

Analysis of the Characteristics of Some Physiographic Factors Affecting the Nature of Spectral Reflection of Surfaces and Their Impact on the Quality of Aerial Images

Aisha Baderadeen Abdesslam Emhemmed *

Department of Geography, Faculty of Education – Gharyan, University of Gharyan, Libya

*Corresponding author: ayosh8468@gmail.com

تحليل خصائص بعض العوامل الفيزيوجرافية المؤثرة على طبيعة الانعكاس الطيفي للأسطح وأثرها على جودة الصور الجوية.

عائشة بدر الدين عبد السلام امحمد *

قسم الجغرافيا، كلية التربية غريان، جامعة غريان، ليبيا

Received: 02-08-2025	Accepted: 23-09-2025	Published: 22-10-2025
		
Copyright: © 2025 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).		

Abstract

The phenomenon of spectral reflection is influenced by several factors that make aerial images susceptible to distortion and interference, resulting in reduced accuracy levels in data analysis. Considering that the spectral reflection of surfaces is a fundamental element in the analysis of aerial images—since each surface has unique reflective properties—this research aims to study some common factors (physical and geographical) affecting the nature of spectral reflection of different surfaces. These factors include surface roughness, dust, temperature, and humidity, as well as their impact on the nature of spectral reflection and the quality of aerial images.

Keywords: Physiographic Factors – Nature of Spectral Reflection – Surfaces – Accuracy Level – Aerial Images.

المخلص

تتأثر ظاهرة الانعكاس الطيفي بعدة عوامل تجعل الصور الجوية عرضة للتشويش والتشويه، مما ينتج عنه انخفاض مستويات الدقة في تحليل البيانات واعتماداً على حقيقة أن الانعكاس الطيفي للأسطح يعتبر عنصراً أساسياً في تحليل الصور الجوية باعتبار أن لكل سطح خصائص انعكاس تختلف عن غيره من الأسطح، فإن هذا البحث يهدف إلى دراسة بعض العوامل الفيزيوجرافية المؤثرة على طبيعة الانعكاس الطيفي للأسطح المختلفة، وهي خشونة السطح والغبار والحرارة والرطوبة وأثر هذه العوامل على طبيعة الانعكاس الطيفي للأسطح المختلفة وأثرها على جودة الصور الجوية.

الكلمات الدالة: العوامل الفيزيوجرافيا ، طبيعة الانعكاس الطيفي ، الأسطح ، مستوى الدقة ، الصور الجوية.

المقدمة:

تدرس تقنية التحليل الطيفي تفاعل الضوء مع المواد، وتبحث في توفير معلومات مفصلة حول خصائص الانعكاسات والانعكاس للأشياء، وتعد هذه التقنية أداة جيدة لدراسة وتحديد المواد وخصائصها؛ إذ تتعرف على المواد بناءً على توقيعاتها الطيفية الخاصة بها من خلال دراسة سلوك الضوء داخل الهدف وكيفية.

ويمكن تعريف الانعكاس الطيفي بأنه مقدار الضوء المنعكس على سطح معين بالنسبة للضوء الساقط عليه. ويستخدم التحليل الطيفي في الصناعة والبحث العلمي على نطاق واسع، وقد زاد هذا التوسع في السنوات الأخيرة لتشمل أجهزة الاستشعار عن بعد، حيث أصبحت أجهزة الاستشعار عن بعد الطيفية مستخدمة على نطاق واسع في مختلف التطبيقات الصناعية لتشمل دراسات التنقيب عن المعادن ودراسات التلوث وغيرها. ويُعد الانعكاس الطيفي (البصمة الطيفية) خاصية مميزة للأسطح التي تتحكم في كيفية انعكاس الضوء بأطوال موجية مختلفة، ولهذا الانعكاس دور فعال في تفسير الصور الجوية ومعالجة البيانات الناتجة عنها. وتعتمد جودة الصور الجوية على القياس الدقيق للطيف المنعكس من السطح أيًا كان نوعه، ومن ثم فإن فهم هذه الظاهرة وأبعادها يُعد من الضرورات الملحة وذلك للوصول بتقنيات التحليل الخاصة بالصور الجوية لأفضل المستويات من الدقة والوضوح.

أهداف الدراسة

- 1- تحليل أثر بعض العوامل الفيزيوجرافية والبيئية على طبيعة الانعكاس الطيفي للأسطح.
- 2- توضيح العلاقة بين خشونة السطح، الغبار الجوي، الرطوبة، ودرجة الحرارة وجودة الصور الجوية.
- 3- استخلاص نتائج علمية تُسهم في تحسين تفسير الصور الجوية.
- 4- تقديم توصيات عملية وأكاديمية لرفع مستوى دقة الصور المستخدمة في الدراسات البيئية والزراعية والتخطيط الحضري.

منهجية الدراسة

اعتمد البحث على مراجعة تحليلية وصفية للمصادر والدراسات السابقة، إضافة إلى إعادة صياغة الجداول والبيانات الكمية الواردة في الأدبيات ذات العلاقة. وجرى التركيز على أبرز أهم العوامل المؤثرة ومنها : خشونة السطح، الغبار، الرطوبة، ودرجة الحرارة، مع ربطها بالانعكاس الطيفي وجودة الصور الجوية .

1- خشونة السطح :

تُعد خشونة السطح إحدى أهم العوامل المؤثرة على الانعكاس الطيفي للأشعة الكهرومغناطيسية، (ناجي، 2023، ص 33). فالتغيرات التي تطرأ على نسيج السطح تؤدي إلى تباين كبير في كيفية انعكاس الضوء وتشتته، وهذا بدوره يؤثر على دقة وضوح الصورة الجوية أو المرئية الفضائية.

وإذا ما فهمنا هذا العامل فإن ذلك يعد بمثابة الخطوة الأولى لتحليل الصورة الجوية بدقة، وتحسين فرص استخدامها في التطبيقات المختلفة.

ويُعتبر مفهوم خشونة السطح عن التفاوت والتعرجات الدقيقة على سطح المادة، والمواد تختلف عن بعضها في خواص الأسطح فيها؛ فهي تتنوع بين الملساء كالمياه والخشنة كالترية الصخرية.

واعتماداً على نوع السطح من حيث الخشونة تتباين أنواع الانعكاسات المتأثرة بذلك فهي تتنوع كالآتي:

- 1- الانعكاس المنتظم : ويرتبط بالأسطح الملساء بحيث ينعكس الضوء فيها باتجاه واحد منتظم، كالماء والزجاج .
- 2- الانعكاس المنتشر : وتختص به الأسطح الخشنة بحيث يشتت الضوء بشكل مبعثر في عدة اتجاهات متفرقة الصخور والنباتات الكثيفة والتربة الجافة .
- 3- الانعكاس المختلط: ويتعلق بالأسطح المتوسطة بين الخشونة والليونة، فهو يجمع بين النوعين السابقين، كالرمال المبللة
- 4- وبشكل عام كلما زادت خشونة السطح زادت احتمالية تشتت الضوء في اتجاهات متفرقة ومتعددة، وهذا ما يقلل من قوة الانعكاس وشدته في الاتجاه المحدد المطلوب جدول (1) .

جدول (1) تأثير خشونة السطح على الانعكاس الطيفي

مستوى الخشونة	وصف السطح	نوع الانعكاس	التأثير على السطح الطيفي
ناعمة جداً	الماء والزجاج	انعكاس منتظم	انعكاس عالي عند زاوية السقوط المحددة
ناعمة (متوسطة)	سطح أملس جزئي مثل الرمال المبللة	انعكاس مختلط	انعكاس متوسط مع بعض التشتت
خشنة (متوسطة)	تربة جافة	انعكاس منتشر	انعكاس أقل بسبب تشتت الضوء
خشنة جداً	صخور ونباتات كثيفة	انعكاس منتشر بالكامل	انعكاس ضعيف بسبب التشتت الكبير

عمل الباحثة اعتماداً على: تأثير الرطوبة على الانعكاس الطيفي للتربة والنباتات، أحمد علي وآخرون، مجلة علوم الاستشعار، 2020.

وتؤثر خشونة السطح على الصور الجوية وجودتها من خلال الآتي:

- 1- تشويش الإشعاع المنعكس مما يؤثر على دقة وضوح الصورة الجوية، فالصور الجوية الملتقطة من مناطق ذات أسطح خشنة تكون أقل وضوحاً وذلك بسبب تشتت الإشعاع.
 - 2- التباين الكبير في الإشارات الطيفية، فخشونة الأسطح تسبب تبايناً كبيراً في الإشارات الطيفية، مما يتطلب نماذج تصحيح متقدمة لتحسين عمليات التفسير.
 - 3- التأثير السلبي على قياس التضاريس لتعقد الانعكاسات الطيفية، وهذا يحتاج إلى الاستعانة بالمستشعرات الليزرية لتحسين دقة التحليل والتفسير.
- وتسهم الدراسات الحديثة في هذا المجال في تحسين تحديد خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، كما يمكن أن تحسن في جودة الصور الجوية لتحديد موارد المياه الجوفية التي تتداخل في مواقعها أسطح المياه مع التضاريس الصخرية.

2- الغبار الجوي:

يؤثر الغبار الجوي بشكل كبير على الانعكاس الطيفي للأسطح، فهو يتسبب في تشتت وامتصاص الإشعاع الكهرومغناطيسي خاصة في نطاقات الطيف المرئي وتحت الأحمر مما يؤدي إلى تقليل كمية الإشعاع الواصل إلى الأرض، ومن ثم تغير في خصائص الانعكاس الطيفي للأسطح ويؤثر الغبار الجوي على التباين والوضوح في الصور الجوية، خصوصاً في الأطوال الموجية القصيرة (لولو، يوسف، 2020، ص 173).

ويؤثر الغبار الجوي على طبيعة الانعكاس الجوي في النقاط التالية:

- 1 - امتصاص الإشعاع: فهو يقلل من كمية الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض عن طريق امتصاصه، وهذا من شأنه أن يؤدي إلى انخفاض نسبة التباين وضعف التفاصيل في الصور الجوية فيحدث بذلك تأثيراً في الأطوال الموجية القصيرة كالضوء الأزرق مثلاً . جدول (2).
 - 2- تشتت الإشعاع: فيقوم الغبار الجوي بتوزيع الإشعاع في جميع الاتجاهات مما يعمل على تشويش الصورة وضعف دقة المواقع.
 - 3- التغير في طبيعة الانعكاس: وذلك لأنه يضيف طبقة عاكسة على الأسطح مما يؤدي إلى تغيير التوقيع الطيفي للأسطح؛ كأسطح التربة والنبات مما يجعل التعرف على المواد والتصنيف الطيفي أكثر صعوبة.
 - 4- انخفاض الإشعاع الشمسي: مما يقلل من الطاقة الواصلة إلى الأرض وتقليل السطوع العام للصورة، وهذا يؤثر على تحليل الصور في المجالات الزراعية والبيئية.
 - 5- التأثير على الأظلاف الحرارية: فيزيد من امتصاص الطيف تحت الأحمر فيقلل من وضوح الصور الحرارية ويضعف الاستشعار في التطبيقات المتعلقة بالرطوبة ودرجات الحرارة.
- ويعتمد أثر الغبار في جودة الصور على مدى كثافة الغبار وتوزيعه في الغلاف الجوي، وللتغلب على مثل هذه التأثيرات يمكن متابعة حالة الطقس التي بدورها تساعد في تحديد الوقت المناسب

جدول (2) تأثير الغبار الجوي على الانعكاس الطيفي .

النطاق الطيفي	تأثير الغبار الجوي	السبب	الانعكاس الطيفي
الطيف المرئي	انعكاس قليل	التشتت والامتصاص	انخفاض التباين في الصور الجوية
الأشعة تحت الحمراء القريبة	انعكاس قليل	زيادة الامتصاص	تشويش الإشارة
الأشعة تحت الحمراء المتوسطة	امتصاص قوي في بعض النطاقات	زيادة الامتصاص	انخفاض حاد في الإشارة
الأشعة تحت الحمراء الحرارية	تقليل الإشعاع حسب الحرارة السطحية	الانبعاث أو الامتصاص بفعل سخونة الغبر	تغير في الأنماط الطيفية وتعقيد تحليل الحرارة السطحية
الموجات القصيرة	تقليل واضح في الانعكاس	تداخل بين الانعكاس والامتصاص	صعوبة التمييز بين السطح والغبار في التحليل الطيفي

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على تقارير مجلة بحوث التقنيات التكنولوجية، الاستشعار عن بعد، عبد الرحيم لولو، أحمد عمر يوسف، المجلد الثاني، ص 173.

للتصوير لتجنب تأثير الغبار الجوي وفي حال تأثر الصور يمكن استخدام نماذج تصحيح جوي من أجل التقليل من تأثيرات الغبار على الصور الجوية.

3- الرطوبة :

تؤثر الرطوبة على طبيعة الانعكاس الطيفي للأسطح وكيفيته ، فالحرارة والرطوبة عاملان رئيسيان يؤثران على طبيعة التفاعل بين الأشعة الكهرومغناطيسية والأسطح المختلفة ولهذه التأثيرات دور بارز في جودة الصور الجوية.

وتسبب الرطوبة العالية امتصاصاً لطيف تحت الأحمر مما يقلل من دقة الصور الجوية (الشريف، خالد (2019)، ص 41

أ : الرطوبة السطحية:

وذلك من خلال زيادة المحتوى المائي الذي يؤدي إلى زيادة امتصاص الأطوال الموجية القريبة من تحت الحمراء وتقليل الانعكاس، فالأسطح المبتلة تمتص المزيد من الإشعاع المغناطيسي مما يؤدي إلى انخفاض الانعكاس الطيفي باختلاف أنواع الأسطح كالآتي:

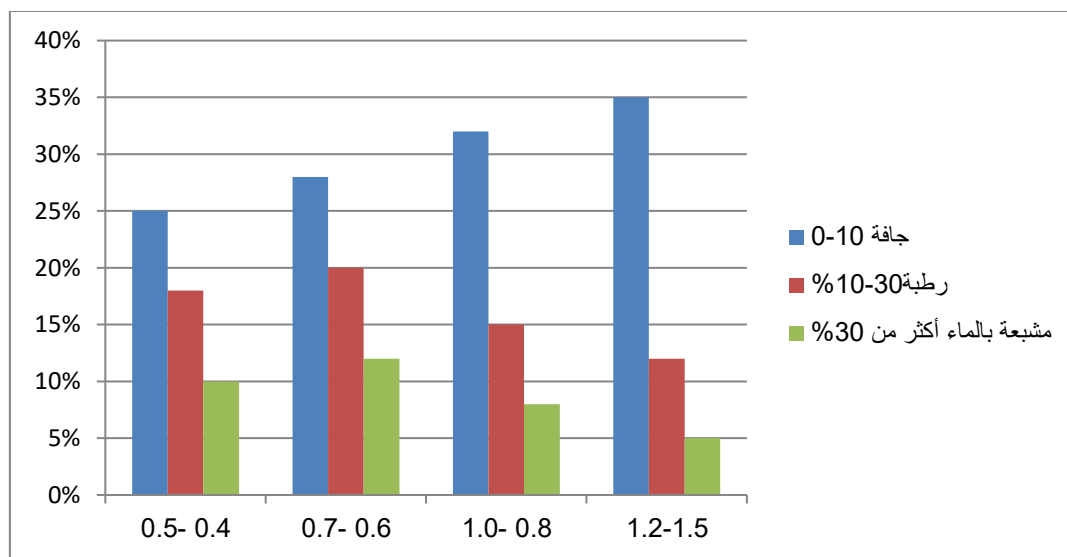
1 - النباتات: الرطوبة العالية في النباتات تزيد من انعكاس الأشعة تحت الحمراء القريبة نتيجة ارتفاع المحتوى المائي في الأوراق.

2- التربة: تؤدي الرطوبة إلى امتصاص الإشعاع في الأطوال الموجية المتوسطة مما يقلل من الانعكاس جدول(3).

جدول (3) الانعكاس الطيفي للتربة حسب مستويات الرطوبة والطول الموجي .

الطول الموجي (ميكرومتر)	جافة 0-10 %	رطوبة 10-30 %	مشبعة بالماء أكثر (30%)
0.4 - 0.5	25%	18%	10%
0.6 - 0.7	28%	20%	12%
0.8 - 1.0	32%	15%	8%
1.2 - 1.5	35%	12%	5%

المصدر : عمل الباحثة اعتماداً على: أساسيات التحسس النائي، تغريد عبد الحميد ناجي، 2023 .



شكل (1) الانعكاس الطيفي للتربة حسب مستويات الرطوبة والطول الموجي

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على جدول (3)

ب : الرطوبة الجوية:

حيث تؤدي الرطوبة العالية في الجو إلى تشتت الأشعة الكهرومغناطيسية، مما يضعف وضوح الصور الجوية، خاصة في الأطوال الموجية القصيرة، جدول (4).

جدول (4) العلاقة بين الرطوبة وانعكاس الأطوال الموجية المختلفة

انعكاس الأطوال الموجية الطويلة (أكثر من 1.3 ميكرومتر)	انعكاس الأطوال الموجية المتوسطة (0.7 – 1.3) ميكرومتر	انعكاس الأطوال الموجية القصيرة (0.4 – 0.7) ميكرومتر	مستوى الرطوبة
انعكاس ضعيف	انعكاس متوسط	انعكاس عالي	0 – 10 %
بداية انخفاض ملحوظ	انعكاس أقل	انخفاض تدريجي في الانعكاس	10 – 30 %
انخفاض كبير في الأطوال الموجية الطويلة	انعكاس منخفض	انعكاس منخفض ملحوظ	30 – 70 %
امتصاص شبه كامل للطيف الطويل	انعكاس ضعيف جدًا	انعكاس ضعيف جدًا	أكثر من 70 %

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على: الانعكاسات الحرارية وأثرها على جودة الصور الجوية، خالد الشريف، دورية الجغرافيا البيئية، 2019.

4- درجة الحرارة:

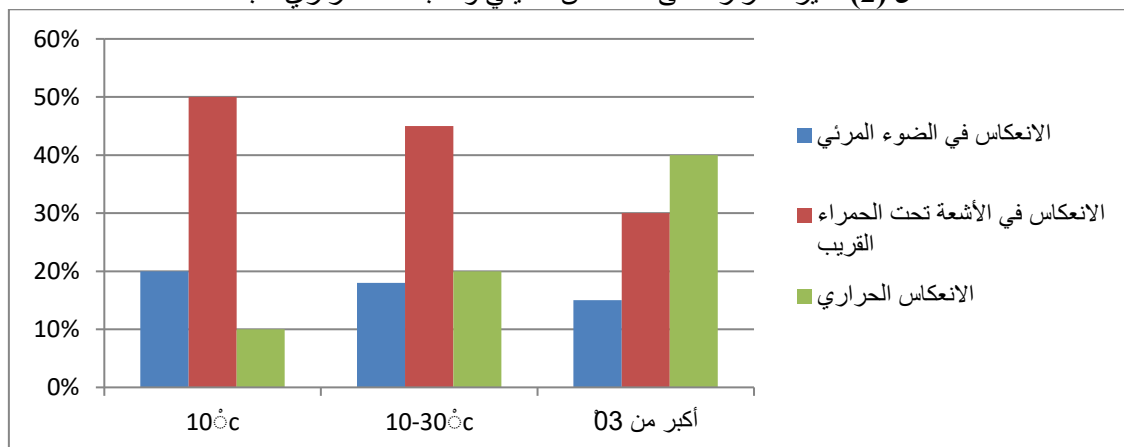
تؤثر درجة الحرارة على الإشعاع الحراري المنبعث من الأسطح، حيث يزداد الإشعاع الحراري مع ارتفاع درجات الحرارة مما يؤثر على الانعكاسات الطيفية في الأطوال الموجية، كما تؤدي الحرارة إلى تمدد وتقلص بعض المواد مما يؤثر على خشونة السطح ومن ثم على طبيعة الانعكاس، خاصة الأسطح ذات الطبيعة المعدنية، كما تختلف تأثيرات درجة الحرارة حسب طبيعة المادة؛ حيث تؤثر درجة الحرارة على الانعكاس الطيفي والانبعاث الحراري للأسطح، خاصة للنباتات التي تظهر تغيرات واضحة عند ارتفاع الحرارة .
فلها تأثيرات ملحوظة على الانعكاس نتيجة الجفاف الناتج عن الحرارة المرتفعة، جدول (5).

جدول (5) تأثير الحرارة على الانعكاس الطيفي والانبعاث الحراري للنباتات

درجة الحرارة (°C)	الانعكاس في الضوء المرئي	الانعكاس في الأشعة تحت الحمراء القريب	الانبعاث الحراري
10°C <	20%	50%	10%
10-30°C	18%	45%	20%
30°C >	15%	30%	40%

المصدر : عمل الباحثة اعتماداً على: أساسيات التحسس النائي، تغريد عبد الحميد ناجي، 2023 .

شكل (2) تأثير الحرارة على الانعكاس الطيفي والانبعاث الحراري للنباتات



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على جدول (5) .

ومع زيادة درجة الحرارة يزداد معدل تبخر الرطوبة السطحية مما يزيد من الانعكاس الطيفي في الأطوال الموجية القريبة من الأشعة تحت الحمراء جدول (6).

جدول (6) العلاقة بين درجة الحرارة وانعكاس الأطوال الموجية المختلفة

انعكاس الأطوال الموجية الطويلة (أكثر من 1.3 ميكرومتر)	انعكاس الأطوال الموجية القصيرة (0.7 – 1.3) ميكرومتر	انعكاس الأطوال الموجية القصيرة (0.4 – 0.7) ميكرومتر	درجة الحرارة
انبعاث ضعيف	انعكاس مرتفع نسبياً	انعكاس طبيعي	أصغر من 10 C0
زيادة طفيفة في الانبعاث	انخفاض بسيط	انخفاض تدريجي في الانعكاس	10 – 30 C0
انبعاث حراري مرتفع جداً	انخفاض كبير	انخفاض واضح	أكثر من 30 C0

عمل الباحثة اعتماداً على: تحليل التأثيرات المناخية على الصور الجوية، محمد السيد، مجلة الفيزياء التطبيقية، (2018). كما أن زيادة درجة الحرارة تقلل الانعكاس الطيفي للأطوال الموجية القصيرة والمتوسطة، بينما تزيد من الانبعاث الحراري من ناحية أخرى.

وتؤثر الرطوبة والحرارة معاً على جودة الصور الجوية كما في الآتي:
ارتفاع الحرارة مع زيادة الرطوبة يؤدي إلى تشويش البيانات الطيفية في الصور الجوية ويضعف وضوحها (السيد، أحمد، 2018، ص 56)، تحليل التأثيرات المناخية على الصور الجوية. مجلة الفيزياء التطبيقية.
تشويش البيانات الطيفية: فالرطوبة العالية تمتص الضوء وتشتته مما يؤثر على وضوح ودقة الصور، كما أن الحرارة المرتفعة تزيد من التداخلات الحرارية في الصورة الجوية عند استخدام المستشعرات الحرارية.
التأثير الموسمي للفصول: فتظهر الصور الجوية الملتقطة خلال فصل الصيف والشتاء اختلافاً كبيراً، نظراً لتأثير كل من الحرارة والرطوبة، فتحليل الصور الجوية يحتاج إلى مراعاة الظروف المناخية للحصول على معلومات دقيقة.
وللتغلب على هذه المشاكل ينصح باستخدام نماذج خاصة بالتصحيح الطيفي لتصفية أثر الرطوبة والحرارة وبالتالي تحسين جودة الصور الجوية، مع استخدام أجهزة استشعار متعددة الأطياف، والعمل على تطبيق نماذج تحليل مناخي لتقليل أثر التغيرات البيئية على الصور الجوية.

أثر درجة الحرارة والرطوبة والغبار الجوي على جودة الصور الجوية:

توضح مبادئ الاستشعار عن بعد أن العوامل الجوية مثل الغبار والرطوبة ودرجة الحرارة مجتمعة تؤثر بشكل جوهري على دقة الصور الفضائية والتفاصيل الطيفية المستخلصة منها (بوزيد، عبد العزيز، 2018، ص 57).
تلعب العوامل الجوية كدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة والغبار الجوي دوراً مهماً في تحديد جودة ودقة الصور الجوية والمرئيات الفضائية، حيث تتأثر هذه الصور بتفاعلات الضوء مع الأسطح المختلفة والغلاف الجوي بما يؤثر على نقاء ودقة التفاصيل والألوان، جدول (7).

جدول (7) أثر درجة الحرارة ومستوى الرطوبة والغبار الجوي على جودة الصور الجوية

درجة الحرارة	التأثير على الصور الجوية	مستوى الرطوبة	التأثير على الصور الجوية	مستوى الغبار الجوي	التأثير على الصور الجوية
منخفضة جداً	تسبب تكثف الرطوبة على العدسات أو المستشعرات مما يؤدي إلى تشويش الصور	منخفضة جداً	يمكن أن تؤدي إلى جفاف المكونات الميكانيكية للمعدات ولكن تأثيرها على الصور محدود	منخفضة جداً	يسمح بالحصول على صور واضحة وذات تباين عالٍ
مرتفعة جداً	تؤدي إلى زيادة الضوضاء الحرارية في المستشعرات الرقمية مما يقلل من دقة الصور	مرتفعة جداً	يسبب تكثفاً على العدسات وزيادة التشوش في الضوء، مما يؤدي إلى صور غير واضحة أو ضبابية	مرتفعة جداً	يسبب تشتت الضوء وانخفاض في وضوح التفاصيل، خاصة في الأطوال الموجية القصيرة
معتدلة	أفضل أداء مع تقليل تشوهات العدسات وامتصاص الضوء	معتدلة	تسمح بوضوح أكبر في الصور الجوية بدون تأثير كبير على المعدات أو الضوء	معتدلة	يؤدي إلى ضبابية الصور، تقليل التباين، وتشتت واسع للضوء في جميع الأطوال الموجية

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على: مبادئ الاستشعار عن بعد، الأسس والتطبيقات، عبدالعزيز محمد بوزيد، القاهرة، دار الفكر العربي، الطبعة الأولى، (2018).

فتؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى زيادة الضوضاء الحرارية في المستشعرات مما يقلل من دقة التفاصيل، كما تؤدي إلى اضطراب الإشارات الكهربائية وزيادة التشويش في الصور. ويستحسن الاستعانة في هذه الحالة بتقنيات التبريد أو الاقتصار في العمل في وقت مناسب من اليوم للتقليل من أثر هذا العامل. وارتفاع الرطوبة يعمل على تشويش الصور بما يحدثه من تكثف للماء على العدسات ومن ثم زيادة التشوش البصري في الأطوال الموجية المرئية، عكس الرطوبة المنخفضة التي لا تؤثر إلا بالقليل فقط، واحتمالية تأثيرها تقتصر على استقرار المعدات.

ويمكن لحل هذه المشاكل استخدام فلاتر مستقطبة لتقليل التوهج والضباب الناتج عن الرطوبة كذلك استخدام فلاتر خاصة بتخفيض الانعكاسات للمساعدة في تحسين التباين، وتحسين إعدادات الكاميرا، مع الاستعانة بتقنيات معالجة الصور والاستعانة بالتطبيقات التي تقدر مستويات الرطوبة قبل التصوير. ويلعب الغبار الجوي دوراً كبيراً في تثبيت الإشعاع الكهرومغناطيسي وامتصاصه مما يؤثر على التباين وضبابية الصور، فكلما زاد تركيز الغبار في الغلاف الجوي انخفضت جودة الصور الجوية سيما في الأطوال الموجية القصيرة كالضوء المرئي.

خلاصة:

يتطلب تحسين جودة الصور الجوية والمرئيات الفضائية مراعاة تأثير عوامل خشونة السطح والعوامل الجوية كالرطوبة والغبار وذلك لضمان الدقة والوضوح، فيجب استخدام تقنيات متقدمة مثل تنقية الصور الجوية، وتصحيح الإشارات الطيفية، واختيار الأوقات المثلى للتصوير الجوي عندما تكون الظروف الجوية مناسبة. إن فهم تأثير هذه العوامل يساهم في تحسين جودة البيانات المستخلصة من الصور الجوية بما يعزز دقة التطبيقات التي تعتمد عليها في الزراعة والتخطيط الحضري والدراسات البيئية ومراقبة تغير المناخ.

النتائج

- 1- خشونة السطح عامل حاسم في تحديد نمط الانعكاس الطيفي؛ حيث تؤدي التباينات في الأسطح إلى اختلاف كبير في وضوح الصور الجوية.
- 2- الغبار الجوي يُمثل أحد أبرز أسباب تشويه الصور الجوية عبر امتصاص وتشتت الإشعاع، خاصة في الظروف المناخية الحارة والجافة.
- 3- الرطوبة العالية تقلل من دقة التفسير الطيفي، سواء على مستوى السطح أو الغلاف الجوي، مما يتطلب أدوات تصحيح ومعايرة.
- 4- درجة الحرارة تؤثر بوضوح على الانبعاث الطيفي والانعكاس، خاصة على النباتات والأسطح المعدنية.
- 5- اجتماع العوامل الجوية (حرارة + رطوبة + غبار) يؤدي إلى انخفاض حاد في جودة الصور، ويؤثر على دقة التطبيقات الزراعية والبيئية والحضرية.

التوصيات

- 1- اختيار أوقات مناسبة للتصوير الجوي: يُفضل التصوير في فترات خالية من الغبار واعتدال الرطوبة والحرارة (مثل الفجر أو بعد الأمطار).
- 2- استخدام تقنيات التصحيح الطيفي والجوي: مثل النماذج الرياضية للتصحيح، وخوارزميات الذكاء الاصطناعي لمعالجة الضوضاء.
- 3- دمج مصادر بيانات متعددة: الاستعانة بصور متعددة الأطياف، ورادارية، وبيانات LiDAR لتحسين الدقة.
- 4- اعتبارات تطبيقية:
 - أ- في المجال الزراعي: ضرورة التقاط الصور في ظروف مناخية مستقرة للحصول على مؤشرات نباتية دقيقة.
 - ب- في التخطيط الحضري: مراعاة تأثير الأسطح الصناعية التي تتأثر بالحرارة والرطوبة.
 - ج- في الدراسات البيئية: اعتماد التصحيح الطيفي لرصد التلوث والتغير المناخي بدقة أكبر.
- 6- اتجاهات بحثية مستقبلية:
 - أ- بناء قواعد بيانات محلية للبصمات الطيفية للأسطح في البيئات العربية.
 - ب- دراسة الأثر طويل المدى للتغير المناخي على جودة الصور الجوية.

ج- دمج بيانات الأرصاد الجوية مع نظم الاستشعار عن بعد لتحسين دقة النماذج.

الخاتمة

توضح الدراسة أن جودة الصور الجوية ليست نتاج الأجهزة وحدها، بل هي حصيلة تفاعل الضوء مع الأسطح والظروف البيئية المحيطة. وتعد خشونة السطح والغبار والرطوبة والحرارة عوامل رئيسية تتحكم في طبيعة الانعكاس الطيفي، وبالتالي في وضوح ودقة الصور الجوية. إن التعامل مع هذه التحديات عبر اختيار ظروف التصوير المناسبة، واستخدام تقنيات التصحيح والمعالجة المتقدمة، يساهم في تحسين الاستفادة من الصور الجوية في التطبيقات الزراعية، البيئية، والتخطيطية، ويعزز من موثوقيتها كأداة علمية في رصد وتحليل الظواهر الطبيعية والبشرية.

المراجع

المصادر العربية :

- 1- أحمد علي وآخرون، تأثير الرطوبة على الانعكاس الطيفية للتربة والنباتات، مجلة علوم الاستشعار، 2020 .
- 2- حمزة عبد الله ، تحليل الصور الجوية في التطبيقات الزراعية، دار النشر الأكاديمي، 2017
- 3- خالد الشريف ، الانعكاسات الحرارية وأثرها على جودة الصور الجوية . دورية الجغرافيا البيئية ، 2019 .
- 4- عالية محمد، أجهزة الاستشعار وتطبيقاتها، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، 1978.
- 5- علي الدوسري، ظاهرة الغبار، تأثيرات محلية وإقليمية وعالمية، 2018 ، ResearchGate -6 علي عبد الهادي ، الاستشعار عن بعد، الدار المصرية للنشر والتوزيع ، 2018.
- 7- عبد الرحيم لولو، أحمد عمر يوسف. تقارير مجلة بحوث التقنيات التكنولوجية، الاستشعار عن بعد . المجلد الثاني، 2020 .
- 8- عبدالعزيز محمد بوزيد، مبادئ الاستشعار عن بعد، الأسس والتطبيقات، القاهرة، دار الفكر العربي، الطبعة الأولى، (2018)
- 9- فهد المطيري، الطول الموجي وعلاقته بالخصائص الطيفية للأسطح، مجلة الفيزياء البصرية. (2020)
- 10- محمد السيد، تحليل التأثيرات المناخية على الصور الجوية، مجلة الفيزياء التطبيقية، (2018).
- 11- محمد السيد، تحليل انعكاس الضوء على الأسطح المختلفة ، مجلة العلوم التطبيقية، (2019).
- 12- مراد يوسف ، الاستشعار عن بُعد في الزراعة الدقيقة، مكتبة الأبحاث العلمية، 2022.
- 13- ناجي، تغريد عبد الحميد ، أساسيات التحسس النائي، كلية التربية ، جامعة بغداد ، 2023 .

المصادر الأجنبية:

- 1-Introduction to Remote Sensing- Guilford Press
- 2-Hyperspectral Remote Sensing: Principles and Applications- Michael T. Eismann- SPIE Press
- 3-Physical Principles of Remote Sensing - W.G. Rees - Cambridge University Press
- 4-Spectral Properties of Natural Surfaces - Gareth Rees - CRC Press
- 5-Manual of Remote Sensing: Volume 1 Principles and Applications -
- 6-Robert A. Ryerson - John Wiley & Sons - Andrew P. Cracknell

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of JLABW and/or the editor(s). JLABW and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.