تقدير كفأة مفهوم المياه الافتراضية وتقنيات الجغرافيا المكانية في تحديد فاتورة الاستهلاك المائي للزراعة المروية في حوض الازرق

Estimate the efficiency of the concept virtual water and geospatial techniques in determining the water consumption bill for irrigated agriculture in the Azraq basin

رشا أبوركبه

Rasha AbuRukaba

National Agricultural Research Center- NARC, Baqa'a, Jordan

Corresspunding author: rasha.pawa88@gmail.com

Received (10/12/2019), Accepted: (28/10/2020)

ملخص

تهدف الدراسة الى توظيف تقنيات الجغرافيا المكانية لتقدير الاستهلاك المائي في الزراعة المروية لحوض الأزرق السنة المائية2016 -2017 من خلال مفهوم المياه الافتراضية، بناءا على البيانات الفضائية الملتقطة من القمر الصناعي لاندسات 8 لشهر آب/2017 والبيانات المناخية، من خلال استخدام المعايير الكارتوجرافية اللازمة لتصحيح البيانات الفضائية ومعالجتها وتحليلها لانتاج خرائط رقمية للتعبير عن الواقع الحقيقي للزراعة المروية في حوض الأزرق من حيث توزعها المكاني، أنواعها ومساحاتها. توصلت الدِراســـة إلى أن المناطق المَرْوية في حوض الأزرق تتركز في مَنْطِقتين رئيسيتين: (الصفاوي – شرق المفرق)، (منخفض الأزرق)، بلغ تراكم التبخر نتح المرجعي ΣETo للسنة المائية (2016-2017) 1338ملم. والاحتياجات المائية CWR على شكل تراكم التبخر نتح المحصوليΣ ETc للسنة المائية (2016-2017) 3414 ملم. ظهر أن المَحاصيل الحقلية الأكثر احتياجاً للمياه من بين المَحاصيل المصنفة للسنة 2017/2016 ويحتاج كل هكتار إلى 1244 م^3 مياه. وقدرت المياه الافتراضية للمحاصيل كالتالي: (أشجار الزيتون 94، أشجار الفاكهة 59، المَحاصيل الحقلية (البرسيم) 19، والخضراوت الصيفية 10) م^3/طن. توصي الدراسة بضرورة استخدام تِقْنيات الجَغْرفيا المكانية في دِراسة التغييرات المكانية والزمانية للمَحاصيل في المناطق المَرْوية، واعتماد مفهوم المياه الافتراضية كأداة أكثر حكمة لتحديد فاتورة الاستهلاك المائي في الزراعة المروية.

الكلمات الدالة: المياه الافتراضية، حوض الازرق، خارطة المناطق المروية، البيانات الفضائية، تقنيات الجغرافية المكانية.

Abstract

The study aims to use Geospatial Techniques to estimate water consumption in the irrigated agriculture of Azraq Basin in Water year 2016-2017 Through concept virtual water, based on Satellite data from the Landsat 8 satellite Image for August, 2017 and climate data, through the use of the necessary cartographic standards to correct Satellite data, process it and analyze it to produce Digital maps to express the true reality of irrigated agriculture in Azraq Basin in terms of its spatial distribution, types and areas. The study concluded that the irrigated areas in the Azraq Basin are concentrated in two main regions: (Safawi - East Mafraq) and (Azraq depression), the accumulation of evapotranspiration ΣETo 1338 mm. The Accumulated Crop Evapotranspiration ΣETc 3414 mm. Field crops most in need of water among the classified crops each hectare needs 1244 m^3 of water. The Virtual water for crops was as follows: (olive trees 110 m^3/ton, fruit trees 86 m^3/ton, field crops (clover) 27m^3/ton, and summer vegetables 16 m^3/ton). The study recommends the necessity of using geospatial techniques in studying the spatial and temporal changes of crops in irrigated areas, and adopting the concept of virtual water as a wiser tool for determining the water consumption bill in irrigated agriculture.

Keywords: Virtual water; Azraq Basin; Irrigated Areas Map; Satellite Data; Geospatial techniques.

المقدمة

يمثل الأردن حالة صعبة من حيثُ إدارة المياه، نظراً لمحدودية موارد المياه، وارتفاع عدد السكان المؤدي لارتفاع الطَّلب على المياه لقِطاعي الشرب والزِراعة لتحقيق الأمن الغذائي، مع هيمنة الأراضي الجافة على معظم أراضيه، بالتالي اعتماد الإنتاج الزراعي بشكل رئيسي على الري باستخدام موارد المياه الجوفية والسَطْحية في بعض المناطق. ولكن المعلومات المتعلقة باستهلاك المياه الزراعية في الأردن غير دقيقة بسبب نقص المعلومات عن الطَّلب الفعلي للمياه واستهلاكها لإنتاج المَحاصيل، ولا يزال هناك حاجة إلى معلومات دقيقة حقيقية لتقييم وتحسين إدارة المياه. من هنا وفي إطار إدارة موارده المائية الشحيحة، فإن الدِراســـة اعتمدت تقنيات الجَغْرافيا المكانية ومفهوم المياه الافتراضية لتحسين إدارة المياه. تزايد مؤخراً الإهتمام بمفهوم الاستعمال المائي المستدام، والتركيز على تنمية الموارد المائية واستغلال المصادر غير التقليدية منها. بهدف تعظيم الاستفادة من الموارد المتاحة وزيادة كفاءة استخدامها. وتقليل الفاقد منها

والحفاظ على نوعية المياه. من هنا جاءت أهمية معرفة محتوى المياه الافتراضية للمَحاصيل الزراعية (Virtual Water Crop (VWC. إذ يخلق الوعي بأحجام المياه اللازمة لإنتاج مختلف المَحاصيل الزراعية المَرْوية، مما يوفر فكرة عن المَحاصيل التي تؤثر بشكل كبير على نظام المياه، حيثُ يمكن تحقيق وفورات في المياه المتاحة.

عرَّفت اللِجنة الاستشارية للشراكة العالمية من أجل المياه الإدارة المتكاملة للموارد المائية: بأنها عملية تتيح التنمية المنّسقة للموارد المائية البرّية وغيرها من الموارد ذات الصلة لتحقيق أكبر قدرمن الرفاهية الاقتصادية والاجتماعية الناجمة عنها وذلك بشكل منصف لا يؤثرعلى استدامة النظم الأيكولوجية الحيوية. وكانت أحد مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية في كوبنهاغن، (1991) والمؤتمر الدولي عن المياه والبيئة دبلن، (1992) وقمة الأرض في ريو دي جانيرو (1992). أن للمياه قيمة اقتصادية اياً كانت استخداماتها وينبغي الاعتراف بها كسلعة اقتصادية http://www.escwa.un.org/esiap

قدم Tony Allan مفهوم المياه الافتراضية "Virtual Water" في أوائل التسعينات، واستغرق الأمر عقداً للحصول على إعتراف عالمي بأهمية مفهوم تحقيق الأمن المائي الإقليمي والعالمي، وعقد الاجتماع الدولي الأول بشأن هذا الموضوع في دلفت، هولندا، ديسمبر 2002، وخصص دورة خاصة لمسألة تجارة المياه الافتراضية (Virtual Water Trade (VWT في المنتدى العالمي الثالث للمياه في اليابان مارس 2003، عرف فيها المياه الافتراضية لمنتج معين بأنها حجم المياه المستهلكة في عملية إنتاجه، وتجارة المياه الافتراضية بأنها استيراد المنتجات كثيفة الاستهلاك المائي في البلاد فقيرة المياه وتصدير هذه المنتجات من البلاد الغنية بالمياه. فإذا قام بلد ما بتصدير منتج كثيف المياه إلى بلد آخر، فإنه يصدر المياه بشكل افتراضي. حيثُ أنَّ التجارة في المياه الحقيقية بين المناطق الغنية بالمياه والمناطق فقيرة المياه مستحيلة، بسبب المسافات الكبيرة والتكاليف المرتبطة بها،ولكن التجارة في المنتجات كثيفة الاستخدام للمياه (تجارة المياه الافتراضية) واقعية (Hoekstra, 2003, p.12).

تعرف تِقْنيات الجَغْرافيا المكانية Geospatial Techniques حسب American Association for the Advancement of Science (AAAS)، بأنها التكنولوجيا المتعلقة بجمع البيانات المرتبطة بالموقع أومعالجتها ومجموعة أدوات تسهم في رسم الخَرائِط الجَغْرافية وتحليل الغِطاء الأرضي، وقد حققت ثورة علمية كبيرة في جميع علوم الجَغْرافيا وتطبيقاتها. من أنواعها نظم المعلومات الجَغْرافية Geographic Information (GIS) Systems وهي نظم المعلومات التي تسمح بإنشاء وتنظيم وعرض البيانات في شكل مرجعي مكاني، تستخدم لربط الظواهر الجَغْرافية الموجودة على سَطْح الأرض بنظام إحداثيات وتخزينها في الحاسوب ومن ثم ربط البيانات الوصفية بتلك الظواهر من خلال قاعدة بيانات Database. وأنظمة الاستشعار عن بُعْد (Remote Sensing (RS التي تسمح باقتناء الصور والحصول على البيانات والمعلومات لبعض خصائص الظواهر الجَغْرافية على سَطْح الارض من دون الحاجة لإتصال مباشر بين الظاهرة ومنصات أجهزة الاستشعار الفضائية (المستشعر Sensor). وأنظمة تحديد المواقع العالمية Global Positioning System (GPS) المعتمد على الأقمار

الاصناعية satellites من تِقْنيات الجَغْرافيا المكانية، تعمل في جميع أنحاء العالم للحصول على احداثيات نقطة معينة، تسجل بواسطة جهاز يستقبل قراءته من نحو سبعة وعشرين قمراً اصطناعياً تدور حول الأرض وتقنيات خَرائِط الإنترنت Internet Mapping (IMT) TechnologiesمثلGoogle Earth وميزات الويب Microsoft Virtual Earth تعمل على تغيير طريقة عرض البيانات الجَغْرافية المكانية ومشاركتها، وهي متاحة لشريحة كبيرة من الجمهور(saeed, 2016, p.39).

مشكلة الدِراســـة وأهميتها

تبرز مشكلة الدِراســـة من الاحتياجات المائية العالية للمَحاصيل الزراعية المَرْوية في بلد يعاني من ندرة المياه، حيثُ يعاني الأردن من عجز في الموازنة المائية ما بين العرض والطَّلب، ووقوعه ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة، حيثُ يسوده مُنَاخ البحر المتوسط المتصف بقلة الأَمْطار، يقل معدل الهطول المطري عن 200 ملم سنوياً على 92% من مِساحة أراضيه، وارتفاع درجة الحرارة، مما يؤدي إلى ارتفاع معدلات التبخر، بالتالي هناك حاجة إلى تغييرات جذرية في الممارسات الحالية والسلوك المتعلق باستهلاك المياه في جميع القِطاعات، خاصة قِطاع الزِراعة أكبر مستهلك للمياه في الأردن، حيثُ أن قِطاع الزِراعة المَرْوية Irrigated Agriculture Sector يستهلك أكثر من 60% من الموارد المائية المتاحة في الأردن (Al-Bakri, *et al*, 2016, p.1).

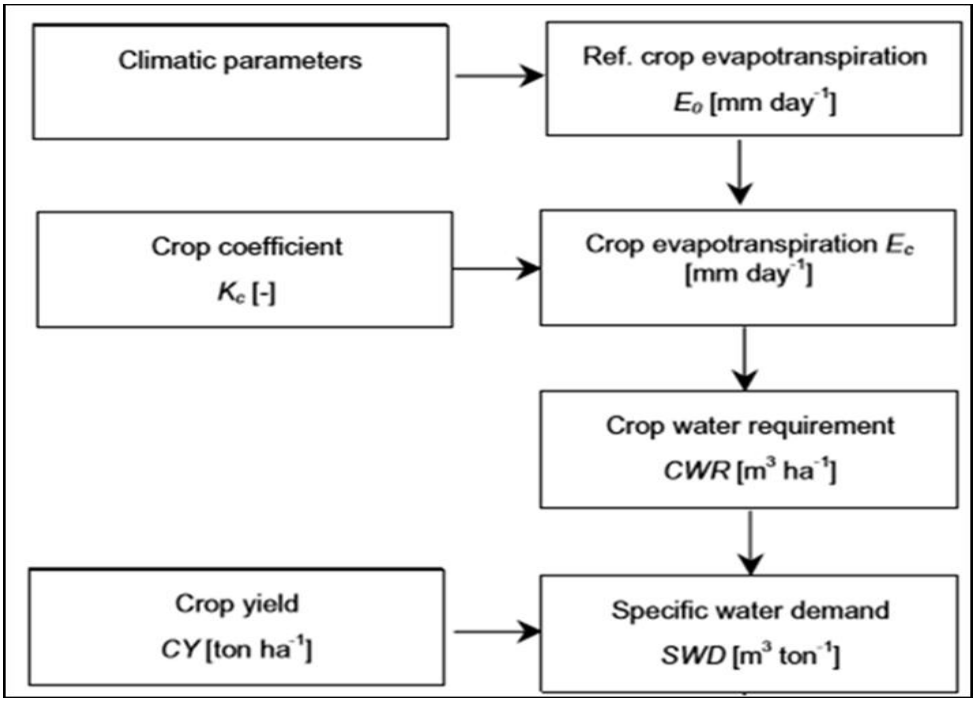
من هنا تأتي هذه الدراسة لاستخدام تقنيات الجغرافيا المكانية للتعبير عن الواقع الحقيقي للزراعة المروية في حوض الأزرق من حيث توزعها المكاني، أنواعها ومساحاتها، من ثم حساب الاستهلاك المائي في الزراعة المروية (الاحتياجات المائية، صافي استهلاك المياه، المياه الافتراضية، والطلب الفعلي للمياه)، في حوض الأزرق.

أهداف الدِراســـة

1. توظيف تِقْنيات الجَغْرافيا المكانية لإنتاج خَرائِط المناطق المروية ومحاصيلها لحوض الأزرق.
2. حساب الاستهلاك المائي في الزراعة المروية في حوض الأزرق من خلال المفاهيم التالية:
   - الاحتياجات المائية.
   - صافي استهلاك المياه.
   - المياه الافتراضية.
   - الطلب الفعلي للمياه.
3. تقدير كفأة مفهوم المياه الافتراضية وتقنيات الجغرافيا المكانية في تحديد فاتورة الاستهلاك المائي في الزراعة المروية.

مصادر البيانات والمنهجية

- اعتمدت الدراسة على البيانات المناخية لمحطات البحث للسنة المائية 2017/2016 ومصدرها وزارة المياه والري الاردنية.
- استخدام بيانات الاستشعار عن بُعْد المُلتقطة بالقمر الصناعي Land Sat-8 بتاريخ 2017/8/17 لمنطقة الدراسة ومصدرها https://www.earthexplorerusgs.gov
- استخدام برنامج ENVI 5.1. لمعالجة صور الأقمار الصناعية المغطية لمنطقة الدراسة، حيث احتاج لثلاث صور لتغطيتها تم تصحيحها وتجميعها مع بعضها (موزايك) وفقا لنظام الاحداثي المتري WGS 1984 UTM Zone 37N
- استخدام برنامج Arc GIS 10.3 إدخال ومعالجة البيانات الأولية وتحويل المرئيات الفضائية إلى خَرائِط رقمية مساحية؛ لتحديد المناطق المَرْوية وتصنيف مَحاصيلها الرئيسية استناداً على قيم المؤَشِر النباتي NDVI التي يتم اشتقاقها من المرئيات، وباستخدام التصنيف الموجه المبني على نقاط التدريب المحددة بواسطة تقنيات الجغرافيا المكانية GPS، وانعكاسية المحاصيل من خلال Spectral Profile لكل محصول، وبالاستعانة بتقنيات خَرائِط الإنترنت IMT ممثلة بـ Google Earth pro حيث تقدم تمثيلاً للكرة الأرضية بطريقة تفاعلية مجسمة أي بالعرض ثلاثي الأبعاد.
- حِساب (الاحتياجات المائية CWR، صافي الاستهلاك المائي NCWD، المياه الافتراضية VWC، والطَّلب الفعلي للمياه (Specific Water Demand (SWD للمَحاصيل المَرْوية، من خلال البيانات المناخية اليومية، وبالاعتماد على نتائج تصنيف تِقْنيات الجَغْرافيا المكانية والخرائط المرسومة اعتمادا على الكارتوجرافيا للمَحاصيل في المناطق المَرْوية من المَنْطِقة المدروســـة التي تم من خلالها تحديد أنواعها ومِساحاتها وتوزيعها المكاني، سيراً على الخطوات التي نتجت عن الاجتماع الدولي للمياه الافتراضية عام 2003، International Expert Meeting on Virtual Water Trade الظاهرة في الشكل (1)، والتي تعتمد على طريقة منظمة الأغذية والزِراعة –التابعة للأمم المتحدة، أو ما يعرف بطريقة FAO56 (Allen *et al*., 1998)، والمبنية على حِساب التبخر-نتح المحصولي ETc لكل محصول بناءاً على المعادلة (ETc = ETo × Kc)، حيثُ أن ETo هو التبخر-نتح المرجعي، و(Kc) Crop Coefficient معامل المحصول، وأن الاحتياجات المائية للمَحاصيل المَرْوية CWR تساوي تراكم التبخر- نتح المحصولي للمحصول طول الموسم ΣETc، والمياه الافتراضية VWCتساوي الاحتياج المائي CWR مقسوماً على الانتاجية لهذه المَحاصيل Crop Yield (CY)، ويساوي صافي الاستهلاك المائي NCWD الاحتياجات المائية CWR مضروبة بمِساحة المحصول، والطَّلب الفعلي للمياه للمَحاصيل المَرْوية SWD تساوي المياه الافتراضية مضروبة بالإنتاج Production (Hoekstra & Hung, 2003).

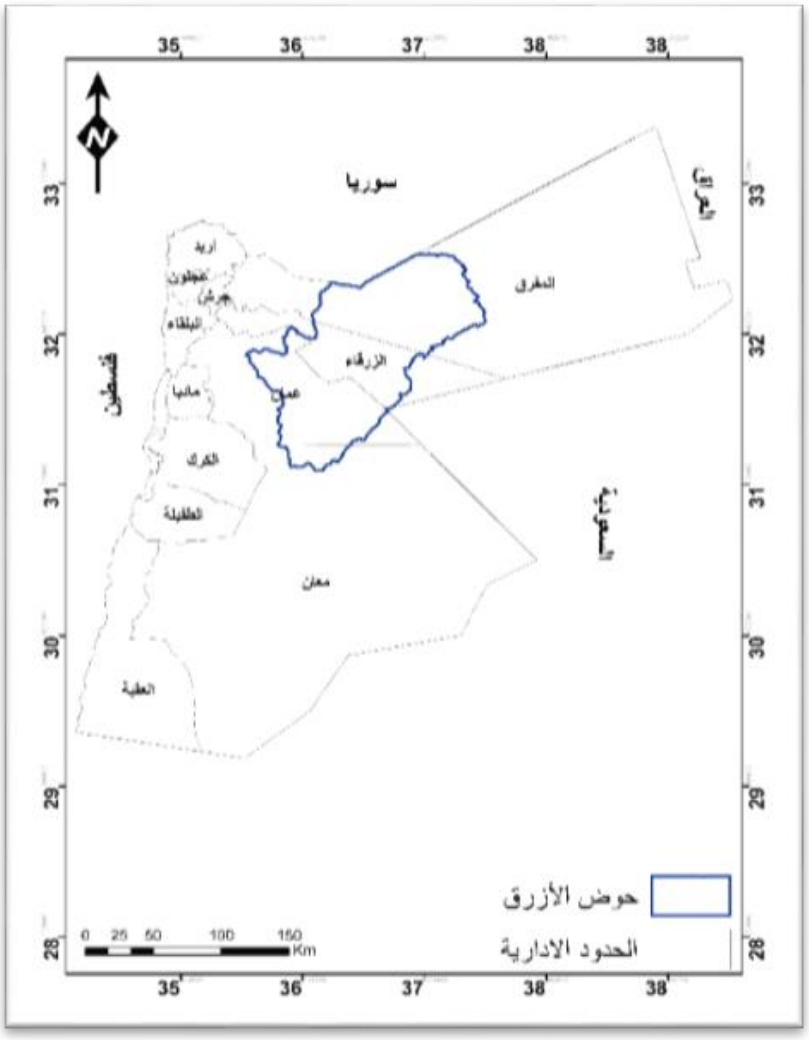


شكل (1): خطوات حِساب الاحتياجات المائية والمياه الافتراضية.

منطقة الدراسة

يُصنف حوض الأزرق من ضمن الأحواض المائية الصحراوية، تبلغ مساحته حوالي 11715 كم^2 وهي تشكل 13% من مساحة المملكة، يمتد بين خطي طول 20 ´ 36º الى40 ´ 37º وعرض 00 ´31º الى 20 ´32º كما في الشكل (2)، وتُمثّل بيئة حوض الأزرق بيئة صحراوية جافه حيثُ يسود المناخ الجاف الأجزاء الغربية والشمالية من الحوض، فيما يسود المناخ الصحراوي الجاف والحار باقي مناطق الحوض. يتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي بين 150 مم في الغرب والشمال إلى حوالي 70 مم في الشرق والجنوب، وأقل من 50 مم في المنطقة الوسطى من الحوض. يبلغ متوسط درجات الحرارة الصغرى والعظمى السنوية في غرب الحوض 7.4 و24.5م°، على التوالي، و2.6 و36.6 م°، على التوالي للمنطقة الشرقية. تسود فيها ظروف مُنَاخية قاسية تتسم بإنخفاض كميات الأَمْطار ويرجح سبب ذلك إلى بُعْد معظم أجزائه عن مسارات المنخفضات القادمة من البحر المتوسط مما يؤدي إلى تناقص كميات الأَمْطار؛ حيثُ تستمر قِيَمْ الأَمْطار بالإنخفاض تدريجياً باتجاه الشرق والجنوب، إضافة إلى ارتفاع متوسط درجات الحرارة، مما يزيد من كميات التبخر -النتح من التُربة والنبات، ما تشهده هذه البيئات في مثل هذه الظروف الطبيعة يؤثر على شح الموارد المائية. ويمثل حوض الأزرق

نظام تصريف مائي مغلق يمتد من جنوب جبل الدروز في سوريا إلى شمال وادي السرحان في المملكة العربية السعودية؛ حيث تتجمع المياه من جميع المناطق باتجاه منخفض الأزرق (موقع الواحة القديمة) حيث تكون المياه السطحية قريبة من السطح (Al-Bakri, *et al*, 2016, p.1).



شكل (2): حوض الأزرق نسبة للتقسيم الاداري في الأردن.

الدِراسات السابقة

أَظهَرَتْ دِراسة (Al-Omran & Shalabi,1992, p.97)؛ الاحتياجات المائية الكلية لبعض المَحاصيل الزراعية إعتماداً على نظامي الري بالرش والري بالغمر، والإستعانة بمعادلة جنسن هيز لحساب التبخر، وحساب المتطَّلبات المائية في المملكة، للوصول لبعض النتائج القِيَمْة كوجود بعض النباتات المحتملة للملوحة (كالشعير) تحتاج لكميات مياه قليلة بالمقارنة مع بعض النباتات التي لا تحتمل الملوحة (كالبطاطا)، وتوضيح أنه لا بد من تحديد كميات متطَّلبات الغسيل وتقديرها مع المتطَّلبات المائية للمملكة العربية السعودية ككل.

استخدام (Ershadi, *et al*. 2005, p.1)؛ نظم المعلومات الجَغْرافية وتطبيقات الاستشعار عن بعد، في حوض نهر كابل في جنوب شرق افغانستان؛ من أجل وضع خطة في الحوض؛ لتحديد الموارد المائية المتاحة، بحيث تم حِساب معدلات التساقط المطري والغطاء الثلجي واستخدام الأرض وطبوغرافية الحوض، وقد تم التوصل إلى فعالية هذه الطريقة في خطه إدارة الموارد المائية في الحوض المائي وتحديد الجريان المائي وتوقع الاستخدام المستقبلي في الحوض.

سعت دِراسة (Al-Sheikh, 2006) ؛ إلى تأكيد أهمية توسيع حصاد مياه الأَمْطار والسيول في المملكة العربية السعودية، سيما وأنها تعاني من عجز شديد في الموازنة المائية، أضف إلى ذلك اهتمام المملكة بالأنظمة الزراعية التي تتطَّلب كميات كبيرة من المياه، وتشجيع استخدام تِقْنيات حصاد المياه الحديثة والوسائل المثلى في توفير المياه خاصة في المناطق الجافة.

درست (Hamada, 2010) ؛ الخصائص الطبوغرافية وتأثيرها على الغطاء النباتي في محافظة نابلس باستخدام نظم المعلومات الجَغْرافية والاستشعار عن بعد، وأوصت دِراستها بضرورة استخدام تِقْنيات نظم المعلومات الجَغْرافية والاستشعار عن بُعْد في تحليل الغطاء النباتي.

أَظهَرَتْ دِراسة (Gleick, 2010, p. 21300)؛ أن الحضارة الحديثة حققت تقدماً ملحوظاً في إدارة المياه في القرون القليلة الماضية. وتعيش المدن المزدهرة الآن في المناطق الصحراوية، معتمدة على مزيج من التكنولوجيات البسيطة والمعقدة وأنظمة الإدارة لتوفير المياه الكافية ومعالجة المياه العادمة. وقد سمحت هذه النظم بالإنتاج الزراعي والتركيزات الحضرية للتوسع في المناطق التي كان يعتقد سابقاً أنها تعاني من رطوبة غير كافية. وبالرغم من ذلك تتزايد الأدلة أيضاً على أن إدارتنا الحالية للمياه واستخدامها غير مستدامين. فالقيود المادية والاقتصادية والبيئية تقيد تطوير إمدادات جديدة وسحب إضافي للمياه، حتى في المناطق التي لم يكن يعتقد من قبل أنها معرضة للقيود المفروضة على المياه. وتؤدي أنواع جديدة من الحدود إلى إجبار مديري المياه وصانعي السياسات على إعادة النظر في الافتراضات السابقة المتعلقة بالسكان والتكنولوجيا والتخطيط الإقليمي وأشكال التنمية. وبالإضافة إلى ذلك، تظهر الآن تهديدات جديدة، لا سيما التحديات التي تفرضها التغيرات المُنَاخية. إن الإدارة المستدامة للمياه واستخدامها في المناطق الجافة وشبه الجافة سوف تتطَّلب تفكيراً جديداً حول استخدام المياه

بطرق متعددة التخصصات وبإدارة متكاملة من قبل خيارات متعددة لخارِطَة طريق الإدارة المستدامة للمياه واستخدامها في العقود المقبلة.

دِراسة (Paez *et.al*., 2010)؛ حول استراتيجيات إمدادات المياه المستدامة والإدارة لمَنْطِقة لوريتو، باجا كاليفورنيا سور، المكسيك. وضع إطار تحليلي متعدد المعايير لتقييم بدائل العرض والطَّلب على مصادر المياه على حد سواء استناداً إلى المعايير ذات الصلة لمَنْطِقة لوريتو. وأَظهَرَتْ نتائج النماذج المستخدمة أنه ينبغي إعطاء أولوية أكبر في لوريتو لتعظيم استخدام الإمدادات القائمة - من خلال برامج الحفظ ورفع قدرة شبكات نظام التوزيع لمنع الضخ الجائر من المياه الجوفية.

بين (Hadadin, *et al*., 2010, p. 197)؛ أنَّ التحدي البيئي الكبير الذي يواجه الأردن اليوم هو ندرة المياه. ومن المؤكد أن وجود المياه هي السمة البارزة في معادلة السكان / الموارد، حيثُ أن المياه في الأردن تتسم بمحدوديتها مع مواصلة مستمرة في ارتفاع عدد السكان، وهذا الارتفاع مقترناً بتدفقات هائلة من اللاجئين، مما سيؤدي إلى حالة من عدم التوازن بين السكان والمياه. وموارد المياه في الأردن ليس لها القدرة على تلبية احتياجات السكان بطريقة مستدامة. إضافة إلى الزيادة السكانية فان الموارد المائية تستنزف في الغالب لمشاركة ثلاثة احواض سَطْحية مع البلدان المجاورة؛ وأدت سيطرة هذه البلدان على المياه من حرمانها جزئياً من حصتها العادلة من المياه. وكذلك فان الاستخدام الحالي للمياه يتجاوز بالفعل كمية التغذية المتجددة. ويغطي هذا العجز عن طريق ضخ جائر لمعظم خزانات المياه الجوفية مما انعكس على هبوط وانخفاض واضح وشديد في منسوب المياه وتراجع نوعية المياه. وخلصت الدِراســـة ان العناصر الأكثر أهمية و"القابلة للتنفيذ" من حلول استدامة المياه هي: تطوير إمدادات جديدة من المياه، جمع المياه، تحلية المياه، إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في القِطاع الزراعي والحد من الطَّلب على المياه.

أكدت دِراسة (Wichelns, 2010 a)؛ على ضرورة تطبيق استعارة المياه الافتراضية في معظم الأحيان عند مناقشة أو مقارنة الدول الفقيرة بالمياه والدول الغنية أو التي توصف بوفرة المياه. تُمثّل المياه الافتراضية تطبيق الميزة المطلقة، بدلاً من ميزة نسبية؛ لهذا السبب وصفت السياسات التي تنشأ من مناقشات المياه الافتراضية أن من شأنها تحقيق أقصى قدر من المنافع الصافية.

وفي دِراسة (Wichelns, 2010 b)؛ بعنوان التحليل الاقتصادي لمفهوم المياه الافتراضية فيما يتعلق بقِطاع الأغذية الزراعية، تم تعريف المياه الافتراضية وطرق التوصل إلى حسابها. حيثُ أجرى العديد من الباحثة تحليلاً تجريبياً لـ "تدفقات المياه الافتراضية" بين البلدان، من خلال مقارنة الاحتياجات المائية من المَحاصيل والمنتجات الحيوانية المشاركة في التجارة الدولية. واستنتج الباحثون أن بعض البلدان مستوردة صافية للمياه الافتراضية في حين أن بلدان أخرى تُعْتَبَر مصدرة صافية.

قدم (Galiano,2012,P.65)؛ تَقْييم مؤَشِرات الغطاء النباتي من الاستشعار عن بعد: الأساس النظري واستنتج، أنه يمكن تحسين أوجه عدم التيقن في الأنشطة الزراعية بسبب ندرة المياه والزيادة في حالات الجفاف، من خلال النظر في الكشف المبكر والتوصيف المكاني والزماني لظروف الإجهاد المائي على الصعيد الإقليمي من الاستشعار عن بعد. وتعرض الجوانب النظرية للتقييم المكاني والزماني للمؤَشِرات النباتية المرتبطة برطوبة التُربة، استناداً إلى بيانات الاستشعار عن بُعْد والأرصاد الجوية.

دِراسة (Abu-Sharar *et. al*., 2012, P. 3977) ؛ تم حِساب المياه الافتراضية للسلع المستوردة وتكاليفها، بالإضافة إلى انه تم حِساب وتقِيَمْ الجدوى الاقتصادية لجميع المَحاصيل في الأردن باستخدام صافي العائد لكل وحدة حجم من المياه والمياه الافتراضية كجزء لا يتجزأ من وحدة الكتلة من الإنتاج. وأَظهَرَتْ نتائج هذه التحليلات أن هناك اختلافات إقليمية في ربحية المَحاصيل وبالتالي صافي العائد من وحدة حجم من المياه للري. ويعزى ذلك إلى الاختلافات في المناطق الزراعية المُنَاخية تتخللها الإنتاج وتقنيات الري والوصول إلى موارد المياه.

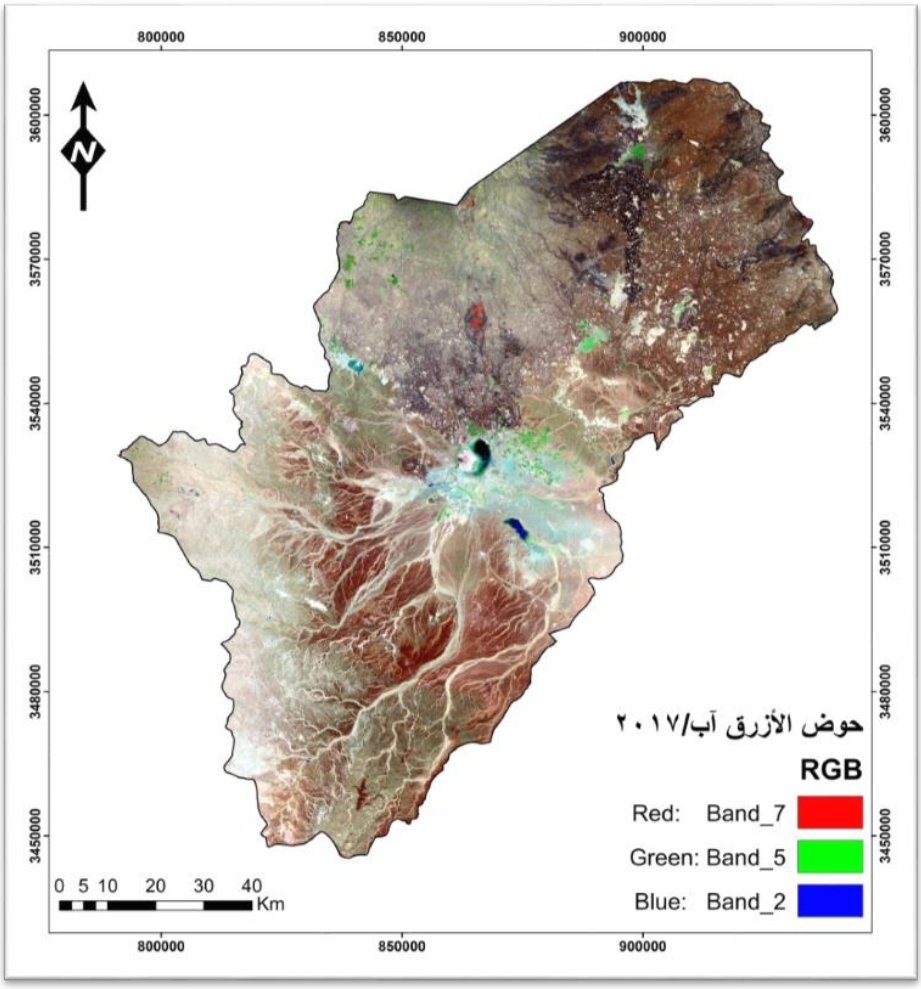
ما يميز الدِراســـة عن الدِراسات السابقـــــة

تتميز الدِراســـة باستخدام تقنيات الجغرافيا المكانية للتعبير عن الواقع الحقيقي للزراعة المروية في حوض الأزرق من حيث توزعها المكاني، أنواعها ومساحاتها، من ثم وضع الاطار النظري التطبيقي لطرق حساب الاستهلاك المائي في الزراعة المروية (الاحتياجات المائية، صافي استهلاك المياه، المياه الافتراضية، والطلب الفعلي للمياه).

المناقشة والتحليل

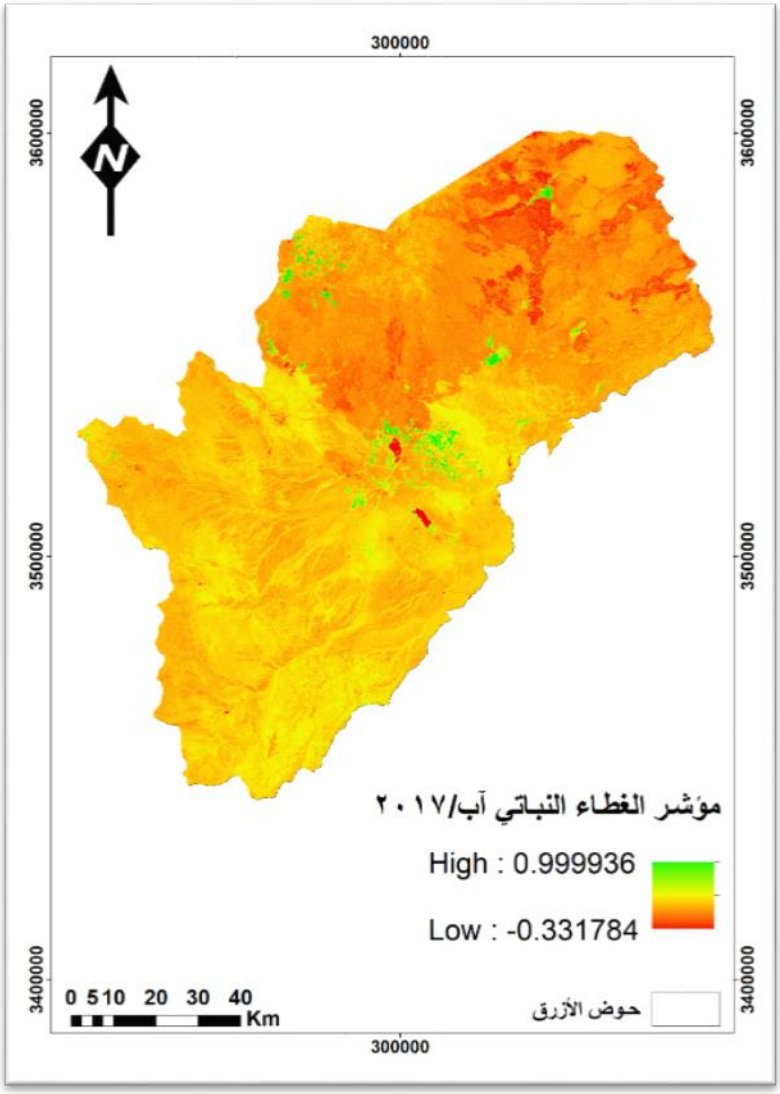
تحديد المناطق المَرْوية وتصنيف مَحاصيلها الرئيسية لحوض الأزرق

يستخدم مؤَشِر الاختلاف النباتي المعايير Normalized Differences Vegetation Index (NDVI) المشتق من بيانات الاقمار الصناعية (المرئية) الظاهرة في الشكل (3)، كأحد المؤَشِرات الهامة التي تدل على كثافة التوزيع النباتي، تعد عوامل المُنَاخ والتضاريس من أكثر العوامل تأثيرا على توزع ونمو الغطاء النباتي، حيثُ يوجد الغطاء النباتي على شكل نبات طبيعي أو أراضي مزروعة، ومن خلال مؤَشِر الغطاء النباتي ومقارنته مع خارطَة الأَمْطار يمكن التمييز ما بين المناطق الخضراء المَرْوية والمناطق الخضراء البعلية، حيثُ أن المناطق التي ينخفض فيها معدل الأَمْطار عن الحد الذي يسمح بإنتاج زراعي بعلي تكون مناطق مَرْوية، أما المناطق الخضراء التي تتوافق ومعدلات هطول أَمْطار عالية تكون مناطق بعلية.



شكل (3): المرئية الفضائية لحوض الأزرق مُلتقطة بالقمر الصناعي Land Sat-8 بتاريخ 2017/8/17

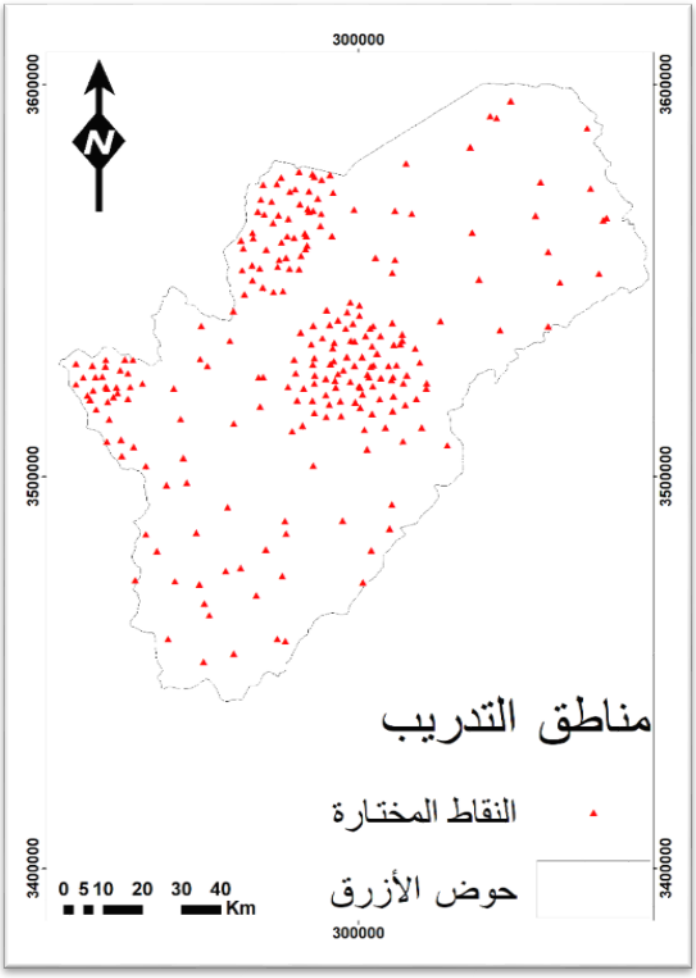
أَظهَرَتْ نتائج التحليل في حوض الأزرق أن قِيَمْة كثافة الغطاء النباتي تراوحت ما بين (0.33-) كحد أدنى والقِيَمْة (0.99+) كحد أعلى، ويدل تدرج القِيَمْ الموجبة على كثافه إنتشار الغطاء النباتي كما في الشكل (4).



شكل (4): مؤشر الاختلاف النباتي المعاير NDVI لحوض الأزرق آب/2017.

وصنفت المَحاصيل المَرْوية باستخدام التصنيف الموجه وبالاعتماد على قِيَمْ مؤَشِر الغطاء النباتي NDVI والمشاهدات الميدانية أثناء رصد نقاط التدريب باستخدام GPS في المسح الميداني للمَنْطِقة، ومن ثم التأكد من صحة خرئط المناطق المَرْوية ومَحاصيلها الناتجة من خلال

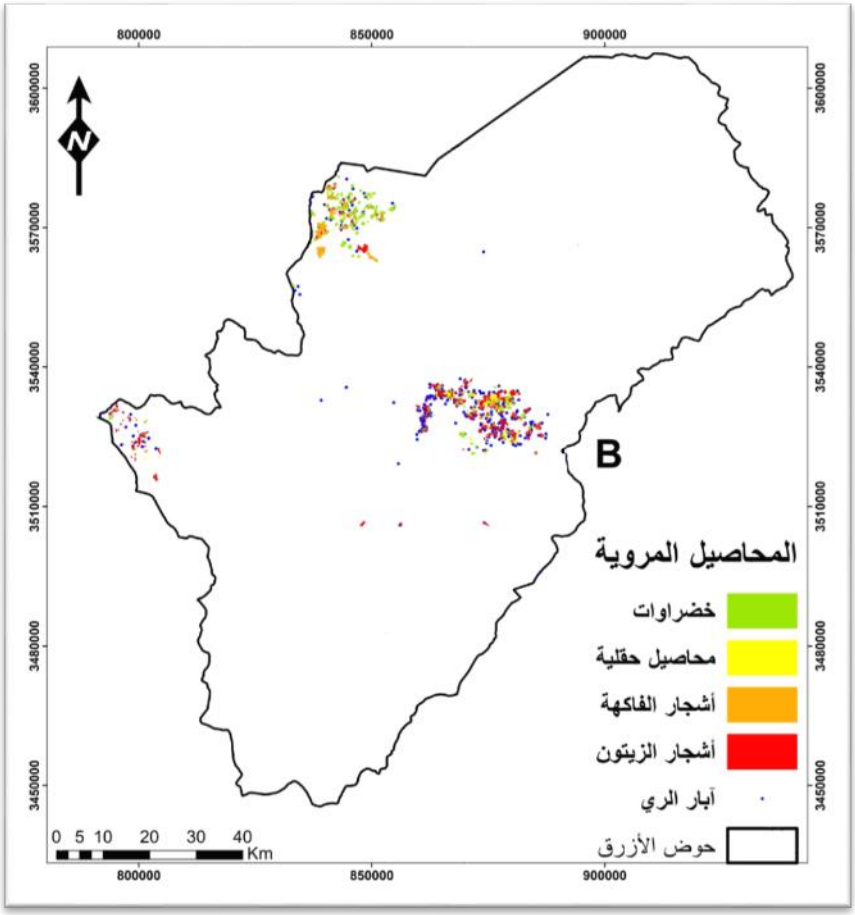
الزيارات الميدانية واستخدام صور الأقمار الصناعية عالية التفاصيل (Google Earth Pro) لتحسين دقة رسم الخارطة. ويبين الشكل (5) نقاط التدريب المُختارة من المسح الميداني وGoogle Earth pro في حوض الازرق البالغ عددها (350) نقطه.



شكل (5): النقاط الارضية المختارة (نقاط التدريب) في حوض الأزرق.

تعتمد جميع المَحاصيل الزراعية في حوض الأزرق على مياة الري، حيثُ تتصف هذه البيئة بقله الموارد المائية وقساوة الظروف الطبيعية مما أدى إلى انعدام المناطق الزراعية البعلية، أَظهَرَتْ خارِطَة توزيع المناطق المَرْوية في حوض الأزرق الظاهرة في الشكل (6)، في

مَنْطِقتين رئيستين.ويرجع التوزيع الجَغْرافي للمزارع المَرْوية في وسط وشمال غرب الحوض المائي إلى طبيعة الحوض المائي الجوفي حيثُ تتميز هذه المناطق بوقوعها فوق الطبقة المائية A7/B2 بينما يقع الجزء الجنوبي فوق الطبقة B4 وهي طبقة قليلة النفاذية للماء داخل الحوض (Al-Bakri, 2015). مَنْطِقة الري الأولى في النطاق الممتد بين (الصفاوي - شرق المفرق). والمَنْطِقة الثانية متَمثِّلة في (منخفض الأزرق) حيثُ تنتشر مزارع أشجار الفاكهة والزيتون والخضراوات والمَحاصيل الحقلية المتَمثِّلة بالبرسيم. تتم زراعة الخضار في عدة مواسم تكون الزراعة الصيفية بداية حزيران وتموز وهذا الموسم من الخضار هو الظاهر في الخارِطَة، والبندورة (الطماطم) محصول الخضار الرئيسي، بينما تشمل أشجار الفاكهة مَحاصيل الدراق والمشمش واللوزيات وبعض مزارع الرمان والنخيل.



شكل (6): خارِطَة المناطق المَرْوية ومحاصيلها الرئيسية في حوض الأزرق

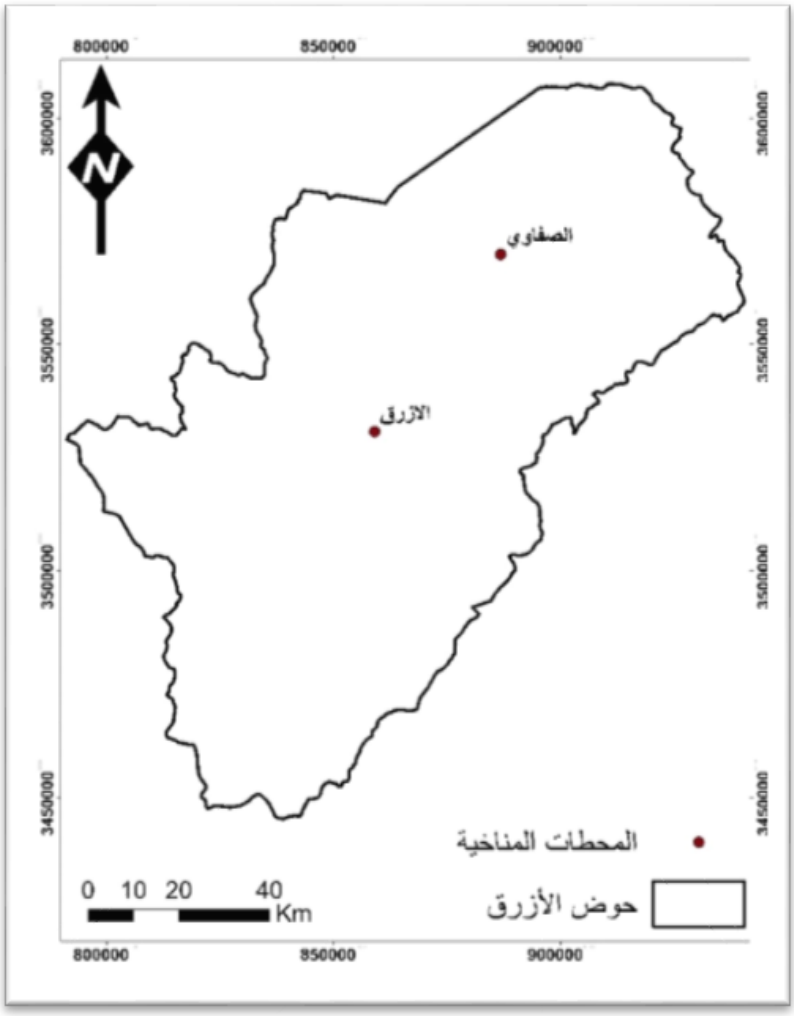
تعتبر خارطة المناطق المروية حسب المعايير الكارتوجرافية من الخرائط المتخصصة وذلك لأنها تحمل تفاصيل دقيقة جدا وهي التوزيع المكاني لأنواع المحاصيل والابار الجوفية المخصصة للري المحدد لمدى الارتباط بينهما. أما الجدول (1) يظهر أن مِساحات المَحاصيل في المناطق المَرْوية في حوض الأزرق في شهر آب لعام 2017 كانتْ 7200 هكتار. شملت المَحاصيل المَرْوية في حوض الأزرق أشجار الزيتون شكلت 44% من اجمالي مِساحات المَحاصيل في المناطق المَرْوية، في حين أن الخضراوات وتشمل المَحاصيل البندورة (محصول رئيسي) والبطيخ والشمام والباذنجان وغيرها غطت ما يقارب 28% من اجمالي المِساحة المَرْوية، أما عن أشجار الفاكهة وهي عبارة عن مزارع وبساتين الفاكهة من الخوخ، والمشمش، والدراق واللوزيات وكروم العنب، قفد شكلت ما نسبته تقريبا 20% من مجمل مِساحات المَحاصيل في المناطق المَرْوية، وأخيرا شكلت المَحاصيل الحقلية المتَمثِّلة بالحقول المفتوحة من البرسيم 8.33% من اجمالي مِساحات المَحاصيل في المناطق المَرْوية.

جدول (1): أنواع ومِساحات المَحاصيل في المناطق المَرْوية في حوض الأزرق.

نوع المحصول	المِساحة الكلية (هكتار)	النسبة (%)
أشجار الزيتون	3200	44.44
أشجار فاكهة	1400	19.44
المَحاصيل الحقلية	600	8.33
الخضروات	2000	27.77
المجموع	**7200**	**100≅**

ثانيا: الاحتياجات المائية Crop Water Requirement

تم حِساب تراكم التبخر-نتح المحصولي ΣETc اعتماداً على بيانات وزارة المياه والري للسنة المائية 2016-2017 لمحطتي الصفاوي والأزرق الظاهرة في الشكل (7). وقد تم جمع مخرجات ETo اليومي لحسابها لكل شهر للسنة المائية التي تبدأ بتشرين ثاني- 2016 وتنتهي بأيلول-2017.



شكل (7): المحطات المناخية في حوض الأزرق.

وتم تعديل قِيَمْ Kc وأطوال المواسم للخضروات في مشاريع سابقة لوزارة المياه والري (Al-Bakri, 2015)، من منحنيات المؤَشِر النباتي NDVI وبيانات الوزارة ومسوحات ميدانية. حيثُ تم تصنيف الخضروات المكشوفة من حيثُ موسم النمو إلى خمس مجموعات شملت الخضروات ذات المواسم شباط - حزيران، آذار-تموز، نيسان -آب، حزيران- أيلول، وتموز- تشرين الأول.

جدول (2): قِيَمْ معامل المحصول Kc النظرية في حوض الأزرق.

الشهر*	أشجار الزيتون	أشجار الفاكهة	مَحاصيل حقلية (برسيم)	خضراوات				
تشرين الاول	0.65	0.65	0.93					0.85
تشرين الثاني	0.5	0.3	0.89					
كانون الاول	0.15	0.0	1.14					
كانون الثاني	0.34	0.0	0.96					
شباط	0.3	0.0	1.15	0.4				
اذار	0.6	0.45	0.86	0.7	0.4			
نيسان	0.65	0.7	0.93	1.0	0.7	0.4		
ايار	0.52	0.57	0.89	0.6	1.0	0.7		
حزيران	0.6	0.9	0.93	0.2	0.6	1.0	0.4	
تموز	0.62	0.9	0.93		0.2	0.6	0.7	0.4
آب	0.55	0.8	0.93			0.2	0.9	0.7
ايلول	0.62	0.7	0.93				0.8	0.9

*السنة المائية 2017/2016، المصدر: Al-Bakri, 2015

وقد تم في هذه الدِراســـة اعتماد هذه القِيَمْ لل Kc والظاهرة في الجدول (2) لحوض الأزرق، وأطوال المواسم للخضروات التي تم تعديلها في مشاريع وزارة المياه والري لنفس مَنْطِقة الدِراســـة. وستكون (الخضراوات الصيفية) ذات المواسم (حزيران- أيلول، تموز- تشرين الاول) حالة دِراسية؛ حيثُ أن الخضراوات الظاهرة في المرئية الفضائية المعتمدة في الدِراســـة هي خضراوات هذين الموسمين.

جدول (3): صافي التبخر- نتح للمَحاصيل المَرْوية في حوض الأزرق.

الشهر*	ETo (mm) التبخر- نتح المرجعي	(mm) ETc التبخر- نتح للمحاصيل المَرْوية في حوض الأزرق						
		أشجار الزيتون	أشجار الفاكهة	محاصيل حقلية (برسيم)	الخضراوات			
تشرين الاول	103	67	67	96	--	--	--	88
تشرين الثاني	47	24	14	42	--	--	--	--
كانون الاول	18	3	0	21	--	--	--	--
كانون الثاني	28	10	0	27	--	--	--	--
شباط	18	5	0	21	7	--	--	--
اذار	51	13	23	44	63	20	--	--
نيسان	87	57	61	81	87	61	35	--
ايار	146	73	83	130	88	146	102	--
حزيران	179	107	161	167	36	107	179	72
تموز	266	165	239	247	--	53	160	186
آب	222	122	178	207	--	--	44	200
ايلول	173	107	121	161	--	--	--	138
المجموع	**1338**	**177**	**947**	**4124**	**542**	**387**	**520**	**596**
					452			

*السنة المائية تشرين أول 2016- أيلول 2017

أَظهَرَتْ الحسابات أن تراكم التبخر- نتح المرجعي ΣETo في حوض الأزرق بلغ 1338 ملم لكامل السنة المائية (2016-2017) نظراً لمُنَاخ الحوض المائي الجاف. وهذه الاحتياجات متأثرة فقط بالعوامل المُنَاخية المتَمثّلة بمتوسط درجات الحراة ودرجات العرض للمحطات (الأزرق، الصفاوي) حيثُ اعتمدت معادلة ثورنثويت في حِساب قِيَمْ التبخر- نتح المرجعي ETo، ليعبر المعدل بين المحطات عن كامل حوض الأزرق.

تظهر قيم المعدلات الشهرية للقيم اليومية للتبخر- نتح المرجعي ETo الظاهرة في الجدول (3)، أنها كانت متدنية خلال أشهر الشتاء، أما خلال أشهر الربيع المتَمثّلة يُلاحظ الارتفاع التدريجي في قيم ETo نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وقلة الغيوم وزيادة شدة الإشعاع الشمسي؛ ويُلاحظ الارتفاع الكبير في قيم ETo خلال أشهر الصيف فوصلت قِيَمْ ETo إلى 266 ملم في شهر تموز. أما خلال أشهر الخريف يُلاحظ الإنخفاض التدريجي في قيم ETo.

أَظهَرَتْ الحسابات أن تراكم التبخر- نتح المحصولي ΣETc في حوض الأزرق بلغت 3414 ملم لكامل السنة المائية (2016-2017) للمَحاصيل المَرْوية المصنفة بناءا على المرئية الفضائية المُلتقطة من القمر الصناعي لاندسات 8 في شهر آب، وتم الحصول على هذه القِيمة من خلال جمع قِيَمْ ETc على طوال السنة بالنسبة لأشجار الزيتون، أشجار الفاكهة والمَحاصيل الحقلية، ومعدل تراكم ETc لمواسم الخضراوات على طوال السنة.

جدول (4): كمية الاحتياج المائي CWR للمَحاصيل المروية حوض الأزرق(م^3/هكتار).

أشجار الزيتون	اشجار الفاكهة	المَحاصيل حقلية (برسيم)	الخضراوات (حزيران-أيلول) (تموز- تشرين أول)
771	947	1244	551

يظهر الجدول (4) كمية الاحتياج المائي CWR للمَحاصيل المروية حوض الأزرق(م3/هكتار) وكان أعلى تراكم لقِيَمْ ETc على طوال السنة المائية (2016-2017) في حوض الأزرق للمَحاصيل الحقلية المتَمثِّلة بالبرسيم 1244 ملم، تلاها أشجار الفاكهة بتراكم لقِيَمْ ETc 947 ملم، من ثم أشجار الزيتون 771ملم، أما الخضراوات فهي ذات مواسم يتراوح الموسم من أربعة إلى خمسة شهور من الزِراعة إلى الحصاد، تبدأ مواسم الخضراوات بشباط وتنتهي في تشرين الأول وتنعدم خلال الأشهر (تشرين الثاني، كانون الأول وكانون الثاني).

ثالثا: الانتاجية Crop Yield

تم الرجوع إلى دائرة الاحصاءات العامة (النشرة الزراعية، 2016)، وإلى (نشرة وزارة الزِراعة، 2016)؛ لحساب الانتاجية Yield للمَحاصيل المَرْوية في حوض الأزرق للعام 2016؛ من خلال حِساب الانتاجية للمَحاصيل المَرْوية للمحافظات ضمن حوض الأزرق، وذلك بمعرفة مِساحة كل محصول وإنتاجه. تم اعتماد بيانات المحافظات عمان، المفرق، الزرقاء، ومعان، تبعا للتقسيم الاداري لحوض الازرق.

جدول (5): أنواع الخضراوات الصيفية المَرْوية في محافظات حوض الأزرق ومِساحاتها وإنتاجها.

الخضراوات الصيفية المَرْوية	عمّان		المفرق		الزرقاء		معان	
	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)
بندورة	54.5	1960	3677	223110	127.4	14460	145.4	360
باذنجان	46.5	1355	206.2	5526	69.4	4788	50.3	3500
كوسا	209	5345	140	2650	32	2120	0	0
فلفل	33.9	577.9	280.5	0	48.1	2281	10	500
فاصوليا	25.5	281	45	450	0	0	35	0
قرنبيط	140.5	4085	388	7760	119.1	5833	70	2100
ملفوف	15.5	1405	302.9	6058	49.1	3423	0	0
بطيخ	26	1150	652.5	22154	55	2750	38.7	0
شمام	32	1420	339.5	10185	94	4025	11	0
بطاطا	46	1280	4	80	17.5	525	1100	30000
بصل	14	270	80	1600	0	0	14.6	70
ثوم	13.5	195	30	300	0	0	6.8	41
خس	119.5	3482	58	580	0	0	0	0
باميا	2	10	36	360	8	80	0	0
سبانخ	21.7	322	64	570	1.2	12	0	0
لوبيا	4.2	30	12	120	0	0	0	0
بروكلي	33	1320	0	0	0	0	0	0
المجموع	**837.3**	**24487.9**	**6315.6**	**281503**	**620.8**	**40297**	**1481.8**	**36571**

المصدر: وزارة الزراعة، التقرير الإحصائي السنوي، 2016.

يَظْهَر في الجدول (5) نتائج التصنيف للبيانات الإحصائية أنَّ هناك سبعة عشر صنف من الخضراوات الصيفية المَرْوية في حوض الأزرق، تواجدت مَحاصيل البندورة، والباذنجان، والزهرة في كل المحافظات، بلغت مِساحة الخضراوات الصيفية المَرْوية في محافظة عمّان 837.3 هكتار بإجمالي إنتاج 24487.9 طن، في حين كانتْ أكبر مِساحة للخضراوات الصيفية المَرْوية في محافظة المفرق بلغت 6316 هكتار، وكذلك الإنتاج كانتْ أكبر كمية له في محافظة المفرق بلغت 281503 طن. وتفاوتت المِساحة والإنتاج بين المحافظات.

جدول (6): أنواع الأشجار المثمرة المَرْوية في محافظات حوض الأزرق ومِساحاتها وإنتاجها.

أشجار الفاكهة المَرْوية	عمّان		المفرق		الزرقاء		معان	
	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)
تفاح	214.6	1631	275	3900	35.5	1122.4	1807.2	4925
اجاص	5	75	257.7	4954	105.5	30165	41	181
سفرجل	5.7	28	0	0	0	0	9.8	53
لوز	61.3	684.5	69	355	32.1	47.9	20	94
دراق	91.5	1390	1976.5	53995	37.4	118.5	96.3	1361
برقوق	48.7	241.8	652.5	12532	75.1	380.3	63.2	333.5
مشمش	32.1	65	950.6	23768	7	78.8	121.4	783
كرز	11.2	25.4	205.6	2732	8.2	16.4	22.7	116.5
تين	126	1648	73.4	571	90.3	186.1	37.5	156
رمان	37.4	208	53	2075	84	167.2	18.4	100
عنب	485.9	2594	1168	98	1209.2	49	193.9	0
جوافة	4.5	11.25	0	0	0	0	0.1	0
نخيل	1	2.5	0	0	110	550	70	1000
فاكهة أخرى	0	0	280.7	5455	5.3	16.2	3.8	36
المجموع	1124.9	8604.45	5962	110435	1799.6	32897.8	2505.3	9139

المصدر: وزارة الزراعة، التقرير الإحصائي السنوي، 2016.

تَظْهَر أنواع أشجار الفاكهة المَرْوية في محافظات حوض الأزرق في الجدول (6)، حيثُ ظَهَرَ أَنَّ هناك ثلاثة عشر صِنْف رئيسي، خمسة منها تواجد في جميع محافظات حوض الازرق بمِساحات مختلفة وهي (التفاح، الأجاص، المشمش، الكرز، الرمان). كانتْ أكبر مِساحة لأشجار الفاكهة في محافظة المفرق بمِساحة 5962 هكتار، وأكبر إنتاج كان ايضا في محافظة المفرق وبلغت كميته 110435 طن.

جدول (7): مِساحة وإنتاج (أشجار الزيتون والمَحاصيل الحقلية) المَرْوية في محافظات حوض الأزرق

المحافظات	المِساحة والإنتاج	أشجار الزيتون	المَحاصيل الحقلية (البرسيم)
عمّان	المِساحة (هكتار)	3571	4.2
	الإنتاج (طن) (ثمر)*	11041	218
المفرق	المِساحة (هكتار)	6238.2	2091.3
	الإنتاج (طن)	90711.6	94110

... تابع جدول رقم (7)

المحافظات	المِساحة والإنتاج	أشجار الزيتون	المَحاصيل الحقلية (البرسيم)
الزرقاء	المِساحة (هكتار)	9632.2	3623.2
	الإنتاج (طن)	4368	151269
معان	المِساحة (هكتار)	1949.9	845
	الإنتاج (طن)	4218.9	38110

المصدر: وزارة الزراعة، التقرير الإحصائي السنوي، 2016.
دائرة الاحصاءات العامة، نشرة الاحصاءات الزراعية، 2016. *ثمار الزيتون باستثناء انتاج الزيت

ويُظهِر الجدول (7) مِساحة وإنتاج أشجار الزيتون المروي والمَحاصيل الحقلية المَرْوية متَمثّلة بالبرسيم في محافظات حوض عمان الزرقاء، حيثُ يظهر أَنَّ أكبر مِساحة لأشجار الزيتون المروي كانتْ في محافظة الزرقاء حيثُ بلغت 9632.2 هكتار، وعن الانتاجية لأشجار الزيتون المروي في محافظات حوض عمان الزرقاء فكانت أكبر كمية إنتاج له 90711.6 طن في محافظة المفرق. وبالنسبة للمَحاصيل الحقلية المَرْوية متَمثّلة بالبرسيم كانتْ اكبر كمية لإنتاجه فكانت 151269 طن في محافظة الزرقاء.

جدول (8): انتاجية المحاصيل في محافظات حوض الأزرق.

المحافظات	المساحة (كم²) ونسبتها من مساحة حوض الأزرق	الإنتاجية (طن/ هكتار)							
		أشجار الزيتون (ثمار)		أشجار الفاكهة		المحاصيل الحقلية (برسيم)		الخضراوات الصيفية	
		الانتاجية	Weighted Average	الانتاجية	Weighted Average	الانتاجية	Weighted Average	الانتاجية	Weighted Average
عمّان	3716 (%) 31.7	3	0.95	8	2.54	52	16.48	29	9.19
المفرق	4913 (%) 41.9	15	6.29	18.5	7.75	45	18.86	45	18.86
الزرقاء	2570 (%) 21.9	0.5	0.11	18	3.94	42	9.2	65	14.24
معان	516 (%)4.4	2	0.88	4	1.76	45	19.8	25	11

المصدر: وزارة الزراعة، التقرير الإحصائي السنوي، 2016.
دائرة الاحصاءات العامة، نشرة الاحصاءات الزراعية، 2016. *ثمار الزيتون باستثناء انتاج الزيت

تمت عملية حِساب الانتاجية للمَحاصيل المَرْوية المصنفة في حوض الأزرق من خلال التقسيم الإداري وتحديد المحافظات التي تُغَطيه، ومن خلال الخطوة السابقة التي تم فيها حِساب الانتاجية للمَحاصيل المَرْوية المصنفة حسب كل محافظة، فقد تم حِساب معدل انتاجية المَحاصيل المَرْوية في المحافظات التي تُغَطي الحوض حسب Weighted Average، كما يظهر الجدول (8).

جدول (9): الانتاجية (طن/هكتار) للمَحاصيل المَرْوية في حوض الأزرق.

أشجار الزيتون (ثمار)	أشجار الفاكهة	المَحاصيل الحقلية (برسيم)	الخضراوات الصيفية
8.23	15.99	64.34	53.29

يظهر من مقارنة الانتاجية لكافة المَحاصيل المَرْوية المصنفة كما في الجدول (9)، أن انتاجية المَحاصيل الحقلية (برسيم) والخضراوات الصيفية هي الأعلى في حوض الأزرق، وأن انتاجية أشجار الزيتون المروي هي الأقل.

رابعا: المياه الافتراضية Virtual Water Crop لحوض الأزرق

تبين من نتائج حِساب المياه الافتراضية للمَحاصيل VWC التي تم حسابها من خلال قسمة الاحتياجات المائية CWR على الانتاجية CY، أنّ أعلى كمية مياه افتراضية في المَحاصيل المَرْوية VWC كانتْ لأشجار الزيتون حيثُ وصلت 94م^3 مياه لكل واحد طن، في حين كانتْ أقل كمية 10م^3 مياه لكل واحد طن كانتْ للخضراوات الصيفية. كما يُظهِر الجدول (10)، ويُلاحظ أنه وبالرغم من أنَّ الاحتياجات المائية للمَحاصيل الحقلية الأعلى نسبة للمحاصل المَرْوية المصنفة إلا أنّ مياها الافتراضية لم تكن الأعلى وبلغت 19 م^3/طن، ويمكن ارجاع ذلك للنتائج التي تم التوصل إليها في حِساب الانتاجية حيثُ كانتْ إنتاجيتها هي الأعلى من بين المَحاصيل الأخرى.

جدول (10): كمية المياه الافتراضية للمَحاصيل المَرْوية في حوض الأزرق (م^3/طن).

أشجار الزيتون (ثمار)	أشجار الفاكهة	مَحاصيل حقلية المَرْوية (برسيم)	الخضراوات الصيفية
94	59	19	10

خامسا: صافي الاستهلاك المائي للمَحاصيل المَرْوية Net Crop Water Demand

جدول (11): مِساحات المَحاصيل في المناطق المَرْوية لحوض الأزرق وتقديرات صافي استهلاكها المائي السنوي /الموسمي خلال السنة المائية 2017/2016.

المحصول	المِساحة (هكتار)	CWR (م^3/هكتار)	صافي استهلاك المياه (م م^3)
أشجار زيتون	3200	771	2.5
أشجار فاكهة	1400	947	1.3
المَحاصيل الحقلية (برسيم)	600	1244	0.7
الخضروات الصيفية	2000	551	1.1

يمكن حِساب صافي الاستهلاك المائي NCWD السنوي والموسمي على أساس الاحتياجات المائية التي هي عبارة عن تراكم التبخر–نتح المحصولي ΣETc على طول السنة أو الموسم لمِساحة المَحاصيل في المناطق المَرْوية الظاهرة في خارِطَة المناطق المَرْوية لحوض الأزرق للسنة المائية (2016-2017)، والمصنفة بناءاً على المرئية الفضائية المُلتقطة من القمر الصناعي لاندسات 8 في شهر آب/2017، وكانت لـ(أشجار الزيتون، أشجار الفاكهة، والمَحاصيل الحقلية) لكامل السنة وللخضراوات الصيفية للموسمين (حزيران- أيلول، تموز- تشرين الأول) حيثُ تم عمل المعدل لتراكم ETc لهذين الموسمين؛ من خلال ضرب الاحتياجات المائية CWR طوال السنة أو الموسم لكل محصول بمِساحته. أَظهَرَتْ النتائج أن صافي استهلاك المياه لـ 3200 هكتار من أشجار الزيتون 2.5م م^3، لـ 1400 هكتار من أشجار الفاكهة 1.3م م3، لـ 600 هكتار من المَحاصيل الحقلية (البرسيم) 70 ألف متر مكعب، ولـ 2000 هكتار من الخضراوات الصيفية 1.1م م^3. كما يظهر في الجدول (11).

سادسا: الطَّلب الفعلي للمياه للمَحاصيل المَرْوية Specific Water Demand

يمكن حِساب الطَّلب الفعلي للمياه SWD لمِساحة المَحاصيل في المناطق المَرْوية الظاهرة في خارِطَة المناطق المَرْوية لحوض الأزرق للسنة المائية (2016-2017) والمصنفة بناءاً على المرئية الفضائية المُلتقطة من القمر الصناعي لاندسات 8 في شهر اب/2017، وكانت لـ(أشجار الزيتون، أشجار الفاكهة، والمَحاصيل الحقلية) لكامل السنة، وللخضراوات الصيفية للموسمين (حزيران- أيلول، تموز- تشرين الأول)، حيثُ تم عمل المعدل لتراكم ΣETc لهذين الموسمين. من خلال ضرب قِيَمْ المياه الافتراضية طوال السنة أو الموسم لكل محصول بقِيَمْ إنتاجه. أَظهَرَتْ النتائج أن الطَّلب الفعلي للمياه لانتاج مَحاصيل المناطق المَرْوية مع صافي الاستهلاكها المائي لنفس المساحة، كما يظهر الجدول (12).

جدول (12): تقديرات الطَّلب الفعلي للمياه السنوي /الموسمي خلال السنة المائية (2016-2017) لانتاج المَحاصيل المَرْوية في حوض الأزرق.

المحصول	المِساحة (هكتار)	الانتاجية (طن/هكتار)	الإنتاج (ألف طن)	المياه الافتراضية (م^3/طن)	الطَّلب الفعلي للمياه (م م^3)
أشجار زيتون	3200	8.23	26.336	94	2.476
أشجار فاكهة	1400	15.99	22.386	59	1.321
المَحاصيل الحقلية (برسيم)	600	64.34	38.604	19	0.733
الخضروات: الصيفية	2000	53.29	106.580	10	1.066

النتائج والتوصيات

استطاعت الدِراســـة التوصل إلى مجموعة من النتائج أهمها:

- تَرَكُز الزِراعة المَرْوية في مَنْطِقتين رئيسيتين في حوض الأزرق، تَمثّلت مَنْطِقة الري الأولى في النطاق (الصفاوي – شرق المفرق) والمَنْطِقة الثانية النطاق (منخفض الأزرق).
- بلغ تراكم التبخر نتح المرجعي ΣETo للسنة المائية (2016-2017) في حوض الأزرق 1338ملم.
- الاحتياجات المائية CWR على شكل تراكم التبخر نتح المحصولي ΣETc للسنة المائية (2016-2017) في حوض الأزرق 3414 ملم.
- المَحاصيل الحقلية الأكثر احتياجاً للمياه من بين المَحاصيل المصنفة للسنة 2016/2017 ويحتاج كل هكتار من المَحاصيل الحقلية في حوض الأزرق إلى 1244 م^3 مياه.
- بناءا على نتائج المياه الافتراضية فإن كل واحد طن تم انتاجه للعام 2017 في حوض الأزرق (لثمار أشجار الزيتون يساوي 94، لأشجار الفاكهة 59، للمحاصيل الحقلية (برسيم) 19، للخضراوات الصيفية 10) م^3 من المياه. وبالتالي يمكن التوصل الى مقدار المياه التي يتم تصديرها من خلال مجموع ضرب مجموع الانتاج بالطن في قيمة المياه الافتراضية له ($\Sigma(\text{Production}_C \times \text{VWC})$).
- أخيرا توصي الدراسة بضرورة استخدام تِقْنيات الجَغْرفيا المكانية في دِراسة التغييرات المكانية والزمانية للمَحاصيل في المناطق المَرْوية، واعتماد مفهوم المياه الافتراضية كأداة أكثر حكمة لتحديد فاتورة الاستهلاك المائي في الزراعة المروية.

References

- Al-Bakri, J., T., Shawash, S., Ghanim, A. & Abdelkhaleq, R., (2016). Geospatial Techniques for Improved Water Management in Jordan, *Water, 8*(4), 132, 1-22.
- Al-Bakri, J., (2015). Mapping Irrigated Crops and Estimation of Crop Water Consumption in Azraq Basin, *A report for Regional Coordination on Improved Water Resources Management and Capacity Building*, Ministry of Water and Irrigation, Amman, Jordan
- Al-Omran, Abdul-Rabb Rasul, & Shalabi, Adel (1992), calculating the water needs of some of the water resources in eastern and central Saudi Arabia, *King Saud University journal*, 4 (1), 97-144.

- Al-Sheikh, Abdul-Malik (2006). Rainwater harvesting and torrential rain and its importance for water resources in the Kingdom of Saudi Arabia, *the second international conference on water resources and dry environment*.
- Abu-Sharar, T. Al-Karablieh, E. & Haddadin, M. (2012). Role of Virtual Water in Optimizing Water Resources Management in Jordan. *Water Resource Manage, 26*, 3977–3993.
- Ershadi, A., Khiabani, H., & Loru, J., (2005). Applications of remote sensing, GIS and river basin modelling in integrated water resource management of Kabul River Basin, *ICDI 21St European Regional Conference. Frankfurt, 5*, 1-10.
- Hoekstra, A.Y., & Hung, P.Q., (2003). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, Virtual water trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research *Report Series No. 12.*
- Hoekstra, A.Y., (2003). Virtual water: An introduction, Virtual water trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, *Value of Water Research Report Series No. 12*.
- Hamada, S. (2010). Topographical characteristics and their impact on vegetation in the Nablus governorate using geographical information systems (GIS) and remote sensing. (Unpublished Master Thesis). An-Najah National University, Nablus, Palestine.
- Hadadin, N. Qaqish, M. Akawwi, E. & Bdour, A. (2010). Water shortage in Jordan - Sustainable solutions, *Desalination, 250*,197–202.
- Gleick P. (2010). Roadmap for sustainable water resources in southwestern North America. *PNAS, 107*(50), 21300–21305.
- Galiano, G., (2012). Assessment of vegetation indexes from remote sensing: Theoretical basis, *CIHEAM*, (67), 65-75.

- Ministry of Water and Irrigation (2017). *Unpublished Data and Reports*, Amman, Jordan.
- Paez, C. Holl, G. Soto, G. Meeker, L. & Vercruse, R. (2010). Strategies for Sustainable Water Supply and Management for Loreto, Baja California Sur, México. (Unpublished Master Dissertation), University of California Santa Barbara.
- Saeed, Abdul Razek (2016). Geography and its modern techniques, *Professor's journal, 2*(216): 39-64.
- Wichelns, D., (2010 a). Sustainable Management of Water Resources in Agriculture. www.oecd.org/publishing/corrigenda.
- Wichelns, D., (2010 b). An Economic Analysis of the Virtual Water Concept in relation to the Agri-food Sector.www.oecd.org/publishing/corrigenda.
- https://www.aaas.org/content/what-are-geospatial-technologies.
- http://www.escwa.un.org/esiap.