

Jaroslav POLEC

## TRANSFORMAČNÝ PRÍSTUP KU KOMBINOVANÉMU KÓDOVANIU AEROKOZMICKÝCH SNÍMOK

**Polec, Jaroslav: Transform approach to combined coding scheme of remote sensing data.** Kartografické listy, 1995, 3, 4 figs, 8 refs.

**Abstract:** The combined coding scheme for medical images proposed in [7] is analyzed. This image compression scheme serves for reducing the blocking artifact, which is undesirable in clinical environment. In the presented paper the transform approach is also extended for remote sensing of images. Based on simulation results, a discussion about the use of a combined coding scheme is presented.

**Keywords:** image compression, transform coding.

### Úvod

Kompresia údajov sa požaduje za účelom zvýšenia efektívnosti číslicového spracovania, prenosu a záznamu údajov (prípadne signálov, vyjadrených vo forme dát). Dosahuje sa redukciou **irelevancie** (nepodstatnej zložky) a **redundancie** (nadbytočnej zložky) [7].

Redukcia irelevancie je v procese kódovania nezvratný proces, ktorý spôsobí informačnú stratu. Kritériom použitého stupňa redukcie irelevancie sú vlastnosti prijímača.

Redukcia redundancie je vratný proces. Nadbytočnú zložku možno v prijímači obnoviť. Tento proces nezávisí od vlastností prijímača a nevedie k informačnej strate.

Techniky kódovania potom môžeme rozdeliť na:

1. **reverzibilné** - bez degradácie (Huffmanov kód, Zivov-Lempelov [8] kód, predikčné metódy atď.),
2. **ireverzibilné** - s degradáciou (transformačné kódovanie, vektorová kvantizácia, neurónové siete atď.).

Reverzibilné metódy majú oproti ireverzibilným dve hlavné výhody: po dekódovaní dostávame dokonalú kópiu originálu a nevyžadujú zložité výpočty transformácií (preto sú rýchlejšie ako ireverzibilné). Pri týchto metódach často hovoríme nie o kompresii, ale o kompakcii. Ich nevýhodou je však nízky kompresný pomer. Napr. pri kompresii obrazu sa bežné hodnoty pohybujú okolo 1,5:1 až 3:1. Pri metódach s degradáciou obrazu je to 15:1 až 30:1. Preto pri kompresii sa hľadá kompromis medzi kompresným pomerom a skreslením, s ohľadom na aplikáciu.

### Transformačné kompresné postupy

Algoritmy pre transformačné kompresné postupy môžeme rozdeliť na tri časti [6]: transformáciu, kvantizáciu a entropické kódovanie (alebo všeobecnejšie - zníženie redundancie a kódovanie - pozri obr. 1).

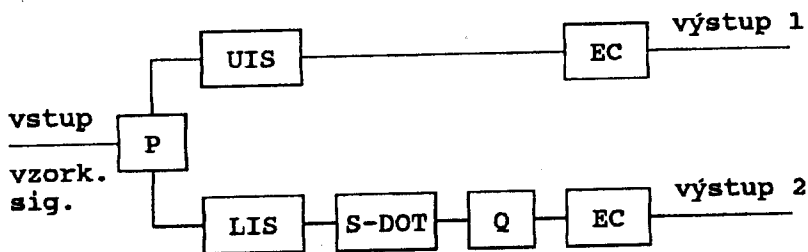
V prvej časti sa na signál aplikuje invertovateľná transformácia. Plne sa tu prejavuje snaha o úplnú dekoreláciu štatistických závislostí v časovom priebehu signálu pomocou funkcií niektorej ortogonálnej bázy a s tým spojená snaha o čo najkratšiu aproximáciu. Zväčša to vedie k používaniu reálnej aritmetiky a k zaokrúhľovaniu, čo je samozrejme vyvolané technickou realizáciou. Tento proces vnáša do kódovania prvú chybu.

kom vlastností medicínskeho obrazu. Prvou časťou je **horný obrazový súbor**, ktorý je reprezentovaný **najvyšším horným bitom** obrazových vzoriek (**UIS**) alebo niekoľkými najvyššími bitmi. Druhou je **dolný obrazový súbor**, reprezentovaný **zvyšnými dolnými bitmi** obrazových vzoriek (**LIS**).

UIS je nositeľom vysokej významovej informácie, preto je výhodné kódovať ho bez degradácie. Na to sa využíva niektorý z entropických kódérov, často Zivov-Lempelov entropický kódér, prípadne Run-length kódér v kombinácii s niektorým ďalším entropickým kódérom.

LIS potom možno (podľa užívateľom daných obmedzení) kódovať so stratou významovej informácie. Preto sa práve na tento súbor aplikuje klasický postup podľa JPEG:

Tento postup je v tlači nazývaný "Kombinované transformačné kódovanie" (CTC) a jeho aplikácie sa orientujú na obrazové spracovanie v medicíne - obr. 3.



Legenda:

- P** - predspracovanie,
- UIS** - horný obrazový súbor,
- LIS** - dolný obrazový súbor,
- S** - rozdelenie na subbloky,
- DOT** - diskretná ortogonálna transformácia,
- Q** - kvantizátor,
- EC** - entropický kódér.

Obr. 3 Kombinovaný transformačný kódér.

Bolo by zrejme možné modifikovať CTC podľa [6], alebo podľa niektorej inej modifikácie štruktúry JPEG, kde sa využíva nerovnaká veľkosť spracovávaného bloku, alebo iný typ diskretné ortogonálnej transformácie, prípadne rôzne typy kvantizátorov a entropických kódérov. Rozhodne by bolo zaujímavé sledovať, ako sa menia vlastnosti tohto transformačného kódéra v závislosti na použitej transformácii tak, ako je to pri modifikáciách štruktúry JPEG bez rozdelenia na množiny UIS a LIS.

Táto štruktúra sa dá modifikovať aj pomocou niektorých modernejších metód, napríklad nahradením celej spodnej vetvy niektorou neurónovou sieťou [2].

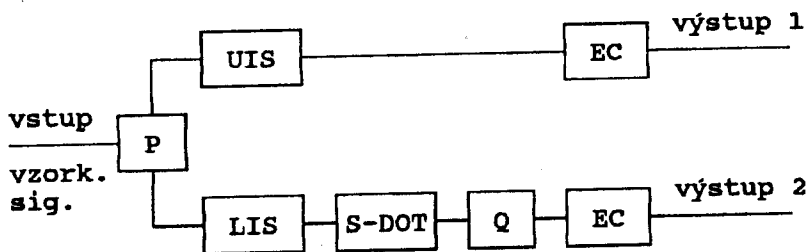
V súčasnosti už nie je nevyhnutné, aby mali transformované bloky, či vektory veľkosti, korešpondujúce s podmienkou  $2^f$ . Výborné vlastnosti diskretných kosínusových transformácií iných typov (DCT-II, DCT-III, DCT-IV) si vyžiadali tvorbu ich rýchlych algoritmov. V práci [1] sa uvádza postup na tvorbu takýchto algoritmov, a čo je najzaujímavejšie, postup platí aj pre vektory, ktorých dĺžky nezodpovedajú zaužívanému štandardu  $N = 2^f$ . Dovoľuje to potom robiť prakticky neobmedzenú adaptáciu dĺžky transformovaných

kom vlastností medicínskeho obrazu. Prvou časťou je **horný obrazový súbor**, ktorý je reprezentovaný **najvyšším horným bitom** obrazových vzoriek (**UIS**) alebo niekoľkými najvyššími bitmi. Druhou je **dolný obrazový súbor**, reprezentovaný **zvyšnými dolnými bitmi** obrazových vzoriek (**LIS**).

UIS je nositeľom vysokej významovej informácie, preto je výhodné kódovať ho bez degradácie. Na to sa využíva niektorý z entropických kódov, často Zivov-Lempelov entropický kód, prípadne Run-length kód v kombinácii s niektorým ďalším entropickým kódom.

LIS potom možno (podľa užívateľom daných obmedzení) kódovať so stratou významovej informácie. Preto sa práve na tento súbor aplikuje klasický postup podľa JPEG:

Tento postup je v tlači nazývaný "Kombinované transformačné kódovanie" (CTC) a jeho aplikácie sa orientujú na obrazové spracovanie v medicíne - obr. 3.



Legenda:

- P** - predspracovanie,
- UIS** - horný obrazový súbor,
- LIS** - dolný obrazový súbor,
- S** - rozdelenie na subbloky,
- DOT** - diskretná ortogonálna transformácia,
- Q** - kvantizátor,
- EC** - entropický kód.

Obr. 3 Kombinovaný transformačný kód.

Bolo by zrejme možné modifikovať CTC podľa [6], alebo podľa niektorej inej modifikácie štruktúry JPEG, kde sa využíva nerovnaká veľkosť spracovávaného bloku, alebo iný typ diskretné ortogonálnej transformácie, prípadne rôzne typy kvantizátorov a entropických kódov. Rozhodne by bolo zaujímavé sledovať, ako sa menia vlastnosti tohto transformačného kódéra v závislosti na použitej transformácii tak, ako je to pri modifikáciách štruktúry JPEG bez rozdelenia na množiny UIS a LIS.

Táto štruktúra sa dá modifikovať aj pomocou niektorých modernejších metód, napríklad nahradením celej spodnej vetvy niektorou neurónovou sieťou [2].

V súčasnosti už nie je nevyhnutné, aby mali transformované bloky, či vektory veľkosti, korešpondujúce s podmienkou  $2^f$ . Výborné vlastnosti diskretných kosínusových transformácií iných typov (DCT-II, DCT-III, DCT-IV) si vyžiadali tvorbu ich rýchlych algoritmov. V práci [1] sa uvádza postup na tvorbu takýchto algoritmov, a čo je najzaujímavejšie, postup platí aj pre vektory, ktorých dĺžky nezodpovedajú zaužívanému štandardu  $N = 2^f$ . Dovoľuje to potom robiť prakticky neobmedzenú adaptáciu dĺžky transformovaných

vektorov. Pre prax to znamená, že klasický postup adaptácie na veľkosť, obmedzujúci sa na veľkosť  $2^l$ , sa rozšíril prakticky na neobmedzený výber veľkosti spracovávaných blokov.

## Kvantizátory

Kvantizátory sú veľmi dôležitou súčasťou celého kódovacieho procesu, lebo vnášajú do procesu chyby, ktoré spôsobujú degradáciu signálu. Sú však dôležité aj pre zvyšovanie účinnosti kompresie, lebo práve oni produkujú číselnú informáciu pre entropické kodéry v závere celého kódovania. Výber kvantizátora je však obmedzený práve požiadavkami stupňa degradácie obrazu. Tieto požiadavky spôsobujú, že kvantizácii je potrebné venovať aspoň taký priestor ako transformačnému postupu, avšak z priestorových dôvodov sa mu v tejto práci nevenuje pozornosť, ktorú si zasluhuje. Tieto problémy sa ponechávajú na riešenie iným autorom. Treba však upozorniť na dôležitosť vektorového kvantovania v súvislosti s problémom zonálnej filtrácie, ktorý sa vyskytuje pri riešení aproximácie signálov pomocou obmedzeného počtu funkcií diskretných ortogonálnych báz.

## Entropické kodéry

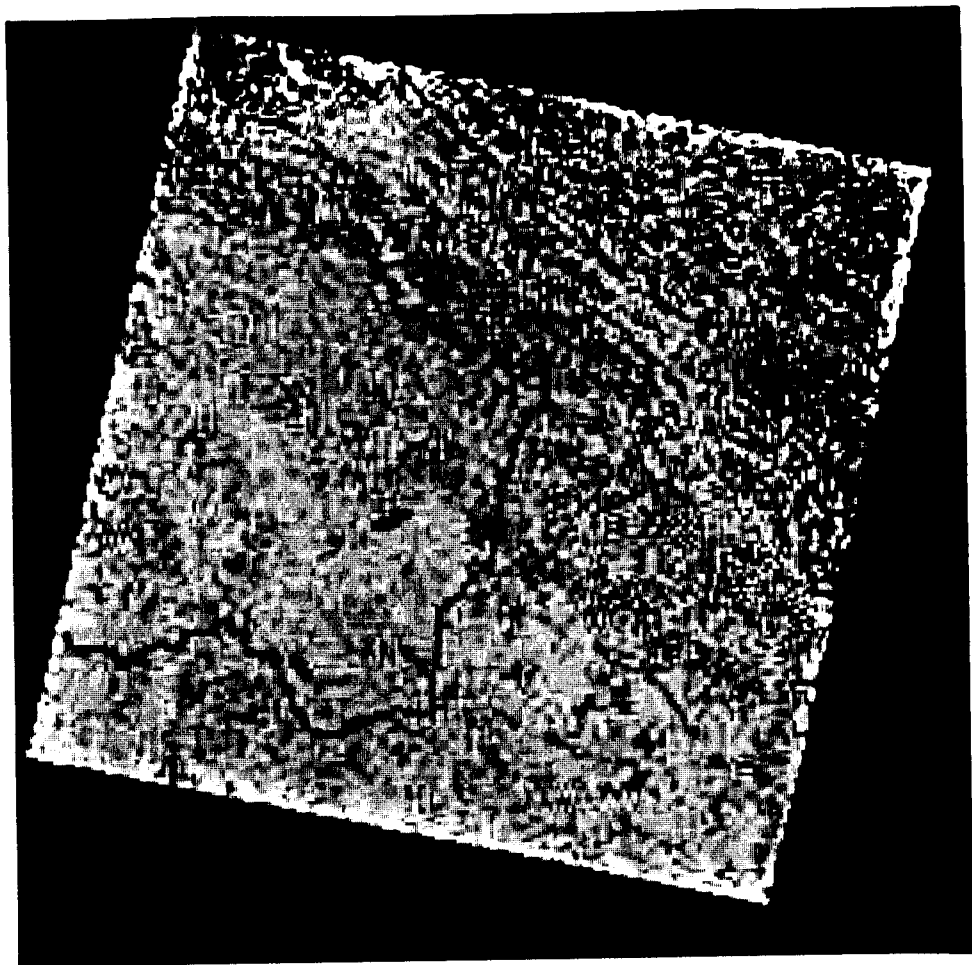
Dôležitou časťou celého kódovacieho postupu je entropické kódovanie, ktoré dáva zdanlivo najväčší efekt. Tento efekt sa však dosahuje prispôbením častí kódovacieho postupu príprave čo najkratšej aproximácie, ktorá štatisticky čo najviac vyhovuje svojimi vlastnosťami práve entropickému kodéru. Entropické kodéry sú veľmi populárne pri riešení bezstratovej kompresie, nazývanej kompakcia dát. Pre stratovú kompresiu statického obrazu sa najčastejšie používajú rôzne modifikácie Huffmanovho kódu, jednorozmerné a dvojrozmerné kódy Ziva, Lempela a Welch a [3, 4, 8]. Transformačné kódovanie je "povinné" vyhovieť len predpokladom entropického kodéra a nájsť zo skupiny rôznych jeho modifikácií tú, ktorá je pre kompakciu pripravených číselných súborov najúčinnjšia.

## Použitie v kartografii

V kartografii sa transformačné kodéry odporúča používať na kompresiu sivotónových obrazov [5], medzi ktoré možno zaradiť aj farebné obrazové informácie (obraz je rozložiteľný a spracovateľný v troch rovinách).

Na kompresiu digitalizovaných sivotónových máp sa odporúča štruktúra JPEG a jej niektoré modifikácie.

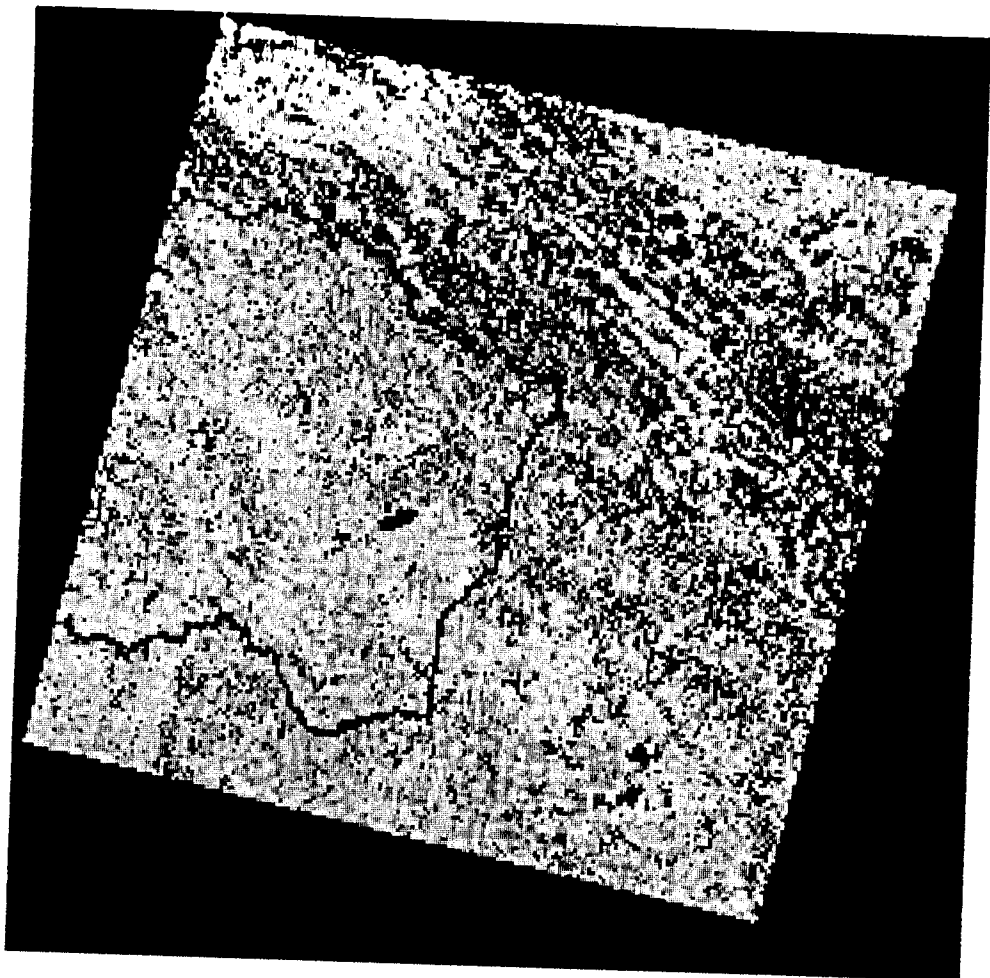
Na kompresiu aerokozmických snímok je však takéto riešenie málo účinné najmä pri vysokých stupňoch kompresie. V takýchto prípadoch sa dosahujú oveľa lepšie výsledky pomocou kombinovaných kodérov. Na obr. 4a sa ilustruje výsledok kompresie, dosiahnutý transformačným kódovaním štandardom JPEG (0.7 bita/obrazový bod). Na obr. 4b sa ilustruje výsledok dosiahnutý kombinovaným transformačným kódovaním (0.7 bita/obrazový bod). Na obr. 4c sa ilustruje originál s 25x256 obrazovými bodmi s bitovou náročnosťou 8 bitov/obrazový bod. Ide už o extrémne kompresie, kedy je badateľná degradácia obrazu po jeho dekódovaní. Avšak z výsledkov jednoznačne vyplýva, že pre tento druh snímok je oveľa účinnejšie použitie kombinovaného transformačného kódovania, než použitie medzinárodného štandardu.



Obr. 4a Výsledok rekonštrukcie po kompresii dosiahnutej transformačným kódovaním štandardom JPEG (0.7 bita/obrazový bod)

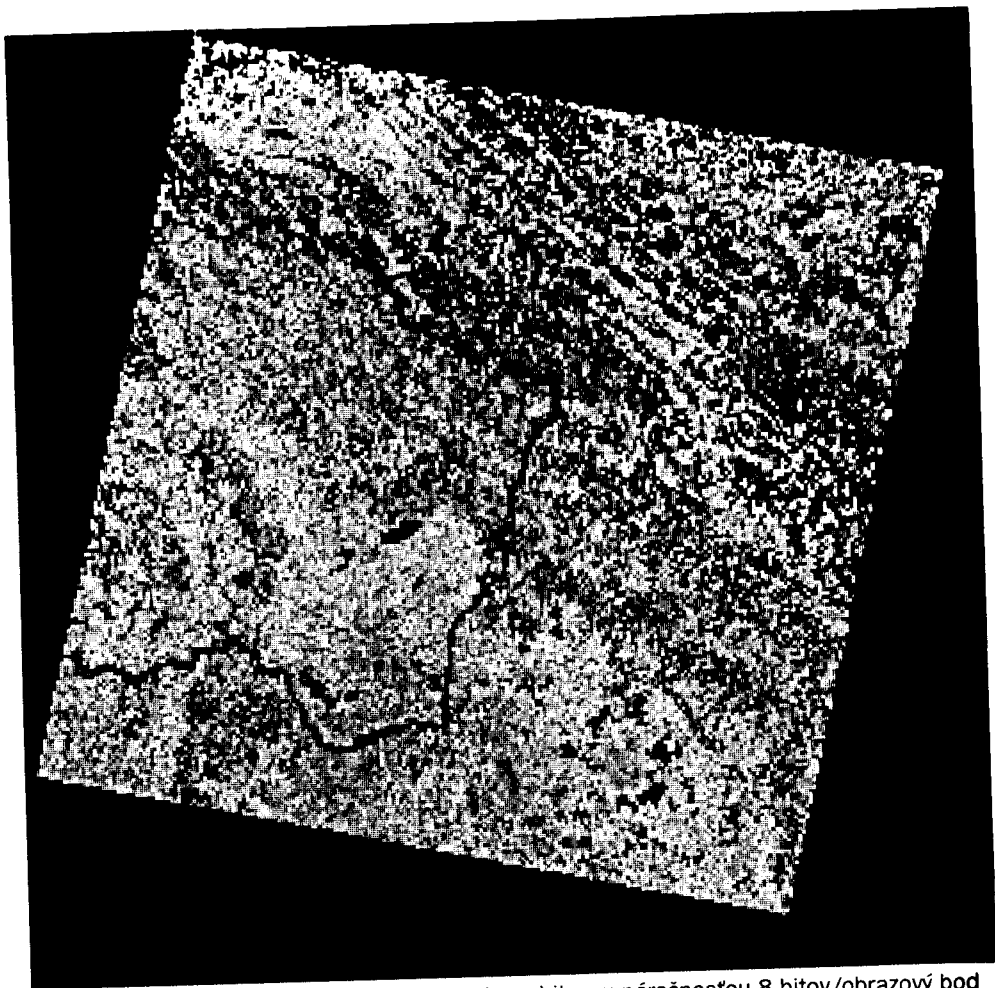
## LITERATÚRA

- [1] CHAN, S.C., HO, K.L.: Fast Algorithms for Computing the Discrete Cosine Transform. IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. 39, No. 3, 1992, pp. 185-190.
- [2] ORAVEC, M.: Kohonen and Grossberg Learning in Neural Networks for Image Compression. International Workshop on Image Processing: Theory, Methodology, Systems, and Applications. June 1994, Journal on Communications, Budapest, Vol. XLV, July - August 1994, pp. 77-79.
- [3] ORNSTEIN, D.S., WEISS, B.: Entropy and Data Compression Schemes. IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 39, No. 1, 1993, pp. 78-83.
- [4] SHAH, A.I., ASSANI, O.A., JOHNSON, B.: A Chip Set for Lossless Image Compression. IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 26, No. 3, 1991, pp. 237-243.



Dr. 4b Výsledok rekonštrukcie po kompresii dosiahnutej kombinovaným transformačným kódovaním (0.7 bita/obrazový bod)

- TOKAR, D., MURN, R., DEDIČ, A: Computer of Hard-Copy and Their Application in Satellite Positioning. International Workshop on Image Processing: Theory, Methodology, Systems, and Applications, June 1994, Journal on Communications, Budapest, Vol. XLV, May - June 1994, pp. 65-67.
- WICKERHAUSER, M.V.: High - Resolution Still Picture Compression. Digital Signal Processing, No. 2, 1992, pp. 204-226.
- ZHANG, Y.Q., LOEW, M.H., PICKHOLTZ, R.L.: A Combined - Transform Coding (CTC) Scheme for Medical Images. IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 11, No. 2, 1992, pp. 196-201.
- ZIV, J., LEMPEL, A.: Compression of Individual Sequences via Variable Rate Coding. IEEE Transactions on Information Theory, Vol. IT-24, 1978, pp. 530-536.



Obr. 4c Originál 256x256 obrazových bodov s bitovou náročnosťou 8 bitov/obrazový bod

## Summary

### Transform approach to combined coding scheme of remote sensing data

In the combined coding scheme [7], the original image is first divided into two sets that exhibit different stochastic properties. The upper image set (UIS) contains the most significant information and more correlation, and the lower image set (LIS) contains the less significant information. Then the UIS is compressed losslessly without dividing into blocks and LIS is coded by conventional block transform coding schemes such as the block discrete cosine transform (DCT). Since the correlation in UIS is significantly reduced, the image samples across the block boundaries are decorrelated. This reduces the redundancies as well as blocking artifact. Also, the overall distortion can be held below a certain threshold governed by the image plane division, which is also a desirable property for medical applications. In the combined coding scheme, an image with 8 bits per pixel is split into two image sets, i.e. into two disjoint sets of bit planes.

The choice of the size of each set is a tradeoff between the distortion performance and compression performance. The more bit planes are contained in the UIS, the better is the distortion performance but at the expense of compression efficiency. For a remote sensing image with 8 bits of gray levels, using not more than two bit planes for the UIS is recommended [7]. Since the UIS is coded losslessly, distortion is caused only in the LIS. Therefore, the maximum distortion can be limited. An example of the combined-coding scheme is illustrated in Fig. 4b. In this scheme, we use 1 bit/pixel for the UIS and 7 bits/pixel for the LIS. Conventional 2-D discrete orthogonal transform (DOT) coding is employed for the LIS. There is a possibility to code LIS also by other compression schemes, e. g. by neural networks [2]. A lossless scheme (run-length coding) is employed for the UIS. Since the use of run-length coding does not guarantee optimal variable length codewords, also another type of entropy coding can be used afterwards (e.g. Huffman coding).

Fig. 1. Idealised transform coder.

Fig. 2. Bloc-schema of JPEG's transform coder

Fig. 3. Combined transform coder

Fig 4a,b. Result of reconstruction after compression with means of transform coder (a), with menas combined transform coder (b).

Fig. 4c. Original with 256x256 pixels.

**Lektorovala:**

**Doc. Ing. Irena Mitášová, CSc.,  
Katedra geodetických základov,  
Stavebná fakulta STU,  
Bratislava**