التشغيل الافتراضي الأمثل لخزان سد الموصل باستخدام احتماليات مختلفة

د.عبد الوهاب محمد يونس
كلية الهندسة / جامعة الموصل
قسم هندسة الموارد المائية

تاريخ الاستلام: ٢٠٠٩/١٢/١٧ تاريخ قبول النشر: ٢٠١٠/٩/٧

الخلاصة (Abstract):

إن الغرض من الدراسة هو الوصول إلى أفضل سياسة تشغيل شهرية مثلى لخزان سد الموصل لفترة زمنية أمدها ٣٥ سنة للحصول على اقل خسائر ممكنة نتيجة الشحة او الفيضان من جهة وتجاوز الخزين الحدود الدنيا والعليا التشغيلية من جهة أخرى وذلك باستخدام البرمجة الديناميكية التفاضلية المتقطعة(DDDP).استخدمت نتائج تلك الدراسة في البحث عن أفضل توزيع احتمالي للخزين المستخرج وذلك باستخدام مختلف التوزيعات الاحتمالية المتوفرة والتي تبين من خلالها إن التوزيع اللوغارتمي الطبيعي لمتغيرين هو أفضل هذه التوزيعات من اجل الحصول على منحنيات التشغيل ولمختلف الاحتمالات وكانت النتائج جيدة دون حصول تجاوز لأي من المحددات كما تم الإيفاء بكافة المتطلبات التي تم آخذها بنظر الاعتبار.

الكلمات المفتاحية : التشغيل الأمثل ، الاحتمالية ، خزانات السدود .

The Optimal Hypothetical Operation of Mosul Reservoir Using Different Probability Distributions

Dr. Abdul-Wahab. M. Younis
University of Mosul / College of Engineering
Water Resources Engineering

Abstract

The main objective of this study is to obtain the optimal policy for monthly operation of Mosul dam for 35 years time interval in order to minimize the total penalties taken place due to both releases and storage when exceeded the limited allowable values by using Discrete Differential Dynamic Programming (DDDP). The results of this study used to find the suitable probability distribution of the values of storage. The lognormal distribution with two parameter was found to be the best distribution for determination the operation curves values.

Key wards: optimal operation, probability, dams reservoirs.

١- المقدمة (Introduction):

مع استمرار التكاثر السكاني في العالم تصبح الحاجة للغذاء والكساء متزايدة أيضا، وسيكون على المهتمين بشؤون الري إن يجدوا حلاً لمشكلتي الغذاء والكساء في العالم، حيث يجب إمداد جزء اكبر من الأراضي بالمياه. فلهذا يجب أن تستثمر كل الأراضي بتوفير المياه في تلك المناطق للأغراض الزراعية وبصورة منتظمة ومن هنا جاءت الحاجة إلى إنشاء خزانات لتوفير المياه لان الحاجة الماسة إلى استغلال أكثر للمياه في أغراض الري مع ازدياد التكاثر السكاني الكبير في العالم.

مع إنشاء الخزانات يجب أن يكون التشغيل مثالياً والتخطيط في إدارة هذه المنشآت فعالاً، لاستغلال المياه أفضل استغلال دون إضاعة آي كمية سدى مع العلم إن أهم الصعوبات التي نواجهها في أنظمة الموارد المائية هي كيفية تشغيل وإدارة هذه الأنظمة..

إن المعضلة في إن الأهداف متعددة وقد تكون متضاربة وتأثيرها مختلف . إن حل هذه المسألة قد يكون عسيرا وصعبا وتنشأ تلك الصعوبات عندما لا يدرك بسهولة مسئول المشروع كيفية الإدارة بحيث يناوب بين جميع الأغراض مع تعديل قواعد التشغيل بحيث تكون متزامنة مع وقت التشغيل وما لم تتكون هناك قواعد قانونية فأن المسئول أو مدير المشروع يلجأ إلى الأسبقية في اختيار أفضل هدف أو الأهداف في تشغيل المشروع بحيث تدر اكبر فائدة ممكنة مع العلم إنه سوف يقلل من أهمية بقية الفوائد الناتجة من بقية الأهداف. على ما ذكر فإن متطلبات التشغيل لنظام معين هي عملية تمثيل متتالية ومتعاقبة في الوقت الحقيقي للتشغيل وتكون معاصرة لوقت التشغيل.

استخدمت في هذا البحث إحدى طرق البرمجة الديناميكية وهي البرمجة الديناميكية التفاضلية المتقطعة Discrete Differential Dynamic Programming(DDDP))) التي قللت من وقت الحاسبة والذاكرة بصورة كبيرة جداً[2]:.

إن الغرض من المشروع هو تطبيق البرمجة الديناميكية التفاضلية المتقطعة لاستخراج أفضل خطة تشغيل شهرية لخزان سد الموصل تفي بمتطلبات الاحتياجات المائية والخزين في فترات الشحة ودرء خطر الفيضانات.

١- موقع الدراسة وجمع المعلومات:

تم إجراء الدراسة المشار إليها آنفاً على خزان سد الموصل الواقع على نهر دجلة حيث اعتمدت في الدراسة التصاريف الشهرية لفترة 35 سنة وكذلك المعدلات الشهرية لكميات الأمطار الساقطة والتبخر لنفس الفترة أعلاه. والذي تبين من خلالها أن خزان سد الموصل يفقد جزء من خزينه خلال الفترة من أيار ولغاية تشرين الأول بينما يكسب جزءاً من الخزين خلال الفترة من تشرين الثاني ولغاية نيسان [1].

٢- أسلوب البحث:

أستخدم في البحث أحدى طرق البرمجة الديناميكية وهي البرمجة الديناميكية التفاضلية المتقطعة وتعرف البرمجة الديناميكية بأنها إحدى تقنيات الحلول الرياضية المثلى الغاية منها بناء سلسلة من العلاقات المترابطة للقرارات التي تحدد سير عملية التشغيل.إذ أن عملية أخذ القرار للمراحل المتعددة تتحول إلى سلسلة من المراحل المفردة لأخذ القرار.إن البرمجة الديناميكية تبدأ بجزء صغير من المسالة والوصول إلى حل امثل لهذا الجزء ثم يؤخذ جزءا آخر من هذه المسالة والتوصل إلى حل نموذجي آخر ،وهكذا تدريجيا إلى أن تحل المسالة على أكمل صوره ومن جميع الأوجه [3,4].

إن الخطوة التي تتخذ بها قرارا من الممكن أن تعرف بالمرحلة والمتغيرات التي ندخل بالحالة وعند جعل القرار نفسه يحكم بواسطة نوع من المعادلات أو القوانين تسمى التحويل وفي كل مرحلة هنالك قرار له علاقة بالفائدة يظهر بواسطة معادلة فائدة القرار وهذه المعادلة يمكن تمثيلها بواسطة دالة العودة التي تعتمد على متغير الحالة والقرار المأخوذ في المرحلة السابقة. وأفضل قرار في المرحلة هو القرار الذي وضع أعلى أو أوطأ عودة لقيمة متغير الحالة Sn إن عملية المفاضلة لعودة مكررة لعدة مرات محسوبة لـ (n) مرة من المراحل حيث يمكن تعريفها بـ { Fn (Sn) } [1] فمثلا إن العلاقة المكررة لعملية الحصول على أوطأ قيمة لمسألة ما هي :

$$F_{(n)}(S_{(n)}) = min[\{r_{(n)}(S_{(n)}, D_{(n)})\} + F_{n-1}\{S_{n-1}\}] \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث أن:

(n) تمثل رقم المرحلة.

$S_{(n)}$:تمثل حالة الخزين في المرحلة (n).

$D_{(n)}$: تمثل القرار الناتج من المرحلة(n).

٣- المحددات ودالة الهدف:

شمل المحددات معادلة الاستمرارية أو ما يسمى بموازنة الكتلة على محتويات الخزان من البداية والى الفترة التالية أي يجب أن تكون في حالة توازن دائمي يمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية [6].

$$R_{(i)} = I_{(i)} + S_{(i)} - S_{i+1} - EVP_{(i)} \quad (i = 1, 2, 3, .., 12) \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث إن :

$R_{(i)}$: الجريان الخارج خلال الشهر (i).

$S_{(i)}$, S_{i+1} :تمثل كمية الخزين في الخزان في بداية ونهاية الشهر (i).

I(i) : الجريان الداخل إلى الخزان خلال الشهر (i)

EVP(i) تمثل كمية المياه المضافة أو المتبخرة من الخزان خلال الشهر (i) بالمليون متر مكعب (MCM) والذي يعبر عنه بالصيغة التالية:

$$EVP_{(i)} = A_{(i)} (EVAP_{(i)} - P_{(i)}) \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

حيث إن:

$EVAP_{(i)}$: تمثل كمية التبخر من الخزان خلال الشهر(i) بالمتر (m).

$P_{(i)}$: تمثل كمية السقيط الساقطة على الخزان خلال الشهر(i) بالمتر (m).

$A_{(i)}$: تمثل معدل المساحة السطحية للخزان بالكيلو متر المربع (km^2) والتي يمكن التعبير عنها بالصيغة التالية:

$$A(i) = 1.7014E-10(S^{-}_{(i)})^3 - 4.8163E-6(S^{-}_{(i)})^2 + 0.655\, S^{-}_{(i)} + 14.4469 \quad \ldots(4)$$

$S^{-}_{(i)}$: تمثل معدل الخزين بالمليون متر مكعب في الشهر (i).

هناك محددات أخرى في تشغيل الخزان لا مجال لذكرها.

حل هذه المسألة يكون بواسطة معادلة المعاودة للبرمجة الديناميكية التالية:

$$F_{(i+1)}[S_{(i+1)}] = \min[\sum_{i=1}^{n} loss(R_{(i)}) + loss(S_{(i+1)}) + F_{(i)}(S_{(i)})] \quad \ldots\ldots\ldots(5)$$

حيث أن:

loss ($R_{(i)}$) : الخسائر نتيجة للإطلاق من الخزان عند تجاوزه الحدود القصوى والدنيا المسموح بها.

loss ($S_{(i)}$) : الخسائر نتيجة للخزين في الخزان عند تجاوز الخزين الحدود التشغيلية القصوى والدنيا المسموح بها.

أما دالة الهدف فتعرف على أنها تقليل مجموع الجزاءات أو الخسائر التي تنحرف عن التشغيل النظري. إن دالة الهدف هي لتقليل اقل ما ممكن من مجموع الخسائر المرافقة مع الإطلاق والخزين الشهري للخزان.

$$Min\ penalty = \sum_{i=1}^{n} [Loss(R_{(i)}) + Loss(S_{(i+1)})] \quad \ldots\ldots\ldots(6)$$

حيث [Loss ($R_{(i)}$)] يمثل الخسائر نتيجةً لإطلاق التصاريف من الخزان

فإذا كان $R_{(i)} < Dem_{(i)}$ فإذن يكون

$$Loss(R_{(i)}) = \alpha [R_{(i)} - Dem_{(i)}]^2 \quad \ldots\ldots\ldots(7)$$

وإذا كان $R_{(i)} > MF$ فإذن يكون

$$Loss(R_{(i)}) = \beta [R_{(i)} - MF]^2 \quad \ldots\ldots\ldots(8)$$

وعندما يكون $Dem_{(i)} \le R_{(i)} \le MF$ فإذن يكون

$$Loss(R_{(i)}) = 0 \quad \ldots\ldots\ldots(9)$$

حيث إن :

Dem(i) : الاحتياجات المائية خلال الشهر (i) من السنة وهي ثابتة من سنة الى أخرى.

$\alpha = 21.57, \beta = 0.01$ ثوابت تعتمد على أحتمالية كون الاطلاقة اقل من الاحتياجات الفعلية أو أعلى من أقصى جريان مسموح به[5].

بينما [Loss $(S_{(i+1)})$] يمثل الخسائر الناجمة من الخزين في الخزان

إذا كان $RulL_{(i+1)} > S_{(i+1)}$ فإذن يكون

$$Loss\ (S_{(i+1)}) = \delta\ [S_{(i+1)} - RulL_{(i+1)}]^2 \quad .....(10)$$

وإذا كان $RulU_{(i+1)} < S_{(i+1)}$ فإذن يكون

$$Loss(S_{(i+1)}) = \mu\ [(S_{(i+1)} - RulU_{(i+1)}]^2 \quad .....(11)$$

وعندما يكون $RulL_{(i+1)} \le S_{(i+1)} \le RulU_{(i+1)}$ فإذن يكون

$$Loss\ S_{(i+1)} = 0 \quad .....(12)$$

حيث إن :

$RulL_{(i+1)}$: الحد ألادنى لتشغيل الخزان (منحنى التشغيل الأدنى).

$RulU_{(i+1)}$: الحد ألا على لتشغيل الخزان (منحنى التشغيل الأعلى).

$\delta = 0.124, \mu = 0.174$ ثوابت تعتمد على احتمالية كون الخزين نهاية الشهر أعلى من أقصى أو أوطأ من أدنى خزين تشغيلي[5] أن تشغيل الخزان حسب تصميم قاعدة التشغيل يعتبر تشغيلا أمثل لأنه اعتمد على معلومات صحيحة وكاملة عن الجريان الوارد وهذا التشغيل يعتبر تشغيلا نظيراً.

٤- منحنيات التشغيل لمختلف الاحتمالات:

استخدمت نتائج الخزين المستخلصة من سياسة التشغيل الشهرية المثلى لخزان سد الموصل لا يجاد أفضل توزيع احتمالي لمنسوب الماء في ذلك الخزان.وقد تم استعمال التوزيعات الآتية [7] :

١. التوزيع الطبيعي
٢. التوزيع اللوغارتمي الطبيعي لمتغيرين
٣. التوزيع اللوغارتمي الطبيعي لثلاث متغيرات
٤. توزيع بيرسن اللوغارتمي النوع الثالث
٥. توزيع بيرسن الثالث
٦. توزيع القيم المتطرفة النوع الأول
٧. توزيع القيم المتطرفة النوع الثالث

لغرض فحص واختبار وتحديد التوزيع الاحتمالي الأمثل استخدمت الطرق والاختبارات التالية:

اختبار مربع كاي

اختبار Kolmogorov-Smirnov

اختبار الخطأ المعياري

اختبار الخطأ الإجمالي

اختبار معدل قيم الانحرافات المطلقة

اختبار الكفاءة

ان التوزيع الذي يعطي اقل قيمة لهذه الاختبارات عدا اختبار الكفاءة يكون هو التوزيع الأمثل .يعتبر التوزيع الذي يعطي قيمة كفاءة مساوية او أعلى من 0.97% توزيعا مقبولا,مع كون التوزيع ذي الكفاءة الأعلى قيمة هو الأمثل.

كان من نتائج هذه الدراسة إن التوزيع اللوغارتمي الطبيعي لمتغيرين هو أفضل وانسب هذه التوزيعات ولمختلف الاحتمالات وهي(20%,10%,5%,2%,1%).

استعمل التحليل الانحداري لا يجاد علاقة الخزين مع الزمن ولمختلف الاحتمالات ويبين الجدول(١) معاملات الانحدار للمعادلات ومعامل الارتباط والذي كان ولجميع الحالات يساوي ٠,٩٩٥ وكانت العلاقة التي تم التوصل إليها لربط الخزين مع الزمن هي بالشكل التالي:

$$S_{(t)} = a + bt + ct^2 + dt^3 + et^4 + ft^5 \quad \text{.....(13)}$$

t= الزمن بالأشهر حيث تمثل (t =1.....12).

a ,b ,c ,d ,e ,f تمثل معاملات الانحدار.

$S_{(t)}$ تمثل كمية الخزين في الخزان في ذلك الشهر من السنة(MCM).

يمكن استخدام معاملات الانحدار المدونة في الجدول (١) ومن خلال المعادلة (13) في إيجاد الخزين المطلوب لأي احتمالية وشهر معين.

الأشكال من (1) إلى (٥) تبين لنا منحنيات التشغيل ولمختلف الاحتمالات والتي تبين من خلالها انه ليس هنالك أي تجاوز على سعة الخزين القصوى والدنيا التشغيلية لسد الموصل.

٥- المناقشة والاستنتاجات:

إن الغرض من التشغيل هو تقليل الخسائر الناتجة عن الفيضانات و الشحة حيث يكون الخزين خلال فترة الشحة اكبر ما يمكن لكي نعبر هذه المعضلة وكذلك في الفترة التي تسبقها ، بينما على العكس عندما نتوقع فيضانا فيجب أن يكون الخزين اقل ما يمكن في حينها و الفترة التي تسبقها مع التأكيد على إن الشحة أو الفيضان يجب أن تراعي الزيادة أو النقصان في الإطلاق وذلك لتحمل النهر الزيادة الصغيرة خلال فترة طويلة بدلا من زيادة كبيرة في فترة قصيرة. والشيء نفسه ينطبق على فترة الشحة لتقليل تأثيرها.

تم اخذ تصاريف شهرية لمدة ٣٥ سنة على إنها معلومات داخلة نستخدمها في البرنامج المذكور آنفا على افتراض أن السد شغال طيلة تلك الفترة وذلك لغرض الحصول على أفضل تشغيل لخزان سد الموصل لغرض الحصول على الحد ألا دنى من الخسائر المتوقعة.

من خلال مناقشة نتائج الدراسة تم الحصول على المنحنيات التي تمثل العلاقة بين كل من الخزين والإطلاق بالزمن ولثلاث مستويات مختلفة (أدنى، معدل ،أعلى) تبين إن أدنى خزين سجل خلال فترة التشغيل على مدى ٣٥ سنة هو 4029 MCM ابتداء من شهر تموز وحتى شهر تشرين الأول فيما سجل أعلى خزين وقدر 11121 MCM من أيار إلى تموز فيما كان أعلى معدل للخزين الناتج من خلال فترة التشغيل هو 9960 MCM وقد لوحظ خلال شهر حزيران حيث يتضح من خلال هذه الأرقام إن قيم الخزين لهذا النظام والمستحصلة من خلال استخدام البرمجة الديناميكية التفاضلية المتقطعة هي تقع بين الحدود الدنيا والعليا للخزين وتحقق حالة من التوازن بين كميات المياه.

آما بخصوص قيم التصاريف المطلقة من خزان سد الموصل تبين إن الحدود الدنيا للإطلاق تقع ضمن مديات الاحتياجات المائية للمناطق الواقعة أسفل خزان سد الموصل ، حيث إن سياسة الإدارة المثلى لهذا الخزان تنصب في ملء الخزان خلال فترة الجريان العالي الممتدة من كانون الثاني إلى أيار. وفي بعض الأحيان من كانون الثاني إلى تموز ومن ثم إطلاق هذه الكميات المخزونة خلال فترة الشحة الممتدة من حزيران إلى شهر كانون الأول.

فمن خلال نتائج الدراسة المذكورة آنفا يتضح إن اكبر إطلاق سجل خلال شهر أيار وقدره 8792 MCM فيما كان أدنى إطلاق قد لوحظ خلال شهر أيلول وقدره 267 MCM فيما كان معدل اكبر إطلاق خلال فترة التشغيل هو 4067 MCM خلال شهر أيار ونيسان.

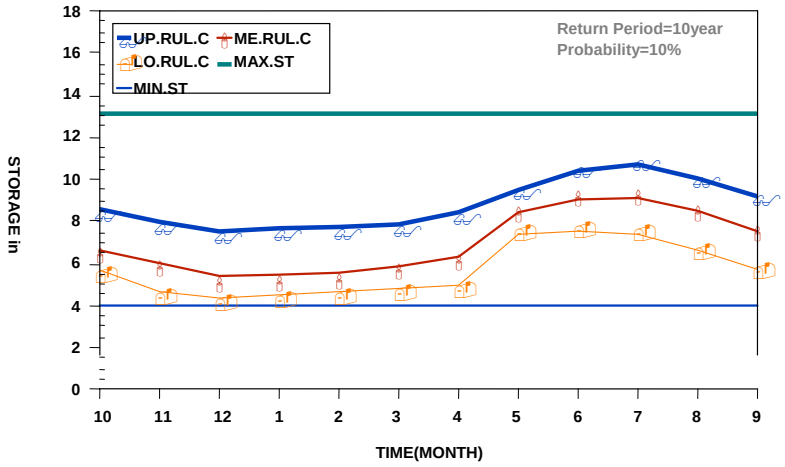
هذه الأرقام المشار إليها سابقا والمستحصلة من خلال التشغيل الأمثل لخزان سد الموصل على امتداد ٣٥ سنة تفي بكافة الشروط والمتطلبات المتعلقة بالاستهلاك المائي للمناطق الواقعة أسفل الخزان علما إن أقصى وأدنى جريان مسموح به أسفل الخزان هو ٣٣٦٠ MCM و ١٨MCM على التوالي

من المناقشة أعلاه نستنتج إن البرمجة الديناميكية التفاضلية المتقطعة التي اعتمدت للتوصل إلى أفضل خطة لتشغيل خزان سد الموصل عطت نتائج مثلى حيث توصلنا إلى الهدف المطلوب دون تجاوز لأي محددات حيث كان المجموع الكلي لدالة الجزاء مساويا للصفر.

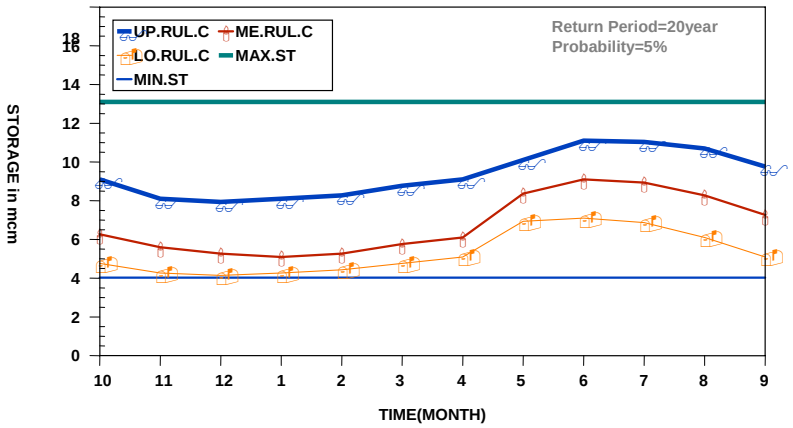
كما لوحظ إن سعة خزان سد الموصل كبيرة قياسا إلى كمية التصاريف الداخلة أليه أو أحد الاحتياجات المائية المطلوبة حيث إن منحنيات التشغيل العليا والسفلى لم تتجاوز الحد ألا على والأدنى للخزين في الخزان. كما تبين من خلال تطبيق مختلف أنواع التوزيعات على قيم الخزين التي تم التوصل إليها من جراء سياسة التشغيل المثلى ولمختلف الاحتمالات إن التوزيع اللوغارتمي الطبيعي ذو المعلمين هو أفضل هذه التوزيعات أعطى نتائج مرضية جدا دون تجاوز لأي من الأهداف والقيم المثبتة سلفا.

جدول(١) يبين معاملات الانحدار و ومعامل الارتباط ا لمعادلة الخزين مع الزمن

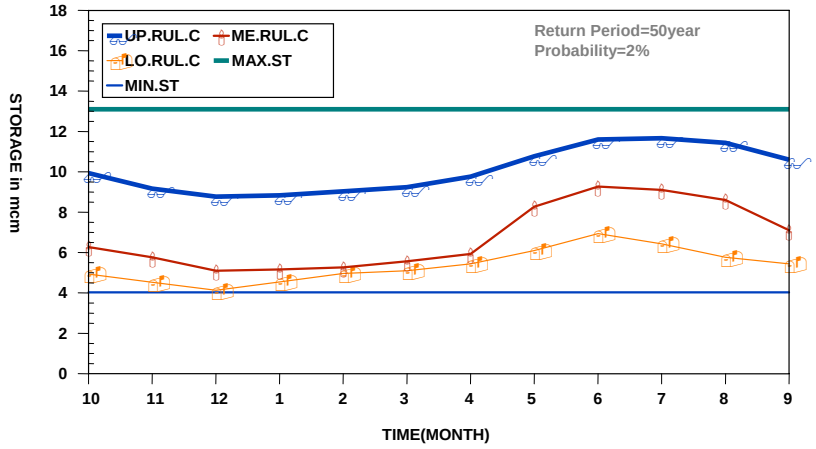
الاحتمالية	معاملات الانحدار						R^2
	A	B	c	D	E	f	
1%	5666.09	3930.21	-1383.03	171.836	-9.0287	0.17251	0.994
2%	4815.62	4931.62	-1739.58	231.607	-13.8608	0.32051	0.992
5%	5960.02	3406.74	-1145.94	131.766	-6.23872	0.10463	0.998
10%	6042.78	3278.66	-1041.01	108.691	-4.32677	0.05059	0.996
20%	6365.38	2759.25	-784.111	56.7356	0.23351	-0.09352	0.996



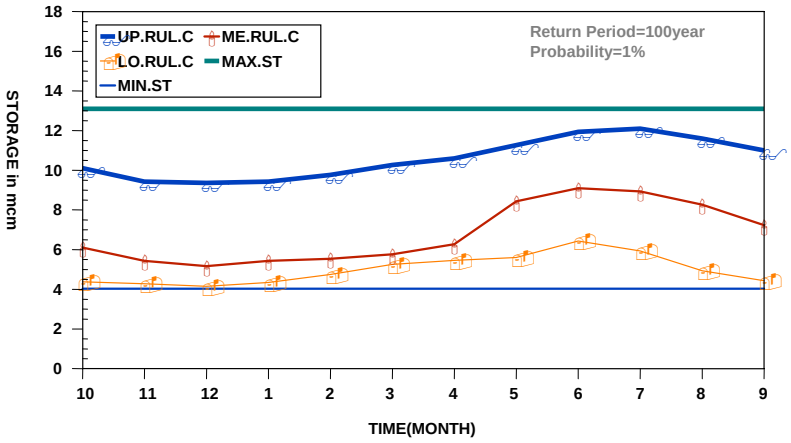
شكل(2) منحني التشغيل الأعلى والأدنى لخزان سد الموصل عند احتمالية 10%



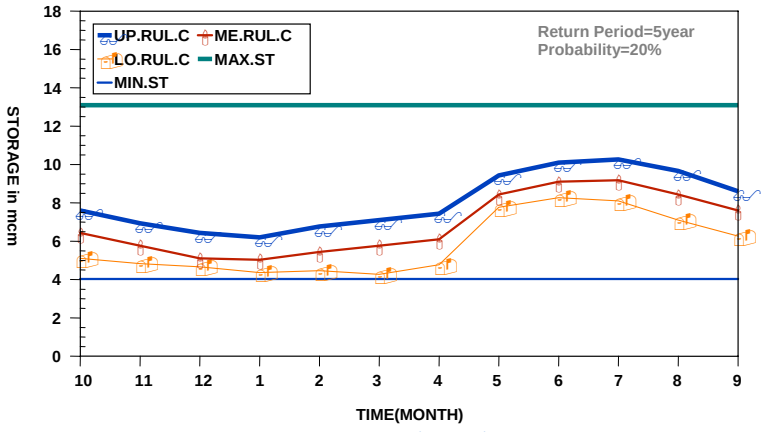
شكل(3) منحني التشغيل الأعلى والأدنى لخزان سد الموصل عند احتمالية 5 %



شكل(4) منحني التشغيل الأعلى والأدنى لخزان سد الموصل عند احتمالية 2 %



شكل(5) منحني التشغيل الأعلى والأدنى لخزان سد الموصل عند احتمالية 1 %



شكل(1) منحني التشغيل الأعلى والأدنى لخزان سد الموصل عند احتمالية 20%

٦- المصادر:

1- Alias, H.M., "Stochastic and Dynamic Models for Multi-Reservoirs with application on Mosul and Badosh Dams", Ph.D. Thesis, University of Mosul, College of Administration and Economics, (1995).

2- Ali M., "Development of Reservoir Operating Rules With Particular Reference to the River Tees Syste", Ph.D. Thesis, University of Newcastle, Upontyne U. k., (1978).

3- Bellman, R.E, "Dynamic Programming", Princeton University press Princeton, N. J., (1957).

4- Deloye, A.J., and M. Momtareri, "Adaptation of a Single Reservoir Technique for Multiple Reservoir Storage – Yield – Reliability Analysis", Water Resources Research, Vol.33, No.9, pp. 2165-2177, (2000).

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

6- Loucks , D.P. , Stedinger , J.R.and Haith ,D.. "Water Resource Planning and Analysis" Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.(1981).

7-الناصح،مارك سليم"التشغيل اليومي الحقيقي لسد بخمة"،رسالة ماجستير،كلية الهندسة،جامعة بغداد،العراق،(١٩٩٢).

تعريف الرموز:

UP. RUL. C. : منحني التشغيل الأعلى (Upper rule curve)

LO. RUL. C. : منحني التشغيل الأدنى (Lower rule curve)

ME. RUL. C. : منحني التشغيل الأوسط (Mean rule curve)

MAX. ST. : الخزين الأقصى (Maximum Storage)

MIN. ST. : الخزين الأدنى (Minimum Storage)