

التحليل المكاني لتوزيع مشاريع التشجير في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

اعداد

د /هدى صالح العواجي

أستاذ الجغرافيا الحيوية المشارك

قسم الجغرافيا والاستدامة البيئية، كلية العلوم الانسانية والاجتماعية،

جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن سابقا، الرمز البريدي ٣١٧٣ ، المملكة العربية السعودية، البريد

الإلكتروني: 5hsalawaji@gmail.com

المستخلص:

هدفت الدراسة إلى اشتقاق الغطاء النباتي في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد حيث اعتمدت الدراسة على مرئية القمر الصناعي الأوربي (SENTINEL-2A) بدقة مكانية ١٠م، ملتقطة بشهر سبتمبر ٢٠٢٣، وتحليل توزيع مشاريع التشجير مكانياً.

وتدرجت منهجية الدراسة من جمع المرئيات الفضائية ومعالجتها واشتقاق اغطية الأرض من خلال التصنيف الموجه للمرئية (Supervised classification)، والغطاء النباتي باستخدام مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI)، وبالاعتماد على الخلايا النباتية المستخلصة بهذا المؤشر من بيانات الاستشعار عن بعد استخدمت الدراسة عدة دوال رياضية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية لتحليل توزيع مشاريع التشجير في مدينة الرياض.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن إجمالي مساحة الغطاء النباتي في مدينة الرياض؛ بعتبة لمؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة ٠,٢ نحو ٤٦,٦٨ كم^٢، بنسبة ٠,٩ من إجمالي مساحة مدينة الرياض، وتتباين مساحة تغطية النبات من بلدية إلى أخرى حيث بلغت أعلى نسبة تغطية نباتية في بلدية الدرعية ٩,٥٧ كم^٢، بنسبة ٢٠,٥% من إجمالي المساحة الخضراء، وأقلها في بلدية النسيم بمساحة ٠,٣٣ كم^٢، بنسبة ٠,٧١% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وأكدت نتائج التحليل المكاني لتوزيع مشاريع التشجير في المدينة انها تأخذ النمط عنقودي في توزيعها، ويتصف نمط توزيع مشاريع التشجير بأنه غير منتظم، ومما يؤكد ذلك بلغ عدد الخلايا التي تقع حول المركز المتوسط على انحراف معياري واحد ٢٨٧٠٤٠ خلية نباتية بنسبة ٦١,٥%، ويقع متوسط ووسيط توزيعها ببلديتي المعذر والديرة.

الكلمات المفتاحية:

التحليل المكاني، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، التشجير، الرياض.



Dr. / Hoda Saleh AL-awaji

Associate Professor of Biogeography, Department of Geography and Environmental Sustainability, College of Humanities and Princess Bint Abdulrahman University, Postal ,Social Sciences Code 3173, Kingdom of Saudi Arabia, Email: 5hsalawaji@gmail.com

Summary:

The study aimed to derive vegetation cover in the city of Riyadh in the kingdom of Saudi Arabia using remote sensing data. The study relied on the European satellite (SENTINEL-2A) with a spatial resolution of 10 m, taken in September 2023, and analyzed the distribution of afforestation projects spatially. The study's methodology included collecting satellite images, processing them, deriving land covers through supervised classification, and vegetation using the modified Soil Vegetation Index (SAVI), and relying on plant cells extracted with this index from remote sensing data. The study used several mathematical functions. Within the geographic information systems environment to analyze the distribution of afforestation projects in the city of Riyadh. The results of the study concluded that the total area of vegetation in the city of Riyadh: With a threshold for the modified soil vegetation index of 0.2, about 46.68 km², a percentage of 0.9 of the total area of the city of Riyadh, and the plant coverage area varies from one municipality to another, as the highest percentage of vegetation coverage in the municipality of Diriyah reached 9.57 km², a percentage of 20.5% of the total green area. The smallest is in the municipality of Al-Naseem, with an area of 0.33 km², at a rate of 0.71% of the total green area in the city. The results of the spatial analysis of the distribution of afforestation projects in the city confirmed that it takes a cluster pattern in its distribution, and the pattern of distribution of afforestation projects is characterized as irregular, and what confirms this is the number of cells that Around the mean center with one standard deviation are 287,040 plant cells, representing 61.5%, and the mean and median of its distribution are located in the municipalities of Al-Ma'athar and Al-Deira.

Key Words : Spatial analysis, geographic information systems, remote sensing, afforestation, Riyadh.

تعتبر المساحات الخضراء في الشوارع الحضرية (أشجار وشجيرات ومروج) منذ فترة طويلة وغيرها من أشكال الغطاء النباتي عناصر مهمة لتصميم المناظر الطبيعية في البيئات الحضرية (Wolf, 2005, p.397). وتوفر المساحات الخضراء في الشوارع فوائد متعددة، وتحقق أهداف متنوعة (Roy et al, 2012, p.352).

ومن الوظائف المفيدة للمساحات الخضراء في البيئات الحضرية حبس الكربون وإنتاج الأكسجين وامتصاص الملوثات المحمولة جواً (Jim and Chen, 2008, p.665). والحد من تلوث الضوضاء (Onishi et al, 2010, p. 323).

وبذلك هناك تنامي متزايد على أن الأنظمة البيئية متعددة الوظائف جزء لا يتجزأ من استدامة المدن، لذا فإن صانعي القرار والمخططين على حد سواء يتطلعون إلى ان تشجير المناطق الحضرية أساس توفر البنية التحتية والخدمات الطبيعية للحد من تلوث الهواء، ودعم التنوع البيولوجي، وتخفيف تأثير الجزر الحرارية، وارتفاع سعر الأرض (Seiferling, et al, 2017, p.94).

وتساهم المساحات الخضراء في المدن مساهمة مهمة في جاذبية السكن، وعادةً ما يؤدي وجود الغطاء النباتي إلى زيادة تقييم الناس للمشاهد الحضرية الجمالية. (Cervantes et al, 2014, p. 761).

وعلى الرغم من ان دراسة التشجير أمر مهم لرصد تغير اغطية الأرض، وموضوع رئيس في إجراءات التنمية المستدامة من حيث تغير المناخ ورصد خدمات النظام البيئي، وسياسات التخطيط. تلعب عمليات التشجير دور مهم في تحسين المناظر الطبيعية، وتوفير عدد من خدمات النظام البيئي كالتحكم في عناصر المناخ، والحفاظ على التنوع البيولوجي، وإزالة التلوث البيئي، وتنظيم الدورة الهيدرولوجية (Spadoni et al. 2020, p. 107).

وعلى الرغم من تطرق دراسات كثيرة لتغيرات الغابات، إلا أن قليل من هذه الدراسات ركزت على موضوع التشجير، ولا توجد دراسات سابقة تقريباً استغلت بيانات الاستشعار في دراسة التشجير بصورة مباشرة (Cavalli, et al, 2023, p.220).

ينظر إلى التشجير على أنه وسيلة للمساعدة في حماية البيئة، على الرغم من أنه لا يصلح كل مشكلات البيئة المهمة، إلا أنه يستخدم كأحد الأدوات العديدة للتخفيف من الآثار الضارة للتحديات البيئية، لذلك أجريت كثير من الدراسات تحت عنوان دراسة التشجير. وأكدت هذه الدراسات على أن العديد من المشاكل البيئية الحالية للتحضر والتصنيع يمكن التقليل من أثارها السلبية من خلال زيادة مساحة التشجير المستدام، لأن التشجير امر اساسي في استدامة الاستقرار البيئي الذي يؤثر بشكل إيجابي على نمو السكان والأمن الغذائي ونوعية الحياة (Kalu et al, 2014, p.55).

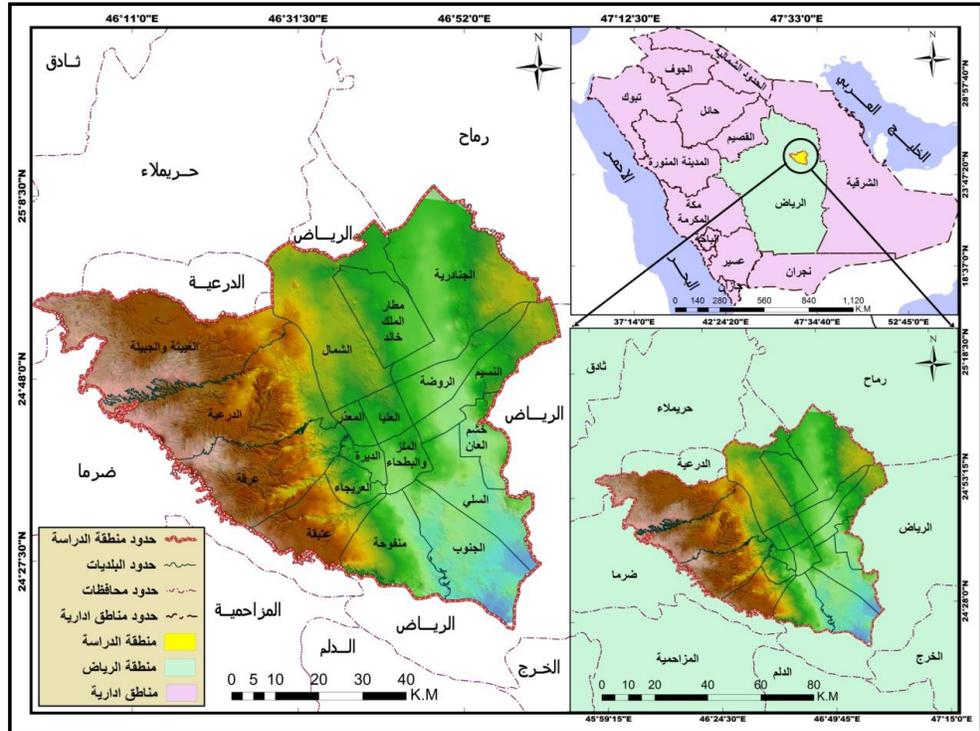
وبالتالي فإن الحفاظ على البيئة بصورة عامة تعد من الأمور الحيوية في تحقيق التنمية المستدامة الاجتماعية والثقافية والاقتصادية من خلال تشجير المناطق التي تعاني من التدهور، وتقييم حالة المناظر الطبيعية، ويتم مراقبة التشجير باستخدام بيانات الاستشعار على نطاق واسع لتوفير وسيلة فعالة من حيث التكلفة. وتعد مؤشرات الفروق الطبيعية للغطاء النباتي مفيدة جداً، لذلك يمكن استخدامها في دراسة التشجير في مناطق محددة (Elhag, 2010, p. 12).

وتعد المرئيات الفضائية مهمة في كشف تغير اغطية الأرض بما في ذلك تغير مناطق التشجير، ويتم تقييم تغير الغطاء الشجري في نهاية المطاف من خلال تطبيق تقنية الاستشعار عن بعد (Zeng et al, 2020, p.2).

وبذلك فقد اعتمدت هذه الدراسة على استخلاص الغطاء النباتي في مدينة الرياض باستخدام المؤشر الطيفي للنبات (SAVI) من بيانات الاستشعار عن بعد للقمر الصناعي (SENTINEL-2A)، ومن ثم التحقق من نمط توزيع مشاريع التشجير في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في التحليل المكاني لتوزيعها.

منطقة الدراسة:

تقع مدينة الرياض مكانياً شكل رقم (١) ضمن منطقة الرياض الادارية وسط المملكة العربية السعودية، وتقع فلكياً بين دائرتي عرض ٣٠°: ١٨': ٢٥٥: ٠٨': ١٥" - ٢٤٥ شمالاً، وخطي طول ٢٠°: ٠٠': ٤٧٥: ٣': ٢٠" - ٤٦٥ شرقاً، وتضم المدينة ١٨ بلدية، و ٢٠٨ حي سكني، وتبلغ مساحة المدينة ٥١٤٤,٨٥ كم٢.



شكل رقم (١) موقع مدينة الرياض

المصدر: الباحثة بالاعتماد على طبقات رقمية بصيغة (Shapfiles) للمناطق الادارية والمحافظات والبلديات ونموذج ارتفاع رقمي دقة مكانية ١٢ م.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تناول التحليل المكاني لتوزيع مشاريع التشجير في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية، والتي يمكن تحقيقها من خلال الأهداف التالية:

- ١) اشتقاق الغطاء النباتي من مرئيات القمر الصناعي (SENTINEL-2A) لتحديد مناطق التشجير في مدينة الرياض عام ٢٠٢٣.
- ٢) التحليل المكاني لتوزيع مشاريع التشجير في مدينة الرياض باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

منهجية الدراسة:

يعتبر الغطاء الشجري الحضري مؤشر للجودة الحضرية، ويقاس باستخدام عدة طرق منها حساب نسبة المساحة الخضراء الى إجمالي مساحة الأرض في المدن، وتعتمد أساليب قياس الغطاء الشجري الحضري اما على معالجة بيانات الاستشعار عن بعد (مرئيات الأقمار الصناعية والصور الجوية أو اللايدر؛ أو على بيانات المسح الميداني (Seiferling, et al, 2017, p.94).

ولتحقيق اهداف الدراسة اتبعت الدراسة منهج التحليل المكاني القائم على التقنيات الجيومكانية الحديثة لبيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وذلك من خلال اتباع الخطوات الآتية:



(١) الحصول على أحدث مرئيات فضائية لمدينة الرياض لاشتقاق الغطاء النباتي وتحديد مشاريع التشجير بناء على أحدث البيانات الجيومكانية، حيث تم الحصول على مرئيات القمر الصناعي الاوربي (SENTINEL-2A) من موقع المساحة الجيولوجية الأمريكية، وبالتالي تم الحصول على ملفين تم فتح الضغط عليهما لنحصل على نطاقات كل مرئية.

جدول (١) بيانات مرئيات لاندسات المستخدمة في البحث

العدد	المرئية	التاريخ	Clo ud Cov er	ID	Map Proje ction	UTM Zon e
١	SENTINEL -2A	٢٠٢/٠٩/٧ ٣	0.00	L1C_T38RPN_ A037655_2023 0907T073159	UTM	38N
٢	SENTINEL -2A	٢٠٢/٠٩/٧ ٣	0.00	L1C_T38RNN_ A037655_2023 0907T073159	UTM	38N

(٢) رابط USGS المصدر: موقع الماسح الجيولوجي الامريكي)
(<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

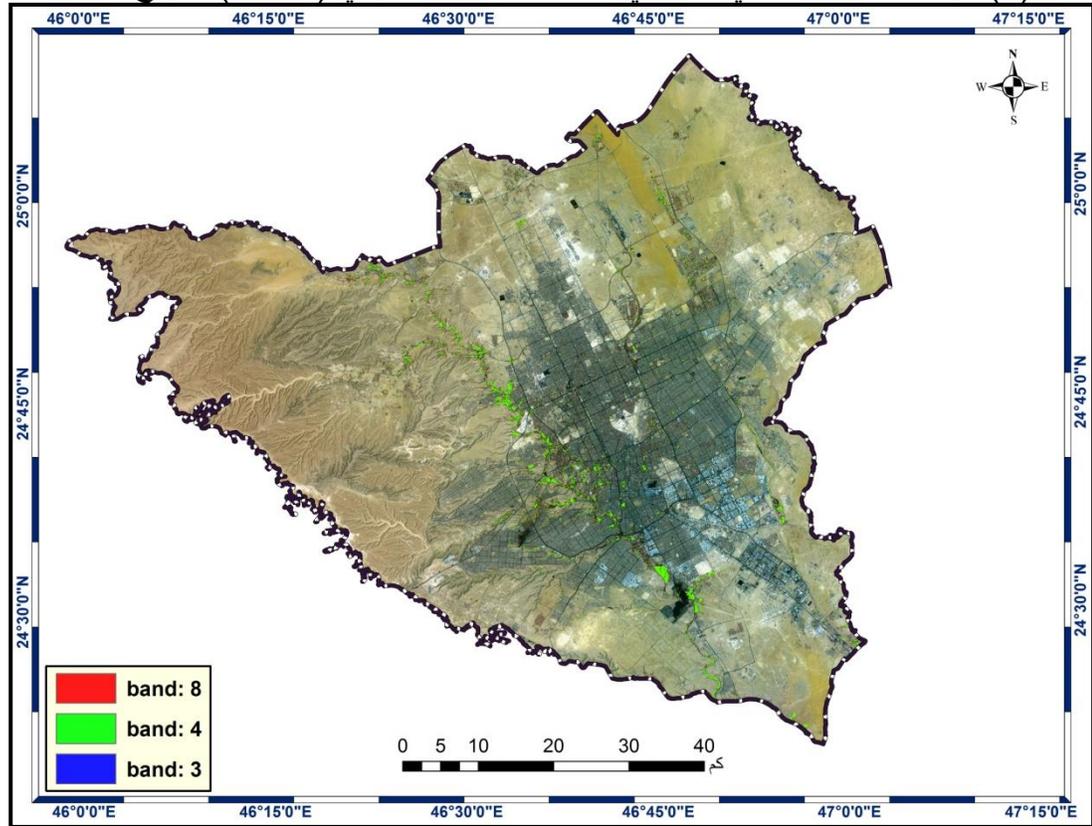
(٣) التصحيح الراديومتري (Radiometric) للمرئيات الفضائية، وتم استخدام اداتي (Autonomous Atmospheric Correction, Noise Reduction) ببرنامج (Erdas Imagine).

(٤) دمج نطاقات المرئيات باستخدام اداة (layer Stack) لنحصل على اثنا عشر نطاق من كل مرئية في البرنامج السابق نفسه.

(٥) عمل موزاييك لمرئيات (Sentinel 2A) باستخدام اداة (Mosaic Pro) بالبرنامج السابق نفسه وذلك بسبب اشتراك مرئيتين في تغطية المنطقة.

(٦) بعد القيام بالمعالجة التحضيرية وعمل موزاييك لمرئيتي (Sentinel 2A) تم استخدام اداة (Create subset image) في البرنامج السابق نفسه للاقتطاع على حدود منطقة الدراسة شكل (٢).

شكل (٢) مرئية القمر الصناعي الصناعي الاوربي سينتال ٢ بتركيب لوني (3-4-8) بتاريخ ٧ - ٩ - ٢٠٢٣



المصدر: الباحثة بالاعتماد على برنامجي (Erdas Imagine, Arc Map).

٦) اشتقاق طبقة الغطاء الارضي لمدينة الرياض واعتمدت الدراسة على إدارة التصنيف الموجة (Supervised classification) ببرنامج (Erdas Imaging 14) لتصنيف مرئيات القمر الصناعي (SENTINEL-2A) عام ٢٠٢٣، حيث تم استخراج السمات الطيفية لبعض أغشية الأرض كالعمران والرواسب والصخور والغطاء النباتي ومجري الأودية المعروف من المرئية، ومن ثم تصنيف كل بكسل في المرئية بأكملها على أنه ينتمي لكل غطاء ارضي اعتماداً على مدى قرب ميزاته الطيفية من الميزات الطيفية للمناطق المعروفة.

٧) اشتقاق طبقة الغطاء النباتي من المرئيات الفضائية باستخدام مؤشر النبات المعدل للتربة (Soil-adjusted Vegetation Index) الذي يعد انجح من مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي في الفصل بين النبات والتربة وبالتالي في تحديد مناطق التغطية النباتية في المناطق الجافة من بيانات الاستشعار عن بعد متعددة الأطياف ويحسب مؤشر (SAVI) بالمعادلة:

$$SAVI = \frac{(Nir - Red)}{(Nir + Red + 0.5)} * (1 + 0.5). (Huete, 1988, P. 297).$$

حيث (Nir) نطاق الاشعة تحت الحمراء القريبة (٨٣٢,٩ - ٨٦٣,٩) ميكرومتر، وتتمثل بالنطاق الثامن من مرئيات (SENTINEL-2A)، (Red) نطاق الاشعة الحمراء (٦٦٤,٩ - ٧٠٣,٧) ميكرومتر، وتساوي النطاق الرابع من مرئيات (SENTINEL-2A)، وتتراوح قيمة هذا المؤشر بين (١-١)، وتشير القيم السالبة الى المناطق العارية وتلك التي تفتقر للغطاء النباتي، وكلما اقتربت القيم عن الواحد الصحيح زادت كثافة واخضرار الغطاء النباتي.

- ٨) استخدام حاسبة برنامج (Raster Calculator in Arc Map 10.5) لاشتقاق طبقة الغطاء النباتي من الطبقة السابقة الناتجة عن مؤشر (SAVI) عند عتبة ٠,٢.
- ٩) تحديد مواقع التشجير في مدينة الرياض شهر سبتمبر ٢٠٢٣ من خلال القيام بتحويل طبقة الغطاء النباتي المستخلصة في الخطوة السابقة من صيغة (Raster) الى (Shapfile Points)، وتم ذلك باستخدام اداة (Raster To Points) في برنامج (Arc Map 10.5).
- ١٠) استخدام ادوات التحليل الاحصائي الكمي كالمركز المتوسط والفعلي والمسافة المعيارية واتجاه التوزيع والجار الاقرب ضمن ايقونة (Special Statistic Tools) في البرنامج السابق نفسه في القيام بالتحليل المكاني لنمط توزيع مشاريع التشجير في المدينة، وذلك لتحديد نمط توزيع مشاريع التشجير في المدينة عام ٢٠٢٣.
- ١١) استخدام برنامج التحليل الاحصائي (Spss) في حساب العلاقات المكانية بين مشاريع التشجير وإجمالي مساحات بلديات المدينة وتركزات العمران الحضري.

الدراسات السابقة:

قاس (Pedersen, 2008) فوائد مشاريع التشجير باستخدام منهج تقييم اقتصادي مكاني قائم على نظم المعلومات الجغرافية، وقامت هذه الدراسة بتحليل ثلاث مناطق للتشجير في الدنمارك من خلال تقييم متعة السكان، وتوصلت نتائج الدراسة الى التأثير الإيجابي للقرب من مناطق التشجير على أسعار الارض والمسكن الموجودة في دراسات سابقة في الدنمارك، فضلا عن تأثير المسافة من مواقع التشجير على الاستمتاع بالمناظر الطبيعية.

وطبق (Eslami, et al, 2010) نظم المعلومات الجغرافية في اختيار الأنواع المناسبة للتشجير في منطقة شمروود محافظة جيلان، جنوب بحر قزوين إيران باستخدام نظام المعلومات الجغرافية وطريقة التسلسل الهرمي التحليلي، وكان الهدف من ذلك هو التحقق من المتطلبات البيئية لـ ١٦ نوع شجري، وحدد الدراسة الظروف البيئية كالارتفاع والانحدار والمناخ والتربة، لاستخلص نموذج الخريطة النهائي للتشجير باستخدام العلاقات الرياضية والنماذج البيئية المدمجة لكل نوع من انواع الأشجار، وأكدت النتائج اختلاف مظاهر النظام البيئي لكل نوع.

وقيم (Li, et al, 2015) المساحات الخضراء الحضرية باستخدام مرئيات (Google Street View) ومؤشر الرؤية الاخضرار المعدل في منطقة ايست فيليدج مقاطعة مانهاتن مدينة نيويورك، وعدلت الدراسة صيغة قائمة مؤشر (Green View Index) وقيمت المساحات الخضراء في الشوارع باستخدام مرئيات (GSV)، وتوصلت الدراسة الى ان مرئيات (GSV) مناسبة لتقييم المساحات الخضراء على مستوى الشارع، واعتبرت أن هذه المرئيات مع هذا المؤشر مناسبان في التخطيط للتشجير وإدارتها في المناطق الحضرية.

واستخدم (Ateşoglu, 2015) الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لاختيار منطقة التشجير المناسبة في تركيا حيث حددت الدراسة معايير افضل مواقع التشجير، واعتمدت على التصنيف الموجة لمرئيات لاندسات على أساس الخلايا، وكشفت نتائج الدراسة أن إجمالي مساحة التشجير المحتملة في منطقة أريت ٢٠٣٢ هكتار بدقة إجمالية ٨١٪، ومساحة التشجير المحتملة في منطقة اسمي جوير ٣٨٤٤٧ هكتار بدقة إجمالية بلغت ٨٩٪.

ورسم (Shen, et al, 2019) خرائط تغير الغابات بسبب التشجير في مقاطعة قوانغدونغ الصينية باستخدام بيانات الاستشعار، وكشفت الدراسة تغير التوزيع في الغطاء الغابي بسبب التشجير مكانيا وزمانيا، وكشفت عن ديناميات تغيير الكتلة الحيوية للغابات، وتوصلت النتائج إلى أن الدقة

الإجمالية لتصنيف الغابات والقيمة القصوى لمؤشر الغطاء النباتي بلغت ٧٥-٨٥٪ للأعوام ٢٠٠٥ ، ٢٠١٠ ، ٢٠١٦ .

وتطرق (Zhou, et al, 2019) للأنماط المكانية للتشجير الحضري كإستراتيجية لإزالة الجسيمات الدقيقة (PM2.5) دراسة حالة ووهان الصين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وأظهرت نتائج الدراسة أن خطط التشجير المختلفة لم يكن لها تأثير كبير على تركيز الجسيمات الدقيقة في المنطقة حيث بلغ معدل التقليل من تركزها بين ١- ٢٪، وكان من الممكن أن يؤدي غرس مزيد من الأشجار حيث يشتد تلوث الهواء بمناطق مركز العمران وسط مدينة ووهان إلى تحسين جودة الهواء بمعدل يتراوح بين ٣ - ٥٪.

حلل (Yagci and Iscan, 2021) ملائمة الموقع للتشجير في محافظة قونية تركيا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وطريقة التحليل الهرمي (AHP)، واعتمدت الدراسة على متغيرات التربة والأمطار والانحدار والتعرية، وتوصلت نتائج الدراسة الى ان ١٥٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة عالية الملاءمة جدا للتشجير، ونحو ٢٥,٥٢٪ ملائمة، ٢٨,٩٥٪ متوسطة الملاءمة، ١٢,٧٦٪ منخفضة الملاءمة، ١٧,٧٧٪ منخفضة الملاءمة جدا للتشجير.

وقام (Hasnat, 2021) بتحليل اثر تغير غطاء التشجير في درجة حرارة سطح الأرض بمحمية دودبوكوريا-دوباتشاري، بنغلاديش بين عامي ١٩٩٠ - ٢٠٢٠، واستخدمت الدراسة في تحقيق هذا الهدف بيانات لاندسات، وتوصلت الى عكسية علاقة درجة حرارة سطح الأرض والتشجير في العقود الثلاثة الأولى، وطرديتها في العقد الماضي، وبذلك فإن درجة حرارة سطح الأرض قد لا تكون ذات صلة بتغير الغطاء الشجري المحلي بشكل مباشر، لأن تغير الغطاء الشجري المحلي تأثيره محدود في درجة الحرارة المحلية مقارنة بتغير الغطاء الشجري عالمياً، وبالتالي يلعب الاحترار العالمي دور حيوي في تغيير درجة حرارة سطح الأرض محلياً وعالمياً.

تطرق (Cavalli, et al, 2023) لمراقبة التشجير في ايطاليا من خلال تحليل مرئيات لاندسات، كان هدف الدراسة تصنيف المناطق غير الحراجية ومناطق التشجير والغابات باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد بين عامي (١٩٨٨ - ٢٠٢٣)، وتوصلت نتائج الدراسة الى امكانية تمييز مناطق التشجير عن الغابات من تقنيات الاستشعار عن بعد بنسبة ٨٧٪، حيث يمكن تحليل الفرق في نشاط التمثيل الضوئي لكل من الغابات ومناطق التشجير من خلال الاستشعار عن بعد للتمييز بينهما، وبالتالي تدعم بيانات الاستشعار عن بعد رصد مشاريع التشجير وتغيراتها بين مدة وأخرى.

وتناول (Ershov, et al, 2023) التشجير الطبيعي للأراضي الزراعية المهجورة للمناطق المتاخمة بين روسيا وبيلاروسيا باستخدام مرئيات لاندسات للمدة بين عامي ١٩٨٥ - ٢٠٢٠، واستخدمت ثلاثة مؤشرات طيفية صممت لكشف الغطاء النباتي والمياه والتربة، وتوصلت نتائج الدراسة الى ان ٣٢٪ من الأراضي الصالحة للزراعة والمراعي تم تشجير في المقاطعة الروسية بنهاية مدة الدراسة، بينما انخفضت الأراضي الزراعية في منطقة بيلاروسيا بنسبة ٥٪.

وقيم (Goheer, et al, 2023) تغير غطاء التشجير والكربون في منطقة أبوت آباد، باكستان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية بين عامي (١٩٨٦-٢٠١٩)، واعتمدت الدراسة على مرئيات (لاندسات ، سنئينال) وإخضاعهما للتصنيف الموجه، وتطبيق تقنية كشف تغيير مشاريع التشجير بعد تصنيف المرئيات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتظهر نتائج الدراسة زيادة الغابات بنسبة ٣,١٧٪، وزيادة الغطاء النباتي بنسبة ١٧,٢٤، وزيادة المباني بنسبة ٧,٢٤٪، وانخفاض المسطحات

المائية بنسبة ٠,٦٩%، والأراضي القاحلة بنسبة ٢٦,٩٦٪، وانحدر مخزون الكربون من مناطق الغابات بنسبة ١٧,١٩٪ خلال مدة الدراسة.

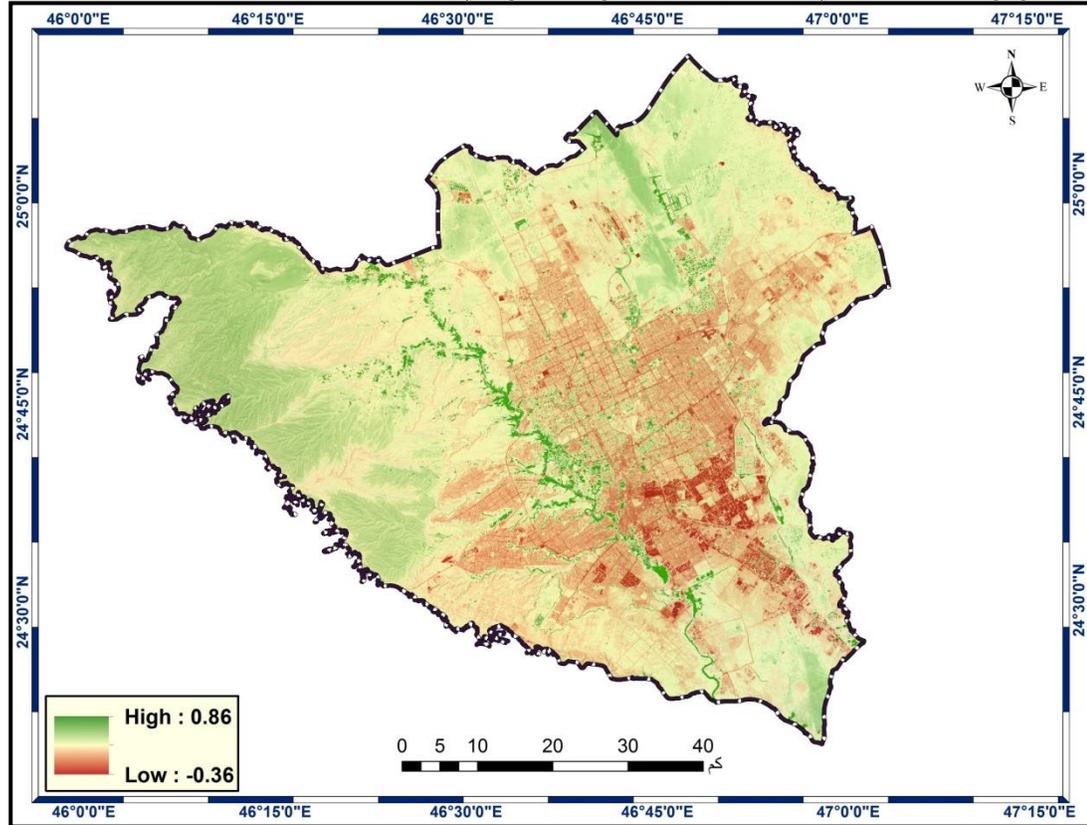
وأخيراً بعد أن تم الاطلاع على الدراسات السابقة التي تناولت مشاريع التشجير وأنواعها و مساحتها وكيفية اختيار مناطقها في مناطق مختلفة من العالم؛ إلا أنه لوحظ أنه لم يتم تناول منطقة الدراسة ككل في أي دراسة بيئية أو نباتية، ولم يتم تناول الأهداف والأساليب المتبعة في هذه الدراسة القائم على التقنيات الجيومكانية الحديثة لبيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، والأساليب الإحصائية المتنوعة التي تعتمد على تحديد تركيز وتبعثر واتجاهها والجار الأقرب لمشاريع التشجير في مدينة الرياض.

المكونات الرئيسية للبحث:

أولاً: مؤشر الغطاء النباتي في مدينة الرياض (٢٠٢٣):

تم اكتشاف المساحات الخضراء في المدينة من خلال تطبيق معادلة (SAVI) السابقة و عليه تظهر نتائج ذلك ان أدنى قيمة لمؤشر (SAVI) المستخلص من مرئية سينتال بتاريخ ٧ - ٩ - ٢٠٢٣ شكل (٣) تراوح قيمة المؤشر بين -٠,٣٦، وتظهر في المناطق التي تفتقر للغطاء النباتي حيث يتواجد العمران والطرق والصخور والتربة الجرداء، وبلغت اعلى قيمة ٠,٨٦، وهذه تشير الى المناطق الغنية بالغطاء النباتي حيث تتركز مشاريع التشجير، وبلغ المتوسط الحسابي لقيمة المؤشر ٠,٠٦٣، وانحراف معياري بلغ ٠,٠٣٤ مما يعني تركيز او تكتل في نمط توزيع النبات ومشاريع التشجير في المدينة.

شكل (٣) الغطاء النباتي المشتق بمؤشر (SAVI) في مدينة الرياض سبتمبر ٢٠٢٣

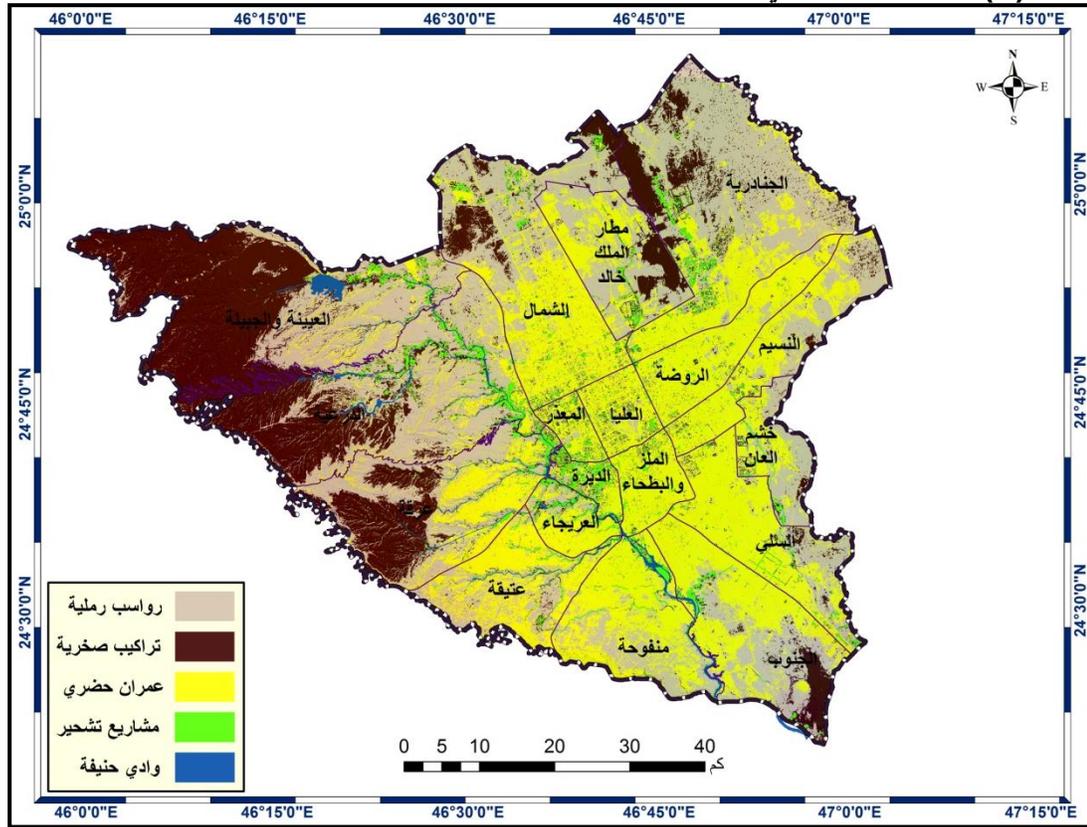


المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية سينتال (Sentinel 2A) بتاريخ ٧ - ٩ - ٢٠٢٣.

ثانياً: الغطاء الارضي في مدينة الرياض (٢٠٢٣):

تظهر نتائج تصنيف مرئية سينتال (٢٠٢٣) شكل (٤) تركيز الغطاء العمراني وسط مدينة الرياض مع امتداده شمال شرق وشمال وجنوب وجنوب غرب المنطقة بمساحة بلغت ١٨٤٢,٠٣ كم^٢، بنسبة ٣٥,٨% من إجمالي مساحة المدينة، وينتشر الغطاء النباتي ومشاريع التشجير على طول وادي حنيفة ووسط الطرق والمنشآت العمرانية ويقل انتشار الغطاء في اطراف المدينة بمساحة بلغت ٤٦,٦٨ كم^٢، بنسبة ٠,٩% من إجمالي مساحة المدينة، وتنتشر الرواسب الرملية في اطراف المدينة شمال وشرق وجنوب مدينة الرياض بمساحة بلغت ٢٠٢٠,٥٦ كم^٢، بنسبة ٣٩,٤٧% من إجمالي مساحة المدينة، وتظهر التراكيب الصخرية مختلطة بالرواسب شمال غرب وشمال شرق وجنوب المدينة، بمساحة بلغت ١١٩٢,٨٦ كم^٢، بنسبة ٢٣,١٨% من إجمالي مساحة المدينة، ويخترق وادي حنيفة مدينة الرياض من شمالها الغربي نحو الجنوب الشرقي، وتنتشر روافده الفرعية شمال غرب مدينة الرياض بمساحة بلغت ٤٢,٧٢ كم^٢، بنسبة ٠,٨٣% من إجمالي مساحة المدينة.

شكل (٤) أغطية الأرض في مدينة الرياض سبتمبر ٢٠٢٣



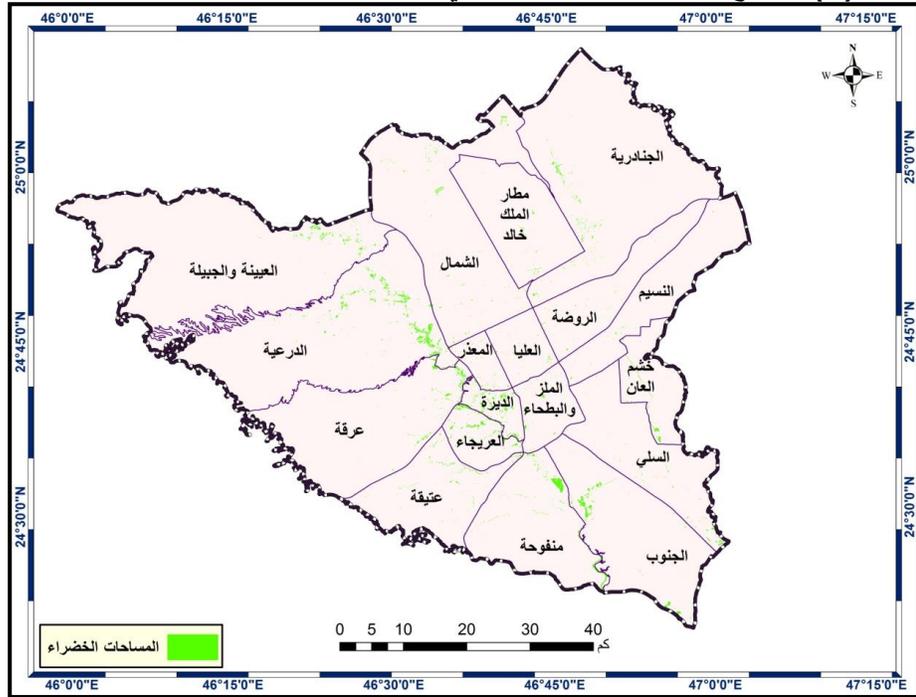
المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية سينتال (Sentinel 2A) بتاريخ ٧ - ٩ - ٢٠٢٣.

ثالثاً: توزيع المساحات الخضراء في بلديات المدينة (٢٠٢٣):

تظهر نتائج حساب معامل ارتباط بيرسون بين متغيري مساحة البلديات ومساحة مناطق التشجير في بلديات مدينة الرياض طردية العلاقة بينهما حيث بلغت ٠,٤٦٨، كما تبين نتائج كشف دلالة العلاقة بين المتغيرين ان معنوية العلاقة بينهما بلغت ٠,٠٥، مما يعني وجود دلالة احصائية لعلاقة مناطق التشجير بمساحة البلديات عن مستوى ٩٥%.

في المقابل تظهر نتائج تحليل توزيع المساحات الخضراء على مستوى البلديات عام ٢٠٢٣ تباين توزيع مساحتها من بلدية الى أخرى حيث تركزت اكبر المساحات الخضراء شكل (٥) في عدة بلديات كبلدية الدرعية ٩,٥٧ كم٢، بنسبة ٢٠,٥% من إجمالي المساحة الخضراء، وجاءت بلدية منفوحة في المرتبة الثانية من حيث المساحة الخضراء التي بلغت ٥,٦٨ كم٢، بنسبة ١٢,١٦% من إجمالي المساحة الخضراء، وبعدها جاءت بلدية الجنوب بمساحة بلغت ٤,٥٣ كم٢، بنسبة ٩,٦٩% من إجمالي المساحة الخضراء، وأقبتها بلدية الديرة بمساحة بلغت ٣,٦٨ كم٢، بنسبة ٧,٩% من إجمالي المساحة الخضراء، وتلتها من حيث المساحة الخضراء بلدية العريجات بمساحة بلغت ٣,٦٥ كم٢، بنسبة ٧,٨٢% من إجمالي المساحة الخضراء، وجاءت بعدها بلدية عرقة بمساحة بلغت ٣,٣٣ كم٢، بنسبة ٧,١٤% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة.

شكل (٥) توزيع المساحات الخضراء في مدينة الرياض سبتمبر ٢٠٢٣



المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية سينتال (Sentinel 2A) بتاريخ ٧ - ٩ - ٢٠٢٣. وجاءت بلدية العيينة والجبيلة بمساحة بلغت ٢,٦٣ كم٢، بنسبة ٥,٦٢% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، ومن ثم جاءت بلدية الجنادرية بمساحة بلغت ٢,٦٢ كم٢، بنسبة ٥,٦٢% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وتلتها بلدية الشمال بمساحة بلغت ٢,٣٦ كم٢، بنسبة ٥,٠٥% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وبالتالي جاءت بلدية عتيقة بمساحة بلغت ١,٧٤١ كم٢، بنسبة ٣,٧٢% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وتلتها من حيث المساحة بلدية خشم العان بمساحة بلغت ١,٤٩ كم٢، بنسبة ٣,١٩% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، ومن ثم جاءت

بلدية السلي بمساحة بلغت ١,٣٦ كم^٢، بنسبة ٢,٩١% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وجاءت بعدها بلدية الملز والبطحاء بمساحة بلغت ١,٢٦ كم^٢، بنسبة ٢,٧% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وبالتالي جاءت بعدها بلدية المعذر بمساحة بلغت ٠,٦٦ كم^٢، بنسبة ١,٤١% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وتلتها بلدية مطار الملك خالد بمساحة بلغت ٠,٦٤ كم^٢، بنسبة ١,٣٦% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وأعقبها بلدية العليا بمساحة بلغت ٠,٦٢ كم^٢، بنسبة ١,٣٤% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وجاءت بعدها بلدية الروضة بمساحة بلغت ٠,٥ كم^٢، بنسبة ١,٠٨% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة، وأخيرا جاءت بلدية النسيم بمساحة بلغت ٠,٣٣ كم^٢، بنسبة ٠,٧١% من إجمالي المساحة الخضراء في المدينة.

جدول (٢) المساحات الخضراء ونسبها في بلديات مدينة الرياض عام ٢٠٢٣

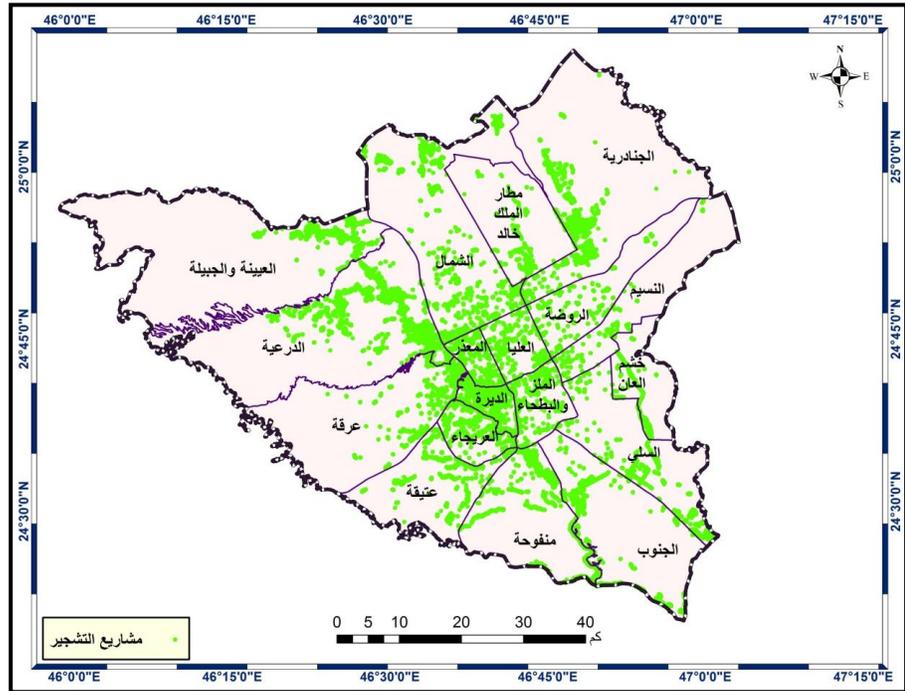
البلدية	مساحة البلدية كم ^٢	المساحة الخضراء م ^٢	النسبة من المساحة الخضراء للمدينة
العليا	٨٣,١١	٠,٦٢٨١	١,٣٤٥٦
الملز والبطحاء	٩٣	١,٢٦٤٨	٢,٧٠٩٦
المعذر	٤٨	٠,٦٦١٤	١,٤١٦٩
الديرة	٥١	٣,٦٨٥٤	٧,٨٩٥٤
العريجات	٨٠	٣,٦٥٤٨	٧,٨٢٩٨
منفوحة	٢٨٣,٥١	٥,٦٧٥١	١٢,١٥٨٠
عتيقة	٢٣٤,٨	١,٧٤١	٣,٧٢٩٨
عرقة	٤١١,٩٩	٣,٣٣٠٧	٧,١٣٥٥
الجنوب	٣٥٥,٩٦	٤,٥٢٢٢	٩,٦٨٨١
السلي	٢٧١,٢٨	١,٣٦١٩	٢,٩١٧٦
خشم العان	١٢٣,٥٥	١,٤٨٩٤	٣,١٩٠٨
النسيم	٢٢٥,٢٧	٠,٣٣٣٩	٠,٧١٥٣
الدرعية	٦٢٣,١٦	٩,٥٦٨	٢٠,٤٩٧٩٨
الشمال	٥١٠,٩	٢,٣٥٧٦	٥,٠٥٠٧
مطار الملك خالد	٢٣٣,٩	٠,٦٤٣	١,٣٧٧٥
الروضة	١٨٢,٢	٠,٥٠٥	١,٠٨١٨
الجنادرية	٦٣٨,٩٨	٢,٦٢٧٨	٥,٦٢٩٦
العبيدة والجبيلة	٦٩٤,١٥	٢,٦٢٨	٥,٦٣
اجمالي المدينة	٥١٤٤,٨٥	٤٦,٦٧٧٨	١٠٠

المصدر: مرئية سننيل، ٧، ٩، ٢٠٢٣.

رابعاً: التحليل المكاني لتوزيع الجغرافي لمشاريع التشجير في مدينة الرياض (٢٠٢٣):

يظهر شكل (٦) تباين التوزيع الجغرافي لمشاريع التشجير على مستوى كل بلدية حيث يلاحظ تركيز مشاريع التشجير في مناطق معينة من البلدية، ويظهر ذلك بوضوح في البلديات التي تقع في اطراف المدينة، وكذلك يتباين توزيع مشاريع التشجير من بلدية الى أخرى، ومما يؤكد ذلك تركيز ٦٥,٢١% من اجمالي مشاريع التشجير في المنطقة الوسطى من مدينة الرياض ببلديات الدرعية ومنفوحة والجنوب والديرة والعريجات وعرقة، وتشكل هذه البلديات ٣٣,٣% من اجمالي عدد البلديات، وتبلغ مساحة هذه البلديات ١٨٠٥,٦٢ كم^٢، بنسبة ٣٥,١% من إجمالي مساحة مدينة الرياض.

شكل (٦) توزيع مشاريع التشجير بمدينة الرياض



المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية سينتال (Sentinel 2A) بتاريخ ٧ - ٩ - ٢٠٢٣ وتقل مشاريع التشجير كما يبين الشكل السابق مع الاتجاه نحو اطراف المدينة بالذات غرب وشمال غرب المدينة كما تظهر بشكل خطى من شمال غرب الى جنوب شرق المدينة وبروزها ككتل او عناقيد في اطراف المدينة، وبذلك ستحاول الدراسة كشف وتحليل نمط توزيع مشاريع التشجير من خلال تحليل مدى تركيز وتبعثر هذه المشاريع باستخدام عدد من الاساليب كما يأتي:

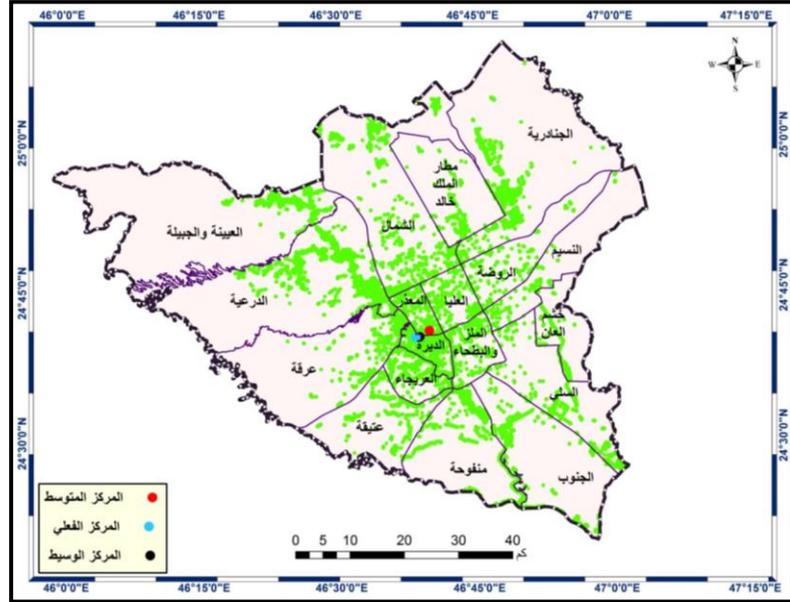
أ) تحليل تركيز التوزيع الجغرافي لمشاريع التشجير في مدينة الرياض:

تظهر نتائج تحليل المركز المتوسط (Mean center) وذلك من خلال تحديد موقع النقطة التي تتوسط بقية مواقع التشجير في مدينة الرياض شكل (٧) وقوع المركز المتوسط لتوزيع مشاريع التشجير في المدينة في جنوب بلدية المعذر؛ بمنطقة تقاطع دائرة ١٠: ٦٠: ٢٤٥ شمالاً، وخط طول ١٥: ٦٠: ٤٦٥ شرقاً.

ويقع المركز الفعلي (Central Feature) او الموضع الذي يقع أقرب ما يكون لمركز توزيع مشاريع التشجير بمدينة الرياض في بلدية الديرة جنوب غرب المركز المتوسط بمنطقة تقاطع دائرة ١١: ٦٠: ٢٤٥ شمالاً، وخط طول ٠٤: ٦٠: ٤٦٥ شرقاً.

ويقع المركز الوسيط (Median Center) لتوزيع مشاريع التشجير في مدينة الرياض جنوب غرب المركز المتوسط شمال حي الديرة؛ بمنطقة تقاطع دائرة ٠٨: ٦٠: ٢٤٥ شمالاً، وخط طول ١٠: ٦٠: ٤٦٥ شرقاً. وبذلك تعكس نتائج كل من المركز المتوسط والفعلي والوسيط تركيز مشاريع التشجير في المنطقة الوسطى من مدينة الرياض، حيث يتركز غالبية السكان وينتشر الغطاء العمراني.

شكل (٧) المركز المتوسط والفعلي والوسيط لتوزيع مشاريع التشجير في مدينة الرياض عام (٢٠٢٣)



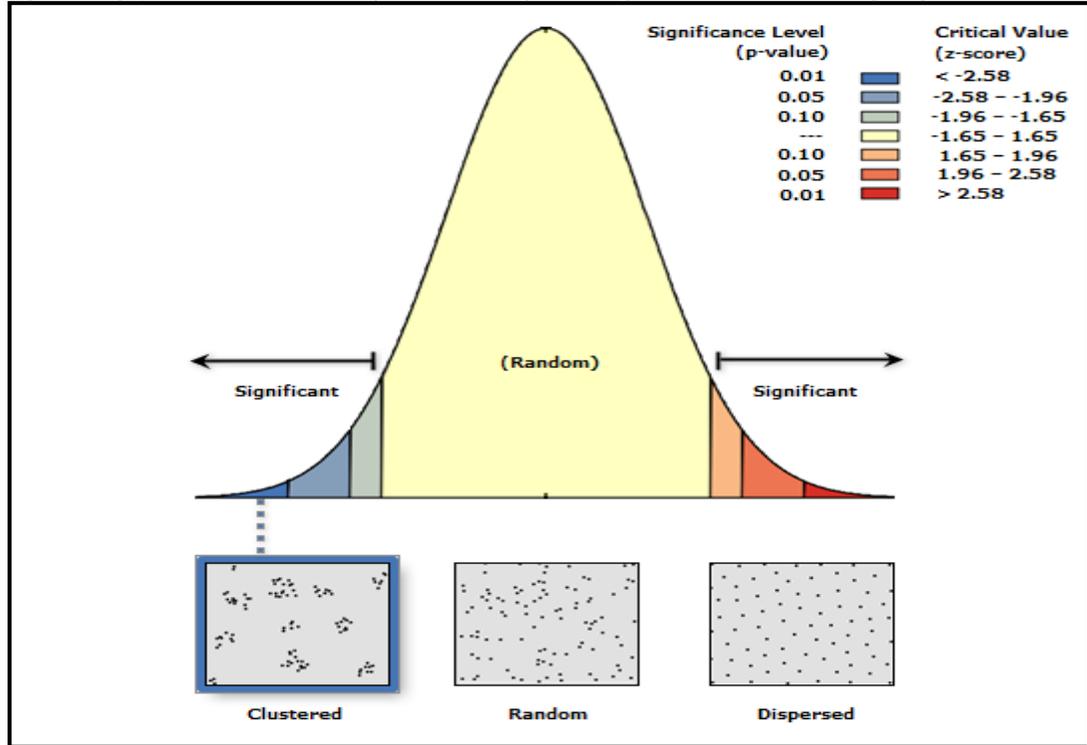
المصدر: الباحثة باستخدام برنامج (Arc Map 10.5).

ب) تحليل تبعثر التوزيع الجغرافي لمشاريع التشجير في مدينة الرياض:

تظهر نتائج تحليل المسافة المعيارية (Mean center) للتحقق من تبعثر توزيع خلايا الغطاء النباتي لمشاريع تشجير مدينة الرياض حول مركزها المتوسط وتبلغ مساحة كل خلية ١٠٠ م^٢ سيادة نمط غير منتظم لتوزيع مشاريع التشجير في المدينة، ومما يؤكد ذلك بلغ إجمالي عدد الخلايا التي تقع حول المركز المتوسط على انحراف معياري واحد شكل (٨) ٢٨٧٠٤٠ خلية نباتية، بنسبة ٦١,٥% من إجمالي عدد الخلايا النباتية في المدينة، ويشترط لتحقيق انتظام في التوزيع ان يكن بداخل هذه الدائرة ما لا يقل عن ٦٨%، على الرغم من عدم انتظام توزيع مشاريع التشجير على مساحة الارض، إلا ان هذه النسبة من الخلايا النباتية حول هذه الدائرة تتركز بمناطق التركز السكاني والعمراني من مدينة الرياض.

من جهة اخرى بلغ عدد الخلايا النباتية لمشاريع التشجير التي تقع حول المركز المتوسط على انحرافين معياريين ١٧٦١٥٤ خلية نباتية، بنسبة ٣٧,٧٤% من إجمالي عدد الخلايا النباتية في المدينة، وتقع بقية الخلايا النباتية لمشاريع التشجير البالغ عددها ٣٥٨٣ خلية نباتية، بنسبة ٠,٧٦% من إجمالي عدد الخلايا النباتية في المدينة على ثلاثة انحرافات معيارية جنوب وشمال غرب مدينة الرياض.

شكل (١٠) الجار الاقرب لتوزيع مشاريع التشجير في مدينة الرياض عام (٢٠٢٣)



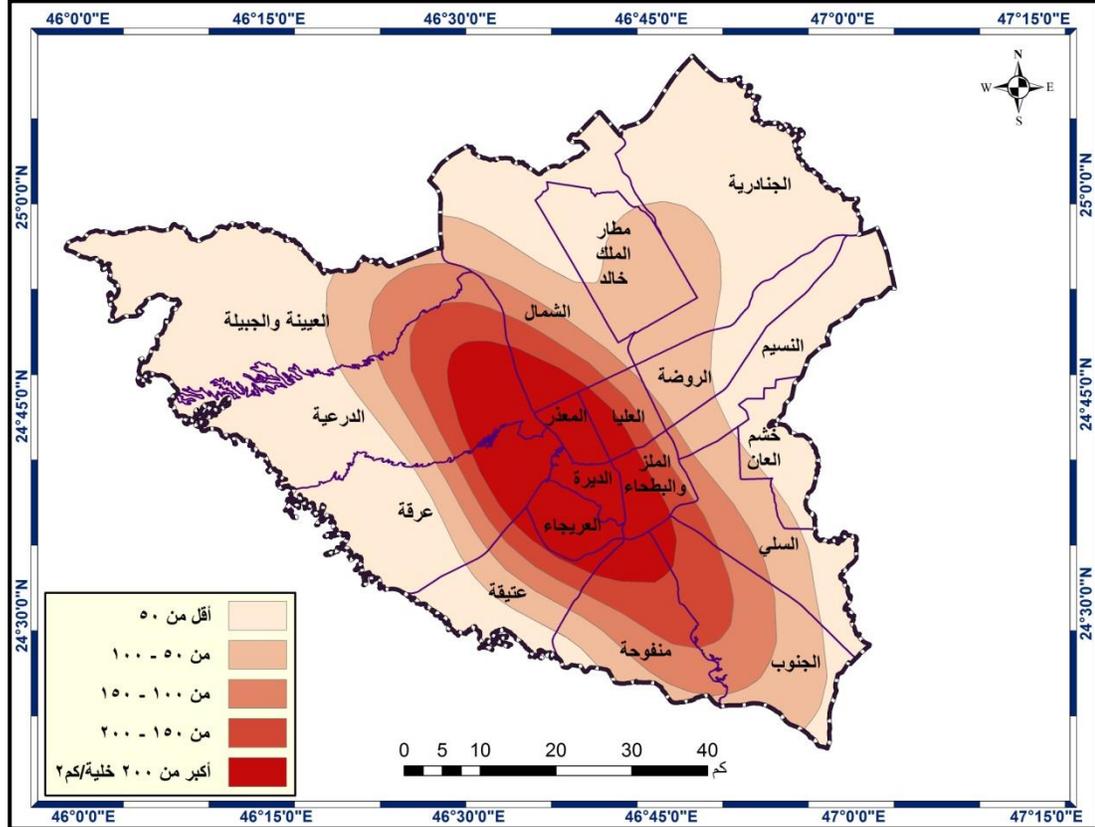
المصدر: الباحثة باستخدام برنامج (Arc Map 10.5).

ه) كثافة التوزيع الجغرافي لمشاريع التشجير في مدينة الرياض:

يهدف تحليل كثافة كيرنل (Kernel Density) في هذه الدراسة إلى تقدير كثافة توزيع مشاريع التشجير بمدينة الرياض، وتحديد مناطق تركيز وتبعثر توزيع هذا المشاريع، ويستخدم في التحليل العددي الأحادي أو المتعدد للاحتتمالات المتوقعة لتوزيع ظاهرة معينة.

وعليه توضح التحليل المكاني لكثافة مشاريع التشجير في مدينة الرياض شكل (١١) ارتفاع كثافة مشاريع التشجير وسط المدينة وتقل الكثافة كلما اتجهنا نحو اطراف المدينة، وتمتد الكثافة العالية لمشاريع التشجير باتجاه جنوبي شرقي شمالي غربي بما يتوافق مع اتجاه توزيع مشاريع التشجير حسب الطريقة السابقة (Directional Distribution).

شكل (١١) كثافة توزيع مشاريع التشجير في مدينة الرياض عام (٢٠٢٣)



المصدر: الباحثة باستخدام برنامج (Arc Map 10.5).

وتقع بمحاذاة النطاق الأول المنطقة التي تتراوح فيها خلايا التشجير من ٥٠ - ١٠٠ خلية/كم^٢، بمساحة بلغت ١٠٦٩,٩٢ كم^٢، بنسبة ٢٠,٨% من إجمالي مساحة المدينة. وتحاذي النطاق الثاني من الداخل المنطقة التي تتراوح فيها خلايا التشجير من ١٠٠ - ١٥٠ خلية/كم^٢، بمساحة بلغت ٥٩٠,٨٥ كم^٢، بنسبة ١١,٤٨% من إجمالي مساحة المدينة. وتقع المنطقة التي تتراوح فيها خلايا التشجير من ١٥٠ - ٢٠٠ خلية/كم^٢ وسط مدينة الرياض، بمساحة بلغت ٤٤٧,٣ كم^٢، بنسبة ٨,٦٩% من إجمالي مساحة المدينة. في حين تقع المنطقة التي تتجاوز فيها خلايا التشجير من ٢٠٠ خلية/كم^٢ في المنطقة المركزية لمدينة الرياض، بمساحة بلغت ٥٨٧,٧ كم^٢، بنسبة ١١,٤٢% من إجمالي مساحة المدينة.

النتائج:

- ❖ تتفاوت قيم مؤشر الغطاء النباتي من منطقة إلى أخرى في مشاريع التشجير في مدينة الرياض.
- ❖ ترتبط الغطاء الأرضي في مدينة الرياض في نطاقين رئيسيين: يتمثل النطاق الأول في الجانب الجيومورفولوجي ويتمثل النطاق الثاني في الجانب الجيولوجي.
- ❖ من الملاحظ وجود تفاوت بين المساحات الخضراء في بلدية المدينة وقد يرجع ذلك إلى نوعية النباتات ووفرتة وتوزيعه والمساحة التي تشغلها.
- ❖ يتضمن التحليل المكاني لتوزيع الجغرافي لمشاريع التشجير على أساليب متنوعة تعتمد على التقنيات الإحصائية التي تعتمد على تحديد تركيز وتبعثر واتجاهها والجار الأقرب والتي أعطت نتائج متقاربة تقريباً.

التوصيات:

- ❖ لا بد من إجراء تحديثات متكررة لمراقبة قيم مؤشرات الغطاء النباتي في منطقة البحث لتوفير معلومات عن اتجاهات الغطاء النباتي فيها.
- ❖ إجراء الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية لمعرفة أفضل المواقع المناسبة لمشاريع التشجير في مدينة الرياض مستقبلاً.
- ❖ من الأفضل إجراء دراسة ميدانية للمساحات الخضراء في مدينة الرياض لمعرفة سبب التفاوت فيها ولا يعني ذلك وجود تعارض مع هذا البحث.
- ❖ لا بد من مراقبة مشاريع التشجير المستقبلية في مدينة الرياض من خلال التقنيات الإحصائية الأخرى لتقييمها بشكل أدق وتحليل توزيعها ومقارنتها ببعضها ببعض ومعرفة نوعية نباتاتها ووفرتها وامتدادها.

١-المصادر والمراجع:

- 1) Ateşoglu, A. (2015), Remote sensing and GIS applications for suitable afforestation area selection in Turkey, Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, Vol, 65(1): pp.53-59.
- 2) Cavalli, A., et, al. (2023). Afforestation monitoring through automatic analysis of 36- years Landsat Best Available Composites, IForest, Vol, 15, pp.220-228.
- 3) Cervantes, M., ..,et, al. (2014). How do people perceive urban trees? Assessing likes and dislikes in relation to the trees of a city, Urban Ecosyst, Vol, 17, pp.761-773.
- 4) Elhag, M. (2010). Land suitability for afforestation and nature conservation practices using remote sensing & GIS techniques, Catrina Journal, Vol, 6(1), pp. 11-17.
- 5) Ershov, D. ,et, al., Natural Afforestation on Abandoned Agricultural Lands during Post-Soviet Period: A Comparative Landsat Data Analysis of Bordering Regions in Russia and Belarus, Remote Sens, Vol, 14, 322, pp1-26.
- 6) Eslami, A. et, al. (2010). The Application of GIS in Selection of Suitable Species for Afforestation in Southern Forest of Caspian



- Sea, Research Journal of Environmental Sciences, Vol, 4, pp.223-236.
- 7) Goheer, M. et, al . (2023). GIS-based spatio-temporal assessment of forest cover change and carbon sequestrations of District Abbottabad, Pakistan, Journal of Water and Climate Change, Vol, 13 (8), pp.2962–2971.
 - 8) Hasnat, G. N. T. (2021). A Time Series Analysis of Forest Cover and Land Surface Temperature Change Over Dudpukuria-Dhopachari Wildlife Sanctuary Using Landsat Imagery, Frontiers in Forests and Global Change, Vol, 4, pp.1-12.
 - 9) Huete, A. R. (1988), A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), Remote Sens. Environ, Vol, 25, pp.295-309.
 - 10) Jim, C.Y., Chen, W. (2008). Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China), J. Environ. Manage, Vol, 88, pp. 665–676.
 - 11) Kalu, C., Edet, D., Chukwuenye, C.E. (2014). Assessment of Afforestation and Reforestation Efforts by Forestry Department, Ministry of Environment, Imo State. Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment, Vol, 6(2), pp.54-65.
 - 12) Li, X., Zhanga, ..,et, al . (2015), Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index, Urban Forestry & Urban Greening, Vol, 14, pp.675–685.
 - 13) Onishi, A., et, al. (2010). Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots, Urban For Urban Green, Vol, 9, pp. 323–332.
 - 14) Pedersen, K. B. (2008). Measurement and benefit transfer of amenity values from afforestation projects – A spatial economic valuation approach using GIS technology, Unpublisher PhD dissertation, National Environmental Research Institute, University of Aarhus, Denmark, pp.1-196.
 - 15) Roy, S. et, al,. (2012). A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones, Urban For Urban Green. Vol, 11 (4), pp. 351–363.
 - 16) Seiferling, I,et, al . (2017). Green streets – Quantifying and mapping urban trees with street-level imagery and computer vision, Landscape and Urban Planning Vol, 165, pp. 93-101.
 - 17) Shen, W.,et, al. (2019), Mapping Annual Forest Change Due to Afforestation in Guangdong Province of China Using Active and Passive Remote Sensing Data, Remote Sens, Vol,11(5), pp. 1-22.



- 18) Spadoni, G.L.et, al,. (2020). Analysis of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) multi-temporal series for the production of forest cartography Remote Sensing Applications, Society and Environment, Vol, 20, pp.100 -119.
- 19) Wolf, K.L. (2005). Business district streetscapes, trees, and consumer response, J. For, Vol, 103 (8), pp. 396–400.
- 20) Yagci, C., Iscan, F. (2021). GIS-based site suitability analysis of afforestation in Konya province, Turkey, Turkish Journal of Geographic Information Systems, Vol, 3(2), pp. 89-95.
- 21) Zeng, L.,et, al,. (2020). A review of vegetation phenological metrics extraction using time-series, multispectral satellite data, Remote Sens. Environ, Vol, 237, pp. 1-13.
- 22) Zhou, Y, et, al . (2019). GIS-Based Urban Afforestation Spatial Patterns and a Strategy for PM2.5 Removal, Forests, Vol, 10, pp.1-17.

٢-المواقع الإلكترونية:

- 1) <https://earthexplorer.usgs.gov/>.