IRAQI Academic Scientific Journals

Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ) Vol.26, No.2, October 2021, pp.259-266

اختيار سياسة التشغيل المناسبة لنظام خزن بالاعتماد على حالة الجريان الوارد (سد الموصل ـ دراسة حالة)

زياد طاهر علي
ziyad.enp110@student.uomosul.edu.iq

كامل علي عبد المحسن
k.almohseen@uomosul.edu.iq

جامعة الموصل ـ كلية الهندسة ـ قسم هندسة السدود والموارد المائية

تاريخ الاستلام: 17/6/2021 تاريخ القبول: 12/8/2021

المستخلص

ركزت الدراسة الحالية على اختيار السياسة المناسبة لتشغيل نظام خزن منفرد بهدف تعظيم توليد الطاقة الكهرومائية من خلال اشتقاق سياسات التشغيل المناسبة لحالات مختلفة من الجريان الوارد الى الخزان. استخدمت بيانات مرصودة لمدة ثلاثون سنة مائية 1989-2019 ، اذ جرى تقسيم الجريان الى خمسة فئات، لكل فئة حدودها العليا والدنيا. تم التوصل الى سياسة التشغيل المثلى باستخدام تقنية الخوارزميات الوراثية GAs المعروفة بإمكاناتها في حل مسائل الامثلية المقيدة وغير الخطية. غير ان هذه الخوارزميات تعاني اسوة بنظرائها من اساليب الامثلية التقليدية من الوقوع في مطب (Local Optima) بمعنى التوقف عن العمل في بعض الاحيان عند التوصل الى حلول غير ناضجة. وبناء على ذلك فقد تم الاستعانة بدوال البرمجة اللاخطية المقيدة التي توفرها بيئة برنامج (Matlab) للحصول على حل هجين يتبنى آخر الحلول التي توصلت اليها الخوارزميات الوراثية كحل ابتدائي وصولا الى الحل الهجين الامثل.

ان من اهم اهداف هذه الدراسة هو بناء آلية مبسطة تمكن من اختيار سياسة التشغيل المناسبة لطيف واسع من مدخلات النظام الخزني والمتمثلة بحالات الجريان المختلفة الواردة الى الخزان. وعلى هذا الاساس فقد أُقترح نظام محاكاة للخزان بمساعدة تقنية الـ (SIMULINK) لتمثيل خزان سد الموصل والذي تم اختياره كدراسة حالة لفحص اسلوب التشغيل المقترح. تم محاكاة تشغيل الخزان ولمدة 360 شهر وبينت النتائج تحسناً في انتاجية الطاقة الكهرومائية بنسبة 10 % عندما تم تشغيله حسب قواعد التشغيل التي رشحت من برنامج الامثلية والتي تعتمد على طبيعة سلسلة الجريان الواردة للخزان على مدى 30 عاماً.

الكلمات الدالة:
سياسة التشغيل ، الامثلية ، الخوارزميات الوراثية ، المحاكاة.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
https://rengj.mosuljournals.com

==========

1- المقدمة

تُعد سياسات تشغيل السدود والخزانات حجر الزاوية والخطوات الارشادية التي تمكن المستفيدين من المشروع من بلوغ الاهداف التي انشئ الخزان من اجلها [1]. أن هذا التشغيل يتم وفق منحنيات تسمى Rule curves والتي تعطي فكرة واضحة عن كمية المياه التي يجب ابقائها في الخزان storage وتلك التي يمكن اطلاقها من السد release في كل حالة ولكل فترة زمنية، وغالباً ما يتم تطوير قواعد التشغيل هذه باستخدام نماذج المحاكاة، بعد الاستعانة بنماذج الامثلية لانتخاب اقل ما يمكن من الحلول المرشحة لتطبيقها بعد ذلك بنموذج محاكاة معبر عن النظام الخزني المراد دراسته [2]، إذ لا توجد طريقة قياسية لتحديد قواعد تشغيل انظمة الخزن تحت جميع الظروف التي يمر بها الخزان.

تم استخدام العديد من طرق الأمثلية ونماذج المحاكاة في تحديد سياسة التشغيل المثلى للعديد من أنظمة الخزن، حيث شهد القرن الماضي تحولًا كبيرًا نحو التركيز على الاستخدام الفعال للمياه والتشغيل الأمثل لمشاريع الموارد المائية المتوفرة بدلاً من البحث عن موارد جديدة. ولغرض تلبية الزيادة المضطردة في الاحتياجات المائية، فإن معظم هذه المشاريع تحتاج الى اعادة تقييم ومراجعة سياساتها التشغيلية وبشكل دوري مما يحفز على إجراء المزيد من البحوث والدراسات في هذا المجال الحيوي. وكقاعدة عامة فإن أنظمة الخزن لا يتم تشغيلها وإدارتها بكفاءة بالاعتماد على سياسات التشغيل المُعدّة في وقت انشاءها وانما بالمراجعة المستمرة كلما تطلب الامر ذلك. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه مع القليل من التحسين في تشغيل نظام الخزن، يمكن أن يكون هناك زيادة لا بأس بها في العوائد المتحصلة من هذه الانظمة [3];[4];[1].

تم دراسة سياسات تشغيل الخزانات المائية بشكل مستفيض على مدى الخمسين سنة الماضية نظراً للتطور الذي حصل في موضوعي الامثلية والمحاكاة، ففي الوقت الذي تسعى فيه نماذج الأمثلية لإيجاد الخطة أو الخطط التي يجب تبنيها لتحقيق معايير محددة مسبقا ومُعرفة من قبل صاحب القرار، فإن نماذج المحاكاة تعطي صورة واضحة عما سيحدث عندما يتم تبني خطة بعينها من الخطط أعلاه. وفي حقيقة الأمر فإن الفارق الأساسي بين نموذجي الأمثلية والمحاكاة يكمن في أن الأول يعمل عمل المرشح الذي يشخص ويختصر عدد الخطط الواجب تبنيها بعدد مقبول ومحدود من بين أعداد قد تكون هائلة، في حين أن الثاني يُقوّم أداء هذه الخطط في حالة تبنيها.[5]

تعتبر الخوارزمية الوراثية خوارزمية بحث تكيفية قائمة على الاستدلال على الأفكار التطورية للانتقاء الطبيعي وعلم الوراثة. تم

تصميم المفهوم الأساسي لـ GAs لمحاكاة العمليات التطورية في النظام الطبيعي وعلى وجه التحديد، تلك التي تتبع مبدأ "البقاء للأصلح" ، الذي وضعه تشارلز داروين أولاً. وفي هذا الصدد، تم تقديم GAs كنظير حسابي لمثل هذه الأنظمة التكيفية. وتمثل هذه الخوارزميات استغلالًا ذكيًا للبحث العشوائي ضمن مساحة بحث محددة لحل مشكلة ما يتم تصميمها عبر تبني مبادئ التطور والانتقاء الطبيعي، حيث يتم فيها توظيف مجموعة من الأفراد الذين يخضعون للاختيار في وجود عوامل تحفز التباين مثل الطفرة الوراثية والتزاوج في حين يتم استخدام دالة للياقة (حسن الاداء) لتقييم اداء الأفراد، وقد تم تصميم مقاييس النجاح مرتبطا ارتباطًا مباشرًا بهذه اللياقة. وباختصار فان الفلسفة الرئيسية التي تكمن وراء هذه التقنيات تتمثل بإنشاء مجموعة من الحلول المرشحة لمشكلة معينة، ثم صقلها تدريجيًا، باستخدام عوامل تشغيل مستوحاة من العمليات الطبيعية للتنوع الجيني والاختيار.

قدّم [6] مراجعة عن تطبيقات الخوارزميات التطورية EA لتشغيل خزان لتوليد الطاقة الكهرومائية. يتضمن الخوارزمية الوراثية GAs ، والتطور التفاضلي، وخلص إلى أن GAs يمكنها تقييم المشكلات متعددة الأغراض والوصول إلى الحلول المثلى في حل مشكلات الأمثلية غير الخطية المعقدة. حيث من الضروري تحديد الخوارزميات التطورية التي يمكنها معالجة قضايا ندرة الموارد المائية وتأثيرها على التنمية الاقتصادية.

قام [1] بتطوير خوارزمية وراثية GA مع نموذج محاكاة لتحديد منحنيات القواعد المثلى لإدارة الحد الأدنى من نقص المياه في موسم الجفاف، والأطلاقات التي تتأثر بالتغيرات المناخية في المستقبل. تم استخلاص منحنى قاعدة الخزان الأمثل المستخرج عن طريق تطبيق الخوارزميات الوراثية المشروطة CGAs وخوارزميات البحث الشرطي Tabu وتم ربطهما بنموذج محاكاة الخزان لتحقيق ذلك باستخدام سجلات الجريان الوارد المرصود والجريان المستقبلي المتوقع، وذلك لمعالجة حالة نقص المياه والإطلاقات الزائدة .

استعرض [7] الربط بين تقنيات الامثلية والمحاكاة والتي أعطت نتائج مثالية لتشغيل خزانين في حوض نهر جانجا – الهند، وأعطت نتائج واعدة وتنافسية لاشتقاق قواعد تشغيل الخزان بواسطة الخوارزميات الوراثية GAs لاستخدامها بكفاءة لاشتقاق سياسات التشغيل وذلك بربطها مع نموذج SWAT للمحاكاة.

كما صمم [8] نموذج محاكاة لخزان سد بخمة المقترح شمالي العراق وذلك باستخدام تقنية Simulink وبرنامج الـ HEC-ResSim ، واللذان اعطيا نتائج متقاربة في محاكاة توليد الطاقة الكهرومائية من خلال تلبية الطلب بأطلاقات معينة من المياه، مما يثبت قدرة Simulink في نمذجة أنظمة الموارد المائية بشكل عام وأنظمة الخزانات بشكل خاص.

كما قدّم [9] نموذج محاكاة بتقنية Simulink لخزان سد الموصل وجرى اختبار دقته باستخدام محددات تقييم الاداء المعروفة، واثبت ان النموذج واعداً ومرناً في التطبيقات الواقعية.

طبق [10] تقنية الخوارزميات الوراثية GAs وبرنامج Optimization Modeling Software LINGO - لتحقيق التشغيل الأمثل لخزان متعدد الأغراض وحقق القيم الأكثر موثوقية والأمثل في توليد الطاقة الكهرومائية وإدارة التحكم في الفيضانات على سد Jebba ، في نيجيريا.

طور [11] حلاً من الخوارزمية الهجينة GA-NLP وتم تطبيقها على نظام خزان Nagarjuna sagar في الهند، لاشتقاق منحنيات التشغيل المثلى وسياسات الإطلاق للخزان ولسيناريوهات التدفقات الواردة المختلفة. واستُنتج أن النهج الهجين GA-NLP لديه القدرة على الأداء بكفاءة، إذا ما تم تطبيقه في إيجاد السياسات التشغيلية للخزان.

يتبين مما ورد اعلاه عدم وجود آلية معينة لاختيار سياسة تشغيل فعالة مرتبطة بطبيعة مدخلات انظمة الخزن والتي عادة ما تعاني من اللاتأكدية (Uncertainty) المتأصلة في السلاسل الزمنية الخاصة بالجريان الوارد الى النظام الخزني. ان عدم وجود دليل تشغيلي مناسب، سيصعب الوضع على المُشغل وخاصة عند تذبذب مدخلات الخزان. وعليه يجب تطوير نموذج واقعي يسهل عملية تشغيل النظام الخزني وضمان تحقيق هدف الدراسة (بتعظيم توليد الطاقة الكهرومائية). ان المبحث الحالي هو محاولة لردم هذه الهوة واستنباط الآلية المطلوبة.

بناء نموذج الامثلية (Optimization Model)

تتمثل دالة الهدف في هذه الدراسة بتعظيم توليد القدرة الكهرومائية طبقاً لقيود خطية وغير خطية متعددة، **يمكن التعبير عنها** رياضيًا:

$$\text{Max MOP}(x) \quad \text{.....(1)}$$

$$MOP = \sum_{t=1}^{12} \eta \times R_t \times (H_t)$$

Subject to :

$$S_{min} \leq S_t \leq S_{max} \quad \text{.....(2)}$$

$$R_t \geq D_t \quad \text{..... (3)}$$

$$R_t \leq R_{max} . \quad \text{.....(4)}$$

$$\sum_1^{12} R_t \leq \sum_1^{12} I_t \quad \text{.....(5)}$$

$$S_t = S_{t-1} + I_t - Re_t + Pr_t - L_t \quad \text{.....(6)}$$

اذ ان :

MOP : القدرة الكهرومائية السنوية المولدة من الخزان بوحدة ميكاواط MW.

H_t : صافي معدل شحنة ارتفاع الماء (m) عند الشهر (t) مقاساً من اعلى منسوب للخزن مقدم السد الى منسوب توربينات التوليد في المحطة الكهرومائية عند أسفل مجرى السد في *D/S* والذي بمستوى 256 متر فوق مستوى سطح البحر (عادة مايتم الحفاظ على هذا المنسوب من خلال السد التنظيمي الذي يقع الى الجنوب من سد الموصل الرئيسي بحوالي 10 كيلومتر)، وللتعرف على الخواص الفيزيائية لخزان سد الموصل يرجى النظر في المصادر [9];[12].

S_t : الخزن في نهاية الفترة الزمنية الشهرية (t) بوحدة مليون متر مكعب MCM .

S_{t-1} : الخزن في بداية الفترة الزمنية الشهرية (t) ويمثل الخزن في نهاية الشهر السابق بوحدة مليون متر مكعب MCM

(η) : كفاءة محطة التوليد 85 % اذ تم حساب معدل كفاءة محطة التوليد الكلية المرصودة خلال الفترة التي عمل بها وكانت بحدود 86.5 % ، وهي تقع ضمن متوسط الكفاءات 70- 90 % [9].

S_{min} : الخزن التشغيلي الادنى بوحدة MCM عند المنسوب 300 متر فوق مستوى سطح البحر

S_{max} : الخزن التشغيلي الاعلى بوحدة MCM عند المنسوب 330 متر فوق مستوى سطح البحر

R_t : الاطلاقات الشهرية من منافذ الطاقة في الشهر (t) بوحدة مليون متر مكعب MCM

D_t: الحد الادنى للمتطلبات الشهرية عند اسفل مجرى النهر D/S بوحدة MCM [12].

I_t : الجريان الشهري الوارد الى الخزان عند الشهر (t) بوحدة مليون متر مكعب MCM .

Pr_t : حجم السقيط خلال الفترة الزمنية (t = شهر) فوق الخزان مقاساً بـ MCM ،

L_t : وتمثل الفواقد الشهرية من الخزان بوحدة MCM ، نتيجة التبخر Evaporation والرشح *Seepage*

Ev_t : حجم التبخر الشهري من سطح الخزان مقاساً بـ MCM ، حيث تمثل المساحة السطحية له دالة لمعدل الخزن الشهري.

Sp_t: حجم مياه الرشح *seepage* من خزان سد الموصل مقاسة بالشهر

علماً ان قيم المعدلات الشهرية لعمق التبخر من الخزان والامطار الساقطة عليه موضحة في الجدول (1) [13].

R_{max} : الحد الاعلى للإطلاقات الشهرية من منافذ بيت الطاقة بوحدة MCM ، وهي دالة لمساحة مقطع الجريان وارتفاع عمود الماء (H) مقدم السد الذي هو دالة الخزن، و يعبر عن هذه الاطلاقات بالعلاقة :

$$R_{max} = C_d\, A \sqrt{2g\, H} \qquad \text{.....(7)}$$

حيث :

C_d : معامل التصريف عند المبثق (*Discharge coefficient*) هو النسبة بين التصريف الحقيقي إلي التصريف النظري. وتم استنتاجه حسابيا بقيمة (0.6).

A : مساحة مقطع الجريان (m^2) لوحدات التوليد الاربعة في حالة التشغيل الكلي لجميع الوحدات.

g : التعجيل الارضي m/sec^2

H : معدل شحنة ارتفاع الماء في الخزان بالمتر (m) خلال الفترة الزمنية (t = شهر) كما ورد ذكرها سابقاً.

تم اختيار المعالم الخاصة بتقنية الخوارزميات الوراثية كأحتمالية التزاوج والطفرة الوراثية، وطريقة اختيار الافراد للتزاوج وعدد افراد المجتمع وعدد الاجيال التي يتم عنده التوصل الى الحل الامثل ومعايير التوقف للبرنامج ونوعية التشفير المناسبة بعد محاولات عديدة وقد كانت كالآتي:

حجم المجتمع هو 300 ؛ أحتمالية التزاوج او التقاطع فقد تم تعيينها بعد عدة محاولات وتبين ان احتمالية 0.8 كانت الافضل في اعطاء القيم لهذه السياسة والتي تم اختبارها على اكثر من نوع من التقاطع ولوحظ ان التقاطع المعتمد على المحددات والتقاطع الحسابي هما الاكثر استجابة في اعطاء قيم مثلى؛ احتمالية حدوث طفرة 0.2 ، وعدد الأجيال هو 2500.

ولغرض تهيئة مدخلات النموذج المتمثلة بالجريان الشهري الوارد الى الخزان ومحاولة تلافي مشكلة اللاتأكدية المقترنة بسلسلة الجريان المتوقع وروده الى الخزان في اي فترة زمنية من فترات تشغيله فقد تم تقسيم سلسلة الجريان المرصودة والمتمثلة بـ 360 شهرا الى خمس فئات، حيث مثلت الفئة الاولى اعلى جريان وارد (Maximum)، والفئة الثانية قيم الجريان الواقعة بين معدل الجريان الشهري واعلى جريان مسجل (Upper quartile)، ومَثّل معدل الجريان المرصود الفئة الثالثة (Average) في حين شكلت الفئة الرابعة طيف الجريان المحصور بين المعدل والحد الادنى (Lower quartile) واخيرا فقد ضمت الفئة الخامسة ادنى جريان مسجل (Minimum). الشكل (1) يوضح السلسلة الزمنية للجريان الوارد المرصود للفترة بين عامي (1989-2019) [14]، أما فئات الجريان الخمسة المقترحة مقاسة بـ(MCM/year) فكانت كالاتي :

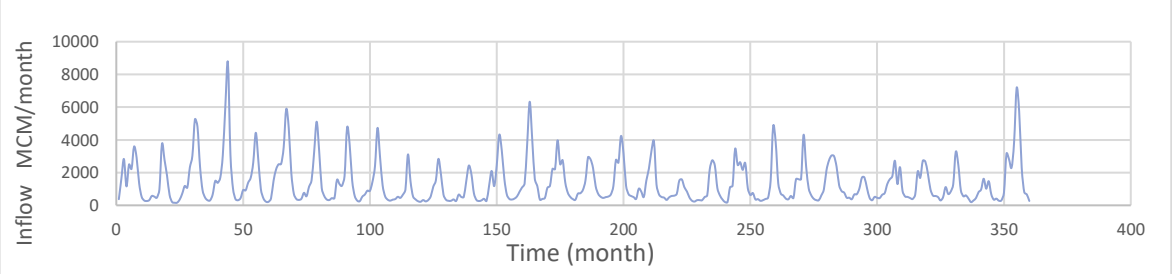
- فئة الجريان بين 6000-10000 لاقل جريان سنوي وارد والذي سيخضع للسياسة التشغيلية (Min. Policy).
- فئة الجريان بين 10000-14000 وتمثل حدود الرُبيع الادنى للجريان السنوي الوارد والذي يخضع للسياسة التشغيلية (Lower Quartile Policy).
- أما الجريان بين 14000-18000 فمثلت حدود فئة معدل الجريان السنوي الوارد والذي يخضع للسياسة التشغيلية (Average Policy).
- الجريان بين 18000-25000 فمثل حدود فئة الجريان للربيع الاعلى والذي يخضع للسياسة التشغيلية Upper Quartile Policy
- فيما مثلت السياسة التشغيلية القصوى Max Policy فئة حدود الجريان السنوي الوارد بين 25000-35000 مليون متر مكعب سنوياً.

اجريت عملية تشغيل نموذج الامثلية الواردة تفاصليه اعلاه بتبني فئات الجريان الخمس اذ رشح منها خمس سياسات تشغيلية مثلى اعتمادا على فئة الجريان المستخدمة كمدخلات للنموذج والمتمثلة بحجم الخزين الشهري الواجب وجوده في الخزان في نهاية كل شهر وكذلك كمية الاطلاقات المائية الشهرية من الخزان لغرض المحافظة على الخزين المائي الامثل. الشكل (1) ادناه يمثل السياسة التشغيلية المثلى لخزان سد الموصل عند اعتماد الفئة الثالثة من تقسيمات الجريان الوارد الى خزان سد الموصل والمتمثلة بمعدل الجريان لفترة (30) عاماً.

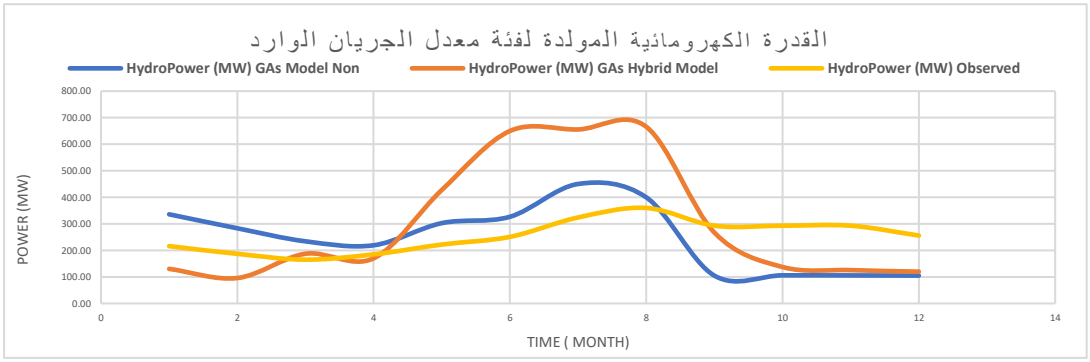
جرى بنفس الطريقة الحصول على السياسات التشغيلية الاربع الأخرى باختلاف مدياتها والتي تؤسس لبناء نموذج محاكاة بآلية تمكنه من اعتماد السياسة التشغيلية التي تناسب فئة الجريان الواردة الى الخزان.

جدول (1) المعدلات الشهرية لأعماق التبخر والامطار على خزان سد الموصل بـ(mm)

الشهر	تشرين1	تشرين2	كانون1	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	اب	ايلول
تبخر	138	52	30	30	40	70	116	213	340	408	340	218
امطار	8.7	36.8	63.4	68.1	65	70	54.4	23.8	0	0	0	0



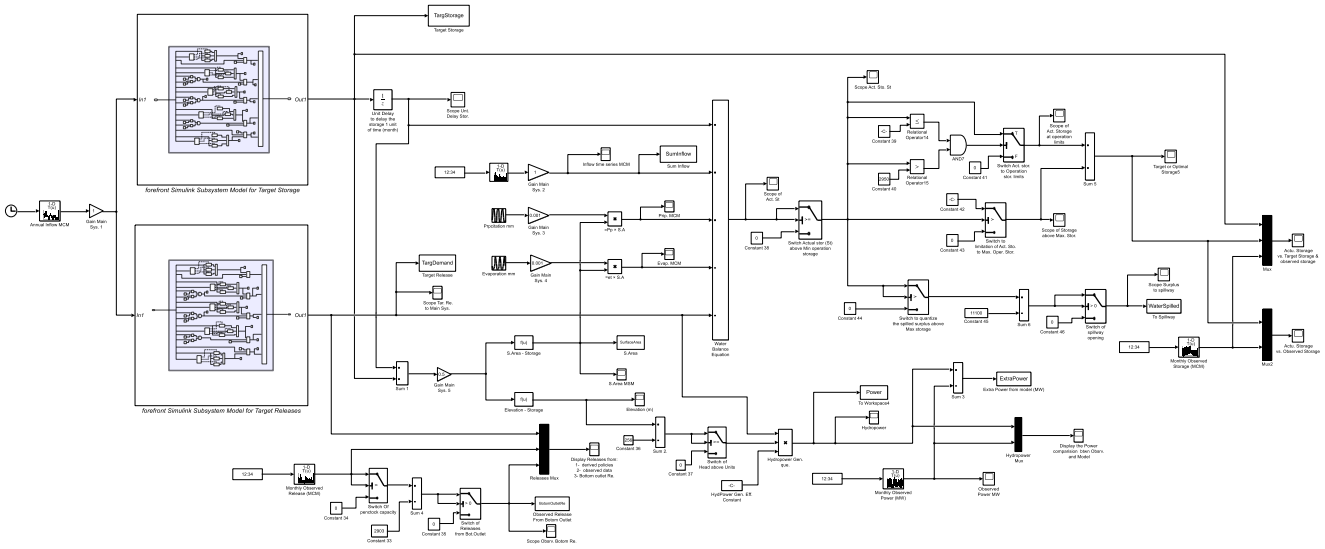
الشكل (1) السلسلة الزمنية الشهرية للجريان الوارد المرصود الى خزان سد الموصل



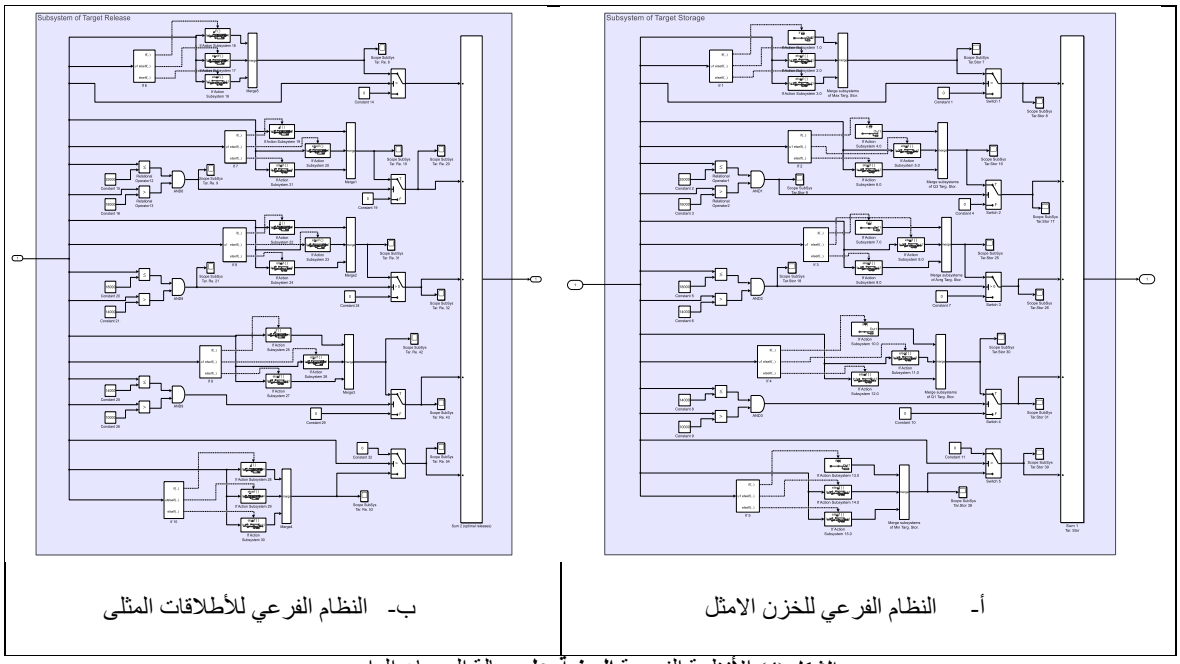
الشكل (2) السياسة التشغيلية المثلى لخزان سد الموصل باعتماد معدل الجريان الوارد Average Policy

نموذج المحاكاة (Simulation Model)

تتطلب الآلية المقترحة في هذا المبحث بان يتم اختيار السياسة التشغيلية بضوء فئة الجريان الواردة ولذلك فقد تطلب الامر بناء نموذجا لمحاكاة خزان سد الموصل له القدرة على تمييز واختيار السياسة التشغيلية التي تناسب طبيعة الجريان الوارد. لقد وقع الاختيار على تقنية (Simulink) لإنجاز هذا النموذج نظراً للمرونة العالية التي تتمتع بها هذه التقنية وامكاناتها في الاستفادة من الدوال الجاهزة التي توفرها منصة (Matlab) [15];[16] . والشكل (3) بين تفاصيل نموذج المحاكاة باستخدام تقنية (Simulink) بينما يبين الشكل (4) الانظمة الفرعية التي تم تصميمها لاختيار التشغيل المناسب بناءاً على فئة الجريان الوارد ويعتمد على كتل العمليات المنطقية و**الشرطية** (If statement) في عملية الاختيار :



الشكل (3) نموذج المحاكاة المقترح باستخدام تقنية (Simulink)



ب- النظام الفرعي للأطلاقات المثلى

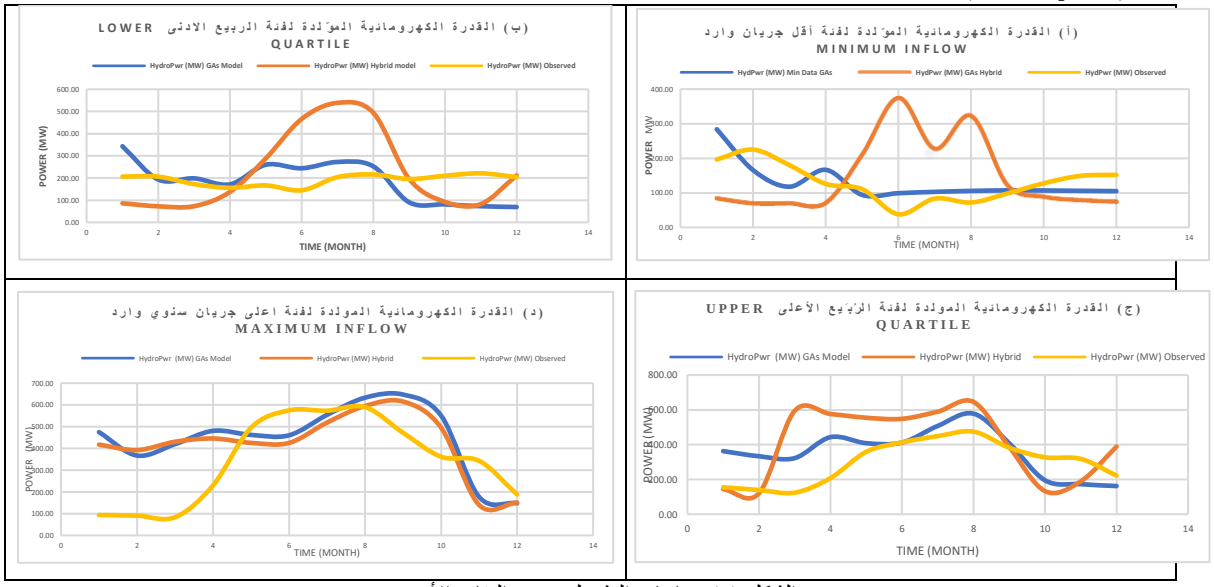
أ- النظام الفرعي للخزن الامثل

الشكل (4) الأنظمة الفرعية **المبنية على** حالة الجريان الوارد

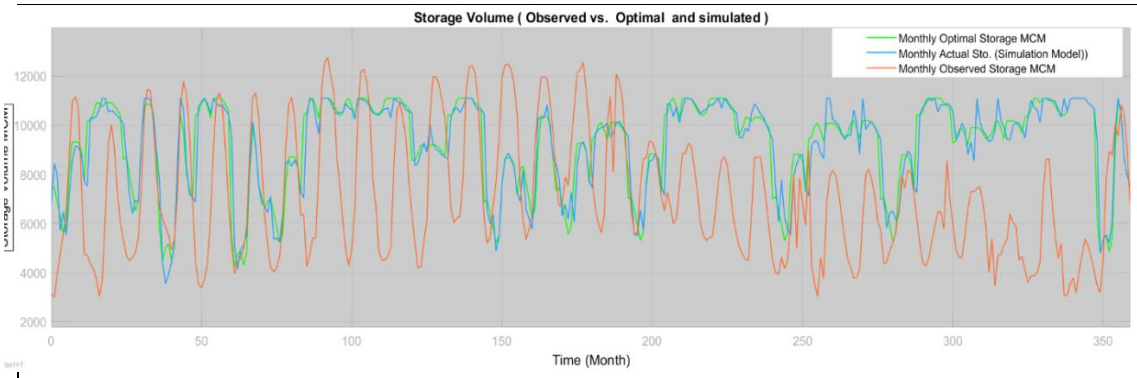
النتائج والمناقشة

دللت نتائج نموذج الامثلية على امكانية التوصل الى السياسة التشغيلية المثلى لكل فئة من فئات الجريان الخمس التي تم اعتمادها في هذه الدراسة. ان تهجين الحلول المتحصلة من نموذج الامثلية الذي يتبنى الخوارزميات الوراثية (GA's) باستخدام دالة الامثلية الجاهزة (*fmincon*) في منصة الماتلاب والتي تعالج اللاخطية [17]، سواء تلك التي تتضمنها دالة الهدف او المحددات، اعطى حلولا اكثر نضجاً بعد عملية التهجين وذلك لكون هذه الدوال تستفاد من آخر الحلول التي توصلت اليها الخوارزمية الوراثية وتتبناها كحل ابتدائي تنطلق منه نحو الحل الامثل الذي يتصف بكونه نهاية عظمى (Global Optima) بدلاً من الحل الابتدائي الذي ربما يكون (Local Optima).

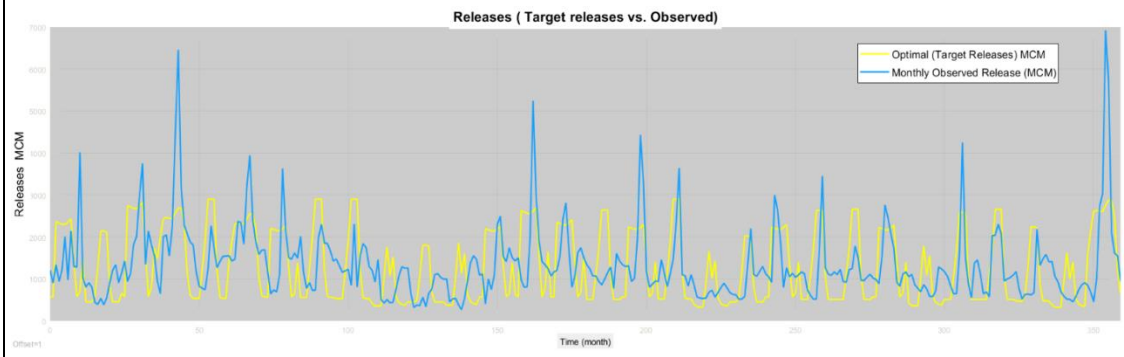
الشكل (5) هو امتداد للشكل (2) اعلاه والذي يلخص السياسات الاربع المتبقية اعتمادا على فئات الجريان المقترحة. عند تغذية نتائج نموذج الامثلية لنموذج المحاكاة وتشغيله على مدى 360 شهراً وهي مدة بيانات الجريان الذي ورد الى الخزان خلال 30 عاما امكن الحصول على مسار حجم الخزين المائي في خزان سد الموصل وقورن بنظيره الفعلي الناتج من تشغيل الخزان كما هو موضح بالشكل (6). كما ان الشكل (7) يري السلسلة الزمنية للاطلاقات المائية من الخزان والناتجة من تشغيل نموذج المحاكاة مقارنةً بالاطلاقات الفعلية لنفس الفترة الزمنية. وكمحصلة نهائية فان الشكل (8) يوضح المقارنة بين ما تم توليده من قدرة كهربائية فعلية من الخزان مع تلك المولدة باستخدام نموذج المحاكاة والآلية المعتمدة في هذا المبحث لنفس الفترة الزمنية.



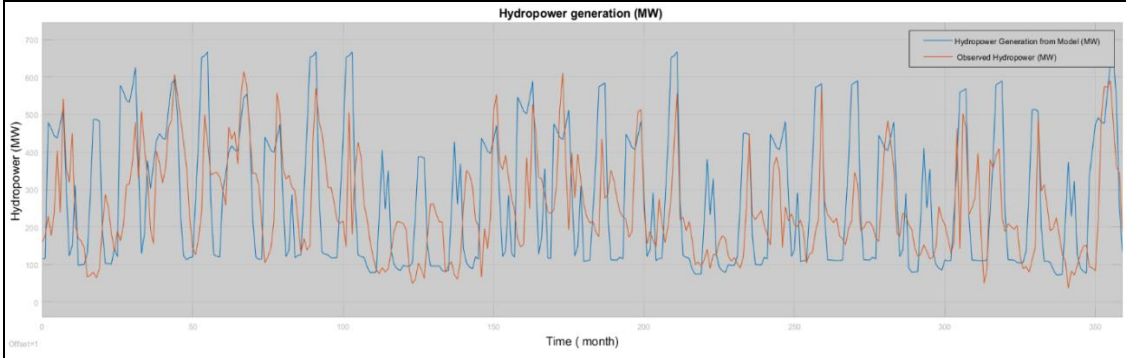
الشكل (5) سياسات التشغيل حسب الفئات الأخرى



شكل (6) حجم الخزين الناتج من تبني النموذج مقارنة بالخزن الفعلي المرصود خلال 30 عام



شكل (7) السلسلة الزمنية للاطلاقات من النموذج مقارنة بالاطلاقات الفعلية المرصودة خلال 30 عام



شكل (8) القدرة الكهرومائية المولّدة من تبني النموذج وماتم توليده بشكل فعلي خلال 30 عام

يتضح من الشكل اعلاه ان النموذج المقترح استطاع توليد ما مقداره (101330 ميكاواط) مقارنة بـ (91350 ميكاواط) الذي ولّد فعلا من الخزان وبنسبة زيادة تبلغ 10% نتيجة لاستخدام الآلية المقترحة، وتعد هذه الزيادة معنوية significant بعد اختبارها من الناحية الاحصائية باستخدام اختبار T-test ، وبمستنوى ثقة 95% . تم تحقيق مايقارب 7185000 ميكاواط- ساعة وهذه الزيادة ليست بالمتواضعة في لغة توليد الطاقة الكهرومائية نظراً للحاجة الملحة لكل ميكا واط- ساعة في ظرف البلد الحالي.

الاستنتاجات والتوصيات

تمخضت الدراسة الحالية عن استنتاجات يمكن اجمالها بما يلي:

1. اهمية مراجعة سياسات تشغيل الخزان المائي بشكل دوري وكلما دعت الحاجة الى ذلك لكي يستمر النظام الخزني بأداء دوره المرسوم بغض النظر عن الظروف وخاصة تلك المتعلقة بالواردات المائية التي ترد الى النظام.
2. وجد ان الخوارزميات الوراثية التي تم تبنيها في هذه الدراسة كأداة لاستنباط سياسة التشغيل المثلى هي اداة فعالة لهذا الغرض.
3. ولأجل التأكد من ان الحل الامثل الذي تم التوصل اليه لم يكن حلا غير ناضج (local optima)، فأن الاستفادة من دوال الامثلية اللاخطية المقيّدة التي تتيحها منصة (Matlab) قد اسفر عن ايجاد حلولا مجدية. ولقد وجد ان عملية التهجين هذه ذات جدوى.
4. ان تقسيم سلسة الجريان المرصود والوارد الى الخزان بشكل فئات معلومة المدى يساعد في اعطاء المرونة

لمشغل النظام باختيار السياسة التشغيلية الملائمة لحالات مدخلات الخزان المختلفة.

5. لقد وجد ان بناء نموذج محاكاة للنظام الخزني بالاستفادة من تقنية الـ (Simulink) قد ساعد في ايجاد الآلية المطلوبة في تمثيل النظام الخزني بشكل واقعي، اضافة الى تمكين النموذج من اختيار السياسة التشغيلية المثلى والتي رشحت من نموذج الامثلية وتوظيفها في نموذج المحاكاة وصولا الى هدف الدراسة.
6. تم مقارنة القدرة الكهربائية المولدة فعلياً على مدى 30 سنة تشغيل لخزان سد الموصل مع تلك التي تم توليدها بتزاوج نموذجي الامثلية والمحاكاة واشارت النتائج الى جدوى الاسلوب المقترح في الحصول على قدرة اكبر.

واخيراً توصي الدراسة الحالية بتبني دراسات مستقبلية تتضمن:

1. بناء نموذج تصادفي رصين وذي مصداقية للتنبؤ المستقبلي للجريان الوارد بحيث يعطي فكرة بشكل مسبق عن قيمة القدرة الكهربائية التي يمكن توليدها لفترة زمنية لاحقة (واحدة على الاقل) مما يسهل عمل المشغل بشكل لا يستهان به.
2. ان يتم تبني دوال هدف مختلفة وليست مقتصرة على تعظيم توليد القدرة الكهربائية واستخدام نفس فكرة آلية الاختيار في نموذج المحاكاة لاعطاء مرونة للمشغل في اختيار الدالة المناسبة والتي تتلائم مع متطلبات المستفيدين من الخزان والتي تتغير متطلباتهم من الخزان مع الزمن.
3. استخدام البرنامج (HEC-Res) كنموذج للمحاكاة وامكانية تبنيه السياسات التشغيلية التي تم اشتقاقها من خلال نموذج الامثلية.

مفاتيح الرموز:

MOP: Mosul operation policy.
GA: Genetic algorithem.
NLP: Non-Linear programming.
GA-NLP: Hybrid approach of Genetic algorithm and nonlinear programming.
R: Releases from penstock.
H: Net Head of storage water up stream of power house.
S: Storage volume at end of period t.
η: Efficiency of the power house plant
I : Inflow
Pr: Precipitation
Ev: Evaporation
L: Losses
fmincon : Minimum of a constrained nonlinear function solver.

المصادر

[1] A. Kangrang, , Prasanchum, H., & Hormwichian, R. (2018). Development of future rule curves for multipurpose reservoir operation using conditional genetic and tabu search algorithms. Advances in Civil Engineering, 2018)

[2] S. Santos, Kelly Marina, Alcigeimes B. Celeste, and Ahmed El-Shafie. "ANNs and inflow forecast to aid stochastic optimization of reservoir operation." Journal of Applied Water Engineering and Research 7.4 (2019): 314-323.

[3] B., T. G., and G. Gebresenbet. "Modeling hydropower plant system to improve its reservoir operation." International Journal of Water Resources and Environmental Engineering 4.2 (2010): 87-94.

[4] T., Aida, and Thamer Ahmad Mohammad. "Optimization of cascade hydropower system operation by genetic algorithm to maximize clean energy output." 3.2 (2016): 99-106.

[5] S. Vedula and Mujumdar P.P," Water resources system modiling technique and analysis ' (2005)

[6] N., Nkechi, et al. "A review on applications of evolutionary algorithms to reservoir operation for hydropower production." International Journal of Geological and Environmental Engineering 9.9 (2015): 1153-1159.

[7] A., Jatin, Ashvani Kumar Gosain, and Rakesh Khosa. "Optimisation of multipurpose reservoir operation by coupling soil and water assessment tool (SWAT) and genetic algorithm for optimal operating policy (case study: Ganga River Basin)." Sustainability 10.5 (2018): 1660.

[8] M. Dawood, Kamel A. Al-Mohseen and Shaker A. Jalil "Simulation models for Bekhma Reservoir Operation System (Comparison study) ", Journal of University of Duhok, Vol. 17, No.1 (Pure and Eng. Sciences), Pp 126-136, (2014).

[9] A., Yousif H., et al. "Modelling monthly operation policy for the Mosul Dam, northern Iraq." International Journal of Hydrology Science and Technology 5.2 (2015): 179-193.

[10] O., D. O., et al. "Optimization-based reliability of a multipurpose reservoir by Genetic Algorithms: Jebba Hydropower Dam, Nigeria." Cogent Engineering 5.1 (2018): 1438740.

[11] L. Krishna, K., N. V. UmaMahesh, and A. Srinivasa Prasad. "Optimal multipurpose reservoir operation planning using Genetic Algorithm and Non Linear Programming (GA-NLP) hybrid approach." ISH Journal of Hydraulic Engineering 24.2 (2018): 258-265.

[12] A., Ihsan Fasih Hassan. "Future Prospects for Optimal Operation of Mosul Dam Reservoir", Master Thesis, Department of Water Resources Resources, College of Engineering, University of Mosul. (2018).

[13] A., A. M. Y. Optimal water utilization from Tigris basin reservoirs north of Fatha for hydroelectric power generation. Diss. Ph. D. Thesis, College of Engineering, Water Resources Department, University of Mosul, 2002.

[14] K., Mohammed Awni, and Kamel A. Al-Mohseen. "Planning and Decision Making Under Uncertainty (Mosul Reservoir Optimal Operating Policy-Case Study)." Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ) 25.1 (2020): 85-96.

[15] S., Getting Started Guide, Matlab & Simulink R2016 a, The MathWorks, Inc. (2016).

[16] K., Steven T. Introduction to Simulink with engineering applications. Orchard Publications, 2006.
[17] MATLAB Optimization-Toolbox User's Guide, The MathWorks, Inc. (2020)

Appropriate Operating Policy for a Reservoir System Based on Inflow States (Mosul Reservoir as a Case Study)

Ziyad Taher Ali
ziyad.enp110@student.uomosul.edu.iq

Kamel A. Al-Mohseen
k.almohsee@uomosul.edu.iq

Dams and Water Resources Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul

Abstract :

The present study has focused on the selection of appropriate operating policies for a reservoir system to maximize the hydropower generation through the derivation of operation rule curves for different states of the inflow into the reservoir. And in order to accomplish this task, 30 years of monthly observed inflow has been used and arranged into five intervals with lower and upper values of each interval. The Genetic Algorithms techniques were implemented to obtain the optimal operating policies for each of the proposed five categories of inflow. Furthermore, and in order to alleviate the adverse effects of trapping in local maxima, a hybrid method is suggested making use of the built-in functions of optimization available in the Matlab software. The non-linear optimization function used the values of the variables obtained by GA's as initial solutions required by the optimization process to reach global solutions. One of the main objectives of the current study was to build a simple mechanism to select the most appropriate operating policy which is compatible with the nature of the inflow state entering the reservoir during a certain period of time. Consequently, a simulation model was conducted using SIMULINK technique to mimic the Mosul reservoir system which is selected as a case study to test the proposed method. The results reveal an improvement by 10 % of hydropower generation over that produced over the 30 years of real operation using the current method.

Keywords:
Reservoir operation, Optimization, GAs, Simulation