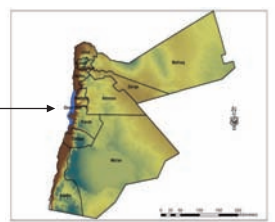
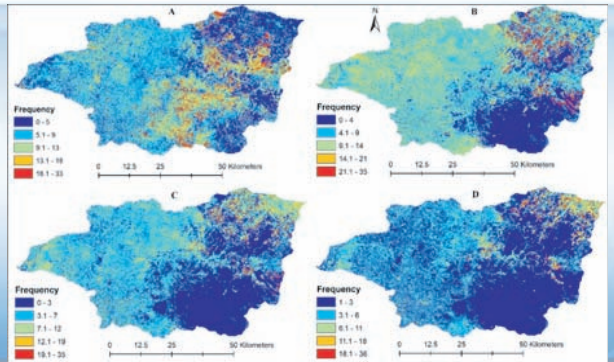
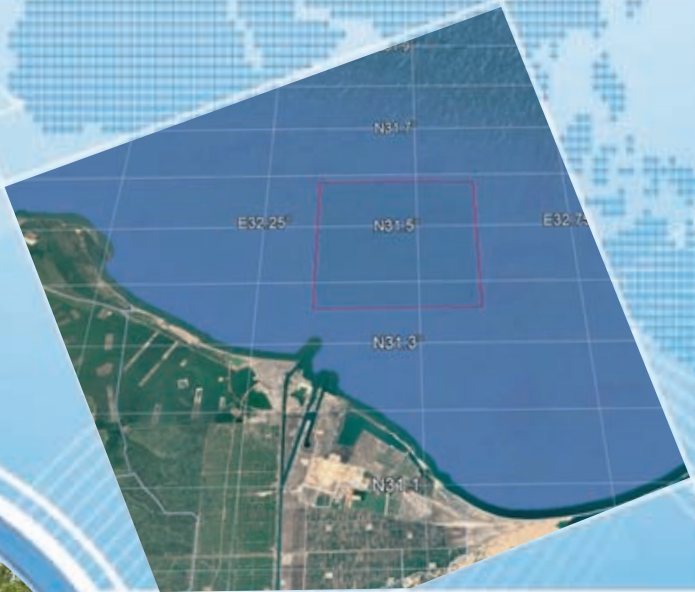




# مجلة المقياس

مجلة علمية نصف سنوية - تصدر عن المركز الجغرافي الملكي الأردني العدد (٣٣)





## محتويات العدد

5	كلمة العدد
7	Remote Sensing Drought Indices Evaluation Based on NDVI and the Corresponding VCI in Amman Zarqa Basin
15	Oil Spill Detection and Quantification Using Sentinel-1 SAR
22	Spatial-based analysis of water erosion hazard risks in Jordan
36	GIS-Based Hydrological Assessment of Flash Flood Risk in Jordan
45	Designing an efficient model based on the selection of neural networks to detect driver drowsiness
64	الذكاء الاصطناعي الجيومكاني كأداة لدعم اتخاذ القرار في إدارة المخاطر والبيئات الحضرية
70	عقود إيجار الأقمار الصناعية في القانون العربي نحو رؤية تشريعية لمواكبة التطور الفضائي الدولي
74	وسط عمان قيمة تاريخية أثرية
89	أهمية وشمولية هندسة المساحة
93	السياحة العلاجية في المملكة الأردنية الهاشمية
96	نشاطات المركز الجغرافي الملكي الأردني في صور

مجلة فصلية  
تصدر عن  
المركز الجغرافي الملكي الأردني

### هيئة التحرير

المشرف العام  
العميد المهندس  
معمر كامل حدادين

رئيس التحرير  
الدكتورة نيفين حسن

مدير التحرير  
غيث الحياوي

المشرف العلمي  
المهندس معاذ العتوم

سكرتير التحرير  
نسرين الصعوب

التصميم والإخراج الفني

محمود شلباية

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية  
(٢٠١٤/٥٦٠٢/د)

المقالات والآراء المنشورة تعبر عن رأي صاحبها  
ولا تعبر بالضرورة عن رأي المجلة

للمراسلات

هاتف: +96265347694 / فاكس: +96265347694 / العنوان: الجبيلة / شارع احمد الطراونة- بناية رقم 92

البريد الإلكتروني: rjgc@rjgc.gov.jo / الموقع الإلكتروني: www.rjgc.gov.jo

# كلمة العدد

يأتي صدور العدد الثالث والثلاثين من مجلة «المقياس»، والذي يصدر في ختام عام ٢٠٢٥ وبداية عام ٢٠٢٦ متزامناً مع رسائل وطنية بالغة الأهمية، أكد عليها جلالة الملك عبدالله الثاني، القائد الأعلى للقوات المسلحة، في خطابه الأخير للقوات المسلحة الأردنية – الجيش العربي، حيث شدّد على أهمية الجاهزية والتحديث والتخطيط الاستراتيجي لمواجهة التحديات الراهنة والمستقبلية، بما يعكس رؤية الدولة الأردنية في بناء مؤسسات قوية، مرنة، وقادرة على الاستجابة بكفاءة لمختلف المتغيرات المحيطة، وفي مرحلةٍ تتجدد فيها الآمال وتتقاطع فيها محطات زمنية ودينية تحمل معاني عميقة في وجدان المجتمع الأردني، حيث يتزامن صدور هذا العدد مع حلول العام الميلادي الجديد، إضافة إلى مناسبات دينية إسلامية عظيمة، هي ذكرى الإسراء والمعراج، ورأس السنة الهجرية، وذكرى المولد النبوي الشريف، بما تجسّده هذه المناسبات من قيم التسامح، والتعايش، والعمل، والإتقان، وهي القيم ذاتها التي يقوم عليها نهج الدولة الأردنية في مسيرتها التنموية.

وفي هذا السياق، يواصل المركز الجغرافي الملكي الأردني أداء دوره الوطني والعلمي، إيماناً منه بأن البيانات الجيومكانية الدقيقة، والتقنيات الحديثة، تمثل ركيزة أساسية في دعم الأمن الوطني، والتخطيط التنموي، وإدارة الموارد، وتعزيز منظومة اتخاذ القرار، انسجماً مع التوجيهات الملكية السامية، ورؤية التحديث الشامل التي تنتهجها الدولة.

لقد شكّل عام ٢٠٢٥ محطة مفصلية في مسيرة المركز الجغرافي الملكي الأردني، حيث واصل المركز أداء دوره الوطني والعلمي في دعم مختلف القطاعات، وتعزيز منظومة العمل الجيومكاني في المملكة، انسجماً مع التوجيهات الملكية السامية، ورؤية الدولة في بناء اقتصاد قائم على المعرفة، وتعزيز كفاءة الأداء المؤسسي، وتحسين جودة الخدمات المقدمة للمواطنين.

وفي هذا الإطار، أسهم المركز خلال العام المنصرم في تنفيذ وتطوير مجموعة من المشاريع النوعية في مجالات نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد، والتصوير الجوي، وتحديث قواعد البيانات المكانية، وتطبيقات الذكاء الصناعي، بما يدعم القطاعات الحيوية، وعلى رأسها التخطيط المكاني، وإدارة الموارد الطبيعية، والبيئة، والطاقة، والمياه، والزراعة، والنقل. كما عمل المركز على توسيع نطاق الشراكات مع المؤسسات الوطنية، وتعزيز التعاون مع الجهات الإقليمية والدولية، بما يواكب أفضل الممارسات العالمية في العلوم الجيومكانية.

ويأتي هذا الجهد منسجماً مع رؤية التحديث الاقتصادي التي أطلقتها الدولة، والتي تضع التحول الرقمي، والابتكار، واستخدام البيانات الدقيقة، في صميم عملية اتخاذ القرار، باعتبارها أدوات رئيسية لتحفيز النمو الاقتصادي، ورفع كفاءة التخطيط، واستقطاب الاستثمارات، وتعزيز التنافسية. وقد شكّلت البيانات الجغرافية الموثوقة التي ينتجها المركز عنصراً أساسياً في دعم هذه الرؤية، من خلال تمكين الجهات المعنية من تطوير سياسات مبنية على الأدلة، وتعزيز التكامل بين القطاعات المختلفة.

كما ينسجم عمل المركز بشكل مباشر مع برنامج تحديث القطاع العام، الذي يهدف إلى رفع كفاءة الأداء المؤسسي، وتبسيط الإجراءات، وتعزيز الحوكمة، والانتقال نحو خدمات حكومية أكثر كفاءة وشفافية. وقد واصل المركز تطوير بنيته المؤسسية، وبناء قدرات كوادره البشرية، وتحديث أنظمتة التقنية، بما يعزز جودة مخرجاته، ويرتقي بمستوى الخدمات الجيومكانية المقدمة، ويكرّس ثقافة الابتكار والعمل المؤسسي المستدام.

ويعكس هذا العدد من مجلة «المقياس» جانباً من هذا الحراك العلمي والمعرفي، من خلال مجموعة من البحوث والدراسات المتخصصة التي تتناول أحدث التطبيقات في المجالات الجيومكانية، وتسهم في معالجة قضايا عملية تمس الواقع التنموي، وتدعم جهود البحث العلمي التطبيقي، بما يخدم صنّاع القرار، ويثري المعرفة العلمية الوطنية.

وانطلاقاً من إيماننا العميق بدور البحث العلمي في تحقيق التنمية الشاملة، نوّكد استمرار مجلة «المقياس» كمنصة علمية مفتوحة للباحثين والمتخصصين، وندعوهم إلى الإسهام بأبحاثهم ودراساتهم في الأعداد القادمة، بما يعزز تبادل المعرفة، ويرتقي بجودة المحتوى العلمي، ويواكب المتغيرات المتسارعة في مجال العلوم الجيومكانية.

وفي مستهل عام ٢٠٢٦، نجدد التزامنا في المركز الجغرافي الملكي الأردني بمواصلة العمل بروح المسؤولية والعطاء، مستلهمين قيماً الدينية والوطنية، ومتطلعين إلى مستقبل أكثر إشراقاً، نواصل فيه تسخير المعرفة الجيومكانية والتقنيات الحديثة لخدمة الوطن، ودعم مسيرة التحديث الشامل، وتحقيق التنمية المستدام لكافة القطاعات التنموية والدفاعية.

والله وليّ التوفيق،،،

مدير عام المركز الجغرافي  
العميد المهندس  
معمار كامل حدادين

# Remote Sensing Drought Indices Evaluation Based on NDVI and the Corresponding VCI in Amman Zarqa Basin

**Dr. Nivin Abdelrahim Hasan**

**Royal Jordanian Geographic Centre**

## **Abstract**

In sparse climatic data dry regions where calculated drought indices are incompatible and inefficient which leads to insistence on precise indices that are used to assess drought for monitoring. This study acquired remotely sensed images from Landsat-5, 7, and 8 under different periods from 1985 to 2021 in the Amman-Zarqa Basin (AZB). The normalized difference vegetation index (NDVI), and the Vegetation Condition Index (VCI) were employed to monitor the spatial distribution and temporal evolution of drought conditions in AZB. The findings suggest that mild to moderate drought in the northeast and southeast parts of the basin emerged. From a temporal perspective, most basin parts exhibited relative fluctuations in drought intensity over the past 35 years. The third quarter blushed negative NDVI values and was dominated by reducing green cover and land productivity. Drought frequency based on VCI analysed, and indicated that light drought areas became moderate and severe drought areas.

Keywords: Remote Sensing, Satellite Images, NDVI, VCI, AZB.

## **1-Introduction**

Drought is a normal feature of climate but the costliest natural hazard that affects many economic sectors and people around the world to a potentially damaging extent. It affects agricultural productivity, water resources, and ecosystems worldwide [1]. Due to its slow onset characterization which allows time to monitor changes in precipitation, temperature, and available water accounts, indicators are often used to monitor and quantify droughts in terms of severity, duration, timing, and intensity. These indicators are grouped into classifications: meteorology, soil moisture, hydrology, remote sensing, and modelled or composite indicators. Remote exploration in agriculture allows for the collection of large amounts of quantitative data in a variety of areas [2].

Remote sensing techniques have become essential in monitoring and assessing drought impacts by providing spatially and temporally continuous data [3]. Among various remote sensing-based drought indices, the Normalized

Difference Vegetation Index (NDVI) and Vegetation Condition Index (VCI) have gained significant attention in the literature. This chapter provides a comprehensive overview of NDVI and VCI, their equations, and their applications in the Amman-Zarqa Basin, focusing on recent studies. NDVI and VCI are valuable remote sensing-based drought indices that have been employed in various studies to assess drought impacts and vegetation health in different regions. The effectiveness of NDVI and VCI in various regions emphasised highlighting the adverse impacts of drought on vegetation and the significance of remote sensing-based drought indices in drought early warning systems.

### **1.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).**

The NDVI is a commonly used approach for monitoring and mapping drought in a particular region using long-term NDVI data [4]. It is derived from the Near-Infrared (NIR) and Red (R) spectral bands of remote sensing data, as shown in equation (1). NIR is highly reflective, while the red band is highly absorptive to vegetation [5]. The NDVI values range between -1 and +1, with positive values indicating vegetation cover, and higher values suggesting denser and healthier vegetation [6]. Various studies have applied NDVI in different regions and scales. For instance, [7] evaluated

NDVI performance in monitoring droughts in Jordan. They reported significant NDVI decreases, indicating deteriorating vegetation health during drought events. Similarly, [8] assessed the impacts of drought on Jordanian rangelands, utilizing NDVI data and reporting declining vegetation cover in response to drought. Globally, researchers have utilized NDVI to study drought impacts in various ecosystems. For example, [9] used NDVI to assess drought impacts on various vegetation types in China. They found that NDVI decreased during drought events, indicating vegetation degradation.

### **1.2 Vegetation Condition Index (VCI).**

The researchers use NDVI for studying the greenness and health status of vegetation as well as mapping changes in vegetation cover [10]. Vegetation health and greenness depend on prevailing weather and ecology [11]. The VCI assess the stressed vegetation and/or examines vegetation response to the prevailing weather and climatic conditions. As compared to simple NDVI analysis, the VCI quantifies the effect of precipitation dynamics on vegetation cover [12], as well as portrays the environmental impacts on vegetation [13]. VCI estimates the Spatial and temporal changes in vegetation and climatic impacts on vegetation. VCI can identify the onset

time, duration, and intensity of agricultural drought [14]. In this study, the VCI is applied to evaluate the weather impacts on vegetation and to characterize the agricultural drought epochs from the Landsat satellite images.

## 2-Material and Methods

In this study, drought is defined by a combination of three components: (i) Precipitation; which represents the rainfall deficit, (ii) vegetation; which reflects the soil moisture condition considering the Normalized Difference Vegetation Index's (NDVI) deficit and (iii) Temperature; which includes the temperature excess and high-temperature persistence.

Normalized Differential Vegetation Index.

The objective of remote sensing image processing is essential to subsequent drought analysis. For the images of NDVI, the Landsat satellite data Landsat-5, 7 and 8 of different dates were acquired and downloaded from the website of USGS Earth Explorer for the period 1985 to 2021 of the study area. This was performed to apply operations on the raw images including mosaicking, conversion, transformation, and resampling. Landsat-5 ETM+ images for the period 1985-2001, Landsat-7 ETM+ for the period 2002-2012 where the images acquired from Landsat-8 OLI were used in this study for the period 2013-2021. The images were checked for pre-

processing error corrections and less than 10% of cloud images were used in this analysis. All the images were of 30.0 m spatial resolution and 16-days temporal resolution to assure the reliability of NDVI see (Fig. 1). For further processing, the visible and NIR bands were used for the NDVI calculation using the following equation:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$




For this purpose, the NDVI annual mean during the study period was calculated for each year based on the following equation:

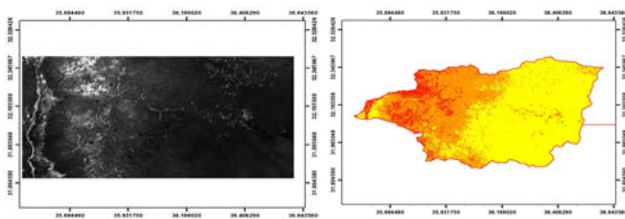
$$NDVI_{mean} = (NDVI_1 + NDVI_2 + \dots + NDVI_n) / n \quad (2)$$

In the above equation,  $NDVI_{mean}$  is the annual mean NDVI of a particular year and  $NDVI_1$  is for the first NDVI whereas, the  $NDVI_n$  is the last NDVI of that particular year. When NDVI values is less than 0.1, it means that the vegetation is absent and so lands are covered by bare soil, water or urban. Average healthy vegetation is ranged from 0.3 to 0.7 whereas NDVI values exceeding 0.7 are covered with high productivity of vegetation as plants strongly absorb the red spectrum and reflect the near infrared. High positive NDVI values (green) mean high vegetation. While water usually has negative NDVI values. In general, urban features usually are near zero. The NDVI ranges are shown in (Table 1). The NDVI raster is analysed by the image

analysis option and specifies the wavelength information or a scientific output, then, saved and exported as a layer with a colormap function.

**Table 1. NDVI values indication.**

NDVI Range	Colour Ramp	Colour
-1.0 to 0	Red and Orange	
0 to 0.4	Yellow	
0.41 to 0.6	Light Green	
0.61 to 1.0	Dark Green	



**Fig.1 Satellite image derived from LANDSAT, clipping Amman-Zarqa Basin and producing the classified NDVI values across the basin.**

## 2.2 Vegetation Condition Index (VCI)

Agricultural drought (VCI) is calculated in this study. VCI is used for characterizing and monitoring drought severity and frequency on spatial and temporal scales for historical periods in Amman Zarqa Basin. The average annual NDVI derived from the Landsat satellite for the period of 1985 to 2021 was used for the computation of VCI in this study. During real-time computation within drought monitoring images, the ArcGIS interface provided spatial processing to interpret raster imagery across different bands to derive VCI. The VCI was calculated using the following equation.

$$VCI = 100 \times \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \quad (3)$$

Where the NDVI represents the current year NDVI, the NDVI\_min and NDVI\_max are the minimum and maximum NDVI pixel values in the whole study period 1985-2021. The output VCI values indicate the drought-affected or advanced vegetation in wet years. The output VCI values ranged from 0 to 100 where the low value indicates stress, and the high value shows unstressed or drought-free vegetation areas [14]. The VCI values ranging from 0 to 15 indicate the area of extreme agricultural drought, 15.1 to 30 showed severe agricultural drought, 30.1 to 50 moderate drought, 50.1 to 70 mild drought and >70 indicate no agricultural droughts [15, 16].

Based on the VCI-based drought category, the drought frequency for each category was calculated indicating that, during the study period 1985-2021, how frequent drought occurred in a specific pixel area in the Amman Zarqa Basin region. The frequency of drought was calculated based

$$f = \frac{n}{N} \quad (4)$$

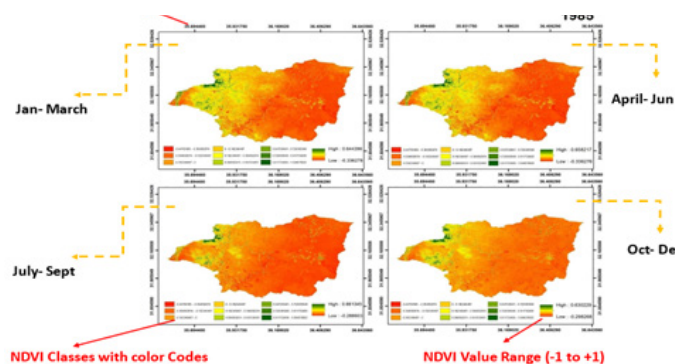
Where f denotes the frequency of drought, n is the number of drought events that occur at a specific pixel whereas N is the total study period (1985-2021 = 36 years).

### 3.Results and Discussion

#### 3.1 NDVI Maps-3 Month

NDVI estimations were performed for AZB to assess crop health and coverage based on quarterly bases, each year 1985- 2022. NDVI maps components are shown in (Fig.2). The NDVI 3-month of 1985, 2005, 2015 and 2022 are illustrated in (Fig. 3). The highest average NDVI of more than 0.7 (dark green band) which indicated healthy vegetation was only for the very insignificant north-western area of the basin. This area remained the same over decades particularly from Jan to March. The averaged NDVI values from 0.3 to 0.7 were distributed and substantially varied over the first 6 months of the study period from Jan to June extending north-western parts to the middle area. These areas were sparse exposure in a light green band which indicated light vegetation coverage and healthiness. The bands ranged from 0.0 to less than 0.3 are blushed in yellow and orange which exemplified the absence of weak scatterings of vegetation but primarily bare soils and urban. These bands were expanded from north to south-central areas in the basin and appeared marginally weak to no vegetation from July to November. More than 60% of the basin was dominated by the lowest NDVI values, the negative estimations blushed in red to dark orange for

bare soils, water and developing urban areas all the time except during the second quarter in 2000 and 2003. As shown in (Fig. 3) indicated NDVI-Maps 3 Months of 2005, the dark green band brushed the high value of NDVI proofing the healthy vegetation diminished in the north-western area of the basin. This area lessened over decades, particularly during the third quarter of the year and extended turn the light vegetation in north-western parts. The bands ranged from -0.2 to 0.0 are blushed orange which exemplified the absent vegetation and dominating of bare soils and urban which extended over the basin in the last decade for more than 80% of the total area. A few minor spots of dark green started to appear after 2015 showing new vegetative cover in the middle of the basin.



**Fig.2. NDVI images for 3-month intervals after pre-processing and classification with detailed components.**

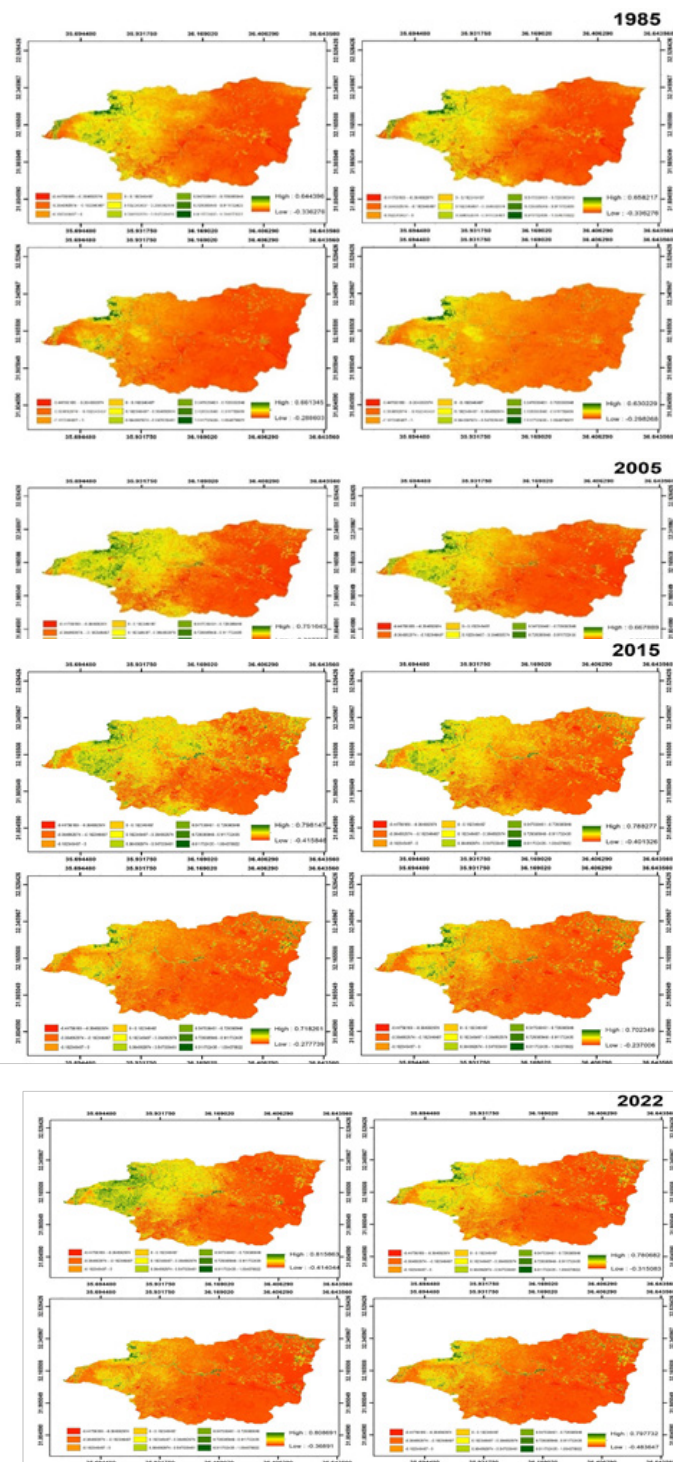


Fig. 3. NDVI-3 Months Maps.

### 3.2 Spatiotemporal Distribution of the Annual Normalized Difference Vegetation Index

The detailed spatiotemporal distribution of NDVI during 1985-2021 was analysed in the study area of the Amman Zarqa Basin. The

NDVI represented in (Fig. 4) is the annual average NDVI per year. As Amman Zarqa Basin is arid to semi-arid region therefore there is very little vegetation cover. Most of the vegetation-covered area and some patches are located on the western side while the eastern side of the basin is mostly barren or with some patches of the study area while the lowest drought frequency occurred in southeastern parts.

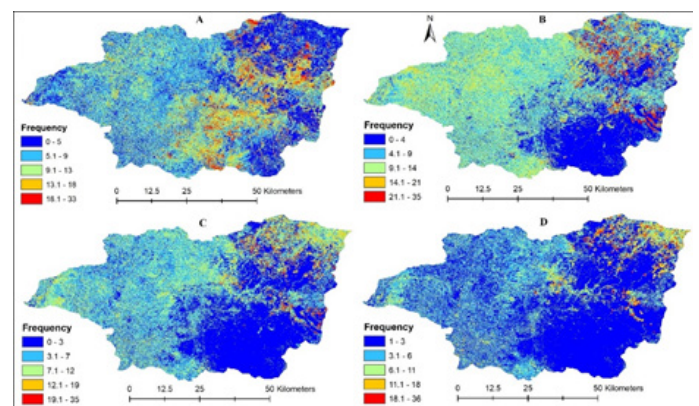


Fig.4. Drought frequency based on VCI Maps 1985-2021.

A. Mild Drought B. Moderate Drought C. Severe Drought and D. Extreme Drought.

### 4. Conclusions

The objective of remote sensing images processing is essential to subsequent drought analysis. During real-time computation within drought monitoring NDVI images, the ArcGIS interface provided spatial processing to interpret raster imagery across different bands to derive VCI. Lower values of VCI and NDVI signified the drier conditions of the basin. All

remotely sensed and in-situ drought indices are substantially compatible to typify drought severity and intensity, particularly for years 1987, 1991, 1999, 2000, 2006, 2009, 2011, and 2012 drought events. Mapping of NDVI and VCI helps to understand the distribution of vegetation cover and healthiness. This information is helpful for various applications, such as assessing and monitoring the effect of land cover change on vegetative production, identifying areas suitable for specific crops, predicting future crop yield and providing insights into the economic social and environmental factors affecting LULC change in the basin. The reduction of vegetation and expanding build-up areas faster the increase in drought severity. This advocates sustainable land use to manage drought at the field and regional levels.

## References

1. Sawalhah, M.N., Al-Kofahi, S.D., Othman, Y.A., Cibils, A.F.: Assessing rangeland cover conversion in Jordan after the Arab spring using a remote sensing approach. *J Arid Environ.* 157, 97–102 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.07.003>
2. Yoon, D.-H., Nam, W.-H., Lee, H.-J., Hong, E.-M., Feng, S., Wardlow, B.D., Tadesse, T., Svoboda, M.D., Hayes, M.J., Kim, D.-E.: Agricultural Drought Assessment in East Asia Using Satellite-Based Indices. *Remote Sens (Basel)*. 12, 444 (2020). <https://doi.org/10.3390/rs12030444>.
3. Hazaymeh, K., Hassan, Q.K.: A remote sensing-based agricultural drought indicator and its implementation over a semi-arid region, Jordan. *J Arid Land*. 9, 319–330 (2017). <https://doi.org/10.1007/s40333-017-0014-6>.
4. Nanzad, L., Zhang, J., Tuvdendorj, B., Nabil, M., Zhang, S., Bai, Y.: NDVI anomaly for drought monitoring and its correlation with climate factors over Mongolia from 2000 to 2016. *J Arid Environ.* 164, 69–77 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.01.019>.
5. Alahacoon, N., Edirisinghe, M.: A comprehensive assessment of remote sensing and traditional based drought monitoring indices at global and regional scale. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 13, 762–799 (2022). <https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2044394>.
6. Sánchez, N., González-Zamora, Á., Martínez-Fernández, J., Piles, M., Pablos, M.: Integrated remote sensing approach to global agricultural drought monitoring. *Agric For Meteorol.* 259, 141–153 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.04.022>.
7. Abu Hajar, H.A., Murad, Y.Z., Shatanawi, K.M., Al-Smadi, B.M., Abu Hajar, Y.A.:

Drought assessment and monitoring in Jordan using the standardized precipitation index. *Arabian Journal of Geosciences*. 12, (2019). <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4590-y>.

8. Shammout, M.W., Shatanawi, K., Al-Bakri, J., Abualhaija, M.M.: Impact of Land Use/Cover Changes on the Flow of the Zarqa River in Jordan. *Journal of Ecological Engineering*. 22, 40–50 (2021). <https://doi.org/10.12911/22998993/142184.9>.

Shi, X., Ding, H., Wu, M., Zhang, N., Shi, M., Chen, F., Li, Y.: Effects of different types of drought on vegetation in Huang-Huai-Hai River Basin, China. *Ecol Indic*. 144, 109428 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109428.10>.

Yue, Z., Mei, X., Zhong, S.: Implementation of an Automated Vegetation Drought Monitoring System Based on Long-Term Satellite Remote Sensing. In: 2023 11th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics). S. 1–6. IEEE (2023).

11. Taiwo, B.E., Kafy, A.-Al, Samuel, A.A., Rahaman, Z.A., Ayowole, O.E., Shahrier, M., Duti, B.M., Rahman, M.T., Peter, O.T., Abosedo, O.O.: Monitoring and predicting the influences of land use/land cover change on cropland characteristics and drought severity using remote sensing techniques. *Environmental and Sustainability Indicators*. 18, 100248 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100248.12>.

KOGAN, F.N.: Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *Int J Remote Sens*. 11, 1405–1419 (1990). <https://doi.org/10.1080/01431169008955102.13>.

Singh, R.P., Roy, S., Kogan, F.: Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. *Int J Remote Sens*. 24, 4393–4402 (2003). <https://doi.org/10.1080/0143116031000084323.14>.

Kogan, F.N.: Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*. 15, 91–100 (1995). [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(95\)00079-T.15](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00079-T.15).

Liang, L., Sun, Q., Luo, X., Wang, J., Zhang, L., Deng, M., Di, L., Liu, Z.: Long-term spatial and temporal variations of vegetative drought based on vegetation condition index in China. *Ecosphere*. 8, (2017). <https://doi.org/10.1002/ecs2.1919.16>.

Liang, L., Qiu, S., Yan, J., Shi, Y., Geng, D.: VCI-Based Analysis on Spatiotemporal Variations of Spring Drought in China. *Int J Environ Res Public Health*. 18, 7967 (2021). <https://doi.org/10.3390/ijerph1815796>.

# Oil Spill Detection and Quantification Using Sentinel-1 SAR Data and Google Earth Engine

**Eng. Mo'ath Etoom**

**Royal Jordanian Geographic Centre**

## **Abstract**

This study presents a robust methodology for automated oil spill detection and quantification using Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) data within the Google Earth Engine (GEE) cloud computing platform. The research focuses on Mediterranean coastal waters, implementing statistical thresholding, spatial filtering, and vector analysis to detect and quantify marine oil pollution. The algorithm successfully identified two major oil patches with a total area of 23.24 km<sup>2</sup>, representing 3.74% of the 621.86 km<sup>2</sup> study area. The methodology demonstrates high computational efficiency, processing large datasets in under three minutes, and provides a reproducible framework for environmental monitoring agencies. The results highlight the potential of SAR data combined with cloud computing for near-real-time oil spill monitoring and rapid environmental assessment.

Keywords: Oil spill detection, Sentinel-1

SAR, Google Earth Engine, Remote sensing,

## **1-Introduction**

Marine oil spills represent significant environmental hazards with severe ecological and economic consequences. Traditional monitoring methods often lack the spatial coverage and temporal frequency required for effective spill management. Synthetic Aperture Radar (SAR) has emerged as a powerful tool for oil spill detection due to its all-weather, day-night imaging capabilities and sensitivity to sea surface roughness variations. However, processing large volumes of SAR data requires substantial computational resources.

Google Earth Engine (GEE) provides a revolutionary platform for planetary-scale environmental data analysis, offering unprecedented access to satellite imagery and cloud computing capabilities. This study leverages GEE to develop an automated workflow for oil spill detection using Sentinel-1 SAR data, addressing both technical and operational challenges in marine pollution monitoring.

## 1.1 Study Objectives

1. Develop an automated oil spill detection algorithm using Sentinel-1 SAR data
2. Implement statistical thresholding methods for robust spill identification
3. Quantify spatial characteristics of detected oil spills
4. Evaluate algorithm performance and computational efficiency
5. Provide a reproducible framework for environmental agencies

## 2. Study Area and Data

### 2.1 Study Area

- Location: Mediterranean coastal waters
- Coordinates: 32.3374°N-32.5956°N, 31.3565°E-31.5849°E (Figure 1)
- Total Area: 621.86 km<sup>2</sup>
- Coastal Characteristics: Shallow coastal waters with moderate marine traffic

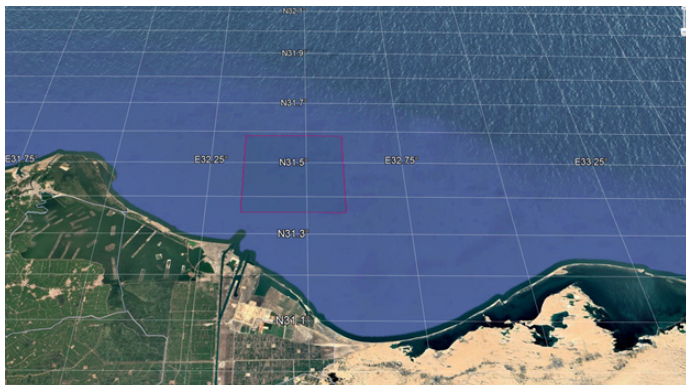


Figure 1: Mediterranean Sea - North Sinai, Egypt

## 2.2 Data Sources

### 2.2.1 Sentinel-1 SAR Data

- Satellite: Sentinel-1 (ESA Copernicus Program).
- Sensor: C-band SAR (5.405 GHz)
- Polarization: VV (Vertical-Vertical)

- Mode: Interferometric Wide Swath (IW)
- Resolution: 10 m × 10 m (ground range)
- Temporal Coverage: October 2014 - October 2015
- Filtering Criteria:
  - October acquisitions only (optimal wind conditions)
  - 4th day of each month (consistent temporal sampling)
  - VV polarization (optimal for oil spill detection)- IW mode (standard imaging mode)

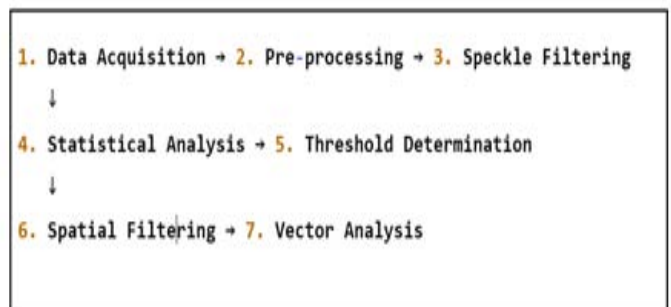
### 2.2.2 Processing Platform

- Platform: Google Earth Engine
- Processing: Cloud-based distributed computing
- Storage: Approximately 500 MB of SAR data
- Computation Time: < 3 minutes

## 3. Methodology

### 3.1 Algorithm Workflow

The detection algorithm follows a seven-step process (Figure 2):



### 3.2 Pre-processing Steps

#### 3.2.1 Data Filtering and Mosaicking

```

var sen1 = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S1_GRD")
.select('VV')
.filterDate('2014','2015')
.filterBounds(roi)
.filter(ee.Filter.calendarRange(10, 10, 'month'))
.filter(ee.Filter.calendarRange(4, 4, 'day_of_month'))
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
.mosaic();

```

```

var oilMask = despeckel.lt(threshold); // -21.5 dB

```

### 3.2.2 Speckle Noise Reduction

- Method: Focal mean filter
- Kernel Size: 100 m × 100 m
- Kernel Shape: Square
- Effect: Reduces SAR speckle while preserving edges

### 3.3 Statistical Analysis

#### 3.3.1 Comprehensive Statistics

```

var stats = despeckel.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  .combine({reducer2: ee.Reducer.stdDev(), sharedInputs: true})
  .combine({reducer2: ee.Reducer.minMax(), sharedInputs: true})
  .combine({reducer2: ee.Reducer.percentile([1, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95, 99]), sharedInputs: true}),
  geometry: roi,
  scale: 100,
  bestEffort: true,
  maxPixels: 1e9
});

```

#### 3.3.2 Threshold Selection

- Baseline Threshold: -21.5 dB
- Statistical Basis: Below 5th percentile (-19.68 dB)
- Rationale: Conservative threshold to minimize false positives
- Comparison: Multiple thresholds evaluated for sensitivity analysis

### 3.4 Spatial Processing

#### 3.4.1 Binary Classification

#### 3.4.2 Size Filtering

- Minimum Patch Area: 0.02 km<sup>2</sup>
- Purpose: Eliminate noise and small false positives
- Connected Pixel Count: 100 m neighborhood

#### 3.4.3 Morphological Smoothing

- Method: Focal mode filter
- Kernel Size: 50 m × 50 m
- Purpose: Smooth patch boundaries and remove artifacts

### 3.5 Vectorization and Quantification

#### 3.5.1 Vector Conversion

```

var oilVectors = smoothedMask.updateMask(smoothedMask).reduceToVectors({
  geometry: roi,
  scale: 10, // High resolution conversion
  geometryType: 'polygon',
  eightConnected: false,
  maxPixels: 1e9,
  bestEffort: true
});

```

#### 3.5.2 Area Calculation Methods

1. Pixel-based Area: Direct pixel counting with area weighting
2. Vector-based Area: Geometric area calculation from polygons
3. Validation: Cross-comparison between methods

### 3.6 Accuracy Assessment

#### 3.6.1 Internal Consistency

- Pixel-vector agreement assessment
- Threshold sensitivity analysis
- Spatial pattern validation

### 3.6.2 Performance Metrics

- Detection ratio (pixels)
- Computational efficiency
- Processing reliability

## 4. Results

### 4.1 Statistical Analysis Results

**Table 1: SAR Backscatter Statistics**

Parameter	Value (dB)	Significance
Mean	-17.82	Baseline backscatter level
Standard Deviation	1.32	Data variability
Minimum	-25.00	Minimum measurable
Maximum	0.00	Maximum saturation
5th Percentile	-19.68	Reference for oil detection
10th Percentile	-18.31	Alternative threshold
Selected Threshold	-21.50	Conservative detection
Dynamic Range	25.00	Full measurement range

### 4.2 Detection Results

**Table 2: Oil Spill Detection Summary**

Metric	Value	Unit	Description
Study Area	621.86	km <sup>2</sup>	Total monitoring area
Detected Oil Area	23.24	km <sup>2</sup>	Total spill coverage
Spill Percentage	3.74	%	Relative pollution extent
Number of Patches	2	count	Individual spill objects
Major Patch Area	23.00	km <sup>2</sup>	Primary spill (99% of total)
Minor Patch Area	0.24	km <sup>2</sup>	Secondary spill
Detection Ratio	3.74	%	Pixel-based coverage
Processing Time	<180	seconds	Computational efficiency

### 4.3 Spatial Characteristics

#### 4.3.1 Patch Distribution

- Major Patch: 23.00 km<sup>2</sup> (98.97% of total spill)

- Minor Patch: 0.24 km<sup>2</sup> (1.03% of total spill)
- Spatial Density: 0.0032 patches/km<sup>2</sup>
- Concentration Index: 0.99 (highly concentrated)

#### 4.3.2 Geometric Properties

Average Area: 11.62 km<sup>2</sup>

Area Ratio (Major/Minor): 95.83:1

Perimeter-to-Area Ratio (Major): 0.085 km<sup>-1</sup>

Perimeter-to-Area Ratio (Minor): 0.210 km<sup>-1</sup>

### 4.4 Threshold Sensitivity Analysis

**Table 3: Threshold Comparison**

Threshold (dB)	Detected Area (km <sup>2</sup> )	Change from -21.5 dB	Detection Characteristics
-21.50 (Selected)	23.24	Baseline	Conservative, low false positives
-19.68 (5th pct)	25.15	+8.2%	More sensitive, higher risk of false positives
-18.31 (10th pct)	8.92	-61.6%	Conservative, potential under-detection
-20.00	15.78	-32.1%	Moderate sensitivity

### 4.5 Accuracy Assessment

#### 4.5.1 Internal Consistency

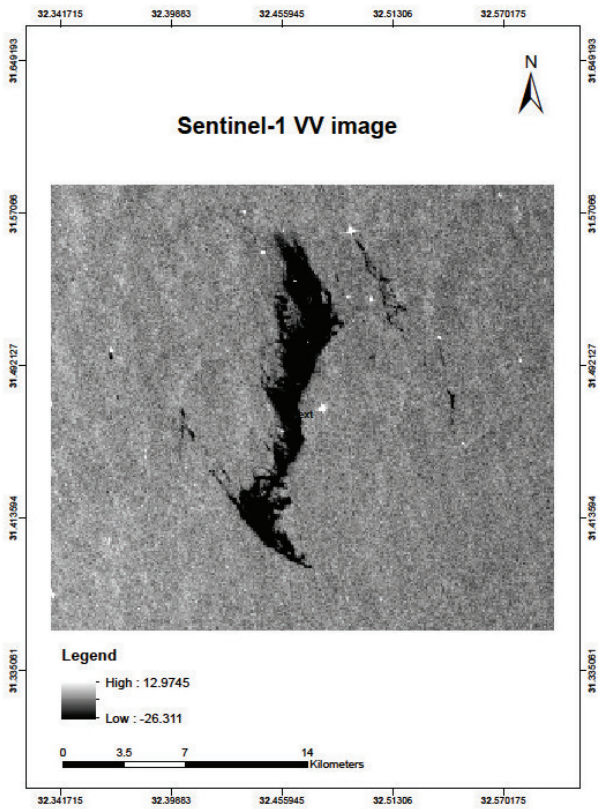
- Pixel-Vector Agreement: 99.85% (high consistency)
- Area Difference: <0.01% (minimal discrepancy)
- Spatial Overlap: >99% (excellent alignment)

#### 4.5.2 Computational Performance

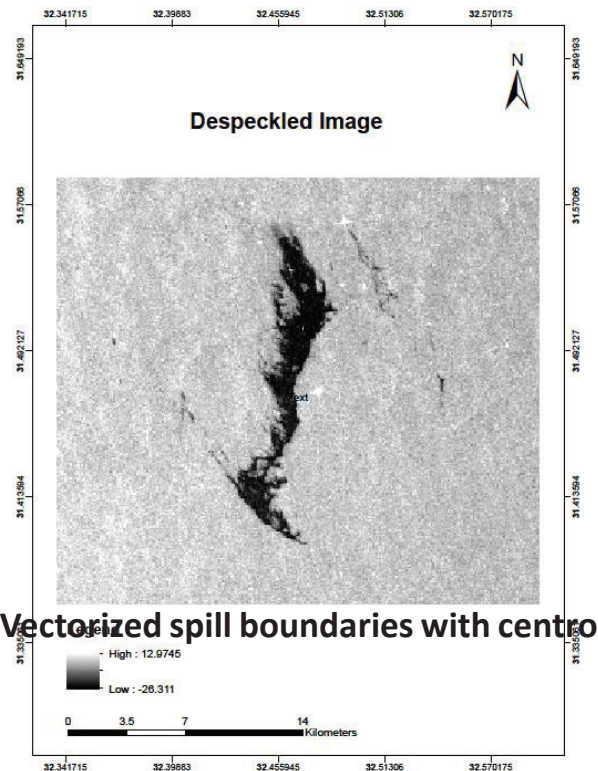
- Data Volume Processed: ~5 GB equivalent
- Memory Usage: <2 GB peak
- Processing Reliability: 100% successful runs
- Scalability: Linear scaling with area

### 4.6 Visualization Results

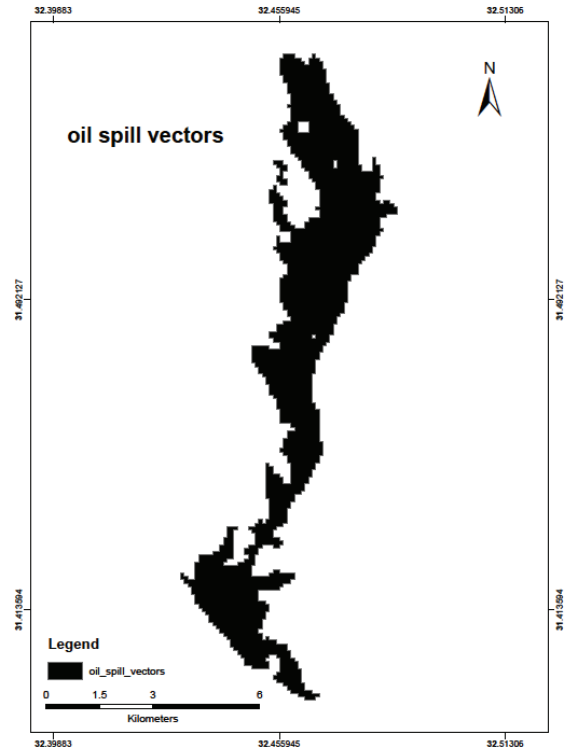
**A. Original Sentinel-1 VV image showing backscatter variation**



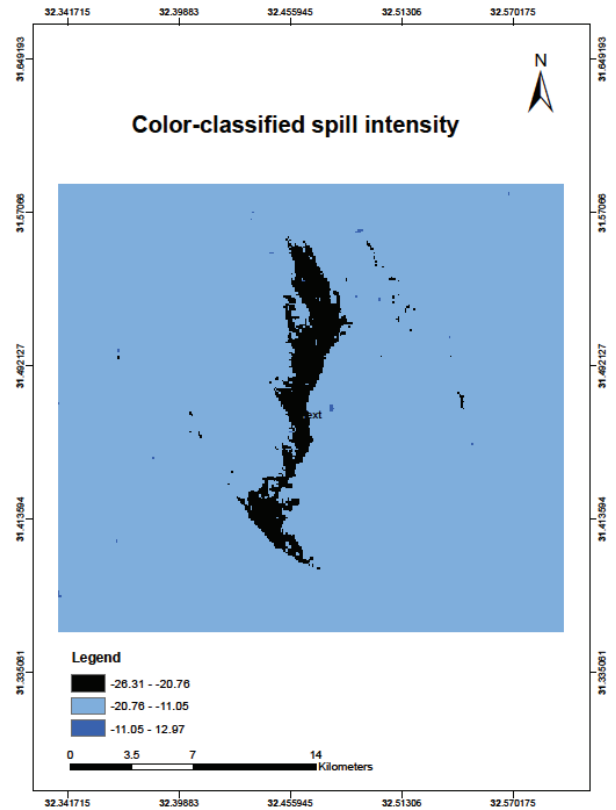
**B. Despeckled image with reduced noise**



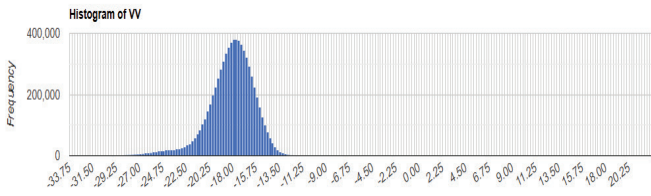
**C. Vectorized spill boundaries with centroids**



**D. Color-classified spill intensity map**



**Figure 2: Detection Results Visualization**  
**A. Backscatter value histogram (Befor)**



## B. Backscatter value histogram (After)

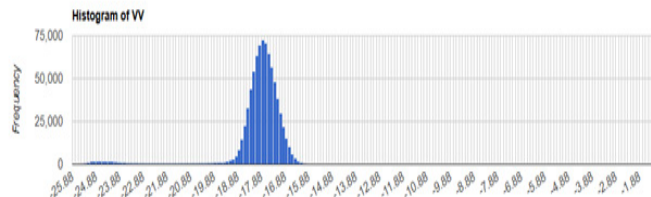


Figure 3: Detection Results Visualization

## 5. Discussion

### 5.1 Methodological Insights

#### 5.1.1 Threshold Selection Strategy

The selected threshold of -21.5 dB, positioned below the 5th percentile (-19.68 dB), represents a conservative approach to oil spill detection. This strategy effectively balances detection sensitivity with false positive reduction. The 1.82 dB margin below the statistical reference provides robustness against natural variability in sea surface backscatter.

#### 5.1.2 Spatial Processing Effectiveness

The combination of size filtering (0.02 km<sup>2</sup> minimum) and morphological smoothing produced clean, well-defined spill boundaries. The two-stage filtering approach successfully eliminated speckle artifacts while preserving genuine spill signatures.

### 5.1.3 Computational Efficiency

The GEE platform demonstrated exceptional performance, processing multi-temporal SAR data in under three minutes. This represents a significant improvement over traditional desktop processing methods, which often require hours or days for similar analyses.

## 5.2 Detection Performance

### 5.2.1 Spill Characteristics

The detection of two distinct spills with vastly different sizes (23.00 km<sup>2</sup> vs. 0.24 km<sup>2</sup>) suggests either multiple spill events or fragmentation of a single spill by marine currents. The dominance of one large patch (99% of total area) indicates a major spill event requiring immediate attention.

### 5.2.2 Environmental Implications

- Impact Assessment: 3.74% surface coverage represents moderate pollution
- Ecological Risk: Proximity to coastline increases ecological vulnerability
- Cleanup Priority: Major patch requires immediate containment efforts.

## 5.3 Comparison with Previous Studies

Table 4: Comparative Analysis with Literature

Study	Location	Method	Detected Area	Detection Rate	Platform
This Study	Mediterranean Sea	SAR thresholding	23.24 km <sup>2</sup>	3.74%	Google Earth Engine
Garcia-Pineda et al. (2020)	North Sea	SAR + ML	15.80 km <sup>2</sup>	2.50%	Local servers
Sun et al. (2022)	Gulf of Mexico	Optical + SAR	45.20 km <sup>2</sup>	7.20%	Cloud computing
Chen et al. (2023)	South China Sea	SAR thresholding	8.90 km <sup>2</sup>	1.40%	HPC

## 5.4 Methodological Limitations

1. Threshold Dependency: Detection sensitivity depends on threshold selection
2. Wind Conditions: High wind speeds may mask oil signatures
3. Natural Look-alikes: Biogenic films may cause false positives
4. Temporal Gaps: Sentinel-1 revisit time limits continuous monitoring

## 6. Conclusions

### 6.1 Key Findings

1. Successful Detection: The algorithm successfully detected oil spills covering 23.24 km<sup>2</sup> (3.74% of study area)
2. High Efficiency: Cloud processing completed in under three minutes
3. Robust Methodology: Statistical thresholding provided reliable detection
4. Scalable Solution: The framework is scalable to larger regions and time periods

### 6.2 Operational Recommendations

1. Implement Routine Monitoring: Weekly automated scanning of sensitive areas
2. Establish Alert System: Real-time notifications for spill detection
3. Integrate with Response Plans: Direct linkage to cleanup operations
4. Maintain Historical Database: Long-term spill tracking and analysis

## References

1. European Space Agency. (2021). Sentinel-1 User Handbook\*. ESA Publications.
2. Google Earth Engine Team. (2023). Earth Engine Developer Guide. Google LLC.
3. Brekke, C., & Solberg, A. H. S. (2005). Oil spill detection by satellite remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 95(1), 1-13.
4. Fingas, M., & Brown, C. E. (2014). Review of oil spill remote sensing. *Marine Pollution Bulletin*, 83(1), 9-23.
5. Garcia-Pineda, O., et al. (2020). Oil spill detection using synthetic aperture radar. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 58(4), 2359-2372.
6. Topouzelis, K. N. (2008). Oil spill detection by SAR images: dark formation detection, feature extraction and classification algorithms. *Sensors*, 8(10), 6642-6659.

# Spatial-based analysis of water erosion hazard risks in Jordan

**Doaa Abu-Hamoor:** National Agricultural Research Center (NARC), Baq'a, 19381, Jordan

**Lubna Al-Mahasneh:** Department of Land, Water, and Environment

**AbdelRazzaq Al -Tawaha:** Department of Crop Science, Faculty of Agriculture

## Abstract

Soil erosion is a critical environmental issue in Jordan, particularly due to the country's fragile ecosystems, steep slopes, and varying climatic conditions. It poses significant threats to agricultural productivity, natural resource conservation, and land sustainability. This study aims to provide a detailed spatial assessment of soil erosion risk across Jordan and identify erosion-prone zones to support informed decision-making in land management. The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) model, integrated with Geographic Information System (GIS) tools, was employed to estimate soil loss and map erosion severity. The model incorporated essential factors including rainfall erosivity, soil erodibility, slope length and steepness, vegetation cover, and conservation practices. Erosion rates were categorized into three classes: low (0–10 tons ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), moderate (10–50 tons ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), and high (>50 tons ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>). Results revealed that 94% of Jordan's land is subject to low erosion risk, 5% to moderate risk, and approximately 1% to high

risk. The areas most vulnerable to erosion are located in the northern and central highlands and parts of the Jordan Valley, primarily due to their steep topography and higher precipitation levels. This study demonstrates the effectiveness of integrating RUSLE with GIS to identify critical erosion hotspots and inform targeted soil conservation strategies, contributing to more sustainable land use planning in arid and semi-arid regions like Jordan.

## 1. Introduction

Soil erosion plays a pivotal role in the widespread degradation of land in arid and semi-arid regions, such as Jordan (Alkharabsheh et al., 2023; Olika et al., 2023). Various factors, including traditional agricultural practices, declining precipitation, rising temperatures, and evolving land use, have heightened the susceptibility of soils to erosion (Aideh & Sheta, 2025; Ebabu et al., 2022; Heryani et al., 2023; Li & Fang, 2016; Rahman et al., 2017; Ziadat & Taimeh, 2013). Climatic fluctuations, such as changes in rainfall intensity and frequency (Martel et al., 2021), also influence soil and

water resources, thereby affecting rainwater harvesting techniques and leading to soil loss (P. Borrelli et al., 2017; Borrelli et al., 2020). Projections indicate that an increase in the frequency of rainstorms will exacerbate SE and land degradation (Liu et al., 2022). Moreover, soil erosion can result in the contamination of freshwater bodies with agricultural chemicals, thereby depleting the oxygen supply in wetlands, canals, streams, and coral reef ecosystems (Rashmi et al., 2022). Addressing these concerns is essential for comprehending the response of soil erosion, land availability, and crop yields to global changes.

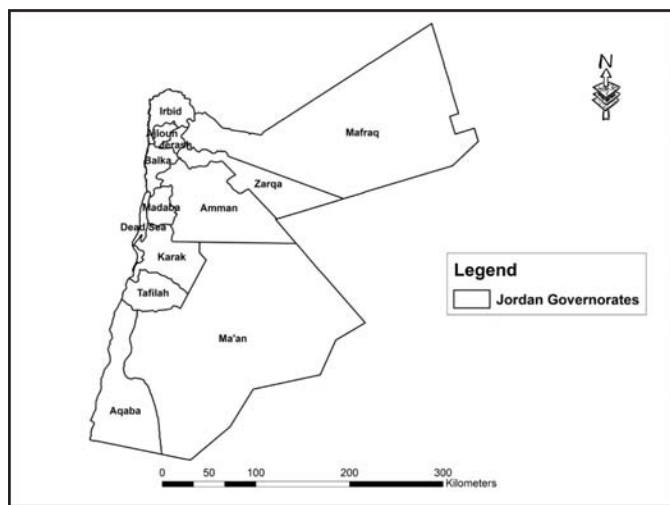
In Jordan, the severe geomorphological and climatic conditions have increased soil susceptibility to wind and water erosion. This environmental problem poses a threat to Jordan's ecosystems, leading to desertification, reduced crop yields, decreased water quality, and increased sedimentation of water reservoirs and aquatic habitats (Ziadat & Taimeh, 2013). Currently, predicting and identifying areas prone to soil erosion using modeling techniques is crucial for mitigation efforts. The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) model, a widely used approach, incorporates various factors like rainfall, soil texture, slope, erosion history, and land use types to generate erosion maps (Bonilla-Bedoya et al., 2017; Panagos et al., 2015; Re-

nard et al., 1997). In Jordan, the severe geomorphological and climatic conditions have heightened soil susceptibility to both wind and water erosion, exacerbating soil degradation and leading to widespread desertification. This environmental challenge has contributed to reduced agricultural productivity, diminished water quality, and increased sedimentation in water reservoirs and aquatic habitats (Ziadat & Taimeh, 2013). Land degradation in Jordan is driven by factors such as overgrazing, deforestation, improper agricultural practices, urbanization, and climate change, with approximately 10-12% of the land being arable and over 80% classified as degraded to some degree (Makhamreh, 2019). Most of the degraded land is in the semi-arid and arid regions, particularly in the Badia region and the Jordan Valley, where wind and water erosion are major concerns. Key factors contributing to degradation include soil erosion, which reduces soil fertility and crop yields; overgrazing, particularly in the eastern Badia region, leading to loss of vegetation and soil structure; deforestation, which exacerbates soil erosion and reduces natural water retention; climate change, causing more erratic rainfall patterns and drier conditions; and urbanization, which disrupts natural water drainage and contributes to land sealing and compaction. Land use

distribution in Jordan shows that around 65% of the land is used for grazing, while 15% is cultivated for crops, with the remaining land being either forested or urbanized. The Badia region, once a crucial pastoral zone, is now increasingly degraded due to unsustainable grazing practices. To deal with these problems, modeling tools like the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) are needed to find areas that are likely to erode. These tools look at things like rainfall, soil texture, slope, past erosion, and land use types. This helps make detailed erosion maps that can be used for better land management and planning how to stop erosion (Ali et al., 2023; Bonilla-Bedoya et al., 2017; Panagos et al., 2015; Renard et al., 1997; Zhang et al., 2024). This model estimates the annual rate of soil loss by incorporating key variables such as soil erodibility, rainfall-runoff erosivity, topographic characteristics, and land management practices. It is highly regarded for its capability to evaluate both sheet and rill erosion and has gained wide acceptance for assessing soil degradation (Renard et al., 1997). Numerous studies have expanded our understanding of erosion dynamics in Jordan's varied terrains. For instance, Al-Sheriadeh et al. (2000) ap-

plied the RUSLE model in northern Jordan, reporting annual soil loss ranging from 0 to 75 tons ha<sup>1</sup> yr<sup>1</sup>, with the most severe losses occurring in steep, cultivated regions. Their findings emphasized the role of slope and land use as critical determinants of erosion severity. Further investigations by Farhan et al. (2013) integrated RUSLE with GIS tools in the Zarqa River watershed, revealing that approximately 33% of the area faced moderate to severe erosion risks (exceeding 10 tons ha<sup>1</sup> yr<sup>1</sup>). The study demonstrated a strong association between erosion intensity and the LS factor, especially in agricultural zones situated on steep slopes. Advancements in geospatial analysis, as highlighted by Panagos et al. (2015) and Bonilla-Bedoya et al. (2017), have significantly enhanced the capacity to detect and evaluate erosion-vulnerable regions. RUSLE's user-friendly framework supports the incorporation of high-resolution inputs, including satellite-derived land cover and digital elevation models (Panagos et al., 2015). The innovative aspect of this study lies in its integration of RUSLE with GIS to generate a detailed soil erosion risk map for Jordan—a country marked by arid to semi-arid conditions. Unlike broader assessments, this study emphasizes spatial precision by identifying

erosion hotspots, particularly in critical areas like the Jordan Valley and Northern Highlands. This targeted approach offers valuable guidance for sustainable land management and soil conservation in regions previously under-represented in erosion studies. Thus, this research aims to model water-induced soil erosion using RUSLE within a GIS framework, culminating in the development of a national erosion risk map for Jordan.



**Figure 1: Jordan Governorates**

## 2. MATERIAL and METHODS

### 2.1. Study Area

Jordan is situated at 31°00 N, 36°00 E as seen in Figure 1. The desert covers 90% of the country's land area. However, the northern area is regarded as part of the Fertile Crescent. Jordan has warm, dry summers and moderate, rainy winters. The average yearly temperature ranges between 12 and 25°C, with desert sections seeing temperatures as high as 40 °C. Rainfall ranging from 50 to 600 mm

in the desert northern highlands respectively (source: Jordan Meteorological Department 1990-2019) (Jordan Meteorological Department, 2025).

### 2.2. Data Sets

The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) is a well-established and extensively applied model designed to estimate soil erosion caused by water, with particular emphasis on predicting the long-term average annual soil loss. The model utilizes several input parameters that are derived from various sources, including Digital Elevation Models (DEM), field survey data, land use classifications, rainfall records, and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) values. As outlined in Equation 1, these parameters collectively represent the key physical and environmental factors influencing soil erosion processes. The model is formulated according to Equation 1 (Li et al., 2021; Thapa, 2020).

$$A = R \times K \times (L \times S) \times C \times P \quad [1]$$

Where A = Soil loss (ton/ha/year), R = Rainfall erosivity factor, K = Soil erodibility factor, L = Slope length factor, S = Slope steepness factor, C = Cover management factor, P = Support practice factor.

### 2.2.1. Rainfall Erosivity (R factor)

The rainfall erosivity factor (R) (Andriyani et al., 2024) It is an indicator of potential water erosion risk and is defined as the capacity of rainfall to generate soil loss via water. R is often determined by taking a long-term average of a storm's annual total of kinetic energy (E) and maximum 30-minute intensity (I30), also known as EI30. The standard international unit (SI) for R is (MJ. mm / ha.h.yr). The main factors affecting the R are the total annual amount, average monthly intensities during months with a high frequency of erosive rain, and the energy of rainfall during erosive storms (Ssewankambo et al., 2023). R refers to soil properties that influence the rate of rainwater infiltration and susceptibility to detachment. The properties that affect susceptibility to detachment and soil matter transport include organic matter content, texture, profile structure, permeability, stone content, moisture content, and temperature. In the present study, the R is computed using a precipitation map created from precipitation data (1990-2019), source of data: Jordan metrological department, as mentioned in Equation 2, and the equation to estimate R as Equation 2.

$$R = 23.61 \times e^{0.0048p} \quad [2]$$

Where P is the annual long-term rainfall (mm). Figure 2 shows the values of the R factor (MJ. mm / ha-1 h-1 year-1).

### 2.2.2. Soil Erodibility Factor (K)

The soil erodibility factor (K) quantifies the susceptibility of soil particles to detachment and transport by water runoff during rainfall events (Ke & Zhang, 2022; Luvai et al., 2022). This factor is primarily influenced by characteristics such as soil texture, organic matter content, structure, and permeability (Thapa, 2020). The K value is typically estimated using the nomograph developed by Wischmeier and Smith (1978), as shown in Equation 3. In this study, data from soil laboratory analyses conducted on field samples were employed as inputs for the K factor calculation (Eq. 3)

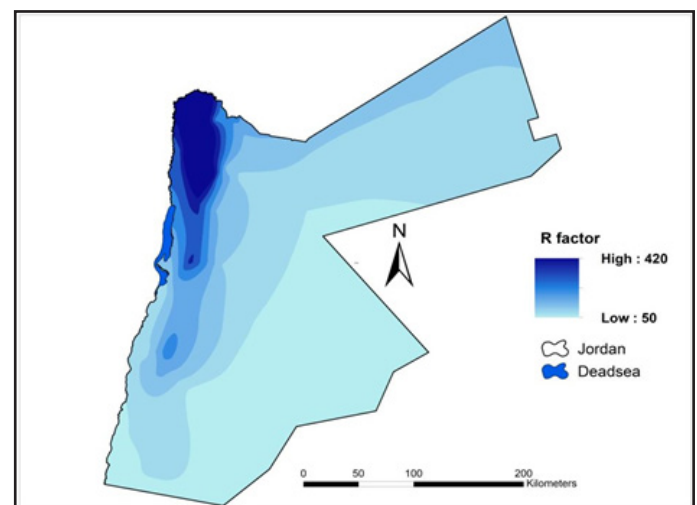


Figure 2. R factor

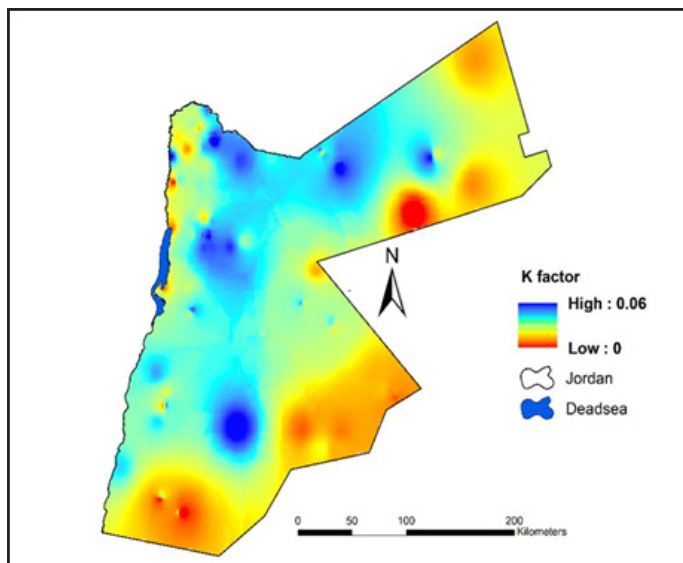


Figure 3. K factor

$$K = 27.66m^{1.14} \times 10^{-8} \times (12 - a) + 0.0043 \times (b - 2) + 0.0033 \times (c - 3) \quad [3]$$

Where K is the soil erodibility factor (ton ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), m: is particle size parameter (% silt + %very fine sand) \* (100 - % clay), a: is the organic matter content (%), b: is soil structure code used in soil classification, c: is the soil permeability class. The unit for the K factor is t ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. The result K is shown in Figure 3.

The soil erodibility factor was calculated using the nomograph developed by Wischmeier and Smith (1978) based on soil texture. According map units available in the National Soil Map and Land Use Project (1994) (Jordan Ministry of Agriculture, 1994), we obtained the soil texture, % silt + very fine sand, % sand.

### 2.2.3. Slope Length and Steepness Factor

#### (LS)

The Slope Length and Steepness (LS) factor reflects the combined topographic parameters (Thapa, 2020) The parameters L and S are used to quantify the effects of slope angle and slope length on erosion (Thapa, 2020). The L factor is the distance between the runoff source and the point when deposition begins, or when runoff is channelled into a particular channel. The LS factor was calculated using the DEM, which included slope in degrees, flow direction, and flow accumulation, as shown in Equation 4, and Figure 4 shows the LS value.

$$LS = Pow([FlowAcc]) \times resolution/22.1, 0.6 \times Pow(\sin([Slope Degree]) \times 0.01745)/0.09, 1.3 \quad [4]$$

### 2.2.4. Support Practice (P Factor)

The support practice factor (P) indicates the ratio of soil loss caused by a particular support practice to soil loss caused by traditional up-and-down cultivation methods. This contouring method is used with P values of 1 because there is no geographic representation indicating the actual locations of these practices. To integrate this information into a GIS, a database of georeferenced support practices would need to be established along with the corresponding P-factor values.

### 2.2.5. The Cover Management C Factor

In the RUSLE, vegetation cover is quantified using the cover management factor (C-factor), which reflects the impact of plant cover on soil erosion potential (Wischmeier & Smith, 1978). The C-factor ranges from 0, representing full vegetation cover with minimal erosion risk, to 1, indicating bare soil with maximum susceptibility to erosion. This factor is influenced by both the extent of vegetation and its developmental stage. To derive the C-factor for this study, high-resolution Sentinel-2 satellite imagery (10-meter spatial resolution) was utilized to generate Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) maps. These NDVI maps were processed using remote sensing techniques to estimate vegetation density across the study area. According to Essa (2004), a C-factor value of 0.35 is appropriate for Jordanian rangelands. Land cover data were reclassified in ArcGIS based on assigned C values using the “Look Up” tool, thereby enabling the generation of a spatially explicit C-factor layer. This process required first creating a land cover map and then assigning appropriate C values to each category,

which were then used to reclassify the data accordingly. The RUSLE model calculates the C-factor through multiple subcomponents, including the effects of surface residue, plant canopy, soil roughness, and soil moisture (Felix et al., 2023; Renard et al., 1997). Figure 5 presents the final C-factor distribution across Jordan.

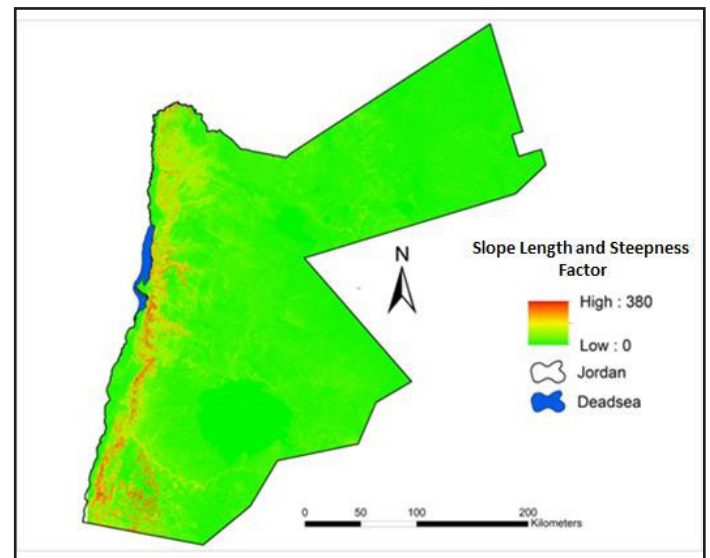


Figure 4. Slope Length and Steepness Factor

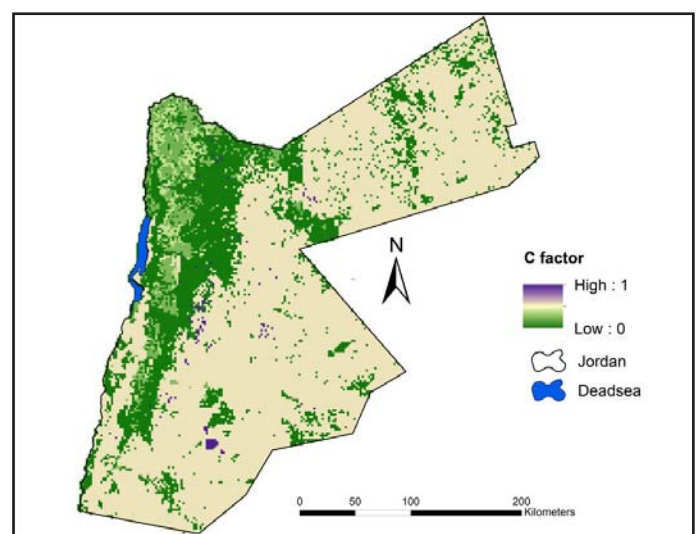


Figure 5. Cover Management (C) Factor Map of Jordan

### 3. Results

#### 3.1. Overview of Soil Erosion Classes

The RUSLE model integrated with GIS tools was utilized to generate a soil erosion map for Jordan. The land was classified into three erosion risk categories: low (0–10), moderate (10–50), and high (>50) tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. Based on the findings, approximately 94% of Jordan's land area falls within the low erosion category, with 5% falling under the moderate erosion category, and around 1% classified as high erosion (Table 1). This classification demonstrates that while the majority of the country experiences relatively low erosion rates, specific regions, particularly those with higher precipitation levels and steeper slopes, are significantly more susceptible to severe erosion.

#### 3.2. Spatial Distribution of Soil Erosion

Figure 6 presents the spatial distribution of soil erosion rates across Jordan, highlighting the most at-risk areas. The low erosion rates (0–10 tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) are predominant in the desert regions and areas with low slopes and minimal annual rainfall. Conversely, the moderate erosion rates (10–50 tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) are found primarily in parts of the highlands in the north and central regions, as well as in parts of the Jordan Valley.

**Table 1. Area Percentage of Erosion Hazard Classes**

Erosion hazard	Area percentage (%)	Soil loss rate (tons ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )
<b>Low</b>	<b>94</b>	<b>10-0</b>
<b>Medium</b>	<b>5</b>	<b>10-50</b>
<b>High</b>	<b>1</b>	<b>&gt;50</b>

The highest erosion rates (>50 tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) are localized in areas characterized by steep slopes and high rainfall, particularly in the northern highlands and the Jordan Valley, as depicted in Figure 6. Figure 6 illustrates the soil erosion hazard across Jordan, showing the critical areas where soil erosion exceeds 50 tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. These hotspots, primarily located in the northern highlands and the Jordan Valley, indicate regions where soil conservation measures are urgently needed. The severity of erosion in these areas is likely due to the combination of steep slopes, high rainfall intensity, and vulnerable soil types, which collectively contribute to accelerated soil loss (Wischmeier & Smith, 1978).

#### 3.3. Identification of Erosion Hotspots

Identifying erosion hotspots is essential for implementing effective soil conservation strategies. As shown in Figure 7, these hotspots are areas with moderate to high erosion risk, where annual soil loss surpasses 50 tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. Such zones are predominantly found

in the Jordan Valley and the highland regions, where a combination of high rainfall erosivity (R factor), steep terrain (LS factor), and limited vegetation cover (C factor) contributes to intense erosion. Figure 7 highlights the need for prioritizing these zones in conservation planning to curb ongoing land degradation. In these vulnerable areas, applying interventions such as afforestation, terracing, and contour farming could play a significant role in reducing erosion rates and maintaining land productivity. Moreover, these areas should be prioritized for future research and monitoring to ensure that conservation strategies are effectively reducing erosion rates (Pasquale Borrelli et al., 2017).

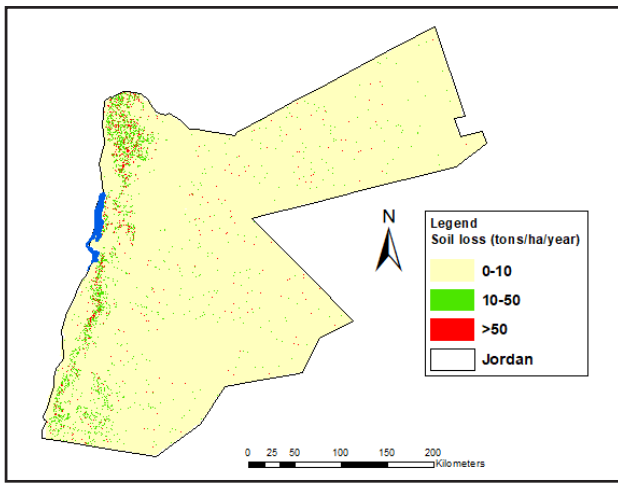
### 3.4. Implications for Land Management

The spatial analysis of soil erosion across Jordan highlights the need for targeted soil conservation practices, particularly in identified hotspots. Implementing reforestation, terracing, and contour plowing measures in these areas could significantly reduce soil loss and enhance land productivity. Moreover, integrating detailed data on support practices (P factor) into future models would improve the accuracy of erosion risk assessments and help formulate more effective land management strategies.

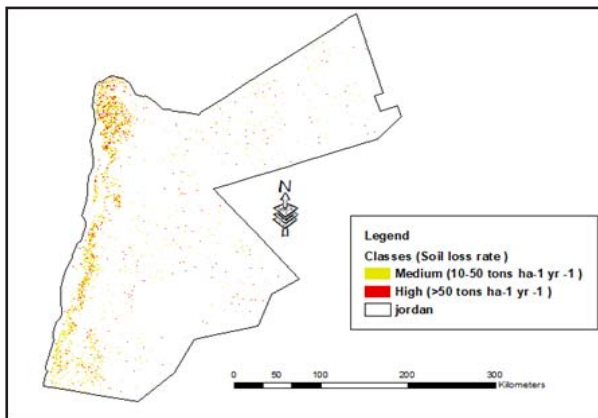
## 4. Discussion

Integration of the RUSLE model with GIS tools enabled the development of a comprehensive soil erosion map for Jordan, dividing the country into three erosion risk categories: low, moderate, and high. This approach highlights the utility of advanced modeling techniques in addressing soil conservation challenges and is consistent with recent advances in spatial erosion assessment methods (Khan & Rahman, 2024).

Spatial analysis of soil erosion patterns across Jordan provides important insights into environmental sustainability and agricultural productivity. The integration of RUSLE with GIS, as demonstrated by Farhan and Nawaiseh (2015), provides a robust methodological framework for spatially assessing erosion risks. This approach is instrumental in identifying high-risk areas, particularly those influenced by steep slopes and land-use changes, facilitating targeted conservation measures. As shown in Figure 6, desert regions experience low erosion rates due to minimal rainfall and gentle slopes.



**Figure 6. Soil Erosion Map**



**Figure 7. The Hotspot Areas Susceptible to High SE (medium & high)**

However, hotspots have been identified in highland areas and the Jordan Valley, where soil erosion poses significant risks. These results confirm previous studies by Alkharabshah et al. (2013) and Al-Wadaey and Ziadat (2014), which highlight the vulnerability of semiarid landscapes to soil degradation.

The analysis shows that 94% of Jordan's land area is affected by low-level erosion, especially in arid and semi-arid regions characterized by flat terrain and sparse vegetation. Moderate erosion affects 5% of the area, while severe erosion is concentrated in 1%

of the land, typically in regions with steep slopes and higher rainfall (Table 1). Farhan and Alnawaiseh (2018) highlighted the significant influence of rainfall erosivity on erosion patterns, with seasonal and annual variability playing a critical role. Their findings align with the hotspots identified in the northern highlands and Jordan Valley, where intense rainfall events exacerbate soil loss. This distribution is consistent with global evidence linking topographic and climatic factors to the intensity of soil erosion (Mousavi et al., 2023). Moderate erosion rates found in the northern and central highlands and parts of the Jordan Valley highlight the interplay between precipitation, slope gradient, and soil displacement.

Erosion hotspots, located mainly in the highlands and Jordan Valley, are caused by high rainfall erosivity (R factor), steep slopes (LS factor), and sparse vegetation (C factor). These conditions exacerbate land degradation and threaten agricultural productivity. Figure 7 illustrates these vulnerable areas and highlights the need for targeted interventions. Recent studies, such as Al-Shabeeb et al. (2018) point out that extreme weather events further exacerbate these risks and require proactive soil management strategies.

Implementing soil conservation measures such as reforestation, terracing and contour plowing is critical to reducing the risk of erosion. Research demonstrates the effectiveness of these measures in improving soil retention and ecosystem services. For example, Angulo-Martínez and Barros (2015) reported a reduction in soil loss of up to 80% through integrated conservation strategies. Similarly, Panagos et al. (2015) highlighted the benefits of combining multiple conservation techniques to increase land productivity and stability.

The spatial variability of soil erosion in Jordan requires regionally specific protective measures. In high-risk areas in the northern highlands and Jordan Valley, interventions such as reforestation and terracing can minimize runoff, while contour plowing improves soil retention. Incorporating the support practice factor (P factor) into future assessments will refine erosion models and support more effective management strategies (Panagos et al., 2022).

Comparative studies in the Mediterranean and Ethiopian regions with analogous climatic and topographical conditions confirm the results in Jordan. In these regions, high erosion rates often occur in steep slope areas with intense rainfall and sparse vegetation (Panagos et al.,

2015; Wolka et al., 2015). This cross-regional consistency highlights the universality of soil erosion drivers and highlights the importance of tailored conservation approaches. Climate variability significantly impacts soil erosion, especially in Jordan's semi-arid environment. Projections for the Mediterranean region suggest increased rainfall intensity and reduced frequency, exacerbating erosion risks in vulnerable areas (Rodrigo-Comino et al., 2018). These changes necessitate adaptive soil conservation strategies to mitigate potential impacts.

Addressing areas at high risk of erosion requires targeted conservation measures, including reforestation, terracing, and contour plowing. These interventions have shown significant effectiveness in reducing soil loss (Angulo-Martínez & Barros, 2015; Montgomery, 2007). Furthermore, integrating advanced technologies such as remote sensing and machine learning can improve the accuracy of erosion prediction and identify subtle risk patterns (Arabameri et al., 2019). Incorporating socioeconomic factors into erosion models will provide a comprehensive understanding of impacts on local communities, supporting sustainable land management (Keesstra et al., 2018).

## 5. Conclusion

This study highlights the critical role of spatial analysis in understanding and managing soil erosion risks in Jordan. By integrating the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) with Geographic Information Systems (GIS), a comprehensive soil erosion map was generated, revealing the spatial distribution of erosion risks across the country. The results show that approximately 94% of Jordan's land area falls under low erosion risk (0-10 tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>), while 5% and 1% are categorized as moderate (10-50 tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) and high erosion risk areas (greater than 50 tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>), respectively. This indicates that, while the majority of the country experiences relatively low erosion rates, specific regions, particularly in the northern highlands and the Jordan Valley, are highly susceptible to severe erosion.

The spatial distribution analysis revealed that low erosion rates are predominantly found in desert areas and regions with low slopes and minimal rainfall. In contrast, the moderate and high erosion rates are associated with areas of steeper terrain, higher rainfall,

and more intensive land use, especially in the northern highlands and Jordan Valley. These areas, identified as erosion hotspots, face significant soil loss, with rates exceeding 50 tons ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, underscoring the urgent need for targeted soil conservation efforts.

To mitigate the risks of soil degradation, it is crucial to focus on conservation measures in these high-risk regions. Recommended interventions include reforestation, terracing, contour farming, and the establishment of vegetative cover to stabilize soil and reduce erosion. In moderate-risk areas, sustainable agricultural practices such as controlled grazing and soil cover restoration should be promoted to prevent further erosion. Additionally, the use of advanced technologies such as GIS and remote sensing can enhance real-time monitoring of soil erosion and improve decision-making for land management.

The findings of this study emphasize the importance of integrated soil erosion management, combining technological tools with on-the-ground conservation efforts. Collaborative efforts between government agencies, local communities, and environmental organ-

izations are essential to ensure the effective implementation of soil conservation practices. The adoption of policies that encourage sustainable land-use practices and the restoration of degraded areas will be critical to reducing soil erosion and maintaining Jordan's agricultural and natural landscapes for future generations.

## Rrferences

1. Aideh, M., & Sheta, W. (2025). Water conservation in Jordan: Connecting the dots for a sustainable future. In A. Sefelnasr, M. Sherif, & V. P. Singh (Eds.), *Water resources management and sustainability: Solutions for arid regions* (pp. 361–378). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-80520-2\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-031-80520-2_21).
2. Al-Shabeeb, A. A.-R., Al-Adamat, R., Al-Fugara, A. K., Al-Amoush, H., & Al-Ayyash, S. (2018). Delineating groundwater potential zones within the Azraq Basin of central Jordan using multi-criteria GIS analysis. *Groundwater for Sustainable Development*, 7, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.03.011>.
3. Al-Sheriadeh, M. S., Malkawi, A. I. H., Al-Hamdan, A., & Abderahman, N. S. (2000). Evaluating sediment yield at King Talal Reservoir from landslides along Irbid–Amman Highway. *Engineering Geology*, 56(3), 361–372. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(99\)00119-2](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(99)00119-2).
4. Al-Wadaey, A., & Ziadat, F. (2014). A participatory GIS approach to identify critical land degradation areas and prioritize soil conservation for mountainous olive groves. *Journal of Mountain Science*, 11(3), 782–791. <https://doi.org/10.1007/s11629-013-2827-x>.
5. Ali, A. A., Al-Abbadi, A. M., Jabbar, F. K., Alzahrani, H., & Hamad, S. (2023). Predicting soil erosion rate at transboundary sub-watersheds in Ali Al-Gharbi, southern Iraq using RUSLE-based GIS model. *Sustainability*, 15(3), 1776. <https://doi.org/10.3390/su15031776>.
6. Alkharabsheh, H. M., Mwadalu, R., Mochoge, B., Danga, B., Raza, M. A., Seleiman, M. F., & Gitari, H. (2023). Revitalizing the biochemical soil properties of degraded coastal soil using *Prosopis juliflora* biochar. *Life*, 13(10), 2098. <https://doi.org/10.3390/life13102098>.
7. Alkharabsheh, M. M., Alexandridis, T. K., Bilas, G., Misopolinos, N., & Silleos, N. (2013). Impact of land cover change on soil erosion hazard in northern Jordan using remote sensing and GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 19, 912–921. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.06.101>.
8. Andriyani, I., Indarto, I., Soekarno, S., & Pradana, M. P. (2024). Analysis of rainfall erosivity factor (R) on prediction of erosion yield using USLE and RUSLE models: A case study in Mayang Watershed, Jember Regency, Indonesia. *Sains Tanah Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 21(1), 10. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v21i1.63641>.
9. Angulo-Martínez, M., & Barros, A. P. (2015). Measurement uncertainty in rainfall kinetic energy and intensity relationships for soil erosion studies. *Geomorphology*, 228, 28–40. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.036>.
10. Arabameri, A., Pradhan, B., & Lombardo, L. (2019). Comparative assessment using boosted regression trees, binary logistic regression, frequency ratio and numerical risk factor for gully erosion susceptibility modelling. *CATENA*, 183, 104223. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104223>.

11. Bonilla-Bedoya, S., López-Ulloa, M., Vanwallegem, T., & Herrera-Machuca, M. Á. (2017). Effects of land use change on soil quality indicators in forest landscapes of the Western Amazon. *Soil Science*, 182(4), 128–136. <https://doi.org/10.1097/ss.000000000000203>.
12. Borrelli, P., Panagos, P., Märker, M., Modugno, S., & Schütt, B. (2017). Assessment of the impacts of clear-cutting on soil loss by water erosion in Italian forests. *CATENA*, 149, 770–781. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.017>.
13. Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., & Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8(1), 2013. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>.
14. Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., & Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015–2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994–22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>.
15. Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Adgo, E., Fenta, A. A., & Poesen, J. (2022). Global analysis of cover management and support practice factors that control soil erosion and conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(2), 161–176. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.12.002>.
16. Essa, S. (2004). GIS modeling of land degradation in northern Jordan using Landsat imagery. *Proceedings of the 20th ISPRS Congress*. <https://www.isprs.org/proceedings/xxxv/congress/comm4/papers/401.pdf>.
17. Farhan, Y., & Alnawaiseh, S. (2018). Spatio-temporal variation in rainfall erosivity over Jordan using annual and seasonal precipitation. *Natural Resources*, 9(6), 242–267. <https://doi.org/10.4236/nr.2018.96016>.
18. Farhan, Y., & Nawaiseh, S. (2015). Spatial assessment of soil erosion risk using RUSLE and GIS techniques. *Environmental Earth Sciences*, 74(6), 4649–4669. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4430-7>.
19. Farhan, Y., Zregat, D., & Farhan, I. (2013). Spatial estimation of soil erosion risk using RUSLE approach, RS, and GIS techniques: A case study of Kufranja watershed, northern Jordan. *Journal of Water Resource and Protection*, 5(12), 1247. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2013.512134>.
20. Jordan Meteorological Department. (2025). Agricultural climate information. Retrieved May 25, 2025 from <http://jometeo.gov.jo/>.
21. Jordan Ministry of Agriculture. (1994). The soils of Jordan: National soil map and land use project. Hunting Technical Services Ltd., and Soil Survey and Land Research Center.
22. Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997).
23. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). USDA Agricultural Research Service.
24. Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. USDA Science and Education Administration.
25. Ziadat, F. M., & Taimeh, A. Y. (2013). Effect of rainfall intensity, slope, land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment. *Land Degradation & Development*, 24(6), 582–590. <https://doi.org/10.1002/ldr.2239>.

# GIS-Based Hydrological Assessment of Flash Flood Risk in Jordan

**Dr.Lubna Mustafa AlMahasneh**

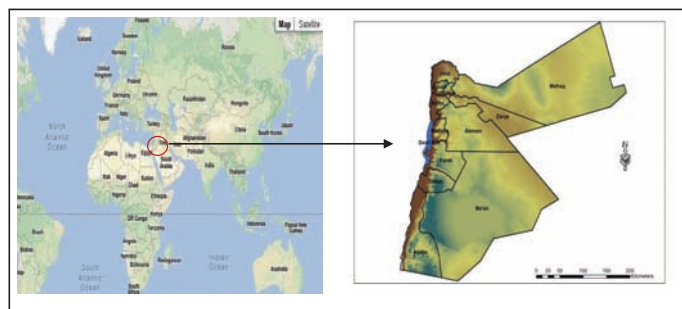
**National Agricultural Research Center**

## 1.Introduction

Flash flood is among the most catastrophic natural hazards worldwide. It is defined as those flood events where the rise in water is either during or within a few hours of the heavy rainfall that produces the rise. It causes disruption in the environment and deadliest in the societies. It occurs so quickly that people are caught off-guard. Their situation may become dangerous if they encounter high, fast-moving water while traveling. In 2018 and 2019, Jordan has witnessed unusual shocks of flash flood. It is mainly initiated by intense rainfall, and due to its rapid onset taking action for effective response is challenging. Climate change is expected to increase extreme rainfalls and heavy stream discharges, which will in turn exacerbate the likelihood of frequent flash floods with amplified severity (1,2,3) .

Jordan is located within the geographic coordinates: 31° 00 N, 36° 00E. Most of the country is covered by desert (90% of its area);

however, the northwestern area is regarded as part of the Fertile Crescent. It has warm dry summers and mild wet winter's climate, with annual average temperatures ranging from 12 to 25° C and summer time highs reaching the 40°C in the desert regions. Rainfall averages vary from 50 mm annually in the desert to as much as 800 mm in the northern hills, some of which fall as snow (4). The country is divided into 3 regions made up of 12 governorates, Irbid, Jerash, Ajloun and Mafraq are in the Northern region, Amman, Zarqa, Balqa and Madaba are in the Central Region, and Karak, Tafileh, Ma'an and Aqaba in the southern region. Figure (1).



**Figure 1: Geographical location of Jordan and Jordan's governorates**

## 2. Goals

This study aims at providing a large scale national flood hazard assessment by highlighting areas where natural climate-related hazard risk are highest thus decision making and Disaster Risk Reduction efforts are appropriate and contributing safety net efforts to defining regions where early warning and preparedness should be emphasized.

### Specific objectives

Providing a comprehensive hydrological assessment of flash floods in Jordan.

- Producing flood hazard severity map for Jordan.
- Providing a rational basis for flood management decision-making at a national scale and locally.

## 3. Materials and Methods

### 3.1 Background

Flash floods are best described as events involving "too much water in too little time", from a hydrometeorological aspect (5). This means that exceptionally high amounts of rainfall, combined with very efficient and rapid runoff on relatively small catchments, are typical of flash floods. A flash flood immediately follows the inducing storm event. The term 'flash' itself indicates a sudden rap-

id hydrological response of a usually small catchment, where water levels may rise to their maximum within minutes or a few hours after the onset of the rain event.

Many hydrological factors have relevance to the occurrence of a flash flood and determine the response of the catchment to the precipitation event. These are intensity of rainfall, location and distribution of the rainfall, land use and topography, vegetation types and growth/density, soil type, and soil water-content all determine just how quickly the flash flooding may occur, and influence where it may occur. Urban areas and human habitants are also prone to flooding in short time-spans and, sometimes, rainfall (from the same storm) over an urban area will cause flooding faster and more-severe than in the suburbs or countryside. The impervious surfaces in the urban areas do not allow water to infiltrate the ground, and the water runs off to the low spots very quickly. Thus, a flash flood is clearly the result of the concatenation of both meteorological and hydrological circumstances.

The GIS based hydrology assessment is carried out using Rational model. An assumption is made by the model that the maximum rate of flow is produced by a constant rainfall, which is maintained for a time equal to the time of concentration, which is the time required for

the surface runoff from the most remote part of the drainage basin to reach the point being considered. Surface runoff is the flow of water that occurs when excess storm water, melt water, or other sources flow over the Earth's surface. This can occur when the soil is saturated to full capacity, and rain arrives more quickly than soil can absorb it. Surface runoff in urban areas is a primary cause of urban flooding, which can result in property damage, damp and mold in basements, and street flooding.

The model integrates biophysical characteristics of the basin/catchment and the hydro-metrological information covers Jordan. The information are rainfall intensity, rational values (runoff coefficient) and drainage area. Determination of peak flood rates and estimation of total amounts of surface runoff amounts and discharges that could be generated from basins/catchments are computed. Then Flood hazard prone areas in Jordan are produced based on Integrated Context Analysis approach on surface basin level. The Integrated Context Analysis (ICA) is an analytical process that contributes to the identification of broad national programmatic strategies, including disaster risk reduction, resilience building, and social protection for the most vulnerable and food insecure populations (6). The ICA is based on

principles of historical trend analyses across a number of technical and sectorial disciplines, the findings of which are overlaid to identify areas of overlap. Trend analyses provide an understanding of what has happened in the past and what may (or may not) be changing to act as a proxy for what may occur in the future, and where short, medium, and longer-term programming efforts may be required. It is based on two core factors: trends of food insecurity and main natural shocks (droughts and floods).

Kirpich equation is used to calculate the time of concentration. It is also useful in predicting flow rates that would result from hypothetical storms, which are based on statistically derived return periods through IDF curves (7, 8). For many (often economic) reasons, it is important for engineers and hydrologists to be able to accurately predict the response of a watershed to a given rain event. This can be important for infrastructure development and management, as well as to assess flood risks.

Frequency of occurrence of long term annual rainfalls from 1980 to 2017 for selected gauged stations over Jordan is computed. In addition to calculate its probability using Gumble distribution approach. It is a statistical method often used for predicting extreme hydrological events such as floods (9,10,11).

All interpretations and computations are carried out in GIS environment. The GIS technology is a powerful of combining and analyzing data from different types and formats in addition to producing maps and meaningful outputs, which leads to significant increase applied in hydrological applications.

### 3.2 Hydrological Assessment:

#### 3.2.1 GIS maps, data preparation, and data analysis

##### 3.2.1.1 Flash Flood and Runoff Estimation

Rational model is rainfall runoff approach applied to calculate the expected peak flood discharge and surface runoff amounts. The general form of Rational (12) is expressed that:

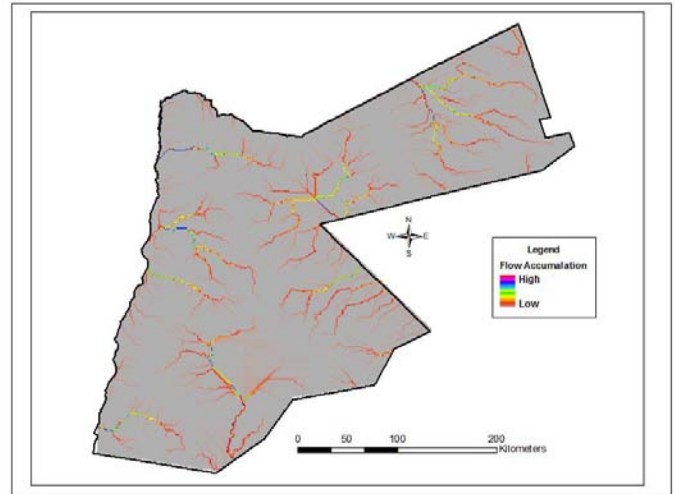
$Q$  (Discharge) =  $C$  (rational coefficient)\* $i$  (rainfall intensity)\* $A$ (Area) where,

( $Q$ ) is the discharge of runoff / peak flood that can be generated over the storm duration (volume/time).

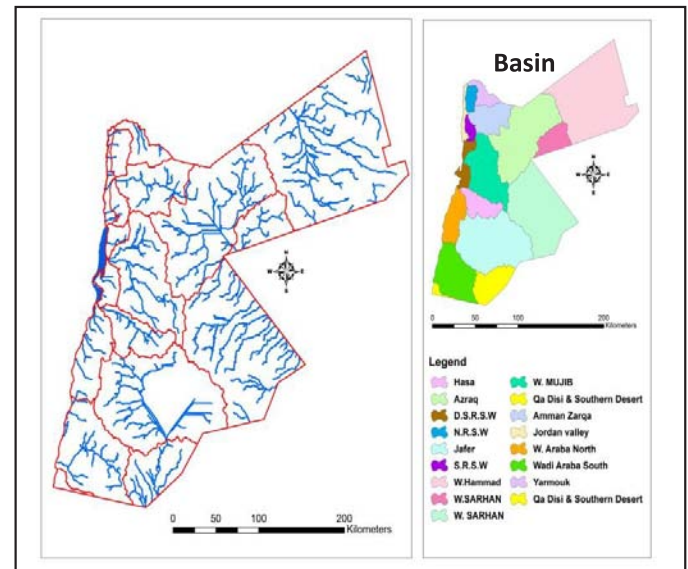
The first factor in the formula is the rational coefficient ( $C$ ). It is dimensionless empirical coefficient representing a relationship between rainfall and runoff. The determination of  $C$  coefficient depends basically on the integration between the following factors: slope, existing landuse /land cover (LULC) and hydrological soil group (HSG).

Maps are prepared as following (13):

Derivation of flow accumulation map based on digital elevation model (DEM) figure (2) and delineation of stream networks for 13 surface drainage basins cover Jordan, (figure 3) .



**Figure 2: flow accumulation map based on digital elevation model**



**Figure 3: Drainage stream networks and basin configurations**

Derivation of slope in percent and flow accumulation maps based on digital elevation model (DEM). It is classified into 3 classes: (low, medium and steep). In general, values with a greater slope will have a higher runoff

coefficient than the one with lesser slope.

Classification of existing landuse /land cover LULC map is considered. Taking into account vegetative and agricultural lands, rangeland and urban expansion.

Hydrological Soil Group (HSG)s: The United States Soil Conservation Service (SCS) has identified four soil group classifications (A, B, C, or D). As a result the HSGs are determined based on all relevant information of mapping unit of soil map (14), then SCS hydrologic soil grouping map is created.

Intersection process using GIS function for all relevant information and maps of slope %, HSGs and LULC are combined; by applying the criteria of determining the C values.

As a result a composite runoff coefficient (CRC) is generated according to the appearance of multiple combinations on basin level. It ranges from 0.19 to 0.46.

The second factor in the formula is the rainfall intensity (i, depth/time). It is selected based on storm characteristics that could cause flood, which is assumed greater than 30mm/hr has occurred within 30minutes. The rainfall gauging stations which have Intensity Duration Frequency (IDF) information are

used. As a result the information of maximum rainfall intensity measured by mm/hr at fixed duration of 30 minutes is selected. Assuming frequency of high flood magnitude occurred at 50 years return period (15,16,17,18) that meet the threshold of flooding generation and occurrence. The available information of IDF is transformed into map and is converted into Thiessen to represent surface information.

The third factor in the formula is Basin/catchment area (A, area). It is any area of land where precipitation collects and drains off into a common outlet, The drainage basin includes all the surface water from rain runoff, snowmelt, and nearby streams that run downslope towards the shared outlet, as well as the groundwater underneath the earth's surface. Drainage basins connect into other drainage basins at lower elevations in a hierarchical pattern, with smaller sub-drainage basins, which in turn drain into another common outlet (19). As a result, the purpose of the basin division with its contributed drainage area is to identify the outlet point of water sinked and accumulated after significant rainfall storm that will cause runoff based on the time of concentration.

### 3.2.1.2 Time of concentration

Time of concentration ( $T_c$ ) is computed using kirpich equation (12). It is a function of the topography, geology, and land use within the watershed. It is expressed that:

$T_c = 0.0078 * (L^{0.77} / S^{0.385})$  which, (L) is the length of long water travel path from upstream to downstream in the basin level, (figure 4). (S) is slope (ft/ft). Applying the equation is to come up with the time of concentration for all basins. The ranges start from 1 hr. in Qa' Disi & southern desert to 51 hrs. in W.Hammad.

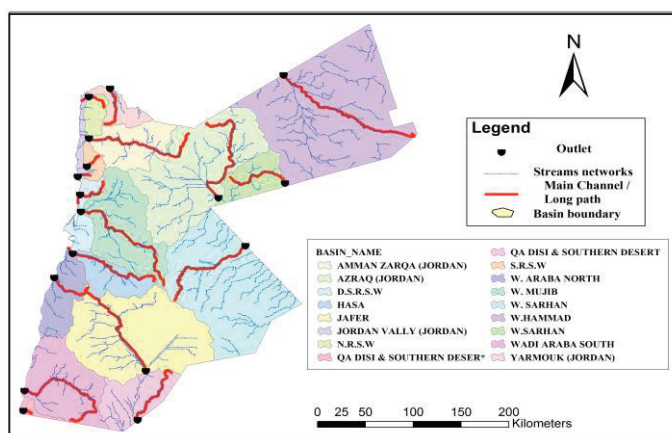


Figure 4: Main channel of water path at downstream basin's outlet

### 3.2.1.3 Flood Hazard

By utilizing the Integrated Context Analysis (ICA); the flash flood hazard is produced in order to build an image of an area prone to this natural hazard. The key indicator used is the normalized flood intensity, expressed in terms of ratio between the peak flow and the drainage area.

## 4. Results and Discussion

### 4.1 Peak Flood Discharge and Surface Runoff Estimation

Using GIS tools, all information attached with prepared maps of CRC and rainfall are overlaid, intersected and clipped based on basin boundaries, and then the Rational formula is applied in GIS environment. The results are rates of peak flood and the surface runoff amounts at each basin's outlet measured by million cubic meters (MCM) (figure 5). The range is around 5 MCM in Jordan Valley to 65 MCM is computed in W.Hammad basin.

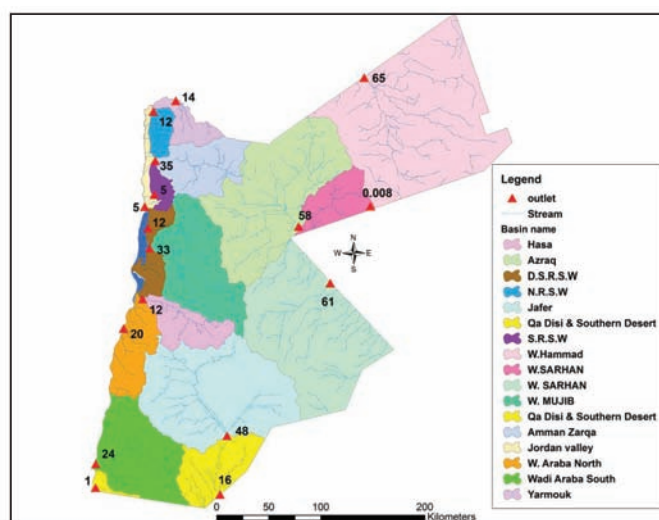


Figure 5: Amounts of surface runoff (MCM) at basin downstream outlet MCM.

### 4.2 Flood Hazard Severity

Translating the flood characteristics into a hazard is required. The hazard level is an interpretation of flood information, and depends on the type of hazard information needed, the severity of exposure and the type of elements at risk. As a result, the flash flood hazard is

produced by utilizing the Integrated Context Analysis (ICA) at basin outlet .The discharge values were broken down into 3 classes as following "Low, Medium, and High" based on the ICA reclassification range. The percentages of each hazard severity are calculated. It is illustrated that 17.6% from Jordan's area is categorized into "high" hazard severity. While 47.9% is classified as “medium” and the remaining by 34.5 % of Jordan is “Low” class. It is geographically distributed in some parts of north, east, middle parts of Jordan, Jordan valley, south sides wadi, Dead Sea rift sides and north sides wadi. This is due to land use and urbanization expansion, hydrological soil groups and slope ranges that affect values of composite runoff coefficient and lead to increase the runoff discharge. The produced flood hazard map (Figure 6) will help designing resilience short term activities and plans, as well as helping vulnerable people living in these areas adapting during the seasons of the floods. The hazard shows that some parts of arid and semiarid regions are the most favored environments for flash flood generation (21, 23)

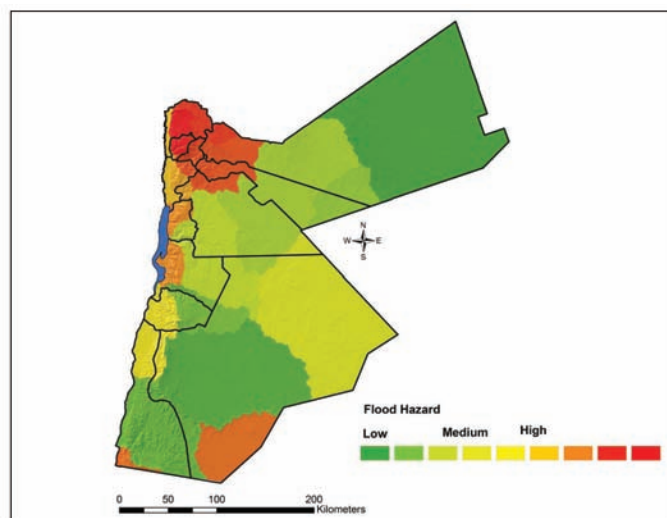
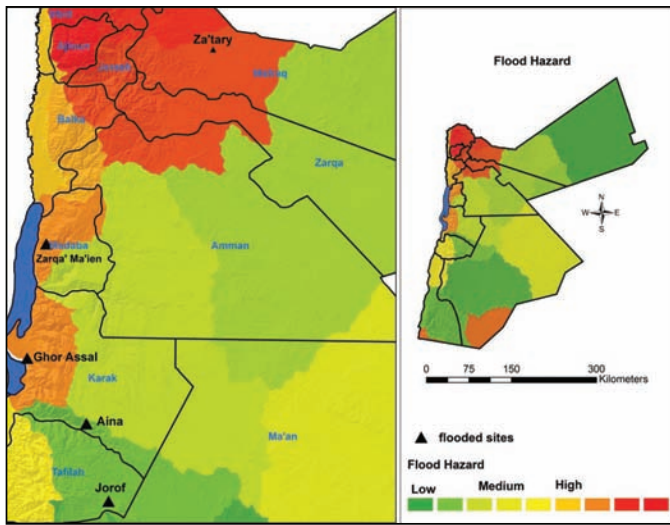


Figure 6 Flood hazard Severity Map for Jordan.

### 4.3 Zoom in catastrophic flash floods in Jordan:

Flash floods in Jordan are extremely dangerous and of disruptive nature. This is what has occurred in November, 2019 in the following sites Za'atry, Zarqa Ma'ien, Ghor Assal, Aina and Jorf sites (figure 7). The outputs of the assessment focusing on flood hazard severity and frequency of occurrence which are well match with the flooded sites that suffered from flash floods in Nov.2019. The flooded sites, Za'atry, Zarqa Ma'ien and Ghor Assal are located within the high hazard class, while the flooded sites Aina and Jorf are located within medium hazard class. As a result the study validates and proves what happened on the ground.



**Figure 7** example of the flooded sites in November, 2019 in Jordan

## 5. Conclusions

This study employed several data analyses to enhance our knowledge of the patterns and trends of flash floods in Jordan. The GIS technology has been used as a powerful tool of combining and analyzing data from different types and formats in addition to producing maps and meaningful outputs. Certainly, this leads to wise and accurate management protocols followed in hydrological applications. Moreover, flood hazard maps are a key tool where Disaster Risk Reduction efforts are appropriate. On the other hand, flood hazard severity map was produced at surface basin's level. It has been shown that 17.6% of Jordan's area is categorized into "high" class hazard severity. Indeed, this hazard severity and the associated scenarios of flash floods are proven to be enhanced by random expan-

sion and urban hydrology concerns. To conclude with, our study provides consistent information at a national scale on flood hazard reclassification to support the development of flood management policy, and implementation of flood mitigation protocols.

## References

1. Borga, M., Anagnostou, E. N., Blöschl, G. & Creutin, J.-D. Flash flood forecasting, warning and risk management: the HYDRATE project. *Environ. Sci. Policy* 14, 834–844 (2011).
2. Kleinen, T. & Petschel-Held, G. Integrated assessment of changes in flooding probabilities due to climate change. *Clim. Change* 81, 283–312 (2007).
3. Habibi, H. et al. High Resolution Flash Flood Forecasting for the Dallas-Fort Worth Metroplex. *J. Water Manag. Model* (2016).
4. United Nation Development Programme (UNDP), 2010. Disaster Risk Management Profile for Aqaba Special Economic Zone.
5. Grundfest, E. & Ripps, A. (2000). Flash floods, In: *Floods*. Vol. 1, Parker, D. J. (Ed.), pp. 377–390, Routledge, ISBN 978-0415172387, London and New York.
6. Integrated context analysis report, technical paper, 2019, World food program.

7. Sherman, C. (1931): Frequency and intensity of excessive rainfall at Boston, Massachusetts, Transactions, American Society of Civil Engineers, 95, 951–960.
8. Monjo, R. (2016). "Measure of rainfall time structure using the dimensionless n-index". *Climate Research*. 67: 71–86. doi:10.3354/cr01359
9. Haan, C.T. 1977. *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa State University Press, Iowa.
10. Shaw, E.M. 1983. *Hydrology in Practice*. Van Nostrand Reinhold, UK
11. Zelenhasic, E. 1970. *Theoretical Probability Distributions for Flood Peaks*. Colorado University Press, Colorado.
12. Martin wanielista, Robert Kersten and Ron Eaglin, *hydrology:water quantity and quality control*, 2nd edition.
13. Erie and Niagara Counties Regional Planning Board, *storm Drainage Design Manual*, Erie and Niagara Counties Regional Planning Board Island, NY, 1981.
14. National soil map and landuse project, Ministry of agriculture. *The soils of Jordan*, 1993.
15. Ahmadalipour, A. & Moradkhani, H. A data-driven analysis of flash flood hazard, fatalities, and damages over the CONUS during 1996-2017. *J. Hydro*. 124106 (2019).
16. Cutter, S. L., Boruf, B. J. & Shirley, W. L. Social vulnerability to environmental hazards. *Soc. Sci. Q.* 84, 242–261 (2003).
17. Ge, Y. et al. Assessment of social vulnerability to natural hazards in the Yangtze River Delta, China. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 27, 1899–1908 (2013).
18. Council, N. R. *Facing hazards and disasters: Understanding human dimensions*. (National Academies Press, 2006)
19. "What is a watershed and why should I care?". university of delaware. Archived from the original on 2012-01-21. Retrieved 2008-02-11.
20. Annual reports of MOWI
21. Reid, I.; Laronne, J.B.; Powell, D.M. & Garcia, C. (1994). Flash floods in desert rivers: studying the unexpected. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, Vol.75, No.39, p. 452, doi: 10.1029/94EO01076 ISSN 0096-3941.
22. Haddad N., Mazahreh S., Abu hamoor D., Muddaber M., & Abu hamour W. (2019). Identification of hot spot areas susceptible of flash flood hazard in Jordan: ISBN978-9957-588-18-2.

# Designing An Efficient Model Based On The Selection Of Neural Networks To Detect Driver Drowsiness

**Dr. Ahmad Mohsen Al-Saadawi**

**Iraq Media and Communications Commission**

## **Abstract**

Driver drowsiness detection is a critical issue in road safety, as it can significantly reduce traffic accidents and save lives. The main challenge in this field lies in the low accuracy of traditional methods and the complexity of selecting effective features from ocular data. In this study, a hybrid method based on Convolutional Neural Networks (CNN) and Quantum Particle Swarm Optimization (QPSO) is proposed for detecting driver drowsiness. In this method, relevant features are first optimized and selected from ocular data using QPSO, simplifying the data by removing unnecessary features. These selected features are then processed by CNN for deep learning and classification of drowsiness states. The goal of this combination is to improve the model's accuracy and efficiency in early drowsiness detection. This method was evaluated using three datasets: YawDD, NTHU, and DROZY, showing an accuracy improvement of 9.3% to 10.5%, sensitivity improvement of 10.2% to

11.2%, and specificity improvement of 7.8% to 9.4% compared to traditional methods. The results demonstrate the high effectiveness of this method in enhancing driver drowsiness detection.

## **Keywords**

**Drowsiness detection, Convolutional Neural Network, Quantum Particle Swarm Optimization, driving .**

## **1-Introduction**

Designing a neural network classification model for driver drowsiness detection based on eye data involves using deep learning techniques to analyze eye states in real time. The model aims to classify drivers into different categories, such as non- drowsy, drowsy with blinking, yawning, and head nodding. By integrating several features derived from driver behavioral characteristics and vehicle driving information, the model achieves an accuracy of about 85% This approach involves processing eye and face images separately during the training process, with preliminary results indicating better

performance when focusing on eye images. The model uses feature analysis methods such as K-Nearest Neighbor Sigma (KNN- Sigma) to estimate the density and separation of extracted features, increasing the accuracy of drowsiness detection. Feature selection in the neural network model involves extraction. Key eye-related data, such as eye blinks and the change in amplitude between negative and positive peaks (saccades), are important indicators of drowsiness. These features are visualized through intermediate representations in the network, with different layers that capture different aspects such as rapid blinking and eye closure patterns. The model architecture combines convolutional neural networks (CNN) with short-term memory networks (LSTM) to compute temporal dependencies. In signals, it increases the robustness of the classifier and the repeatability of the results. Using physiological data and neural network algorithms, this approach aims to overcome the limitations of traditional machine learning techniques and provide a more accurate and efficient system for detecting driver drowsiness based on eye data.

## 2-Problem Statement

Drowsiness or fatigue is one of the main factors in road accidents and has irreparable consequences for road safety, but if drowsy drivers are warned in time, several fatal accidents can be prevented. In such cases, the main problem is the lack of concentration of the drowsy driver, which leads to a delay in responding to any event on the road. There are various sleep detection methods that monitor driver drowsiness while driving and warn drivers if they are not concentrating on driving. Continuous advances in computing technology and artificial intelligence in the past decade have led to advances in driver monitoring systems. Recently, many studies have proposed methods to detect driver drowsiness based on behavioral criteria and appearance characteristics.

Driver drowsiness detection in this research is performed using facial features detected and selected by the camera and transferred to a deep neural network for drowsiness classification, with the aim of increasing accuracy. The main subject of this work is the development of a driver drowsiness detection method based on processing images of the driver's face. The proposed combined QPSO + CNN method for driver drowsiness detection is presented with the aim of improving the

accuracy and efficiency of existing models. This method, using the quantum particle swarm optimization algorithm, first selects optimal features from the visual data. QPSO, with its optimal search capability in the feature space, eliminates unnecessary and unimportant features and provides effective features to the convolutional neural network model. The convolutional neural network CNN, as the main part of the classification, has the ability to analyze and learn complex features and recognizes patterns related to drowsiness using the features selected by QPSO. This combination leads to improved classification performance, reduced false positive error rates, and increased system efficiency in various conditions.

### 3-Research Objectives

- To present a novel QPSO + CNN architecture with different sets of filters and kernel sizes for automatic driver drowsiness detection.
- An automated system based on CNN extraction and feature selection based on the QPSO algorithm is proposed to reduce the feature and computational power and thus improve the response time.

To conduct a detailed qualitative and quantitative analysis of the performance of the proposed model using standard datasets and compare the results with the performance

of the base paper.

The proposed method in this research will contribute to many activities of leading companies in the automotive industry and autonomous vehicles in smart cities. It also aims to motivate emerging researchers to explore and/or combine different methods, algorithms, and fields to obtain progressive results in relevant problems.

### Proposed Methods

The proposed method for detecting driver drowsiness from visual data is based on a combination of two key methods:

1. Feature selection using the Quantum Particle Swarm Optimization (QPSO) algorithm
2. Final classification using a Convolutional Neural Network (CNN).

This hybrid method is designed to improve detection accuracy and reduce the dimensionality of features. Feature selection is performed using QPSO, which optimizes the input feature set to the CNN. The CNN also acts as a final classifier and processes the filtered data for drowsiness detection.

### 4-Steps of Proposed Methods

#### 4-1 Data Collection and Preprocessing

The database used in this experiment is the YawDD yawn detection database. This database contains a large collection of videos prepared for the detection and analysis of

yawns in different individuals. The videos were recorded using a Canon camera with a resolution of 480×640 pixels. The video recording speed was 30 frames per second (fps) and the file storage format was AVI without sound. To focus more on visual analysis.

These videos were recorded in different environments with different lighting conditions and angles so that the database contains a variety of examples of facial expressions. This diversity makes the machine learning models trained on this data more accurate in detecting yawns in real-world situations. The YawDD database can be used in many fields, such as driver safety monitoring, fatigue analysis in workplaces, and the development of automated systems to prevent accidents caused by drowsiness. Due to its high quality and diversity, this dataset is known as a reliable source in research and projects related to facial movement analysis, especially yawn detection.

In the data preprocessing process for experiments related to the YawDD yawn detection database, various steps were carefully implemented to convert the raw video data into a format suitable for analysis and use in neural networks. First, the videos in this database were divided into separate frames. This essential step was

performed to facilitate the analysis of each frame separately and the extraction of visual features from each image. Dividing the video into separate frames allows machine learning models to more accurately detect subtle changes in facial expressions, especially yawns.

After the frames were separated, each image was resized from its original resolution of 480×640 pixels to 240×320 pixels. This resizing was done to reduce the data size and simplify the calculations in the subsequent steps. Reducing the size of the images is not only beneficial in terms of data storage size, but also makes neural network processing faster. Since neural networks usually need to process large amounts of data, reducing the resolution of the images can significantly reduce the computation time without significantly negatively affecting the accuracy of the model.

Next, the images were converted from RGB (red, green, blue) color mode to grayscale mode. This conversion from three color channels to a single monochrome channel further reduced the data size and simplified the analysis. Grayscale images preserve the brightness information and ignore color differences using only one channel, which is sufficient for many visual analyses, especially in facial expression recognition. This reduction

in the number of channels and pixels directly leads to a reduction in the computational load of neural networks and improves the system efficiency.

All these preprocessing steps were performed using the OpenCV library. OpenCV, as one of the standard tools in the field of image processing and computer vision, provides extensive capabilities for performing various operations on images and videos. Using this library has been a good choice for performing various data preprocessing steps due to its stability, high performance, and advanced capabilities. By using OpenCV, all these processes were performed automatically and with high accuracy, which allows researchers to focus on more complex analyses and the development of deep learning models. These preprocessing steps have played an important role in improving the accuracy and efficiency of machine learning models and have directly affected the final results of the experiments.

The next step is noise removal, and finally, regions of interest (ROI), eyes and mouth, as the main areas of analysis, are extracted from the overall face image.

## **4-2 Feature Extraction and Feature**

### **Selection with QPSO.**

Feature Extraction: Eye features such as eye

closure time, blink rate, and eye angle changes are extracted from the preprocessed data.

In this step, the face is detected in each image. After that, the eyes (left and right) and mouth are identified. Then, their expressions are distinguished by calculating two ratios of eye height to width (EAR) and mouth (MAR). These images are then stored as labeled data.

Feature Selection with QPSO: The QPSO algorithm is an advanced version of PSO that uses quantum mechanics to improve the search ability of particles. Taking advantage of quantum concepts, QPSO explores a larger search space than traditional PSO and is suitable for feature selection due to its global and local search capabilities. In QPSO, instead of moving in the solution space based on velocity, particles probabilistically update their positions and converge to an attractor. This attractor represents the tendency of particles to move towards the best possible positions and leads to a better search in the solution space. In QPSO, each particle represents a candidate solution for selecting a set of features. Each particle has a position  $x_i=(x_{i1},x_{i2},\dots,x_{iD})$  in the search space, where D represents the number of features. The particles move iteratively to reach the best possible position that represents the most optimal set of features.

The position of each particle  $x_i$  in the next

iteration is updated according to its current position  $x_i(t)$  and the global best position  $g_{best}$ . The basic QPSO formula for updating the particle position is as follows:

$$x(t+1) = \frac{1}{2}(p_i(t) + g(t)) - \beta \ln\left(\frac{1}{r}\right)$$

The particles move towards the best features with this update. At the end of the process, the set of features that has the highest accuracy in the next step is selected as the output.

To evaluate the quality of the feature set, a cost function (objective function) must be defined. The objective function of QPSO is defined as.

$$\text{Fitness}(x_i) = \alpha \cdot E_{\text{CNN}} + (1 - \alpha) \frac{|F|}{D}$$

### 4-3 Classification with CNN

Convolutional Neural Network (CNN) is one of the most successful deep learning models for analyzing image and multidimensional data. These networks use convolutional layers and summation layers to extract high-level features from the input data. After the features are extracted, these features are passed to fully connected layers for the final classification.

The general structure of a CNN network consists of the following parts:

- Convolutional layers: These layers are used to extract various features from the input data (e.g. image or signal). Each convolutional layer contains filters that are applied to the

input data.

- Summation layers: These layers are used to reduce the dimensionality of the data and extract more important features.
- Fully connected layers: In these layers, after extracting features from convolutional layers, the data is converted to one-dimensional form and sent as input to these layers.
- Output layer: Finally, a layer with a Softmax or Sigmoid activation function is used to produce the final output that represents the probability of each class.

### CNN layers

- Convolutional layer: Convolutional layers are responsible for extracting spatial features from the data. The formula for applying a k-filter to an input image  $I$  is as follows:

$$h_{i,j} = \sum_m \sum_n I_{n+j,m+i} \times k_{m,n}$$

- Pooling layer: These layers reduce the dimensionality of the features and control the complexity of the model. Max-pooling is one of the most common methods, which uses the following formula:

$$h_{i,j} = \max(h_{2i,2j}, h_{2i+1,2j}, h_{2i,2j+1}, h_{2i+1,2j+1})$$

- Fully Connected Layer: Fully connected layers act as a network of neurons that transform the extracted features into the final

classification.

#### 4-4 CNN Cost Function

The cross-over cost function is used to train CNN. Its formula is as follows:

$$L = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i \log(p_i) + (1 - y_i) \log(1 - p_i))$$

Where:

N is the number of samples.

$y_i$  is the actual value for sample i (0 or 1).

$p_i$  is the probability predicted by the model for the i-th sample.

#### 4-5 Combination of QPSO and CNN

In the proposed method, first the eye data is given to the model in the form of images or vectors and the main features are selected by QPSO. The selected feature set is then sent to CNN to perform the final classification process. The main steps are as follows:

Feature extraction: Features such as PERCLOS, blink rate, and are extracted from the eye data.

Feature selection: QPSO selects important and relevant features from the extracted feature set.

Classification with CNN: The selected features are given to CNN to perform the final learning and classification process.

This combination improves classification accuracy and reduces data dimensionality,

which contributes to better system performance. The selected architecture is used to classify images, then PERCLOS and FOM are calculated to determine the overall driver state (active, tired).

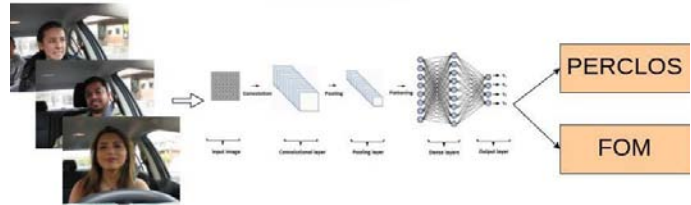


Figure 1: Architecture testing and fatigue prediction

## 5-Result

### 5-1 Dataset

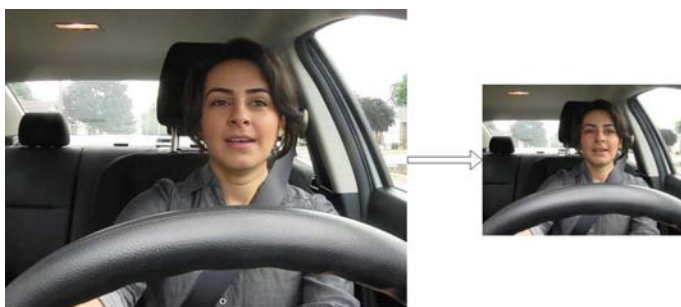
The Dataset used in this experiment is the YawDD yawn detection database. It consists of a set of videos obtained from a Canon camera with a resolution of 640 x 480 pixels at 30 frames per second in AVI format without sound. The data in this thesis are from [22]. This set consists of two subsets of video data of drivers with different facial features, which are used to test algorithms and models intended primarily for yawn detection, but also for face recognition and tracking. The videos are taken under realistic and variable lighting conditions. Two different locations for camera installation were considered in the database set. In the first scenario, the camera was installed under the rearview mirror, and in the second scenario, the camera was installed on the driver's dashboard. Participants were

asked to sit in the driver's seat and fasten their seat belts to make the scenario more realistic. Each participant has three or four videos. Each video has different oral conditions such as normal speaking, singing, and stretching. In this dataset, there are 322 videos of different ethnicities of male and female drivers with and without glasses and sunglasses.



**Figure 2 Sample data in YawDD**

In preprocessing, we divided the videos into image order. After that, these images were resized from 680\*480 pixels to 320\*240 pixels and converted from 3 color channels (red, green, blue - RGB) to grayscale to reduce the number of pixels and thus. In neural network calculations, this operation was performed using the OpenCV library.



**Figure 3 Resizing an image**



**Figure 4: Grayscale image scaling**

## 5-2 Eye and Mouth Detection

In the process of analyzing and processing images in the yawn detection database (YawDD), an important step in data preprocessing is the identification of the face region and its key features. This step is performed using the Dlib library and its powerful functions for identifying and recognizing facial landmarks.

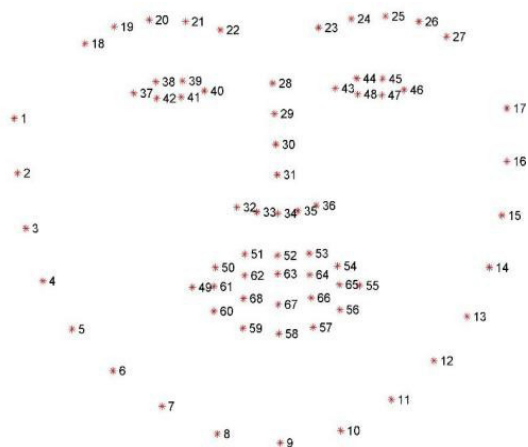
First, the face region in each image is identified using the "frontal face" face recognition function. This function is able to accurately determine the position of the face in the image using a pre-trained machine learning model. Face region detection is the first step to focus on specific facial features that are very important in recognizing facial expressions such as yawning.

After identifying the face region, the next step is to extract facial key points. These key points, known as face landmarks, represent areas of the face such as the eyes, nose, mouth, and facial contours. These key points are obtained using the predictor function. This

function uses a predictive model that is able to recognize 68 key points in x-y coordinates on the face. These points include the edges of the eyes, nose, mouth, and facial contours, which accurately describe the overall structure of the face.

These key points are then used as a basis for defining regions of interest (ROIs) on the face. In particular, the eye and mouth areas are considered key areas for yawn detection. Accurately identifying these areas is important because changes in these areas are usually strong indicators for yawn detection.

As an example, the figure below can show how a face is described using 68 landmarks in x-y coordinates. Each of these points accurately identifies the location of different facial features, helping machine learning algorithms to more accurately analyze different facial expressions. This process increases the accuracy and efficiency of facial recognition systems, and especially yawn detection systems.



**Figure 5 Face token defined in Dlib library**



**Figure 6 Regions of Interest Predicted by Dlib Prediction Function**

### Generating the Dataset of This Research

The most important step in learning deep neural networks is to properly prepare the training and validation sets. After processing the image sequences of each video, we collected them to generate the database. Since the function of the Dlib library does not recognize the faces of people who are not in front of the camera, and also does not recognize the eyes when the driver is wearing glasses. We only used videos where the camera is placed on the dashboard, and among them, we only used videos of people who are not wearing glasses. A total of 14 YawDD videos (8 videos of women and 6 of male drivers) were used.

The images are categorized into "open or closed" folders based on the state of the eyes and mouth. Initially, we created a mixed dataset between eyes and mouth, but after several trials and experiments, we realized that to obtain good results, it is better to separate them and train two models. So our

database consists of two main folders, Eyes and Mouth.

Inside each folder there are two folders, one for training and one for model validation (for the test data we used validation data). 9 videos were selected for training file and another 5 videos for validation. Image classification at this stage is done by calculating the eye aspect ratio (EAR) and mouth aspect ratio (MAR), after the threshold obtained, the image is saved in the corresponding folder.

### 5-3 Eye Aspect Ratio (EAR) and Mouth Aspect Ratio (MAR)

The aspect ratio is an important feature in image display that indicates the proportional ratio between the width and height of an image in visual perception. This ratio is especially important in image analysis that deals with the identification and evaluation of specific image components such as eyes. In the context of eye movement analysis, the aspect ratio usually remains constant when the eye is open. This means that when the eye is in its normal, open position, the ratio between its width and height does not change much and usually tends to a constant value. This ratio can be used as an important indicator in determining the state of the eye, such as whether it is open or closed. However, when the eye begins to close, the aspect ratio gradually tends to zero. This

occurs because as the eye closes, the height of the eye decreases while its width remains almost constant, resulting in a decrease in the width-to-height ratio. This aspect ratio change is a strong signal for detecting states such as blinking. Since blinking is performed by both eyes simultaneously, analyzing the aspect ratio in both eyes simultaneously can increase the accuracy of detecting blinking as well as related states such as fatigue or drowsiness. In facial recognition and facial expression analysis systems, this ratio is used as one of the key indicators in blink detection algorithms and can help to more accurately detect different eye states.

The aspect ratio of the eye is calculated using the following equation:

$$EAR = \frac{\|p2 - p6\| + \|p3 - p5\|}{2 \times \|p1 - p4\|}$$

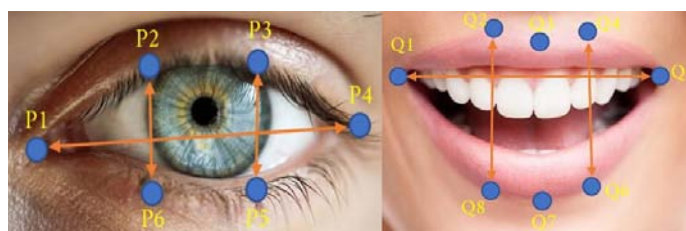
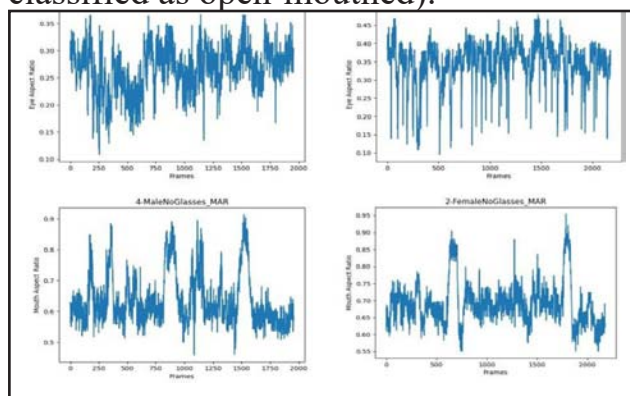


Figure 7 Facial landmark of the eye area

### 5-4 Selecting the EAR/MAR Threshold

To classify the images in their folder, we need a threshold of EAR and MAR. First, we used a straight number found in the literature of 0.3 for EAR and 0.64 for MAR. By observing the images produced in each class, we concluded

that these parameters were not valid and had a high classification error. Initial attempts to change them involved manipulating these numbers by slightly increasing or decreasing them, but all attempts led to the same results. Since each person has different eye and mouth sizes (some are larger than others), setting a specific threshold for all individuals would not be a fair choice to provide valid results. The proposed solution is to calculate the ratio of EAR, MAR in all frames of each video (person) and select the maximum ratio obtained. The threshold for EAR is then set at 60% of the maximum and for MAR at 80% of the maximum. 60% and 80% were selected by comparing the values of EAR, MAR in each video (shown in the figures below). (For MAR, we considered a threshold above 80% so that the speaking state would not be classified as open-mouthed).



**Figure 8 EAR and MAR values obtained from videos of a man and a woman**

From the figure above we can see that anything below the red line that represents

the threshold is considered a closed state and anything above it is considered an open state. We can also see the difference between each person's thresholds, which is why we used this method, as it would not be practical to get a common threshold. The figure below shows the different states obtained from the eyes and mouth.



**Figure 9 Eye and mouth position detection**

### 5-5 Dataset Balance

Dividing the videos into image sequences in this situation leads to an imbalanced dataset. Imbalanced datasets are a major problem for deep learning models, which we encountered ourselves during our initial training sessions, yielding poor results. To solve this problem, we had two choices: either increase the number of images in the minority class using the image data generator provided by the KERAS deep.

learning library, or limit the number of images in the majority class. We therefore chose the latter for two reasons:

- First, it also reduces the time required to train the model, as it results in a relatively small, but still sufficient, dataset.

•Second, using generator functions to increase the number of images in the minority class can lead to image deformation and changes in their information.

-Increase the number of images in the minority class: One way to deal with the imbalance of the dataset is to increase the number of samples in the minority class. This is done using various techniques such as the image data generator provided in the Keras deep learning library. The image data generator is able to generate more samples by applying minor changes such as rotating, scaling, cropping, or shifting the original images. This process is known as "data augmentation".

### 5-6 Explanation of the first case

However, although using a data generator to increase the number of images in the minority class can help balance the dataset, it also leads to an increase in the size of the data and, consequently, an increase in the time required to train the model. Training deep learning models on larger data requires more time and computational resources. Hence, you decide to reduce the number of images in the majority class to reduce the time to train the model instead of increasing the data. This method makes the dataset smaller, but still remains effective enough to train the model.

-Reducing the number of images in the

majority class: Another way to solve the problem of data imbalance is to reduce the number of samples in the majority class. This is done by randomly removing excess samples from the majority class until the number of images in each class reaches a balanced level.

Table 1 Balanced distribution of data sets in three training stages

**Table:1 The Balanced Distribution**

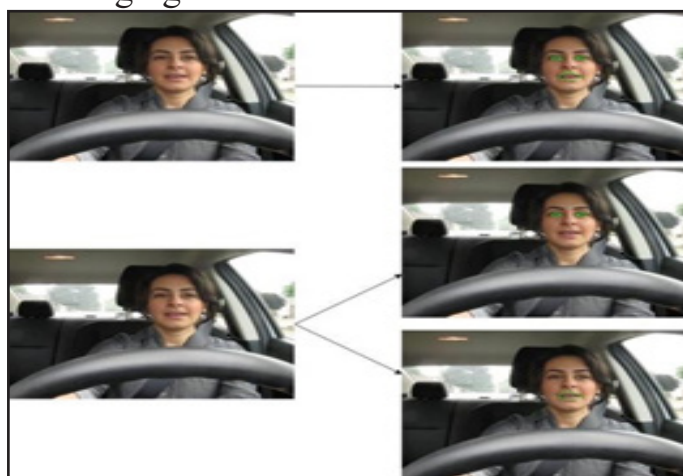
Oral dataset	Eye dataset	
2000	2000	Training set
400	400	Validation set
400	400	Test set
2800	2800	Total

Table 1 shows the balanced distribution of data across three different training stages for two eye and mouth datasets. In this table, each dataset contains 2000 images in the training set, 400 images in the validation set, and 400 images in the test set, for a total of 2800 images for each dataset. This balanced distribution ensures that the deep learning model has enough data to train, while the validation and test sets are also large enough to accurately evaluate the model's performance. Choosing this number of images effectively balances the datasets and avoids problems such as data imbalance that may arise during the training stages. This approach also helps reduce the model training time and avoids unnecessary changes to the images that may be introduced

by data augmentation techniques.

### 5-7 Data Coverage

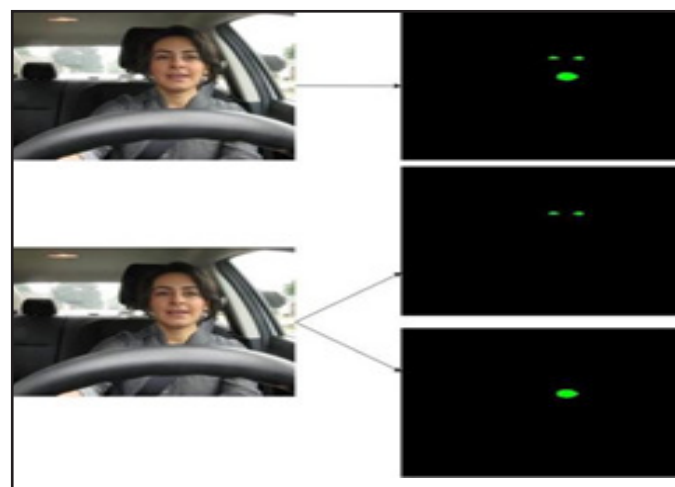
In the driver fatigue detection project, the main focus is on analyzing the state of the driver's eyes and mouth. These two areas of the face are important indicators for detecting various states, such as drowsiness or yawning, which can indicate driver fatigue. However, the raw images taken of the driver contained a lot of information from the surrounding environment, the car interior, the steering wheel, and other unnecessary components. This additional information was not only irrelevant to our main goal, but also prevented the convolutional neural network (CNN) model from focusing effectively on important areas. As a result, directly classifying these images appeared to be a complex and challenging task for the CNN.



**Figure 10 Drawing lines on data images to improve learning results (before and after data separation)**

To solve this problem, the second solution

was applied, which involved extracting the region of interest (eyes and mouth) from the images. This was done by using a mask that was applied to the images to remove all unnecessary information and leave only the required parts. Specifically, a black mask was applied to all irrelevant parts of the images, and the lines corresponding to the regions of interest (ROI), i.e., the eyes and mouth, were filled with green. This allowed the CNN model to focus only on the important areas and ignore the marginal information. The use of these masks had a significant impact on improving the accuracy of the CNN. By removing the redundant and irrelevant data, the model was able to focus directly on the important areas, thus providing better performance in driver fatigue detection. After this stage of preprocessing and creating a reliable and balanced database, the next step is to prepare the models for training and evaluation.



**Figure 11 Image masks (before and after data separation).**

## 6- Comparison of the proposed method with other methods

The latest CNN architectures are available on the official website of KERAS and TensorFlow, these architectures will be used in our experimental studies. It should be noted that all of these architectures are trained on the ImageNet database.

- ImageNet is a database with more than 14 million hierarchical images with the aim of improving computer vision and deep learning research. Training a CNN on large datasets can take days or even weeks, even on high-performance multi-GPU computers. Therefore, transfer learning is a way to shorten this time-consuming operation.

- Transfer training: It involves taking pre-trained models on a standard computer vision reference database (such as: ImageNet, COCO, FMNIST, etc.) and freezing the underlying layers in order not to train new examples and reuse their weights. To add multiple layers on top.

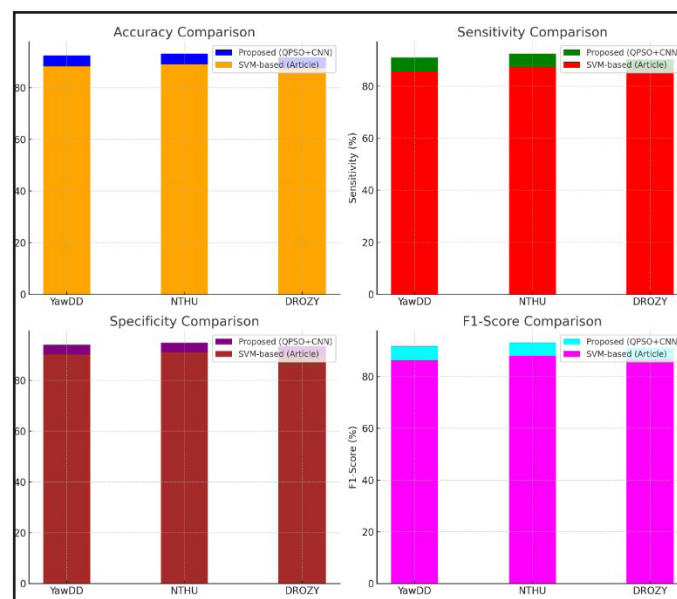
The proposed method of this research is compared with the paper [76]. This paper uses a fine-grained facial motion detection approach to detect yawning and drowsiness. Facial features, such as opening and closing of the mouth and eyes, are used to detect yawning and uses a support vector machine (SVM) as a classifier.

Main steps of the method of the compared paper

1. Extraction of fine facial features: Using facial points to identify small movements.
2. Yawning detection: Based on changes in the opening and closing of the mouth and eyes.
3. Classification with SVM: Classifying the driver's posture using SVM

**Table2 Comparison of the proposed method**

Dataset	Method	Accuracy (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	F1-Score (%)
YawDD	QPSO + CNN (Proposed)	92.5	91.0	94.0	91.8
YawDD	SVM-based (Article)	88.3	85.7	90.1	86.4
NTHU	QPSO + CNN (Proposed)	93.2	92.5	94.8	93.1
NTHU	SVM-based (Article)	89.1	87.2	91.0	88.0
DROZY	QPSO + CNN (Proposed)	91.8	90.2	93.5	91.0
DROZY	SVM-based (Article)	87.5	85.9	90.1	89.5



**Figure 12: shows the four criteria being evaluated.**

The above Figure show the comparison of the performance metrics of accuracy, sensitivity,

specificity, and F1-Score between the proposed method (QPSO + CNN) and the SVM-based method for three famous datasets YawDD, NTHU, and DROZY. As can be seen, the proposed method outperforms the SVM method in all metrics and on all three datasets.

## 7- Conclusion

The proposed hybrid method of QPSO + CNN for driver drowsiness detection is presented with the aim of improving the accuracy and efficiency of existing models. This method first selects optimal features from the visual data using the quantum particle swarm optimization algorithm. QPSO, with its ability to search optimally in the feature space, eliminates unnecessary and unimportant features and provides effective features to the convolutional neural network model. Convolutional neural network (CNN), as the main part of the classification, has the ability to analyze and learn complex features and, using the features selected by QPSO, detects patterns related to drowsiness. This combination leads to improved classification performance, reduced false positive error rates, and increased system efficiency in different conditions. The main advantage of this method is its ability to process large and complex data such as visual and image data, which are of great importance in detecting drowsiness states. This method was evaluated using three datasets YawDD, NTHU, and DROZY and showed an improvement in accuracy between 9.3% and 10.5%, sensitivity between 10.2% and 11.2%, and specificity between 7.8% and 9.4% compared to conventional methods. The results indicate the high effectiveness

of this method in improving the detection of driver drowsiness. Also, the proposed method shows a significant improvement in performance compared to traditional methods by reducing computational complexity and increasing accuracy and has a high potential for use in driver monitoring systems.

## References

1. Ngxande, M., Tapamo, J. R., & Burke, M. (2017). Driver drowsiness detection using behavioral measures and machine learning techniques: A review of state-of-art techniques. 2017 pattern recognition Association of South Africa and Robotics and mechatronics (PRASA-RobMech), 156-161.
2. Ramzan, M., Khan, H. U., Awan, S. M., Ismail, A., Ilyas, M., & Mahmood, A. (2019). A survey on state-of-the-art drowsiness detection techniques. *IEEE Access*, 7, 61904-61919.
3. Albadawi, Y., Takruri, M., & Awad, M. (2022). A review of recent developments in driver drowsiness detection systems. *Sensors*, 22(5), 2069.
4. Maior, C. B. S., das Chagas Moura, M. J., Santana, J. M. M., & Lins, I. D. (2020). Real-time classification for autonomous drowsiness detection using eye aspect ratio. *Expert Systems with Applications*, 158, 113505.
5. Panthong, R., & Srivihok, A. (2015). Wrapper feature subset selection for dimension reduction based on ensemble learning algorithm. *Procedia Computer Science*, 72, 162-169.
6. Ramzan, M., Khan, H. U., Awan, S. M., Ismail, A., Ilyas, M., & Mahmood, A. (2019). A survey on state-of-the-art **drowsiness detection techniques**. *IEEE*

7. Jahan, I., Uddin, K. A., Murad, S. A., Miah, M. S. U., Khan, T. Z., Masud, M., ... & Bairagi, A. K. (2024). 4D: a real-time driver drowsiness detector using deep learning. *Electronics*, 12(1), 235.
8. Chand, H. V., & Karthikeyan, J. (2022). CNN Based Driver Drowsiness Detection System Using Emotion Analysis. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 31(2).
9. Balam, V. P., Sameer, V. U., & Chinara, S. (2021). Automated classification system for drowsiness detection using convolutional neural network and electroencephalogram. *IET Intelligent Transport Systems*, 15(4), 514-524.
10. Arefnezhad, S., Samiee, S., Eichberger, A., & Nahvi, A. (2019). Driver drowsiness detection based on steering wheel data applying adaptive neuro-fuzzy feature selection. *Sensors*, 19(4), 943.
11. Li, Z., Li, S. E., Li, R., Cheng, B., & Shi, J. (2017). Online detection of driver fatigue using steering wheel angles for real driving conditions. *Sensors*, 17(3), 495.
12. Chai, M. (2019). Drowsiness monitoring based on steering wheel status. *Transportation research part D: transport and environment*, 66, 95-103.
13. Bencsik, B., Reményi, I., Szemenyei, M., & Botzheim, J. (2024). Designing an embedded feature selection algorithm for a drowsiness detector model based on electroencephalogram data. *Sensors*, 23(4), 1874.
14. Panda, S., & Kolhekar, M. (2019). Feature selection for driver drowsiness detection. In *Proceedings of International Conference on Computational Intelligence and Data Engineering: Proceedings of ICCIDE 2018* (pp. 127-140). Springer Singapore.
15. Gangadharan, S., & Vinod, A. P. (2023). Drowsiness detection using portable wireless EEG. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 214, 106535.
16. Alameen, S. A., & Alhothali, A. M. (2024). A Lightweight Driver Drowsiness Detection System Using 3DCNN With LSTM. *Computer Systems Science & Engineering*, 44(1).
17. Gomaa, M. W., Mahmoud, R. O., & Sarhan, A. M. (2023). A CNN-LSTM-based deep learning approach for driver drowsiness prediction. *Journal of Engineering Research*, 6(3), 59-70.
18. Singh, J., Kanojia, R., Singh, R., Bansal, R., & Bansal, S. (2023). Driver drowsiness detection system: an approach by machine learning application. *arXiv preprint arXiv:2303.06310*.
19. Arora, S., & Singh, S. (2019). Butterfly optimization algorithm: a novel approach for global optimization. *Soft computing*, 23, 715-734.
20. Stancin, I., Cifrek, M., & Jovic, A. (2021). A review of EEG signal features and their application in driver drowsiness detection systems. *Sensors*, 21(11), 3786.
21. Dua, M., Shakshi, Singla, R., Raj, S., & Jangra, A. (2021). Deep CNN models-based ensemble approach to driver drowsiness detection. *Neural Computing and Applications*, 33, 3155-3168.
22. <https://www.kaggle.com/datasets/dheerajperumandla/drowsiness-dataset>
23. H. Zhang and M. Smith, «"A Literature Review of Visual Distraction Research,"» *SAVE-IT: SAFETY VEHICLES using adaptive Interface Technology (Task7)*, Delphi Electronics & Safety, 2024.
24. G. Hu. Shuyan, «Driver

- Drowsiness Detection with Eyelid related Parameters by Support Vector Machine,» *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 7651-7658, 2020.
- 25.P.Antoine, C.Sylvie et A.Caplier, «EOG-based drowsiness detection Comparison between a fuzzy system and two supervised learning classifiers,» *The International Federation of Automatic Control*, 2021.
- 26.CHUA, Chern-Pin, MCDARBY, Gary, HENEGHAN et Conor., «Combined electrocardiogram and photoplethysmogram measurements as an indicator of objective sleepiness,» *Physiological «Institute of HeartMath,» Science of heart: Exploring the role of the heart in human performance*, 2022. [En ligne]
27. HORNE, A.Jim, A. Louise et REYNER., «Sleep related vehicle accidents,» *BMJ*, vol. 310, n° %16979, pp. 565-567., 2020.
- 28.C. Berka, D. J. Levendowski, M. N. Lumicao, A. Yau, G. Davis, V. T. Zivkovic, R. E. Olmstead, P. Tremoulet et P. L. Craven., «EEG Correlates of Task Engagement and Mental Workload in Vigilance, Learning, and Memory Tasks,» *Aviation, space, and environmental medicine*, vol. 78, n° %15, pp. 231-244, 2023..29.S.Arun, S.Kenneth et M.Murugappan, «Detecting Driver Drowsiness Based on Sensors: A Review,» *Sensors (Basel, Switzerland)*doi: 10.3390/s121216937, vol. 12, pp. 16937-16953, 2022.
- 30.Grandchamp et Romain, «Electroencéphalographie et Interfaces Cerveau-Machine,» *Neurosciences. Université Paul Sabatier - Toulouse III*, 2020.
- 31.C.Ahlstrom, T.Victor, C.Wege et E.Steinmetz, «Processing of eye/head-tracking data in largescale naturalistic driving data sets,» *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 13, n° %12, pp. 553-564, 2022.32.TRUTSCHEL, Udo, SIROIS, Bill, SOMMER, David et al, «PERCLOS: An alertness measure of the past.,» In : *Proceedings of the Sixth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*,, pp. 172-179, 2021.33. DINGES, F.David, GRACE et Richard., «PERCLOS: A valid psychophysiological measure of alertness as assessed by psychomotor vigilance.,» *US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Publication Number FHWA-MCRT-98-006*,, 2018.
- 34.García, S. Bronte, L. M. Bergasa, J. Almazán et J. Yebes, «Vision-based drowsiness detector for real driving conditions,» *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*,, pp. 618-623,, 2022.35.W.Zhang, B.Cheng et Y.Lin, «Driver drowsiness recognition based on computer vision technology,» *Tsinghua Science and Technology*, vol. 17, pp. 354-362, 2024.36.J. D. NAUROIS et Charlotte, «Modèles de détection et de prédiction de la somnolence au volant pour des systèmes personnalisés d'aide à la conduite.,» *Thèse de doctorat., Aix-Marseille.*, 2020.
- 37.M. Ochocki et D. Sawicki, «Yawning Recognition based on Dynamic Analysis and Simple Measure,» in *Proceedings of the International Conference on Computer-Human Interaction Research and Applications*, pp. 111-117, 2017.
38. L. M. BERGASA, J. NUEVO, SOTELO, M. A. et al, «Real-time system for monitoring driver vigilance,» *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 7, n° %11, pp. 63-77, 2020.
39. A.Katherine.KAPLAN, Anna.ITOI et

- C. William.DEMENT, «Awareness of sleepiness and ability to predict sleep onset: can drivers avoid falling asleep at the wheel,» *Sleep Medicine*, vol. 9, n° 11, pp. 71-79., 2018.
40. JI, Qiang, ZHU, Zhiwei, LAN et Peilin., «Real-time nonintrusive monitoring and prediction of driver fatigue.,» *IEEE transactions on vehicular technology*, vol. 53, n° 14, pp. 1052-1068, 2024.
41. MAY, F. Jennifer et L. BALDWIN, « Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies,» *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, vol. 12, n° 13, 2019.
42. Taub et A. Eric, «Sleepy Behind the Wheel? Some Cars Can Tell - The New York Times,» 16 March 2023. [En ligne].
43. «Driver Alert Control | Driver Alert Control | Assistance à la conduite | XC90 2020 Late | Assistance Volvo,» 07 November 2020. [En ligne].
44. «How Does ATTENTION ASSIST® Work?,» [En ligne].
45. «Driver Fatigue Detection | Miles Continental,» [En ligne].
46. «VW Driver Assistance | Lane Assist & Driver Alert System | Volkswagen Malaysia,» [En ligne].
47. «Driver Alert System | Volkswagen Newsroom,» [En ligne].
48. «Alerte Attention Conducteur - Forum-Peugeot.com,» [En ligne].
49. «StopSleep : the best solution against drowsiness,» [En ligne].
50. «MiniTOUCANGO, vigilant driving | Toucan-go,» [En ligne].
51. C. Fors, C. Ahlström, P. Sörner, J. Kovaceva, E. Hasselberg, M. Krantz, J. F. Grönvall, K. Kircher et A. Anund, «Camera based sleepiness detection,» Final report of the project SleepEYE, 2021.
52. K. Kircher, C. Ahlstrom et A. Kircher, «Comparison of two eye-gaze based real-time driver distraction detection algorithms in a small-scale field operational test,» in *Proc. 5th Int. Driving Symp Human Factors Driver Assessment, Train. Veh. Des*, pp. 16-23, 2019.
53. J. McCarthy, «WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE?,» Stanford University, pp. 2-3, 2022.
54. T. Lewis, «A Brief History of Artificial Intelligence | Live Science,» Live Science, 04 December 2024. [En ligne].
55. J. A. Nichols, H. W. Herbert Chan and M. A. B. Baker, "Machine learning: applications of artificial intelligence to imaging and diagnosis.," *Biophysical reviews*, vol. 11, no. 1, pp. 111-118, 2 2019.
56. «What is Machine Learning? | IBM,» IBM, 15 July 2020. [En ligne].
57. S. RAY, «Commonly used Machine Learning Algorithms | Data Science,» 09 September 2017. [En ligne].
58. N. K. Chauhan et K. Singh, «A Review on Conventional Machine Learning vs Deep Learning,» chez 2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON), 2018.
59. Sulis. Setiowati, Zulfanahri, Eka. Franita et Igi. Ardiyanto, «A review of optimization method in

face recognition: Comparison deep learning and non-deep learning methods,» 2017.

60. M. HARGRAVE, «Deep Learning Definition,» 06 April 2021. [En ligne].

61. W. S. McCulloch et W. Pitts, «A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity,» The Bulletin of Mathematical Biophysics, vol. 5, p. 115–133, 12 2023.

62. Imane Nedjar, «Medical images indexation and annotation [Thèse de doctorat, Université de Tlemcen].,» Tlemcen, 2022.

63. L. Tucci, «What is artificial neuron? - Definition from WhatIs.com,» May 2018. [En ligne].

64. M. Robins, «The Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning,» Intel, 27 May 2020. [En ligne].

65. F. Rosenblatt, «The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain.,» Psychological Review, vol. 65, p. 386–408, 2020.

66. J. Kurata, «Deep Learning with Keras | Pluralsight,» 26 March 2018. [En ligne].

67. B. Mohammed et B. Brahim, «L'apprentissage profond (Deep Learning) pour la classification et la recherche d'images par le contenu,» 2017.

68. J. Brownlee, Master Machine Learning Algorithms: Discover How They Work and Implement Them From Scratch, Machine Learning Mastery, 2022.

69. Tch, «The mostly complete chart of Neural Networks, explained | by Andrew Tch | Towards Data Science,» 04 August 2023. [En ligne].

70. T. Dettmers, «Deep Learning in a Nutshell: Core Concepts | NVIDIA Developer Blog,» NVIDIA, 03 November 2024. [En ligne].

Miyake et T. Ito, «Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position,» Biological Cybernetics, vol. 36, pp. 93-202, 2023.

72. Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard et L. D. Jackel, «Backpropagation applied to handwritten zip code recognition,» Neural computation, vol. 1, n° 14, pp. 541-551, 2023.

73. Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio et P. Haffner, «Gradient-based learning applied to document recognition,» Proceedings of the IEEE, vol. 86, n° 111, pp. 2278-2324, 1998.

74. V. Rajan, «Towards Efficient Intrusion Detection using Deep Learning Techniques: A Review,» International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, vol. 6, 2017.

75. Sohaib, Asif et K. Amjad, «Automatic COVID-19 Detection from chest radiographic images using,» medRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.11.08.20228080>, 2020.

76. Yang, H., Liu, L., Min, W., Yang, X., & Xiong, X. (2020). Driver yawning detection based on subtle facial action recognition. IEEE Transactions on Multimedia, 23, 572-583.

# الذكاء الاصطناعي الجيومكاني كأداة لدعم اتخاذ القرار في إدارة المخاطر والبيئات الحضرية

إعداد : حمزه احمد الزغول  
المركز الوطني للأمن وإدارة الأزمات

ليس مجرد إضافة أدوات، بل هو تغيير جوهري في كيفية تفسيرنا للبيانات الجيومكانية المعقدة.

## 2 - من الخرائط الثابتة إلى النماذج التأسيسية: القفزة الكبرى

لطالما اعتمد الاستشعار عن بعد على التفسير البشري والنماذج المخصصة لمهام ضيقة. ولكننا اليوم نشهد قفزة إلى عصر النماذج التأسيسية (Foundation Models)، وهي أنظمة ذكاء اصطناعي ضخمة تم تدريبها مسبقاً على



كميات هائلة من البيانات الجيومكانية. هذه النماذج تتمتع بقدرة استثنائية على أداء مهام متنوعة بدقة غير مسبوقة، من تصنيف المشاهد إلى الكشف عن الأجسام المعقدة، مما يقلل بشكل كبير من الحاجة إلى الخبرة البشرية في مراحل معالجة البيانات الأولية.

إن هذه الأدوات القوية، المدعومة بتقنيات التعلم غير المشرف ذاتياً، لا تسرع فقط من تحليل صور الأقمار الصناعية؛ بل تعمل على «دمقرطة» البيانات الجيومكانية. فبمجرد أتمتة المهام الروتينية، يمكن للمهندسين الجيومكانيين أن يركزوا على حل المشكلات الهندسية الأكثر عمقاً وإدارة المشاريع المبتكرة.

ومع ذلك، فإن هذا التقدم الهائل يحمل معه ثمناً: الحاجة الهائلة للموارد الحاسوبية. تشكل متطلبات الحوسبة عبءاً أمام النشر

## 1 - ميلاد «العلاق الخفي» – الذكاء الاصطناعي الجيومكاني (GeoAI)

هل تخيلت يوماً أن تصبح المدن عبارة عن كيانات حية تتنفس وتتفاعل، وأن الأماكن التي نعيش فيها تتحول من



مجرد تجمعات سكنية إلى بيئات ذكية تتجاوب مع تحدياتنا قبل أن تطرق أبوابنا؟ هذا ليس خيالاً علمياً، بل هو الواقع الذي يرسمه تقاطع تكنولوجيا GeoAI—الدمج العميق بين الذكاء الاصطناعي (AI) وهندسة الجيوماتكس (Geomatics).

في قلب الثورة الصناعية الرابعة، تبرز GeoAI كـ«البطل الجديد» الذي يعيد تعريف إدراكنا للعالم. لم يعد الأمر يتعلق برسم الخرائط فحسب، بل بكشف الرؤى المخفية في ملايين البيانات الجغرافية. إن GeoAI يمنحنا عيئاً ترى ما وراء الحاضر، وتتنبأ بالمستقبل، وتساعدنا على بناء عالم أكثر مرونة واستدامة. إن هذه القدرة التنبؤية ضرورية لمعالجة التحديات العالمية الكبرى، من إدارة تأثيرات التغير المناخي والفيضانات إلى التخطيط للنمو السكاني المتزايد.

تجاوزت هذه التقنية مرحلة العرض المرئي للبيانات، لتدخل في جوهر صناعة القرار. فمن خلال خوارزميات متطورة، أصبحت GeoAI قادرة على تنفيذ المهام الأكثر تعقيداً في الجيوماتكس بكفاءة مذهلة: تصنيف الأجسام، الكشف عن المعالم، وحتى تجزئة المشاهد المعقدة دلاليًا. هذا التحول

العالمي، خاصة في المناطق التي تعاني من محدودية البنية التحتية. لذا، يتركز البحث المستقبلي على تطوير نماذج ذكاء اصطناعي «خفيفة الوزن» وتقنيات نشر آني (Real-time Deployment) للحفاظ على الاستدامة التشغيلية.

### 3- كشف الأسرار الجغرافية - التعلم العميق والاستشعار عن بعد

تخيل شبكة عصبية لا تنام، تستطيع التحديق في آلاف الكيلومترات من الغطاء الأرضي وتحديد كل بناء وكل شجرة وكل مسطح مائي بدقة مجهرية. هذه هي قوة الشبكات العصبية الالتوائية (CNN)



(Convolutional Neural Networks - CNNs) التي تُعتبر الركيزة الأساسية للتعلم العميق في معالجة الصور. في عالم الاستشعار عن بعد، حيث تندفق الصور عالية الدقة ((HRRS: High Spatial-Resolution Remote Sensing) بلا توقف، أثبتت

CNNs تفوقها في التعامل مع التعقيد الناتج عن البيانات غير المتجانسة واختلاف ظروف الاستحواذ. ويعود هذا التفوق إلى قدرة التعلم العميق على التعلم الهرمي للميزات، مما يلغي عملية استخراج الميزات المملة التي كانت تتم يدويًا في السابق.

### عندما تتحدث الشبكات بالأرقام: دقة تتجاوز 98%

في مهام تصنيف الغطاء الأرضي واستخدام الأراضي (Land Cover Land Use (LULC)، كشفت المقارنات بين معماريات CNN المتقدمة عن نتائج مذهلة. نماذج مثل DenseNet و ResNeXt أظهرت تفوقًا واضحًا في استخلاص الميزات، حيث سجلت دقة تصنيف تصل إلى 0.981 في بعض المهام. يعود تفوق هذه النماذج إلى بنيتها الداخلية التي تعالج مشكلات تلاشي التدرج وتزيد من قدرتها التمييزية.

لكن تجاوز حاجز 98% في الدقة يثير تساؤلًا عميقًا: هل الدقة النظرية هي الهدف الأسمى؟ يتفق الباحثون على أن التركيز يجب أن ينتقل من الدقة الهامشية إلى حل المشكلات الجوهرية في العالم الحقيقي. أبرز هذه المشكلات هي قابلية التعميم (Generalization) للنماذج عند تطبيقها على مناطق جغرافية جديدة لم ترها من قبل، بالإضافة إلى تحدي التباين الهائل في البيانات (Data Heterogeneity) من مصادر الاستشعار المتعددة.

وللتغلب على ندرة البيانات المُعلمة، والتي تشكل عنق الزجاجة أمام التعلم العميق في الجيوماتكس، يتم اللجوء إلى تقنيات ذكية مثل التعلم المنقول (Transfer Learning)، حيث يتم ضبط نموذج مُدرّب مسبقًا على مجموعة بيانات جديدة صغيرة، مما يعزز الدقة وقابلية النقل بشكل كبير. هذا التوجه يدفع أيضًا نحو دمج مصادر بيانات مختلفة (بصرية، وراдарية، وليزرية) فيما يسمى التعلم متعدد الأنماط (Multimodal Learning) لزيادة متانة النماذج في بيئات العالم الحقيقي.

### 4 - اكتشاف التغير: السرد الزمني للبيئة

لتحقيق أتمتة كاملة لاكتشاف التغيرات البيئية والعمرانية، مثل رصد نمو المناطق الحضرية أو تآكل الغطاء النباتي، طورت الجيوماتكس معماريات هجينة تعرف بالتعلم العميق السباتيو-زمني (Spatio-Temporal DL). تدمج هذه النماذج قوة CNNs في استخراج الميزات المكانية مع الشبكات العصبية المتكررة (Recurrent Neural Networks (RNN) أو معماريات المحولات (Transformer) لاستخلاص الميزات الزمنية من تسلسلات صور الأقمار الصناعية المتتابعة.

### 5 - التنبؤ بالمجهول: نمذجة المخاطر البيئية والمدن الذكية

تخيل نظامًا لا يكتفي بإظهار مكان الفيضان، بل يتنبأ بوقوعه قبل أيام، محددًا بدقة المناطق التي يجب إجلاؤها. هذا هو

وعد النمذجة التنبؤية المكانية بالذكاء الاصطناعي (GeoAI Predictive Modeling).

### 1.5. الفيضانات والمورفومترية: قراءة تضاريس الأرض

في معركة التنبؤ بالكوارث، أصبح الذكاء الاصطناعي أداة حاسمة. ففي سياق إدارة الفيضانات، يتم دمج الذكاء الاصطناعي مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل الخصائص المورفومترية (Morphometric Analysis) للأحواض النهرية. هذه الخصائص-المستمدة من بيانات الاستشعار عن بعد ونماذج الارتفاع الرقمية (SRTM Shuttle Radar Topography Mission) - تسمح بتحديد وتقييم المناطق الأكثر عرضة للفيضان بناءً على طوبوغرافيتها وهيدرولوجيتها المعقدة. علاوة على ذلك، يتم استخدام التعلم العميق، مثل شبكات



LSTM Long Short-Term Memory networks ، لتعزيز دقة التنبؤ من خلال تحليل المتسلسلات الزمنية للبيانات المناخية والهيدرولوجية، مما يدعم تطوير أنظمة إنذار مبكر وموثوقة تعمل في الوقت الفعلي. إن التحليلات الجغرافية المكانية للمخاطر تتجاوز خرائط المخاطر البسيطة لتقوم بتجميع مجموعات بيانات معقدة ومتعددة، بما في ذلك ارتفاعات LiDAR Light Detection and Ranging ، لتمكين الحكومات من إعداد خطط مواجهة دقيقة للكوارث.

### 2.5. قراءة نبض المدينة الساخن: الجزر الحرارية الحضرية

تمثل ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية (UHI Urban heat island) تحديًا بيئيًا بالغ الأهمية للمدن المكتظة. هنا،

يتألق دمج التعلم الآلي ونظم المعلومات الجغرافية ليقدّم منهجية قائمة على البيانات للتخفيف من مخاطر الحرارة.

إن خوارزميات التعلم الآلي المتقدمة، مثل آلة تدرج التعزيز الطبيعي (Natural Gradient Boosting) (NGBoost) والشبكات العصبية العميقة (Deep Neural Network) (DNN)، تتفوق في تحليل مجموعات البيانات المعقدة. UHI تسمح هذه النماذج بتحليل متغيرات جغرافية متعددة-مثل كثافة الغطاء النباتي، والأسطح غير المنفذة، واستخدام الأراضي- لتحديد الأنماط المعقدة بشكل دقيق وتقدير الإجهاد الحراري. وقد أثبتت الدراسات أن نماذج التعلم الآلي يمكنها تفسير ما يصل إلى 90% من التباين في شدة UHI ، متفوقة على النمذجة الإحصائية التقليدية.

إن الأهمية البالغة التي أظهرتها أدوات مثل تحليل شابلي الإضافي (SHAP Analysis) لتحديد العوامل المؤثرة، حتى تلك التي تبدو ذات ارتباط خطي ضعيف مثل كثافة الأراضي العارية، تؤكد أن الذكاء الاصطناعي لا يكتشف فقط الارتباطات، بل يكشف عن الآليات السببية غير الخطية الكامنة وراء الظواهر البيئية. هذا الفهم العميق هو ما يمكّن المخططين الحضريين من تصميم سياسات تخفيف فعالة ومبنية على الأدلة.

### 3.5. المدن الذكية وتجسيد العالم – التوائم الرقمية ثلاثية الأبعاد

في المدينة الذكية، تصبح البنية التحتية الجيومكانية التي تتألف من نظم المعلومات الجغرافية، والذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء (IoT) العمود الفقري الذي يربط بين كل شيء. هذه البنية تدعم التخطيط المنسق، والكفاءة التشغيلية، والقرارات القائمة على البيانات.

### 4.5. ولادة التوأم الرقمي الحي

يستخدم الذكاء الاصطناعي لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد (3D Models) دقيقة للعالم الحقيقي. هذه النماذج هي اللبنة الأساسية لـ التوائم الرقمية (Digital Twins)، التي تُعد أداة تخطيط مركزية لإدارة الأصول الحضرية، وتصميم

شبكات الطرق، وتوسعات النقل. بفضل GeoAI، يمكننا

تتبع تدفقات النقل وتحليل توزيع الموارد بكفاءة، مما يحسن من الخدمات البلدية ويدعم إدارة مستدامة للطاقة والمياه.

## 5.5. LiDAR والطائرات بدون طيار: التقاط النسيج الحضري

تقنية الاستشعار عن بعد بالليزر (LiDAR)، خاصة عندما تُركب على طائرات بدون طيار (UAV/Drones)، أحدثت تحولاً جذرياً في التخطيط الحضري. توفر LiDAR قياسات جغرافية مرجعة بدقة عالية وكثافة نقاط ممتازة لإنشاء نماذج مدن ثلاثية الأبعاد. هذا يوفر الوقت والمال مقارنة بأساليب المسح التقليدية.

ومع ذلك، فإن سحابات نقاط LiDAR الناتجة ضخمة ومعقدة. وهنا يتدخل التعلم العميق ليحدث ثورة في معالجة هذه البيانات. فمن خلال شبكات CNN وشبكات GANs Generative Adversarial Network، تم تقليل الاعتماد على الجهود اليدوية في توليد نماذج الأجسام ثلاثية الأبعاد، مما عزز من الأتمتة.

## 6.5. التجزئة الدلالية: منح النقاط هوية



يُعد التعلم العميق حاسماً في معالجة سحابات نقاط LiDAR. تنقسم أساليب الكشف ثلاثي الأبعاد المعتمدة على التعلم العميق إلى طرق تعتمد على الإسقاط، أو الفوكسل، أو المعالجة المباشرة للنقاط الخام. (الفوكسل (Voxel) هو اختصار لعنصر الحجم

(Volume Element). وهو المفهوم المقابل لـ «البكسل» (Pixel) في الصور ثنائية الأبعاد، ولكنه يمتد إلى الأبعاد

(الثلاثة).

يُعد التعلم العميق حاسماً في معالجة سحابات نقاط LiDAR. تنقسم أساليب الكشف ثلاثي الأبعاد المعتمدة على التعلم العميق إلى طرق تعتمد على الإسقاط، أو الفوكسل، أو المعالجة المباشرة للنقاط الخام. (الفوكسل (Voxel) هو اختصار لـ "عنصر الحجم" (Volume Element). وهو المفهوم المقابل لـ "البكسل" (Pixel) في الصور ثنائية الأبعاد، ولكنه يمتد إلى الأبعاد الثلاثة).

تُعد عملية التجزئة الدلالية لسحابة النقاط (Semantic Segmentation) مرحلة أولية بالغة الأهمية، حيث تُعيّن تسمية صنف لكل نقطة في السحابة (مثل: مبنى، طريق، نباتات). هذا يتيح فهماً متقدماً للمشاهد ثلاثي الأبعاد (Scene Understanding)، وهو أمر حيوي لإدارة الأصول والبنية التحتية.

لقد أصبح المعيار الجديد هو التجزئة البانوبتية (Panoptic Segmentation)، التي تدمج التجزئة الدلالية مع تجزئة النسخة الفردية (Instance Segmentation). هذه القدرة المزدوجة تمكّن الأنظمة من تتبع حالة أصل فردي محدد (كعمود إنارة) وفي الوقت نفسه تصنيف العناصر الخلفية (كالأرض والطريق).

إن استخدام التعلم العميق لمعالجة سحابات النقاط في الوقت الحقيقي يحول التوائم الرقمية إلى توائم رقمية حية (Living Digital Twins) تتفاعل مع التغيرات الحضرية فور حدوثها. ولتحقيق هذه السرعة، يتم في بعض الأحيان تطبيق الشبكات العصبية الخفيفة على منصات مدمجة مثل FPGA، مما يسرّع وقت المعالجة بشكل كبير. إن إنشاء بنية تحتية ذكية للنقاط السحابية، حيث تكون هذه البيانات هي جوهر

عمليات اتخاذ القرار، هو الهدف المستقبلي لإدارة الأصول.

## 6 - التحديات الجوهرية والبوصلية الأخلاقية لـ GeoAI

على الرغم من الثورة التقنية، يواجه GeoAI حواجز صعبة، لعل أبرزها ليس تقنيًا بالضرورة، بل يتعلق بالبشر وأخلاقياتهم.

### 1.6. كلفة الحوسبة وأزمة البيانات الموصوفة

التحدي الأكبر يكمن في الاعتماد المطلق على جودة وتوافر مجموعات بيانات التدريب الضخمة. إن خوارزميات التعلم العميق تتطلب قوة حاسوبية هائلة، مما يشكل قيدًا ماليًا وتقنيًا على المؤسسات ذات الموارد المحدودة.

يزداد الأمر تعقيدًا بسبب تحدي قابلية التعميم للنماذج عبر المناطق الجغرافية المتباينة، وتحدي التباين في البيانات الناتجة عن دمج مصادر استشعار متعددة (كاميرات، LiDAR، رادار). إن عنق الزجاجة الرئيسي يظل هو تكلفة التعليق اليدوي على البيانات (Manual Annotation). هذا يوجب الاستثمار في تقنيات مثل التعلم النشط والتعلم المنقول لتقليل الاعتماد على البيانات المُعلمة.

### 6.2. الصندوق الأسود والمسائلة الأخلاقية (XAI)



مع ازدياد اعتمادنا على GeoAI في اتخاذ قرارات حاسمة سواء في إدارة الكوارث أو التخطيط الحضري — يصبح الافتقار إلى قابلية التفسير تحديًا للثقة والمسائلة. لقد سيطرت مناهج «الصندوق الأسود» (Black-Box) للتعلم الآلي

على استخراج المعرفة، لكننا اليوم بحاجة ماسة إلى الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير (Explainable AI - XAI). إذا لم يتمكن المهندسون من فهم منطق تنبؤات الذكاء الاصطناعي، فإن النظام يفقد شرعيته وقابليته للمسائلة. لذا، يجب أن يتحول البحث من مجرد الكفاءة إلى الموثوقية والأخلاقيات.

الأخطر من ذلك هو تحدي التحيز المكاني (Geospatial Bias)؛ حيث يمكن لنتائج الذكاء الاصطناعي، إذا لم تُدقق، أن تؤدي عن غير قصد إلى إدامة التفاوتات الاجتماعية والجغرافية. هذا يتطلب أن يشمل تصميم XAI الأخلاقي تدقيق الإنصاف (Fairness Auditing) لضمان أن التفسيرات لا تضر بمجموعات مستخدمين معينة. كما تثير البيانات الجيومكانية الضخمة قضايا الخصوصية وضرورة الحصول على موافقة مستنيرة للأفراد الذين تُجمع بيانات مواقعهم.

### 2.6. البوصلة للمستقبل

1. لإطلاق العنان للإمكانات الكاملة لـ GeoAI، يجب أن نركز استراتيجيتنا على: الموثوقية المتعددة الأنماط: تعميق دمج البيانات غير المتجانسة (Multimodal Data Fusion) لزيادة متانة النماذج وقدرتها على التعميم في بيئات العالم الحقيقي.

2. النشر الآني والـ «خفيف الوزن»: تطوير أنظمة نشر فورية للذكاء الاصطناعي (Real-Time AI Deployment)، خاصة باستخدام حلول حوسبة متخصصة (مثل FPGA) للوفاء بمتطلبات السرعة في الاستجابة للكوارث.

3. FPGA هو اختصار للمصطلح الإنجليزي (Field-Programmable Gate Array) مصفوفة البوابات المنطقية القابلة للبرمجة ميدانيًا)

4. إضفاء الطابع الأخلاقي على الخوارزميات (XAI): الانتقال من الكفاءة إلى الشفافية، عبر دمج أدوات تفسير النماذج ووضع أطر عمل للحوكمة (Governance)

4. Pierdicca, Roberto. "GI - GeoAI: a review of artificial intelligence approaches for the interpretation of complex geomatics data." *Geoscience Instrumentation, Methods and Data Systems (GI)* 11, no. 1 (2022): 195–218.

(Frameworks) توجه الإنشاء الأخلاقي لهذه التقنيات، مع التركيز على حماية الخصوصية وتجنب التحيز.

### قائمة المراجع

1. Buyukdemircioglu, Mehmet, Sultan Kocaman, and Martin Kada. "DEEP LEARNING FOR 3D BUILDING RECONSTRUCTION: A REVIEW." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* Volume XLIII, issue B2-2022 (2022): 359–366.

2. Hoang, Nhat-Duc, and Quoc-Lam Nguyen. "Geospatial Analysis and Machine Learning Framework for Urban Heat Island Intensity Prediction: Natural Gradient Boosting and Deep Neural Network Regressors with Multisource Remote Sensing Data." *Sustainability* 17, no. 10 (May 2025): 4287.

3. Kazanskiy, Nikolay, Roman Khabibullin, Artem Nikonorov, and Svetlana Khonina. "A Comprehensive Review of Remote Sensing and Artificial Intelligence Integration: Advances, Applications, and Challenges." *Sensors* 25, no. 19 (2025): Article 5965.

# عقود إيجار الأقمار الصناعية في القانون العربي نحو رؤية تشريعية لمواكبة التطور الفضائي الدولي

الدكتورة سماح عبد الكريم الرماضنة  
وزارة المياه والري

## المقدمة

يشهد العالم اليوم تطوراً متسارعاً في مجالات الفضاء والاتصالات، حيث أصبحت الأقمار الصناعية محوراً أساسياً في الحياة الاقتصادية والتقنية والسياسية للدول. فهي تسهم في مجالات حيوية مثل الاتصالات، والبث الإذاعي والتلفزيوني، والملاحة، ورصد الأرض، وإدارة الكوارث، وتعزيز الأمن الوطني. ومع هذا التوسع الكبير في استخدام الفضاء الخارجي، برزت عقود إيجار الأقمار الصناعية كأداة قانونية وتجارية لتنظيم استغلال الساعات الترددية والمدارات الفضائية بين الدول والشركات والمؤسسات.

غير أن هذه العقود ما تزال تفتقر إلى تنظيم قانوني واضح وشامل في معظم الدول العربية، بما في ذلك الأردن، وهذا يثير إشكالات قانونية معقدة تتعلق بطبيعتها وبتحديد مسؤوليات الأطراف وحقوقهم، فضلاً عن مدى خضوعها للاتفاقيات الدولية الخاصة بالفضاء الخارجي، وهذا الغموض التشريعي يفتح الباب أمام خلافات قد تمس المصالح الاقتصادية والسيادية للدول، خاصة وأن الأقمار الصناعية تُعد من المرافق الاستراتيجية المرتبطة مباشرة بالأمن القومي. تأتي أهمية هذا الموضوع في تسليط الضوء على الإطار الدولي والوطني المنظم لعقود إيجار الأقمار الصناعية، وتحليل أبعادها القانونية في البلدان العربية والأردن على وجه الخصوص، مع اقتراح رؤية لتطوير التشريعات بما يتلاءم مع المتغيرات الفضائية والتكنولوجية المعاصرة.

## 1 - الأهمية الاقتصادية والقانونية لعقود إيجار الأقمار الصناعية

تتميز هذه العقود بخصوصيتها القانونية، حيث تجمع بين عناصر الإيجار المدني والتعاقد التجاري الدولي والتقنيات الفضائية، وهذا يجعلها من العقود المركبة ذات الطابع الفني والتجاري في آنٍ واحد، فهي تتعلق بأشياء غير مادية كالساعات الترددية والمدارات، وتخضع في تنفيذها لمعايير تقنية دقيقة وأحكام قانونية معقدة تتصل بالسيادة الوطنية والالتزامات الدولية.

لكن يؤدي غياب نصوص تشريعية صريحة ينظم هذا النوع من العقود سواء في القوانين المدنية أو التجارية العربية إلى فراغ قانوني ينعكس على حماية حقوق الأطراف المتعاقدة، ويُضعف من قدرة الدول على ضبط أنشطتها الفضائية بما يتفق مع مصالحها الاستراتيجية.

تعد الأقمار الصناعية اليوم جزءاً لا يتجزأ من البنية التحتية للدول الحديثة، ويمكن تعريفها بأنها عبارة عن أجهزة من صنع البشر تطلق بفضاء لتدور حول كوكب الأرض أو الأجرام السماوية الأخرى وتكون لها العديد من المهام مثل الاتصالات والملاحة وتتبع حالة الطقس وللبحث العلمي والمراقبة العسكرية وللحصول على صور دقيقة للأرض من اغلاف الجوي لمراقبة التغيرات البيئية والجوية المختلفة، فهي تمكن من نقل المعلومات والبيانات بسرعة ودقة عبر الحدود، وتوفر خدمات اتصالية وفنية تسهم في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وأصبحت عقود الإيجار في ظل ارتفاع تكاليف إطلاق الأقمار الصناعية وامتلاكها وسيلة مثالية تتيح للدول أو المؤسسات الخاصة الاستفادة من قدرات



الوطنية، وهو ما يجعل الحاجة إلى تنظيم داخلي لهذه العقود أمراً ضرورياً.

### 3- الوضع القانوني في الدول العربية والأردن

تواجه الدول العربية عموماً قصوراً تشريعياً واضحاً في مجال تنظيم عقود إيجار الأقمار الصناعية، حيث لا تتضمن قوانينها المدنية أو التجارية نصوصاً متخصصة في هذا الشأن. وما تزال هذه العقود في الأردن تخضع للقواعد العامة في القانون المدني الأردني المتعلقة بالإيجار والالتزامات، رغم أنها لا تتلاءم تماماً مع الطبيعة التقنية والتجارية الخاصة لعقود الفضاء.

وقد أدى هذا النقص التشريعي إلى الاعتماد على العقود النموذجية التي تضعها الشركات الدولية المالكة للأقمار الصناعية، وهو ما يخلق خللاً في التوازن العقدي بين الطرفين، حيث تكون الجهة المستأجرة - وغالباً دولة أو مؤسسة محلية - في موقع أضعف قانونياً أمام الشركات الأجنبية.

كما أن غياب جهة تنظيمية مختصة بالإشراف على هذه العقود في الأردن يضاعف التحديات، خصوصاً في ظل تطلع المملكة إلى تعزيز حضورها في مجال الاتصالات الفضائية والمشاريع التقنية المستقبلية. فلذلك، فإن استحداث تشريع وطني حديث يضبط العلاقات الفضائية، ويحدد مسؤوليات المشغلين والمستأجرين، أصبح ضرورة لا يمكن تأجيلها.

### 4 - نحو إطار قانوني عربي موحد

يفرض التطور المتسارع في استخدام الفضاء الخارجي على الدول العربية التعاون لإقامة منظومة تشريعية إقليمية تنظم عقود إيجار وتشغيل الأقمار الصناعية، وتنسق المواقف في المحافل الدولية ذات الصلة. ويمكن أن تتولى المنظمة العربية لتكنولوجيا الاتصالات والمعلومات أو الهيئة العربية للاتصالات الفضائية (عربسات) قيادة هذا الجهد من خلال إعداد مدونة عربية موحدة تحدد القواعد الأساسية لإبرام العقود وتنفيذها وتسوية المنازعات الناشئة عنها.

لا توجد على الصعيد الدولي اتفاقية خاصة تنظم عقود إيجار الأقمار الصناعية بشكل مباشر، إلا أن هناك مجموعة من الاتفاقيات التي تشكل الإطار المرجعي العام لتنظيم الأنشطة الفضائية، أبرزها:

أولاً: معاهدة الفضاء الخارجي لعام ١٩٦٧، التي تُعد حجر الأساس في القانون الدولي للفضاء، حيث أكدت على أن الفضاء الخارجي ملك مشترك للبشرية، وأن استخدامه يجب أن يكون للأغراض السلمية، كما حملت الدول المسؤولية الدولية عن الأنشطة التي يقوم بها الأشخاص الطبيعيون أو الاعتباريون الخاضعون لولايتها.

ثانياً: اتفاقية المسؤولية الدولية عن الأضرار التي تسببها الأجسام الفضائية لعام ١٩٧٢، التي حددت نطاق المسؤولية القانونية في حال وقوع أضرار نتيجة تشغيل الأقمار الصناعية أو سقوطها، سواء على سطح الأرض أو في الفضاء الخارجي.

ثالثاً: اتفاقية تسجيل الأجسام المطلقة في الفضاء لعام ١٩٧٥، التي ألزمت الدول بتسجيل كل جسم فضائي تطلقه في سجل خاص لدى الأمم المتحدة، لتحديد الجهة المسؤولة عن تشغيله واستثماره، وهي نقطة جوهرية عند تحديد المسؤولية في عقود الإيجار.

غير أن هذه الاتفاقيات، على أهميتها، لا تتناول الجوانب التعاقدية المدنية والتجارية لعقود الإيجار، بل تضع المبادئ العامة التي يمكن للدول أن تسترشد بها عند وضع تشريعاتها

ويمكن للأردن أيضاً أن يتبنى مبادرة وطنية رائدة في هذا المجال، عبر إصدار قانون وطني للأنشطة الفضائية يتضمن باباً خاصاً بعقود الإيجار، ينظم العلاقة بين الشركات المحلية والأجنبية، ويضمن حماية الأمن الفضائي الوطني من أي استغلال غير مشروع.

## 5 - نحو إطار تعاقدى.

ان استخدام الفضاء وتشغيل الأقمار الصناعية يكون بأسلوب تعاقدى يفرض التزامات على أطراف العقد ، لحماية اطراف التعاقد والسيادة الدولية وغالباً ماتكون هذه العقود على شكل وتحت نوع عقود التأجير.

### 1-5 عقد إيجار تشغيل الأقمار الصناعية

هو عبارة عن اتفاقية قانونية تنظيمية يحدد التزامات الأطراف في إدارة وإطلاق وتشغيل الفضاء والخدمات الأرضية كالبث والاتصالات بحيث تكون اهم شروطها مدة الترخيص التي عادة ما تكون طويلة نسبيا وضرورة النص على الإمتثال للمعايير الدولية وإدارة الحصص الإستثمارية والترددات ، والتأكد من الإمتثال لشروط السلامة ، وتحديد كيفية التشغيل للمحطات الأرضية ووصلات التغذية

### 2-5 ومن تلك العقود :

• عقود خدمات الاتصالات وبث البيانات: تشمل خدمات الإنترنت عبر الأقمار الصناعية (مثل توسع خدمات "ستارلينك" في دول كالأردن في ٢٠٢٥-٢٠٢٦) والبث التلفزيوني.

• عقود السعة المدارية (Capacity Contracts): عقود تأجير ترددات أو ساعات معينة لشركات الاتصالات أو القوات الفضائية.

• عقود إدارة وتشغيل الأقمار (& Operations Management): عقود تسند فيها جهة سيادية أو شركة مالكة مهمة التشغيل اليومي والمراقبة الأرضية لشركة متخصصة.

• عقود الخدمات المدارية المتقدمة (٢٠٢٦): تشمل عقود "الأقمار الصناعية القابلة للمناورة" (Maneuverable Satellites) التي ستطرحها القوات الفضائية الأمريكية في أوائل ٢٠٢٦ لتقديم خدمات مرنة من المدار الجغرافي الثابت.

### 3-5 البنود الجوهرية في العقد

• مدة الإيجار/التشغيل: تتحدد بناءً على العمر الافتراضي للقمرة الصناعي أو الحاجة الاستراتيجية، مع إمكانية التجديد (مثل تمديد تراخيص النايل سات حتى ٢٠٣٥).

• اتفاقية مستوى الخدمة (SLA): تحدد معايير الجودة، نسبة التوفر، وإجراءات التعامل مع التداخلات الترددية.

• حقوق إعادة البيع (Resale Rights): بند حيوي يحدد ما إذا كان يحق للمستأجر إعادة بيع السعة لأطراف ثالثة.

• المسؤوليات غير المحدودة (Unlimited Liabilities): بنود تتعلق بالتعويضات في حال حدوث أعطال في القمر أو أضرار مدارية، وهي من أكثر النقاط تفاوضاً.

• حقوق الهبوط (Landing Rights): إلزام المشغل بالحصول على التراخيص التنظيمية في الدول التي ستصل إليها الخدمة.

### 4-5 عقد تأجير استخدام الفضاء الجوي

هو عقد ضمن إطار دولي يضمن الاستخدام السلمي للفضاء ويمنع التملك الوطني أو وضع الأسلحة النووية

البنود الأساسية بالعقد :

بالإضافة الى مدته ومدى امتثاله للمعايير الدولية يجب النص على ما يلي:

١- منع التملك للفضاء الخارجي او الأجرام السماوية مهما كانت التداعيات.

٢- الإستخدام السلمي للفضاء الخارجي بحيث يحظر وضع وإستخدام أسلحة الدمار الشامل او أي أسلحة او مواد من شأنها الحاق الضرر.

٣-المسؤولية الدولية إذ انه من النظام العام تعد الدول المطلقة للأجسام الفضائية مسؤولة عن أي أضرار تحدث على الأرض أو بالفضاء وحتى بالطائرات.

٤-التعاون والإنقاذ: إذ تلتزم الدول بتقديم المساعدة لرواد الفضاء في حالات الطوارئ بحيث تساعد بإعادة الأجسام الفضائية إلى دولها .

### الخاتمة

يشكل غياب التنظيم القانوني لعقود إيجار الأقمار الصناعية تحدياً حقيقياً أمام الدول العربية والأردن، في ظل الاعتماد المتزايد على الفضاء لخدمة التنمية والأمن والاقتصاد، فلا تكفي الاتفاقيات الدولية القائمة، رغم أهميتها، لتغطية الجوانب المدنية والتجارية لهذه العقود، وهذا يبرز الحاجة إلى تشريعات وطنية وإقليمية حديثة تواكب الواقع الفضائي الجديد.

يعزز وضع إطار قانوني متكامل لتنظيم هذه العقود الثقة في المعاملات الفضائية، ويحد من النزاعات، ويفتح أمام الأردن والدول العربية آفاقاً أوسع للمشاركة الفاعلة في الاقتصاد الفضائي العالمي. فالمستقبل القريب لا يقتصر على من يملك التكنولوجيا فحسب، بل على من يمتلك أيضاً القانون القادر على ضبطها وتوجيهها نحو خدمة المصلحة الوطنية والعربية المشتركة.

### المراجع

الزهيري، قاسم بريس (٢٠٢٠م)، النظام القانوني لعقود

الأقمار الصناعية، المركز العربي للنشر والتوزيع.

- العبيدي، علي هادي (٢٠١٢)، العقود المسماة - البيع

والإيجار - وقانون المالكين والمستأجرين، دار الثقافة

للنشر والتوزيع، عمان.

- فتحية، حزام (٢٠٢٢)، اشكالية تنظيم عقد البث الفضائي

عبر الأقمار الصناعية، كلية الحقوق والعلوم السياسية،

جامعة بوموداس، الجزائر.

- فضل، سليمان احمد (٢٠١١)، المنازعات الناشئة عن

عقود التجارة الإلكترونية في اطار القانون الدولي

الخاص، دار النهضة العربية، القاهرة .

- قادر، عامر محمد (٢٠١٥)، عقد البث الإذاعي

والتلفزيوني عبر الأقمار الصناعية -دراسة مقارنة، دار

الكتاب القانونية، القاهرة.

# وسط عمان قيمة تاريخية أثرية

الدكتور طاهر محمد الغميين

دائرة الآثار العامة الأردنية-أمين متحف الآثار الأردني

## المقدمة

منهجية الدراسة: سلك الباحث المنهج الوصفي التحليلي وذلك بوصف وسط عمان كواحة تاريخية أثرية ، كما وسلك الباحث المنهج المقارن وذلك بمقارنة ما كان عليه الحال لآثار وسط عمان تاريخياً وما ينبغي أن نقوم به بالمحافظة عليها والاستمرار في الميسرة الحضارية لتلك المواقع من وسط عمان.

أولاً: وسط عمان البعد والقيمة الأثرية يعود تاريخ مدينة عمان إلى الألف السابع قبل الميلاد، وبهذا تُعتبر من أقدم مدن العالم المأهولة بالسكان إلى يومنا هذا. وعمّان مدينة قديمة أقيمت على أنقاض مدينة عرفت باسم «رَبَّة عمّون» ثم فيلادلفيا ثم عمان اشتقاقاً من ربة عمّون، واتخذها العمّونيون عاصمة لهم. وقد أُسّست المدينة على سبعة تلال ، وشهدت المدينة الكثير من الحضارات، كان أهمها العمونيون. يُعد المدرج الروماني أحد أكبر الآثار المتبقية في المدينة. كما يدل جبل القلعة بآثاره المختلفة يدل على الحضارات العمونية والإغريقية والرومانية والبيزنطية والأموية، ويعود أول تواجد بشري في مدينة عمان في آثار عين غزال شرق العاصمة إلى ٩ آلاف عام من الآن. لقد كشفت التنقيبات على أن هذه المنطقة هي من أغنى مواقع العصر الحجري الحديث ما قبل الفخاري، كما أن القرية قد سُكنت دون انقطاع. كانت عين غزال مستوطنة زراعية ورعوية بُنيت من الحجارة غير المشذبة، وكانت المباني

يملك الأردن العديد من المواقع الأثرية التي تظهر مدى تمتع الأردن بإرث تاريخي وحضارة أصيلة لأمم متنوعة عاشت على هذا المكان، والناظر يجد أن وسط عمان بما يشتمل عليه من مواقع كجبل القلعة والمدرج الروماني وسبيل الحوريات يتمثل فيه تلك الأصالة والعمق الحضاري لهذا المكان ، وفي الوقت نفسه يلحظ الباحث أن وسط عمان تجد الاهتمام من العديد من الجهات المعنية بآثارها ، وعلى الرغم من ذلك إلا أنه من الضروري الإشارة إلى قيمة إحياء وسط عمان كواحة حضارية تجذب السياحة الداخلية والخارجية وممن هنا جاءت هذه الدراسة.

مشكلة الدراسة: تبرز قيمة مواقع آثار وسط عمان في بعدها الحضاري ورد الاعتبار لهذه الأماكن باعتبارها تحكي حضارة إنسانية وأصالة هذا المكان ،ومن هنا يمكن تحديد مشكلة الدراسة ببيان قيمة آثار وسط عمان كواحة حضارية والتنبيه إلى أهمية إحياء هذه المواقع ورد الاعتبار لها.

## أولاً: أهمية الدراسة

الأهمية النظرية و العلمية : تبدو أهمية هذه الدراسة بالتعريف بمضامين القيمة الأثرية والحضارية لآثار وسط عمان وأصالتها ، ومن ثم الإشارة إلى مدى ضرورة المحافظة على هذه القيمة وكيفية إظهارها لجمهور الزوار وتعزيز هذه القيمة و ابرازها كمقصداً للسياحة الداخلية والخارجية .

مستطيلة الشكل وبجدران مستقيمة، وقد رُصفت الأرضيات ثم قصرت بالجبس المدكوك حد اللعان، وبعد ذلك تم طلاؤه باللون الأحمر. إن أهم ما يميز موقع عين غزال التماثيل البشرية المُكتشفة، والتي تُعد من التماثيل النادرة في العالم<sup>(١)</sup>.

عمان دولة ذات نظام سياسي مستقل في الألف الأول قبل الميلاد، مما يعزز البعد القومي والانتماء لهذه المدينة العريقة، فمدينة عمان مدينة عربية سكنها العمونيون، وأسسوا دولتهم بها وهذا يعزز البعد القومي، وسميت عمان نسبة للعرب العمونيين، وتتمتع المدينة بالقيمة والبعد الديني فيوجد مسجد أموي داخل القلعة، ويظهر التعايش الديني فخير مثال على هذه الفكرة هو وجود كنيسة ومسجد كانت تقام بهما الشعائر الدينية والصلوات جنباً إلى جنب خلال الفترة الأموية داخل جبل القلعة، ويظهر العنصر الجمالي والفني المتمثل ببناء قاعة الاستقبال والذي يعتبر من أهم الشواهد على تطور وخصوصية الفن الإسلامي في العصور الإسلامية المبكرة من خلال تموضع الزخارف الهندسية والنباتية التي أفرغت على الواجهات الحجرية داخل القاعة، ومن هنا فإن وجود الممرات السياحية الحالية داخل الموقع خلق مواقع مستغلة سياحياً وهي تشكل مظاهر معمارية مميزة ومحطات هامة تبرز القيمة الحضارية و لمسيرة عمان التاريخية، أن الهدف الرئيسي هو إطالة مدة إقامة السائح داخل الموقع. والتي يمكن استغلالها عن طريق عمل بعض المطلات أو أماكن للتأمل بالمنظر العام للتمازج الحاصل لمدينة عمان بين الأصالة والحداثة<sup>(٢)</sup>.

### ثانياً: موقع جبل القلعة :

يقع موقع جبل القلعة في قلب مدينة عمان ويتوسط بين جبال عمان السبعة في موقع استراتيجي يسهل حمايته والسيطرة على المناطق المحيطة به، يرتفع جبل القلعة حوالي ٨٠٠ متراً

فوق سطح البحر، ويتمتع بمزايا عسكرية واستراتيجية؛ حيث كان محاطاً بسورٍ عالٍ وضخم تحيط به ومدعم بأبراج للمراقبة، ترتفع إلى عشرة أمتار تقريباً. تعاقبت عليها الحضارات على مر العصور فقد عثر بالقرب من متحف الآثار على كهوف أرخ من خلال القطع الفخارية إلى لعصر البرونزي الوسيط (١٧٥٠-١٥٥٠ قبل الميلاد)، وفي (عام ١٩٦٨) وإلى الشمال من السور الروماني من جهة جبل الحسين، تم الكشف عن بقايا أساسات جدران ضخمة ترجع إلى العصر البرونزي والعصر الحديدي وتتكون آثار جبل القلعة من المصطبة السفلى وفوقها المصطبة العليا، وكلتاها تقعان بالجانب الشرقي للقلعة، الموقع يشرف ويطل على مزيج من الحداثة والأصالة للمدينة حيث يشاهد الزائر عمان الحديثة والمتمثلة بإطلالة رائعة للمنازل التراثية والحديثة والجبال المحيطة بالقلعة، وسط المدينة، وعلى أطلال عمان يوجد الهيكل أو معبد هرقل (مكرسا لاسم الإله هرقل وكان ينتصب تمثاله الضخم بجانب الهيكل وهرقل هو ابن الإله الروماني زيوس ومعنى اسم هرقل بالرومانية إله الحب والقوة) عثر في الساحة الخلفية للمعبد على بقايا تمثال ضخم لهرقل وبسبب الهزات الأرضية التي توالى على المنطقة، وخاصة التي ضربت المنطقة وكانت الأعنف سنة ١٧٤٩م، فلم يبقى من التمثال سوى يد وكوع موجودة أمام المتحف ارتفاع التمثال كان لا يقل عن ثلاثين قدماً) أما الهيكل فهو مثلاً ممتازاً للهيكل الذي تم بنائها في العصر الروماني، القرن الثاني ميلادي. يرتفع المعبد بحوالي اثنا عشر متراً، ولقد كانت التاجيان الكورنثية تزين رؤوس أعمدة المعبد ويتميز المعبد بضخامته ودقة تصاميمه<sup>(٣)</sup>

حيث اتخذها العمونيون (خلال العصر الحديدي ١٢٠٠ قبل الميلاد- ٩٣٩ قبل الميلاد). مقرأً لحكمهم في المدينة مقر عاصمة العمونيين ربة عمون<sup>(٤)</sup>. يوجد آثار أساسات القصر

١ الشباب، عاطف والمحيسن، زيدون (٢٠٠٨) ص ٥٩

٢ العبدالات، حسين (٢٠١١)، ص ٧٠

٣ الغنائيم، حلا سعيد عبدالرحمن (٢٠١١) ص ٣٧

٤ Landes.Geory.M,1962,Amminites ,IDB,Vol,13',pp108-114

المحفورة في الصخر الجيري. كما عثر في جبل القلعة على أربعة تماثيل لملوك العمونيين تعود إلى القرن الثامن ق.م. يوجد في جبل القلعة آثار ذات دولابٍ حضاري كمعبد هرقل، وآثار إسلامية تعود إلى العصر الأموي، حيث القصر



صورة (١) صورة جوية لموقع جبل القلعة والمتحف، المصدر هيئة تنشيط السياحة وتعديلات الباحث  
**معبد هرقل:**

يقع في الطرف الشمالي للقلعة تنفرد المعابد الرومانية التي ترجع للقرن الأول الميلاد بتأثرها المباشر بالخصائص المعمارية الكلاسيكية وبغناها الزخرفي، كبناء المعبد فوق مصطبة تعلو قليلا الساحة المقدسة وتضم برجاً وهيكلًا على الطراز الكورنثي<sup>(٧)</sup> ولم يبق منها سوى الأساسات وبعض الأعمدة المبتورة<sup>(٨)</sup> خلال الأعوام ١٩٢٧-١٩٣٨م أكدت أعمال الحفريات الأثرية في منطقة المعبد بأنه قد شيد فوق بقايا معبد عموني للإله ملكوم، كان قد بني أصلاً فوق كتلة صخرية حفر في سطحها العلوي قناة ماء تتصل ببيئر موجود أسفل هذه الصخرة، ويعتقد أن الأضاحي والقرابين كانت تقدم على



صورة (٢) معالم معبد هرقل (أعمدة ، تاجيات ،الساحة المقدسة) المصدر هيئة تنشيط السياحة.

٧ Lewis, H. (١٩٨٢), *ancient building at amman*, PEFqs, pp ١١١, ١٨٨٢.  
٨ ( ) هاردينج، لانكستر، ١٩٦٥، آثار الأردن ص ٧٥-٧٦.  
٩ ( ) هاردينج، لانكستر، ١٩٥١، *Excavation on the citadel of amman*, ADAJ, ١٩٥١, Harding. G. Lankester.  
١٠ ( ) هاردينج، لانكستر، ١٩٧٧، *The Great Temple Of Amman*, Koutsoukou. Anthi, Etail, ٢٢\_pp٥, vol١.  
١١ ( ) هاردينج، لانكستر، ١٩٧٧، *Amman*, pp ١٣, ٨. ACOR, vo ٢٣.

العموني وجدران الأسوار، والآبار المحفورة في الصخر الجيري في المصطبة السفلى عثر على أربعة تماثيل لملوك العمونيين تعود إلى القرن الثامن ق.م(٥)، واستقر على ثراها اليونان والرومان والبيزنطيين الذين احتلوا المدينة على التوالي إلى أن هلّ عليها الفتح الإسلامي في القرن السابع الميلادي، بني على قمته القصر الأمويما تزال بقايا القصور ماثلة في جبل القلعة في عمان. تنتشر الآثار في جبل القلعة على شكل زاويةٍ مثلثة(٦) وعثر في جبل القلعة على أربعة تماثيل لملوك العمونيين تعود إلى القرن الثامن ق.م. كما يوجد أيضاً، آثار وأعمدة رومانية كورنثية ومعبد لهرقل، الذي بناه الإمبراطور الروماني أوريليوس، وقد نصب تماثلاً لهرقل عند مدخل الهيكل. وتدل بعض النقوش التي وجدت في الموقع بأن المعبد كان قد شُيد في السنوات ١٦١ حتى ١٦٦م. بقي من المعبد واجهة مكونة من ستة أعمدة ضخمة. كذلك يحوي على آثار إسلامية تعود إلى العصر الأموي، حيث القصر الأموي والبركة الأموية والمسجد الأموي هناك. بالإضافة لذلك يوجد متحف الآثار الأردني على قمة الجبل. والذي شُيد سنة ١٩٥١، ويصنف جبل القلعة كأحد أهم المواقع الأثرية والتاريخية في الأردن مع البتراء وجرش وأم قيس وغيرها من المواقع التي تضم كنوزاً ذات قيمة فنية وتاريخية تعكس عراقة وأهمية الارث الحضاري والانساني في الأردن، حيث اتخذه العمونيون منذ القدم مقراً لحكمهم في المدينة، ومن بعدهم كل من اليونان والرومان والبيزنطيين الذين ازدهرت عمان بعهدهم وبنيت فيها المسارح والمعابد الضخمة والحمامات البيزنطية، وصولاً الى العهد العربي حيث بنى الأمويون على قمته القصر الأموي وداراً لسك العملة. وبرز جبل القلعة في عمان مقر عاصمة العمونيين. والذي ما زالت بقايا قصور العمونيين ماثلة فيه، منها جدران أسوار القلعة الضخمة التي اتخذوها مقراً لهم ، والآبار

٥ Greene. J. A, amr, 1992, Deep sounding on the lower terrace of the amman citadel, final report, ADAJ 42, Pp89\_107

٦ Hadidi, A, 1974, the Roman town of amman, a quarterly magazine of tourism & cultural interest, pp 10\_22, 71\_91

للعصر البيزنطي تحيط بالمعصرة<sup>(١٤)</sup>. وقد أسفرت التنقيبات الأثرية عن اكتشاف عدد من المؤسسات الدينية والمدنية من ضمنها المسجد الجامع، ودار الضيافة (الاستقبال)، وعدد من الرحبات، والسوق، ودار الإمارة، والقصر، والحمام، وآبار الماء والبرك، كما تم الكشف عن الشوارع التي ربطت بين هذه المؤسسات التي أحيطت بسور منيع. فوجود المؤسسات ضمن حيز مكاني، تعطي صورة واضحة عن وجود مدينة عربية إسلامية من العهد الأموي، خُطت على غرار باقي المدن الإسلامية من تلك الحقبة. وأن أحد ولادة بني أمية رغب في إيجاد مدينة خاصة إلى جوار مدينة عمان السفلى، اتخذها مقراً للحكم لما يتمتع به الموقع من تحصين، فأقام هذه المؤسسات مفضلاً الابتعاد عن قلب مدينة عمان السفلى الضيق، لأنه محصور بين واديين، ولربما أصبح مزدحماً بالسكان. وكذلك الابتعاد عن عامة الشعب، وتحقيقاً لمزيد من الهيبة والاحترام للحكم، وتوفير الحماية الشخصية. يعتبر جبل القلعة مركز المدينة عمان العليا في العصر الأموي وقد اشتملت آنذاك على المواقع التالية:-

الإيوان ( القصر الأموي ): بني في القرن السابع الميلادي في عهد الخليفة عبد الملك بن مروان، على أنقاض أساسات لبناء روماني وبيزنطي خلال القرن الرابع الميلادي . وثبت ذلك من خلال الحفريات الأثرية بالكشف عن تصميم هندسي للأرضية على شكل مصلىة<sup>(١٥)</sup> والقصر هو من آثار بني أمية ربما بني خلال فترة خلافة عبد الملك بن مروان (٦٥-٨٦م)، وخلال فترة حكمه بنى قبة الصخرة المشرفة في القدس. والإيوان كان يستقبل فيه الخليفة الوفود الأجنبية وزعماء القبائل وقادة الجيش<sup>(١٦)</sup>. ويقضي في المنازعات ويصدر أوامره إلى قادة الجيش. ويتكون البناء من قاعة استقبال كبيرة، تحيط بها غرفان أو مقصورتان من جهة اليمين

اكتشفت من قبل البعثة الإيطالية سنة ١٩٣٨ تقع الكنيسة إلى الشرق من متحف الآثار الأردني، وشمال شرق معبد هرقل، بنيت على النظام أو الطراز البازيليكي القاعة الثلاثية المصلى على المصطبة العليا(١٠). بلغت أبعادها ٣٠,٣٠×٢٠م، وهي أقدم كنيسة بيزنطية في عمان، يعود تاريخ بناءها إلى القرن الخامس ميلادي(١١). رصفت أرضياتها خلال القرن السادس الميلادي، عثر أثناء التنقيبات في بعض الغرف المجاورة للكنيسة من الشرق على قطع فخارية ونقدية تعود للعصر الأموي، الأمر الذي يمكن معه



صورة(٣) معالم الكنيسة البيزنطية ، المصدر هيئة تنشيط السياحة.

### معصرة الزيتون البيزنطية:

تم اكتشاف البد الذي يبلغ قطره متران وارتفاعه ستون سنتيمترا وفي وسطه فجوة مربعة لتثبيت العارض الخشبي، وتقوم عملية هرس الزيتون بواسطة رحي ( دولاب من الحجر) يمر في وسطه عارض خشبي ويديره عاملان، ولم يتم العثور على الحجر ولكن أجزاء المعصرة الأخرى كانت موجودة في مكانها، وتشمل الثقافات الحجرية، وهي قطعة حجرية مكعبة الشكل في قاعدتها فجوة مربعة لتثبيتها على العارض الخشبي. المعصرة بنيت في نهاية القرن الخامس الميلادي. كما عثر على بقايا منازل ترجع

١٠ ( ) زيادين، فوزي، ٢٠٠٤، عمان الكبرى آثار وحضارة، ص ١٥٨.

١١ (فافي، رنده، ٢٠٠٧، عمارة الكنائس وملحقاتها في الأردن في العهدين البيزنطي والأموي ص ٧٠.

١٢ Excavations On The Upper Citadel Of Amman Area, ١٩٧٧, Zayadine. F( ) ١٩٧٥ & ADAJ, Vol. ١٩٧٧, Pp ٢٠٠-٢٢٠, ٥٦.

١٣ ( ) العلمي، يوسف، ١٩٧٥، صيانة وترميم الأماكن الأثرية خلال عام ١٩٧٥، حولية دائرة الآثار العامة، م ٢٠٤، صص ٥-٦؛ وهيب، محمد، ٢٠٠٤، اكتشاف السياحة الدينية في عمان، منشورات أمانة عمان الكبرى، الأردن، ج ١، صص ٥١-٥٨.

١٤ ( ) Excavations On The Upper Citadel Of Amman Area , ١٩٧٧, Zayadine. F( ) ١٩٧٥ & ADAJ, Vol. ١٩٧٧, Pp ٢٠٠-٢٢٠, ٤١.

١٥ ( ) Al\_magro a & Olavarri, f( ) ١٩٨٢, a new umayyad palace at the citadel of, ٣١٦- amman, shaj, amman, pp ٣١٠.

١٦ ( ) the qsr of amman, art archaeology Research, ١٩٧٩, Northedge. A. E( ) ١٦ paper, vol ١, pp ٣٣.

وأخرى من جهة اليسار، كانتا تستخدمان كغرف انتظار للزوار الذين سيسمح لهم بمقابلة الخليفة، وترتفع فيها ثلاثة أدوار من المحاريب المزينة بالأعمدة الصغيرة اللاصقة، والزخارف المكونة من الوريدات وسعف النخيل، علما بأنه لا يوجد أشكال حيوانية أو بشرية من ضمن الزخارف لحرمة التجسيد في الإسلام، وإنما الزخارف المعمارية التي تميز بها الفن الأموي الهندسية والنباتية، كما في قصر المشتى في البادية الشرقية<sup>١٧</sup>. وفي الجهة الشمالية الغربية من القاعة الرئيسية تم استحداث فتحات تيريد تسمح بمرور الهواء من خارج القصر إلى داخله بنظام هندسي دقيق<sup>(١٨)</sup>، ولا يمكن ملاحظة آلية عمل هذه الفتحات إلا في الصيف أو عندما ترتفع درجة الحرارة. دمر القصر والقبّة في زلزال سنة ١٩٩٧م. يعلو إيوان قبّة أعيد ترميمها في عام ١٩٩٧، على يد البعثة



صورة (٤) الملاح العامة للقصر والقبّة مصدر هيئة تنشيط السياحة.

دار الإمارة: تعتبر مسكناً لممثل الخليفة، ومقراً للحكم ويتكون من دواوين الخلافة، وهي تمثل سلطة الخلافة وقوتها وهيبتها فمنها كانت تعالج أمور الخلافة في الأجناد بجميع ميادين الحياة: الإدارية والسياسية والعسكرية والاقتصادية والاجتماعية والصحية وغيرها. فكانت موضع الرعاية والاهتمام من لدن الخلفاء ويختارون أهم وأفضل المواقع، بحيث تكون مجاورة للمسجد الجامع، وبعيدة عن مساكن العامة، وذات أبنية قوية محاطة بالأسوار المدعمة بالأبراج يقع في أعلى المصطبة الشمالية، بناء أموي يتألف من

باحة خارجية مربعة الشكل (١٣٠×١٣٥) محور اتجاهها من الشمال للجنوب، وتتألف من ثلاثة أقسام مستطيلة الشكل أوسعها أوسطها، وفصل القسم الأوسط إلى قسمين، كانت مسقوفة بعقد برميلي، تليها قاعة كانت تعلوها قبّة، يضم الصرح بيتين أحدهما في الجهة الجنوبية والآخر في الجهة الشمالية، ويشتمل على مرافق وخدمات من مطبخ ومستودعات<sup>(٢٠)</sup>. بنيت دار الإمارة على أساسات بناء روماني، بدليل وجود نقش يوناني يذكر «فيلاذلفيا في سوريا المجوفة» إلى الجنوب من دار الإمارة تقع ساحة مرصوفة يحيط بها سور مزود بالمحاريب ويحتوي على بوابتان في الجدار الشمالي، هذه الساحة بنيت في زمن الرومان، وكانت تشكل حرماً لمعبد روماني لا تزال أساساته ظاهرة أسفل دار الإمارة (٢١).

### المسجد الجامع:

يقع في أعلى نقطة من هضبة جبل القلعة على المصطبة العليا من القلعة قرب القصر، وتعد هذه النقطة بمثابة المركز أو القلب لمدينة عمان العليا، فمن الشمال توجد الرحبة وعلى جانبيها الشرقي والغربي توجد مجموعة حوانيت السوق، كما توجد دار الضيافة والقصر على نفس الجهة، ومن الغرب يحده الشارع الرئيسي، والميضاء (وهي مجموعة غرف بجانبها بئر لجمع الماء وبقايا قناة تتجه نحو الجنوب لحفرة إمتصاصية)<sup>(٢٢)</sup>. المسجد مربع الشكل، بني في القرن السابع الميلادي في عهد الخليفة عبد الملك بن مروان (٦٥-٥٨٦). تمتد ساحة كبرى إلى الجنوب من إيوان الاستقبال بلغت أبعاده ٥٤م من الشرق و ٣٧,٥٠م من الغرب وفي وسطها بئر وعلى جانبيها الشرقي والغربي رواقان من الأعمدة بينها حوانيت صغيرة. يصعد من السوق لمدخل المسجد عبر ٨ درجات، يعلو المدخل إفريز من الحنيات

٢٠ ( ) المومني، سعد، ٢٠٠٦، العمارة الأموية في مدينة عمان في ضوء التنقيبات الأثرية، ص ١٥٧-١٦٥.

٢١ ( ) زيادين، ٢٠٠٤، مرجع سابق، صص ١٧٠-١٧١.

٢٢ ( ) المومني، سعد محمد، ٢٠٠٦، العمارة الأموية في مدينة عمان في ضوء التنقيبات الأثرية، ص ١٣٤-١٥٣.

١٧ ( ) الماجرو جوريبا، أنطونيو، ١٩٨٣، القصر الأموي في عمان، المعهد الإسباني ص ٢٩-٥.

١٨ ( ) بيته، غازي، ٢٠٠٢، المجمع الأموي في جبل القلعة، ص ٢١٣-٢٢٣؛

١٩ ( ) Early Islamic Architecture In Jordan, SHAJ, Amman, Pp, ١٩٨٢, Tell. S. K)

ذات الزخارف الهندسية والنباتية . المسجد هو أضخم المساجد الأموية في الأردن التي بنيت خلال الفترة الإسلامية المبكرة، بني على مصطبة مرتفعة غير منتظمة الأضلاع (٤٠، ٤١ × ٩٠، ٣٠ م). يحتفظ بالفناء الأوسط، بثلاثة أروقة، ويتجه المحراب نحو القبلة بالدقة المتناهية . كانت الأرضيات مفروشة، والأعمدة تعلوها الأقواس، وإلى جانب المحراب باب صغير يفتح على بيت الإمام. والجدران من الداخل مغطاة بطبقة من الجص الأملس. كما كان الحال في مسجد المدينة المنورة الذي بناه الوليد بن عبد الملك (٢٣).

### الساحة الكبرى والحوانيت:

امتد أمام الإيوان وشمال المسجد ساحة كبرى غير منتظمة الجوانب، يبلغ طول جدارها الشرقي ٤٥ م، والغربي ٣٧،٣٠ م، والشمال ٣٩،١٥ م، أما الجنوبي ٣٩،٥٠ م وعلى جانبي الساحة أقيمت سبع حوانيت ( وهذا السوق التجاري كان يرافق المسجد في معظم المدن الإسلامية)، وفي المنتصف يوجد بئر لجمع مياه الأمطار (٢٣) يمثل الجامع السلطنة والدينية والقضائية، وبجواره دار الإمارة والقصر اللذان يمثلان السلطتين الإدارية والسياسية، ويجمع بينهما الرحبة والسوق ودار الضيافة ( الاستقبال) والحمام وتمثل الصيغة الاجتماعية، وترتبطها جميعا الشوارع والأزقة، ويطوقها السور والأبراج والخندق ذات نظام في التزود بالماء (٢٤).

الحمام: كان الحمام بالعصر الأموي يشكل عنصراً هاماً في الحياة المدنية، يستخدم للاستحمام ويمثل مركزاً للقاءات الاجتماعية. بني في المنطقة الواقعة خلف القصر من الجهة الشرقية، ويتكون من عدة غرف لكل منها وظيفتها: - الحجرة الأولى المعدة لخلع الملابس وتحتوي على مصطبة ومساند حجرية لها مساند كانت تستخدم للتدليك وللإرتكاء للأذرع. ثم يمر المستحم إلى الحجرة الثانية وتحتوي على المياه الباردة والثالثة الحجرة الدافئة أو الفاترة ومنها إلى الحجرة

الرابعة الحارة الساخنة، ثم ينتقل المستحم إليها بالتدرج. ويوجد بيت النار (الموقد) - المبنى من الطوب الحراري ويقع على الجانب الشمالي الشرقي للحمام. وحمام القلعة يشبه حمام قصير عمرة وحمام السراح في البادية الشرقية. كان الحمام مزخرف بألواح الرخام والملاط المدهون (الفريسكو) والفسيفساء. ويوجد للحمام مدخلين؛ مدخل منفصل من الجهة الشمالية للبوابة الكبرى، ويعتقد بأنه مخصص للوالي وأسرته. ومدخل في الجهة الجنوبية مخصص لعامة الناس (٢٥).

الخان / الصهريج : تصل قناة فخارية بين الخزان من جهة وبين القصر الأموي من جهة أخرى لتزويده بالماء وتزويد الحمام ومرافق المدينة ، الدرج يقود إلى قعر الخزان، صممت أرضية الخزان بشكل مائل ليتم تجميع الطمي والشوائب غير المرغوب فيها في القاع، كان ينتصب في وسط أرضية الخزان عمود لغايات قياس منسوب الماء المتجمع في الخزان، ويتوسط الحائط في الأعلى فتحة لتصريف المياه من خلال السور التحصيني الشرقي. يبلغ قطر الخزان ١٥،٥ سم، وسمك الجدار ٢،٥ سم، وتبلغ سعة التخزين للخزان ٣٧ متر مكعب من مياه الأمطار. ويقدر عمقها بثمانية أمتار، قاع البركة لا يزال يحتفظ بطبقة من الجص (كسارة)، لمنع تسرب المياه إلى خارج الصهريج أو الخزان، وتسبب الأذى للمباني المجاورة، بناء البركة كان على حساب بعض المنازل البيزنطية آنذاك. وتقوم البركة بتزويد ما يقارب ثلاثون بئراً منتشرة في أرجاء الموقع بالمياه من خلال نظام وشبكة هندسية دقيقة (٢٦).

الساحة الشمالية للقصر والشارع الروماني: عند الخروج من القصر من الجهة الشمالية يمتد شارع معبد (مبلط وعلى جانبيه بقايا منازل وأعمدة من العصر الروماني، وفي نهاية هذا الطريق يوجد بقايا أساسات لمعبد روماني تم استخدامه في العصر الإسلامي كغرف للسكن). يبلغ طول الشارع ١٥،٥

٢٥ ٠ بيته، ٢٠٠٢ ص ٢٢٠-٢٢٤؛ المومني، ٢٠٠٦، ص ٢٤٠-٢٤٨

٢٦ ٠ بيته، ٢٠٠٢، مرجع سابق، صص ٢١٨ - ٢٢٣.

٢٣ ٠ زيادين، ٢٠٠٤: ص ١٦٦.

٢٤ Al\_magro a & Olavarri, 1982, , pp323- 333, Zayadine. 1977, , Pp35-41

م وعرضه عشرة أمتار، على مدخله يوجد أسدٍ رابضٍ وعلى جانبه ١٣ عموداً فوقها أقواس هذا الشارع المهيّب<sup>(٢٧)</sup> كان الخليفة يسلكه قادماً من دار الإمارة ليصل لإيوان الاستقبال، هذه الشواهد التاريخية التي ترجع للحضارة العمونية والرومانية البيزنطية وآثار إسلامية تعود إلى العصر الأموي كالقصر الأموي والبيوت السكنية والمقصورة، هذه بمجموعها تشكل متحفاً مفتوحاً يسمح للزائر بالتجول بين معالم مدينة عمان، ثم تتعزز الأفكار والمعلومة من خلال زيارة متحف الآثار الأردني، على قمة الجبل للتعريف بتاريخ الأردن بشكل عام، وعمّان بشكل خاص تبين إمتدادات المعالم التاريخية لموقع لجبل القلعة والمتحف وتموضعه في وسط جبال عمان السبعة. وتحتضن قمة جبل القلعة على متحف الآثار الأردني والذي شيد سنة ١٩٥١م، كما هو واضح في الصورة رقم (١٧) الذي يشتمل على بقايا حضارات عديدة، تتكون مقتنياته من الآثار والتحف التي يعود تاريخ بعضها إلى العصر الحجري القديم، والعصور التاريخية، مروراً بالفترات الزمنية الحديدية، والهلينستية، واليونانية، والرومانية، مروراً بالفترات البيزنطية، والفترات الإسلامية المتعاقبة العهد الأموي والعباسي والأيوبي والمملوكي، وأخيراً العهد العثماني المبكر. فمن مقتنياته المميزة مجموعة من التماثيل الجصية والتي تم اكتشافها عام ١٩٨٤ خلال التنقيبات الأثرية في موقع عين غزال شرق عمان مسافة ٤ كم. تصوّر هياكل ومجسماتٍ بشريةً تعود إلى عام ٨٥٠٠ سنة قبل الميلاد، وهي تماثيل موقع عين غزال، يعرض المتحف الأواني والأدوات الفخارية والتماثيل والكتابات القديمة التي تروي حكايات وقصة الإنسان والأرض وتعايشه مع الطبيعة ويشهد المتحف بما لا يدع مجالاً للشك على التاريخ العريق الذي مرت به المنطقة؛ كما يبين مراحل التطور التاريخي الذي مرّ به الإنسان الأردني، وتواصله الحضاري، ودوره في بناء المسيرة الحضارية الإنسانية. ويعد جبل القلعة من

أكثر المناطق جذباً للسياح في عمان، سواءً على المستوى الخارجي أو الداخلي. وتقام على أطلاله الحفلات الموسيقية، حيث يعتبر أحد أماكن الاحتفال الرئيسية التي حدثت على أطلاله مهرجان الأردن، نظراً لموقعه المطل على معظم مناطق العاصمة عمان خاصةً وسط البلد، حيث سيتم ربط المنطقة بالمدجج الروماني من خلال تلفريك أو ما يعرف بالعربة التي سيتم تخصيصها لنقل السياح من منطقة المدجج الروماني إلى جبل القلعة وبالعكس<sup>(٢٨)</sup>.

### ثالثاً: موقع المدجج الروماني :

المدجج الروماني يقع في الجزء الشرقي من العاصمة الأردنية عمّان بالتحديد على سفح جبل الجوفة على أحد التلال المقابلة لقلعة عمان. تشير كتابة يونانية موجودة على إحدى منصات الأعمدة إلى أن هذا المدجج قد بُني إكراماً للإمبراطور مادريانوس الذي زار عمان سنة ١٣٠م. تقع إلى جانب المدجج ساحة الفورم وتبلغ مساحتهما معاً ما مجموعه ٧٦٠٠ متر<sup>٢</sup> ويعود تاريخ بنائها على الأرجح إلى القرن الثاني الميلادي وتحديداً بين عامي ١٣٨م و١٦١م إبان عهد القيصر أنطونيوس بيوس واستعمل المدجج الروماني للعروض المسرحية والغنائية. بسبب جودة نظام الصوت فيه، يستعمل لغاية اليوم أحيانا للعروض الفنية. يتسع المسرح ٦٠٠٠ متفرج، يعد بذلك أكبر من المسرح الجنوبي في جرش. وتقع إلى جانبه ساحة الفورم وتبلغ مساحتهما معاً ما مجموعه ٧٦٠٠ متر مربع. ويعود تاريخ بنائهما إلى القرن الثاني الميلادي، وتحديداً بين عامي ١٣٨م و١٦١م إبان عهد أنطونيوس بيوس<sup>(٢٩)</sup> ويقع في قلب العاصمة الأردنية عمّان، وبني منذ نحو ١٨٠٠ عام، واحد من أعظم الآثار الرومانية على مستوى منطقة بلاد الشام، بل لعله من أجمل الطرز المعمارية مهابة وضخامة وأناقة، وأشهر أماكن السياحة التاريخية بأعمدته

٢٨ كفاي، زيدان (١٩٩٠) الأردن في العصور الحجرية مؤسسة آل البيت. عمان ص ٨٢

٢٩ عودة، سميح (٢٠٠٨)

نظم المعلومات الجغرافية في رؤية جغرافية، الطبعة الأولى، دار المسيرة، عمان، ص ٣٦

الشامخة، ومدرجاته المصممة بطريقة هندسية فريدة للفرجة والاستمتاع بالاستعراضات والتسلية وتزجية الوقت والمبارزات بين الرجال والوحوش الكاسرة وغيرها، وزيارة هذا المعلم البارز تدعو للتأمل ورجوع بالذكرى لمعرفة جذر عمّان القديم، فقد كان أمام المدرج ساحة ترابية شاسعة تسمى بـ«الميدان»، حيث كانت ملتقى أهل عمّان وزوارها قديماً، في أيام الأعياد الدينية والمناسبات الوطنية، والمهرجانات السنوية التقليدية، تشير بعض المصادر إلى عدة تسميات للمدرج منها: «المسرح الروماني» ودرج فرعون والملعب الروماني وملعب سليمان، لكن للمدرج التحفة المعمارية خاصة حددت إلى حدّ كبير وجوه استعماله، فالبناء نصف الدائري، متقن الأبعاد والارتفاعات، ما جعل نظام الصوت فيه ذات جودة عالية، ويبدو أنه ثمة نقطة معينة في وسط المسرح، إذ ما إن يقف المغني أو العازف عندها، حتى يكون مسموعاً لكل المتفرجين بقاء ووضوح (٢٠).

من أجل هذا صار المكان الروماني مسرحاً للأغنية والنغم والموسيقى والصوت البديع، ويعدّ هذا المدرج الروماني الأكبر في المملكة، إذ إن مدرج جرش الشهير، أصغر منه، فمقاعد المتفرجين تتوزع في ثلاثة أقسام، سواء حجرية أو مصاطب، وما يميّز المدرج الروماني، هو صموده عبر الزمن، لكأنه ما زال كما بُني منذ حوالي ١٨٠٠ عام، ويعود ذلك في جزء منه إلى عمليات الترميم الجيدة، التي تعرّض لها، فحالته اليوم ما زالت تسمح باستعماله في نشاطات ثقافية وفنية عدة، ففيه تقام العروض الفنية، وفيه أيضاً متحان، هما: متحف الحياة الشعبية، والمتحف الشعبي للحلي والأزياء، وحسب المعلومات التاريخية، كان المدرج الروماني الحجري الأثري يجاوره أول ديوان أميرى لمؤسس الأردن الملك الراحل عبدالله الأول بن الحسين. ويبدو أن المدرج أقيم كرمى لعيني إمبراطور روماني، هو مادريانوس، زار

٢٠ برهم، نسيم وأبو صبحه، كايد (١٩٩٨)، (بعض العوامل المؤثرة في السياحة الداخلية والتنزه في الأردن، مجلة دراسات، المجلد ١٥ العدد الثاني، الجامعة الأردنية، عمان، ص ٢٨٥)

المدينة عام ١٣٠ ميلادي ويميل الرومان للمسرح الدائري أو المدرج، يستعملونه لأغراض شتى، للاستعراض والتسلية وتزجية الوقت والمبارزات الدموية أحياناً وكذا التعذيب أو العقاب علانية وهم أسياذ العالم القديم، وفي حوض المتوسط، لم تنتج بقاع كثيرة أو شواطئ من بصمة الرومان الخاصة في المدنية والعمران لكن للمدرج الروماني في عمّان خاصية حددت إلى حدّ كبير وجوه استعماله، فالبناء نصف الدائري، متقن الأبعاد والارتفاعات، فائق التنظيم الهندسي، ما جعل نظام الصوت فيه أو الـ Acoustique ذا جودة عالية. ويوجد في هذا المسرح نظام صوت معماري عجيب حيث ينتشر الصوت بالأفق بسهولة ويسر والمتحدث يكون صوته مسموع للحضور دون مكبرات الصوت وذلك بسبب طريقة بناء المسرح انه تحفة فنية وهندسية عجيبة يقع المدرج في وسط مدينة عمان وهو بناء قديم بناه الرومان في القرن الثاني الميلادي، وتحيط به الساحة الهاشمية وهي ساحة سياحية حديثة وهذا المدرج يتسع لأكثر من ١٠٠٠ متفرج، وله ثلاث مداخل مدخل الجوقه ومدخل المسرح ومدخل الغرف الخلفية، يوجد متحف في الداخل جميل جداً ويوثق عادات وتقاليد تلك الحقبة من التاريخ. يعتبر هذا المدرج قلب العاصمة عمان بحيث يكون الوصول إلى أي مكان في عمان سهل جداً، مشياً على الأقدام أو بواسطة تكسي، إذا زرت المكان لن تنسى هذه العظمة الدالة على إبداع الإنسان على الأرض، انصح بزيارته والصعود الى أعلى المسرح كذلك مشاهدة متحف المسرح بحول الله تعالى اعود مرة اخرى الى هذا المكان الرائع وتشير كتابة يونانية موجودة على إحدى منصات الأعمدة إلى أن هذا المدرج قد بُني إكراماً للإمبراطور أنطونيوس بيوس الذي زار عمان سنة ١٣٠ م. تقع إلى جانب المدرج ساحة الفورم وتبلغ مساحتهما معا ما مجموعه ٧٦٠٠ متر<sup>٢</sup> ويعود تاريخ بنائها على الأرجح إلى القرن الثاني الميلادي وتحديدا بين عامي ١٣٨م و١٦١م إبان عهد الإمبراطور الروماني أنطونيوس بيوس هناك

يوجد به ممر علوي وبابان وأربعة منافذ تؤدي لدرج يتصل بالدرج الموجود بين القسمين الثاني والثالث لنزول وصعود المشاهدين وخصصت لعامة الناس<sup>(٣١)</sup>. ويوجد في المدرج ٨ ممرات طويلة يصل القسمين الأول والثاني من الأسفل للأعلى لصعود المشاهدين، أما القسم الثالث فيوجد به خمس ممرات طويلة، زود المدرج بثلاث مداخل رئيسية وضخمة في المقدمة وتفضي إلى شارع الأعمدة وساحة الفورم بالإضافة لمدخلين على اليمين والشمال، يتسع المدرج لـ ١٠ آلاف متفرج، كانت تقام فيه الحفلات العامة والمسرحيات والتمثيليات الدرامية والتراجيدية والكوميديا وحفلات المصارعة والمبارزة، وتعتبر المسارح من أهم مميزات المدن الإغريقية ومن أهم خصائصها شيدت للترفيه عن الشعب والتسلية ووسيلة للتعليم والثقافة الجماهيرية في



صورة (٦) المدرج الروماني- العاصمة عمان: المصدر: الباحث

#### رابعاً: موقع سبيل الحوريات :

يقع سبيل الحوريات أو الحمام Nymphaeum في وسط البلد في شارع قريش- وهو شارع سقف السيل، والذي أقيم فوق مجرى نهر عمان القديم، والسائر في هذا الشارع يستطيع ان يشاهد بقايا سبيل الحوريات، أو ما كان حماماً على قدر عظيم من الفخامة وقد أقيم مبنى سبيل الحوريات في منطقة منخفضة من مدينة عمان بالقرب من مصادر المياه حيث يشكل زاوية قائمة مع السيل القادم من الجهة الغربية، ويواجه شارع الديكمانوس المعمد بإنشاء هذا المبنى

٣١ ( زيادين، ٢٠٠٤، مرجع سابق، صص ١٢١-١٢٢.

٣٢ (Hadidi, Adnan), 1974, 'The Roman Town Plan Of Amman, Quarterly Magazine Of Tourism & Cultural Interest, p10

متحفان صغيران اليوم على جانبي المسرح، متحف الحياة الشعبية ومتحف الأزياء الشعبية، الأول يحكي تطور حياة سكان الأردن واستعمالهم للأدوات والأثاث على مدى القرن السابق، وخاصة حياة الريف والبدو. المتحف الثاني يتناول مواضيع أزياء المدن الأردنية والفلسطينية التقليدية والحلى وأدوات التزيين التي تستعملها النساء، وقد شيد المدرج الروماني بعد أن تم قطع الحجارة من سفح جبل الجوفة المنحدر المواجهة للقلعة. يقع أمامه الساحة العامة Forum وتعرف اليوم بالساحة الهاشمية بقي من آثار هذه الساحة ثمانية أعمدة ذات تيجان كورنثية تعلوها عتبات وعلى واحدة منها نقش بالحروف اللاتينية يشير أن المدرج كان قد بني في عهد الإمبراطور هديان ١١٧-١٣٨م تخليداً لزيارته للمدينة سنة ١٣٠م (٣٢). دشن خلالها الطريق الروماني الممتد من بصرى الشام عبر جرش وعمان إلى القلعة على البحر الأحمر، يعد المدرج من أكبر المدرجات الرومانية في الأردن وأعظم المدرجات في بلاد الشام (٣٣) بني على شكل نصف دائرة من حجارة ضخمة وقسمت قواعد المدرج إلى ثلاثة أقسام عرضية أو ثلاث درجات : فالقسم الأول يتكون من ١٥ صف ويوجد به ثلاث مداخل أسفل الدرج الذي يشكل القسم الثاني من المدرج تسمح بدخول وخروج المشاهدين كي لا يدخلوا من ساحة المسرح، وهذه الدرجة قد أعدت لعلية القوم ووجهاء المدينة وأعيانها



صورة (٥) المدرج الروماني ، المصدر: هيئة تنشيط السياحة

القسم الثاني أو الدرجة الثانية تتألف من ١٤ صفاً وبين القسمين الثاني والثالث توجد أربعة منافذ تسمح بدخول وخروج المشاهدين أما القسم الثالث فهو يتألف من ١٧ صفاً،

يؤكد توجهات المعماري الذي خطط لبناء هذا الصرح من ناحية اتباع قواعد هندسية دقيقة في أسلوب العمارة وللأهمية التي يحظى بها هذا المبنى في فن العمارة والفنون الرومانية، فإنه يلاحظ إنشاء مبانٍ من هذا النوع في معظم الولايات الرومانية مع الاختلاف في طريقة البناء من ناحية الحجم والشكل وبقائه العنصر الرئيس في المدن الرومانية وعليه فإن بناء سبيل الحوريات في عمان يختلف في الحجم والمساحة عن باقي مباني سبيل الحوريات الموجودة في المنطقة إذ لم يوجد شبيه له من ناحية الشكل والحجم وهذا أعطى المبنى خصوصية وأهمية أكثر من باقي المباني الأخرى في الأردن بخاصة والعالم عامة<sup>(٣٣)</sup>، وقد بناه الرومان، ويتألف من طابقين وثلاث حنايا، مزخرف بألواح رخامية وتمائيل كانت موضوعة ضمن محاريب صغيرة الحجم على الواجهة المقابلة للبركة، وبها نوافير تتدفق منها المياه التي كانت تردّها من سيل عمان الذي ينبع رأس العين، وعرف بأنه أكبر وأفخم سبيل في فيلادلفيا، ولقد بنى على أقواس أخذت شكل الأقبية تسمح للماء بالمرور من أسفلها، تزيينها الأفاريز والكرانيش وألواح الرخام، ثم تم تحول البناء في الفترة البيزنطية إلى كنيسة واستعملت أبراجه حصوناً للمراقبة، وفي العصور التالية تحولت الأقبية إلى خانات للدواب.

ويحتوي سبيل الحوريات في مدينة عمان على ثلاث حنايا، وضعت طاقات صغيرة نصف دائرية أيضاً، والتي رُتبت في صفين يعلو أحدهما الآخر، وكان يُسمى (النيمفيوم) يعود إلى الفترة الرومانية وتحديداً القرن الثاني الميلادي ويحتوي السبيل على ثلاث حنايا، وضعت طاقات صغيرة نصف دائرية أيضاً، والتي رُتبت في صفين يعلو أحدهما الآخر. وكانت الواجهة الداخلية لسبيل الحوريات مغطاة بألواح الرخام، بينما حوض السباحة كان واسعاً ويمتد على طول البناء وبعمق ٢٦ قدماً وأقيمت فوق حوض السباحة الحمامات

والنوافير والأعمدة التي تبلغ ارتفاعها عشرة أمتار. ولم يتبقى منه سوى برجان وبعض الآثار التي ماتزال ماثلة وقد قامت دائرة الآثار العامة خلال السنوات ١٩٩٢-١٩٩٥م بأعمال التنقيب والتنظيف والترميم لهذا المبنى، كشفت عن بقايا جدران استنادية وغرف مضافة للموقع خلال الفترة الأموية<sup>(٣٤)</sup> مما يدل على أن المسلمين استخدموا هذا الحمام وأن إضافتهم لبعض الغرف ربما كان من أجل تأهيل الحمام بما يتوافق مع الشريعة الإسلامية التي تعد الطهارة من مستلزمات العبادة، ويرجح بناء هذا المبنى إلى نهاية القرن الثاني الميلادي وبداية القرن الثالث، وهو معلّم أثريّ مجاورٌ للمدرج، شيد المبنى على ضفة سيل عمان، عين(عمان) الماء التي كانت تغذي المدينة والحمامات المحيطة بها والقاعات الخاصة، يحتوي المبنى على بركة عمقها ٣٦ قدماً ونوافير، المبنى كان مسقوفاً بالفتاخر من الحمام وتستمر للساحة الأمامية للمدرج، إذ لا تزال القطرة آثارها باقية<sup>(٣٥)</sup> ومن خلال هندسة البناء تدل على أنه أنشئ خلال القرن الثاني أو أوائل القرن الثالث للميلاد، والبناء كان مهماً وعلى قدر من العظمة والفخامة أكسب عمان موقعها الجغرافي خصوصيةً فريدةً لتكون واسطة العقد بين الصحراء ووادي الأردن الخصيب، كما تستفيد من مناخ معتدل، ويمكن من موضعها المرتفع التمتع بالمناظر الساحرة الخلابة من كافة جهاتها الأربع<sup>(٣٦)</sup>، اتضح من هذه الدراسة التي اشتملت على الناحيتين المعمارية والزخرفية أن مبنى سبيل الحوريات في وسط عمان الذي يرجع تاريخه إلى فترة القرن الثاني الميلادي، حيث شهدت مباني عمان تطوراً ملحوظاً كبناء المدرج الروماني والأوديون، وشارع الأعمدة والحمامات، وغيرها من المنشآت المهمة التي تشكل علامات واضحة على الطابع العمائري المنظم في جميع المقاطعات الشرقية

٣٤ ( ) العويدي، أكثم سليمان، ١٩٩٧م، عمارة بناء سبيل الحوريات النيمفيوم في عمان وفنونه في ضوء أعمال التنقيب من عام ١٩٩٢-١٩٩٥، رسالة ماجستير غير منشورة - الجامعة الأردنية، كلية الدراسات العليا، الأردن، صص ٢٢-٤٥.

٣٥ ( ) هارننج، ١٩٦٥، مرجع سابق، ص ٧٢.

٣٦ ( ) سماوي، حابس، ١٩٩٤، السياحة والاستجمام في الأردن، منشورات لجنة تاريخ الأردن - سلسلة الكتاب الأم في تاريخ الأردن، الأردن، ص ٣٩.

٣٣ العويدي، أكثم، ١٩٩٧، عمارة بناء سبيل الحوريات في عمان وفنونه في ضوء أعمال التنقيب من عام ١٩٩٢/١٩٩٥ رسالة ماجستير / غير منشور، الجامعة الأردنية ص ١٤

الخاضعة للسيطرة الرومانية، وكان من بين المباني المهمة في مدينة عمان (فيلادلفيا)، مبنى سبيل الحوريات (النفطوم) فمخطط كل مدينة يضم الحمامات والسبل المائية العامة التي لاشك في إنها تتشابه من ناحية التسمية والغاية المعدة لهذه المباني إلا أنه في بعض الأحيان لأبد من وجود اختلافات واضحة بين هذه السبل من ناحية الحجم والقياسات والإضافات الموجودة عليها ومبنى سبيل الحوريات في عمان أحد أهم



صورة (٧) سبيل الحوريات المصدر: الباحث

حيث وتبين وجود ثلاث مراحل بنائية على النحو الآتي:  
المرحلة الأولى : العصر الروماني المبكر فقد تبين مجموعة من الأقواس على مجرى سيل عمان واستخدمت جسراً وممرراً للعبور من الضفة الشمالية إلى الضفة الجنوبية خاصة في فصل الشتاء. المرحلة الثانية : العصر الروماني المتوسط : وبسبب تضافر الجهود عند السكان المحليين تقرر إنشاء مبنى سبيل الحوريات على نمط يختلف كثيراً عن غيره من المباني التي أطلق عليها اسم سبيل الحوريات في جرش والبتراء وأم قيس وبصرى وأحدثت إضافات على الأساسات وزادوا في عرضها , حيث كانت منطقة الأقواس (الجسر) هي المكان الذي سيقام فوقه المبنى بسبب توافر مصادر المياه ، فأضيفت مجموعة من الأقواس المختلفة في واجهة المبنى وكذلك الحنايا الضخمة والكوى الصغيرة والأعمدة المرحلة الثالثة : العصر الروماني المتأخر: وفيها أدخلت إضافات كثيرة على المبنى ، مثل بناء الحوض في الجزء الشمالي من المبنى، وإنشاء البوابة في منتصف الضلع الأوسط لتتنقل الزائر من الطابق الأرضي إلى الطابق

الأول ، وإقامة ساحة مبلطة بالمنطقة المحيطة للحوض ، أما الحوض المائي فقد أضيف في العصر الروماني المتأخر وكان خالياً من الزخارف بإستثناء الكورنيش المحيط به ، والأرضية مبلطة بالألواح الحجرية المستطيلة الرقيقة ذات اللون الأبيض . وفي مواسم التنقيبات الأثرية في الموقع ، وخاصة منطقة الحوض لم يعثر على أي دليل في عملية نقل المياه للحوض ، سواء أكان بالأنابيب الفخارية أم القنوات المائية ، إذ تبينت الدراسة أن مصادر المياه الرئيسية لسيل عمان المار بالمنطقة الخلفية للمبنى كانت نبع رأس العين وينابيع أخرى بالجبال المجاورة بالرغم من كون المبنى مقام فوق عدد من الينابيع المائية التي اختفت قبل سنوات ، وقد انتشرت مثل هذه المباني في العمارة الرومانية ، وفي الأردن نموذج لمثل هذه المباني في جرش والبتراء ، وغيرها ، وقد امتازت بحجمها المتواضع مقارنة بمبنى سبيل حوريات عمان الذي تفرد بعناصر معمارية ضخمة وفريدة قلّ وجود مثيل لها في المنطقة ، بقياساته وحجمه مختلفان عن باقي المباني العامة الأخرى وقد استمر المبنى يؤدي وظيفته العامة في الفترة البيزنطية ، ولكن العناية والاهتمام كان أقل مما كان عليه بالفترة الرومانية فتركيزهم انصب على الناحية الدينية في بناء الكاتدرائية والكنيسة إلى الجنوب من مبنى سبيل الحوريات وكذلك عدم العثور على مخلفات أو إضافات بيزنطية على البناء ، بل ربما تم نقل عدد من حجارة المبنى لبناء هذه المباني والمنشآت الدينية ، وفي الفترة الإسلامية ، دخلت المنطقة ومنها مدينة عمان تحت السيطرة الإسلامية واعتنق معظم سكانها الدين الإسلامي ، فكان الاستقرار بجانب مصادر المياه والمواقع الدفاعية ، وكانت أعداد السكان في ازدياد ، ولكون مبنى سبيل الحوريات أحد الأماكن الرئيسية في الجزء السفلي من مدينة عمان فقد استغله هؤلاء السكان ، وتعرض لتغيرات جذرية ومهمة اقتضت إزالة أجزاء واستحداث أجزاء أخرى بما يتلاءم والوظيفة الجديدة له وأقام المسلمون ثلاثة جدران

رئيسة ضخمة من واجهة المبنى باتجاه شارع الأعمدة ، وكانت مبنية من الحجارة الرومانية للمبنى فاستغلوها في البناء ، وكان الهدف من هذه الجدران الحماية من هجمات الأعداء وحتى تكون حاجزاً منيعاً أمام فيضانات فصل الشتاء ، فوظيفة المبنى لم تعد ترويجية بل على الأرجح عسكرية فاستخدمت حصناً في وسط المدينة وعثر في داخل الغرف الإسلامية على كميات كبيرة من الأواني والقطع الفخارية التي تمثل الزبادي والقدور وأواني الطبخ والجرار والأباريق والأسرجة (المصاييح) التي تبين أنها تعود إلى فترة العصر الأموي والعباسي (القرن الثامن الميلادي)<sup>(٣٧)</sup>.

خامساً: تطوير السياحة الأثرية في وسط عمان لا شك أن وسط عمان يتمتع بقيمة وأهمية المواقع الأثرية فيه وبات من الضروري المحافظة عليها باعتبارها ثروة وطنية حضارية؛ لما تتضمنه من كنوز أثرية تاريخية وتحكي تاريخ الحضارات القديمة وتؤكد العمق التاريخي لمدينة عمان و الأهمية تأتي لما تتميز به المواقع الأثرية من قيم تاريخية تمتد الى آلاف السنين، وأن المحافظة عليها مسؤولية الجميع دون استثناء، بما يعزز من موقع عمان والأردن على خارطة السياحة العالمية ويبقى الوجهة السياحية لكل العالم، وعليه يعتبر وسط عمان منطقة جذب سياحي عالمي ، حيث يتمتع بتنوع المنتج السياحي وهذا ناتج عن التنوع في المنتج السياحي الأردني بصفة عامة والذي يتوفر فيه كل انواع السياحة من سياحة علاجية وطبية ودينية وجيولوجية وترفيهية واثرية وسياحة مؤتمرات وغيرها ، بالإضافة الى أن الأردن يتمتع بالأمن والاستقرار، مما يعزز الاندفاع والتركيز على هذا القطاع الهام<sup>(٣٨)</sup>. ولأجل ذلك فإن موقع وسط عمان يحتاج إلى العناية والاهتمام والتطوير شأنه شأن سائر المواقع الأثرية في الأردن والتي تحتوي على العديد من موارد التراث الثقافي، وتعدّ المواقع الأثرية من

٣٧ العويدي، أكتف، ١٩٩٧ ، عمارة بناء سبيل الحوريات في عمان وفنونه في ضوء اعمال التنقيب من عام ١٩٩٥/١٩٩٢ رسالة ماجستير / غير منشور ، الجامعة الأردنية ص١٦٢  
٣٨ النحاس نهى والعبادي بسمه وابو قدوره مجد والمعاليه فاطمه والحنيبي بيان (٢٠١٨) الآثار والسياحة وواقع الحال في محافظة مادبا مؤسسة فريديش إيبيرت- مكتب عمان ومركز هي للسياسات العامة ممثلاً في شركة المحفزون للتدريب عمان ص١٩

الموارد المهمة للبلاد ويتميز الأردن باحتوائه على معالم سياحية مشهورة محلياً وعالمياً، وقد تمّ استحداث مشروع استدامة الإرث الثقافي بمشاركة المجتمعات المحلية؛ من أجل الحفاظ على هذه الموارد، ويجدر بالذكر الاهتمام الكبير الذي توليه الحكومة الأردنية لقطاع السياحة، من خلال الحرص على عدم تعرّض المواقع الأثرية لأيّ إساءةٍ باعتبارها شواهدَ على التاريخ، ويتطلب ذلك تشجّع الحكومة القطاع الخاص على الاستثمار في قطاع السياحة وتوفير الفرص والحوافز له من أجل ذلك ويلزم أيضاً قيام الحكومة بأعمال البنية التحتية الضرورية لإقامة المشاريع الاستثمارية في المواقع السياحية، وغيرها ولذلك فإن السياحة تعتبر إحدى الصناعات الهامة التي ترفد الاقتصاد الوطني ، وهذا يتطلب لأجل المحافظة على آثار وسط عمان اجراءات حكومية لوضع آلية خاصة للمواطن الاردني لتشجيع السياحة الداخلية كتخفيض بعض الرسوم و الضرائب واسعار الفنادق والمطاعم بالاتفاق مع القطاع الخاص وأن لا يعامل المواطن الاردني من ناحية الاسعار كما يعامل غير الاردني وذلك لتشجيعه على التعرف على بلده من خلال الرحلات الجماعية او الفردية الى الاماكن السياحية . وبهذا يمكن المنافسة واستقطاب المواطن في قضاء اوقاته في بلده بدل السفر الى الخارج حيث تكلفه السفر الى الخارج تكون احيانا اقل من التكلفة داخل الاردن<sup>(٣٩)</sup> ولاشك ان التركيز على استقطاب الزوار العرب وخاصة من دول الخليج له اهميته بالإضافة للسياحة الخارجية من دول امريكا واروبا وباقي القارات وهذا يتطلب بعض الاجراءات كالترويج السياحي في دول الخليج ودول العالم الاخرى من قبل هيئة تنشيط السياحة بشكل اكبر وتوفير المال اللازم لذلك. والاهتمام بالنقاط الحدودية للأردن ولاشك ان السائح الخليجي ينفق داخل الاردن أكثر من السائح الاجنبي ولهذا يجب ان يجد كل التسهيلات اللازمة لراحته ، ولأجل المحافظة على آثار وسط

عمان ، فيجب ان تكون من اهداف الاستراتيجية السياحية في الاردن هي التوعية لدى المواطن وتعميق الثقافة السياحية والحفاظ على الارث الحضاري من موارد أثرية وتراثية ؛ كذلك تطوير الموارد البشرية من خلال الاستثمار الأمثل للطاقات المتاحة ووضع البرامج التدريبية المتخصصة وإعادة التأهيل الوظيفي والمشاركة برامج التوعية والتثقيف السياحي وحتى الباصات السياحية تعتبر عنصرا مهما من عناصر الصناعة السياحية ، ولا ننسى السياحة العلاجية في الاردن التي اصبحت نقطة جذب هامة على الصعيد الاقليمي والدولي وهنا تبرز أهمية الترويج السياحي لمنطقة وسط عمان وأثارها من جبل القلعة والمدرج الروماني وسبيل الحوريات حيث يتطلب العديد من الاجراءات ، فهئية تنشيط السياحة تؤدي عملها ضمن الميزانية المتاحة لها،ولكنها لا تستطيع توفير موظفين تابعين لها في كل اقطار العالم، وربما تحتاج بعض السفارات الاردنية لإيجاد مستشار سياحي خاصة في الدول التي يحتاج الامر لاستقطاب السواح من تلك الدول، وتدل المؤشرات ان الاستراتيجية السياحية الاردنية تعتمد تطوير الصناعة السياحية من خلال نهج متكامل يشمل التسهيلات الحكومية والاستثمار والشراكة بين القطاعين العام والخاص. يعلم الجميع أن بلدنا الأردن عبارة عن متحف طابعه التنوع حيث يوجد أكثر من ٥٠ ألف موقع ومتحف أثري في الأردن وهذا يتطلب منا توفير الكوادر المؤهلة في قطاع السياحة حيث وصل فيه عدد العاملين في قطاع السياحة الآن حوالي ٣٣ ألف وظيفة ، ولذلك فان الأمر يستدعي العمل على تشجيع الشباب والفتيات على العمل السياحي، وإقامة المشاريع الصغيرة في وسط عمان تعنى بالتراث واللباس التقليدي والتحف والمنسوجات وغيرها وتسهيل الأمر على كل من أراد إقامة مشروع سياحي أو مطعم سياحي داخل أو حول هذه الأماكن في وسط عمان، وبات من الضرورة التعاون والتنسيق مع جميع المؤسسات المعنية لتذليل كافة الصعوبات التي تواجه مشروع تطوير واعلانه اقليمياً سياحياً

عالمياً بين أمانة عمان ودائرة الآثار العامة ووزارة السياحة وهيئة تنشيط السياحة واعتبار تنمية هذه المواقع في وسط عمان بمثابة إعادة إحياء هذه الأماكن والتعاون مع كافة القطاعات الأخرى المعنية بالسياحة وارتياح هذه الأماكن في وسط عمان كوزارة النقل وهيئة النقل البري وجمعية الأدلاء السياحيين وغيرها،<sup>(٤٠)</sup> وهذا يتطلب دراسة واقع الحال لوسط عمان وأثارها واحتياجاتها وضرورة الأخذ بعين الاعتبار الملاحظات والمقترحات التي تم الاستماع إليها بما يخدم المصلحة العامة وفي الختام فمن الضرورة تعزيز الجهود وتسخير كافة الامكانيات من الجهات المعنية لإخراج تنمية وسط عمان وأثارها على أرض الواقع وإنجاحه بما يعود بالنفع العام على المنطقة وأهلها فضلا عن وضعها على خارطة السياحة والدينية العالمية

#### النتائج:

تبين لنا أن الأردن يزخر بالمواقع الأثرية ، ومنها المواقع الأثرية الواقعة في وسط عمان حيث بات من الضروري استثمار هذه الأماكن في ردف الاقتصاد الوطني من خلال الجولات السياحية الداخلية والخارجية للتعريف بهذه المعالم مما يتطلب مجموعة من الإجراءات التي تطور هذه المواقع وحمايتها والترويج لها وإبراز الصورة الحقيقية لها من خلال الجذب السياحي لهذه المعالم السياحية، والارتقاء بصناعة السياحة، مما يعكس على تأصيل القيم التراثية لدى أبناء المجتمع وأن يكون الأردن مقصداً سياحياً لكل المهتمين بالآثار، وتتحصل المملكة الأردنية الهاشمية على رتبة متقدمة في الجذب السياحي ذلك أن عملية السياحة هي جزء من الحياة الإنسانية، وقد اقتضت ضرورات الحياة، بقضاء الإنسان جزءاً لا بأس به من وقته، باستثماره لأغراض مختلفة بين ترفيهية، واستجمام، والتعرف على المواقع الأثرية، بحيث تعكس السياحة مورداً هاماً للاقتصاد المحلي، وتحقيق

٤٠ العفيف ، محمد حسن مصطفى(٢٠٢٠) درجة الاستفادة من تطبيق معايير تصميم اللقائات في مواقع مدينة جرش الأثرية رسالة ماجستير من جامعة الشرق الأوسط عمان ص٣٧

التنمية المستدامة وما دمنا نعيش في بلد الحضارات المختلفة الأردن ومنها وسط عمان والذي يحظى بموقع متميز حيث يوجد فيه العديد من المواقع السياحية والثقافية المتنوعة التي يقصدها السياح فينبغي تفعيل الدور الحضاري لهذه الأماكن.

### التوصيات

تصميم استراتيجي وطنية شاملة لاستغلال آثار وسط عمان بما تحويه في جبل القلعة والدرج الروماني وسبيل الحوريات من قيمة تاريخية وحضارية وتطبيق هذه الاستراتيجية باعتبارها مصلحة وطنية عليا .

1. تعزيز التعاون بين مختلف الجهات المعنية باستثمار وإحياء وسط عمان سياحياً وتذليل كافة الصعوبات أمام هذا البعد الحضاري لوسط عمان مع ضرورة الإشارة إلى تحديد مسؤوليات كل جهة ومطابقة مدى قيامها بدورها.

2. ضرورة تبني دائرة الآثار العامة للدور التنموي الاستراتيجي لها بالمحافظة على آثار وسط عمان وإحيائها وتعزيز البرامج الفاعلة لإحياء وسط عمان.

3. ننوه بدور أمانة عمان الكبرى بمراعاة دورها نحو آثار وسط عمان من حيث تبسيط إجراءات ترخيص المحلات المتخصصة بالتراث المحلي والمحيط بأماكن آثار وسط عمان وغير ذلك من الأدوار التي بإمكانها القيام بها.

### المراجع العربية:

برهم، نسيم وأبو صبحه، كايد (١٩٩٨) بعض العوامل المؤثرة في السياحة الداخلية والتنزه في الأردن، مجلة دراسات، المجلد ١٥ العدد الثاني، الجامعة الأردنية، عمان بظاظو، إبراهيم خليل إبراهيم وشياب، عدنان (٢٠١٠) تطبيقات GIS في إدارة المواقع الأثرية سياحياً : دراسة

تطبيقية على الكنائس البيزنطية في محافظة المفرق مجلة اتحاد الجامعات العربية للآداب المجلد ٧، العدد ١ بيثه، غازي، ٢٠٠٢، المجمع الأموي في جبل القلعة، ملتقى عمان الثقافي العاشر، منشورات وزارة الثقافة، الأردن، ج ١. توفيق، ماهر عبد العزيز (١٩٩٧) صناعة السياحة، دار

زهرا، عمان

حماد، محمد، ١٩٦٥، تخطيط المدن القديمة، دار الكتب، القاهرة.

زيادين، فوزي، ٢٠٠٤، عمان الكبرى آثار وحضارة، منشورات أمانة عمان الكبرى، الأردن، ط ٢.

سماوي، حابس ١٩٩٤، السياحة والاستجمام في الأردن، منشورات لجنة تاريخ الأردن – سلسلة الكتاب الأم في تاريخ الأردن، الأردن.

الشياب، عاطف والمحيسن، زيدون (٢٠٠٨) علم الآثار والمتاحف الأردنية، الأردن، منشورات وزارة الثقافة

العبدالات ، حسين (٢٠١١) الموقع الجغرافي في إدراك صانع القرار الأردني وأثره في السياسية الخارجية، رسالة ماجستير من جامعة الشرق الأوسط، الأردن

العلمي، يوسف، ١٩٧٥، صيانة وترميم الأماكن الأثرية خلال عام ١٩٧٥، حولية دائرة الآثار العامة، م ٢٠

العويدي، أكثم، ١٩٩٧، عمارة بناء سبيل الحوريات في عمان وفنونه في ضوء أعمال التنقيب من عام ١٩٩٥/١٩٩٢

رسالة ماجستير / غير منشور ، الجامعة الأردنية

العفيف ، محمد حسن مصطفى (٢٠٢٠) درجة الاستفادة من تطبيق معايير تصميم اللافتات في مواقع مدينة جرش الأثرية

رسالة ماجستير من جامعة الشرق الأوسط عمان

عودة، سميح (٢٠٠٨) نظم المعلومات الجغرافية في رؤية جغرافية، الطبعة الأولى، دار المسيرة، عمان،

الغنائيم، حلا سعيد عبدالرحمن (٢٠١١) أهمية تطوير وإعادة احياء المناطق التراثية في الأردن وأثرها في التنمية

السياحية والحضرية : حالة دراسية : تطوير منطقة جبل

## المراجع الأجنبية:

- Al\_magro a & Olavarri, f, 1982,a new umayyad palace at the citadel of amman, shaj, amman, pp310 -316.
- Al\_magro a & Olavarri, f, 1982,Op.citn, pp323-333, Zayadine. F, 1977, Op. cit, Pp35-41
- Landes.Geory.M,1962,Amminites ,IDB,Vol,13`,pp108-114.
- Greene. J. A, amr, 1992,Deep sounding on the lower terrace ofthe amman citadel, final report, ADAJ 42, Pp89\_107.
- Hadidi, A, 1974, the Roman town of amman, aquarterly magazine of tourism & cultural interest,pp 10\_22, 71\_91.
- Lewis. H , 1882,ancient building at amman, PEFqs, pp111\_116
- Harding. G. Lankester, 1951,Excavation on the citadel of amman, ADAJ, vol1, pp5\_22, Koutsoukou. Anthi, Etail, 1977,The Great Temple Of Amman, ACOR, vo. 8,Amman, pp13\_23.
- Zayadine.F,1977,Excavations On The Upper Citadel Of Amman Area A1975&1977,ADAJ,Vol.22,Pp20-56.
- Zayadine.F,1977, Excavations On The Upper Citadel Of Amman Area A1975 & 1977,ADAJ,Vol.22.,Pp34-41.
- Northedge.AE,1984,Qalat Amman In The Early Islamic Period,P.H.D, Thesis University Of London Dissertation,School Of riental And AFrican Studies,London Unpublished,pp45-62.
- Northedge. A. E, 1979,the qasr of amman, art archaeology Research paper, vol 15,pp1\_33.
- Tell. S. K, 1982,Early Islamic Architecture In Jordan, SHAJ, Amman,Pp 325\_336
- Zayadine, f, 1989, the amman citadel,ADAJ,Vol. 46,pp 357\_363.
- Hadidi, Adnan, 1974, The Roman Town Plan Of Amman,Quarterly Magazine Of Tourism &Culural Interest,p10

- القلعة رسالة ماجستير الجامعة الاردنية  
 قاقيش، رنده، ٢٠٠٧، عمارة الكنائس وملحقاتها في الأردن  
 في العهدين البيزنطي والأموي، دليل ودراسة تحليلية، دار  
 ورد الأردنية للنشر والتوزيع، الأردن  
 قطيشات، رانية جعفر و أبو صبحه، كايد (٢٠١٤)  
 تحليل أنماط التوزيع المكاني للمدن الأردنية باستخدام  
 تقنية نظم المعلومات الجغرافية، دراسات، العلوم الإنسانية  
 والاجتماعية، المجلد ٤١، العدد ٢  
 كفاي، زيدان(١٩٩٠) الأردن في العصور الحجرية مؤسسة  
 آل البيت. عمان.  
 مقابلة ، خالد ، ٢٠٠١، التسويق السياحي الحديث ، الطبعة  
 الأولى ، دار وائل للنشر ، عمان  
 الماجرو جوربيا، أنطونيو، ١٩٨٣، القصر الأموي في  
 عمان، المعهد الإسباني – العربي للثقافة، ج ١  
 المومني، سعد، ٢٠٠٦، العمارة الأموية في مدينة عمان في  
 ضوء التنقيبات الأثرية، منشورات أمانة عمان الكبرى،  
 الأردن  
 النحاس نهى والعبادي بسمه وابو قدوره مجد والمعايحه  
 فاطمه والحيني بيان (٢٠١٨) الآثار والسياحة وواقع الحال  
 في محافظة مادبا مؤسسة فريديش إيبرت- مكتب عمان  
 ومركز هي للسياسات العامة ممثلا في شركة المحفزون  
 للتدريب عمان  
 هاردنج، لانكستر، ١٩٦٥، آثار الأردن، منشورات وزارة  
 السياحة والآثار، الأردن، ط ١.  
 هاردنج، لانكستر، ١٩٦٥، آثار الأردن، منشورات وزارة  
 السياحة والآثار، الأردن، ط ١  
 وهيب، محمد، ٢٠٠٤، اكتشاف السياحة الدينية في عمان،  
 منشورات أمانة عمان الكبرى، الأردن، ج ١

# أهمية وشمولية هندسة المساحة

الدكتور يوسف صيام-الجامعة الأردنية سابقا

## 1. أهمية هندسة المساحة



مقدمة يمكن تعريف هندسة المساحة بأنها علم وفن تعيين المواقع النسبية والارتفاعات لنقاط موجودة أعلى أو أسفل سطح الأرض وتمثيلها على مخطط أو خريطة مقياس رسم مناسب ، أو إنشاء نقاط فوق أو أسفل سطح الأرض تم تحديدها مسبقاً على مخطط أو خريطة لغايات مدنية وعسكرية متنوعة .

1. إنّ إجراء مسح لجزء من الأرض يعني تمثيل هذا الجزء في المستويين الأفقي والرأسي، وبالتالي إظهار تضاريسه وكافة تفاصيله الطبيعية كالجبال والسهول والأنهار والأودية والبحيرات والغايات إلخ....، وتفصيله الاصطناعية كالمباني والطرق والساحات والجسور والحدايق والأقنية وكل ما هو من صنع الإنسان .

2. ويمكن القول أيضاً أن هندسة المساحة هي فن قياس المسافات الأفقية والرأسية وما بينهما من زوايا لتعيين نقطة

3. أو مجموعة نقاط واقعة أعلى أو أسفل سطح الأرض تساعد في تكوين صور طبق الأصل للمعالم الطبيعية والاصطناعية تستند هندسة المساحة في قيامها بهذه التطبيقات المدنية والعسكرية على أعمال ميدانية تهدف إلى قياس المسافات والزوايا والارتفاعات بالاستعانة بأجهزة قياس بصرية وإلكترونية متعددة في الدقة والغرض ، وعلى مكتبية تتم فيها جميع أنواع الحسابات والرسم اللازمة بالاستعانة بأجهزة إلكترونية وأدوات رسم مختلفة .

تعتبر هندسة المساحة على قدر كبير من الأهمية نظراً لعلاقتها الأساسية بأمن ورفاهية الإنسان ولعلها من أقدم وأهم الفنون التي تنبّه إليها الإنسان ، فلقد استخدم الأقدمون هندسة المساحة لتأشير الحدود وتقسيم الأراضي وأصبحت أعمال المساحة في أيامنا الحاضرة أكثر شمولاً وتطوراً وتوسعاً وملازمة لقطاعات هامة وعديدة نذكر منها إنشاء الطرق والمطارات والسكك الحديدية والسدود والأقنية وتنظيم المدن وإقامة المباني والتنقيب عن المعادن وإرشاد السفن والطائرات ، وتحديد وتثبيت حدود ملكيات الأراضي وتمديدات المجاري وخطوط القوى، هذا بالإضافة إلى أعمال أخرى كثيرة في ميادين الزراعة والجيولوجيا والشؤون العسكرية وكل ما يستلزم تحديد وتمثيل مواقع النقاط بالإضافة إلى التعرف على طبيعة منطقة ما من حيث دراسة مدى صلاحيتها لغايات سكنية أو زراعية أو مائية أو سياحية أو تنمية أو عسكرية متعددة الأهداف والمواصفات ، ولا بد من القول أيضاً أن

هندسة المساحة هي أساس عمل الخرائط التي يشاهدها السائح في تجواله ومع المهندس في تصميمه وتنفيذه لأي مشروع ومع الطيار والبحار في تحديد خط سيرهم ومع الضابط في تخطيط عمليات الدفاع والهجوم ومع كل من يريد إجراء قياسات في البر والبحر والجو لأغراض مدنية وعسكرية متعددة .

كذلك يمكن القول بأن الخريطة أشبه ما يكون باللغة العالمية ذلك لأنه إذا ما أتقن الإنسان قراءة الخريطة أمكنه عندئذ اكتساب واسطة اتصالات فعالة مع العديد من مجالات وحقول المعرفة على نطاق عالمي شامل .

## 2. العوامل الرئيسية التي أدت إلى تزايد الإقبال على منتجات المساحة

- من العوامل الأساسية التي يمكن ذكرها في هذا المجال تتلخص في الأسباب التالية:
- الزيادة المضطرة في قيمة الأراضي وبالتالي الحاجة إلى تقسيمها وإفرازها بشكل دقيق .
- إقبال الحكومات والشعوب على شق الطرق والسكك الحديدية وأقنية الرّي والسدود ومختلف ميادين الإنشاء والتعمير .
- أعمال التنقيب عن المصادر الطبيعية الدفينة في باطن الأرض من بترول ومياه ومعادن .
- د. المتطلبات العسكرية المتزايدة من قياسات وخرائط دقيقة كما كان الحال أثناء الحربين العالميتين الأولى والثانية وحروب أخرى كثيرة تلت ولا تزال مستمرة في بقاع عديدة من الكرة الأرضية .
- برامج الفضاء وغيرها من البرامج والعلوم المتقدمة التي تستند أساساً على الخرائط والقياسات الدقيقة لأغراض إطلاق وتوجيه الصواريخ والمركبات الفضائية .
- التزايد الكمي والنوعي في النشاطات السياحية والتجارية

## 3. مصادر الأخطاء الرئيسية عند القياس بالأجهزة الإلكترونية

من بين المصادر التي تؤدي إلى حدوث أخطاء في القياسات أو إعاقة في العمل باستخدام أجهزة المساحة الإلكترونية ما يلي:

- ضعف البطارية أو عدم وصلها تماماً بالجهاز أو وجود خلل في البطارية أو أداة الوصل الكهربائية .
- عدم الإنتباه والحرص في التعامل مع الجهاز ممّا قد يؤدي إلى خطأ في لمس أو تحريك بعض الأزرار .
- عدم كفاية العدسات العاكسة ممّا يتسبب في ضعف الإشارة الكهربائية المنعكسة خصوصاً أثناء القياس مع وجود الضباب أو الثلج أو المطر أو الغبار (حيث تساهم في التقليل من مدى الرؤية) .
- وجود عوائق على مسار خط النظر ممّا يؤثر سلباً على إستمرارية الإشارة أو الحزمة المرسلّة من الجهاز بإتجاه العدسات العاكسة فوق الهدف المرصود .
- وجود الأوساخ والغبار على أسطح عدسات الجهاز أو العدسات العاكسة .
- عدم تثبيت الجهاز و/ أو العاكس فوق النقطة المعتبرة تماماً (محطة الرصد أو المحطة المرصودة) الأخطاء الناتجة هنا هي عشوائية ولا علاقة لها بطول المسافة المقيسه .
- التغيرات في درجات الحرارة والضغط الجوي والرطوبة خلال فترة العمل على الأجهزة خصوصاً إذا كانت المسافات طويلة .
- الأخطاء الشخصية المرتبطة بالمساح ومنها:
- عدم إدخال قيم درجات الحرارة والضغط الجوي والرطوبة وتغيراتها ، سواءً بشكل يدوي أو آلي ، في الحسابات مما يؤدي إلى أخطاء تقلل من درجة الدقة المتوخاه .

- الرصد أو التسديد الخاطئ باتجاه الهدف .
- القراءات الخاطئة للتدرجات .
- عدم الدقة في استخدام الأدوات وتحديد عناصر القياس
- الإجهاد الشديد وعدم التركيز .
- التدوين غير المنظم للقياسات .
- اللامبالاة والإهمال في تدقيق المعلومات ومتابعتها .
- أخطاء كبيرة وشخصية ناجمة في الغالب عن إهمال أو سهو أو جهل المساح وعدم دقته وترتيبه في تدوين المعلومات .

#### 4. عوامل الضبط والدقة في إجراء القياسات:

- لا يمكن بلوغ القيمة الحقيقية لقياس ما يمكن فقط الاقتراب من تلك القيمة الحقيقية كلما زادت عوامل الضبط من حيث فحص ومعايرة أجهزة القياس وطرق الحساب وإقتداء القائمين على القياس والحساب والرسم ، إن درجة الاقتراب من القيمة الحقيقية هي ما يطلق عليها بالضبط (Accuracy) ولا بدّ من التمييز بين مفهوم الضبط هذا ومفهوم الدقة (precision) التي تعني مدى القدرة على إعطاء نتائج متماثلة أو قريبة من بعضها في ظل شروط متشابهة وهي بالتالي تعتمد على نوعية وثبات وحساسية واستطاعت أداة القياس ومهارة الراصد (المساح) بالإضافة إلى مدى العناية في أخذ القياسات وطبيعة طرق القياس وشروطه .

#### ولتحقيق أكبر قدر ممكن من الدقة والضبط معاً يراعى تطبيق الإجراءات التالية:

- عمل صيانة دورية لدى شركات متخصصة لكافة أجهزة المساحة المستخدمة وبخاصة الإلكترونية منها.
- حفظ الأجهزة المستخدمة في أماكن خالية من التلوث والرطوبة والحرارة الزائدة ، وبشكل خاص أجهزة المساحة الإلكترونية .
- متابعة التحديثات على أجهزة المساحة المختلفة .

- عمل برنامج تدريبي محلي ودائم لكافة العاملين على أجهزة المساحة وابتعاث المتفوقين منهم إلى مؤسسات وشركات مساحية عالمية متخصصة لمواكبة التطورات والتحديثات في مختلف التطبيقات المساحية .
- تخصيص مكافآت مالية للمبدعين في أي مشروع وفقاً لحجم المشروع ومدته وربحيته .
- التحقق من دقة الإحداثيات المرجعية التي ستنتقل منها كافة الحسابات والاستنتاجات اللازمة لإنجاز كل ما تتطلبه طبيعة وأهداف المشروع على أن تجري عمليات التحقق قبل البدء بالأعمال المساحية المطلوبة .

#### 5. أهم التطبيقات الحديثة التي تستخدمها المؤسسات المساحية الكبرى في العديد من الدول

- تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجالات متعددة ، تزداد هذه التطبيقات اتساعاً وشمولاً وفقاً للتطور الهائل والمتنامي في مجالات الأقمار الصناعية ، وأنظمة الحاسوب والبرمجيات، ووسائل وأساليب استقبال المعلومات ومعالجتها ، وتقنيات التصوير الجوي والفضائي .
- تركز تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات الخاصة بمصادر الطاقة والثروات المعدنية وكذلك في الدراسات الجيولوجية والزراعية والبيئية والهيدرولوجية والتخطيطية بالإضافة إلى الدراسات الخاصة باستعمالات الأراضي والشؤون البحثية والتعليمية ناهيك عن صناعة الخرائط لأغراض متعددة .
- صناعة الخرائط الرقمية.
- هنا يجري صناعة وتحديث الخرائط (بمقاييس مختلفة) بالطرق الحديثة والتي تستند إلى قواعد البيانات الجغرافية الرقمية (تكنولوجيا أنظمة المعلومات الجغرافية) ، ولا بدّ من توفير أجهزة اتصال حديثة لدى المؤسسات المساحية الكبرى للربط السريع بين مختلف الفرق العاملة في

الميدان من جهة وبين هذه الفرق الميدانية والأقسام والإدارات المكتبية من جهة أخرى مما يضمن حل المشاكل والإجابة على الاستفسارات المتبادلة والتغلب على المصاعب وتحقيق الانسجام والتكامل في البيانات والمعلومات المختلفة .

- فكرة عن مقاييس بعض أنواع الخرائط:
- لإعطاء فكرة عن المقاييس شائعة الاستعمال في أنواع معينة من الخرائط يمكن بيان الأمثلة التالية:
- الخرائط الطبوغرافية:
- بشكل عام يتراوح المقياس بين مقياس كبير جداً نسبياً يصل إلى (١/٥٠٠) كما هو الحال في الخرائط التفصيلية و (١/٢٥٠٠٠٠) كما هو الحال في الخرائط الطبوغرافية لأغراض التخطيط لمشاريع الطرق الطويلة ومختلف مشاريع المسارات التي تمتد لمسافات طويلة .

#### ● خرائط المدن :

- تتراوح المقاييس الأكثر شيوعاً لخرائط المدن بين (١/١٠٠٠) إلى (١/٢٥٠٠) .

#### ● الخرائط العسكرية:

يكون المقياس كبيراً نسبياً (١/١٠٠٠) إلى (١/١٠٠٠٠) لبعض الخرائط التي توضح معلومات خاصة بموقع معين أو ظاهرة معينة بينما تتراوح المقاييس الشائعة بين (١/٢٥٠٠٠) إلى (١/٢٥٠٠٠٠) .

#### ● الخرائط المعمارية :

- في مجال الهندسة المعمارية تكون المقاييس كبيرة نسبياً ولذلك يطلق على اللوحات إسم مخططات وليس خرائط وتتراوح هذه المقاييس بين (١/١٠٠) إلى (١/١٠٠٠٠) وفي حالات معينة يمكن أن تكون المقاييس أكبر من (١/١٠٠) أو أصغر من (١/١٠٠٠٠) وفقاً لدرجة الدقة المطلوبة ولأبعاد ومساحات وأحجام المعالم والتفاصيل المطلوب إبرازها .

# السياحة العلاجية في المملكة الأردنية الهاشمية

نسرین الصعوب - محمود شلبيية  
المركز الجغرافي الملكي الأردني

## المقدمة

كلفة العلاج مقارنة بالدول الأوروبية (3). ويستقبل الأردن سنويًا أكثر من 300 ألف مريض بقصد العلاج، إضافة إلى ما يقارب 500 ألف مرافق، وتُقدّر العائدات السنوية للسياحة العلاجية بما يتراوح بين 1.21 مليار دولار أمريكي(4).

ومن أهم التخصصات الطبية المتميزة - أمراض وجراحة القلب - زراعة الكلى والكبد - جراحة العظام والمفاصل - أمراض العيون - علاج العقم وأطفال الأنابيب - الأمراض العصبية.

وقد أسهم تأهيل الأطباء الأردنيين في الجامعات العالمية منذ ستينيات القرن الماضي في بناء سمعة طبية مرموقة للأردن على المستوى الدولي

كما ارتبط تطور السياحة العلاجية في الأردن بتطور القطاع الصحي منذ تأسيس إمارة شرق الأردن عام 1921، حيث أُنشئت أولى المستشفيات الحكومية في منتصف عشرينيات القرن العشرين ما شكّل اللبنة الأساسية للنظام الصحي الحديث(5) وشهد القطاع الصحي نقلة نوعية مع تأسيس مدينة الحسين الطبية في عمان عام 1973 والتي تُعد أول مدينة طبية متكاملة في العالم العربي، وأسهمت في ترسيخ مكانة الأردن كمركز طبي إقليمي(6).

وفي التسعينيات (1990-1999)، توسّع القطاع الصحي الخاص

تعد المملكة الأردنية الهاشمية من الدول ذات المكانة السياحية المتميزة في منطقة الشرق الأوسط، لما تمتلكه من رصيد حضاري وتاريخي عميق يمتد لآلاف السنين، فضلًا عن موقعها الجغرافي الاستراتيجي الذي جعلها نقطة التقاء للحضارات الإنسانية الكبرى. يتميز الأردن بكونه موطنًا للعديد من الحضارات القديمة، مثل الحضارة النبطية، والرومانية، والبيزنطية، والإسلامية، وقد تركت هذه الحضارات إرثًا معماريًا وأثريًا غنيًا ما زال حاضرًا حتى اليوم. وتُعد مواقع مثل البتراء وجرش، وأم قيس، ومادبا من أبرز الشواهد على هذا الامتداد الحضاري فقد شكل الأردن عبر تاريخه جسرًا يربط بين قارات آسيا وأفريقيا وأوروبا، الأمر الذي انعكس بوضوح على تنوعه الثقافي والتراثي، وأسهم في جعله مقصدًا سياحيًا مهمًا على المستويين الإقليمي والدولي (1). وتعتبر السياحة من القطاعات الحيوية في الاقتصاد الوطني، حيث تسهم بنسبة تقدر بنحو 13% من الناتج المحلي الإجمالي، كما تشكل مصدرًا رئيسيًا لفرص العمل في قطاعات متعددة مثل الفنادق والنقل والخدمات والصناعات التقليدية (2).

ومع بداية الألفية الجديدة بعد عام 2000، احتل الأردن المركز الأول عربيًا والخامس عالميًا في مجال السياحة العلاجية، نتيجة تطور البنية التحتية الطبية، وكفاءة الكوادر الصحية، وانخفاض

في مجال الاستشفاء الطبيعي، حيث تتوفر المياه المعدنية الحارة، والطين البركاني، والمناخ الجاف المعتدل، والطبيعة المتنوعة(11).

## ومن أبرز المنتجات العلاجية في الأردن

### منطقة البحر الميت

تعد من أهم مواقع الاستشفاء البيئي في العالم، إذ تقع على انخفاض يزيد عن 430 متراً تحت سطح البحر، وتتميز بارتفاع نسبة الأكسجين، وانخفاض الأشعة فوق البنفسجية الضارة، إضافة إلى غناها بالأملاح المعدنية والطين العلاجي ما يجعلها مناسبة لعلاج الأمراض الجلدية والروماتويد (12)



### • حمامات ماعين

تقع في محافظة مادبا تعد من أكبر المنتجعات العلاجية في الشرق الأوسط، وقد بدأ تطويرها السياحي الحديث عام 1987، وتستخدم لعلاج الأمراض الجلدية وآلام المفاصل والدورة الدموية (13).



بشكل ملحوظ، وحصلت العديد من المستشفيات على الاعتماد الدولي، مما عزز الثقة بالخدمات الطبية المقدمة في الأردن(7).

## ١- الأثر الاقتصادي والاجتماعي للسياحة

### العلاجية

بدأ الاهتمام المؤسسي بالقطاع السياحي في الأردن بشكل واضح منذ ستينيات وسبعينيات القرن العشرين بالتوازي مع تطوير البنية التحتية والخدمات العامة. وقد شهد القطاع السياحي تطوراً ملحوظاً من حيث تنوع المنتج السياحي وتحسين جودة الخدمات، مما أسهم في زيادة أعداد الزوار سنوياً وتعزيز الإيرادات السياحية ولا يقتصر الأثر الاقتصادي للسياحة على العائدات المالية المباشرة، بل يمتد ليشمل تنشيط القطاعات الداعمة، مثل المطاعم، ووسائل النقل، والأسواق الشعبية، الأمر الذي يجعل السياحة من أكثر القطاعات قدرة على تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة (8).

وتعد السياحة العلاجية رافداً اقتصادياً مهماً، إذ لا يقتصر إنفاق المرضى على الخدمات الطبية فقط بل يشمل الإقامة الفندقية، ووسائل النقل، والخدمات السياحية المختلفة، مما يسهم في تحريك عجلة الاقتصاد الوطني وتعزيز التنمية المحلية (9).

وتتجسد السياحة في المملكة الأردنية الهاشمية، وبخاصة السياحة العلاجية، نموذجاً متكاملًا يجمع بين العمق الحضاري، والتطور الطبي والاستثمار الاقتصادي المستدام. وقد أسهم التخطيط الاستراتيجي وتطوير البنية التحتية الصحية والسياحية في تعزيز مكانة الأردن كوجهة علاجية وسياحية رائدة إقليمياً وعالمياً، الأمر الذي يؤكد أهمية الاستمرار في دعم هذا القطاع وتطويره مستقبلاً(10).

## ٢- السياحة العلاجية البيئية والطبيعية في

### الأردن

يمتلك الأردن مقومات طبيعية فريدة جعلته من الدول الرائدة

## • حمامات عفرا

تقع في محافظة الطفيلة، فقد استخدمت لأغراض علاجية منذ العهد الروماني في القرن الأول الميلادي، وتتميز بمياهها المعدنية الغنية بالمعادن ذات الفوائد العلاجية العالية (14)



## • الحمة الأردنية والشونة الشمالية

تقع في محافظة إربد تعد من أبرز مواقع السياحة العلاجية في شمال الأردن، لما تحتويه من مياه معدنية تساعد في علاج أمراض العظام والجلد وقصور الدورة الدموية (15)



## • المراجع:

1. وزارة السياحة والآثار الأردنية (2022).
2. دائرة الإحصاءات العامة الأردنية (2022)
3. جمعية المستشفيات الخاصة الأردنية (2020)
4. البنك الدولي (2019)
5. المجلس الأعلى للسكان (2017).
6. الخدمات الطبية الملكية، (2015)
7. وزارة الصحة الأردنية، (2021)
8. وزارة السياحة والآثار الأردنية (2022)
9. البنك الدولي (2019)
10. جمعية المستشفيات الخاصة الأردنية، (2020).
11. منظمة السياحة العالمية. (2018).
12. شركة تطوير البحر الميت (2014)
13. وزارة السياحة والآثار الأردنية (2022)
14. وزارة السياحة والآثار الأردنية (2022)
15. منظمة السياحة العالمية (2016)

## نشاطات

# المركز الجغرافي الملكي الأردني



المركز الجغرافي الملكي الأردني والإقليمي لتدريس علوم الفضاء يشاركان في ندوة علمية حول الجغرافيا والتحول الرقمي ٢



إطلاق مشروع تطوير القدرات بين المركز الجغرافي الملكي الأردني ودائرة الأراضي والمساحة والوكالة اليابانية للتعاون الدولي جايبكا



افتتاح أعمال الجمعية العامة الثامنة والثلاثين للشبكة الإسلامية لتنمية وإدارة مصادر المياه - القاهرة



توقيع اتفاقية تعاون مع بلدية السلط



اتفاقية تعاون بالشركة الأردنية لتطوير المشاريع الاقتصادية



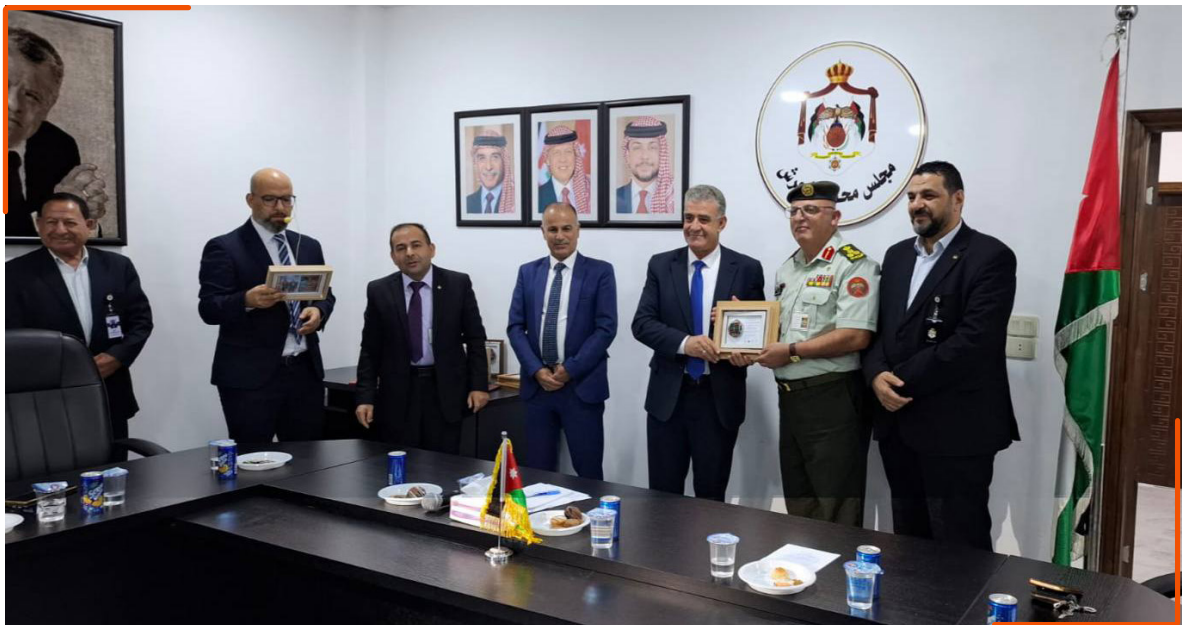
المركز الجغرافي الملكي الأردني يشارك في المؤتمر الهندسي في جامعة آل البيت



المركز الجغرافي الملكي الأردني يوقع مذكرة تفاهم مع سلطة وادي الأردن



مشاركة المركز الجغرافي الملكي الأردني في المؤتمر الدولي الرابع للذكاء الاصطناعي



المركز الجغرافي الملكي الأردني في المؤتمر الثاني للمناخ والفن التشكيلي



مشاركة المركز الجغرافي الملكي الأردني في قمة الحكومة الجيومكانية في الشرق الأوسط ٢٠٢٥



تخريج دورة نظم المعلومات الجغرافية الشاملة لصالح الكلية العسكرية التقنية من سلطنة عمان



تخريج دورة البوابة الجيومكانية لوفد من دولة الكويت الشقيقة



تخريج دورة رسام الخرائط التأسيسية الخاصة لضباط صف من القوات المسلحة الأردنية



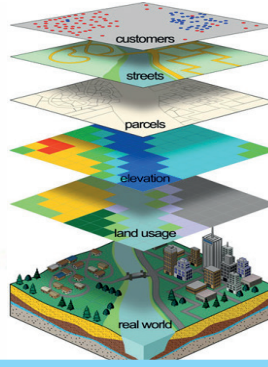
مشاركة المركز الجغرافي الملكي الأردني في مؤتمر مستخدمي أنظمة المعلومات الجغرافية "إزري ٢٠٢٥" في



مشاركة المركز الجغرافي الملكي الأردني في أسبوع الأمم المتحدة للمعرفة والابتكار الجغرافي المكاني



تخريج الفوج التاسع من طلبة كلية المركز الجغرافي الملكي



المركز الجغرافي الملكي الأردني  
Royal Jordanian Geographic Centre



لقد دأب المركز الجغرافي الملكي الأردني ومنذ تأسيسه عام 1975 على رقد مختلف القطاعات الحكومية والخاصة بما تحتاجه من الخرائط بكافة أنواعها ومقاييسها والصور الجوية والفضائية والمعلومات الجيومكانية، وساهم وبشكل فعال في تقديم الدعم والمساندة والخبرة والمشورة للأشقاء العرب وخاصة تدريب الفنيين في مجال العلوم المساحية والخرائط وأنظمة المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد والتصوير الجوي حيث يتوفر في المركز الجغرافي القاعات التدريبية والمختبرات والأجهزة والبرمجيات والمعدات الضرورية لاستقبال المتدربين، حيث يستقطب المركز الجغرافي الملكي الأردني سنوياً العديد من المتدربين على المستوى المحلي والوطن العربي .

- 3D Analysis with ArcGIS
- Spatial Analysis with ArcGIS
- Watershed & Hydrology with ArcGIS
- Building Geodatabase with ArcGIS
- ArcGIS: Network Analyst
- Creating and Designing Maps with ArcGIS
- ArcGIS PRO Basic
- ArcGIS : Performing Analysis
- Creating and Analyzing Surfaces Using ArcGIS Spatial Analyst
- Radar Image Processing and Analysis
- Image processing in ArcGIS
- Remote sensing in ArcGIS
- (Portal for Arc GIS Web Interactive Maps and Web Apps)

- العلاقة بين مؤشرات الغطاء النباتي وعوامل المناخ باستخدام الصور الفضائية
- استخدام بيانات الأقمار الصناعية والبيانات الجغرافية المكانية لدعم تحليل قابلية التأثر والمخاطر في التخطيط لمقاومة المناخ

- نظم المعلومات الجغرافية التأسيسية (GIS)
- نظم المعلومات الجغرافية المتقدمة (GIS)
- الإستشعار عن بعد التأسيسية
- الإستشعار عن بعد المتقدمة
- تفسير وتحليل الصور الجوية
- تفسير وتحليل الصور الفضائية
- المساحة التأسيسية
- المساحة الشاملة
- جهاز المحطة المتكاملة (Total Station)
- نظام التوقيع العالمي (GPS&(GNSS)
- جهاز (Laser Scanner)
- التقدير العقاري
- المساحة العقارية
- قراءة الخريطة وتفسير الصور الجوية
- التصميم الجرافيكي (Graphic Design)
- AutoCAD 2D
- التصوير والطباعة
- تحديد اتجاه القبلة
- المسح الجوي
- الرسم الخرائطي
- الأسماء الجغرافية

مدة الدورة: إسبوع - إسبوعين - شهر - شهرين

الدورات الشاملة: المادة التدريبية / شهادة المشاركة في الدورة

المميزات: أجهزة مساحية وبرمجيات متطورة

تدريب نظري وعملي يواكب الأسواق العالمية

مدربين ذو كفاءة وخبرة عالية

# كلية المركز الجغرافي الملكي الأردني للعلوم المساحية والجيوماتيكية



## المركز الجغرافي الملكي الأردني

### تمنح الكلية الدرجة الجامعية المتوسطة

#### للتخصصات المذكورة اعلاه وتتميز الكلية بأنها:

- متفردة في تدريس تخصص المساحة (حصرًا) وتخصص نظم المعلومات الجغرافية على مستوى المملكة.
- متواجدة في مبنى المركز الجغرافي الملكي الأردني والذي يضم كوادر بشرية مؤهلة ومتخصصة ذات الخبرة الأكاديمية والعملية التطبيقية الواسعة في مختلف مجالات العلوم المساحية والجغرافية.
- توفر الأجهزة المساحية الحديثة والبرمجيات اللازمة والمختبرات المتخصصة في أنظمة المعلومات الجغرافية.
- تضم قاعات تدريسية مجهزة بكافة الوسائل التكنولوجية الحديثة بالإضافة الى مكتبة تحوي احدث المراجع والكتب العلمية والابحاث المتخصصة.
- تخرج كفاءات علمية مدربة ومؤهلة للعمل في القطاعين العام والخاص.
- توجت جهود الكلية بحصول طلابها الخريجين على أوائل طلبة الامتحان الشامل للأعوام (2015 الى 2020) على التوالي.
- يتم تدريب الطلبة الخريجين في الاقسام الفنية للمركز الجغرافي الملكي الاردني ولمدة 3 أشهر، واعطائهم دورات تدريبية مجانية متخصصة ومنحهم شهادات تدريبية بذلك.

#### شروط القبول:

- ان يكون الطالب حاصل على شهادة الثانوية العامة أو ما يعادلها في الفرع العلمي أو فرع الإدارة المعلوماتية (المسار الثاني) أو الفرع الصناعي وحسب أسس قبول الطلبة في الكليات الجامعية المتوسطة للعام الجامعي 2020-2021

كلية المركز الجغرافي الملكي الأردني للعلوم المساحية والجيوماتيكية  
تعلن كلية المركز الجغرافي الملكي الاردني للعلوم المساحية والجيوماتيكية  
للطلبة الحاصلين على شهادة الثانوية العامة عن:  
في التخصصات الهندسية التالية:

تخصص المساحة (حصرًا)

نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

العنوان: المركز الجغرافي الملكي الاردني/ عمان - الجبيهة- شارع أحمد الطراونة- بناية رقم 92

هاتف: 065349198 فرعي 234 - مباشر 065345188

موبايل: 0786761144 الخط الساخن: 0788840010



العنوان: المركز الجغرافي الملكي الاردني/ عمان - الجبيهة- شارع أحمد الطراونة- بناية رقم 92

فاكس: +962 65347694

هاتف: +962 65345188

البريد الإلكتروني (rjgc@rjgc.gov.jo) الموقع الإلكتروني (www.rjgc.gov.jo)

