. Mat. konf. ICASSP 85, vol. 1, 1985, str. 445-448.
- [221] S c h a f e r R. W., M e r s e r e a u R. M., R i c h a r d s M. A. : Constrained iterative deconvolution algorithms. Proc. IEEE, vol. 69, nr 4, 1981, str. 432-450.
- [222] S c h o m b e r g H., V o l l m a n W., M a h n k e G.: Lateral inverse filtering of ultrasonic B-scan images. Ultrasonic Imag. vol. 1, 1979, str. 121-135.
- [223] S c h ö m m a r t z G. : Cepstrum und differentialcepstrum. Rap. bad. Uniwersytet im. W. Piecka, Rostok, informacja prywatna.
- [224] S c h w a r t z L.: Metody matematyczne w fizyce. PWN, Warszawa 1980.
- [225] S e n m o t o S., C h i l d e r s D. G.: Signal resolution via digital inverse filtering. IEEE Trans. on AES, vol. AES-8, nr 5, str. 633-640.
- [226] S e z n e c R.: Analyse des structures stratifiées par méthode impulsjonnelle ou hyperfréquences. Revue du CETHEDDEC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 91-106.

- [227] S e z n e c R. : Problème inverse des courants de Foucault application au contrôle non destructif des câbles. Revue du CETHEDC: Ondes et signal, 20^e Année - 4^e Trimestre, nr 77, 1983, str. 21-29.
- [228] S h a n m u g h a m K.S.: Digital and analog communication systems. John Wiley and Sons, 1979.
- [229] S i l v e r m a n H. S., P e a r s o n A. E.: On deconvolution using the Discrete Fourier Transform. IEEE Trans. on AU, vol. AU-21, 1973, str. 112-118.
- [230] S i l v i a M. T., R o b i n s o n E. A. : Deconvolution of geophysical time series in the exploration for oil and natural gas. Elsevier, N. York, 1979.
- [231] S i n c l a i r D.: LPCLIB - LPC analysis and synthesis on an IBM personal computer. IBM Unit. Kingd. Ltd. November 1987.
- [232] S i n g h M., L e a h y R., B r e c h n e r R. : Noise propagation in electronically collimated single photon imaging. IEEE Trans. Nucl. Sci. vol. 35, nr 1, Feb. 1988, str. 772-777.
- [233] S o b l e P., R a n g a y y a n R. M., G o r d o n R.: Quantitative and qualitative evaluation of geometric deconvolution of distortion in limited view tomography. IEEE Trans on BME, vol. BME-32, nr 5, 1985, str. 330-335.
- [234] S o m e r J. C., J o n g s m a F. H. M. : Acousto - optic deconvolution for real time echography. Mat. konf. 14 Int. Symp. on Acoust. Imag. Plenum Press, 1985, str. 437-445.
- [235] S t o c k h a m T. G., Jr., C a n n o n T. M., I n g e b r e t s e n R. B.: Blind deconvolution through digital signal processing. Proc. IEEE, vol. 63, nr 4, 1975, str. 678-692.
- [236] T a r a n t o l a A., V a l e t t e B.: Generalized nonlinear inverse problems using the least squares criterion. Rev. Geophys. and Space Phys. vol. 20, nr 2, 1982, str. 219-232.
- [237] T e m e s C. L.: Sidelobe suppression in a range-channel pulse compression radar. IRE Trans. Mil. Electr. Apr. 1962, str. 162-169.
- [238] T h o m a s G.: Deconvolution and the linear tracking problem. Signal Processing, vol. 2, nr 2, 1980.
- [239] T h o m a s G.: A modified version of Van-Cittert's iterative deconvolution procedure. IEEE Trans. on ASSP, vol. ASSP-29, nr 4, str. 938-939.
- [240] T h o m a s G.: A positive optimal deconvolution procedure. Mat. konf. ICASSP 83, vol. 2, 1983, str. 651-654.
- [241] T h o m a s G., D u s s a u s s o i s C., B u r e t F., A u r i o l P.: Deconvolution without system model or a new blind deconvolution. Mat. konf. ICASSP 85, vol. 1, 1985, str. 442-444.
- [242] T i k h o n o v A. N.: Solution of incorrectly formulated problems. Sov. Mat. Dokl. vol. 4, 1963, str. 1035-1038.

- [243] Tikhonov A. N., Arsenin A. V.: Solution of ill-posed problems. J. Wiley and Sons, 1977.
- [244] Tikhonov A. N., Goncharov A. V.: Ill-posed problems in the natural sciences. MIR Publishers, Moscow, 1987.
- [245] Trussel H. J., Civanlar M. R.: Signal deconvolution by projection onto convex sets. Mat. konf. ICASSP '84, 1984, str. 28B.1.1-28.B.1.4.
- [246] Trussel H. J., Sura P. N.: Signal deconvolution using frequency and time domain magnitude constraints. Mat. konf. Topical Meeting on Signal Recovery and Synthesis with Incomplete Information and Partial Constraints, WA14, 1983, str. 1-4.
- [247] Tseng F. I., Sarkar T.K.: Deconvolution of the impulse response of a conducting sphere by the conjugate gradient method. IEEE Trans. on AP, nr 1 1987, str. 105-110.
- [248] Turin G. L.: An introduction to matched filters. IRE Trans. on Inf. Theory, June 1960, str. 311-329.
- [249] Twomey S.: Introduction in the mathematics of inversion in remote sensing and indirect measurements. Amsterdam, Elsevier, 1977.
- [250] Ugowski H., Dyka A.: On a certain discrete minimax problem in deconvolution-inverse filtering. Int. J. for Comp. and Math. in Electr. and Electron. Eng. "COMPEL", vol. 7, nr 3, 1988, str. 167-177.
- [251] Ugowski H.: Remarks on the ascent algorithm for the linear minimax problem. Int. J. for Comp. and Math. in Electr. and Electron. Eng. "COMPEL", 1988, w druku.
- [252] Ugowski H., Dyka A.: On the convolution inverse of discrete sequences. Part I: Theory and estimation of the truncation error. International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, "COMPEL", w recenzji.
- [253] Ugowski H., Dyka A.: On the convolution inverse of discrete sequences. Part II: Application to solving convolution equations. International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, "COMPEL", w recenzji.
- [254] Ulrych T. J.: Application of deconvolution to seismology. Geophysics, vol. 36, 1971, str. 650-660.
- [255] Ulrych T. J., Matsuo T.: The output of predictive deconvolution. Geophys. Explor. (Japnia) vol. 40, nr 4, 1987, str. 274-281.
- [256] Ursin B., Zheng Y.: Identification of seismic reflections using singular value decomposition. Geophys. Prospect. vol. 33, nr 6, 1985, str. 773-779.
- [257] Van Riel P., Berkhout A. J.: Resolution in seismic trace inversion by parameter estimation. Geophysics, vol. 50, nr 9, 1985, str. 1440-1455.

- [258] V o l l m a n W.: Resolution enhancement of ultrasonic B-scan images by deconvolution. IEEE Trans on SU, vol. SU- 29, 1982, str. 78-83.
- [259] W a l d e n A. T.: A comparison of stochastic gradient and minimum entropy deconvolution algorithms. Signal Processing, Sept. 1988, str. 203-212.
- [260] W a n g J.: An iterative algorithm for inverse filtering. IEEE Trans. on ASSP, vol. ASSP-33, nr 4, 1985, str. 1051-1054.
- [261] W e b s t e r G. M.: Deconvolution. Vol 1 i 2, Geophysics reprint series, SEG, P.O. Box 3098, Tulsa, Okla. 74101, USA.
- [262] W e s t l a k e J. R.: A handbook of numerical matrix inversion and solution of linear equations. J. Wiley and Sons, 1968.
- [263] W e t t a P., B e g u e t B.: Reconstruction des champs sources sonores par projection du champ acoustique sur des bases de fonctions d'ondes appropriées et rétropropagation de ces ondes. Revue du CETHEDDEC: Ondes et signal, 20^e Année - 4^e Trimestre, nr 77, 1983, str. 139-151..
- [264] W o o d L. C., T r e i t e l S. : Seismic signal processing. Proc. IEEE, vol. 63, nr 4, 1975, str. 649-661.
- [265] Y a m a d a A.: On-line deconvolution for the high resolution ultrasonic pulse-echo measurement with narrow-band transducer. Mat. konf. IEEE 1987 Ultrasonic Symposium, vol. 2, 1987, str. 1027-1030.
- [266] Y a n a g i d a M., K a k u s h o O.: Least-squares method for multi-dimensional deconvolution. Mat. konf. ICASSP 82, 1982 str. 1849-1852.
- [267] Y a n c h J. S.: A comparison of deconvolution and windowed subtraction techniques for scatter compensation in SPECT. IEEE Trans. on Med. Imag, nr 1, March 1988, str. 13-20.
- [268] Y e u n g W. K., E v a n s S., K o n g F. N.: A new generalized inverse definition for linear discrete systems. Signal Processing, vol. 11, nr 1, 1988, str. 37-45.
- [269] Z a k h a r i a M. : Problèmes inverses en sonar de pêche: possibilités et limitations. Revue du CETHEDDEC: Ondes et signal, 20^e Année - 3^e Trimestre, nr 76, 1983, str. 79-90.
- [270] Z e l e n k o v A. V.: Method of resolving pulses in additive signals using inverse filtering and linear prediction. Optoelectron. Instrum. Data Process. nr 2, 1985, str. 1-2.
- [271] Z h o u Y., C h e l l a p a R., B e k e y G., B o n t r a g e r E.: Estimation of filtering properties of living tissue for inverse filtering of surface EMG signals. Mat. konf. ICASSP 87, vol. 3, 1987, str. 1774-1777.
- [272] Z i e l o n k o R., K r ó l i k o w s k i A.: Some principles in designing of measuring-signal shape. Mat. konf. 11-th World Congress of IMEKO, Houston, vol. 5, 1988, str. 253-260.

- [273] Ziolkowski A.: Further thoughts on Popperian geophysics - the example of deconvolution. Geoph. Prosp. vol. 30, str. 155-156.
- [274] Ziolkowski A.: Deconvolution. Reidel Publ. Comp. 1984.

Streszczenie w języku angielskim

LINEAR DECONVOLUTION FILTERING WITH RESPECT TO FINITE-TIME SIGNALS

The purpose of the work is the review and time-domain analysis of linear deconvolution filtering methods with respect to finite-time signals. First, the conditions of existence and uniqueness of the solution to the ideal deconvolution filtering problem, and the approximate solution which consists in the truncation of an infinite series are studied. Consequently, the deconvolution filtering problems in terms of approximation theory is formulated. Substantially, approximation theory approach consists in the minimization of the approximation error norm. The following cases of this norm are considered,

- the norm in the space L_1 , which minimization gives an analytic solution in the form of Zero-Forcing-Filter (ZFF),
- the norm in the space L_2 , which minimization leads to an analytic solution given by the least-squares method,
- the norm in the space L_∞ , which minimization leads to a minimax Chebyshev problem, that in general is solved using iterative procedures.

A particular attention is paid to the norm in the space L_∞ . The solution to the minimax problem of deconvolution filtering using the de La Vallée Poussin method leading to an iterative algorithm is discussed. It is proved, that for a certain class of even signals there exists a noniterative algorithm D, which gives the exact solution to the minimax filtering problem considered. Moreover, it is found that for a large class of signals the algorithm discussed gives the solution being close to the minimax solution. This in turn can be a basis for deriving the exact minimax solution using an iterative procedure - often in a single iteration. In addition the tradeoffs between the approximation error and the output signal-to-noise ratio are examined. Finally, the "ill-posedness" of deconvolution problem and ill-conditioning of its equations is briefly discussed.

Streszczenie w języku rosyjskim

ЛИНЕЙНАЯ РАЗВЕРТОЧНАЯ ФИЛТРАЦИЯ ПО ОТНОШЕНИЮ К СИГНАЛАМ
ОГРАНИЧЕННЫМ ПО ВРЕМЕНИ

Цель работы - обзор и анализ линейных методов развёрточной фильтрации по

отношению к сигналам ограниченным по времени проведенный в области времени. Рассмотрено условия существования и однозначность решения проблемы идеальной развёрточной фильтрации и проведено анализ приближенного решения полученного при ограниченном числе членов бесконечного ряда. Затем, сформулировано проблему развёрточной фильтрации с использованием теории аппроксимации, причем была минимизирована норма ошибки аппроксимации. Рассмотрено три случая этой нормы, соответственно,

- норма в пространстве L_1 , минимизация которой приводит к аналитическому решению фильтра Нуль-Форсера ZFF, (анг. Zero-Forcing-Filter),
- норма в пространстве L_2 , минимизация которой приводит к аналитическому решению методом наименьших квадратов,
- норма в пространстве L_∞ , минимизация которой приводит к проблеме минимакс Чебышева, которая в общности может быть решена итерационными методами.

Особое внимание уделено норме в пространстве L_∞ . Проанализировано решение проблемы развёрточной фильтрации с использованием метода de La Vallée Poussin, ведущего к итерационному алгоритму. Выказано, что для некоторого класса чётных сигналов существует неитерационный алгоритм D, дающий возможность найти аналитическое минимаксное решение этой проблемы. Показано также, что для широкого класса сигналов этот алгоритм позволяет найти аналитическое решение, близкое минимаксному, что можно использовать для быстрого получения минимаксного решения итерационным методом - часто за одну итерацию. Кроме этого, получено и представлено связь между величиной ошибки аппроксимации и выходным отношением сигнала к помехе, а также рассмотрено проблему некорректности задачи развёрточной фильтрации и плохой обусловленности её уравнений.

Podziękowania

Autor wyraża gorące podziękowania następującym osobom, które przyczyniły się do powstania pracy w jej niniejszym kształcie:

- Zonie i dzieciom - za wyrozumiałość i cierpliwość.
- Recenzentom pracy, prof. dr. inż. Andrzejowi Guzińskiemu i doc. dr. inż. Andrzejowi Materce - za krytyczne recenzje.
- Dr. Henrykowi Ugowskiemu - za owocną współpracę merytoryczną.
- Dr. inż. Andrzejowi Kulowskiemu i dr. inż. Tadeuszowi Milancejowi - za rzeczową i cierpliwą dyskusję nad treścią pracy.
- Kierownictwu C.P.B.P. 02.16.4.2, prof. dr. inż. Marianowi Zientalskiemu i dr. inż. Romanowi Salamonowi - za finansowanie prac badawczych.
- Wszystkim, których życzliwość ułatwiła powstanie niniejszej pracy.