

# LA CARTOGRAPHIE DU SOL NU DANS LA VALLEE DE LA BEKAA A PARTIR DE LA TETEDETECTION

*Doumit Jean A.V.\*, Sakr Samar C.\**

*\*Lebanese university, department of geography*

*Beirut, Lebanon*

*jeandoumit@gmail.com, samarsakr2005@gmail.com*

**Abstract.** In the last few years the vegetation areas in Bekaa region of Lebanon are decreasing against urban sprawl, from here it came the idea of the application of available remote sensing indices, to distinguish bare-soil areas from urban region which plays an important role in the ecosystem.

This paper introduces and use a set of new indices for mapping built-up and bare land areas and able to map and distinguish built-up and bare land areas and was tested by mapping these indices in Bekaa valley. In this study we applied 3 remote sensing indexes instead of automatic bare soil extractions existing methods, using Landsat OLI/TIRS of July 2014. Bare soil Index (BI), Normalized Difference Bareness Index (NDBaI) and The Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI). Contrary to bare land indices we applied 3 urban indices, Difference Built-Up Index (NDBI), Index-based Built-Up Index (IBI), Urban Index (UI) and providing a comparison between them to conclude a degree of effectiveness of them in order to mapping bare-soil areas of Bekaa valley The results of this study could be in the future a remote sensing practical method for monitoring Bekaa valley land use.

**Keywords:** cartography, Bekaa, Lebanon, valley, Landsat, mapping, indexes.

**Introduction.** Depuis plusieurs années les scientifiques ont utilisés la télédétection à partir d'un ensemble de données précises pour améliorer leur connaissance sur l'occupation du sol [2]. Afin de simplifier la cartographie de l'occupation du sol, les chercheurs ont eu recours à l'utilisation des indices de télédétection [13].

La croissance de la population au Liban affecte les domaines agricoles de la Bekaa, d'où nous est survenu l'idée d'utiliser les indices de détection pour détecter les terrains nus et les distinguer des zones urbanisées en utilisant des images Landsat OLI / TIRS.

Les chercheurs ont développé un grand nombre d'indices tels que: l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), l'indice de neige par différence normalisée (NDSI), l'indice de l'eau par différence normalisée (NDWI), l'indice de zones bâties par différence normalisée (NDBI), ainsi de suite.

Le sol nu est le résultat de l'extension urbaine, des périodes jachères et de la déforestation. Les premières méthodes de télédétection utilisées pour la délimitation des sols nus, étaient les classifications supervisées à l'aide de bandes multispectrales, la transformation Tasseled Cap (TCB).

Dans notre étude, nous avons utilisé trois indices de détection de sol nu, l'indice de sol nu (BI) [10, Miyatake, S., 1997], l'indice de nudité par différence normalisée (NDBaI) [14] l'indice de développement et de nudité (EBBI) avec la comparaison de la détection des indices urbain comme l'indice de différence normalisée bâties (NDBI) [13] indice basé sur le secteur bâti (IBI) [12] et l'indice urbain (UI) [7], afin de cartographier les zones de sol nue dans la vallée de la Béqaa.

**La région d'étude.** La plaine de la Béqaa notre zone d'étude se situe au Liban. Elle s'étend au Nord entre 36°15'50" E 34°11'05" N jusqu'au 35°42'24"E-33°34'43"N Sud (fig. 1). Le projet a été réalisé par la classification de la carte des pentes de la plaine de la Béqaa et l'extraction de la zone à un intervalle de pente inférieure à 10%. Ce polygone occupe une superficie de 770 km<sup>2</sup> environ 7.3% de la superficie totale du Liban, pour une population de 788589 (recensement 2015).

Large de dix à quinze kilomètres, cette plaine prolonge le fossé de la mer Morte et du Jourdain (Levant sud). Insérée entre le Mont-Liban (chaîne occidentale) et l'Anti-Liban (Chaîne orientale), elle a une altitude moyenne de neuf cents à mille mètres. Au droit de Baalbek, un seuil sépare la partie septentrionale (région la plus aride du Liban), drainée par l'Oronte, du reste de la plaine parcouru par le Litani, le plus long fleuve libanais. C'est la partie centrale qui reçoit le plus des influences maritimes importantes, via le col de Baidar, où l'altitude de la chaîne occidentale s'abaisse jusqu'à 1500 m. Dans le Nord, l'effet d'abris est très accentué. Cette région se trouve abritée par le plus haut sommet du Liban et du Levant (3088m). Le paysage est aride, la végétation est réduite à quelques plantes xérophiles. C'est la région la plus sèche du Liban. Elle est sujette au gel en raison de son altitude élevée. Ainsi que de fortes chaleurs en été avec des températures supérieures à 35°C. Les précipitations diminuent en allant du Sud au Nord entre 600 mm à Rayak (centre de la Béqaa) et 250 mm vers Hermel (au nord).

L'occupation du sol de notre zone d'étude se divise en plusieurs classes : des villes et villages, champs agricoles, plantes vivaces, terrain nu, forêts (mangroves), terre aride, arbuste.



Fig. 1 : image satellitaire Landsat 8 précisant notre zone d'étude

**Données et prétraitement des images.** Des images satellitaires Landsat 8 constituent les données de base de notre étude, Landsat 8 englobe deux paramètres: l'exploitation des imageurs du sol (OLI), et recueil des données d'image pour neuf bandes spectrales d'ondes courtes espacées de 30 m et le capteur thermique infrarouge (TIRS) [5].

Une image Landsat OLI / TIRS couvre une superficie de  $185 \times 185$  km, pour cette raison nous avons besoin de deux images pour couvrir le territoire libanais, la vallée de la Bekaa est découpée en deux suivant deux images, une mosaïque a été faite pour convertir ces deux images en une seule pour toutes les bandes énumérés ci-dessus, nous avons choisis pour notre étude une image Landsat 8 du 7 juillet 2014 avant la saison de la récolte de cette façon tous les domaines de la végétation pourraient être détectés.

Les données landsat 8 peuvent être téléchargées à partir du Centre for Earth Observation and Digital Earth ou the Earth Resources Observation and Science Center.

Après le calcul de la réflectance les TIRS bandes de 100 mètres de résolution spatiale ont été ré-échantillonnées à une résolution de 30 mètres pour ne pas affecter les données raster dans les calculs avec d'autres bandes.

L'indice du sol nu (BI).

L'indice du sol nu (BI) peut identifier la différence entre la végétation et sol nu. Sol nu, les terres en jachère, et végétation sont identifiés lors de l'utilisation de l'indice BI [6]. BI est calculée en se basant à TOA bande suivant cette formule:

$$BI = \frac{((OLI4 + OLI6) - (OLI5 + OLI2))}{((OLI4 + OLI6) + (OLI5 + OLI2))} \quad (1)$$

Où: OLI représente la valeur de nombre numérique (DN) de bandes correspondantes.

La valeur de cet indice n'est pas très fiable dans la zone de végétation dense, dans la vallée de la Bekaa les résultats de cet indice sont très fiables pour la délimitation des terres nues et urbanisées.

L'indice de nudité par différence normalisée (NDBaI)

Le NDBaI a été édifié par [14], cet indice est basé sur la différence entre la réflexion des radiations thermique Infrarouge (TIR) et l'absorption de Mid-Infrared (MIR). Cet indice est efficace pour distinguer le sol nu de la végétation et des terrains urbanisés [1].

Li et Chen ont estimé le NDBaI en évaluant de différents NDBaIs basés sur de différentes bandes spectrales du Landsat. Les modèles informatiques sont comme suit [9]:

$$NDBaI_n = \frac{OLI_n - TIRS}{OLI_n + TIRS} \quad (2)$$

Où: OLI représente une valeur de nombre numérique (DN) des bandes correspondantes, TIRS représente une valeur numérique (DN) de TIRS10 pour OLI.

Le NDBaI est un indice utilisé pour cartographier les zones des terres nues, il a été calculé pour chacune des 7 Landsat bandes et comparé avec les NDBaI dont les valeurs sont entre -1 à 1 (comme NDVI) et ils ont été utilisés pour quantifier la quantité de la surface imperméable et les terres nues.

L'indice de développement et de nudité (EBBI).

L'indice de développement et de nudité (EBBI) applique la fonction racine pour regrouper les numéros qui contrastent les objets identiques basés sur les différents niveaux de valeurs de réflectance. L'EBBI est calculé en utilisant la formule suivante:

$$EBBI = \frac{OLI6 - OLI5}{10\sqrt{OLI6 + TIRS}} \quad (3)$$

Où: OLI représente une valeur de nombre numérique (DN) des bandes correspondantes, TIRS représente une valeur de nombre numérique (DN) de TIRS10 pour OLI.

L'analyse principale exercée tout au long de cette étude était l'application de l'EBBI pour la cartographie des zones urbanisées et des terres nues de la vallée de la Bekaa.

L'indice de différence normalisée bâtis (NDBI).

L'image présentant les superficies bâties de l'indice de différence normalisée bâtis (NDBI) produite par [Zha et al. 2003] suivant l'équation suivante :

$$NDBI = \frac{OLI6 - OLI5}{OLI6 + OLI5} \quad (4)$$

Où: OLI représente une valeur de nombre numérique (DN) de bandes correspondantes.

Cet indice est développé en se basant sur la réponse spectrale de superficies bâties avec une réflectance plus élevée de MIR (OLI6) que NIR (OLI5). Le développement de l'indice a été basé sur la réponse spectrale unique des terres bâties qui ont une plus forte réflectance dans la gamme de longueur d'onde MIR que dans la gamme de longueur d'onde NIR. Non seulement les surfaces bâties ont une réflectance MIR plus élevée que NIR, mais aussi la végétation sèche et l'eau ont en quelque sorte une telle réflectance. [11] ont testé le NDBI d'une ville chinoise pour extraire les zones urbaines mais ils ont obtenu une faible précision. Pour cette raison nous avons utilisé dans notre étude dans la vallée de la Bekaa, cet indice avec la combinaison d'autres indices, Indice de végétation du sol ajusté (SAVI) et l'indice de l'eau par différence normalisée modifiée (MNDWI) pour construire un nouvel indice dérivé basé sur le secteur bâti pour extraire les zones urbanisées.

Indice basé sur le secteur bâti (IBI). L'IBI est une combinaison de trois indices : NDBI, indice de végétation sol ajusté (SAVI) et l'indice de l'eau par différence normalisée modifiée (MNDWI), cet indice ne regroupe pas la végétation et l'eau, et il améliore l'extraction avec précision de la zone bâtie [13, 12, 8].

$$SAVI = \frac{(OLI5 - OLI4)(1 + l)}{(OLI5 + OLI4 + l)} \quad (5)$$

$$MNDWI = \frac{OLI3 - OLI6}{OLI3 + OLI6} \quad (6)$$

$$IBI = \frac{\left[ \frac{NDBI - (SAVI + MNDWI)}{2} \right]}{\left[ \frac{NDBI + (SAVI + MNDWI)}{2} \right]} \quad (7)$$

Dans l'équation de SAVI  $l$  dépend de la couverture végétale et de l'humidité du sol et varie entre 0 et 1 (la valeur 0.5 peut être utilisée pour l'image entière) [3].

L'indice urbain (UI).

La transformation de l'indice urbain est une description de la densité de construction avec une transformation spectrale [7]. Il suppose que la valeur élevée de pixels indique une agglomération très dense.

$$UI = \frac{OLI7 - OLI5}{OLI7 + OLI5} \quad (8)$$

Où: OLI représente une valeur de nombre numérique (DN) de bandes correspondantes.

**Application et résultat.** Une opération de calcul raster a été effectuée en utilisant l'algorithme de calcul de raster pour l'application des formules mathématiques pour calculer les indices mentionnés ci-dessus. Tout d'abord, nous avons effectué un calcul utilisant la formule (1) de l'indice de sol nu (BI) dans l'ensemble de la région de la vallée de la Bekaa comme le montre la figure 2a, des carrières et des zones sans végétation en brun foncé, les valeurs très proches de 0 de couleur beige présentent les terres herbacées et exploitées, les zones négatives vertes sur la carte expriment les terres couvertes de végétation. Pour l'indice BI contrairement à d'autres indices les valeurs élevées sont les zones sans végétation, pour cette raison, les valeurs sont éliminées de façon à être appropriées. L'indice NDBaI a été calculé pour les 7 bandes OLI et une comparaison visuelle entre l'indice NDBaI 1-7 et les fausses couleurs de l'image OLI du 7 Juillet 2014 avec combinaison des bandes 6-5-2, montre que les deux indices NDBaI1 et NDBaI2 ont le meilleur résultat pour l'extraction du sol nu par rapport aux autres indices. L'indice NDBaI3 montre les terres nues et récoltées ensemble et l'influence de proche infrarouge et des bandes thermiques pour la détection des terres récoltées, le NDBaI2 illustré dans la figure 2b montre la végétation présentée par des valeurs élevées en vert et les terres nues par des valeurs faibles en marron.



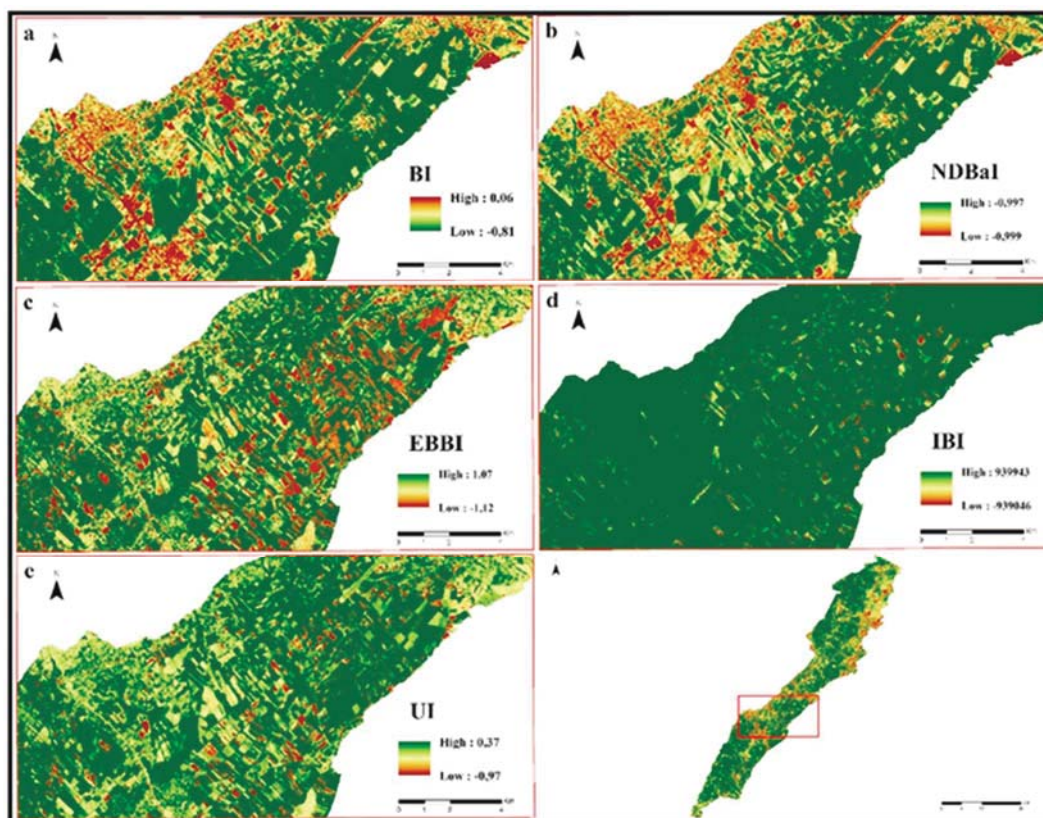


Fig. 2: résultats du calcul des 5 indices a) l'indice de sol nu (BI), b) l'indice de nudité par différence normalisée (NDBaI), c) l'indice de développement et de nudité (EBBI), d) Indice basé sur le secteur bâti (IBI) and e) l'indice urbanisé (UI)

L'indice de développement et de nudité (EBBI) et l'indice urbain montrent des valeurs proches de zéro pour les zones construites et les terres nues sont colorées en beige dans la figure 2c et 2e. Les valeurs de l'indice basé sur le secteur bâti (IBI) sont complètement différentes des autres valeurs, l'indice IBI a une structure très spécifique composé de trois indices, le résultat obtenu (formule 7) n'est pas semblable aux autres, dans la figure 2d les valeurs élevées de couleur verte regroupent une large région occupée par des surfaces bâties et des terres végétalisées.

Avec la diversité des résultats obtenus à partir de ces indices, une analyse de corrélation entre les trois catégories d'indices est faite, les trois catégories sont choisies suivant la similitude du résultat dans la figure 2, BI et NDBaI, EBBI et UI, et une corrélation entre IBI et NDBaI.

Le résultat de l'analyse de corrélation est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1

Valeurs de corrélations  $R^2$  suivant les indices

	BI	IBI	EBBI
NDBaI	0.8767	0.0103	0.0011
UI	0.0405	0.0023	0.4230

L'indice de nudité par différence normalisée (NDBaI) et l'indice de sol nu (BI) sont fortement corrélés  $R^2=0.87$ , ces deux indices appartiennent à la même famille (terres nues), tandis que la valeur  $R^2=0.42$  est le meilleur résultat obtenu entre l'indice urbain (BI) et l'indice de développement et de nudité (EBBI).

Les valeurs de corrélation obtenues sont rangées suivant 3 catégories :

La première catégorie NDBaI et BI, la deuxième EBBI et UI et la troisième IBI et NDBaI. Cette disposition est très semblable à celle de la figure 2, la valeur de corrélation entre la première catégorie montre une grande précision de l'indice NDBaI renfermant des surfaces dénudées et bâties comme le prouve la figure 2b. Pour une bonne évaluation l'indice NDBaI est appliqué dans la vallée de la Beqaa et il est comparé avec des bandes Landsat 8 infrarouges à ondes courtes, proche infrarouge et bandes bleu. Le résultat de cette évaluation regroupant les terrains bâtis et el sol nu dans la vallée de la Beqaa est illustré dans la fig. 3.

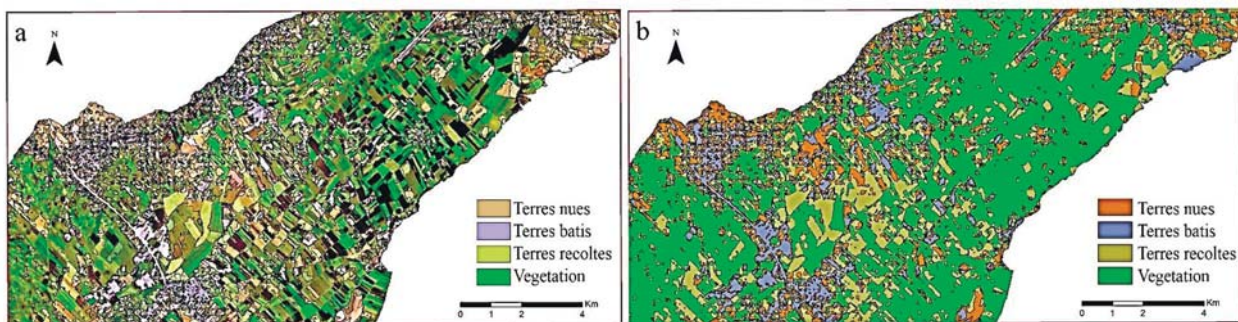


Fig. 3 : a) délimitation du NDBaI à partir de l'image Landsat 8 et combinaison de bandes 6, 5, 2, b) classification de l'occupation du sol de la Beqaa

Le résultat du NDBaI est classé suivant 4 classes : sol nu, construit, récolté et zones de végétations. La figure 3a montre une image Landsat 8 avec une combinaison de bandes 6, 5, 2 et délimitation des terres bâties et nues et leur limite. La figure 3b présente la carte de l'occupation du sol en fonction du NDBaI avec une classification des terres nues, des zones bâties englobant les bâtiments, les routes, les carrières ... occupant 4% de la vallée de la Beqaa, le sol nu formé de roche et des terres dénudées sans végétation forment 11%, les terres récoltées et la végétation 85%.

**Conclusion.** Dans notre étude, l'utilisation de plusieurs indices de sol nu et la transformation des données de télédétection Landsat 8 a été évaluée pour la cartographie des zones de terres nues et bâties dans la vallée de la Bekaa. L'indice qui a pu cartographier les zones de terres nues et bâties avec un résultat acceptable suivant notre opinion était l'indice de nudité par différence normalisée (NDBaI). Le NDBaI est appliqué dans la Beqaa (Liban), pour distinguer les zones bâties et les zones nues dans une zone urbaine et les résultats obtenus ont été comparés à d'autres indices disponibles de télédétection. L'utilisation de la NDBaI a amélioré la cartographie avec précision des zones bâties et nues en vérifiant l'exactitude avec la vraie couleur de l'image satellitaire Landsat. Le NDBaI était aussi efficace pour la discrimination entre zone bâtie, terrain nu et zones de végétations dans la vallée de la Beqaa. Une corrélation entre le NDBaI et les 4 autres indices de télédétection a montré que le NDBaI est fortement corrélé avec l'indice de sol nu (BI). Finalement le NDBaI a été utilisé pour cartographier les zones bâties et les zones nues basés sur des bandes Landsat OLI/TIRS. Ainsi la généralisation de cet indice nécessite de nouvelles expérimentations en utilisant d'autres indices.

Une carte d'occupation du sol a été extraite délimitant les terres nues et bâties en utilisant le NDBaI, le résultat de cette étude pourrait être utilisé pour la surveillance de la végétation en utilisant cette même méthode avec la succession de plusieurs images satellitaires.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Chen, X.L., Zhao, H.M., Li, P.X., Yin, Z.Y., Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes // Remote Sensing of Environment. – 104(2). – 2006. – pp. 133–146.
2. De Fries, R.S., Hansen, M., Townshend, J.R. G., Sohlberg, R., Global land cover classifications at 8 km spatial resolution: the use of training data derived from Landsat imagery in decision tree classifiers // Int. J. Remote Sens. – 19(16). – 1998. – pp. 3141–3168.
3. Fajar Y., Boedi T., Syaiful A., Detection Settlements and Population Distribution Using GIS And Remotely Sensed Data, In The Surrounding Area of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – Volume 4. – Issue 3. – 2014.
4. Fajar Y., Boedi T., Syaiful A., Detection Settlements and Population Distribution Using GIS and Remotely Sensed Data, In the Surrounding Area of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia.// International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, – volume 4, – issue 3, – 2014. – pp 1–10.
5. Irons James R., Dwyer John L., Barsi Julia A. The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission.// NASA Publications. – 2012. – 61p.
6. Jamalabad, M.S., Abkar. A.A. Forest Canopy Density Monitoring, Using Satellite Images. XXth ISPRS Congress, – Istanbul. – 2004.
7. Kawamura, M., Jayamana. S., Tsujiko, Y. Relation between social and environmental conditions in Colombo Sri Lanka and the urban index estimated by satellite remote sensing data // Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. – 31 (Part B7). – 1996, – pp. 321–326.
8. Khomarudin, M.R. Tsunami risk and vulnerability: remote sensing and GIS approach for surface roughness determination, settlement mapping and population distribution modeling. Dissertation der Fakultät für Geowissenschaften, der Ludwig-Maximilians-Universität München. – 2010.

9. *Li S., Chen X.*, A New bare-soil index for rapid mapping developing areas using Landsat8 data // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-4, ISPRS. – Suzhou. – China. – 2014.
10. *Rikimaru A., Miyatake S.*, Development of Forest Canopy Density Mapping and Monitoring Model using Indices of Vegetation, Bare soil and Shadow. In Proceeding of the 18th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS). – Kuala Lumpur. – Malaysia, 20–25 October. – 1997. – 3 p.
11. *Wu H., Jiang J., Zhou J., Zhang H., Zhang L., and Ai L.*, Dynamics of urban expansion in Xi'an City using Landsat TM/ETM data.//Acta Geographica Sinica, 60(1), 2005, pp.143–150.
12. *Xu H.*, A new index for delineating built-up land features in satellite imagery// International Journal of Remote Sensing., 29, – 2008, pp. 4269–4276.
13. *Zha Y., Gao J., and Ni S.*, Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery// International Journal of Remote Sensing. – 24(3). – 2003. – pp.583–594.
14. *Zhao H.M., Chen X.L.*, Use of Normalized Difference Bareness Index in Quickly Mapping Bare Areas from TM/ETM+// International Geoscience and Remote Sensing Symposium, – Seoul, – Korea, – Volume 3, – 25–29 July. – 2005. – pp. 1666–1668.