الإدارة اليومية المثلى لخزان سد دوكان عند مستويات متدنية من التصاريف لتعظيم القدرة الكهرومائية

عبد الوهاب محمد يونس
جامعة الموصل- كلية الهندسة- قسم الموارد المائية

عدي يوسف ذنون
وزارة الكهرباء- المديرية العامة لمشاريع إنتاج الطاقة

الخلاصة

يهدف هذا البحث إلى إيجاد أفضل سياسة تشغيل وإدارة يومية مثلى لخزان سد دوكان باستخدام البرمجة الديناميكية التفاضلية المنفصلة (DDDP) وباستخدام بيانات التصاريف اليومية لسنة شحيحة(أقل إيراد مائي)، تم الحصول عليها من تصنيف السنوات للفترة من 1965 إلى 1995، ومن ثم مقارنة النتائج التي تم التوصل إليها مع نتائج سابقة لأفضل سياسة تشغيل وإدارة شهرية مثلى لنفس الخزان ولنفس السنة.

من مقارنة النتائج التي تم التوصل إليها تبين إن مجموع قدرة التوليد الكهرومائي السنوية للحالة قيد البحث هي 1073 MW أي بزيادة قدرها 93 MW عن حالة التشغيل الشهري وهي 980 MW ، كذلك وجد إن عدد المحاولات المنفذة للوصول إلى حالة الاستقرار الأمثل تراوحت من 70 إلى 90 محاولة في حالة التشغيل اليومي بينما ظهرت حالة الاستقرار الأمثل في حالة التشغيل الشهري عند المحاولة 35 إلى70. إن جميع النتائج التي تم الحصول عليها لسياسة التشغيل المثلى اليومية كانت جيدة دون حصول أي تجاوز لأي من القيود والمحددات كما تم الإيفاء بكافة المتطلبات التي تم أخذها بنظر الاعتبار.

The Daily Optimal Management Of Dokan Reservoir At Minimum Levels Of Discharges For Maximaze The Hydroelectric Power

Abdul-Wahab.M.Younis
University of Mosul-
College of Engineering

Oday .Y. Thanoon
Ministry of Electricity
Directorate General for Energy

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Abstract

Aim of the present research is to find the best optimal daily management and operation policy of Dokan dam reservoir using Discrete Differential Dynamic Programming(DDDP) at minimum levels of inflow discharge during the period of 30 years for maximizing the hydropower generation (1965-1995). The results of this study were compared with previous results for an optimal monthly management and operation policy for the same reservoir and the same year. .

It has been found that the total annual hydroelectric generation power for the case under investigation is 1073 MW, ie, an increase of 93 MW from the monthly operation of 980 MW.

Also,it has been found that the number of trials to reach the optimal management ranged between 70and 90 trials in the daily operation, while the optimal management was observed in the case of monthly operation at were trialsfrom35to70. All results obtained for the daily optimal operation policy were good without neglecting any restrictions demanded taken in to consideration.

Key words: water resources, optimal management, hydroelectric power

أستلم في 2007/9/25 قبل في 2008/1/27

المقدمة:

تزايد الطلب على المياه بشكل كبير بعد الزيادة الكبيرة في عدد سكان العالم وبعد التطورات الصناعية والزراعية والتي بدأت تظهر في أوائل القرن الماضي. بعد هذه الفترة تعرضت كثير من مصادر المياه إلى النضوب بفعل تأثرها بالظروف المناخية والتي بدأ تأثيرها يزداد بشكل كبير مع مرور الزمن وأهمها ارتفاع درجة حرارة الأرض وامتداد ظاهرة التصحر نحو الأراضي الزراعية، مما أكسبت الموارد المائية أهمية استثنائية عالمية، إذ بدأت الدول تستثمر مواردها المائية بما يؤمن لها وفرة في حجم المياه المتاحة لديها.

إن من أهم الدعائم الأساسية في أنظمة الموارد المائية هي طريقة تشغيل وإدارة هذه الأنظمة حيث إن أغلب المشاريع تكون ذات مردود ايجابي بصورة مباشرة أو غير مباشرة في مجال تجهيز الماء للأغراض الزراعية والصناعية أو مياه الشرب أو توليد الطاقة الكهربائية والملاحة ودرء خطر

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفيضانات، لذلك يتطلب الأمر العمل على إيجاد سياسة تشغيل وإدارة مثلى لهذه المنشأت لأجل تحقيق الأغراض الآنفة الذكر بأفضلية مثلى على الرغم من أن هذه الأهداف تتناقض مع بعضها البعض في جوانب عديدة حيث إن التشغيل الأمثل لهذه الأنظمة يكون ضمن محددات وقيود تتعلق بخواص المنشأت الهيدروليكية والتصميمية مع الأخذ بنظر الاعتبار تأثير الظروف المناخية والبيئية لتلك المنطقة وكذلك الأهداف المتوخاة من هذا المنشأ.

نظرا للعشوائية الموجودة في نظم الموارد المائية واحتواء هذه النظم على كثير من المتغيرات والمحددات التي تكون خطية وغير خطية، ولأن غالبية المشاكل الموجودة في هذه النظم تكون على مراحل أو فترات زمنية متعاقبة، لذلك تم استخدام أحد نماذج البرمجة الديناميكية والتي تعتبر من أوسع وأفضل النماذج استخداما لإيجاد التشغيل الأمثل لنظم الخزين.

إن هدف هذا البحث هو تطبيق البرمجة الديناميكية التفاضلية المنفصلة لإيجاد أرضية للمقارنة بين سياسة التشغيل المثلى اليومية وسياسة التشغيل المثلى الشهرية لخزان سد دوكان مع وجود عدد من المحددات الخاصة بمنطقة الدراسة والبحث وكانت دالة الهدف هي تعظيم القدرة الكهرومائية المتولدة من سياسة التشغيل المثلى للخزان.

المعلومات الهيدرولوجية للنظام قيد البحث

إن المعلومات الهيدرولوجية تصف لنا كمية المياه المتوفرة في المنطقة سواء كانت جريانا سطحيا أو أمطارا أو تبخرا أو احتياجات مائية أخرى متعددة والتي ستكون مدخلات لنموذج البرمجة الديناميكية التفاضلية[1][2]

تم جمع التصاريف اليومية لمحطات القياس الواقعة ضمن منطقة البحث لخزان سد دوكان لفترة بحدود30 سنة ، تم تحليل هذه البيانات إحصائيا لإيجاد الإيرادات المائية الداخلة إلى خزان السد لاختيار السنة الشحيحة والتي تمثل أقل إيراد مائي داخل إلى خزان السد، كذلك تم جمع البيانات الخاصة بكميات الأمطار الساقطة وكميات المياه المتبخرة وكافة الاحتياجات والمتطلبات المائية لمنطقة الدراسة وأخذها بنظر الاعتبار. .

البرمجة الديناميكية (DP)

إن معظم الدراسات المتعلقة بأنظمة الموارد المائية والتي تتبع أسلوب الإدارة المثلى باستخدام البرمجة الديناميكية استندت على الفكرة الأساسية لهذه البرمجة المقترحة من قبل الرائد الأول في هذا المجال هو العالم بناء Richard Bellman(1957) ويعرفها بأنها تقنية الحل الرياضي الأمثل الغاية منها[3] سلسلة من العلاقات المترابطة والمتشابكة للقرارات التي تحدد سير عملية التشغيل ، إذ إن عملية اتخاذ القرار للمراحل المتعددة تتحول إلى سلسلة من القرارات المفردة لاتخاذ القرار. تبدأ البرمجة الديناميكية بجزء صغير من المسألة والوصول إلى حل أمثل لهذا الجزء ثم تدريجيا يأخذ جزء أخر من هذه المسألة وصولا إلى حل نموذجي آخر مع الأخذ بنظر الاعتبار الجزء الأول، وتستمر هذه العملية إلى أن تحل المسألة على أكمل صورة من جميع الأوجه. إن معظم عمليات اتخاذ القرار متعدد المراحل لها عائد[2]

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مرتبط بكل قرار، ويختلف هذا العائد بحسب المرحلة وحالتها، ويكون الهدف هو تحليل هذه العملية لتحديد السياسة المثلى والتي ينتج عنها أفضل عائد كلي، والعائد الكلي عبارة عن حاصل جمع العوائد لكل المراحل التي تتراكم بتقدم العملية من حالة إلى حالة ، وتكون هذه المتغيرات دالة لمتغيرات الحالة ولمتغيرات القرار ، ويعبر عن هذه الدالة بالمعادلة الآتية:

$$F_n(S_n) = \text{Max}\{r_n(S_n, R_n) + F_{(n-1)}(S_{(n-1)})\} \qquad \ldots.(1)$$

حيث تمثل :

$F_n(S_n)$:مجموع العوائد للمرحلة الحالية (n).

$F_{(n-1)}(S_{(n-1)})$: مجموع العوائد للمرحلة السابقة (n-1).

$r_n(S_n, R_n)$: دالة العائد للمرحلة الحالية (n).

S_n : متغير الحالة للمرحلة الحالية (n).

R_n :متغير القرار للمرحلة الحالية (n).

n : تمثل المرحلة وفي البحث قيد الدراسة هي يوم .

وصف عام لعملية البرمجة الديناميكية التفاضلية المنفصلة:

إن عملية التكرار لمعادلة التكرار لنموذج البرمجة الديناميكية التفاضلية المنفصلة تمكننا من البحث عن مسار محسن بين عدد من المسارات أو الحالات المنفصلة في المنطقة المجاورة للمسار التجريبي Initial Trail Trajectory

الذي تم اختياره مسبقا للتوصل إلى أفضل مسار، تبدأ العملية باستخدام المسار التجريبي الأولي الذي تم تحديده ضمن مدى الحالة والمرحلة ليحقق مجموعة من الشروط الابتدائية والنهائية للقرارات وتطبيق معادلة التكرار لقيم الممر المحدد لهذا المسار حيث تتكون الإجراءات عادة من دورات Cycles وكل دورة تتكون من عدة محاولات إذ يكون الفرق Delta ثابت خلال الدورة الواحدة وكل دورة تنتهي عندها الإجراءات عندما تقترب من الاتجاه الأمثل وحسب مقياس التقارب، عندما يتم تحقيق مقياس التقارب لكل دورة فأن قيمة Delta تنقسم إلى النصف وتبدأ بدورة جديدة [4]

، من الممكن تحديد عدد الدورات الكلي مسبقا لإكمال العملية بوجه تام، وفي هذه الحالة فأن آخر حل تم التوصل إليه يمثل الحل الأمثل للنموذج. .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

صياغة وتطبيق نموذج البرمجة الديناميكية التفاضلية المنفصلة للخزانات المائية.

صياغة النموذج الرياضي:

يتكون النموذج الرياضي من جزئين، هما: دالة الهدف والقيود المتعلقة بها. المقصود بدالة الهدف هي الفائدة أو مجموعة الفوائد التي من أجلها تم إنشاء النظام المائي، وهذه الفوائد تكون وفق أسلوب وضوابط تسمى المحددات والتي يتم على ضوئها وضع سياسة التشغيل المثلى للنموذج سواء كان خزانا مائيا واحدا أو مجموعة خزانات مائية.

دالة الهدف Objective Function

إن الهدف من عملية الأمثلية لأي نظام هي إما لتقليل الخسائر الاقتصادية نتيجة الفيضانات أو لزيادة الأرباح عن طريق تجهيز المياه للري أو لتوليد الطاقة الكهربائية. في هذا البحث تم تحديد دالة الهدف لتعظيم القدرة الكهرومائية المتولدة من التشغيل الأمثل للنظام وحسب المعادلة الآتية:

$$PW = MAX\ [\sum_{n=1}^{N} K.R_{t_{(n)}}.H_{(n)}] \quad \dots \quad (2)$$

حيث تمثل :

PW: القدرة الكهرومائية السنوية المتولدة من جراء تشغيل النظام قيد الدراسة، (ميكاواط)

$H_{(n)}$: الفرق بين منسوب سطح الماء في الخزان ومنسوب سطح الماء خارج بوابات المحطة الكهرومائية خلال ذلك

اليوم من زمن التشغيل، (م).

$R_{t_{(n)}}$: كمية المياه المطلقة من بوابات المحطة الكهرومائية للخزان خلال زمن التشغيل(مليون م٣).

K=0.0036

إذا تم تطبيق الوحدات أعلاه في المعادلة وتم أخذ قيمة الكفاءه95% وعدد ساعات التشغيل

هـ 24 ساعة

المحددات Constraints

هي مجموعة المعادلات التي تمثل الظروف والشروط الواجب مراعاتها عند حل المسألة أو عند تطبيق النموذج الرياضي، وقد تم التقيد بالحدود الدنيا والقصوى للقيود الخاصة بالخزين والمياه المطلقة ومنسوب المياه في الخزان وأقصى توليد للمحطة الكهرومائية ، والمبينة.

[5]

محدد الخزين $S_{min} \le S_{(n)} \le S_{max}$ ... (3)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

$$Dem_{(n)} + Minf \le R_{(n)} \le Maxf \quad \dots (4)$$ محدد المياه المطلقه

$$R_{(n)} \le R_{t(n)} + R_{o(n)} \quad \dots (5)$$

$$R_{t(n)} \le R_m \quad \dots (6)$$

$$HP_{min} \le H_{(n)} \le Hd_{max} \quad \dots (7)$$ محدد منسوب المياه في الخزان

$$PW \le PCAP \quad \dots (8)$$ محدد سعة المحطة الكهرومائية

حيث تمثل :

S_{min} : القيمة الدنيا للخزين، (مليون م٣).

S_{max} : القيمة القصوى للخزين، (مليون م٣).

$S_{(n)}$: حجم الخزين في بداية اليوم، (مليون م٣).

$Dem_{(n)}$: الاحتياج المائي اليومي للمناطق الواقعة أسفل الخزان، (مليون م٣).

Minf : القيمة الدنيا للجريان المسموح به في قطاع النهر أسفل الخزان، (مليون م٣).

Maxf : القيمة القصوى للجريان المسموح به في قطاع النهر أسفل الخزان، (مليون م٣).

$R_{t(n)}$:المعدل اليومي للمياه المطلقة من بوابات المحطة الكهرومائية للخزان خلال الزمن n ،(مليون م٣).

$R_{o(n)}$: المعدل اليومي للمياه المطلقة من البوابات المائية الأخرى خلال الزمن n ، (مليون م٣).

R_m :القيمة القصوى للجريان المسموح بمروره من بوابات المحطة الكهرومائية للخزان(مليون م٣).

$R_{(n)}$: المعدل اليومي للمياه المطلقة خلال الزمن n ، (مليون م٣).

Hd_{max} : أقصى منسوب تشغيلي للمحطة الكهرومائية (م).

HP_{min} : أدنى منسوب تشغيلي للمحطة الكهرومائية (م).

PW : القدرة الكهربائية المتولدة خلال فترة التشغيل للخزان(ميكاواط).

PCAP : الطاقة التصميمية القصوى للمحطة الكهرومائية للخزان (ميكاواط).

Continuity Equation

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

إضافة إلى المحددات أعلاه تعد معادلة الاستمرارية أحد المحددات الفيزيائية لنموذج البرمجة الديناميكية والتي تربط بين المتغيرات الداخلة والمتغيرات الخارجة للخزان، حيث تتم موازنة الكتلة على محتويات الخزان من بداية الفترة إلى نهاية الفترة (المرحلة) [6] ، ويعد هذا مقياس على فعالية الجريان الداخل والخارج من الخزان ويمكن أن يصاغ بالمعادلة التالية:

$$S_{(n+1)} = I_{(n)} + S_{(n)} - R_{(n)} - Evp_{(n)} \quad \ldots \quad (9)$$

حيث تمثل :

$R_{(n)}$: المعدل اليومي للمياه المطلقة من الخزان خلال الزمن n (مليون م٣).

$I_{(n)}$: المعدل اليومي للمياه الداخلة إلى الخزان خلال الزمن n (مليون م٣).

$S_{(n)}, S_{(n+1)}$: كمية المياه المخزونة في الخزان في بداية ونهاية فترة التشغيل (مليون م٣).

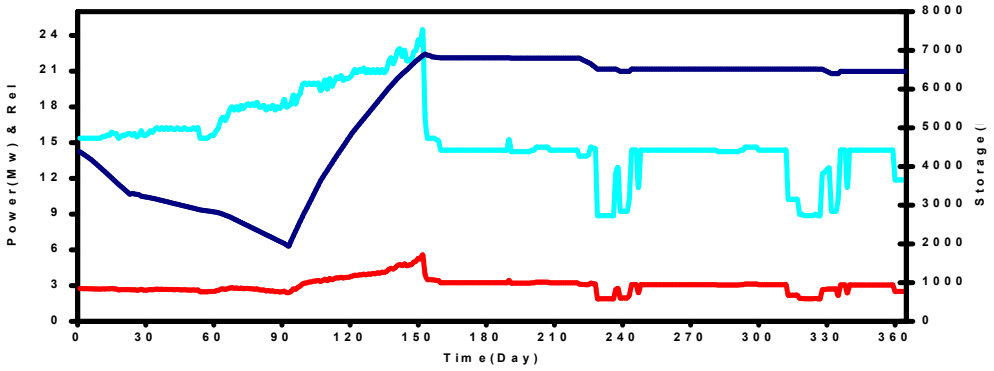
$Evp_{(n)}$: حجم الفواقد من الخزان خلال تلك الفترة من التشغيل (مليون م٣).

النتائج والمناقشة

من خلال نتائج البحث التي تم الحصول عليها تم رسم منحني يمثل علاقة الخزين مع الإطلاق المائي والقدرة الكهرومائية المتولدة مع الزمن (الأيام) كذلك تم الحصول على منحني يمثل العلاقة بين عدد المحاولات المنفذة مع حجم الخزين الأمثل في الخزان.

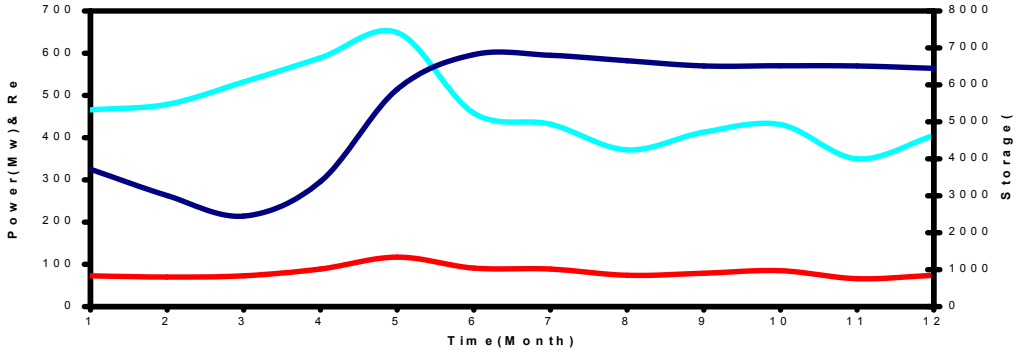
يتضح من الشكل (1) إن أدنى قيمة للخزين كانت 1860 Mcm في شهر كانون الثاني وأقصى قيمة للخزين كانت 6930 Mcm وامتدت لمدة ثلاثة أشهر (من آذار إلى أيار) ، إن هذه النتائج تبين لنا إن التشغيل الأمثل يبرمج حجم المياه في الخزان لتصبح اقل ما يمكن قبل ورد المياه في فصل الشتاء والربيع لكي يكون هناك فرصة لامتلاء الخزان ولدرء أي خطر للفيضان قد تتعرض له المناطق الواقعة أسفل الخزان كذلك فان الخزين يبقى في أعلى مستوياته في أشهر الربيع لكي يتم الاستعداد لموسم الجفاف في فصل الصيف وقلة ورد المياه إلى الخزان. كذلك فان أدنى وأقصى قيمة للمياه المتحررة من الخزان وأقصى أدنى قيم للقدرة الكهرومائية المتولدة كانت ضمن حدود المحددات الخاصة لمنطقة الدراسة والبحث، عند مقارنة نتائج التشغيل الأمثل اليومي(الحالة الأولى) التي تم التوصل إليها مع نتائج التشغيل الأمثل الشهري(الحالة الثانية) التي تم التوصل إليها في دراسة سابقة الشكل رقم (2)،

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



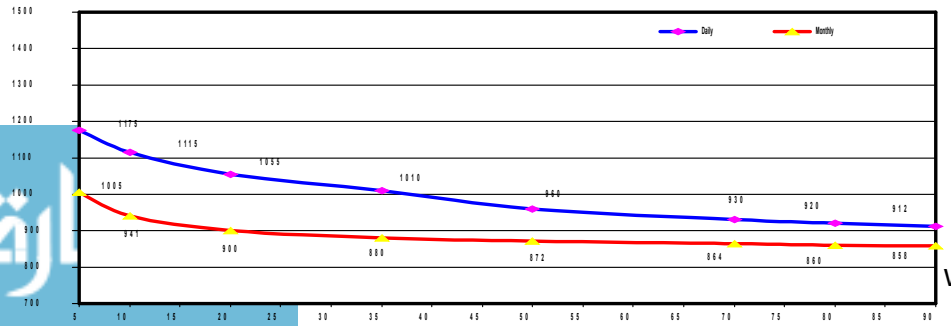
الشكل(1) يمثل العلاقة بين القدرة الكهرومائية المتولدة والخزين والإطلاق المائي خلال فترة التشغيل اليومية لخزان سد دوكان ولحالة أقل إيراد مائي.

نلاحظ بأن قدرة التوليد الكهرومائي في الحالة الأولى قد زادت بصورة واضحة عن قدرة التوليد في الحالة الثانية أي من 1073 ميكاواط الى980 ميكاواط على التوالي، إن هذه الزيادة تعزى إلى إن السياسة المثلى في الحالة الأولى تقوم بتعظيم القدرة الكهرومائية المتولدة يوميا وعلى طول أيام السنة، أما في الحالة الثانية فهناك تقليص لهذه العملية على عدد أشهر السنة المائية أي (12) مرة فقط، إضافة إلى ذلك نلاحظ من خلال الشكل (3) بأن عدد المحاولات المنفذة



5.5

الشكل(2) يمثل العلاقة بين القدرة الكهرومائية المتولدة والخزين والإطلاق المائي



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

للوصول إلى الخزين الأمثل للتشغيل اليومي هي بحدود ضعف عدد المحاولات المنفذة للوصول إلى الخزين الأمثل بالنسبة إلى التشغيل الشهري وهذا يدل على إن هناك علاقة طردية بين عدد المحاولات المنفذة وكمية البيانات الداخلة للبرنامج الحاسوبي لنموذج البرمجة الديناميكية التفاضلية المنفصلة.

إن جميع النتائج التي تم الحصول عليها كانت ضمن القيود والمحددات التي تم صياغتها مسبقا والخاصة بالظروف الهيدروليكية والهيدرولوجية لمنطقة البحث، كما لاحظنا إن دالة الجزاء في كلا كانت مساوية للصفر وهذا دليل على إن التشغيل الذي تم كان امثل .

المصادر:

1- Younis, A.M.,"**Optimal Water Utilization From Tigris Basin Reservoir North of -Fatha for Hydroelectric Power Generation**", Ph.D., Thesis, University of Mosul, The College of Engineering, Water Resources Department, (2002).

2- Al-Taee,O.Y., "**Optimum Operation of Multi-Reservoirs to Maximize the Hydropower Generation**", M.Sc.Thesis, University of Mosul, College of Engineering,(2006).

3- Al-Nash, M.S., "**Real Time Daily Operation of Bekhma Dam**", M.sc.Thesis, University of Baghdad, College of Engineering,(1992).

4- Heidari, M., Chow, V.T., Kokotovre, O.V., `and Meredith, D.D., "**Discrete Differential Dynamic Programming Approach to Water Resources System Optimization**" Water Resources Research ,Vol.7,No.2,pp.273-282,(1971).

5- Ali M., "**Development of Reservoir Operating Rules With Particular Reference to The River Tees System**" ,PH.D.,Thesis,

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

University of Newcastle, Upontyne, U.K.,(1978).

6- Fadhil, A I., "**Optimal Operation of Reservoirs on Tigris River**", M.Sc., Thesis University of Baghdad, College of Engineering, Irrigation and Drainage Department,(1990).

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com