

الاحتياجات المائية للمحاصيل المروية في حوض الموجب باستخدام تقنيات الجغرافيا المكانية

Water requirements of irrigated crops in the Mujib basin using geospatial techniques

رشا أبوركبه

Rasha AbuRukaba

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

الباحث المراسل: rasha.pawa88@gmail.com

تاريخ التسليم: (2019/12/9)، تاريخ القبول: (2020/2/18)

ملخص

تهدف الدراسة إلى حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل المروية بطريقة تراكم التبخر-نتح للمحاصيل لتقدير حجم المياه المتجسدة في كل هكتار من المحاصيل في حوض الموجب، من خلال توظيف تقنيات الجغرافيا المكانية في رسم خرائط توزيع مصادر امدادات المياه وخارطة المناطق المروية ومحاصيلها الرئيسية؛ وقد تم الاعتماد على البيانات الفضائية من القمر الصناعي لاندسات 8، والبيانات المناخية اليومية للسنة المائية 2016/2017 لحساب التبخر-نتح اليومي. خلصت الدراسة للوصول الى خرائط متخصصة وبتفاصيل دقيقة تحدد المناطق المروية حيث تركزت المناطق المروية في حوض الموجب في منطقتين رئيسيتين: (جنوب عمان - مادبا والجيزة)، حول وادي (الوالة - الموجب)، صنفت المحاصيل المروية الرئيسية السائدة إلى: (أشجار الزيتون، أشجار الفاكهة، المحاصيل الحقلية، والخضراوات الصيفية). تنوعت مصادر امدادات المياه في حوض الموجب ما بين الامطار والمصادر السطحية والجوفية وغير التقليدية متمثلة بالمياه العادمة المعالجة، وأظهرت نتائج تقييم الطلب على المياه للمحاصيل المروية في حوض الموجب على شكل تراكم تبخر-نتح للسنة المائية 2016/2017 أنه احتاج كل هكتار من اشجار الزيتون المروي من المياه 540 م³، اشجار الفاكهة 669 م³، المحاصيل الحقلية 865 م³، والخضراوات للموسم الصيفي 368 م³. توصي الدراسة باستخدام تقنيات الجغرافيا المكانية في دراسة التغيرات المكانية والزمانية للمحاصيل في المناطق المروية، وتقدير احتياجاتها المائية لكل هكتار لجميع الأحواض المائية في الأردن، وتشجيع الري الليلي خاصة في أشهر الجفاف، والزراعة في الأشهر الرطبة لتقليل التبخر-نتح.

الكلمات الدالة: المحاسبة المائية، الزراعة المروية، تقنيات الجغرافيا المكانية، الاحتياجات المائية، حوض الموجب.

Abstract

The study aims to calculate the water requirements of irrigated crops in a way of accumulation of Evaporationtranspiration we allow crops to estimate the volume of water embodied in every hectare of crops in the Mujib Basin, by employing geospatial techniques in mapping the distribution of water supply sources and the map of irrigated areas and their main crops; has been relied on Satellite data from the Landsat 8 satellite, and daily climate data for the 2016/2017 water year, to calculate daily evaporationtranspiration. The study concluded to reach specialized maps with accurate details that define irrigated areas where the irrigated areas were concentrated in the Mujib basin in two main regions: (south of Amman - Madaba and Giza), around the valleys (Al-Wala - Mujib), the main prevailing irrigated crops were classified into: (olive trees, trees Fruits, field crops, and summer vegetables). The water supply sources in the Mujib basin varied between rain and surface, underground and unconventional sources represented by treated wastewater, and the results of the water demand assessment for irrigated crops in the Mujib basin showed the form of evaporationtranspiration we have been able to the water year 2016/2017 that he needed every hectare of irrigated olive trees Of the water 540 mm³, fruit trees 669 mm³, field crops 865mm³, and vegetables for the summer season 368 mm³. The study recommends the use of geospatial techniques in studying the spatial and temporal changes of crops in the irrigated areas, estimating their water needs per hectare for all water basins in Jordan, encouraging night irrigation especially in the dry months, and cultivating in the wet months to reduce evaporationtranspiration ETo.

Keywords: Water Accounting, Irrigated Agriculture, Geospatial Techniques, Water Requirements, Mujib Basin.

المقدمة

يعد إجراء التقييم والتخطيط العلمي للموارد المائية الحاجة الأكثر إلحاحاً؛ لإدارة الطلب على المياه وجعل استهلاكها مستداماً، لمحدوديتها وازدياد الطلب عليها بمرور الوقت والتنافس الشديد بين القطاعات المستهلكة للمياه في الأردن؛ نتيجة ازدياد عدد السكان ونمو التمدن وتغير أنماط العيش والتطور الاقتصادي، هنا يمكن الاستفادة من مخرجات منهج المحاسبة المائية (Water Accounting Approaches (WAA القائمة على تقدير إجمالي التدفقات الداخلة للأحواض المائية، وتقدير الطلب الفعلي للمياه أو استهلاكها. حيث تُعتبر المحاسبة المائية منهجية دولية جديدة في إدارة وتقييم الموارد المائية وتعطيها القيمة الاقتصادية، تتضمن رؤية شاملة للموارد المائية ونظم الإمدادات، ومدى ارتباطها بالطلب والاحتياجات المائية والاستهلاك الفعلي للمياه، وتعد المحاسبة المائية عنصر حيوي في إجراءات التخطيط لإدارة الموارد المائية في ظل ندرة المياه، وتستوجب ادخال ابتكارات تقنية وإدارية ومالية، وتبني تكنولوجيا حديثة تعين على وضع استراتيجيات لإدارة الموارد المائية وتنميتها (FAO, 2016).

توفر تقنيات الجغرافيا المكانية Geospatial Techniques المعرفة حسب American Association for the Advancement of Science (AAAS) بأنها التكنولوجيا المتعلقة بجمع البيانات المرتبطة بالموقع أو معالجتها ومجموعة أدوات تسهم في رسم الخرائط الجغرافية وتحليل الغطاء الأرضي، وأنواعها (تقنيات الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، أنظمة تحديد المواقع العالمية، وتقنيات خرائط الإنترنت) (<https://www.aaas.org>)، قاعدة البيانات اللازمة لاستدامة الزراعة المروية في الأحواض المائية Water Basins اعتماداً على منهجية المحاسبة المائية، التي تتمثل بالعرض والطلب وإنتاجية المياه Supply, Demand and Yield of Water. العرض مُمَثَّلُ بالإمدادات المياه، والطلب على المياه مُمَثَّلُ بالتبخر-نتج للمحاصيل وضخ المياه، وإنتاجية المياه مُمَثَّلُ بإنتاج الكتلة الحيوية. حيث توفر أنواع المحاصيل ومساحاتها وتوزيعها المكاني؛ يمكن الاعتماد عليها بالإضافة إلى البيانات المناخية Climatic Data؛ لحساب كمية التبخر-نتج المرجعي Reference Crop Evapotranspiration (ETo)؛ ولحساب الاحتياجات المائية حسب طريقة منظمة الأغذية والزراعة- التابعة للأمم المتحدة (FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations؛ على شكل تبخر-نتج للمحاصيل المروية (ETc) Crop Evapotranspiration اعتماداً على نهج معامل المحاصيل Crop Coefficient Approach لتبخر-نتج للمحصول ETc في ظل ظروف قياسية.

استحدثت منظمة الأغذية والزراعة FAO مفهوم التبخر-نتج المرجعي ETo لدراسة الطلب التبخيري للغلاف الجوي بشكل مستقل عن نوع المحاصيل، نمو المحاصيل، والممارسات الإدارية. والعوامل الوحيدة التي تؤثر على التبخر-نتج المرجعي هي البيانات المناخية. ويعرف ETo بأنه معدل التبخر - نتج من المحصول المرجعي الافتراضي (سطح عشبي أخضر) ممتد بارتفاع يبلغ 12 سم مزدهر النمو ويغطي الأرض كلياً ولا يعاني من شح المياه (Zotarelli, et al., 2012).

يُعتد نهج معامل المَحاصيل Crop Coefficient Approach لحساب التبخر- نتح للمحصول ET_c في ظل ظروف قياسية. حيث يختلف التبخر- نتح المحصولي ET_c اختلافاً واضحاً عن كمية التبخر- نتح المرجعي ET_o التي هي نسبة التبخر-نتح من الغطاء النباتي في ظروف مثالية لنمو النبات إذ أنه يتأثر بالظروف المُنَاحية فقط (حسيان، 2012)، في حين تدمج آثار الخصائص التي تميز المَحاصيل كالغطاء الأرضي وخصائص الظل والمقاومة الهوائية للمحصول عن العشب في معامل المَحاصيل K_c ، إذ أن ازدياد كثافة الغطاء النباتي يخفض معدلات التبخر من رطوبة التربة Soil Moisture، حيث يشكل الغطاء النباتي ما يشبه المظلة التي تحد من مقدار الإشعاع الشمسي الواصل للسطح ويسهم في انخفاض درجة حرارة التربة خلال موسم الصيف وساعات النهار، كما ويسهم في الحد من سرعة الرياح ويزيد من الرطوبة الجوية بفعل عمليات النتح. وبذلك ينخفض معدل التبخر في الترب التي تشغلها الغابات بمقدار 70% من معدلات التبخر في المناطق المكشوفة. ويتم احتساب التبخر- نتح المحصولي ET_c في نهج معامل المَحاصيل، عن طريق ضرب ET_o بـ K_c . ويمكن دمج الاختلافات في التبخر- النتح بين المَحاصيل الحقلية والسطح العشبي المرجعي في معامل محصول واحد K_c أو فصله إلى معاملين: المحصول القاعدي (K_{cb}) ومعامل تبخر التربة (K_e)، أي أن $K_c = K_{cb} + K_e$. يمثل معامل المَحاصيل K_c في الأساس نسبة ET_c للمَحاصيل إلى ET_o المرجعية، ويمثل تكامل آثار أربع خصائص أساسية تميز المحصول عن العشب المرجعي Allen, et al. (2006). وهذه الخصائص هي: ارتفاع المحصول Crop height، الالبيدو (الانعكاس) من سطح المَحاصيل والتربة (Albedo (Reflectance)، ومقاومة الظل أي مقاومة المَحاصيل للتبخر Canopy Resistance، والتبخر من التربة Evaporation.

مشكلة الدراسة

تتبع مشكلة الدراسة من الحاجة إلى تغييرات جذرية في الممارسات الحالية والسلوك المتعلق باستهلاك المياه في جميع القطاعات، خاصة قطاع الزراعة الذي يعتبر أكبر مستهلك للمياه في الأردن، حيث أن قطاع الزراعة المروية Irrigated Agriculture Sector يستهلك أكثر من 60% من الموارد المائية المتاحة في الأردن (Al-Bakri, 2016).

تُغَنَّبَر تَقْنِيَّات الجَغْرَافِيَا المَكَانِيَّة من التقنيات الهامة في مسح ومراقبة الموارد الأرضية والتعرف على توزيعها وخصائصها ومصدراً مهماً للبيانات، بما توفره من أدوات فعالة، تساعد في تحديد المناطق المروية وتصنيف مَحاصيلها لتصف التوزيع المكاني لها وتحديد مساحاتها، إذ أن لها قدرات كبيرة ومتميزة في التحليل مقارنة مع الطرق التقليدية التي لا يمكن أن تكون فعالة في أي زمان ومكان. عدا عن الكلفة الكبيرة في الوقت والمال. وتتبع أهمية الدراسة باعتمادها منهج المحاسبة المائية المعبر عن المياه المستهلكة، وذلك من خلال تحديد مصادر امدادات المياه وتقدير الاحتياجات المائية بطريقة تراكم التبخر- نتح المحصولي (ΣET_c) Crop Evapotranspiration للزراعة المروية بالاعتماد على البيانات الناتجة عن تقنيات الجغرافيا المكانية لرسم خارطة المناطق المروية وتصنيف مَحاصيلها في حوض الموجب.

أهداف الدراسة

1. توظيف تقنيات الجغرافيا المكانية لإنتاج خرائط مصادر امدادات المياه، والمناطق المروية لحوض الموجب.
2. عرض الطريقة المناسبة لحساب الاحتياجات المائية بطريقة تراكم التبخر- نتج المحصولي لحوض الموجب.
3. تقييم المحاسبة المائية كحل لاستدامة الزراعة المروية لحوض الموجب.

الدراسات السابقة

تنوعت الدراسات التي تناولت جوانب موضوع الدراسة ومن أهمها:

أظهرت دراسة العمران وشلبي (1992)، الاحتياجات المائية الكلية لبعض المحاصيل الزراعية اعتماداً على نظام الري بالرش والري بالغمر، والإستعانة بمعادلة جنسن هيز لحساب التبخر، وحساب المتطلبات المائية في المملكة، للوصول لبعض النتائج القيمة كوجود بعض النباتات المحتملة للملوحة (كالشعير) التي تحتاج لكميات مياه قليلة بالمقارنة مع بعض النباتات التي لا تحمل الملوحة (كالبطاطا)، وتوضح أنه لا بد من تحديد كميات متطلبات الغسيل وتقديرها مع المتطلبات المائية للمملكة العربية السعودية ككل.

كانت دراسة (Raddad 2005) عن إحصاءات إمدادات المياه واستخداماتها في الأردن، حيث قام بدراسة طريقتين لتقدير كميات التزويد والطلب عليها لمصادر المياه في الأردن، شملت الدراسة التسجيلات الدورية لكميات الضخ لمختلف الاستخدامات في كافة القطاعات، وكذلك مراقبة بعض الآبار التي تحددها وزارة المياه والري؛ بهدف التعرف على التغيرات في الخصائص الهيدرولوجية، ونوعية المياه والكميات الآمنة التي يمكن استخراجها، دون التأثير على خصائص الخزانات المختلفة. وخلصت النتائج إلى أن جميع الأحواض الجوفية تعاني من ضخ جائر، وتم استغلالها بشكل أدى إلى هبوط في سطح المياه الجوفية، بما يزيد عن عشرين متراً، مما أدى إلى نُضوب وجفاف العديد من الآبار الجوفية، بالإضافة إلى تردي نوعية المياه الجوفية وزيادة كميات الأملاح ومؤشرات التلوث كالنترات والعناصر السامة.

أكد (Hadadin, et al. (2006) أن هنالك فجوة بين مصادر المياه للتزويد والاستهلاك في الأردن، وأن هذه الفجوة في ازدياد؛ نظراً للزيادة السكانية وسوء الإدارة، وأن السياسات المعتمدة لردم الفجوة بين العرض والطلب من الأمور الأساسية لإدارة الموارد المائية، بحيث تشمل الاحتياجات الأساسية من المياه في الأردن لأغراض الشرب والصناعة والزراعة.

أظهرت دراسة (Denny, et al. (2008) أن الأردن رابع أفقر دولة في العالم للمياه. وبينت الدراسة وجوب تحديد التحديات والفرص الرئيسية لزيادة المياه الوطنية المعروضة، وتقليل عبء الطلب للقطاعات الاقتصادية والديموغرافية، والتفاصيل المؤسسية لأصحاب المصلحة في مناقشة الماء، وتحليل التكاليف والمنافع من مجموعة واسعة من خيارات السياسة

العامّة للمياه، وتوصية وإدراج سلسلة متكاملة متعددة القطاعات من الخطوات لإصلاح قطاع المياه في الأردن.

درست حمادة (2010)، الخصائص الطبوغرافية وتأثيرها على الغطاء النباتي في محافظة نابلس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وأوصت دراستها بضرورة استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد في تحليل الغطاء النباتي.

أظهرت دراسة Gleick (2010)؛ أن الحضارة الحديثة حققت تقدماً ملحوظاً في إدارة المياه في القرون القليلة الماضية. وتعيش المدن المزدهرة الآن في المناطق الصحراوية، معتمدة على مزيج من التقنيات 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 المناخية. إن الإدارة المستدامة للمياه واستخدامها في المناطق الجافة وشبه الجافة سوف تتطلب تفكيراً جديداً حول استخدام المياه بطرق متعددة التخصصات وبإدارة متكاملة من قبل خيارات متعددة لخارطة طريق الإدارة المستدامة للمياه واستخدامها في العقود المقبلة.

تناولت دراسة كامل وآخرون (2011)، أسباب ضرورة تقدير الموارد المائية وإدارتها بشكل سليم في منطقة الدراسة في الفترة الواقعة بين 1976 - 1994، ومدى تأثير العوامل المناخية في كميات المياه، باستخدام معامل الجريان السطحي وتقدير كميات التصريف المائي، والنماذج الرياضية والحاسوبية مثل (استخدام المخطط المائي القياسي، ونموذج سنابير)، وصولاً لاستنتاجات هامة متعلقة بطبيعة الخصائص الهندسية الهيدروليكية لثربة منطقة الدراسة، بالإضافة إلى معدلات التبخر، والتركيز على الشدة المطرية بدلاً عن الاعتماد على كمية الأمطار.

وأشارت دراسة زريقات وحسبان (2012)، إلى أنماط الغطاء النباتي في قضاء برما للفترة الواقعة بين (1978 - 2009)، هادفة إلى إنتاج خرائط رقمية للغطاء الأرضي لمنطقة الدراسة خلال فترة الدراسة، وتحديد أنواع أنماط الغطاء الأرضي، والتغيرات الحاصلة في هذه الأنماط وتفسيرها، بالاعتماد على المنهج التحليلي المتتبع للتطورات في فترة الدراسة.

قدم Galiano(2012)؛ تقييم مؤشرات الغطاء النباتي من الاستشعار عن بعد: الأساس النظري واستنتاج، أنه يمكن تحسين أوجه عدم التيقن في الأنشطة الزراعية بسبب ندرة المياه والزيادة في حالات الجفاف، من خلال النظر في الكشف المبكر والتوصيف المكاني والزمني

لظروف الإجهاد المائي على الصعيد الإقليمي من الاستشعار عن بعد. وتعرض الجوانب النظرية للتقييم المكاني والزمني للمؤثرات النباتية المرتبطة برطوبة التربة، استناداً إلى بيانات الاستشعار عن بُعد والأرصاد الجوية.

استخدمت دراسة إبراهيم وآخرون (2012)، معادلة ثورنثويت في حساب قيم التبخر والنتح، لتقييم كميات التغذية المائية للمياه الجوفية في كل جزء من الحوض المائي، والتي نتج عنها تباين في قيم تغذية المياه الجوفية من جزء إلى آخر داخل الحوض المائي، ويعزى السبب في ذلك إلى الاختلافات الطبوغرافية، ونوع الرواسب.

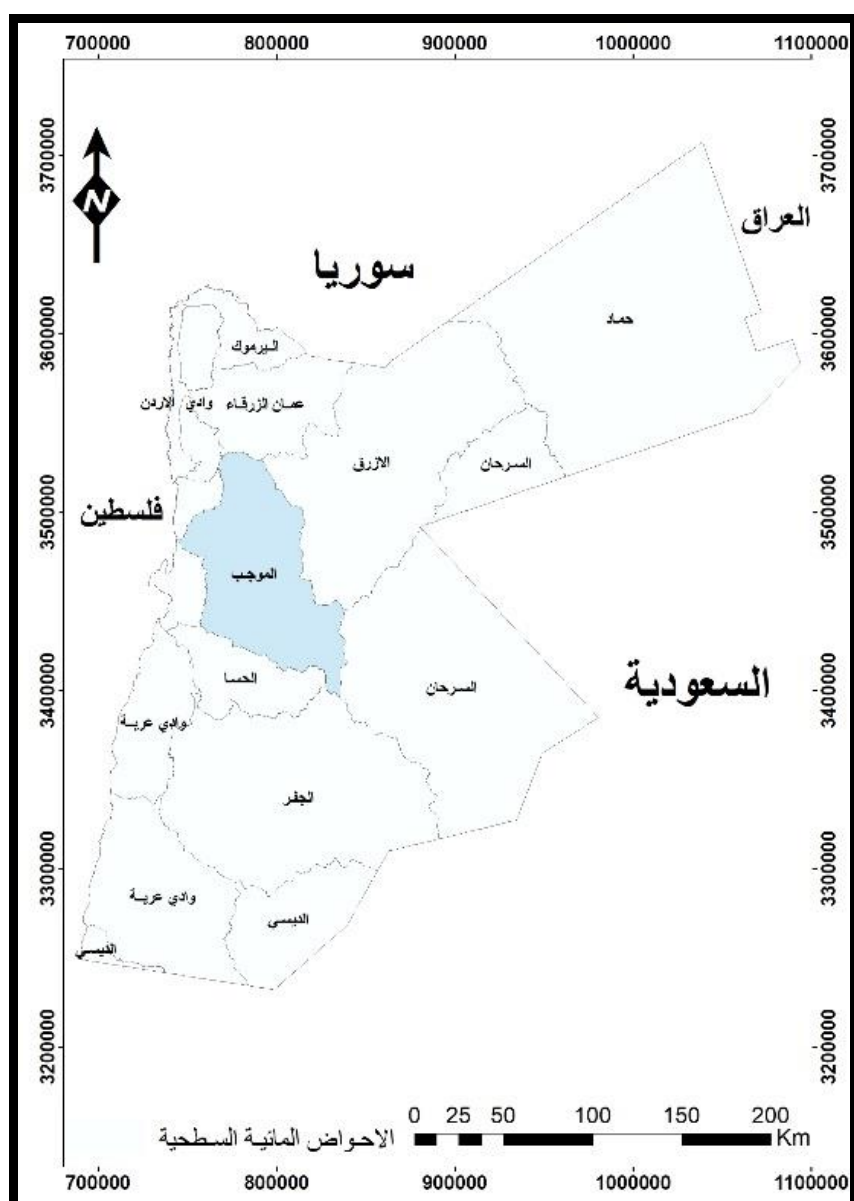
هدفت دراسة جاسم وحمدون (2014)، لإيجاد المعدلات الشهرية للتبخر – نتح المرجعي في كافة محطات منطقة الدراسة، متبعاً بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية والرصد الزلزالي، التي يتطلبها نموذجي (ب م 1998) و(ب أ ن 1998)، وذلك للفترة الواقعة (1980- 2010) بإظهار نتيجة مقارنة بين النموذجين، معزياً السبب إلى انخفاض كمية سطوح الشمس وانخفاض درجات الحرارة، وملاحظة ارتفاع القيم في موسمي الربيع والصيف نتيجة لطول ساعات الإشعاع الشمسي وارتفاع درجات الحرارة، وتوضيح علاقات الارتباط بين قيم المعدلات الشهرية وقيم المعدلات اليومية للتبخر في النموذجين للمحطات كافة.

ما يميز الدراسة عن الدراسات السابقة

تتميز الدراسة باعتمادها منهج المحاسبة المائية وتحديد حجم المياه المتجسدة في المحاصيل من خلال مفهوم الاحتياجات المائية، واستخدام تقنيات الجغرافيا المكانية بكافة أنواعها لتحديد المناطق المرورية وتصنيف محاصيلها.

منطقة الدراسة

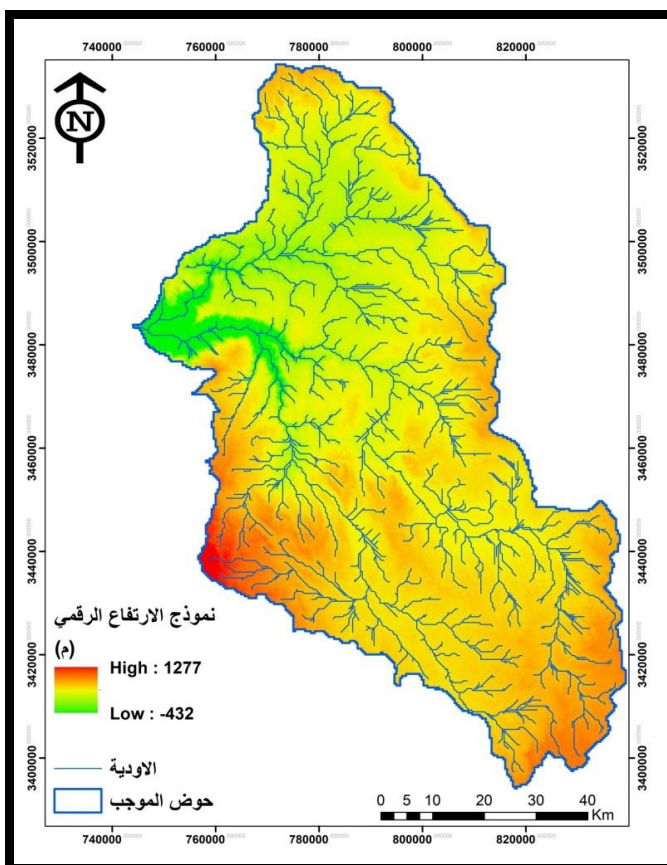
تمثلت منطقة الدراسة بحوض الموجب أحد الأحواض المائية السطحية في المملكة الأردنية الهاشمية بمساحة تقدر بـ 6584.4 كم² مشكلاً بذلك ما نسبته 7.4% من المساحة الكلية للمملكة البالغ 89313 كم² (دائرة الإحصاءات العامة، 2017)، ويبين الشكل (1) موقع حوض الموجب المختار لمنطقة الدراسة نسبة للأحواض المائية السطحية في الأردن والتقسيم الإداري للحوض المائي.



شكل (1): حوض الموجب.

المصدر: بيانات وزارة المياه والري (2017)، قسم نظم المعلومات الجغرافية، بتصريف الباحثة.

نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Model ذو الدقة المكانية Spatial Resolution (30) متر (ASTER GLOBAL DEM)، التنزيل من خلال شبكة الإنترنت <https://www.earthexplorer.usgs.gov>، ثم باستخدام برنامج Arc-10.3 لعمل التصحيح الهندسي، تم استخلاص: حدود الحوض المائي السطحي ورسم شبكة الاودية الرئيسية والفرعية عن طريق Hydrology from Spatial Analyst Tool لإنتاج خارطة لحوض الموجب نسبة للأحواض المائية السطحية في الأردن، وخارطة قيم الارتفاعات. ويظهر من خلال الشكل (2) أن الارتفاعات الأرضية عن سطح البحر تراوحت ما بين (-435)م عند مصب الموجب، و1270م فوق سطح البحر عند منطقة الربة والكرك.



شكل (2): خارطة الارتفاعات لحوض الموجب.

المصدر: USGS (2017)، <https://www.earthexplorer.usgs.gov>، بتصريف الباحثين.

منهجية الدراسة وأساليب المعالجة

أتبع المنهج الوصفي التحليلي لتحليل غطاء الأرض واستعمالاتها، تحديد المناطق المروية، تصنيف المحاصيل المروية، وحساب مساحاتها وتوزيعها المكاني. وأُعتد نهج معامل المحاصيل Crop Coefficient Approach لحساب التبخر - نتج للمحصول ETC في ظل ظروف قياسية.

أولاً: جمع البيانات الأساسية المستخدمة في الدراسة

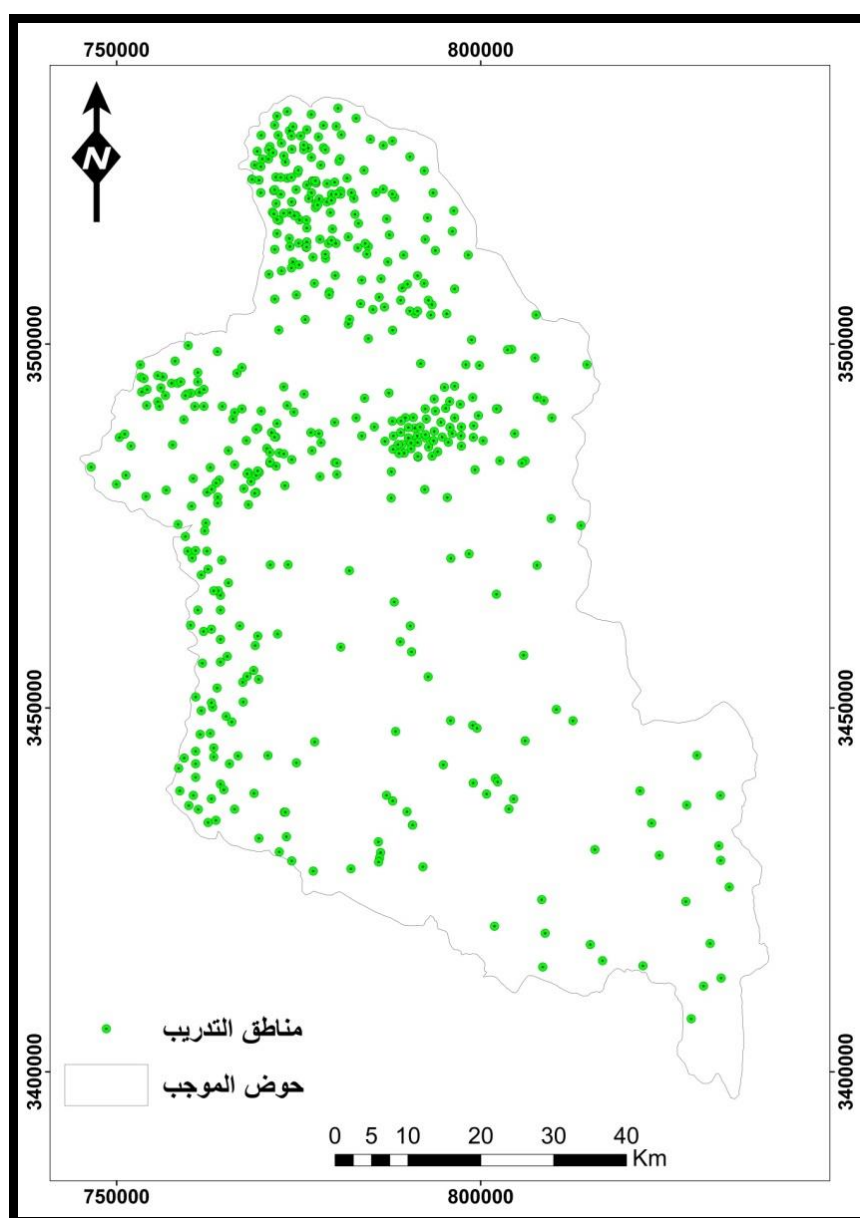
1. المراجع والمصادر المكتبية، والتقارير المنشورة وغير المنشورة.
2. بيانات مناخية للسنة المائية 2016/2017 لمجموعة من المحطات المناخية داخل وخارج حوض الموجب الموضحة في الجدول (1).

جدول (1): المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة.

رمز المحطة	اسم المحطة	EAST	NORTH	الارتفاع	تاريخ البدء بالتسجيل	تاريخ النهاية بالتسجيل
CD0006	الوالة	223000	1107500	350	23-Aug-02	22-Aug-17
CD0010	الرية	220500	1075500	970	11-Jan-86	20-Jun-17
AL0019	مطار عمان	243500	1153800	790	07-Jan-66	26-May-17

المصدر: وزارة المياه والري، 2017.

1. المرئيات الفضائية Satellite Image من القمر الصناعي Land Sat8 بجميع النطاقات ذو القدرة التمييزية المكانية 30X30 متر في شهر آب من عام 2017 (<https://www.earthexplorer.usgs.gov>).
2. مناطق التدريب المختارة من المسح الميداني Google Earth pro في حوض الموجب البالغ عددها (350) منطقة كما يظهر الشكل (4).



شكل (4): النقاط الأرضية المُختارة (مناطق التدريب) في حوض الموجب.

ثانياً: تصحيح البيانات الفضائية

تم استخدام ومعالجة بيانات الاستشعار عن بُعد من القمر الصناعي (لاندسات 8)، بدقة مكانية 30 Spatial Resolution م. من خلال تنزيل بيانات الاستشعار عن بُعد من شبكة الإنترنت <http://landsat.usgs.gov>. وتضمنت البيانات التي تم تحميلها صورتين تُعطي كامل حوض الموجب بتاريخ 2017/8/17. واستخدمت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية للتحليل واستنباط المعلومات لبناء قاعدة البيانات الضرورية لتحقيق أهداف الدراسة (Horning, 2004).

تم إدخال ومعالجة البيانات الأولية وتحويلها على شكل بيانات رقمية وخرائط موضوعية لإستخدامها في عمليات التحليل وكان ذلك بالإعتماد على تقنيات الجغرافيا المكانية اعتماداً على المعايير الكارتوجرافية. حيث تتكامل نظم المعلومات الجغرافية GIS، الاستشعار عن بُعد RS، أنظمة تحديد المواقع العالمية GPS، وتقنيات خرائط الإنترنت IMT، في الحصول على البيانات الأولية اللازمة، وتحويلها إلى بيانات تدخل في التحليل؛ وكان ذلك لإنتاج خرائط تصنيف غطاء الأرض واستعمالاتها وخرائط المناطق المروية ومحاصيلها الرئيسية في حوض الموجب.

تم تحويل المرئيات الفضائية إلى خرائط رقمية بالإعتماد على برامج تقنيات الجغرافيا المكانية، برنامج (ArcGIS 10.3) لنظم المعلومات الجغرافية، وبرنامج (ENVI 4) للاستشعار عن بعد. من خلال إتباع خطوات تجهيزات ما قبل المعالجة Preprocessing، بدأ من إزالة التشوهات وصولاً إلى تصنيف غطاء الأرض واستعمالاتها، وتحديد المناطق المروية وتصنيف محاصيلها الرئيسية كالتالي:

1. التصحيح الهندسي (Geometric Correction): احضار نقاط إحكام ميدانية لتصحيح التشوهات في الصور الفضائية بواسطة برمجيات الإستشعار عن بعد، وهو تصحيح البيانات المناطق صغيرة المساحة، ليتم إسقاطها بشكل أدق وفق إحداثيات شبكية متعامدة ووحدات قياس مترية. وتم ضبط الإحداثيات وفقاً لنظام الإحداثي المتري WGS-1984 UTM-ZONE-37

2. عمل Mosaic للوحات الممثلة للحوض وكانت لوحتان.

3. عمل Clip لإستخراج منطقة الدراسة اعتماداً على ShapeFile لحوض الموجب.

ثالثاً: تصنيف المرئية الفضائية وإنتاج خارطة المناطق المروية

1. تفسير المرئية الفضائية من خلال التصنيف الموجه Supervised Classification المعتمد على النموذج الرياضي المسمى الأرجحية العظمى Maximum Likelihood Classifier (MLC). يعتمد التصنيف الموجه على اختيار مواقع عينات مختلفة داخل المرئية، ولذلك تم القيام بالمسح الميداني للتعرف على طبيعة غطاء الأرض واستعمالاتها،

ورصد إحداثيات نقاط التحكم الأرضي باستخدام تقنيات الجغرافيا المكانية المتمثل بنظام التوقيع العالمي GPS، من أجل تحديد مناطق التدريب Training Area، من خلال استخدام مجموعة من النقاط التي تساعد على تصنيف البيانات الرقمية للمرئية؛ بوضع العناصر الأساسية للمرئية ضمن مجموعة، والتي تهدف إلى وضع جميع خلايا المرئية في مجموعات حسب تجانسها وتمثيلها على شكل خارطة محاصيل المناطق المروية. ويتم تصنيف محاصيل المناطق المروية الرئيسية استناداً على التصنيف الموجه بناءً على الدراسة الميدانية ونقاط التدريب وبالإستعانة بتقنيات خرائط الإنترنت IMT ممثلة بـ Google Earth pro حيث تقدم تمثيلاً للكرة الأرضية بطريقة تفاعلية مجسمة أي بالعرض ثلاثي الأبعاد، ومن خلال قيم المؤشر النباتي NDVI، وانعكاسية المحاصيل من خلال Spectral Profile لكل محصول التي تم اشتقاقها من المرئيات.

2. تحليل كثافة الغطاء النباتي للتعرف على أماكن توزيع الغطاء النباتي لمنطقة الدراسة، من خلال استخدام مؤشر الاختلاف النباتي المعايير Normalized Differences Vegetation Index (NDVI)، كأحد المؤشرات التي تدل على كثافة التوزيع النباتي في الحوض المائي. وتم اشتقاق قيم المؤشر النباتي باستخدام قيم النطاقات الأحمر Red، وتحت الحمراء القريبة Near Infrared (NIR). حسب المعادلة التالية (Galiano, 2012):

$$NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4)$$

تتراوح قيم المؤشر النباتي ما بين -1 و +1. وتشير القيم السالبة للمياه السطحية، والصفر إلى الأراضي الجرداء، ويرتفع الرقم بالقيم الموجبة حتى +1 للمناطق النباتية وحسب نسبة تغطية النباتات لسطح التربة، إذ تختلف قيم NDVI لكل محصول عن آخر وللحصول الواحد حسب نسبة التغطية. تأتي مرحلة تحديد المناطق المروية كخطوة تتبع دراسة الخصائص الجغرافية والمناخية، تحليل أنماط غطاء الأرض واستعمالاتها، وتحليل مؤشر الغطاء النباتي المعايير NDVI؛ لتحديد أماكن انتشار الغطاء النباتي وتسهيل فهم بيئة الأحواض المائية لتكوين قاعدة معلوماتية موسعة عنها في كل حوض مائي لمنطقة الدراسة. يمكن تحديد المناطق المروية من خلال مقارنة خرائط مؤشر الغطاء النباتي مع خرائط توزيع الأمطار ومصادر امدادات المياه التقليدية (الجوفية والسطحية) وغير التقليدية (محطات معالجة المياه العادمة). وصنفت المحاصيل المروية باستخدام التصنيف الموجه وبالاغتماد على قيم مؤشر الغطاء النباتي NDVI والمشاهدات الميدانية أثناء رصد نقاط التدريب باستخدام GPS في المسح الميداني للمنطقة، تم التأكد من صحة خرائط المناطق المروية ومحاصيلها الناتجة من خلال الزيارات الميدانية واستخدام صور الأقمار الصناعية عالية التفاصيل (Google Earth Pro) لتحسين دقة رسم الخارطة.

رابعاً: حساب الاحتياجات المائية بطريقة FAO56 في حوض الموجب

يمكن حساب الاحتياجات المائية Crop Water Requirement (CWR) للمحاصيل المروية، من خلال بيانات الطقس اليومية المسجلة في وزارة المياه والري ودائرة الأرصاد

الجوية، وبالاكتفاء على نتائج تصنيف تقنيات الجغرافيا المكانية للمحاصيل في المناطق المروية في حوض الموجب التي تم من خلالها تحديد أنواعها وتوزيعها المكاني، اعتماداً على طريقة منظمة الأغذية والزراعة - التابعة للأمم المتحدة، أو ما يعرف بطريقة (Allen et al., 1998) FAO56، والمبنية على حساب التبخر-نتج المحصولي ET_c لكل محصول بناءً على المعادلة $(ET_c = ET_o \times K_c)$ ، حيث أن ET_o هو التبخر-نتج المرجعي، و Crop Coefficient (Kc) معامل المحصول، وأن الاحتياجات المائية للمحاصيل المروية CWR تساوي تراكم التبخر - نتج المحصولي للمحصول طول الموسم ΣET_c (Allen et al., 1998).

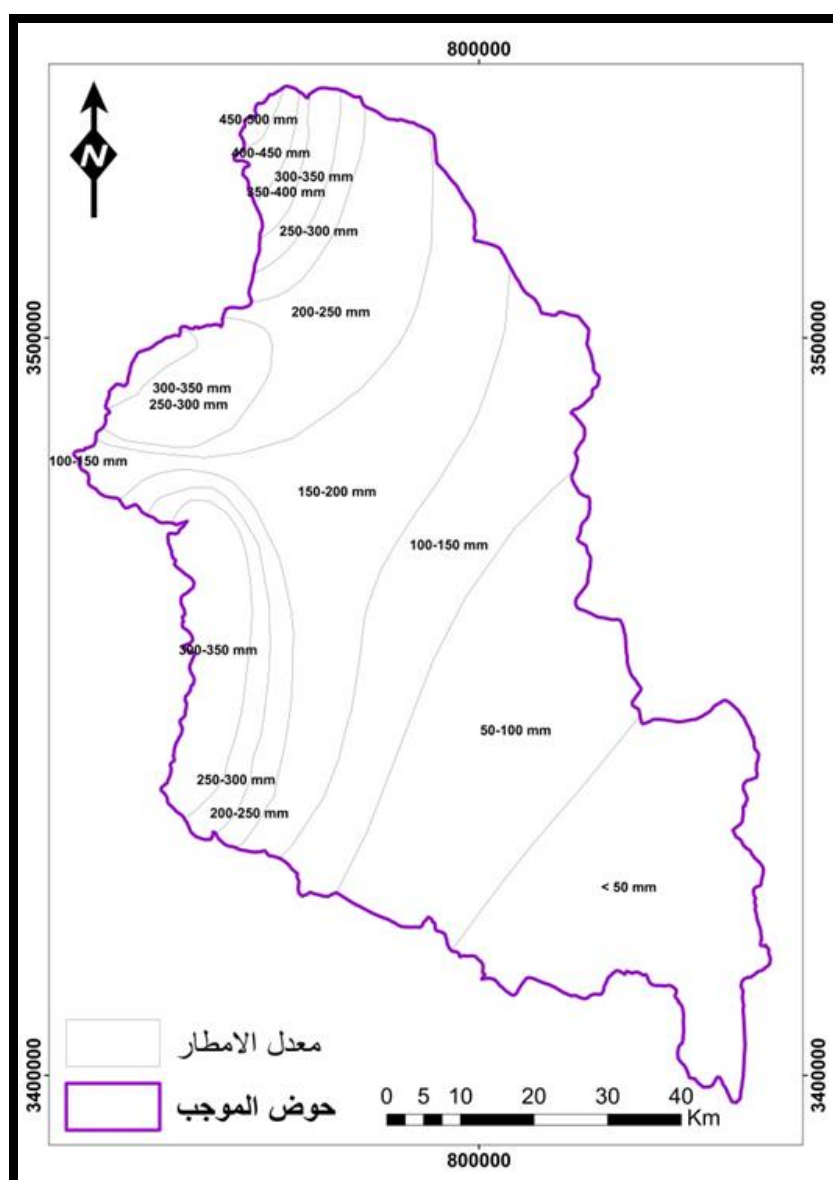
التحليل والنتائج

أولاً: مصادر إمدادات المياه في حوض الموجب

1. الأمطار Rainfall

تُعتبر الأمطار مصدراً لجميع المياه العذبة على سطح الأرض، وكل أنواع الجريان السطحي ناجمة عنها بشكل مباشر أو غير مباشر. تتفاوت كميات الأمطار زمنياً إذ تتركز معظم الأمطار خلال الفصل المطير أما الفصل الجاف فنادر ما تتم فيه عمليات الهطول. تختلف كميات الأمطار خلال أشهر السنة بين محطات حوض الموجب ويرجع ذلك إلى اختلاف الموقع ومناسيب الارتفاع بين مواقع هذه المحطات التي يترتب عليها اختلاف كميات الهطول.

تحتل الأمطار أهميتها كونها المصدر الأساسي للمياه في الأردن، وتشكل قلتها عائق لانتشار الغطاء النباتي. تتركز معظم الأمطار في حوض الموجب في فصل الشتاء، يسود المناخ الرطب في الأجزاء الغربية والشمالية الغربية من حوض الموجب، تتراوح قيم المتوسطات المطرية ما بين أقل من 50 ملم كحد أدنى جنوب شرق الحوض المائي و 400-500 ملم كحد أعلى شمال غرب الحوض المائي (وزارة المياه والري، 2017)، حيثُ تتناقص كلما اتجهنا إلى الشرق والجنوب كما يظهر من الشكل (5). مما يؤكد عدم انسجام أجزاء الحوض المائي الواحد في قيم التساقطات المطرية والذي يؤثر بدوره على الغطاء النباتي ووفرة الموارد المائية داخل الحوض.

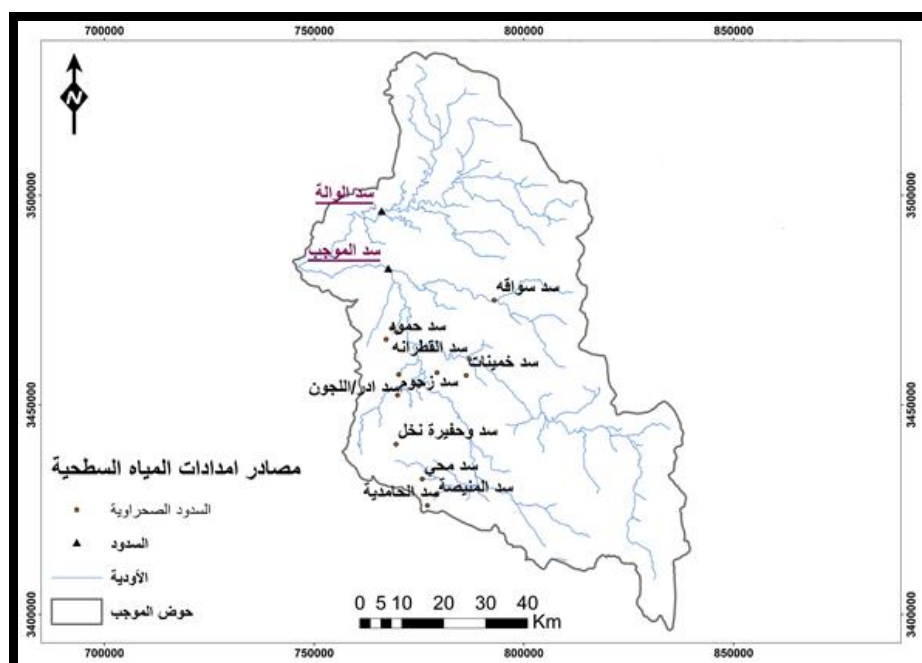


شكل (5): معدلات هطول الأمطار السنوية (مم) في حوض الموجب
المصدر: بيانات وزارة المياه والري (2017)، بتصريف الباحثة.

2. المصادر السطحية

تُمثل أي شبكة مائية لسطح ما نظاماً مشبعاً من الأودية والمنخفضات الطبيعية يمثل جريان الماء على سطح الأرض، تشكلت في العصور الجيولوجية السابقة، عند تشكل التضاريس اليابسة على الأرض، حيث لعبت عمليات الرفع والخفض لسطح القشرة الأرضية دوراً أساسياً في تشكيل معظم الشبكات المائية الحالية، ولكن نتيجة تدخل الإنسان فإن هذه الشبكة الطبيعية يمكن أن يتغير شكلها، وتتحول نتيجة ذلك من غطاء أرضي (Land cover)، إلى استعمالات أراضي (Land Use)؛ فيلاحظ وجود بحيرات تجمع المياه أمام السدود أو القنوات التي من صنع الإنسان لاستعمالها في الري (أبوسمور والخطيب، 1999).

يتكون حوض الموجب من شبكة أودية تظهر من خلال الشكل (6)، تتكون من عدد من الأودية الرئيسية أهمها وادي الموجب Wadi Al-Mujib ينتهي جنوباً بوادي السلطاني Wadi As Sultani ويتفرع من وادي الموجب وادي سعيدة Wadi Suayda ومن ثم وادي الثريا Wadi AthThurayya، ويتفرع منه وادي الهيدان Wadi Al Heedan شمالاً الذي ينتهي بوادي الوالة الذي ينقطع ثم يستمر، جنوب الحوض المائي هناك وادي مقهار Maghar.



شكل (6): مصادر امدادات المياه السطحية في حوض لموجب.

المصدر: بيانات وزارة المياه والري (2017)، بتصريف الباحثة.

3. المصادر الجوفية

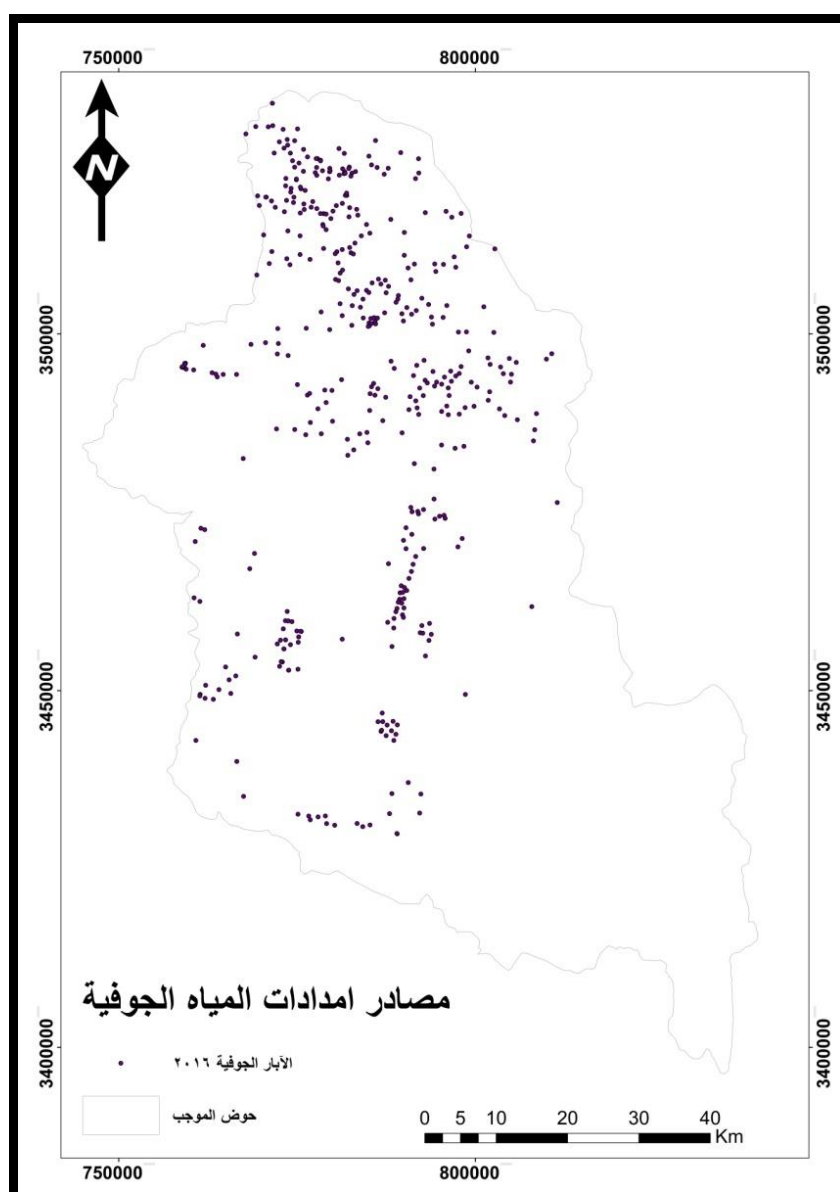
تُعتَبر المياه الجوفية المصدر الرئيس لمياه الشرب في كافة أنحاء المملكة، والمصدر الرئيس لمياه الري في المناطق المرتفعة. استخدمت منذ أوائل الستينيات في المملكة لأغراض الاستخدام المنزلي والزراعي والصناعي والبيئي. كانت الزراعة المروية المستهلك الرئيسي للمياه الجوفية حتى عام 1995 في الأردن، خاصة في المرتفعات، المنطقة المروية الرئيسية في البلاد بعد وادي الأردن، لكن انخفضت حصتها إلى 42% عام 2015 (Molle, et al., 2017)، تظهر استعمالات المياه الجوفية وعدد الآبار المخصصة لكل استعمال في حوض الموجب لعام 2016 في الجدول (4) في حين يظهر الشكل (7) التوزيع المكاني لها.

جدول (4): استعمالات المياه الجوفية وعدد الآبار المخصصة لكل استعمال في حوض الموجب لعام 2016.

الاستعمالات	عدد الآبار الجوفية المخصصة للقطاعات المستهلكة للمياه للعام 2016	كمية استهلاك القطاعات للمياه الجوفية (م ³) للعام 2016 مقدار الضخ الأمن 57 MCM
للري	287	34
للشرب	127	32
للسياحة	4	0.5
للصناعة	36	3.6
للمراعي	2	0.3
كافة الاستعمالات	456	70.4

المصدر: بيانات وزارة المياه والري (2017)، بتصريف الباحثة.

يعتبر حوض الموجب من إمدادات المياه الجوفية المهمة في الأردن وهو مصدر متجدد، حيث يبلغ الاستخراج الأمن 57 MCM. ويضم الحوض المائي اجزاءً من أربع محافظات في الأردن (عمّان ومادبا والكرك ومعان)، تشير بيانات وزارة المياه والري إلى أن عدد الآبار الجوفية في حوض الموجب لعام 2016 بلغ 456 مخصص منها للري 287. تبلغ نسبة آبار الري إلى جميع الآبار 63%. ومن الإستعمالات الأخرى للمياه الجوفية لحوض الموجب الشرب البالغ عدد الآبار المخصصة لها 127، أي أنها أقل من الآبار المخصصة للري كما الحال في حوض عمّان-الزرقاء، وبما أن الحوض المائي ضمن المناطق المتمدنة والحيوية نجد أن هناك 36 بئر مخصص للصناعة، و4 مخصصة للسياحة. ومن الإستعمالات الأخرى للمياه الجوفية في حوض الموجب المراعي.



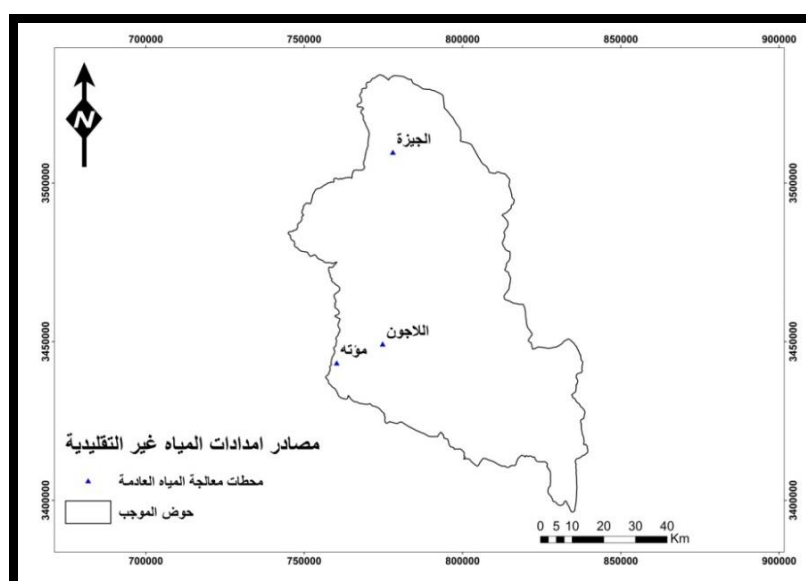
شكل (7): مصادر امدادات المياه الجوفية في حوض الموجب.

المصدر: بيانات وزارة المياه والري (2017)، بتصرف الباحث.

4. المصادر غير التقليدية (محطات معالجة المياه العادمة)

نظراً إلى الزيادة السكانية والتطور الاجتماعي والاقتصادي المطرد في الأردن، تتزايد كميات المياه العادمة، ومع تناقص كميات المياه العذبة المتاحة ستتزايد أهمية معالجة المياه العادمة. لذا يجب تأمين مرافق جمع المياه العادمة ومعالجتها حيثما كان ذلك مجدياً، لتوفير كميات إضافية من المياه للاستعمال بحيث تكون متطابقة مع الموصفات القياسية المعتمدة. ومن الواجب تحويل النظرة إلى المياه العادمة من كافة الشرائح على أنها مياه عديمة الفائدة، بل يجب أن يصار إلى جمعها ومعالجتها وإدارتها واستعمالها بطريقة كفوءة مثلى، يُظهر الشكل (8) التوزيع المكاني لمحطات المعالجة في حوض الموجب.

يظهر الجدول (5) قائمة بمحطات المعالجة ضمن حوض الموجب، حيث يُظهر أن هناك ثلاث محطات معالجة في حوض الموجب، حيث يضم هذا الحوض المائي أجزاءً من أربعة محافظات. ويظهر الجدول أيضاً كميات المياه الداخلة والخارجة بالمتر مكعب لكل يوم ولكل شهر من أشهر سنة 2015 والمعدل لكامل أشهر السنة ومجموع هذه الكميات لكل السنة. ويمكن استخلاص عدداً من النتائج التي تساعد في معرفة امدادات المصادر المائية غير التقليدية في حوض الموجب، من باب التعرف على كامل العرض، ولتكوين قاعدة بيانات وصفية ورقمية عن حوض الموجب من خلال الإطار النظري والخرائط الرقمية، بلغ مجموع ما دخل على محطات المعالجة لعام 2015 في حوض الموجب 947 ألف متر مكعب، وبلغ مجموع الخارج من محطات معالجة حوض الموجب 885 ألف متر مكعب. وهذا يعني أنه يضاف للمصادر إمدادات المياه في حوض الموجب يمكن استهلاكها في الزراعة المروية بدلاً عن هذه الكمية من المياه الجوفية التي نحن بحاجة في القطاعات الأخرى أو استدامتها للأجيال القادمة.



شكل (8): مصادر امدادات المياه غير التقليدية في حوض الموجب.
المصدر: بيانات وزارة المياه والري (2017)، بتصريف الباحثة.

جدول (5): المعدل اليومي لكميات المياه الداخلة والخارجة لمحطات معالجة مياه العادمة في حوض الموجب م³/يوم لعام 2015.

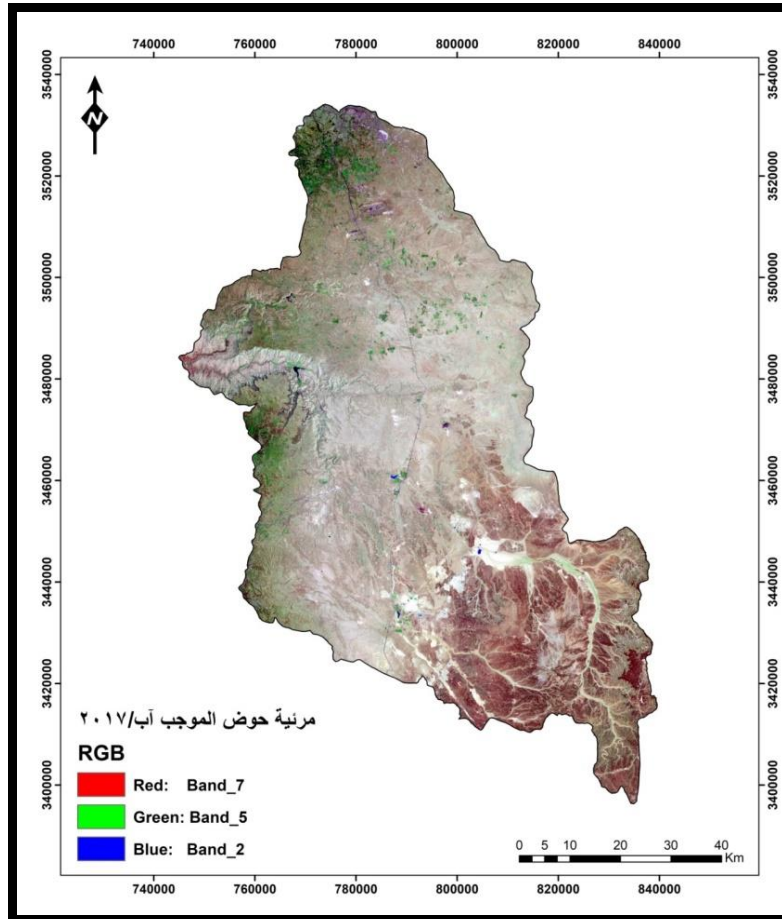
المعدل اليومي لكميات المياه الداخلة													
الشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول	المعدل
WWTP	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	MCM/YEAR
الجيزة	1325	836	385	436	668	729	837	1091	768	817	734	650	0.282
مؤنة	1119	854	908	967	991	1248	1289	1394	1426	1533	1501	1500	0.448
اللجون	446	508	561	627	655	537	511	644	777	740	582	552	0.217
AL - JIZA													
MU'TA													
AL-LAJOUN													
المعدل اليومي لكميات المياه الخارجة													
الشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول	المعدل
WWTP	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	m ³ /D AY	MCM/YEAR
الجيزة	1225	826	375	426	658	719	827	990	758	807	724	562	0.271
مؤنة	1117	842	883	922	943	1212	1254	1363	1380	1469	1423	1225	0.427
اللجون	379	432	477	533	557	456	434	547	660	629	495	550	0.187
AL - JIZA													
MU'TA													
AL-LAJOUN													

المصدر: وزارة المياه والري، 2017.

ثانياً: استخدام تقنيات الجغرافيا المكانية في إنتاج خرائط البحث

1. المرئية الفضائية المصححة لحوض الموجب

تمكنت الدراسة معتمدة على تقنيات الجغرافيا المكانية من تحليل المرئية الفضائية لحوض الموجب الواضحة في الشكل (9)، الملتقطة من القمر الصناعي Landsat 2017/8/17 (8).

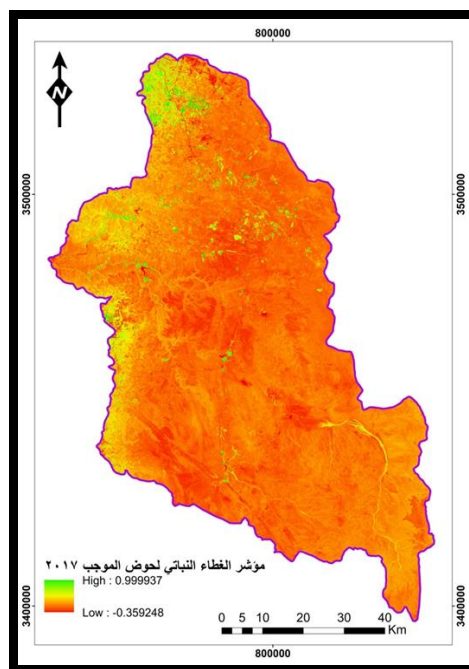


شكل (9): المرئية الفضائية لحوض الموجب ملتقطة بالقمر الصناعي Land Sat-8 بتاريخ 2017/8/17.

المصدر: USGS، <https://www.earthexplorer.usgs.gov/> بتصريف الباحثين.

2. خارطة مؤشّر الاختلاف النباتي المعايير NDVI في حوض الموجب

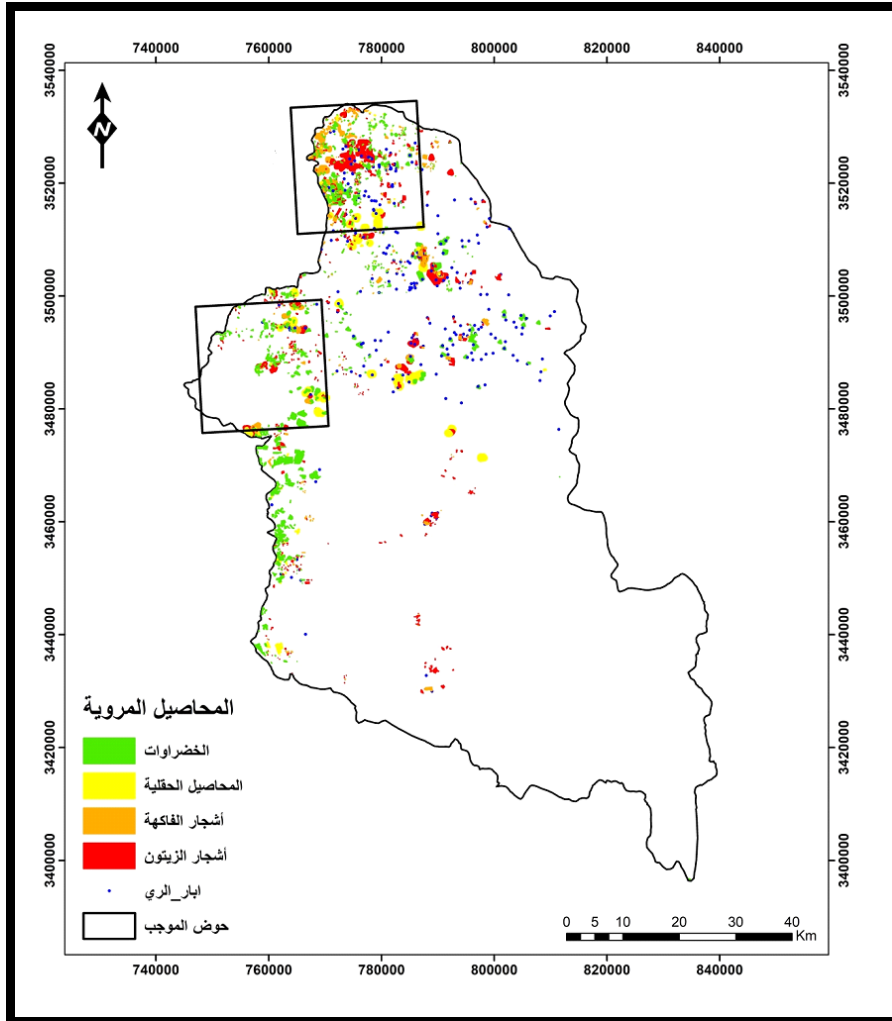
تم استخدام مؤشّر الاختلاف النباتي المعايير Normalized Differences Vegetation Index (NDVI) كأحد المؤشّرات الهامة التي تدل على كثافة التوزيع في حوض الموجب، تعد عوامل المناخ والتضاريس من أكثر العوامل تأثيراً على توزيع ونمو الغطاء النباتي، حيث يوجد الغطاء النباتي على شكل نبات طبيعي أو أراضي مزرعة، يعتمد حساب NDVI على بيانات المرئيات الفضائية، ويعد استخراج الغطاء النباتي وتحديد المناطق الخضراء كخطوة سابقة لعمليات تصنيف الغطاء النباتي لإنتاج خارطة المناطق المزروعة. حيث أنه من خلال مؤشّر الغطاء النباتي ومقارنته مع خارطة الأمطار يمكن التمييز ما بين المناطق الخضراء المزروعة والمناطق الخضراء البعلية، حيث أن المناطق التي ينخفض فيها معدل الأمطار عن الحد الذي يسمح بإنتاج زراعي بعلي تكون مناطق مزروعة، أما المناطق الخضراء التي تتوافق ومعدلات هطول أمطار عالية تكون مناطق بعلية، وكذلك من خلال تدرج قيم NDVI يمكن تصنيف المحاصيل داخل المناطق المزروعة؛ أظهرت نتائج التحليل في حوض الموجب أن قيمة كثافة الغطاء النباتي تراوحت ما بين (-0.36) كحد أدنى والقيمة (+0.99) كحد أعلى، ويدل تدرج القيم الموجبة على كثافة إنتشار الغطاء النباتي، كما يظهر في الشكل (11).



شكل (11): مؤشّر الاختلاف النباتي المعايير NDVI لحوض الموجب.

3. خارطة المناطق المروية ومحاصيلها الرئيسية في حوض الموجب.

أظهرت خارطة توزيع المناطق المروية في حوض الموجب الظاهرة في الشكل (12)، والناجمة عن تحليل المرئية الملتقطة بشهر اب 2017، والمستندة على مؤشر الغطاء النباتي، والراجع فيها التوزيع الجغرافي للزراعة المروية لتوزيع المياه الجوفية ومعدلات الأمطار إضافة إلى مصادر المياه السطحية، أن الزراعة المروية تنتشر شمال الحوض.



شكل (12): خارطة المناطق المروية ومحاصيلها الرئيسية في حوض الموجب.

مَنْطِقَة الري الأولى في النطاق الممتد ما بين (جنوب عَمَّان - مادبا والجيزة) حيثُ تنتشر مزارع أشجار الفاكهة والزيتون والخضراوات على الرغم من ارتفاع معدلات الأمطار أَظْهَرَتْ طبقة ابار الري التركيز الشديد للأبار الجوفية المخصصة للري مما جعلها مَنْطِقَة مَرْوِيَة وكذلك وجود محطة الجيزة للمعالجة داخل الحوض المائي وعلى حدوده محطة مادبا للمعالجة. والمَنْطِقَة الثانية النطاق حول وادي (الوالة - الموجب)، حيثُ المُنَاح الدافئ المشجع لزراعة الخضراوات. تتم زراعة الخضار في عدة مواسم، حيثُ تبدأ الزراعة المبكرة في شباط واذار، في حين أن الموسم المتأخر للخضار يكون نهاية الصيف، وهذا الموسم من الخضار هو الظاهر في الخارطة، وينتهي إنتاج الخضراوات المكشوفة في بداية شهر تشرين الثاني، أما مناطق الوالة ووادي الموجب فتتم زراعة الخضار فيها خلال اواخر الشتاء. وقد تطابق توزيع المناطق المروية بشكل جيد مع توزيع مصادر امدادات المياه في حوض الموجب، مع وجود بعض الإزاحة المكانية لعدد من الأبار الجوفية عن المزارع، ويمكن تبرير هذه الإزاحة دلالة على وجود مخالفات على شكل نقل المياه لمسافات بعيدة أو حفر آبار مخالفة.

ثالثا: الاحتياجات المائية للمحاصيل المَرْوِيَة في حوض الموجب

تم حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل المَرْوِيَة المصنفة في حوض الموجب من خلال تراكم التبخر-نتح المحصولي ΣET_c ، باستخدام طريقة منظمة الأغذية والزراعة - التابعة للأمم المتحدة أو ما يعرف بطريقة FAO56، والمبنية على حساب ET_c لكل محصول على النحو التالي: $ET_c = ET_o \times K_c$ ، وكان ذلك من خلال البيانات المُنَاحِيَة اليومية لحساب التبخر-نتح ET_o باستخدام Thornthwaite Method، اعتماداً على بيانات وزارة المياه والري للسنة المائية 2016-2017، للمحطات الربة، الوالة ومطار عَمَّان في هذه الحسابات. وقد تم جمع مخرجات ET_o اليومي لحسابها لكل شهر للسنة المائية التي تبدأ بتشرين ثاني- 2016 وتنتهي بأيلول-2017.

تم تعديل قِيَم K_c وأطوال المواسم للخضراوات في مشاريع سابقة لوزارة المياه والري عام 2015 (Al-Bakri, 2015)، من منحنيات المؤشر النباتي NDVI وبيانات الوزارة ومسوحات ميدانية. حيثُ تم تصنيف الخضراوات المكشوفة من حيثُ موسم النمو إلى خمس مجموعات شملت الخضراوات ذات المواسم شباط - حزيران، آذار-تموز، نيسان -أب، حزيران- أيلول، وتموز- تشرين الأول. وقد تم في هذه الدراسة اعتماد قِيَم K_c الظاهرة في الجدول (7) لحوض الموجب، وأطوال المواسم للخضراوات التي تم تعديلها في مشاريع وزارة المياه والري لنفس مَنْطِقَة الدراسة. وستكون (الخضراوات الصيفية) ذات المواسم (حزيران- أيلول، تموز- تشرين الاول) حالة دراسية؛ حيثُ أن الخضراوات الظاهرة في المَرْوِيَة الفضائية المعتمدة في الدراسة هي خضراوات هذين الموسمين.

جدول (7): قِيَمُ معامل المحصول Kc النظرية في حوض الموجب.

الشهر	أشجار الزيتون	أشجار الفاكهة	محاصيل حقلية (برسيم)	خضراوات				
تشرين الاول	50.6	0.65	0.93	--	--	--	--	0.65
تشرين الثاني	0.54	0.35	0.93	--	--	--	--	--
كانون الاول	0.0	0.0	1.2	--	--	--	--	--
كانون الثاني	0.33	0.0	1.2	--	--	--	--	--
شباط	0.3	0.0	1.14	0.4	--	--	--	--
اذار	0.5	0.4	0.8	0.7	0.4	--	--	--
نيسان	0.65	0.7	0.93	1.0	0.7	0.4	--	--
ايار	0.52	0.65	0.84	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	60.	0.7	0.4
أب	0.55	0.8	0.93	--	--	0.2	0.9	7.0.
ايلول	0.62	0.7	0.93	--	--	--	0.8	0.9

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

أُظهِرَتْ الحسابات أن تراكم التبخر - نتح المرجعي ΣE_{To} في حوض الموجب بلغت 934 ملم لكامل السنة المائية (2016-2017) والظاهرة في الجدول (8). وهذه الاحتياجات متأثرة فقط بالعوامل المناخية المُمَثَّلَة بمتوسط درجات الحرارة ودرجات العرض للمحطات (مطار عمان والربة والواله) حيث اعتمدت معادلة ثورنثويت ($PET = 16 (10 t \ J)^a$) (الأسدي، 2014) ، باستخدام برنامج MATLAB في حساب قِيَمُ التبخر - نتح المرجعي E_{To} اليومية، ليعبر المعدل بين المحطات عن كامل حوض الموجب، واعتمدت محطة مطار عمان بالرغم من عدم وجودها داخل حدود حوض الموجب لأنها قريبة جداً من المنطقة المَرْوِيَة الرئيسة النطاق الممتد ما بين (جنوب عمان-مادبا والجيزة)، ومحطة الواله لأنها تعبر عن المنطقة المَرْوِيَة الثانية النطاق الممتد حوالي وادي (الواله - الموجب). كما ظهر في خارطة المناطق المَرْوِيَة لحوض الموجب الشكل (12).

جدول (8): صافي التبخر-نتح للمحاصيل المزروعة في حوض الموجب.

خضراوات					التبخر- نتح للمحاصيل المزروعة في حوض الموجب (mm) ETc			ETo (mm) التبخر- نتح المرجعي	الشهر*
					محاصيل حقلية (برسيم)	أشجار الفاكهة	أشجار الزيتون		
55	--	--	--	--	78	55	55	84	تشرين الأول
--	--	--	--	--	37	14	22	40	تشرين الثاني
--	--	--	--	--	16	0	0	13	كانون الأول
--	--	--	--	--	14	0	4	12	كانون الثاني
--	--	--	--	6	16	0	4	14	شباط
--	--	--	13	23	26	13	17	33	آذار
--	--	27	47	67	62	47	44	67	نيسان
--	--	72	103	62	87	67	54	103	ايار
--	51	127	76	25	118	114	76	127	حزيران
70	123	105	35	--	163	158	109	175	تموز
103	132	29	--	--	137	118	81	147	أب
107	95	--	--	--	111	83	74	119	أيلول
335	401	603	274	183	865	669	540	934	المجموع
311									

*السنة المائية تشرين أول 2016-أيلول 2017

تظهر قيم المجموع الشهري للقيم اليومية للتبخر-نتح المرجعي ETo، أنها كانت متدنية خلال أشهر الشتاء المتمثلة بالأشهر كانون الأول، كانون الثاني وشباط حيث لم تصل إلى 15 ملم كما هو الحال في حوض عمان -الزرقاء. أما خلال أشهر الربيع المتمثلة بأشهر آذار، نيسان وأيار يُلاحظ الارتفاع التدريجي في قيم ETo نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وقلة الغيوم وزيادة شدة الإشعاع الشمسي كما كان في حوض عمان - الزرقاء؛ حيث تراوحت القيم ما بين 33 ملم في آذار نهاية الشتاء و 103 ملم في ايار بداية الصيف، كما يُلاحظ الارتفاع الكبير في قيم ETo خلال أشهر الصيف المتمثلة بالأشهر حزيران، تموز وأب فوصلت قيم ETo إلى 175 ملم في

شهر تموز وهي أقل بقليل من حوض عَمّان -الزرقاء. أما خلال أشهر الخريف يُلاحظ الإنخفاض التدريجي في قيم ET_o كما في حوض عَمّان-الزرقاء ولنفس الاسباب التي تم ذكرها؛ إذ تبدأ بالانخفاض من شهر أيلول، تشرين أول وتشرين ثاني، وتراحت قيم ET_o 119 ملم في أيلول و40 ملم في تشرين الثاني.

وتبعاً لقيم ET_o أظهرت الحسابات أن قيم التبخر- نتج للمحاصيل ET_c ، كانت متدنية خلال أشهر الشتاء لجميع المحاصيل حيث وصلت قيمة ET_c لأشجار الفاكهة إلى صفر وذلك نتيجة المعامل المحصولي K_c كما هو الحال في حوض عَمّان-الزرقاء ولنفس الأسباب التي تم ذكرها. أظهرت الحسابات أن تراكم التبخر- نتج المحصولي ΣET_c في حوض الموجب بلغت 2385 ملم لكامل السنة المائية (2016-2017) للمحاصيل المزروعة المصنفة بناءً على المئوية الفضائية الملتقطة من القمر الصناعي لاندسات 8 في شهر آب، وتم الحصول على هذه القيمة من خلال جمع تراكم ET_c على طوال السنة بالنسبة لأشجار الزيتون، أشجار الفاكهة والمحاصيل الحقلية، ومعدل تراكم ET_c لمواسم الخضراوات على طوال السنة.

بلغ أعلى تراكم لقيم ET_c على طوال السنة المائية (2016-2017) في حوض الموجب للمحاصيل الحقلية المتمثلة بالبرسيم 865 ملم، تلاها أشجار الفاكهة بتراكم لقيم ET_c 669 ملم، من ثم أشجار الزيتون 540 ملم، أما الخضراوات فهي ذات مواسم يتراوح الموسم من أربعة إلى خمسة شهور من الزراعة إلى الحصاد، تبدأ مواسم الخضراوات في المرتفعات بشباط وتنتهي في تشرين الأول وتنعدم خلال الأشهر تشرين الثاني، كانون الأول وكانون الثاني في المرتفعات، وتتحصر في منطقة الأغوار. تراوحت قيم ET_c للمواسم ما بين 183 ملم للموسم الشتوي (شباط- حزيران)، وللموسم الصيفي 401 ملم (حزيران- أيلول) وكان معدل قيم ET_c لجميع مواسم الخضراوات في حوض الموجب للسنة المائية (2016-2017) 311 ملم، أما عن قيم ET_c للخضراوات الظاهرة في خارطة المناطق المزروعة لحوض الموجب فتساوي معدل قيم ET_c للموسمين (حزيران- أيلول، وتموز- تشرين الأول) وبلغت 368 ملم. كما يظهر الجدول (9).

جدول (9): كمية الاحتياج المائي CWR للمحاصيل المزروعة في حوض الموجب (م³/هكتار).

الخضراوات	المحاصيل حقلية (برسيم)	اشجار الفاكهة	اشجار الزيتون
311	865	669	540

النتائج والتوصيات

توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها:

- تركز الزراعة المروية في منطقتين رئيسيتين في حوض الموجب، تمثلت منطقة الري الأولى في النطاق الممتد ما بين (جنوب عمان - مادبا والجيزة) والمنطقة الثانية النطاق حول وادي (الوالة - الموجب).
- تراكم التبخر نتج المرجعي ΣE_{To} للسنة المائية (2016-2017) في حوض الموجب 934 ملم.
- الاحتياجات المائية CWR على شكل تراكم التبخر نتج المحصولي ΣE_{Tc} للسنة المائية (2016-2017) في حوض الموجب 2385 ملم.
- المحاصيل الحقلية الأكثر احتياجاً للمياه من بين المحاصيل المصنفة في حوض الموجب المائية لمنطقة الدراسة للسنة 2016/2017. ويحتاج كل هكتار من المحاصيل الحقلية في إلى 865 م³ مياه.
- الخضراوات الصيفية الأقل احتياجاً للمياه من بين المحاصيل المصنفة، في حوض الموجب للسنة 2016/2017. ويحتاج كل هكتار من الخضراوات الصيفية إلى 368 م³ مياه.
- أظهرت نتائج المحاسبة المائية من خلال تقييم العرض في حوض الموجب أن مصادر إمدادات المياه فيه تمثلت بالمياه الجوفية، وقد تجاوز الضخ من المياه لري المحاصيل حد الاستخراج الآمن للمياه الجوفية في الحوض؛ والبالغ 57 م³؛ في حين قدرت كميات ضخها 34 م³. ويضاف لمصادر امدادات المياه في حوض الموجب المصادر المائية السطحية وتشمل السدود الصحراوية بسعة تخزينية 2.67 م³، وتبلغ سعة سد الموجب 35 مليون متر مكعب تستخدم لأغراض متعددة، أما سد الوالة فتبلغ سعته 9.5 م³ تستخدم بشكل رئيسي لتغذية المياه الجوفية التي تضخ للري والشرب. ومن مصادر إمدادات المياه أيضاً في الحوض المائي المصادر غير التقليدية للمياه فتشمل على المياه الخارجة من محطات المعالجة في الحوض المائي وهي محطة الجيزة ومؤتة واللجون، وبمجموع كلي مقداره 885 ألف متر مكعب.
- أظهرت نتائج المحاسبة المائية لتقييم الطلب على المياه في حوض الموجب من خلال تطبيق مفهوم الاحتياجات المائية CWR، ويقصد بالمحاسبة المائية للمحاصيل هنا هي تقدير حجم المياه المتجسدة في كل هكتار منها وذلك في مفهوم الاحتياجات المائية، أن الاحتياجات المائية لكل هكتار بين المحاصيل غير متساوية في الحوض المائي نفسه، ويعود ذلك لاختلاف العوامل المؤثرة بالاحتياجات المائية (المناخ ونوع المحصول). كما يظهر أن الاحتياجات المائية على شكل تراكم تبخر- نتج للسنة المائية 2016/2017 في

حوض الموجب على النحو الآتي: (أشجار الزيتون المروي 540 م³/هكتار، أشجار الفاكهة 669 م³/هكتار، المحاصيل الحقلية 865 م³/هكتار، والخضراوات 311 م³/هكتار)، وعليه فإن الاحتياجات المائية للمحاصيل الحقلية هي الأعلى من بين المحاصيل، في حين أن الاحتياج المائي للخضراوات وهو الأقل.

– بالتالي وبناءً على نتائج المحاسبة المائية يمكن الوصول إلى تقدير القيمة الاقتصادية للمياه المستهلكة من خلال تحليل التكلفة والعائد، ومنها إلى تدقيق المياه أي وضع الاتجاهات لإمدادات المياه والطلب عليها وإمكانية الوصول إليها.

التوصيات

- بناءً على النتائج استطاعت الدراسة التوصل إلى مجموعة من التوصيات أهمها:
- يجب الأخذ بعين الاعتبار في الإطار العام لرسم الإستراتيجيات أن زراعة المحاصيل المروية التي تستهلك كميات كبيرة من المياه، هو إستغلال مفرط للموارد المائية.
- استخدام تقنيات الجغرافيا المكانية في دراسة التغيرات المكانية والزمانية للمحاصيل في المناطق المروية، وتقدير احتياجاتها المائية لكل هكتار لجميع الأحواض المائية في الأردن.
- زيادة تزويد المياه لأغراض الزراعة من خلال إحلال المياه العادمة المعالجة بدلاً عن المياه العذبة للزراعة المروية.
- تشجيع الري الليلي خاصة في أشهر الجفاف، والزراعة في الأشهر الرطبة لتقليل التبخر – نتج ET.
- تبني الأساليب المتطورة، لتحسين إدارة المياه في الحوض المائي، وتشجيع المزارعين على استبدال المحاصيل المستهلكة للمياه مثل أشجار الزيتون وأشجار الفاكهة بمحاصيل أقل استهلاكاً، وذات نمو قصير ومردود مالي عال مثل المحاصيل الحقلية والخضراوات.

References (Arabic & English)

- Abdul Wahab, Sameh. (2006). *Modern Cartography and Supporting Planning and Development Issues, Symposium: Graduate Studies and Development Plans*. Imam Muhammad ibn Saud Islamic University, Deanship of Graduate Studies, Saudi Arabia, Riyadh (in Arabic).
- Abu Sammour, Hasan, & Al-Khatib, Hamid. (1999). *Geography of Water Resources*. First Edition, Safaa Publishing and Distribution, Amman (in Arabic).

- Al-Bakri, J. (2015). *Mapping Irrigated Crops and Estimation of Crop Water Consumption in South Amman (Jiza Office)*. A report for Regional Coordination on Improved Water Resources Management and Capacity Building, Ministry of Water and Irrigation, Amman, Jordan
- Al-Bakri, J. T. Shawash, S. Ghanim, A. & Abdelkhaleq, R. (2016). Geospatial Techniques for Improved Water Management in Jordan, *Water*, 8(4), 132.
- Allen, R.G. Perrier, L.S. Raes, D. & Smith, M. (1998) Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements, *Irrigation and Drainage Paper* No. 56, FAO, Rome, Italy
- Allen, R. G. Perrier, L. S. Raes, D. & SMITH, M. (2006), Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements), *FAO Irrigation and Drainage Paper* No.56.
- Asadi, Safa. (2014), *Geography of Water Resources*, Iraq, (in Arabic) <https://www.researchgate.net>.
- Denny, E. m. Donnelly, K. McKay, R. Ponte, G. & Uetake, T. (2008), Sustainable Water Strategies for Jordan, *International Economic Development Program, Gerald R.Ford School of Public Polic*, University of Michigan, Ann Arbor April 2008.
- Department of Statistics (2017). *Jordan in Figures*, Amman, Jordan (in Arabic).
- Galiano, G. (2012). Assessment of vegetation indexes from remote sensing: Theoretical basis, *CIHEAM*, (67), 65-75.
- Gleick P. (2010). Roadmap for sustainable water resources in southwestern North America. *PNAS*. 107(50), 21300–21305.
- Haddadin, M. Salman A. & Karablieh, E. (2006). *Resources for the Future: The Role of Trade in Alleviating Water Shortage*. (1st Ed.). Washington: Routledge.

- Hamada, Safa. (2010). *Topographic Characteristics and their Impact on Vegetation in Nablus Governorate Using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing*, Unpublished Master Thesis, An-Najah National University, Nablus, Palestine (in Arabic).
- Hassan, Kifah. (2012). Assessment of the Water Situation in Syria through the Application of the Virtual Water Principle in the Agricultural Sector, *Damascus University Journal for Engineering Sciences*, 28 (1): 69-84 (in Arabic).
- Horning, N. (2004). *Land cover classification methods*, Center for Biodiversity and Conservation American Museum of Natural History Central Park West at 79th street New York, New York, 10024 US.
- Jalkanen, A. Nygren, P. (2005). *Sustainable use of renewable natural resources — from principles to practices*, University of Helsinki Department of Forest Ecology Publications 34, <http://www.helsinki.fi/mmttk/mmeko/sunare>.
- Kamel, Ammar, Suleiman, Sadeq, & Sayel, Khamis. (2011). Western Sahara Hydrology Study to Evaluate Water Harvesting Projects in the Region, *Iraqi Journal of Civil Engineering*, 7 (2), 16-27 (in Arabic).
- MEDSTAT, ESCWA and UNSD Regional Training *Workshop on Integrated Environmental and Economic Accounting for Water*, Amman, 10-13 March 2008 (in Arabic).
- Ministry of Agriculture. (2016). *Annual Statistical Report*, Amman, Jordan.
- Ministry of Water and Irrigation. (2017). Unpublished data and reports, Amman, Jordan (in Arabic).
- Ministry of Water and Irrigation (2017), Unpublished Climate and Rainfall Data, Amman, Jordan (in Arabic).
- Molle, F. Al Karablieh, E. Al Naber, M. Closas, A. & Salman, A. (2017). *Groundwater Governance in Jordan the case of Azraq Basin*,

A Policy White Paper, IWMI project publication, support provided by the Middle East Bureau, U.S. Agency for International Development, under the terms of Award AID-263-IO-1300005.

- Raddad, K. (2005). Water supply and water use statistics in Jordan, *IWG-Env, International Work Session on Water Statistics*, Vienna, 20-22.
- Shehadeh, Noman (1991). General Trends in Rain in Jordan, *Journal of Studies*, 5 (1) (in Arabic).
- Shehadeh, Noman (1991). *Climate of Jordan*, Dar Al-Bashir, Amman, Jordan (in Arabic).
- Zotarelli L. Dukes M. Romero C. Migliaccio K. & Morgan K. (2012). *Step by Step Calculation of the Penman-Monteith Evapotranspiration (FAO-56 Method)*, University of Florida.
- Zureikat, Dalal. & Husban, Yosra. (2012). Detection of land cover changes using aerial imagery and geographic information systems in Barma-Jerash district, *Jordan Journal of Social Sciences*, 5 (1), 1-14 (in Arabic).
- www.fao.org/land-water/water/water.../water-accounting.
- <https://www.earthexplorer.usgs.gov>.
- http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=5377.
- <https://www.aaas.org>.