Journal Of the Iraqia University (76-3) June (2026)

ISSN(Print): 1813-4521 OnLine ISSN:2663-7502
Journal Of the Iraqia University
available online at
https://iasj.rdd.edu.iq/journals/journal/view/247

دراسة تأثير التغيرات المناخية على الموارد المياه في حوض نهر ديالى

م.د . صافي جبار هفي صالح
جغرافية طبيعية المديرية العامة لتربية الأنبار

A study of the impact of climate change on water resources in the Diyala River basin

Tut. Safi Jabbar Hafi Saleh
Physical Geography
General Directorate of Education in Anbar
alfahadsafi@gmail

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثيرات التغيرات المناخية على موارد المياه في حوض نهر ديالى، مع التركيز على الأنماط الجغرافية والزمنية لهذه التأثيرات باستخدام نموذج SWAT. تم استخدام نموذج SWAT (نموذج تقييم المياه والتربة) لمحاكاة العمليات الهيدرولوجية في مستجمع المياه. تم تقسيم مستجمع المياه إلى أحواض فرعية ووحدات استجابة هيدرولوجية (HRUs) لتقدير الجريان السطحي. استخدمت بيانات تضاريس الرادار المكوكية (SRTM)، وبيانات التربة من هيئة الإحصاء ونظم المعلومات الجغرافية في العراق، وبيانات الطقس من نظام التنبؤ بالمناخ (CFSR). تم استخدام برنامج SWAT–CUP للتحقق من صحة النموذج ومعايرته باستخدام خوارزمية SUFI–2 لتحديد جميع أوجه عدم اليقين. تم تقييم جودة الملاءمة باستخدام مؤشرين هما عامل P وعامل R. تم استخدام مؤشرات مثل NSE وPBIAS لتقييم كفاءة النموذج في التنبؤ. أظهرت النتائج أن تدفق المجاري سينخفض بشكل كبير نتيجة لتغير المناخ وفقًا لنماذج المناخ الستة المستخدمة. أظهر نموذج gfdl_cm2_1.1 أكبر انخفاض في تدفق المجاري مع متوسط تصريف مستقبلي في شهري مارس وأبريل أقل بكثير من الفترة الماضية. جميع النماذج توقعت انخفاضًا في تدفق المجاري حتى عام ٢٠٥٠. أوصت الدراسة باتخاذ تدابير حكيمة للتقليل من تأثير الانخفاض المتوقع في تدفق المجاري على سكان المنطقة والأنشطة الزراعية والصناعية. يُنصح باستخدام تقنيات الري الحديثة ومشاريع حصاد المياه وتقنيات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها. تم تنفيذ نموذج SWAT بنجاح في حوض نهر ديالى للتنبؤ بالتأثير المستقبلي لتغير المناخ. أظهرت الدراسة أن معلمات الثلج لها حساسية كبيرة في مستجمع مياه ديالى. يوصى باستخدام نماذج مناخية أخرى مع سيناريوهات مختلفة لانبعاثات الغازات الدفيئة لمزيد من الدراسة.

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية، الموارد المائية، الجريان السطحي، الجفاف والتذبذب المطري، حوض نهر ديالى.

Abstract

This study aimed to assess the impacts of climate change on water resources in the Diyala River basin, focusing on the geographic and temporal patterns of these impacts using a SWAT model. The SWAT (Water and Soil Assessment Model) was used to simulate hydrological processes in the catchment. The catchment was divided into sub-basins and hydrological response units (HRUs) to estimate surface runoff. Shuttle Radar Topography (SRTM) data, soil data from the Iraqi Statistical Commission and Geographic Information Systems, and weather data from the Climate Prediction System (CFSR) were used. The SWAT-CUP software was used to validate the model, and it was calibrated using the SUFI-2 algorithm to identify all uncertainties. The quality of fit was assessed using two indices: the P-factor and the R-factor. Indices such as NSE and PBIAS were used to evaluate the model's predictive efficiency. The results showed that runoff will decrease significantly as a result of climate change, according to the six climate models used. The gfdl_cm2_1.1 model showed the largest decrease in sewage flow, with a future average discharge in March and April significantly lower than in the past. All models

predicted a decline in sewage flow until 2050. The study recommended taking prudent measures to mitigate the impact of the projected decrease in sewage flow on the region's population and agricultural and industrial activities. The use of modern irrigation techniques, water harvesting projects, and wastewater treatment and reuse technologies is advised. The SWAT model was successfully implemented in the Diyala River basin to predict the future impact of climate change. The study demonstrated that snowpack parameters are highly sensitive in the Diyala catchment area. Further investigation is recommended using other climate models with different greenhouse gas emission scenarios.

Keywords: Climate change, water resources, surface runoff, drought and rainfall variability, Diyala River Basin.

المقدمة

حوض نهر ديالى هو جزء من الحوض المائي لنهر ديالى، الذي يعتبر واحداً من الأنهار الرئيسية في العراق وإيران. ينبع النهر من جبال زاغروس في إيران ويمتد إلى العراق، حيث يتدفق باتجاه الجنوب الغربي ليصب في نهر دجلة بالقرب من العاصمة بغداد. يغطي الحوض مساحة واسعة تتضمن مجموعة متنوعة من التضاريس بما في ذلك الجبال، السهول، والأراضي الزراعية. يُعرف حوض نهر ديالى بأهميته الهيدرولوجية والبيئية في المنطقة، حيث يعتمد العديد من المجتمعات المحلية على مياهه للشرب، الزراعة، والصناعة (الشهابي، ٢٠٢٠: ٥٠).

تعد الموارد المائية في حوض نهر ديالى من العوامل الحيوية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية في المنطقة. توفر هذه الموارد المياه اللازمة لعدة أغراض أساسية تشمل (الشتاء، ٢٠١٥: ١٢):

١. الزراعة: يعتمد الكثير من السكان المحليين على مياه نهر ديالى لري محاصيلهم الزراعية، مما يسهم بشكل كبير في تحقيق الأمن الغذائي المحلي.

٢. الشرب والاستخدامات المنزلية: توفر مياه النهر مصدرًا رئيسيًا لمياه الشرب والاستخدامات المنزلية لعدد كبير من السكان الذين يعيشون في المدن والقرى المحيطة بالحوض.

٣. الصناعة: تستفيد العديد من الصناعات المحلية من مياه نهر ديالى في عملياتها الإنتاجية، مما يعزز النمو الاقتصادي ويوفر فرص العمل.

٤. البيئة: تساهم المياه في دعم النظام البيئي المحلي، بما في ذلك الحياة البرية والنباتات الطبيعية التي تعتمد على توفر المياه بشكل مستمر.

بالإضافة إلى ذلك، يلعب نهر ديالى دورًا استراتيجيًا في الحفاظ على التوازن الهيدرولوجي في المنطقة، حيث يساعد في تغذية المياه الجوفية والسطحية، ويؤثر على المناخ المحلي من خلال تنظيم درجات الحرارة والرطوبة.من هنا، فإن أي تغيرات في كمية أو نوعية المياه المتوفرة في حوض نهر ديالى نتيجة للتغيرات المناخية يمكن أن تؤدي إلى تأثيرات كبيرة على الأفراد والمجتمعات، ما يبرز الحاجة الملحة لدراسة هذه التغيرات وفهم آثارها من أجل تطوير استراتيجيات فعالة للتكيف وإدارة الموارد المائية في المستقبل.

مشكلة البحث:

تشكل التغيرات المناخية تحدياً كبيراً على الصعيد العالمي، حيث تؤثر بشكل مباشر على العديد من النظم البيئية والموارد الطبيعية، وعلى رأسها الموارد المائية. تتضمن هذه التغيرات مجموعة من الظواهر المناخية مثل ارتفاع درجات الحرارة، وتغير أنماط الهطول، وزيادة تواتر وشدة الأحداث المناخية المتطرفة كالجفاف والفيضانات. هذه التغيرات لها تأثيرات واسعة النطاق على الموارد المائية، تتضمن ما يلي (السلطان، ٢٠١٨: ٢٠):

١. تغير أنماط الهطول: يؤدي التغير المناخي إلى تغيرات في كمية وتوزيع الأمطار، مما يؤثر على تجديد الموارد المائية السطحية والجوفية. قد يشهد بعض المناطق زيادة في الهطول بينما يعاني البعض الآخر من نقص شديد في المياه.

٢. الجفاف: مع ارتفاع درجات الحرارة، تزداد معدلات التبخر، مما يؤدي إلى تقليل كميات المياه المتاحة في الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية. الجفاف المستمر يمكن أن يؤدي إلى نقص حاد في المياه، يؤثر على الزراعة والشرب والاستخدامات الصناعية.

٣. الفيضانات: زيادة تواتر وشدة الأمطار الغزيرة يمكن أن يؤدي إلى فيضانات، تتسبب في تدمير البنية التحتية، وتلوث مصادر المياه، وتدهور جودة المياه المتاحة للاستخدامات المختلفة.

٤. تدهور جودة المياه: تؤدي التغيرات المناخية إلى ارتفاع درجات الحرارة وتغيرات في أنماط الهطول، مما يؤثر على نوعية المياه من خلال زيادة تركيز الملوثات وانخفاض مستويات الأكسجين في المياه.

٥. التأثير على الأنظمة البيئية: تعتمد العديد من الأنظمة البيئية على توافر المياه بكميات ونوعيات محددة. التغيرات المناخية يمكن أن تؤدي إلى فقدان التنوع البيولوجي وتدهور النظم البيئية التي تعتمد على المياه.

في حوض نهر ديالى، يمكن أن تؤدي التغيرات المناخية إلى تغييرات كبيرة في الموارد المائية، مما يؤثر على جميع جوانب الحياة في المنطقة. لذا، تهدف هذه الدراسة إلى فهم كيفية تأثير التغيرات المناخية على الموارد المائية في حوض نهر ديالى، وتقديم توصيات للتكيف مع هذه التغيرات وإدارة الموارد المائية بشكل مستدام.

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

١. تحليل تأثير التغيرات المناخية على هطول الأمطار في حوض نهر ديالى من خلال دراسة الأنماط التاريخية والتوقعات المستقبلية لهطول الأمطار في المنطقة، وتحديد الفترات الزمنية والمناطق الأكثر تأثراً بتغير أنماط الهطول.

٢. تقييم تأثير التغيرات المناخية على تدفق المياه في نهر ديالى من خلال قياس وتحليل تغيرات تدفق المياه في النهر على مدار الزمن، واستخدام النماذج الهيدرولوجية لتقدير تأثير التغيرات المناخية المستقبلية على تدفق النهر.

٣. دراسة تأثير التغيرات المناخية على الموارد المائية الجوفية في حوض نهر ديالى من خلال تحليل بيانات مستويات المياه الجوفية ومقارنتها مع التغيرات المناخية، وتقدير معدلات إعادة تغذية المياه الجوفية تحت تأثير التغيرات المناخية.

٤. تقييم تأثير التغيرات المناخية على نوعية المياه في حوض نهر ديالى من خلال تحليل التغيرات في جودة المياه السطحية والجوفية نتيجة لتغيرات الهطول ودرجات الحرارة، دراسة تأثير الفيضانات والجفاف على مستويات التلوث وجودة المياه.

٥. تحديد الآثار الاقتصادية والاجتماعية لتغيرات الموارد المائية الناتجة عن التغيرات المناخية، من خلال دراسة تأثير نقص أو زيادة المياه على الزراعة والصناعة والمجتمعات المحلية، وتقييم الأثر الاقتصادي الناتج عن التغيرات في الموارد المائية.

٦. تقديم توصيات لإدارة الموارد المائية والتكيف مع التغيرات المناخية في حوض نهر ديالى من خلال اقتراح استراتيجيات لإدارة الموارد المائية بكفاءة في مواجهة التغيرات المناخية، وتقديم توصيات للسياسات والإجراءات التي يمكن اتخاذها للتخفيف من تأثير التغيرات المناخية.

من خلال تحقيق هذه الأهداف، تسعى الدراسة إلى توفير فهم شامل وعميق لتأثيرات التغيرات المناخية على الموارد المائية في حوض نهر ديالى، والمساهمة في تطوير سياسات واستراتيجيات فعالة لإدارة هذه الموارد بشكل مستدام.

أهمية الدراسة:

١. الحفاظ على الأمن المائي: الموارد المائية في حوض نهر ديالى تلعب دوراً حيوياً في تأمين المياه للشرب والزراعة والصناعة. التغيرات المناخية تهدد بتقليل كميات المياه المتاحة، مما يجعل من الضروري فهم تأثيراتها لوضع خطط فعالة للحفاظ على الأمن المائي.

٢. التأثير على الزراعة والإنتاج الغذائي: تعتمد المنطقة بشكل كبير على الزراعة المروية بمياه نهر ديالى. التغيرات المناخية التي تؤثر على هطول الأمطار وتدفق المياه يمكن أن تؤدي إلى نقص في المحاصيل الغذائية، مما يؤثر على الأمن الغذائي والاقتصاد المحلي.

٣. التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية: نقص الموارد المائية يمكن أن يؤدي إلى نزاعات على المياه، ويؤثر على الاستقرار الاجتماعي والاقتصادي في المنطقة. فهم تأثيرات التغيرات المناخية يمكن أن يساعد في وضع سياسات للتخفيف من هذه التأثيرات وتعزيز الاستقرار.

٤. التخطيط للإدارة المستدامة للموارد المائية: يمكن أن تساهم نتائج هذا البحث في توجيه صانعي السياسات والمخططين لوضع استراتيجيات فعالة لإدارة الموارد المائية بشكل مستدام. هذا يشمل تحسين كفاءة استخدام المياه، وتطوير بنى تحتية جديدة للتخزين والتوزيع.

٥. التكيف مع التغيرات المناخية: البحث يساعد في تقديم توصيات للتكيف مع التغيرات المناخية، مثل تحسين أنظمة الري، واستخدام التكنولوجيا لتوفير المياه، وزيادة الوعي حول الاستخدام الأمثل للمياه. هذه التوصيات تكون مفيدة للمجتمعات المحلية والقطاع الزراعي والصناعي.

٦. حماية البيئة والنظم البيئية: الموارد المائية ليست مهمة فقط للبشر، بل أيضاً للنظم البيئية التي تعتمد عليها. التغيرات في كمية وجودة المياه يمكن أن تؤثر سلباً على الحياة البرية والنباتات. البحث يسعى لفهم هذه التأثيرات وحماية التنوع البيولوجي في حوض نهر ديالى.

٧. التأثيرات الصحية: تغيرات جودة المياه يمكن أن تؤدي إلى انتشار الأمراض المنقولة بالمياه، مما يشكل تهديداً للصحة العامة. فهم تأثيرات التغيرات المناخية على جودة المياه يساعد في وضع تدابير للحد من المخاطر الصحية.

الفصل الأول الإطار النظري التغيرات المناخية

تعريفها: التغيرات المناخية تشير إلى التغيرات الطويلة الأمد في حالة الطقس والمناخ على مدار الزمن، سواء كانت هذه التغيرات تغيرات طبيعية أو تغيرات ناجمة عن الأنشطة البشرية. هذه التغيرات يمكن أن تشمل تغيرات في درجات الحرارة، وأنماط الهطول، والأحوال الجوية المتطرفة، ومستويات البحار والمحيطات (المصري، ٢٠١٦: ٨١).

أسباب التغيرات المناخية

١. الأسباب الطبيعية: تشمل النشاط البركاني والتغيرات الطبيعية في مدار الأرض وميلها ودورانها، والتغيرات في نشاط الشمس. هذه العوامل تؤدي إلى تغيرات طبيعية في الطقس والمناخ على مر العصور.

٢. الأسباب البشرية: تشمل انبعاثات الغازات الدفيئة (مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان) نتيجة لحرق الوقود الأحفوري والأنشطة الصناعية، وتغير استخدام الأراضي مثل التصحر والتقليم الغابي. هذه الأنشطة تساهم في زيادة احتباس الحرارة وتغير المناخ.

آثار التغيرات المناخية العامة

تترتب على التغيرات المناخية العديد من الآثار على مختلف النظم البيئية والاجتماعية والاقتصادية، ومنها (علوش، ٢٠١٩: ٧٢):

- ارتفاع درجات الحرارة: يؤدي إلى ذوبان الأنهار الجليدية والأنهار ورفع مستويات سطح البحر.
- تغيرات في أنماط الهطول: يؤثر على توزيع المياه العذبة وموارد المياه.
- زيادة تواتر الأحداث الجوية المتطرفة: مثل الجفاف والفيضانات التي تؤثر على الزراعة والمجتمعات الساكنة على طول الأنهار.
- تأثيرات على النظم البيئية: تؤثر على التنوع البيولوجي وصحة النظم الإيكولوجية.
- تأثيرات اقتصادية واجتماعية: تؤثر على الزراعة، والصناعة، والصحة العامة، والأمن الغذائي.

في السياق الحالي لحوض نهر ديالى، فهم هذه العواقب العامة للتغيرات المناخية يمثل خطوة أساسية لتحديد كيفية تأثيرها على الموارد المائية، وهو ما سيساعد في تحقيق أهداف البحث المتعلقة بتقييم التأثيرات على الموارد المائية في هذه المنطقة المهمة.

الموارد المائية

أنواع الموارد المائية

تتنوع الموارد المائية في حوض نهر ديالى بين موارد سطحية وموارد جوفية، وتشمل ما يلي (العتوم، ٢٠١٧: ٥٣):

١. المياه السطحية: تشمل الأنهار والبحيرات والمستنقعات. في حوض نهر ديالى، تعتبر مياه نهر ديالى وفروعها الرئيسية (مثل نهر سرايا) وجزرها الرئيسية للتغذية المائية للمنطقة.

٢. المياه الجوفية: تتمثل في المياه التي تتراكم في طبقات الصخور والتربة تحت الأرض. هذه المياه توفر مصادر هامة للري والاستخدامات المائية الأخرى.

أهمية الموارد المائية

الموارد المائية في حوض نهر ديالى تمثل أهمية كبيرة نظراً لعدة عوامل (الحربي، ٢٠١٨: ١١):

١. الاقتصادية: تلعب المياه دوراً حيوياً في دعم الزراعة والصناعة وتوليد الطاقة في المنطقة. الزراعة تعتمد بشكل كبير على مياه الري من نهر ديالى، في حين تستخدم الصناعة المياه لأغراض التبريد والتصنيع.

٢. البيئية: تحافظ الموارد المائية على النظم البيئية وتدعم التنوع البيولوجي، بما في ذلك الأنهار والمستنقعات التي تعتبر مواطن للحياة البرية والأنواع المائية المتنوعة.

٣. الاجتماعية: توفر المياه للشرب والاستخدامات المنزلية، مما يؤثر بشكل مباشر على صحة السكان وجودتهم للحياة.

التحديات التي تواجه الموارد المائية

تواجه الموارد المائية في حوض نهر ديالى العديد من التحديات، من بينها:

١. التلوث: نتيجة للنشاطات الصناعية والزراعية والعمرانية، قد تتعرض المياه السطحية والجوفية للتلوث بالمواد العضوية والمعادن الثقيلة والملوثات الكيميائية.

٢. التغيرات المناخية: تؤثر التغيرات في أنماط الهطول وزيادة درجات الحرارة على كمية وجودة المياه المتاحة، مما يؤثر على استدامة استخدامها.

٣. الاستنزاف: نتيجة للاستخدامات المتزايدة للمياه في الزراعة والصناعة، قد يتم استنزاف الموارد المائية الجوفية بمعدلات أسرع من قدرتها على إعادة التجديد.

٤. نقص في الموارد: يمكن أن يؤدي زيادة الطلب على المياه إلى نقص في الموارد، مما يزيد من التوترات على الموارد المائية ويزيد من احتمال نشوب النزاعات.

فهم هذه التحديات يساهم في تطوير استراتيجيات فعالة لإدارة الموارد المائية بشكل مستدام، وهو ما يعكس أهمية البحث في تحليل تأثيرات التغيرات المناخية على هذه الموارد وتطوير سياسات تعزز من استدامتها وحمايتها للأجيال القادمة.

الفصل الثاني منطقة الدراسة

وصف حوض نهر ديالى الموقع الجغرافي

حوض نهر ديالى يقع في منطقة غرب آسيا في العراق، وهو يمثل أحد الأنهار الرئيسية في البلاد. يتدفق نهر ديالى من جبال زاگروس في إيران شمال شرقي العراق، حيث يجتمع بمياه نهر الخابور ليشكل نهر ديالى الرئيس. يمتد حوض نهر ديالى عبر عدة محافظات عراقية منها ديالى وصلاح الدين وبغداد (القباني، ٢٠١٤: ٢٢).

المواصفات الهيدرولوجية

١. مجموعة الأنهار والفروع:

- يتكون نهر ديالى من عدة فروع رئيسية تمتد في جميع أنحاء المنطقة، مما يجعله مصدراً رئيسياً للمياه السطحية في المنطقة.

٢. التغذية المائية:

- يعتمد نهر ديالى بشكل كبير على تغذيته من المياه الجوفية والأنهار الجليدية في المناطق الجبلية. يتأثر تدفق النهر بكميات الأمطار والثلوج في مناطق مصدر التغذية.

٣. الاستخدامات المائية:

- يستخدم نهر ديالى للري الزراعي بشكل رئيسي، حيث تعتمد الزراعة في المنطقة المحيطة بالنهر بشكل كبير على هذه المياه. كما تستخدم المياه أيضًا لأغراض الشرب والصناعة في المدن والقرى المحلية.

٤. التحديات والمشاكل:

- يواجه حوض نهر ديالى تحديات عديدة من بينها التلوث الناجم عن النشاطات الصناعية والزراعية والعمرانية، بالإضافة إلى التغيرات المناخية التي تؤثر على كميات الهطول وتدفق المياه.

٥. الأهمية الاقتصادية والاجتماعية:

- يلعب نهر ديالى دوراً حيوياً في دعم الاقتصاد المحلي والحفاظ على النظم البيئية المحيطة، كما يسهم في توفير المياه اللازمة للسكان المحليين والزراعة، مما يؤثر بشكل كبير على حياة الناس والتنمية الاقتصادية في المنطقة.

باستناد إلى هذا الوصف، يمكننا فهم أهمية حوض نهر ديالى كمصدر رئيسي للموارد المائية في العراق، وكيفية تأثير التغيرات المناخية على هذا النظام المائي المعقد، الذي يحظى بأهمية استراتيجية للاقتصاد والبيئة والمجتمعات المحلية في المنطقة (الشهابي، ٢٠٢٠: ٥٠).

الموارد المائية في الحوض

مصادر المياه وأنماط الاستهلاك

مصادر المياه

حوض نهر ديالى يعتمد على عدة مصادر رئيسية للمياه، تشمل ما يلي:

١. المياه السطحية:

- تشكل المياه السطحية من نهر ديالى وفروعه الرئيسية (مثل نهر سرايا) أهم مصادر المياه. تتأثر كميات هذه المياه بالأمطار والثلوج في مناطق مصدر التغذية.

٢. المياه الجوفية:

- تعتبر المياه الجوفية مصدراً مهماً للمياه في حوض نهر ديالى، حيث تتراكم في طبقات الصخور والتربة تحت الأرض. تتأثر كمياتها بعمق الآبار ومعدلات الاستخراج.

أنماط الاستهلاك

تتمثل أنماط استخدام المياه في حوض نهر ديالى في الاستخدامات التالية:

١. الزراعة:

- تعتمد الزراعة في المنطقة بشكل كبير على المياه من نهر ديالى والمياه الجوفية للري. تشمل المحاصيل المروية القمح والشعير والحبوب الأخرى التي تزرع في الأراضي المروية.

٢. الاستخدامات المنزلية والصناعية:

- يتم استخدام المياه من نهر ديالى والمياه الجوفية لأغراض الشرب والاستخدامات المنزلية في المدن والقرى المحلية، بالإضافة إلى الاستخدامات الصناعية لأغراض التبريد والتصنيع.

٣. الاستخدامات البيئية:

- تلعب المياه دوراً حيوياً في دعم النظم البيئية المحلية، مثل الأنهار والمستنقعات، وتوفير موطن للحياة البرية والأنواع المائية المتنوعة.

التحديات والمشاكل

١. التلوث: يعاني نهر ديالى من التلوث نتيجة للاستخدامات الصناعية والزراعية والعمرانية، مما يؤثر على جودة المياه وصحتها.

٢. التغيرات المناخية: تؤثر التغيرات في أنماط الهطول ودرجات الحرارة على كميات المياه المتاحة وتدفق النهر، مما يعزز من التوترات على الموارد المائية.

٣. الاستنزاف: قد يؤدي استخدام المياه الزراعية الزائد والاستخدامات البشرية الأخرى إلى استنزاف المياه الجوفية بمعدلات تفوق قدرتها على التجديد.

تفهم هذه المصادر وأنماط الاستخدام للمياه في حوض نهر ديالى يساهم في تطوير استراتيجيات فعالة لإدارة وحماية الموارد المائية في ظل التحديات البيئية والمناخية الحالية والمستقبلية (الشهابي، ٢٠٢٠: ٢٥).

الفصل الثالث منهجية البحث

تصميم البحث:

تمثل منهجية البحث في دراسة تأثير التغيرات المناخية على الموارد المائية في حوض نهر ديالى خطوة أساسية لفهم الظواهر وتحليلها بدقة. يتم توجيه البحث بما يلي:

١. الهدف الرئيسي للبحث:

– يهدف البحث إلى تقييم تأثيرات التغيرات المناخية على موارد المياه في حوض نهر ديالى، مع التركيز على الأنماط الجغرافية والزمنية لهذه التأثيرات.

٢. الطريقة والأدوات:

نموذج SWAT:

نموذج SWAT هو نموذج فيزيائي شبه موزع تم تطويره من قبل دائرة الزراعة الأمريكية–خدمة البحوث الزراعية (USDA–ARS) لقياس تأثير إدارة الأراضي على تدفق المياه، والترسبات، والعوائد الكيميائية في مستجمعات المياه الكبيرة والمعقدة ذات الترب المختلفة، وتغطية واستخدام الأراضي (LCLU)، وظروف الإدارة المختلفة على مدى فترات طويلة من المحاكاة.

يقوم نموذج SWAT بمحاكاة العمليات الهيدرولوجية في مستجمع المياه من خلال مكونين مستقلين. المرحلة الأولى هي مرحلة الأراضي من الدورة الهيدرولوجية، والمرحلة الثانية هي مرحلة التوجيه في الدورة الهيدرولوجية. الأولى توازن كمية المياه، والترسبات، والعناصر الغذائية، وأحمال المبيدات إلى الجداول الرئيسية في كل حوض فرعي، والثانية تحدد حركة المياه، والترسبات، والعناصر الغذائية، والمواد الكيميائية العضوية عبر شبكة القنوات في مستجمع المياه إلى المخرج. يتم محاكاة نموذج توازن المياه في مكون الأراضي من نموذج SWAT.

يقوم نموذج SWAT بتقسيم مستجمع المياه إلى أحواض فرعية بناءً على تضاريس مستجمع المياه، ثم يتم تقسيم الأحواض الفرعية إلى وحدات استجابة هيدرولوجية (HRUs). كل وحدة استجابة هيدرولوجية لها خصائص فريدة ولكنها متشابهة من حيث الميل، وتغطية واستخدام الأراضي (LCLU)، والتربة. يتم تقدير الجريان السطحي بشكل منفصل في كل وحدة استجابة هيدرولوجية وتوجيهها إلى الجداول للحصول على الجريان السطحي الكلي من مستجمع المياه. يوازن نموذج SWAT تخزين المياه في كل وحدة استجابة هيدرولوجية بناءً على المعادلة (١).

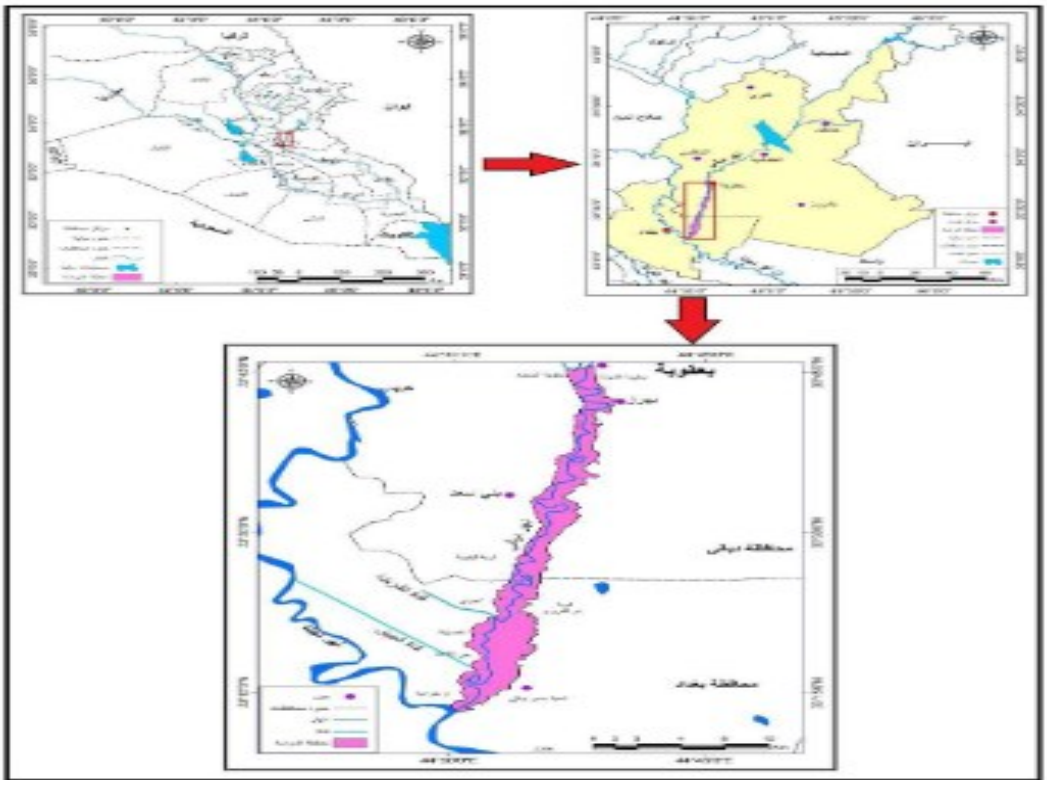
$$SWt = SWo + \sum_{i=1}^{t} (R_{day} - Qsurf - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

حيث: SWt هو محتوى الماء في التربة (مم)، SWo هو محتوى الماء الأولي في التربة (مم)، t هو الوقت (بالأيام)، Rday هو كمية الهطول (مم)، Qsurf هو الجريان السطحي (مم)، Ea هو التبخر (مم)، Wseep هو الماء المخزن في الفادوز (مم) وQgw هو الماء العائد من الأرض إلى السطح (مم).

البيانات التي تم إدخالها

تم تطبيق بيانات الإدخال التالية في SWAT:تم استخدام نماذج الارتفاع الرقمية (DEMs) من مجموعة بيانات تضاريس الرادار المكوكية (SRTM) ذات الدقة المكانية ٩٠ مترًا (٣ ثواني قوسية) لتحديد مستجمعات المياه واستخراج المجاري وحسابات الأحواض الفرعية وفقًا للطريقة المستندة إلى DEM المقدمة من قوات التدخل السريع.يعد مقياس التصوير الطيفي متوسط الدقة (MODIS) أداة رئيسية على متن الأقمار الصناعية Aqua (EOS PM) وTerra (EOS AM) التابعة لناسا. يتم إنتاج منتج الغطاء الأرضي MODIS باستخدام خوارزمية التصنيف الخاضعة للإشراف لتصنيف مبرمج المحيط الحيوي الدولي (IGBP)، والذي يتم تقديره باستخدام قاعدة بيانات لمواقع تدريب LC عالية الجودة. تم اختيار قاعدة بيانات موقع التدريب باستخدام صور عالمية عالية الدقة مدمجة مع البيانات المساعدة (Muchoney et el, 1999). تم تطبيق الغطاء الأرضي MODIS لعام ١٩٩٢ البالغ ٥٠٠ متر في SWAT لنمذجة DDW.تم الحصول على بيانات التربة من هيئة الإحصاء ونظم المعلومات الجغرافية في دولة العراق. توفر الهيئة عن ٥٠٠٠ نوع من التربة تتكون من طبقتين (٠ إلى ٣٠ وعمق ٣٠ إلى ١٠٠ سم) بمقياس مكاني قدره ١:٥,٠٠٠,٠٠٠. الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة مثل محتوى الماء المتاح، ونسيج التربة، والتوصيل الهيدروليكي، ومحتوى الكربون العضوي والكثافة الظاهرية لطبقات مختلفة من كل تربة متاحة في قاعدة بيانات الهيئة، وتمت إضافة قاعدة البيانات هذه إلى قاعدة بيانات SWAT وتم إعداد جداول البحث من أجلها. تصنيف التربة في SWAT.تتكون مجموعة بيانات إعادة تحليل نظام التنبؤ بالمناخ (CFSR) من تنبؤات الطقس كل ساعة التي تنتجها المراكز الوطنية للتنبؤ البيئي (NCEP). يتم تحديث نماذج التنبؤ كل ست ساعات (في الساعة ٠٠:٠٠ و٠٦:٠٠ و١٢:٠٠ و١٨:٠٠ بالتوقيت العالمي المنسق) باستخدام معلومات من شبكة محطات الطقس العالمية وبيانات الطقس المستمدة من الأقمار الصناعية. في كل ساعة تحليل، يتكون CFSR من بيانات التنبؤ، المقدرة من ساعة التحليل السابقة، والبيانات من التحليل المطبق لتحديث نماذج التنبؤ. يوفر CFSR محطات الأرصاد الجوية بدقة مكانية أفقية تبلغ ٣٨ كم. يوفر CFSR متطلبات الطقس مثل هطول الأمطار ودرجات الحرارة القصوى والدنيا والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسي وسرعة الرياح المستخدمة في SWAT لمحاكاة الجريان السطحي (Fuka, 2013).الجريان اليومي المرصود في محطة قياس حوض نهر ديالى المقدمة من وزارة الموارد المائية العراقية – المركز الوطني لإدارة الموارد المائية – بغداد للفترة من ١/١/٢٠٠٠ إلى ٣١/١٢/٢٠٢٣. يمكن الاعتماد على التدفق خلال هذه الفترة نظرًا لعدم إنشاء أي هياكل هيدرولوجية رئيسية.في هذه الدراسة، تم استخدام ArcSWAT 2012 المتصل بـ ArcGIS 10.3 للمعالجة المكانية لبيانات المدخلات ومحاكاة تدفق التدفق بناءً على المناخ الماضي والمستقبلي. تم عرض جميع بيانات الإدخال المكانية على WGS1984_UTM_Zone38_N.

تم تحديد مستجمع المياه وفقًا للطريقة القائمة على نموذج DEM إلى ٣٥ حوضًا فرعيًا بمساحة حوض فرعية تبلغ ٢٠٠٠ هكتار. ثم تم تعريف LCLU وبيانات التربة إلى قاعدة بيانات SWAT وتصنيف المنحدرات إلى أربع فئات (٠ –١٠، ١٠ –٢٠، ٢٠ –٣٠، و> ٣٠). تم التنبؤ بالجريان السطحي من خلال معادلة رقم منحنى خدمة حفظ التربة المعدلة (SCS–CN)، وطريقة Penman–Monteith لتقدير التبخر المحتمل (ET). تم الاحتفاظ بجميع العمليات الأخرى على الإعداد الافتراضي لنموذج SWAT.**حدود منطقة الدراسة الخريطة (١) موقع الدراسة**



المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية، مقياس ١:١٠٠٠٠٠٠ لسنة ٢٠١٠.تقع المنطقة المشمولة بالدراسة في الشمالي الشرقي من العراق ضمن الحدود الإدارية لكل من محافظة ديالى وبغداد، وهي جزء من السهل الرسوبي، إذ تمتد جغرافيا بين قضاء بعقوبة مركز محافظة ديالى التي تمثل شمال منطقة الدراسة وجنوب العاصمة بغداد عند المصب جنوب منطقة الدراسة، تتحدد المنطقة فلكيا بين دائرتي عرض (٣٣,٤٥ –٣٣,١٥) وبين خطـي طول (44,45–٤٤,٣٠) يلاحظ الخريطة (١)

الفصل الرابع نتائج البحث

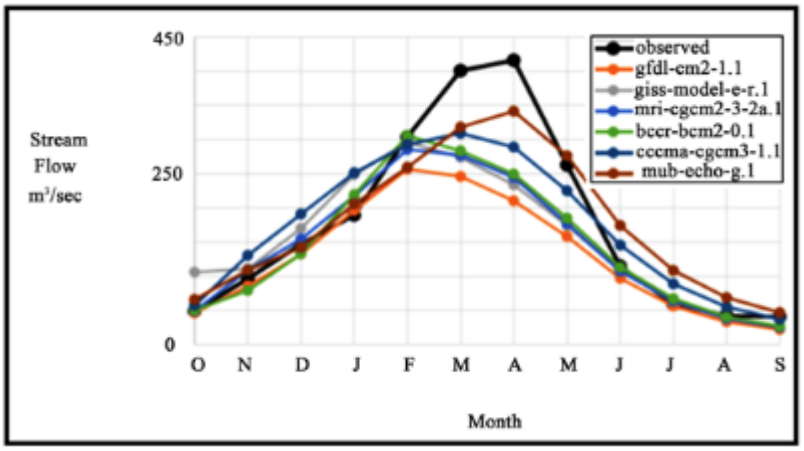
المعايرة والتحقق من صحة النموذج

برامج SWAT للمعايرة وعدم اليقين (SWAT-CUP) هو برنامج معايرة تلقائية تم تطويره بواسطة (Abbaspour) خصيصًا لعمليات معايرة نموذج SWAT والتحقق من صحته وتحليل حساسيته.تحدد خوارزمية SUFI-2 جميع أوجه عدم اليقين (المعلمة، النموذج المفاهيمي، المدخلات، وما إلى ذلك) على نطاقات المعلمات وتحاول التقاط معظم البيانات المقاسة ضمن نسبة عدم اليقين في التنبؤ بنسبة ٩٥٪ (PPU٩٥) المحسوبة على المستويين ٢.٥٪ و٩٧.٥٪ للتوزيع التراكمي لمتغير الإخراج الذي تم الحصول عليه من خلال أخذ عينات المكعب الفائق اللاتيني. يتم تقييم جودة الملاءمة والدرجة التي يفسر بها النموذج المعاير حالات عدم اليقين من خلال مؤشرين: عامل R وعامل P. العامل P هو جزء صغير من البيانات المقاسة بين قوسين في نطاق PPU٩٥. ويتراوح العامل P من ٠ إلى ١، حيث ١ هو أعلى قيمة، أي ١٠٠٪ بين قوسين للبيانات المقاسة. العامل R هو متوسط عرض النطاق PPU٩٥ مقسومًا على الانحراف المعياري للمتغير المقاس. تم الإبلاغ عن أن القيمة الأقل من ١ مرغوبة لهذه المعلمة (Abbaspour, 2011). يمكن استخدام هذين المؤشرين للحكم على قوة المعايرة. يمكن تحقيق عامل P أكبر على حساب عامل R أكبر. ولذلك، في كثير من الأحيان يجب التوصل إلى التوازن بين الاثنين. عند الوصول إلى القيم المقبولة لعوامل R وP، فإن حالات عدم اليقين في المعلمة هي نطاقات المعلمات المعايرة. يسمح SUFI-2 باستخدام وظائف موضوعية مختلفة مثل R2 أو كفاءة Nash-Sutcliff (NSE) (Nash and Sutcliffe, 1970). في هذه الدراسة، استخدمنا NSE و(Moriasi et al. 2007) PBIAS للتصريف وجذر متوسط مربع الخطأ في إنتاجية المحصول (Faramarzi, 2010).

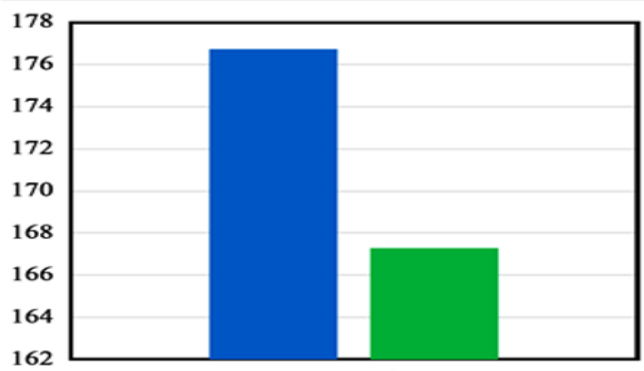
نتائج النموذج

يُظهر تأثير تغير المناخ أن تدفق المجاري سينخفض بشكل كبير لجميع نماذج المناخ الستة مع انخفاض كبير في شهري مارس وأبريل. يُظهر gfdl_cm2_1.1 أكبر انخفاض في تدفق المجاري مع متوسط التصريف المستقبلي ٢٥٠ و٢٠٩ م٣/ثانية في شهري مارس وأبريل مقارنة بـ ٤٠٠ و٤١٥ م٣/ثانية في الفترة الماضية. يُظهر نموذج miub_echo_g.1 أعلى تنبؤ لتدفق التدفق المستقبلي من بين النماذج الخمسة الأخرى

مع نفس تدفق التدفق تقريبًا للأشهر من أكتوبر إلى يناير، بينما يتناقص تدفق التدفق المتوقع للأشهر من فبراير إلى أبريل. تُظهر نماذج giss_model_e_r.1 و mri_cgcm2_3_2a.1 و bccr_bcm2_0.1 نفس النمط تقريبًا في التنبؤ المستقبلي باستخدام نموذج SWAT.



يظهر الشكل التالي متوسط تدفق المجاري السنوي لجميع النماذج الستة. ويشير هذا الرقم إلى انخفاض كبير في تدفق المجاري حتى عام ٢٠٥٠ بحوالي ١٦٧ م٣/ثانية مقارنة بـ ١٧٦.٥ م٣/ثانية من متوسط تدفق المجاري السنوي المسجل للفترة من ١٩٨٠ إلى ٢٠١٣.



وينبغي النظر بجدية في هذا الانخفاض الناجم عن تغير المناخ. ويجب على صانعي القرار وضع خطة حكيمة لتقليل تأثير هذا التخفيض في التدفق. وربما سيتم تطبيق تقنيات الري الحديثة بالإضافة إلى زيادة المياه باستخدام مشاريع حصاد المياه وتقنيات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها.

الخاتمة والتوصيات

في هذه الدراسة، تم تنفيذ SWAT بنجاح في حوض نهر ديالى للتنبؤ بالتأثير المستقبلي لتغير المناخ على تدفق المجاري المائية. تعتبر بيانات الطقس الصادرة عن CFSR مصدرًا معقولًا لبيانات مدخلات الطقس خاصة في مستجمعات المياه غير المقسمة أو مستجمعات المياه التي تحتوي على بيانات الطقس المفقودة. أظهرت عملية المعايرة أن معلمات الثلج لها حساسية كبيرة في DDW لذا يوصى بأخذ هذه المعلمات في الاعتبار في النمذجة المستقبلية. تظهر الدراسة انخفاضًا في تدفق التدفق المستقبلي لـ DDW من ١٧٦.٥ م٣ / ثانية في الماضي إلى ١٦٧ م٣ / ثانية. يوصى باستخدام نماذج مناخية أخرى مع سيناريوهات أخرى للانبعاثات الدفيئة لمعرفة تأثير تغير المناخ على المنطقة. وفي جميع الأحوال، وبغض النظر عن حجم التخفيض الدقيق للتدفق، يجب اتخاذ تدابير حكيمة لتقليل التأثير على سكان تلك المنطقة والأنشطة الزراعية والصناعية. يمكن أن تساعد تقنيات الموارد المائية غير التقليدية الجديدة واستخدام طرق الري الحديثة بشكل كبير في التغلب على المشكلة.

المراجع

١. الشتاء، فوزي. (٢٠١٥). تأثير التغيرات المناخية على موارد المياه في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. دار الحوار للنشر والتوزيع.
٢. السلطان، عبد الله. (٢٠١٨). التأثيرات البيئية للتغيرات المناخية على الموارد المائية في دول الشرق الأوسط. مجلة بحوث البيئة والتنمية.
٣. الشهابي، سامي. (٢٠٢٠). تقييم تأثير التغيرات المناخية على الأنظمة الهيدرولوجية في حوض نهر ديالى. رسالة ماجستير غير منشورة.
٤. المصري، نجوى. (٢٠١٦). تحليل الأنماط المناخية وتأثيرها على موارد المياه في منطقة الشرق الأوسط. مركز الدراسات البيئية والاقتصادية،

٥. علوش، عماد. (٢٠١٩). تقييم تأثير التغيرات المناخية على الموارد المائية في سوريا. مجلة بحوث البيئة، دمشق.

٦. العتوم، حسين. (٢٠١٧). الإدارة المستدامة للموارد المائية في ظل التحديات المناخية في المملكة الأردنية الهاشمية. مركز البحوث البيئية،

٧. الحربي، محمد. (٢٠١٨). تأثير التغيرات المناخية على النظم البيئية في حوض نهر الفرات. مركز الدراسات البيئية، بغداد.

٨. القباني، رضوان. (٢٠١٤). تحليل تدفقات المياه الجوفية وتأثير التغيرات المناخية عليها في المملكة العربية السعودية. جامعة الملك عبد العزيز، جدة.

٩. البطاح، سعيد. (٢٠١٥). السياسات العامة لإدارة المياه في ظل التحديات المناخية. المركز الوطني للأبحاث، الرياض.

١٠. العطار، أسامة. (٢٠١٩). تقييم تأثير التغيرات المناخية على توزيع المياه الجوفية في العراق. جامعة بابل، بابل.

11. Muchoney, D., Strahler, A., Hodges, J. and LoCastro, J. (1999) The IGBP Discover Confidence Sites and the System for Terrestrial Ecosystem Parameterization: Tools for Validating Global Land Cover Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65, 1061-1067.

12. Fuka, D.R., Todd, W.M., Charlotte, M., Arthur, T., Degaetano, Tammo, S.S. and Zachary, E.M. (2013) Using the Climate Forecast System Reanalysis as Weather Input Data for Watershed Models. Hydrological Processes, 28, 5613-5623.

13. Abbaspour, K.C. (2011) User Manual for SWAT-CUP, SWAT Calibration and Uncertainty Analysis Programs. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag, Duebendorf, 103 p.

14. Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V. (1970) River Flow Forecasting through Conceptual Models Part 1. Journal of Hydrology, 10, 282-290.

15. Faramarzi, M., Yang, H., Schulin, R. and Abbaspour, K.C. (2010) Modeling Wheat Yield and Crop Water Productivity in Iran: Implications of Agricultural Water Management for Wheat Production. Agricultural Water Management, 97, 1861-1875.

المراجع باللغة الأجنبية

1. Al-Shita, Fawzi. (2015). The Impact of Climate Change on Water Resources in the Middle East and North Africa. Dar Al-Hiwar for Publishing and Distribution.
2. Al-Sultan, Abdullah. (2018). Environmental Impacts of Climate Change on Water Resources in Middle Eastern Countries. Journal of Environmental and Development Research.
3. Al-Shahabi, Sami. (2020). Assessing the Impact of Climate Change on Hydrological Systems in the Diyala River Basin. University of Baghdad, Unpublished Master's Thesis.
4. Al-Masri, Najwa. (2016). Analyzing Climatic Patterns and Their Impact on Water Resources in the Middle East Region. Center for Environmental and Economic Studies, Cairo.
5. Alloush, Imad. (2019). Assessing the Impact of Climate Change on Water Resources in Syria. Journal of Environmental Research, Damascus.
6. Al-Atoum, Hussein. (2017). Sustainable Management of Water Resources in Light of Climate Challenges in the Hashemite Kingdom of Jordan. Environmental Research Center, Amman.
7. Al-Harbi, Muhammad. (2018). The Impact of Climate Change on Ecosystems in the Euphrates River Basin. Center for Environmental Studies, Baghdad.
8. Al-Qabbani, Radwan. (2014). Analysis of Groundwater Flows and the Impact of Climate Change on Them in the Kingdom of Saudi Arabia. King Abdulaziz University, Jeddah.
9. Al-Battah, Saeed. (2015). Public Policies for Water Management in Light of Climate Challenges. National Research Center, Riyadh.
10. Al-Attar, Osama. (2019). Assessing the Impact of Climate Change on Groundwater Distribution in Iraq. University of Babylon, Babylon.
11. Muchoney, D., Strahler, A., Hodges, J. and LoCastro, J. (1999) The IGBP Discover Confidence Sites and the System for Terrestrial Ecosystem Parameterization: Tools for Validating Global Land Cover Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65, 1061-1067.
12. Fuka, D.R., Todd, W.M., Charlotte, M., Arthur, T., Degaetano, Tammo, S.S. and Zachary, E.M. (2013) Using the Climate Forecast System Reanalysis as Weather Input Data for Watershed Models. Hydrological Processes, 28, 5613-5623.
13. Abbaspour, K.C. (2011) User Manual for SWAT-CUP, SWAT Calibration and Uncertainty Analysis Programs. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag, Duebendorf, 103 p.
14. Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V. (1970) River Flow Forecasting through Conceptual Models Part 1. Journal of Hydrology, 10, 282-290.
15. Faramarzi, M., Yang, H., Schulin, R. and Abbaspour, K.C. (2010) Modeling Wheat Yield and Crop Water Productivity in Iran: Implications of Agricultural Water Management for Wheat Production. Agricultural Water Management, 97, 1861-1875.