



## استخدام الاستشعار عن بُعد في الكشف عن الغطاء الثلجي في سانت كاترين بالاعتماد علي صور القمر الصناعي لاندسات 9

د. محمد جميل محمد محاسب خطاب<sup>(\*)</sup>

المستخلص:

يهدف البحث إلى الكشف عن الغطاء الثلجي بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي لاندسات من خلال استخدام مؤشر الفرق المعياري للثلج (NDSI) للكشف عن سمك ومدى وتوزيع الطبقة الثلجية التي تغطي المنطقة في 1 فبراير 2024م. بلغت مساحة الغطاء الثلجي في منطقة الدراسة 680.61 كم<sup>2</sup> بنسبة 11.57% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وعلى مستوى الوحدات الإدارية في المنطقة، وجد البحث أن توزيع الغطاء الثلجي على مستوى الوحدات الإدارية في شياخة التجمعات السكنية شمال سانت كاترين هو الأعلى بنسبة 45.85%، بينما كان مركز مدينة سانت كاترين هو الأقل توزيعاً للغطاء الثلجي بنسبة 23.61%. أما من حيث مساحة الغطاء الثلجي فقد احتلت شياخة التجمعات السكنية شمال سانت كاترين المرتبة الأولى بنسبة (18.44%)، بينما احتلت شياخة التجمعات السكنية جنوب سانت كاترين المرتبة الأخيرة بنسبة (7.305%). وشكلت سماكة الغطاء الثلجي (0.01 - 0.2) النسبة الأكبر من مساحة الدراسة بنسبة 87.87%، بينما شكلت سماكة الغطاء الثلجي (أكبر من 0.4) النسبة الأقل بنسبة 0.98% من المساحة الإجمالية.

الكلمات المفتاحية: الاستشعار عن بُعد، نظم المعلومات الجغرافية، الغطاء الثلجي، صور الأقمار الصناعية.

### Using remote sensing to detect snow cover in St. Catherine based on Landsat 9 satellite imagery

#### Abstract:

The research aims to detect the snow cover based on Landsat satellite data by using the snow standard difference index (NDSI) to detect the thickness, extent, and distribution of the snow layer covering the region on February 1, 2024. The area of snow cover in the study area amounted to 680.61 km<sup>2</sup>, accounting for 11.57% of the total area of the study area, and at the level of administrative units in the region, the research found that the distribution of snow cover at the level of administrative units in North St. Catherine was the highest by 45.85%, while St. Catherine city center was the lowest distribution of snow cover by 23.61%. In terms of the area of snow cover, North St. Catherine ranked first (18.44%), while South St. Catherine ranked last (7.305%). The snow cover thickness (0.01-0.2) constituted the largest percentage of the study area (87.87%), while the snow cover thickness (greater than 0.4) constituted the smallest percentage (0.98%) of the total area.

**key words:** remote sensing, GIS, snow cover, satellite images.

<sup>(\*)</sup> مدرس الجغرافية الطبيعية، قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة السويس، مصر.

## 1. المقدمة والخلفية العلمية:

يوفر الاستشعار عن بُعد البيانات اللازمة لدراسة الظواهر المختلفة، خاصة تلك المتعلقة بالظواهر الطبيعية، (Bardossy, A. G. , 2009). وهو بمثابة بديل قوي للحصول على البيانات البيئية في جميع أنحاء العالم على مر الزمن، مع دقة زمنية ومكانية وطيفية واشعاعية غير مسبوقه، (Allan Freia, et. al 2011). وأصبح أحد أكثر الطرق تقدماً لقياس الغطاء الثلجي الموسمي منذ ظهوره في الستينيات. وأثبتت البيانات التي تم جمعها من النطاقات المرئية والأشعة تحت الحمراء والموجات الدقيقة من الطيف الكهرومغناطيسي فائدتها في قياس مختلف خصائص الثلوج. ويعكس الثلج الإشعاع أكثر من معظم المواد، ويتشكل الثلج عندما تنخفض درجات الحرارة إلى ما دون درجة التجمد، ويؤدي دوراً حاسماً في تنظيم المناخ؛ فهو يوفر المياه السطحية والجوفية من خلال الذوبان لأغراض الشرب والري ورطوبة التربة ويقلل من مخاطر الحرائق. وللغطاء الثلجي تأثير كبير على توزيع الإشعاع السطحي وتوازنات الطاقة والهيدرولوجيا، (Kongoli, Romanov and Ferraro, 2012). ويعالج البحث مشكلة الكشف عن الغطاء الثلجي وتمثيله في شكل خريطة رقمية باستخدام المعالجة الآلية في بيئات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. وهذا يدعم إمكانية تصميم خرائط رقمية فعالة للغطاء الثلجي بناءً على معالجة بيانات الأقمار الصناعية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية. وتساهم هذه الخرائط في استخراج مساحة وعمق الغطاء الثلجي استناداً إلى المؤشرات الطيفية مما يدعم متخذي القرار في حل المشكلات البيئية، (Ruqaya Amin & et al , 2024). ومن بين الأهداف الرئيسية للبحث الكشف عن نوع الطبقة الثلجية، بما في ذلك العمق، باستخدام مؤشر الفرق المعياري للثلج (NDSI)، وكذلك تحديد مدى الغطاء الثلجي وتحديد توزيعه في منطقة الدراسة اعتباراً من 1 فبراير 2024.

الثلج هو أحد الظواهر المناخية العالمية الشائعة والمعروف أنه مكون خطير للسلسلة الهيدرولوجية والمخاطر البيئية. في بعض أجزاء العالم، يقتصر الثلج عادةً على الأراضي المرتفعة ويعتبر أحد أكثر الأخطار الطبيعية تدميراً. وبالتالي، فإن تحديد الغطاء الثلجي مهم لتخفيف المخاطر وإدارة مستجمعات المياه. كما أنه مهم للتنبؤ الهيدرولوجي والطقس. والغطاء الجليدي ساطع مثل الغيوم، وهذا يجعل من الصعب تمييزه عن الغطاء السحابي. أما الغطاء الثلجي يمتص ضوء الشمس عند 1.6 مم، ولهذا السبب يبدو أغمق من الغيوم. يتيح ذلك التمييز الفعال بين السحب والغطاء الثلجي. وبالتالي، توضح الصورة القدرة على فصل السحب عن الثلج باستخدام الملاحظات عند هذه الأطوال الموجية، (<https://eos.com>). الفرق بين الجليد والثلج هو أن الثلج عبارة عن بلورات متجمدة كثيرة وهشة، مثل الرمال، وهذا ما يجعل تشكيله على أشكال مختلفة أمراً سهلاً. أما الجليد فهو عبارة عن جسم واحد متماسك وصلب، فالبجيرة المتجمدة مثلاً تكون عبارة عن سطح

واحد قاس وكبير، أما كرة الثلج فتكون كتلة من بلورات صغيرة كثيرة. وأيضاً من الفروق أن الجليد يتكون في أي جو بارد (حتى داخل الثلجة)، أما الثلج فلا يُمكن أن يتكون إلا بشكل طبيعي في السحب ثم يسقط إلى الأرض (والأمر يعتمد على الظروف المناخية، فكثيراً ما ينصهر أو يتبخر قبل أن يصل إلى الأرض)، (<https://ar.wikipedia.org/wiki>). يُستخدم مؤشر تساوي الفروق القياسي (NDSI) لتحديد وجود الثلج / الجليد. إنها نسبة معيارية للاختلاف في الانعكاس في النطاقات التي تستفيد من التوقيع الفريد والاختلاف الطيفي للإشارة إلى الثلج من الميزات المحيطة وحتى السحب.

## 2. الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة:

تقع حدود منطقة الدراسة في محافظة جنوب سيناء، مصر. وتقع فلكياً بين خطي الطول ((48° 37' 33°)) و ((34° 23' 34°)) شرقاً وخطي العرض ((28° 16' 21°)) و ((29° 25' 27°)) شمالاً. ويحدها من الشمال قسم راس سدر، ومن الجنوب قسمي الطور وشرم الشيخ، ومن الشرق قسمي نويبع ودهب، ومن الغرب قسم ابو رديس، كما هو مبين في شكل (1). مدينة سانت كاترين هي أكثر مدن سيناء خصوصية وتميزاً فهي أعلى الأماكن المأهولة في سيناء، حيث تقع علي هضبة ترتفع 1600 متر فوق سطح البحر في قلب محافظة جنوب سيناء، وتبلغ مساحة قسم سانت كاترين 5880 كم<sup>2</sup>، وتحيط بها مجموعة جبال هي الأعلى في سيناء وفي مصر كلها واعلاها قمة جبل كاترين و جبل موسي وجبل أم شومر. وهبها هذا الارتفاع مناخاً متميزاً معتدل في الصيف شديد البرودة في الشتاء مما يعطي لها جمالا خاصاً عندما تكسو الثلوج قمم الجبال وأرض المدينة. أعلنت المنطقة محمية طبيعية لما من أهمية طبيعية وتاريخية ودينية، ويعمل معظم سكان المدينة بأعمال الزراعة والخدمات السياحية، وتشتهر المدينة بالسياحة الدينية وسياحة السفاري وتسلق الجبال، ويوجد بها دير سانت كاترين وجبل موسي ومقام النبي هارون وغيرها من الآثار الدينية، وتعتبر أكبر محمية طبيعية في مصر من حيث المساحة، (<https://www.southsinai.gov.eg>).

## 3. اهداف الدراسة:

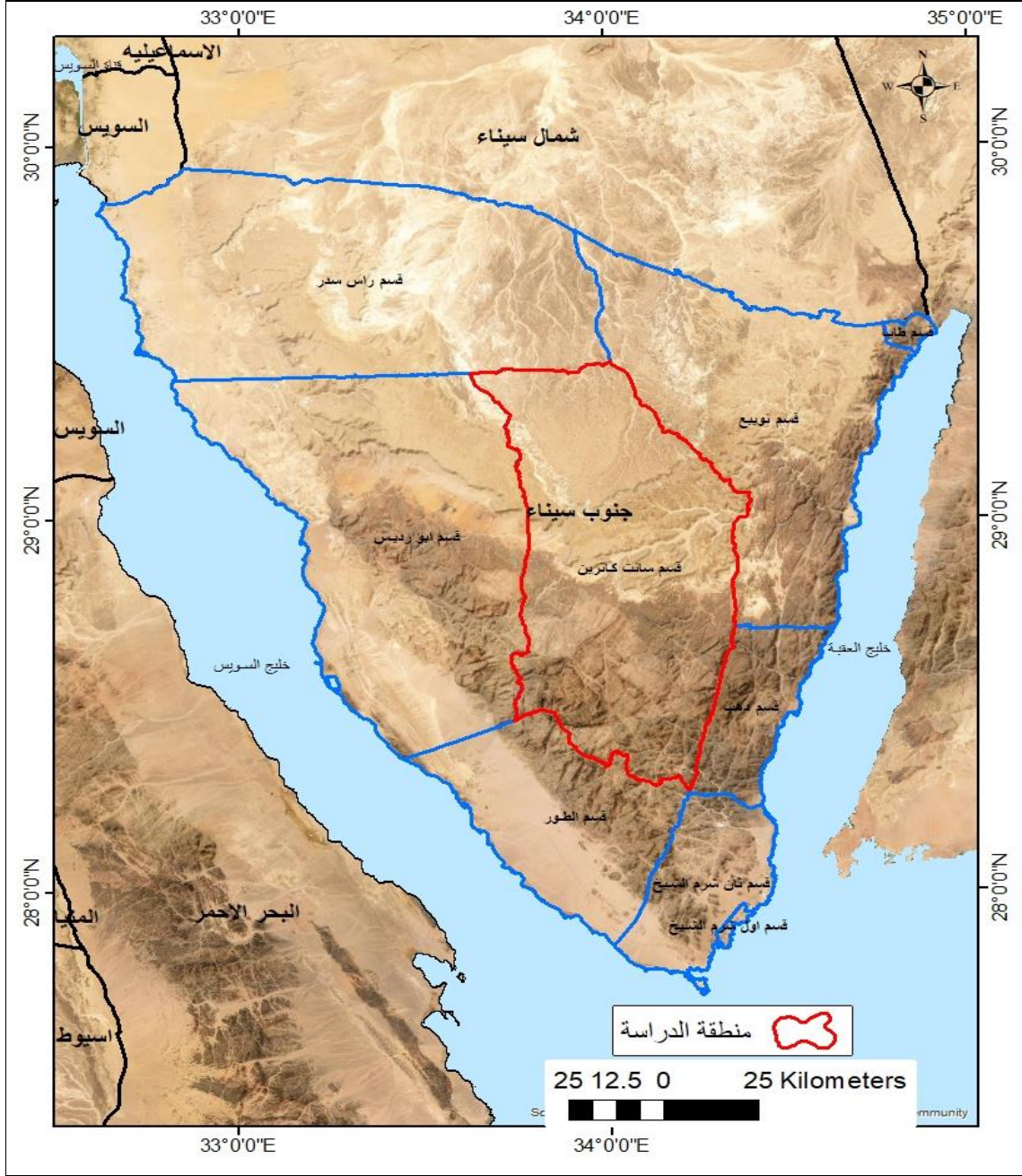
تسعي الدراسة الي تحقيق الاهداف التالية:-

1. الكشف عن نوع الطبقة الثلجية من حيث السمك (العمق) من خلال مؤشر الفرق المعياري

للثلج NDSI

2. الكشف عن مقدار المساحة المغطاة بالثلج.

3. الكشف عن توزيع الطبقة الثلجية التي تغطي المنطقة في 1 فبراير 2024م.



المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج Arcgis 10.8.

شكل (1): موقع منطقة الدراسة في محافظة جنوب سيناء.

#### 4. الدراسات السابقة:

يوجد العديد من الدراسات التي تناولت دراسة الغطاء الثلجي بمناطق عدة من خلال استخدام صور الأقمار الصناعية والمؤشرات الخاصة بالكشف عن الغطاء الثلجي، ومن هذه الدراسات دراسة قام بها (حميدة المسعود ، 2023) بعنوان "دراسة الغطاء الثلجي في شمال غرب منطقة تبوك باستخدام مؤشر NDSI بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي لاندسات 8 لعام 2021م" وهدفت

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة- العدد التاسع عشر (الجزء الثاني)

الدراسة إلى الكشف عن نوع الطبقة الثلجية من حيث السمك من خلال مؤشر الغطاء الثلجي (NDSI) والكشف عن مقدار مساحة الثلج، وتوزيع الغطاء الثلجي في شمال غرب منطقة تبوك بتاريخ (2021/1/31).

دراسة قام بها (Ruqaya Amin & et al , 2024) بعنوان " Application of Geomatics Technology to Study the Snow Cover in Amadiya District Using Satellite Image (Landsat-8)" وهدفت الدراسة إلى الكشف عن الغطاء الثلجي بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي لاندسات-8 من خلال استخدام مؤشر الفرق المعياري للثلوج (NDSI) للكشف عن سمك ومدى وتوزيع الطبقة الثلجية التي تغطي المنطقة في 18 فبراير 2023م.

دراسة قام بها (Allan Frei a, M. T. 2011) بعنوان "A review of global satellite-derived snow products" وهدفت الدراسة إلى استعراض الأسس النظرية وخصائص ثلاثة منتجات رئيسية. كما نوضح الأنماط الموسمية والمكانية للاتفاق والاختلاف فيما بينها، وناقشت الاتجاهات الحالية والمستقبلية في تطبيقها وتطويرها.

دراسة قام بها (B'ardossy, A. G. 2009) بعنوان "Cloud removal methodology from MODIS snow cover product" وهدفت الدراسة إلى التركيز على تقدير غطاء البكسل للمناطق المغطاة بالسحابة حيث لا تتوفر معلومات. وتضمنت استخدام منهجية تستند إلى ست خطوات متتالية تقدر غطاء البكسل باستخدام معلومات زمنية ومكانية مختلفة.

دراسة قام بها (Kongoli, C., & et al , 2012) بعنوان "Snow Cover Monitoring from Remote-Sensing Satellites: Possibilities for Drought Assessment" وهدفت الدراسة إلى تحليل آثار الجفاف الأخير والشديد في الفترة 2004/1999-2005 لجزء من البراري الكندية على إمدادات المياه في حوض الأراضي الرطبة باستخدام نظام النمذجة الهيدرولوجية للمنطقة الباردة القائم على أساس فيزيائي. وأظهرت نتائج المحاكاة أن هطول الأمطار الشتوية الأقل بكثير، وتراكم الثلوج الأقل ومدة الغطاء الثلجي الأقصر ارتبطت بانخفاض التصريف من الجريان السطحي لذوبان الثلوج إلى منطقة الأراضي الرطبة خلال معظم فترة الجفاف 2004/1999-2005 مقارنة بفترة عدم الجفاف 2006/2005.

دراسة قام بها (Poussin, C & et al , 2023) بعنوان "Improved Landsat-based snow cover mapping accuracy using a spatiotemporal NDSI and generalized linear mixed model" وهدفت الدراسة إلى رسم خرائط الغطاء الثلجي باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد. وتحلل هذه الدراسة مجموعات بيانات الغطاء الثلجي المستمدة من لاندسات-8 باستخدام نهج مختلف قائم على الاستشعار عن بعد.

دراسة قام بها (Voudouri, K. A & et al , 2023) بعنوان Snowfall Variation in Eastern Mediterranean Catchments وهدفت الدراسة إلى عرض وتحليل السلاسل الزمنية لمعاملات الثلوج مع التركيز على المناطق الجغرافية التمثيلية لشرق البحر الأبيض المتوسط (اليونان وإيطاليا) ودراسة تقلبها الموسمي، من حيث المنطقة والجغرافيا.

دراسة قام بها (Holko, L & et al , 2011) بعنوان Snow hydrology in central Europe وهدفت الدراسة إلى وصف دور الثلج في الدورة الهيدرولوجية في المناطق الجبلية في وسط أوروبا (جبال الألب النمساوية ، الكتلة الصخرية البوهيمية ، الكاربات الغربية والأوكرانية).

دراسة قام بها (Laurin, G. V & et al , 2022) بعنوان SnowWarp: An open science and open data tool for daily monitoring of snow dynamics وهدفت الدراسة إلى استخدام بيانات الوصول المفتوح عن بعد ومنصات الحوسبة السحابية لتقدير الغطاء الثلجي. وقدمت أداة SnowWarp ، وهو إطار معالجة يستخدم Google Earth Engine ولغات البرمجة R لدمج صور الأقمار الصناعية Landsat 30 m مع MODIS 500 m وإنتاج بيانات الغطاء الثلجي بدقة مكانية يومية تبلغ 30 مترا في أي مكان على مستوى العالم.

#### 5. الأدوات والأساليب المستخدمة:

تم توظيف أدوات وأساليب وبرمجيات مختلفة في البحث لتسهيل إنتاج واستكمال متطلبات الدراسة، فاعتمدت الدراسة علي مرئيات القمر الصناعي لاندسات 9 بتاريخ 1 فبراير 2024م من خلال المنهج الوصفي التحليلي القائم علي التجميع والتحليل والتفسير باستخدام ادوات التحليل المكاني المتوفرة في برمجية الارك جيس من خلال اداة حاسبة الصور لحساب مؤشر الفرق المعياري للثلج NDSI وتم الاستعانة بموقع التواصل الاجتماعي فيسبوك للحصول علي بيانات لتوثيق لحظات هطول الثلج وتمثلت هذه البيانات في الصور التي يتشاركها المستخدمون فيما بينهم. وقد تمت الدراسة علي مرحلتين هما:

**المرحلة الأولى:** الحصول علي مرئية القمر الصناعي لاندسات 9 لمنطقة الدراسة بدقة 30 متر بتاريخ 1 فبراير 2024م من خلال موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.

**المرحلة الثانية:** القيام بعملية المعالجة المرئية الفضائية لاستخلاص طبقة الثلج من خلال استخدام معادلة مؤشر الفرق المعياري للثلج  $NDSI =$

الأشعة الخضراء - الأشعة تحت الحمراء القصيرة 1

الأشعة الخضراء + الأشعة تحت الحمراء القصيرة 1

$$\text{NDSI} = (\text{Green} - \text{SWIR1}) / (\text{Green} + \text{SWIR1})$$

وتم الحصول علي صورة خلوية تبين مناطق الغطاء الثلجي؛ ثم تم تحويلها الي بيانات اتجاهية والقيام بالعمليات الحسابية المختلفة للحصول علي مساحة وتوزيع وسمك الغطاء الثلجي بالمنطقة.

## 6. الإجراءات العملية:

### أ. المنصات وأجهزة الاستشعار المستخدمة في رصد الغطاء الثلجي:

توفر بيانات لاندسات منذ عام 1972 ، موردا فريدا لأولئك الذين يعملون في الزراعة والجيولوجيا والغابات والتخطيط الإقليمي والتعليم ورسم الخرائط وأبحاث التغير العالمي. كما أثبتت صور لاندسات أنها لا تقدر بثمن بالنسبة للميثاق الدولي: الفضاء والكوارث الكبرى، ودعم الاستجابة لحالات الطوارئ والإغاثة في حالات الكوارث لإنقاذ الأرواح. مع إضافة لاندسات 9 ، يمتد سجل برنامج لاندسات لتصوير الأرض إلى أكثر من نصف قرن. كما هو مبين في شكل (2).

تبعث جميع الأجسام إشعاعات عبر الطيف الكهرومغناطيسي، إلا أنه من المفيد في معظم الدراسات استخدام البيانات من أجهزة الاستشعار التي تعمل في أجزاء متميزة من الطيف. يجب على المستخدم أن يختار بحكمة المستشعر المناسب لتحليل معين، مع مراعاة عوامل مثل الطول الموجي والاستقطاب والتردد والتغطية الزمنية. وبشكل عام، فإن بيانات الأقمار الصناعية من أجهزة الاستشعار الموجودة على متن الأقمار الصناعية المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة، مثل تلك المستمدة من سواتل لاندسات، متاحة بشكل مجاني وبسهولة أكبر من مصادر البيانات الأخرى، خاصة الصور الجوية من الطائرات.

تُعد التغطية المتكررة التي توفرها الأقمار الصناعية مثل لاندسات ذات قيمة للعديد من الدراسات. ومع ذلك، لا يمكن لأجهزة الاستشعار التي تعمل في الأطوال الموجية المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة من الأشعة تحت الحمراء إنتاج صور خالية من السحب. أحد أهم أجهزة الاستشعار والمنصات المستخدمة في رصد الغطاء الثلجي هو جهاز تصوير الأراضي التشغيلي (OLI) الذي يحمله القمر الصناعي لاندسات-9. و جهاز "OLI" هو جهاز مسح إشعاعي متعدد الأطياف يتألف من ثمانية نطاقات قادرة على توفير بيانات تصوير عالية الدقة لسطح الأرض. وهو يرصد الإشعاع في نطاقات الأشعة تحت الحمراء القريبة والأشعة تحت الحمراء القصيرة الموجة والأشعة تحت الحمراء الطويلة الموجة والنطاقات اللونية (المرئية) من الأرض المضاءة بالشمس على رقعة واسعة بعرض 183 كيلومتراً على ارتفاع 705 كيلومترات، (<https://www.usgs.gov>).

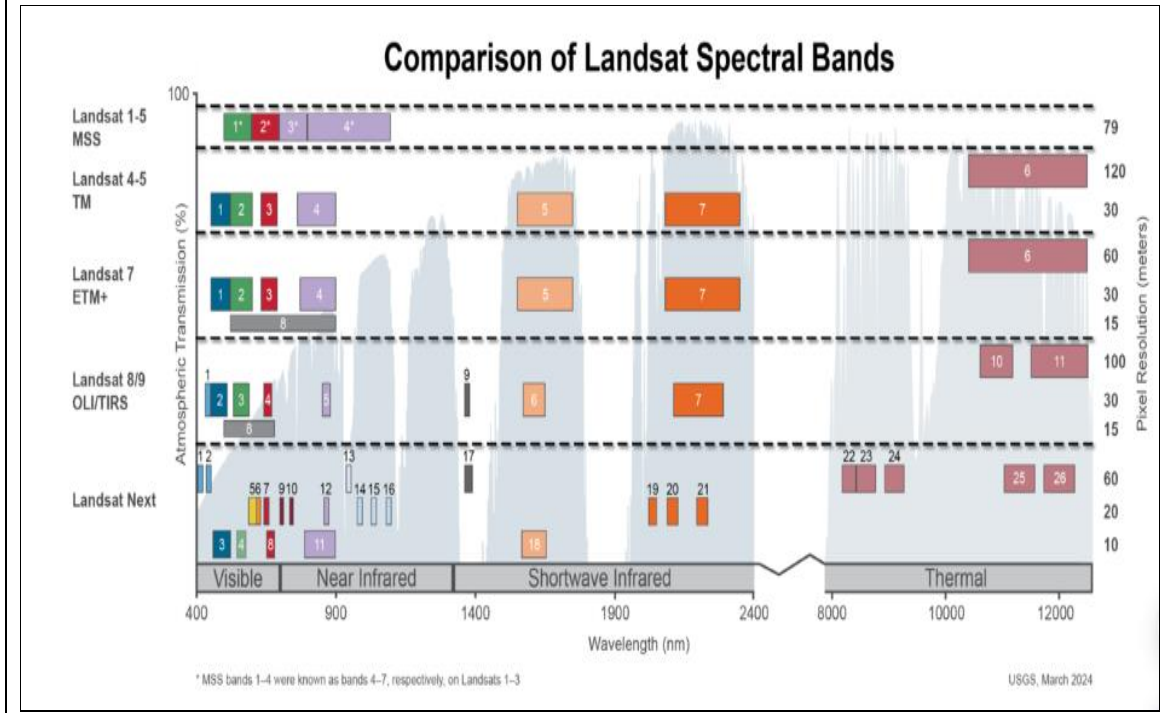
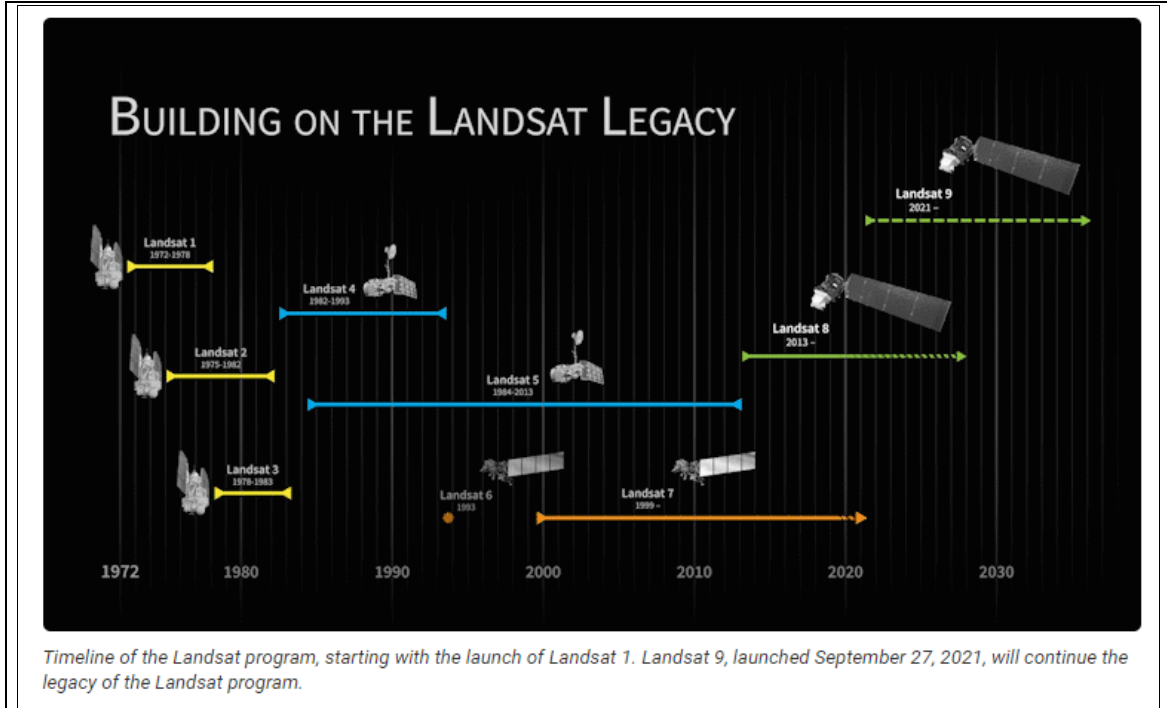


## ب. المؤشرات المستخدمة في مراقبة الغطاء الثلجي:

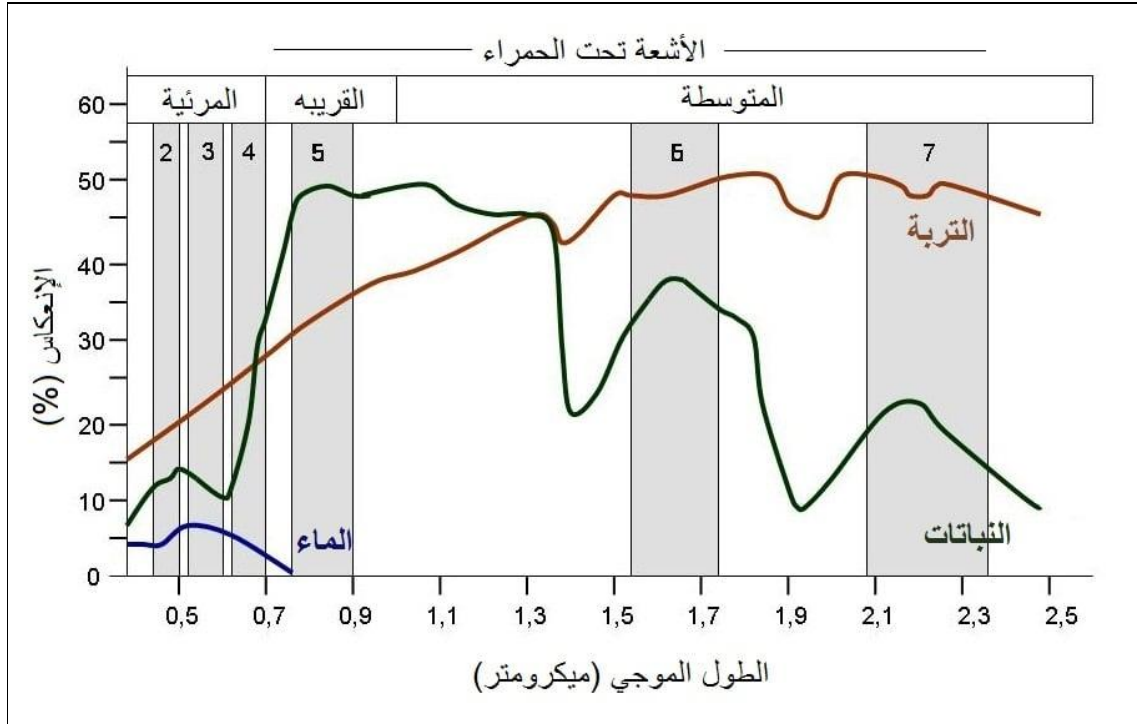
تتكون مؤشرات الاستشعار عن بعد في الغالب من معادلات رياضية بسيطة تستخدم بعض نطاقات صور الاستشعار عن بعد وذلك للاستدلال على حالة أو ظاهرة معينة، مثل المعادن والنباتات أو الجفاف، شكل (3). والمؤشر هو في الأساس نسبة من القيم في نطاقات الأقمار الصناعية المختلفة لقياس مدى ارتفاع أو انخفاض انعكاس ميزة معينة. مؤشرات الصور هي عبارة عن صور يتم حسابها من صور متعددة النطاقات. وتؤكد الصور على ظاهرة معينة موجودة، مع تخفيف العوامل الأخرى التي تحط "تمنع" من التأثيرات في الصورة. وغالبًا ما يتم إنشاء هذه المؤشرات من خلال مجموعات من إضافة (+) وطرح (-) النطاقات، مما يجعل نسب النطاقات مختلفة. وهي مرتبطة بنطاقات محددة موجودة في أجزاء معينة من الطيف الكهرومغناطيسي. نتيجة لذلك، قد تكون صالحة فقط لبعض أجهزة الاستشعار أو فئات من أجهزة الاستشعار ومن الأهمية بمكان استخدام النطاقات المناسبة في الحساب، ويوضح جدول (1). النطاقات المناسبة لكشف الغطاء الثلجي حسب الطول الموجي.

مؤشر (NDSI) هو مقياس للحجم النسبي لاختلاف الانعكاس بين الأشعة الخضراء المرئية (GREEN) والموجات القصيرة (SWIR1)؛ فيعتمد علي تباين نطاقين؛ أحدهما في الأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة والآخر في الأجزاء المرئية من الطيف. وهو مفيد لرسم خرائط الثلج ولتمييز والفصل بين الثلج والجليد والسحب. فالثلج ليس له انعكاسًا شديدًا في الأجزاء المرئية فقط من الطيف الكهرومغناطيسي؛ ولكنه أيضًا شديد الامتصاص في الأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة من الطيف، بينما يظل معظم انعكاس السحب مرتفعًا في نفس أجزاء الطيف (Ruqaya Amin & et al , 2024, p2)، وهذا يسمح بفصل جيد بين معظم السحب والثلوج، (Charlotte Poussin et al, 2023, p21).

ويستخدم مؤشر NDSI لتحديد ودراسة التغيرات في نسبة الثلوج؛ فهو مؤشر رقمي يوضح الغطاء الثلجي فوق مناطق اليابسة. ويتم استخدام النطاقات الطيفية للأشعة تحت الحمراء ذات الموجة القصيرة SWIR والخضراء Green ضمن هذه الصيغة لرسم خريطة للغطاء الثلجي. لأن الثلج يمتص معظم الإشعاع الساقط في SWIR بينما لا تفعله الغيوم، فإن هذا يُمكن مؤشر الثلج NDSI من تمييز الثلج عن السحب. وتستخدم هذه الصيغة بشكل شائع في تطبيق رسم خرائط الغطاء الجليدي بالإضافة إلى مراقبة الأنهار الجليدية. وقيمة NDSI تتراوح ما بين 1 و -1. حيث إن ما بين 1 و صفر تمثل مناطق يوجد بها ثلج . وما بين صفر و -1 فإنها تمثل مناطق لا يوجد بها ثلج. اي انه كلما قل الغطاء الثلجي فإن قيمته تقل عن 1، (<https://www.usgs.gov/landsat-missions/normalized-difference-snow-index>).



المصدر : <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9>  
 شكل (2): خصائص أقمار لاندسات من عام 1972 الي الان.



المصدر : <https://www.usgs.gov> بتصرف.

شكل (3) النطاقات الطيفية لصور القمر الصناعي لاندسات-9 و درجة وضوحها الطيفية والمجالية

جدول (1) تطبيقات النطاقات الطيفية المستخدمة للكشف عن الغطاء الثلجي في القنوات الطيفية لاندسات 9

رقم النطاق	الطول الموجي	التطبيقات
3	أخضر 0.53 - 0.59 ميكرومتر	الكشف عن النباتات وحيويتها وكذلك أشكال استخدامات الأراضي المختلفة
6	أشعة تحت حمراء متوسطة 1 1.57 - 1.65 ميكرومتر	الكشف عن النباتات ورطوبة التربة والفصل بين الغيوم والثلج والجليد

المصدر : <https://www.usgs.gov>

ومن خلال تحليل مريئة القمر الصناعي لاندسات-9 لمنطقة الدراسة بدقة 30 متر بتاريخ 1 فبراير 2024م **يقدم الباحث تصنيف مقترح لقيم مؤشر NDSI** بناءً علي تفسير مريئة لاندسات-9 حيث تتراوح قيم مؤشر NDSI بين -1.0 إلى 1.0 ، وتتشكل القيم الموجبة من السحب والمياه والثلج، أما القيم السالبة تتشكل بشكل أساسي الغطاء النباتي، وتتشكل القيم السالبة القريبة من الصفر من الصخور والتربة العارية.

1. تمثل القيم الصغيرة جدًا (-0.1 إلى 0) المساحات الفارغة من الصخور أو الرمال والغطاء النباتي والسحب الغير محملة بالمياه والثلج.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة- العدد التاسع عشر (الجزء الثاني)

2. وتمثل القيم الصغيرة (من 0.01 إلى 0.2) غطاء ثلجي قليل ومياه عميقة والسحب المحملة بالمياه
3. وتمثل القيم المتوسطة (من 0.2 إلى 0.4) غطاء ثلجي متوسط ومياه ضحلة والسحب المحملة بالثلج
4. بينما تشير القيم الكبيرة (أكبر من 0.4) إلى غطاء ثلجي كثيف.

ويوضح جدول (2) حدود الفئات المقترحة من الباحث لتفسير قيم مؤشر NDSI بناءً علي تفسير مرئية لاندسات-9 لمنطقة الدراسة بتاريخ 1 فبراير 2024

جدول (2) دليل قيم مؤشر الفرق المعياري للثلج (NDSI).

الوصف	قيمة NDSI
عدم وجود غطاء ثلجي	اقل من 0.01
غطاء ثلجي قليل	من 0.01 إلى 0.2
غطاء ثلجي متوسط	من 0.2 إلى 0.4
غطاء ثلجي كثيف	أكبر من 0.4

المصدر: حدود الفئات المقترحة من الباحث لتفسير قيم مؤشر NDSI

#### 7. تحليل النتائج

##### أ. رصد الغطاء الثلجي باستخدام مؤشر الفرق المعياري للثلج (NDSI)

طوّر العلماء طرقاً لمراقبة وقياس كمية الثلوج التي تغطي الأرض بشكل مستمر. وتساعد هذه البيانات في فهم التغيرات المناخية طويلة الأجل. وعلاوة على ذلك، فهي تسهل تقييم كمية المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج كل شتاء وتوقيته والتأثيرات المختلفة المرتبطة به، (Voudouri, K. A& et al, 2023). وتم رصد ومراقبة التغيرات في الغطاء الثلجي باستخدام جهاز التصوير التشغيلي للأراضي (OLI) المثبت على القمر الصناعي لاندسات-9، وتحديداً ضمن النطاقات الطيفية (النطاق 3، النطاق 6)، والاستفادة من برمجيات نظام المعلومات الجغرافية لحساب مؤشر (NDSI). واستُخدمت بيانات مرئية لاندسات-9 في 1 فبراير 2024 لتحديد مساحة الغطاء الثلجي وسماكته في المنطقة، ثم تم تقسيمها على أساس الوحدات الإدارية.

### ب. مساحة الغطاء الثلجي في منطقة الدراسة

بلغت مساحة الغطاء الثلجي في منطقة الدراسة **680.61** كم<sup>2</sup> بنسبة 11.57% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وبلغت مساحة الغطاء الثلجي الكثيف 6.67 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.98%؛ والغطاء الثلجي المتوسط بلغ 75.89 كم<sup>2</sup> بنسبة 11.15% بينما بلغ الغطاء الثلجي القليل 598.04 كم<sup>2</sup> بنسبة 87.87% الجدول (3) والشكل (4).

تباينت هذه المساحة عبر الوحدات الإدارية داخل منطقة الدراسة. احتلت شياخة التجمعات السكنية شمال سانت كاترين المركز الأول من حيث المساحة؛ حيث بلغت مساحتها 312.1 كم<sup>2</sup>، أي ما يشكل 45.85%؛ وجاء في المقدمة الغطاء الثلجي القليل ثم المتوسط ثم الكثيف بنسبة 41.9% و 3.94% و 0.01% علي التوالي، من إجمالي مساحة الغطاء الثلجي في منطقة الدراسة.

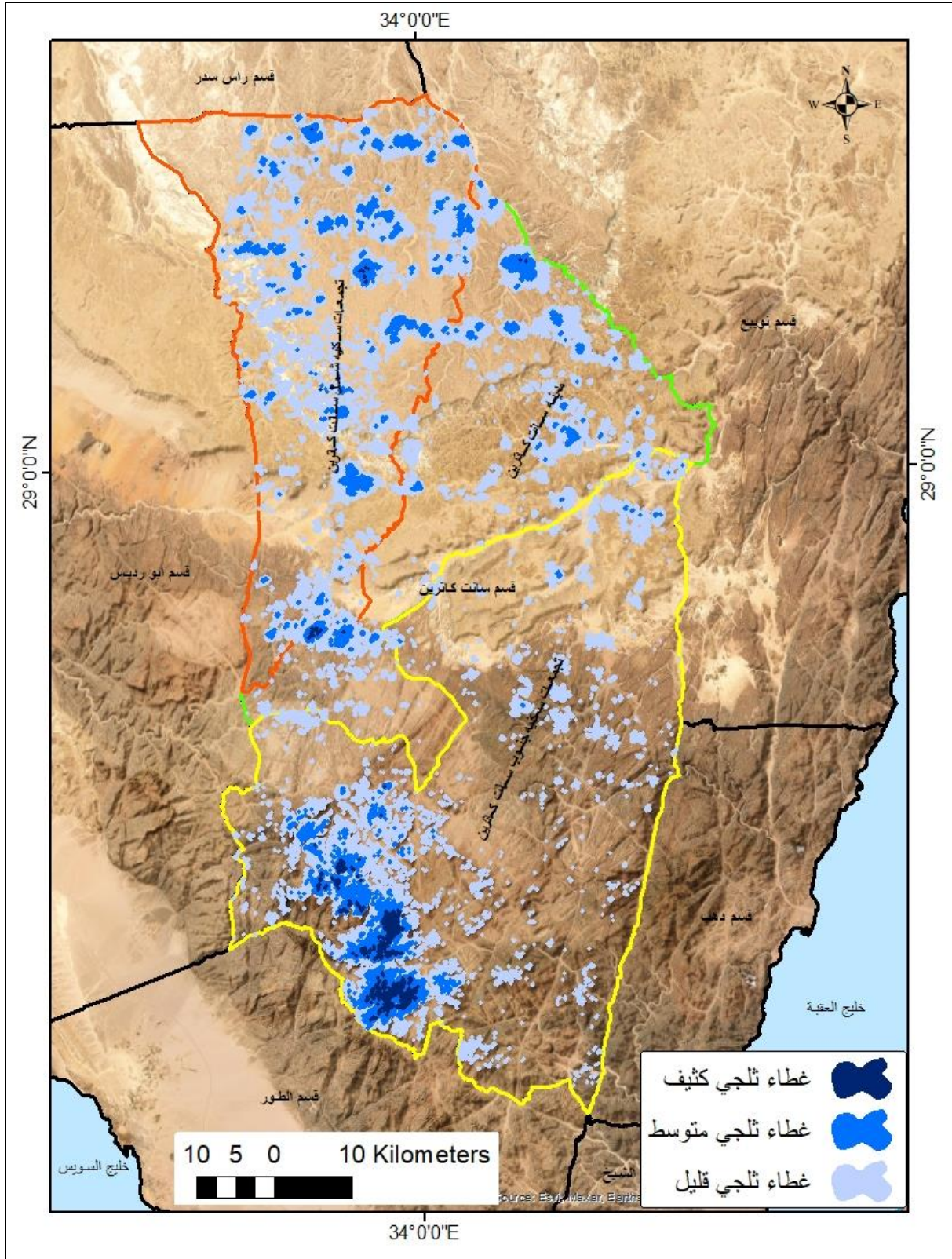
تليها شياخة التجمعات السكنية جنوب سانت كاترين في المرتبة الثانية بمساحة 207.8 كم<sup>2</sup>، أي ما نسبته 30.53%؛ وجاء في المقدمة الغطاء الثلجي القليل ثم المتوسط ثم الكثيف بنسبة 23.8% و 5.76% و 0.97% علي التوالي، من إجمالي مساحة الغطاء الثلجي في منطقة الدراسة.

وأخيراً في المرتبة الثالثة جاءت مدينة سانت كاترين بمساحة 160.7 كم<sup>2</sup>، أي ما يمثل 23.61%؛ وجاء في المقدمة الغطاء الثلجي القليل ثم المتوسط ثم الكثيف بنسبة 22.2% و 1.45% و 0% علي التوالي، من المساحة الإجمالية للغطاء الثلجي. الجدول (4) والشكل (5).

جدول (3) مساحة الغطاء الثلجي في منطقة الدراسة

النسبة%	المساحة كم <sup>2</sup>	الصف
0.98	6.670567	غطاء ثلجي كثيف
11.15	75.897454	غطاء ثلجي متوسط
87.87	598.042419	غطاء ثلجي قليل
100	680.61044	المجموع

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد علي تحليل مرئية لاندسات-9 لعام 2024.



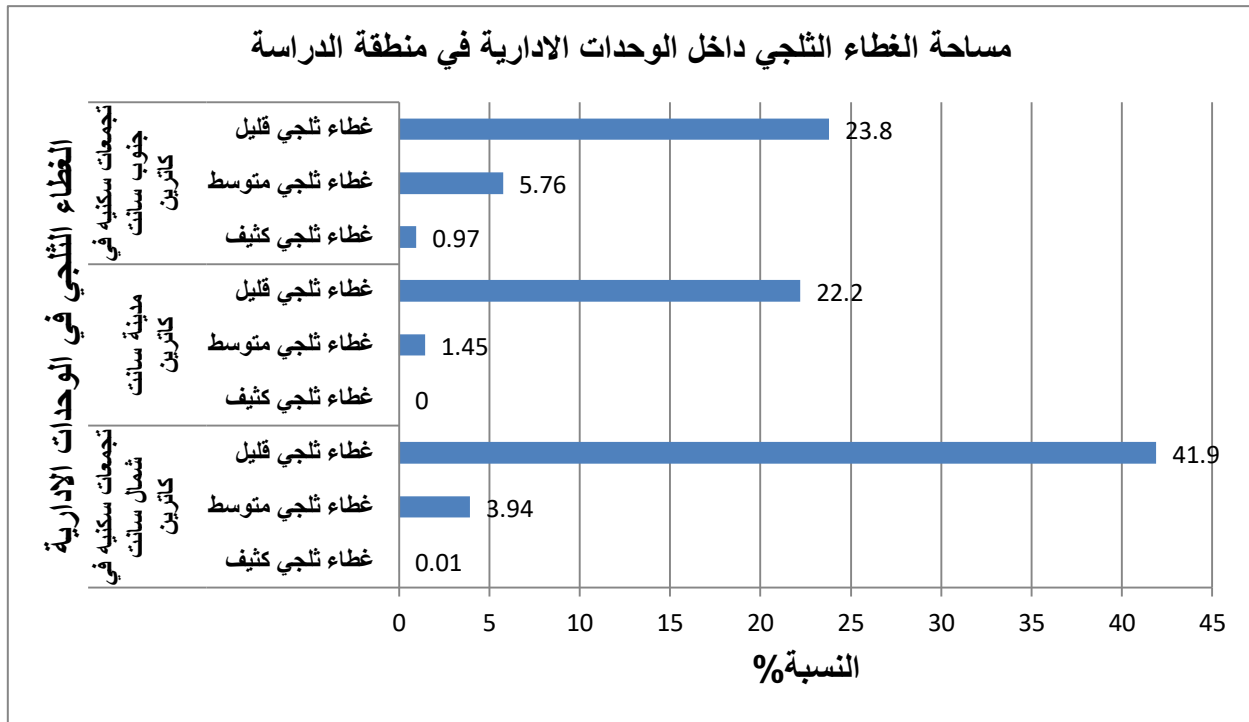
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد علي تحليل مرئية لاندسات-9 لعام 2024، باستخدام برنامج Arcgis 10.8.

شكل (4): الغطاء الثلجي في قسم سانت كاترين في 2024/02/1م

جدول (4) مساحة الغطاء الثلجي داخل الوحدات الادارية في منطقة الدراسة

الوحدة الادارية	الصف	المساحة كم2	%	مجموع مساحة الوحدة الادارية كم2	%
تجمعات سكنيه شمال سانت كاترين	غطاء ثلجي كثيف	0.097832	0.01	312.1	45.85
	غطاء ثلجي متوسط	26.838801	3.94		
	غطاء ثلجي قليل	285.155975	41.9		
مدينة سانت كاترين	غطاء ثلجي كثيف	0	0	160.7	23.61
	غطاء ثلجي متوسط	9.841277	1.45		
	غطاء ثلجي قليل	150.86171	22.2		
تجمعات سكنيه جنوب سانت كاترين	غطاء ثلجي كثيف	6.572735	0.97	207.8	30.53
	غطاء ثلجي متوسط	39.217377	5.76		
	غطاء ثلجي قليل	162.026062	23.8		
<b>المجموع</b>		<b>680.61044</b>	<b>100</b>	<b>680.61044</b>	<b>100</b>

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد علي تحليل مرئية لاندسات-9 لعام 2024، باستخدام برنامج Arcgis 10.8.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد علي جدول (4).

شكل (5): نسبة مساحة الغطاء الثلجي داخل الوحدات الادارية في منطقة الدراسة

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة- العدد التاسع عشر (الجزء الثاني)

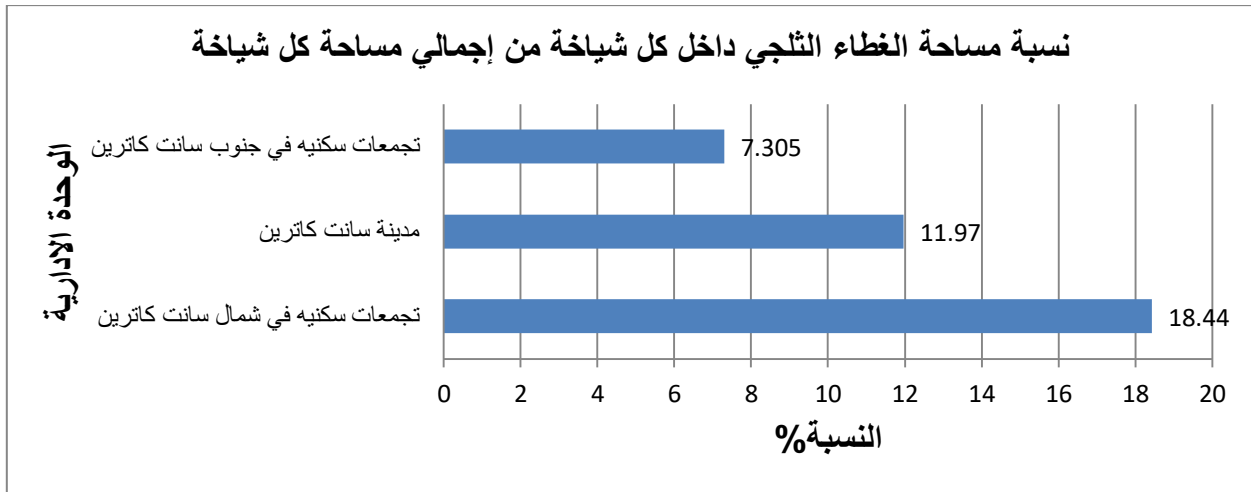
## ج. مساحة الغطاء الثلجي داخل كل وحدة ادارية في منطقة الدراسة

أما بالنسبة لمساحة الغطاء الثلجي داخل كل وحدة ادارية في منطقة الدراسة بالمقارنة مع مساحتها، فيظهر من البيانات الواردة في الجدول (5) والشكل (6) أن شياخة التجمعات السكنية شمال سانت كاترين كانت أعلى مساحة للغطاء الثلجي كنسبة مئوية من مساحتها حيث بلغت (18.44%). تليها مدينة سانت كاترين بنسبة (11.97%) انظر صورة (1)، وسجلت شياخة التجمعات السكنية جنوب سانت كاترين أقل نسبة مئوية في منطقة الدراسة بنسبة (7.305%)، انظر لوحة (2).

## جدول (5) نسبة مساحة الغطاء الثلجي داخل كل شياخة من إجمالي مساحة كل شياخة

الوحدة الادارية.	مساحة الوحدة الادارية كم <sup>2</sup>	مساحة الغطاء الثلجي كم <sup>2</sup>	%
تجمعات سكنيه شمال سانت كاترين	1692.69	312.1	18.44
مدينة سانت كاترين	1342.9	160.7	11.97
تجمعات سكنيه جنوب سانت كاترين	2844.46	207.8	7.305
<b>المجموع</b>	<b>5880.05</b>	<b>680.61</b>	<b>11.57</b>

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد علي تحليل مرئية لاندسات-9 لعام 2024، باستخدام برنامج Arcgis 10.8.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد علي جدول (5).

شكل (6): نسبة مساحة الغطاء الثلجي داخل كل شياخة من إجمالي مساحة كل شياخة



#### د. عمق الثلج في منطقة الدراسة

تم استخراج عمق الثلج باستخدام مؤشر الفرق المعياري للثلج (NDSI) والعمق هنا هو عمق الثلج في البكسلات الخاصة بمرئية لاندسات-9 بعد تطبيق مؤشر NDSI عليها. يوضح الجدول (6) احتواء منطقة الدراسة على ثلاث فئات من عمق الثلج. واحتلت فئة العمق (0.01 - 0.2) المرتبة الأولى بمساحة 598.04 كم<sup>2</sup>، وهو ما يمثل 87.87% من إجمالي مساحة الدراسة. بعد ذلك، احتل نطاق العمق (0.21 - 0.4) المرتبة الثانية بمساحة 75.90 كم<sup>2</sup>، وهو ما يمثل 11.15%. أما أصغر مساحة فكانت لأعماق أكبر من 0.4، حيث غطت مساحة 6.67 كم<sup>2</sup>، أي ما يمثل 0.98% من المساحة الإجمالية، كما هو موضح في الشكل (7 & 8).

جدول (6) عمق الغطاء الثلجي في منطقة الدراسة

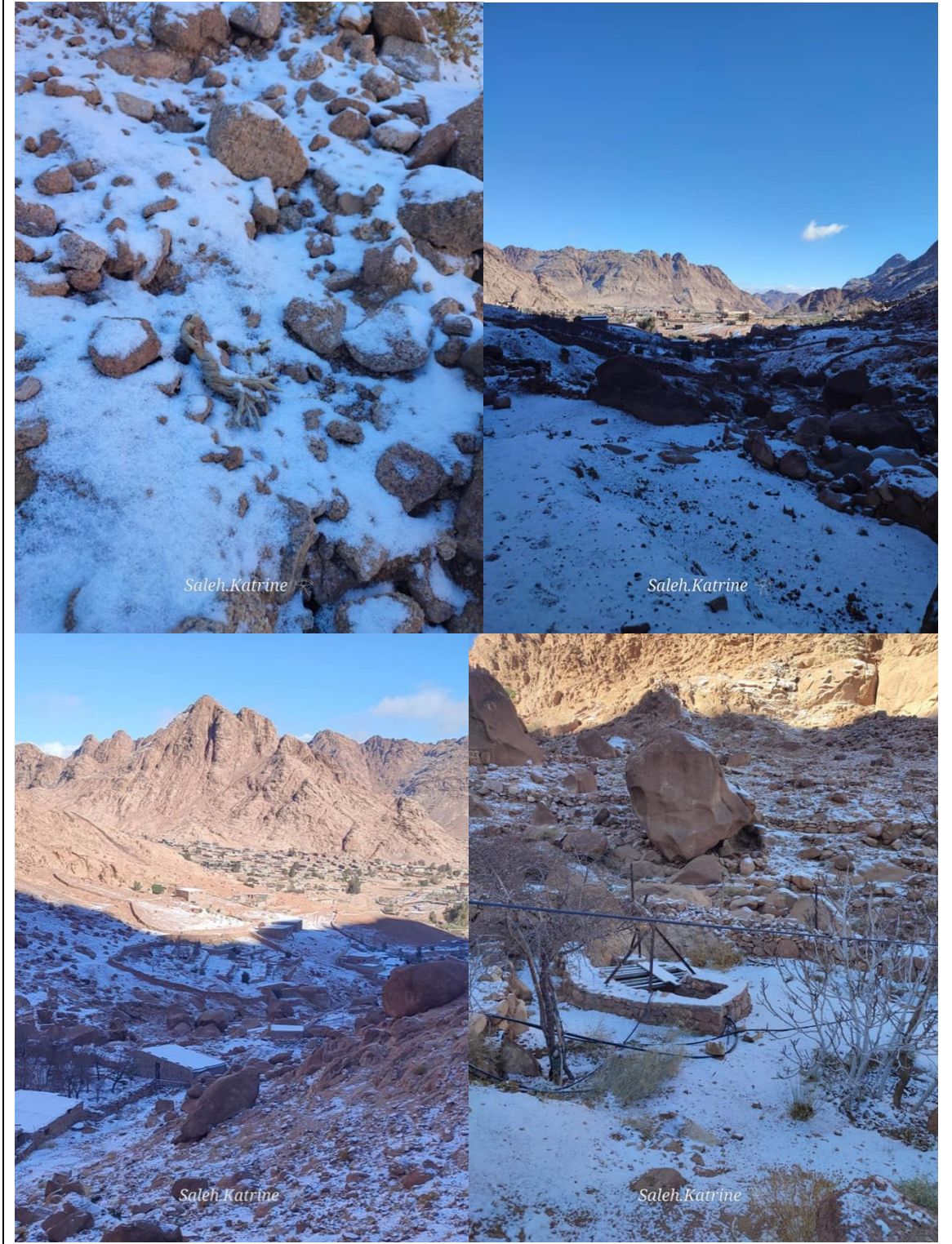
العمق	المساحة كم <sup>2</sup>	النسبة %
من 0.41 الي 0.56	6.67	0.98
من 0.21 الي 0.4	75.90	11.15
من 0.01 الي 0.2	598.04	87.87
المجموع	680.61	100

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد علي تحليل مرئية لاندسات-9 لعام 2024.



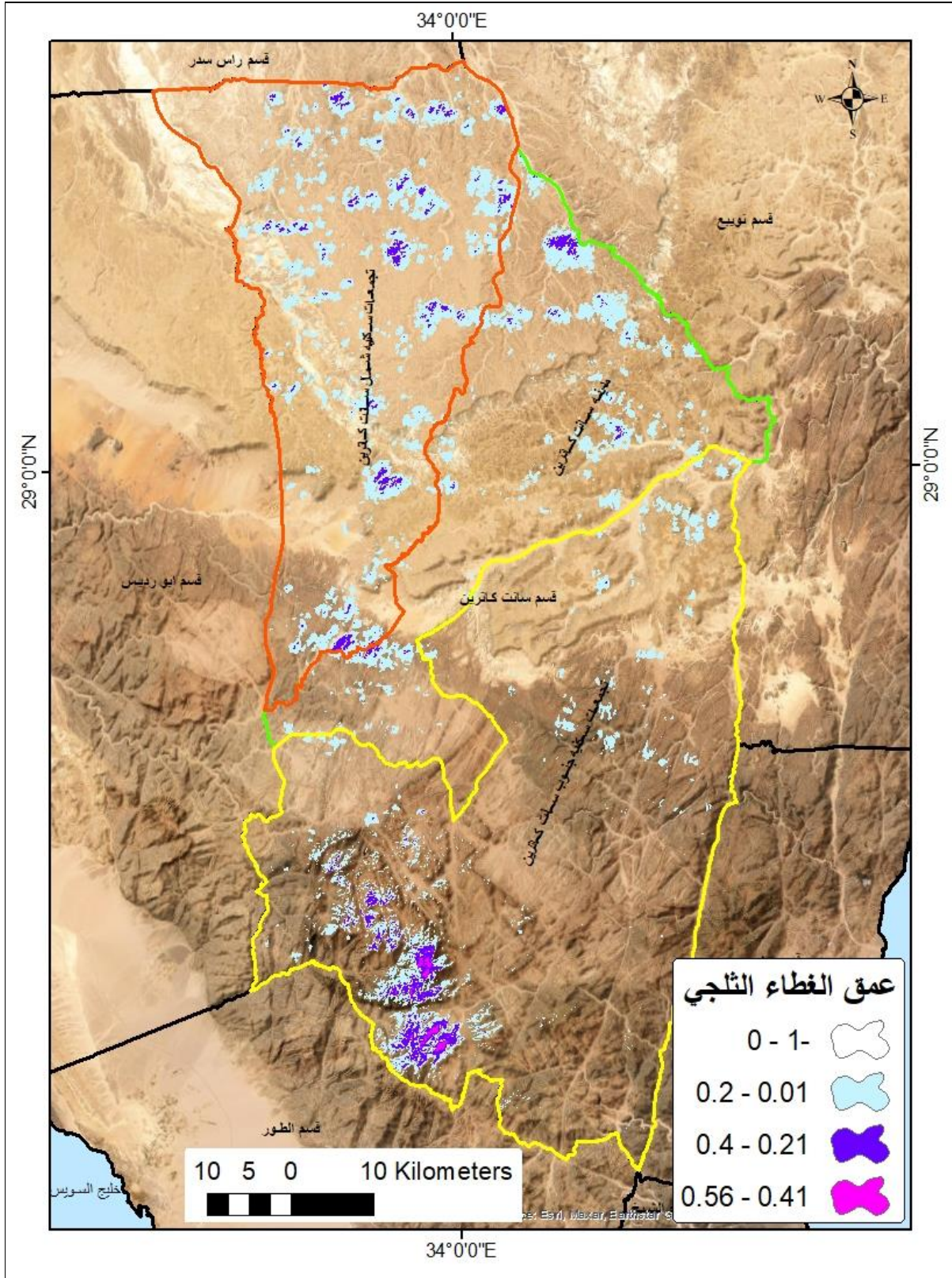
المصدر: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=405702285299622&set=a.180915171111669>

صورة (1): الغطاء الثلجي في سانت كاترين.



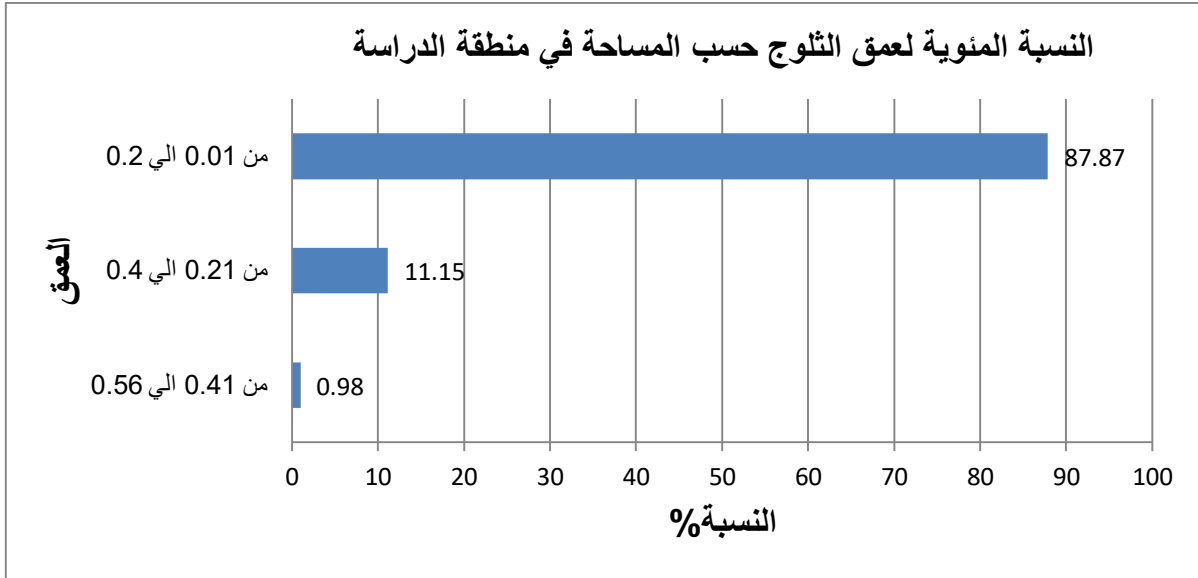
المصدر <https://www.facebook.com/st.cathrine>

لوحه (2): الغطاء الثلجي في سانت كاترين في 2024/02/1.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد علي تحليل مرئية لاندسات-9 لعام 2024، باستخدام برنامج Arcgis 10.8.

شكل (7): عمق الثلوج في منطقة سانت كاترين في 1 فبراير 2024م



المصدر: من عمل الباحث اعتماداً علي الجدول (6).

شكل (8): النسبة المئوية لعمق الثلوج حسب المساحة في منطقة الدراسة.

هـ. عمق الثلوج حسب الوحدات الإدارية في منطقة الدراسة

ويوضح الجدول رقم (7) والشكل (9) عمق الثلوج حسب الوحدات الإدارية في قسم سانت كاترين. ويبين أن **العمق (0.01 - 0.2)** يحتل المرتبة الأولى من حيث المساحة في جميع الوحدات الإدارية. وتحتل مدينة سانت كاترين المرتبة الأولى بنسبة 93.88%، تليها شياخة التجمعات السكنية شمال سانت كاترين بنسبة 91.37% تليها في المرتبة الأخيرة شياخة التجمعات السكنية جنوب سانت كاترين بنسبة 77.97%.

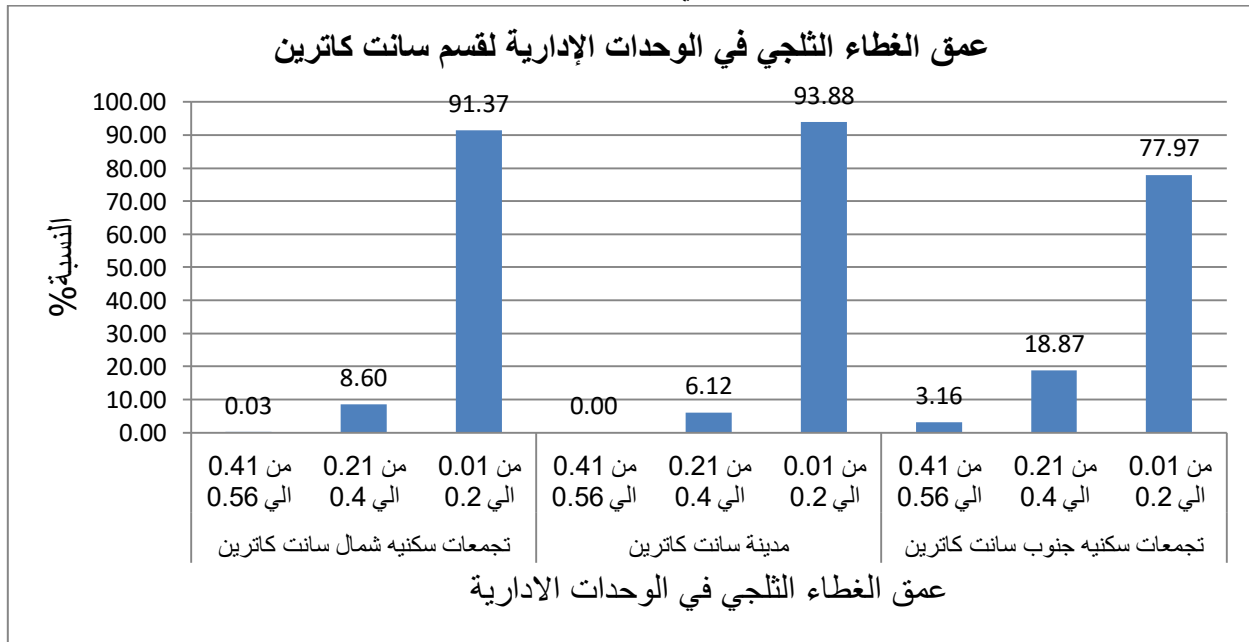
أما **العمق (0.21 - 0.4)** فيحتل المرتبة الثانية من حيث المساحة في جميع الوحدات الإدارية. وتأتي شياخة التجمعات السكنية جنوب سانت كاترين المرتبة الأولى بنسبة 18.87%، تليها شياخة التجمعات السكنية شمال سانت كاترين بنسبة 8.60%، تليها مدينة سانت كاترين في المرتبة الأخيرة بنسبة 6.12%.

في حين يحتل **العمق أكبر من 0.4** المرتبة الأخيرة من حيث المساحة. في جميع الوحدات الإدارية. وتأتي شياخة التجمعات السكنية جنوب سانت كاترين المرتبة الأولى بنسبة 3.16%، تليها شياخة التجمعات السكنية شمال سانت كاترين بنسبة 0.03%، بينما تملو مدينة سانت كاترين من الغطاء الثلجي الكثيف.

جدول (7): عمق الغطاء الثلجي في الوحدات الإدارية لقسم سانت كاترين 1 فبراير 2024م

الوحدة الادارية	العمق	المساحة كم2	%
تجمعات سكنيه شمال سانت كاترين	من 0.41 الي 0.56	0.10	0.03
	من 0.21 الي 0.4	26.84	8.60
	من 0.01 الي 0.2	285.16	91.37
المجموع			100.00
مدينة سانت كاترين	من 0.41 الي 0.56	0.00	0.00
	من 0.21 الي 0.4	9.84	6.12
	من 0.01 الي 0.2	150.86	93.88
المجموع			100.00
تجمعات سكنيه جنوب سانت كاترين	من 0.41 الي 0.56	6.57	3.16
	من 0.21 الي 0.4	39.22	18.87
	من 0.01 الي 0.2	162.03	77.97
المجموع			100.00

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد علي تحليل مرئية لاندسات-9 لعام 2024



المصدر: من عمل الباحث اعتماداً علي الجدول (7).

شكل (9): النسبة المئوية لعمق الغطاء الثلجي في الوحدات الإدارية لقسم سانت كاترين 1 فبراير 2024م.

**8. الاستنتاجات**

1. تلعب التقنيات الجغرافية، بما في ذلك نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، دورًا مهمًا في استخراج مساحات الغطاء الثلجي وعمق الثلوج باستخدام صور الأقمار الصناعية، مثل لاندسات-9، ومؤشر الغطاء الثلجي (NDSI).
2. بلغت مساحة الغطاء الثلجي في منطقة الدراسة 680.61 كم<sup>2</sup> بنسبة 11.57% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.
3. احتلت شياخة التجمعات السكنية شمال سانت كاترين المركز الأول من حيث مساحة الغطاء الثلجي؛ حيث تمثل 45.85%. وعلى العكس من ذلك، احتلت مدينة سانت كاترين المرتبة الأخيرة من حيث مساحة الغطاء الثلجي، حيث تشكل 23.61% فقط من إجمالي مساحة الغطاء الثلجي في منطقة الدراسة.
4. وفيما يتعلق بمساحة الغطاء الثلجي كنسبة مئوية من مساحة الوحدات الإدارية، فقد حظيت شياخة التجمعات السكنية شمال سانت كاترين بأعلى نسبة (18.44%)، بينما حظيت شياخة التجمعات السكنية جنوب سانت كاترين بأدنى نسبة (7.305%).
5. استحوذت فئة عمق الثلوج (0.01 - 0.2) على أكبر مساحة داخل منطقة الدراسة، حيث شكلت 87.87% من المساحة الإجمالية. وعلى العكس من ذلك، كان لعمق الثلج البالغ أكبر من 0.4 أصغر تغطية للمساحة، حيث بلغت نسبته 0.98% من إجمالي مساحة الدراسة.

**9. التوصيات**

6. تدعو الدراسة إلى إجراء المزيد من الدراسات في تحديد الغطاء الثلجي من حيث المساحة والعمق باستخدام صور الأقمار الصناعية المتنوعة لتقييم دقة النتائج عبر مختلف الأقمار الصناعية القادرة على تقدير الغطاء الثلجي.
7. تقترح الدراسة إنشاء محطات رصد أرضية لمراقبة تراكمات الثلوج في مدينة سانت كاترين وتوسيع نطاق تغطيتها لتشمل كل قسم سانت كاترين.

## 10. المراجع والمصادر

1. حميدة المسعود ، (2023). دراسة الغطاء الثلجي في شمال غرب منطقة تبوك باستخدام مؤشر NDSI بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي لاندسات8 لعام 2021م، المجلة العربية للآداب والدراسات الانسانية، مصر.
2. Allan Frei a, M. T. (2011, December 29 ). A review of global satellite-derived snow products. sciverse Science Direct.
3. B´ardossy, A. G. (2009). Cloud removal methodology from MODIS snow cover product. Hydrology and Earth System Sciences [www.hydrol-earth-syst-sci.net/13/1361/2009/](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/13/1361/2009/).
4. Holko, L., & et al ,. (2011). Snow hydrology in central Europe. Geography Compass, 5(4), 200-218.
5. Kongoli, C., Romanov, P., & Ferraro, R. (2012). Snow Cover Monitoring from Remote-Sensing Satellites: Possibilities for Drought Assessment. <http://digitalcommons.unl.edu/usdeptcommercepub>.
6. Laurin, G. V., & et al ,. (2022). SnowWarp: An open science and open data tool for daily monitoring of snow dynamics. Environmental Modelling & Software, 156, 105477.
7. Poussin, C., & et al ,. (2023). Improved Landsat-based snow cover mapping accuracy using a spatiotemporal NDSI and generalized linear mixed model. Science of Remote Sensing, 7, 100078.
8. Ruqaya Amin & et al , (2024),Application of Geomatics Technology to Study the Snow Cover in Amadiya District Using Satellite Image (Landsat-8)” Kurdish Studies Volume: 12, No: 2, pp.2989-3002
9. Voudouri, K. A., & et al ,. (2023). Snowfall Variation in Eastern Mediterranean Catchments. Remote Sensing, 15(6), 1596.
10. <https://www.southsinai.gov.eg/>
11. <https://www.usgs.gov>
12. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9>
13. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=405702285299622&set=a.180915171111669>
14. <https://ar.wikipedia.org/wiki>
15. <https://www.facebook.com/st.cathrine>