Journal Of the Iraqia University (75-3) February (2026)

ISSN(Print): 1813-4521 OnLine ISSN:2663-7502
Journal Of the Iraqia University
available online at
https://iasj.rdd.edu.iq/journals/journal/view/247

إعداد خرائط متقدمة للغيوم في محافظة دهوك لعام ٢٠٢٤ باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

أ.م.د. سلام سعود حسين

جامعة تكريت / كلية التربية للبنات / قسم الجغرافية

Designing and Developing Advanced Cloud Maps in Dohuk Governorate Using Remote Sensing and Geographic Information Systems

Salam.s@tu.edu.iq

الملخص

يهدف البحث إلى تصميم وتطوير خرائط متقدمة لتمثيل ورصد ظاهرة الغيوم في محافظة دهوك خلال عام ٢٠٢٤، بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، إذ تم استخدام منصة Google Earth Engine (GEE) وتنفيذ أكواد بلغة JavaScriptلاستدعاء ومعالجة بيانات القمر الصناعيSentinel-2 ، بهدف استخراج بيانات الغيوم لمنطقة الدراسة، وتم اختيار تاريخين مختلفين لرصد الغيوم، إذ كان الأول بتاريخ (٤ كانون الثاني ٢٠٢٤) والثاني في (١٣ شباط ٢٠٢٤)، وذلك لتتبع التغيرات في مساحة الغيوم، بعد ذلك تم توظيف برامج GIS لتصميم ثلاث أنواع من الخرائط المتقدمة: (نموذج الطريقة الديزمترية ، نموذج طريقة المكعبات الحجمية، نموذج طريقة البعد الثالث)، كما تم إجراء اختبار إدراكي وإحصائي لتقييم جودة النماذج الخرائطية المنتجة، وأظهرت النتائج أن نموذج الطريقة الديزمترية ذات البعد الثالث حققت أعلى درجة تبصير خرائطي وبتقدير (ممتاز) ، في حين سجل نموذج طريقة المكعبات المجمعة الضوئية ثلاثية الابعاد أقل نسبة تبصير وبنسبة (ضعيف)، وتوصي الدراسة باعتماد الخرائط الديزمترية ثلاثية الأبعاد عند تمثيل ظاهرة الغيوم، لا سيما في المناطق ذات الوحدات الإدارية الكبيرة، وذلك لتقليل مشكلة تعميم البيانات وتحقيق دقة مكانية وموضوعية أعلى**الكلمات المفتاحية:** خرائط متقدمة ، كثافة الغيوم، خرائط المكعبات الحجمية، الخرائط الديزمترية

Abstract:

This research aims to design and develop advanced maps for representing and monitoring cloud cover in Duhok Governorate during 2024, using Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) techniques. The Google Earth Engine (GEE) platform was employed, and JavaScript-based scripts were implemented to retrieve and process Sentinel-2 satellite data in order to extract cloud information for the study area. Two different dates were selected for cloud observation, the first on 4 January 2024 and the second on 13 February 2024, to track changes in cloud coverage area. Subsequently, GIS software was used to design three types of advanced cartographic models: the dasymetric method model, the volumetric cube method model, and the third-dimension (3D) method model. In addition, perceptual and statistical tests were conducted to evaluate the quality of the produced cartographic models. The results showed that the three-dimensional dasymetric model achieved the highest level of cartographic perception, rated as excellent, whereas the three-dimensional aggregated volumetric cube model recorded the lowest level of cartographic perception, rated as weak. The study recommends adopting three-dimensional dasymetric maps for representing cloud phenomena, particularly in regions with large administrative units, as they reduce data generalization and achieve higher spatial and thematic accuracy.**Keywords:** Advanced maps, Cloud density, Volumetric cubes maps, Dismetric maps.

اولا الاطار النظري

المقدمة

تشهد تقنيات الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS تطورًا كبيرًا في رصد وتمثيل الظواهر الطبيعية، ومن بينها ظاهرة الغيوم التي تؤثر بشكل مباشر على المناخ والنشاط البشري، وتكمن أهمية الغيوم في دورها المناخي والبيئي، كما تمثل تحديًا في عملية الرصد والتحليل المكاني والزماني، وتعد محافظة دهوك من المناطق التي تتعرض لتغيرات سريعة في نمط الغيوم، ما يستدعي تطوير طرائق خرائطية دقيقة تواكب هذه التحولات، وتتميز الغيوم بخاصية التغير المستمر من حيث الشكل والكثافة، ما يجعل رصدها بالوسائل التقليدية محدود الفاعلية، ولهذا السبب برزت الحاجة إلى الاستفادة من تقنيات الاستشعار عن بعد، والتي توفر صورًا فضائية متعددة الأطياف تغطي مناطق واسعة بدقة عالية وتكرار زمني مستمر، وتتيح هذه التقنيات إمكانية تتبع الغيوم وتحليل حركتها وامتدادها من خلال بيانات الأقمار الصناعية التي تسجل الإشعاعات المنعكسة من سطح الأرض والجو، وتعد بيانات القمر الصناعي Sentinel-2 من بين المصادر المتاحة والفعالة لهذا الغرض، نظرًا لتعدد نطاقاتها الطيفية ودقتها المكانية المناسبة لرصد الظواهر الجوية على مستوى محلي، ومع تطور البرمجيات والمنصات الرقمية مثل Google Earth Engine، أصبح بالإمكان تحليل كميات ضخمة من بيانات الأقمار الصناعية باستخدام لغات برمجة مثلJavaScript ، ما يفتح آفاقًا جديدة أمام الباحثين لتطبيق منهجيات تحليل متقدمة دون الحاجة إلى تحميل البيانات أو توفر قدرات حاسوبية عالية، كما أن الدمج بين بيانات الاستشعار عن بعد وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية يوفر بيئة مثالية لتحليل الظواهر الطبيعية (الغيوم) وتمثيلها على شكل خرائط رقمية يمكن قراءتها وتفسيرها بدقة تعد نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من الأدوات المحورية في تحويل البيانات الفضائية إلى منتجات خرائطية فعالة، فهي تتيح التعامل مع الطبقات المكانية وتحليل العلاقات المكانية والإحصائية بين عناصر الظاهرة المدروسة، كما توفر واجهة تصميم تساعد على إنتاج خرائط تفاعلية دقيقة، كما أصبح تصميم الخرائط المتقدمة يتجاوز مجرد التمثيل المكاني إلى مستويات جديدة تشمل التحليل ثلاثي الأبعاد، التمثيل الرمزي الذكي، والتبصير الخرائطي القائم على التفاعل مع المستخدم، ومن هنا تبرز أهمية تصميم طرائق خرائطية مبتكرة لتمثيل ظاهرة الغيوم، ويشمل ذلك استخدام أنواع مختلفة من النماذج مثل نموذج الطريقة الديزمترية الثلاثية الابعاد ، نموذج طريقة البعد الثالث ، نموذج المكعبات المجمعة ثلاثية الابعاد، نموذج الطريقة الديزمترية الضوئية الثلاثية الابعاد، نموذج طريقة البعد الثالث الضوئية، نموذج المكعبات المجمعة الضوئية ثلاثية الابعاد (ابراهيم، محمود، ٢٠٢٠، ص١٥) ، وكل منها يتمتع بخصائص تصويرية وإدراكية مختلفة تسهم في إبراز جانب معين من الظاهرة، وأن اختيار الطريقة المناسبة لتمثيل الغيوم لا يعتمد فقط على البيانات، بل أيضًا على هدف التحليل وخصائص المنطقة المدروسة والجمهور المستهدف من الخريطة، وإن الحاجة إلى تطوير نماذج خرائطية فعالة لتمثيل الغيوم في قضاء دهوك تنبع من الطبيعة الجغرافية المتنوعة للمنطقة، والتي تشمل تضاريس جبلية وسهولًا ووديانًا تؤثر بشكل مباشر في نمط توزع الغيوم، كما أن محدودية البيانات المناخية الأرضية في بعض المواقع تعزز من أهمية استخدام صور الأقمار الصناعية كبديل موثوق يوفر تغطية شاملة، وتهدف هذه الدراسة إلى الجمع بين قدرات الاستشعار عن بعد ومرونة نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج خرائط متقدمة قادرة على تمثيل ظاهرة الغيوم بدقة مكانية وزمانية عالية، وبأساليب تصميم متنوعة تخدم أغراض التحليل العلمي والتطبيقي، ومن خلال تقييم النماذج المختلفة، تسعى الدراسة إلى تحديد الأنسب منها للاستخدام في المناطق ذات الوحدات الإدارية الكبيرة.

مشكلة الدراسة

تعاني محافظة دهوك من غياب خرائط رقمية دقيقة تمثل التوزيع الحقيقي للغيوم على المستوى المحلي، إذ تعتمد الجهات المعنية غالبا على بيانات عامة أو نماذج منقولة من مناطق مختلفة، ما يؤدي إلى قصور في دقة التمثيل المكاني، وتنبع المشكلة من ضعف أدوات التحليل الخرائطي المحلي، وعدم كفاية استخدام التقنيات الرقمية في إنتاج خرائط ذات جودة مكانية عالية، وانطلاقًا من هذه الإشكالية، تحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

١- ما مدى كفاءة النماذج الخرائطية المتقدمة في تمثيل ظاهرة الغيوم في قضاء دهوك؟

٢- أي نوع من الخرائط يحقق أعلى درجة من التبصير الخرائطي والدقة المكانية؟

٣- كيف يمكن توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لإنتاج خرائط دقيقة للغيوم؟

فرضية الدراسة :

١- ان النماذج الخرائطية المتقدمة تحقق كفاءة عالية في تمثيل ظاهرة الغيوم على المستوى المحلي في قضاء دهوك، مقارنة بالنماذج التقليدية المعتمدة على التعميم أو النقل من مناطق أخرى.

٢- أن الخرائط الديزمترية ثلاثية الأبعاد الأكثر فاعلية من حيث التبصير الخرائطي والدقة المكانية في تمثيل الغيوم، نظرا لقدرتها على إظهار الفروقات الحجمية بدقة أكبر من النماذج الأخرى.

٣- أن لتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية القدرة لتوفر قاعدة بيانات موثوقة لإنتاج خرائط دقيقة للغيوم، خاصة عند دمج صور الأقمار الصناعية الحديثة مثل Sentinel-2 مع أدوات التحليل المكاني والبرمجة ضمن بيئةGoogle Earth Engine

منهجية الدراسة

اتبعت الدراسة منهجاً تحليليا يعتمد على استخراج بيانات الغيوم من القمر الصناعي Sentinel-2 باستخدام منصة Google Earth Engine، كما استخدمت الدراسة المنهج الوصفي من أجل وصف وتحليل الخصائص الجغرافية لظاهرة الغيوم في منطقة الدراسة، كما وجرى استخدام المنهج التقاني والمتمثل ببرامج نظم المعلومات الجغرافية GIS لمعالجة البيانات وإنشاء نماذج خرائطية متعددة، بالإضافة الى استخدام المنهج الكمي من اجل تحليل البيانات واجراء الاختبارات الاحصائية المتقدمة .

أهداف الدراسة

١- رصد ومراقبة ظاهرة الغيوم في محافظة دهوك باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، من خلال منصة Google Earth Engine (GEE)، وبيانات القمر الصناعي Sentinel-2.

٢- تتبع التغيرات المكانية والزمانية في توزيع الغيوم من خلال إجراء مقارنة بين حالتي الغيوم في تاريخين محددين هما ٤ كانون الثاني و١٣ شباط لعم ٢٠٢٤.

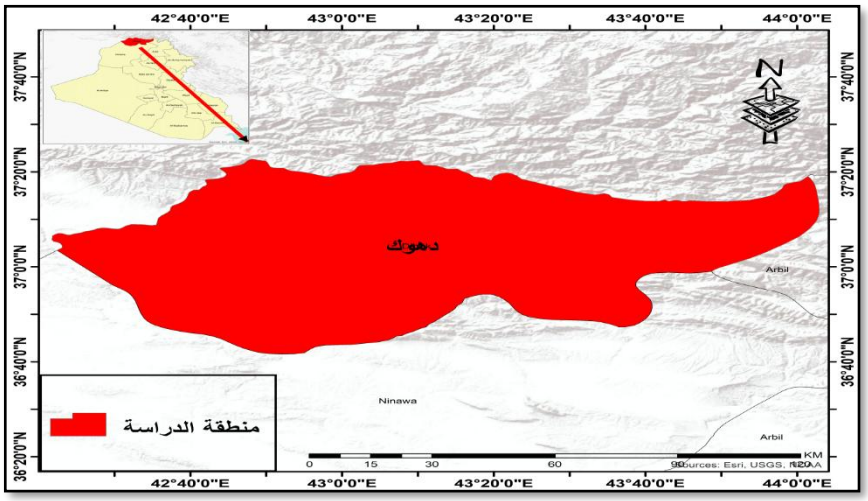
٣- تصميم وإعداد خرائط متقدمة لتمثيل ظاهرة الغيوم في منطقة الدراسة، باستخدام مجموعة متنوعة من النماذج الخرائطية مثل النماذج الديزمترية، والمكعبات الحجمية، والبعد الثالث، بالإضافة الى النماذج الضوئية.

٤- إجراء تقييم علمي وموضوعي للنماذج الخرائطية المنتجة من خلال تطبيق اختبارات إدراكية (بصرية) وإحصائية، بهدف تحديد النموذج الأكثر كفاءة في التمثيل المكاني.

٥- تحليل العلاقة بين طبيعة النموذج الخرائطي ومستوى التبصير المكاني الذي يتيحه، واقتراح النموذج الأنسب لتمثيل الغيوم في المناطق ذات الوحدات الإدارية الكبيرة.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في شمال العراق، إذ يحدها من جهة الشمال دولة تركيا ، ومن الشرق والجنوب الشرقي محافظة اربيل، ويحدها من جهة الجنوب والجنوب الغربي محافظة نينوى، وتقع منطقة الدراسة فلكيا بين دائرتي عرض (36,10,0°) و (37,23,24°) شمالا، وخطي طول (42,20,42°) و (44,18,44°) شرقا ، والخريطة (١) توضح موقع منطقة الدراسة.**الخريطة (١) موقع منطقة الدراسة**



المصدر : بالاعتماد على خريطة العراق الإدارية ١/٢٥٠٠٠ وخريطة محافظة دهوك الادارية ومخرجات برنامج (Arc GIS. PRO).

ثانيا – رصد ومراقبة الغيوم باستخدام الاستشعار عن بعد RS :تعد عملية مراقبة ورصد الغيوم من المهام الرئيسة في دراسات الطقس والمناخ، نظرا لتأثيرها المباشر على توازن الطاقة الأرضية ودورة المياه، و في السنوات الأخيرة شهدت تقنيات الاستشعار عن بعد تطورا ملحوظا، مما أتاح

فرصا جديدة لمراقبة الظواهر الجوية بدقة وفعالية، ويعد القمر الصناعيSentinel-2 التابع لوكالة الفضاء الأوروبية من أبرز الأدوات في هذا المجال، إذ يوفر صورا متعددة الأطياف بدقة مكانية تصل إلى ١٠ أمتار، مع قدرة على تغطية مساحات واسعة من سطح الأرض، إذ تخزن بيانات Sentinel-2 في هيكلية محددة تسهل الوصول إليها، حيث تنظم الصور في شبكة تعتمد على نظام الإحداثيات المستعرضة العالمية (UTM)، مما يسمح بتحديد دقيق للمناطق الجغرافية المختلفة، وتتضمن كل صورة بيانات متعددة النطاقات الطيفية، مما يتيح تحليل الظواهر المختلفة بما في ذلك الغيوم.وتواجه عملية رصد الغيوم باستخدام Sentinel-2 تحديات، أبرزها تداخل الغيوم مع البيانات الأرضية مما يقلل من فعالية التحليلات، ولحل هذه المشكلة طورت خوارزميات متقدمة من خلال مجموعة من الباحثين الاجانب للكشف عن الغيوم وإزالتها من الصور مثل خوارزميةs2cloudless التي توفر احتمالية وجود الغيوم لكل بكسل في الصورة، مما يسمح بإنشاء أقنعة غيوم دقيقة ومرنة، وتستخدم هذه الخوارزمية بالتكامل مع منصة(GEE) Google Earth Engine ، وهي منصة سحابية تتيح الوصول إلى كميات هائلة من بيانات الاستشعار عن بعد وأدوات تحليلية متقدمة، ويسهل هذا التكامل عملية معالجة وتحليل بيانات Sentinel-2 لرصد الغيوم، إذ يمكن تطبيق خوارزميات الكشف عن الغيوم وإزالتها، وإنشاء تراكيب زمنية خالية من الغيوم، مما يعزز دقة وموثوقية التحليلات .

ويمكن تحديد مراحل عملية رصد ومراقبة الغيوم في محافظة دهوك باستخدام بيانات Sentinel-2 ومنصة GEE كما يلي:

أ- جمع البيانات :الوصول إلى صور Sentinel-2 لمحافظة دهوك عبر منصةGEE ، مع التركيز على الفترات الزمنية للدراسة.

ب- معالجة البيانات الأولية :تطبيق خوارزميات الكشف عن الغيوم، مثلs2cloudless ، لإنشاء أقنعة غيوم دقيقة، وإزالة المناطق المتأثرة بالغيوم من الصور .

ت- تحليل البيانات :استخدام أدوات GEE ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل التوزيع المكاني والزماني للغيوم، وتحديد الأنماط والتغيرات المرتبطة بها.وتسهم هذه المراحل في بناء فهم شامل لظاهرة الغيوم في محافظة دهوك، مما يدعم الدراسات المناخية ويساعد في اتخاذ القرارات المتعلقة بإدارة الموارد الطبيعية والتخطيط البيئي في المنطقة.وأن عملية تحديد "كثافة الغيوم (Cloud Cover Density %) "في صور Sentinel-2ليس عملية مباشرة، بل تعتمد على تقنيات معالجة تعتمد إما على المؤشرات الطيفية أو خوارزميات تصنيف مدعومة بالذكاء الاصطناعي وكالآتي:

١- **كثافة الغيوم** :هي النسبة المئوية للبكسلات المغطاة بالغيوم في صورة ما، ويمكن حسابها على مستوى الصورة كاملة أو ضمن منطقة محددة، ويعرف الغطاء الغيمي بأنه النسبة المئوية أو الكمية المكانية للغيوم التي تغطي منطقة معينة في لحظة زمنية ، وهو عامل يؤثر على المناخ المحلي، التوازن الإشعاعي، وهطول الأمطار (Ackerman, S. A., & Knox, J. A,2015,P.134).

٢- **الطرائق المستخدمة لتحديد كثافة الغيوم** :الطريقة الطيفية (Spectral-based Approach) : تعتمد على تمييز الغيوم من خلال خصائصها الطيفية، باستخدام نطاقات محددة مثل:(B8) NIR: الغيوم تُعطي انعكاسًا عاليًا.(B11) SWIR وB12: يُستخدم للتمييز بين الغيوم والثلوج.(B2) Blue: الغيوم تعكس الضوء بقوة.(B10) Cirrus: لرصد الغيوم الرقيقة.**أشهر المؤشرات الطيفية (Google Earth Engine Developers)** :

Brightness Index (BI):

$$\sqrt{3/(^2B2^2 + B3^2 + B4)} = BI$$

Normalized Difference Snow Index (NDSI) (للتمييز بين الغيوم والثلج):

$$\frac{B3 - B11}{B3 + B11} = NDSI$$

٣- **خوارزميات آلية مثلS2_CLOUDLESS (Frantz, D., et al. ,2018,P.110)** :

خوارزمية **s2cloudless**هي نموذج تصنيف يعتمد على التعلم الآلي (Random Forest) تم تدريبه باستخدام بيانات Sentinel-2.

أ- لا تعتمد فقط على المؤشرات الطيفية، بل على ١٠ ميزات من النطاقات المختلفة.

ب- تنتج خريطة احتمالية (probability mask) لكل بكسل (٠ إلى ١)، تمثل احتمال وجود غيوم.

ت- تحدد (كثافة الغيوم) بحساب نسبة البكسلات التي تجاوزت عتبة معينة (مثلاً 0.4 <أو 0.5 >).

٤- **خطوات الحساب باستخدامs2cloudless (Main-Knorn, M., etal,2017,P.556)** :

١. تحميل صورة Sentinel-2 مستوى L1C أوL2A .

٢. تشغيل خوارزمية s2cloudless لإنتاج قناع الغيوم.

٣. تحديد عتبة الاحتمالية(threshold)

٤. حساب نسبة البكسلات المصنفة كغيوم إلى العدد الكلي للبكسلات في الصورة أو المنطقة المختارة.

٥- **مواصفات خوارزمية S2cloudless (Zupanc, A., et al. ,2017 ,P.211)**:معالج Sentinel-2 Cloudless المعروف بـ-S2 Cloudlessهو خدمة معالجة تنتج أقنعة للغيوم واحتمالات وجودها، باستخدام خوارزمية s2cloudless التي طورتها شركة Sinergise تتاح النتائج على شكل نطاقات ضمن بيانات Sentinel-2 تسمى:

- **CLP** : تمثل احتمالية وجود الغيوم
- **CLM**: تمثل قناع الغيوم

يعتمد هذا التصنيف على كاشف غيوم قائم على تحليل البكسل في المشهد الواحد، وقد طوره فريق البحث فيSentinel Hub ، وان خوارزمية s2cloudlessكانت جزءا من جهد دولي لمقارنة أداء خوارزميات كشف الغيوم، وقد تم اختبارها مع ٩ خوارزميات أخرى على ٤ مجموعات بيانات تجريبية مختلفة، وفي جميع الحالات، كانت ضمن الجبهة المثالية (Pareto front) من حيث الأداء، وتدعم هذه الخدمة البيانات المعايرة من Sentinel-2 سواء من المستوى L1C أوL2A .

المصدر : https://docs.mcube.terradue.com/services/s2-cloudless/service-specs/?utm

الشكل (١) كود جافا سكرايبت الخاص برصد ومراقبة الغيوم في محافظة دهوك

```
var cloudMask = cloudProbability.gt(40); // 40 < بكسلات بفرصة غيوم
var cloudPixelCount = cloudMask.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: roi,
  scale: 10,
  maxPixels: 1e9
});

var totalPixelCount = image.select('B2').reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.count(),
  geometry: roi,
  scale: 10,
  maxPixels: 1e9
});

var cloudPercentage = ee.Number(cloudPixelCount.get('probability'))
  .divide(totalPixelCount.get('B2'))
  .multiply(100);
```

لا تتوفر بيانات كثافة الغيوم (%) بشكل مباشر في صورSentinel-2 ، ولكن يمكن تقديرها باستخدام طريقتين رئيسيتين: إما عبر مؤشرات طيفية تقليدية أو من خلال خوارزميات احتمالية تعتمد على التعلم الآلي، وتعد خوارزمية S2_CLOUDLESSمن أكثر الطرائق استخدام، وهي نموذج تصنيف قائم على خوارزمية الغابات العشوائية (Random Forest) تعتمد الخوارزمية على عشرة خصائص طيفية ونسيجية مستخرجة من نطاقات(Sentinel-2)المستوىL1C ، وتنتج خريطة احتمالية لكل بكسل تمثل درجة احتمال تغطيته بالغيوم، بقيم تتراوح من ٠ (صاف) إلى ١ (مغطى بالكامل)يصنف البكسل على أنه مغطى بالغيوم عندما تتجاوز احتماليته عتبة معينة (عادة ٠.٤ أو ٠.٥)، ثم تحسب كثافة الغيوم من خلال قسمة عدد البكسلات المصنفة على أنها غائمة على العدد الكلي للبكسلات ضمن منطقة الدراسة.وتعد هذه الطريقة أكثر دقة من الأساليب الطيفية التقليدية مثل مؤشر السطوع (BI) أو مؤشر الفرق المعياري للثلوج(NDSI) ، والتي قد تخطئ في التمييز بين الغيوم والثلوج أو بين السحب الرقيقة والسطوح اللامعة، وتم استخراج كثافة الغيوم بالاعتماد على القمر الصناعي Sentinel-2 ، إذ تمثل نسبه الكثافة للغيوم قيمة (٠ – ١) وتعبر عن وجود سحب في المنطقة ، ففي حالة ٠ يعني ان المنطقة بدون غيوم ولكن ١ يعني ان المنطقة مغطاه بالكامل بالغيوم .

الجدول (١) رصد ومراقبة كثافة الغيوم بتاريخ ٢٠٢٤-٠١-٠٤

ت	الارتفاع عن سطح الأرض / متر	الكثافة	نسبة الكثافة%	اللون الخرائطي

1	1000	0.3	30%	اصفر فاتح
2	4000	0.5	50%	ازرق فاتح
3	2000	0.7	70%	ازرق متوسط
4	3000	1.0	100%	ازرق غامق

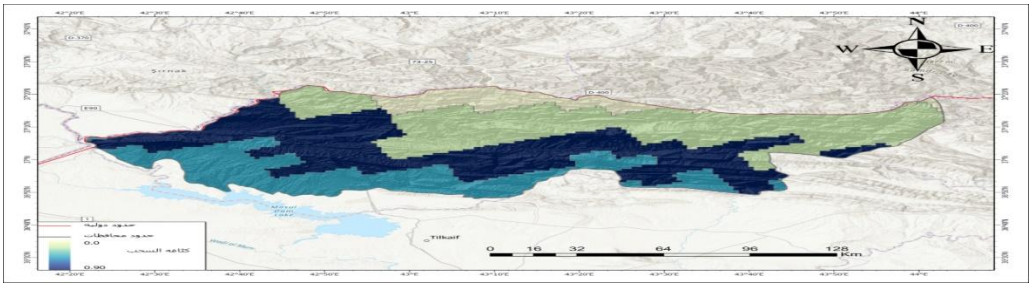
المصدر : بالاعتماد على القمر الصناعي Sentinel-2 .يتبين من الجدول (١) والذي يعكس تحليل الغيوم في قضاء دهوك تباينًا واضحًا في خصائصها الفيزيائية والمكانية، لا سيما من حيث الارتفاع والكثافة، مما يساهم في تقديم فهم دقيق لطبيعة انتشارها، وأظهرت البيانات وجود أربع فئات رئيسة للغيوم تم تصنيفها وفقًا لارتفاعها عن سطح الأرض، وكثافتها، والنسبة المئوية لتلك الكثافة، إلى جانب اللون المستخدم في التمثيل الخرائطي، وتمثل الفئة الأولى الغيوم المنخفضة بارتفاع يصل إلى ١٠٠٠ متر، وتُظهر كثافة منخفضة بلغت ٠.٣، أي ما يعادل ٣٠٪ من أقصى كثافة مسجلة، وقد تم تمثيلها في الخرائط باستخدام اللون الاصفر الفاتح، إذ تعكس هذه الفئة غيومًا خفيفة ومنتشرة بشكل غير كثيف، وتكون عادة ذات تأثير محدود على الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة، أما الفئة الثانية فقد رُصدت على ارتفاع ٤٠٠٠ متر مع كثافة متوسطة بلغت ٠.٥، أي ما يعادل ٥٠٪، وتم تمثيلها بلون أزرق فاتح، وهذه الغيوم تقع ضمن طبقة الغلاف الجوي المتوسطة، وتتميز بتغطية أكبر وتأثير متوسط على الظواهر الجوية، اما الفئة الثالثة تم رصدها على ارتفاع ٢٠٠٠ متر، وتتمتع بكثافة عالية نسبيًا بلغت ٠.٧ أو ما يعادل ٧٠٪، وقد تمثل في الخرائط باستخدام اللون الأزرق المتوسط، وتشير هذه الفئة إلى وجود غيوم أكثر تراكمًا، ذات قدرة أعلى على حجب الإشعاع الشمسي، ما يؤثر على الإضاءة ودرجات الحرارة في المنطقة، أخيرًا جاءت الفئة الرابعة على ارتفاع ٣٠٠٠ متر، لكنها سجلت أعلى كثافة وصلت إلى ١.٠ وبنسبة ١٠٠٪، وهي تمثل الغيوم الأشد كثافة وتأثيرًا، وتم تلوينها باللون الأزرق الغامق في النماذج الخرائطية، وهذا النوع من الغيوم غالبًا ما يرتبط بظواهر مناخية أكثر تطرفًا مثل تساقط الأمطار أو الثلوج، ويعد مؤشرًا على حالات جوية غير مستقرة، ومن خلال ذلك يتبين من هذا التصنيف أن الغيوم لا تتوزع فقط بشكل أفقي وإنما تختلف عموديا أيضا من حيث الارتفاع والكثافة، ما يعزز الحاجة إلى نماذج خرائطية ثلاثية الأبعاد لتمثيلها بدقة، كما أن استخدام الألوان المتدرجة يسهم في رفع مستوى التبصير الخرائطي، ويتيح للمستخدم تفسير الظاهرة بسهولة وسرعة، ويعد خطوة مهمة في توصيل المعلومات بالنسبة لقارئ الخريطة، ولتحديد نوع الغيمة بناء على تصنيفها بحسب الارتفاع والكثافة، يمكننا استخدام المعايير التي تميز الغيوم السحابية، وسنأخذ بعين الاعتبار الخصائص الأساسية للغيمة مثل الارتفاع، الشكل، والكثافة لتحديد نوعها:

١-**الغيوم المنخفضة (ارتفاع ١٠٠٠ متر)** : تكون نوع الغيمة: سمحاقية (Stratus)إذ أن الغيوم السمحاقية تتشكل عادة في طبقات منخفضة، وهي غالبا ما تكون ذات كثافة منخفضة وتغطي السماء بشكل موحد، وبالنظر إلى الكثافة المنخفضة، يُحتمل أن تكون هذه غيوم سمحاقية خفيفة تنتشر على مستوى منخفض.

٢-**الغيوم المتوسطة الارتفاع (ارتفاع ٢٠٠٠ متر)**: تكون نوع الغيمة: ركامية (Cumulus)إذ أن الغيوم الركامية غالبًا ما تتكون في طبقات متوسطة الارتفاع وتكون كثيفة وتتميز بوجود قمم مرتفعة، وأن الكثافة العالية والارتفاع المتوسطة يشيران إلى احتمالية أنها غيوم ركامية.

٣-**الغيوم العالية (ارتفاع ٤٠٠٠ متر)**: تكون نوع الغيمة: سيروس (Cirrus)إذ أن الغيوم السيروسية تكون عادة على ارتفاعات عالية جدًا (فوق ٦٠٠٠ متر) ولها كثافة متوسطة، ولكن يمكن أن تتواجد بعض الغيوم السيروسية على ارتفاعات منخفضة قليلاً، وتكون مميزة بشكلها الرفيع والمتناثر.

٤-**الغيوم الكثيفة والعالية (ارتفاع ٣٠٠٠ متر)**: تكون نوع الغيمة: طبقية ركامية (Cumulonimbus)إذ أن الغيوم ذات الارتفاع الكبير والكثافة العالية تشير عادة إلى الغيوم الطبقية الركامية (Cumulonimbus)، والتي تعد من أضخم أنواع الغيوم وتسبب الطقس السيء مثل العواصف الرعدية والأمطار الغزيرة.**الخريطة (٢) رصد ومراقبة كثافة الغيوم بتاريخ ٢٠٢٤-٠١-٤**



المصدر : بالاعتماد على القمر الصناعي Sentinel-2 .**الجدول (٢) رصد ومراقبة كثافة الغيوم بتاريخ ١٣-٠٢-٢٠٢٤**

ت	الارتفاع عن سطح الأرض / متر	الكثافة	نسبة الكثافة%	اللون الخرائطي
1	500	0.5	50.00%	ازرق فاتح
2	700	0.7	70.00%	ازرق متوسط
3	1000	0.9	90.00%	ازرق غامق
4	1200	0.1	10.00%	اصفر فاتح
5	1500	0.9	90.00%	ازرق غامق

المصدر : بالاعتماد على القمر الصناعي Sentinel-2 .يتبين من الجدول (٢) الذي يعكس تحليل الغيوم في قضاء دهوك وجود تباين في خصائص الغيوم من حيث الارتفاع عن سطح الأرض، الكثافة، والنسبة المئوية لهذه الكثافة، مما يعكس تنوعًا في طبيعة الغيوم في هذه المنطقة، كما تم تصنيف الغيوم إلى خمس فئات رئيسة وفقًا لهذه الخصائص، وتم تلوينها بألوان خرائطية تساعد في تفسير الظاهرة بوضوح.

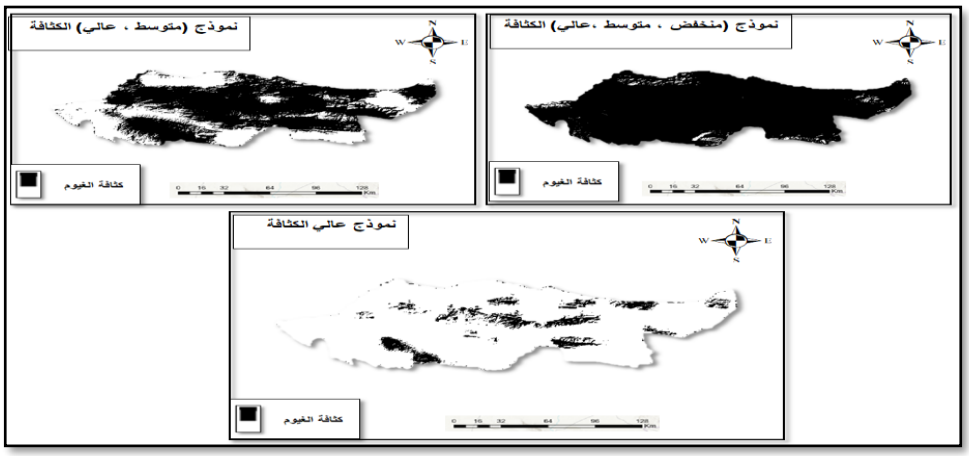
١- **الفئة الأولى** :الغيوم على ارتفاع ٥٠٠ متر، سمك ٦٠٠ متر، كثافة ٠.٥ (٥٠٪)، اللون الخرائطي: أزرق فاتح، وتمثل هذه الغيوم غيومًا منخفضة ومتوسطة الكثافة، حيث تكون غالبًا متوزعة بشكل غير كثيف، مما يقلل من تأثيرها على الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة في المنطقة. بفضل التمثيل بالأزرق الفاتح في الخرائط، من السهل تحديد هذه الغيوم على الخريطة.

٢- **الفئة الثانية** :الغيوم على ارتفاع ٧٠٠ متر، سمك ١٠٠٠ متر، كثافة ٠.٧ (٧٠٪)، اللون الخرائطي: أزرق متوسط، وهذه الغيوم تظهر في طبقة الغلاف الجوي المتوسطة، وهي أكثر كثافة من الفئة السابقة، مع سمك أكبر وكثافة أعلى، فإن هذه الغيوم قد تؤثر على الإضاءة ودرجات الحرارة بشكل أكبر، وتساهم في تغطية السماء بشكل ملحوظ، تم تمثيلها باللون الأزرق المتوسط في الخرائط.

٣- **الفئة الثالثة** :الغيوم على ارتفاع ١٠٠٠ متر، سمك ١٧٠٠ متر، كثافة ٠.٩ (٩٠٪)، اللون الخرائطي: أزرق غامق، وتشير هذه الغيوم إلى غيوم كثيفة عالية، ويظهر تأثيرها بشكل أكبر على المناخ المحلي. هذه الغيوم تعتبر طبقية الركامية أو الغيوم الأكثر كثافة التي تحجب بشكل كبير الأشعة الشمسية، وقد ترتبط بتساقط الأمطار أو الثلوج.

٤- **الفئة الرابعة** :الغيوم على ارتفاع ١٢٠٠ متر، سمك ٧٠٠ متر، كثافة ٠.١ (١٠٪)، اللون الخرائطي: أصفر فاتح، وتمثل هذه الغيوم غيوما خفيفة جدا وقليلة الكثافة، ونظرا لأن كثافتها منخفضة جدا فإن تأثيرها على الظواهر الجوية يكون محدودا للغاية، وتم تمثيل هذه الغيوم في الخرائط باستخدام اللون الأصفر الفاتح.

٥- **الفئة الخامسة** :الغيوم على ارتفاع ١٥٠٠ متر، سمك ١٧٠٠ متر، كثافة ٠.٩ (٩٠٪)، اللون الخرائطي: أزرق غامق، وتشبه هذه الفئة الثالثة من حيث الكثافة ، حيث تمثل غيوما كثيفة وعالية تؤثر بشكل كبير على الإضاءة ودرجات الحرارة، ويمكن أن تؤدي إلى تغييرات جوية حادة، مثل الأمطار الغزيرة أو العواصف.ومن خلال ذلك يتبين من هذا التحليل أن الغيوم في محافظة دهوك تتوزع بشكل غير متساو من حيث الارتفاع والكثافة، ويمكن استخدام نتائج الكثافة في تطوير نماذج خرائطية ثلاثية الأبعاد لتمثيل الغيوم بشكل أكثر دقة، مما يساعد في دراسة التأثيرات الخرائطية المناخية بشكل أفضل وتوفير معلومات دقيقة عن الظواهر الجوية.**الشكل (٢) النماذج الخرائطية للغطاء الغيمي ذات الكثافة العالية والمتوسطة والمنخفضة**



المصدر : بالاعتماد على القمر الصناعي Sentinel-2 **تم تصنيف الغيوم التي تم رصدها في منطقة الدراسة وتحديد نوعها وفقا للارتفاع والكثافة وكما يلي:**

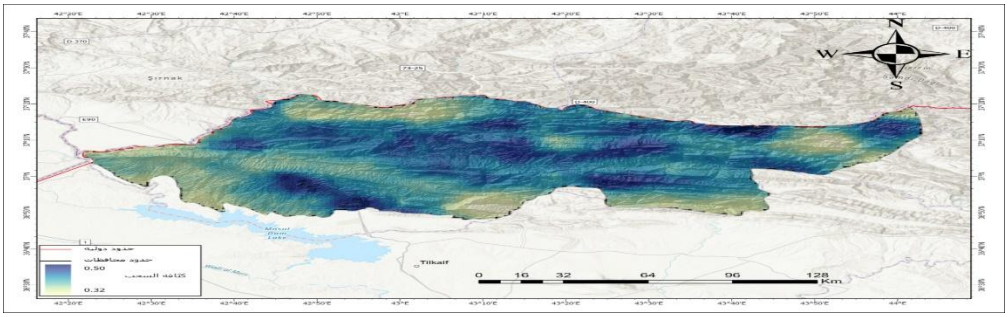
١- **الغيوم على ارتفاع ٥٠٠ متر:** تكون نوع الغيمة: سمحاقية (Stratus)إذ أن هذه الغيمة تقع في طبقات منخفضة وذات كثافة معتدلة، وبما أن السمك والكثافة ليسا مرتفعين جدًا، فهي عادة ما تكون غيمة سمحاقية، ذات تأثير محدود على التغيرات الجوية ولكنها قد تؤثر على الإضاءة.

٢- **الغيوم على ارتفاع ٧٠٠ متر:** تكون نوع الغيمة: ركامية (Cumulus)إذ أن الغيوم على هذا الارتفاع تكون كثيفة مع سمك كبير، مما يشير إلى أنها غيوم ركامية، وهذه الغيوم تظهر بشكل تراكمات مع قمم مرفوعة وتسبب عادة تغييرات في الإضاءة ودرجات الحرارة في المنطقة.

٣- **الغيوم على ارتفاع ١٠٠٠ متر:** تكون نوع الغيمة: طبقية ركامية (Cumulonimbus)إذ أن الغيوم على ارتفاع ١٠٠٠ متر مع كثافة مرتفعة (٩٠٪) تشير إلى غيوم طبقية ركامية، التي هي من أكبر وأثقل أنواع الغيوم. هذا النوع عادة ما يسبب الطقس السيئ مثل الأمطار الغزيرة أو العواصف الرعدية.

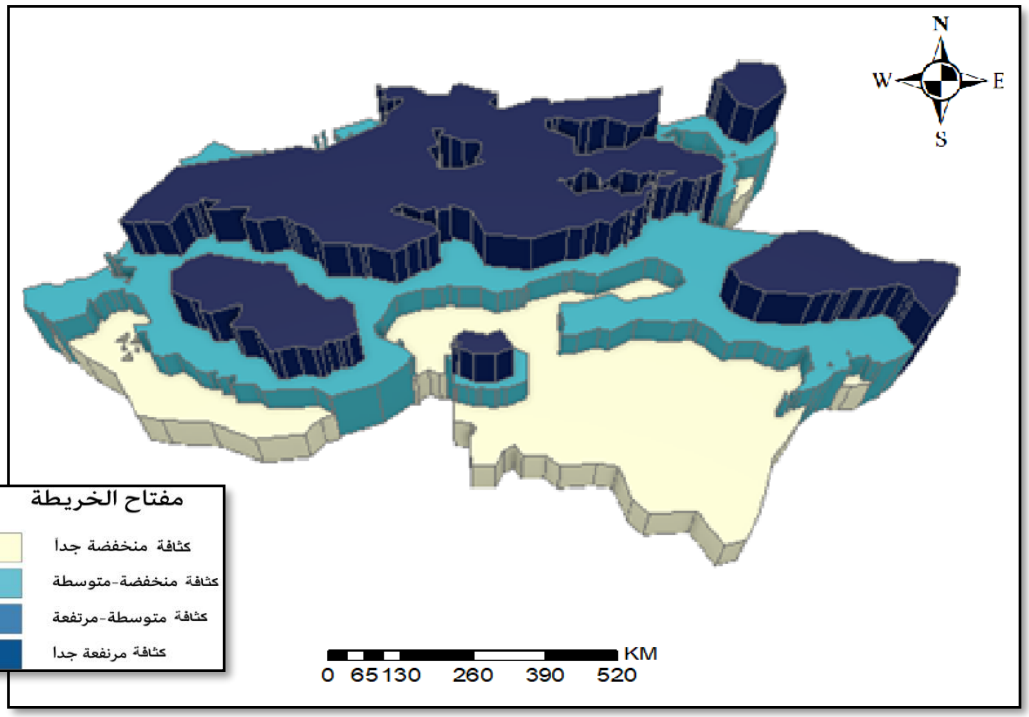
٤- **الغيوم على ارتفاع ١٢٠٠ متر:** تكون نوع الغيمة: سمحاقية (Stratus)إذ أن الغيوم منخفضة مع كثافة منخفضة جدًا تشير إلى أنها سمحاقية خفيفة، ويتم تمثيلها بلون أصفر فاتح في الخرائط مما يدل على تأثير محدود على التغيرات الجوية.

٥- **الغيوم على ارتفاع ١٥٠٠ متر:** تكون نوع الغيمة: طبقية ركامية (Cumulonimbus)إذ أن الغيوم كثيفة وذات ارتفاع مرتفع، مشابهة لنوع الغيوم الطبقية الركامية، وهذه الغيوم تعكس تأثيرا كبيرا على الأحوال الجوية، من المحتمل أن تكون مرتبطة بهطولات غزيرة أو عواصف.**الخريطة (٣) رصد ومراقبة كثافة الغيوم بتاريخ ٢٠٢٤-٠٢-١٣**

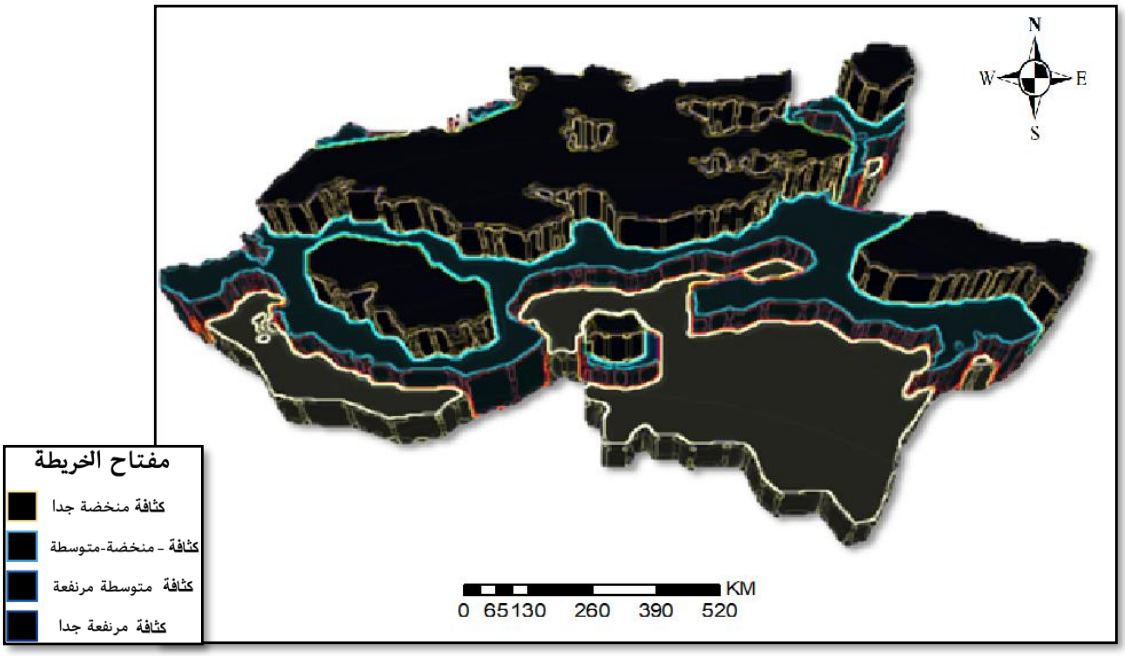


المصدر : بالاعتماد على القمر الصناعي Sentinel-2 .يتضح من خلال التحليل البصري للخريطة إلى وجود غطاء سحابي متفاوت الكثافة في منطقة الدراسة، إذ تظهر المناطق ذات اللون الرمادي الداكن كمناطق عالية الكثافة السحابية (مثل المناطق الجبلية الشمالية والغربية)، بينما تلاحظ الألوان في المناطق السهلية والوديان كمؤشر على انخفاض الكثافة.

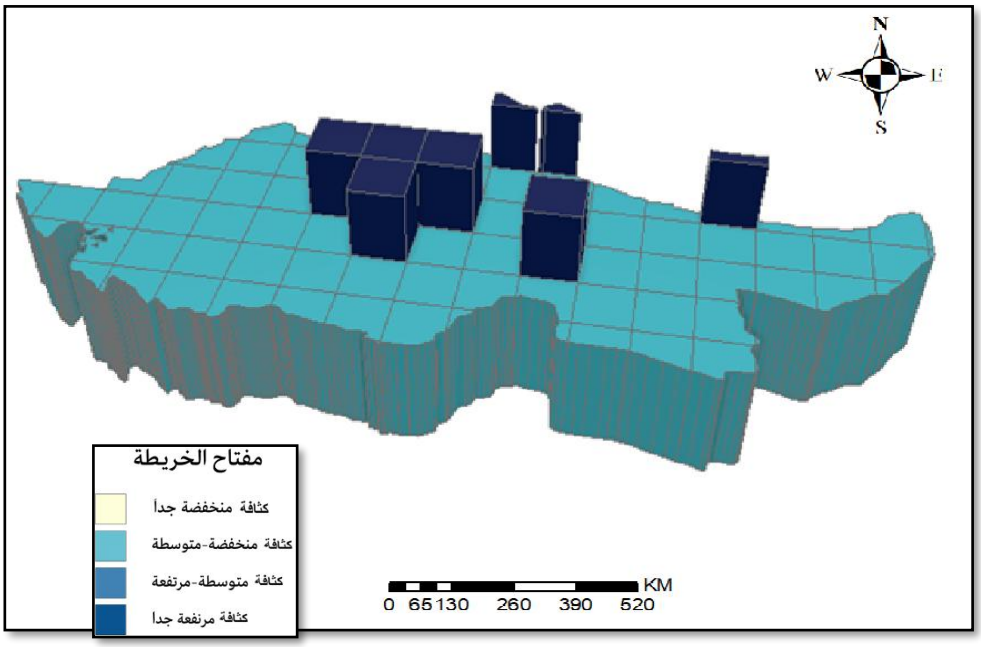
ثالثا – تصميم وإعداد نماذج متقدمة لتمثيل الغيوم في محافظة دهوك :تتناول هذه الدراسة تصميم وإعداد نماذج متقدمة لتمثيل الغيوم في محافظة دهوك، ويتم ذلك من خلال توظيف برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لتطوير طرائق خرائطية حديثة تسهم في تحليل الأنماط المكانية والكمية للغيوم بدقة عالية، وقد تم اعتماد بيانات رصد ومراقبة كثافة الغيوم بتاريخ ١٣ شباط ٢٠٢٤، كما وردت في الجدول (٢) لتكون الأساس في بناء ستة أنواع من الخرائط التمثيلية: الخرائط الديزمترية الكلاسيكية والضوئية منها التي توضح الفروقات في التوزيع المكاني للغيوم على شكل تمثيل مساحي، والخرائط الثلاثية الأبعاد الكلاسيكية والضوئية التي تعزز الفهم البصري للغيوم فوق منطقة الدراسة، والخرائط ثلاثية الابعاد 3D الكلاسيكية والضوئية التي تبرز الكتلة السحابية في الفضاء الجوي وتسمح بتقدير الحجم الإجمالي للغيوم ضمن أبعاد جغرافية دقيقة، وان الهدف المنشود من تصميم هذه النماذج هو تطوير طرائق خرائطية لتمثيل ظاهرة الغيوم في منطقة الدراسة **نموذج الطريقة الديزمترية :نموذج (١) الطريقة الديزمترية الثلاثية الابعاد للغيوم في منطقة الدراسة**



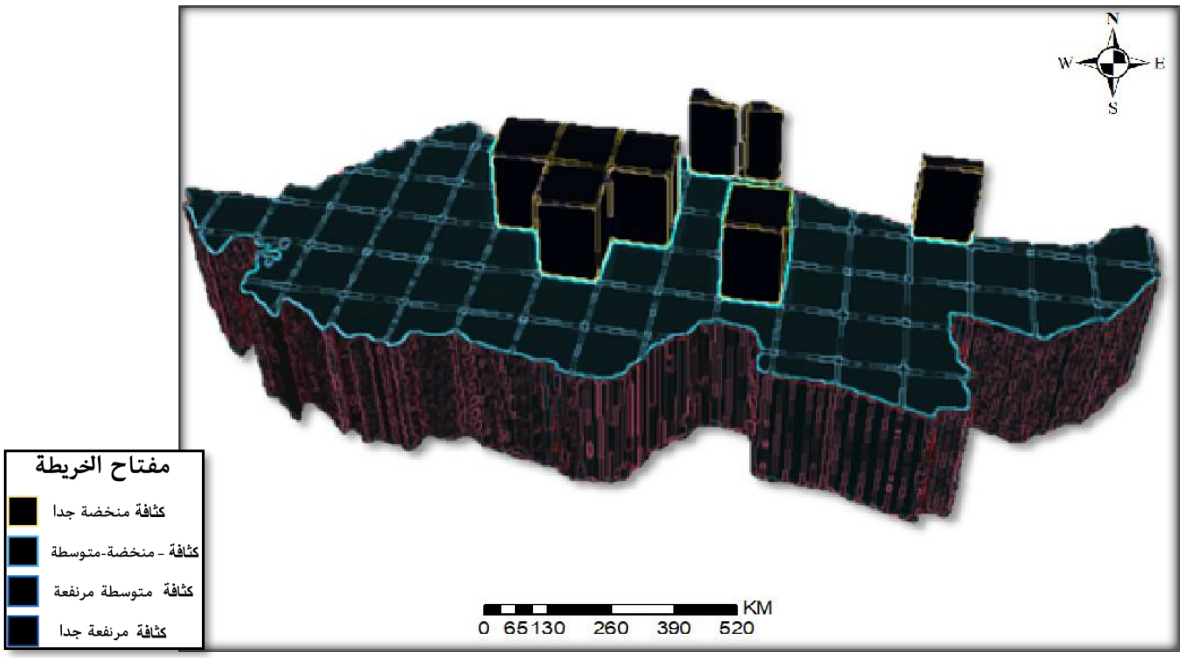
المصدر : بالاعتماد على الجدول (٢) ومخرجات برنامج Arc Gis Pro.**نموذج (٢) الطريقة الديزمترية الضوئية الثلاثية الابعاد للغيوم في منطقة الدراسة**



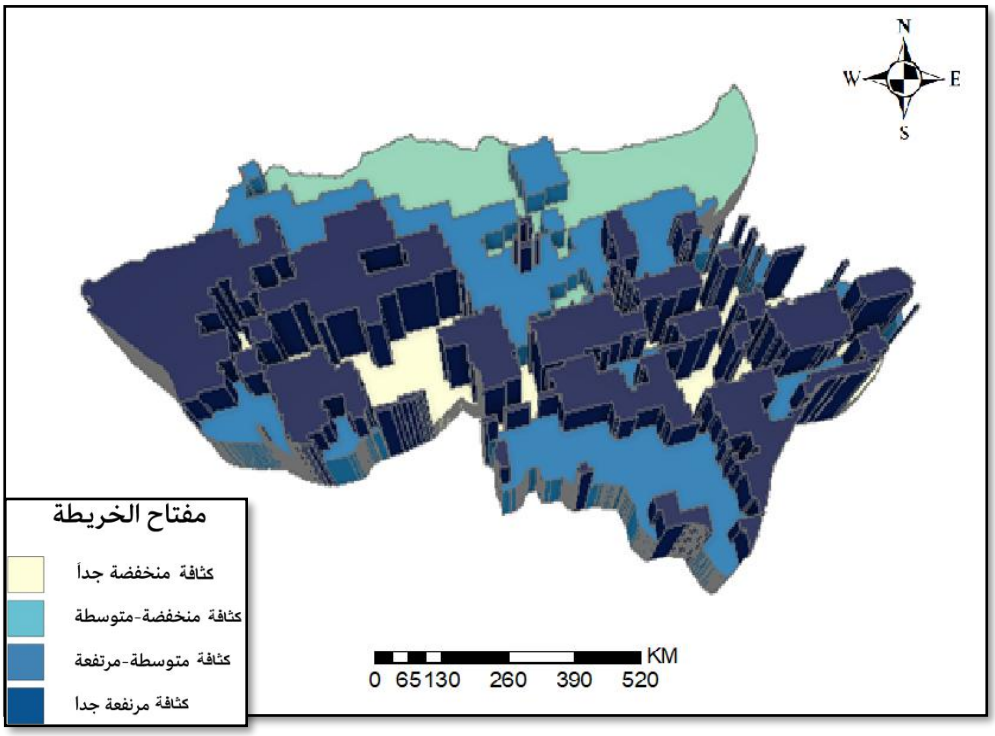
المصدر : بالاعتماد على الجدول (٢) ومخرجات برنامج Arc Gis Pro.نموذج طريقة المكعبات الحجمية نموذج (٣) طريقة المكعبات المجمعة ثلاثية الابعاد للغيوم في منطقة الدراسة



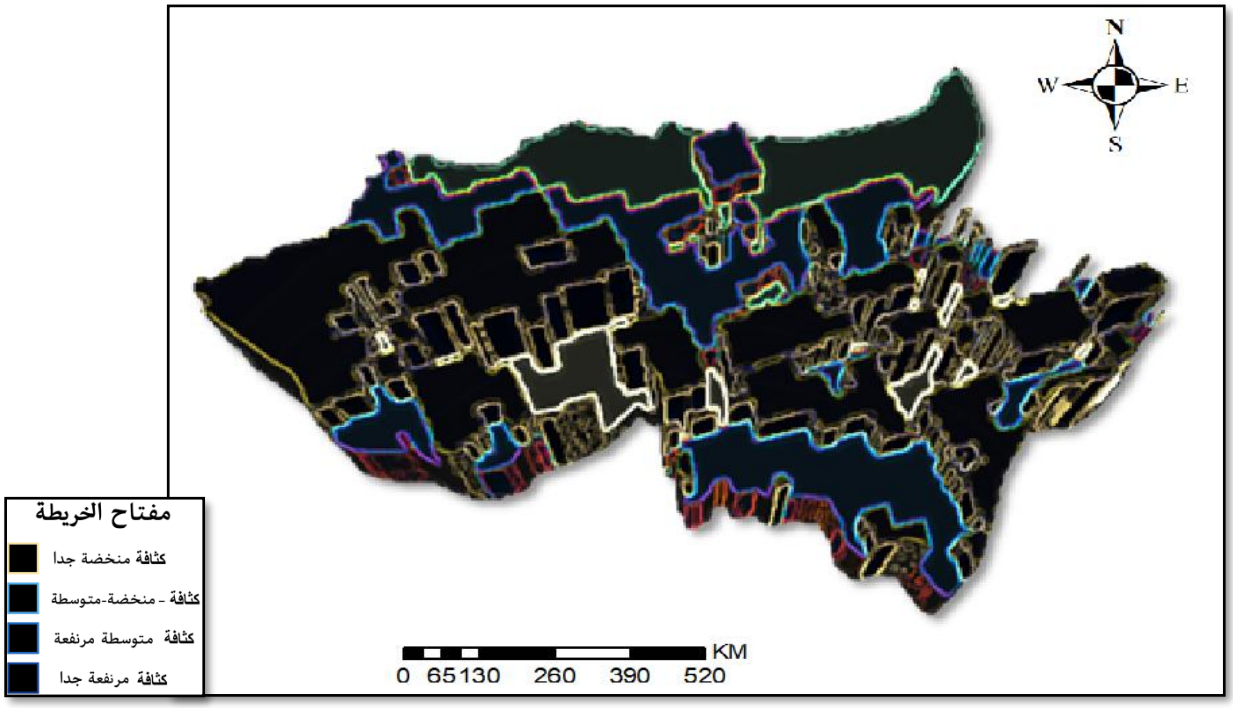
المصدر : بالاعتماد على الجدول (٢) ومخرجات برنامج Arc Gis Pro.**نموذج (٤) طريقة المكعبات المجمعة الضوئية ثلاثية الابعاد للغيوم في منطقة الدراسة**



المصدر : بالاعتماد على الجدول (٢) ومخرجات برنامج Arc Gis Pro.**نموذج طريقة البعد الثالث 3D : نموذج (٥) الطريقة الثلاثية الابعاد للغيوم في منطقة الدراسة**



المصدر : بالاعتماد على الجدول (٢) ومخرجات برنامج Arc Gis Pro.**نموذج (٦) الطريقة الضوئية الثلاثية الابعاد للغيوم في منطقة الدراسة**



المصدر : بالاعتماد على الجدول (٢) ومخرجات برنامج Arc Gis Pro.

رابعا – مستوى التبصير الخرائطي للنماذج المصممة للغيوم :يتناول هذا المحور تقييم مستوى التبصير الخرائطي للنماذج المصممة لتمثيل الغيوم، من خلال إجراء دراسة ميدانية تعتمد على توزيع استمارة استبانة علمية على عينة من طلبة الدراسات العليا (ماجستير ودكتوراه) في قسم الجغرافية بجامعة تكريت، إلى جانب مجموعة من أعضاء الهيئة التدريسية المتخصصين في الجغرافية، وتهدف هذه الخطوة إلى اختبار مدى قدرة النماذج الخرائطية الستة المصممة على توصيل المعلومة المكانية بدقة ووضوح، وقياس درجة إدراك المستخدم لمستوى التفاصيل، والقراءة البصرية، ومدى تفضيله لأي من الطرائق الخرائطية من حيث الدقة والوضوح والسهولة في التفسير ، ،ذ يمثل هذا التقييم مدخلاً علمياً مهماً لمعرفة كفاءة كل خريطة في تحقيق هدف التبصير الخرائطي، وهو ما يعد من المؤشرات الجوهرية في علم الخرائط الحديثة، حيث تتوقف قيمة الخريطة على مدى

فهم القارئ للمعلومة الممثلة فيها، وليس على مدى تعقيد التصميم أو جمال العرض (العابد،٢٠٠٩،ص١٥٧)المعايير التي ستستخدم في تقييم مستوى التبصير الخرائطي للنماذج المصممة لتمثيل الغيوم يمكن تحديدها بشكل دقيق وفق المحاور التالية:

-**الدقة في تمثيل البيانات:** مدى تعبير الخريطة عن التوزيع الفعلي للغيوم دون تشويه أو مبالغة.

-**الوضوح البصري:** سهولة تمييز الرموز، الألوان، التدرجات، والعناصر الخرائطية دون إجهاد بصري.

-**سهولة التفسير:** مدى قدرة القارئ على فهم محتوى الخريطة واستخلاص المعلومة منها بسرعة.

-**الواقعية التمثيلية** : مدى قرب النموذج الخرائطي من الواقع الجغرافي والمناخي لمنطقة الدراسة.

-**جاذبية التصميم** : مدى تناسق التصميم العام للخريطة بما يعزز الرغبة في التفاعل معها بصريًا.

-**درجة التبصير والتحليل** : مدى تمكين الخريطة للقارئ من استنتاج العلاقات المكانية .

-**الابتكار في الأسلوب:** تميز النموذج بطرائق عرض غير تقليدية تسهل الفهم دون تعقيد.

-**الارتباط بالهدف الموضوعي** :مدى توافق شكل الخريطة وطريقة عرضها مع الهدف العلمي أو البحثي المطلوبيمكن تحويل هذه المعايير إلى محاور داخل استمارة الاستبانة، وتُقيّم باستخدام مقياس ليكرت الخماسي (من ١ إلى ٥)، مما يوفّر مؤشرات كمية دقيقة لتحديد النموذج الأكثر فعالية.**مقياس ليكرت الخماسي:** هو أحد أشهر أدوات القياس المستخدمة في البحوث الاجتماعية والتربوية، ويستخدم لقياس اتجاهات وآراء الأفراد حول قضية أو موضوع معين، إذ يقوم هذا المقياس على عرض عدد من العبارات المرتبطة بموضوع البحث، ثم يطلب من المستجيب تحديد درجة موافقته على كل عبارة وفق سلم يتكون من خمس درجات مرتبة تصاعديا (الزعبي،٢٠١٨،ص١٧٦) ، ويحسب المتوسط الحسابي لكل عبارة أو لكل محور من محاور الاستبانة، ثم يتم تفسير النتائج بناءً على قيم المتوسط (عبيدات، ٢٠٠١، ص١٨١- ١٨٣):

- من ١.٠٠ إلى أقل من ٢.٠٠ = درجة موافقة أو تقييم منخفضة
- من ٢.٠٠ إلى أقل من ٣.٠٠ = درجة موافقة أو تقييم متوسطة
- من ٣.٠٠ إلى أقل من ٤.٠٠ = درجة موافقة أو تقييم جيدة
- من ٤.٠٠ إلى ٥.٠٠ = درجة موافقة أو تقييم عالية .

الآلية التفصيلية لتقييم النماذج الخرائطية :

- **اختيار العينة**:عدد المشاركين = ٥٠ (طلبة دراسات عليا + أساتذة من قسم الجغرافية – جامعة تكريت)
- **عرض النماذج** :يتم تقديم النماذج الستة لكل مشارك عبر وسيلة موحدة (إلكترونية أو مطبوعة) مع شرح موجز غير موجه عن كل نموذج لتجنب الانحياز.
- **تصميم الاستبانة** :تتضمن الاستبانة ٨ معايير (كما ذكرت سابقا)، ولكل معيار يقيم المشارك كل نموذج خرائطي باستخدام مقياس ليكرت الخماسي:**الجدول (٣) استخدام مقياس ليكرت الخماسي**

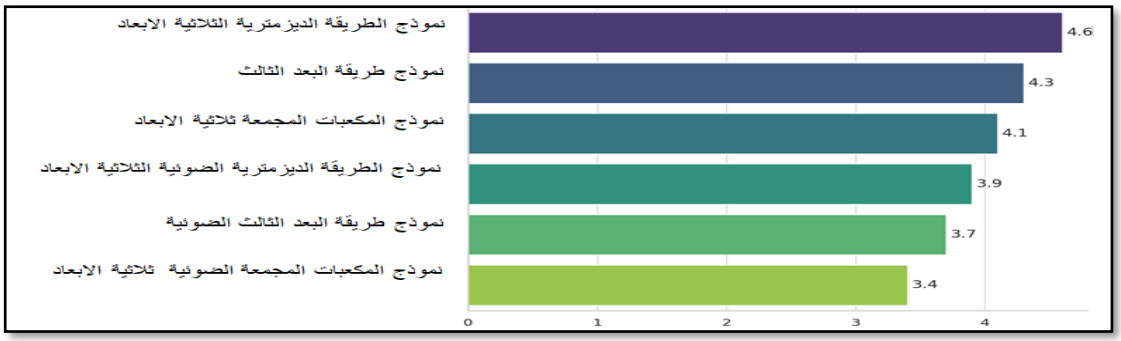
القيمة	التفسير
٥	ممتاز
٤	جيد جداً
٣	جيد
٢	متوسط
١	ضعيف

المصدر : عبيدات، ذوقان وآخرون. (٢٠٠١)، البحث العلمي: مفاهيمه وأدواته وأساليبه، دار الفكر، عمان، صـ ١٨٣.بعد جمع وتفريغ نتائج المشاركين في استمارة الاستبانة، تم ايجاد المتوسط الحسابي لكل نموذج عبر جميع المعايير ولجميع المشاركين.**الجدول (٤) النتائج النهائية بناءً على مقياس ليكرت الخماسي**

النموذج	المتوسط العام من (٥)	المرتبة	ابراز نقاط القوة
نموذج الطريقة الديزمترية الثلاثية الابعاد	**٤.٦**	**١**	**واقعية تمثيلية، وضوح بصري**
نموذج طريقة البعد الثالث	**٤.٣**	**٢**	**دقة في تباين الكثافة**

نموذج المكعبات المجمعة ثلاثية الابعاد	٤.١	٣	تجسيم واضح
نموذج الطريقة الديزمترية الضوئية الثلاثية الابعاد	٣.٩	٤	تحليل حجمي جيد
نموذج طريقة البعد الثالث الضوئية	٣.٧	٥	تحليل حجمي متوسط
نموذج المكعبات المجمعة الضوئية ثلاثية الابعاد	٣.٤	٦	تحليل حجمي ضعيف

المصدر : بالاعتماد على طريقة مقياس ليكرت الخماسي، ونتائج اختبار نماذج الدراسة.**الشكل (٣) النتائج النهائية بناءً على مقياس ليكرت الخماسي**



المصدر : بالاعتماد على الجدول (٤)أظهرت نتائج الجدول (٤) والشكل (٣) أن تحليل استجابات عينة الدراسة اعتمادًا على مقياس ليكرت الخماسي أن النماذج الخرائطية الضوئية كانت الأعلى من حيث مستوى التبصير والوضوح والقدرة على إيصال المعلومة الجغرافية الدقيقة. واحتل نموذج الطريقة الديزمترية الثلاثية الابعاد المرتبة الأولى بمتوسط ٤.٦، يليه نموذج طريقة البعد الثالث بمتوسط ٤.٣، فيما جاء نموذج المكعبات المجمعة ثلاثية الابعاد في المرتبة الأخيرة بمتوسط ٣.٤ وهو ما يؤكد أن إدخال التحسينات البصرية بدقة يعزز من فعالية الخرائط الجغرافية الممثلة للظواهر الجوية. وتشير النتائج إلى أن النماذج الضوئية كانت اقل قدرة على تحقيق التبصير الخرائطي مقارنة بالنماذج غير الضوئية، حيث منحت الألوان والوضوح البصري المستخدمين سهولة في قراءة الخرائط واستخلاص الأنماط السحابية، وقد تصدر نموذج الطريقة الديزمترية الثلاثية الابعاد التقييم بفضل الجمع بين التجسيم ثلاثي الأبعاد والوضوح اللوني، مما جعله الأكثر فاعلية في إيصال المعلومة المكانية.

الاختبار الاحصائي للنتائج النهائية للنماذج المصممة :

تحليل الاتساق الداخلي (كرونباخ ألفا) :تستخدم لاختبار مصداقية الاستبيان ومدى اتساق الإجابات بين جميع العناصر، وأن القيمة المقبولة عادة ≤ ٠.٧ ، ويتم وفق المعادلة الآتية (العزاوي،٢٠١٤، ص٢٣٠- ٢٣٥) :

$$\left(\frac{\sum \sigma_Y^2}{\sigma_X^2} - 1\right) \frac{k}{k-1} = \alpha$$

- k: عدد البنود
- σ_Y^2: التباين لكل بند
- σ_X^2: التباين الكلي

التحليل الإحصائي لمعامل كرونباخ ألفا(Cronbach's Alpha) تم احتساب معامل كرونباخ ألفا لاختبار مستوى الثبات الداخلي لاستبانة تقييم النماذج الخرائطية الستة التي تم تقديمها لعينة من طلبة الدراسات العليا وأساتذة تخصص الجغرافيا، وذلك بهدف قياس مدى اتساق الإجابات وتماسكها عند استخدام المقياس الخماسي لتقييم نماذج تمثيل الغيوم، ونظرًا لاعتماد جميع البنود (النماذج) على نفس المقياس، واشتراكها في نفس السياق المفاهيمي (تبصير الخريطة)، فقد تم استخدام معامل كرونباخ ألفا للتحقق من موثوقية الإجابات، وتم إدخال البيانات المستخلصة من ٥٠ استمارة استبيان في برنامج (SPSS)، وأظهرت النتائج ما يلي وفق الجدول (٥)**الجدول (٥) تحليل الاتساق الداخلي (كرونباخ ألفا) لأداة تقييم النماذج الخرائطية**

عدد النماذج	حجم العينة	قيمة كرونباخ ألفا	مستوى الثبات	التفسير
٦	٥٠	٠.٨١	مرتفع	يوجد اتساق داخلي قوي بين إجابات العينة على النماذج الخرائطية مما يعكس موثوقية الأداة وموضوعية التقييم

المصدر : بالاعتماد على طريقة تحليل الاتساق الداخلي (كرونباخ ألفا) ، ونتائج اختبار نماذج الدراسة.ويشير معامل الثبات (٠.٨١) إلى أن استمارة التقييم تتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي وفقا لمعيار كرونباخ، إذ تعد القيم التي تتجاوز ٠.٧٠ مقبولة في الدراسات الانسانية، والقيم التي تتجاوز ٠.٨٠ مؤشرا جيدا على الاتساق والموثوقية.

الاستنتاجات

-أن تحديد كثافة الغيوم (Cloud Cover Density %) "في صور Sentinel–2 ليس عملية مباشرة، بل تعتمد على تقنيات معالجة تعتمد إما على المؤشرات الطيفية أو خوارزميات تصنيف مدعومة بالذكاء الاصطناعي.

-يتم تحديد (كثافة الغيوم) عبر خصائص طيفية يدوية أو باستخدام خوارزميات مثل s2cloudless، وان الطريقة الثانية الاكثر دقة لأنها توظف تحليلا متعدد الأبعاد مبني على الذكاء الاصطناعي، ولا توجد (نسبة كثافة غيوم) جاهزة ضمن منتجات Sentinel–2، بل تحسب بتحليل البيانات.

-أن النماذج الخرائطية ثلاثية الأبعاد هي الأنسب لرصد وتحليل ظاهرة الغيوم في مناطق جغرافية ذات وحدات إدارية كبيرة مثل محافظة دهوك.

-أثبتت خوارزمية s2cloudless المستندة إلى التعلم الآلي (Random Forest) دقة عالية في تصنيف الغيوم مقارنة بالطرائق الطيفية التقليدية، خاصة في التمييز بين الغيوم والثلوج أو السحب الرقيقة.

-حقق نموذج الخرائط الديزمترية ثلاثية الأبعاد أفضل مستوى من التبصير الخرائطي، ما يشير إلى أن التمثيل ثلاثي الأبعاد يضيف بعدا تفسيريا أدق للبيانات الجوية من النماذج الخرائطية الأخرى.

المقترحات

-توصي الدراسة باعتماد نموذج الخرائط الديزمترية ثلاثية الأبعاد في تمثيل الغيوم أو الظواهر الجوية الأخرى ضمن وحدات إدارية كبيرة لتحقيق دقة مكانية وموضوعية عالية وتقليل التعميم.

-توصي الدراسة بإدخال بيانات أخرى مكملة مثل بيانات الغازات أو الرطوبة لتقديم فهم أكثر شمولا عن العلاقات بين الغيوم والظروف المناخية.

-تعزيز التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من خلال اعتماد منهجيات متكاملة تربط بين خصائص الصور الفضائية ومعالجة البيانات المكانية داخل نظمGIS ، مما يسمح بتوليد خرائط أكثر دقة ووضوحا للظواهر الجوية.

-العمل على تصميم منصات Web GIS تتيح عرض النماذج ثلاثية الأبعاد للغيوم بشكل تفاعلي، مما يسهم في إشراك الباحثين في تحليل البيانات بشكل مباشر.

المصادر

[1] - **Google Earth Engine Developers**. *Cloud Probability Layer: s2cloudless algorithm*. Documentation: https://developers.google.com/earth-engine/guides/sentinel2#cloud-probability-layer .

[2] - Frantz, D., et al. (2018). Operational Sentinel-2 Atmospheric Correction Using Sen2Cor and Cloud Screening with S2_CLOUDLESS. Remote Sensing, 10(7), 1100.

[3] - Main-Knorn, M., et al. (2017). Sen2Cor for Sentinel-2 Image Preprocessing. Remote Sensing, 9(6), 556 .

[4] - Zupanc, A., et al. (2017). Cloud Masking for Sentinel-2 Imagery with Machine Learning. Proceedings of the ESA Living Planet Symposium 2016. https://sentinel.esa.int

[5] – العابد، محمد صبري. (٢٠٠٩).مدخل إلى علم الخرائط .ط١، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان، صـ١٥٧.

[6] – الزعبي، أحمد محمد. (٢٠١٨).التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام .SPSS عمان: دار المسيرة. ص ١٧٦.

[7] – عبيدات، ذوقان وآخرون. (٢٠٠١).البحث العلمي: مفاهيمه وأدواته وأساليبه .دار الفكر، عمان، ص ١٨١–١٨٣.

[8] – العزاوي، قيس عبد المجيد. (٢٠١٤).الأساليب الإحصائية في العلوم التربوية والنفسية .دار الثقافة للنشر، عمان. ص ٢٣٠–٢٣٥ .

٩– سعد ثامر ابراهيم، نجيب عبدالرحمن محمود، مشكلات التمثيل الحجمي في الخرائط الموضوعية الكمية، بحث منشور ، مجلة آداب الفراهيدي جامعة تكرت– كلية الآداب ، المجلد ١٢ ، العدد ٤٢ ، العراق، ٢٠٢٠ .

https://www.researchgate.net/publication/397560888_Problems_of_Volumetric_Representation_in_Thematic_Qualitative_Maps_College_of_Arts_Journal_of_Al-Frahedis_Arts

10- Ackerman, S. A., & Knox, J. A. (2015). Meteorology: Understanding the Atmosphere (4th ed.). Jones & Bartlett Learning,P.134.

References :

١- Al-Abed, Mohammed Sabri. (2009). *An Introduction to Cartography*. 1st ed., Al-Masirah Publishing and Distribution House, Amman, p. 157.

٢- Al-Zoubi, Ahmad Mohammed. (2018). *Statistical Data Analysis Using SPSS*. Amman: Al-Masirah Publishing House, p. 176.

3- Obaidat, Thawqan, et al. (2001). *Scientific Research: Concepts, Tools, and Methods*. Dar Al-Fikr, Amman, pp. 181–183.

4- Al-Azzawi, Qais Abdul-Majid. (2014). *Statistical Methods in Educational and Psychological Sciences*. Dar Al-Thaqafa for Publishing, Amman, pp. 230–235.

5- Saad Thamer Ibrahim, Najeeb Abdulrahman Mahmoud. (2020). *Problems of Volumetric Representation in Quantitative Thematic Maps*. Published research, Al-Farahidi Arts Journal, Tikrit University – College of Arts, Vol. 12, No. 42, Iraq.