



As Técnicas NASVD e MNF e sua Aplicação na Redução de Ruídos em Dados Gamaespectrométricos

Francisco de Assis Cavallaro*^{1,3}, Rodrigo S. Portugal¹, Adalene M. Silva², Ariathemis M. Bizuti¹
¹IG/Unicamp, ²IG/UNB, ³AGPLA–AeroGeoPhysica Latinoamerica

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

As medidas em gamaespectrometria governadas por leis estatísticas geram taxas de contagem sempre "ruídas" se utilizados períodos curtos para cada medida. Filtros utilizados e correções feitas no processamento destes dados não são suficientes para remover ou diminuir ruídos. Dois métodos estatísticos que atuam diretamente nos dados coletados, ou nos espectros, para a remoção destes ruídos são o NASVD e o MNF. Neste trabalho eles foram implementados no ambiente de processamento do software OASIS MONTAJ e aplicados na área compreendida pelos blocos I e II do levantamento aerogeofísico da porção oeste da Província Mineral do Tapajós, entre os Estados do Pará e Amazonas. Os dados filtrados e não-filtrados foram processados com os coeficientes da empresa Lasa Engenharia e Prospecções S.A, e comparados.

Introdução

O método gamaespectrométrico é usado principalmente para mapeamento geológico e exploração mineral, pois, as mudanças na concentração de Potássio (K), Urânio (U) e Tório (Th) acompanham as principais mudanças da litologia.

Espectrômetros modernos podem registrar no mínimo 256 canais de dados num intervalo de energia de 0 – 3 MeV (Fig. 1). Estes dados são somados em três janelas características de energia: Potássio, Urânio e Tório. Estas janelas sofrem correções *livetime* e *background* (IAEA 1991), remoção de radiação cósmica e radônio da atmosfera. As janelas são então submetidas ao processo de *stripping* (IAEA 1991) e conversão de razões de contagem para concentrações aparentes de radioelementos (IAEA 1991, Oasis-Montaj).

O processamento atual de dados gamaespectrométricos mostra que mesmo após esta etapa, ainda verifica-se ruído no espectro. Vários métodos vêm sendo sugeridos

na literatura para remover este ruído remanescente, entre os quais estão o *noise-adjusted singular value decomposition* – NASVD (Hovgaard 1997, Hovgaard & Grasty 1997, Minty & McFadden 1998) e *maximum noise fraction* – MNF (Green et al. 1988, Dickson & Taylor 1998, 1999 & 2000).

Estes métodos foram analisados e implementados como bibliotecas (Matlab e C++) e acoplado ao ambiente do software Oasis Montaj - Versão 5.18 da Geosoft, depois foram aplicados a uma área de estudo que compreende dois blocos, I e II do levantamento aerogeofísico, com linhas de vôo com altura de 100m e espaçadas entre 1.000 e 13.000m na direção N-S para as linhas de vôo e E-W para as linhas de controle, recobrando a porção oeste da Província Mineral do Tapajós - sudeste do Estado do Pará e sudeste do Estado do Amazonas e compreende uma área de 74.979km² (CPRM).

Metodologia/ Problema Investigado

A Análise dos Componentes Principais (APC) considera que o sinal, ou a informação contida no dado, é aquele que tem maior variância e o ruído, o que possui menor variância. Assim, considere um conjunto "A" de *m* espectros (Fig. 1) com 256 canais, as principais componentes deste conjunto são os autovalores da matriz de covariância. Este tipo de análise gera 256 autovetores (Principais Componentes) e 256 autovalores (autovetores em relação a A). Eles são as variâncias de cada autovetor e somados resultam na variação total no espectro.

Verificando um espectro típico gamaespectrométrico nota-se que canais de baixas energias têm razão de contagem superior aos canais de altas energias. Isto significa que estes canais dominam a APC. O problema é que os canais de baixas energias possuem erros com alta variância em relação aos canais de altas energias. Isto significa que o ruído, em alguns canais, terá maior peso na APC que no sinal. Uma saída para resolver este problema é normalizar o ruído em todos os canais, igualando os pesos do mesmo no espectro.

Neste ponto é que os métodos NASVD e MNF atuam, pois, ambos fazem essencialmente uma APC dos espectros brutos. A principal diferença entre eles é como

eles normalizam os espectros brutos em relação ao ruído.

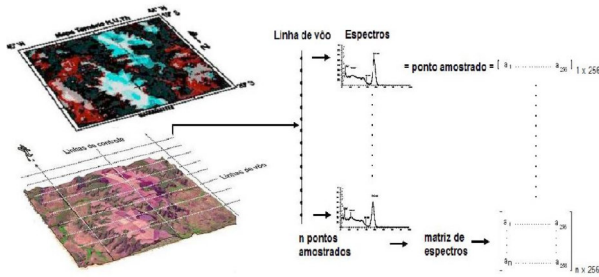


Figura 1 – Diagrama ilustrativo dos pontos amostrados em uma linha de voo e sua matriz de espectros.

NASVD é uma técnica para remover ruído de dados gamaespectrométricos brutos usando a análise de componentes espectrais. As componentes de ordem inferior são interpretadas como sinal e as de ordem superior como ruído, sendo estas últimas desprezadas. O procedimento NASVD baseia-se na análise estatística multivariada para extrair o espectro dominante dos dados brutos (NOBLE, 1977). Portanto, o ruído é removido reconstruindo o espectro com autovetores e amplitudes de baixas ordens.

A vulnerabilidade da APC para a eliminação do ruído é resultante da priorização da variância no ordenamento dos dados, ao invés da razão sinal/ruído. Assim sendo, Green *et al.* (1998) propuseram o procedimento estatístico MNF, que enfoca o ruído em depreciação da variância do dado. O MNF promove a maximização do ruído ao invés da variância dos dados, o que proporciona um ordenamento que reflete a qualidade do sinal. Ao invés de escolher uma nova componente para maximizar a variância, agora se escolhe maximizar a razão sinal/ruído (GREEN *et al.*, 1988).

Resultados

Na primeira etapa efetuou-se análise estatística dos espectros filtrados para estabelecer um procedimento de escolha da quantidade de componentes e assim obter uma melhor filtragem. Este procedimento consistiu na diferença entre o espectro bruto e espectro filtrado ("ruído"). Fazendo à média desta diferença, esta tenderá a zero, servindo de parâmetro para indicar qual filtro e quantidade de componentes, pode ser adotado como escolha mais adequada.

A Tab. 1 mostra o desvio percentual do Urânio, Potássio e Tório em relação ao filtro utilizado, com seu respectivo desvio padrão.

A escolha dos filtros NASVD e MNF com 8 e 16 componentes respectivamente, está ligado ao valor do desvio percentual do Urânio para o MNF ser o menor, tornando-se importante devido ao canal ser mais ruidoso. Apesar do desvio percentual do Potássio não ser o menor, seu desvio padrão é menor em relação ao filtro MNF com 8 componentes. O Tório é o menos afetado pelo ruído e como no processamento usa-se diretamente os dados brutos sem filtragem, este não foi analisado. No

filtro NASVD o valor de desvio percentual é muito alto em relação aos valores do filtro MNF, indicando perda de sinal. Assim, a escolha do filtro NASVD com 8 componentes seria a mais indicada por possuir os menores valores de desvio percentual para o Urânio e Potássio. O desvio percentual foi aplicado também ao filtro Passa-Baixa (*Low-Pass*).

Tabela 1 - Desvio Percentual das janelas dos filtros NASVD, MNF e Passa-Baixa.

	Urânio	σ_U	Potássio	σ_K	Tório	σ_{Th}
NASVD_4	24,64	18,28	13,54	18,68	30,33	30,22
NASVD_8	23,93	17,58	13,34	15,76	32,10	30,24
NASVD_16	23,96	17,30	13,56	15,60	33,03	28,50
NASVD_32	24,11	16,11	14,67	13,05	34,25	25,00
NASVD_64	24,15	15,34	16,02	8,65	36,03	23,10
MNF_4	1,48	20,01	1,10	18,03	8,31	39,64
MNF_8	0,75	20,08	0,78	18,04	5,98	37,89
MNF_16	0,68	20,06	0,99	17,76	4,59	37,89
MNF_32	0,70	19,18	2,10	14,48	2,24	28,30
MNF_64	1,50	15,71	3,46	8,40	0,58	22,71
LOW PASS	1,91	13,96	78,14	28,14	56,37	30,96

A segunda etapa foi analisar, visualmente, o efeito do filtro Passa-Baixa em dados brutos de Urânio, Potássio e Tório e comparando-os com seus dados brutos. Da mesma forma pode-se analisar o produto das filtragens NASVD e MNF no canal Urânio e compará-los aos respectivos canais brutos.

A etapa final concentrou-se na confecção de mapas, basicamente do Urânio e Potássio, dos dados gamaespectrométricos filtrados ou não e pós-processados. Do total de mapas confeccionados alguns foram selecionados e agrupados de forma facilitar a análise visual dos resultados.

Seguindo a escolha feita através da Tab. 1 os mapas de Urânio correspondentes aos filtros NASVD e MNF com 8 e 16 componentes respectivamente, foram colocados lado a lado e comparados aos mapas de Urânio bruto e filtrado com Passa-Baixa. A Fig. 2 mostra os mapas de Urânio pós-processados sem filtragem (a), NASVD (b), Passa-Baixa (c) e MNF (d). Também mostra uma área selecionada (retângulo branco) e ampliada onde foram assinaladas feições (anomalias) em círculos pretos e identificados pelas letras "A", "B", "C" e "D", onde se observa o aumento do ganho na resolução.

O Potássio é o de mais baixa energia tornando-se mais suscetível ao ruído. Observando os valores de desvio percentual do filtro MNF e NASVD na Tab. 1 escolheu-se o filtro com 16 e 64 componentes, respectivamente. O valor de desvio percentual escolhido do MNF é o segundo menor, mas este valor possui desvio padrão menor. O filtro NASVD escolhido foi o de 64 componentes, pois apresentou um desvio padrão menor, apesar de possuir o maior valor de desvio percentual.

Na Fig. 3 pode-se perceber as diferenças na resolução das feições (anomalias) com maior detalhamento nas imagens ampliadas de pequenas áreas. As imagens ampliadas foram filtradas com MNF e NASVD (detalhes

nos círculos pretos “A” e “B”) se destacam, pois apresentaram maior ganho em resolução nas imagens correspondentes aos não filtrado e filtrado pelo Passa-Baixa. Os mapas da Fig 4, 4(b) e 4(c), mostram basicamente ruídos, com valores próximos a zero e quantidade de sinal muito pequena. Porém, a Fig. 4(a) mostra uma visualização muito parecida com a do Urânio. A quantidade de sinal é mais expressiva que a dos outros filtros e distribuído por toda a área estudada, demonstrando que o seu efeito foi muito forte, isto é, o sinal é excessivamente cortado.

Discussão e Conclusões

Os filtros MNF e NASVD atuam utilizando a estatística como alicerce, mostraram ser alternativa bastante promissora como ferramentas de auxílio no processamento de dados gamaespectrométricos.

O destaque é que o filtro MNF conseguiu ter uma atuação muito mais vantajosa que o procedimento usual e que o filtro NASVD. O resultado apresentado por este filtro mostra, através dos perfis e mapas, que com certeza os produtos finais terão uma sensível melhora em resolução e, conseqüentemente, melhor qualidade.

Quando ao filtro NASVD, apesar de apresentar um resultado bom, ainda precisa ser mais bem estudado, aplicando-o em varias áreas com cobertura conhecida em aerolevantamento e geologia, pois, apesar de se conseguir minimizar o ruído e melhorar a qualidade dos mapas, o resultado ficou abaixo do esperado, necessitando, portanto, de melhor investigação. Mas este fato não o inviabiliza, apenas indica que ele deve ser melhor estudado, talvez alterando a forma de aplicação, como sugerido em algumas publicações que fazem uso de clusterização (por exemplo: Minty & McFadden, 1998). Outro aspecto é o da escolha do filtro a ser utilizado. Apesar deste trabalho sugerir um procedimento de escolha da quantidade de componentes através de diferenças entre os dados brutos e dados filtrados, é importante deixar bem claro que decisões a serem tomadas dependem, e muito, da experiência do geofísico que está processando, ampliando o leque de opções que ele possa utilizar.

Portanto, os resultados descritos neste trabalho demonstram que os filtros NASVD e MNF são alternativas que contribuirão, de forma positiva, positivamente na melhoria da qualidade dos produtos finais.

Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa FUGRO, mais especificamente a Luis Braga e César Marinho por ceder gentilmente os dados da área de estudo. Também aos colegas geofísicos Luciano Konzen e Leandro Moutinho pelas inúmeras discussões e sugestões.

Referências

IAEA, 1991. Airborne Gamma Ray Spectrometer Surveying. Technical reports series No. 323, International Atomic Energy Agency, Vienna.

Hovgaard, J., 1997. A new processing method for airborne gamma-ray spectrometer data (noise adjusted Value Decomposition). Am. Nucl. Soc. Sixth Topical Meeting on Emergency Preparedness and Response, 123-127.

Hovgaard, J. & Grasty, R.L., 1997. **Reducing statistical noise in airborne gamma-ray data through spectral component analysis**. In Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial Conference on Mineral Exploration, (ed. A.G. Gubins), 753-764.

Minty, B. & McFadden, P., 1998. Improved NASVD smoothing of airborne gamma-ray spectra. Exploration Geophysics 29, 516-523.

Green, A. A., Berman, M. Switer, P & Craig, M.D., 1988. A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal. IEEE Trans. Geosci. and Remote Sensing, GE-26, 65-74.

Dickson, B & Taylor, G, 1998. Noise reduction of aerial gamma-ray surveys. Exploration Geophysics 29, 234-329.

Dickson, B & Taylor, G, 1999. Why the maximum noise fraction (MNF) method cleans gamma-ray surveys so well. Preview, june 1999, 14-17.

Dickson, B & Taylor, G, 2000. Maximum noise fraction method reveals detail in aerial gamma-ray surveys. Exploration Geophysics 31, 73-77.

CPRM, - acessado: julho/2008 - Projeto Aerogeofísico Província Aurífera do Tapajós.
<ftp://ftp.cprm.gov.br/pub/pdf/tapajos/promin.html>

Noble, B, James W. D., 1977. Álgebra Linear Aplicada, Ed. Prentice-Hall do Brasil Ltda, Rio de Janeiro, capítulo 9.

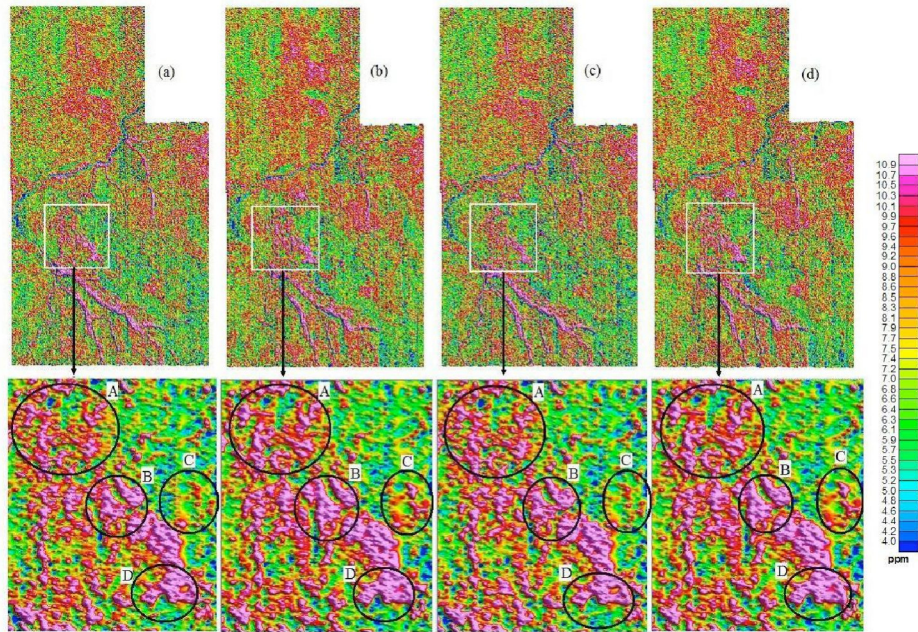


Figura 2 - Mapas de Urânio pós-processados: (a) sem filtragem, (b) filtragem NASVD com 8 componentes, (c) filtragem com Passa-Baixa (Low Pass) – 3 fiduciais (frequência de corte) e (d) filtragem MNF com 16 componentes com suas respectivas áreas em detalhamento e ampliada.

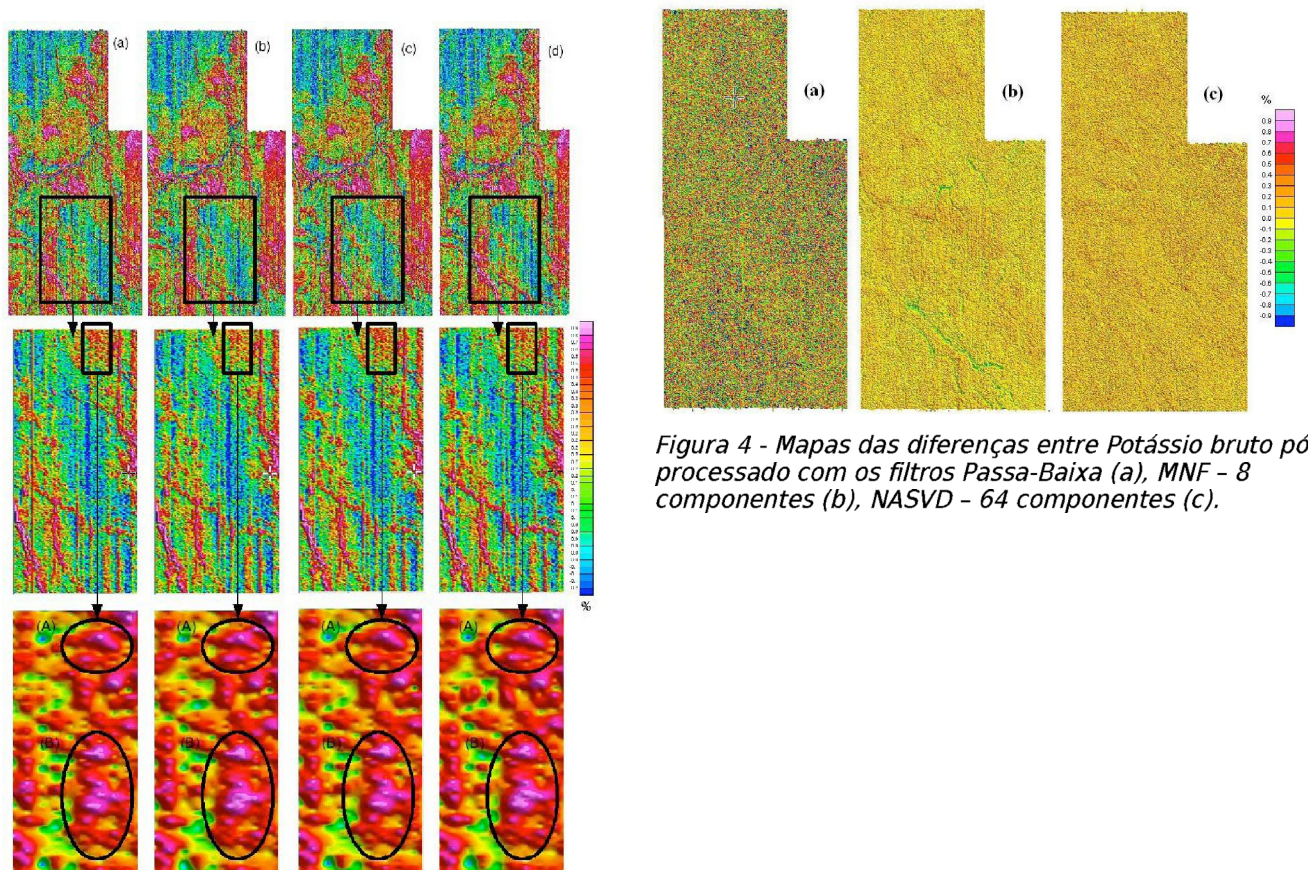


Figura 3 - Mapas de Potássio pós-processados: (a) sem filtragem, (b) filtragem NASVD - 64 componentes, (c) filtragem Passa-Baixa - 3 fiduciais (frequência de corte) e (d) filtragem MNF - 8 componentes com suas respectivas áreas em detalhamento e ampliada.

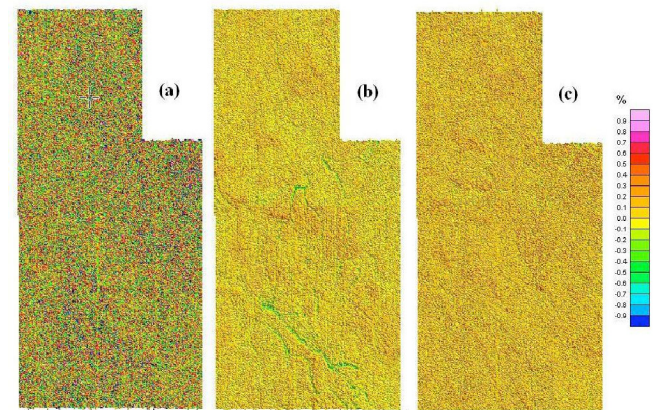


Figura 4 - Mapas das diferenças entre Potássio bruto pós-processado com os filtros Passa-Baixa (a), MNF - 8 componentes (b), NASVD - 64 componentes (c).