

نموذج تصادفي داينمي لتشغيل نظام خزن منفرد (دراسة حالة)

أ.د. كامل علي عبد المحسن
قسم هندسة السدود والموارد المائية / كلية الهندسة / جامعة الموصل

المستخلص

تتضمن هذه الدراسة اعتماد نموذج للبرمجة الداينمية التصادفية (SDP) Stochastic Dynamic Programming لغرض التوصل الى سياسة التشغيل المثلى لنظام خزن منفرد (سد القائم المقترح على وادي الخوصر في محافظة نينوى شمال العراق والذي هو في مرحلة التخطيط) ومقارنة النتائج مع تلك التي تم استنتاجها من نموذجاً آخر للبرمجة الداينمية المحددة (DDP) Deterministic Dynamic Programming). تطلب الأمر تهيئة برنامجين حاسوبيين بلغة (MATLAB) الأول للـ(DDP) والثاني للـ(SDP) وجرى تشغيلهما للتوصل الى أفضل سياسة تشغيل متمثلة بحالات الخزين والإطلاق للخزان المعني. أظهرت النتائج بان نموذج البرمجة الداينمية التصادفية يعطي نتائج اقرب للواقع لأنه يأخذ بنظر الاعتبار التغيرات في طبيعة الجريان الشهري الوارد إلى الخزان. وقد اعتمد النموذج (SDP) على سلسلة ماركوف في إيجاد مصفوفة الاحتمال الانتقالية للتعبير عن الطبيعة التصادفية للجريان مما يعطي مرونة عالية لمشغل الخزان للتعامل مع طيف واسع من ظروف التشغيل المتمثلة بالجريان الوارد الى الخزان. فيما وجد بأن السياسة المستحصلة من النموذج (DDP) تفتقر الى تلك المرونة. أضيف الى ذلك، فقد تم تصميم مخطط بسيط (Nomograph) من مخرجات النموذج التصادفي يوضح كيفية التعامل مع حالات الجريان الداخلى الى الخزان اضافة الى حالة الخزان المتمثلة بالخزين الابتدائي لغرض استخدامه من قبل المشغل في إعطاء القرار المتمثل بالإطلاق الامثل لكمية المياه.

Stochastic Dynamic Programming Model for Single Reservoir System Operation (Case Study)

Dr. K. A. Al-Mohseen A. R.M. Tawfiq

Dams and Water resources Engineering Department / College of Engineering/ Mosul University

Abstract

The present research aims to study the feasibility of using a Stochastic Dynamic Programming model "SDP" to calculate the optimal operating policy for a single reservoir system.

The study required to write two computer codes; one is for Deterministic Dynamic Programming "DDP" and the other is for Stochastic Dynamic Programming "SDP" using MATLAB platform.

A comparison study has been conducted between the optimal operating policies obtained from the two models. The results revealed that the SDP outputs were more realistic than those obtained by DDP, as the first gives the reservoir operator more flexibility to deal with the variation of the inflow to the reservoir, while the second is not.

Additionally, a simple nomograph has been introduced to assist the operator of the reservoir to manage a wide variety of inflow scenarios.

Keywords: Stochastic Dynamic Programming, Deterministic Dynamic Programming, Optimal operating policies.

المقدمة

تدل جميع المؤشرات على أن الواقع المائي للعراق سيشهد في المستقبل القريب انتقال من حالة الشحة الى حالة الندرة. كما ويتزايد الطلب على كميات مضمونة من المياه بنوعية مقبولة وبكلفة معقولة سواءاً للاستخدامات البشرية او الزراعية او الصناعية. أضف الى ذلك فان العقود القليلة الاخيرة قد اتسمت بوجود الإبقاء بالحد الأدنى من المتطلبات البيئية وذلك للمحافظة على نظام بيئي صحي متنوع ومستدام ومحاولة الحد من مخاطر الفيضانات وتداخيات الجفاف والتشجيع على انتاج الطاقة الكهرومائية.

إن العاملين في مجال إدارة الموارد المائية يواجهون التحديات لبلوغ هذه الاهداف المتعددة والمتناقضة في بعض الاحيان، كما أن اللاتأكدية (Uncertainty) التي تلازم كميات التجهيز والطلب على المياه نتيجة التغيرات المناخية تضيف تعقيدا وتحديا جديداً لمهنة ادارة الموارد المائية.

إن اللاتوافق بين التجهيز والطلب زماناً ومكاناً يحتم بناء منشآت خزنية وإيجاد سياسة تشغيل مثلى لهذه المنشآت لتحقيق الأهداف المنوطة بها ولهذا فان عملية تشغيل الخزانات تلعب دوراً مهماً في التخطيط لإدارة أنظمة الموارد المائية، كما أن نظام تشغيل خزان ماء، هو مجموعة القواعد التي تحدد كمية المياه التي يتم حفظها في الخزان أو إطلاقها منه في ظل الظروف المختلفة للجريان الوارد إليه [1].

لقد كان للبرمجة بمختلف أشكالها دوراً مهماً في إيجاد سياسات التشغيل المثلى للخزانات المائية، بل وتطورت هذه المفاهيم بتطبيقاتها الواسعة على الموارد المائية بشكل عام وعلى تشغيل الخزانات بشكل خاص.

تناولت العديد من الدراسات ومنها [2] تطبيق نماذج البرمجية الدينامية على الخزانات باعتبار أن مدخلات هذه النماذج (الجريان الوارد) محددة على أساس معدلاتها وعدم الأخذ بنظر الاعتبار الاختلاف الحاصل في هذه المدخلات والنواتج من كون متغير الجريان ذا صفة عشوائية وليست محددة. ولكي يكون التعبير عن هذه المتغيرات اقرب للواقع يجب ان يعبر عنه باحتمالية حدوث تأخذ صفات النظام الفيزيائي الذي يولده بنظر الاعتبار وهذا ما يدعى بالتصادفية (Stochasticity)

وقد أفاد [3] بان النماذج المحددة والمستخدمة لتشغيل الخزانات عادة ما تعطي تقديرات متواضعة للكلف، ولغرض تلافي هذا الأمر تبرز الحاجة الى اعتماد نماذج تصادفية (Stochastic Models) والتي وان كانت اشد تعقيدا في بنائها الرياضي، إلا أن تبنيها مبرراً نظراً لاقتنائها بفوائد اقتصادية إضافية تتأتى من المرونة التي تلازم السياسات التشغيلية المشتقة من هذه النماذج ، كما أن إهمال اللاتأكدية في النماذج المحددة يعني إهمال الواقع. سرد [4] آخر ما توصل إليه الباحثين في المجال النظري والتطبيقي لتقنيات تحليل النظم والامثلية لغرض الحصول على سياسة التشغيل والادارة الناجحة لأنظمة الخزن المائية، كما اوضح بأن الجريان الداخل الى الخزان يمكن اعتباره خاضعاً لمفهوم ماركوف. وقد اعتمد [5] على الفعاليات الماركوفية في ايجاد احتماليات حالات الخزين لنظام خزن واقعي وذكر بأن الفعاليات الماركوفية (Markov Process) لها استخدامات في المجالات الهندسية بشكل عام و في مجال انظمة الموارد المائية بشكل خاص حيث تستعمل لوصف السلاسل الزمنية للجريان.

تقتصر النماذج التي تصف سلاسل الجريان بان حالة الجريان في الزمن (t) يخضع لاحتمال مشروط يعتمد على الجريان في الزمن (t-1) ويمكن التعبير عن النماذج الماركوفية بمصفوفة الاحتمال الانتقالية التي تربط بين حالات الجريان لأشهر السنة المتتالية.

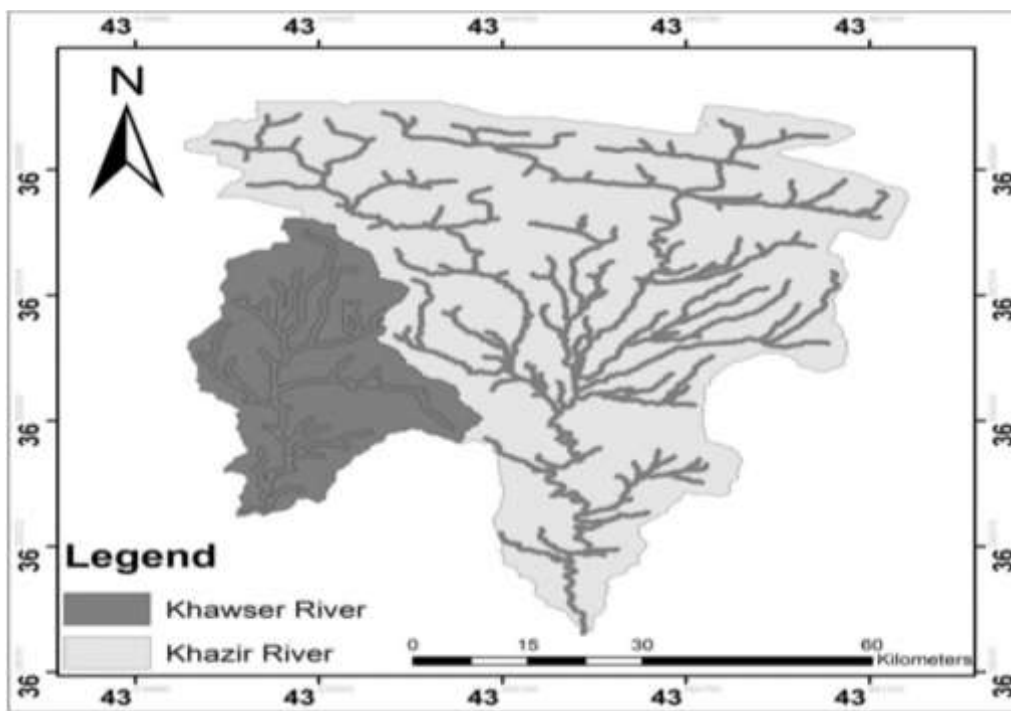
اما [6] فقد ذكر بان النماذج التصادفية صممت لمعالجة العشوائية المتأصلة في عمليات الجريان بدلا من النماذج الهيدرولوجية المحددة، وبين بانه يمكن التوصل الى حلول ترشح من النماذج التصادفية اعتماداً على مفهوم ماركوف. كما تبني [7] النماذج التصادفية في ايجاد سياسات التشغيل المثلى لنظام خزن منفرد وذكر بان النماذج التصادفية تستخدم لإيجاد سياسات التشغيل المثلى للخزانات بالاعتماد على حجم الخزين الحالي وحجم الجريان الوارد الى نظام الخزن. وهذه السياسات يمكن ان تحدد بالاعتماد على فعالية ماركوف. قد بين [8] انه وعلى الرغم من كون النماذج التصادفية اكثر تعقيدا من الناحية الرياضية الا انها اكثر دقة من النماذج المحددة.

تم في هذا البحث استنباط نموذجين حاسوبيين لإيجاد سياسات التشغيل المثلى لخزان مائي الاول باعتماد النموذج المحدد DDP، والثاني يتبنى النموذج التصادفي SDP حيث تم العمل بالنموذجين على الاساس الشهري نظراً لتوفر بيانات الجريان الوارد الى الخزان على الاساس الشهري.

موقع الدراسة

تضمنت الدراسة الحالية تطبيق النماذج المقترحة على خزان سد القائم المخطط إنشائه على وادي الخوصر وعلى بعد 18 كم شمال مدينة الموصل إذ يعتبر من أهم الروافد الموسمية التي تصب في نهر دجلة شمال شرق المدينة ، تبلغ مساحة الجابية

الخاصة بحوض نهر الخوصر أعلى موقع سد القائم المقترح بـ640 كم². تم الحصول على بيانات الشهرية للجريان الوارد الى الخزان عن طريق ممانلة حوض نهر الخوصر مع حوض نهر الخازر وكما اقترحت الدراسة المبينة في [9]. استخدمت البيانات المتوفرة للفترة من 1943-1993 والخاصة بنهر الخازر (من دائرة ري اربيل) في استنباط المعدل الشهري للبيانات الخاصة بنهر الخوصر حيث تم الاعتماد على هذه البيانات فقط لعدم وجود قراءات للفترة من 1994 ولغاية 2004. يوضح الشكل (1) ادناه تجاور الحوضين مما يسهل تطبيق فرضية تماثلهما. لقد اختير خزان سد القائم (كدراسة حالة) لإيجاد السياسات التشغيلية المثلى له باستخدام النموذجين DDP وSDP.



الشكل (1) خارطة رقمية تمثل جابيتي نهر الخازر ونهر الخوصر

النماذج الرياضية

أ- نموذج البرمجة الدائمية المحددة DDP

تم تهيئة نموذج تشغيل خزان سد القائم باستخدام البرمجة الدائمية المحددة ذات الاتجاه الخلفي وباستخدام المعدل الشهري للجريان الوارد الى نظام الخزن لغرض إيجاد سياسة التشغيل المثلى له لكي تشكل هذه السياسة المستنبطة قاعدة مقارنة مع نظيرتها التي سيتم اشتقاقها باستخدام البرمجة الدائمية التصادفية SDP. تتمثل دالة الهدف الخاصة بالبرمجة الدائمية المحددة بالمعادلة ادناه:-

$$f_t^n(S_t, R_t) = \min[D_t(S(i), R(j)) + f_{t+1}^{n-1}(S_{t+1})] \dots \dots \dots (1)$$

إذ أن :

$$D_t(S(i), R(j)) = (S(i) - TS)^2 + (R(j) - TR)^2 \dots \dots \dots (2)$$

وطبقاً للمحددات :

$$S_{t+1} = S_t + I_t - R_t \dots \dots \dots (3)$$

$$R_t \geq d_t \dots \dots \dots (4)$$

$$D_s \leq S_t \leq A_s + D_s \dots \dots \dots (5)$$

حيث

- TS :- كمية المياه التي يؤمل بقاؤها في الخزان وبوحدة (مليون متر مكعب).
- TR :- كمية المياه التي يؤمل إطلاقها شهرياً من الخزان وبوحدة (مليون متر مكعب).
- f_t^n :- مجموع الابتعاد والاقتراب عن الأهداف (TS & TR) في كلا المرحلتين الحالية والتالية.
- n :- عدد الدورات.
- t :- عدد المراحل (الأشهر) (stages).
- D_t :- مجموع مربع أقل حيود عن TS & TR.
- S(i) :- حالات الخزين (i=1,k).
- R(j) :- حالات الاطلاق (j=1,kk).
- S_t :- حجم الخزين الابتدائي في الفترة الزمنية (t) وبوحدة (مليون متر مكعب).
- S_{t+1} :- حجم الخزين في الفترة الزمنية (t+1) وبوحدة (مليون متر مكعب).
- R_t :- حجم الاطلاق في الفترة الزمنية (t) وبوحدة (مليون متر مكعب).
- I_t :- الجريان الوارد الى الخزان خلال الفترة (t) مطروحاً منه التبخر في ذلك الشهر لمساحة سطحية للخزان تقابل الخزين المبيت وبوحدة (مليون متر مكعب) .
- d_t :- متطلبات أسفل الخزان في الفترة الزمنية (t).
- A_s :- الخزين الفعال وبوحدة (مليون متر مكعب).
- D_s :- الخزين المبيت وبوحدة (مليون متر مكعب).

تهيئة مدخلات النموذج DDP

لغرض استنباط المعدل الشهري للتصريف المار بنهر الخوضر من بيانات نهر الخازر تطلب الأمر إيجاد معامل السيج السطحي الذي يعتمد على نوع التربة و الغطاء النباتي ورطوبة التربة الابتدائية فضلاً عن خصائص العاصفة المطرية. بينت الدراسات السابقة التي تناولت تحديد معامل السيج السطحي لحوض نهر الخوضر اختلافاً واضحاً في تحديد هذه القيمة إذ اعتمد [9] قيمة لمعامل السيج السطحي مقدارها 0.5. في حين استنتج [10] معادلة لحساب معامل السيج السطحي لهذا الحوض وذكر بأن هذا المعامل يتراوح بين (0.022 - 0.366) ولعمق مطر يتراوح (10.5 - 44.5) ملم. أما [11] فقد ذكر بأن قيمة معامل السيج السطحي تتراوح (0.02 - 0.11) ولعمق مطر يتراوح (9 - 19) ملم. تم في هذه الدراسة تبني الفرضية التالية: ان الحوض المغذي لخزان سد القائم يقع على خط مطري مقداره 400 ملم تقريباً وقد افترضنا بأن 10 عواصف مطرية ستعطي هذا العمق السنوي على أساس أن كل عاصفة تعطي 40 ملم كمعدل. وباستخدام العمق 40 ملم والمعادلة التي توصل إليها [10] تم اعتماد القيمة 0.35 كمعامل سيج لحوض التغذية والتي تعتبر قيمة معقولة قدر تعلق الأمر بهذه الدراسة. إذ يمكن تغيير قيمة هذا المعامل بسهولة في النماذج المقترحة إذا ما تطلب الأمر ذلك. تمثل المعادلة (6) طريقة إيجاد المعدل السنوي للتصريف المار بنهر الخوضر.

$$Q_1 = (r_c * A_r * A_t * 10^6) / (365 * 24 * 3600) \dots\dots\dots (6)$$

$$ratio = \frac{Q_1}{Q_2} \dots\dots\dots (7)$$

$$Q_f = Q_{av} * ratio \dots\dots\dots (8)$$

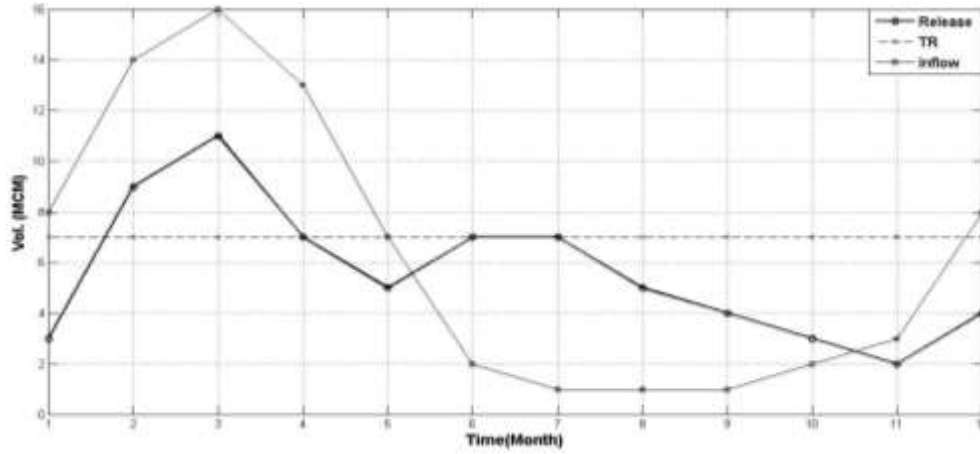
حيث

- Q_1 :- المعدل السنوي للتصريف المار بنهر الخوضر (m^3/sec).
- r_c :- معامل السيج السطحي الخاص بحوض نهر الخوضر.
- A_r :- المعدل السنوي للأمطار الساقطة على مدينة الموصل (m).
- A_t :- مساحة الجابية الخاصة بحوض نهر الخوضر (km^2).
- Q_2 :- المعدل السنوي للتصريف المار بنهر الخازر (m^3/sec).
- Q_{av} :- المعدل الشهري للتصريف المار بنهر الخازر (m^3/sec).
- Q_f :- المعدل الشهري للتصريف المار بنهر الخوضر (m^3/sec).
- ولغرض تثبيت سعة الخزين المثلى للخزان تم الاعتماد على البرمجة الخطية كما أعتمد على معدل الجريان الشهري الوارد الى الخزان ولمتطلبات الري بالشهرية المثبتة على أساس ري مساحة قدرها 4000 هكتار [9] وبالاعتماد على معادلة الموازنة المائية [12]. ولقد اتضح ان حجم الخزين الفعال الأمثل لهذه المعطيات هي 23MCM (علما ان سعة الخزين المبيت هي 22 MCM) [9]. وإن حجم الخزين الفعال هذا هو الذي سيتم العمل عليه في هذه الدراسة.

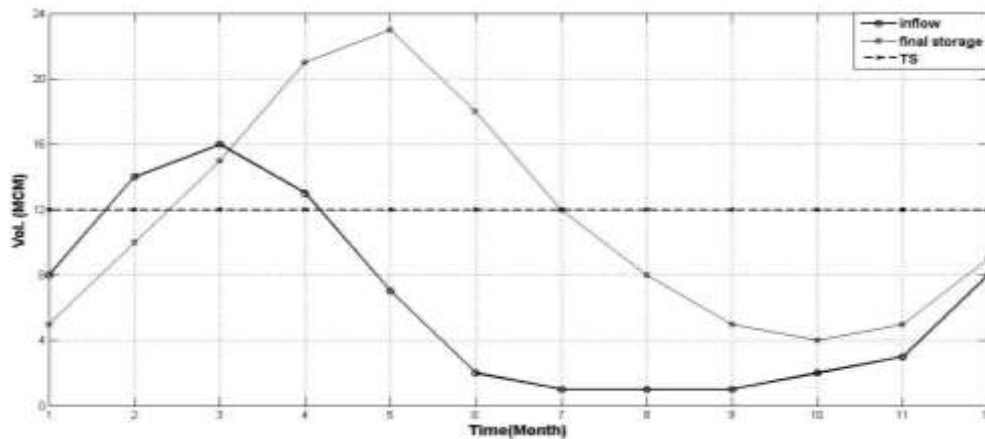
لقد برزت بعض التساؤلات حول تحديد كل من كمية المياه التي يؤمل ضمان إطلاقها شهرياً من الخزان (Target Release (TR) وكمية المياه التي يؤمل بقاءها شهرياً في الخزان (Target Storage (TS) حيث تم إجراء تحليل الحساسية على هذه المتغيرات وذلك باستخدام النموذج DDP وبالاعتماد على أعلى طلب في الجزء السفلي وعلى نصف حجم الخزين الفعّال كقيم أولية وقد حدد قيمة كل من (TS=12 MCM & TR=7 MCM). ولم يتم سرد النتائج الخاصة بتحليل الحساسية نظراً لمحدودية المكان المتاح للبحث.

النتائج المستحصلة من نموذج DDP

تم إيجاد سياسات التشغيل المثلى للخزان تحت الدراسة بتطبيق نموذج البرمجة الدائمية المحددة DDP وبالاعتماد على المعدل الشهري للتصريف المار بنهر الخوصر، وبتثبيت كل من (TS=12MCM & TR=7MCM). يبين الشكل (2) السياسة التشغيلية المثلى للخزان ممثلاً بالإطلاقات لخزين ابتدائي فعال مقداره صفر. في حين ان الشكل (3) يمثل نفس السياسات التشغيلية ممثلة بحالات الخزين. ومن الشكلين 2 و3 ونظراً لعمل النموذج المحدد على أساس معدل الجريان الشهري فيمكن ملاحظة تقارباً واضحاً في الكميات (سواء كانت اطلاقاً ام خزناً) التي تقع فوق وتحت خطي الاطلاق والخزين المأمولين TS, TR.



الشكل (2) السياسة التشغيلية المثلى معبراً عنها بحالات الاطلاق لخزان سد القائم ولخزين ابتدائي فعال مقدار هصفر وباستخدام DDP.



الشكل (3) السياسة التشغيلية المثلى معبراً عنها بحالات الخزين النهائي لخزان سد القائم ولخزين ابتدائي فعال مقداره صفر وباستخدام DDP.

ب- نموذج البرمجة الدينامية التصادفية SDP

أما النموذج SDP فقد تطلب إعداد مصفوفة الاحتمالية الانتقالية (Probability Transition Matrix) للجريان الشهري الوارد إلى الخزان، إذ تم تقسيم الجريان في كل شهر إلى عدد مناسب من التقسيمات وبالاعتماد على مدى التصريف المسجلة (أعلى وأقل قيمة للتصريف) حيث تم اقتراح أربع في البحث الحالي (زيادة التقسيمات تحتاج إلى حسابات أكثر في حين قلة التقسيمات ستفوت الفرصة على وصف طبيعة الجريان).

$$P_{t,t+1} = \begin{matrix} i \backslash j & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & p_{00} & p_{01} & p_{02} & p_{03} \\ 1 & p_{10} & p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ 2 & p_{20} & p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ 3 & p_{30} & p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{matrix}$$

يدعى هذا النوع من المصفوفات بمصفوفة الاحتمالية الانتقالية لسلسلة ماركوف من الدرجة الأولى، إذ أن العنصر الذي ترتبه (i,j) يمثل قيمة الاحتمالية p_{ij} وهي احتمالية انتقال التصريف من الحالة (i) في الفترة الزمنية (t) إلى الحالة (j) في الفترة الزمنية القادمة (t+1) [13,10].

اذ ان :

$$p_{ij} = n_{ij} / \sum n_{ij} \quad \dots \dots \dots (9)$$

حيث

n_{ij} :- عدد مرات انتقال التصريف من الحالة (i) في الشهر (t) إلى الحالة (j) في الشهر (t+1).
 $\sum n_{ij}$:- المجموع الكلي لعدد مرات انتقال التصريف من الحالة (i) في الشهر (t) إلى الشهر (t+1).

بالإمكان وصف نموذج البرمجة الدينامية التصادفية وبالاعتماد على مصفوفة الاحتمالية الانتقالية للجريان بدالة الهدف التالية :

$$f_t^n(S_t, I_t, R_t) = \text{Min} [D_t(S_t, I_t, R_t) + \sum_k (p_{I_t, I_{t+1}} * f_{t+1}^{n-1}(S_{t+1}))] \quad \dots \dots \dots (10)$$

حيث :

k :- الحالات التي يمكن أن يكون عليها الجريان في كل شهر.

ولتطبيق النموذج SDP تم حساب احتمالية انتقال التصريف من الحالة (i) إلى الحالة (j) لكل من اشهر السنة حيث تمثل هذه المصفوفة جوهر الفرق بين SDP و DDP. فعلى سبيل المثال فقد كانت مصفوفة الاحتمالية الانتقالية الخاصة بشهري كانون الثاني وشباط هي:-

$$P_{1,2} = \begin{matrix} & 10 & 20 & 30 & 46 \\ 6 & 0.4783 & 0.3478 & 0.1304 & 0.0435 \\ 12 & 0.2941 & 0.5294 & 0.1765 & 0 \\ 18 & 0.2500 & 0.2500 & 0.3750 & 0.1250 \\ 38 & 0.5000 & 0 & 0.5000 & 0 \end{matrix}$$

ولغرض توضيح كيفية الحصول على المصفوفة اعلاه نأخذ مثلاً 0.5294 والتي تمثل احتمالية قيمة الجريان التي مقدارها (20) في شهر شباط مشروطة بكون الجريان كان (12) في شهر كانون الثاني. حيث تم الحصول على هذه الاحتمالية بتطبيق المعادلة (9) وكما مبين ادناه :

$$n_{12,20} = 9$$

$$\sum n_{12,j} = 17$$

$$p_{12,20} = 9/17 = 0.5294$$

تم استخدام هذه المصفوفات في إيجاد السياسات التشغيلية المثلى لخزان سد القائم بتطبيق نموذج البرمجة الدائمية التصادفية SDP وبعد تحديد كل من (TR & TS) لتطبيقها في معادلة (2) ولعدة محاولات. وكما مبين في الجدول-1 ان أقل مربع حيد عن (TR) عند ثبوت (TS) والمساوية (11 MCM) هو المعيار في اختيار قيمة TR.

الجدول-1 يوضح طريقة تحديد (TR) ولعدة محاولات بثبوت قيمة (TS=11 MCM)

TR	Min. square deviation
7	3765
8	3557
9	3440
10	3416
11	3484

أما الجدول-2 فيبين المحاولات التي اجريت لتحديد قيمة (TS) عند ثبوت (TR=10 MCM).

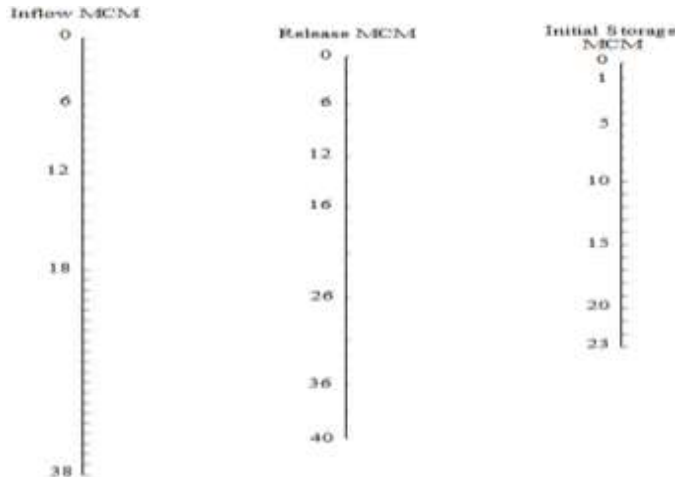
الجدول-2 يوضح طريقة تحديد (TS) ولعدة محاولات بثبوت قيمة (TR=10 MCM)

TS	Min. square deviation
11	3416
12	3423
13	3433

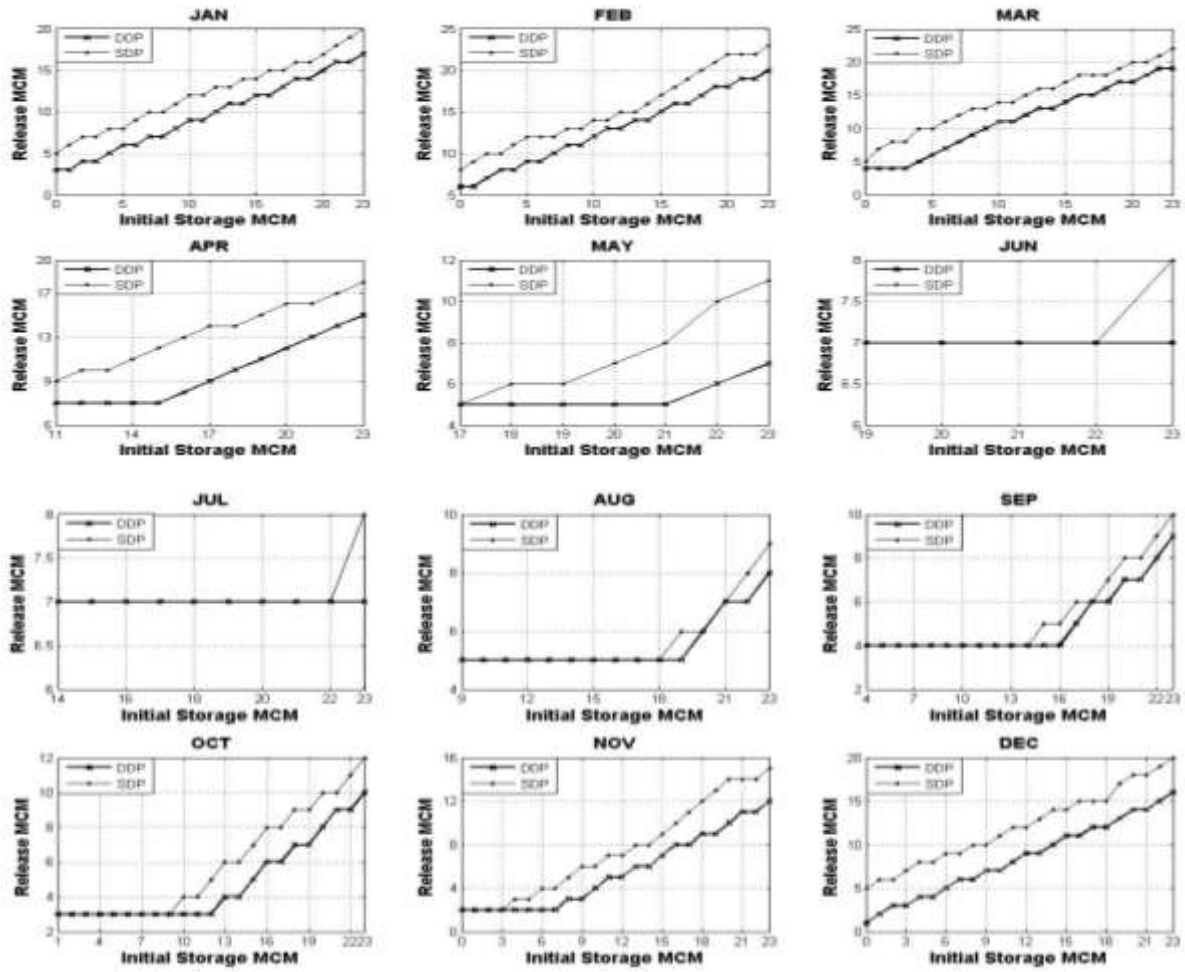
وبذلك فقد وقع الاختيار على كل من (TR=10 MCM & TS=11 MCM).

النتائج المستحصلة من نموذج SDP

لقد تم التوصل الى سياسات التشغيل المثلى لخزان سد القائم ولجميع اشهر السنة بتطبيق النموذج SDP. ونظراً لضخامة النتائج الجدولية المستحصلة والتي تعبر عن سياسات تشغيل الخزان لمجموعة من الخزين الابتدائي والبالغة 22 خزيناً ابتدائياً ولأربع حالات من الجريان فقد تم التعبير عن هذه النتائج بمخطط بسيط (Nomograph) ويبين الشكل (4) هذا المخطط لشهر كانون الثاني فقط حيث يبين انه وبمعرفة الخزين الابتدائي والجريان الوارد الى الخزان يمكن تحديد كمية المياه المراد اطلاقها والتي تمثل السياسة التشغيلية المثلى للخزان. ولغرض التعرف على سياسات التشغيل لجميع اشهر السنة فالأمر يتطلب بناء 12 مخططاً بالاعتماد على سياسات التشغيل التي يتم التوصل اليها بتطبيق النموذج المعني، فيما يعتبر الامر اكثر سهولة من استخدام الجداول الطويلة.



الشكل (4) يوضح مخطط بسيط (Nomograph) لسياسات التشغيل المثلى لخزان سد القائم ولشهر كانون الثاني فقط



الشكل (5) يبين سياسات الاطلاق لخزان سد القائم التي تم التوصل اليها بتطبيق النموذجين DDP & SDP

ان الشكل (5) اعلاه يبين مقارنة بين سياستي التشغيل التي تم احتسابها بالنموذجين DDP & SDP متمثلين بعملية الاطلاق من الخزان. ان ما يلاحظ من الشكل هو امكانية الحصول على سياسة تشغيل اكثر مرونة وامكانية رفع سقف الاطلاق من الخزان باستخدام النموذج SDP مقارنة مع تلك السياسة التشغيلية المحسوبة باستخدام النموذج DDP.

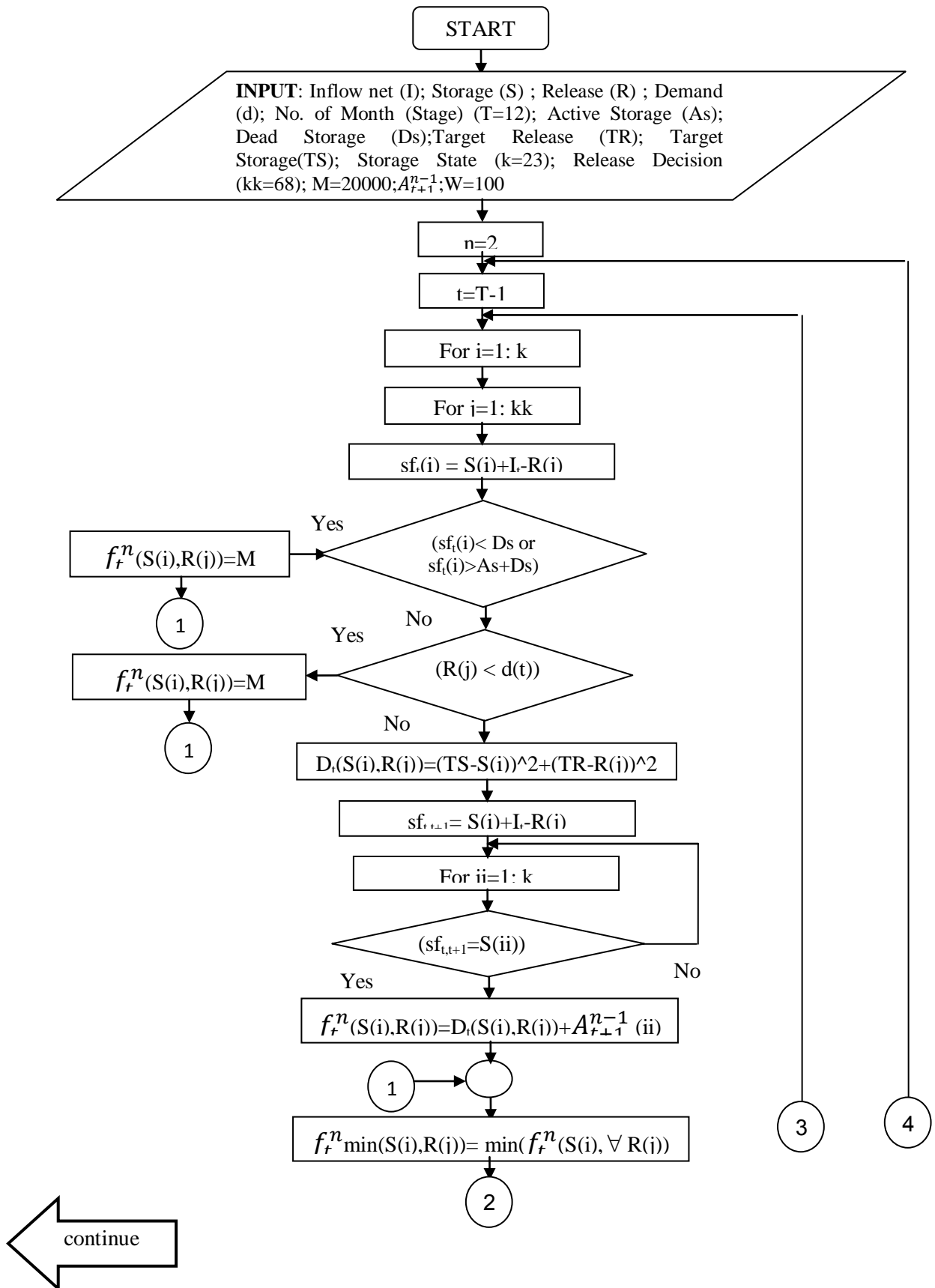
الاستنتاجات

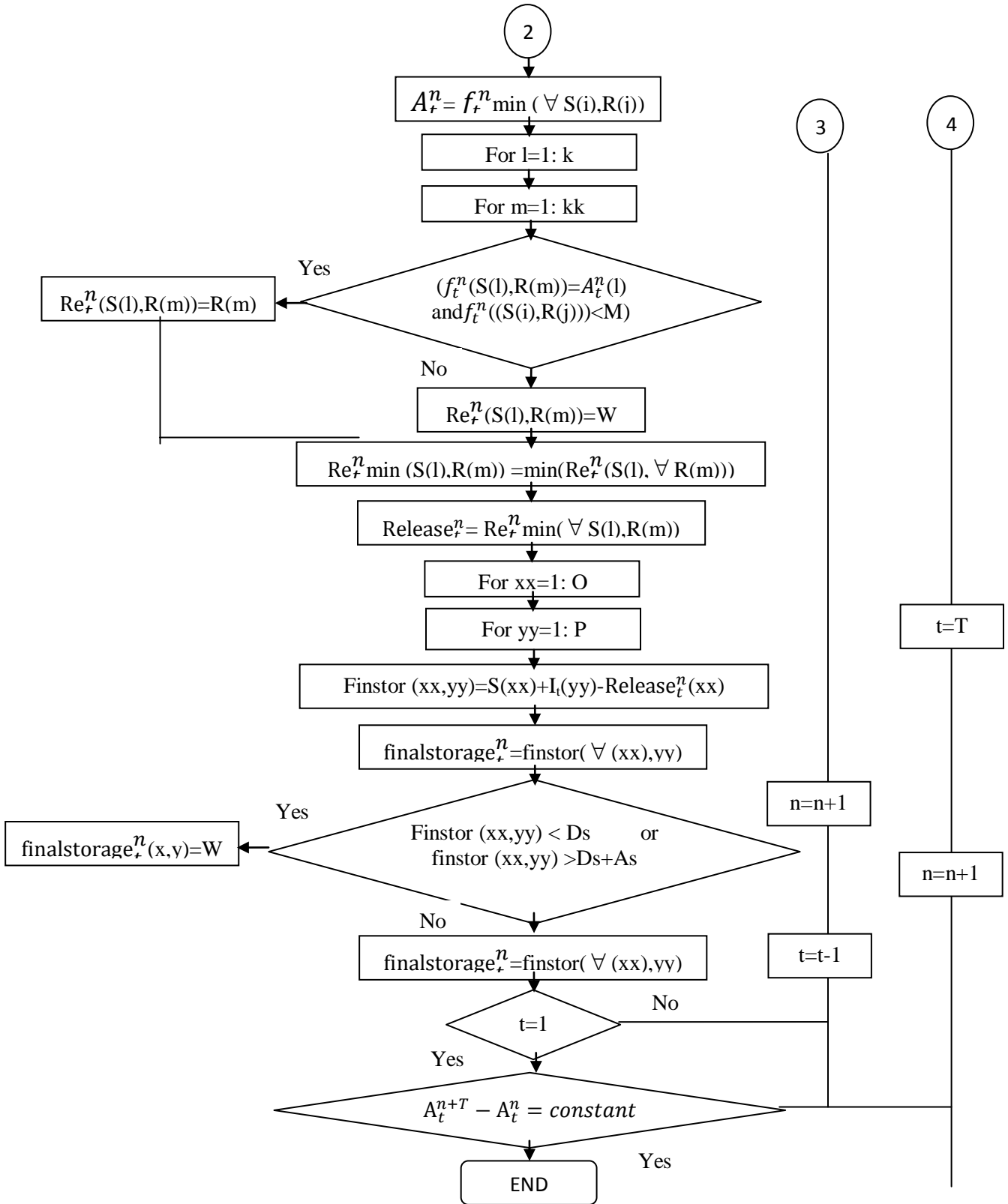
يمكن القول بان النماذج التصادفية تعطي مرونة اكبر في تشغيل الخزان اكثر من نظيرتها المحددة وذلك لأنها تأخذ التغيرات في الجريان الوارد الى الخزان بنظر الاعتبار.

إن تحديد كمية الخزين المأمول (TS) وكمية المياه المطلقة التي يؤمل إطلاقها من الخزان بشكل مستمر (TR) هي من المسائل المهمة والضرورية والتي حاول هذا البحث تحديد كل منهما بالاعتماد على تحليل الحساسية والذي تم إقراره بعد بناء نموذج رياضي يعتمد البرمجة الدائمية سواء تلك المحددة او التصادفية. أضف الى ذلك، فان السياسات التي تم التوصل إليها بالاعتماد على النموذج التصادفي تعطي قيم اكبر للتصريف الخارج من السد عند مقارنتها مع نموذج البرمجة الدائمية المحددة حيث تمت المقارنة بين النموذجين بتثبيت قيمة الجريان الداخل للخزان واستنتاج قيمة التصريف الخارج من السد وكما مبين في الشكل (5) اعلاه، كما أن قيمة (TR) المستنتجة من النموذج التصادفي هي أكبر من قيمة (TR) المستنتجة من النموذج المحدد نظراً لاعتماد الأخير على معدل التصريف الوارد فقط كما يمكن بناء مخطط بسيط (Nomograph) لمخرجات النموذج التصادفي والمتمثلة بسياسات التشغيل للخزان تحت الدراسة ولمدى واسع من قيم الجريان الوارد وهذا يساعد المشغل في سهولة تحديد حجم الماء المطلوب اطلاقه.

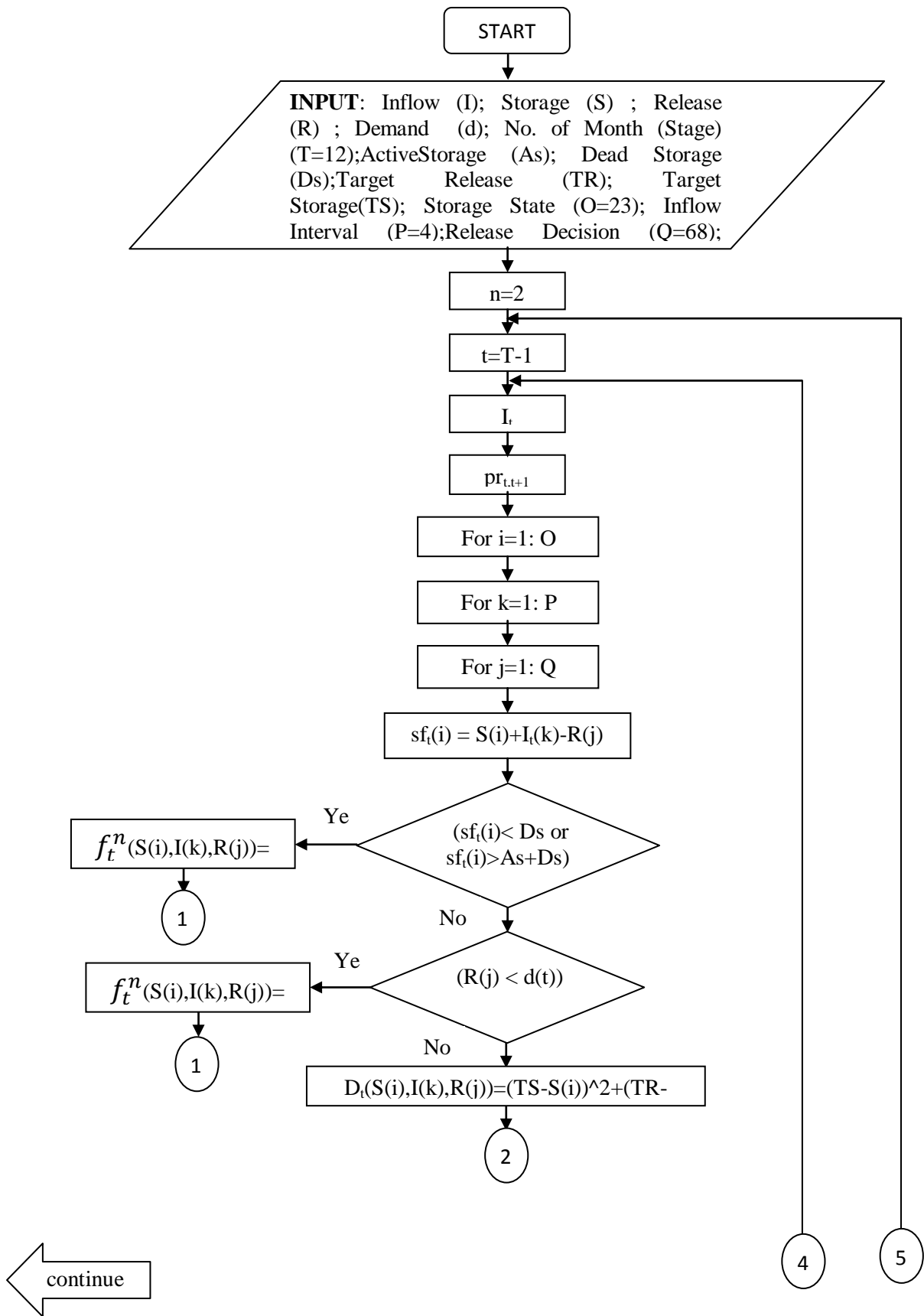
المصادر

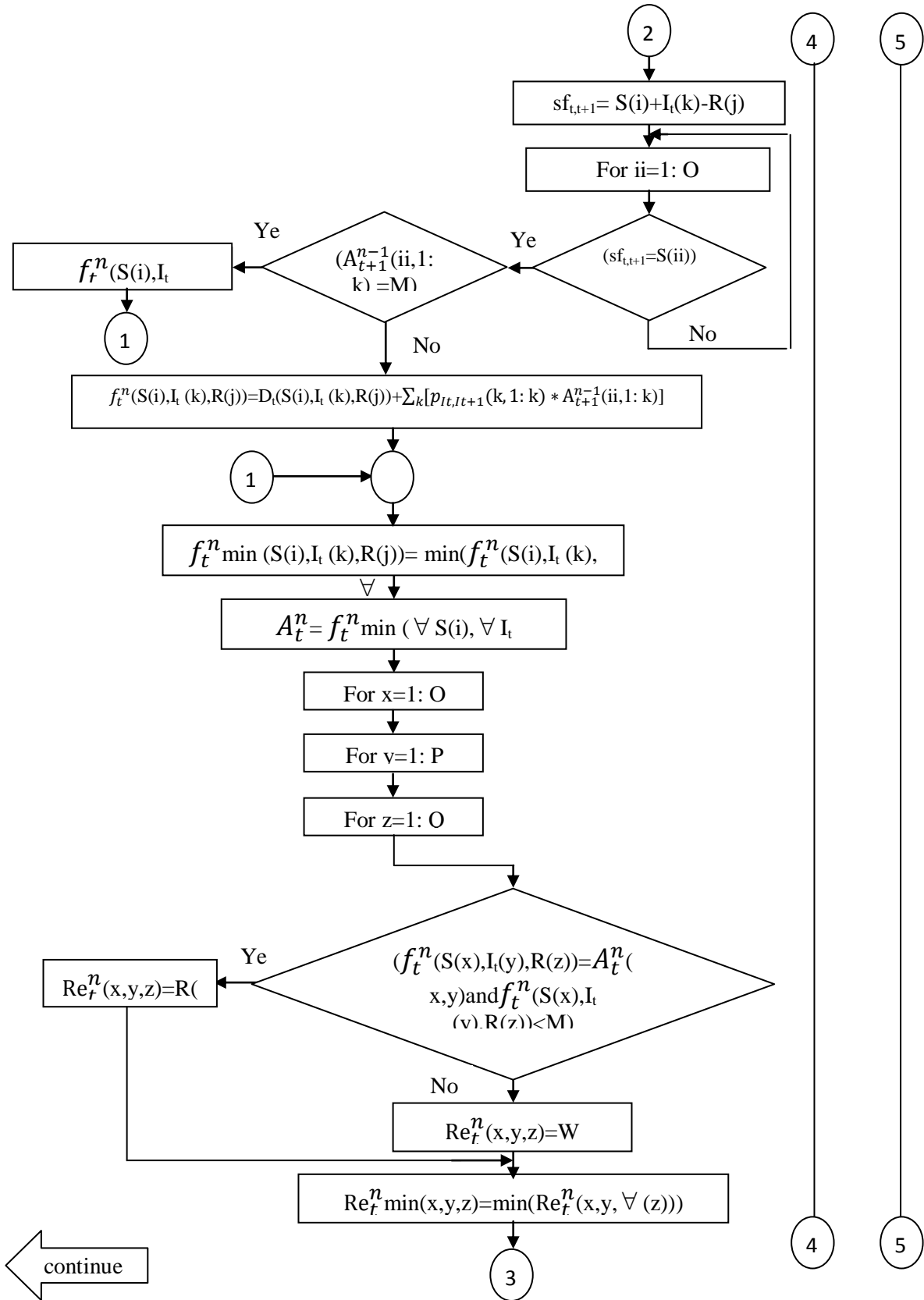
1. Xue-Zhen Li, Li-ZhongXu, Yan-Guo Chen, "**Implicit stochastic optimization with data mining for reservoir system operation**", In International Conference on Machine Learning and Cybernetics, ICMLC 2010, Qingdao, China, July 11-14, 2010, Proceedings. pages 2410-2415, IEEE, 2010.
2. الطائي، عدي يوسف ذنون، "التشغيل الأمثل لخزانات مائية متعددة لتعظيم القدرة الكهربائية"، رسالة ماجستير، قسم الموارد المائية، كلية الهندسة، جامعة الموصل، 2006.
3. Loucks DP, J.R. Stedinger and D.A. Haith. "**Water resources systems planning and analyses**", Printice-Hall, New Jersey,1981.
4. Yeh, W. W-G., "Reservoir management and operation models : A state-of-the-art review.", Water Resources . Res. 12(21), 1797-1818,1985.
5. Al-Mohseen, K. A., "**Probabilities of Storage States of Real Time Reservoir System**", Journal of Al-Rafidain Engineering, Vol.(14), No.(3),2006.
6. Labadie, J. W., "**Optimal Operation of Multi-Reservoir Systems: State-of-the-Art Review**", ASCE, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 130, No. 2,2004.
7. Lee, H. L., E. Brill, and J. C. Liebman, "**Reliability of Reservoir Operation Under Hydrologic Uncertainty**", Water Resource Center Research Report No. 207, University of Illinois, Urbana,1987.
8. Yakowitz, S. ,"**Dynamic Programming Application in Water Resources**". Water Resource Res.,18(4), 673-696,1982 .
9. Sogreah Consulting Engineer, "**Al-Qaim Dam planning Rep.**", Ministry of Irrigation , General Establishment Of Studies And Designs, 1982.
10. Alsadiq, Abdulghany A. H. and Rsheed, A. M. "**Surface Runoff Simulation Model for Khoser River Basin**", proceeding of the kick-off workshop of the (International Association of hydrological science (IAHS)),2002.
11. Mohammad, M. E. "**A conceptual Model for Flow and Sediment Routing for a Watershed Northern Iraq**", PhD, thesis, University of Mosul, Iraq,2005.
12. الجبوري، كامل وحاجم، أحمد، "السعة المثلى لخزانات السدود"، المؤتمر الهندسي الثاني، كلية الهندسة العسكرية، بغداد - العراق، 1994.
13. رشيد ، انس محمود ، "نموذج حاسوبي للتنبؤ بتصاريف منحنى الانحسار لهيدروكراف الجريان الداخل لبحيرتي دوكان و دربندخان" ، مجلة تكريت للعلوم الهندسية، المجلد (17)، العدد (2)، 2010.

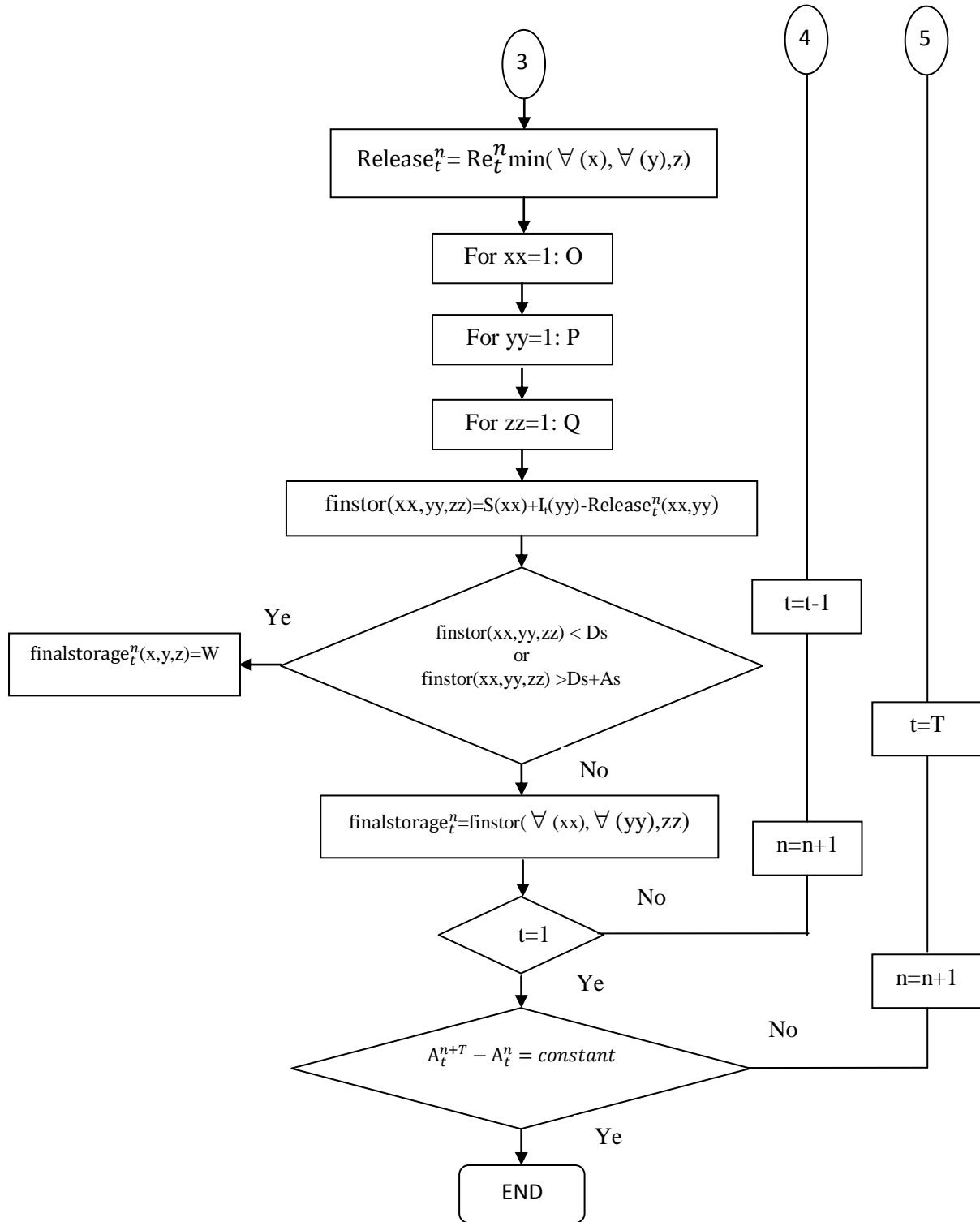




المخطط الانسيابي للبرمجة الدينامية المحددة DDP







المخطط الانسيابي لنموذج البرمجة الدينامية التصادفية SDP