



# Journal of Science Space Technologies

N° 01  
December 2015

A court Specialized regional scientific journal issued by CRTEAN in collaboration with the FASRC



[www.crtean.org.tn](http://www.crtean.org.tn)

# Contents

5

Introduction

6 - 27

Use of Low Cost Flatbed  
Scanners in Orthophoto Mapping

28 - 39

Pipeline Operations & Integrity  
Management Using Gis & Remote  
Sensing Technologies (applying  
On Pdoc's Export Pipeline)

40 - 47

Land Degradation and  
Deforestation Study on East  
Cost of Tripoli using Remote  
Sensing and GIS Applications.

48 - 56

Integration of Remote Sensing  
and GIS for Flood Modeling,  
Marabiee El-Shaarief, Khartoum  
State –Sudan

57 - 70

Soil Capability Assessment and  
Mapping in Soba Agricultural  
Scheme (Sudan)

71 - 81

Estimation Spatiotemporelle de  
l'Ensamblage dans les parcours  
d'El Ouara (Tunisie aride) par les  
Images Landsat Thematic Mapper

82 - 90

Planning of Shelters Sites and  
Evacuation Routes Using Remote  
Sensing and Geographic  
Information System: Shareq  
ALneel LocalityKhartoum\_Sudan

91 - 97

Application du SIG et la  
Télédétection à l'étude de  
la nappe plio-quaternaire de la  
moyenne vallée de la Medjerda

98 - 117

استعمال الاستشعار عن بعد  
في تقييم مخاطر الفيضانات

# JOURNAL OF SCIENCE SPACE TECHNOLOGIES

## Editor in chief of the Journal of Science Space Technologies

**Dr. El Hadi Gashut** Director General of the Regional Center for Remote Sensing  
of the North African countries

## Scientific Commission for arbitration magazine space science and technology

<b>1 - Prof. Mustafa El Haj</b>	Arab Scientific Research Councils - Fasrc	Fasrc	President
<b>2 - Prof . Rached Boussema</b>	Al-Manar University in Tunis	Tunis	Membre
<b>3 - Prof. Abdallah Gad</b>	National Authority for Remote Sensing and Space Sciences	Egypte	Membre
<b>4 - Prof. Bahloul El Yaagoubi</b>	Tripoli University	Libya	Membre
<b>5 - Prof. Menny Baha</b>	University of Science , Technology and Medicine	Mauritanie	Membre
<b>6 - Dr. Amna Hamed</b>	Remote Sensing Authority and Seismological	Sudan	Membre
<b>7 - Dr . Anas Emran</b>	Scientific Center at the University of Mohammed V, Rabat	Maroc	Membre
<b>8 - Dr. Mohamed Ghaddah</b>	Regional Center for Remote Sensing of the North African states - Crtean	Crtean	Membre
<b>9 - Association of Remote Sensing the Arab world</b>		Assosiation	Membre

**Journal of Science and Space Technologies (JSAST)**

**The Science and Space Technologies Journal is a peer-reviewed journal publishing basic and applied research articles in the fields of space sciences and technologies. Accepted types of contributions include: original basic and applied research papers, review articles, books and theses reviews and technical notes.**

- **General rules for publication:**

1. The material sent for publication must be original, not published before or sent to any other destination for publication.
2. The languages of publication are Arabic, English or French.
3. Arabic abstract for text in English or French is needed.
4. The submitted work is confidentially sent to two referees specialized in the subject area. The referee's notes and comments are conveyed to the corresponding chief author so that he/she can revise the text to meet the publication requirements.
5. The journal accepts applied academic studies in the field of geomatics and space technologies.
6. The journal accepts research papers extracted from MSc. or PhD. thesis
7. The journal publishes related technical reports, research papers and studies presented at conferences, symposia and academic activities in special issues.
8. Un-refereed articles published in a special section of the journal.
9. The studies, researches and review articles reflect the views of their author (s), not necessarily the views of the editorial board.
10. Author (s) should not submit their articles to other publishers without notifying the journal.

- **Guidelines for contributors:**

1. The material should be submitted in two copies with Arabic, English or French summary, (8 -12 lines).
2. Illustrative figures should be clearly printed.
3. Abbreviations and terminologies should conform to international standards.
4. The Arabic text font should be Times New Roman (size 14), and 12 for English or French texts.
5. Research title, author name and address should appear in the translated English or French texts.
6. Publication fees for researchers is 100 \$ and only 50 \$ for students.

- **Manuscript structure and organization**

1. The manuscript should be in the standard scientific paper format with abstract, introduction, materials and methods, results and discussions, summary and references. The abstract should be informative, with emphasis on results and conclusion.
2. Title: the title of the paper should be informative, concise and representing contents of the paper.
3. Author (s) name (s) should include name and last name of every author and their complete addresses. It is necessary for the corresponding author to provide e- mail address.
4. Abstract: preferably less than 300 words and should state concisely the main objectives of the paper, brief description of methods used, main findings and conclusion.

5. Keywords: A list of 3-5 key words from the manuscript must be applied. Key words should include the topic investigated, and special techniques used.
6. Arabic abstract: Authors are requested to prepare an extract Arabic translation of the abstract, which will appear at the top of the article. However, for non-Arabic authors, the translation will be done by the journal editorial board.
7. Introduction: Should emphasize the importance of research, present related literature and give enough information to understand the hypothesis of the author (s); it ends with a paragraph including the objectives of the research.
8. Materials and methods: should be clear and informative, to allow other researchers to repeat the method and obtain the same results.
9. Results and discussion: obtained results and analysis should be in a clear and concise presentation, supported by tables and figures. It should contain corresponding statistical analyses and report from other authors.
10. Conclusion: should be redacted according to the research objectives and results. It should be in clear terms, without abbreviations, acronyms or references.
11. Acknowledgements: if any, this section should be located before references; expressing gratitude to institutions, laboratories and people who supported specially all or part of the research.
12. References: References should be cited chronologically in the text by author (s) and date, e.g. (Ali and Hadi, (2000); Mustafa *et al.*, (2005) and Gad (2010), and are not numbered. The total number of references mentioned should not exceed 20 references, at least half of them should not be more than 10 years date.

- **Submission of manuscripts:**

Three copies of research articles, as well as a soft copy must be submitted to the Editor- in- Chief, 18, Rue Moussa Ibn Noussair, Elmanzah V, Tunis- Tunisie, or to email: dg.crtean@crtean.int.tn.

- **Reprints:**

Authors are entitled to 2 reprints free of charge.

- **Subscription:**

**For member States:**

20 \$ for individuals

40 \$ for institutions or organizations

**For non-member States:**

25 \$ for individuals

50 \$ for institutions and organizations.

## Introduction

The world has become today a small village thanks to technological advances and the revolution in information and communication. Environmental, economic, political, cultural and technological systems all over the world have become inter-connected and inter-dependent. The Researcher is no longer only a citizen of his community, but he has become a citizen of the international community living in an era of rapid change which requires skills to survive in the world of information. The spectacular development and the amazing results achieved in space science and its applications through conducted research and studies have several effects on various aspects of life. Now, it is necessary to move seriously toward skills development which requires us to concert efforts on the local, regional and international level in order to cover the needs and requirements of the countries of North Africa and other Arab countries in line with their scientific, economic and cultural potential. Since the efforts of these countries could lead to an effective contribution of the region in this field, the focus is put on the progression of this science and mainly starting on a conscious and creative new generation armed with high culture and free scientific thinking. It requires us to unite efforts between the specialized national scientific institutions and regional and international organizations, unions and centers to reach this goal.

In this regard, the Regional Center for Remote Sensing of North Africa states, and the Federation of Arab Scientific Research Councils both give utmost importance to basic, applied and technological scientific research. They count on the people working in this field especially experimented researchers, university trainers and young researchers as well as researchers in the production sector and specialized technical structures, both in public and private institutions, to raise the challenges of the future and to establish the foundations of a modern economy based on knowledge, superior performance and the ability to compete.

We hope that the contribution of these two institutions in publishing this scientific journal would contribute, even with a small part, in enhancing scientific research in these countries and providing a tool for researchers.

With the first publishing of this periodical, all my thanking thoughts go to the professors: the chairman and the members of its scientific committee and those who had contributed in the elaboration of this piece of work such as research workers and specialists for the efforts they have done to complete this work and to achieve it as required and in time.

All our prayers go to Allah Almighty without whom nothing could be done.

**Dr. El Hadi Gashut**  
**Chief Editor**

## Use of Low Cost Flatbed Scanners in Orthophoto Mapping

Abdullah Elsadeg Ali\* and Hamid Elmelaih Mattar\*\*

\* Presently Director General Sudan  
Survey Authority  
P.O .Box 306

National Authority of Surveying  
Khartoum-Sudan

Email: profelsadeg@yahoo.com

\*\* Intergraph Saudi Arabia  
Marketing Manager  
Western Region

P.O.Box 9843 Jeddah  
21423

Email: ingrhamid@yahoo.com

**Abstract.** The Khartoum Orthophoto Project (KOP) consists of creating digital orthophoto maps from black and white aerial photography contact prints flown in 1996 at a scale of 1:20,000. The main goal is to describe an economic method for orthophoto mapping at medium scales. The results obtained showed that low cost flatbed scanner orthophoto mapping could be a useful tool in large scale resource surveys (1:1000 to 1:5000). For rapidly expanding cities in developing countries with limited resources allotted for mapping this is an important finding. Use could therefore be made of old and new aerial photos to support infrastructure mapping at large scales with sub-meter planimetric and a few meters height accuracy values.

**Keywords:** Aerial photos; Orthophoto; flatbed scanner; Scancorrect; geometric error correction.



## 1. Introduction

A quick glance at urban activities in any city, reveals the fact that maps are essential tools for almost every stage from planning to service delivery. From an engineering user perspective, the larger the scale of the map (and hence its accuracy), the greater will be the value of the map for a certain job. Yet, the mapping business for large scale urban applications (e.g. 1:1,000 and 1:500) is not easy without aerial photography (Petrie 2002). Orthophotos are aerial photographs that have been processed to remove distortions caused by tilt of the aircraft and variations in terrain elevations; and are used in a wide variety of geographic information contexts ranging from land use and resource survey and analysis to tax assessment and infrastructure management. Customarily, the goal of ortho imagery is to serve as a base layer for national spatial data infrastructure (NSDI). The process is nothing

less than a major step toward today's widespread adoption of digital technology in photogrammetry and image-based geographic surveys. There are three main types of ways to collect data for mapping purposes. These include filed surveying, aerial photography and remote sensing. Each of these methods has its own merits and demerits. An orthoimage, a derivative of aerial photography, is generally cheaper to produce compared to line map production. This paper discusses a pilot project concerned with the use of low cost commercial flatbed scanners in orthophoto production. The geometric fidelity, thematic content and possible applications of the produced ortho images are analysed. A conclusion regarding the use of low cost scanner in orthophoto production and the potential applications is drawn.

## 2. Area of the Study

The study area of this project is The Khartoum State, the capital state of Sudan. It is situated at latitude  $15^{\circ} 12' 00''$  N to  $15^{\circ} 51' 00''$  N, and from longitude  $32^{\circ} 18' 00''$  E to  $32^{\circ} 46' 00''$  E.

World Reference System refers to row=49 and path=173 and it is about 400m above mean sea level (Fig.1).

**Fig.1: Location of the study area**



- Landsat coverage
- Area of the study limits

The present population of the city (which comprises three towns and environs) is about 5 million (with an annual growth of 4.04%) which represents 16% of the total urban population of Sudan. The size of the urban part of Khartoum State is about 4,168.7km<sup>2</sup> and it is believed to be increasing at a rate of 3% annually, (National Statistical Center, Khartoum 2001). The climate of Khartoum area is poor savanna with two temperature maximums (forced by the onset and offset of Inter-



Tropical Convergence Zone (ITCZ)) in May and October. A short rainy season from June to September gives about 164mm of rain. August is the wettest month in which the relative humidity rises to 70 per cent at 6.00 a.m. Most of the rainfall occurs at night and to a lesser degree in the mornings and afternoons. The precipitation is lost through evapotranspiration due to excessive heat, percolation and gradient runoff. April has the highest rate of evapotranspiration, (Ali 1988 and Ibrahim 1984).

### 3. Materials Used in the Experiment

Aerial photography of the present work was acquired by the Sudan Survey Department (SSD) in 1996. The photographs were acquired with a Wild RC-10 film-based camera aerial camera mounted in a Twin Otters aircraft owned by the SSD since early 1970's. The camera focal length is six inch (150mm) and the film used was of the panchromatic type. Scale of the air photos was 1:20,000. GPS was not used during image capturing; only visual navigation techniques following terrain features is used to snapshot the photos. The black and white films were processed by the photogrammetric section of SSD. Two products were generated; diapositives and contact prints. Only the flowing materials were supplied to the authors:

- Seven diapositives;
- 200 contact print photos;
- 105 ground control points (GCP); and
- Some other information provided by interviewing a number of SSD personnel.

Most of the ground control points fall in strip AL11( see below ) in the middle of the project area. The seven diapositive sheets were given as sample only. It was found feasible to assess the quality of contact prints, when both are scanned. Regarding camera calibration, one of the previous reports dated 1999 was provided. The flight lines were given notations AL12, AL11 and ALL13. Strip AL11 covers the middle area of the project, Toti and part of Bahri. Table 1 shows project flight index (path, range of photos in each path and total number of photos).

**Table 1: Distribution of aerial photographs per flight line in the project**

No.	Strip No.	No.	Range of photos No.	Total number of photos per strip
1	AL13	1	039-052	14
		2	086-098	13
		3	137-163	27
2	AL11	4	015-032	18
		5	067-085	19
		6	117-135	19
		7	167-191	25
		8	213-232	20
3	AL12	9	099-111	13
		10	129-136	8
		11	187-190	4
		12	212-217	6
Total number of photos in the project area				186

#### 4. Hardware and Software Used in the Test

To produce a digital orthophoto by scanning black and white contact prints using low-cost A3 flatbed scanner, a number of hardware and software tools were employed. These are; MicroTek ScanMaker 9800XL scanner, Racurs ScanCorrect tool, Pentium4 PC with Windows XP OS, Z/I Imaging Stereo Softcopy Kit (SSK) (3D Graphics Card, Emitter, Stereo Glasses, Interface Box, 3D Mouse, Hardware and Software Protection (HASP) Dongle, Image Analyst (IA), ERMapper and GeoMedia and ArcGIS GIS software.

#### 5. Methodology Used

The technical methodology of generating digital ortho rectified images from film or hardcopy photos generally involves a series of steps that address conversion of analogue material to digital form, enhancement of the results, correction of the image and removal of distortions caused by camera tilt and terrain. In other words, the process intends to transform air photos from three dimensional (3D) perspective to two dimensional (2D) perspective by means of a sequence of orientation and correction operations. The procedure followed in this study goes as follows; (i) preparation of project materials (ii) selection of low cost flatbed scanner system (iii) scanning of aerial photographs (contact prints) (iv) consideration of geometric errors of the low-cost flatbed scanner (v) selection of geometric error correction software (vi) design and construction of mapping schema (vii) 3D feature collection (viii) DTM collection ; and (ix) integration of ortho imagery and GIS databases.

#### 6. Scanning of the Aerial Photograph Contact Prints

The first step in this task is to scan the photos. This step is the most important in the entire project. The idea is to capture the radiometric quality of the aerial photo while at the same time maintaining its geometry. Scanning of the aerial photographs is critical to the final output as well as to the image processing process. Also, image scanning may have a big cost impact on the project. The goal in this case is to achieve as much as possible a high image quality using low-cost flatbed scanners. The quality of scanned data is governed by the geometric and radiometric resolutions and image contrast. Geometric and radiometric resolutions do not only determine the size of the memory and mass storage device but also the processing speed and time of subsequent processes. On the other hand, for a typical photogrammetric task, scanning is normally undertaken with between 5 and 10 micron pixel size. The selection of pixel size for scanning is, therefore, a compromise between quality and other costs.

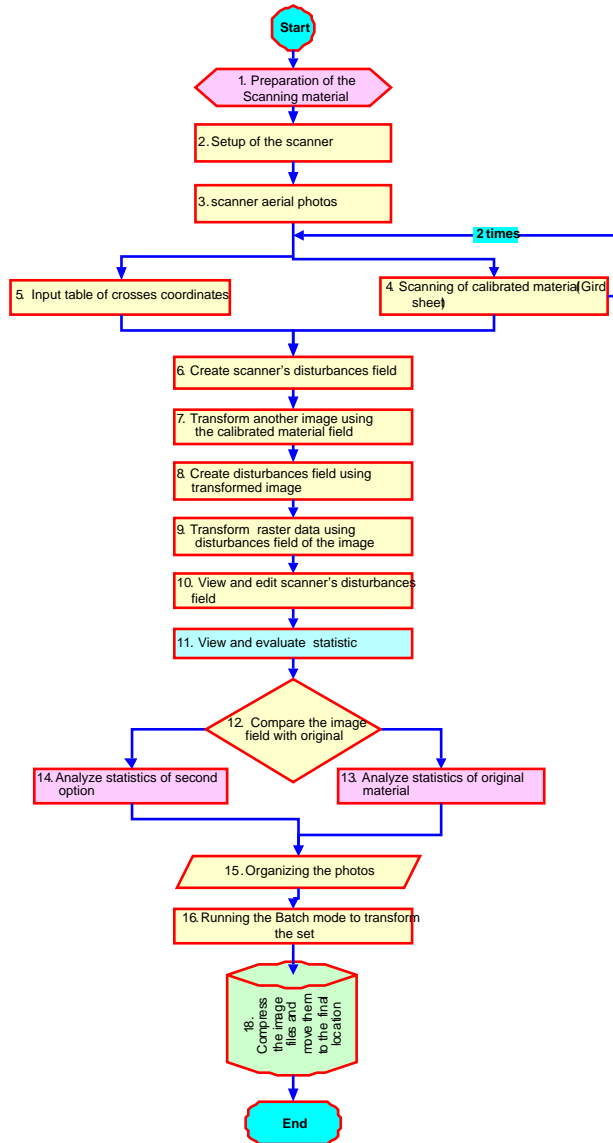
Generally, photogrammetric quality scanners are special devices capable of high image quality and excellent positional accuracy. Such a scanner results in geometric accuracy values similar to traditional analogue and analytical photogrammetric instruments and is usually a prerequisite for digital photogrammetric applications that have high accuracy requirements. These units usually scan only film (or sometimes diapositives) because film is superior to paper, both in terms of image detail and geometry. These units usually have root mean square error (RMSE) positional accuracy values of around 4 microns or less, and are capable of scanning at a maximum resolution of 5 to 10 microns (5 microns is equivalent to approximately 5,000 pixels per inch). However, professional scanners are very expensive. On the other hand, desktop scanners are general-purpose devices. They lack image detail and geometric accuracy of photogrammetric quality units, but they are much less expensive. An important concern is the relationship between size of pixel and nominal scale of the photograph being scanned, with consideration given to the final scale of the finished orthophoto required.

A good rule of thumb is to scan at approximately 240 times (in dpi) the magnification ratio (from photo scale to the final ortho scale). Thus, for a 5X magnification, a  $5 \times 240 = 1200$  dpi scan or finer would be appropriate. These ratios may not always be possible but trying to stay as close as possible to them will help to ensure a high quality product. The final pixel size (in ground units) depends on several factors, but most importantly the magnification ratio. However, it is generally better to resample to a coarser pixel than a finer one. Another rule of thumb for creating a quality orthoimage is to resample the normal size of the scanned pixel by a multiplication factor of 1.2 or greater. In the present experiment, a factor of 5X magnification is selected to yield an image scale of 1:5,000. Thus, the recommended scanning resolution is 1200 dpi. One of the principal goals of this study is to use an inexpensive office scanner in professional photogrammetric works. For this purpose, a comprehensive study was conducted and several questions were posted to a number of experts in this field. Some suggestions were received from Racurs Company (Russian).

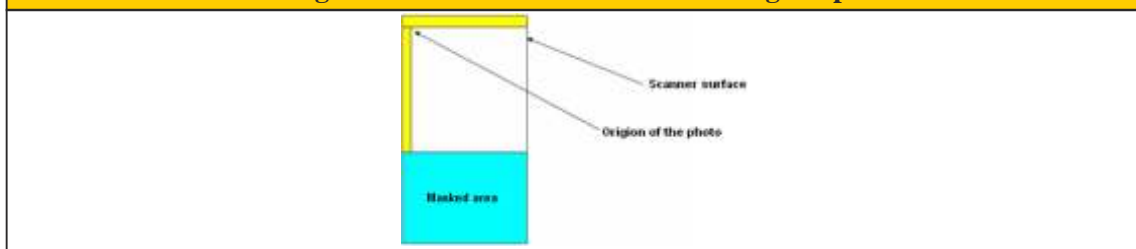
The Company developed a software called "ScanCorrect" designed for geometric calibration of desktop scanners. The program allows using inexpensive scanners in precise digital photogrammetric applications by means of special image calibration procedures. Scanned images are geometrically corrected when processed by ScanCorrect module to remove distortions and produce virtually error-free images. The geometric accuracy values of a number of inexpensive desktop publishing (DTP) scanners have been tested by the company in order to evaluate the possibility of using such scanners in digital photogrammetric works. The following commercial scanners were geometrically evaluated; a Mustek Paragon 1200 CX, an Agfa Arcus II, a UMAX PowerLook II, a UMAX Power Look 2000 and a UMAX Mirage D16-L. The results of their tests are summarized as follows:

- The nature of geometric errors is the same for all tested scanners;
- The maximum geometric error is a unique characteristic of each specific scanner;
- As a rule, maximum error ranges from 100 to 400 microns along scanning field; and
- The dominant part of an error is of a systematic nature.

According to these findings from experts in the scanning field, few other modern scanners were considered. Heidelberg Lindoscan 2650, ArtixScan 6000xy, Epson 1640xl and ScanMaker model 9800XL are the scanners included in the investigation. Based on the literature available in the internet about these scanners, a Microtek brand was selected. The Microtek scanner ScanMaker model 9800XL large format A3 Scanner was then purchased. The price was about 11,000 Saudi Riyals (in the year 2006), that is approximately 3000 US dollars. This scanner offers up to 1600 dpi. Then in order to utilize the maximum dpi resolution available, the contact prints were scanned at 1600 dpi which yields approximately  $15.75 \mu\text{m}$  pixel size. This scan value, therefore, results in a ground pixel dimension or ground sample distance (GSD) of 31.5cm. For orthophoto output scale of 1:5,000 a scan resolution of  $15.75 \mu\text{m}$  looks satisfactory. Furthermore, the radiometric resolution of the scanned images is 8 bits which yields 256 grey levels. To perform the scanning and subsequent photogrammetric works, a normal PC was configured with some extra attention given to memory (RAM), mass storage and motherboard in terms of quantity and quality. The additional hardware and software used with the PC to establish the low-cost photogrammetry image station are the stereo softcopy Kit (SSK) and the equivalent Z/I photogrammetric suite. The digitization and geometric correction jobs of the B/W contact prints were carried out based on the logical workflow shown in Fig. 2.

**Fig.2: Workflow of metric characteristics of scanned image**

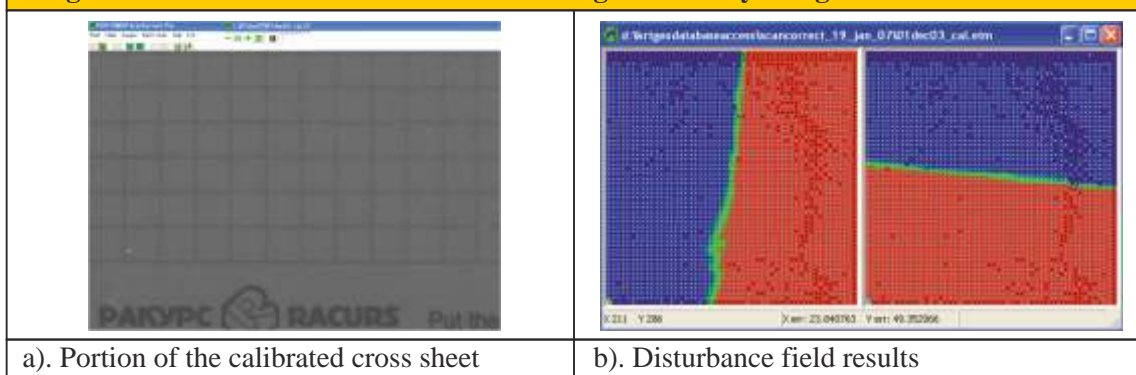
The scanning starts with measuring the size of the photo on the glass surface of the scanner. Then on the left corner of the scanner two sharp strips of thick yellow paper were taped at right angle (Fig.3), the intersection of which was used as measurement reference. The unused part of the scanner was masked. Within the software, the area was determined so that only the image area can be scanned. The scan area size was about  $10 \times 10.50''$ . The setup guarantees all image scan starts at the exact corner. The photos were scanned in order according to strip alignment. The image file was given the name of the strip plus the designation number of the photo. Scanning of aerial photos took about 15 working days.

**Fig.3: Scan area limits on the scanner glass plate**

## 7. Geometric Correction of the Scanned Images

The ScanCorrect, as mentioned in the previous paragraph, is the software used to transform the scanned image with sub-pixel accuracy according to the calculated scanner errors. The ScanCorrect module was purchased from Racurs, at a cost of 720 US dollars. The cost includes three items, the PHOTOMOD ScanCorrect, a Plastic grid and a USB software key. Scanner errors are calculated using the special gauge grid (Fig.4a). A gauge grid used for scanner calibration is a stable glass plate containing a high accuracy rectangular grid of crosses. The program looks for gauge grid crosses automatically (except the first two crosses which should be defined manually).

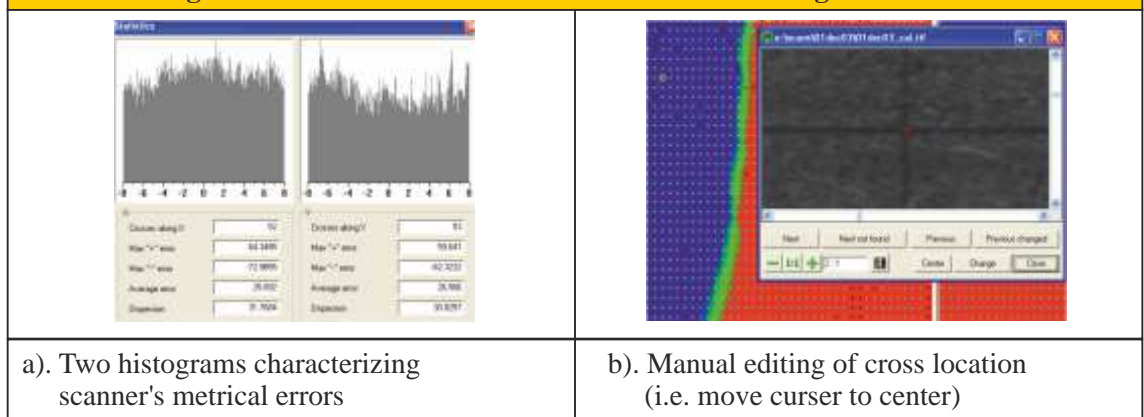
The program also allows monitoring the automatic cross identification visually and locating crosses manually. The possibility to take into account the real coordinates of crosses allows diminishing cross spacing accuracy requirements. The program input/output symmetry allows checking the efficiency of a specific scanner calibration easily. This can be achieved by scanning a gauge grid two times slightly shifting it from one scan to another. Then scanner errors can be calculated based on the first scan and used to correct the one after. The errors calculated from the corrected scan can be considered as an estimation of calibration efficiency. The scanner's error can be measured by calculating disturbance field (Fig.4b).

**Fig.4: ScanCorrect disturbance field results generated by using calibrated cross-sheet**

A disturbance field is a set of data characterizing the metrical errors of the scanner in some scanned area. It takes into account non-squareness of raster elements.

Five operations were carried out to correct and improve the geometric characteristics of the scanned images using ScanCorrect module. These are (i) creation of “disturbance fields” (ii) editing the disturbance fields (iii) reviewing of statistics on disturbance fields (iv) transforming the calibrated sheet image, and (v) transforming the scanned images. The first step in the compensation of scanner systematic error and improvement of image geometric characteristics is the scanning of the calibrated cross sheet followed by creating the disturbance filed. The latter starts by locating the origin of the transparent sheet followed by specifying at least three consecutive crosses (e.g. cross1, cross2 and cross3). In disturbance field output such as those shown in Fig.4b, small errors are shown in green, major errors (i.e. positive errors) are shown in red and negative errors are shown in blue. Statistical data is shown in terms of histograms and tabulated information (i.e. number of crosses, minimum, maximum of positive and negative errors, average of absolute errors and average root mean square error) (Fig. 5a).

**Fig.5: Disturbance field statistics and manual editing of cross location**



After the “disturbance filed” was generated using the calibrated material, three images from the photographic material were mathematically transformed and the results were reviewed. The best output was used to generate the “disturbance filed”. Then the matrix produced was improved by manual editing (Fig. 5b). The final concluded disturbance filed was used with the batch mode transformation to correct the whole set of the scanned aerial photos. The resultant images were geometrically corrected using ScanCorrect software so that they are geometrically suitable for digital photogrammetric work.

The produced images were then radiometrically enhanced using image analyst (IA) software to improve contrast/brightness and overall gray scale rendition.

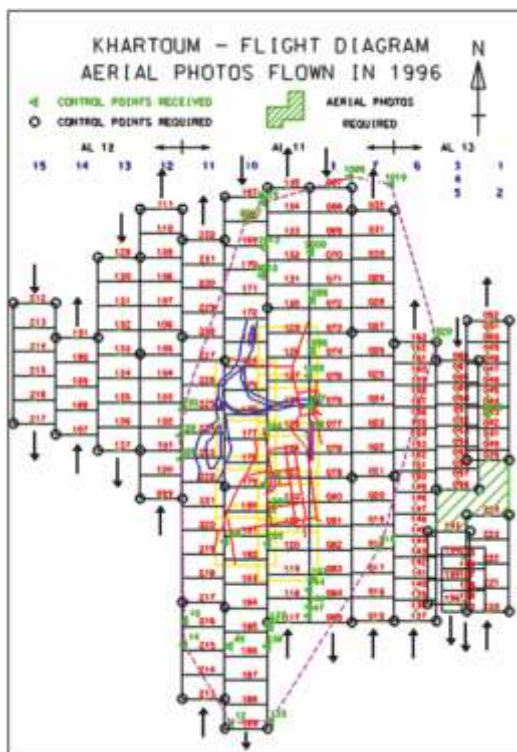


## 8. Block Preparation and Approximate Exterior Orientation

Some basic information about the 1996 aerial photography of Khartoum project was unavailable, i.e. mission planning information, flight strips, photo center (x,y) or camera position and camera calibration report. Moreover, the absence of some other important data such as GPS and inertial navigation system (INS) information became an additional burden to the orthophoto production stage of this project.

The objective of the block preparation and approximate exterior orientation task is to use available information to establish approximate flight index and block diagram of the photos. For exterior orientation, the rough position of the camera station at the instant of exposure was mandatory in order to load the photos. The reason for creating the flight index diagram was to understand flight direction and to organize the photos in each strip. To draw the flight index diagram ( Fig.6 ), two kinds of material were used; (i) the contact prints and (ii) the handwritten sketch of the flight index.

**Fig. 6: The Simulated flight diagram of the aerial photography project**



Steps undertaken next to construct the approximate block are :

- (I) The entire air photo contact prints were laid out over a long table according to photo and strip numbers marked on each photo. Then each photo was aligned according to its position (before, after, left and right neighbor)



- (II) Using MicroStation tools, each block of aerial photography was formed in multiple flightlines,
- (III) Ground coverage of each model with 60% forward overlap and 25% lateral sidelap is secured. Then flight parameters were computed as follow:
- flying height above mean sea level (H)=3415m;
  - average ground level 380m;
  - altitude = flying height + mean datum;
  - altitude above average ground level (h) = (3415-380) = 3035m;
  - camera focal length is 6" 152.20mm;
  - scale = focal length / altitude above average ground level =  $f/(H-h) = 0.1522 / (3415-380) = 0.1522/3035 = 1/20,000$ ;
  - scale = photo distance/ground distance =  $d/D$ ;
  - scale =  $1/20,000$ ;
  - air photos size = 9" x 9" = 23cm x 23 cm = 0.23m x 0.23m;
  - ground distance (along one side of air photo) =  $0.23 \times 20,000 = 4600\text{m}$ ; and
  - air photo size at ground =  $4600\text{m} \times 4600\text{m} = 4.6\text{km} \times 4.6\text{km}$ . Then the model size  $((1-0.60) \times 4600) \times ((1-0.25) \times 4600) = 1840\text{m} \times 3450\text{m}$ .

To approximately register the block diagrams, four steps were carried out. In the first, locations of the available ground control points were identified in the corresponding photos. The task was quite difficult and time-consuming. Since there were no labels or names on the photos, visual recognition on the screen by zooming in and out and roaming was used to locate the positions of the GCPs. In the second step, those positions of GCPs were identified on a Landsat7 ETM+ and the imagery was re-registered. In the third step, each photo was approximately registered to Landsat imagery using image-to-image in the image analyst software. In the last step, approximate x,y coordinates of photo centers were acquired.

## 9. Setup of the Photogrammetric Project

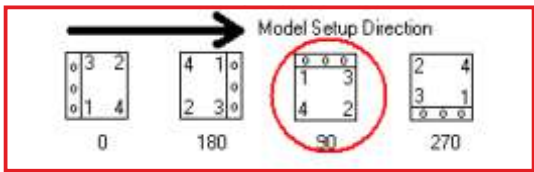

A digital photogrammetric project of the test was established using ImageStation Photogrammetric Manager (ISPM) software. Coordinate systems were setup to the UTM, at Adindan, Zone 36 North and the units are in meters. The workflow of the setup of the project is described as in the following sections.

## 10. Orientation and Aerial Triangulation

The photogrammetric orientation process consists of a number of tasks carried out in order to be able to measure 3-D coordinates from two-dimensional images. Aerial triangulation is a photogrammetric process used to determine point coordinates in a whole strip or block of images; the measurement being confined to ground control points, pass points, natural, man-made, pre-marked and tie points. Basically the mapping process is carried out through four steps, namely; interior orientation (IO), relative orientation (RO), absolute orientation (AO) and epipolar resampling (ER). These steps alleviate the distortions introduced through nine elements associated with aerial photography such as; outer orientation elements (X,Y,Z), relative orientation parameters (tilts:  $\omega, \phi, \kappa$ ) and inner orientation parameters (focal length, principal point location and lens distortion).

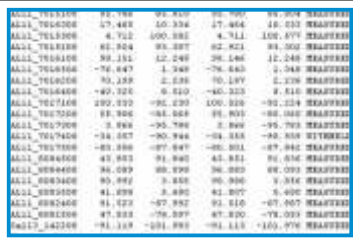
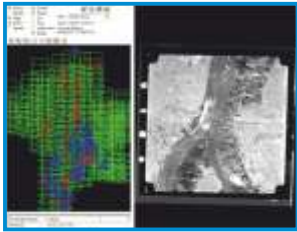
**Interior (or Inner) Orientation:** Interior orientation defines the internal geometry of a camera or sensor as it existed at the time of data capture. The variables associated with image space are defined during the process of interior orientation. The internal geometry of a camera is defined by specifying the following variables (principal point, focal length, fiducial marks and lens distortion). Fig.7a shows the definition of the photo coordinate system based on camera orientations. Nominal x and y values for the camera could be as such  $(-, -)$ ,  $(+, +)$ ,  $(-, +)$  and  $(+, -)$ . In the present test, the process starts by measuring the fiducial marks on the digital imagery. Once the fiducials on the first photo have been measured, all subsequent fiducials on the photo will automatically be measured using image correlation techniques (automatic functionality in the ImageStation digital mensuration (ISDM)). Eight fiducial marks were measured on each photo as illustrated in Fig.7b.

**Fig.7: The data chamber, which acts as a point of reference for fiducial coordinates**

	
<p>Circles along the border in each example represent the data chamber, which acts as a point of reference for the fiducial coordinate system.</p>	
<p>a). Definition of photo coordinate system based on camera orientations</p>	<p>b). Eight Fiducial points were measured.</p>


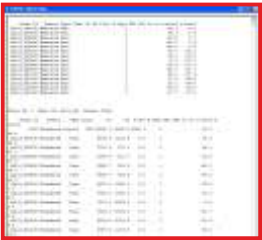
**Relative Orientation:** Relative orientation (RO) is the process of removing the x and y parallaxes using at least 6 points in the overlap region of the left and right photos of a stereopair. The measurement ties each two adjacent photos together. In this test, the point measurement process is facilitated by the ability to measure in both mono and stereo modes at the same time. Also, common points can be locked in one photo while being transferred down or across strips. Automatic point measurement and transfer using image correlation techniques is available in ISDM. The measurement was carried out following terrain features or man-made objects such as power poles, corners of buildings, small structures, trees or road intersections. Following the completion of relative orientation, image footprint views such as the one shown in Fig.8 can automatically be generated.

**Fig. 8 View of image footprint, strip and model setup**

	
<p>a). Photo Report (ISPM)</p>	<p>b). Model and Photo setup with IO, RO and EO in (ISPM)</p>

**Absolute Orientation:** After completion of the IO and RO orientations, the photogrammetric stereo model must be scaled, translated and leveled with respect to a ground reference coordinate system. For this datum definition, a correspondence between image points and points on the ground has to be established. It also compensates several remaining errors eg. residual attitude and positional errors. In the optimal case, at least three vertical and two horizontal control points are required. In the present project, GCPs with good description in terms of position in the photos are thirty two and as pointed out earlier, they fall almost in strip AL11. Therefore, the absolute orientation was achieved in the area where GCPs are available (Fig.9).

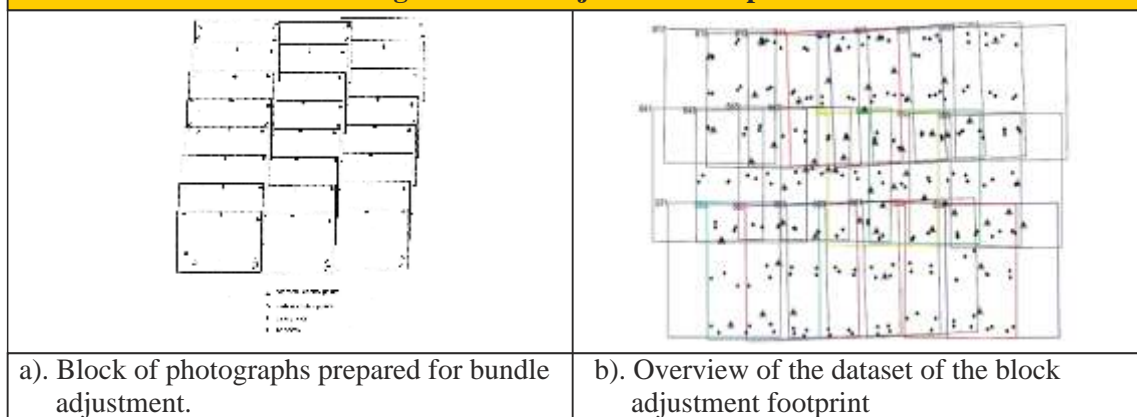
**Fig. 9: Example of GCPs location identification based on AO result**

	
a). The position of the point is determined in both left and right photos	b). photos and GCPs report generated after the measurement

**Epipolar Resampling :** After calculating the elements of exterior orientation for each photo, either from the aerial triangulation adjustment program or directly from absolute orientation, the photos will then be resampled into epipolar format. Epipolar format is a re-arrangement of the pixels in each digital photo of a stereo model in such a way as to remove all the (y) parallaxes. The resulting images will then be stereo and ready for 3D mapping and DTM collection. This step was achieved using ImageStation photogrammetric manager (ISPM) software module. Since epipolar transformation is time-consuming, it was done in batch mode.

**Block Adjustment:** The orientations of all images of a whole block can be determined together with the ground coordinates by a bundle block adjustment. The bundle block adjustment is the transformation of independent models, based on a simultaneous three-dimensional transformation i.e. iterative horizontal and vertical transformation of the models together to ground control points. The bundle block adjustment mathematical model is based on the collinearity condition equations and is improved by additional parameters for modelling the “systematic image errors”. Of course, statistical tests should be used to exclude additional parameters which are not significant. For this study, the block contains 24 (3x8) photos (Fig.10).

The block was defined by entering an ID and then, by either selecting the photos from a list or by selecting them from a display of project photo footprints. Using the ISDM's internal aerial triangulation package (Photo-Triangulation (Photo-T), the resultant AT was quality control checked.

**Fig. 10: Block adjustment footprint**

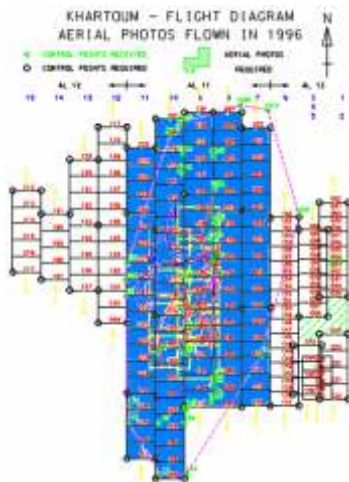
## 11. DTM Collection

After resampling into epipolar geometry, each stereo model was ready for digitizing and stereo viewing. MicroStation feature collection (MSFC) provides an efficient map feature digitizing system. It provides numerous commands to collect, edit and attribute feature data directly into a design file (dgn). Digital terrain models can be collected interactively with ImageStation DTM Collection (ISDC) or automatically with ISMT. An iterative digital autocorrelation process was used to semi-automatically collect a dense digital terrain model (DTM) of the test area, comprising a combination of 3D digitization, automatic elevation autocorrelation and 3D mass-point editing, using the ISFC, ISDC and imagestation automatic elevations (ISAE) software. The DTM was acquired by measuring regular grid points following these steps:

- (1) Design of DTM horizontal interval (e.g. horizontal distance between each two successive points); ( in this study, and from experience gained elsewhere (eg. Hohle, 1996), this interval was chosen to be 50m );
- (2) The DTM of each model was then generated separately ;
- (3) Manual measurement of each single point in the DTM in 3D ; and
- (4) Generation of break lines (Fig.11).

DTM data was collected for 94 models representing areas where GCPs are available (Fig.12).

**Fig. 11: Example of measured and skipped DTM points**

**Fig. 12: Blue areas represent measured DTM**

## 12. Topographic Database Model

The topographic database model designed for topographic feature collection in 3D mode for large scale mapping consists of twelve data groups. Basic data groups are transportation, administration, boundaries, structures, cartography, utilities, vegetation, DTM, drainage, topography, land use and ground control points. There were about 140 feature classes defined for the topographic schema. Fig.13 depicts sample of feature collection designed by the present authors for the study area.

**Fig.13: Portion of topographic feature collection schema**

S/N	CODE	FEATURE CLASS	CATEGORY	TYPE	LEVEL	STYLE	WEIGHT	COLOR
1	3001	PRIMARY ROAD	TRANSPORTATION	LINE	5	0	2	3
2	3002	SECONDARY ROAD	TRANSPORTATION	LINE	5	0	1	2
3	3003	TERTIARY ROAD	TRANSPORTATION	LINE	5	3	1	3
4	3004	UNPAVED ROAD CURB	TRANSPORTATION	LINE	5	1	2	4
5	3005	TRACK	TRANSPORTATION	LINE	5	2	1	2
6	3006	DUAL CARRIAGEWAY	TRANSPORTATION	LINE	5	0	1	3
7	3007	CARPARK-PAVED	TRANSPORTATION	LINE	5	0	2	4
8	3008	RAILWAY	TRANSPORTATION	LINE	5	0	1	4
9	3009	PEDESTRIAN PAVEMENT	TRANSPORTATION	LINE	5	1	1	4
10	3010	DUAL CARRIAGEWAY-SEPARATED	TRANSPORTATION	LINE	5	0	0	3
11	3011	ROAD UNDER CONSTRUCTION	TRANSPORTATION	LINE	5	7	2	3
12	3012	BRIDGE	TRANSPORTATION	LINE	5	0	2	10
13	3013	TUNNEL	TRANSPORTATION	LINE	5	0	1	5
14	3014	DRIVEWAY	TRANSPORTATION	LINE	5	2	1	4
15	3015	PAVED ROAD CURB	TRANSPORTATION	LINE	5	0	1	19
16	3016	ROAD ADMINISTRATION CENTRELINE	TRANSPORTATION	LINE	5	1	1	13
17	3017	ROAD NAVIGATIONAL CENTRELINE	TRANSPORTATION	LINE	5	2	1	18
18	3018	BUS TERMINAL	TRANSPORTATION	LINE	5	0	2	19
19	3019	PETROL STATION-GARAGE	TRANSPORTATION	POINT	5	0	3	5
20	3020	AIRPORT RUNWAY	TRANSPORTATION	LINE	5	0	1	6
21	3801	CITY LIMITS	ADMINISTRATION	AREA	50	1	2	7
22	3802	PROVINCE	ADMINISTRATION	AREA	50	2	2	6
23	3803	DISTRICT	ADMINISTRATION	AREA	50	3	2	5
24	3804	SUB-DISTRICT	ADMINISTRATION	AREA	50	4	1	3
25	3805	SUB-DIVISION	ADMINISTRATION	AREA	50	0	1	2
26	3806	CADASTRAL BLOCK	ADMINISTRATION	AREA	50	0	1	1
27	3807	CADASTRAL PARCEL	ADMINISTRATION	AREA	50	0	1	0



### 13. Vector Data Collection in Three Dimensions

The output is a pure computer-aided design (CAD) classified map based on the design file levels. For instance, elements are not feature-tagged and there was no attribute table linked with them. Further, cleaning, validation and transformation from 3D to 2D is required to prepare the products as GIS- ready data to be used by the GIS software. Because of the time limitation imposed on the authors, not all features were collected. Fig.14 shows part of the test area ( Omdurman area) as collected in three dimensions.

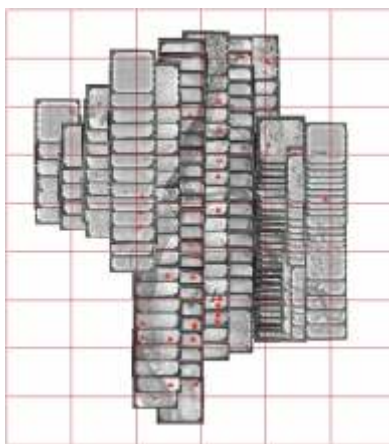
**Fig.14: Part of Omdurman area collected in 3D**

## 14. Ortho-rectification and Mosaics

The intent of digital photo-rectification is to correct photographs for the effect of relief displacement that occurs when the ground object space is imaged onto a two-dimensional aerial photographs due to elevation differences present in the physical terrain. The position of each pixel of the raster image is corrected using a known ground elevation value for that pixel.

In planar photo-rectification, an average ground elevation was determined for each block of images to be used as elevation data input for the digital planar rectification process. In this test the average elevation was 383 m as computed from ground control points used in the project. Therefore, each image pixel in a photo block was corrected using the same elevation. In ortho-photo-rectification, an image within a photo block was ortho-rectified using the elevation data from the DTM file. Then, each pixel of an image in a photo block was corrected using a unique elevation as provided by the DTM collected prior to the ortho rectification process. Where there are no major elevation differences, there will be no apparent visual difference in the corrected positions of the terrain features between a digital planar-rectified image and an ortho-rectified image. Thus, the planar-rectified product was produced to envisage the use of the data for general planning purposes in the whole area (Fig 15).

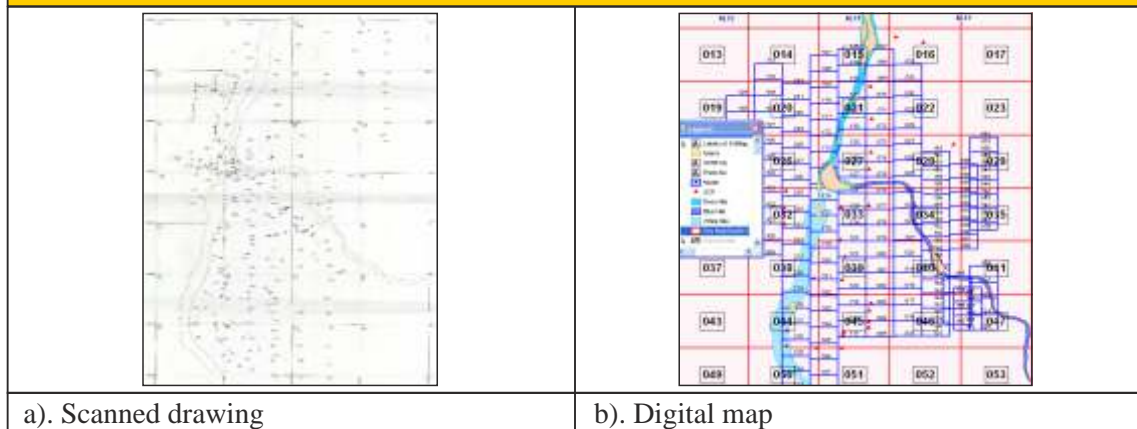
**Fig. 15: Planar-rectified image, GCP and key map-sheet 8x6 km<sup>2</sup> of the project**



The next step following the rectification task is the dodging process. This process darkens bright areas and lightens dark areas of aerial images to compensate for the effects of uneven lighting conditions. True ortho is the orthophoto process that eliminates double-mapping in areas hidden from the camera perspective center, particularly near structures that are offset from ground level, such as bridges, highway overpasses and the tops of buildings. Double-mapping causes some parts of an image to appear in an ortho rectified image twice; in their correct places and in areas hidden from the camera by obstacles but mapped to the same locations they occupy on the original photo.

The last step in the production of orthophotography is the image mosaicking and tone balancing. Image mosaicking is an assemblage of two or more overlapping aerial photographs that form a composite view of the total area covered by the individual photographs. According to the project plan, the final ortho-image map needs to equal the map sheet (8x6 km<sup>2</sup>) according to standards used in the national mapping agency (SSD) (Fig 16). It is to be noted that image mosaics may have a problem where variations in mosaicked images exist. Tone balancing is a process which can overcome this problem.



**Fig. 16: Key map-sheet 8x6 km<sup>2</sup>**

The image mosaic and tone balancing were carried out with Earth Resource Mapping (ER Mapper version 7.0) provided to the present authors by the local representative in Saudi Arabia as an evaluation version. Each (3x4) images were merged into a seamless topographic image map to represent or to be equivalent to a single map sheet. Then, tone balancing was performed to produce a seamless mosaiced ortho-rectified image map. A number of balancing options exist; eg. medium base contrast level, balance with no black/white edges, blue haze filter etc. In this experiment, the latter option was used to match colors to the entire mosaic.

The final step is clipping an image to exact size of map sheet. Then, all mosaiced images were clipped as shown in Fig.17.

**Fig. 17: 8x6 km<sup>2</sup> Ortho-rectified mosaic images**

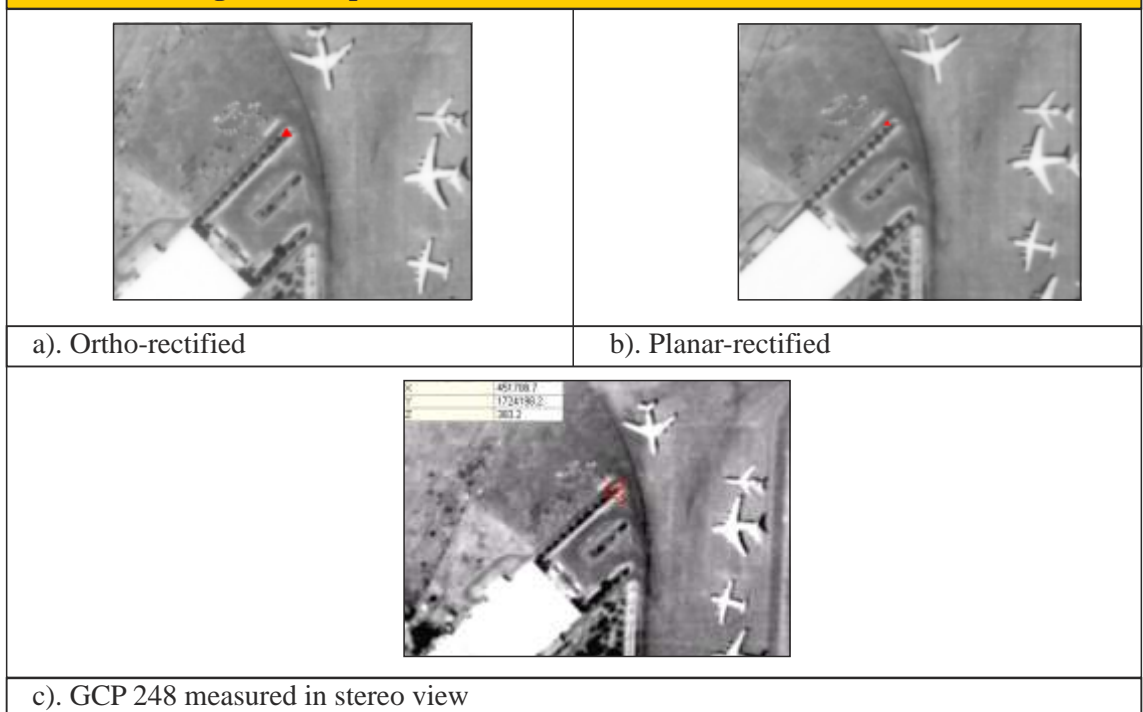
## 15. Accuracy Assessment

To estimate accuracy and quantify errors expected in the final product due to several factors such as acquisition, processing and conversion, an “Accuracy Assessment” task needs to be carried out. Worldwide, several methods have been used for accuracy assessment with remotely sensed data (Aronoff 1985, Congalton and Green 1999, Congalton 1991, Ebner, Fritsch and Heipke 1991, Hohle 1996 and Hord and Brooner 1976). Basically, concerning quality control of the final orthophotographic product, two steps are required: Verification of the internal quality in terms of tone balancing and feature matching at the edges; and assessment of positional accuracy. To check for the internal quality, visual image inspection was carried out to see the overall outlook of the images when they are displayed together. Few mosaic images displayed dissimilarities.

This situation was remedied manually through brightness and contrast adjustment. After that, visual inspection showed that all images were well-matched. Regarding assessment of the geometric accuracy, the best approach for this is to carry out a field survey using differential GPS. However, the research time did not allow the present authors to achieve this task. Therefore, a simple technique was developed to check the quality.

A total of six ground control points (two in each town) were carefully selected. The positions of these points were accurately measured during the triangulation phase in three dimensions. Then the GCPs were overlaid on top of the ortho-rectified and planar-rectified images (Fig. 18). The examination showed that the points were precisely laid down in the ortho-rectified images. With planar-rectified images, however, the positions were slightly shifted (Table 2).

**Fig. 18: Comparison Between Ortho-rectified and Planar-rectified**



**Table 2: Measurement of Ground Control Points in Ortho-rectified and Planar-rectified**

No	Ground Control ID	Location	Positional error	
			Ortho-rectified	Planar-rectified
1	244	Khartoum	0	0
2	248	Khartoum	0	4.2 m
3	229	Omdurman	0	1.0 m
4	2012	Omdurman	0	4.1 m
5	1095	Khartoum North	0	1.5 m
6	1098	Khartoum North	0	3.0 m
7	Average of positional error		0	2.28 m

## 16. Conclusion

Earth scientists , researchers and decision-makers in developing countries whose works involve geospatial data acquisition and analysis have real difficulties in obtaining inexpensive data. Therefore , there is clear need to develop new low- cost methods to generate such data . . Fortunately, the advent of digital computer hardware and software made this possible. The present test is a good example. In this test, the present researchers investigated the potential of low-cost desktop scanners in professional digital photogrammetry work. An inexpensive flatbed scanner was used to scan panchromatic aerial photographs acquired in 1996 made available to the authors by the SSD.

Contact prints were scanned at 1600 dpi yielding approximately 15.75  $\mu\text{m}$ . This scan value results in a ground pixel dimension or ground sample distance (GSD) of 31.5cm. For an orthophoto output scale of 1:5,000 a scan resolution of 15.75  $\mu\text{m}$  , therefore , looks satisfactory. On the other hand , systematic errors of the scanner were successfully compensated for using the ScanCorrect module.

The image triangulation was carried out with the aid of ground control points . The DTM was then collected for the entire flight-strip AL11. Planar-rectified images were produced for the whole project area using the mean elevation of the GCPs . True ortho-rectified images were then produced only in the area covered by GCPs. The mosaicing process was achieved satisfactorily using the rigorous method provided in the ERmapper. Finally, the quality control (QC) test was carried out based on visual assessment and GCP location measurement in both planar-rectified and ortho-rectified images.

The QC results showed excellent geometric accuracy for ortho-rectified images and good geometric accuracy for planar- rectified images ( an average error of less than 2.5m in ground terms ) . However , the results are still inferior in terms of contrast. This will hopefully improve in the near future with newer scanners now appearing in the market .

## REFERENCES

- Ali, A.E., 1988, Assessment of visual interpretation of the thematic mapper (TM) images for land use and land cover in Sudan. Earth Surface Processes and Landforms, Vol.14, pp.399-405.
- Aronoff, S., 1985, The minimum accuracy value as an index of classification accuracy. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 51, No. 1, pp. 99-111.
- Congalton, R.G. and Green, K., 1999. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practice. CRC Press, Inc. U.S.A. (137 pages).
- Congalton, R.G., 1991, A Review on assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment. Vol. 37, pp. 35-46.
- Ebner, H., Fritsch, D. and Heipke, C.,1991. Digital Photogrammetric Systems. Herbert Wichmann Verlag GmbH. (344 pages).
- Hohle, J., 1996. Experiences with the production of digital orthophotos. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.62, No.10, pp.1189-1194.
- Hord, M. R., and Brooner, W., 1976. Land-use map accuracy criteria. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.42, No.5, pp.671-677.
- Ibrahim, I. M., 1984 . The social and environmental impact of industrial wastes on the waste workers in Khartoum North. A monograph Published by the Institute or Environmental Studies, University of Khartoum, (126 pages).
- Jensen, J. R., 2000. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Prentice-Hall, New Jersey, U.S.A. (544 pages).
- Jensen, J. R., 2005. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Third Edition. Prentice-Hall, New Jersey, U.S.A. (526 pages).
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. and Chipman, J.W., 2004. Remote Sensing and Image Interpretation, Fifth Edition. John Wiley and Sons, New York, U.S.A. (750 pages).
- Warner, W.S., Graham, R. W. and Read, R.E., 1997. “Small Format Aerial Photography”. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Interprint Ltd., Malta. (348 pages).
- Petrie, G., 2002 . Optical imagery from airborne and spaceborne platforms: Comparisons of resolution, coverage and geometry for a given ground pixel size. GeoInformatics, Vol. 5, No. 1, P.28-35.

## List of Tables

Distribution of aerial photographs per flight line in the project

**Table 1: Distribution of Aerial Photographs per Flight Line in the Project**

No.	Strip No.	No.	Range of photos No.	Total number of photos per strip
1	AL13	1	039-052	14
		2	086-098	13
		3	137-163	27
2	AL11	4	015-032	18
		5	067-085	19
		6	117-135	19
		7	167-191	25
		8	213-232	20
3	AL12	9	099-111	13
		10	129-136	8
		11	187-190	4
		12	212-217	6
Total number of photos in the project area				186

Measurement of ground control points in ortho-rectified and planar-rectified

**Table 2: Measurement of Ground Control Points in Ortho-rectified and Planar-rectified**

No	Ground Control ID	Location	Positional error	
			Ortho-rectified	Planar-rectified
1	244	Khartoum	0	0
2	248	Khartoum	0	4.2 m
3	229	Omdurman	0	1.0 m
4	2012	Omdurman	0	4.1 m
5	1095	Khartoum North	0	1.5 m
6	1098	Khartoum North	0	3.0 m
7	Average of positional error		0	2.28 m

## List of Figures

1. Fig. 1: Location of the study area
2. Fig. 2: Workflow of metric characteristics of scanned image
3. Fig. 3: Scan area limits on the scanner glass plate
4. Fig. 4: ScanCorrect disturbance field results generated by using calibrated cross-sheet
5. Fig. 5: Disturbance field statistics and manual editing of cross location
6. Fig. 6: The Simulated flight diagram of the aerial photography project
7. Fig. 7: The data chamber, which acts as a point of reference for the fiducial coordinate
8. Fig. 8 View of image footprint, strip and model setup
9. Fig. 9: Example of GCPs location identification based on AO result
10. Fig. 10: Block adjustment footprint
11. Fig. 11: Example of measured and skipped DTM points
12. Fig. 12: Blue area represents the DTM measured
13. Fig. 13: Portion of topographic feature collection schema
14. Fig. 14: Part of Omdurman area collected in 3D
15. Fig. 15: Planar-rectified image, GCP and key map-sheet 8x6 km<sup>2</sup> of the project
16. Fig. 16: Key map-sheet 8x6 km<sup>2</sup>
17. Fig. 17: 8x6 km<sup>2</sup> Ortho-rectified mosaic images

## PIPELINE OPERATIONS & INTEGRITY MANAGEMENT USING GIS & REMOTE SENSING TECHNOLOGIES (APPLYING ON PDOC'S EXPORT PIPELINE)

Khalid Awad, Petrodar<sup>1</sup>, Eltaib Saeed .S. Ganawa<sup>1</sup>, Abdelrahim A. M. Salih<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Operating Co., Khartoum – Sudan, kamerghani@petrodar.com

<sup>1</sup> Faculty of Geoinformatics, Future University, Khartoum– Sudan, ganawa@uofk.edu

<sup>2</sup> Remote Sensing and Seismology Authority, National Research Centre, Khartoum, Sudan.

Email: abdelrahim\_rsa95@hotmail.com

### Abstract:

Satellite remote sensing has become a common tool of investigation, prediction and forecast of environmental change and scenarios. Remote Sensing and Global Positioning System (GPS) tools & technology in assisting decision had become a vital option applicable to pipeline transportation and other industry infrastructure. Pipelines often cover thousands of miles and are located in remote areas that are difficult and expensive to monitor. Safe pipeline transportation of energy resources is a major concern for the public and the pipeline industry. For managing pipeline operational needs a GIS based multi criteria decision analysis system and process providing improved critical pipeline data quality by providing the structure for systematic logical evaluation /management of pipeline threats, incorporate technology and create incentives for technical advancements and their use. Identify high consequence areas along the route of the pipeline by obtaining the visual and detailed information about the geographical data. Analysis reveals important considerations to help users make decisions for future town planning. This GIS database could be expanded to analyses urban and vegetation coverage, storm water runoff potential threats, the database can also allowed for all spatial natural features to be accountedbe accounted for in GIS alongside other forms of infrastructure. The advantage for making decisions based on the overall data from this system could provide spur economic revitalization, enhanced planning, economic development, and preserve important sites. Moreover, users appear to save time via GIS design and enhance decision making. The applicability of the GIS database has far-reaching potential in making effective decisions in town planning around the pipeline. In this study, GIS is used to provide a compact space where all sorts of data relevant to Area can be stored in digital format, including images, maps, documents, photographs. This study discussed potential contributions of RS and GIS to planning discipline, and proposed a prototype, which would help in better management for the pipeline operation.

**Keywords:** Pipeline route management, Integration GIS data management and satellite and route applications



## 1. Introduction

Advances in geospatial sensors, data analysis methods and communication technology present new opportunities for users to increase productivity, reduce costs, facilitate innovation and create virtual collaborative environments for addressing the challenges of security improvement and risk reduction (Roper and Dutta, year ?). Sensor developments include a new generation of high-resolution commercial satellites that will provide unique levels of accuracy in spatial, spectral and temporal attributes (Roper and Dutta, year ?). Advances in Information systems, satellites imaging systems and improved software technologies have led to opportunities for a new level of information products from remote sensed data (Kurnaz et al., 2009). The integration of these new products into existing response systems can provide a wide range of analysis tools and information products that were not possible before (Roper, year ?). Here the researcher is trying do give an option tool in long crude pipeline operation management to help in decision making and planning for Petrodar Operating Company export pipeline. Petrodar Operating Company Ltd (PDOC), is an operating company to carry out exploration, development and production of oil for Block 3E, 7E and 3D in Sudan which are located in the south east of Sudan with a total concession area of 72,420 sq. km. The company is incorporated under the laws of the British Virgin Islands and has a registered branch in Sudan. The shareholder of PDOC is a consortium of international Exploration & Production oil companies (The China National Petroleum Corporation, PETRONAS, Sudan Petroleum Company Ltd, China Petrochemical Corporation (Sinopec Group), and Tri-Ocean Energy).

### 1.2 Problem Statement:

A lot of information regarding the route pipeline is missing, due to the variations of information along the route. The route pipeline is crossing

different areas and different climatic zones, which created difficulties in controlling the route. So integration of the information will provide proper management to the route and its surroundings. And also support the PDOC'S pipeline and for its reporting and documents of operation.

### 1.3 Objectives:

**The specific objectives of this paper are as following:**

1. Integrate Satellite Based Detection System for Pipeline Monitoring
2. Develop an organized, logical approach to computer-assisted processing of earth resources data for effective natural resource management.
3. Develop or Implement? GIS-based Multi-Criteria Decision Analysis Implement a system and process for managing pipeline operational needs.

### 1.4 Scope:

The scope of this paper is involved in Petrodar Operating Company export pipeline operation management support decision tool making to help in operation philosophy achievements and for the future optimization through spatial statistics and hydraulic trends parameters by identification of key spatially parameters affecting the Pipeline a long its route.

### 1.5 Study area:

The study area covers the route states of Petrodar operating Co. Pipeline which are the Upper Nile in South Sudan, and White Nile, El Gezira, Khartoum, Nile, Red Sea states in Sudan. The route of the pipeline start at Longitude (32°28'25.10244"E) & Latitude (10°27'21.75675"N) through the previous states to the Bashair Marin Terminal at the Red Sea Longitude (47°24'35.023" E) & Latitude (17°08'077.677 "N) **Figure (1).**

### 1.6 Melut Basin Oil Development Project:

The “Melut Basin Oil Development Project” consists of the following facilities:

#### A. Upstream Facilities:

- Flow lines
- Gathering Pipelines
- Field Processing Facilities (FPF)
- Centralized Processing Facilities (CPF)
- Power Stations

#### • Power transmission lines

#### B. Downstream Facilities

#### C. Field Pipeline from Palouge FPF to Al Jabalayn CPF

#### D. Export Pipeline from Al Jabalayn CPF to Port Sudan Marine Terminal

#### E. Pumping Facilities: 6 (six) Pump Stations for the Initial Phase, plus 5 (five) additional Pump Stations for the Future Phase

#### F. SCADA and Telecommunication System

#### G. Export Marine Terminal, located at Port Sudan.

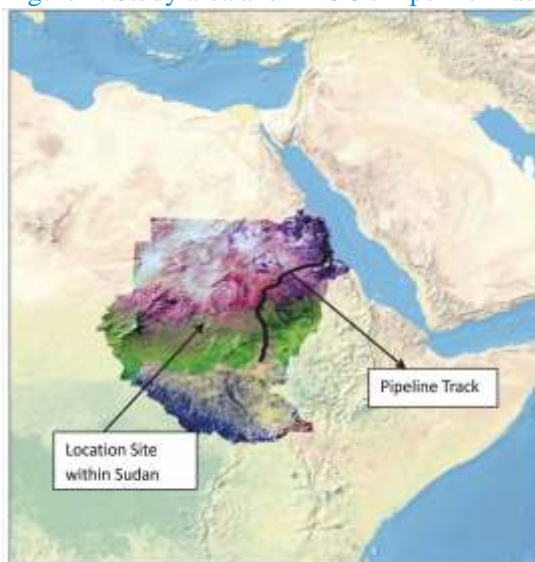
This document describes the operations of the six Pump Stations installed along the 1,370 km of the 32-inches buried pipeline for the transportation, during the initial phase of 200,000 BOPD Crude Oil, from Palouge Field Processing Facilities to the Export Marine Terminal. The pipeline (O.D. 32-inches - full “future” capacity 500,000 BOPD) must be noted that the “put in service” of each of the six Pump Stations has to be coordinated with the operation of the remaining facilities making part of the whole “Crude Oil Export System Project”.

### 1.7 Linkages of GIS to Remote Sensing:

Today maps are not just made using GIS, but the infrastructure of utilities in the streets of our towns will be held in a GIS. To use GIS technology, a huge GIS database on geographical features is to be created. Creating such a database is a complex operation which may involve data capture, verification and structuring process. Because raw geographical data are available in many different analogue or digital forms like maps, aerial photographs, and satellite images, a spatial database can be built

in several, not mutually exclusive ways, such as acquiring data in digital form from a data supplier, digitizing existing analogue data, carrying out field survey of geographic entities, and interpolating from point observations to continuous surfaces. Remote sensing data are a major source of data for the mapping of resources like geology, forestry, water resources, land use and land cover. Integration of the two technologies, remote sensing and GIS, can be used to develop decision support systems for a planner or decision maker. Remotely sensed images can be used for two purposes, as a source of spatial data within GIS and using the functionality of GIS in processing remotely sensed data in both pictorial and digital modes. Since digital remote sensing images are collected in a raster format, they are inherently spatially compatible with other sources of information in a raster domain. Because of this, “raw” images can be directly and easily included as layers in a raster-based GIS. Similarly, such image processing procedures as automated land cover classification result in the creation of interpreted or derived data files in a raster format. These derived data are again inherently compatible with the other sources of data

Figure 1. Study area and PDOC's Pipeline Track



represented in a raster format. Remote sensing images need not be digital in format to be of any value in a GIS environment. Visual interpretation of hardcopy images is used extensively to locate specific features and conditions, which are then subsequently geocoded for inclusion in a GIS.

At the same time, the information resident in a GIS can also be used to aid in a visual or digital image interpretation process. For example, GIS information on elevation, slope, and aspect might be used to aid in the classification of forest types appearing in images acquired over areas of high relief. Thus, the interaction between remote sensing and GIS techniques is two-way in nature. Remote sensing images including the information extracted from such images, along with GPS data, have become primary data sources for modern GIS. Indeed, the boundaries between remote sensing, GIS, and GPS technology have become blurred, and these combined fields will continue to revolutionise the inventory, monitoring, and managing natural resources on a day-to-day basis (Punmia, 2005).

Similarly, these technologies are assisting us in modeling and understanding biophysical process at all scales (Lillesand et al., 2014). They are also permitting us to develop and communicate cause-and-effect "what-if" scenarios in a spatial context in ways never before possible (Lillesand et al., 2014). The importance of remote sensing, GIS, GPS, and related information technologies in the professional careers of today's students involved in measuring, studying, and managing earth resources cannot be over-stated. Hence, in recent years, remote sensing has become a powerful source of spatial data as an input for GIS through which a detailed map can be generated with the help of other collateral data derived from several other sources.

There are two methods of extracting data for GIS from the remote sensing data.

One method is visual interpretation of satellite imageries in pictorial format, and computer processing of remotely sensed digital data. The other method is ... The output of either of these analysis methods can be considered as an input for GIS for any kind of application.

Figure. (2), shows an overview of the linkage of remote sensing and GIS. Proposed methodology in which GIS, satellite remote sensing and topographic mapping tools are basically used in order to develop a system that can be used for the integrated planning.



Figure 2. Overview of the linkage of remote sensing and GIS (Punmia, 2005).

## 2. Material and Methods

Satellite imagery must be pre-processed (geometric and radiometric correction) and then must be post-processed using the image enhancement method. Finally, a GIS database link with the image data will be applied for developing a map. A GIS application provided a structure for presenting data in the form of maps for visual analysis, as points, lines and areas, but the power of GIS goes far beyond maps. In fact, mapping is a minor part of GIS application. The databases associated with GIS and the tools to manipulate those data sets are powerful tools for organizing, analyzing and interpreting data. Data are stored in a GIS in two main formats—vector and raster.

The geographical objects considered as necessary items were designed as a point layer. Built layers were designed as polygon geometry with attributes. That use effective GIS map layers, pipeline & pumping facilities database. Figure (3) is representing steps for them and methods & procedures for map production:

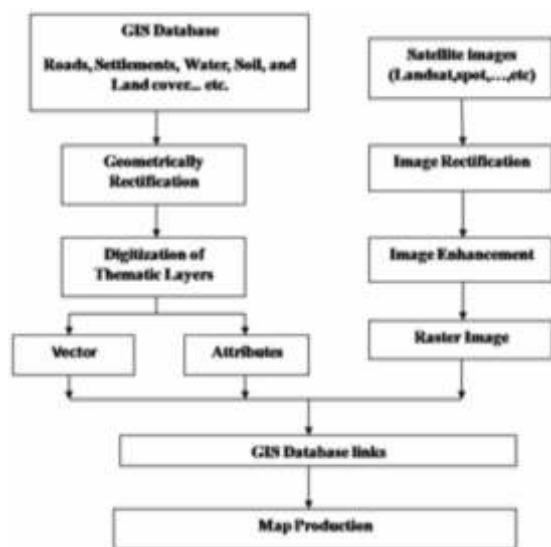


Figure 3. Main methods & procedures to for map production.

Remote sensing and GIS were linked then used in vector model as points, lines & polygon geometry with attributes. Moreover, effective GIS map layers are used with pipeline & pumping facilities database to form thematic maps with the following themes:

- Remote sensing of Land cover
- Remote sensing of water
- Remote sensing of urban landscape
- Remote sensing of soils
- Land use/cover change detection
- Urban growth detection

### 2.1 Data Collection

The joining of the Excel Facilities tables to the Spatial Facilities table allows for making pipeline shape file and this is the main operation to start the data gathering in the GIS project. The Pipeline Cumulative Running KPs by GPS GARMEN in UTM SUDAN ADINDAN (WGS 84) in Excel tables is obtained from Melut Basin Development Project; and all the Images & shape files had been projected to UTM SUDAN ADINDAN (WGS 84).

Figure. (4) shows the path way of steps flowchart for Database & layers Development. The steps for reaching the file document are as follows:

#### 4.2.1 Excel's Tables and data:

- The review of existing data
- The identification of entities and their attributes
- The classification of attribute data and the creation of codes
- The creation of tables, primary and foreign keys
- The definition of relationships
- The creation of data entry and retrieval forms
- Data entry
- The creation of GIS Shape files

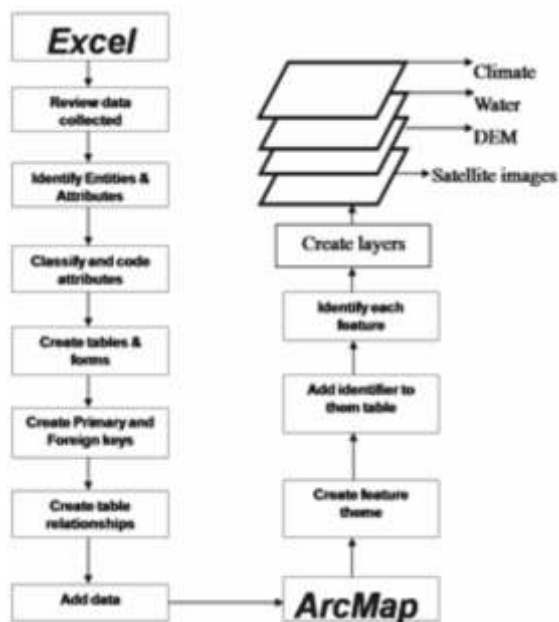


Figure 4. Initial Database& layers Development.

## 2.2 Data Analysis:

Detailed GIS data and high-resolution aerial photography had been obtained with most accurate and current data available to provide the most accurate results. This imagery had been obtained from a free photogrammetry vendor [High resolution satellite images (Landsat) were in raster format (note: they are in UTM projections, so the shape files were projected to UTM as well)].

From these data, additional data were derived using queried analysis, GIS spatial analysis, and air photography interpretation. Additionally GPS field data collections were performed to gain additional specific data needed for the analysis. Data were subdivided into three perspectives, a common layer tier was within each perspective, and a suitability attribute tier was within each common layer. The data was entered into different excel tables, converted to a dbase file, and used as the attribute tables to join its corresponding theme of the different critical facilities.

Moreover, additional Data was reviewed to identify entities and attributes and to facilitate the classification and coding of data of the Upstream Facilities & the Downstream Facilities.

### a) Entity and Attribute Identification

Entities were identified and attributes determined.

### b) Attribute Classification and Coding

Attributes were classified and coded to facilitate data entry and analysis. To minimize the number of tables, required attribute codes were entered as look-up fields within the table structure.

### c) Table and Key Creation

The Primary key was posted into related tables to enable linkages and a “GIS\_ID” key was established in the Facilities table to enable the linkage with the ArcMap theme table.

### a) Geographic objects

The used basic geographic objects are:

- Points, lines, polylines and polygons.

Every kind of object is modeled by an abstract data type. We use the vector data model geometry to represent the geographic objects. This kind of modelling matches the representation used by the user interface. The geometry used in the interface and in the database is based on standard geographic data. The database and the interface shall be used in the context of an interoperability GIS. In table 1 GIS Data and Common Sources are presented.

Table 1. GIS Data and Common Sources

GIS Data	
Classification Type	Source
High resolution satellite images	http://www.diva-gis.org/Data
DEM	
Water bodies & water lines	
Temperature	
Precipitations	http://www.diva-gis.org/Data
Soil	Central Bureau of Statistics
Settlements	
Pipeline coordinates	Melut Basin Development Project



## 2.3 Results and Discussion

The produced documents (maps& graphs) are presented in Figures (5) to (17).

Figure 5. PDOC'S Pipeline Profile

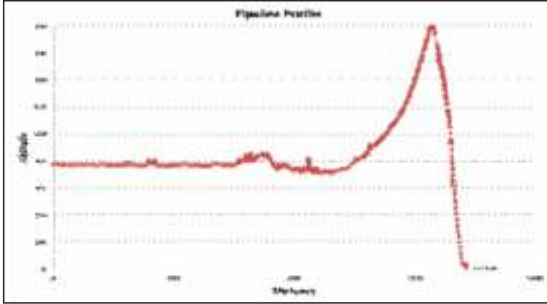


Figure 6. PDOC'S Pipeline track and Landsat image overlap.

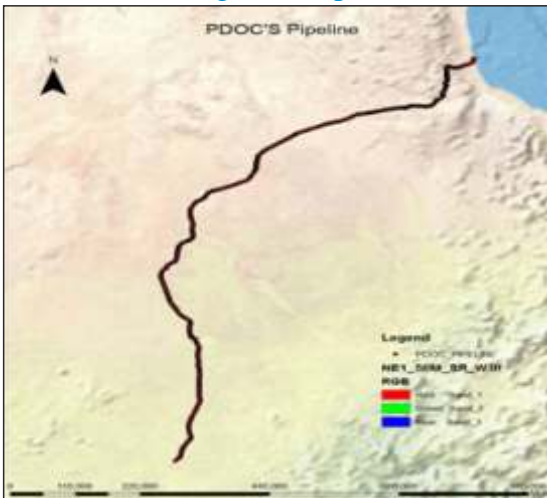


Figure 7. PDOC'S Pipeline route track layer over Landsat image map



According to the results of the research, it is pointed out that;

1) GIS had provided a Satellite Based Detection System for Pipeline Monitoring and accelerate pipeline integrity assessment in high consequence areas.

2) GIS had developed an organized, logical approach to computer-assisted processing of earth's features data that affect the pipeline during the time like the soil type along the route for continues analysis.

3) Determination of important and necessary nearby settlements & determination of the optimum plan for urban planning consideration along the route for future town planning.

4) Determination for storm water runoff direction and areas where water can affect the heating performance for the heavy crude transferred via the pipe by causing the drop down of the temperature, which it is critical in fuel management used in heating process along the pipeline.

Figure 8. PDOC'S Pipeline Route political boundaries of SDN & SSDN map.

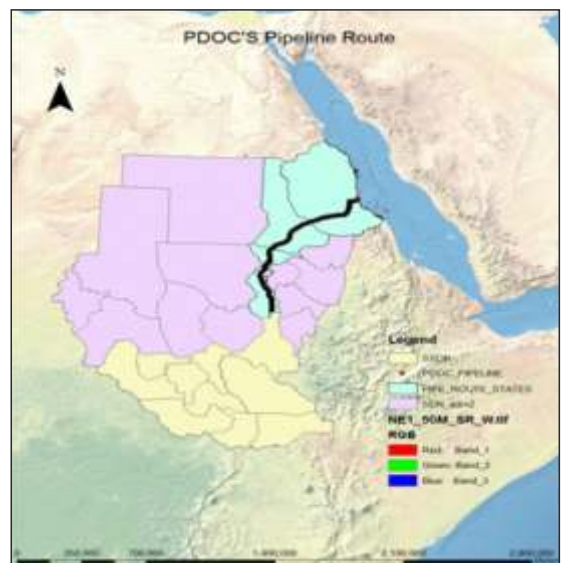
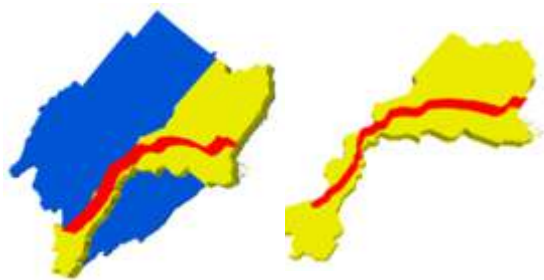




Figure 9. PDOC'S Pipeline route's in 3D.



5) Determination of important and necessary nearby settlements & determination of the optimum plan for urban planning consideration along the route for future town planning can be seen through buffer tool

Figure 10. PDOC'S Pipeline route's average precipitation map.

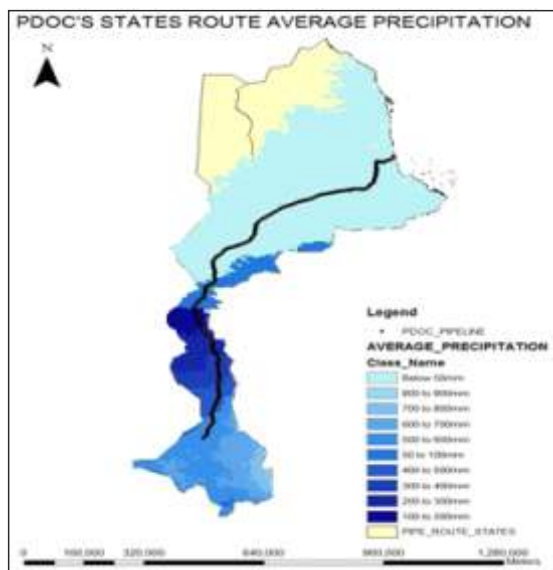


Figure 11. PDOC'S Pipeline route's storm water runoff direction map



Figure 12. PDOC'S Pipeline route's surface water lines route map.

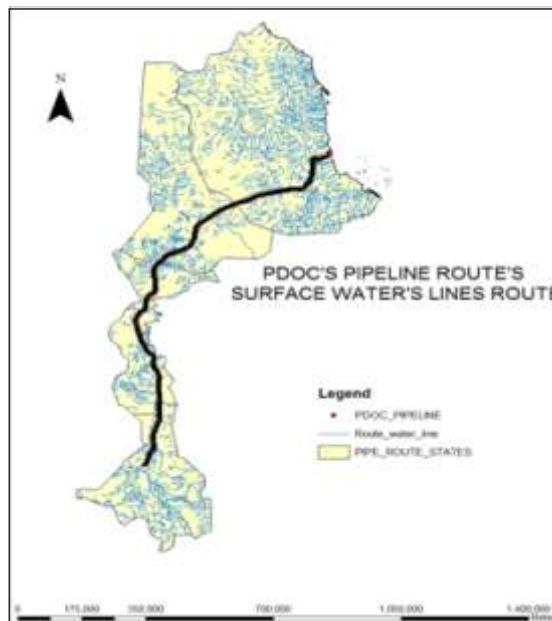


Figure 13. PDOC'S Pipeline route's soil's type's areas map.

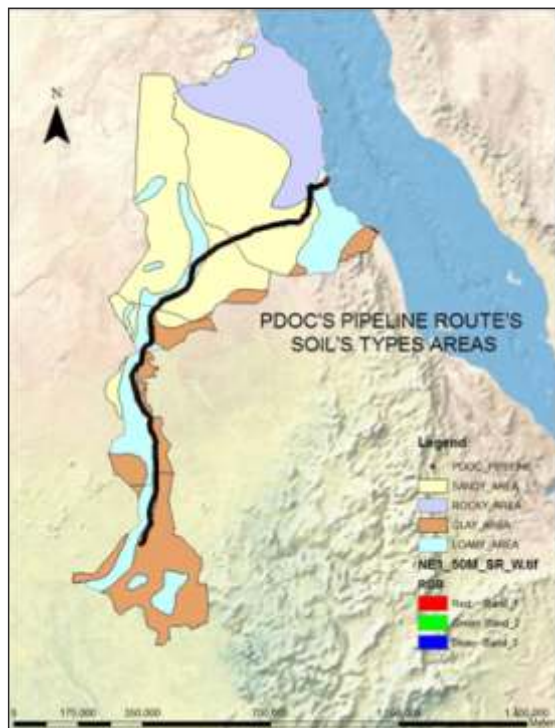


Figure 14. PDOC'S Pipeline route's states roads & railways map.

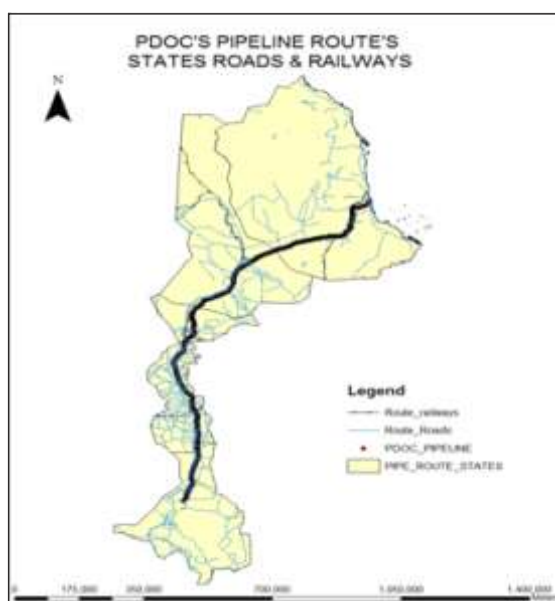


Figure 15. PDOC'S Pipeline Buffering 200m nearby settlements map.

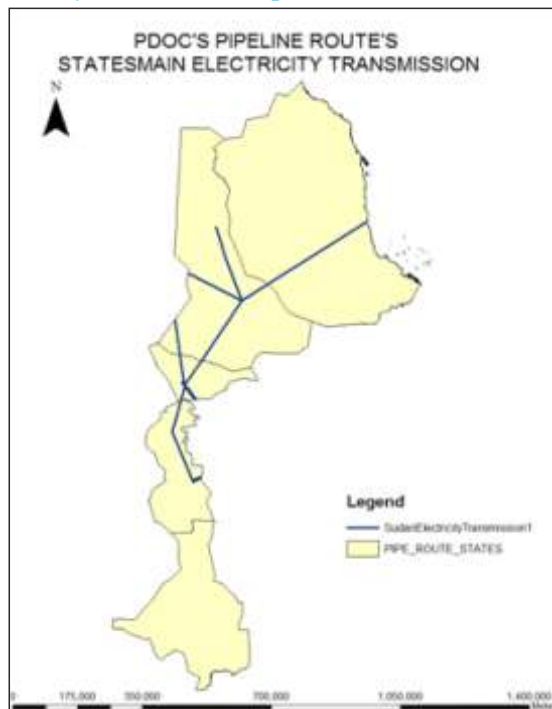
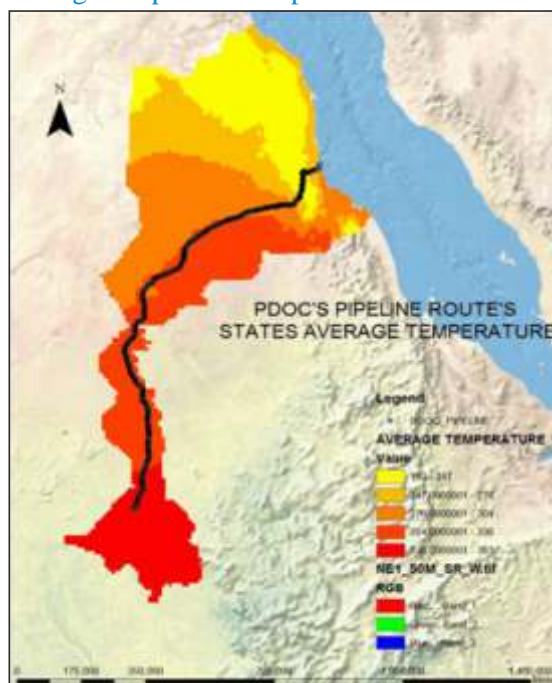


Figure 16. PDOC'S Pipeline route's states average temperature map.



#### 4. Recommendations and Conclusions:

The research can recommend the following after practice some GIS & remote sensing techniques:

- Work Order, operation documents and reports must be linked to GIS system for easy spatial parts work distribution and organization.
- SCADA system must linked and be compatible with GIS system.
- Automate reports can be better for current reporting method & documents by combinations with SCADA & GIS.

Pipelines provide a safe and economic means of transporting fluids such as natural gas, crude oil, refined products and natural gas liquids products across great distances and over all types or kinds of terrain. As manmade systems however, they can fail from time to time, sometimes due to catastrophic effects. Repairs and environmental remediation, especially in sensitive areas, can however be very expensive. Using GIS based technology, an operator can view his pipeline in its environmental and safety context so as to quickly visualize high consequence areas and the need for possible upgrading of class location.

GIS can also provide details of accessibility to a particular location; say a main line valve, in the event of an emergency. Structured queries of spatial, remote sensing and in-line inspection information improve the development of Integrity Management Programs and intervention strategies. For example, slope movements in sensitive areas can be tracked over time using historical data.

Software applications have been developed which enable to link the topography contained in the GIS database to a flow modelling capability and corrosion assessment module so that the internal corrosion of liquid lines can be continually monitored.

Right of way management and emergency response planning have been significantly improved by locating the positions of habitable dwellings and public places within the GIS database. In this study, GIS is used to provide a compact space where all sorts of data relevant to the area can be stored in digital format, including images, maps, documents, photographs. Data have been already arranged so that it can be incorporated into displays like maps, charts, and tables, and can be in the service of sophisticated analytical procedures. Future analyses can be the basis for future planning, design, and site management decisions.

Safety and environmental protection management are largely can be monitored and covered through the combined effect of GIS and Pipeline operation data to provide increased assurance of safety to the public in buffered pipeline route nearby settlements. The pipeline operation age is small (about eight years) so far its new to use GIS in management and planning for integrity & operation analysis for the company's management system and report structure cause the did not use it before in downstream department so for the benefits that I found it after application of GIS & Remote sensing techniques in pipeline data I found the following results.

## 6. References:

- 1) Akinci, B., Karimi, H., Pradhan, A., Wu, C. & Fichtl, G. 2008. CAD and GIS interoperability through semantic web services. *ITcon* Vol. 13, pg. 39-55. Available from: <http://www.itcon.org/2008/3>
- 2) Alumbaugh, T & Bajcsy, P. 2002. Georeferencing maps with contours in I2K. Technical Report. National Center for Supercomputing Applications. Illinois.
- 3) Arctur, D. & Zeiler, M. 2004. Designing geodatabases. *Case Studies in GIS Data*
- 4) Modeling. Redlands California: ESRI.
- 5) Anon, 1996. What are Geographic data? Available from:
- 6) <http://www.spatial.maine.edu/~max/EDBT1.html>. Last update: 26 July 1996
- 7) Anon, 2012. Manitoba Eco-Network. GIS/Mapping Centre – What is GIS? Available from: ([http://mbeconetwork.org/what\\_is\\_gis/](http://mbeconetwork.org/what_is_gis/))
- 8) Babbitt, L. M. & Godfrey, P. 2003. Water/Wastewater authority geodatabase design and implementation. Paper 328. Pennsylvania.
- 9) Berthiaume, J., Duhaime, R., Skids, D. & Shaw, N. 2005. CAD to GIS. A step-by-step guide to converting .dwg CAD files to GIS shapefiles. National Park Service GIS. U.S. Department of the Interior. Boston.
- 10) Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. 1999. The unified modeling language user guide. Boston EUA: Addison-Wesley.
- 11) Cheng, M. & Chang, G. 2001. Automating utility route design and planning through GIS. *Automation in construction*, 10(4):507-516.
- 12) Childs, C. 2009. The top nine reasons to use a file geodatabase. A scalable and speedy choice for single users or small groups. *ArcUser*, spring 2009: 12-15.
- 13) Christodoulou, S., Deligianni, A., Aslani, P. & Agathoklous, A. 2009. Risk-based asset management of water piping networks using neurofuzzy systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33(2):138-149.
- 14) Clarke, K. C. 1986. Advances in geographic information systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 10(3-4):175-184. Available from: <http://lewisoaten.com/2010/04/24abrief-history-of-gis.html>
- 15) Cowen, D. J. 1988. GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences?
- 16) Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54(11):1551-1555.
- 17) CSISS, 2010. GIS Cookbook: Glossary. Center for Spatially Integrated Social Science. University of California. Santa Barbara, California. Available from: <http://www.csiss.org/cookbook/glossary.php>
- 18) Cummins, J. 2011. Geographic Information Systems. Difference between network dataset and geometric network. Available from: <http://gis.stackexchange.com/questions/6885/difference-between-network-dataset-andgeometric-network>.
- 19) Dai, F. C., Lee, C. F. & Zhang, X. H. 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning. *Engineering Geology*, bl (4): 257-271
- 20) Dempsey, C. 2011. Coverage definition. GIS Glossary – A through G. GIS lounge. Available from: <http://gislounge.com/geospatial-glossary-a-through-g/>
- 21) Ellul, C. & Haklay, M. 2006. Requirements for Topology in 3D GIS. *Transactions in GIS*. 10(2): 157 – 175.
- 22) ESRI, 2002a. ESRI developer network. Topology in ArcGIS. Redlands, California. Available from: [http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/NET\\_Server\\_Doc/manager/geodatabase/working\\_with\\_ge1536981934/topology\\_in\\_arcgis.htm](http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/NET_Server_Doc/manager/geodatabase/working_with_ge1536981934/topology_in_arcgis.htm)
- 23) ESRI, 2002b. ArcGIS Brings Topology to the Geodatabase. *ArcNews Online*. Available from: <http://www.esri.com/news/arcnews/summer02/articles/arcgis-brings-topology.html>
- 24) ESRI, 2002c. ArcGIS Data Models: ArcGIS Water Utility Data Model. Available from: <http://support.esri.com/en/downloads/datamodel/detail/16>
- 25) ESRI, 2005b. GIS Topology. An ESRI White Paper. July. Redlands, California. Available from: [http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gis\\_topology.pdf](http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gis_topology.pdf)



- 26) ESRI, 2010a. GIS.com. The guide to geographic information systems. Available from: <http://www.gis.com/content/what-gis>
- 27) Harrison, D. S., Newton, R. A., Spickelmier, R. L., & Barnes, T. J. 1990. Electronic CAD Frameworks. *Proceedings of the IEEE. California.* 78(2): 393-417.
- 28) Heywood, I., Cornelius, S., Carver, S. 2006. *An Introduction to Geographical Information Systems.* Third Edition. England. Prentice Hall.
- 29) Hijmans, R. J., Guarino, L., Cruz, M. & Rojas, E. 2001. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 127: 15-19. Colombia.
- 30) Kennedy, M. & Kopp, S. 2000. *Understanding map projections: GIS by ESRI.* Redlands, California.
- 31) Kurnia, C., Hopkins, D., & Ho, M. 2005. Georeferencing ArcIMS Services. *ArcUser*, January-March 2005: 34-35. Redlands, California.
- 32) Law, D. 2007. Many choices. Many geodatabase types available with ArcGIS 9.2. *ArcUser*, 10(1): 1-4. Redlands, California. Available from:
- 33) [http://www.esri.com/library/reprints/pdfs/arcuser\\_geodatabase.pdf](http://www.esri.com/library/reprints/pdfs/arcuser_geodatabase.pdf)
- 34) Lee, J. 2004. A spatial Access-Oriented Implementation of 3-D GIS Topological Data Model for Urban Entities. *Geoinformatica* 8(3): 237-264.
- 35) Parmenter, B. 2005. How to align a non-georeferenced image to an existing geographic layer or georeferenced image. *Community and Regional Planning Program.* University of Texas.
- 36) Roper, W. E. & Dutta, S. *Oil Spill and Pipeline Condition Assessment Using Remote Sensing and Data Visualization Management Systems.*
- 37) Tlokwe Municipality, 2009. *Industrial land use policy 2009.* Potchefstroom.

# Land Degradation and Deforestation Study on East Cost of Tripoli using Remote Sensing and GIS Applications.

Emhemed Abdullah<sup>1)\*</sup>, Akram Elkaseh<sup>2)</sup>, Ahmed Turkman<sup>3)</sup>, Elmahdi Elayeeb<sup>4)</sup>

<sup>1-4)</sup> *The Libyan Center for Remote Sensing and Space Science, Tripoli, Libya.*

## Abstract

Remote sensing technology and GIS system are extremely powerful tools which are used in many applications. They have been widely and successfully applied for earth surface observation, land cover classifications and fractional vegetation cover. Such applications can be applied in variety of fields such as agriculture, forestry, and cartography.

Deforestation and Desertification, as a specific expression of land degradation processes, are the main problems threatening the Libyan agriculture and the major environmental hazards in the area. The world-wide phenomenon are caused or aggravated by the natural climate changes and the influence of human on the environment. The degradation of land due to desertification has a serious compounding effect on drought, and thereby reduces the chances of the local people to cope with difficult periods.

We have used remote sensing technology and GIS systems to study the deforestation and land degradation on a small area near the east cost of Tripoli. Data has shown the reduction of the forest and green lands as well as the rapidly increases of land degradation in the recent years. Obviously, human influence and human activities has a direct affects on the deforestation and land degradation.

**Key Words:** Remote Sensing, GIS, Deforestation, Monitoring.

\* Corresponding author. Tel.: +218925298661, +218923635873.

E-mail address: am\_mo74@yahoo.com.



## 1- Introduction

Remote Sensing techniques can easily provide information on phenomenon that cannot or difficult to find by any conventional ground work. The Remote Sensing technology has been considered a promising tool for environmental disasters management such as earthquakes, floods, active volcanoes, and forest fires [1].

Geographical Information System (GIS) technology has powerful spatial analysis function, which can analyze the data extracted from Remote Sensing, access the relevant information, and then provide scientific decision-making basis for the disaster prevention and mitigation. The integration of information extracted through Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing with other datasets provides tremendous potential for identification, monitoring and assessment of natural disasters.

## 2- Land Degradation and Deforestation.

Land degradation may be defined as a long-term loss of ecosystem function and productivity caused by disturbances from which the land cannot recover unaided; it is a global environment and development issue.

Up-to-date, quantitative information is needed to support policy and action for economic development, environmental integrity and resource conservation. To meet this need, remote sensing and GIS is used to identify degrading areas and areas where degradation has been arrested or reversed [3].

It is widely accepted that satellite remote sensing offers considerable advantages for surface changes evaluation and land degradation assessments. With a comprehensive spatial coverage it provides objective, repetitive data which contribute to resource assessments and monitoring concepts of environmental conditions. Land observations help map changes to the boundaries of degrading areas by monitoring changes to the biophysical characteristics of the

However, significant Remote sensing applications occurred only in the late twentieth century, as result of the creation of better optical systems with multispectral sensors, with higher spatial resolution, more bands and stereoscopic capture and several orbital platforms.

Accordingly, Remote Sensing techniques and geographic information systems (GIS) have introduced a new era for soil resources assessment, earth surface observation, land degradation and land cover classifications, and spatial distribution change of vegetation cover. Their full capacity can be used for modifying and adapting environmental management principles and mitigation strategies. The information quality knowledge of spectral characteristics of remotely sensed materials is fundamental to any valuable quantitative analysis [2].

surface. They provide critical information for governments attempting to implement programs to combat desertification in their countries and regions [4].

Since mid of 70s, deforestation and land degradation monitoring and assessment have become a hotspot in dryland research. To date, numerous international governmental and nongovernmental institutions, and individual scientists and researchers have heavily contributed in this investigation [5-9].

Human actions and activities that lead to deforestation, as a result of logging to the use of wood in construction and industrial purposes, or as a result of exploitation of forest land to increase the area of arable land and other development objectives. Deforestation also leads to reduced soil stabilization thereby increasing desertification.

In Libya, deforestation and desertification are main environmental hazards that facing people and government, both factors can affect the agriculture sector directly.

There are natural environment and human activity interferences that play a major role in the raise of desertification and deforestation in the Libya, including the unjust use of private land and cutting down trees around the main

cities at the cost, Haphazard construction in farmland, razing forests and windbreaks, and excessive pumping of water from shallow wells, which resulted in soil salinization in coastal areas, has reached salt water creep [10].

### 3- Materials and Methods.

In this study, ArcGIS version 10 was used in the whole process since it provides all the functions needed to estimate the size of the deforestation and degraded land. In order to analyze the area of interest in more details, we have selected random zones from the study area. The classification (ArcGIS Spatial Analysis) was also used; the differences in the amount of degradation land were compared between 2010 and 2013. The study site is located at the East boundaries of the Tripoli city ( $32^{\circ}54' - 32^{\circ}42'N$ ,  $13^{\circ}22' - 13^{\circ}43'E$ ). The study area covers approximately 48,500 hectares (see fig. 1). Climate in this area is subtropical semi-arid

with a hot, dry in summers and cool, wet in winters. The annual average temperature is  $20.8^{\circ}C$  and annual precipitation is less than 130mm. The SPOT series of satellites has one of the most comprehensive archive of earth observation satellite imagery to date and provides an excellent baseline resource for moderate resolution land cover change detection studies.

Two satellite data of the study area were used, the area of interest was imaged by spot 5 satellite with a resolution of 2.5 m in November 2010 and with spot 6 satellite with a resolution of 1.5 m in June 2013.

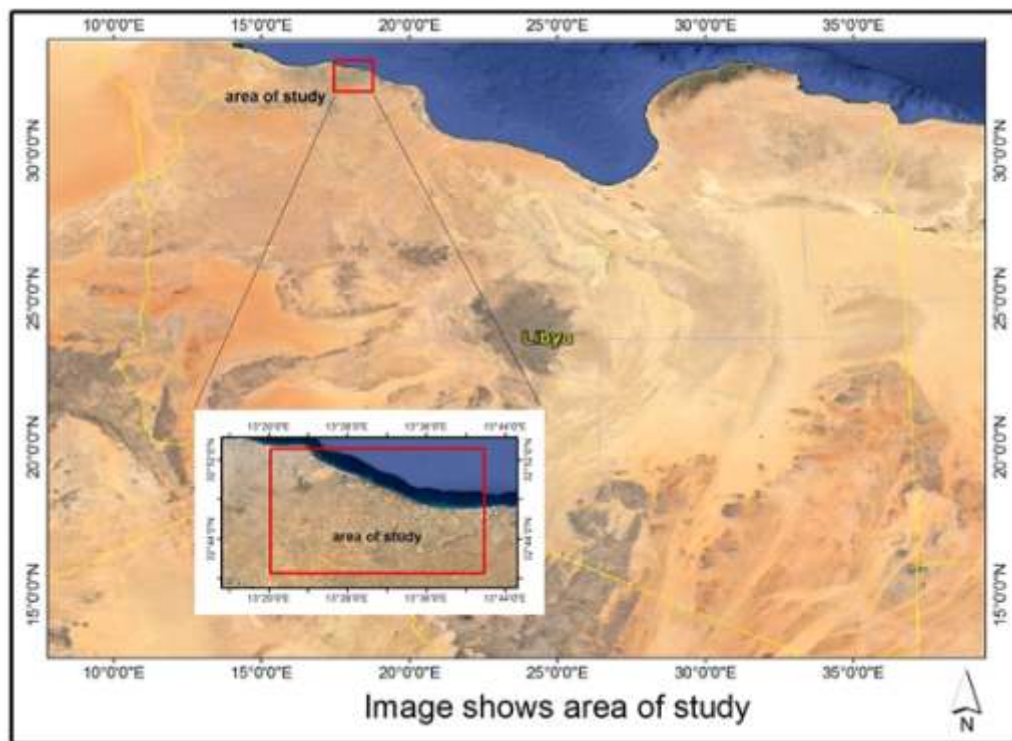


Figure 1: The location of study area.

The forest areas are shown in fig.2. The red color shows the forest in area in year 2010, while the blue color shows the forest area in 2013. The forest area was 9,108 hectares which is approximately 22% from the total study area in 2010 and became just 6,334 hectares (around 16% from the study area) in 2013. It is calculated from the maps that 30.5% of the forest was deteriorated in the study

area. The rapid decline of the forest areas in a very short period from 2010 and 2013 is caused by human disturbance factors and human activities. Such activities could accelerating land degradation, windbreaks reduction, rapid urbanization growth, loss land's capacity of goods and services, and consequently, help for desertification process.

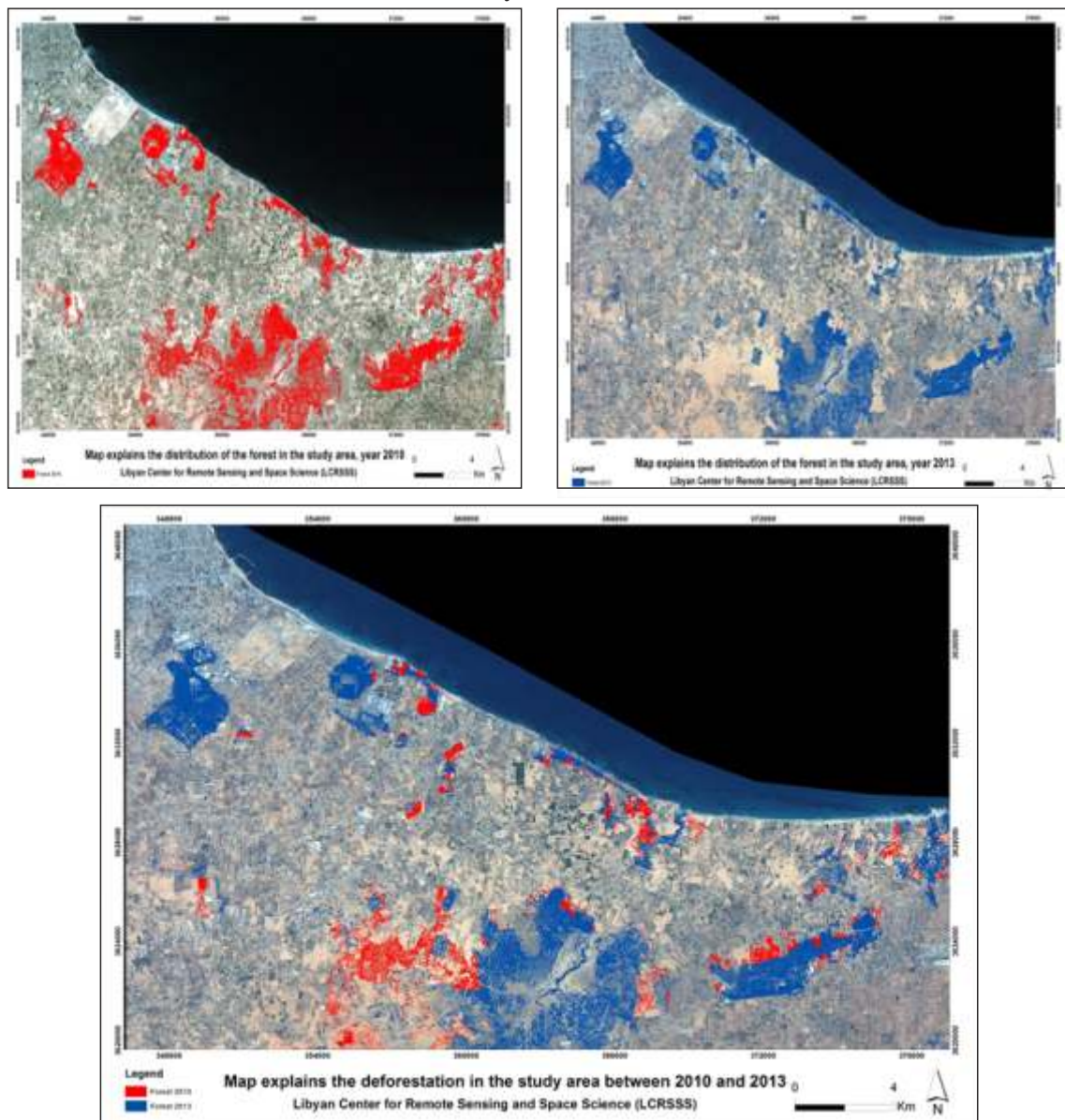


Figure (2): Map shows the forest areas at the study area in 2010 (Red) and 2013 (Blue).



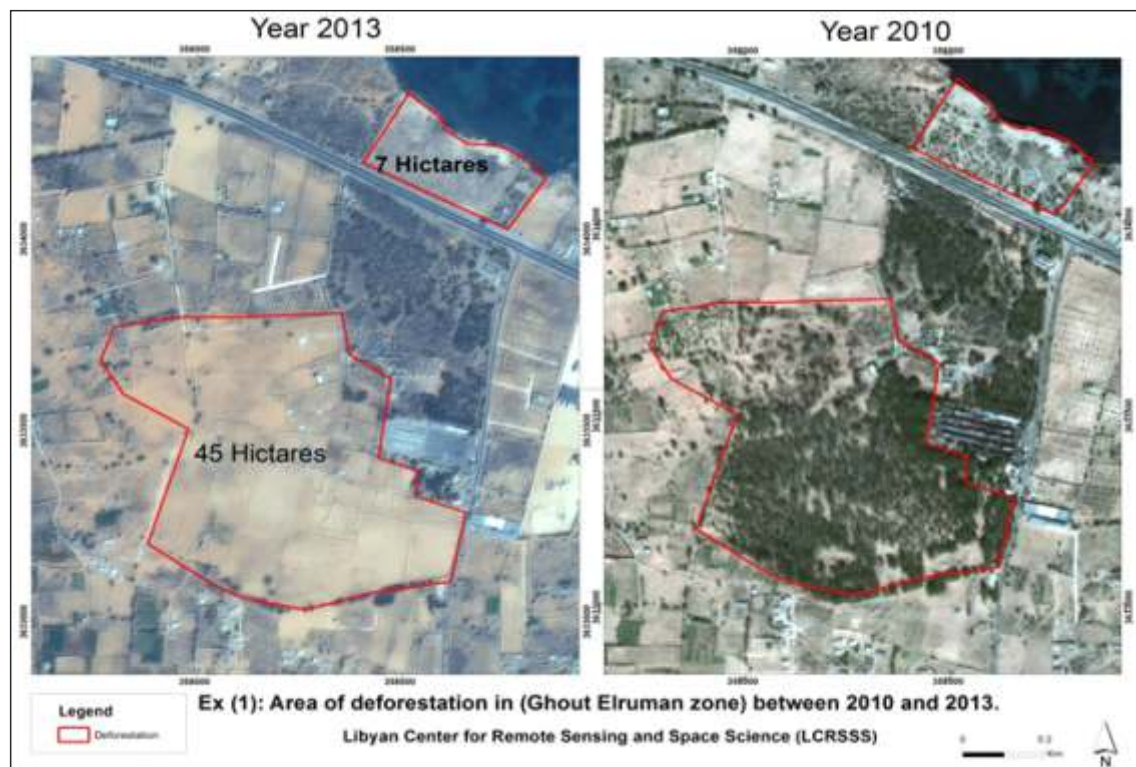
Additionally, we have randomly selected four zones in the study area to examine the loss of forest and land degradation. Maps shown in fig.3 indicate the change of soil erosion between 2010 and 2013. Such a change is due to the degradation of the forest cover in this time period. The major changes in the land in study area are mainly due to deforestation process. It is very clear that many forest areas have

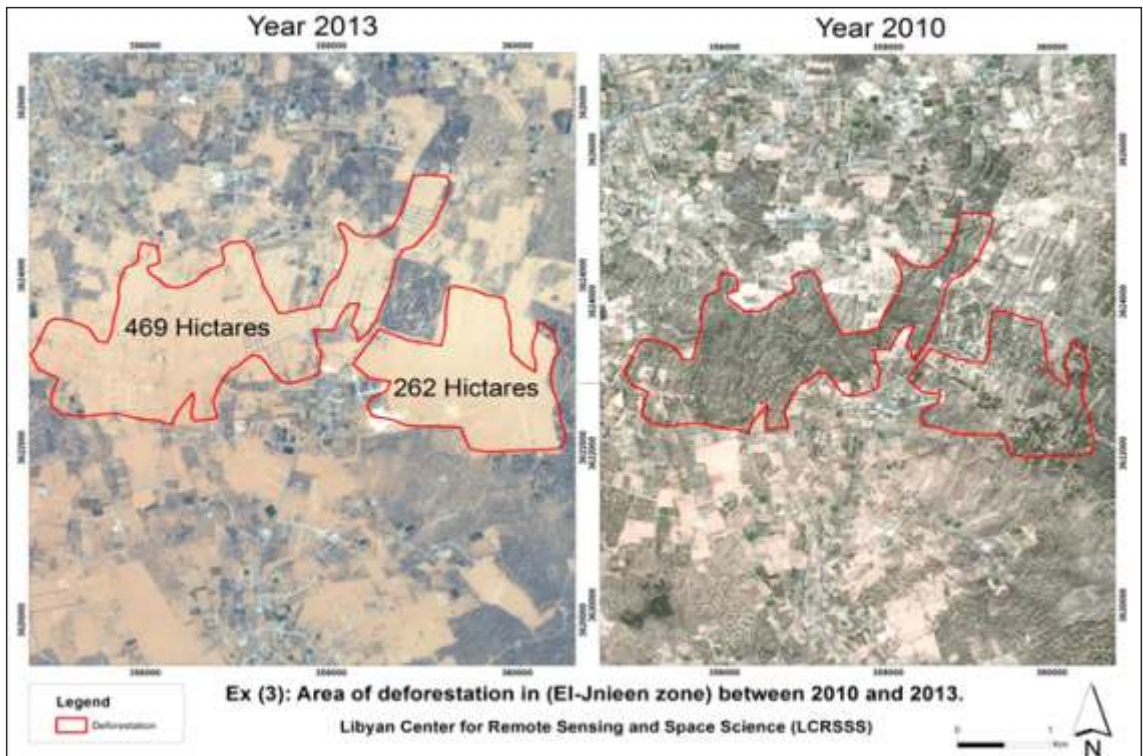
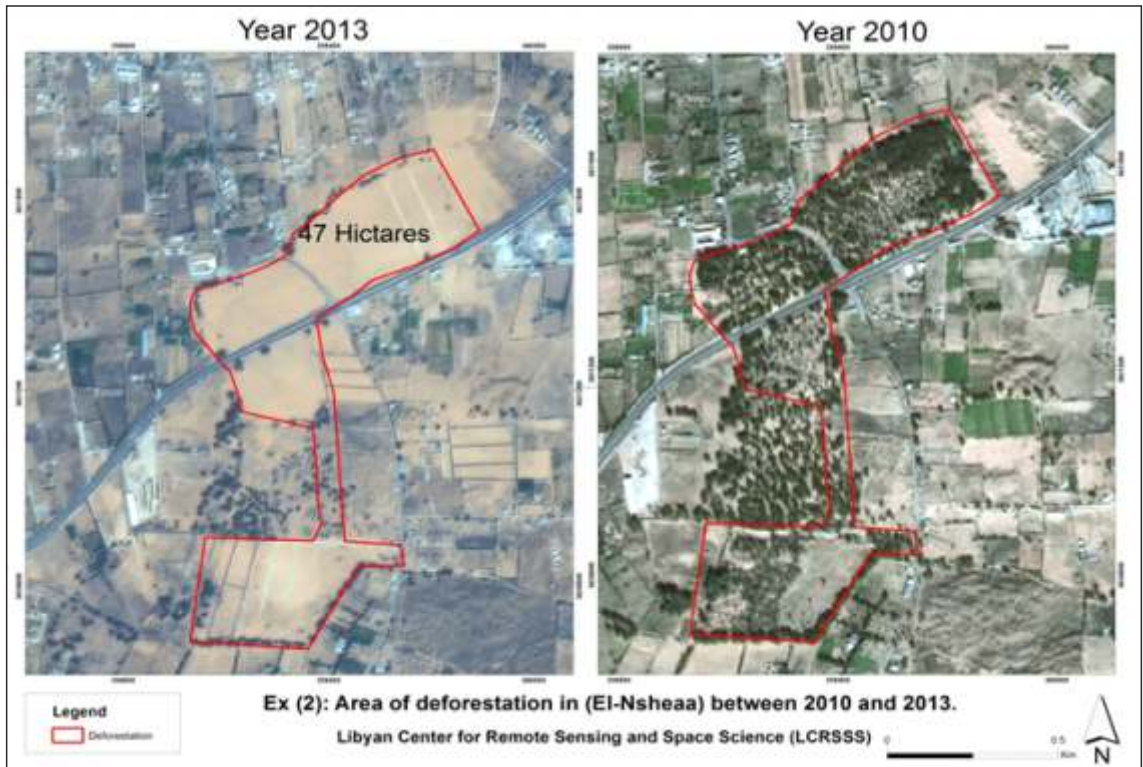
degraded and the land become more likely as an arid land which increase desertification process in the area.

Human activity plays a key role for windbreak and deforestation process in the study area. Thereby, the land use of the area is changing from forest to agricultural, non-cultivated lands, random urban areas, and mostly leads to desertification.

**Table1. The area and deforestation percent of the four study zones of 2010 and 2013.**

Zone	Ghout Elruman	El-Nsheaa	El-Jnieen	ElGharah Buli
Forest area 2010 (hectares)	133	71	5,014	897
Forest area 2013 (hectares)	50	15	3,597	718
Deforestation %	62.4%	78.8%	28.3%	20%







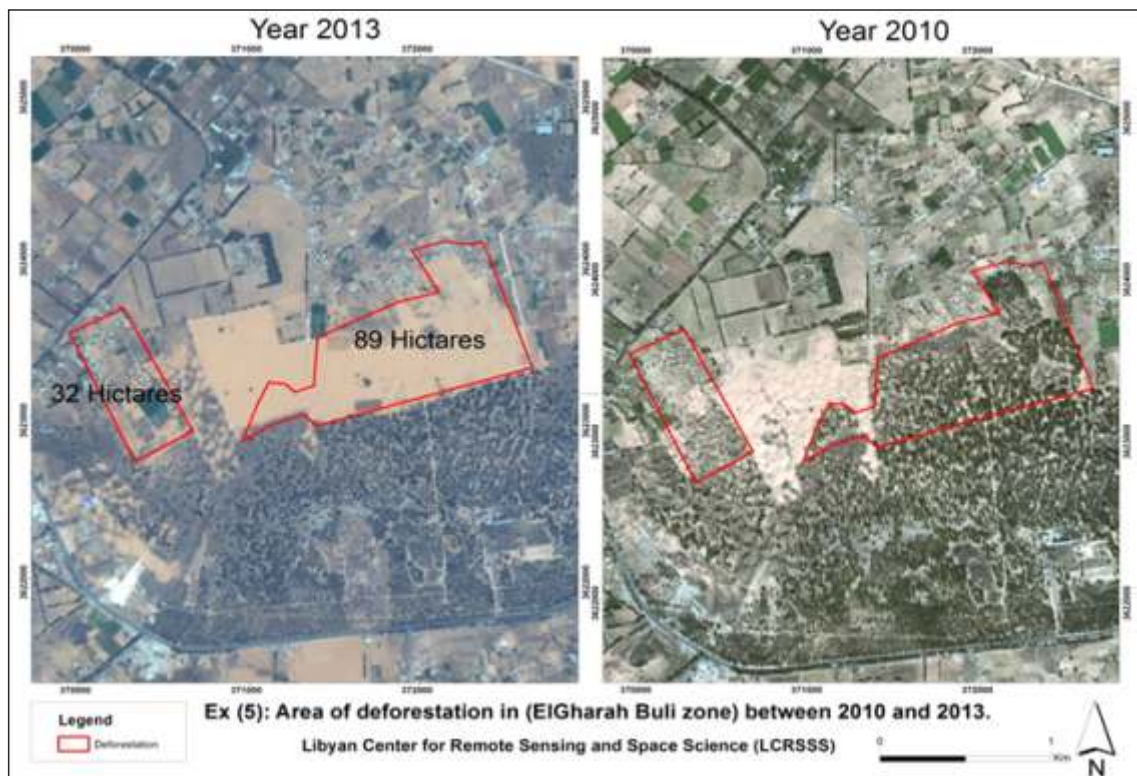


Figure (3): Examples of selected zones from study area show deforestation areas in hectares.

The forest areas and deforestation of four study zones in 2010 and 2013 are compared in table 1, where deforestation percent dramatically raised to 78.8% at some areas in time period.

Our results could have a meaningful value to the decision makers in Libya to best understand the impact of human activities that has been taking place in the last three years, and its

impact on forest and agricultural lands in Tripoli; it could help them to apply plans to reduce this impact. Also they can use the results as a contributing factor to help them apply land use plans to decrease the unfavorable impact of humans in land degradation. By using the results of soil erosion in the study area, local agronomists could suggest to the farmers some practices that reduce soil erosion hazard.



#### 4- Conclusion

Monitoring land degradation and deforestation using satellite data proved to be an effective method to get quick and precise overview of study areas. In the study, timely and detailed analysis had been carried out using Remote Sensing and GIS for locating and identifying forest affected areas.

It thus confirms the change detected through post classification analysis. From the post classification results there was tremendous reduction in forest cover area by 2,774 hectares in study area within a period of less than three years between 2010 and 2013. It is equivalent to 30.5 % decrease in the forest area. With the help of remote sensing and GIS techniques it clearly shows that the total forest cover is continuously degrading and transforming into various land use and land cover category.

The results of the study calls for the government, governmental organizations and the general public to respond fast and address the problem. The problem here is not only to do with the forest in the study area alone, but also all other forests in the country. Otherwise, the lives of present and future generations are at stake.

#### Acknowledgment

The authors are thankful to LCRSSS, Libyan Authority for Research ,Science ,and Technology, and C. R.T.E.A.N for their financial support to present this work at the work shop.

#### References

- [1] Boris, Escalante-Ramirez, Remote Sensing Applications. Intech, 2012.
- [2] Giri, Tejaswi, Strengthening Monitoring, Assessment and Reporting on Sustainable Forest Management in Asia, MAR-SFM FAO Working Paper 5 / 2007.
- [3] Bai, ZG; Dent, DL; Olsson, L and Schaepman, Global assessment of land degradation and improvement. 1. Identification by remote sensing. ISRIC – World Soil Information, Wageningen. Report 2008/01.
- [4] Van Lynden GWJ, Kuhlmann T, Review of degradation assessment methods. LADA. FAO, Rome, Italy. 2002.
- [5] Weicheng Wu, Monitoring Land Degradation in Drylands, Desertification and Risk Analysis Using High and Medium Resolution Satellite Data NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 2009, pp 157-170.
- [6] Ayad, Mohamed Faghil, Land Degradation Using Geo-Information Technology for Some Sites in Iraq, Journal of Al-Nahrain University, Vol. 12(3), September, 3009, pp. 94-108.
- [7] Hesbon, Ochego, Application of Remote Sensing in Deforestation Monitoring: A Case Study of the Aberdares (Kenya), 2<sup>nd</sup> FIG Regional Conference, Marrakech, Morocco, 2-5 Dec. 2003.
- [8] Olalekan, Mumin Bello; Yusuf, Adedoyin Aina, Satellite remote sensing as a tool in disaster management and sustainable development: towards a synergistic approach. Social and Behavioral Sciences, Vol. 120, 2014, pp. 365-373.
- [9] M. Minwer, Alkharabsheh; T.K. Alexandriadis; G. Bilas; N. Misopolinos; N. Silleos, Impact of land cover change on soil erosion hazard in northern Jordan using remote sensing and GIS. Procedia Environmental Sciences, Vol. 19, 2013, pp. 912-921.
- [10] Asem, Elarbi; Akram, Elkaseh; Abdulrahim, Abughufa; Said, Ben Rabha; Ahmed, Turkman; Mahdi, Alayeb, Libyan Cusats for Monitoring Desertification and deforestation. 5<sup>th</sup> nano-satellite conference, nov. 2013. Tokyo.+

## تكامـل نظم الاستشعار عن بعد ونظم معلومات الجغرافية لنمذجة ومحاكاة الفيضان

### بمنطقة مراييع الشريف بولاية الخرطوم السودان

محمود فيصل حسن وامنة احمد حامد وحاتم العبيد نوح

هيئة الاستشعار عن بعد وعلوم الزلازل - المركز القومي للبحوث - الخرطوم - السودان

### المستخلص

تم إجراء هذه الدراسة بمنطقة مراييع الشريف التي تقع بمحلية شرق النيل بولاية الخرطوم. تهدف هذه الدراسة الى نمذجة فيضان 2013 اعتمادا على تقدير الامطار الجريان السطى (Rainfall – Runoff Estimation) لمحاكاة وتوقع سلوك الفيضان بغرض المساعدة فى الدراسات الوقائية، التخفيفية الاستعدادية.

أجري مسح ميدانى فى عام 2014 لدراسة المنطقة وتم قياس البيانات المورفولوجية للخور الرئيس، كما تم اخذ قياسات ارتفاعات كل من الطريق والقناة الرئيسيه التي تقع بالقرب من قرية مراييع الشريف وتحدها من الجانب الشرقى. تم استخدام قياسات الارتفاعات لتحسين نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) عن طريق انشاء نموذج التضاريس الرقمية (DTM) وذلك لضمان تمثيل دقيق لمنطقة سهل الفيضان. باستخدام برنامج Arc MAP تم تقدير الجريان السطحي اعتمادا على طريقة (Curve Number) ومن ثم ادخاله مع بيانات المسح الميدانى فى برنامج (HEC – RAS) لحساب المياه السطحية (Water Surface Profile) وانشاء خريطة خطر الغمر.

تم تخطيط 2 سيناريو بتضمن واستثناء تأثير الطريق والقناة الرئيسيه فى سلوك وانتشار الفيضان المقدر. بينت النتائج بوضوح فى الـ 2 سيناريو (مع وبدون مورفولوجية الطريق والقناة الرئيسيه) تأثير الطريق والقناة الرئيسيه فى توزيع وانتشار الفيضان.

الطريق والقناة الرئيسيه كان لهما تأثير خطير على حجم وكمية المياه فى منطقة السهول الفيضانيه حيث نجد ان كمية المياه زادت فى حالة وجود الطريق والقناة الرئيسيه. أوصت الدراسة بدعم اتخاذ القرار فى التخطيط الحضري والوقاية من الفيضانات من خلال نمذجة ومحاكاة الفيضان قبل حدوثه.

# Integration of Remote Sensing and GIS for Flood Modeling, Marabiee El-Shaarief, Khartoum State -Sudan

Mahmoud Faisal Hassan<sup>1</sup>, Amna Ahmed Hamid<sup>2</sup> and Hatim Eloheid Nuh<sup>3</sup>

## Abstract

This study was conducted in Marabiee El-Sharief area which is located in Sharq El-neel (Eastern Nile) Locality in Khartoum State. The study aimed at modeling the flood event of 2013, depending on rainfall-runoff estimation to simulate and predict the behavior of flood in order to help in prevention, mitigation and preparedness studies. Field survey was carried out in 2014 and morphometric data for water course was measured, measurements of elevation was taken to construct the main road and the major canal that lies next to Marabiee El- Sharif village and bound it from the eastern side.

The elevation measurement was used to enhance the digital elevation model (DEM) by creating a digital terrain model (DTM) to insure an accurate representation of flood plain area. Using ArcMap software, Runoff was estimated according to CN method and integrated with field survey data into HEC-RAS software to compute water surface profile and create an inundation hazard map. Two scenarios were performed including and excluding the effect of the main road and the major canal on the simulated flood behavior and extent.

The results clearly illustrated in the two scenarios, with and without canal and road morphometric, the effect of the road and the canal in flood distribution and extent. The canal and road have a serious effect on the magnitude and amount of water in the floodplain area where the amount of water increased in case of a canal and road existence. The study recommended the support of decision making in urban planning and for flood prevention though flood simulation modeling prior to the event.

**Key words:** Flood, Modeling, Remote Sensing, GIS, Marabiee El-Sharief

1-Researcher, Remote Sensing and seismology Authority- National Center for Research. Huta123@hotmail.com.

2-Associate professor, Remote Sensing and Seismology Authority- National Center for Research. Amnaah71@gmail.com.

3-Researcher, Remote Sensing and Seismology Authority- National Center for Research. Hatimoo22@yahoo.com

## Introduction:

Flood is one of the major disastrous events that hit the world. Recently it becomes common and frequently over the whole world and that is attributed to climate change. 196 million people in more than 90 countries are exposed to catastrophic flooding every year (UNDP 2004). Flood have a severe effect to the communities, there are example for the negative impact caused by flood like, increasing the spreading of diseases, injuries and deaths, damage and loss to infrastructure and settlement, disruption of water supply and damage to agricultural land, crops and ecosystems. Early in August 2013, heavy rains fell in the states of Khartoum and River Nile, causing flash floods and extensive damage there and in seven other states, these are the worst floods to have hit Sudan since 1988.

Floods are defined as the temporary inundation of normally dry land areas resulting from the overflowing of the natural or artificial confines of a river or other body of water, including groundwater (ZELDA ELS 2011). Recently floods are become common and frequently over the whole world, this raise in flood events made scientists interested and aware in prevention studies utilizing flood modeling (Nanshan, et al 2007).

Sudan like many others countries, prone to the risk of disasters, and it have witnessed different catastrophic events such as floods, desertification, drought and pest infestation. In term of flood, Sudan is characterized by two major flood types; riverine floods along the Nile and its tributaries, and flash flood that caused by heavy rainfall. In term of prediction and monitoring of floods, the flood of the Nile is considered to be manageable or can be predicted easily when it compared with a flash flood that caused by the rainfall.

Flood modeling is an important task for decision making in the field of natural risk management. Therefore river engineers and

managers need designed tools, as physically-based models, in order to evaluate flood inundation risk. The goal of such tools is to simulate probable inundation damage on a given area depending on several flood scenarios with different intensity, duration and return period (Antonin 2012). The flood inundation modeling has a significant advances that includes the understanding of the process controlling runoff and flood wave propagation, understanding simulation technique, low cost, high power computing and in provision of new data sources (Mason et al 2011).

To make an inundation map, the model require the volume of flood water (Runoff) to use it as input to generate water surface profile with the topography of the area which governed the water movement. Runoff can be generated from rainstorms and its quantity is depending on rainfall characteristic (intensity, duration and distribution). In addition to that, there are some factors that have an effect on the occurrence and quantity of runoff, this include soil type, land cover, slope and catchment type. (Mohamed et al, 2008).

According to Elizabeth et al, (2004) the physical process that convert rainfall to runoff are complex, variable and cannot be replicated in mathematic way accurately. And to do that there are several mathematical models and techniques designed to simulate these processes in order to predict runoff volume and rates with acceptable accuracy like rational method, kinetic wave method, SCS Unit Hydrograph Method and SCS-CN method which is used in this study. SCS-CN method becomes a common method for analyzing infiltration and direct runoff because it is simple and easy to apply, the availability of required input data, the theory of the method supported by empirical data and it can be applied in case of absence of gauged station (in ungauged watersheds) (Ethan, 2006).

In this study HEC-RAS model was used also. HEC-RAS is an integrated system of software, designed to perform one-dimensional hydraulic calculations for a full network of natural and constructed channels. Also it can compute the water surface profile for steady flow and unsteady flow simulation. In this study the researchers used steady flow water surface profiles which are concerned for calculating water surface profiles for steady gradually varied flow. The effects of various obstructions such as bridges, culverts and other structure in the floodplain may be considered in the computations (HEC-RAS 2010).

This research was carried out to highlight the role of the advanced space technologies in the

field of flood disasters, how to contribute and support decision making in flood monitoring and management at different phases of prevention, mitigation and preparedness. Hence it models the flood event depending on rainfall-runoff estimation to simulate and predict the behavior of flood taking in consideration the impact of construction on flood risk. To achieve this goal the specific objectives are:

- To estimate Runoff and incorporate the result in 2D flood modeling.
- To generate an inundation hazard map.
- To assess the role of the newly constructed road and agricultural canal on the flood risk in the study site.

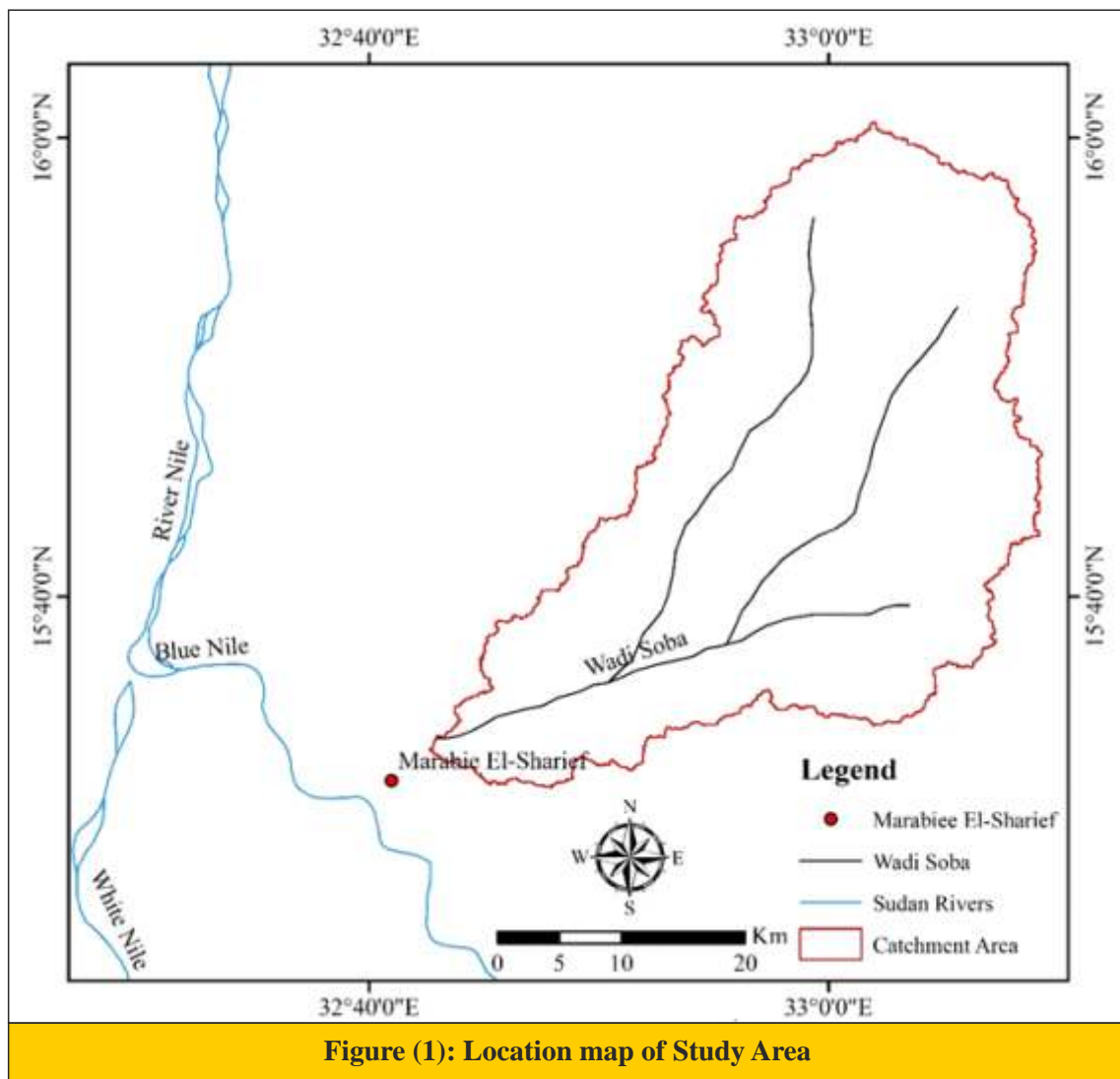
## Materials and Methods:

The study is carried out in Marabiee El-Sharief area which is located in Sharq El-neel (Eastern Nile) Locality in Khartoum State. The site is located in a flood prone area according to the general topography of the area, besides that it is situated in lowland area in the middle of a water course (Figure 1). In the rainy season of year 2013 the area exposed to adverse flood due to the heavy rain. The water accumulated from the catchment in an amount that exceeds the capacity of the (Khor, Wadi Soba) then inundated Marabiee El-Sharief village and the surrounding areas making severe damage and loss of life, properties and livelihood.

The main source of data used is remote sensing data from Formosat satellite image, DEM from SRTM and Digital Elevation Points in addition to Rainfall data from three gauge stations in Sharq El-neel locality and the available maps and reports besides the data collected during field survey. The method is an integration of remote sensing data analysis, field survey, GIS and modeling. The research was conducted during three phases which is a preparation, data collections and analysis.

In order to produce an inundation map the digital elevation model (DEM) data was manipulated and made ready to represent the topography of the study area together with the digital terrain model (DTM) and used as layer in the model. The volume of flood water was estimated according to CN methods and topography of the area. The field data which is represented by cross section and morphometric of the Khor was manipulated into ArcGIS software for subsequent analysis. Also the amount of the runoff estimation was integrated into a model to generate predicted flood extent.

Within the HEC-RAS environment the cross section was edited for better representation of real situation along water stream using field survey data, also the bridge was designed using real dimensions from the field data. The water surface profile was computed using steady flow analysis by entering the amount of runoff to simulate the flood. Then the water extent data exported to GIS to generate the inundation map using HEC-GeoRAS tool.



**Figure (1): Location map of Study Area**

The study simulates two different scenarios to show the effect of canal and road on flood risk in the study area. After generating two scenarios, output maps were classified into 4 equal interval classes according to water level, then the area of each class was measured to determine the percentage area that was inundated out of the study area.

Lastly, the output of the two scenarios were compared with Formosat satellite image of the study area that collected during 2013 flood event to assess the method and check the accuracy of the simulation results.



## Results and discussion:

For the planners and decision makers, flood extent is crucial in both the process of planning particularly in urban planning and flood damage assessment. The immediate flood extent maps from optical remote sensing is often problematic for the reasons that the calendar of orbiting satellites for a given place is not always coincide with flood events time, as well as the majority of high temporal resolution satellites are characterized by coarse spatial resolution which constraint the accurate flood extent mapping process, thus flood modeling overcome these problems through applying of 2D modeling to provide inundation hazard maps in form of different scenarios. The flood inundation modeling have a significant advances includes the understanding of the process controlling runoff and flood wave propagation, understanding simulation technique, low cost, high power computing and in provision of new data sources (Mason et al 2011). All the flood modeling attempt in Sudan were mainly attached to riverine flood, however there is complete neglect to the

seasonal water streams (Khors), this study basically applied to Wadi Soba (water stream) in Marabiee El-Sharief areawhere 2013 flood took place.

The study attempt to model the flood inundated area and the water depth distribution over the area in essence that the higher the water depth the greater the level of risk for population and their properties. Two scenarios for modeling were performed the first one represent the real status of the area where a road and canal exist, figure (2) shows the road and agricultural canal. Figure (3) shows the water level and the flood extent where the road and the canal found to have a profound effect of rainwater accumulation and flow direction. They interrupt the natural flow of the rain water, mainly the road prevent the water from routing normally and change the direction of flow, as a result the water level rise in and around the residential area which caused damage with high magnitude in the area.

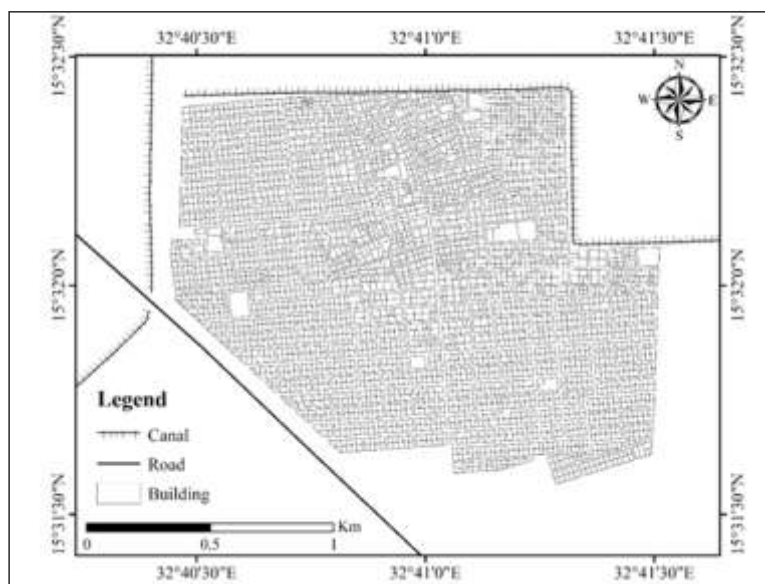


Figure (2): Location of road and agricultural canal in the study area

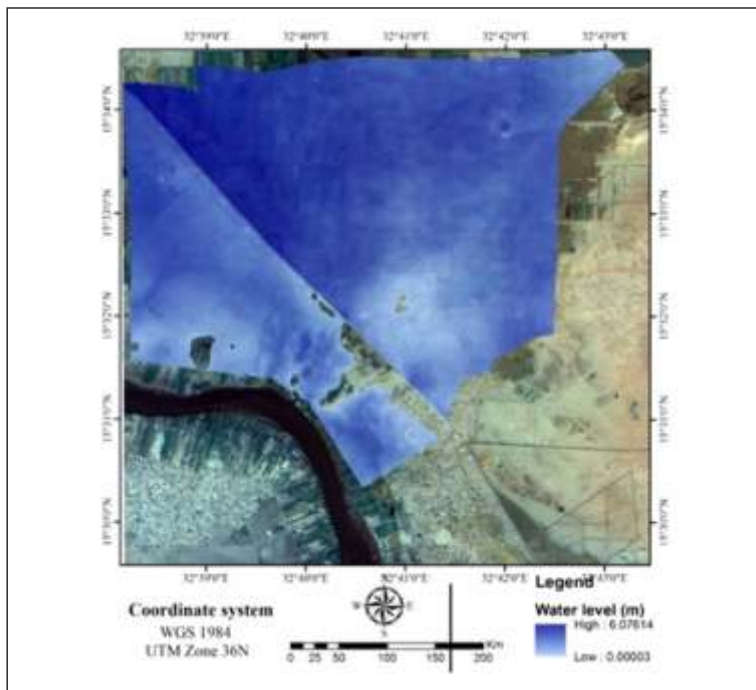


Figure (3): Scenario One the present status (road + canal)

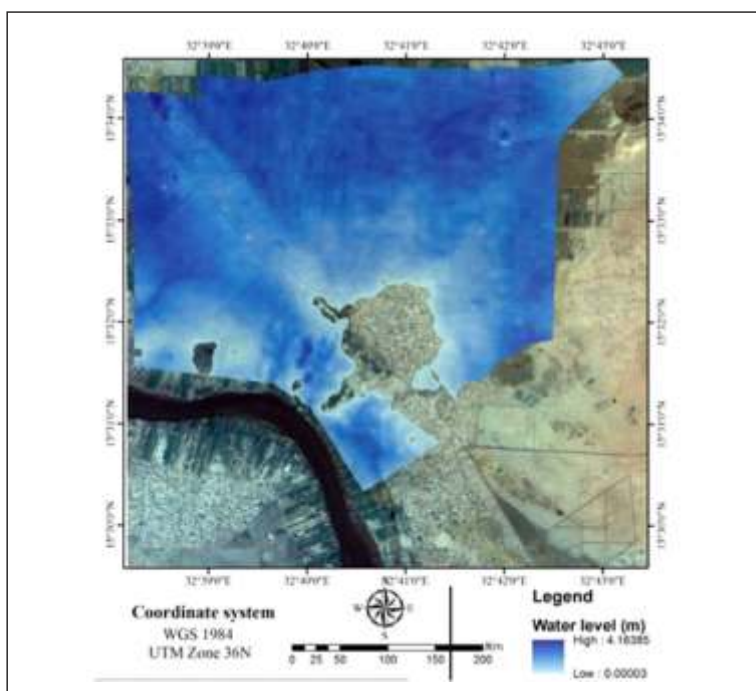


Figure (4): Scenario Two (no road , no canal)

Figure 4 shows the result of scenario two from the simulation model that proposes a natural topography without any construction that makes obstacle or barrier for the natural water flow of Wadi Soba (no road and no canal). From the model output in figure 4 it is clear that the water drains away from residential area to the Nile, only few buildings were inundated.

The model results (scenarios one) was compared with information obtained from Formosat satellite image taken at the same date of flood 13 August 2013. The result of image interpretation with regard to inundation was coincided with areas that classified as having

## Conclusion and Recommendations:

Flood modeling give an advantage of supporting decision making by providing sound information based on different scenarios that predict the behavior of flood and estimates quantity, distribution and direction of flow prior to disaster or flood occurrence.

The study showed the effect of a road and an agricultural canal on flood distribution in the study area, where the water level increased as a result of the presence of the road and the canal which considered as barriers that prevents the flow of water toward the Nile, where 95.7% of

high water depth. Figures 5 and six show the classification of water depth into 4 equal intervals classes. The result showed in the first scenario figure 5 the flooded area was 95.7% of the area of the village while in the second scenario where the road and agricultural canal were absent the flood water covered only 47.8% out of study area.

From the above results the study proved that the wide spread of flood is due to the construction of the road and the agricultural canal. The finding of the comparison of model and the image gives the model results the credit of being an optimum tool for flood water extend or inundation mapping.

the study area inundated due to their presence.

Flood extent is crucial in both the process of planning particularly in urban planning and flood damage assessment; hence flood mapping is highly recommended to be incorporated in any development plan.

Researches and studies that focus on the applications of remote sensing, GIS, and modeling in similar environment is recommended.

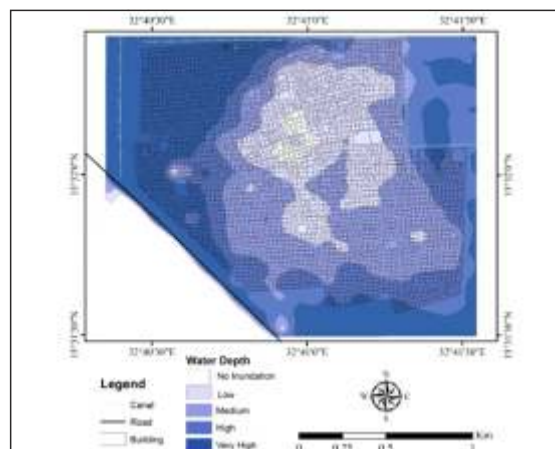


Figure (5): Scenario One Classes of water level

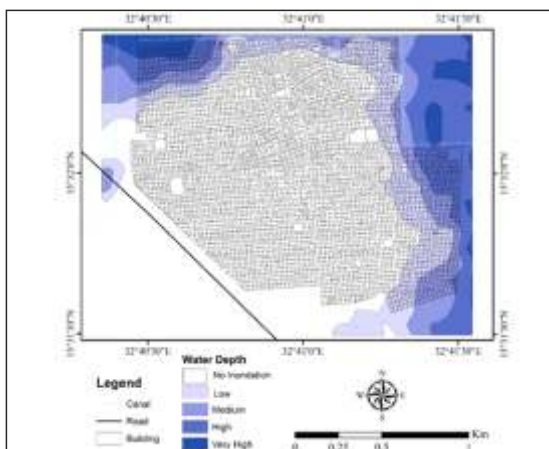


Figure (6): Scenario Two Classes of water level

## References:

- **Antonin Maugeri (2012).** Capabilities of a coupled 1D/2D model for flood inundation simulation. Colombia Water Center – ENGEES.
  - **Elizabeth Semple, Sandra A. Blick, Fred Kelly, Joseph J. Skupien (2004).** New Jersey Storm water Best Management Practices Manual.
  - **Ethan W. Knocke (2006).** Modeling Flash Floods in Small Ungagged Watersheds using Embedded GIS. Master's Thesis Research in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Masters of Science in Geography Virginia Polytechnic Institute and State University.
  - **HEC-RAS Manual (2010).** River Analysis System, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
  - **Mason D. C., G. Schumann and P. D. Bates (2011).** Data utilization in flood inundation modelling. Flood Risk Science and Management, 1st Edition. Edited by Gareth Pender and Hazel Faulkner 2011 Blackwell Publishing Ltd.
  - **Mohamed Elhakeem, Athanasios N. Papanicolaou (2008).** Estimation of the Runoff Curve Number via Direct Rainfall Simulator Measurements in the State of Iowa, USA. Water Resource Manage (2009) 23:2455-2473. DOI 10.1007/s11269-008-9390-1.
  - **Nanshan Zheng, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara (2007).** Simplified Flood Inundation Model Integrating with Rainfall-Runoff Processes. Annuals of Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, No. 50 B, 2007.
  - **United Nation Development Programme (UNDP 2004).** A global report, Reducing Disaster Risk. A challenge for development. SBN 92-1-126160-0. Printed by John S. Swift Co., USA.
  - **United States Department of Agriculture (USDA) (1986).** Urban Hydrology for Small Watersheds, Technical Release 55 (TR-55).
  - **Zelda Els (2011).** Data Availability and Requirements for Flood Hazard Mapping in South Africa. Thesis Presented for the degree of Master of Natural Sciences at Stellenbosch University.
- <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00001323.htm>  
 - [http://en.wikipedia.org/wiki/2007\\_Sudan\\_floods](http://en.wikipedia.org/wiki/2007_Sudan_floods)  
 - <http://reliefweb.int/disaster/fl-2012-000129-sdn>  
 - <http://www.voanews.com/content/sudan-struggles-with-worst-floods-in-decades/1730357.html>

## Soil Capability Assessment and Mapping in Soba Agricultural Scheme (Sudan)

Elfayad Mohamed<sup>1</sup>, Eltaib S. Ganawa<sup>1</sup>, Abdelrahim A. M. Salih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Future University, Faculty of Geoinformatics, <sup>1</sup>Remote Sensing Authority, National Research Center, Sudan <sup>1</sup>Agricultural Research Corporation, Soba, Sudan.*

### ABSTRACT

In Soba Agricultural Scheme; soils have been hazard by salinity and sodicity in their subsurface and need to be used in special care. Salinity and sodicity is the major soil limitation factor for agricultural production. Spatial information on soil salinity is increasingly needed, particularly for better soil management in this area. To answer the needs of sustainable agriculture in Soba Agricultural Scheme and to quantify variation in relevant soil properties across the area; Land surveying and satellite data were used in a Geographic Information System. The data collected by soil survey team of Agricultural Research Corporation (ARC). Grid system was used; most of the area was sampled at scale of one observation per each square kilometer which is consisting of 80 sample points (80 soil profiles). Each profile was sampled to depths of 0-30, 30-60 and 60-100cms. Thus a total of 240 samples were collected from the area. Spatial trend and semivariogram were computed. The results suggest that the best model to generate soil chemical and physical properties maps was Ordinary Kriging. The ordinary kriging model was used to generate final soil capability map with raster calculator tool.

**Keywords:** GIS, Soil Assessment, Kriging, and Agricultural Scheme.

**\*Corresponding Author:** Eltaib S. Ganawa, Khartoum, Sudan. *E-mail Address:* ganawa@uofk.edu

## 1. INTRODUCTION

Land evaluation is an important step in the process of land use planning where the resources are limited. Land use programming for optimum use causes the maximum profitability so that, the land will be protected for the future land users. In this frame of programming, the land is evaluated and their suitability for the possible uses will be specified. Hence, the land base on their characteristics will be determined to the most profitable use. Sustainable agriculture comes true, provided that the land based on their suitability will be classified and utilized for different uses types (FAO, 1990). Quality assessment of land suitability is to estimate land use for specific uses without taking into consideration of yield and social-economic factors (FAO, 1974, FAO 1990)

Soil salinity decreases food production in different regions of the world. Soil salinity is divided into two main categories: naturally occurring dry land salinity and human-induced salinity caused by low quality of water. In both cases, the growth of plants and soil organisms are limited leading to low yields (Doualk et al. 2005). As the first step for a better management of salt affected soils, soil salinity needs to be monitored and mapped (Zheng et al. 2009). Currently, research interest is growing in mapping soil electrical conductivity (EC) as a surrogate for either soil salinity (MC et al. 2006) or other various soil physicochemical properties (Rongjiang & Jingsong, 2010). For example, Doualk et al. (2005) used successfully electrical conductivity determined by laboratory analysis from 1:2.5 soil–water suspensions (EC2.5) to map soil salinity.

Soil is a fundamental part of land and is a key in determining what activities can be undertaken and supported on different types of land; how capable is land is sustaining different farming systems, different woodland types, valued habitats, as a sink for carbon. The Land Capability for Agriculture classification – a system that classifies land into seven classes

based on the degree of limitation imposed by biophysical constraints including soil - was developed in the late 1970s and is as relevant now as it has ever been. In order to utilize the land resources in sustainable way, a land-use plan that incorporates the different land characteristics has a paramount importance. To incorporate the different land attributes that differ spatially and to identify the best suitable land use, GIS has proved to be the best. Geographical Information system (GIS), which incorporate database systems for spatial data, were designed and developed enabling the acquisition, compilations analyzing and displaying topological interrelations of different spatial information. Moreover the surface and overlay analysis capabilities in GIS can effectively facilitate in handling vast amount of spatial information. Soil is a valuable nonrenewable resource and exists throughout the World in abroad diversity. Different types of soil exhibit diverse behavior and physical properties. It provides essential support to ecosystems and to human life and society. Therefore, it is imperative to maintain soil functions and qualities to sustain the ecosystem and the human being. This alarmed authorities to plan and assess suitable parameters for land uses. It has been recognized that the quality of lands suitability assessment and the reliability of land use decisions depend largely on the quality of soil information used to derive them.

Soil surveys are the main information source for sustainable agriculture and land use management. Soil survey mapping units are defined by the soil properties that affect management practices, such as drainage, erosion control, tillage and nutrition, and they involve the whole soil profile are available only at a small scaled (1:100,000) for most of the country and just a few small part of it has detailed soil maps because of funding limitations and governmental policies, as it is in most of other developing countries.



The traditional methods are expensive and time consuming due to large number of observations. However, advances in computer and information technology have introduced new group of tools, methods, instruments and systems. Rapid developments in new technologies such as Remote Sensing and geographical Information system provide new approaches to meet the demand of resource related modeling.

In recent years thematic mapping has under go near evolution as the result of advances in geographic information science and remote sensing. For soil mapping archived data is often sufficient and this is available at low cost. Green, (1992) stated that integration of Remote Sensing with in a GIS database can decrease the cost, reduce the time and increase the detailed information gathered for soil survey. Particularly, the use of Digital Elevation Model (DEM) is important to derive landscape attributes that are utilized in land forms characterization (Brough, 1986; Dobosetal., 2000).

Soil capability mapping for Soba Agricultural Scheme is therefore, an essential action in order to maintain the sustainable development of effort and investment as well as the sustainable usage of the soils. The spatial analysis was used in this study; it can be defined as the analytical techniques associated with the study of locations of geographic phenomena together with their spatial dimensions and their associated attributes. Spatial analysis is useful for evaluating suitability, for estimating and predicting, and for interpreting and understanding the location and distribution of geographic features and phenomena. The use of spatial analyses techniques in evaluating the land capability, allow producing multi-thematic maps and outlining the limiting factors, accordingly suitable suggestions could be attained to understanding how to deal with these soils for sustainable agricultural use.

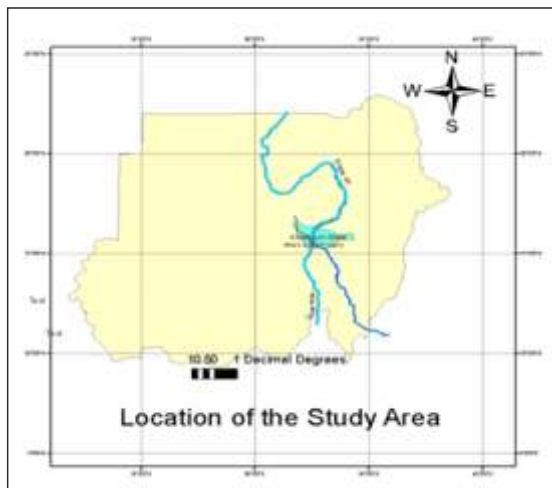
## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Study Area

The West Soba Project located in Khartoum State south of Khartoum city capital of Sudan. The area is enclosed within latitudes  $15^{\circ}24'$  and  $15^{\circ}30' N$  and longitudes  $32^{\circ}32'$  and  $32^{\circ}28' E$ . The extent of this area totals to 10,000 feddans. (Fig. 1). The area lies within the tropical hot arid zone of Sudan. The annual rainfall is about 167 mm mostly falling during the months of July, August and September. The average annual air temperature dry bulb is  $26^{\circ}C$ , at 06.00 O'clock,  $35.7^{\circ}C$  at 12.00 and  $30.7^{\circ}C$  at 18.00 with a maximum of  $40.5^{\circ}C$  at 12.00 in may and a minimum of  $18.5^{\circ}C$  at 06.00 in January. The average relative humidity is 39% at 0.600, 22% at 12.00 and 29% at 18.00. (Khartoum, Sudan Metrological Department, Climatologically Normal's, 1970). The area is flat and level occupying. The upper terrace of the river, the soils are believed to be a Blue Nile alluvium derived from the basic igneous rocks of the Ethiopian plateau and underline by Nubian Series. The altitude is about 380 meters above sea level. The area lies within the Acacia Desert Scrub zone. The area is connected by dry weather roads to Khartoum and then eight boring villages. Khartoum-Medani asphalt road is closed (Fig.2). The River Nile water in the canals and few showers are the main water sources to the area. (According to Agricultural Research Corporation (ARC-Sudan)), Land and Water Research center.

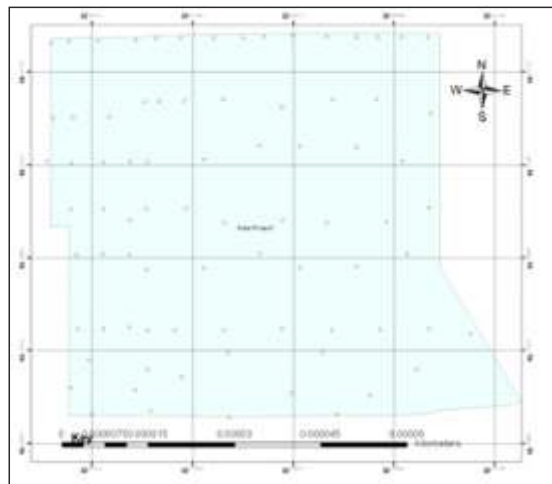


Figure 1. Location of the study area



## 2.2 Soil sampling and laboratory analysis.

(I) Chemical properties: such as EC, CEC, CaCO<sub>3</sub>, pH and ESP. EC (electric conductivity is the main indicator of soil salinity whereas the ESP (Exchange Sodium Percentage)): is the main indicator for sodicity. (II) Physical properties: represented by soil texture this is determining with Clay, Silt and Sand percent. These samples that collected from field profiles were determined the chemical and physical properties in determination laboratory routine analysis at Agricultural Research Corporation.



### 2.3 GIS spatial analysis

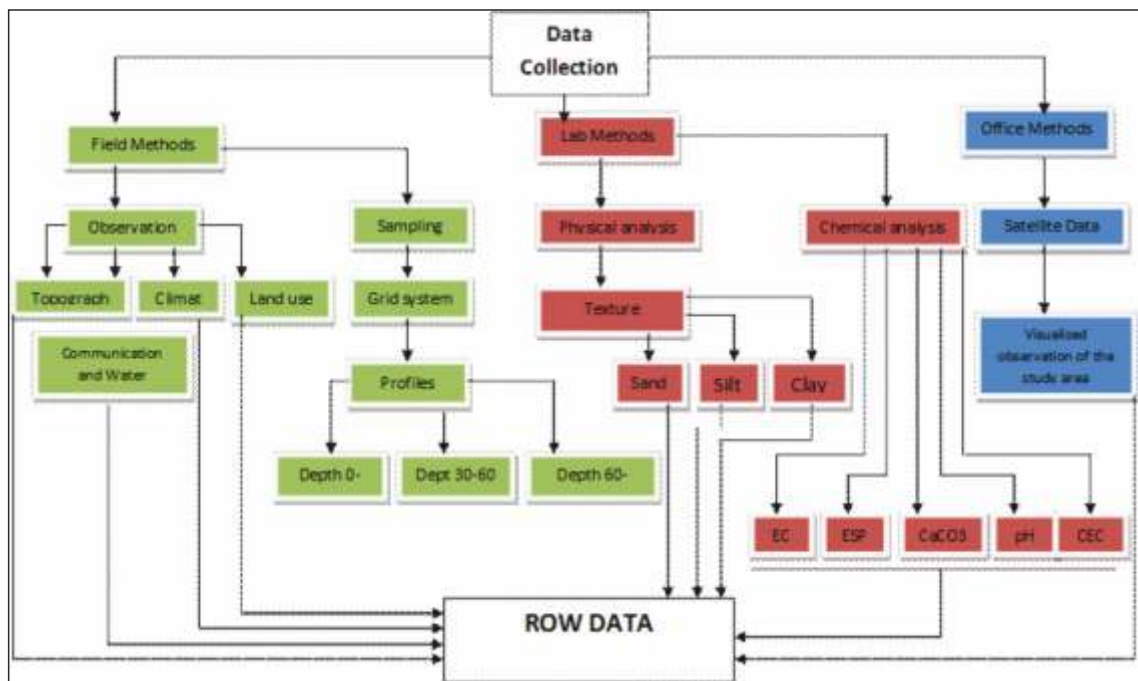


Figure 4. The methods of collecting data and arranging as a row data

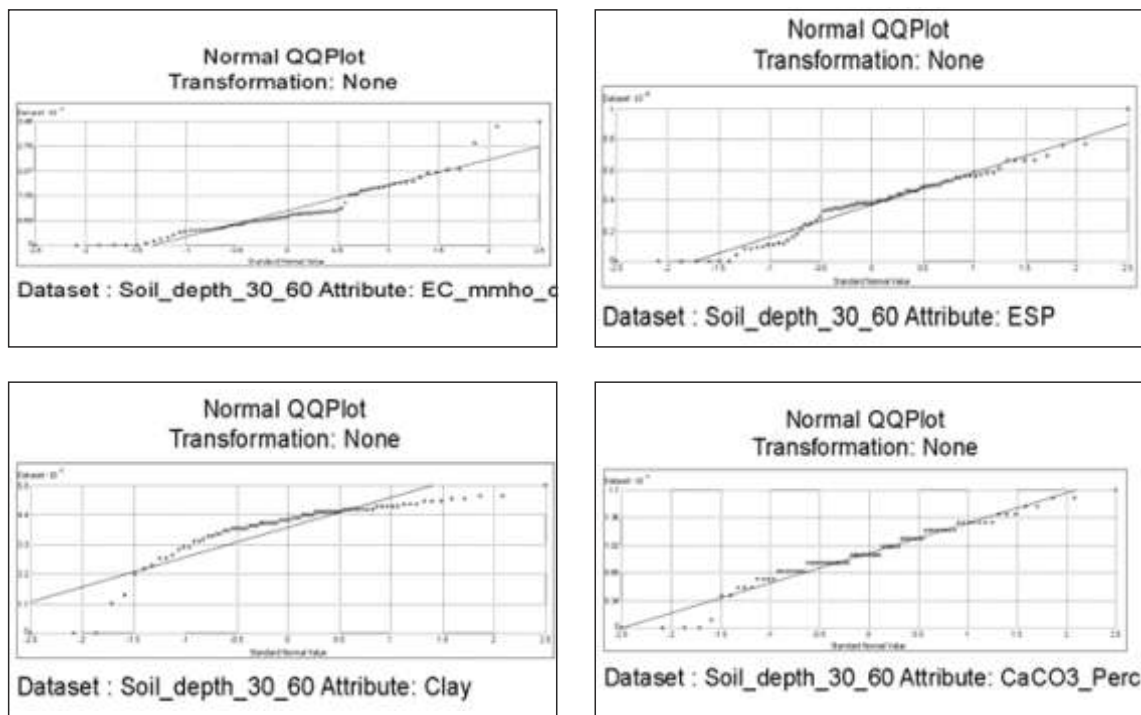


Figure 5. The normal distribution of the sample data

Kriging assumes that the distance or direction between sample points reflects a spatial correlation that can be used to explain variation in the surface. The Kriging tool fits a mathematical function to a specified number of points, or all points within a specified radius, to determine the output value for each location. Kriging is a multistep process; it includes exploratory statistical analysis of the data, variogram modeling, creating the surface, and (optionally) exploring a variance surface. Kriging is most appropriate when you know there is a spatially correlated distance or directional bias in the data. It is often used in soil science and geology. Geostatistics can be used to analyze the spatial variability of soil attributes. Rationale: Two data close to each other are more likely to have similar values than

two data that are far apart. Regionalized variable theory is used to model the spatial dependence of soil properties by variogram analysis, which is required for kriging (spatial prediction). The variogram describes (Fig .6) the degree of similarity between attribute values at sample sites  $x$  and  $x+h$  as function of their geographical separation or lag  $h$ . In variograms the distance between data points ( $x$ -axis) is plotted against the semivariance ( $y$ -axis). Important to note is that variances as functions of the distance between measured points are considered, rather than the measurements of points. (Isaaks et al 1989). Different variogram models are used to describe the spatial relationship for soil salinity, sodicity  $\text{CaCO}_3$  and clay content.

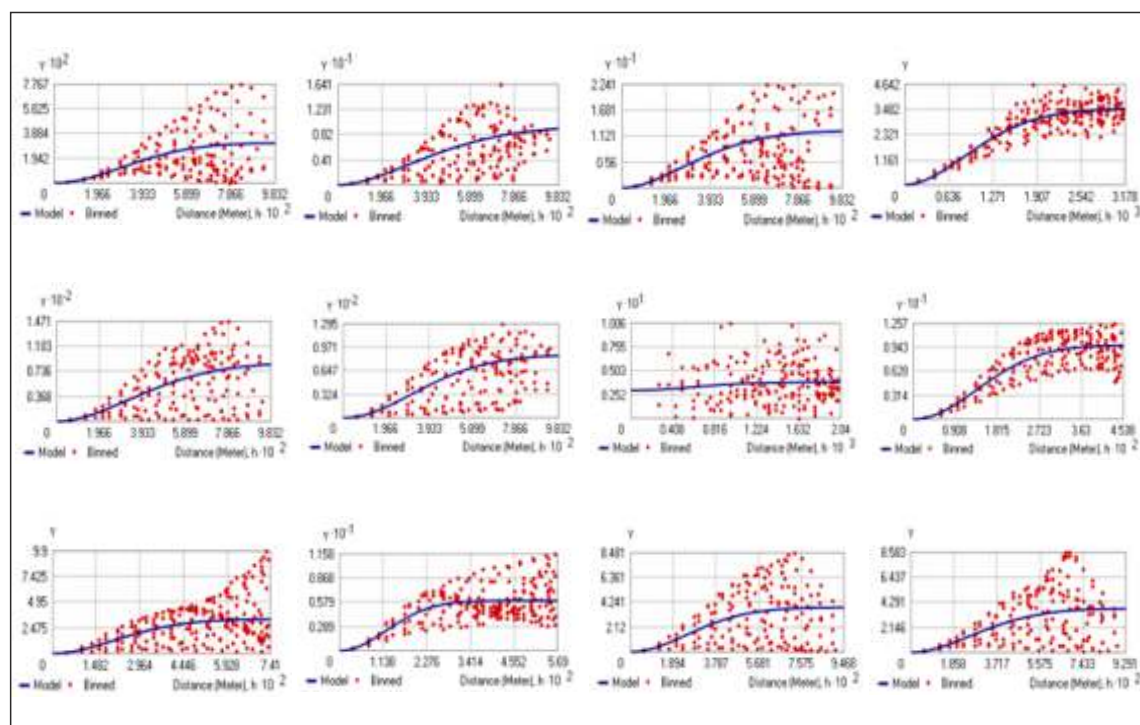
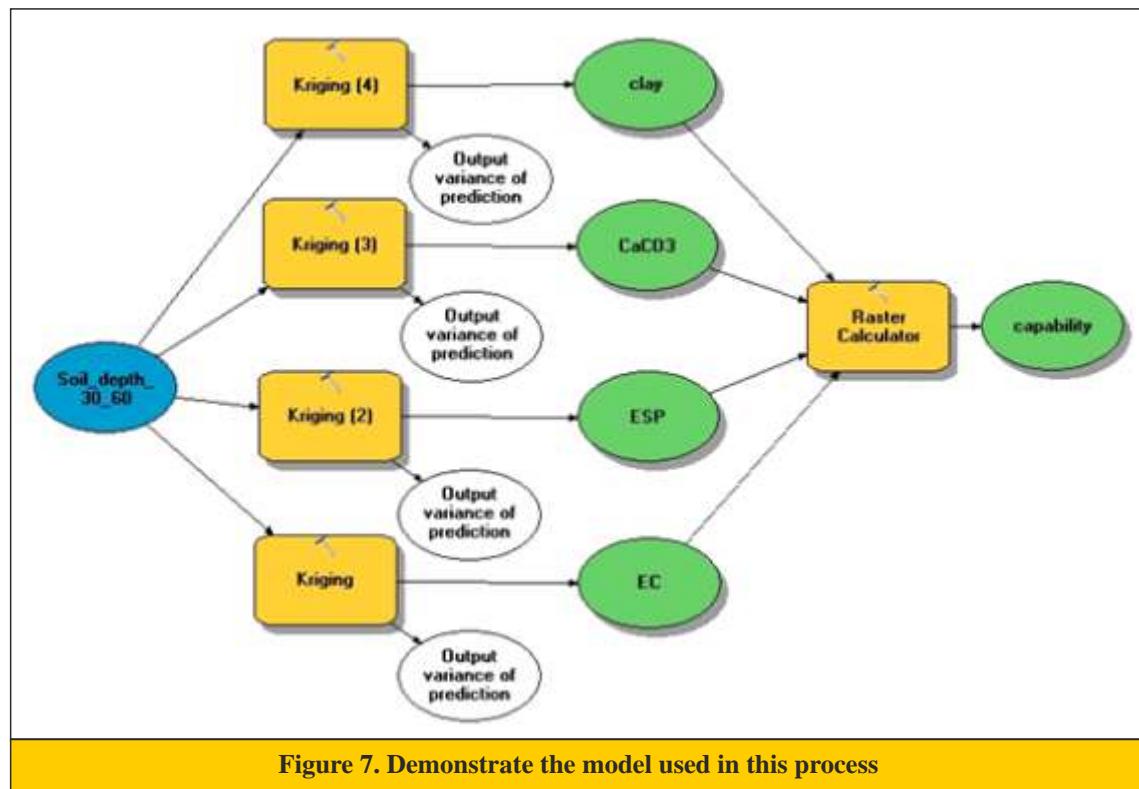


Figure 6. Describes semivariogram model the spatial variability of the soil properties

The incorporated attributes were used to obtain the thematic layers of spatial distribution of the

above mentioned characteristics. Fig. 7 demonstrate the model used in this process



### 3. RESULT AND DISCUSSION

The data laboratory analysis indicates that salinity increase with depth. The EC within 30-60cm register high values comparing with the values in 0-30 depth, with clear dependences in distribution. Clay content in depth 0-30 record a high values with very low of dependency. The approximately homogenous surface of clay content is produced with some small area representing low clay content surfaces. High clay content and distribution surface is affecting soil texture to classify as clayey soil. Most of the study area is high clay content particularly in depth 30-60 and 60-100cm with clear variation across surfaces. The dependency in depth values 60-100 is a similar semivariance of the upper depth 30-60 with

differences of distribution. There is no dependency over 3.414m and this because of data similarity within two depths.  $\text{CaCO}_3$  is the importance properties to determine soil capability.  $\text{CaCO}_3$  content one of the factors that may increase soil pH. There are slightly differences of  $\text{CaCO}_3$  distribution in three depths with high similarity of semivariance. According to above discussion and data exploratory these soils are mostly clayey. It is worth mentioning that the surface soil is mostly nonsaline, none or slightly sodic and has a relatively lighter texture than the subsoil. These soils been generally saline-sodic in their sub surfaces. Tolerant and shallow rooted adaptable



crops may be grown during the reclamation process. The classification of soil suitability produced from the interpolated maps overlaying and digitizing to produce soil units map. The attribute data of  $\text{CaCO}_3$  content, clay content, soil depth, salinity and alkalinity were compiled into the units of the digital geomorphologic maps in a geographic information system 10.1 (Fig.8) using map

algebra tool to produce soil capability. The incorporated attributes were used to obtain the thematic layers of spatial distribution of the abovementioned characteristics which represent land capability classes of the study area. The results maps that represent salinity, sodi,  $\text{CaCO}_3$  and clay content of Soba Agricultural Scheme were produced as shown on the Figs (9, and 10) respectively.

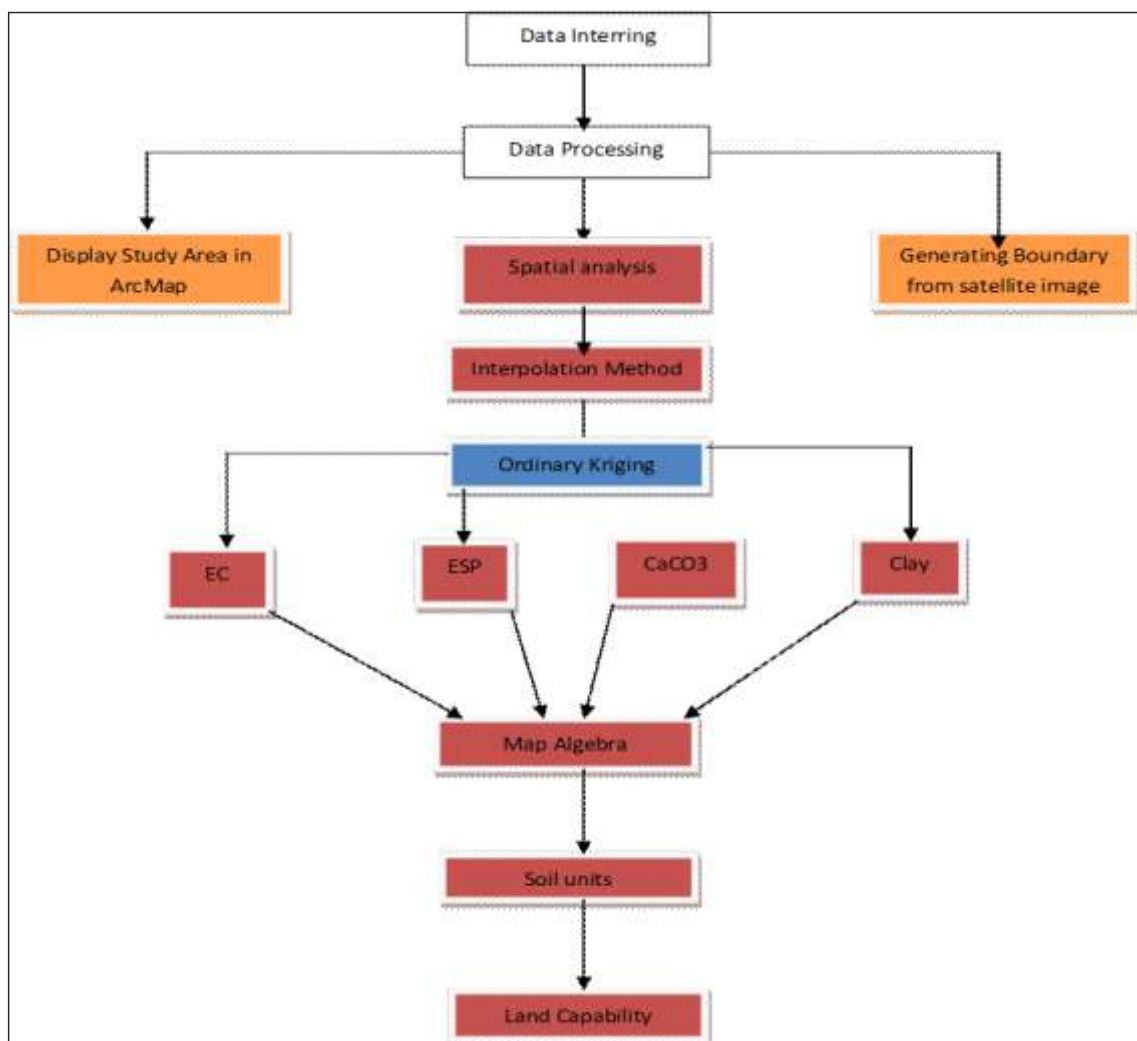


Figure 8. The data processes using Arc Map 10.1.



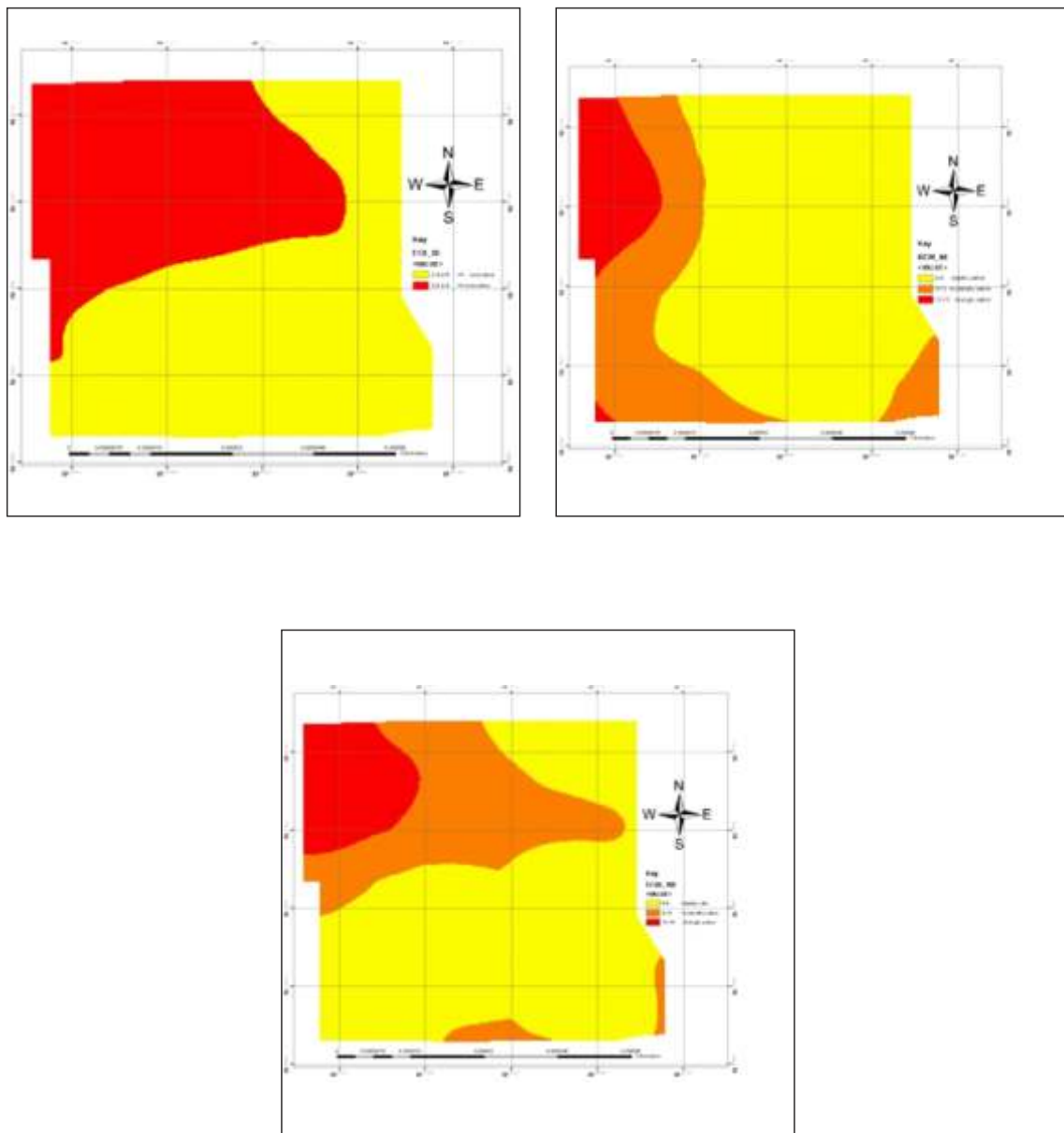


Figure 9. Spatial distribution of soil Salinity

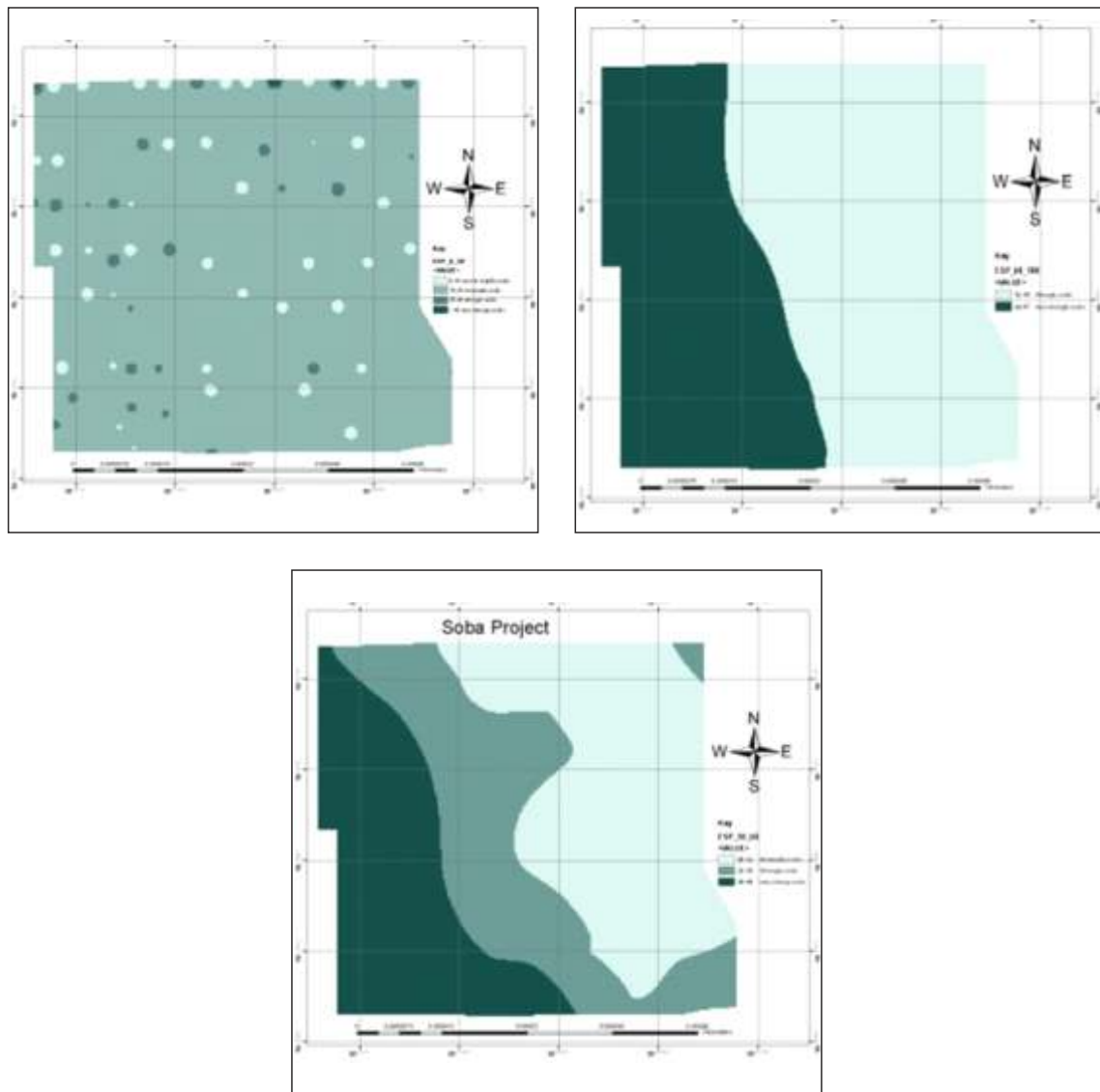


Figure 10.Spatial distribution of soil alkalinity

According to above discussion and data exploratory these soils are mostly clayey. It is Worth mentioning that the surface soil is mostly non saline, none or slightly sodic and has a relatively lighter texture than the subsoil. These soils have been generally saline-sodic in their sub surfaces. Tolerant and shallow rooted

adaptable crops may be grown during the reclamation process. The classification of soil suitability produced from the above interpolated maps overlaying and digitizing to produce soil units map as shown in (fig. 11, 12 and 13) respectively.

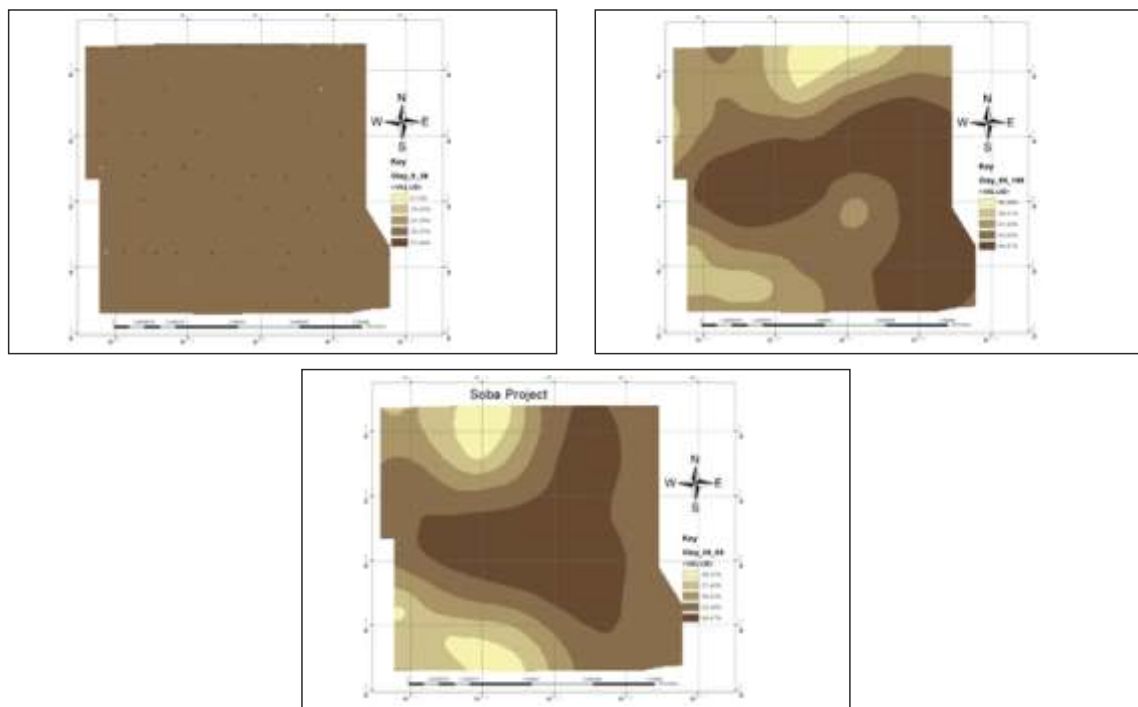
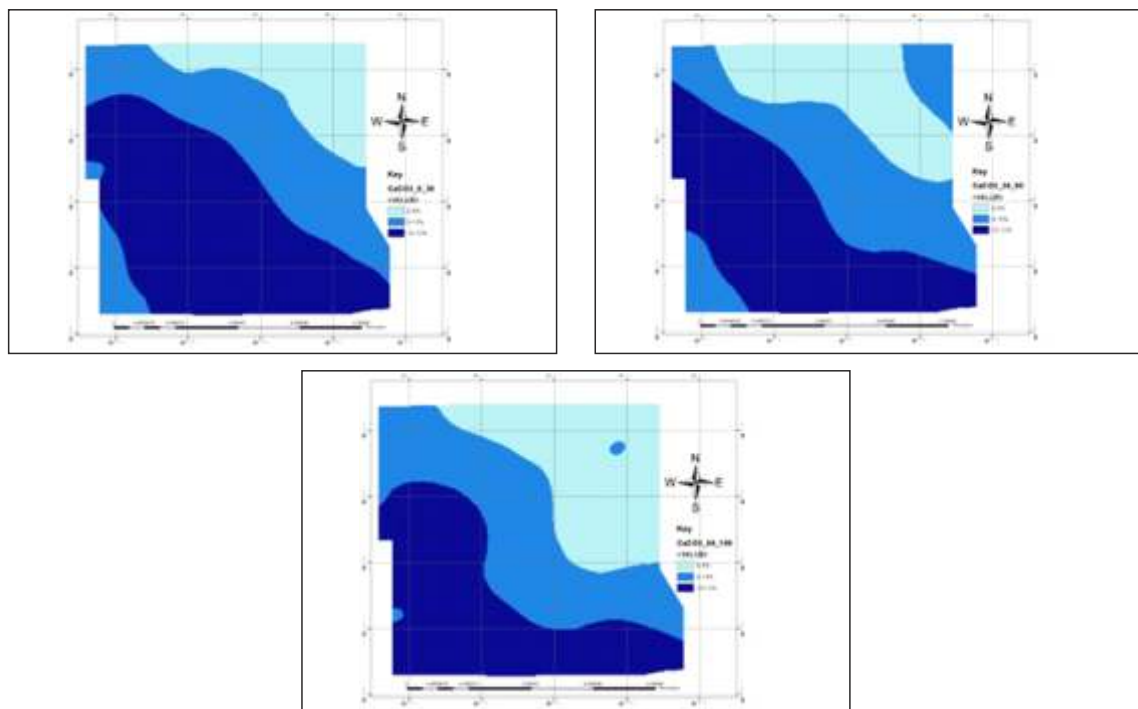


Figure 11. Spatial distribution of Clay Content

Figure 12. Spatial distribution of  $\text{CaCO}_3$

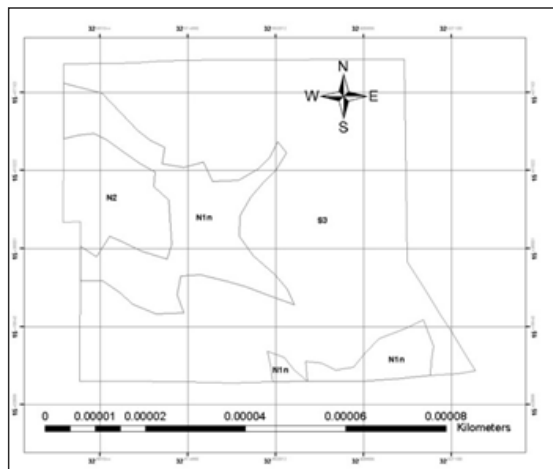


Figure 13. Soil units of the study area

With the application of GIS and geostatistical mapping, spatial distribution of soil salinity and soil sodicity at the study area was mapped and quantitatively evaluated based on the grid sampling and laboratory measurements. The results of validation suggest that the best model for generating soil salinity and sodicity maps was ordinary Kriging with semivariogram model. Quantitative evaluation showed that the mean soil salinity and sodicity was high across the study area, generally pertaining to heavy salinized soil types.

The use of spatial analyses techniques in evaluating the soil capability, allow producing multi-thematic maps, accordingly suitable suggestions could be attained to understanding how to deal with these soils for sustainable agricultural use. The spatial distribution of limiting factors through the different landforms is particularly important when planning for the optimal land uses, also it benefits the existing land users in determining the most appropriate management practices.

The low capability classes in the area are mainly due to the high sodicity, heavy clayey texture, and poor drainage and the salts accumulation. Therefore, action measures of land management are essential for sustaining the agricultural land uses in this area. In general;

soils at Soba Agricultural Project will generally go under class IV, though the surface soil is non-saline and somewhat slightly sodic (Fig. 14).

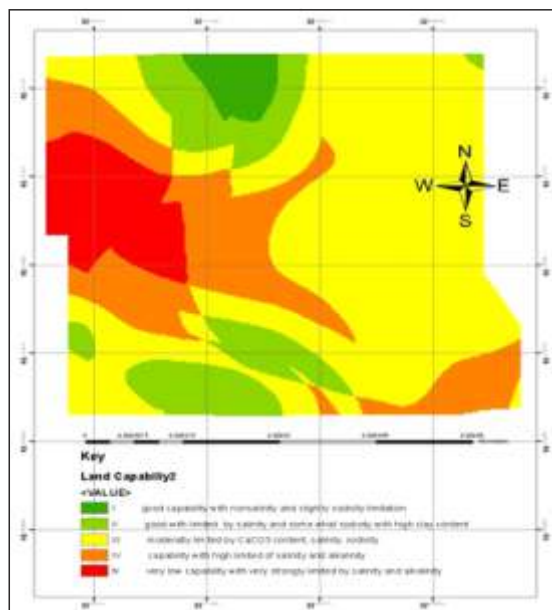


Figure 14. Land capability classes of the studied area

Class IV: poor land for irrigated agriculture, having very severe limitations that make them unsuitable for cultivated of irrigated crops. Sub-class IV s: poor land for irrigated agriculture consisting of soils with varying salinity and sodicity and having relatively high clay content.

#### 4. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

With the application of GIS and geostatistical mapping, spatial distribution of soil salinity at the study area was mapped and quantitatively evaluated based on the grid sampling and laboratory measurements. The results of validation suggest that the best model for generating soil salinity map was ordinary kriging with spherical semivariogram model. Quantitative evaluation showed that the mean soil salinity was high across the study area, generally pertaining to heavy salinized soil types.

- To increase the accuracy of soil salinity and sodicity prediction, it should be improve the sampling scheme and use ancillary information, e.g., satellite imagery and Digital Elevation Models (DEMs).
- The spectral information can be used in an efficient way to complement the scarcity of direct measurements of soil salinity, with less bias and more accuracy, adding several opportunities to traditional soil surveys.
- In combination with the traditional surveys, remote sensing should allow to detect, with reasonable accuracy, the presence of salt in the surface layer of the topsoil. In addition, changes in salinity and sodicity can be easily monitored in time using subsequent satellite images of the studied area. Integration of remote sensing with traditional soil surveys and modern soil spatial analysis leads us in this way towards a more accurate approach of the digital soil mapping.

Soil samples in this study taken from soil profile, in spite of the large area that profile has cover; auger sampling give more representation of soil at study area leading to more accuracy of soil prediction at unobserved area.

## 5. REFERENCES

- I. ARC, 1974. Soil Survey Report of Soba Scheme.
- II. Baja, 2002, A conceptual model for defining and assessing land management units using a fuzzy modeling approach in GIS environment.
- III. Baja, S., Chapman, 2002, Using GIS-based continuous methods for assessing agricultural land use potential in sloping areas.
- IV. Brough PA (1986). Principle Of Geographical Information Systems ForLand Resources Assessment. Oxford University Press, 194p
- V. Banai, R., 1993. Fuzziness in geographic information systems.
- VI. DOUAIK, A., VAN MEIRVENNE, M. & TÓTH, T. (2005), Soil salinity mapping using spatiotemporal kriging Bayesian maximum entropy with interval soft data. *Geoderma*, 128: 234-248.
- VII. Dobos E, Micheli E, Baumgardner MF, Biehl L, Helt T (2000). Use ofcombined digital elevation model and satellite radiometric data forregional soil mapping. *Geoderma*. 97: 367-391



- I. FAO-UNESCO (1974). Soil map of the World legend, 1:5.000.000. Unesco, Paris. 1.
  - II. FAO-UNESCO (1990). FAO-Unesco Soil map of the World, revised legend. World soil resources report No: 60, FAO, Rome. 119p.
  - III. Fernandez Buces, N., (2009), Mapping Soil Salinity from Sample Data and Remote Sensing in the Former Lake Texcoco.
  - IV. Green K (1992). Spatial imagery and GIS: integrated data for natural
  - V. 10. resource management. J. For. 90: 32-36.
  - VI. IFAD, 1990. "Country Strategy and General.
  - VII. ISAACS, E. H. & SRIVASTAVA, R. M. (1989), Applied Geostatistics. New York: Oxford University Press.
  - VIII. R.W. Corkery, 2011, Soils and Land Capability Assessment. Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. Ninth Edition. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service Sys C, 1993. Land Evaluation. Crop. Sys C. 1985. Land Evaluation. State University of Ghent, Belgium.
  - IX. USDA, 2004. "Soil Survey Laboratory Methods Manual".
- ZHENG, Z., ZHANG, F., MA, F., CHAI, X., ZHU, Z., SHI, J. & ZHANG, S. (2009), Spatiotemporal changes in soil salinity in a drip-irrigated field. Geoderma, 149: 243-248.

# **Estimation Spatiotemporelle de l'Ensablement dans les parcours d'El Ouara (Tunisie aride) par les Images Landsat Thematic Mapper Bouajila ESSIFI& Mohamed OUESSAR**

*Institut des Régions Arides de Médenine, IRA*

*Laboratoire d'Erémologie & Lutte Contre la Désertification,*

*Unité SIG et Télédétection,*

*4119 Médenine, Tunisie.*

## **Résumé :**

Un grand nombre d'indices spectraux ont été développés pour estimer les paramètres biophysiques de la surface de la terre, dérivés des séries temporelles d'images de télédétection. De telles données sont nécessaires pour expliquer et surveiller les processus éoliens engendrant tous les aspects reliés au phénomène de la désertification dans les parcours d'El Ouara dans la Tunisie aride, qui s'ajoutent à l'impact de diverses pressions anthropogénique et climatiques.

Dans ce papier, nous tentons de : i) déterminer la relation entre le caractère spectral et les variations spatiotemporelles de l'accumulation des dunes en utilisant l'imagerie Landsat, ii) estimer les taux de changements et la migration des dunes vis-à-vis de la direction des vents dominants dans les champs de dunes de Jaouacha, El Ouara, entre 1986 et 2007. Nous explorons les indices de brillance et nous appliquons une détection diachronique pour mieux discriminer les changements. Les résultats confirment que la migration et l'accumulation des dunes sont renforcées par la présence d'un régime de vent réversible. L'extension des dunes, illustrées sur les images, montre des modifications significatives aussi bien dans la forme que le *pattern* de la dune. En outre, l'analyse dénote une augmentation globale de la distribution des dunes soutenue par une continuelle aptitude d'organisation. Les activités humaines associées aux contraintes climatiques, dans un contexte pastoral et écologique précaire, semblent être, directement ou indirectement, une cause majeure de la dégradation.

**Mots-clés :** Ensablement, Parcours, Indices Spectraux, Landsat Thematic Mapper, Tunisie Aride

## 1. Introduction

Dans les dernières années, la désertification a reçu une attention internationale. Des millions d'êtres humains vivant dans les régions affectées, sont menacés par la sécheresse et la famine, la sol et la végétation sont dégradés. La désertification résulte de la combinaison des contraintes écologique, socioéconomique, et les problèmes de gestion y compris les pâturages et les pratiques agricoles qui induisent une érosion éolienne et hydrique accélérées, avec la mauvaise gestion des ressources en eau conduisant à la salinisation. La réactivation de dunes stabilisées et l'ensablement sont les principales manifestations de la désertification (Paisley et al., 1991). Les données de télédétection ont été utilisées dans une variété de régions différentes pour reconstruire les conditions géomorphologiques ou climatiques préalables (Janke, 2002). De telles données sont requises afin d'expliquer et surveiller les processus éoliens engendrant la désertification dans la périphérie sud des parcs d'El Ouara dans la Tunisie aride sous diverses pressions anthropiques (Talbi, 1992; Ouerchfani et al., 2008; Essifi et al., 2008). Avec le système de dune, comme dans tout paysage naturel, la compréhension de la complexité

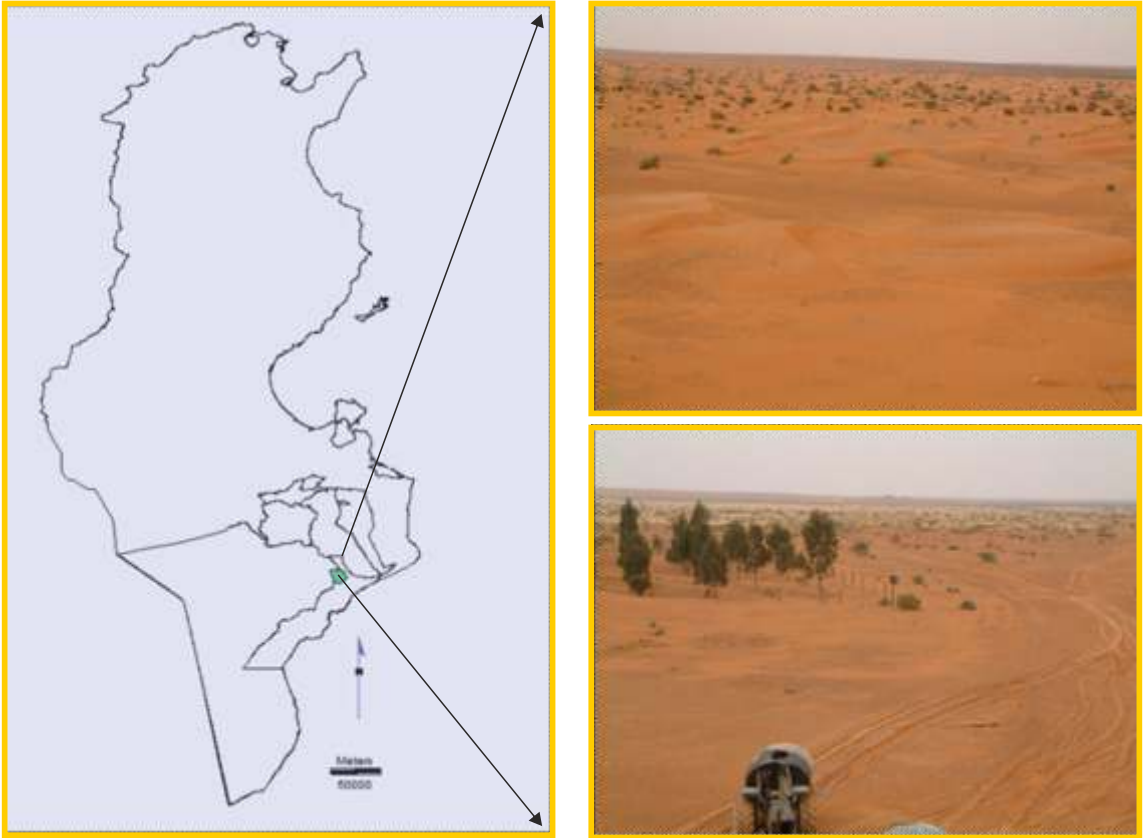
environnementale a d'importantes implications dans le design et l'implémentation des stratégies de conservation (Barrows & Allen, 2007). Les travaux de terrain de la migration des dunes sont difficiles et coûteux, elles ne peuvent pas être suffisamment répétées pour permettre une surveillance continue. Dans cette étude, l'utilisation de la télédétection, telle que l'imagerie Landsat, peuvent être utilisées pour surveiller de façon exacte la migration de dunes sur des intervalles réguliers (Yao et al., 2007). Ce travail s'inscrit dans le cadre des programmes de lutte contre la désertification afin de disposer d'une base de références scientifiques fiables sur l'étendue de la dégradation des terres pour prendre les mesures adéquates, et surveiller à long terme pour distinguer entre l'influence des activités humaines et celle de la variabilité du climat. Nous tentons de: i) déterminer la relation entre le caractère spectral et les variations spatiotemporelles de l'accumulation des sables en utilisant l'imagerie Landsat, ii) évaluer le taux de changements et de migration des dunes vis-à-vis de la direction des vents dominants dans les champs de dunes de Jaouacha, El Ouara, entre 1986 et 2007.

## 2. Matériels et Méthodes

### 2.1. Zone d'étude

La plaine d'El Ouara est un vaste parc situé dans le sud-est de la Tunisie, comprise entre les reliefs de Djebel Rehach et Djebel Sidi Toui et les monts de Matmatas. Climatiquement, la région est influencée par la Méditerranée et le Sahara avec une moyenne pluviométrique dépassant guère 230 mm par an (Ouassar et al., 2006). Des précipitations irrégulières, des hautes températures et des taux d'évapotranspiration, et des vents fréquents sont

observés (Floret & Pontanier, 1982). Située au Sud du gouvernorat de Tataouine à la frontière tuniso-libyenne, Bir Jaouacha est un point d'eau où la zone environnante est connue par sa bonne aptitude pastorale, morphologiquement, ce sont des Khauis et des Garaas qui forment des dépressions inondables dans la plaine d'El Ouara (Essifi, 2008) (Fig. 1). La végétation pastorale est pour la plupart à base de *Retama raetam*, occupant les bas-fonds de Jaouacha.

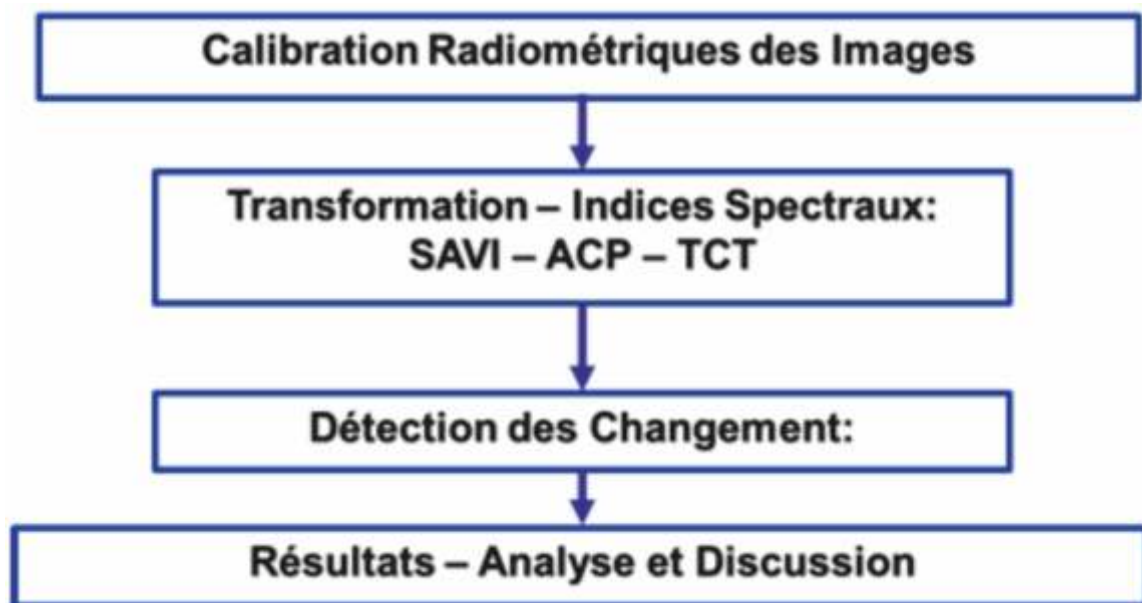


**Figure 1.** Bir Jaouacha à El Ouara de Tataouine : la zone du point d'eau est envahie par l'ensablement

## 2.2. Acquisition des données

Les données utilisées dans cette étude comprennent deux images satellitaires Landsat *Thematic Mapper*. La première a été acquise le 23 Mai 1986 et la deuxième le 1<sup>er</sup> Mai 2007. Les images TM ont une résolution spatiale de 30 m. Les images sont de bonne qualité, sans couverture nuageuse. Après les traitements sous IDRISI Selva® (Eastman, 2012), des rehaussements d'image ont été testés dans une

tentative d'améliorer les traits du paysage. L'analyse des composantes principales (ACP) et la transformation *Tasseled Cap* (TCT) ont été dérivées pour chaque image. Nous explorons aussi les indices de brillance et nous appliquons une photo-interprétation pour mieux discriminer les changements selon le diagramme suivant (Fig. 2):



**Figure 2.**Diagramme méthodologique de l'étude

## 2.3. Estimation de l'ensablement par les indices spectraux

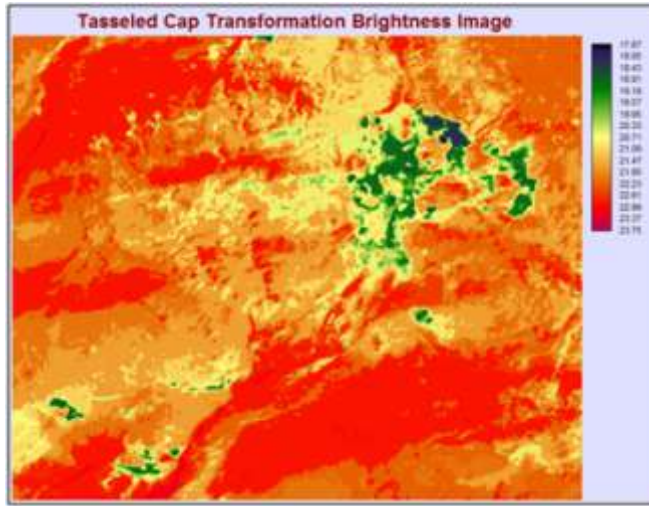
### 2.3.1. Les indices de brillance issus de la TasseCap et de l'ACP

Pour générer des informations sur les sols aussi bien que les canopées de végétation dans un background particulier couvert de végétation, Kauth & Thomas (1976) ont développé une transformation appelée *Tasseled Cap* avec les six bandes TM (excepté la bande thermique) en utilisant le processus d'« orthogonalisation » de Gram-Schmidt, pour extraire trois nouvelles indices : brillance, végétation, et humidité. Il a été montré que la plupart de la variabilité (95-98%) dans les bandes Landsat peut être capturée dans deux

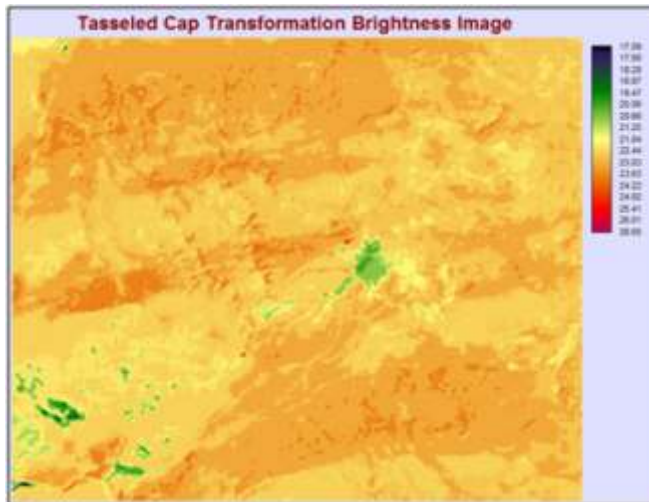
dimensions définies par les axes de brillance et végétation. L'indice de brillance est relatif à la brillance du sol et celui de la végétation souligne la biomasse. Les transformations images dérivées des bandes Landsat de 1986 et 2007 sont illustrées dans les figures 3 et 4 et concerne la brillance du sol.

L'histogramme de l'image de 2007 enregistre un pic de brillance atteignant 26.60 alors que celle de 1986, un peu moins, de l'ordre de 23.75. Cela signifie qu'en 2007, l'extension des dunes de sables est plus claire.





**Figure 3.** Indice de brillance issu de la transformation *TassCap* de l'image Landsat TM 1986



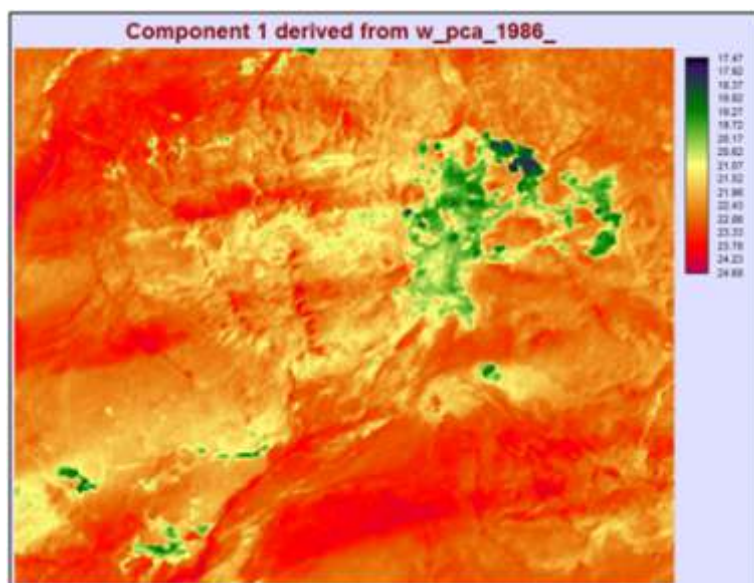
**Figure 4.** Indice de brillance issu de la transformation *TassCap* de l'image Landsat TM 2007

L'ACP, introduite par Richards (1986), est une transformation orthogonale des données image étroitement liée à l'analyse de facteur qui produit un nouvel ensemble d'images ou composantes non corrélées entre eux et ordonnées selon le taux de variation (information) qu'ils représentent à partir de l'ensemble original d'images. L'ACP est proprement utilisée pour découvrir la dimensionnalité soulignée des données multivariées en éliminant la

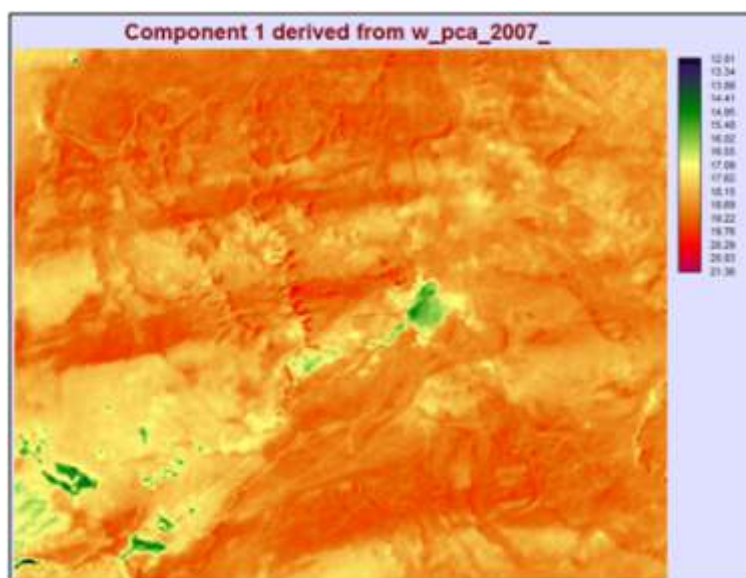
redondance (évidente dans l'inter-corrélation des valeurs de pixel de l'image).

Dans ce contexte, les deux ou trois premières composantes illustrent virtuellement toute la variance à cause de la corrélation considérable entre les bandes : La première composante représente l'albédo (dans lequel le background du sol est représenté) alors que la deuxième composante représente le plus souvent la variation du couvert végétal (Eastman et al., 2012).

Les figures 5 et 6



**Figure 5.** Indice de brillance issu de l'Analyse en Composantes principales (ACP)  
– Composante 1 de l'image Landsat TM 1986



**Figure 6.** Indice de brillance issu de l'Analyse en Composantes principales (ACP)  
– Composante 1 de l'image Landsat TM 2007

### 2.3.2. Détection de changements appliquée sur les indices spectraux

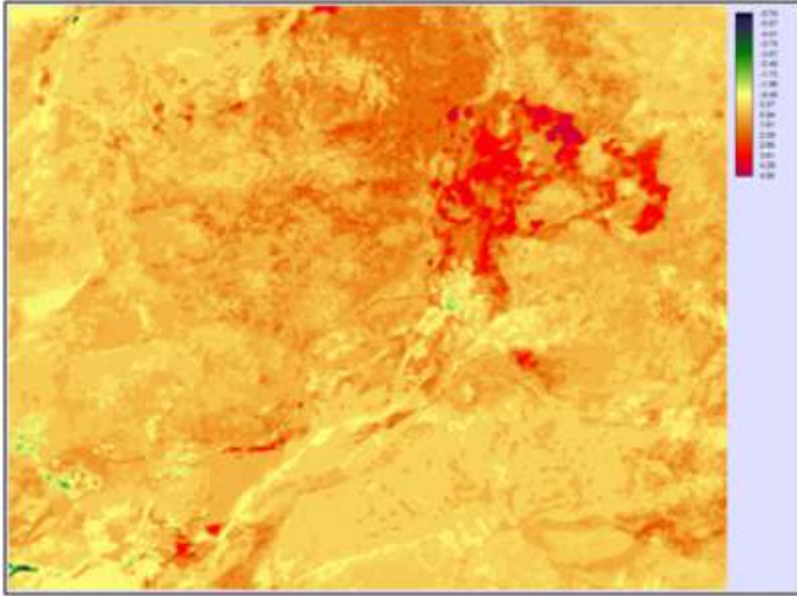
Dans la détection de changement spectral, les images de deux dates différentes sont transformées en des nouvelles images mono-bandes ou multi-bandes, qui contiennent les changements spectraux. Les images résultantes doivent être traitées davantage pour assigner les changements aux types spécifiques d'occupation de sol. La discrimination des pixels de « changement » et « pas de changement » sont d'une grande importance pour le succès de ces méthodes (Essifi, 2008). La méthode commune pour la discrimination est l'utilisation des seuils statistiques. Une soignée décision est par suite requise pour placer les limites des seuils de séparation de la zone de changement de celle de pas de changement. La différenciation d'images soustraire deux images de deux dates, pixel par

pixel dans chaque bande pour produire une nouvelle image de changement entre les deux dates. Pour ce faire, le module *Imagediff* sous environnement IDRISI fournit une analyse de changement à travers la différenciation de paires d'images. Pour les deux images de 1986 et 2007 et en appliquant ce module sur les indices de brillance de l'ACP et de la TCT, quatre images peuvent être produites : la différence, le pourcentage de changement, les anomalies standardisées (z-scores), et les anomalies standardisées classifiées en 6 classes (Tab. 1). La standardisation ou z-scores est la méthode la plus communément utilisée, qui convertit tous les indicateurs en une échelle commune avec une moyenne de zéro et un écart-type égal à un.

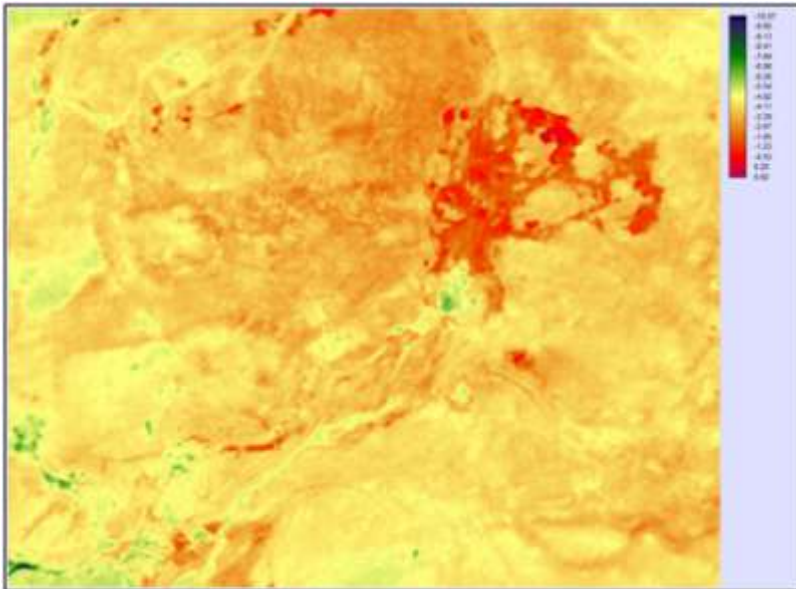
Nouvelle Valeur	Toutes les valeurs de :	Ajuste moins de :
1	-999	-2
2	-2	-1
3	-1	0
4	0	1
5	1	2
6	2	999

**Tableau 1.** Anomalies standardisées classifiées en six classes sous environnement IDRISI Selva® : Module *Imagediff*

Les produits de la différenciation des indices de 1986 et 2007 par la différence d'images (récente moins ancienne) sont comme suit :



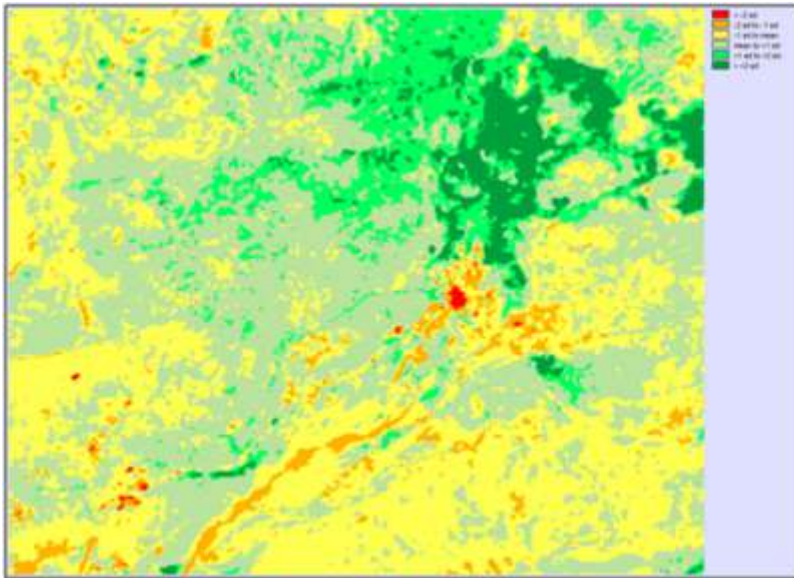
**Figure 7.** La différence (récente – ancienne) des indices de brillance de la *TassCap* des images Landsat TM 1986 et 2007 par le module *Imagediff* sous environnement IDRISI Selva®



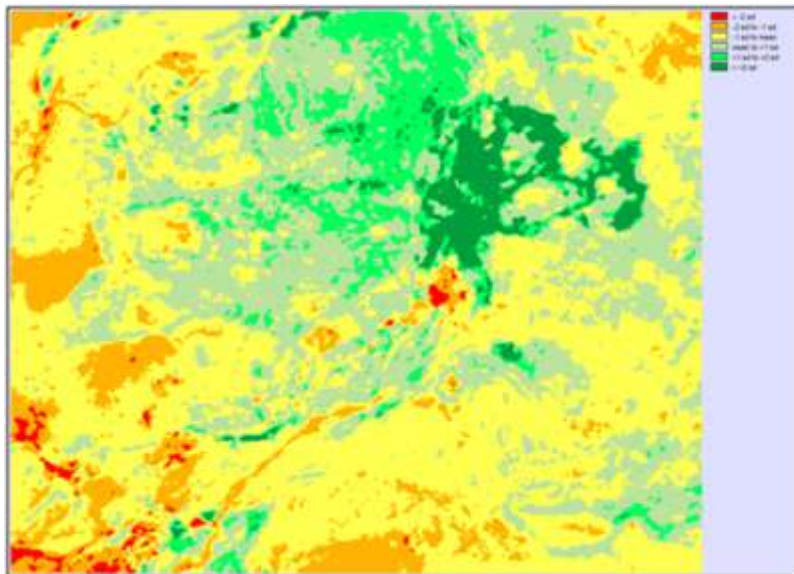
**Figure 8.** La différence (récente – ancienne) des Composantes 1 de l'ACP des images Landsat TM 1986 et 2007 par le module *Imagediff* sous environnement IDRISI Selva®



Les produits de la différenciation des indices par les anomalies standardisées classifiées sont comme suit :



**Figure 9.** La différence par les anomalies standardisées classifiées des indices de brillance de la *TassCap* des images Landsat TM 1986 et 2007 par le module *Imagediff* sous environnement IDRISI Selva®



**Figure 10.** La différence par les anomalies standardisées classifiées des Composantes 1 de l'ACP des images Landsat TM 1986 et 2007 par le module *Imagediff* sous environnement IDRISI Selva®



### 3. Résultats et Discussion

La détection des changements, utilisant des données multi-temporelles du même capteur avec la même résolution spectrale et spatiale pour discriminer les aires de changement d'occupation du sol entre les dates des images, couplée avec une interprétation visuelle des images Landsat nous a permis d'identifier les aires menacées par la désertification dans les régions désertiques. En développant une analyse de détection de changement sur des images satellitaires, il est important de considérer tous les facteurs qui peuvent affecter les scènes de la même zone. Dans notre étude, les résultats confirment que la migration et l'accumulation des dunes sont renforcées par la présence d'un régime de vent réversible. L'extension des dunes, illustrée sur les images, montre des modifications significatives aussi bien dans la forme ou le pattern des dunes.

D'autant plus, l'analyse dénote une augmentation globale de la distribution des sables avec une perpétuelle capacité d'organisation. Il est clair de l'impact anthropogénique associé aux risques climatiques dans un contexte écologique pastoral menacé par la dégradation.

Le suivi de l'ensablement dans l'aire du point d'eau Jaouacha a révélé une nette variabilité de la distribution spatiale (risques variables), une rétroaction sécheresse-surexploitation couplée avec une forte érosion éolienne. Les dégâts du surpâturage et le défrichement des parcours par mise en culture sont explicitement visibles. Aussi, la redistribution des sables a donné une évolution en dunes dans la direction (S-SO), fortement influencé par le régime des vents dominants.

### 4. Références bibliographiques

- Barrows C.W. and Allen M.F. (2007) Community complexity: Stratifying monitoring schemes within a desert sand dune landscape *Journal of Arid Environments* 69 (2007) 315–330.
- Eastman J. R. (Eds) (2012) IDRISI Selva Manual Version 17. Clark Labs, Clark University.
- B. Essifi, (2008). Étude Comparative des Risques d'Erosion autour des Points d'Eau dans les Parcours du Dahar et El Ouara (Tataouine-Tunisie): Application de la Télédétection et des SIG. Mémoire de maîtrise spécialisé, Université de Manouba, Tunis, Tunisie, 122 pp.
- Essifi B., Ouessar M., Rabia M. C. (2008) Surveillance de la désertification autour des points d'eau dans les parcours d'El Ouara (Tataouine-Tunisie) par des séries temporelles Landsat MSS/TM/ETM+. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 190-2, (2008), 49-59. France.
- Floret C. and Pontanier R. (1982) L'aridité en Tunisie présaharienne : climat, sol, végétation et aménagement. Thèse de Doctorat Univ. Montpellier, ORSTOM.
- Janke J.R. (2002) An analysis of the current stability of the Dune Field at Great Sand Dunes National Monument using temporal TM imagery (1984–1998). *Remote Sensing of Environment* 83 (2002) 488–497.
- Ouessar M., Taamallah H., Ouled Belgacem A. (2006b) Un environnement soumis à des fortes contraintes climatiques In: Genin D., Guillaume H., Ouessar M., Ouled Belgacem A., Romagny B., Sghaier M., Taamallah H. (eds). *Entre la désertification et le développement: la Jeffara tunisienne*. CERES, Tunis, pp: 23-32.

PaisleyElizabeth C. I., Nicholas Lancaster, Lisa R. Gaddis, and Ronald Greeley (1991) Discrimination of Active and Inactive Sandfrom Remote Sensing: Kelso Dunes, Mojave Desert, California. Remote Sensing of Environment 37:153-166 (1991).

Talbi M. (1992)Contribution à l'étude de la désertification par télédétection dans la Jeffara (Tunisie Sud-est). Tome 1 et 2, Thèse de doctorat, Université de Tunis I.

YaoZ.Y., T. Wang, Z.W. Han, W.M. Zhang, A.G. Zhao.(2007) Migration of sand dunes on the northern Alxa Plateau, Inner Mongolia, China. Journal of Arid Environments 70 (2007) 80–93.

## التخطيط للملاجئ وطرق الانقاذ الامنة بواسطة وسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

### دراسة حالة: محلية شرق النيل بولاية الخرطوم - السودان

واثلة محمد عثمان و امته احمد حامد

معهد بحوث الفضاء والطيران - المركز القومي للبحوث.

هيئة الاستشعار عن بعد وعلوم الزلازل - المركز القومي للبحوث

### المستخلص :

تم إجراء هذا البحث نظرا للسيول التي تعرضت لها محلية شرق النيل والتي تقع في الجزء الشمالي الشرقي من ولاية الخرطوم في شهر اغسطس لعام 2013. خلفت الفيضانات الكثير من الخسائر البشرية والمادية مع ملاحظة الغياب التام للملاجئ والطرق الامنة لاجلاء السكان أثناء عملية الاخلاء. الهدف من هذا البحث هو تحديد مناطق ملائمة لاقامة ملاجئ وطرق آمنة لانقاذ المتضررين من الفيضانات في المناطق التي تتعرض باستمرار للسيول والفيضانات في منطقة شرق النيل. في هذا البحث استخدمت بيانات الاستشعار عن بعد تحديدا نمودج الارتفاعات الرقمية ذو الدقة 30 متر من ASTER وصور عالية الدقة من برنامج Google Earth والخرائط الاساسية لمحلية شرق النيل (خريطة الحدود والطرق والوحدات الادارية والمناطق المأهولة بالاضافة الى طبقة استخدامات الارض والتعداد السكاني). تم جمع البيانات وادمجت في بيئة نظم المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية لتحليلها بغرض تحديد المناطق الملائمة للملاجئ وطرق الانقاذ لتسهيل عمليات الاخلاء في حالة تعرض المنطقة للفيضان في المستقبل. أظهرت النتائج امكانية تحديد 8 مواقع للملاجئ و 5 طرق اخلاء طبقا لمعايير النمودج المستخدم والتي تتلخص في انه يجب أن تقع مواقع الملاجئ في المناطق العالية نسبيا والشاغرة وأن تكون قريبة من المناطق المهددة بالفيضان ويجب أن يكون لها سطح مستمر) أي غير معزولة (على الاقل ضمن مساحة قدرها 2 كيلومتر مربع. أما طرق الاخلاء فيجب ان تكون الاقصر مع اتصالها مع الطرق الرئيسية. مواقع الملاجئ وطرق الاخلاء يجب أن تنفذ على أرض الواقع بالطريقة التي تجعلها ملائمة للسكن والعيش طيلة فترة الفيضان. خلص البحث انه من الممكن تحديد أكثر من منطقة تصلح كملاجئ وأكثر من طريق امن وقصير لعملية الاخلاء. أوصت الدراسة بالاستفادة من تكنولوجيا الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التخطيط لعمليات الاخلاء والانقاذ قبل وقوع الكارثة.

# Planning of Shelters Sites and Evacuation Routes Using Remote Sensing and Geographic Information System: Shareq ALneel Locality Khartoum\_Sudan

Wathela Hamed Osman<sup>1</sup> and Amna Ahmed Hamid<sup>2</sup>

## Abstract:

This research was carried out after the occurrence of a severe flash flood event on August 2013 in Shareq Alneel locality which is located in the northeastern part of Khartoum state. The flood caused losses and casualties with complete absence of specific resort sites and secure routes to evacuate the residents during evacuation operations. The main objectives of this research were to determine the optimum location for shelters and secure routes for evacuation. Remote sensing data, DEM from ASTER and high resolution images from Google Earth, and Basic maps of Shareq ALneel locality's (boundary, streets, administrative units, populated area) in addition to land use and census data were integrated in a geographic information system (GIS) environment. All data was analyzed using different functions of ArcGIS tools in order to determine the suitable sites for shelters and evacuation routes that facilitate evacuation and rescue operation if the study area exposed to flood in the future. The results showed that eight shelters sites and five evacuation routes were identified according to model criteria that suggested shelter sites to be within relatively high and vacant area, nearest to the threatened areas and have continuous surface (not isolated) with an area of at least two kilometers, and the evacuation routes are the shortest and connected to major road. Those Shelters and evacuation routes can easily be marked on the ground and establish to meet the requirements of evacuees. The research concluded that remote sensing and GIS technology can be used efficiently to facilitate proper planning of evacuation and rescue operations prior to disaster.

**Key words:** floods, remote sensing, GIS, shelter sites, evacuation routes

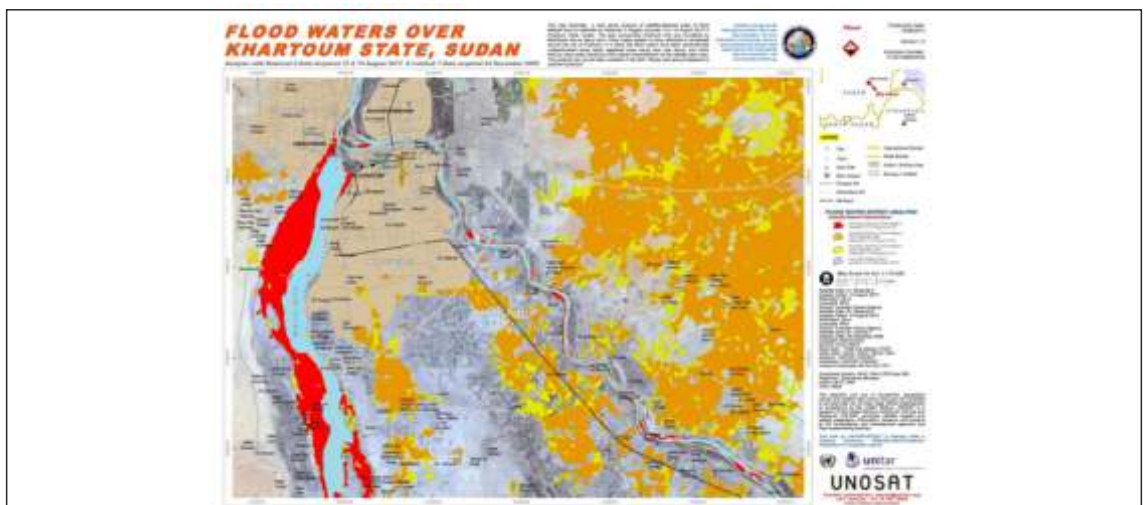
- 
- 1- Researcher, Institute of Spaces Research and Aviation – National Center for Research. Wathelahamed@gmail.com
  - 2- Associate professor, Remote Sensing and Seismology Authority- National Center for Research. amnaah71@gmail.com

## 1. Introduction:

The earth is a combination of different natural systems which occurred uninterrupted before the existence of human beings. Geophysical events such as flood, earthquakes, volcanic eruptions, landslides, spread and retreat of water along the river plains took place as a part of natural systems. This continued for millions of years before the human presence transformed not only the natural systems or phenomenon, but also gave the geophysical events of the past a new meaning and term “natural hazards” (Pandey, 2009). People and the environment are increasingly suffering from the effects of natural disasters. There are a number of reasons for this such as high population growth and density, migration and unplanned urbanization, environmental degradation and possibly global climate change. (IFRC, 2001)

Flash flood environments can be very dangerous and often the choice of emergency management strategies can be difficult since this decision is often a choice between bad options. (Manual 22 \_ Flood Response I, 2009) Remote sensing and GIS techniques have become the key tool for flood management in recent years. It is widely used for flood area delineation, floods monitoring and mapping which provides the best ways and tools that allow forecasting and determining the disaster and its dimensions and the secure routes to rescue and evacuate of population. When the disaster occurs, the important issue is to rescue the population in the disaster area, which will be very easy if we have basics knowledge about the terrain and the barriers of the area.

Historically Khartoum state was exposed to many floods in 1942, 1988, 1994, 1998, 2001, 2007 and 2013. some of this were normal while others were very destructive such as 1988 flood [http://en.wikipedia.org/wiki/2007\\_Sudan\\_floods](http://en.wikipedia.org/wiki/2007_Sudan_floods). In August 2013 the floods were particularly severe, see figure (1). More than 15,000 homes in Khartoum are reported destroyed, with thousands more damaged. The most damage in Khartoum occurred in Shareq Alneel, Ombadah, and Karari (some of Khartoum localities). The capital Khartoum was reported to be suffering its worst flooding in 25 years. Khartoum is vulnerable to flash floods because of poor drainage and urban planning [http://en.wikipedia.org/wiki/2013\\_Sudan\\_floods](http://en.wikipedia.org/wiki/2013_Sudan_floods)



**Figure (1): Flood water by yellow, red, and orange color**



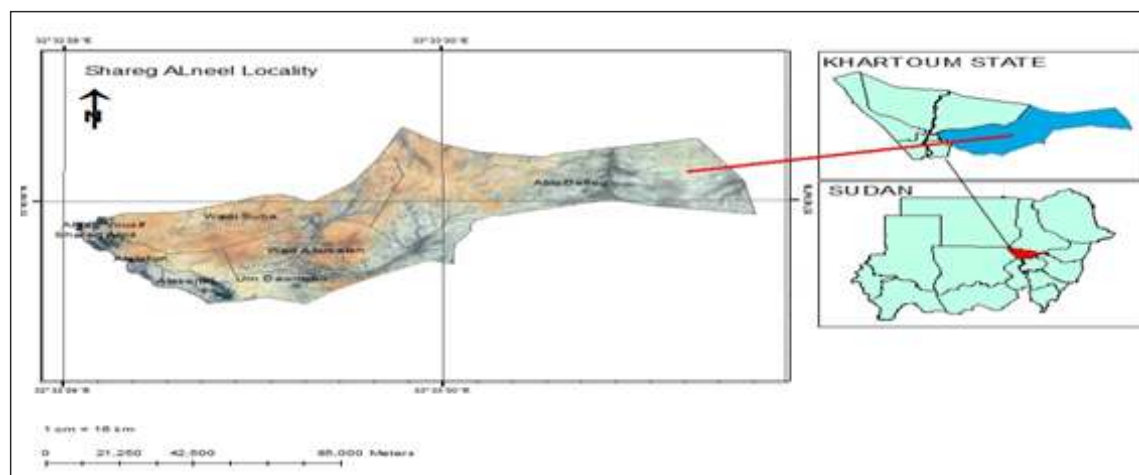
The study was conducted using data from different sources including remote sensing data in form of DEM and high resolution data from Google earth and set of GIS layer applying geoprocessing operations to design the evacuation routes map. Geoprocessing model can be used to automate, run, and re-run a GIS process; this is especially useful for complex data processing flows that need to be executed rapidly during an emergency. <http://www.emprints.hawaii.edu/>. The study was conducted to achieve the following objectives:

- To determine area threatened by flood.
- To determine optimum locations for the shelters.
- To determine the best and secure routes between the threatened area and the shelters.

## 2. Study area:

Shareq Alneel is located in the northeastern part of Khartoum state, bounded by latitudes  $15^{\circ}41'58.32''$  N,  $16^{\circ}37'5.79''$  N and longitudes  $34^{\circ}23'35.12''$  E,  $32^{\circ}34'38.29''$  E figure (2) shows the location of the study area. The study area covers approximately 8188 km<sup>2</sup> which is equivalent of one third of the area of the Khartoum state. It is dividing into two sections: Urban section that represents 62% of the population and Rural section which represents 37% of the locality population and its residents depends on grazing and agriculture in their life. The population of Shareq Alneel locality is 868147 inhabitants according to 2008 census and they represent 16% of the population of Khartoum State.

The topography of the area is flat with small slope in the elevations from 287 to 420 m above Mean Sea Level (MSL), above that the slope increase relatively to 500 m MSL, the area located above that has extreme steep slope. The soil in general is a sandy. Older and stabilized sand dunes are the dominant, while older Nile deposits are the most fertile clay soils. (Eltyeb, 2002). The area has a semiarid climate with extreme hot summer and warm winter. Annual rainfall ranges from 100 to 300 mm. rainfalls in autumn 2013 were recorded at three stations; Alelafon: 192.3, Alhag Yousif: 158.5 and Soba shareq: 191.7 by mm). Last decade showed a trend of rainfall increment. (Sudan Meteorological Authority, 2013)



**Figure (2) Location map of Shareq Alneel Locality**

### 3. Materials and Methods

The main data used in this study was the Global Digital Elevation Model (GDEM) and the high resolution image from Google earth 2014 in addition to the basic maps of Shareq Alneel Locality in form of GIS layers that include Locality Boundary shape file, Administrative units shape file, Land use shape file (2007), Populated area shape file and Streets shape file (not completed). ARC GIS Desktop 9.3 (ARC MAP, ARC Tools, ARC Catalog and Google Earth Pro 7.1.1.1888) were used for data preparation, updating and analysis. The adopted method comprises three steps, firstly data have been collected from different sources converted to uniform coordinate system and some of the missing or incomplete data have been updated through digitization process using Editor Tool which allows creation and modification of vector data. Improvement and completion of land use map mainly building and roads were achieved in this step using the existing shape file and the high resolution data from Google earth.

The second step is the setting and implementation of model criteria for selection of optimum shelter site and evacuation route. Based on data analysis and field observation, it was recognized that the flood of 2013 inundated most of Sharq Elneel Locality areas that have elevation below 390 meter, however the suitable sites for shelters should be near to the populated area and with elevation higher than 394 meter and less than 421 meter. Where areas above 421m are far from the populated area and have steep slopes. The study applied this criteria for the determination of shelters sites using GDEM to produce two classes according to elevation those are: Class1: areas which have elevation less than 394m above mean sea level (MSL) and Class2: the suggested locations for the shelters which have elevation from 396m to 420m above MSL where different ArcGIS tools were used. Figure(3) shows the model tools.

The final step is the delineation of the secure evacuation routes, using the land use map, populated area, the street layer and the output of the model (optimum shelter site and flood threaten area). ArcGIS Tools of enlargement, exploring and comparing of maps the evacuation routes have been determined and delineated. Through the process of merge and adoption of the criteria that suggested the shortest pass connected to main road, the output of the secure evacuation routes was achieved.

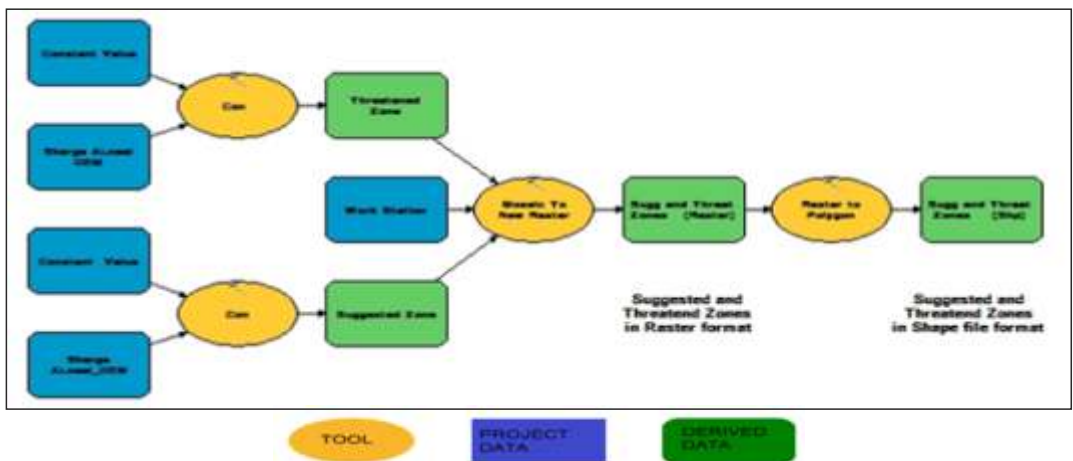


Figure (3) Model's tools

## 4. Results and Discussion

### 4.1 Determination of optimum locations for shelters:

The study assessed the topography of the study area using DEM of the study area. Three zones are clearly identified based on their elevation. The model output figure (4) shows the threatened area in (blue) which has an elevation less than 394meter MSL and the suggested sites for shelters (in green color) that have elevation greater than 394 meter MSL and less than 421 meter (the areas above 421 meter have steep slopes), and the third zone is the elevated area in range of black and white color. The threatened and the suggested shelter areas are located in the western part of study area.

Land use shape file of Shareq Alneel locality which was updated and validated via Google earth imagery of 2014 has been used to determine the vacant sites where the shelters sites must be located. Figure (5) shows the vacant areas in yellow color. The land use shape file was merged with the model output (Two Classes) to determine of the optimum locations which should be within the suggested site (Class2), and located in Vacant area, nearest to threatened areas and has continuous surface (not isolated) at least two kilometers. Another important criterion which is considered is location of

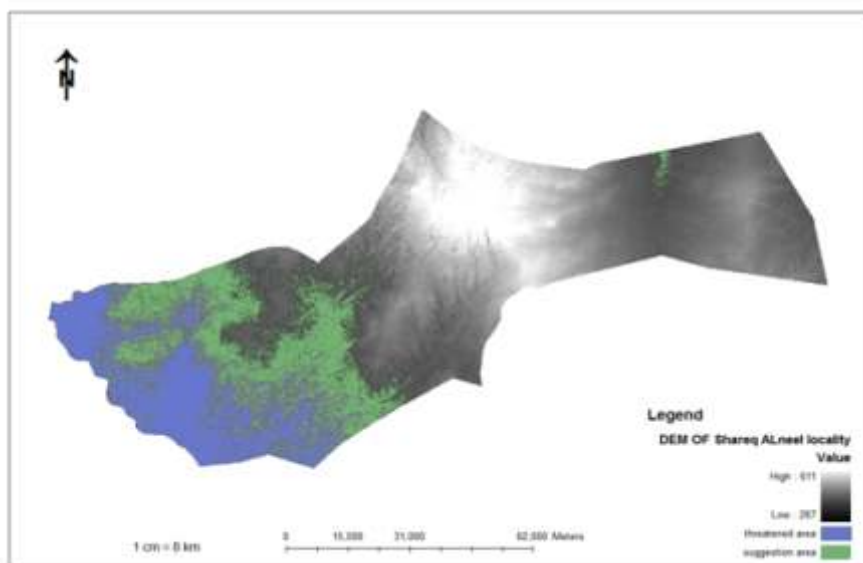
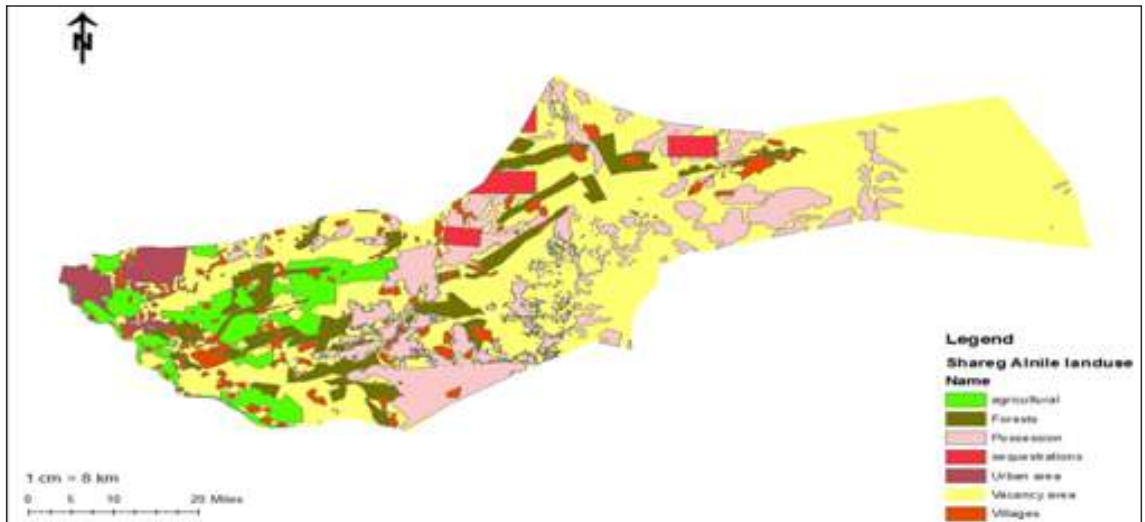
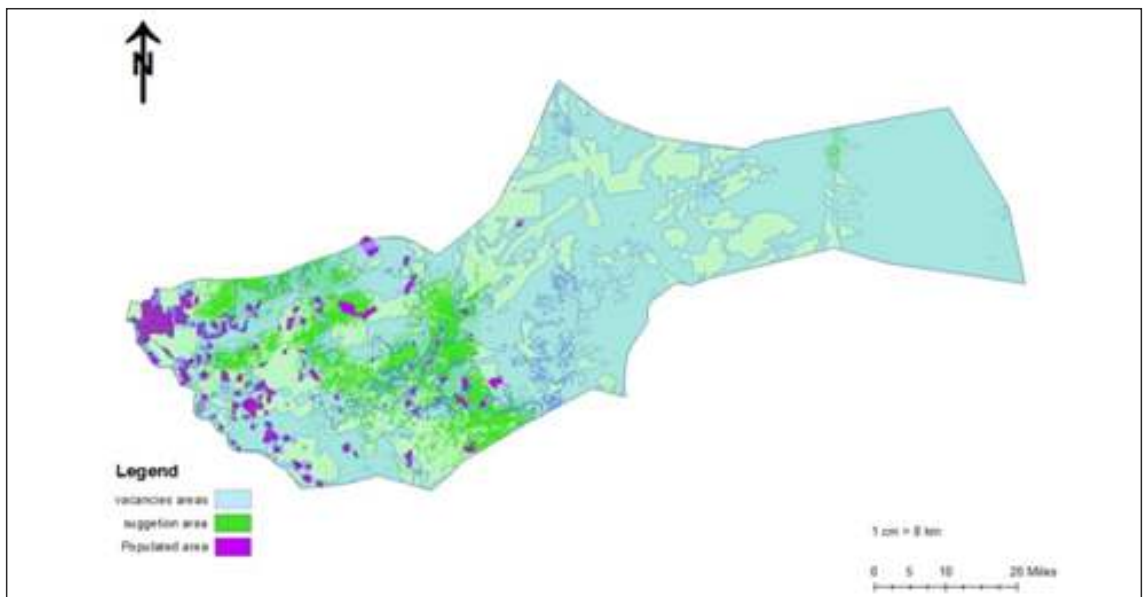


Figure (4) Threatened and suggested shelter areas in Shareq Alneel Locality

Eight optimum locations for the shelters were identified and found to be in conformity with the set criteria where they are located in vacant areas that are within the specified elevation and within the populated area. The shelters locations as shown by figure (7) have been determined considering which sites are nearest to threatened areas, and has continuous surface (not isolated) at least with an area of two kilometers. The verification of shelters locations was done using Google Earth to ensure that they are located in the desire locations (vacant area and suitable elevation).



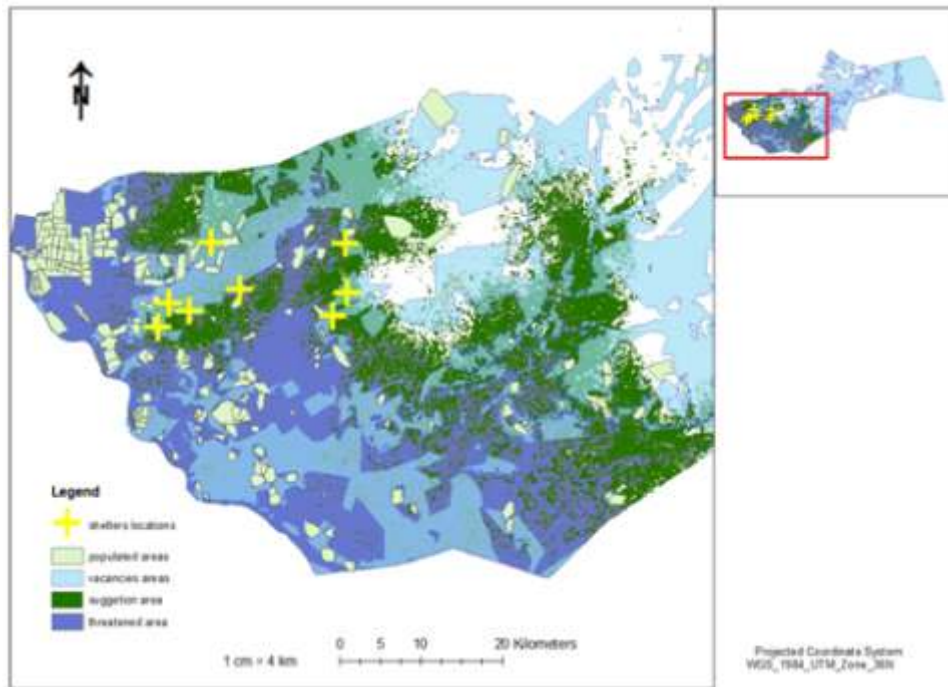
**Figure (5) Land use of Shareq ALneel locality**



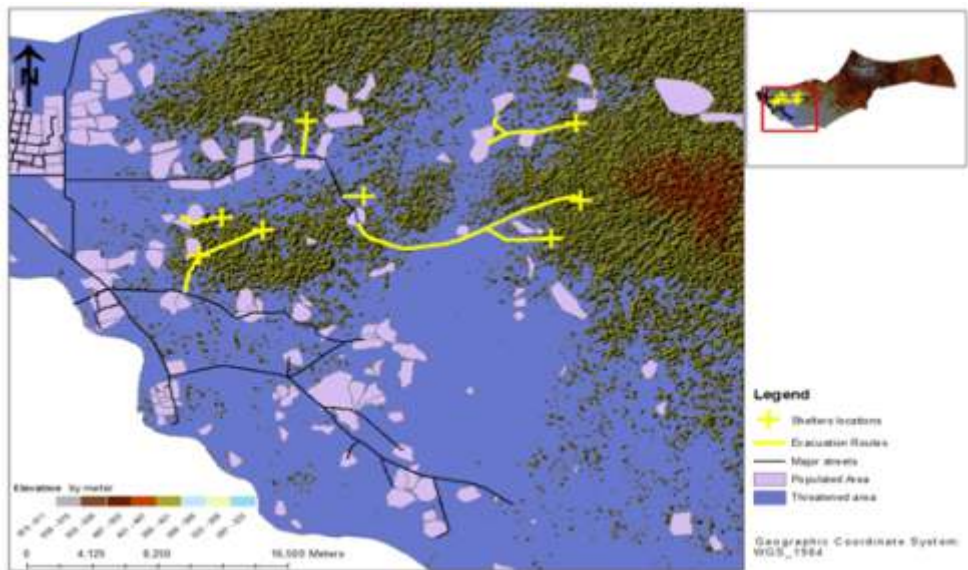
**Figure (6) Vacant and Populated areas**

#### 4.2 Evacuation routes:

Five evacuation routes were suggested and delineated in this study integrated streets, populated area layers and merged together with the optimum shelter sites as illustrated in figure (8). ArcGIS Tools of enlargement, exploring and comparing of maps the evacuation routes have been determined and delineated considering that the routes should be: Shortest, and Connected with the major roads. Figure (8) shows evacuation routes that connect the threatened area and shelters locations.



**Figure (7) Optimum location for the Shelters**



**Figure (8) Shelters locations and Evacuation Routes**



## 5. Conclusions and Recommendations:

The shelters represent the safety resort which offers convenient place to live within the time of the flood. Evacuation routes have important role to execute the evacuation and rescue operations adequately during floods, which offer secure roads to facilitate movement of evacuees. Other shelters sites and evacuation routes can be determined based on different criteria and considerations. GIS modeling functions integrated with remote sensing technology could be easily used to facilitate evacuation and rescue operation. Based on the study the following are highly recommended:

1. Shelters and evacuation routes must be carried out on the ground.
2. Shelters sites should be established to meet the welfare needs of evacuees.
3. Use remote sensing and GIS to determine areas threatened by floods over all the country and map flood prone area.
4. Intensive future researches and studies are highly recommended in evacuation routes and shelters locations over all flood threatened areas in Sudan.

## References:

Adam, E. (2003). Remote sensing for assessment and evaluation of geomorphological hazard with reference to floods for eastern part of Khartoum state\_ Sudan. IFRC. (2001). World Disasters Report. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Khartoum State Census. (2008). Central Bureau of Statistics. Manual\_2 2 Flood Response I. (2009). Australian Emergency Manuals Series. Mario, L. Alessandra, C. Paolo, P.O. (2004). Coastal Risk Analysis OF Tsunamis and Environmental Remediation. Ministry Of Health. Information Center. (2014). Pandey, A. (2009). Mapping of 2006 flood extent in Birupa Basin, Orissa, India, using visual and digital Classification techniques on RADARSAT image. Sudan Meteorological Authority. (2013). Annual Rainfall Register

Pacific Emergency Management, Preparedness, and Response Information Network and Training Services <http://www.emprints.hawaii.edu/>  
<http://www.eastnile.gov.sd/>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/2007\\_Sudan\\_floods](http://en.wikipedia.org/wiki/2007_Sudan_floods)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/2013\\_Sudan\\_floods](http://en.wikipedia.org/wiki/2013_Sudan_floods)  
<http://www.unitar.org/unosat>

## Application du SIG et la Télédétection à l'étude de la nappe plio-quaternaire de la moyenne vallée de la Medjerda

Lamia KHEMIRI<sup>1</sup>, Mannoubi KHELIL<sup>2</sup>, Fatima Ezzahra BOUCHNEB<sup>3</sup>, Mohamed GHANMI<sup>4</sup>, Fouad ZARGOUNI<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Université Tunis el Manar, Faculté des sciences mathématiques, physiques et naturelles, Département de géologie, Unité de recherche de géomatique, géologie structurale et appliquée ;

khemiri\_lamia@yahoo.com / mannoubikhelil@gmail.com / fatima.bouchneb@gmail.com / ghanmi.mohamed@gmail.com / fouadzargouni@yahoo.fr

### Résumé :

La Tunisie demeure un pays aride à semi-aride sur près des trois quart de son territoire. Elle se caractérise par la rareté de ses ressources en eau et par une variabilité accentuée du climat dans l'espace et dans le temps. L'eau est un facteur essentiel pour le développement du secteur agricole, industriel et touristique et vital pour l'alimentation en eau potable. Le maintien de la croissance économique reste tributaire du facteur eau qui est cependant un facteur limitant et limité.

Le présent travail correspond à une étude du bassin de la moyenne vallée de la Medjerda à l'aide de la combinaison des données de terrain, coupes géologiques, log lithostratigraphique, portions de cartes géologiques, couplés avec un traitement minutieux des imageries satellitaires Landsat 8 et une modélisation par SIG, permettant la caractérisation du bassin étudié.

Les résultats obtenus des divers traitements SIG nous ont permis d'établir :

- La modélisation hydrologique proposée dans ArcGis par l'extension Arc Hydro.
- la dynamique des écoulements des eaux de surface qui contribuent à l'alimentation des systèmes hydrauliques souterrains suite à une étude hydrodynamique de la moyenne vallée de la Medjerda en utilisant l'outil Surfer et ArcGis.

Les résultats obtenus des divers traitements des imageries satellitaires Landsat 8 ont permis d'avoir des interprétations considérables pour la cartographie lithologique, l'analyse morphologique, structurale et l'étude hydrologique. Les premières constatations relevées se rapportent sur le type d'information et des techniques employées.

**Mot clé :** SIG – Télédétection – Mission de Topographie Radar de la Navette Spatiale (SRTM) – Tectono-linéament

## 1. Introduction

Pendant la dernière décennie le système d'information géographique (SIG) est devenu un domaine primordial en Tunisie, un outil indispensable d'aide à la décision, d'extraction des informations et de la mise à jour des données. L'élaboration du Modèle Numérique de Terrain (MNT) constitue l'élément de base du SIG et fournit des informations topographiques très importantes. La troisième dimension permettra d'apporter un peu plus de réalisme et de lisibilité. Il intervient dans la maîtrise des problèmes aussi divers que la gestion, distribution et l'assainissement, la délimitation de bassins versants, les écoulements, l'aménagement du territoire, le remaniement parcellaire (El Morjani, 2003). La demande pour les modèles numériques d'altitudes s'accroît de manière spectaculaire avec l'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) et avec l'amélioration de l'information extraite des données d'altitudes (cartographie des zones d'inondation, des zones forestières, de l'érosion, cartographie des failles,...). Le but principal de la modélisation est de représenter la surface naturelle de la terre de la manière la plus exacte et la plus précise (Khemiri, 2014).

La télédétection est utilisée de manière croissante dans différents domaines ; des dizaines de satellites d'observation de la Terre sont en orbite et fournissent en permanence des milliers d'images pour des applications militaires mais aussi de plus en plus pour des applications civiles telles que la gestion des ressources naturelles, la climatologie, l'océanographie, la géographie ou la cartographie.

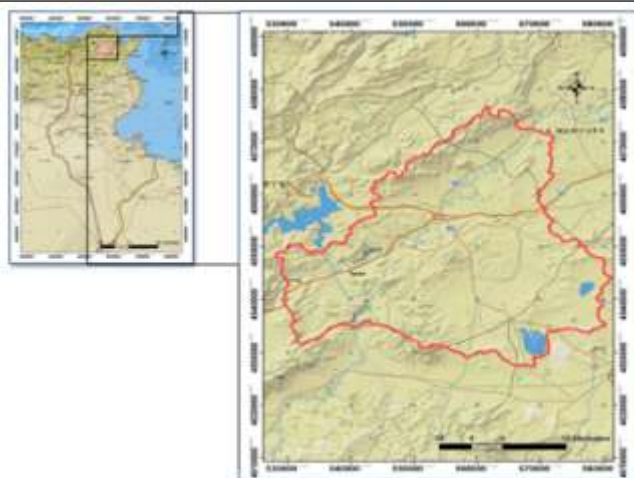
Discipline d'acquisition d'images en plein développement, la télédétection trouve ses meilleures applications en géomorphologie et en géologie. Ainsi, la cartographie géologique, qui cherche à identifier et décrire les différents types de roche dans une région donnée puis à la mise en carte des données géologiques recueillies sur le terrain, est passée de son aspect classique basé uniquement sur des missions de terrain et les photos aériennes, ce qui s'avère être un travail long et complexe, à un nouvel aspect basé sur les images optimisées par l'application de tous les traitements numériques, fondée sur leur sélection en mode interactif et le numérique facilitant la confection de telles cartes et la mise à jour des données.

Dans ce contexte, le travail que nous présentons s'inscrit dans une démarche systématique de traitement des modèles numériques d'élévation et de cartographie des paramètres topographiques et hydrographiques des bassins versants et l'étude de l'évolution des ressources en eau de la moyenne vallée de la Medjerda. La mise en place d'un SIG permettra une meilleure connaissance et une meilleure exploitation de l'eau. Ces cartes et ces images dérivées seront exploitées pour la génération de Modèles Numériques d'élévation par les techniques d'interpolation et d'interférométrie. Ainsi, les divers traitements des images satellitaires Landsat 8 sont utilisés pour les interprétations pour la cartographie lithologique, l'analyse morphologique, structurale et l'étude hydrologique.

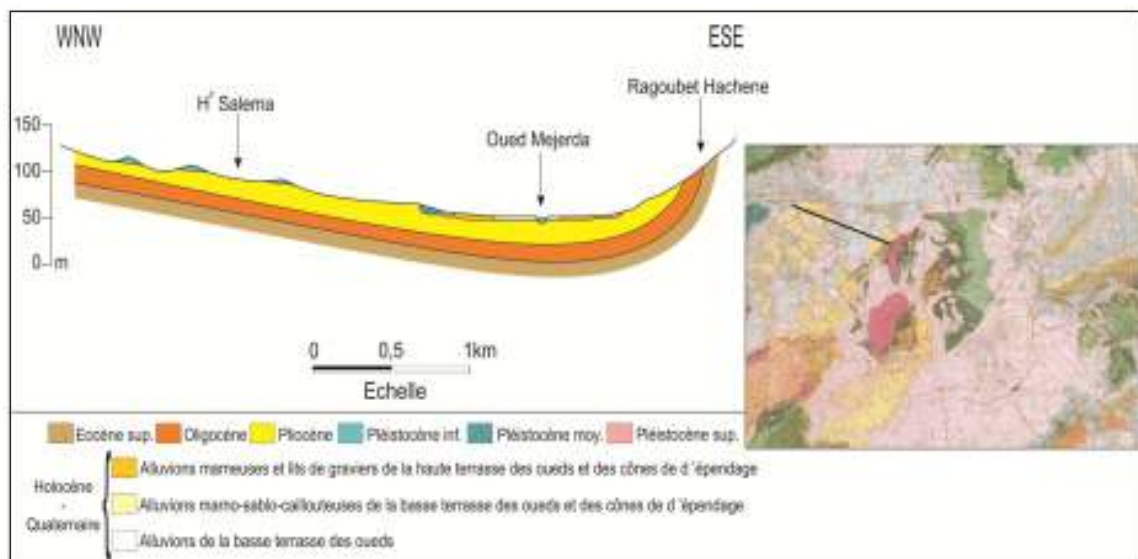
## 1. Matériels et Méthodes

### 1.1. Zone d'étude

La plaine de la moyenne Medjerda occupe une position importante dans le Nord de la Tunisie. Elle est située entre deux domaines structuraux majeurs : la zone des nappes au Nord et la zone des diapirs au Sud ; elle est considérée comme un bassin mollassique (Rouvier, 1977 ; Ben Ayed, 1986) où ce sont accumulés les débris de démantèlement des reliefs et aussi interprétée comme un fossé d'effondrement Plio-Quaternaire (Castany 1954).



**Figure 1: Localisation géographique du bassin de la moyenne Medjerda**



**Figure 2: Coupe géologique relevée à travers l'Oued Medjerda, passant par Ragoubet Hachene et Henchir Salema ; localisation sur la carte géologique de Mejez El Bab au 1/50000**

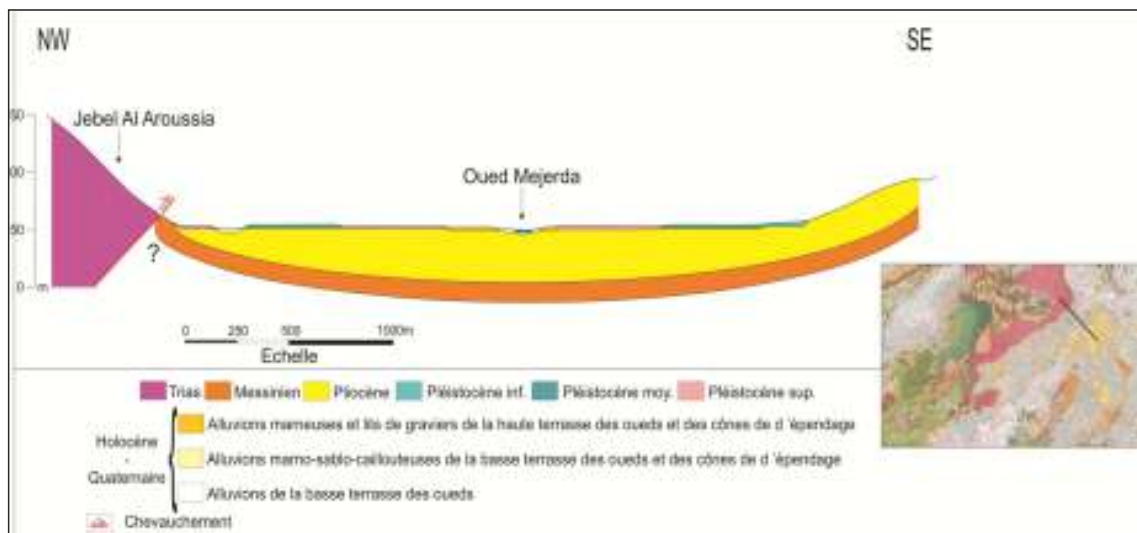


Figure 3: Coupe géologique levée à travers l'Oued Mejerda, passant par Jebel Al Aroussia ; localisation sur la carte géologique de Tébouba au 1/50000

Les coupes géologiques (Fig.2 et Fig3), réalisées à travers l'Oued Medjerda, montrent l'extension des hautes et basses terrasses organisées en système de terrasses emboîtées. Ces dernières sont formées par des graviers, des sables, des argiles et des silts de la plaine d'inondation. De même le système pléistocène est formé par des graviers, des argiles et des silts qui sont des matériaux de comblement des paléo-vallées et des alluvions transportés par ruissellements. Au-dessous de ces terrasses, le Pliocène, épais d'environ 60m, est formé essentiellement par des conglomérats intercalés par des lits de graviers, de sables et de grés jaunâtres.

### 1.1. Acquisition des données

Les données utilisées dans ce travail sont :

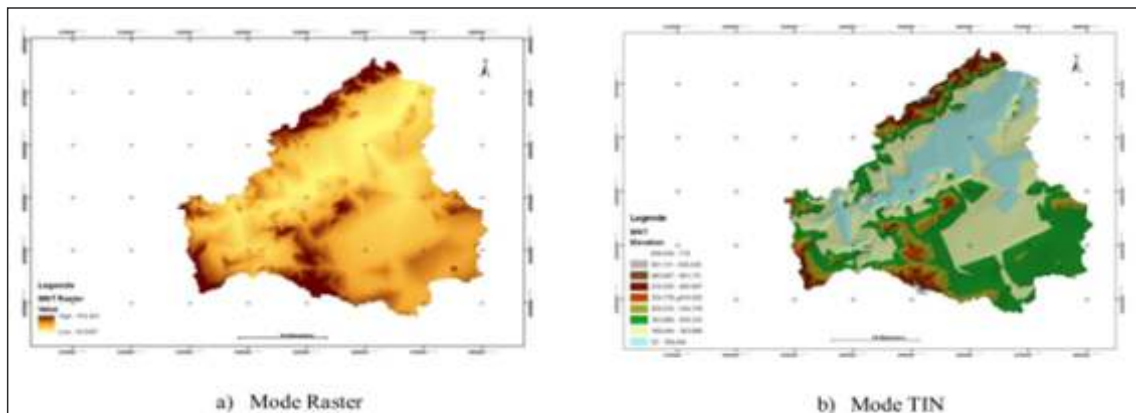
- La Mission de Topographie Radar de navette Spatiale (SRTM) a obtenu des données d'élévation à une échelle quasi-globale pour générer la base des données la plus complète de la terre à haute résolution numérique topographique.
- Des cartes topographiques au 1/50 000 déjà géoréférencées, découpées et mosaïquées, des cartes géologiques au 1/50 000, des données descriptives des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques des forages.
- Les scènes LC81910352013103LGN01 (Scène TEBOURBA) et LC81920342013103LGN01 (Scène MJEZ EL BEB) de Landsat 8 acquise le 09 juin 2015.

### 1.2. L'apport des SIG

#### 1.2.1. Le modèle numérique du terrain (MNT)

Un modèle numérique du terrain (MNT) (Fig.4) est une carte indiquant la forme brute du terrain, sans construction ni végétation. Il permet l'extraction des paramètres du terrain, la détermination des indices topographiques et la création de cartes en relief. Il nous donne par conséquent un schéma du modèle d'étude, en indiquant les paramètres caractéristiques du bassin versant, les réseaux hydrographique et le sens d'écoulement.





**Figure 4: Le Modèle Numérique du Terrain de la moyenne vallée de la Medjerda**

Les principaux reliefs de Nord au Sud sont :

- Jebel El Annserine et Jebel Boulahouajeb au Nord
- Jebel Bessioud, Jebel Rihane, Jebel Hougafa et Jebel El Asooued à l'ouest
- Jebel Es Sfah, Jebel Laouache, Jebel Kremi Bou Kennfoud, Jebel Briouigue, Jebel Es Skrira et Jebel Oued Ez Zerkour au Sud.
- Jebel Mahrine, Jebel Maouane, Jebel Aziz, Jebel El Mabrouk et Jebel Rouissat à l'Est.

Le MNT montre des altitudes qui varient entre 13 m et 752 m. Les zones les plus élevées correspondent aux crêtes de Jebel Boulahouajeb, alors que la zone la plus basse est la plaine de la Moyenne Medjerda. Ces reliefs représentent les lignes du partage des eaux qui drainent les affluent vers le bassin versant de la moyenne vallée de Medjerda où la topographie devient presque horizontale.

### 2.3.2. Investigation des linéaments

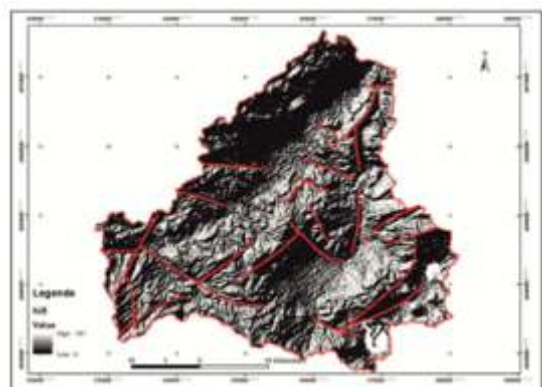


Figure 5: Carte linéamentaire à partir du produit SRTM

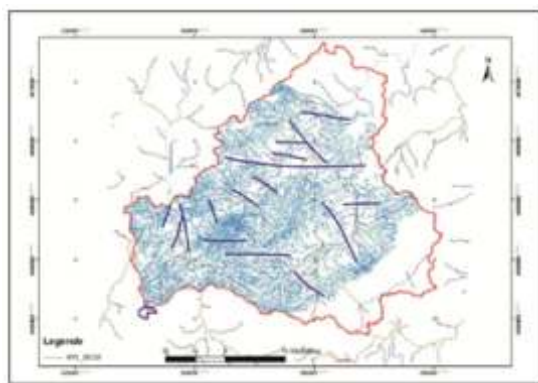


Figure 6: Carte linéamentaire à partir du réseau hydrographique

La carte linéamentaire établie à partir de l'analyse du réseau hydrographique de la moyenne vallée de la Medjerda (Fig.6), montre des tectono-linéaments de directions majeures E-W et NW-SE.

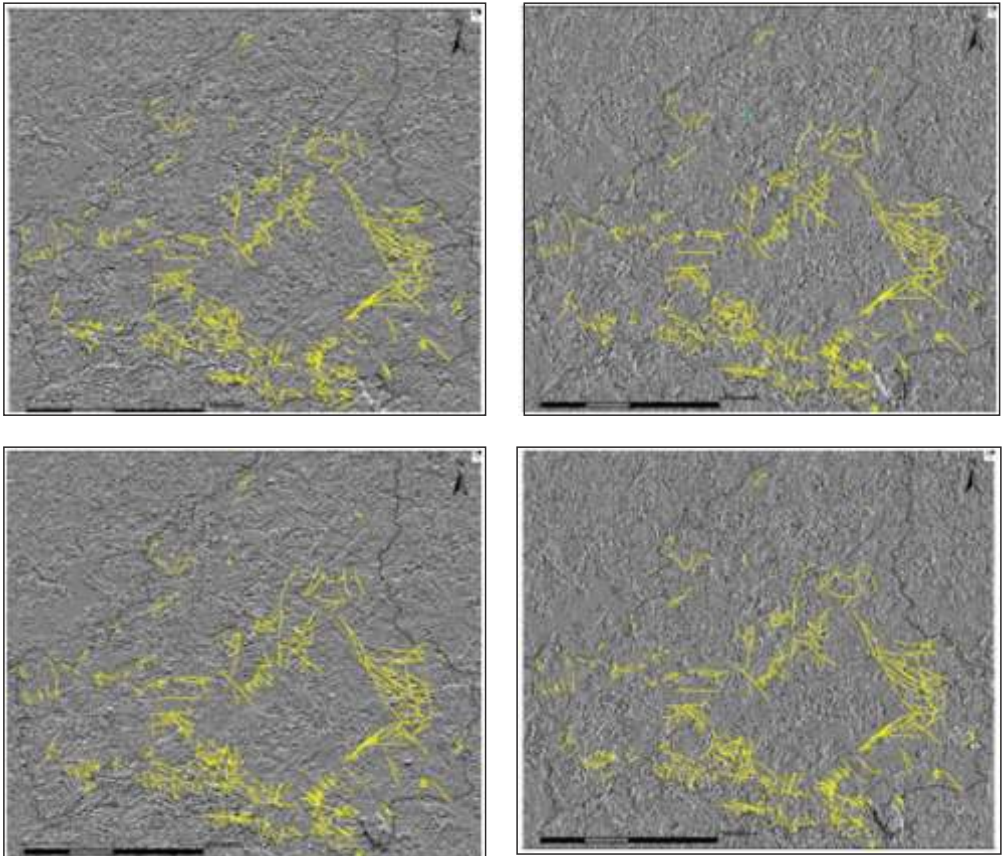
La carte établie à partir du produit de SRTM (Fig. 5), fait apparaître un nouveau réseau de tectono-linéaments de direction NE-SW, presque parallèle à la direction de drainage des eaux du bassin de la moyenne Medjerda.

## 2.4. L'apport de la Télédétection

### 2.4.1. Cartographie structurale et géomorphologique

Cela se traduit qu'après les divers traitements suivants :

- *Prétraitements des données images & Corrections radiométriques et atmosphériques*
- *Compositions colorées*
- *Analyses en composantes principales*
- *les ratios de bandes spectrales*
- *Filtrage directionnel & rehaussement d'images*



**Figure 7: Carte linéamentaire à partir de l'imagerie satellitaire**

La figure 7 montre quelques exemples représentatifs d'éléments structuraux cartographiés, à partir d'images filtrées et rehaussées de Landsat 8 et des produits dérivés par effet d'ombrage " Hill Shade" sur l'image Radar SRTM de 30 m de résolution spatiale.

Elle témoigne de l'existence de trois familles directionnelles des linéaments :

- Une famille E, W, d'extension kilométrique qui montre un jeu décrochant normal
- Une famille NE-SW dotée par un jeu normal délimitant les bassins sédimentaires et un jeu décrochant dextre.
- Une famille NW- SE généralement à jeu décrochant senestre.

### 3. Conclusion

Pour une meilleure gestion des ressources en eau souterraine, on a besoin d'informations détaillées, fiables et bien organisées sur l'état de l'environnement hydrogéologique. Dans cette optique, le présent travail a permis de produire une série carte thématique à partir des images satellitaires Landsat 8 sous forme de cartes numériques.

Les outils géonumériques (SIG 2D/3D, Télédétection) constituent donc un outil essentiel d'aide à la décision et dans la gestion durable de l'eau, tant par leur contribution aux activités d'analyse que pour la prévention.

### 4. Références

**BEN AYED N.(1986).** Evolution tectonique de l'avant pays de la chaîne alpine de Tunisie du début du Mésozoïque à l'actuel, *Thèse Etat Sciences, Paris-Sud*, 327p

**CASTANY G. (1954).** Les grands traits structuraux de la Tunisie. *Bull. Soc. Géol. France* 6, pp151–173.

**EL MORJANI Z. (2003).** Conception d'un système d'information à référence spatiale pour la gestion environnementale; application à la sélection de sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels en région semi-aride (Souss, Maroc). *Th. Doct. Univ. Genève Institut Forel. Département de Minéralogie*, 99 p.

**KHEMIRI S. (2014).**Modélisation morphostructurale et intérêt hydrogéologique du fossé de Foussana (Tunisie centrale) : Contribution du SIG 3D, de la télédétection et des données géophysiques. *Thèse. Univ. Tunis El Manar*, 299p.

**ROUVIER H. (1977).** Géologie de l'extrême Nord tunisien: tectonique et paléogéographie superposées à l'extrême orientale de la chaîne nord maghrébine, *Thèse es Sciences, Université de Paris VI*, 898 p.

- [37] 2013 Alberta Flooding - Google.org. Retrieved from: <https://google.org/crisismap/2013-alberta-floods> (Accessed May 15, 2015)
- [38] 2013 Uttarakhand Flooding | Google Crisis Map - Google.org. Retrieved from: <http://google.org/crisismap/2013-uttarakhand-floods?gl=in> (Accessed May 15, 2015)
- [39] Burini, F. 2015. Le capital spatial dans un «tweet»? Retrieved from: <http://www.espacestemp.net/en/articles/le-capital-spatial-dans-un-tweet-le-crisis-mapping-en-contextes-urbains/> (Accessed May 7, 2015)
- [40] Lévy, J. 2013. Mapping Urban Intelligence. 3e édition du Symposium international Eidolon. Cartographier l'intelligence urbaine, Université Laval (Québec), 3-4 juillet 2014. Retrieved from: <http://www.espacestemp.net/en/articles/cartographier-lintelligence-urbaine/> (Accessed May 7, 2015)
- [41] Lussault, M., 2007. L'homme spatial, Seuil. 400 pages. (ISBN 2-0209-3795-6)
- [42] Goodchild, M. F. and Li, L., 2012. Assuring the quality of volunteered geographic information. Spatial Statistics, Volume 1, May 2012, Pages 110–120
- [43] Goodchild, M.F. (2007). "Citizens as sensors: the world of volunteered geography". GeoJournal 69 (4): 211–221. doi:10.1007/s10708-007-9111-y
- [44] Stefanidis, A., 2006. The Emergence of GeoSensor Networks. Retrieved from: <http://www.directionsmag.com/entry/the-emergence-of-geosensor-networks/123208> (Accessed May 7, 2015)
- [45] Goodchild, Michael F. and Glennon, J. Alan, 2010. Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. International Journal of Digital Earth, 3: 3, 231 — 241, First published on: 20 August 2010 (iFirst)
- [46] Liu, Sophia B. and Leysia Palen, 2010. The New Cartographers: Crisis Map Mashups and the Emergence of Neogeographic Practice. Special Issue on Mapping Hazards and Disasters in the Cartography and Geographic Information Science (CaGIS) Journal, 37 (1), pp 69-90.
- [47] Zook, M., Graham, M., Shelton, T. and Gorman, S., 2010. Volunteered Geographic Information and Crowdsourcing Disaster Relief: A Case Study of the Haitian Earthquake. World Medical & Health Policy, Volume 2, Issue 2, pages 7–33
- [48] Mann, J., 2014. Introducing Skybox for Good. Retrieved from: <http://skybox.com/blog/introducing-skybox-for-good> (Accessed May 7, 2015)
- [49] Skybox Imaging. Skybox + Google. Retrieved from: <http://www.skyboximaging.com/> (Accessed May 7, 2015)

- [19] Pielke, J.R.R.A. and M.W. Downton, 2000. Precipitation and damaging floods: Trends in the United States, 1932-97. *J. Climate*, 13: 3625-3637.
- [20] Dutta, D., Herath, S., Musiak, K. (2003) A mathematical model for flood loss estimation. - *Journal of Hydrology*, 277: 24-49
- [21] Liu, Y.B., F. De Smedt, L. Hoffmann and L. Pfister, 2005. Assessing land use impacts on flood processes in complex terrain by using GIS and modelling approach. *J. Environ. Model. Assess.*, 9(4): 227-235.
- [22] Chormanski, J., T. Van de Voorde, T. Deroeck, O. Batelaan and F. Canters, 2008. Improving distributed runoff prediction in urbanized catchments with remote sensing based estimates of impervious surface cover. *Sensors*, 8: 910-932.
- [23] Sanyal, J. and X.X. Lu, 2004. Application of remote sensing in flood management with special reference to Monsoon Asia: A review. *Nat. Hazards*, 33: 283-301.
- [24] Brivio, P.A., R. Colombo, M. Maggi and R. Tomasoni, 2002. Integration of remote sensing data and GIS for accurate mapping of flooded areas. *Int. J. Remote Sensing*, 23(3): 429-441.
- [25] Coppock, J. T. (1995). GIS and natural hazard: an overview from a GIS perspective, In: A. Carrara and F. Guzzetti (eds), *Geographical Information System in Assessing Natural Hazard*, Kluwer Academic, Netherlands, 21-34.
- [26] International Charter Space & Major Disasters. Retrieved from: <https://www.disasterscharter.org/web/guest/home> (Accessed May 15, 2015)
- [27] Islam, M. M. and Sadu, K.: 2000, Development of flood hazard maps of Bangladesh using NOAA AVHRR images with GIS, *Hydrological Science Journal* 45(3), 337-355.
- [28] Wang, Q., M. Watanabe, S. Hayashi and S. Murakami, 2003. Using NOAA AVHRR Data to Assess Flood Damage in China. *Environ Monit Assess.* 82(2):119-48.
- [29] Rango, 1977; Lowry et al., 1981; Imhoff et al., 1987; Rashid and Pramanik, 1993; Melack et al., 1994)
- [30] CRISP, 2001. SAR images. Retrieved from: [http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/sar\\_int.htm](http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/sar_int.htm) (Accessed May 5, 2015)
- [31] Rosenqvist, A., Forsberg, B. R., Pimentel, T., Rauste, Y. A., and Riche, J. E.: 2002, The use of space borne radar data to model inundation patterns and trace gas emission in the central Amazon flood plain, *International Journal of Remote Sensing* 23(7), 1303-1328.
- [32] Andre, G., Guillaude, R., and Bahoken, F.: 2002, Flood mapping using spatial radar and optical imagery and digital elevation model: Limits and capacities, *Houille Blanche-Revue Int. De L'EAU* 1, 49-54.
- [33] Henry J.-B., P., Chastanet, K., Fellah and Y.-L. Desnos, 2006. ENVISAT Multi-Polarised ASAR Data for Flood Mapping. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 27, Iss. 10, pages 1921-1929, Retrieved from: <http://jb.henry.free.fr/documents/these/publis/igarss03.pdf> (Accessed May 5, 2015)
- [34] Samarasinghea, S.M.J.S., H.K. Nandalalb, D.P. Weliwitiyac, J.S.M. Fowzed, M.K. Hazarikad and L. Samarakoond, 2010. Application of remote sensing and GIS for flood risk analysis: A case study at Kalu-Ganga River, Sri Lanka. *Int. Arch. Photogr. Remote Sens. Spatial Inform. Sci.*, Vol. 38, Part 8, Kyoto Japan 2010.
- [35] Roche, S., E. Propeck-Zimmermann and B. Mericskay, 2013. GeoWeb and crisis management: issues and perspectives of volunteered geographic information. *GeoJournal*, 78:21-40
- [36] Jammu & Kashmir Flooding | Google Crisis Map - Google.org, 2014. Retrieved from: <http://google.org/crisismap/2014-jammu-kashmir-floods> (Accessed May 15, 2015)



## 6 قائمة المراجع

- [1] ISDR, 2004. Living with Risk - A global review of disaster reduction initiatives. UNITED NATIONS New York and Geneva, 2004 - Volume I, 431 p
- [2] WHO, 2010. World Disasters Report, 2010 – Focus on Urban Risk. 216p. Retrieved from: <http://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/WDR/WDR2010-full.pdf> (Accessed May 5, 2015)
- [3] Milly, P.C., R.T. Wetherald, K.A. Dunne and T.L. Delworth, 2002. Increasing risk of great floods in changing climate. *Nature*, 415: 514-517
- [4] Bronstert, A., 2003. Floods and climate change: Interactions and impacts. *Risk Anal.*, 23(3): 545-557.
- [5] IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- [6] Opolot, E., 2013. Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems in Flood Management: A Review. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 6(10): 1884-1894
- [7] Kron, W., 2002. Keynote Lecture: Flood Risk = Hazard x Exposure x Vulnerability. *Flood Defence'2002*. Wu et al. (eds), Science Press, New York, 16p
- [8] Jonkman, S.N., 2005. Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Nat. Hazards*, 34: 151-175
- [9] Huang, X., H. Tan, J. Zhou, T. Yang, A. Benjamin, S.W. Wen, S. Li, A. Liu, X. Li, S. Fen and X. Li, 2008. Flood hazard in Hunan province of China: An economic loss analysis. *Nat. Hazards*, 47: 65-73.
- [10] Konadu, D., and C. Fosu, 2009. Digital Elevation Models and GIS for Watershed Modelling and Flood Prediction -A Case Study of Accra Ghana. In: *Appropriate Technologies for Environmental Protection in the Developing World*. Springer, pp 325–332
- [11] Crichton, D., 2002. UK and global insurance responses to flood hazard. *Water Int.*, 27: 119-131.
- [12] Dang, N.M., M.S. Babel and H.T. Luong, 2010. Evaluation of food risk parameters in the day river flood diversion area, Red River Delta, Vietnam. *Nat. Hazards*, 01/2011; 56(1):169-194. doi: 10.1007/s11069-010-9558-x
- [13] Barroca, B., Bernardara, P., Mouchel, J. M., and Hubert, G.: Indicators for identification of urban flooding vulnerability, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6, 553–561, doi:10.5194/nhess-6-553- 2006, 2006
- [14] Adelekan, I.O., 2011. Vulnerability analysis of an urban flood disaster in Nigeria: Abeokuta Floods 2007. *Natural Hazards Vol.* 56(1), pages 215-231
- [15] Messner, F. and V. Meyer, 2006. Flood Damage, Vulnerability and Risk Perception- Challenges for Flood Damage Research. In: Schanze, J., E. Zeman and J. Marsalek (Eds.), *Flood Risk Management Hazards, Vulnerability, Mitigation Measures*. NATO Special Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp: 149-167.
- [16] Jonkman, S.N. and I. Kelman, 2005. An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths. *Disasters*, 29: 75-97.
- [17] Kron, W., 2005. Flood Risk = Hazard · Values · Vulnerability. *Water Int.*, 30(1): 58-68.
- [18] BERM (Basin Excess Rainfall Map). Retrieved from: <http://earlywarning.usgs.gov/fews/product/54> (Accessed May 15, 2015)

وتحتاج إدارة الفيضانات على سبيل المثال بيانات ترسلها شبكات الاستشعار الجغرافية، بما في ذلك المواطنين، الذين يساهمون في قياس الحالة الراهنة واستجابة البيئة. وهذا التطور سيكون له أثر عميق على طبيعة البيانات التي يتم جمعها لأنه يتم استبدال مجموعات البيانات المتجانسة ببيانات غير متجانسة تأتي من مصادر متنوعة، ويتم استبدال أخذ العينات المنتظم للبيانات بحبات من المعلومات التي يختلف محتواها ودقتها إلى حد كبير، وتصبح المعلومات أكثر فأكثر فضائية - زمنية بدلا من فضائية فقط، لأن أجهزة الاستشعار الجغرافية يتزايد دورها في رصد الظواهر على مر الزمن.

## 5 - الاستنتاج

من الثلاثة أقسام السابقة من هذه الدراسة، يمكن إجراء عدد لا بأس به من الاستنتاجات. أولا يعد خطر الفيضان الكارثة الأكثر انتشارا وتدميرا، ومعرفة أنواع الفيضانات أمر بالغ الأهمية للتنبؤ بها وتقييم مخاطرها والأضرار الناجمة عنها وتم للغرض تحديد مفاهيم مشتركة لإدارتها. ثانيا، استعمال تقنيات الاستشعار عن بعد في جميع المراحل المختلفة لإدارة الفيضانات التي تشمل التنبؤ والوقاية والتخفيف، وتحديد مخاطر الفيضانات وتقييم الأضرار الناجمة عنها، يوفر خيارات أرخص وأسرع للوصول إلى البيانات المكانية حول تلك الفيضانات، وتسهل تقنيات نظم المعلومات الجغرافية من ناحية أخرى النماذج الهيدرولوجية في جمع البيانات وتحليلها واستجوابها وعرضها في شكل أكثر بساطة. ثالثا، تبرز التحديات الراهنة والمستقبلية في مجال استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد لإدارة الفيضانات جنبا إلى جنب مع مفاهيم وتقنيات أخرى تتطور بسرعة فائقة مثل نظم المعلومات الجغرافية على شبكة الإنترنت ومفهوم خرائط الأزمة والمعلومات الجغرافية الطوعية والمتصفحات الجغرافية ووسائل الاتصال الاجتماعي وشبكات أجهزة الاستشعار الجغرافية.

وتجدر الإشارة إلى أن بعض الدراسات والبحوث تحصلت بالفعل على نتائج واعدة في إدارة الفيضانات وقد ثبت أن استخدام هذه التقنيات يوفر المعلومات السريعة والدقيقة اللازمة لتخفيف الآثار المدمرة الناجمة عن الفيضانات والتقليل منها. ومع ما يشهده التطور العلمي والتكنولوجي يمكننا أن نستشرّف النجاحات الهامة التي يستحقها في المستقبل القريب استعمالات هذه التقنيات في إدارة الفيضانات لما فيه الخير للإنسانية جمعاء. غير أنه يلاحظ أن معظم الدراسات والبحوث المنشورة تأتي من البلدان المتقدمة حتى وإن كانت تنطرق إلى مواقع في البلدان النامية. وتجاه معظم البلدان النامية محدودية توفر تلك التقنيات فضلا عن التكلفة المرتفعة للصور عالية الدقة وضعف القدرات التقنية وندرة قواعد البيانات التي تتضمن خرائط بالية مثل خرائط استخدام الأراضي وخرائط التربة وغيرها. ويبقى التحدي الرئيسي استنباط الحلول التي من شأنها أن تمكن البلدان النامية من الحصول على المزيد من المشاركة في استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من أجل تحسين إدارة الفيضانات.

## المعلومات الجغرافية الطوعية

وتشير المعلومات الجغرافية الطوعية (VGI) إلى حجم المحتوى الاجتماعي والعلمي الذي ينمو بسرعة فائقة ويكون مسندا جغرافيا، ومقدما من طرف المستخدمين ومتاحا على شبكة الانترنت [43]، على منصات مثل: Wikimapia, Flickr, OpenStreetMap, Cyclopath. وتعتبر المعلومات الجغرافية الطوعية شكل من أشكال الذكاء الجماعي الذي يبرز من خلال البيانات المنتجة من قبل المستخدمين سواء كانوا من الخبراء أم لا [44]. وفي الواقع، يسلط رسم خرائط الأزمة الضوء من خلال تطوير المعلومات الجغرافية الطوعية على رأس المال المكاني الذي يغذيه التعاون بين عدة جهات فاعلة باستخدام نظم أكثر فأكثر ذكاء. وبالتالي تستطيع هذه الأنظمة أن تيسر فنيا الجمع التلقائي للبيانات المكانية التي ينتجها الأشخاص من خلال الشبكات الاجتماعية أو أي أجهزة نقالة وإتاحتها. وشكلت ظاهرة المعلومات الجغرافية الطوعية تحول عميق في كيفية إنتاج البيانات، والمعلومات والمعرفة الجغرافية وتعميمها. وصنفها البعض ضمن تطبيقات التعهيد الجماعي (crowdsourcing) لإنتاج المعرفة الجغرافية. وتبرز المنشورات المتعلقة برسم خرائط الأزمات كثافة الدراسات المعنية بالجوانب الفنية التي ساهمت في انتشاره [45] و [46] و [47]، وبالتطبيقات والتقنيات المتوفرة في الوقت الحاضر [35]، وبالتحديات المتعلقة بالبيانات، مثل الخصوصية والأمن والملكية الفكرية والجودة والمصادقية [42].

## المتصفحات الجغرافية

من جهة أخرى، توافر المتصفحات الجغرافية (geobrowsers) بما في ذلك Google Earth® في يونيو 2005 يسر التعاطي مع مفهوم المعلومات الجغرافية الطوعية، وذلك بسبب قدرات هذه البيئات وتنوع البيانات المتاحة من خلالها. وعلى صعيد آخر، يوفر البرنامج الجديد "Skybox for Good" لـ Google [48] منذ سنة 2009 صور الأقمار الصناعية في الوقت الحقيقي إلى المنظمات الإنسانية، والبرامج التي تنقذ الأرواح وتحمي البيئة، وتعزيز التعليم، أو لها تأثير إيجابي على الإنسانية. وتكون الصور المقدمة إلى هذه المنظمات متاحة للعمامة تحت رخصة Creative Commons. وقريبا، سيعتمد نظام Skybox على كوكبة تتضمن 24 قمرا صناعيا قادرة على رؤية أي مكان على وجه الأرض 3 أو 4 مرات يوميا [49].

## أجهزة الاستشعار الجغرافية

وفي جانب آخر، تم تركيز شبكات أجهزة الاستشعار الجغرافية (Geosensors) على نطاق واسع ولمدة سنوات عديدة، لقياس الظواهر الهيدرولوجية والغلاف الجوي، على سبيل المثال. وبدأت تغزو عدة مجالات أخرى. وهي أجهزة استقبال وقياس المحفزات البيئية التي يمكن اسنادها جغرافيا [44]. وبالتالي، تجعل العديد من العناصر البيئية وغيرها، بما فيها الانسان، تتعاون على ظاهرة معينة وتسيطر عليها. ويشكل كل عنصر عقدة في الشبكة.

وفي جانب آخر، مكن استيعابو استخدام تكنولوجيا الهاتف النقال، والشبكات الاجتماعية والتكنولوجيات التعاونية التي تميز بها Web 2.0 في السنوات الأخيرة على نطاق واسع، من ظهور أشكال اللامركزية والمشاركة في إدارة الأزمات والطوارئ في ردها على الصراعات والكوارث الطبيعية. وجلبت التقنيات تغييرات في سرعة التقاء الأشخاص والمعلومات والمواد حول أحداث الكارثة وجعلت المناطق المنكوبة أماكن التقائها. يلتقي الناس على شبكة الإنترنت للحصول على المعلومات وتوفيرها، والمشاركة في انتاجها وتزويد المواطنين بمسارات لتبادل المعلومات، ويتم ذلك باستعمال وسائط الإعلام التي توسع فيها طيف أدوات الاتصال الجديدة، والأجهزة المحمولة ومنصات الإنترنت، التي توفر سهولة الوصول إلى بوابات وسائل الاتصال الاجتماعية مثل تويتر، واليوتيوب، وفليكر، والفيسبوك، والبلوق ورسائل البريد الإلكتروني.

### مفهوم رأس المال المكاني

ومن جهة أخرى، تم تعريف زلزال هايتي الذي حدث في عام 2010، أو الزلزال الذي تلت موجة تسونامي في توهوكو في اليابان في عام 2011، بأنها أحداث اجتماعية من خلال فرض نفسها على وسائل الإعلام التي أفضت طابعا اجتماعيا للظواهر الطبيعية أو الاجتماعية أو السياسية. وتستند خصوصية هذا البروز على تسمية للحدث تكون مشتركة بشكل جماعي على الصعيد العالمي، وعلى تفعيل عملية للإنتاج المشترك بواسطة الانترنت تمكن مستخدميها من أن يدرج فيها معلومات حسب معرفته الخاصة بالمنطقة المنكوبة، أو أن ينقل إليها رسائل مرسله عبر "التويت" أو SMS من قبل سكان المنطقة المعنية [39].

بالإضافة إلى ذلك، تم تقديم مفهوم رأس المال المكاني الذي يتكون في نفس الوقت، من مخزون خبرات جغرافية تم تحويلها إلى تراث ومن تدفق مهارات لتنمية ذاك التراث بالتحكم في الأماكن والروابط [40]. وأصبح هذا المفهوم استراتيجيا في حالات الأزمات. فهو يسمح بالتفكير في دور الفرد في إنتاج المعلومات المتعلقة بالفضاءات الخاضعة للظواهر الكارثية أو المزعجة، وبالتالي تصبح تلك الظواهر الاجتماعية الكبيرة عوامل فضائية، أي كيانات لديها القدرة على الأداء الجيد في الفضاء الجغرافي للمجتمعات المعنية [41].

وهذا يعني أن الأحداث المتصلة بظواهر الأزمات تكتسي صبغة مكانية قبل كل شيء، فتفعل حينئذ عملية مشاركة الأفراد في إنتاج وجمع ونشر المعلومات والصور ورسائل الفيديو، المتعلقة بالمناطق المتضررة، وفي ذلك تلعب الخريطة دورا مركزيا إذ تشكل تلك المعلومات المشتركة نظام خرائطي ديناميكي يزود في الوقت الحقيقي، ويفترض أن تكون له أولوية عالية بسبب تأثيره المباشر على الحدث وعلى تكويناته المكانية، ويصبح دعامة مرجعية في عمليات الإغاثة. وتصل ملائمة الخريطة مع الواقع الميداني إلى درجة يستند فيها التدخل في حالات الطوارئ إلى المعلومات المتأتمية من الخريطة التعاونية [42]. ويكرس هذا المفهوم الطابع التواصلي للأظمة الخرائطية ويكون فيه للخريطة الدور الحاسم للمشغل الذي يحدد الإجراءات المستوجب تحقيقها.

ويوصي [23] بأن يكون من المفهوم بدهاء أن هناك حاجة عميقة إلى إنشاء أرشيف للبيانات في البلدان النامية أساساً للأقمار الصناعية المختارة. يساعد الأرشيف في تصوير وضع الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة لمواسم مختلفة، وهذا بدوره يخفف من عملية الكشف عن التغيير.

#### 4 - التوجهات المستقبلية في عملية تقييم مخاطر الفيضانات

##### رسم خرائط الأزمات في حالات الفيضانات

رسم خرائط الأزمات (crisismapping) هو نظام رسم خرائط يهدف إلى جمع البيانات وعرضها وتحليلها خلال أزمة في الوقت الحقيقي. ويتم الحصول على البيانات من مصادر مختلفة ويمكن أن تنتج لأغراض مختلفة. وتطور هذا النظام بصفة ملحوظة في السنوات الأخيرة على شبكة الانترنت. وقد تم تصنيف هذا النوع من النظم إلى ثلاثة أنواع [35]: تطبيقات المزج (mashups) ونشر وإيصال المعلومات، ومنصات المساهمة لجمع البيانات في الوقت الحقيقي للمساعدة في اتخاذ القرارات، ومنصات تعاونية لإنتاج الخرائط وقواعد البيانات للمنطقة المعنية. وتستند كل هذه النظم على نقل طوعي للمعلومات التي يمكن استخدامها من قبل وسائل الإعلام ومنظمات الإغاثة والمساعدات الإنسانية أو من قبل المؤسسات الحكومية التي تعنى بإدارة أو السيطرة على المظاهر المكانية لحدث ما وإدراج أعمالها في المنطقة المعنية.

ويشكل ظهور خرائط الأزمة استجابة للمواطن بدفع تكنولوجيا وعالمي، يعمل من أجلها العلماء والممارسون والمتطوعون والمجتمعات على حد سواء معا لخلق البيانات وتحليلها ومعالجتها واستخدامها في الوقت الحقيقي للاستجابة الإنسانية وإعادة إعمار ما بعد الأزمة. ويتم الترويج لخرائط الأزمة كتطور جديد في الممارسات الجغرافية والإنسانية يوظف مجموعة متنوعة من التقنيات الجديدة للمعلومات والاتصال والتقنيات الجغرافية المكانية تساعد على تشغيل الإنذار المبكر الفعلي أو الاستجابة السريعة لحالات الطوارئ الإنسانية المعقدة.

وأطلق Google عدد من المبادرات لمساعدة عمليات الإنقاذ في عدد من مناطق العالم التي غمرتها الفيضانات مثل جامو وكشمير في سنة 2014 [36] وقبلها في Alberta بكندا سنة 2013 [37] أو في Uttarakhand [38]. فأنشأ لها خرائط الأزمة معتمداً في ذلك على صور الأقمار الصناعية الحديثة. وبأمل Google أن تساعد مثل هذه الخرائط الوكالات المشاركة في عمليات الإنقاذ على الوصول إلى آلاف الأشخاص الذين تقطعت بهم السبل في المناطق المتضررة من الفيضانات. وتوفر الخرائط صوراً للمناطق قبل وبعد الفيضانات، وكانت أحداً مروعة لشدة الدمار الذي سببته الفيضانات في سريناجار وحولها [36].



## التحديات الراهنة في استخدام الاستشعار عن بعد في تقييم مخاطر الفيضانات

وعلى الرغم من الإمكانيات الكبيرة ومختلف الآفاق التي يتيحها الاستشعار عن بعد في إدارة الفيضانات، فإن استخدامها لا زال محدودا إلى حد ما، ويمكن أن يفسر ذلك، خاصة في البلدان النامية، للقيود المتنوعة التي تشوب أجهزة الاستشعار البصرية والرادارية. فالعديد من أجهزة الاستشعار البصرية المتاحة تتأثر بالغطاء السحابي وتوفر إمكانات تفريق مكاني متفاوتة لرصد تطور الفيضانات. وبالرغم من أن عدد كبير من البيانات المتاحة تتوفر مجانا ويمكن تحميلها من الإنترنت، مثل بيانات MODIS و LANDSAT، فإن أسعار أغلبها مرتفعة وليست متوفرة في الوقت القريب من الحقيقة، الشيء الذي يجعلها محدودة الفائدة في رصد الفيضانات. وهناك أيضا أسبابا علمية تجعل من تلك البيانات غالبا ما تكون غير كافية لتحديد المناطق التي تغمرها المياه بشكل صحيح وفي كل الحالات.

فهنا ككثير من الحالات التي يتطابق فيها انعكاس المياه وأسطح الطرق المعبدة أو أسطح المباني، ولا يمكن التفريق بينها إلا عند استعمال عديد الصور لأقمار مختلفة أو التقطت في أزمنة مختلفة. كما أن الماء يخلط بسهولة مع ظل الأشياء أو ظل السحابة. فيمنع هذا الخلط التصنيف الآلي الكامل، وأيضا استخدام مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) بصفة فعالة عند رسم خرائط للمناطق التي غمرتها المياه. وتوجد العديد من القضايا الأخرى مثل تلك المتعلقة بحالة الغلاف الجوي، وزاوية التقاط الصور الفضائية، والتيتشكل تحديا كبيرا في استخدام الاستشعار عن بعد البصري في إدارة الفيضانات ويجب أن تبذل الجهود للحد من تأثيرها. وأما أجهزة الاستشعار الرادارية فهي لا تتأثر بالغطاء السحابي ولكن تغطيتها الجغرافية محدودة ويصعب الحصول على البيانات التي توفرها، وأسعارها مرتفعة في أغلب الأحيان، وتحتاج إلى ترتيب مسبقا لاسيما في البلدان النامية.

مع الإشارة أيضا وبوجه خاص إلى قضايا أخرى مرتبطة في معظم الحالات إما بنقص أو عدم توفر الصور عالية الدقة في الزمان والمكان، أو بالتغيرات الموسمية، أو بالقيود الفنية وخاصة بدرجة التفريق الزمني المنخفض. ففي صورة سنح التقاط الصور بعض الوقت قبل وبعد الفيضانات، قد لا يتم في معظم الحالات التقاط ذروة الفيضان، وإن أمكن ذلك فهو يعد من قبيل الحظ. وبالتالي، يتبين أن تقنيات استخدام البيانات الملتقطة من أجهزة الاستشعار المختلفة لن تسفر عن حل مباشر ودقيق، وتحتاج في كثير من الأحيان إلى محاولات متكررة من أجل تحقيق أفضل النتائج. وتجدر الإشارة أن منذ سنة 2000 تم إرساء الميثاق الدولي الفضاء والكوارث الكبرى وهو عبارة عن تعاون بين وكالات الفضاء فيجمع أنحاء العالم، يتم من خلالها إتاحة المعلومات والمنتجات المشتقة من الأقمار الصناعية لدعم جهود الاستجابة للكوارث [26].

ومن بين التحديات الأخرى نذكر أيضا التعقيد الجوهري للنماذج التنبؤية، والافتقار إلى البيانات الأولية المناسبة، وعدم ملائمة تكنولوجيات الأجهزة للتعامل مع مجموعات البيانات المكانية الكبيرة والصعوبة التي تتعرض إليها نظم المعلومات الجغرافية في إدارة البيانات التاريخية الضرورية لبعض عمليات تقييم مخاطر الفيضانات.

الطريقة المنطقية والمعادلات الضمنية، ويمكن أن تؤدي إلى تقدير سريع لقيمة تصرف الذروة بالاعتماد على عدد قليل من المعلومات. وتعد طريقة رقم المنحنى (CurveNumbe) أحد طرق المجموعة الثانية أو المجموعة متوسطة التعقيد. أما المجموعة الثالثة فتشمل الطرق التفصيلية أو الطرق الأكثر تعقيدا والتي تعتمد على دراسة كل عنصر يدخل في ظاهرة تحول المطر إلى سيلان سطحي دراسة تفصيلية معمقة.

وتطلب نمذجة مخاطر الفيضانات النهرية العديد من البيانات مثل بيانات الغطاء الأرضي واستخدام الأراضي وهطول الأمطار والارتفاع (باستعمال نماذج الارتفاع الرقمي (DEM)) وخشونة السطح والغطاء النباتي والتربة والجيولوجيا (أو الليثولوجيا) والتركيبة السكانية والبنية التحتية الحضرية وبيانات الفيضانات التاريخية وحجم الحوض وغيرها، وتستعمل جميعها لمعايرة النموذج. في هذه الحالة يمكن استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد للحصول على المعلومات المكانية والزمنية اللازمة لتحديد بارامترات النماذج الهيدرولوجية الموزعة [22].

كما توفر أدوات نظم المعلومات الجغرافية من ناحية أخرى قدرات تخزين البيانات وتحليلها وعرضها. ومع ذلك لم يكن هناك تطور واسع الانتشار للنماذج الهيدرولوجية التي تحتوي على عنصر التنبؤ بالفيضانات، فكانت هذه النماذج في معظم الحالات إما فضفاضة أو مقترنة جداً بنظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد [22].

الفكرة العامة هي أن الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية توفر البيانات المكانية والزمانية المطلوبة من قبل النماذج الهيدرولوجية الموزعة من أجل محاكاة السيلان، وبالتالي الفيضانات، ولمعايرتها وتحسين أدائها. وتم تضمين أدوات نظم المعلومات الجغرافية في النماذج الهيدرولوجية لتسهيل تحليل البيانات، والاستعلام وعرض المعلومات بطريقة أكثر بساطة، وبالتالي فإن تلك النظم صارت تشكل جزءاً هاماً من النماذج الهيدرولوجية الموزعة المستخدمة للتنبؤ بالفيضانات. ونتيجة لذلك، لا تزال وظائف نظم المعلومات الجغرافية الأساسية للنمذجة بحاجة إلى برامج وأجهزة معقدة بعض الشيء، وهذا بدوره ينجّر عنه تكاليف تشغيلية هامة. وعلى الرغم من أنها أصبحت حقيقة واقعة، لا زالت هناك حاجة إلى جهد كبير ومتعدد الأوجه لتطوير إمكانيات نظم المعلومات الجغرافية لمحاكاة البيئة وفهمها خاصة فيما يتعلق بالبرمجة وإدارة البيانات ووضعها على شبكة الإنترنت، حتى توفر الشفافية التكنولوجية واستقلالية المنصات وإمكانية التفاعل البصري مع البيانات، وبيئة للوسائط المتعددة، والفعالية من حيث التكلفة، فتصبح بفضل كل ذلك واجهة يستفاد منها المستخدمين والسلطات والمجتمعات المحلية للحصول على المعلومات بسهولة. وهذا من شأنه أن يساعد المجتمعات المحلية على المشاركة في اتخاذ القرارات البيئية التي تؤثر عليها بصورة مباشرة.

الأمر برسم خرائط الفيضانات لأنه يمكن لـ Radarsa أن يوزع إشارة الرادار في زوايا سقوط مختلفة. وأضاف أن ذلك يفيد جدا في تحديد المناطق المتضررة التي غمرتها المياه في أنواع مختلفة من الغطاء النباتي والتضاريس. كما توجد مزايا هامة لتشكيلات الاستقطاب (polarization) للكشف عن سطح الفيضانات. فقد ألقت الضوء دراسة حول فيضان نهر Elbe خلال شهر أغسطس 2002 قام بها [33]، على زيادة قدرات ASAR لـ ENVISAT لرسم خرائط الفيضانات، وخاصة الاستفادة من الاستخدام المشترك للاستقطاب المتشابه والمتقاطع، وذلك مقارنة مع البيانات شبه المتزامنة لـ ERS-2.

### تقييم المخاطر

وعند دمج بيانات الاستشعار عن بعد في قواعد البيانات لنظم المعلومات الجغرافية يمكن الاستفادة من وظيفة التراكب للجمع بين خرائط الغطاء الأرضي مع المناطق المتوقعة للفيضانات، كما أشار إليه على سبيل المثال [10]. فقدمت الخرائط الناتجة معلومات مبسطة حول الخطر من الفيضانات (العمق، والسرعة، واتجاه التدفق)، والعناصر المعرضة للخطر، وتعرضها وقابليتها للتضرر.

وقدّمت دراسة من قبل [34] مثالا آخر نموذجي تم فيه استخدام بنجاح تقنيات الاستشعار عن بعد، وقدم تحليل صور الأقمار الصناعية المكتسبة خلال الفصل الجاف، وأيضا أثناء الفيضانات لاستخلاص مدى اتساعها. وأشارت النتائج أن ذلك المدى المستمد من بيانات الاستشعار عن بعد كان قبلا للمقارنة مع المدى الذي تم الحصول عليه باستعمال النموذج الهيدرولوجي HEC-RAS. وبناء على ذلك، كان قادر على التحقق من صحة نموذج. ثم قام بإدخال تلك النتائج في نظام المعلومات الجغرافية في بيئة نظام ArcGIS لتحليل ورسم خرائط مخاطر الفيضانات وذلك بتراكب وضرب خريطة أخطار الفيضانات بخريطة قابلية التضرر. ثم بتراكب الخريطة المنتجة مع خريطة المضلع للمنطقة، تمكن من رسم المناطق ذات مخاطر الفيضانات المنخفضة، أو المعتدلة أو المرتفعة.

وقد استخدمت أيضا العديد من الدراسات الأخرى [24] و [27]، تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد ورسم خرائط مناطق مخاطر الفيضانات.

### نموذجة مخاطر الفيضانات النهرية

عموما، تشمل انتظارات المعنيين بادرارة مخاطر الفيضانات مراقبة الوضع، ومحاكاة الظاهرة بأكثر دقة ممكنة للمساعدة على الحصول على أفضل وأدق نماذج التنبؤ، وعلى خطط الطوارئ الأكثر تناسبا، وعلى إعداد قواعد البيانات المكانية. وتهدف محاكاة الفيضانات أساسا إلى تقديرها عن طريق نمذجة العلاقة بين المطر المتساقط والسيلان السطحي الناتج عنه. ويمكن بصفة عامة تقسيم هذه الطرق إلى ثلاث مجموعات. تسمى المجموعة الأولى بالطرق البسيطة، مثل

الأشعة تحت الحمراء القريبة في اكتشاف المياه بأكثر نجاح بشكل مناسب لدراسة الفيضانات بواسطة صور AVHRR. وقد لاحظ [28] في دراسته للروافد الدنيا لنهر اليانغتسي، أن قيمة NDV للهيئات السطحية المغمورة تبقى سلبية في حين أن قيمة المؤشر للأسطح غير المغمورة تكون عادة أكبر من 0.

### الاستشعار عن بعد الراداري

ومن جهة أخرى، أظهر التطور في الاستشعار عن بعد الراداري وعود كبيرة نظر الاستقلالها عن الأحوال الجوية وقدرته على توفير الصور سواء في النهار أو الليل. ويبدو وجود الغطاء السحابي العائق الأكثر إلحاحا في رصد تقدم الفيضانات في حالة كثافة الغيوم التي تستطيع أشعة الرادار اختراقها وتقديم نظرة ثابتة في هيكل الأمطار نفسها [29]. وفي الوقت الحاضر يتم للغرض استخدام صور الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) مثل ERS و RADARSAT، والذي يوفر زوايا مشاهدة متأنية تسمح بمجموعة واسعة من الحالات الطبوغرافية والتطبيقات والمتطلبات الكاملة لتغطية الأرض، ولها أيضا القدرة على التمييز بوضوح بين الأرض والماء واكتشاف المسطحات المائية المفتوحة، والرطوبة السطحية، والتغيرات في رطوبة التربة، وكذلك القدرة على التفريق بين التربة الرطبة والتربة الجافة. فهو إذن يبدو الأداة الأكثر ملاءمة لترسيم الفيضانات ورصدها والكشف عن أضرارها. ويحصل هذا عندما تتوفر صوراً يتم التقاطها قبل وقوع الفيضانات وأثناء حدوثها.

ولكن في الواقع استخدام صور SAR لديه أيضا بعض أوجه القصور المرافقة التي يستخرج فيها منطقة غمرتها المياه بشكل غير دقيق. وتعتبر العلاقة التي تربط بين طول موجة الرادار وخشونة التضاريس وماء الجسم إحدى المشاكل الرئيسية، لأن المياه النظيفة تعمل بمثابة عاكس لإشارات الرادار. ونتيجة لذلك، لا يتلقى هوائي الرادار أي تشتت ارتدادي، والذي بدوره يظهر الماء في لون داكن في صور SAR. ومن جهة أخرى، ونظرا للحالة السيئة للطقس والرياح التي عادة ما توجد بالمنطقة المتضررة خلال الفيضانات، فإن الرياح تفاقم التموجات في المسطحات المائية، ويكون بذلك مظهر سطح الماء الهائج في صور SAR هو أكثر إشراقا من ظهور المياه الهادئة [30]، فيعيق غالبا تحديد المنطقة التي غمرتها المياه بشكل صحيح في صورة SAR. وكذلك يفعل الغطاء الغابي. أما داخل مناطق العمران، يغطي عادة التشتت الارتدادي لارتفاعات المباني التشتت الارتدادي لمياه الفيضان فتصعب عملية تحديد المناطق المغمورة.

على أن القمر الصناعي الياباني JERS1 أثبت أن له بعض المزايا بالمقارنة مع أنظمة الأقمار الصناعية الرادارية الأخرى في تحديد الفيضانات تحت الغابات لأن إشارة نطاق حساسة أساسا إلى المياه الراكدة تحت غطاء الغابات [31]. ومن ناحية أخرى، أثبتت دراسة قام بها [32] أن صور Radarsat SAR هي أفضل من صور ERS عندما يتعلق

وإذا ما اقتصرنا على الاستشعار عن بعد فهو يشكل أداة قيمة جدا للحصول على بيانات قبل وأثناء وبعد الفيضانات. وتتوفر حاليا أصنافا عديدة لتلك البيانات في شكل صور فضائية بصرية و رادارية وصور جوية رقمية وصور فائقة الأطياف. ويأتي استخدامها بعد معالجتها وتحليلها من أجل الحصول على معلومات حول غطاء الأراضي والبنى التحتية للمنطقة في ظل ظروف هيدرولوجية طبيعية (قبل الفيضانات)، أو حول المناطق التي غمرتها المياه ومداها (أثناء الفيضانات) أو حول آثار الفيضانات والرواسب والحطام (بعد الفيضانات).

وقد ساهم استخدام الاستشعار عن بعد في إيجاد الحلول للوقاية من الفيضانات والتخفيف من أثارها منذ السنوات الأولى التي تلت وضع القمر الصناعي Landsat في مداره سنة 1972، طبعاً في صيغ ومناهج مختلفة جلّها أقلّ تطوّر مما نشهده حالياً. ويتم عموماً تسليم خدمات خرائط الأزمنة المعتمدة على الاستشعار عن بعد من خلال مشاريع مثل GSE RISK EOS و EGSE RESPOND جنباً إلى جنب

مع [26] International Charter Space and Major Disaster، والتي تتيح توفير الوصول في الوقت المناسب إلى بيانات الأزمنة من مجموعة متنوعة من منظومات الاستشعار عن بعد الدولية. بالإضافة إلى ذلك، يتم الحصول على معلومات تفصيلية حول استخدام الأراضي وتصنيف الغطاء الأرضي من صور الأقمار الصناعية من أجل تقييم الآثار الهيدرولوجية للتغيرات المرصودة في استخدام تلك الأراضي على الفيضانات وتقدير المساحات الأرضية في مختلف المناطق الحضرية والريفية. وتشير نتائج العديد من البحوث التي استعملت بيانات الأقمار الصناعية LANDSAT و SPOT إلى أن استخدام الأراضي في المناطق الحضرية يترافق مع الآثار السلبية الكبيرة من حيث زيادة إفرازات الذروة، وحجم الفيضانات. وأيضاً تترافق إزالة الغابات مع الآثار السلبية في حين أن للتشجير آثاراً إيجابية معتدلة في الوقاية من الفيضانات.

### الاستشعار عن بعد البصري

ومن خصائص أدوات الاستشعار عن بعد البصرية في تحديد مناطق الفيضانات وإدارتها توفر برامج طويلة الأمد تضمن استقرار الخدمة وتؤمن جمع البيانات الرقمية متعددة الأطياف لسطح الأرض في تدفق مستمر، من خلال إطلاق الأقمار الصناعية الواحد تلو الآخر. وتستطيع أجهزة الاستشعار عن بعد تغطية مساحات واسعة، مع قدرتها على معالجة بيانات الاستشعار في شكل رقمي. وتستطيع تلك البيانات الرقمية متعددة الأطياف بشكل خاص تمييز الماء أو سطح الأرض الرطب من سطح الأرض الجاف بسبب الامتصاص الشديد للماء في نطاق من الطيف الموافق للأشعة تحت الحمراء القريبة.

وهناك ضرورة للحصول على بيانات فضائية أو جوية قريباً من الوقت الحقيقي. وفي هذا الصدد يمكن استعمال الصور AVHRR بالرغم من ضعف دقتها المكانية ولكن بفضل دقتها الزمنية العالية، من التدقيق في النمو المستمر للفيضانات قريباً من الوقت الحقيقي [27]. كما يمكن مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) من الاستفادة من قدرة قطاع



وشركات التأمين، ومقدمي الإغاثة لتحديد الأولويات عند تخصيص الموارد، والتعرف على ما تتطلبه تمارين الإخلاء [24]. كأن تحتوي على سبيل المثال المعلومات التي تحدد ثلاث مناطق: تمثل الأولى المساحات الضئيلة أو المعدومة المخاطر ويتم تلوينها باللون الأصفر مثلاً، وتمثل الثانية المساحات المنخفضة إلى المتوسطة المخاطر ويتم تلوينها باللون الأزرق مثلاً وتمثل الثالثة المساحات العالية المخاطر أو الأكثر تضرراً ويتم تلوينها باللون الأحمر مثلاً.

### 3 - استعمالات الاستشعار عن بعد في تقييم مخاطر الفيضانات

في السنوات الأخيرة، تم تضمين التطور الذي شهدته التقنيات الجيوفضائية وخاصة في مجالات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم الكوارث البيئية بسبب طبيعتها المتعددة الأبعاد [25]، الأمر الذي سهل بشكل كبير النهوض بخرائط قابلية التعرض للفيضانات وتقييم مخاطرها وإدارتها. ويوفر الاستشعار عن بعد جنبا إلى جنب مع نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة مجموعة واسعة من الاستعمالات في إدارة الفيضانات. كما يمكن استنتاج أن هذه التقنيات توفر خيارات أقل تكلفة وأسرع للحصول على البيانات الفضائية حول حدوث الفيضانات حتى في المناطق التي يصعب الوصول إليها جسدياً.

إن للخرائط مكانة خاصة في تقييم مخاطر الفيضانات، وعملية رسمها باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية تعد أكثر مرونة من أي طريقة يدوية أو كارتوجرافية أخرى حيث تبدأ هذه العملية بمعالجة الصور الفضائية أو الجوية ثم بناء قواعد البيانات ثم التحويل الرقمي للخرائط الورقية المتوفرة التي بدورها يتم تحديثها باستخدام صور الأقمار الصناعية أو الجوية في حالة وجودها ثم تبدأ عملية ربط البيانات بمواقعها الجغرافية فيتم إيضاح المعلومات المختارة برموز محددة وموزعة على الخريطة من أجل توضيح خصائص معينة مثل إظهار المساحات المغمورة بالمياه أو حدود الأحواض أو شبكات مجاري المياه. وأثبتت هذه التقنيات حتى الآن قدرتها وتنوعها في رسم الخرائط الضرورية لإدارة الفيضانات.

ويتم وضع خرائط الفيضانات والتحقق منها منذ مرحلة الاستعداد للفيضانات. فهناك حاجة ملحة إلى حلول المسح ذو جودة عالية وتقديم منتجات البيانات المكانية المتكاملة للحكومة ومختلف المتدخلين من أجل تسهيل الإعداد المبكر والتخطيط في وقت مبكر قبل الحدوث الفعلي للفيضانات. والذي بدوره يؤدي إلى استجابة فعالة وكفوة مما يقلل و/أو يخفف من آثار ما بعد الفيضانات. وتبدأ المشورة بفضل تلك المعلومات حول كيفية الاستعداد ووضع الاستراتيجيات والتخطيط والنمذجة، وتصور طرق الانذارات والإخطار التلقائي إن أمكن. وتوفير بيانات مكانية دقيقة وذات جودة عالية يتطلب في الواقع الجمع بين التكنولوجيات المتطورة التي توفرها التقنيات الجيوفضائية مثل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ونظم التوقيع الجغرافي. ومثلما سنبرزه لاحقاً ستلعب المفاهيم الحديثة للمعلومات الجغرافية الطوعية والمتصفحات الجغرافية ووسائل الاتصال الاجتماعي وشبكات أجهزة الاستشعار

وهذه الطريقة تساعد على كشف الأحواض والمجاري التي تعاني من الأمطار الإقليمية الثقيلة المستمرة مع زيادة احتمال الفيضانات في مواقع داخل الحوض. ويتم فيها إنتاج نوعين من الخرائط: خريطة الحوض (أو مستجمع المياه) تبرز محليا الأحواض الفرعية (أي تساقط الأمطار في حوض فرعي فقط) تتلقى هطول الأمطار فوق المتوسط باستعمال الترميز بالألوان للمضلع ذات الصلة، وخريطة المجرى تبرز الروافد النهرية (إقليمية) التي تتلقي كميات أعلى من المتوسط من هطول الأمطار في جميع مناطق أعلى النهر.

ويتم قبول الأضرار الناجمة عن الفيضانات كمؤشر رئيسي لآثار الفيضانات المدمرة [19]. وصنف [20] الأضرار المتصلة بالفيضانات إلى صنفين: إما مادي أو غير مادي. وتنقسم الأضرار المادية إلى الأضرار المباشرة مثل الأضرار الزراعية والبيئية الناجمة عن الاتصال المباشر مع الفيضانات والأضرار المادية غير المباشرة مثل انقطاع الأعمال، وتأثير الفيضانات على الاقتصاد الإقليمي أو الوطني. وتشمل الأضرار غير المادية من ناحية أخرى الخسائر النفسية والصحية وفي جانب الوقاية والتخفيف من الفيضانات، تم استخدام أساليب نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة بصفة خاصة للتقصي في الآثار المحتملة للتغيرات الحاصلة في استخدام الأراضي والتنسبة في الفيضانات. وفي عدد من الدراسات [21] و [22]، تم افتراض سيناريوهات استخدام الأراضي والتقصي في الآثار المحتملة لهذه السيناريوهات في اندلاع السيلان السطحي للمياه وبالتالي حدوث الفيضانات. ويمكن أن تكون هذه المعلومات مفيدة في تطوير المبادئ التوجيهية للسياسات والتوصيات من أجل التخطيط الحضري وتخطيط استخدام الأراضي وكذلك المستوطنات وأنواع المباني. وبهذه الطريقة، يمكن التوقي أو حتى التخفيف من آثار الفيضانات. وعلى سبيل المثال. استطاع [29] تقييم آثار التغيرات في استخدام الأراضي على اندلاع السيلان السطحي في جنوب حوض Alzette، Steinsel، بدوقية لوكسمبورغ، وذلك باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج WetSpa.

### مفهوم تقييم مخاطر الفيضانات

يحدد تقييم مخاطر الفيضانات مستوى مخاطر الفيضانات على الممتلكات الخاصة والعامة أو على الموقع. ويمكن ذلك من تحديد التدابير (إن وجدت) الضرورية لجعل الممتلكات أو المواقع أكثر أمنا. كما يمكن هيئات التخطيط المحلية من تقييم مدى اعتبار الخطر عند تحديد تحديد التخطيط الخاص بالموقع. ويعد تحديد المناطق ذات المخاطر المحتملة من الفيضانات واحدة من المراحل الرئيسية في إدارة الفيضانات [23]. وفي هذا الإطار، يشير [13] إلى أن تقييم مخاطر الفيضانات يتطلب مناهج ودراسات متعددة التخصصات.

ويمكن أن يحتاج تقييم مخاطر الفيضانات إلى رسم خرائط أو نمذجة هيدروليكية مفصلة. ويعتبر رسم خرائط المناطق المعرضة لخطر الفيضانات ليس مهما لهذه المناطق فقط ولكن أيضا للحكومات والمنظمات غير الحكومية والمخططين

ويعتمد مستوى المخاطر على نوع التنمية، وحجم الموقع وموقعها بالنسبة للسهول الفيضانية، وكذلك كمية سيلان المياه السطحية وموقع التفرغ. ويؤخذ في الاعتبار عند تحديد مخاطر الفيضانات وتقييمها، تحليل مخاطر الفيضانات التاريخية ومنها تحليل تدفقات المياه التاريخية في الانهار ويساعد ذلك إحصائيا في تحديد احتمال حدوث فيضانات في مكان مامن نظام شبكة المياه. ويتم ذلك باستخدام تحليل التوزيع التراكمي لتدفق المياه في الانهار، للتعرف على فترات العودة الزمنية التاريخية لمختلف تدفقات المياه وارتفاعاتها ومداهها الجغرافي. ويمكن هذا للاستدلال على الشدة المرتبطة بمختلف فترات العودة الزمنية للفيضانات.

كما تؤخذ في الاعتبار مخاطر الفيضانات الطبوغرافية والتي تعريف بالمناطق القريبة من الأنهار والمناطق المنبسطة أو المنخفضة والأكثر عرضة للغمر بالمياه عند ارتفاع معين في مستوى مياه الأنهار. وتؤثر ظروف السطح على الفيضان في تأثيرها على نسبة كمية الأمطار الهاطلة إلى كمية المياه التي تتسرب في التربة. فالأمطار التي لا تتسرب تصبح إما سيلان سطحي أو مياه راكدة أو برك مياه. وظروف السطح التي تؤثر على الفيضانات هي نوع التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالمياه والتوصيل الهيدروليكي، والغطاء الأرضي الذي يتسبب في عدم النفاذ، وظروف الرطوبة السابقة.

وتعتمد عديد الدراسات على تحليل الأمطار من خلال البيانات التي توفرها مراكز الرصد الجوي في مختلف البلدان. ويتميز تحليل الأمطار في نفس الوقت ببساطته وبمحدوديته، ويكون أحيانا غير موضوعي ولا يأخذ في الحسبان خصائص الحوض مثل نوع التربة والغطاء الأرضي، وظروف الرطوبة السابقة أو مناخ الحوض. في حين توجد عدة طرق لقياس تأثير الأمطار على السيلان وأهمها استخدام النماذج الهيدرولوجية التي تحاول أن تأخذ كل هذه العوامل في الحسبان. وتشكل أرقام المنحنى SCS إحدى تلك الطرق.

كما تساعد نظم المعلومات الجغرافية في تحديد شبكات المجاري وتقديم الخطوط العريضة أو المخططات التفصيلية لمجري الأنهار وطوبولوجيا المجاري والأحواض وطوبوغرافيا أو خصائص التضاريس ذات الصلة للأحواض التي يكون لها تأثيرا على عمليات الفيضانات. كما تساعد في تقدير المساحة التي ستغمرها المياه عند ارتفاع معين في مستوى النهر. وفي هذه الحالة يشكل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) عالي الدقة أهم البيانات الرئيسة المدخلة. ويمكن حساب مساحة الفيضان لمختلفة مستويات النهر وبالتالي يتم رسم خريطة مناطق مخاطر الفيضانات لمختلف درجات شدة الفيضانات.

وتتم محاولة تقدير كميات الأمطار الزائدة على الحوض. فالأمطار التي تهطل ضمن حوض تتراكم داخل الحوض وتتحول إلى سيلان سطحي، وتؤثر في فيضان مجرى النهر داخل الحوض. حينئذ يفيد تحليل مياه الأمطار الخاصة بالحوض في تحليل الفيضانات. ونسرد مثالا على ذلك خرائط الأمطار الزائدة على الحوض (BERM) المنتجة من قبل USGS بالولايات المتحدة الأمريكية والذي يقوم بتحديثها عمليا [18].

وهي خرائط نتاج النمذجة الهيدرولوجية وتسلسل الضوء على الأحواض التي تعاني من كميات هطول الأمطار أعلى من المتوسط في فترة عشرة أيام سابقة وعلى روافد النهر مع تدفق تيار محتمل يكون أعلى من المتوسط.

## قابلية التضرر من الفيضانات (Flood vulnerability)

قابلية التضرر هي بالتأكيد واحدة من أهم المفاهيم التي تمت دراستها على نطاق واسع في إدارة مخاطر الكوارث. وقد تم تعريفها بعدة طرق في العديد من الدراسات [1] و [13]، ولكن بشكل عام تستخدم للإشارة إلى الظروف المادية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية، التي تجعل من مجموعة سكانية معينة أكثر عرضة لتأثير مخاطر الفيضانات. وتستخدم أنواع المباني ووعي السكان وتأهبها قبل الفيضان وقدرتها على مواكبة ما بعد الفيضان كمؤشرات قابلية التضرر وفقاً لـ [14]. ويعتبر قرب المنطقة من الأنهار وارتفاعها، وتواتر الفيضانات في منطقة معينة كمؤشرات قابلية التضرر، في حين يجمع [15] بين التعريف الأخير وخصائص الفيضان مثل عمقه، ومدته وسرعته للإشارة إلى قابلية التضرر. بالإضافة إلى ذلك، يقترح [16] ادراج ارتفاع معدل عمق المياه، وخصائص الأمواج ودرجة حرارة الماء في التعريف. ويقال إن مؤشرات المواجهة من ناحية أخرى تعتمد على الاستجابة الاجتماعية والاستجابات المزاجية. وهي تشمل معلومات عامة عن العمر والجنس ومستوى التعليم والفقر ونسبة السكان المعرضين للخطر ودرجة التطور المؤسسي [14]. وعلاوة على ذلك، ينبغي دراستها من خلال ثلاث فئات متميزة من مؤشرات قابلية التضرر وهي مؤشرات الحساسية (قابلية التأثر)، والتعرض والمواجهة [14].

تعتبر إذن المعلومات عن قابلية التضرر ذاتاً هامة فائقة في تحديد خطر الفيضانات في أي منطقة معينة تواجه خطرهما ومقياساً مهماً لمدى حساسية المنطقة. وفيما يتعلق بإدارة مخاطر الفيضانات، هناك حاجة دائمة إلى تقييم سليم لقابلية تضرر المجتمع بالفيضانات.

## مخاطر الفيضانات (Flood risk)

تم تعريف مخاطر الفيضانات كدرجة من الآثار السلبية الشاملة للفيضانات. وهو يتضمن مفاهيم الخطر على الحياة، وصعوبة وخطورة اجلاء السكان وممتلكاتهم أثناء الفيضان، والأضرار التي تلحق هياكل ومحتويات المباني والانقطاع الاجتماعي، وفقدان الإنتاج وإلحاق الضرر بالممتلكات العامة [13]. وتحدد دراسات أخرى [13] و [17] مخاطر الفيضانات كمنتج من الاخطار (hazard) وقابلية التضرر (vulnerability)، أنظر المعادلة (1). في الأساس يبين هذا التعريف مدى التأثير المباشر لأخطار الفيضانات ومستوى قابلية التضرر بالفيضانات على مخاطر الفيضانات (risk).

مخاطر الفيضانات = خطر الفيضانات قابلية التضرر (1)

وفي تعريف آخر، توصف المخاطر عموماً كمنتج غير مؤكد من الاخطار (hazard) والخسائر المحتملة [11] و [17]. ويشير [13] على وجه التحديد أن المخاطر المحتملة للفيضانات يمكن أن تخفض من خلال خفض مستوى قابلية التضرر، مما يقلل من قيمة قابلية التضرر والحد من المخاطر.

من جهة أخرى، ينطوي العيش مع الفيضانات على نشاطين عريضين: إدارة أفضل لمخاطرها واتخاذ خطوات للحد من قابلية التضرر منها، وإدارة أفضل للأراضي للحد من حجمها وقوتها التدميرية. وتهدف إدارة أخطار الفيضانات إلى توفير الآليات الوقائية الناجمة للحد بشكل كبير من آثارها السلبية. وتشمل عموماً المراحل الثلاث للفيضانات: ما قبل، خلال وما بعد الفيضانات. كما يمكن اعتماد تقسيماً آخر إلى مرحلتين: مرحلة التنبؤ والإعداد التي يتم فيها غالباً رسم خرائط أخطار الفيضانات وقابلية التضرر منها ومخاطرها، ومرحلة الوقاية منها والتخفيف منحتها وآثارها، وتقييم الأضرار الناجمة عنها [10]. وتتطلب هذه المراحل جهوداً من الحكومات وشركات التأمين والمهنيين وكذلك من عامة الناس. كما تظهر هذه المراحل أن إدارة الفيضانات متنوعة جداً وتتطلب مشاركة متعددة التخصصات مثل الهيدرولوجيا، وعلوم التربة والجغرافيا على سبيل المثال، وأن تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية إلى جانب النمذجة يمكن أن تكون مفيدة في كل هذه المراحل.

وتتمزج عديد المصطلحات المرتبطة بالفيضانات مع المصطلحات التنظيمية، والإحصائية، والهيدرولوجية. ومن أهم المصطلحات التي تدخل في تعريف مخاطر الفيضانات نذكر المصطلحات خطر الفيضانات وقابلية التضرر منها ومخاطرها.

### خطر الفيضانات (flood hazard)

يتم تعريف خطر الفيضانات بأنه احتمال وقوع فيضان يمكن أن يدمر بقوة معينة في منطقة معينة خلال فترة محددة من الزمن [11]. وحدد [12] عدة عوامل من شأنها أن تسهم في إمكانية إلحاق الأضرار. وتعتمد هذه العوامل على مؤشرات مثل عمق الفيضان، والمدة، والسرعة، والانحداف (المنتج من منسوب المياه والسرعة) ومعدل ارتفاع منسوب المياه، وتواتر حدوث الفيضان والوقت المستعمل للتحذير. ومن بين هذه العوامل، يعتبر عمق الفيضان أحد أهم المتغيرات المستخدمة في تحديد مؤشرات مخاطر الفيضانات. وبالتالي فإن مفهوم أخطار (جمع خطر) الفيضانات (flood hazard) مهم جداً في إدارة الفيضانات خصوصاً في تحديد مفهوم مخاطر الفيضانات (flood risk). وتؤكد الأخطار المحتملة في مستقبل على أهمية البحث والتدخل الذي يهدف إلى تعزيز القدرات المحلية للتعامل مع الفيضانات، خاصة بالنسبة للفقراء في البلدان النامية.

ويتم غالباً رسم خرائط الاخطار وتحليلها وتقييمها. وتتمثل الخطوة الأولى في تحديد المناطق الأكثر عرضة للفيضانات، وهي الخطوة الأكثر صعوبة بالنسبة للبلدان النامية بسبب محدودية التمويل المتاح للأشطة التنموية. ويصعب في معظم الأحيان على الأدوات التقليدية الثابتة في مختلف مراكز قياس الانهار (river gauging Stations) تسجيل حدث فيضان شديد ذو فترة عودة عالية جداً. إضافة إلى ذلك، فشل تطبيق كل نماذج التوقع بالفيضانات أو خطرها التي تم اختبارها في الدول المتقدمة بالبلدان النامية بسبب عدم وجود البيانات الأرضية الكافية، لأن كثافة محطات القياس في الدول النامية منخفضة جداً.



وفي هذا الإطار، تهدف هذه الورقة العلمية إلى تقديم دراسة لأحدث النتائج في استعمالات تقنيات الاستشعار عن بعد في جميع مراحل إدارة الفيضانات (في مراحل ما قبل، خلال وما بعد الفيضانات) وبصفة خاصة في تقييم مخاطر الفيضانات اعتمادا على أحدث وأدق البيانات المتاحة. وتقدم الورقة في ثلاثة أقسام؛ بعد المقدمة، يقدم القسم الأول لمحة عامة عن أنواع الفيضانات والمفاهيم المشتركة في إدارتها، ويخصص القسم الثاني لعرض استعمالات الاستشعار عن بعد في إدارة الفيضانات والتحديات الراهنة في مجال استخدامها. ويعرض القسم الثالث التوجهات المستقبلية لإمكانية إدراج مفاهيم وتقنيات جديدة ومتطورة في عملية تقييم مخاطر الفيضانات.

## 2 - لمحة عامة عن أنواع الفيضان والمفاهيم المشتركة في إدارة الفيضانات

تم تعريف الفيضانات بعدة طرق، ولكن بشكل عام هي الغطاء المؤقت بالمياه للأراضي التي لا تغطيها عادة المياه، نتيجة خروج المياه السطحية من حدود وضعها الطبيعي أو نتيجة لهطول الأمطار الغزيرة [7]. فهي إذن نتيجة تفاعلات معقدة بين الأمطار والسطح. وعموما، كلما يزيد هطول الأمطار، كلما يزيد احتمال حدوث الفيضانات. وتلعب كمية السيال السطحي الناتجة دورا هاما في عملية الفيضانات.

ويعتبر تصنيف الفيضانات بمثابة مهمة صعبة نظرا لطبيعة العمليات المترابطة والمعقدة التي تتسبب فيها. غير أن معظم الدراسات قد صنفت الفيضانات عموما وفقا لمكان وقوعها وسرعة حدوثها، وهذا يعني وجود العديد من الأنواع الممكنة للفيضانات. كما يمكن أن يقوم التصنيف على توضيح الاختلاف الأساسي بين أنواع الفيضانات. ويتم ذلك من خلال النظر في حجم المنطقة المتضررة ومدة هطول الأمطار المتسببة في الحدث. ويستخدم هذين العنصرين في تحديد النطاق المكاني والزمني للفيضانات وبالتالي يؤدي إلى صنفين رئيسيين وهما صنف الفيضانات الشاسعة وطويلة الأمد وصنف الفيضانات المحلية والمفاجئة [4]. وهناك أيضا من يصنف الفيضانات إلى ثلاثة أنواع رئيسية وهي: فيضانات الأنهار، والفيضانات المفاجئة وفيضانات العواصف أو الناتجة عنها [7] و [8].

وتحدث الفيضانات المفاجئة بشكل سريع ومتكرر، إثر هطول الأمطار الغزيرة والمستمرة في غضون فترة زمنية قصيرة جدا، وتكون غالبا موسمية مع اختلاف ملحوظ في قوتها. وقد تتطور على مدى أيام (وأحيانا أسابيع) بعد فترة طويلة من الأمطار أو ذوبان الثلوج السريع. وتثير السيول بشكل خاص القلق بسبب ظهورها المفاجئ. وفي كثير من الأحيان، تتجاوز الخزانات والسدود حدود طاقتها نتيجة الترسيب الطمي (siltation). وتواجه معظم البلدان النامية فيضانات الأنهار والفيضانات المفاجئة على أنها نزعة طبيعية متكررة.

ويتحدد تأثير الضرر الناجم عن الفيضانات إلى حد كبير من خلال خصائصها الفيزيائية مثل عمق المياه ومعدل ارتفاعها وسرعة التدفق وجميعها يعتمد على نوع الفيضان [8]. لذلك من المهم معرفة نوع الفيضان من أجل التخطيط السليم، والرصد، والإدارة وتطوير نظم الإنذار المبكر فضلا عن تقدير الأضرار الناجمة عنه [9].

## 1 - مقدمة :

تبرز الفيضانات بكونها الكارثة الطبيعية الأكثر انتشاراً وتدميراً في جميع أنحاء العالم [1]، وإدارتها مسألة تدخل في دائرة اهتمام جميع المعنيين بها والمتدخلين فيها. وتتعدد مخاطر الفيضانات حيث تقترب بالخسائر في الأرواح والممتلكات، والأضرار التي تلحق البنية التحتية، والأنظمة البيئية. وفي كثير من الأحيان تصطبغ بتفشي الأمراض وفقدان خصوبة التربة والمجاعة والفقر. وكانت آثار الفيضانات أكثر وضوح في البلدان النامية نتيجة للأوضاع الاجتماعية والاقتصادية المتردية وعدم وجود أنظمة الإنذار والتأهب وإن وجدت فهي غير ملائمة. وقد أثرت الفيضانات في حوالي 99 مليون نسمة سنوياً بين عامي 2000 و2008 [2].

وقد أثارت وتيرة الفيضانات وحدتها في السنوات الأخيرة الكثير من الأسئلة حول ما إذا كانت مرتبطة بالأنشطة البشرية. وتشير العديد من الدراسات [3] و [4] إلى أن التغيرات في استخدام الأراضي يمكن أن تكون وراء الفيضانات المتكررة وعدم انتظامها. بينما تربط دراسات أخرى [2] و [5] ظاهرة الفيضانات بالتقلبات المناخية وتغير المناخ. ومثل أي مخاطر طبيعية أخرى، يصعب السيطرة عليها، ولكن يمكن الحد من أثارها، وتم من أجل ذلك القيام بالعديد من المحاولات. وأجريت العديد من الدراسات الحديثة على المستوى العالمي لاستنباط طرق جديدة ودقيقة لتقييم هذه المخاطر [6]. وقد كان التطور الحاصل في مجال الكمبيوتر والنمذجة والاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية مفيداً بصفة خاصة في رصد كوارث الفيضانات وإدارتها. فأصبح بالإمكان التنبؤ بها ورسم خرائط المناطق الحساسة فضلاً عن تلك التي هي معرضة لخطرهما من خلال النمذجة المقرونة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وأيضاً القيام بالتحاليل المتعلقة بمرحلة ما بعد الفيضانات باستخدام نفس التقنيات. وتعتبر المعلومات المتحصل عليها بهذه الطريقة مهمة ليس فقط لصانعي السياسات الذين تحصل لديهم فكرة من حيث الخسائر الاقتصادية والأضرار في البنية التحتية وتكاليف إعادة الإعمار، ولكن أيضاً للعامة وخاصة الموجودين في المناطق المتضررة من حيث توفير الإنذار المبكر، وتأمين الإجلاء والتأهب العام.

ونظراً إلى أنه من المتوقع أن تتصاعد مشكلة الفيضانات بسبب زيادة تقلب المناخ وتغيره [5]، وزيادة التغير في استخدام الأراضي ستكون القدرة على توفير معلومات سريعة ودقيقة متعلقة بالفيضانات حاسمة من أجل تقليل الأضرار الناجمة عنها. وتبعاً لذلك، تبرز التحديات الراهنة والمستقبلية في مجال استخدام تلك التقنيات الجيوفضائية لإدارة الفيضانات جنباً إلى جنب مع مفاهيم وتقنيات أخرى تتطور بسرعة فائقة مثل مفهوم خرائط الأمانة من خلال تطوير المعلومات الجغرافية الطوعية التي بدورها تغذي مفهوم رأس المال المكاني. وتستمد تلك المفاهيم نجاحاتها من توافر المتصفحات الجغرافية ووسائل الاتصال الاجتماعي. كما أن شبكات أجهزة الاستشعار الجغرافية ستوفر مستقبلاً بيانات قيس تساعد في إدارة الفيضانات.

## استعمال الاستشعار عن بعد في تقييم مخاطر الفيضانات

محمد رشاد بوسمة

جامعة تونس المنار، المدرسة الوطنية للمهندسين بتونس، مخبر الاستشعار عن بعد وأنظمة المعلومات الجغرافية

للتنواصل : rached.boussema@enit.rnu.tn

## الملخص:

تبرز الفيضانات بكونها الكارثة الطبيعية الأكثر انتشارا وتدميرا في جميع أنحاء العالم، وإدارتها مسألة تدخل في دائرة اهتمام جميع المعنيين بها والمتدخلين فيها. وتشير العديد من الدراسات إلى أن التغيرات في استخدام الأراضي يمكن أن تكون وراء الفيضانات المتكررة وعدم انتظامها، بينما تربط دراسات أخرى مشكلة الفيضانات بالتقلبات المناخية وتغير المناخ. ويصعب السيطرة على الفيضانات، ولكن يمكن الحد من أثارها. وتمّ من أجل ذلك القيام بعدد المحاولات. فأجريت عديد الدراسات الحديثة على المستوى العالمي للوصول إلى طرق جديدة ودقيقة لتقييم مخاطر الفيضانات. واستفادت إدارة الفيضانات من التطور الحاصل في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصال والتكنولوجيات الفضائية وخاصة الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وكذلك النمذجة ورسم الخرائط. فأصبح بالإمكان التنبؤ بالفيضانات ورسم خرائط المناطق المتضررة فضلا عن تلك التي هي معرضة لخطر الفيضانات.

وفي هذا الإطار، تهدف هذه الورقة العلمية إلى تقديم دراسة لأحدث النتائج في استعمالات تقنيات الاستشعار عن بعد في جميع مراحل إدارة الفيضانات (في مراحل ما قبل، خلال وما بعد الفيضانات) وبصفة خاصة في تقييم مخاطرها اعتمادا على أحدث وأدق البيانات المتاحة. فتقوم بتوضيح على وجه التحديد أنواع الفيضانات والمفاهيم المشتركة في إدارتها. وتبرز التحديات الرأسمالية والمستقبلية في مجال استخدام التقنيات الجيوفضائية لإدارة الفيضانات جنبا إلى جنب مع مفاهيم وتقنيات أخرى تتطور بسرعة فائقة مثل مفهوم خرائط الأزمة من خلال تطوير المعلومات الجغرافية الطوعية التي بدورها تغذي مفهوم رأس المال المكاني. وتستمد تلك المفاهيم نجاعتها من توافر المتصفحات الجغرافية ووسائل الاتصال الاجتماعي. كما أن شبكات أجهزة الاستشعار الجغرافية ستوفر مستقبلا بيانات قيس تساعد في تقييم مخاطر الفيضانات.

## تقديم

لقد أصبح العالم اليوم قرية صغيرة بسبب التقدم التكنولوجي وثورة المعلومات والاتصالات وأصبحت النظم البيئية والاقتصادية والسياسية والثقافية والتكنولوجية في دول العالم المتعددة متصلة ومعتمدة على بعضها البعض ولم يعد الباحث مواطناً في مجتمعه المحلي فقط، بل أصبح مواطناً في مجتمع دولي وأصبح يعيش في عصر سريع التغير يتطلب مهارات ومعلومات تساعد على العيش في عصر المعلومات. إن التطور المذهل والسريع الذي يشهده العالم اليوم وما توصل إليه من نتائج مذهلة في مجالات علوم الفضاء وتطبيقاتها من خلال البحوث والدراسات التي اقيمت في هذا المضمار والتي انعكست أثارها على مختلف أوجه الحياة بات يتطلب منا السعي بخطى حقيقية وجدية نحو تنمية المهارات. الأمر الذي يتطلب منا تضافر الجهود على المستوى المحلي والإقليمي والدولي لتغطية حاجة ومتطلبات دول منطقة شمال إفريقيا والدول العربية الأخرى بما يتناسب مع إمكانياتها العلمية والاقتصادية والثقافية. وبما أن جهود هذه الدول يمكن أن تؤدي إلى مساهمة المنطقة مساهمة فعالة في هذا المجال، فإن التدرج في هذه العلوم والانطلاق من خلق جيل جديد واع ومبدع يتسم بالثقافة العالية والفكر العلمي الحر يتطلب منا توحيد الجهود في هذا المضمار بين المؤسسات العلمية الوطنية المتخصصة والمنظمات والاتحادات والمراكز الإقليمية والدولية في نشاطاتها.

وفي هذا الصدد يولي كل من المركز الجهوي (الإقليمي) للاستشعار عن بعد لدول شمال إفريقيا واتحاد مجالس البحث العلمي العربية أهمية قصوى بالبحث العلمي الاساسي والتطبيقي والتكنولوجي وبألياته وحوافزه أهمية قصوى، ويعولاً على هذا القطاع وعلى أهله من الباحثين المتفرسين والمؤطرين الجامعيين ومن الباحثين الشبان وكذلك الباحثين في قطاع الانتاج والهياكل الفنية المختصة سواء في المؤسسات العمومية أو الخاصة لرفع تحديات المستقبل وارساء قواعد اقتصاد حديث بمضامينه المعرفية وبأدائه المتفوق وقدرته على المنافسة .

ولعل مساهمة المؤسسات بتبني اصدار هذه المجلة العلمية المحكمة للمساهمة ولو بجزء بسيط في دفع عجلة البحث العلمي في هذه الدول الى الامام وتقديم خدمة للباحث والمهتمين على اساس علمي سليم.

فلا يسعني وهذا العدد الاول من الدورية تجد طريقها الى النشر الا ان اشكر السادة الاساتذة رئيس واعضاء الهيئة العلمية لها والقائمين عليها من باحث ومختصين على الجهود التي بذلوها لاتمام هذا العمل واخرجه بالصورة المطلوبة وفي الوقت المحدد.

ندعوا المولى عز وجل ان لا يجعلنا من الذين إذا جهلوا شيئاً انكروه ، وأن يجعلنا من الذين إذا جهلوا شيئاً تعلموه وان يشرح صدورنا للعلم والتعلم وان يوفقنا لصالح الاعمال انه هو سميع الدعاء .

د. الهادي قشوط  
رئيس التحرير

المناقشة - الاستنتاج - الاعتراف بجهود من ساعد في انجاز البحث ان وجد - المصادر (المراجع) - وخلاصة باللغة الإنكليزية او الفرنسية في حدود [200] كلمة إذا كان البحث باللغة العربية وخلاصة باللغة العربية في حدود [300] كلمة إذا كان البحث مكتوب باللغة الإنكليزية .

- على الباحث أتباع القواعد المتفق عليها عالمياً ، في مجال الاختصارات والاصطلاحات .
- ترسم الاشكال والخطوط البيانية بواسطة طابعة الليزر أو ما يماثلها أو باستخدام أدوات الرسم بحيث تكون واضحة ولا تتجاوز أبعادها 12 x 18 سم ويلحظ عدم الكتابة باليد عليها .
- يجب ترقيم الأشكال وكتابة مفاتيح المصطلحات مع الإشارة إلى أماكنها وترقيم جميع الصفحات تسلسلياً بما في ذلك الجداول والأشكال التي تلحق بالبحث .
- تذكر جميع المراجع التي وردت في متن البحث ، على أن تكتب في القائمة وفقاً للحروف الهجائية بالنسبة لأسماء المؤلفين وحسب اسم الكنية للمؤلف ويرتب كل مرجع كما يلي :-  
اسم المؤلف - سنة النشر - عنوان المؤلف - دار النشر - ترميزه - الصفحات
- تعطى الأولوية للأبحاث المقدمة باللغة العربية .
- يرسل للباحث (الباحثون) [2] نسخ من المجلة بدون مقابل كهدية / وفي حال طلب الباحث نسخ إضافية فبمقابل . ويمكن تسليم الباحث إفادة بأن بحثه مقبول للنشر معتمد من المركز لحين النشر .

### إرسال البحوث إلى المجلة :

ترسل البحوث مباشرة بريدياً إلى رئيس هيئة تحرير (مجلة) على العنوان التالي :  
18، شارع موسى ابن نصير المنزة الخامس 1004 تونس الجمهورية التونسية  
أو

يُفَضَّل ويوصى بإرسال مسودات البحوث على ملف وورد إلكترونياً على البريد الإلكتروني :

dg.crtean@crtean.intl.tn

### الاشتراك السنوي بالمجلة :

داخل الدول الاعضاء بالمركز :

- الأفراد : 20 دولار امريكي بما في ذلك أجور البريد .
- المؤسسات : 40 دولار امريكي بما في ذلك أجور البريد .
- خارج الدول الأعضاء بالمركز :
- الأفراد : 25 دولاراً أمريكياً بما في ذلك أجور البريد .
- المؤسسات : 50 دولاراً أمريكياً بما في ذلك أجور البريد .



## شروط النشر بالمجلة :

1. أن لا يكون البحث المقدم للنشر قد نشر أو قبل للنشر في مكان آخر .
2. تقبل البحوث بالعربية وباللغات الانجليزية او الفرنسية .
3. تقديم ملخص العربية للبحث المطلوب نشره في المجلة .
4. تخضع البحوث للتقويم العلمي ولا ينشر البحث الغير متكامل لشروط النشر .
5. توضع المصادر في نهاية البحث كاملة وتأخذ أرقاما متسلسلة ويشار إليها في متن البحث بأرقام مع ذكر الصفحة .
6. تنشر المجلة الأوراق البحثية للطلاب المسجلين لدرجتي الماجستير والدكتوراه .
7. تعبر كافة الدراسات والبحوث والمقالات عن رأى مؤلفيها ويأتى ترتيبها بالمجلة وفقاً لاعتبارات فنية لاعلاقة لها بالقيمة العلمية لاي منها .
8. تنشر المجلة التقارير والبحوث والدراسات الملقاه في مؤتمرات ومنتديات علمية والنشاطات الأكاديمية في مجال تخصصها دونما تحكيم في أعداد خاصة من المجلة .
9. تنشر المقالات غير المحكمة (أوراق العمل) فى زاوية خاصة في المجلة .

## قواعد نشر البحوث فى المجلة:

- 1) تقبل المجلة كافة البحوث والدراسات التطبيقية والأكاديمية في مجال العلوم المساحية والفضائية .
  - 2) يجب أن يلتزم الباحث بعدم إرسال بحثه إلى جهة أخرى حتى يأتى رد المجلة .
  - 3) يجب أن يلتزم الباحث بإتباع الأسس العلمية السليمة في بحثه .
  - 4) يجب أن يرسل بحثه إلى المجلة من نسختين مطبوعة، ملخص باللغة الإنجليزية أو العربية أو الفرنسية فى حدود 12-8 سطر، ويجب أن تكون الرسوم البيانية والإيضاحية مطبوعة وواضحة، بالإضافة إلى نسخة Soft Copy، ونوع الخط Times New Romanes 14 للعربي، و12 للانجليزي والفرنسية .
  - 5) يجب كتابة عنوان البحث وأسماء المشاركين وعناوينهم كاملة في الملخص العربي للبحث المقدم باللغة الإنكليزية او الفرنسية .
  - 6) ترسل البحوث إلى محكمين متخصصين وتحكم بسرية تامة .
  - 7) في حالة قبول البحث للنشر، يلتزم الباحث بتعديله ليتناسب مع مقترحات المحكمين، وأسلوب النشر بالمجلة .
  - 8) يتحمل الباحث او المؤسسة التي يتبعها كلفة نشر البحث والتي تعادل 100 دولار امريكي وقيمة 50 دولار للطلبة .
  - 9) ينظم البحث كالآتي :
- عنوان البحث - اسم الباحث (الباحثين) - عنوانه (عناوينهم) - خلاصة - مقدمة - المواد والطرق - النتائج -

## مجلة العلوم والتقانة الفضائية

## رئيس تحرير مجلة العلوم والتقانة الفضائية

د. الهادي إسماعيل قشوط - مدير عام المركز الجهوي للاستشعار عن بعد لدول شمال إفريقيا

## الهيئة العلمية المحكمة لمجلة العلوم والتقانات الفضائية

رئيسا	المجلس	إتحاد مجالس البحث العلمي العربية	1- أ. د. مصطفى محمد الحاج
عضوا	تونس	مدرسة المهندسين العليا بجامعة المنار	2- أ. د. محمد رشاد بوسمة
عضوا	ليبيا	جامعة طرابلس	3- أ. د. بهلول علي اليعقوبي
عضوا	مصر	الهيئة القومية للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء	4- أ. د. عبد الله جاد عبد الله
عضوا	السودان	هيئة الاستشعار عن بعد وعلوم الزلازل	5- أ. د. آمنة أحمد حامد
عضوا	المغرب	المعهد العلمي جامعة محمد الخامس	6- أ. د. أنس بن عمران
عضوا	موريتانيا	جامعة العلوم والتكنولوجيا والطب	7- أ. د. مني ولد البج
عضوا	المركز الجهوي	أستاذ القانون الجوي والفضائي	8- أ. محمد رمضان قدح
9- عضو من رابطة مراكز الاستشعار عن بعد بالوطن العربي بإتحاد مجالس البحث العلمي			



International Conference & Exhibition

**Advanced Geospatial Science & Technology (TeaGEO 2016)**

18-20 October 2016

Tunis, Tunisia

## **International Conference & Exhibition -[TeaGEO 2016](http://www.teageo.org) *Advanced Geospatial Science & Technology***

The **International Conference & Exhibition - TeaGEO 2016** will be held from **October 18<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup>, 2016** in Tunis – Tunisia.

The event will cover the latest technology developments, applications, commercialization progress, end user requirements and challenges for ***Geospatial Science & Technology***.

TeaGEO 2016 Conference will offer participants an ideal opportunity to learn about recent advances, likely future developments and potential research avenues.

The topics will span the multiple disciplines within the Geospatial Science & Technology field. The all three plenary sessions begins with a morning keynote speaker.

Don't miss this great opportunity open to all producers, suppliers, trainers and users of Geospatial Science & Technology such as researchers, decision makers from government entities, the academia, and international organizations, to meet industry experts and learn about the latest technologies.

For more details about the TeaGEO2016 topics please visit our website <http://www.teageo.org>.

**International Conference & Exhibition - TeaGEO 2016** will feature:

- Plenary sessions with internationally renowned speakers
- Extensive parallel thematic workshops / symposia
- Industrial Session with focus on Geospatial Science & Technology
- An International exhibition.

Abstracts submissions for oral and poster contributions are open until **January 15th, 2016**. Submit your abstract online via the online conference manager available at [www.teageo.org](http://www.teageo.org) (to be opened soon).

Highly ranked Plenary/Keynote/Invited speakers confirmed their attendance including :

- **Prof. Georg Gartner ( Vienna University of Technology, Austria)**
- **Dr. Dave Thau ( Google Earth Engine, USA)**
- **Dr Ridha Touzi (Natural Resource Canada, Canada)**

Please visit our website <http://www.teageo.org> for further details about the Plenary/Keynote/Invited Speakers.

Do not miss the chance of joining the Exhibition and the industrial session.

For the exhibition, contact us asap as the booths will be assigned on a first come, first served basis. We have a **great Early Bird Fee**, which can save you up to 25%. Reserve your place until **January 31, 2016**.

For any inquiry about the exhibition and sponsorship options, please send us an email at [info@teageo.org](mailto:info@teageo.org).

**January 15th, 2016:** Abstract Submission Deadline

**February 15th, 2016:** Abstracts Accept Notifications

**May 15th, 2016:** Full paper submission deadline

**June 15th, 2016:** Early bird conference registration fees rate deadline

Make sure you don't miss the deadlines and plan your trip to Tunis next October 2016.

Do you have a friend or colleague that might be interested? Please send him this flyer to keep him updated.  
We look forward to have you with us in Tunis!