

**Sudan University of Science and Technology
Faculty of Engineering
Department of Civil Engineering**

**Potential of Remote Sensing and
GIS Techniques in soil Classification
mapping:
(Case study of Northern Sudan Soil)**

**امكانية استخدام الاستشعار عن بعد ونظم
المعلومات الجغرافية فى تصنيف دراسة حالة
تربة شمال السودان - خرائط التربة**

By

Nashwa EL Tigani Ahmed Mohamed

Supervisor: Dr. Khalid Abdelrahman Elsayed

***A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirements for a Master Degree in Civil
Engineering***

February 2012

Dedication

To the soul of my father

To my mother

To my husband and kids

To sister and brothers

Abstract

During the last few years, site investigations have been an important aspect to the civil construction such as dams, towers, bridges ...etc. It has been a challenge to find the most appropriate technique for studying soil and rock properties effectively and at the same time reducing the amount of field work such as number of test pits or boreholes, sampling in addition to laboratory analysis, which in turn lead to decreasing the cost of the specific project and achieve or performed in short time. The objective of the present study is to test the viability and the usefulness of Remote sensing, GIS technology and limited ground survey for soil classification

The study area is located in northern Sudan about 200 km downstream of Dongola, immediately upstream of Lake Nubian, and about 700 Km from Khartoum. The area is characterized by one of the most extreme desert climates in the world. The main elements of the geology include high-grade gneisses structurally overlain by a sequence of green schist metasedimentary /metavolcanic arc assemblage. These rocks are intruded by I-type and A-type granitites, with some tectonic mélanges representing dismembered ophiolitic fragments. Cretaceous Sandstone disconformably overlies the previous rock units.

Different image processing techniques were applied in this study. Some of which are directed towards the image preparation. Others are used to enhance the visual interpretability of the images. Landsat ETM+ image was digitally enhanced and interpreted; integrated with the results of soil laboratory analysis of 18 samples in the GIS, and soil types were delineated to facilitate the production of the final soil map of the study area.

Ratio digital image technique pointed out to the existence of various soil types with clear boundary appeared in totally different colours. Transformation techniques such as PCA and RGB to HIS were found to be of great value when conducting soil classification. The resulting images from these transformations were found to be the best among the enhance images and produced reasonable results when applying image classification upon them.

Automated image classification was not completely produced the soil map, rather it was obtained by integration

various enhanced Landsat images and laboratory analysis. However, care must be taken when conducting soil classification using satellite image, since certain soil types have the same reflectance properties in some band combinations, while others have similar signatures to some rock types.

الخلاصة

خلال السنوات القليلة الماضية ، أصبحت عملية التحري الموقعي site investigation من اهم اساسيات المنشآت المدنية الكبيرة مثل- السودان ، الابراج ، الكبارى...الخ. وقد كانت من اهم التحديات العثور على الأسلوب الأكثر ملائمة لدراسة خصائص التربة والصخور على نحو فعال ، وفي الوقت نفسه تقليل كمية العمل الميداني مثل حفر عدد من الآبار ، وأخذ العينات ، بالإطفة إلى التحاليل المخبرية ، والذي بدوره يؤدي إلى خفض تكلفة المشروع وانجاز العمل في فترة زمنية قصيرة.

الهدف من هذه الدراسة هو اختبار جدوى وفائدة استخدام تكنولوجيا الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بالإطفة لمسوحات ارضية محدودة لتصنيف الانواع المختلفة من التربة.

تقع منطقة الدراسة في شمال السودان ، حوالي 200 كلم من مدينة دنقلا ، بالقرب من من- بحيرة النوبة- ، وحوالي 700 كلم من الخرطوم العاصمة. تتميز المنطقة بواحد من اكثر المناخات الصحراوية حدة في العالم. العناصر الاساسية للجيولوجيا تشكل صخور الناييس ذات درجة التحول العليا. يعلوها بعدود تركيبية. تتابع الصخور الرسوبية والبركانية المتحولة. في سحنة الشيست الاخضر. هذه الصخور مقطوعة بصخور الجرانيت القديم والحديث مع وجود صخور مطحونة. تمثل قطع من الافيو-لايت غير المكتل. الحجر الرملي الطباشيري يعلو لا توافقياً كل الصخور سابقة الذكر.

تم تطبيق تقنيات مختلفة للمعالجة الرقمية للصور في- هذه الدراسة. بعض المعالجات كانت موجهة نحو إعداد الصورة ، فيما استخدم الاخر في تحسين قابلية التفسير المرئي. استخدمت صورة الاقمار الصناعية Landsat ETM + وتمت معالجتها وربطها مع نتائج الفحوصات المعملية. التي تشمل 18 عينة بالإضافة لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية. في عمليات تحليل وتكامل البيانات واعداد خريطة التربة بانواعها المختلفة لمنطقة الدراسة.

اشارت تقنية نسبة الصور الرقمية الى وجود انواع مختلفة من التربة. وقد ظهرت بحدود واضحة وفي نفس الوقت بالوان مختلفة. اما تقنية تحويل الصور مثل IHS ، RBG ، PCA والتي تعد الافضل في عمليات تحليل وتصنيف التربة والتي اظهرت نتائج التحسين المستخدمة لديها ثقيلًا جيدًا لانواع التربة خلال الدراسة.

اوضحت الدراسة ان تصنيف الصور الرقمية لا يؤدي على هذه الى اعداد خريطة متكاملة للتربة ، بل تم اعداد الخريطة بعد اجراء مختلف الانواع من المعالجات والتحسينات واختيار الامثل ومن ثم ربطها مع نتائج التحليل المعملية ، من اجل التوسط لافضل النتائج. يجب توخي الحذر في تصنيف التربة من خلال صور الاقمار الصناعية اذ ان بعض انواع التربة تحمل خصائص انعكاسات متشابهة في بعض الاحيان ، وكذلك بعض انواع الصخور لها بصمة طيفية متشابهة مع بعض انواع التربة في الحزم المختار..

Acknowledgement

I would like to express my thanks to many names without whose help and encouragement this work has not come in fruition. First I owe an enormous debt to my supervisor Dr. Khalid Abdurrahman Elsayed for his patience honest, invaluable criticism and feedback.

I am particularly and deeply indebted to Dr. Ensaf Sanhoury from the Dept. of Geology, University of Khartoum for her great help

Thanks are also extended to teacher Fatima Abdelbary from Abdelbary Center for Training & Technical studies, Geomatics Dept. for her appreciable help.

Finally, I thank DIU for providing all kind of facilities during my study terms, and for making the data available for the present study.

Contents

Item
Page

1	INDRODUCTION..... :	CHAPTER
1	Background.....	.1.1
1	Problem Statement .....	.1.2
2	..... Research Objectives .....	.1.3
3	..... Study area .....	.1.4
3	..... Location and accessibility of study area .....	.1.1.1
3	Climate.....	.1.1.2
4	Geology .....	.1.1.3
4	Soil, Land use and agriculture.....	.1.1.4
5	CHAPTER II: LITRATURE REVIEW.....	
5	Remote Sensing	2.1
5	Introduction.....	2.1.1.1

6	Energy source.....	2.1.1.2
6	..... Electromagnetic radiation and spectrum.....	2.1.1.3
7	Interaction of EMR with the earth's surface.....	2.1.1.4
9	EMR interactions with the atmosphere.....	2.1.1.5
10	Atmospheric Scattering.....	2.1.5.1.5.1
11	Atmospheric Absorption.....	2.1.5.1.5.2
12	Refraction.....	2.1.5.1.5.3
12	Geographic Information System (GIS).....	2.2
13	People.....	2.2.2.1
13	Procedures.....	2.2.2.2
14	..... Hardware.....	2.2.2.3
14	Software.....	2.2.2.4
14	Data.....	2.2.2.5
15	Soil classification.....	2.3
16	Unified Soil Classification System.....	2.3.2.1
18	AASHTO Classification.....	2.3.2.2

CHAPTER III: METHODOLOGY.....

		20
20	3.1Data types	
20	Earth observation data.....	3.1.1
20	Field data.....	3.1.2
22	3.2Methods.....	
22	Digital image processing.....	3.2.1
22	Image enhancement.....	3.2.2

22	Laboratory investigation.....	3.2.3
----	-------------------------------	-------

CHAPTER IV: RESULTS AND DISCUSSION.....

		23
23	Digital image processing.....	1.
23	Image preparation.....	1.1.
24	Image sub setting .....	.4.1.1
24	Resolution enhancement.....	.4.1.2
25	Image enhancement.....	1.2.
25	Contrast stretching.....	.4.1.2.1.1
25	Histogram Equalization .....	.4.1.2.1.2
26	..... Image Transformation.....	1.3.
27	Image rationing.....	1.3.1.
29	RGB to IHS transformation.....	1.3.2.
31	IHS to RGB transformation.....	1.3.3.
33	PCA analysis.....	1.3.4.
35	..... Image Classification.....	1.4.
36	Unsupervised classification.....	1.4.1.
38	..... Supervised classification.....	1.1.2.
41	Results of soil laboratory analysis.....	2.
47	..... Production of the final soil map.....	3.

CHAPTER V: CONCLUTION AND RECOMMENDATION..... 49

49	Conclusion.....	1.
50	Recommendation.....	2.

References

Appendix.....	
.....	53

List of Plates

Plate (1) Colour composite of bands 7,4,2 in RGB, respectively

Plate (2) Ratio images colour composite of ratios $5/7$, $5/4$, $3/1$

In RGB, respectively

Plate (3) Ratio images colour composite of ratios $5/7$, $4/3$, $3/1$ in RGB,

respectively

Plate (4) RGB to HIS transformation image

Plate (5) HIS RGB to transformation image

Plate (6) 6 Principal component (PC1-PC6)

Plate (7) Principal component image of PC1,PC2,PC3 in RGB respectively.

Plate (8) Unsupervised classification of IHS image

Plate (9) Unsupervised classification of PCA colour composite image

Plate (10) Supervised classification of IHS image

Plate (11) Supervised classification of PCA colour composite image

List of Tables

Table (1):Location of the samples and the depth from which they were taken.

Table (2):The three different types of scattering from particles of different sizes

Table (3):Unified soil classification system

Table (4):AASHTO soil classification system

Table (5):Physical Properties of Soil Samples

Table (6):Classification of Soil Samples

List of Figures:

Fig. (1)Location map of the study area

Fig. (2) Spectral reflectance curve

Fig. (3)Soil map of the study area

List of abbreviation

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Official
DN	Digital Number
DIU	Dam Implementation Unit
EMS	Electromagnetic Spectrum
ERDAS	Earth Resources Data Analysis System
ETM	Enhance Thematic Mapper
GIS	Geography Information System
GPS	Global Position System
GRAS	Geological Research Authority of Sudan
HIS	Intensity Hue Saturation
MLC	Maximum Likelihood Classification
MMC	Migrating Means clustering Classifier
PCA	Principal Component Analysis
RGB	Red Green Blue
ETM	Enhanced Thematic Mapper
USCS	Unified Soil Classification System