

ادارة التربة المروية بالمرشات المحورية باستخدام تقنيات التحسس النائي

طه عبدالهادي طه داود الجوادي
عبدالرحمن رمزي عبدالرحمن قبيع
مركز التحسس النائي / جامعة الموصل

• تاريخ استلام البحث 13/6/2022 وقبوله 28/6/2022

الخلاصة

تم اختيار منطقتين احدهما امكن زيارتها ميدانيا والاخرى منطقة للمقارنة باعتماد معطيات التحسس النائي. وقد تم اقتطاع المنطقة من البيان الفضائي للقمر لاندسات ضمن المسار ١٧٠ و ٣٥ للعامين ٢٠٠١ و ٢٠٢٠ لنفس اليوم بتاريخ (٢٨-٥-٢٠٠١) و (٢٨-٥-٢٠٢٠). بالاعتماد على دليل (NDVI) وتصنيف نتائجه ببرنامج ArcMap 10.3.1، وقد اظهرت النتائج امكانية تشخيص عدة سلوكيات للتربة المروية بالمرشات، كطريقة الحراثة، وجدولة السقي، وتقسيم المناطق المروية، واستخدام الدورات الزراعية، فضلا عن التطور وزيادة عدد المرشات الذي يظهر واضحا من خلال النمط الدائري المميز، والتاثيرات السلبية والايجابية الادارية كنقسيم المنطقة المروية الى انصاف اطار وظهور معاملات مختلفة لكل قسم او الحراثة مع محيط الدائرة كسلوك سلبي في التقسيم، والذي كان واضحا على نمط ظهور المرشات في البيانات الفضائية.

Management of irrigated soil by rotary sprinklers using remote sensing techniques

Taha A.T.D. AlJawwadi Abdalrahman R. Qubaa
Mosul University
Remote sensing center

• Date of research received 13/6/2022 and accepted 28/6/2022.

ABSTRACT

Two areas were selected, one of which field visited, the other was a comparison area based on remote sensing data. The region was cropped from the Landsat satellite data within the path 170 and 35 for the years 2001 and 2020 for the same day on (5-28-2001) and (28-5-2020). Based on the (NDVI) guide and classifying its results by ArcMap 10.3.1 program, Several behaviors of the soil irrigated with sprinklers were diagnosed, such as the method of plowing, irrigation scheduling, dividing the irrigated areas, and the use of agricultural cycles, as well as the development and increase in the number of sprinklers, which is evident through the distinctive circular pattern, as well as the negative and positive administrative effects such as dividing the irrigated area into half-frame and emergence different treatments for each section or plowing with the circumference of the circle as a negative behavior in the division, which was evident in the pattern of the appearance of sprinklers in the satellite data.

المقدمة

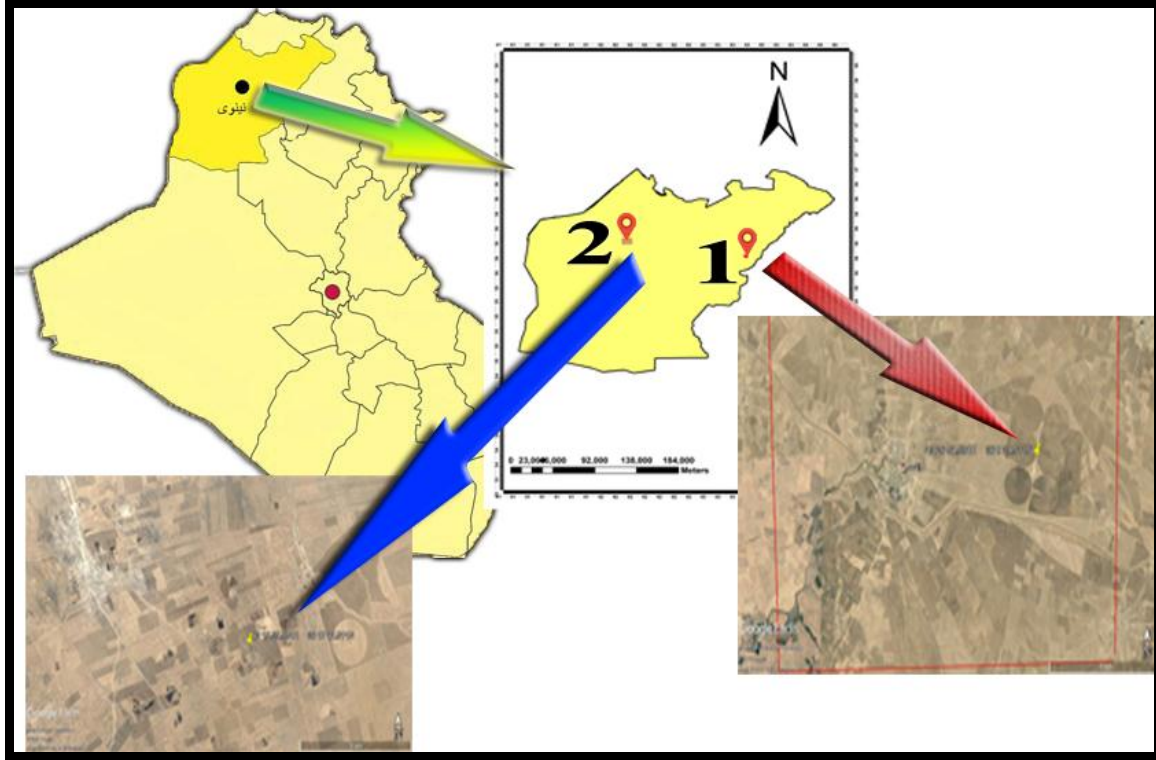
لقد ادى النمو السكاني المتزايد في الالونة الاخيرة الى زيادة الطلب على الغذاء كما ونوعا، وبالتالي زيادة الحاجة والاهتمام في زيادة المحاصيل الزراعية الاستراتيجية بطريقة تتناسب مع تلك الزيادة. وبالرغم من توفر مساحات واسعة من الاراضي الزراعية، وكذلك توفر الامكانيات المتاحة لتحسين التربة، وزيادة ملائمتها الانتاجية. الا انه تبقى مشكلة توفير المياه لجميع الاراضي هي المشكلة الرئيسية حاضرا ومستقبلا. في الاراضي الجافة يعتبر الماء عاملاً محدداً لنمو النبات (Muchtar et al. 2020). الامر الذي يستدعي البحث عن موارد المياه الصالحة والذي لم يعد يسيرا كما من قبل. فقد استأثر كل المحتاجين لمياه الري للزراعة الى تجميع المياه وتخزينها حتى اصبحت مشكلة دولية بين الدول المتشاطئة، الامر الذي يستدعي الاهتمام بتقنين مياه الري الى اقل قدر ممكن وفق حاجة النبات حفاظا على المياه والتربة والمحصول، ومن هنا جاءت فكرة استخدام ادوات الري المقننة كالمرشات والري بالتنقيط والى حد حصاد مياه الضباب كما في سلطنة عمان (احمد ٢٠٠٠)، ولعل الري بالرش هو اكثر الوسائل المعروفة والمستخدمه حاليا لدى المزارعين. فالري بالرش هو تقنية تطبيق الري، والتي لها كفاءة عالية في استخدام المياه وتعتبر مناسبة جداً لتطبيق في المناطق الجافة نسبياً، ولا يمكن تحقيق الفعالية

العالية لأنظمة الري بالرش إلا إذا تم تصميم نظام الري وتشغيله بشكل صحيح (Faridah et al. 2020). فميزة تقنية الري بالرش هي تقليل استخدام المياه بنسبة تصل إلى ٥٠٪ مقارنة بطريقة تدفق المياه (Kumar et al. 2007). فهناك المرشات التي تحتاج إلى مشاريع عملاقة تدار من قبل مؤسسات ضخمة مرتبطة بالحكومات المركزية مثل مشروع ري الجزيرة والذي افتتحت المرحلة الشمالية منه عام ١٩٩٠ وهي تغطي إحتياجات (٢٤٠) ألف دونم من الأراضي الزراعية للمياه (شمدين ٢٠١٩). أو تكون المرشات عبارة عن مرشات مستقلة صغيرة تدار من قبل مزارع واحد أو أكثر. ومن أهم هذه المرشات التي لاقت نجاحا واسعا كعمل مؤسسي أو فردي هي المرشات المحورية العملاقة، فهي تغطي مساحات واسعة قد تصل إلى (١٢٠) دونم للمرشة الواحدة. كما انها تعطي استقلالية للمزارع في حقله وتعتبر نظام ري تكميلي وبدء انتشارها بسرعة وفقا للامكانية الاقتصادية وتوفر المياه الصالحة للري، فغزت مناطق واسعة من الصحراء كما في المملكة العربية السعودية. وكذلك في العراق.

ومع تطور الاعتماد على التحسس النائي في العديد من مجالات الحياة ومنها مراقبة الموارد الارضية بما فيها الاراضي الزراعية، كان لا بد لهذه التقنية ان تشغل المساحة الاكبر في مراقبة هذه الظواهر المكانية الواضحة على الارض (المرشات المحورية). فهو يقوم بقياس خصائص الكائنات والاجسام على سطح الارض باستخدام البيانات المكتسبة من الاقمار الفضائية بدون وجود تماس مباشر مع الهدف المطلوب دراسته بالاعتماد على الاشارات المتكررة سواء كانت بصرية او ضوئية او حرارية (Schowengerdt 2007). فالتحسس النائي مدعوما ببرمجيات نظم المعلومات الجغرافية يعتبر ان التقنية المعاصرة لهذه الدراسات، فالاول يقوم بتوفير اهم البيانات الحديثة حول الظواهر الارضية سريعة التغير والثاني يمتلك القدرة على التعامل مع هذه البيانات من خلال تحليلها ونمذجتها (القصاب ، عمر عبدالله اسماعيل ٢٠٢١). وتهدف الدراسة الى مراقبة التغيرات الناتجة عن السلوكيات المختلفة السلبية والايجابية لادارة التربة ضمن المناطق المروية بالمرشات المحورية.

مواد البحث وطرائقه

لقد تم اختيار منطقتي دراسة في محافظة نينوى احدهما مشخصة ميدانيا وتم زيارتها من قبل الباحث والاطلاع على اساليب الادارة واستخدام الارض، وهي منطقة الخضر الياس (الخضر بساطلية) وتقع قرب دير مار بهنام جنوب شرق مدينة الموصل، وان مركز مجموعة مرشات منطقة الدراسة الاولى تقع ضمن الاحداثي (٣٩.٥١١° ٣٦.٠٨° شمالا و ٤٣.٢٦° ٤٤.٥٩° شرقا)، ومنطقة مرشات لاراضي زراعية تقع في جنوب غرب مدينة تلعفر، حيث كان مركز مجموعة مرشات منطقة الدراسة الثانية تقع ضمن الاحداثي (٤٤.٥١١° ٣٦.١٧° شمالا و ٤٣.١٥° ٤٤.٥٩° شرقا). اذ تحوي المنطقتين على عدد من منظومات الري بالمرشات المحورية، وكما مبين في الشكل (١) والشكل (٢). والذي بدات بالزيادة من بعد عام ٢٠٠٠ وفقا للامكانية الاقتصادية للبلد انذاك، بالإضافة لامكانية رصد المرشات الجديدة بتفسير البيانات الفضائية لسنوات مختلفة، وذلك لكبر المساحة التي تغطيها كل مرشة، واختلاف نمط الارض عما يجاورها بسبب زيادة العمليات الزراعية واختلاف الادارة، والذي يعطي تمييز مكاني وطيفي واضح، الامر الذي شجع على الدراسات في هذا الاتجاه الى حد احصاء هذه المرشات.



الشكل (١): مواقع منطقة الدراسة.

وبسبب تواجد هذه المنظومات في مناطق شبه مضمونة الامطار فقد استغلت استخدامها لعمليات الري (الري التكميلي) والتعويض بشكل كامل في مواسم الجفاف لهذا فان نوعية المحاصيل الزراعية تحت هذه المنظومات لم تكن تختلف كثيرا عما يجاورها من الاراضي الزراعية الا ان اساليب الادارة والتعامل الفني مع استخدام هذه المرشات توجب ان يكون للمزارع خبرة متخصصة في الاستخدام وادارة التربة في ان واحد وقد حدث زيارة ميدانية للاطلاع على سير العمل في بداية نصب هذه المنظومات وكذلك في سنوات لاحقة، وكما موضح في الشكل (٣). ومن خلال المتابعة الميدانية مع الرصد بواسطة البيانات الفضائية للمنطقة تم اعتماد على الرصد للمنطقة الثانية لتحديد نوع الادارة بالاعتماد على دراسة المنطقة الاولى ميدانيا.



الشكل (٢): المرشات المستخدمة في منطقة الدراسة.

لقد كان لقلة الخبرة الفنية في اداء وتصميم المرشات في الايام الاولى لانشاءها من قبل الفلاحين تأثيرا على اسلوب زراعة الارض واستخدامها، وتأثيرا على اداء المرشة نفسها. فالمعروف ان هذه المرشات تتكون من عدة باثقات للماء متدلية من انبوب رئيس الى ارتفاع معين فوق سطح الارض، اذ يتم تغذية المرشة بالماء من انبوب ضخ في محورها يستلم المياه من تحت الارض عن طريق بئر او خزان ضخ لتجميع المياه من البئر مخصص للمرشة نفسها. ليتم الرش عن طريق تدفق الماء المضغوط حول النباتات مثل المطر (Faridah et al. 2020). من خلال باثقات متدلية من الانبوب الافقي الرئيسي الموازية لسطح الارض بارتفاع ثلاثة امتار تقريبا. وعادة ما يتم الحصول على الضغط من الضخ (Syelvia 2009). تدور هذه المنظومة حول المحور بطريقة تشبه حركة عقرب الساعة. وان هذا المغذي يستند على عدة عجلات ضخمة بحجم

عجلات الآلات الزراعية، التي تأخذ قدرتها من محركات صغيرة مربوطة في العجلة تعمل بالطاقة الكهربائية الناتجة من محركات توليد للكهرباء مرفقة بالمرشة، إضافة لدور المحركات في سحب المياه. يستند التصميم العام لهذه المرشات لأزواج متتالية من عجلات الآلات الزراعية الضخمة، وهناك فاصلة بين كل مسند من العجلات المزدوجة قد تصل إلى (٥٨ متر) وفقاً لطبوغرافية الأرض التي تستخدم عليها المرشة (Rainfine n.d.) وأن معظم هذه المرشات تتكون على الأغلب من خمسة فواصل. ولقد تمت المعاينة الحقلية للعمليات الزراعية تحت المرشة، والتي تنوعت بين دورات زراعية، أو زراعة محصولين مختلفين في فترة الحصاد، أو زراعة محصول بقولي مع نجيلي، أو ترك الأرض بور، أو حراثة فقط. وأن طريقة التقسيم تحت المرشة إما بشكل أربعة أرباع للدائرة أو أكثر بحيث يظهر الشكل كمثلثات، أو يقسم الحقل تحت المرشة على شكل حلقات تبعا لفواصل السقي المذكورة أعلاه. فالتقسيمات القطرية (الانصاف اقطار) كانت تلائم تقنية عمل المرشة، بحيث يمكن للفلاح أن يوقف عملية الرش مع استمرار حركة المرشة بحيث يجتاز المنطقة التي لا يريد سقيها والعكس بالعكس. فضلا عن زيادة سرعة عجلات المرشة أو بطئها والذي يؤثر على غزارة السقي أو قلته وفقاً لأمور الزراعة التي يرتابها الفلاح، ولكن لوحظ أن هناك خطأ قد لا يتكرر وذلك عند استخدام المرشات لأول مرة فقد قام أحد المزارعين بتقسيم حقل المرشة بشكل دوائر محيطية وفقاً لمسير عجلات المرشة وأن الخطأ الأكبر أنه قام بزراعة محصولين متفاوتين في الاحتياجات المائية إضافة إلى اختلاف وقت الحصاد والنضج، فقد قام بزراعة محصول الحنطة من مركز محور المرشة انطلاقاً إلى الحلقات قبل الأخيرة في محيطها الخارجي، في حين أنه قام بزراعة محصول البطاطا في الحلقة الأخيرة للمرشة في الحقل والتي تسقى بالفاصلة الأخيرة للمرشة، ومن المعلوم أن محصول الحنطة يحتاج إلى ري تكميلي وقطع المياه في الشهر الخامس لكي يتسنى إكمال عملية النضج والجفاف استعداداً للحصاد، في الوقت الذي يكون محصول البطاطا في أشد الحاجة للسقي لإكمال نمو درنات البطاطا. وبهذه الطريقة الإدارية الخاطئة اضطر المزارع إلى قطع الماء عن محصول الحنطة وذلك بإغلاق أنابيب البائقات بطريقة متخلفة، وذلك بعقد الأنابيب على نفسها بأسلوب لا يتوافق مع صيانة وعمل المرشة لجعل المياه تتدفق بقوة على الفاصلة الأخيرة التي تغطي البطاطا. إن جميع هذه الأخطاء تم رصدها في الحقل واعتبرت من التدقيق الحقل في الوقت رصدها بالبيان الفضائي، ومن خلال هذه السلوكيات المعروفة تم مقارنة المشاهد المدققة في الحقل المعلوم مع المرشات الأخرى التي لا يمكن الوصول إليها، فضلاً عن قراءة نفس الحقل في سنوات أخرى وببيانات فضائية حديثة.

ولقد تم استخدام التفسير البصري للبيانات الفضائية لمتابعة هذه السلوكيات، حيث تم الاعتماد على مرئية القمر Landsat 7 والمناطق بتاريخ ٢٨-٥-٢٠٠١ و مرئية القمر Landsat 8 والمناطق بتاريخ ٢٨-٥-٢٠٢٠، فضلاً عن استخدام الدلائل الخضرية مثل دليل الاختلافات الخضرية المعدل (Normalized Difference Vegetation Index) (NDVI) لتمييز فروقات نضج المحاصيل ويمثل نسبة الفرق بين الطول الموجي للأشعة تحت الحمراء القريبة، والطول الموجي للأشعة الحمراء على مجموعهما وكما مبين في المعادلة التالية (Rouse et al. 1973):

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

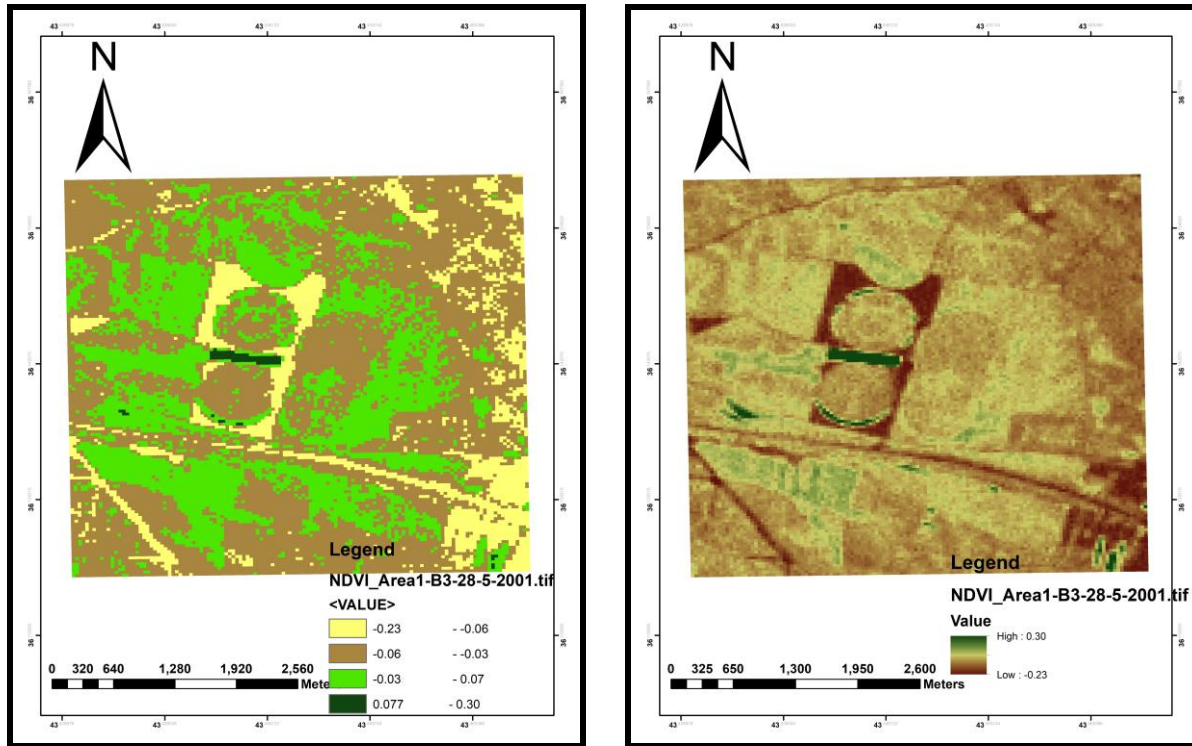
NIR: هي الأشعة تحت الحمراء القريبة والمتمثلة بالقناة الثالثة في مرئية القمر Landsat 7 والقناة الرابعة في مرئية القمر Landsat 7.

R: هي الأشعة الحمراء والمتمثلة بالقناة الرابعة في مرئية القمر Landsat 7 والقناة الخامسة في مرئية القمر Landsat 7.

وكذلك تم الاعتماد على برنامج ArcMap 10.3.1 لرسم خرائط الاختلافات. وهو من البرامج الواسعة الانتشار ومطلوب بكثرة من قبل المهتمين برسم الخرائط من الجغرافيين وغيرهم لتحديد المواقع ومتربط بشدة مع برامجيات التحسس النائي والمرئيات الفضائية حتى أصبح مكملاً له في كثير من الأبحاث (ESRI (Environmental Systems Research Institute). n.d.)

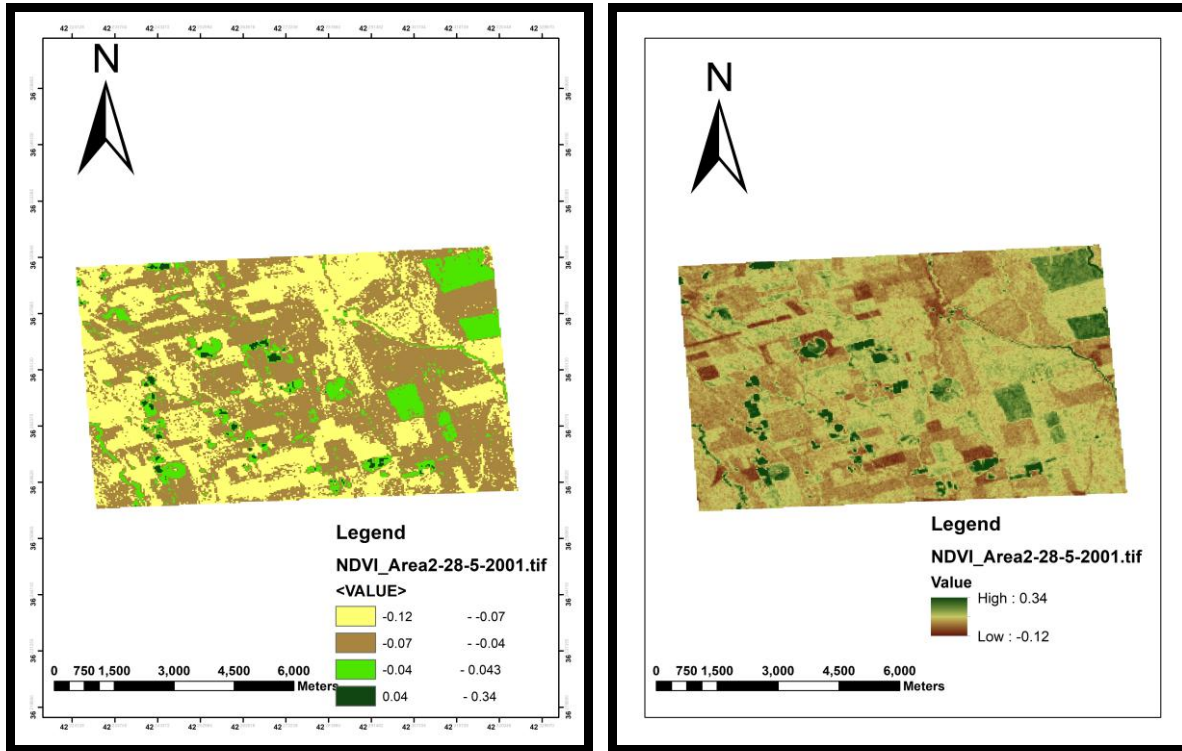
النتائج والمناقشة

يبين الشكل (٣) تصنيف دليل الاختلافات الخضرية المعدل (NDVI) لمنطقة الخضر الياس والتي تم زيارتها وتحديد الملاحظات عليها ميدانياً، وتبلغ مساحة منطقة الدراسة لها (١٥ كم^٢)، اذ تراوحت قيم (NDVI) بين ٠.٣ و ٠.٢، اذ تظهر الاشكال بالمناطق الخضراء بشكل قوس يقع في المحيط الخارجي لارض المرشة، - علماً ان صورة المشهد عند قراءة NDVI تظهر باللون الابيض والاسود ولكن تم تغيير الوانها الى تدرج لوني من الاخضر الى الاحمر زيادة التوضيح - وهذا يتوافق مع الملاحظة الحقلية التي تم رصدها عندما كان المزارع بعقد خراطيم البائقات فوق محصول الحنطة وترك الفاصل المسؤول عن سقي محصول البطاطا، وهذا سلوك نادر قد لا يتكرر بسبب جهل المزارع باستخدام المرشة. في حين كانت معظم ارض المرشة الظاهرة ذات قيمة (NDVI) ضمن (٠.٠٣ - ٠.٠٦) للون البني و ضمن (٠.٠٦ - ٠.٢) للون الاصفر، وهذه المؤشرات السلبية فسلجياً تدل على انخفاض الكلوروفيل في النبات ووصوله الى مرحلة الجفاف التام، والتي ليس بالضرورة ان تكون اراضي جرداء تماماً بل تدل على عدم وجود الاخضرار في نباتات المنطقة اطلاقاً (Hashim, Latif, and Adnan 2019). وهذه ما يحدث مع محاصيل الحنطة والشعير. وهذه القيمة وان دلت من الناحية العلمية والفسلجية على موت النبات وتيبسه الا انها مع محاصيل الحبوب تعد مؤشراً على جفاف النبات واقتربه من مرحلة الحصاد، وبالتالي يعتبر مؤشر اقتصادي جيد، فليس كل مؤشر سلبي للـ(NDVI) يعني سلوكاً سيئاً للنبات فقد يكون العكس كما مر سابقاً.



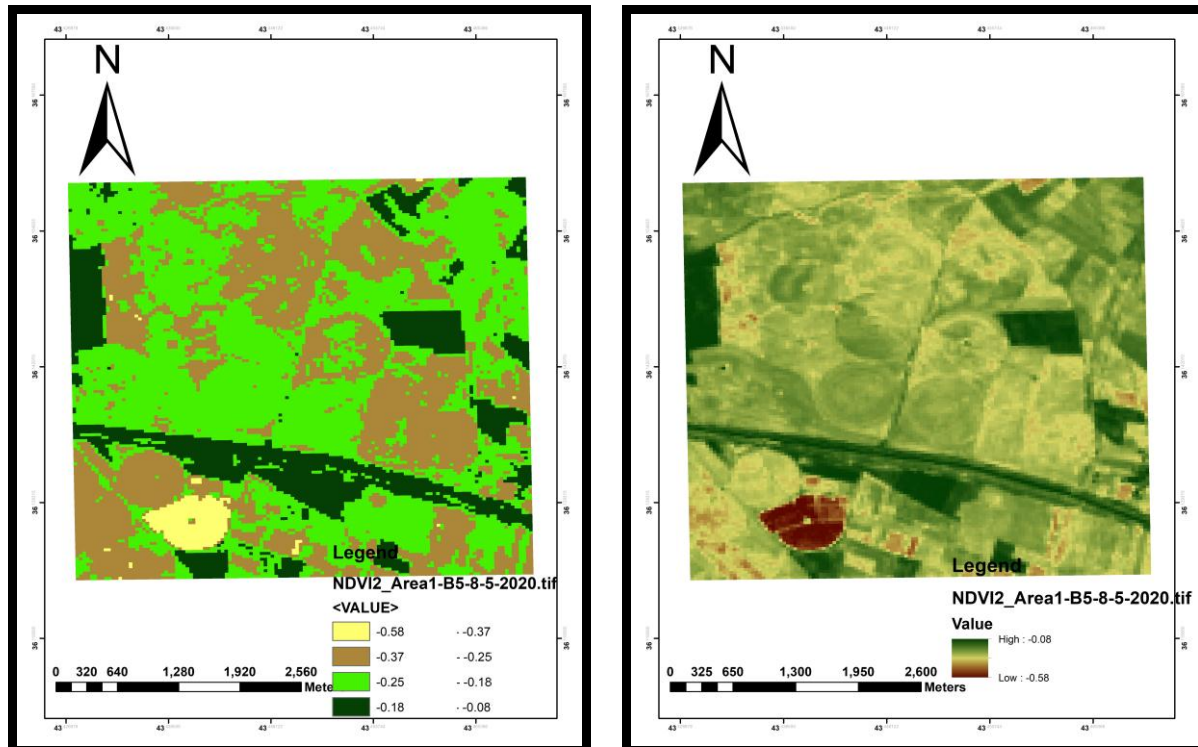
الشكل (٣): دليل الخضرية (NDVI) غير المصنف والمصنف للمنطقة الاولى عام ٢٠٠١.

يبين الشكل (٤) المنطقة الثانية وتبلغ مساحتها (٥٢ كم^٢)، والتي لم يتم مسحها ميدانياً، بل تم الاعتماد على مشاهدات المنطقة الاولى، والذي يعتبر احد اساليب التحسس النائي، باعتماد منطقة تدقيق حقلية واحدة تعمم مشاهداتها على البقية (Liu, Jiao, and Liu 2011). تظهر في الصورة مرشات قليلة جداً قد لا تتجاوز بضعة مرشات. ولم تتم ملاحظة ظهور الحلقة الخضراء المحيطة بالمرشة، بل كانت المرشة كلها من الصنف الاخضر الفاتح ذو القيمة (٠.٠٤ - ٠.٠٤) وهذا يدل على احتماليين: الاول: التزام الفلاح بزراعة محاصيل الحبوب فقط تحت المرشات لعدم حاجته للمحاصيل البستانية. والاحتمال الثاني: ان المزارع له خبرة ودراية في الادارة الفنية للمرشة ولكن هذا الاحتمال قليل ايضا لانه لم يتم مشاهدة انصاف او ارباع دوائر بالمرشة ذات لون اخر، وهو دليل على وجود محصول واحد وهو الاحتمال الاول كما ان قيمة الـ(NDVI) كانت قريبة من الصفر؛ دليل على ان المزارع قد اوقف عملية الرش بانتظار جفاف المحصول ايذاناً بالتحضير لعمليات الحصاد.



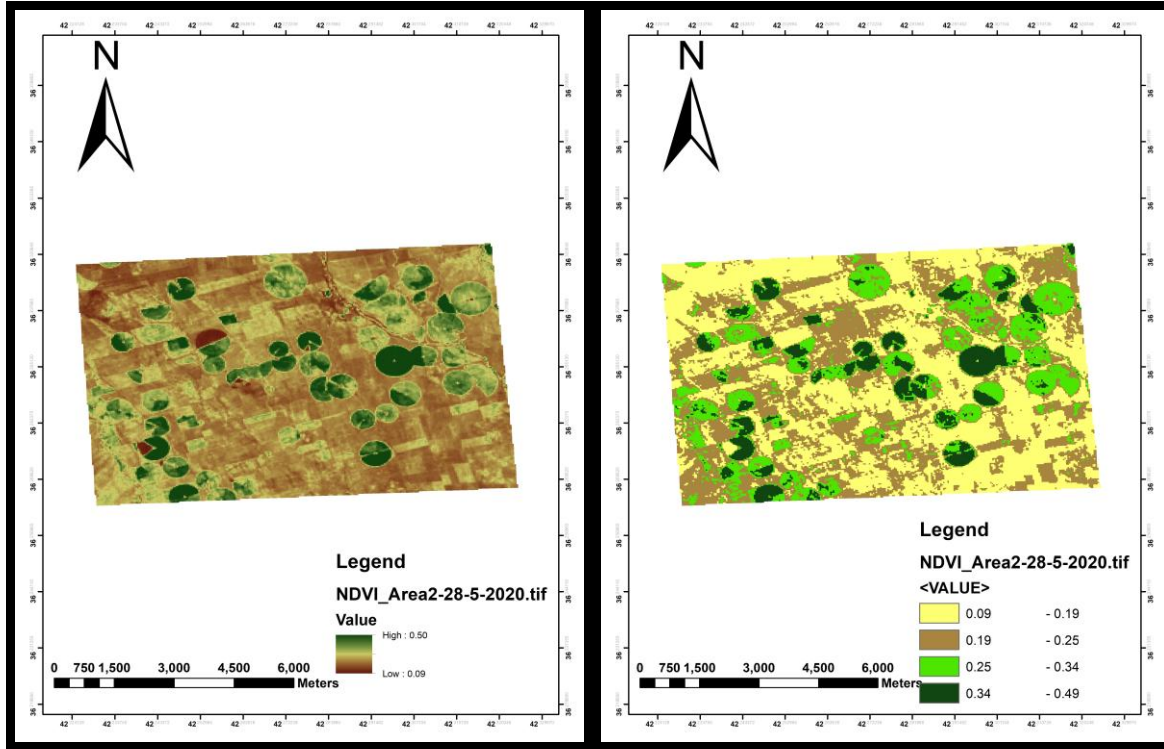
الشكل (٤): دليل الخضرية (NDVI) غير المصنف والمصنف للمنطقة الثانية عام ٢٠٠١.

اما الشكل (٥) والخاص بالمنطقة الاولى للعام ٢٠٢٠، فيبين زيادة عدد المرشات الى الضعف تقريبا، الا ان قيمة (NDVI) لاتظهر قيم مرتفعة اذ تراوحت بين (-٠.٠٨ الى -٠.٥) وهذا دليل على ان الارض متروكة وقد تم اهمال المرشات للمنطقة خلال هذه الفترة من خلال المعاينة الميدانية، مما يدل على عدم وجود اخضرار في تلك المنطقة لتحاكي بذلك المناطق الجرداء (Hashim, Latif, and Adnan 2019). بالرغم من تواجد المرشات وذلك لاسباب قد لاتكون متعلقة بالزراعة.



الشكل (٥): دليل الخضرية (NDVI) غير المصنف والمصنف للمنطقة الاولى عام ٢٠٢٠.

اخيرا يبين الشكل (٦) المنطقة الثانية للعام ٢٠٢٠ بعد مضي ١٩ عام عن الشكل (٤) لنفس المنطقة، انتشار المرشات بشكل كبير، دليل نجاح الفكرة وامكانية الاستثمار بشكل جيد. ومن ملاحظة تنوع قيم (NDVI) داخل المرشة الواحدة كانشاف وارباع دوائر دليل قيام الفلاح بالدورات الزراعية، وتطور خبرات الادارة للارض المروية تحت المرشات عما كان في العام ٢٠٠١.



الشكل (٦): دليل الخضرية (NDVI) غير المصنف والمصنف للمنطقة الثانية عام ٢٠٢٠.

الاستنتاج:

نتيجة النمط الواضح للارض المروية بالمرشات الدوارة (المحورية) ذات المساحة الكبيرة، امكن مراقبة ومتابعة واحصاء ودراسة الاراضي المروية بالمرشات باستخدام تقنيات التحسس النائي المختلفة. ان صعوبة التصنيف والفرز للمساحات الزراعية التي تعد صغيرة نسبة الى مساحة التغطية للبيانات الفضائية، الامر الذي يجعل الحاجة الى ما هو ادق منها وبنفس الحزم الطيفية كاستخدام طائرات مسيرة تحمل متحسسات تحاكي تلك التي محمولة على الاقمار الصناعية.

ظهور الحاجة الى المعالجة الطيفية للبيان الفضائي بشكل كبير، معتمدة على برامج متخصصة والتي تكون تغذيتها بالبيانات المرفقة مع البيان الفضائي. وذلك لوجود بعض التفاصيل الدقيقة التي يصعب رصدها وتصنيفها بالبيانات المتاحة، بالرغم من المعالجات الاولية الدقيقة للبيان قبل عمليات التصنيف، كاستخدام بيانات المرئيات الفائقة الطيفية (Hyperspectral Data) فيما اذا كانت الجودة الاقتصادية للدراسة تستحق ذلك لارتفاع تكلفة الحصول على هذا النوع من البيانات.

المصادر

- “ESRI (Environmental Systems Research Institute). ” ESRI documents. ESRI, Redlands, California, USA. www.esri.com.
- **Faridah, S. N. et al. 2020.** “Effectiveness of ‘Butterfly’ Rotary Sprinkler on Dry Land.” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 486(1).
- **Hashim, Haslina, Zulkiflee Abd Latif, and Nor Aizam Adnan. 2019.** “Urban Vegetation Classification With NDVI Threshold Value Method With Very High Resolution (VHR) Pleiades Imagery.” The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 42: 237–40.
- **Kumar, S., M. Imtiyaz, A. Kumar, and R. Singh. 2007.** “Response of Onion (Allium Cepa L.) to Different Levels of Irrigation Water.” Agricultural Water Management 89(1–2): 161–66.
- **Liu, Yaolin, Limin Jiao, and Yanfang Liu. 2011.** “Analyzing the Effects of Scale and Land Use Pattern Metrics on Land Use Database Generalization Indices.” International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 13(3): 346–56.
- **Muchtar et al. 2020.** “The Effect of Sprinkler Irrigation System on Shallot Growth and Yields in Dry Land of Sigi District.” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 472(1).
- **Rainfine.** “Pivot Slop Design.” <http://rainfineirrigation.asia/profile/pivot-slope-design/195107/0/>.
- **Rouse, JW, J.R Haas, J.A Schell, and D.W. Deering. 1973.** Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation.
- **Schowengerdt, R. T. 2007.** Remote Sensing : Models and Methods for Image Processing. Elsevier.
- **Syvelia, I. 2009.** “Studying the Design Model of Hydraulics with Low Pressure Sprinkler Irrigation Sub Unit.” Skripsi (Bogor: Department of Agricultural Engineering. IPB).
- **احمد، الحسيني ، عبدالفتاح. ٢٠٠٠.** “استخدام الضباب كمصدر للمياه” مركز فقيه للابحاث والتطوير.
- **القصاب ، عمر عبدالله اسماعيل. ٢٠٢١.** “تكملة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في النمذجة الخرائطية لاستعمالات الارض قضاء سهل اربيل نموذجا.” اطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة الموصل.
- **شمدين، نوزت. ٢٠١٩.** “مشروع ري الجزيرة يكافح التصحر والارهاب ” <https://www.niqash.org/ar/articles/economy/5989/>.