

Title	Classification of Clear and Cloudy Skies Using Ground Based Infrared Radiometer Data in Riyadh
Supervisor	Dr. Ghada Khouqeer (IMSIU) Prof. Abdurahman Maghrabi (KACST)
Students	Balsam Ali Alqahtani Raneem Misfer Alqahtani Razan Hejji Alanazi
Abstract	Downward longwave infrared radiation (DLR) is the largest component of the surface energy budget and a dominant driver of Earth's greenhouse effect and climate system. Accurate sky condition classification is essential for quantifying radiative fluxes, validating satellite products, and improving weather and climate models, especially in arid regions where dust, low humidity, and intermittent clouds create complex radiative environments. The aim of this study is to present a comprehensive long-term analysis of DLR and sky brightness temperature in Riyadh, Saudi Arabia, using continuous measurements from March 2015 to August 2019 (~4.5 years). A custom-designed single-pixel thermopile infrared cloud detector and a reference Kipp & Zonen CGR pyrgeometer were deployed together with collocated meteorological (temperature, relative humidity, solar radiation). After rigorous quality control and daytime solar-heating corrections, a hybrid radiometric-temporal classification scheme reliably distinguished clear, broken, and overcast skies. Key findings demonstrate distinct and physically consistent radiative regimes: clear skies exhibited the lowest and most stable DLR with minimal variability, reflecting high atmospheric transparency in the 8–13 μm window; overcast conditions produced the highest and most consistent fluxes due to near-blackbody cloud emission ($\varepsilon \approx 0.95\text{--}1.0$); and broken clouds generated the largest variability (standard deviation $\approx 55.45 \text{ W m}^{-2}$). Regression analyses revealed that relative humidity dominates DLR under clear skies (Pearson's $r = 0.377$), while air temperature exerts stronger control under cloudy regimes (r up to 0.456). Importantly, the empirical regression models demonstrated strong predictive skill (Pearson's R up to 0.457; RMSE 29.6–50.9 W m^{-2}). These models provide a practical and reliable tool for predicting cloud presence and DLR in the absence of

	visual observations, which is particularly valuable for remote sites, automated stations, and astronomical observatories. However, model performance is influenced by several atmospheric factors, including sky conditions (even under clear skies), the use of precipitable water vapor (PWV) as a superior predictor to relative humidity, aerosol loading, and cloud microphysical properties. This research provides the first detailed long-term characterization of infrared sky conditions in a hot arid urban environment. The findings validate the effectiveness of low-cost ground-based infrared radiometry for reliable, all-weather cloud classification and deliver critical new insights into cloud–radiation interactions in desert climates, establishing a robust foundation for regional climate studies, model improvement, and operational monitoring in similar arid regions.
الملخص باللغة العربية	يُعدّ الإشعاع تحت الأحمر طويل الموجة النازل أكبر مكوّن في ميزانية الطاقة السطحية ومحركًا رئيسيًا لظاهرة الاحتباس الحراري والنظام المناخي للأرض. ويُعدّ التصنيف الدقيق لظروف السماء أمرًا جوهريًا لقياس التدفقات الإشعاعية والتحقق من صحة منتجات الأقمار الاصطناعية وتحسين نماذج الطقس والمناخ، ولا سيما في المناطق القاحلة حيث يُسهم الغبار وانخفاض الرطوبة والغيوم المتقطعة في خلق بيانات إشعاعية معقدة. تهدف هذه الدراسة إلى تقديم تحليل شامل وطويل الأمد للإشعاع تحت الأحمر طويل الموجة النازل ودرجة حرارة سطوع السماء في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية، وذلك باستخدام قياسات مستمرة امتدت من مارس 2015 إلى أغسطس 2019 (نحو 4.5 سنوات). وقد تم نشر كاشف غيوم تحت أحمر مصمّم خصيصًا يعتمد على مزدوجة حرارة أحادية البكسل إلى جانب جهاز قياس الإشعاع المرجعي من نوع كيب وزينون مع أجهزة أرصاد جوية مرافقة (لقياس درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، والإشعاع الشمسي). وبعد إجراء عمليات صارمة لضبط الجودة وتصحيح أثر التسخين الشمسي النهاري تمكّن مخطط تصنيف هجين يجمع بين البعدين الإشعاعي والزمني من التمييز بشكل موثوق بين السماء الصافية، والمتقطعة الغيوم، والمليدة بالغيوم. أظهرت النتائج الرئيسية وجود أنظمة إشعاعية متميزة ومتسقة فيزيائيًا. السماء الصافية: سجّلت أدنى قيم الإشعاع وأكثرها استقرارًا مع تباين ضئيل، مما يعكس الشفافية الجوية العالية في نافذة 8–13 ميكرومتر. السماء المليدة بالغيوم: أنتجت أعلى التدفقات وأكثرها اتساقًا، نظرًا للانبعاث السحابي القريب من الجسم الأسود. ($\epsilon \approx 0.95\text{--}1.0$) الغيوم المتقطعة: ولّدت أكبر قدر من التباين (الانحراف المعياري ≈ 55.45 واط/م²). والأهم من ذلك، أن نماذج الانحدار التجريبية أظهرت قدرة تنبؤية قوية (معامل بيرسون R يصل إلى 0.457، والجذر التربيعي لمتوسط الخطأ بين 29.6 و50.9 واط/م²). وتوفر هذه النماذج أداة عملية وموثوقة للتنبؤ بوجود الغيوم والإشعاع تحت الأحمر طويل الموجة النازل في غياب الرصد البصري، وهو ما يكتسب أهمية خاصة للمواقع النائية، والمحطات الآلية، والمراسد الفلكية. غير أن أداء النموذج يتأثر بعدة عوامل جوية، منها: ظروف السماء (حتى تحت

	السماء الصافية)، واستخدام بخار الماء القابل للتسيب (PWV) كمتنبئ أفضل من الرطوبة النسبية، وحمولة الهباء الجوي، والخصائص الميكروفيزيائية للغيوم. غير أن أداء النموذج يتأثر بعدة عوامل جوية، منها: ظروف السماء (حتى تحت السماء الصافية)، واستخدام بخار الماء القابل للتسيب (PWV) كمتنبئ أفضل من الرطوبة النسبية، وحمولة الهباء الجوي، والخصائص الميكروفيزيائية للغيوم. يقدم هذا البحث أول توصيف تفصيلي طويل الأمد لظروف السماء في النطاق تحت الأحمر ضمن بيئة قاحلة وحارة. وتثبت النتائج فاعلية أجهزة قياس الإشعاع تحت الأحمر الأرضية منخفضة التكلفة في تصنيف الغيوم بشكل موثوق في جميع الظروف الجوية، كما تقدم رؤى جديدة وحاسمة حول التفاعلات بين الغيوم والإشعاع في المناخات الصحراوية، مما يرسى أساساً متيناً للدراسات المناخية الإقليمية وتحسين النماذج والرصد التشغيلي في المناطق القاحلة المشابهة.
--	---