مجلة العلوم العربية والإنسانية
جامعة القصيم، المجلد (11)، العدد (2)، ص ص 1011 -1054، (ربيع ثاني 1439هـ/ ديسمبر 2017)

التوظيف التكاملي للتقنيات الجيومكانية والكربون المشع في دراسة التغيرات الجيومورفولوجية والغطاء النباتي بحوض وادي الفُوِيلقْ بمنطقة القصيم

د. أحمد بن عبدالله الدغيري1، و أ. أمل حميد الجدعاني2
1 أستاذ مشارك بجامعة القصيم
2 محاضرة بجامعة الملك عبدالعزيز

ملخص البحث. تشكل الأحواض الصحراوية المغلقة مَلاَذاً للاستقرار البشري في الصحراء السُعودية. فقد استغلها الإنسان مُنذ القدم ، وتمركز حول مجاري أوديتها وامتهن زراعتها. ويعتبر حوض وادي الفُوِيلقْ أحد هذه الأحواض الصحراوية المغلقة التي شهدت تغيرًا بيئيا واضحا خلال السنوات الأخيرة خاصة بعد التطور الذي شهدته المملكة العربية السعودية في كافة النواحي المعاشية.

وقد مكن اِسْتِخْدامُ تقنيات التحليل العمري و تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية التي تعني بدراسة وتتبع التغيرات المكانية للأغطية الأرضية المختلفة بحوض الوادي خلال الماضي القديم (الهُولُوسِين) وحتى الزمن المعاش من رصد عدد من التغيرات البيئية المختلفة.

وقد قادت نتائج الدراسة إلى تمييز فترات رطوبة مر بها الحوض تمتد من 9450 إلى 12270 سنة لعصرالهُولُوسِين نتج عنها كثافة نباتية وجريان غزير للأودية بسبب ارتفاع معدلات التهطالات. وبحلول الجفاف الذي عمّ القصيم خلال أواسط الهُولُوسِين أخذ وادي الفُوِيلقْ شكله الحالي (الدغيري2012).

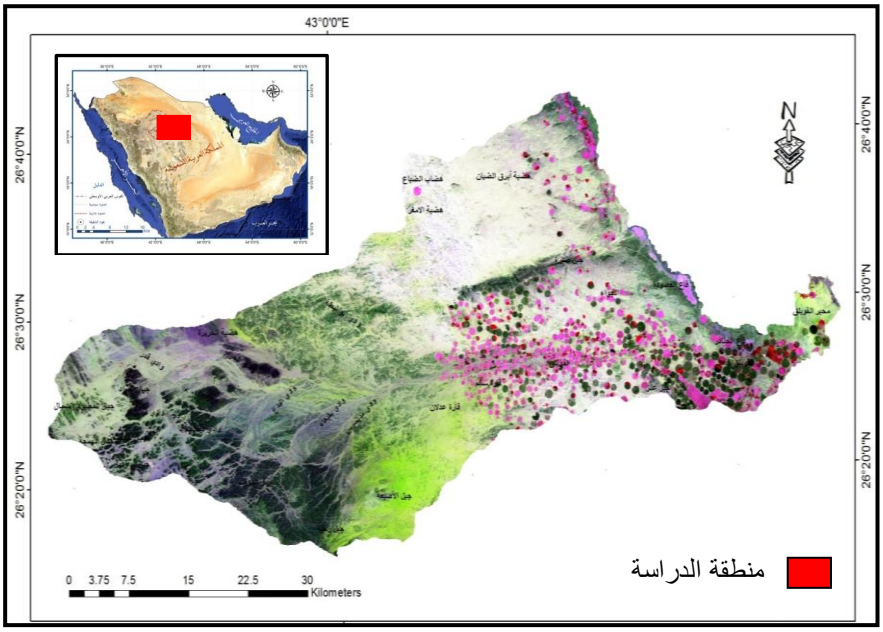
ومن جهة أخرى رصدت الدراسة خلال الفترة الممتدة بين عامي 2000 م و 2015 م ، تغيراً وزيادة واضحة في الإرسابات النهرية ، الأوشحة الرملية و الكثبان الرملية تعزى بالدرجة إلى دور الرياح وزيادة النمو الحضري وزيادة الأغطية النباتية، كما أن المساحات الزراعية ازدادت بشكل لافت مع ازدياد حاجة السكان لزراعة المحاصيل المختلفة كالشعير والقمح والبرسيم والرودس. وبالمقابل اتضح أن هنالك تقلصاً واضحاً في مساحة النباتات الطبيعية

والتي اقتصر انحِسارها على أجزاء صغيرة من حوض وادي الفُويلقْ خاصة قرب مجرى الوادي وبين الأراضي الفلاحية. وعلى العكس من ذلك لم ينتب السباخ أي تغير واضح بسبب تركزها في منطقة سطوح انفصال قديمة تساعد على ارتِشاح المياه الجوفية وربما هنالك تأثير من الزراعة المروية في أعالي ووسط الحوض .

الكلمات المفتاحية: كربون 14، تقنيات جيومكانية ، الهُولُوسين ،وادي الفُويلقْ ، وسط المملكة العربية السعودية.

1- منطقة الدراسة

تمثل منطقة حوض وادي الفُوِيلِقْ أنموذجا فريدا للأحواض الصحراوية المغلقة ، وهو يقع ناحية الشمال من مجرى وادي الرمة في أواسط المملكة العربية السعودية. ويبدأ من جبال المطوي غرباً ، وينتهي عند محير الفويلق بالقرب من حدود محافظة عيون الجواء شرقاً. وهو بهذا الامتداد يقع بين دائرتي عرض (16´26° و 40´26° شمالًا) وبين خطي طول (38´42° و 40´43° شرقاً) (الشكل 1).



الشكل رقم (1). الموقع الفلكي والجغرافي لحوض وادي الفُوِيلِقْ في أواسط المملكة العربية السعودية على المرئية الفضائية OLILandsat-8

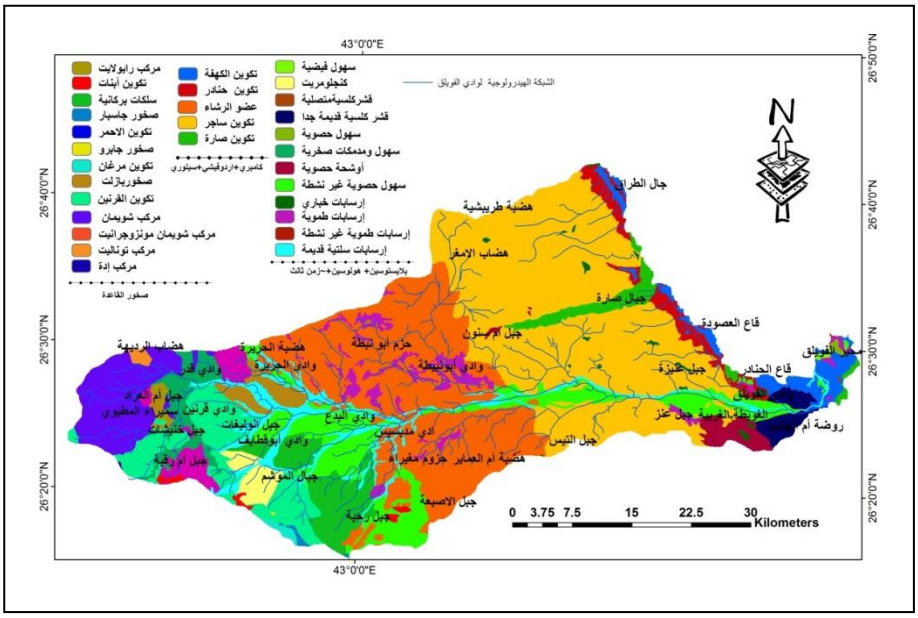
المصدر : من إنجاز الباحثين.

هيدرولوجياً يقطع الحوض وادي الفُوِيلِقْ وعدد من الروافد النهرية القديمة، والتي يرجح أنها كانت في قمة نشاطها إبان الفترات الرطبة التي

كانت تغزو القصيم قبل 10000 سنة (Al Dughairi, 2011). وتستمد هذه الأودية مياهها من عدد من المنابع . فمن الشمال تبدو هضاب الرديهة وجال المطيوي الشمالي وهضاب الحريرة وحزوم أبو نبطة . أما في الغرب فتظهر هنالك سميراء المطيوي وجبل أم العراد. أما من ناحية الجنوب فهنالك جبال الهمجة وجبل أم رقبة وجبال خنيفسات و جبال الموشم وجبل الإصبع. وتصرف تلك المرتفعات مياهها ناحية وسط الحوض حيث وادي الفُويلقْ المجرى الرئيس الذي يصب ويفيض قرب قاع العصودة وقاع الحنادر وفيضة أم الهشيم وأخيرًا محير الفُويلقْ.

ويظهر على امتداد مساحة التصريف لحوض وادي الفُويلقْ عدد من محلات ومناطق استقرار بشري قديم بمنطقة القصيم ، منها النجبة وساق وكحلة ومشاش جرود والمطيوي والثابتية والفيضة يجاوز أعداد سكانها9200 نسمة. وتمتد هذه التجمعات السكانية بشكل شريطي على ضفاف وادي الفُويلقْ الذي عرف قديما باسم السوبان وروافد. في حين تقع في هوامش الحوض الجنوبية الشرقية محافظة عيون الجواء (26542 نسمة) ، حيث يختفي هنالك مجرى وادي الفُويلقْ تحت رمال نفود عيون الجواء ، التي رجحت الدراسات تزامن نشأتها مع جريان وادي الفُويلقْ قبل حوالي 9000 سنة (Aldughairi،2011). أما جيومورفولوجياً فيتشكل الحوض من وحدات تضاريسية مختلفة ، بحيث نجد غرباً الجبال وأهمها جبال المطوي وجبال خنيشات وجبل أم رقبة ، بالإضافة إلى جبلي التيس وجبل أم سنون في وسطه. وعلى جانب آخر يحف الحوض هضيبات رسوبية كهضبة الأمغر، الحريرة ، وكذلك هضبة الرديهة في شماله الغربي ، في حين تبدو في جنوبه هضاب أم الغماير ومغيرا.

وتقسم التكوينات الجيولوجية للحوض إلى قسمين : مركبات وصخور الدرع العربي، وإرسابات أخرى تتباين أعمارها بدءاً من حقبة الأوردوفيشي Ordovician وحتى حقبة الزمن الرابع Quaternary Period (الشكل 2).



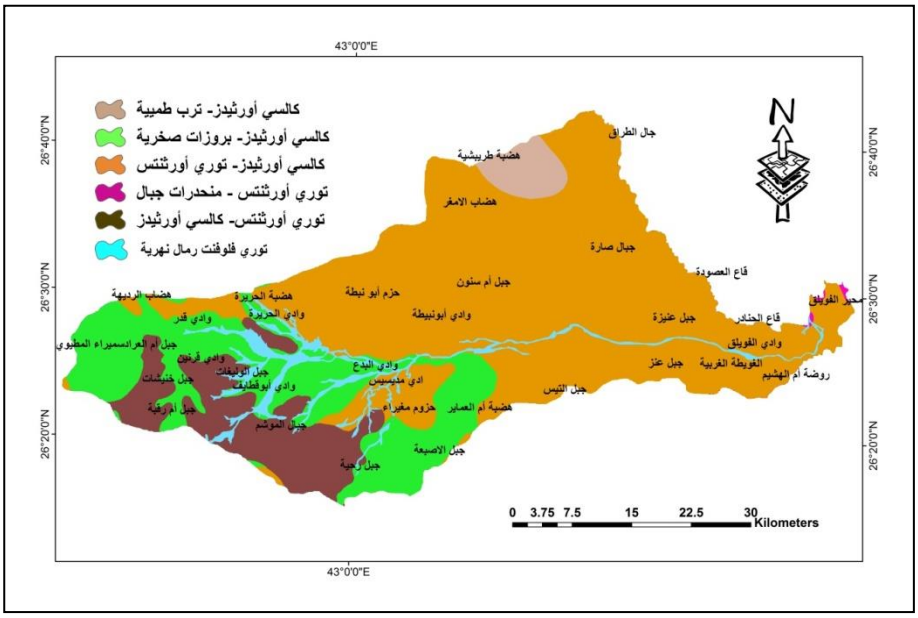
الشكل رقم (2). التكوينات الجيولوجية لحوض وادي الفويلق

(المصدر : من عمل الباحثين بالاعْتِماد على الخريطة الجيولوجية لجبل الحبشي ، Sheet 26 F ، بمقياس 250000/1، وزارة البترول والثروة المعدنية ، 1986)

وتظهر في الغرب صخور بركانية سليكاتية بين جبلي أبو قطايف وجبل رحية ، كما تشغل صخور الرايولايت منطقة جبل أم العراد ، أما تكوين القرنين فيظهر في أماكن متفرقة بغرب الحوض في الحدود المجالية لجبل الوليغات وجبل جنيشات وكذلك جبال الموشم في الجنوب الغربي. ويبدو مركب البيوتايت في جبل الرديهة في الشمال الغربي. كما يشغل مركب شويمان الناري المنابع العلياء بجبل المطوي وجبل أم رقبة. أما في ما يتعلق بإرسابات حقب الحياة القديمة الرسوبية Paleozoic deposits فهي تتكشف بشكل متباين في هوامش الحوض الشرقية وتتمثل بإرسابات حجر رملي ينتمي لعضو ساجر العائد لفترة الأردوفيشي الأسفل (Lower Ordovican) وعضو الرشاء التابع لفترة فرونجيكامبري (Furongian-Cambrian) ، وهو يحتل أجزاءً كبيرة من جنوب الحوض ووسطه. أما فيما

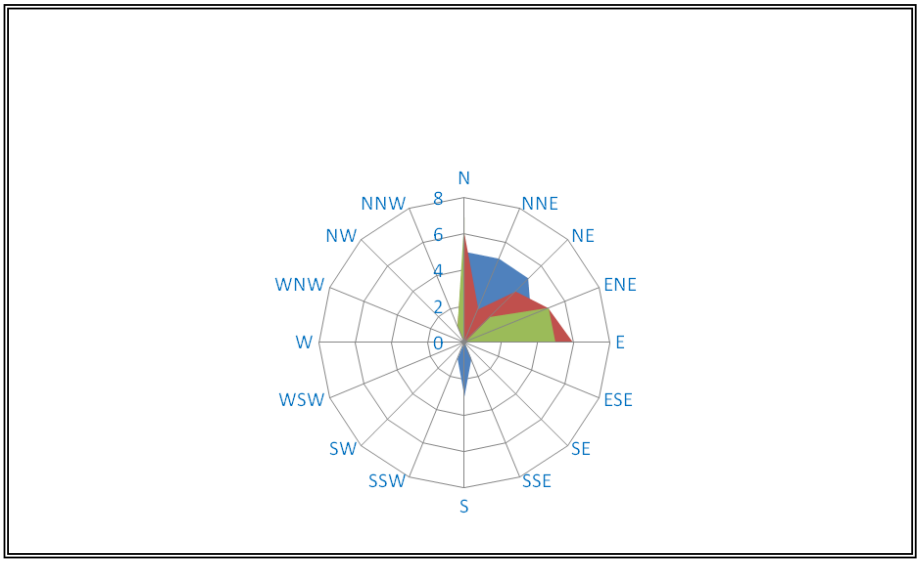
يتعلق بإرسابات حقبة الأردوفيشي الأوسط والأعلى Upper/Middle-Ordovician فتبدو هنالك إرسابات متكون القصيم متمثلة بعضويه الكهفة المتكشف في هوامش الحوض الجنوبية والذي يغلب عليه الحجر الرملي الحديدي ، وعضو الحنادر الذي يحوي الطفل والجبس بالإضافة لاحتوائه على مستحاثات خطية وأسرة غرين حديدي. وعلاوة على هذا يسود إلى الغرب منها إرسابات حجر رملي من أصل جمودي ويتمثل بعضو صارة الذي يمتد مكشفه بشكل طولي من الشرق ناحية الغرب وذلك فيما بين جبل صارة وحتى جبل أم سنون. هذا وتنتشر في أجزاء أخرى من الحوض خاصة قرب مجاري الأودية نماذج عديدة من أطمئة وأطيان وسهول فيضية بالإضافة لأوشحة رملية وحصوية ومجروفات نهرية هذا بالإضافة لمتبخرات ملحية وجبسية كلها تعود لفترات مختلفة من حقبة الزمن الرابع (الشكل 2).

ويغطي سطح الحوض أنواع مختلفة من ترب قديمة ، وهي تتنوع حسب التصنيف الأمريكي للترب وتتوزع تبعا لتنوع التضاريس فتبدو الترب الطمية Torriorthents حول مجاري الأودية ، وفي الرياض والخباري. هذا ويزركش الحوض نماذج من ترب رملية نهرية Torrifluvants هي في الأغلب قديمة ، ينحصر أغلبها عند مجرى وادي الفُويلقْ. وهنالك ترب كلسية Calciorthids تظهر عند حضيض الجبال وقرب المنخفضات كصارة والحنادر في شرق الحوض. كما تظهر ترب رملية في جنوب الحوض تعرف باسم Torripsament (الشكل 3).

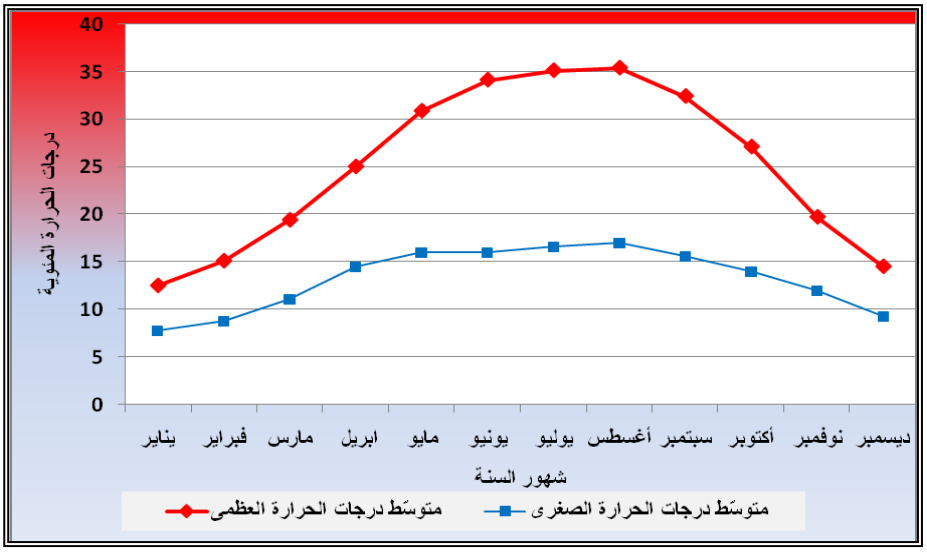


الشكل رقم (3). توزيع أنواع الترب بحوض وادي الفُويلقْ في منطقة القصيم

(المصدر : عمل الباحثين بالاعْتِماد على الخريطة العامة للتربة ، وزارة الزراعة والمياه ، 1406هـ)



الشكل رقم (4). نسب تكرار اتِّجاهات هبوب الرياح في فصلي الشتاء والصيف بمحطَّة أرصاد مطار الأمير نايف بالقصيم خلال الفترة من عام 1985 إلى 2010م



الشكل رقم (5). المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة المسجلة بمحطَّة مطار الأمير نايف بالقصيم خلال الفترة من عام 1985 إلى 2010م

وتقع مساحة التصري لحوض وادي الفُوِيلقْ ضمن مناخات الأقاليم الصحراوية القاحلة ، حيث يبدو التهطال المطري شحيحا معظم أيام السنة ويقتصر هطوله في الفترة المحصورة بين ديسمبر وفبراير. وبالنظر للنمط العام للرياح السائدة ، نجد ديمومة واضحة للرياح الشمالية الشرقية والشمالية الغربية ، وهي مدفوعة بفعل تأثير أنظمة الضغط الجوي المرتفع الذي تتعرض له منطقة غرب آسيا (الشكل 4). أما الحرارة فهي متباينة خلال أشهر السنة وتتصف باتساع المدى الحراري بين الشهور الحارة والشهور الباردة من السنة (الشكل 5).

أما فيما يتعلق بالكساء النباتي في حوض الوادي فإجمالا هو نبات صحراوي جاف ويقتصر الموجود والمرصود ميدانيا على نباتات معمرة من أهمها الطلح Acacia ، السدر Ziziphus والأثل Tamarix Artculata و الرمث Halexylon Salicornicum الذي ينمو في أغلب المناطق البينية من الكثبان الرملية وعلى امتداد وادي وروافد الفُوِيلقْ. أما النبات الموسمي فيسود الحواء Launaea و البسباس IsosciadiumAnisosciadlunl والأقحوان Anthemis SPP و الخزامى Dicksoniae Horwoodia وهي أيضا يغلب انتشارها في مجاري الأودية والمنخفضات الرطبة وعند حدورات الجبال وعند الهضاب.

2- تساؤلات الدراسة وأهدافها

لتحقيق أهدافها تطرح هذه الدراسة التساؤلات التالية :

1-ما هي أهم التغيرات الجيومورفولوجية والبيئية القديمة التي شهدها حوض وادي الفُوِيلقْ خلال عصر الهُولُوسِين وحتى الزمن المَعِيش؟

2-ما هي أهم التغيرات الحاصلة في الغطاء النباتي والأنظمة الهيدرولوجية بحوض وادي الفُوِيلقْ، وما هي أفضل طرائق وتقنيات التغير المكاني المساعدة في كشف ذلك خلال الفترة الممتدة بين عامي 2000م و 2015م؟

3-كيف يتكامل مؤشر اختلاف الغطاء النباتي Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) وأدوات كشف التغير مثل التصنيف المراقب Supervised Classification (SC) في تصنيف شامل للأغطية الأرضية و الكساء النباتي في حوض وادي الفُوِيلقْ؟

3- أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى إبراز تكامل تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية وتقنية الكربون المشع في :

1- كشف ودراسة التغيرات الجيومورفولوجية و البيئية القديمة التي شهدها حوض وادي الفُوِيلقْ خلال عصر الهُولُوسِين وحتى الزمن المَعِيش.

2-كشف أنماط تغيرات الغطاء النباتي والأنظمة الهيدرولوجية بحوض وادي الفُوِيلقْ خلال الفترة 2000م-2015م.

3- إظهار دور تكامل تقنيات التغير المكاني SC و NDVI في دراسة تغيرات الكساء النباتي بحوض وادي الفُوِيلقْ خلال2000م-2015م

منهج البحث وتقنياته

يعتمد هذا البحث على الخطوات المنهجية التالية :

3-1- العمل الميداني

استمر العمل الميداني ثلاثة أسابيع من شهر مارس 2016م ، تمت خلالها عدة جولات ميدانية يومية مكنت من الوقوف على عدد من مستويات الترسيب في سهول وادي الفُوِيلقْ القديمة حيث تم اِختيار قطاع ممثل أُعطي رقم FQ.15.01، وهو يقع (E 26o55'25" - N 43o06'59"). وقدر سمكه بنحو 3.30 م. ويتضمن 12 وحدة ترسيبية. كما تم خلال هذه المرحلة القيام بإنشاء نقاط ضبط أرضي، وإجراء مسح أرضي لكافة الأغطية الأرضية واسْتِخْدامات الأرض السائدة في حوض وادي ذالفُوِيلقْ أنزلت على برنامج Ozi Explorer وهو مباشر الربط بين الميدان والأقمار الصناعية. وقد تم كذلك أخذ إحداثيات المناطق التي استخدمت في اختيار البصمات الطيفية على المرئية وتوقيع أكثر المشاهد الأرضية على الخريطة المنجزة في نتائج هذه الدراسة.

3-2- التحليل المخبري

3-2-1- التحليل العمري : لتحديد العمر المطلق تم إستقطاع عينتين (FQ.15.12 و FQ.15.01) لإخضاعها لتحليل كربون 14 (14C) Radiocarbon Dating. فقد تم تحديد مصطبتين تحوي كميات كربونية وأنثرة نباتية ، ومنها تم حفر القطاع المذكور واستخلاص المواد بجهاز من نوع Earth Augers. ولقد تم حفظ المواد بواسطة عبوات ألمنيوم حفظت في حاوية مبردة تم شحنها إلى معامل Bate Analytic في فلوريدا الأمريكية.وقد حسبت الأعمار وفقا للمعادلة رقم 1

2013، -Radiocarbon 55(4):1869–1887.

وفيه :

$$Age = \frac{Ln\left(\frac{N_f}{N_o}\right)}{(-0.693)\frac{T}{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

Ln : دالة اللوغاريتم

Nf : كمية كربون 14 في ا

No : كميته كربون 14 في

$\frac{T}{\frac{1}{2}}$: عمر النصف لكربون 14 والذي يساوي 5730 سنة.

أما فيما يتعلق بالأعمار الناتجة فقد تمت معايرتها بواسطة منحنيات المعايرة التابعة لنظام Calibration Beta Analytical Curves 13.

ولدراسة خصائص الإرسابات تم اسْتِخْدامُ Optical Microscope 40X-1000X LED Light Monocular وذلك لعدد (12) عينة في قطاع رأسي(FQ.15.01).

تقنيات الاستشعار عن بعد

اعتمدت الدراسة على قراءات الرادار الأمريكي للتضاريس Shuttle Radar Topography Mission (STRM) بوضوح مكاني قدره 30 متر لاستخلاص حوض وشبكة وادي الفُوِيلقْ. وإزاء ذلك فقد اعتُمد بشكل رئيس على تقنيات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools و تحديداً التقنية المتعلقة بالنظام الهيدرولوجي Arc Hydro Tools في برمجية ArcGIS. وقبيل تحليل الأنموذج تم معالجة القيم الشاذة عن طريق أداة Fill و من خلال تكامل الأدوات Flow Direction, Flow Accumulation , Conditional Con.

وبغية استِخراج معلومات تغيرات الأغطية الأرضية و الغطاء النباتي(LC) Land Cover Change ، فقد تم الاعتماد على المرئيات الفضائية(7) Landsat ETM بتاريخ 2000/5/27م ، إضافة إلى مرئية فضائية من نوع(8) Landsat OLI بتاريخ2015/6/30م (USGS, 2016) ، حيث رُوعي تقارب الفترة الزمنية بين المرئيتين الفضائيتين. كما تم اختيار فصل الصيف لمهمة كشف التغير وذلك لإعطاء صورة دقيقة عن التصنيفات المختلفة من رمال وسباخ و نباتات طبيعية بالإضافة للأراضي الفلاحية.

وتم أيضاً استخدام برنامج ERDAS IMAGINE 2014 لمعالجة و تحليل المرئيات الفضائية من خلال أداة دمج النطاقات Layer Stack ، بغية إجراء تحليل التصنيف المراقب بالاعتماد على النطاقات الطيفية الخمسة : الأزرق و الأخضر و الأحمر ، إضافة إلى نطاقات الأشعة تحت الحمراء و تحت الحمراء المتوسطة. ولتحديد مؤشر اختلاف الغطاء النباتي NDVI فقد تم الاعتماد على نطاقي الأشعة الحمراء و الأشعة تحت الحمراء بدقة 30 متر × 30 متر والتي تعد مناسبة لهدف البحث. كما يعد منهج كشف التغير لعملية التصنيف المراقب من أشهر المناهج المستخدمة في مجال الاستشعار عن بعد وذلك لاستخلاص المعلومات عن الظواهر الأرضية المختلفة ، حيث يعتمد هذا المنهج على تصنيف الظاهرات بناءً على التشابه الطيفي للتصنيف الواحد (Aljaddani, 2015). كما استُخدمت منطقة التدريب Training Area في عملية التصنيف المراقب للحصول على التفسير النوعي و العددي الذي تم تحديده بناءً على الصفة الطيفية لكل تصنيف من تصنيفات تغيرات الأغطية الأرضية و الغطاء النباتي ، حيث صُنفت كافة الأغطية الأرضية بناءً على الخبرة الميدانية للباحثين واختيار إحداثيات المواقع عبر برمجية GPS.Ozi Explorer. وقد تم الحصول على تقسيمات أرضية مختلفة لعملية التصنيف المراقب وهي: الأراضي الفلاحية و النباتات الطبيعية و السباخ و الرمال ثم جزئت الرمال إلى ثلاثة أصناف وهي الرمال النهرية و الأوشحة الرملية و الكثبان الرملية.

تم بناء مواقع Sign Signature بناءً على ماهية التصنيفات. فكل تصنيف تم توقيع بصماته على حده. وعليه تم تمييز أربعة تصنيفات أرضية في

الحوض. و بعد اكتمال هذه الخطوة تم تطبيق أداة التصنيف المراقب SC و اختيار سمات المساحة Feature Space و خيار أقصى احتمالية خوارزميةMaximum Likelihood Algorithm للمرئيتين الفضائيتين Landsat ETM-7 و Landsat OLI-8.

وبعد تحديد أربعة تقسيمات أرضية على خريطة التصنيف المراقب لكل من 2000م و 2015م ، تم اسْتِخْدامُ أداة إعادة الترميز Recode لتجميع نتيجة التصنيف المراقب. فعلى سبيل المثال صنفت الأراضي الفلاحية برقم (1) و النباتات الطبيعية برقم (2) والسباخ برقم (3) و أخيراً الرمال برقم (4). ومن المعلوم أن التصنيف المراقب لا يعد مكتملا بدون تقييم دقة هذه التصنيفات Accuracy Assessment . و ترجع أهمية هذه الخطوة إلى كونها اخْتِبَاراً لمدى دقة هذه التقسيمات و إبراز تقيميها رقمياً ، حيث تم اختيار إجمالي النقاط العشوائية بمجموع 200 نقطة بمعنى 50 نقطة لكل تصنيف من التصنيفات الأربعة من خلال استخدام أداة تعادل توزيع النقاط العشوائية "Equalized Random". وتهدف أداة تعادل توزيع النقاط العشوائية إلى العدل في توزيع النقاط بين التصنيفات و تنفذ على المرئية الفضائية الأساسية.

ولتقييم مدى دقة التصنيف تم تطبيق مصفوفة الإعلام بالخطأ Error Matrix حيث إنها بمثابة تقرير لنتيجة تقييم الدقة في التصنيفات المنتجة ، فنظمت البيانات المرجعية لكل تصنيف من التصنيفات المختلفة على هيئة أعمدة و صفوف. هذا ويعتمد تقرير نتيجة تقييم دقة التصنيف المراقب على دقة المستخدم User's Accuracy و دقة المنتج Producer's Accuracy ، إضافة إلى تقرير تقييم الدقة كاي-هات Khat-Coefficient of Agreement ، كما هو موضح في المعادلة رقم (1) التي تعتمد على تحديد أداء التصنيف المراقب ، فكلما كانت النتيجة أقرب إلى(1) كلما دلّ على أن نتيجة التصنيف أفضل وكلما كانت النتيجة أقرب إلى (صفر) كلما دل على سوء نتيجة التصنيف المراقب.

$$\hat{k} = \frac{N\sum_{i=1}^{r} X_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+}.X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+}.X_{+i})} \qquad (2)$$

وفيها : Congalton)،(1991
r : عدد الصفوف في المصفوفة.
Xii : المجموع القطري.
Xi+ : مجموع العينات المراقبة في الصف 1،
X+i: مجموع العينات المراقبة في العامود 1،
N : مجموع أرقام العينات.

وتم الاعتماد على مصفوفة الخطأ و تقرير الدقة لأداة التصنيف المراقب فهو من أكثر الطرق شيوعاً إضافة إلى دقته و تميزه في كشف الأغطية الأرضية و الغطاء النباتي. كما تم تجزئة التصنيفات الرملية بحوض وادي الفُويلق بناءً على التنوع المورفولوجي. فقد تم الاعتماد على برنامج ArcGIS لتقسيم الرمال إلى (3) تصنيفات هي الرمال النهرية والأوشحة الرملية والكثبان الرملية. إضافة إلى ذلك تم استخراج مساحة الأغطية الأرضية والغطاء النباتي لحوض وادي الفُويلق لجميع التقسيمات خلال العامين 2000م و 2005م، و من ثم تصميم الخريطة.

وتم اعتماد مؤشر اختلاف الغطاء النباتي NDVI من أجل وضع تصور لامتدادات وتقسيمات الغطاء النباتي بنوعية الفلاحي و الطبيعي. حيث تم الاستناد على أداة Model Maker لبناء نموذج مؤشر اختلاف الغطاء النباتي NDVI استناداً على المعادلة رقم (3) : (Tucker, 1980)

(3) NDV = Band 7- Band 6 / Band 7 + Band 6

وفيها يمثل Band 7 الأشعة تحت الحمراء و Band 6 الأشعة الحمراء.

و تعتمد معادلة مؤشر اختلاف الغطاء النباتي NDVI على امتصاص و انعكاس كل من الأشعة الحمراء و الأشعة تحت الحمراء من أشعة الطيف الكهرومغناطيسي(Carlson & Ripley، 1997; Chen، Pu، He، & Shi، 2003; and Gamon، et al.، 1995.).

4- الخرائط والنماذج المستخدمة في الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على ما يلي :

4-1-أنموذج الارتفاع الرقمي (SRTM) لحوض وادي الفويلق في رسم الشبكة الهيدرولوجية للحوض بالاعتماد على Toolbox - Spatial Analyst Tools- Hydrology في برمجيات Arc Gis و Erdas imagine 2011 .

4-2- خارطة جيولوجية لمربع جبل حبشي لوحة رقم : (26ف) ، مقياس : (250000/1) ، تاريخ 1986م ، ومنها تم تصحيح الخارطة وتحويل إسقاطها إلى WGS 1984 لرسم الوحدات الجيولوجية بواسطة برمجية Arc GIS10.1.

4-3 -استخدام أطلس التربة لوزارة الزراعة والمياه (1406هـ) ومنه تم تصحيح الخرائط وضبط إسقاطها WGS 1984 لرسم خريطة التربة لحوض وادي الفويلق.

5- دراسات سابقة

لقيت دراسة الأحواض الصحراوية مؤخراً عناية لابأس بها خاصة فما يتعلق بدراسة التغيرات البيئية والمناخية. ولقد اعتمدت تلك الدراسات على تقنيات حديثة لم يعهد اسْتِخْدامُها سابقاً ، الأمر الذي ساعد على وضع تصور شبه واضح عن التغيرات البيئية القديمة والمعاصرة التي حلّت بتلك الأحواض خاصة تلك التي تمتد في وسط المملكة العربية السعودية. ومن هذا المنطلق سيتم استعرض بعض من الدراسات التي عنيت بتقديم تصور عن التغيرات البيئية التي حلّت قبل 50 ألف سنة ماضية بالأحواض المجاورة لحوض وادي الفُويلقْ لقوة تعاضد أدلتها ، وهي كما يلي :

- قامت مكليران وزملاؤها (Mclaren et al.، 2009) بدراسة رواسب الزمن الربع المعثور عليها في سفوح الغسيل والمراوح الفيضية في القويعية، فقد اعتمدت الدراسة تلك على تقنية Luminescence Optically Stimulated (OSL) ، وقادت نتائجها إلى تحديد أدلة فيضانات عظيمة سادت خلال الـ 38 و 50 و 54 ألف سنة مضت. والحقيقة أن ما وجدته مكليران وزملاؤها يتوافق كثيراً مع ما عثر عليه الدغيري عندما درس المنخفضات البينة في نفود الثويرات ،

حيث وجدا آثار بحيرات عظيمة كانت تشغل تلك الأجزاء من القصيم الأمر الذي لا يدع مجالا للشك أن حوض وادي الفُوِيلقْ قد شَهِدَ شيئاً من تلك التغيرات المناخية والبيئية نظراً لوقوعه بالقرب منها (الدغيري ، 2011). هذا بالإضافة لتلك الأدلة التي عثر عليها الباحث نفسه في عام 2012 وتحمل مؤشرات تغيرات بيئية ممتدة شملت وادي الطرفية ، تمثلت في وجود رمال نهرية ذات سماكات كبيرة تدعم فيضان وادي الطرفية وتؤكد أن مجرى الوادي كان نهراً دائماً متوسط الجريان قبل (80) ألف سنة ، واستمر بحالته الموصوفة حتى حلول (49) ألف سنة ، حيث تَجَلَّى أنه كان ضعيفاً إلى متوسط الجريان بل تخللته فترة انقطاع قصيرة. ومن المحتمل أن جريانه ذلك تزامن مع ترسب رمال نفود الطرفية بفعل قوة دفع رياح الشمال القديمة التي كومت الرمال في هذا المجرى الضعيف الجريان. ويدعم ذلك زيادة نسبة الكربون في إرسابات الكثبان الرملية. ويشير الدغيري نفسه في دراسته تلك إلى أن التغير البيئي الأبرز الذي حدث هو انطماس وادي الطرفية تماما وهجرته لمجراه غرباً قبل (5) آلاف سنة، حيث تكدست إرسابات ريحية شكلت كثبانا طولية بفعل أنظمة رياح الشمال التي كانت أكثر نفوذاً في أواسط الهُولُوسِين Middle-Holocene.

وفي القريب المجاور لوادي الفُوِيلقْ تناول (الدغيري ، 2013) أدلة فيضان وادي الرمة بإقليم القصيم خلال الهُولُوسِين ، حيث ركَّزت دراسته تلك على فهم التغيرات البيئية القديمة ، وربط أحداث الجريان بما يشابهه من أودية وبحيرات في الجزيرة العربية. إضافة إلى ذلك حاولت تلك الدراسة تقديم تصور عن حال الأوضاع المناخية القديمة السائدة في هذا الجزء من المملكة. وقد عمدت تلك الدراسة إلى اِسْتِخْدامُ تقنيات إعادة الإعمار من مثل Optically Stimulated Luminescence (OSL) ، وتقنية Radiocarbon dating (C14) ، وكذلك تقنية X-Ray Diffraction لدراسة الخصائص المعدنية للرواسب. وقد ساعدت كل هذه التقنيات في بناء تصور دقيق عن خصائص البيئة والتغيرات المناخية القديمة التي واكبتها ، حيث أثبت الباحث أن جريان وادي الرمة تزامن مع فترات رطبة خلال الهُولُوسِين المبكر قبل حوالي 10 ألاف سنة. وقد كان الوادي في قمة نشاطه خلال هذه الفترة بسبب توغل الرياح الموسمية الجنوبية الغربية على أجزاء واسعة من أواسط المملكة. وبعد 5000 سنة أكد

الدغيري أن جريان وادي الرمة قد ضعف وتحول إلى جريان موسمي وضعيف لم يشهد بعدها الوادي أي نشاط مائي قوي يذكر عدا الفيضان الذي حدث قبيل (4200) سنة ، والذي دام فيه وادي الرمة جارياً مدة قدرت بنحو (200) سنة. وأشارت تلك الدراسة إلى أن وادي الرمة شهد في تلك الفترة فيضانات عارمة يغلب عليها أنها عمت أجزاء كبيرة من القصيم. و لم تلبث البيئة في القصيم على حالها تلك فقد بين الدغيري كذلك أن أدلة الرسوبيات في القطاعات العليا من مصاطب الرمة تدعم زيادة ذرو وترسيب ريحي بفعل رياح الشمال التي ساعدت بهبوبها تارة وضعفها تارة على تراكم الرمال وغلق مجرى الوادي بالكثبان الطولية عند نفود المظهور والثويرات ، إضافة لتراكم الأوشحة الرملية والنباك على طول امتداد المجرى الدغيري (2012م). وتؤكد كل تلك الدلائل أن ما حصل في محيط وادي الرمة ليس بمعزل عن حوض وادي الفُوِيلقْ المجاور للوادي الرمة وبالتالي فإن البحث في ذلك سيكشف عن التغيرات البيئية والمناخية التي حصلت في هذا الحوض قيد الدراسة وبالتالي سيساعد على اكتمال بناء تصور علمي دقيق عن كل مايحويه هذا الحوض ليكون استثماره والتخطيط فيه متوافقاً مع طبيعة الوادي الأصلية.

وفيما يخص التغيرات البيئية في الزمن المَعِيش فقد تنوعت أساليب الدراسة حيال ذلك. فقد قدم وهيب وعبداللطيف في عام 2010 تصنيفاً للأراضي الساحلية العراقية بِاسْتِخْدامُ صور الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية مع التركيز على تمييز المناطق المغمورة بالمياه وتصنيفات الأراضي الرطبة والمناطق الرملية والسباخ بالإضافة إلى مياه البحر الضحلة. كما هدفت الدراسة إلى تحديد الاسْتِخْدام الأمثل للموارد الأرضية الطبيعية بدون التأثير السلبي عليها. هذا بالإضافة إلى تحديد المواقع المثلى للأراضي المعدة للاستثمار السياحي ، عمد البحاثة في دراستهم تلك إلى اِسْتِخْدام مرئية Landsat-TM و عدد من الأساليب مثل مؤشر الانعكاس الكهرومغناطيسي ومؤشر العتبة. وخلصت تلك الدراسة إلى تحديد الأراضي التي يصلها البحر بدقة مقبولة مع تصميم خارطة تصنيفية للأراضي التي يصلها ماء البحر في ثلاث مستويات مياه ضحلة ومياه عميقة ومياه أكثر عمقا بالإضافة إلى أراضٍ سبخية وفجاج رملية.

وأوضحت الجدعاني2015م في بحثها الذي استخدمت فيه تقنيات كشف التغير بطريقة التصنيف المراقب التي كشفت التغير في عدد من التصنيفات الأرضية في جدة و هي النمو الحضري والمناطق الخالية من السكان والنباتات و المياه خلال ثلاث فترات زمنية هي 1984 و 2000م و 2013م. وقد أظهرت نتائج الدراسة تزايد النمو السكاني بشكل ملحوظ شمالاً و جنوباً دون الشرق بسبب الجبال التي شكلت فيه عائقاً وكذلك الغرب أيضا بسبب مياه البحر الأحمر. كما تقلصت المناطق الخالية بشكل واضح نتيجة الازدياد السكاني. إضافة إلى تزايد الغطاء النباتي في المدينة. و يعزى ذلك إلى ارتباط المناطق الخضراء من حشائش و أشجار بأماكن النمو الحضري من مناطق سكنية و طرق ومطارات وأماكن خدمات عامة. كما استخدمت الباحثة تقنية Texture وكان الهدف منها تحسين جودة نتائج التصنيف المراقب خاصة في المناطق الصحراوية التي تعطي انعكاسا طيفيا مشابهاً للمناطق الرملية و الصخرية الجبلية مع مناطق النمو الحضري.

ويعتبر مؤشر الغطاء النباتي NDVI مهماً لإبراز التغيرات في فترات زمنية متعددة ، كما أنه يساعد في فهم تغييرات النباتات و استخلاص الأسباب التي أدت إلى ذلك. ففي دراسة Tucker وآخرين تم تطبيق طريقة اسْتِخْدام مؤشر اختلاف الغطاء النباتي من مصدريين مختلفين (Trucker et al., 2001). كما أن الفترات التي استخدمها كانت بين عامي 1982م و 1999م. وقادت نتائج الدراسة إلى إبراز فوراق كبيرة في النشاط الضوئي وطول فصل النمو فوق درجة خطوط العرض 35o شمالاً. كما لاحظ الباحثون زيادة نمو النباتات في تلك الفترتين بين عامي 1982م إلى 1991م و بين عامي 1992م إلى 1999م. ولقد عزا الباحثون ذلك النمو إلى ظاهرة التبريد العالمي في شهر جون 1991 مع ثوران بركان جبل بيناتوبوPinatubo. كما أظهرت نتائج الدراسة أن متوسط شهر مايو إلى شهر سبتمبر أبرز تبايناً في مؤشر اختلاف الغطاء النباتي NDVI الذي ارتفع بنسبة 9% من 1982م إلى 1991م و من درجة خطوط العرض 45o شمالاً إلى 75o شمالاً. وفي المقابل في الفترة ما بين 1991 م إلى 1992م تناقص بنسبة 5% و ازداد من 1992م إلى 1999م بنسبة 8%. إضافة إلى ذلك فإنها ارتبطت باختلافات

مؤشر تباين الغطاء النباتي مع اختلافات في بداية فصل النمو من -5.6 و +3.9 و 1.7 يوماً على التوالي.

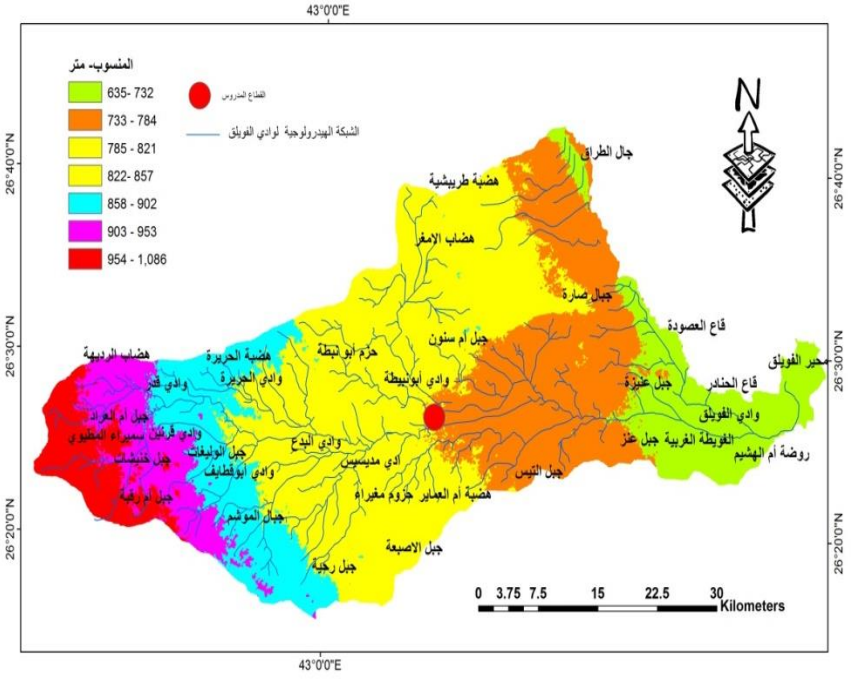
وقامت لبنى بدراسة عنوانها **التحليل الجغرافي للتغير الزراعي في منطقة حائل: دراسة تطبيقية باسْتِخْدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية** ، تناولت فيها تقييم الوضع الزراعي خلال الفترة 2000م-2010م وكذلك خلال الفترة 1986-1997م، مع البحث عن الأسباب المرتبطة بالتغير الحاصل. وكشفت نتائج الدراسة عن وجود تقلص واضح في المساحة الزراعية خلال الفترة 2000-2010م مقارنة بفترة الثمانينات والتسعينات.

6- النتائج والتحليل والمناقشة

تتلخص نتائج الدراسة في ما يلي :

6-1- التغيرات البيئية القديمة بحوض وادي الفُوِيلقْ.

بغية فهم التغيرات البيئية الحاصلة بحوض وادي الفويلق خلال الزمن المَعِيش، كان من الضرورة بمكان إلقاء نظرة عامة على ما ساد وباد فيه قديما لكي لا تكون الدراسة الحالية بمعزل عن ماضي الحوض القديم. فالماضي مفتاح لفهم الحاضر. ولأجل ذلك تم اختيار قطاع ممثل (26o55'25"E- 43o06'59"N) على طوال امتداد الوادي الذي ينصف منطقة الدراسة من الغرب ناحية الشرق مخلفًا عدداً من مصاطب فيضية يرجح بأنها إرث لفيضانات قديمة وقتما كان الوادي نهرًا يجرى بكامل طاقته (الشكل رقم 6).



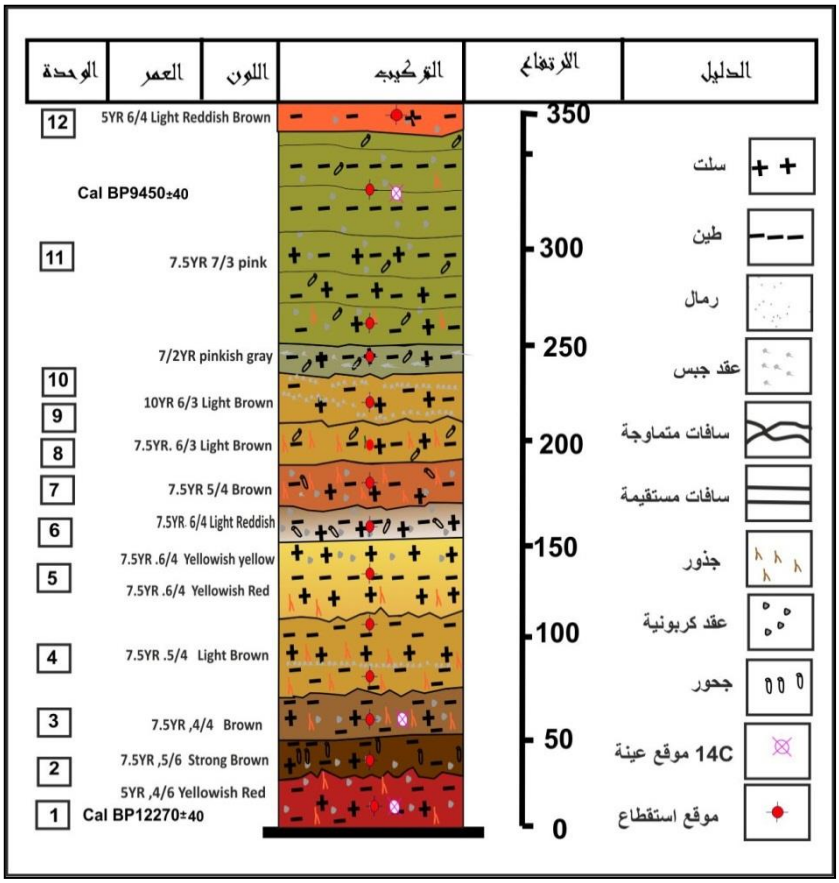
الشكل رقم (6). شبكة التصريف المائي لوادي الفُويلقْ بمنطقة القصيم

المصدر : عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات الرادار الأمريكي SRTM-2010 التابع للماسح الراداري الأمريكي للتضاريس.

ومن خلال تتبع الخصائص الترسيبية للمصطبة المدروسة يتبين ما يلي : (الشكل رقم 7)

تؤكد خصائص الأجزاء الدنيا من المصطبة عند الوحدات (1 و 2 و 3) وجود إرسابات سلتية ، تحوي طيناً وكميات قليلة جدا من الرمال الناعمة مع جذور وجحور وعقد كربونية. وقد أكدت نتائج الكربون المشع المعاير بأن الإرسابات في الوحدة

رقم (1) تعود لمايقرب (12270 Cal BP) قبل الحاضر. وهذا يدعم وبقوة أن الوادي وقتها كان نهراً جارياً ، وربما كان ذلك يتزامن مع ظروف رطبة صاحبتها تهطالات عظيمة دعمتها تلك الأسرة السلتية المجلوبة بالمياه. وهذه الدلائل ليست بمستغربة خلال تلك الفترة ، فقد أكدت الدراسات المجاورة لوادي الفُويلقْ على نشاط واضح للأودية آنذاك، كوادي الرمة بسطوح الطين في قاع القتلاء. فقد قدرت أعمار السهول الفيضيه الطفلية السلتية بما يعادل (12220 Cal BP) ألف سنة قبل الحاضر. و هي تدعم نشاط قوي لوادي الرمة. هذا بالإضافة إلى رصد فترة رطبة عاصرت تراكم نفود بريدة عند أقدمه تعود لما يقرب (12450 Cal BP) ألف سنة خلت، كذلك تشير خصائص المخلفات والأحطمة النباتية في هذه المرحلة من الجريان أن النهر شهد كثافة واضحة لكساء شجري تزامن نموه مع فترات رطبة ربما كانت البيئة وقتها أقرب ما تكون إلى الغابية بدلالة ارتفاع قيم مؤشر النبات C d 13 المدرج ضمن كربون 14 والذي وصلت قيمته نحو(-19.0%).



الشكل رقم (7). التكشفات المثلى لإرسابات السهل الفيضي بمجرى وادي الفُوِيلقْ عند قطاع FQ.15.01

المصدر : عمل الباحثين بالاعتماد على البيانات الميدانية والمخبرية.

بالانتقال إلى الوحدات رقم (4 و5 و6) نجد إرسابات كتلية متماسكة، تتأرجح ألوانها ما بين البني الغامق (7.5YR 5/6، 7.5YR 6/4) والأحمر الفاتح 7.5YR). وتحتوي هذه الوحدة على إرسابات سلت ناعم (65%) بالإضافة لرمل ناعم بنسبة قليلة (10%). هذا الإضافة إلى رواسب طينية وكربونية بنسبة تصل نحو (25%) ومواد عضوية وإشنيات. كما تضمّ هذه الوحدات أنماطاً مختلفة من جحور وجذور بكثافة جيدة لكنها أقل حجوما من سابقتها،

وربما في هذا مؤشر على تقلص الكساء النباتي. و بالنظر لحدود سطوح الوحدات يلحظ عليها التعرج. ومن خلال هذه الأدلة يمكن القول بأن المرحلة التي مر بها هذا الوادي أثناء جريانه كانت أقل نشاطا من مراحلة السابقة ، وربما كان أقل قوة في الجريان ، بل ساد فيه نباتات قزمية وطحلبية هي قريبة ربما من تلك التي تشاهد في زمننا المَعِيش حول جنبات الأودية والمنخفضات. وبشكل مجمل يمكن القول بأن بيئة الوادي في مراحل تالية من الهُولُوسِين قد كانت أقرب لبيئة مستنقعية وحلية مع توقف تبعه بخر عالي استمر في فترات متتالية كما دلّ على ذلك تلك الأغشية التبخرية من الجبس.

وتتقارب هذه الأدلة مع الأدلة التي عُثر عليها في مجرى وادي الرمة التي أكدت أن وادي الرمة توقف جريانه قبل (Cal BP 11840) سنة وأصبح يمثل بيئة وحلية في المنطقة التي هي إلى الشمال من البدائع ، بالإضافة إلى تقاربها مع تلك المعثورات الترسيبية والجحور التي هيمنت على مصاطب وادي الرمة عند حضيض نفود الثويرات قبل ما يقارب (11910 Cal BP) قبل الحاضر (Al-Dughairi، 2011).

وفي الأجزاء الوسطي من مصطبة وادي الفُوِيلقْ حيث تظهر الوحدات (7 و8 و9) لوحظ أن هنالك تشابهاً في الخصائص الترسيبية مع تباين لوني بسيط. فهي إجمالا وحدات كتلية تتباين فيها الرواسب بين السلت والطين مع اختلاف في نسب الكورتز (50%) الذي تزداد نسبته بالاتجاه ناحية الأعلى ، إضافة إلى زيادة ملحوظة في كميات الكربونيت ، مع ظهور واضح لأغشية جبسية تزداد بالاتجاه ناحية الأعلى من المصطبة (9). كما تحتوي هذه الوحدات على أحطمة جذور ونثار نباتات بالإضافة لجحور أحيائية ، لكنها أقل بكثير من تلك التي في الوحدات التي تقع أسفلها. و تتراوح ألوان الإرسابات فيها ما بين البني (7.5YR5/4) والبني الفاتح 7.5YR (6/3). وتوحي الأدلة السابقة بأن جريان الوادي كان هادئاً ومستمراً ولم يلحظ عليه فترات توقف واضحة أو جفاف موسمي إلا في الأجزاء العليا من المصطبة (9) ، حيث بدت هنالك آثار إرسابات ملحية تدعم نشاطاً سبخياً ووحلياً ختم بسطوح جبسية تبخرية ربما فيها دلالة على انخفاض مستوى المياه في الوادي إبان أوائل حقبة الهُولُوسِين ، إلا أن الوضع العام للبيئة

والمناخ في الوادي كان رطبا مع سيادة كساء نباتي شجري ليس ببعيد عما هو مشاهد في المصاطب السابقة.

وتظهر بالقرب من الحدود العليا مصطبة لحقية هي أكثر حداثة مما سبقها وتتسم بتطبقات منهالة من طين وسلت تحتوي على سافات وعقد جبسية ، تندمج معها إرسابات ريحيه تصل نسبها إلى (60%). ويتخلل الوحدات جحور، دلت نتائج تحليل الكربون المشع عند الارتفاع 345 سم على أن إرساباتها الكربونية تعود لفترة Cal BC 9450. توحي هذه الدلائل بأن هذا الجزء من وادي الفُويلقْ قد شهد خلال الفترة المبكرة من حقبة الهُولُوسِين فيضانات شديدة ، تزامن معها نمو كساء نباتي كثيف هو أقرب ما يكون للغابي وهي قريب من الفيضان العظيم الذي وصفه الدغيري بأنه من أعنف الفيضانات التي شهدتها أرض القصيم حينما فاض الرمة قبل ما يقرب Cal BC 9490 (الدغيري ،2011). فقد غمرت أجزاء واسعة من القصيم خلالها وتزامن ذلك الغمر مع ظروف مناخية رطبة حينما كانت الجزيرة العربية تتعرض لتأثيرات الرياح الموسمية الرطبة التي تزامن معها آنذاك نشاط أحيائي ونباتي كثيف.

هذا وتفيد الدلائل الترسيبية في الأجزاء العلياء من المصطبة إلى فترات انقطاع لا يعلم مدتها بدليل تماوج سطوح التطبق. كما يلاحظ زيادة ملحوظة في نسب الكربونيت والكورتز 70% ، وهذا يدعم بقوة أن الوادي قد بدأت فيه القحولة في هذه المرحلة. وتتوافق خصائص هذه المرحلة مع خصائص المراحل الأخيرة من إرسابات وادي رغوة الواقع شرق نفود السر حينما حل الجفاف به قبل 5000 سنة ، وكذلك تتوافق مع انغلاق مجرى وادي الرمة قرب النبقية برمال نفود الثويرات قبل 4300 سنة. كما كشفت الدراسة بأن هذا الوادي لم يستمر طويلاً في جريانه بل أصبح جريانه موسمياً، وربما تحول مجراه إلى أراض وحلية في فترات وسبخية في فترات أخرى وهو الأغلب؛ وجف تماما في مراحله الأخيرة. ويدعم ذلك زيادة إرسابات الجبس والتكدسات الريحية في الوحدات العليا من المصطبة رقم (12).

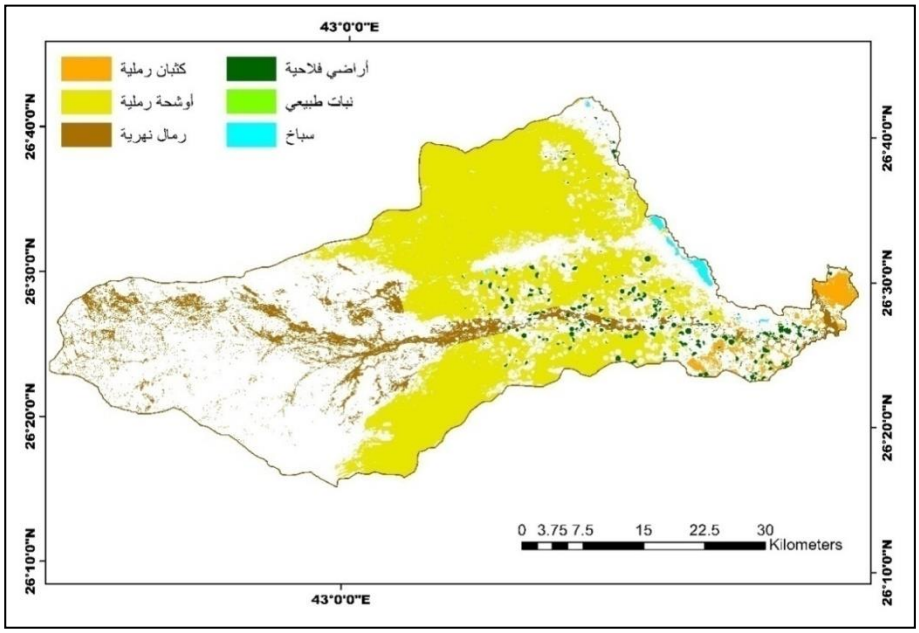
6-2- تغيرات الأغطية الأرضية و الغطاء النباتي بحوض وادي الفُوِيلقْ في الزمن المَعِيش2000م - 2015م

بعد استعراض ماهية البيئة القديمة بحوض وادي الفُوِيلقْ واسْتِجْلاب الماضي لفهم خصائص الأغطية الارضية الحالية و الغطاء النباتي في الزمن المَعِيش فإن هذا البحث اعتمد على تطبيق تقنية التصنيف المراقب SC و مؤشر اختلاف الغطاء النباتي NDVI لاسْتِخْلاص أهم التغيرات في الأغطية الأرضية المختلفة من رمال نهرية أوشحة رملية وكثبان رملية وسباخ ونباتات طبيعية وكذلك أراضي فلاحية.

وتؤكد نتائج تقنيتي التصنيف المراقب و مؤشر الغطاء النباتي بكفاءة عالية في إبراز التصنيفات ما أكدته عدد من الدراسات (Aljaddani ، 2015 ، Tucker وآخرون، 2001). فقد اعتمدت الدراسة على إبراز تغاير الأغطية الأرضية المختلفة في حوض وادي الفُوِيلقْ خلال عامي 2000م و 2015م (الشكل 8 و الشكل 9). فظهرت الأغطية الأرضية بعدة تصنيفات. فهنالك تركز واضح لرمال نهرية على طول امتداد مجرى الوادي (ملحق 1) بدءاً من مناطق المنابع عند جبل أم عراد و جبل خنيشات وجبل أم رقبة وجبل الموشم وكذلك في قطاعه الأوسط عند وادي البدع ووادي مديسيس ووادي أبو نبيطة ، إلى أن يصل لمصبه بين روضة أم الهشيم و قاع الحنادر. وتشغل الرمال النهرية المذكورة مساحات مختلفة تبعا لنمط تطورها، فقد بلغت مساحتها في عام 2000م نحو 156.40 كلم 2.

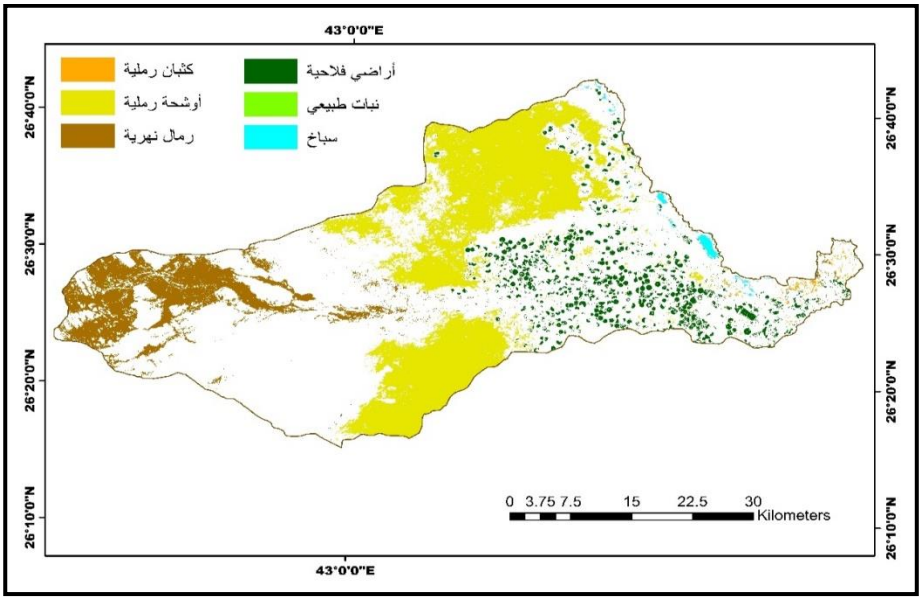
وتظهر الأوشحة الرملية في المنطقة الوسطى من حوض وادي الفُوِيلقْ عند حزم أبونبطة وجبل أم سنون وهضبة طريبشية وهضبة الأمغر وجبل التيس و هضبة أم العمايِر وحزوم مغيراء و جبل الأصبعة. كما يبدو في منطقة الدراسة نمط ترسيبي ريحي آخر أكثر تطوراً وهو نمط الكثبان الرملية التي تتركز في منطقة المصب تحديداً في جنوب حوض الوادي بالقرب من قاع الحنادر والغويطة الغربية وروضة أم الهشيم. وتصل مساحة الأوشحة الرملية و الكثبان الرملية على التوالي 793.77 و 35.69 كلم 2. ويرجع هذا الاختلاف إلى عوامل عدة من

أهمها نمط هبوب الرياح والنمو الحضري وكذلك توزيع الغطاء النباتي وجيومورفولوجية الحوض.



الشكل رقم (8). التصنيف المراقب لحوض وادي الفُويلقْ خلال عام 2000م

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على Landsat ETM-7 و Landsat OLI-8 ETM.



الشكل رقم (9). التصنيف المراقب لحوض وادي الفُويلقْ خلال عام 2015

المصدر : عمل الباحثين بالاعتماد على Landsat ETM-7 و Landsat OLI-8، ETM)

وتشغل السباخ مواقع مختلفة من حوض وادي الفويلق خاصة في جنوبه الشرقي بالإضافة إلى شماله (الشكل 8). و يعزى سبب تركزها هنالك إلى أنها منطقة منخفضة بفعل انكسار شهدته المنطقة قديما كما توحي بذلك الخريطة الجيولوجية في (شكل 2)، الأمر الذي أدى إلى أن تكوين السباخ لمكشف منفذ سواء للمياه الجوفية العميقة أو السطحية منها.

ويبرز الغطاء النباتي بنوعية الطبيعي و الفلاحي (الشكل 8). فالطبيعي منه يسود في بعض أجزاء من مجرى وادي الفُويلقْ و خاصة في شماله وغربه و في الحدود المجالية للأراضي الفلاحية خاصة في الأجزاء الجنوبية الشرقية. ويعزى تركز تلك الأنماط على مجرى حوض وادي الفُويلقْ إلى تأثير المياه الجوفية حيث تكوين ساق أو تسرب المياه السطحية و التي في الغالب ما تتسرب عبر وادي الفُويلقْ. فيما يتعلق بالغطاء الفلاحي فتظهر هنالك مناطق زراعة النخيل والرودس و الشعير

والبرسيم والقمح. وتسود في مواقع مختلفة من جنوب الحوض وعلى طول امْتِداد الوادي في الأجزاء الوسطى وخاصة في الحدود المجالية للرمال النهرية، إضافة إلى الأجزاء الشمالية و أجزاء من الأراضي الجنوبية و الجنوبية الشرقية من حوض الوادي. وتبدو تلك الأغطية الفلاحية بأشكال هندسية مختلفة مثل الدوائر و أنصاف دوائر (ملحق 3). ويوضح (الجدول رقم 1) و (ملحق 4) أبرز مساحات الأغطية الأرضية و الغطاء النباتي في حوض وادي الفُوِيلقْ لعام 2000م ، حيث بلغت مساحة النبات الطبيعي نحو 4.04 كلم2 ، وهي تعد مساحة صغيرة جدا وذلك لقحولة المنطقة وتركز أغلبه في مواسم الربيع.

الجدول رقم (1). مساحة تصنيفات حوض وادي الفُوِيلقْ لعام 2000م

بيانات التصنيف	عدد الخلايا لكل تصنيف	المساحة (كلم^2)
الأراضي الفلاحية	33230	29.91
النباتات الطبيعية	4485	4.04
السباخ	9083	8.175
الرمال النهرية	173774	156.40
الأوشحة الرملية	881976	793.77
الكثبان الرملية	39659	35.69

في حين نجد أن مساحة الأراضي الفلاحية تفوق ذلك فبلغت مساحتها نحو 29.91 كلم 2 ، إلا أن الأراضي الفلاحية تشغل أيضا مساحة أرضية صغيرة مقارنة بمساحة الحوض وذلك خلال العام المذكور آنفا ومقارنة بمساحتها خلال 2015م والتي تزايدت حتى بلغت نحو 88.91 كلم 2 (الجدول رقم 2 وملحق 4). و بشكل عام فإن مساحة الأغطية النباتية ازدادت في عام 2015م عن عام 2000م (الشكل 9) وهذا يتوافق مع دراسة (Aljaddani،2015) ، حيث ازدادت الأغطية النباتية في جهة الإقليم الرطب مقارنة بحوض وادي الفُوِيلقْ في عام 2013 و

عام 1985 بالرغم من اخْتِلاف الأسباب المؤدية إلى زيادة الأغطية النباتية في كلا المنطقتين. ولا تتوافق هذه النتائج مع نتائج دراسة لبنى 2011 في منطقة حائل والتي دلت أن فترة الثمانينات فترة توسع زراعي مقارنة بفترة 2000م وحتى2010 التي تقلصت فيها المساحة الزراعية بشكل ملحوظ نظرا لتدهور الترب وقلة منسوب المياه الجوفية. ومن هنا يمكن القول إن هذه النتيجة العكسية مرجعها أن منطقة وادي الفُوِيلقْ تتربع على أكبر خزان جوفي في المملكة العربية السعودية وهو خزان ساق بعضوية ساجر والرشاء ، بالإضافة إلى وجود تربة خصبة غنية و جيدة الصرف (الشكل 4).

كما أبرزت نتائج مصفوفة الخطأ Error Matrix التي تعد إحدى أجزاء تقرير تقييم الدقة للتصنيفات الأربعة التي تم الاعتماد عليها في منهج التصنيف المراقب للأغطية الأرضية بحوض وادي الفُوِيلقْ خلال عام 2000م والمتمثلة في الأراضي الفلاحية والنباتات الطبيعية والسباخ والرمال ، حيث برزت بعض من التصنيفات كالأراضي الفلاحية و النباتات الطبيعية والرمال إلى زيادة أو نقصان لاكْتِمال عدد الخلايا التي تحوي كل منها و ذلك بسبب كبر المساحة التي تغطيها الرمال أو نظراً إلى صغر و قِلَّة عدد الخلايا مثل النباتات الطبيعية. في حين كانت السباخ هي التصنيف الوحيد الذي بقي على ما هو عليه مع تغير طفيف جداً وذلك نظراً إلى صغر ووضوح موقع تصنيفها مقارنة بالتصنيفات الأخرى.

وأوضحت نتائج التوزيعات الجغرافية المنتجة بواسطة تقنية التصنيف المراقب خلال عامي 2000م و2015م تنوعاً في امْتِداد وتوزيع الأراضي الفلاحية والنباتات الطبيعية والسباخ إضافة إلى الرمال النهرية و الأوشحة الرملية و الكثبان الرملية (الشكل 8 و 9). وقد برزت زيادة واضحة في امْتِداد ومساحة الأراضي الفلاحية بشكل واضح خلال 2015م مقارنة بعام 2000م . فقد توزعت جغرافياً في أماكن متفرقة من المنطقة الوسطى إلى الشرقية و أجزاء من الجنوبية الشرقية و أخرى من الأجزاء الشمالية و الشمالية الشرقية من الحوض. ويدعم ذلك كمياً المساحات المستخرجة في الجدول 2 - ملحق 5 ، حيث بلغت رقعة

الأراضي الفلاحية خلال عام 2015م نحو 88.91 كلم2 مقارنة بعام 2000 م، التي لم تتجاوز فيها المساحة 29.91 كلم 2 (ملحق 5). ويرجع ذلك لعدد من الأسباب من أهمها حاجة السكان لزراعة بعض الأعلاف خاصة التوسع الكبير في زراعة الأعلاف كالبرسيم والرودس على حساب القمح والشعير الذي اقْتَصَر على بعض المشاريع الزراعية. كما برزت هنالك بعض المساحات الخضراء الصغيرة مستطيلة الشكل وهي تمثل التوسع في زراعة النخيل (ملحق 2) ، وكذلك زيادة مساحة رقعة الاستراحات والبساتين الصغيرة وهي في الغالب يمُتهن فيها زراعة الورقيات والبرسيم والنخيل بالإضافة لأشجار الحمضيات.

الجدول رقم (2). مساحة تصنيفات حوض وادي الفُوِيلقْ لعام 2015م

بيانات التصنيف	عدد الخلايا لكل تصنيف	المساحة (كلم^2)
الأراضي الفلاحية	98789	88.91
النباتات الطبيعية	424	0.38
السباخ	8033	7.23
الرمال النهرية	193733	174.36
الأوشحة الرملية	573129	515.82
الكثبان الرملية	5441	4.89

ومن التنوع الحاصل في حوض وادي الفُوِيلقْ انْتِشار النباتات الطبيعية بشكل أقل خلال 2015م ، فقد اقتصر انْتِشارها على أجزاء صغيرة من حوض الوادي 0.38 كلم2، خاصة حول المجرى ، إضافة إلى بعض المناطق المجاورة للأراضي الفلاحية في الأجزاء الوسطى من الحوض.

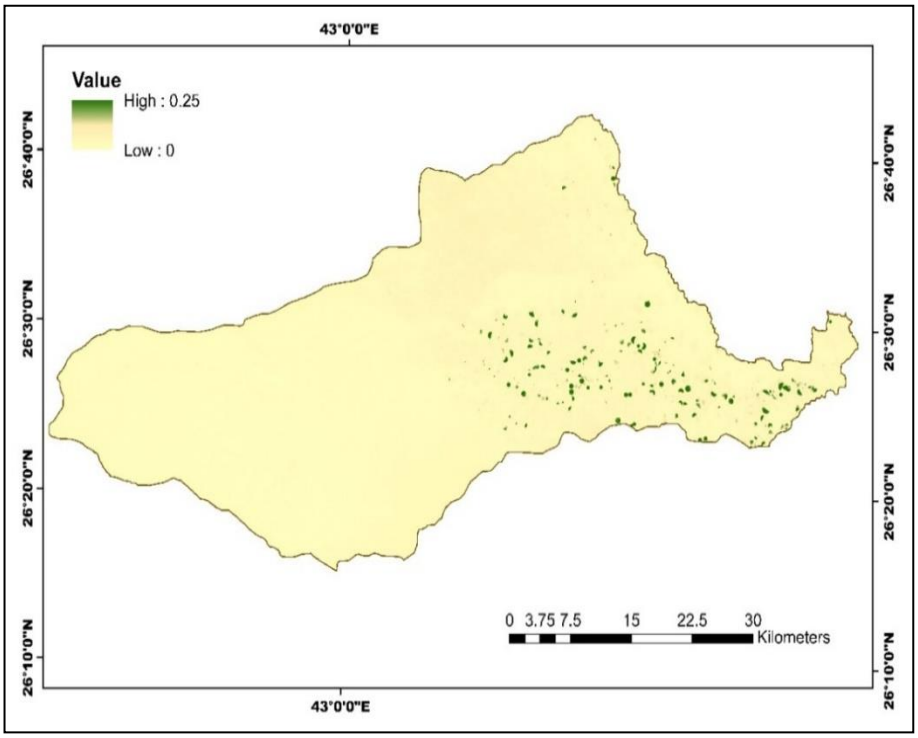
وفي عام 2015م تركزت السباخ في الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية و الجنوبية الغربية بمساحة تقدر بحوالي 7.23 كلم2 ، وهي أقل امتدادا منها في عام 2000م حيث وصلت إلى نحو 8.175 كلم 2. و يعزى تركزها ذلك إلى وجودها في منطقة سطوح انْفِصال تشكلت إبان حركات الرفع التي حلت بالمنطقة خلال العصر البرمي ومازالت آثارها

واضحة في هذا الجزء من الحوض ، الأمر الذي أدى إلى أن يكون هذا السطح مسرباً للمياه سواء الجوفية أو السطحية منها أو تسربات مياه الري من الآبار أو المزارع المنتشرة بالحوض والمذكورة آنفا.

كما تبدو الإرسابات الريحية أو النهرية أكثر انْتِشاراً في حوض الوادي. فالرمال النهرية تمتد على طول مجرى وداي الفُوِيلقْ بدءاً من منابعه حتى مصبه على مساحة تقدر بنحو 156.40 كلم2، وذلك خلال عام 2000م بينما في حين بلغت خلال عام 2015م نحو 174.36 كلم2. وتتوسط الأوشحة الرملية الحوض بمساحة بلغت في عام 2015م نحو 515.82 كلم2، في حين تقلصت مما هي عليه في عام2000م. ويرجع هذا في الغالب إلى تقلص المساحة الزراعية في عام 2000م وزيادتها في عام 2015م، الأمر الذي ترك مجالاً رحباً لحركة وانْتِشار هذه الإرسابات في ظل ديمومة هبوب رياح الشمال العاتية التي تعد أكثر نفوذ في الحوض (الشكل 4). وتتركز الكثبان الرملية في أجزاء الحوض الجنوبية وعند مصب حوض وادي الفُوِيلقْ. وقد بلغت مساحتها نحو 35.69 كلم2 في عام 2000م، في حين تراجعت بشكل ملحوظ إلى نحو 4.89 كلم2 في عام 2015م (الجدول 2). فالكثبان هنالك ليست متحركة وتتسم بالثبات لكن التغير الحاصل كان في الامتداد العمراني لبلدة عيون الجواء، حيث اعتلت الأحياء والمساكن الكثبان الرملية وكذلك الانتشار الواسعة للبساتين الصغيرة و تنامي زراعة الأعلاف في هذه المنطقة من الحوض. ويدعم ذلك نتيجة دقة التصنيف المراقب والتي وصلت نحو97 %، و نتيجة معادلة كيهات التي تساوي 0.96 لعام 2000 كما أن دقة التصنيف لعام 2015 وصلت إلى 93.50 % و معادلة كيهات بلغت 0.91. وبشكل عام فإن دقة التصنيفات تجاوزت 80 % و هذا يدل على دقة وجودة التصنيفات المختلفة، حيث إنه كلما قاربت نتيجة القيمة من الواحد الصحيح دلّ على جودة التصنيف المراقب والعكس بالعكس.

وقادت نتائج مؤشر اختلاف الغطاء النباتي NDVI إلى دقة تميز التوزيعات الجغرافية للأغطية النباتية المختلفة (الزراعي والنبات

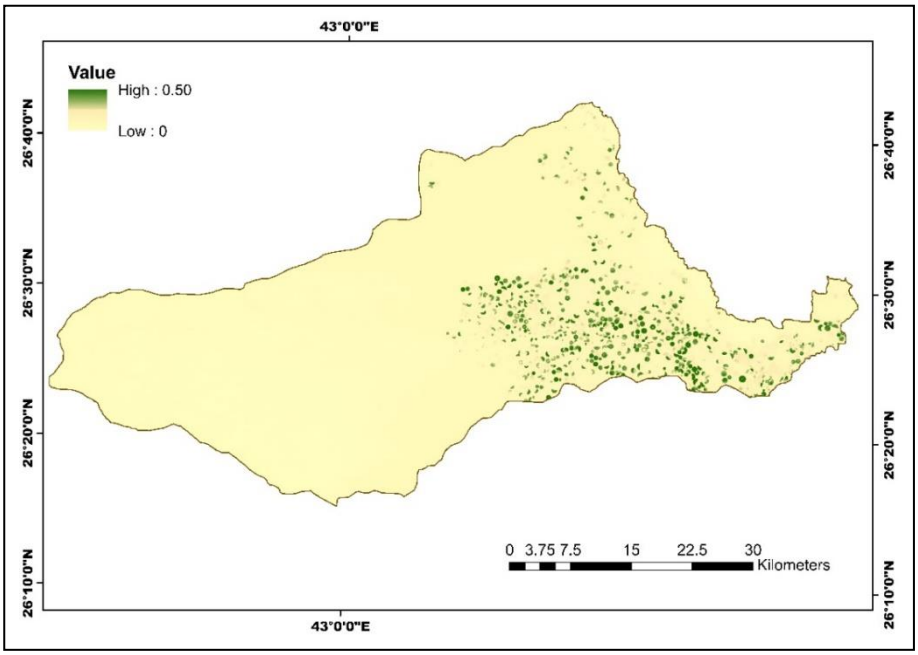
الطبيعي) إضافة إلى درجات مؤشر اختلاف الغطاء النباتي وبالتالي أسهمت في إبراز نوعية الأغطية النباتية من حشائش وشجيرات أو أشجار ، و هذا ما أكدت عليه دراسة Aljaddani،(2015) في إبراز مناطق الأغطية النباتية التي تعتمد على امتصاص الأشعة الحمراء وانعكاس الأشعة تحت الحمراء. فكلما ازداد انعكاس الأشعة تحت الحمراء دلّ على أن الأغطية النباتية أكثر حيوية وإنتاجاً بينما الأغطية النباتية الجافة فإنها تتسم بانعكاس أقل من الأشعة تحت الحمراء. ويكمن الهدف في إبراز الأغطية النباتية باسْتِخْدام مؤشر اختلاف الغطاء النباتي في التأكد من التوزيعات الجغرافية إضافة إلى معرفة درجات الغطاء النباتي بين عام 2000م و 2015م. ويتراوح مقياس مؤشر اختلاف الغطاء النباتي بين 1 و -1 ، فكلما كان المقياس قريباً من 1 دلَ على وجود الأغطية النباتية، وكلما كان المقياس قريباً من -1 دل على انعدام الأغطية النباتية. وقد تم عرض مؤشر اختلاف الغطاء النباتي لعام 2000م لإظهار التوزيع الجغرافي للأغطية النباتية التي أكدت نتائج المؤشر فيها وجود تركز واضح لها في وسط حوض وادي الفُويلقْ ، إضافة إلى بعض الأجزاء من منطقة مصب الوادي (الشكل 10).



الشكل رقم (10). مؤشر اختلاف الغطاء النباتي في حوض وادي الفُويلقْ خلال 2000م

المصدر : عمل الباحثين بالاعتماد على Landsat ETM-7 و Landsat OLI-8، ETM.

وقد بلغت درجة مؤشر اختلاف الغطاء النباتي نحو 0.25 و هذا فيه دلالة على وجود حياة نباتية هي أقرب للحشائش في غالبيتها بالإضافة للشجيرات. أما فيما يتعلق بنتائج المؤشر لعام 2015م فقد ازدادت قيمة المؤشر ووصلت إلى 0.50 ، في دلالة على ازدياد الحياة الشجرية كالطلح Acacia، السدر Ziziphus و الأثل TamarixArtculata و الرمث Salicornicum Halexylon في غالبية أجزاء مجرى الوادي وفي القطاع الأدنى من حوضه بالإضافة إلى سيادة الحشائش القزمية التي تم استعراضها في بداية البحث تحت عنوان منطقة الدراسة (الشكل 11).



الشكل رقم (11). مؤشر اختلاف الغطاء النباتي في حوض وادي الفُوِيلقْ خلال عام 2015م.

المصدر : عمل الباحثين بالاعتماد على Landsat ETM-7 و Landsat OLI-8، ETM)

الخاتمة

قادت نتائج دراسة البيئة القديمة في حوض وادي الفُوِيلقْ إلى تمييز عدد من الجريانات التي شهدها الوادي إبان فترة ماقبل الهُولُوسِين 12270 ألف سنة. فقد شهد الوادي كساءً نباتياً أقرب ما يكون للغابي كما دلّت عليه قيمة مؤشر النبات المستخرج من كربون 14 ، والتي تعود لفترة حقبة الهُولُوسِين 9450 ألف سنة. واستمر وادي الفُوِيلقْ في جريان شبه دائم تصاحبه كثافة نباتية هي أقرب ما تكون للحياة النباتية الغابية ووصل فيه المؤشر النباتي للكربون 14 قيماً مرتفعة. وفي المرحلة الأخيرة من تطور وادي الفُوِيلقْ لم يلحظ عليه جريانات واضحة بل كانت أغلبها سيلانات موسمية. ومن

المحتمل أن بيئة الوادي كانت قاحلة وصحبها انتشار الأوحال المستنقعية وربما شهدت نمو بعضٍ من النباتات العاشقة للأملاح أو تلك التي تأقلمت مع المناخ القاحل. كما يحتمل أن وادي الفُويلقْ دخل في مرحلة الجفاف إبان أواسط الهُولُوسِين كما تدل عليه سيادة الإرسابات الريحية بشكل كبير.

وفي زماننا المَعِيش فقد قادت نتائج الدراسة إلى رصد تغيرات أرضية واسعة شملت الأراضي الفلاحية التي ازدادت بشكل ملحوظ من 29.91 كم2 في عام 2000م إلى 88.91 كم2 في عام 2015م ، وشملت مساحات واسعة من وسط وشرق الحوض.أما النباتات الطبيعية فقد تناقصت مساحاتها من 4.04 كم2 في عام 2000 م إلى نحو 0.38 كم2في عام 2015م ، و تركزت في بقع متفرقة من حوض الوادي بالإضافة إلى المناطق المجاورة للأراضي الفلاحية تحديدا في الجهات الوسطى و الشرقية من الحوض .

كما تم رصد تغير واضح في توزيعات الرمال النهرية والأوشحة الرملية والكثبان خلال الفترة المدروسة. و يعزى ذلك التغاير إلى عدد من العوامل من أهمها نظام هبوب ووقت رياح الشمال والنمو العمراني والعوائق النباتية وزيادة جريانات وادي الفُويلقْ خلال 2008م وماتلاها من أعوام لاحقة. فمساحات الرمال النهرية ازدادت من 156.40 كم2 في 2000م إلى 174.36كم2 في عام 2015م ، أي بفارق نحو 24.49 كم2. وكان تركزها على طول مجرى وادي. أماالأوشحة الرملية فقد تقلصت بشكل واضح من 793.77 كم2 في عام 2000م إلى 515.82 كم2 في2000م. و بالمثل تقلصت مساحات الكثبان الرملية بشكل ملحوظ من 35.69 كم2 في عام 2000م إلى 4.89 كم2 في عام 2015م ، بفارق 30.8 كم2. أما السباخ فهي الظاهرة الأقل تغيراً، كما أكدت تقنية مؤشر اختلاف الغطاء النباتي NDVI التي اعتمد على انعكاس الأشعة تحت الحمراء على ازدياد الغطاء النباتي بشكل ملحوظ بجانب تقنية التصنيف المراقب SC خلال الفترة ما بين عامي 2000م و 2015م.

المراجـع

أولاً: مراجع عربية

[1] الدغيري ، أحمدعبدالله ، (2013) : *أدلة فيضان وادي الطرفية رافد وادي الرمة بإقليم القصيم خلال الرباعي المتأخر أواسط المملكة العربية السعودية* ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، الكويت ، سلسلة رسائل جغرافية ، العدد 377.

[2] لبنى، آلاء محمد بكر، (2011م) *التحليل الجغرافي للتغير الزراعي في منطقة حائل. دراسة تطبيقية بإسْتِخْدامُ تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية*، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة أم القرى ، كلية العلوم الاجتماعية ، قسم الجغرافيا.

[3] وهيب ، قصى و عبداللطيف ، رياض ،(2010) : *دراسة تصنيف الأراضي الساحلية العراقية بإسْتِخْدامُ صور الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية*، المجلة العراقية لبحوث الشرق الأوسط ، عدد 3 ، العراق.

ثانياً: المراجـع غير العربية

[4] Ajaddani, A. (2015) : *Integration of multitemporal remote sensing imagery and GIS for mapping and analysis of land use change in Jeddah city , Saudi Arabia, Journal of Remote Sensing and GIS*, pp. 1-13. USA.

[5] Al dughairi, A., 2011. *Late Quaternary Palaeoenvironmental Reconstruction in the Burydah area, Central Saudi Arabia,PhD. thesis submitted to University* of Leicester.UK.

[6] Baboo, L. and Devi, M. (2011) : *Land use and Land cover classification using RGB and L Based Supervised Classification Algorithm, International Journal of Computer Application,* Vol. *(14)* : 167-180.

[7] Carlson, T. and Ripley, D. (1997) : *On the relation between NDVI Fratctional Vegetation Coverand Leaf Araea Index, Remote Sensing of Environment*, Elsevier, Vol. *(62)* : 241-252.

[8] Chen, J. ; Gong, P. ; He, C. ; Pu, R and Shi, P. (2003) : *Land use / Land cover change detection using improved change-Vector analysis , Photogrametric Engineering and Remote Sensing, 96,* Vol. *(4)* : 269-379.

[9] Congalton, R. G. (1991) : *A Review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed Data, Remote Sensing of Environment,* Elsevier, Vol. *(37)* : 35-46.

[10] Gamon, J. A. ; Field, C. B. ; Coulden, M. L. ; Griffin, K. L. ; Hartley, A. E. ; Joel, G. and Valentini, R. (1995) : *Relationships between NDVI , Canopy Structure, and Photosynthesis in three California Vegetation Types . The Ecological Society of America, 5(1)* : 28 – 41.

[11] Muchoney, D. ; Borak, J. ; Chi, H. ; Friedl, M. ; Gopal, S. ; Hodges, J. and Strahler, A. (2000) : *Application of the MODIS global supervised classification model to vegetation and land cover mapping of Central America, International Journal of Remote Sensing, 21.6-7*: 1115 - 1138.

[12] -Tucker, C. ; Slayback, D. Pinzon, J. ; Los, S. ; Myneni, R. and Taylor, M. (2001) : *Higher northern latitude normalized difference vegetation index and growing season trends from 1982 to 1999. International Journal of Biometeorology, 45*:184-190.

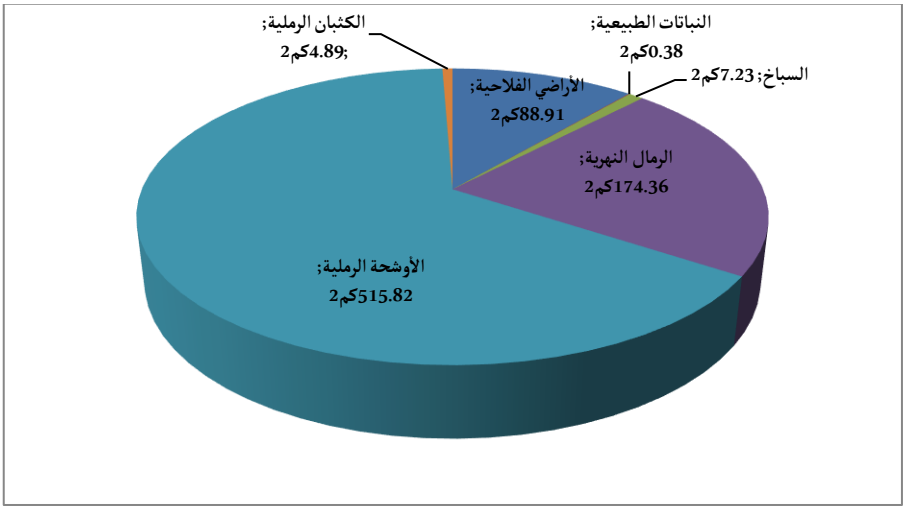
[13] -USGS. (2016) : *Retrieved from U.S. Geological Survey*: http://earthexplorer.usgs.gov/.

ملاحق الدراسة

ملحق 1: جانب من مجرى وادي الفُوِيلقْ خلال جريانه السابق في عام 1434هـ

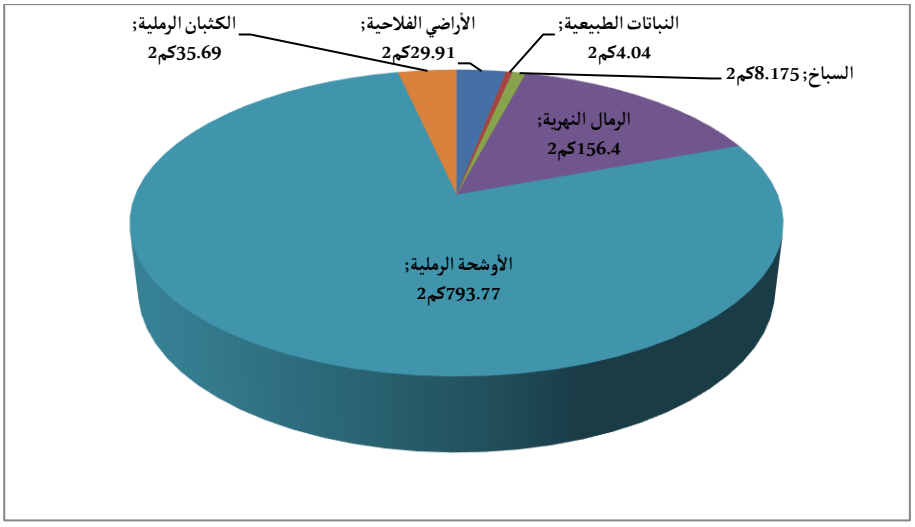
ملحق 2 : جانب من مزارع النخيل التي تتحلق حول مجرى وادي الفُويلِقْ 2016/2/2هـ

ملحق 3 : جانب من المزارع المروية قرب وادي الفُويلقْ3/2/2016هـ



ملحق 4 : مساحة الأغطية الأرضية في حوض الفُوِيلقْ خلال عام 2000م

(بالاعتماد على بيانات الجدول رقم 1)



ملحق 4 : مساحة الأغطية الأرضية في حوض الفُوِيلقْ خلال عام 2015م

(بالاعتماد على بيانات الجدول رقم 2)

Integration of Geospatial and Radiocarbon Techniques in Study of Geomorphology and Vegetation Cover in the Basin of Wadi Al-Fuwayliq, Al- Qassim Area

Dr. Ahmed Al Dughairi[1], and Amal Aljaddani[2]
1 Associate Professor Al-Qassim University
2 A lecturer at King Abdulaziz University

Abstract. Integration of Spatial Change Techniques and Radiocarbon dating in the Study of Geomorphology and Vegetation Cover in the Basin ofWadiAl-Fuwaylig، Al-Qassim Area closed desert basins were a haven for social stability in the Saudi desert. It has exploited by man since ancient times; Centering around streams wadis and make a craft agriculture in the fertile floodplains. Basin of Al-Fuwaylig is one of many closed desert basins which witnessed a noticeable change in the last few years، especially after the development in aspects of life in Saudi Arabia. This research used the Radiocarbon method، Remote sensing، and Geographic Information System techniques. It proposes to study and track the spatial variability of different land cover types inWadiAl-Fuwaylig basin during the ancient past time (Holocene) until the current time. It helped to monitor many of various environmental changes.

Results of the study led to characterize the period of moisture over the basin during (9459-12270cal BP) of the Holocene and as consequences of that were a density of the vegetation increased and aqueous flows accompanied with torrential rains. WadiAl-Fuwaylig is taking its current form by the drought season that might be in the of mid-Holoceneperiod. On the other side in the present time، this research monitored changing and manifest increasing of fluvial sand، sand dunes، and sand sheets during the period between 2000 and 2015. All these changes were due to the role of the wind and growing of both the urban area and vegetation cover. Moreover، the area of the agricultural lands increased remarkably، and that clarify the needs of the population to different types of farm crops such as Barley، Wheat، and Rhodes grass. There was a shrinking prominent in the natural vegetation area، which limited on small parts of the basin of WadiAl-Fuwaylig، specifically near to the stream of the wadi and between the agricultural lands. sabkhas did not haunt any apparent change due to concentration in ancient surface schizophrenia area، and its result was infiltration of groundwater، and perhaps there is a little impact of irrigated agricultural at the upper and the middle of the basin.

Keywords : Radiocarbon dating; Geospatial Techniques; Holocene;Wadi Al-Fuwaylig; Central Saudi Arabia.