ISSN: 2706-6495

الإضاءة الليلية كمؤشر للتغير الحضري في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة (2015–2025) باستخدام بيانات VIIRS ونظم المعلومات الجغرافية

Nighttime Lights as an Indicator of Urban Change in the Hail Emirate Center Area (2015–2025) Using VIIRS Data and Geographic Information Systems (GIS)

إعداد:

الباحثة/ هدى بنت عبدالعزيز الشمري

باحثة دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية اللغات والعلوم الإنسانية، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية

Email: hdoop09@gmail.com

الأستاذ الدكتور/ أحمد بن محمد البسام

أستاذ جغرافية السكان، قسم الجغرافيا، كلية اللغات والعلوم الإنسانية، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية

Email: absam@qu.edu.sa

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى رصد وتحليل التغير الحضري في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة من 2015 إلى 2025، باستخدام بيانات الإضاءة الليلية المستمدة من مستشعر VIIRS وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية. تنطلق الدراسة من أهمية توظيف البيانات الفضائية الحديثة في متابعة التحولات العمرانية والمكانية، ولا سيما في النطاقات الإدارية التي تضم مراكز وتجمعات عمرانية متباينة في مستويات النمو والخدمات والأنشطة البشرية، بما يتوافق مع توجهات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 في دعم التخطيط الحضري المستدام ورفع كفاءة إدارة المدن والمراكز العمرانية. اعتمدت الدراسة على تحليل سلسلة زمنية من بيانات الإضاءة الليلية لقياس التغير في شدة الإضاءة وتوزيعها المكاني داخل منطقة الدراسة، ثم تم تمثيل النتائج وتحليلها باستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية. أظهرت النتائج وجود تباين واضح في أنماط الإضاءة الليلية خلال فترة الدراسة، بما يعكس اختلاف مستويات الامتداد العمراني واتجاهات النمو الحضري وتوزيع النشاط البشري داخل النطاق المدروس. كما أظهرت الخرائط الناتجة اختلافًا في مناطق الكثافة الضوئية بين السنوات، مما يساعد على تحديد مواقع النمو العمراني الأكثر نشاطًا. وتبرز أهمية البحث في دعم قرارات التخطيط العمراني ومراقبة توسع المراكز العمرانية وتحسين فهم العلاقة بين شدة الإضاءة الليلية والتحولات الحضرية في نطاق مركز إمارة حائل، وفي ضوء ما توصل له البحث من نتائج قدم الباحثان مجموعة من التوصيات المفيدة والمهمة.

الكلمات المفتاحية: الإضاءة الليلية، التغير الحضري، VIIRS، نظم المعلومات الجغرافية، نطاق مركز إمارة حائل، رؤية 2030.

ISSN: 2706-6495

Nighttime Lights as an Indicator of Urban Change in the Hail Emirate Center Area (2015–2025) Using VIIRS Data and Geographic Information Systems (GIS)

Huda Abdulaziz Fahad ALshammari

PhD Researcher, Department of Geography, College of Languages and Humanities, Qassim University, Saudi Arabia

Professor Dr. Ahmed bin Mohammed Al-Bassam

Professor of Population Geography, Department of Geography, College of Languages and Humanities, Qassim University, Saudi Arabia

Abstract:

This study aims to monitor and analyze urban change within the Hail Emirate Center area during 2015–2025 using nighttime light data derived from the VIIRS sensor and Geographic Information Systems techniques. The study highlights the importance of employing satellite-based data to observe spatial and urban transformations, particularly in administrative areas that include centers and settlements with varying levels of growth, services, and human activities. This aligns with Saudi Vision 2030 objectives related to sustainable urban planning and efficient management of cities and urban centers. The research relied on temporal analysis of nighttime light data to measure changes in light intensity and spatial distribution within the study area, then mapped and analyzed the results using GIS tools. The findings revealed clear variation in nighttime light patterns during the study period, reflecting differences in urban expansion, growth directions, and distribution of human activity within the studied area. The produced maps also showed differences in light-density zones between years, helping identify active locations of urban growth. The significance of this research lies in supporting urban planning decisions and improving understanding of the relationship between nighttime light intensity and urban change in the Hail Emirate Center area, In light of the research findings, the researchers presented a set of useful and important recommendations.

Keywords: Nighttime Lights, Urban Change, VIIRS, Geographic Information Systems, Hail Emirate Center Area, Saudi Vision 2030.

ISSN: 2706-6495

1. المقدمة:

يشهد العالم المعاصر تسارعًا واسعًا في وتيرة التحضر واتساع رقعة المدن، مما أدى إلى تغيرات جوهرية في استخدامات الأرض والنسيج العمراني وتوزيع الأنشطة البشرية. وتُعد دراسة هذه التحولات ضرورة علمية لفهم ديناميات التغير وتوجيه عمليات التخطيط العمراني نحو أهداف أكثر استدامة. وفي هذا الإطار، وفّرت تطورات تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية أدوات كمية دقيقة لتحليل التغيرات المكانية والزمنية للمدن.

وتُعتبر بيانات الإضاءة الليلية من المؤشرات المكانية الفعّالة في رصد النمو الحضري، لكونها تعكس شدة النشاط البشري وكثافة التنمية العمرانية. وقد أشار (Elvidge et al, 2017). إلى أن بيانات الإضاءة الليلية المستخلصة من مستشعر VIIRS أصبحت وسيلة موثوقة لدراسة الأنشطة البشرية وتتبع التحولات الحضرية بفضل دقتها الزمنية والمكانية المناسبة. ويسهم هذا النوع من البيانات في تحسين فهم العلاقة بين توزيع الإضاءة ومظاهر التحضر والنشاط الاقتصادي، خصوصًا في المدن المتوسطة التي تشهد تغيرات تدريجية يصعب رصدها بالوسائل التقليدية.

ويتقاطع هذا التوجه البحثي مع مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 التي أكدت على أهمية تعزيز التنمية الحضرية المستدامة ورفع جودة الحياة من خلال التوظيف الفعّال للتقنيات الحديثة والبيانات المكانية في التخطيط واتخاذ القرار (Government of Saudi Arabia, 2016). وفي هذا السياق يمثل نطاق مركز إمارة حائل نموذجًا مناسبًا لدراسة التحولات الحضرية في نطاق إداري يضم مدينة حائل وعددًا من المراكز والتجمعات العمرانية المرتبطة بها، والتي شهدت خلال العقد الأخير (2015–2025) تغيرات عمرانية تستدعي التحليل العلمي الدقيق.

وانطلاقًا من ذلك، يهدف هذا البحث إلى تحليل الإضاءة الليلية كمؤشر للتغير الحضري في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة المذكورة، باستخدام بيانات VIIRS وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية، للكشف عن الأنماط المكانية والزمانية للنمو الحضري ودعم متخذي القرار في تحقيق تنمية عمرانية متوازنة تتماشى مع توجهات رؤية 2030.

1.1. مشكلة الدراسة:

على الرغم من التطور الكبير في توظيف تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لرصد التحولات الحضرية، إلا أن قياس التغير الحضري في المدن المتوسطة بصورة كمية قابلة للمقارنة عبر الزمن ما يزال يمثل تحديًا، خصوصًا عند الحاجة إلى مؤشر موحّد يوضح ديناميكية التحضر داخل حدود مكانية محددة. وتُعد بيانات الإضاءة الليلية المستخرجة من مستشعر VIIRS أحد المؤشرات غير المباشرة التي تعكس شدة النشاط البشري ومظاهر التحول الحضري، إلا أن دقة تفسيرها تتأثر باختيار عتبات الإضاءة (Threshold/avg_rad) التي تميّز بين الإضاءة منخفضة الشدة والمتوسطة والعالية، كما تؤثر في تقدير المساحة المضيئة ومناطق الزيادة والنقص.

ومن هنا تتمثل مشكلة الدراسة في: مدى إمكانية توظيف بيانات VIIRS عبر منصة Google Earth Engine وتقنيات GIS لتحليل وقياس التغير المكاني والزماني للإضاءة الليلية في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة (2015–2025)، وذلك لتحديد مناطق النمو الضوئي والتغير غير الملحوظ في الإضاءة ودلالاتها المكانية، بما يدعم التخطيط الحضري وتحسين جودة الحياة في ضوء توجهات رؤية المملكة 2030.

2.1. تساؤلات الدراسة:

1. ما الأنماط المكانية والزمانية لتغير الإضاءة الليلية في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة (2015–2025)؟

2. ما مقدار التغير في المساحة المضيئة داخل نطاق مركز إمارة حائل بين عامي 2015 و2025 عند تطبيق عتبات إضاءة مختلفة؟
3. أين تتركز مناطق النمو الضوئي والتغير الملحوظ في الإضاءة الليلية داخل المدينة وفق خرائط المقارنة وخريطة التغير (Change Map)؟
4. كيف تسهم نتائج التغير في الإضاءة الليلية في دعم التخطيط الحضري وتحسين جودة الحياة بما ينسجم مع توجهات رؤية المملكة 2030؟

3.1. أهداف الدراسة

الهدف العام: تحليل التغير المكاني والزماني للإضاءة الليلية كمؤشر كمي للتحول الحضري في إمارة حائل خلال الفترة (2015–2025) باستخدام بيانات VIIRS وتقنيات GIS عبر منصة Google Earth Engine.

الأهداف الفرعية:

1. إعداد خرائط الإضاءة الليلية لنطاق مركز إمارة حائل لعامي 2015 و2025 ضمن حدودها الإدارية باستخدام بيانات VIIRS عبر Google Earth Engine.
2. حساب مؤشرات كمية للتغير تشمل نسبة المساحة المضيئة لكل سنة، وتقدير معدل التغير بين 2015 و2025 وفق عتبات إضاءة متعددة.
3. إنتاج خريطة التغير (Change Map) لتحديد أنماط التغير في شدة الإضاءة الليلية، بما يشمل مناطق الإضاءة القائمة ومناطق النمو الضوئي المتوسط والمرتفع داخل نطاق الدراسة.
4. تفسير أنماط التغير وربط دلالات النتائج بدعم التخطيط الحضري وتحسين جودة الحياة في ضوء رؤية المملكة 2030.

4.1. أهمية الدراسة

تنبع أهمية هذه الدراسة من توظيف بيانات الإضاءة الليلية المستمدة من مستشعر (VIIRS) كمؤشر كمي حديث لرصد التحول الحضري في نطاق مركز إمارة حائل خلال عقد كامل (2015–2025)، مع الاستفادة من إمكانات Google Earth Engine وGIS لإنتاج نتائج قابلة للمقارنة عبر الزمن والمكان (خرائط، مؤشرات رقمية، ورسوم بيانية). كما تسهم الدراسة في تقديم مخرجات مكانية وكمية تساعد على فهم اتجاهات التحول داخل نطاق الدراسة وتدعم التخطيط الحضري وتحسين جودة الحياة بما ينسجم مع توجهات رؤية المملكة 2030.

وتتضح أهمية الدراسة في النقاط الآتية:

1. تقدم مؤشرًا كميًا واضحًا للتغير الحضري اعتمادًا على بيانات VIIRS خلال (2015–2025).
2. توفر خرائط ومؤشرات قابلة للتكرار والمقارنة باستخدام GEE وGIS.
3. تبرز الفروق المكانية للتغير داخل نطاق الدراسة عبر خرائط المقارنة وخريطة التغير (Change Map).
4. تدعم المخططين وصناع القرار بمخرجات مكانية وكمية تعزز التنمية الحضرية وتحسين جودة الحياة وفق رؤية 2030.

5.1. منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في نطاق مركز إمارة حائل ضمن منطقة حائل شمال غرب المملكة العربية السعودية، في الجزء الشمالي من نجد، ويمتد نطاقها الفلكي تقريبًا بين دائرتي عرض 27.0° و28.8° شمالًا، وخطي طول 41.0° و42.8° شرقًا. وتُعد منطقة حائل إحدى المناطق الإدارية في المملكة، ومقر إمارتها مدينة حائل، وتبلغ مساحتها نحو 120,000 كم²، وتمتد لمسافة تقارب 400 كم من

ISSN: 2706-6495

الشمال إلى الجنوب، ونحو 500 كم من الشرق إلى الغرب. كما تنقسم إداريًا إلى ثماني محافظات بالإضافة إلى نطاق إمارة حائل، وتشتهر بمظاهر تضاريسية بارزة من أهمها جبلا أجا وسلمى، إضافة إلى السهول والتجمعات العمرانية التي تمنحها تنوعًا مكانيًا واضحًا (أمانة منطقة حائل، 2025).

ويمثل نطاق مركز إمارة حائل مجالًا مناسبًا لدراسة التغير في الإضاءة الليلية بوصفها مؤشرًا مكانيًا للنشاط الحضري والتوسع العمراني خلال الفترة من 2015 إلى 2025، وذلك لما يضمه من مدينة رئيسة ومراكز وتجمعات عمرانية متباينة في مستويات النمو والخدمات والأنشطة البشرية.

شكل (1): موقع منطقة الدراسة (امارة حائل – منطقة حائل، المملكة العربية السعودية).

المصدر: إعداد الباحثين (ArcGIS Pro) اعتمادًا على Shapefile أمانة منطقة حائل، 2025.

2. منهجية الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي–التحليلي المكاني، من خلال توظيف بيانات الإضاءة الليلية المستمدة من مستشعر VIIRS-DNB عبر منصة Google Earth Engine، واستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية GIS في المعالجة والتحليل وإخراج الخرائط. وقد تم في البداية تحديد نطاق مركز إمارة حائل كمنطقة دراسة، ثم توحيد نظام الإحداثيات وتطبيق القص المكاني على حدود منطقة الدراسة، لضمان اقتصار التحليل والنتائج على النطاق المحدد.

اعتمدت الدراسة على بيانات الإضاءة الليلية لعامي 2015 و2025، وتم إعداد مركبات سنوية ممثلة لكل سنة بهدف تقليل أثر الاختلافات الزمنية والضوضاء الناتجة عن القيم غير المنتظمة. كما تم تجهيز طبقات الإضاءة الليلية ومعالجة القيم غير المنطقية أو السالبة إن وجدت، ثم تحليل قيم الإشعاع/السطوع avg_rad داخل نطاق الدراسة.

ولقياس التغير في المساحة المضيئة، تم تطبيق ثلاث عتبات للإضاءة، وهي: 1 و5 و10؛ إذ تمثل العتبة المنخفضة نطاق الإضاءة الضعيفة والمتوسطة، بينما تساعد العتبات الأعلى في إبراز المناطق الأكثر كثافة في الإضاءة والنشاط الحضري. وبعد ذلك تم تحويل

ISSN: 2706-6495

كل عتبة إلى طبقة ثنائية تميز بين المناطق المضيئة وغير المضيئة لكل من عامي الدراسة، ثم حُسبت نسبة المساحة المضيئة وفق العلاقة الآتية:

نسبة المساحة المضيئة = (مساحة البكسلات ذات القيمة ≤ العتبة ÷ مساحة منطقة الدراسة) × 100

كما تم قياس مقدار التغير بين عامي 2015 و2025 لكل عتبة من خلال مقارنة نسب المساحة المضيئة بين العامين، وحساب نسبة التغير وفق العلاقة الآتية:

نسبة التغير (%) = [(قيمة 2025 − قيمة 2015) ÷ قيمة 2015] × 100

إضافة إلى ذلك، تم إعداد خريطة التغير Change Map من خلال مقارنة قيم الإضاءة الليلية بين عامي الدراسة، وذلك بهدف توضيح أنماط التغير المكاني في شدة الإضاءة، بما يشمل مناطق الإضاءة القائمة، ومناطق النمو الضوئي المتوسط والمرتفع، والمناطق غير المضاءة أو ذات التغير غير الملحوظ. وأخيرًا، تم تصدير الجداول والخرائط من منصة Google Earth Engine، واستكمال إخراج الخرائط في بيئة GIS بإضافة عناصر الخريطة الأساسية مثل العنوان، ومقياس الرسم، وسهم الشمال، ومصدر البيانات، ثم إعداد الرسوم البيانية للمقارنة بين نتائج عامي 2015 و2025.

2. الدراسات السابقة

استعرضت العديد من الدراسات السابقة بيانات الإضاءة الليلية المستمدة من مستشعر VIIRS بوصفها أحد المؤشرات الحديثة في دراسة التحضر، واستخراج المناطق العمرانية، وتحليل النشاط البشري والاقتصادي. وفيما يأتي عرض لأبرز الدراسات ذات الصلة بموضوع الدراسة الحالية.

قام دو وآخرون (Dou et al., 2017) بدراسة بعنوان: استخراج الأراضي العمرانية باستخدام بيانات الإضاءة الليلية VIIRS: تقييم لثلاث طرق شائعة، Urban Land Extraction Using VIIRS Nighttime Light Data: An Evaluation of Three Popular Methods. وركزت الدراسة على استخدام بيانات الإضاءة الليلية المستمدة من مستشعر VIIRS في استخراج المناطق العمرانية، من خلال تقييم ثلاث طرق شائعة لتحديد الامتداد الحضري. وتوصلت الدراسة إلى أن بيانات VIIRS تُعد مناسبة لاستخراج الأراضي العمرانية، خاصة عند استخدام طرق تحليلية قادرة على تقليل أثر القيم غير الحضرية. وتفيد هذه الدراسة البحث الحالي في دعم استخدام العتبات والتحليل المكاني لاستخراج المساحات المضيئة وربطها بمؤشرات التغير الحضري في نطاق مركز إمارة حائل.

استعرض إلفيدج وآخرون (Elvidge et al., 2017) في دراسة بعنوان: الإضاءة الليلية من مستشعر VIIRS، VIIRS Night-Time Lights، خصائص بيانات الإضاءة الليلية المستخرجة من مستشعر VIIRS وآليات معالجتها لإنتاج خرائط عالمية عالية الجودة. وركزت الدراسة على تنقية البيانات من مصادر التشويش مثل السحب والضوء غير المرتبط بالإضاءة البشرية والظواهر الطبيعية المؤثرة في جودة القياس. وتوصلت إلى أن بيانات VIIRS تمثل مصدرًا مهمًا لدراسات الجغرافيا الحضرية، واستخدامات الأرض، والدراسات السكانية والاقتصادية. وتفيد هذه الدراسة البحث الحالي في تأكيد موثوقية بيانات VIIRS كمصدر مناسب لتحليل شدة الإضاءة الليلية وتغيرها المكاني والزمني.

قدّم رومان وآخرون (Román et al., 2018) دراسة بعنوان: مجموعة منتجات بلاك ماربل للإضاءة الليلية التابعة لناسا، NASA's Black Marble Nighttime Lights Product Suite. وتناولت الدراسة تطوير منتجات متقدمة للإضاءة الليلية تعتمد على بيانات VIIRS-DNB بهدف تحسين جودة البيانات ودقتها الزمنية والمكانية. وركزت على تقليل تأثير الغلاف الجوي والسحب

وضوء القمر والعوامل التي قد تؤثر في دقة الإضاءة الليلية. وتوصلت الدراسة إلى أن منتجات Black Marble توفر بيانات مناسبة لرصد النشاط البشري والتغيرات الحضرية عبر الزمن. وتفيد هذه الدراسة البحث الحالي في دعم استخدام بيانات الإضاءة الليلية المعالجة ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية لرصد التغير الحضري.

أوضحت لوبيز-رويز وآخرون (Lopez-Ruiz et al., 2019) في دراسة صادرة عن مركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية KAPSARC بعنوان: تقدير الناتج المحلي الإقليمي للمملكة العربية السعودية باستخدام صور الإضاءة الليلية الفضائية، Estimating Saudi Arabia's Regional GDP Using Satellite Nighttime Light Images. وتناولت الدراسة إمكانية استخدام صور الإضاءة الليلية في تقدير التوزيع الإقليمي للناتج المحلي الإجمالي داخل المملكة العربية السعودية. وتوصلت إلى أن بيانات الإضاءة الليلية يمكن أن تسهم في تمثيل النشاط الاقتصادي مكانيًا ودعم فهم الفروق بين المناطق. وتفيد هذه الدراسة البحث الحالي في ربط الإضاءة الليلية بالنشاط البشري والاقتصادي داخل النطاقات الإدارية، وهو ما يدعم تفسير التغيرات الضوئية في نطاق مركز إمارة حائل.

أجرى الأحمدي وآخرون (Alahmadi et al., 2021) دراسة بعنوان: استخدام بيانات الإضاءة الليلية اليومية لرصد الأنماط المكانية والزمانية لنمط الحياة البشري في ظل جائحة كوفيد-19: حالة المملكة العربية السعودية، Using Daily Nighttime Lights to Monitor Spatiotemporal Patterns of Human Lifestyle under COVID-19: The Case of Saudi Arabia. وركزت الدراسة على استخدام بيانات الإضاءة الليلية اليومية لرصد التغيرات في النشاط البشري داخل المملكة على مستويات مكانية متعددة خلال فترة الجائحة. وتوصلت إلى أن بيانات الإضاءة الليلية قادرة على عكس التغيرات في النشاط البشري والاجتماعي والاقتصادي مكانيًا وزمنيًا. وتفيد هذه الدراسة البحث الحالي في دعم استخدام الإضاءة الليلية لرصد النشاط البشري داخل نطاقات إدارية مختلفة وربطه بالتغير الحضري.

ناقشت دراسة غفور وآخرون (Gafoor et al., 2023) بعنوان: استكشاف العلاقة بين الإضاءة الليلية NPP-VIIRS والبصمة الكربونية والنمو السكاني واستهلاك الطاقة في دولة الإمارات العربية المتحدة، Exploring the Relation between NPP-VIIRS Nighttime Lights and Carbon Footprint, Population Growth, and Energy Consumption in the UAE، العلاقة بين بيانات الإضاءة الليلية ومؤشرات النمو السكاني واستهلاك الطاقة والانبعاثات الكربونية. وتوصلت الدراسة إلى وجود ارتباط واضح بين الإضاءة الليلية والنمو السكاني، إضافة إلى ارتباطها باستهلاك الكهرباء والانبعاثات، مع اختلاف قوة العلاقة بين المدن. وتفيد هذه الدراسة البحث الحالي في توضيح أن الإضاءة الليلية لا تعكس العمران فقط، بل ترتبط أيضًا بمستويات النشاط السكاني والاقتصادي والخدمي.

ركزت دراسة سليمان (Suleiman, 2024) بعنوان: إضاءة النيل: تقدير الناتج المحلي دون الوطني في مصر باستخدام الإضاءة الليلية والتعلم الآلي، Illuminating the Nile: Estimating Subnational GDP in Egypt Using Nighttime Lights and Machine Learning، على توظيف بيانات الإضاءة الليلية وتقنيات التعلم الآلي لتقدير النشاط الاقتصادي على المستوى دون الوطني في مصر. وتوصلت الدراسة إلى أن الإضاءة الليلية يمكن أن تكون مؤشرًا مفيدًا لتقدير النشاط الاقتصادي في حال محدودية البيانات الرسمية المكانية، خاصة عند دمجها مع نماذج تحليلية متقدمة. وتفيد هذه الدراسة البحث الحالي في دعم استخدام الإضاءة الليلية كمؤشر كمي مكاني قابل للتطبيق في تحليل التغيرات الحضرية والاقتصادية.

التعليق على الدراسات السابقة:

يتضح من استعراض الدراسات السابقة أن بيانات الإضاءة الليلية المستمدة من مستشعر VIIRS أصبحت من الأدوات الحديثة المهمة

في تحليل التحضر، واستخراج المناطق العمرانية، ورصد النشاط البشري والاقتصادي. فقد ركزت بعض الدراسات على الجانب المنهجي لاستخراج المناطق الحضرية من بيانات الإضاءة الليلية، مثل دراسة دو وآخرون (Dou et al., 2017)، بينما ركزت دراسات أخرى على جودة بيانات الإضاءة الليلية وطرق معالجتها وتنقيتها من مصادر التشويش، مثل دراستي إلفيدج وآخرون (Elvidge et al., 2017) ورومان وآخرون (Román et al., 2018).

كما أظهرت الدراسات السابقة تنوعًا في توظيف بيانات الإضاءة الليلية؛ إذ استخدمتها بعض الدراسات في تقدير النشاط الاقتصادي، مثل دراسة لوبيز-رويز وآخرون (Lopez-Ruiz et al., 2019) ودراسة سليمان (Suleiman, 2024)، في حين ركزت دراسات أخرى على ربط الإضاءة الليلية بالنشاط البشري والسكان واستهلاك الطاقة، مثل دراسة الأحمدي وآخرون (Alahmadi et al., 2021) ودراسة غفور وآخرون (Gafoor et al., 2023). ويعكس هذا التنوع قدرة بيانات الإضاءة الليلية على تمثيل أبعاد متعددة من التحضر، سواء من حيث الامتداد العمراني أو النشاط البشري أو المؤشرات الاقتصادية.

وتتفق الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة في الاعتماد على بيانات VIIRS بوصفها مؤشرًا مكانيًا وكميًا لرصد التغير الحضري والنشاط البشري، كما تتفق معها في أهمية دمج بيانات الإضاءة الليلية مع نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج خرائط ومؤشرات كمية قابلة للتحليل. إلا أن الدراسة الحالية تختلف في تركيزها على نطاق إداري محلي يتمثل في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة 2015–2025، من خلال الجمع بين التحليل الزمني، وحساب نسب المساحة المضيئة عند عتبات مختلفة، وإنتاج خريطة للتغير المكاني في شدة الإضاءة الليلية.

وبذلك تسد الدراسة الحالية جانبًا تطبيقيًا مهمًا يتمثل في تحليل التغير الحضري على مستوى محلي داخل نطاق إداري يضم مدينة رئيسة ومراكز وتجمعات عمرانية متباينة، بدلًا من الاقتصار على التحليل الوطني أو الإقليمي الواسع. كما تسهم في دعم استخدام بيانات الإضاءة الليلية كأداة مكانية مساندة للتخطيط الحضري، وفهم اتجاهات النمو العمراني، وربطها بمستهدفات التنمية الحضرية وتحسين جودة الحياة ضمن توجهات رؤية المملكة 2030.

3. التحضر والإضاءة الليلية:

1.3. التحضر كظاهرة جغرافية

يُعد التحضر من الظواهر الجغرافية المهمة التي ترتبط بنمو المدن وتغير أنماط السكان والأنشطة واستخدامات الأرض. وقد تناول نوكس ومكارثي (Knox & McCarthy, 2012) التحضر بوصفه عملية مكانية واجتماعية تعكس انتقال المجتمعات نحو أنماط عمرانية أكثر تعقيدًا، وما يصاحب ذلك من تغير في توزيع السكان والخدمات والأنشطة الاقتصادية داخل المدن والمناطق الحضرية.

وبناءً على ذلك، فإن التحضر لا يُفهم فقط من خلال زيادة عدد السكان، بل من خلال ما يرافقه من توسع في العمران، وتطور في البنية التحتية، ونمو في الخدمات، وتغير في استخدامات الأرض. ومن هنا تبرز أهمية دراسة التحضر مكانيًا وزمانيًا، خاصة في النطاقات الإدارية التي تضم مدينة رئيسة ومراكز وتجمعات عمرانية متباينة، كما هو الحال في نطاق مركز إمارة حائل.

2.3. العلاقة بين التحضر والنشاط البشري

يرتبط التحضر بالنشاط البشري ارتباطًا مباشرًا؛ لأن المدن والمراكز العمرانية تمثل مراكز لتجمع السكان والخدمات والأنشطة الاقتصادية. وكلما زاد مستوى النشاط البشري في منطقة معينة، انعكس ذلك غالبًا على شكل توسع عمراني، وارتفاع في كثافة الخدمات، وزيادة في شبكات الطرق والمرافق العامة.

وقد أوضح تقرير التوقعات الحضرية العالمية الصادر عن الأمم المتحدة أن دراسة التحضر تعتمد على تتبع مستويات واتجاهات السكان في المناطق الحضرية والريفية، بما يساعد على فهم التحولات السكانية والمكانية واتجاهات النمو العمراني عبر الزمن

(United Nations, 2018). ويفيد هذا الطرح الدراسة الحالية في النظر إلى التحضر بوصفه ظاهرة مكانية وزمنية يمكن تتبعها من خلال مؤشرات كمية قابلة للمقارنة.

3.3. الإضاءة الليلية كمؤشر حضري

تُعد الإضاءة الليلية من المؤشرات الحديثة التي تُستخدم في قراءة النشاط البشري والحضري بصورة غير مباشرة. وقد أوضح تشينغ وآخرون (Zheng et al., 2023) أن بيانات الإضاءة الليلية أصبحت من المصادر المهمة في التطبيقات الحضرية، نظرًا لقدرتها على تمثيل مدى وكثافة الأنشطة البشرية، واستخدامها في دراسة التحضر والنشاط الاقتصادي والتغيرات المكانية داخل المدن.

وانطلاقًا من ذلك، فإن الإضاءة الليلية لا تقيس التحضر بصورة مباشرة، لكنها تقدم مؤشرًا مكانيًا يساعد في فهم توزيع النشاط العمراني والبشري. فعندما تتسع المساحة المضيئة أو ترتفع شدة الإضاءة خلال فترة زمنية معينة، يمكن أن يعكس ذلك نموًا في النشاط العمراني أو الخدمي أو الاقتصادي، خاصة عند تحليلها ضمن حدود مكانية محددة وربطها بأدوات نظم المعلومات الجغرافية.

4.3. بيانات VIIRS ودقتها في التحليل

تُعد بيانات VIIRS-DNB من المصادر المهمة في رصد الإضاءة الليلية، لما توفره من قدرة على تمثيل مستويات مختلفة من الإضاءة المنبعثة من سطح الأرض ليلًا. وقد أوضح إلفيدج وآخرون (Elvidge et al., 2017) أن بيانات VIIRS تُستخدم في مجالات متعددة مثل الجغرافيا الحضرية، واستخدامات الأرض، والدراسات السكانية والاقتصادية، نظرًا لقدرتها على رصد الإضاءة المرتبطة بالنشاط البشري.

وتفيد هذه الخصائص الدراسة الحالية في الاعتماد على بيانات VIIRS لتحليل التغير في شدة الإضاءة الليلية داخل نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة من 2015 إلى 2025. كما أن استخدام هذه البيانات مع نظم المعلومات الجغرافية يساعد على تحويل قيم الإضاءة إلى خرائط ومؤشرات كمية يمكن من خلالها مقارنة التغيرات بين عامي الدراسة.

5.3. التحليل المكاني للإضاءة الليلية

يعتمد التحليل المكاني للإضاءة الليلية على تحويل قيم السطوع إلى مؤشرات قابلة للقياس والمقارنة. وقد بيّن دو وآخرون (Dou et al., 2017) إمكانية استخدام بيانات VIIRS في استخراج المناطق العمرانية من خلال تطبيق طرق تحليلية وعتبات مختلفة، بما يساعد على تحديد المناطق المضيئة وتمييزها عن المناطق الأقل إضاءة.

وفي الدراسة الحالية، تم توظيف هذا التوجه من خلال تطبيق عتبات إضاءة مختلفة وهي 1 و5 و10، ثم حساب نسبة المساحة المضيئة ومقارنتها بين عامي 2015 و2025. ويساعد هذا الأسلوب في فهم مستويات الإضاءة داخل منطقة الدراسة؛ إذ تكشف العتبات المنخفضة عن مناطق الإضاءة الضعيفة والمتوسطة، بينما تبرز العتبات الأعلى المناطق الأكثر كثافة في النشاط الحضري.

6.3. أهمية الربط بين التحضر والإضاءة الليلية

يساعد الربط بين التحضر والإضاءة الليلية على تقديم قراءة كمية ومكانية للتغير الحضري، بدلًا من الاكتفاء بالوصف العام للتوسع العمراني. فالإضاءة الليلية تعطي مؤشرًا على توزيع النشاط البشري، بينما تساعد نظم المعلومات الجغرافية على تمثيل هذا النشاط وتحليله داخل حدود مكانية محددة.

وبناءً على ذلك، توظف الدراسة الحالية بيانات VIIRS-DNB لتحليل التغير الحضري في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة 2015–2025، من خلال حساب نسب المساحة المضيئة عند عتبات مختلفة، وإنتاج خرائط مقارنة وخريطة تغير. ويسهم ذلك في فهم اتجاهات النمو العمراني وتحديد مناطق النشاط الحضري بصورة مكانية وكمية تدعم التخطيط الحضري وتحسين جودة الحياة.

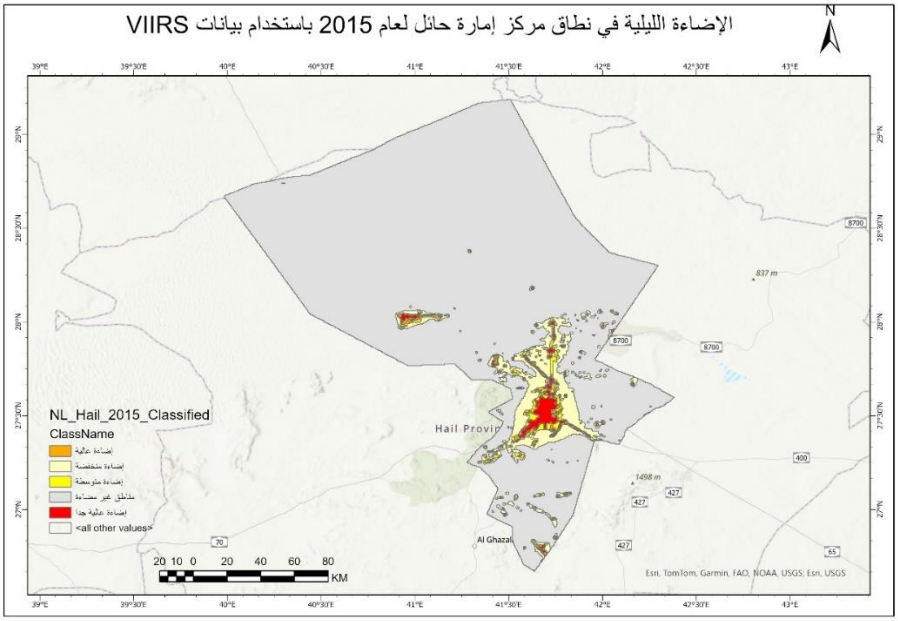
4. تحليل التغير الحضري في نطاق مركز إمارة حائل باستخدام بيانات الإضاءة الليلية VIIRS

يعرض هذا القسم نتائج تحليل بيانات الإضاءة الليلية المستخرجة من مستشعر VIIRS في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة من 2015 إلى 2025، وذلك بهدف قياس التغير الحضري مكانيًا وكميًا داخل حدود منطقة الدراسة. وقد تم الاعتماد على البيانات المعالجة في منصة Google Earth Engine، ثم قصّها وفق حدود منطقة الدراسة، وحساب نسبة المساحة المضيئة وفق عتبات مختلفة للإضاءة، وهي: 1 و5 و10، بما يتوافق مع منهجية الدراسة التي اعتمدت على العتبات وحساب نسبة المساحة المضيئة وخريطة التغير.

كما يركز هذا القسم على مقارنة نتائج عامي 2015 و2025 من خلال عرض الخرائط الناتجة، والجدول الإحصائي، والرسم البياني المقارن. ويساعد هذا التحليل في توضيح مناطق النمو الضوئي ومناطق الإضاءة القائمة، والمناطق ذات التغير غير الملحوظ، وقياس حجم التغير في المساحة المضيئة، وربط ذلك بدلالات التوسع الحضري والنشاط البشري داخل نطاق مركز إمارة حائل.

1.4. التحليل المكاني للإضاءة الليلية

شكل (2): خريطة الإضاءة الليلية في نطاق مركز إمارة حائل لعام 2015 باستخدام بيانات VIIRS



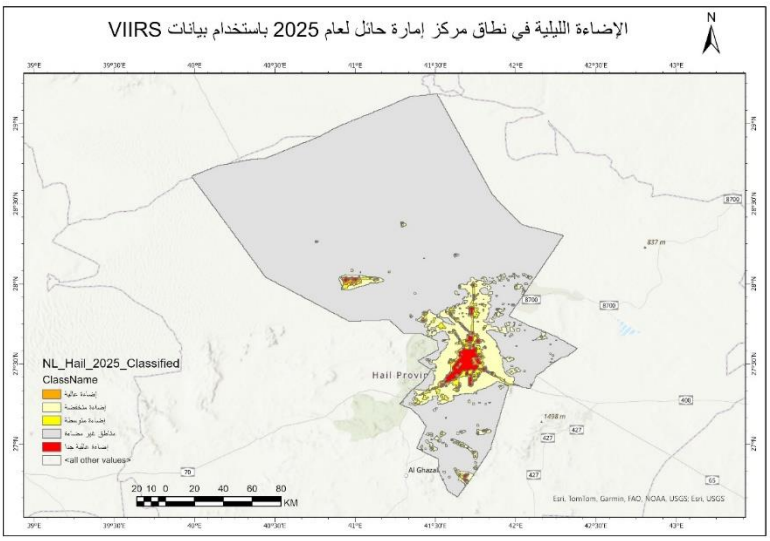
المصدر: إعداد الباحثتين بالاعتماد على بيانات أمانة منطقة حائل وبيانات الإضاءة الليلية المستخرجة عبر منصة Google Earth Engine، 2025م.

توضح خريطة الإضاءة الليلية لعام 2015 التوزيع المكاني لشدة الإضاءة داخل نطاق مركز إمارة حائل، حيث يظهر تركز الإضاءة بشكل واضح في النطاق الحضري المركزي ضمن منطقة الدراسة، مع انخفاض تدريجي في شدة الإضاءة كلما اتجهنا نحو الأطراف. ويعكس هذا النمط تمركز النشاط السكاني والخدمي والاقتصادي في النطاقات الأكثر عمرانًا، بينما تظهر المناطق الطرفية بدرجات إضاءة أقل، مما يدل على أن الامتداد العمراني في ذلك العام كان أكثر تركّزًا في النطاق الحضري المركزي مقارنة بالأطراف.

كما تُظهر الخريطة أن بعض الامتدادات الضوئية تظهر على شكل محاور خطية، وهو ما قد يرتبط بوجود الطرق أو الامتدادات العمرانية المتصلة بالمركز. ويشير ذلك إلى أن الإضاءة الليلية لا تعكس فقط الكثافة السكانية، بل تعكس أيضًا توزيع البنية التحتية والأنشطة الحضرية داخل نطاق الدراسة.

ISSN: 2706-6495

شكل (3): خريطة الإضاءة الليلية في نطاق مركز إمارة حائل لعام 2025 باستخدام بيانات VIIRS

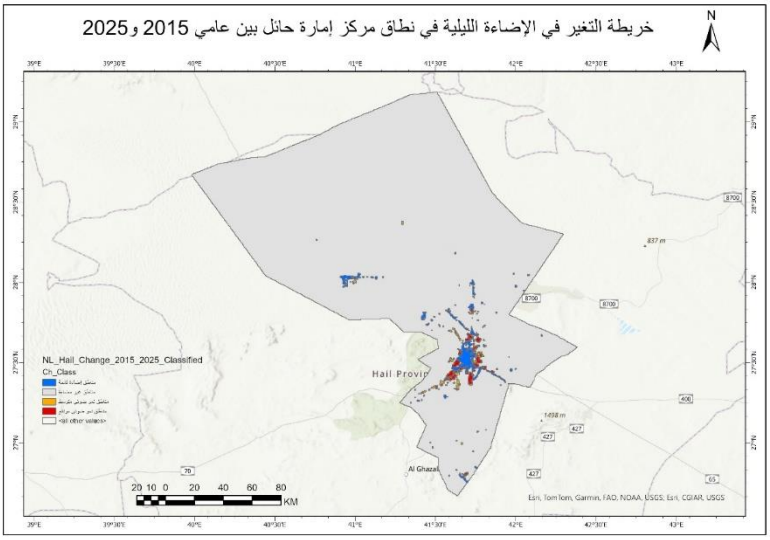


المصدر: إعداد الباحثتين بالاعتماد على بيانات أمانة منطقة حائل وبيانات الإضاءة الليلية المستخرجة عبر منصة Google Earth Engine، 2025م.

تُظهر خريطة الإضاءة الليلية لعام 2025 زيادة في انتشار الإضاءة داخل نطاق مركز إمارة حائل مقارنة بعام 2015، حيث تبدو الإضاءة أكثر امتدادًا في بعض المناطق الطرفية، مع استمرار التركز الأعلى في النطاق الحضري المركزي. ويدل ذلك على حدوث نمو حضري خلال فترة الدراسة، انعكس في زيادة المساحات المضيئة واتساع المجال العمراني.

كما توضح الخريطة أن الإضاءة لم تعد محصورة في النطاق المركزي فقط، بل بدأت تظهر بصورة أوضح في مناطق خارج النطاق الحضري المركزي، مما يشير إلى وجود توسع عمراني تدريجي. ويُفهم من ذلك أن منطقة الدراسة شهدت خلال الفترة 2015–2025 زيادة في النشاط البشري والعمراني، سواء من خلال توسع المناطق السكنية أو تطور الخدمات والبنية التحتية.

شكل (4): خريطة التغير في الإضاءة الليلية في نطاق مركز إمارة حائل بين عامي 2015 و2025



المصدر: إعداد الباحثتين بالاعتماد على بيانات أمانة منطقة حائل وبيانات الإضاءة الليلية المستخرجة عبر منصة Google Earth Engine، 2025م.

تُعد خريطة التغير بين عامي 2015 و2025 من أهم مخرجات التحليل، لأنها توضح مناطق الإضاءة القائمة، ومناطق النمو الضوئي المتوسط والمرتفع، والمناطق غير المضاءة أو ذات التغير غير الملحوظ داخل نطاق مركز إمارة حائل. ومن خلال هذه الخريطة يمكن تحديد المناطق التي شهدت نموًا في النشاط الحضري، وكذلك المناطق التي بقيت ضمن نطاق الإضاءة القائمة أو لم يظهر فيها تغير ضوئي واضح.

وتشير مناطق النمو الضوئي إلى توسع عمراني أو ارتفاع في مستوى النشاط البشري، بينما تعكس المناطق ذات التغير غير الملحوظ استقرارًا نسبيًا في الأنشطة القائمة أو غيابًا واضحًا للإضاءة. كما أن ظهور النمو الضوئي في بعض الأطراف يدل على أن التغير الحضري لم يكن مقتصرًا على النطاق المركزي فقط، بل امتد نحو مناطق جديدة داخل حدود منطقة الدراسة. ويؤكد ذلك أهمية استخدام خريطة التغير في فهم اتجاهات النمو العمراني، لأنها تقدم قراءة مكانية أوضح من الاعتماد على الأرقام فقط.

2.4. التحليل الكمي للمساحة المضيئة

اعتمد التحليل الكمي على حساب نسبة المساحة المضيئة داخل نطاق مركز إمارة حائل عند ثلاث عتبات مختلفة للإضاءة، وهي 1 و5 و10. ويهدف استخدام هذه العتبات إلى فهم مستويات الإضاءة المختلفة داخل منطقة الدراسة، حيث تساعد العتبة المنخفضة على رصد الإضاءة الضعيفة والمتوسطة، بينما تبرز العتبات الأعلى المناطق الأكثر كثافة في الإضاءة والنشاط الحضري.

ويوضح الجدول الآتي نسبة المساحة المضيئة في نطاق مركز إمارة حائل لعامي 2015 و2025، إضافة إلى مقدار التغير ونسبة التغير بين العامين.

جدول رقم (1): يوضح نسبة المساحة المضيئة في نطاق مركز إمارة حائل حسب عتبات الإضاءة لعامي 2015 و2025

عتبة الإضاءة	المساحة المضيئة 2015 (%)	المساحة المضيئة 2025 (%)	مقدار التغير	نسبة التغير (%)
1	9.115	12.151	3.036	33.3
5	3.345	3.683	0.338	10.1
10	2.253	2.418	0.165	7.3

المصدر: إعداد الباحثتين بالاعتماد على بيانات الإضاءة الليلية المستخرجة عبر منصة Google Earth Engine، 2025م.

يوضح الجدول رقم (1) وجود زيادة في نسبة المساحة المضيئة داخل نطاق مركز إمارة حائل بين عامي 2015 و2025 عند جميع عتبات الإضاءة. فقد ارتفعت نسبة المساحة المضيئة عند العتبة 1 من 9.115% عام 2015 إلى 12.151% عام 2025، بمقدار تغير بلغ 3.036 نقطة مئوية، وبنسبة تغير وصلت إلى نحو 33.3%. وتُعد هذه الزيادة هي الأعلى بين العتبات، مما يدل على أن التغير الأكبر ظهر في نطاق الإضاءة المنخفضة أو المتوسطة، وهي غالبًا تمثل مناطق الأطراف أو مناطق النمو الحضري الجديد.

أما عند العتبة 5، فقد ارتفعت نسبة المساحة المضيئة من 3.345% عام 2015 إلى 3.683% عام 2025، بنسبة تغير بلغت نحو 10.1%. ويشير ذلك إلى وجود زيادة محدودة في المناطق ذات الإضاءة المتوسطة. كما ارتفعت النسبة عند العتبة 10 من 2.253% إلى 2.418%، بنسبة تغير بلغت نحو 7.3%، وهي أقل نسبة تغير بين العتبات. ويدل ذلك على أن المناطق عالية الإضاءة شهدت تغيرًا محدودًا نسبيًا مقارنة بالمناطق ذات الإضاءة المنخفضة.

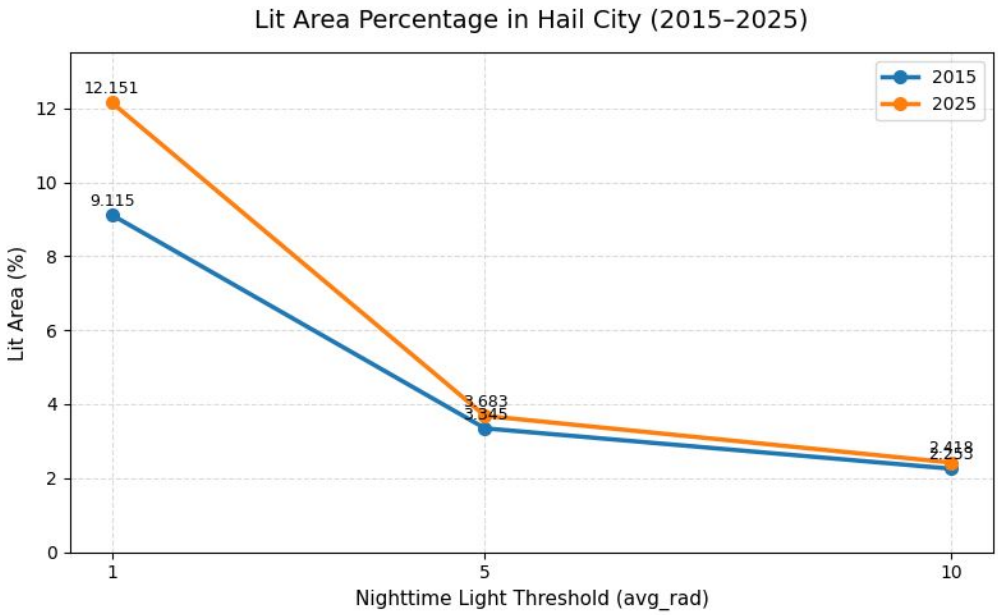
ISSN: 2706-6495

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن التوسع الحضري في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة 2015–2025 كان أكثر وضوحًا في المناطق الطرفية أو مناطق النمو الحديثة، بينما بقيت المناطق ذات الإضاءة العالية أكثر استقرارًا نسبيًا.

3.4. التمثيل البياني لمؤشرات الإضاءة الليلية

يعرض الرسم البياني مقارنة بين نسبة المساحة المضيئة في نطاق مركز إمارة حائل لعامي 2015 و2025 حسب عتبات الإضاءة 1 و5 و10. ويساعد هذا التمثيل البياني في توضيح الفروق بين العامين بصورة بصرية مباشرة، كما يسهل مقارنة حجم التغير عند كل عتبة.

شكل رقم (5): مقارنة نسبة المساحة المضيئة في نطاق مركز إمارة حائل بين عامي 2015 و2025 حسب عتبات الإضاءة



المصدر: إعداد الباحثتين بالاعتماد على بيانات الإضاءة الليلية المستخرجة عبر منصة Google Earth Engine، 2025م.

يوضح الشكل رقم (5) ارتفاع نسبة المساحة المضيئة في عام 2025 مقارنة بعام 2015 عند جميع عتبات الإضاءة. ويظهر الفرق بشكل أوضح عند العتبة 1، حيث ارتفعت النسبة من 9.115% إلى 12.151%، مما يعكس توسعًا واضحًا في نطاق الإضاءة الضعيفة والمتوسطة. أما عند العتبتين 5 و10، فقد كان الارتفاع أقل، مما يدل على أن المناطق ذات الإضاءة المرتفعة شهدت تغيرًا محدودًا مقارنة بالمناطق الطرفية أو منخفضة الإضاءة.

ويؤكد الرسم البياني أن الزيادة في الإضاءة لم تكن متساوية عند جميع المستويات، بل كانت أكثر وضوحًا في العتبة الأقل، وهو ما يدعم تفسير أن التوسع الحضري في نطاق مركز إمارة حائل اتجه بصورة أكبر نحو الأطراف والمناطق الجديدة، بينما بقي النطاق الحضري المركزي أكثر استقرارًا من حيث شدة الإضاءة العالية.

4.4. مناقشة نتائج التحليل:

أظهرت نتائج التحليل المكاني والكمي أن نطاق مركز إمارة حائل شهد تغيرًا واضحًا في نمط الإضاءة الليلية خلال الفترة من 2015 إلى 2025. فقد بينت الخرائط زيادة في انتشار الإضاءة داخل نطاق الدراسة، خاصة في بعض المناطق الطرفية، بينما أوضحت النتائج الكمية ارتفاع نسبة المساحة المضيئة عند جميع العتبات المستخدمة.

وتشير الزيادة الأكبر عند العتبة 1 إلى أن التغير الحضري كان أكثر وضوحًا في المناطق ذات الإضاءة الضعيفة أو المتوسطة، وهو ما يمكن تفسيره بامتداد العمران نحو الأطراف أو ظهور مناطق نشاط جديدة. أما الزيادة الأقل عند العتبات الأعلى فتدل على أن المناطق ذات الكثافة الضوئية العالية، والتي غالبًا تمثل النطاق الحضري المركزي أو المناطق الأكثر نشاطًا، شهدت نموًا محدودًا نسبيًا مقارنة بالأطراف.

وتوضح هذه النتائج أن التغير الحضري في نطاق مركز إمارة حائل لم يكن مقتصرًا على زيادة الكثافة داخل النطاق المركزي فقط، بل شمل أيضًا توسعًا مكانيًا نحو مناطق جديدة. وبذلك تعكس بيانات VIIRS قدرة واضحة على رصد ديناميكية التحضر، خاصة عند استخدامها مع أدوات نظم المعلومات الجغرافية والتحليل الزمني.

كما أن الدمج بين الخرائط والجدول والرسم البياني ساعد على تقديم صورة متكاملة للتغير الحضري؛ فالخرائط أوضحت النمط المكاني للتغير، والجدول قدم القيم الرقمية، بينما ساعد الرسم البياني في إبراز الفروق بين عامي الدراسة. وهذا يعزز من موثوقية التحليل ويدعم استخدام الإضاءة الليلية كمؤشر كمي ومكاني مساعد للتغير الحضري.

5. النتائج:

توصلت الدراسة إلى أن بيانات الإضاءة الليلية VIIRS تمثل مؤشرًا كميا ومكانيا مساعد لرصد التغير الحضري في نطاق مركز إمارة حائل خلال الفترة 2015–2025، حيث أظهرت الخرائط والنتائج الكمية وجود زيادة واضحة في انتشار الإضاءة داخل نطاق الدراسة.

كما أظهرت النتائج ارتفاع نسبة المساحة المضيئة عند العتبة 1 من 9.115% عام 2015 إلى 12.151% عام 2025، بنسبة تغير بلغت نحو 33.3%، وهي أعلى نسبة تغير بين العتبات المستخدمة. ويدل ذلك على وجود توسع حضري ملحوظ في المناطق ذات الإضاءة المنخفضة أو المتوسطة.

وأوضحت النتائج أن نسبة المساحة المضيئة عند العتبة 5 ارتفعت من 3.345% إلى 3.683%، بينما ارتفعت عند العتبة 10 من 2.253% إلى 2.418%. وتشير هذه القيم إلى أن المناطق ذات الإضاءة المتوسطة والعالية شهدت زيادة، لكنها كانت أقل وضوحًا مقارنة بالعتبة المنخفضة.

كما بينت الخرائط أن الإضاءة الليلية ظلت متركزة في النطاق الحضري المركزي ضمن منطقة الدراسة، مع امتدادها بشكل أكبر نحو بعض الأطراف في عام 2025. ويعكس ذلك نمطًا من التغير الحضري يجمع بين استمرار مركزية النشاط في المناطق الأكثر عمرانًا وظهور توسع عمراني في الأطراف.

وتؤكد النتائج أن استخدام العتبات المختلفة ساعد على فهم مستويات التغير الحضري بصورة أدق، حيث كشفت العتبات المنخفضة عن مناطق التوسع الجديدة، بينما أبرزت العتبات المرتفعة المناطق الأكثر كثافة في النشاط الحضري.

6. التوصيات:

بناءً على نتائج الدراسة، توصي بضرورة التوسع في استخدام بيانات الإضاءة الليلية VIIRS في دراسات التحضر والتوسع العمراني، نظرًا لقدرتها على تقديم مؤشرات كمية ومكانية تساعد في رصد النمو العمراني ومتابعة تغيراته عبر الزمن.

كما توصي الدراسة باستخدام بيانات الإضاءة الليلية كأداة مساندة في التخطيط الحضري في نطاق مركز إمارة حائل، خاصة في تحديد مناطق التوسع العمراني ومراقبة النمو في الأطراف، بما يساعد في توجيه الخدمات والبنية التحتية نحو المناطق التي تشهد نموًا متزايدًا.

وتوصي الدراسة بدمج نتائج الإضاءة الليلية مع بيانات مكانية أخرى، مثل استخدامات الأراضي، والكثافة السكانية، وشبكات الطرق، وذلك للحصول على تفسير أكثر شمولًا لأنماط التحضر داخل نطاق الدراسة.

كما يُوصى بإجراء دراسات مستقبلية تعتمد على سلسلة زمنية أطول أو بيانات سنوية متتابعة، بدلًا من المقارنة بين سنتين فقط، وذلك لفهم مراحل النمو الحضري واتجاهاته بدقة أكبر.

وتؤكد الدراسة أهمية الاستفادة من منصات التحليل السحابي مثل Google Earth Engine، لما توفره من إمكانات كبيرة في معالجة البيانات الفضائية وتحليلها بسرعة ودقة، بما يدعم الدراسات الجغرافية التطبيقية والتخطيط الحضري المستدام.

7. المراجع:

1.7. المراجع العربية:

أمانة منطقة حائل. (2025). بيانات مكانية لنطاق مركز إمارة حائل والطبقات الإدارية المرتبطة بها [بيانات غير منشورة مقدمة للباحثة]. أمانة منطقة حائل، حائل، المملكة العربية السعودية.

2.7. المراجع الأجنبية:

Alahmadi, M., Mansour, S., Martin, D., & Atkinson, P. M. (2021). Using daily nighttime lights to monitor spatiotemporal patterns of human lifestyle under COVID-19: The case of Saudi Arabia. Remote Sensing, 13(22), Article 4633.

https://doi.org/10.3390/rs13224633

Dou, Y., Liu, Z., He, C., & Yue, H. (2017). Urban land extraction using VIIRS nighttime light data: An evaluation of three popular methods. Remote Sensing, 9(2), Article 175. https://doi.org/10.3390/rs9020175

Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Zhizhin, M., Hsu, F.-C., & Ghosh, T. (2017). VIIRS night-time lights. International Journal of Remote Sensing, 38(21), 5860–5879. https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1342050

Gafoor, F. A., Cho, C. S., & Al Shehhi, M. R. (2023). Exploring the relation between NPP-VIIRS nighttime lights and carbon footprint, population growth, and energy consumption in the UAE. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.06366

Government of Saudi Arabia. (2016). Saudi Vision 2030. Retrieved from https://www.vision2030.gov.sa/media/rc0b5oy1/saudi_vision203.pdf

Knox, P. L., & McCarthy, L. (2012). Urbanization: An introduction to urban geography (3rd ed.). Pearson.

Lopez-Ruiz, H. G., Blazquez, J., & Hasanov, F. (2019). Estimating Saudi Arabia's regional GDP using satellite nighttime light images. King Abdullah Petroleum Studies and Research Center. https://doi.org/10.30573/KS–2019-DP80

Román, M. O., Wang, Z., Shrestha, R., Yao, T., Kalb, V. L., Ferreira, A., Molthan, A., Schultz, L., Bell, J., Stokes, E. C., Pandey, B., Seto, K. C., Hall, D. K., Oda, T., Wolfe, R. E., Lin, G., Golpayegani, N., Devadiga, S., Davidson, C. E., … Masuoka, E. J. (2018). NASA's Black Marble nighttime lights product suite. Remote Sensing of Environment, 210, 113–143. https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.017

Suleiman, H. (2024). Illuminating the Nile: Estimating subnational GDP in Egypt using nighttime lights and machine learning. GeoJournal, 89, Article 117. https://doi.org/10.1007/s10708-024-11106-6

United Nations. (2018). World urbanization prospects: The 2018 revision. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

Zheng, Q., Weng, Q., & Wang, K. (2023). Nighttime light remote sensing for urban applications. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 202, 125–146. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.07.001

جميع الحقوق محفوظة © 2026، الباحثة/ هدى بنت عبدالعزيز الشمري، الأستاذ الدكتور/ أحمد بن محمد البسام، المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي (CC BY NC)

Doi: https://doi.org/10.52132/Ajrsp/v8.86.6