حولية كلية الإنسانيات والعلوم الاجتماعية

العـــدد الســادس عشـــر

١٤١٤هـ / ١٩٩٣م

أنمـوذج للتـوازن البيئـي

دراسة في الجغرافيا التطبيقية

د. يحيى محمد شيخ أبوالخير

إستاذ الجيومورفولوجيا المشارك
قسم الجغرافيا ـ كلية الآداب
جامعة الملك سعود ـ الرياض

مقدمة : الأهداف والأهمية المنهجية :

يمثل النظام البيئي (Environmental System) وحدة أو مجموعة وحدات ترتبط مع بعضها البعض بعلاقات مشتركة. وتعمل هذه المستويات بأمر الله عز وجل خارج وداخل إطار يكفل للبيئة توازنها واستقرارها حيث قال عز وجل ﴿والأرض مددناها وألقينا فيها رواسي وأنبتنا فيها من كل شيء موزون﴾ (سورة الحجر، الآية ١٩).

يهدف هذا البحث الى عرض وتحليل مجموعة من النماذج التفاضلية التتابعية (Sequential differential equations) التي قام الباحث بابتكار بعضها (معادلة ١أ الى معادلة ١حـ ـ نموذج التوازن البيئي الذي يناقشه هذا البحث) واستخدام الاطر البنائية للبعض الآخر منها (معادلة ٢ الى معادلة ٧) مستندا على مفاهيم التفاضل والتكامل ومبادىء المنطق الرياضي ومنهج النماذج التشبيهية (Simulation models) التي يستفاد منها في استقراء عناصر النظام البيئي والاستدلال على مستوياته واستنباط أحوال مسلكياته الزمكانية. وقد استخدم الباحث الحاسب الآلي لبناء هذه النماذج وتحليلها وذلك من خلال برنامج محاكاة للبيئة صمم لغرض هذا البحث الذي يهدف أيضا الى تمثيل آليةالنظام البيئي

الارتدادي (Environmental Feedback mechanism) من ناحية والتكشيف عن المستويات التي تحقق توازنه (Equilbrium) وتبعده عن تدني مستوى الطاقة فيه (الانتروبيا Entropy level) من ناحية اخرى .

وتعود أهمية المعادلات التفاضلية التي قام عليها نموذج التوازن البيئي (معادلة ١أ الى معادلة ١حـ) في هذا البحث إلى ما يلي :

١ — قابلية أطراف كل منها التداخل اوالترابط بكيفية تحقق أشكالها التكاملية (Integrated Form) .

٢ — قدرتها على تتبع معدلات تغير التحميل البيئي (Environmental carrying capacity) للنظام قيد الدراسة رصدا وتحليلا .

٣ — احتواؤها للمتغيرات (Variables) المؤثرة في النظام البيئي والتابعة والجاذبة فيه وفق قالب فيزيو رياضي يعبر في مضمونه عن هدف ومحتوى آلية هذا النظام ويحسب معدل تغيره الزمني كما هو موضح في الشكل ١ و ٢ .

٤ — قدرتها على نمذجة الترابط بين المتغيرات قيد البحث وإبراز طبيعة هذا الربط بنائيا وبيانيا (معادلة١أ الى معادلة ١حـ وشكل ١ و ٢) .

٥ — قدرتها على تشبيه النتائج التفاضلية في إطار بياني يعكس الفاعلية الوظيفية التي تساعد على تقرير الاوضاع اللازمة للارتقاء بالبيئة الى المستوى الذي يكفل لها توازنها واستقرارها «شكل ٢» .

٦ — ابراز الوضع البيئي الأمثل للعلاقات القائمة بين مستويات البيئة المحققة والداعية للتوازن الذي يكفل تخطيطاً نموذجياً يحقق للبيئة توازنها واستقرار آلية نظامها البيئي الارتدادي .

هذه النتائج التفاضلية التتابعية المطروحة في هذا البحث تعد اذاً مرآة منهجية فعالة وهامة ينعكس عليها نموذج التوازن البيئي الذي يحاكي آلية نظامه الارتدادي ويبلور الاطر التي تهيىء تتبعه زمكانياً ويساعد كمياً على تحديد القيمة

الحدية اللازمة لحالة الاستقرار والتوازن فيه . وفيما يلي عرض للمعادلات التي ابتكرها الباحث نموذجا للتوازن البيئي الذي يهدف هذا البحث الى تحقيقه .

$$\frac{ds}{dt} = \left[(A * S * F) / (B * P) \right] - (C * S)$$ معادلة ١ أ

$$\frac{dF}{dt} = \left[(D * F) / (E * P) - (R * S * F) \right] (RK - F/RK)$$ معادلة ١ ب

$$\frac{dp}{dt} = Q + Tonpe\ (s) - Y * P.$$ معادلة ١ ج

وفيما يلي تفسير للمتغيرات الواردة في هذه النماذج حيث أن :

S = المستوى التابع أوالانقيادي او الاعتمادي في النظام .

F = مستوى الجذب او المستوى الاعتمادي في النظام .

P = المستوى المؤثر في النظام او المتغير الوسيط .

علماً بأن كلا من P , S يمكن ان يكون تابعا ومؤثراً في ديناميكية النظام في نفس الوقت . أما F فهو مستوى جذب في كل الحالات لكونه مصدرا لديناميكية النظام وديمومته بأمر الله سبحانه وتعالى .

أما Q,R,E,D,C,B,A فهي ارقام ثابتة . أما النموذج (RK - F/RK) في المعادلة $\frac{dF}{dt}$ فيعرف بـ (The Logistic Model) . ويعبر هذا العامل في مجمله عن مدى استيعاب البيئة لاستنزاف الطاقة في نظامها المغلق (Closed System) او تبادل مستويات الطاقة في نظامها المفتوح (Open System) ولذا فان هذا العامل يعتبر من الوجهة الرياضية عامل توازن للنظام (Stabilizing Factor) تعتمد فعاليته على مدى قدرة التحميل البيئي .

أما Y * P فهو يعرف فيزيائيا بالعمر النصفي المتوقع للمادة (Half Life) . ويمكن التعبير عن اضمحلال مستوى الطاقة ووصول وحدات النظام الى حد النضوب واستنزاف الطاقة باستخدام ما يسمى بنموذج تحلل او انحلال المادة

(The Decay Model) ويمكن عرض هذا النموذج على النحو التالي :ـ

$$\frac{dg}{dt} = - kg$$ معادلـــة ٢

حيث أن (g) هي الطاقة الأولية المتاحة لبقـاء وحدات النظام وتطورها زيادة ونقصـانا مع الـزمن (t) . أما (k) فهـو معامل يعبر عن معـدل التغير في المادة مع الزمن. وسيرد فيما بعد توضيح رياضي لكيفية تحديد هذه القيمة.

وبمـا أن $g_o = Co$ فى حالـة $t_{(o)}$ فـان

$$g = C_o e^{-kt}$$

$$\therefore g = g_o e^{-kt} \quad \text{معادلـة ٣}$$

حيث ان $g = go$ عندما تكون $t_{(o)}$. وأن go في هذه الحالة هي المقدار الأولي المتاح لبقاء وحدات النظـام ويعرف بالقيم الاولية (Initial Values) . ولكن يجب التنويه بأن $g = g_o e - kt$ لن تكتمل الا بطرح قيمـة المستوى المؤثر منها والذي يمكن ان يصاغ تفاضليا على النحو التالي :

معادلة ٤

$$\frac{dp}{dt} = YP$$

$$\frac{dp}{p} = ydt$$

وبمـا أن $P_o = C_o$ عند $t_{(o)}$ فـان

$$P = C_o e^{yt} = P_o e^{yt}$$ معادلـة ٥

ولهذا فـان المعادلة الآنفة الذكر $g = g_o e^{-kt}$ تصبح كالتالى :

$$g = g_o e^{-kt} - P_o e^{yt}$$ معادلـة ٦

$$\therefore g = g_o e^{-kt}$$

$$\therefore \frac{g}{g_o} = e^{-kt}$$

$$\ln \frac{g}{g_o} = -kt \ln e$$

$$\ln \frac{g}{g_o} = -kt$$

$$k = \frac{\ln g / g_o}{t}$$

$$K = -\frac{1}{t}\left(\ln g + g_o\right)$$

$$k = \frac{1}{t}\left(\ln g - g_o\right)$$

معادلة ٧

$$k = \frac{\ln g_o - \ln g}{t}$$

ويمكن حساب Y في $p = p_o e^{yt}$ تفاضليا وفقا للطرق التي اتبعت لحساب (k) أعلاه .

الفلسفة البنائية للنماذج :

وباستعراض هذه النماذج أعلاه يتضح مدى امكانيتها في إبراز العلاقة والترابط بين وحدات النظام ضمن إطاره البيئي والارتدادي . ويمكن لنا ان نتصور هذه النماذج على أنها مجسم فيزيوريـاضي يعبر في مضمونه عن هدف ومحتوى آلية النظام المنوه عنه أعلاه . فمن الواضح ان كل نموذج من تلك النماذج لابد وان يعبر عن معدل للتغير (Rate of Change) ومعدل النقص (Rate of Decrease) في المتغير الواحد للظاهرة الواحدة . ولهذا يعتقد الباحث ان النماذج الموضحة سابقا مثال جيد للربط بين المتغيرات التي يتحقق فيها الربط الحلقي المتجدد (Loop Feed - Back System) . ولهذا يمكن ان تُقيَّم هذه النماذج في مجموعها على أنها وحدة لمجموعة الحساب التفاضلي المركب (Sequential Diff. eq,) كما سيتضح لنا في العرض التالي لفلسفة النماذج وتركيباتها الرياضية :—

$$\frac{ds}{dt} = \left[\left(A \times S \times F\right) / \left(B \times P\right)\right] - \left(C \times S\right)$$ معادلة ١١ :

ويتضح من هذه المعاملة أن المستوى التابع او الانقيادي (S) يتزايد بناء للتزايد في مستوى الجذب (F) ويتناقص بل ويتدهور هذا المستوى بناء للزيادة في المستوى المؤثر (P) . ولهذا نجد ان المعادلة التفاضلية أعلاه تحتوي على معدلين :

١- معدل الزيادة في المستوى التابع ويعبر عنه :

(A * S * F)/(B * P)

٢- معدل النقص في المستوى التابع ويعبر عنه :

(B * P) - (C * S)

وهذا معناه ان معدل الزيادة في المستوى التابع يرتبط ارتباطا اطراديا ايجابيا مع زيادة مستوى الجذب والمستوى التابع نفسه . اما معدل النقص في المستوى التابع فيرتبط ارتباطا اطراديا عكسيا مع زيادة المستوى المؤثر .

(٢) أما المعادلة الثانية والتي تتعلق بمعدل تغير مستوى الجذب نفسه (S) فيمكن صياغتها تفاضليا على النحو التالي :

معادلة ١ب $\frac{dF}{dt} = [(D * F)/(E * P) - (R * S * F)]$ (RK - F/RK)

ويتضح من هذه المعادلة وجود معدلي تغير ايضا هما :

١ — المعدل الاول وهو (d * F)/EXP ويمثل معدل التزايد في مستوى الجذب .

٢ — المعدل الثاني وهو (R*S*F)(RK-F/K) ويمثل معدل التناقص .

ويشير هذان المعدلان الى ان النقص في مستوى الجذب يرتبط ارتباطا عكسيا مباشرا مع المستوى المؤثر في النظام بينما يرتبط ارتباطا موجبا مباشرا مع المخزون البيئي في مستوى الجذب نفسه . كما يرتبط معدل التناقص أيضا ارتباطا موجبا مع زيادة المستوى التابع ، وهذا لاشك يشير بوضوح الى انه كلما زادت كثافة المستوى التابع كلما انعكس ذلك على التدهور في المخزون البيئي لمستوى الجذب .

(٣) وبنفس الطريقة السابقة يمكن تحليل معدل التغير في كثافة المستوى المؤثر في النظام (P) على النحو التالي :

معادلة ١ج $\frac{dp}{dt} = Q + Tonpe\ (s) - Y * P$

وهذا معناه ان معدل التغير في (P) يتأثر أيضا بمعدل الزيادة مطروح منه معدل التناقص في المخزون البيئي من هذا المستوى . ولهذا نجد معدلي تغيرهما : dt

١ — المعدل الأول Q + Tonpe (s) ويمثل معدل التزايد في المستوى المؤثر .

٢ — المعدل الثاني -- Y * P ويمثل معدل التناقص في المستوى المؤثر .

ولكن يجب ان يكون واضحا هنا بأن dp لاينطبق رياضيا في حالة ان Q + Tonpe (s) ≯ Y * P .

تحقيق النماذج والنتائج :

ولمعرفة مدى فعالية هذه النماذج ، فقد قام الباحث بمساعدة الحاسب الآلي باجراء عدة عمليات رياضية شملت مستويات ذات علاقات مشتركة تتأثر وتؤثر في بعضها للوصول بالنظام البيئي الى حالة من التوازن تنقذه من الانزلاق في براثن حد النضوب . ولقد اختار الباحث من بين تلك التجارب التجربة المتعلقة بتمثيل آلية النظام البيئي الارتدادي للمستويات البيئية التالية :

عدد الصيادين في بيئة بحرية ما (s) ، عدد الاسماك (F) والتلوث (P) . وتعتبر التجربة ان عدد الصيادين يمثل المستوى الانقيادي ويمثل عدد الاسماك مستوى الجذب بينما يمثل التلوث المستوى المؤثر في النظام . ولقد اقترحت لكل من تلك المستويات قيما أولية هي ٣٠,٠٠٠ ، ١,٠٠٠,٠٠٠ ، ٥ كيلوجرام/ م٣ على التوالي . واعتمادا على هذه القيم الاولية المفترضة فقد وضعت خطة لتتبع التغير في هذه المستويات على مدى خمسين عاما . وفيما يلي عرض لنتائج هذه الخطة المفترضة على النحو التالي :

تشير النتائج بأن أعداد الصيادين تزداد نتيجة لزيادة الاسماك (عامل الجذب) . وتصاحب هذه الزيادة في أعداد الصيادين ارتفاع في معدلات تلوث المياه كما هو موضح في شكل (١) وتدل النتائج أيضا بأن الفترة المحصورة بين السنة الثامنة والعشرين من الخطة الخمسينية سوف تشهد زيادة ملحوظة في أعداد الصيادين ممثلة في قمة حادة ذات توزيع بياني متجانس .

وتتكرر هذه القمة حول الفترة المحصورة ما بين العام ٣٢ الى ٤٢ من هذه الخطة المفترضة . ومن المتوقع خلال هاتين الفترتين السابقتين حدوث تدهور في أعداد الاسماك ومعدلات التلوث (شكل ١) وتدل النتائج بأنه لو اخذنا في

الاعتبار بأن العدد الاولي للصيادين عند t (o) هو ٣٠٠٠٠ صيادا وفقا لهذه الخطة، فان الحسابات تؤكد بأن هذا العدد سيضاعف نفسه خلال السنوات العشر الاولى من الخطة الخمسينية اذ من المتوقع ان يصل هذا العدد الى نحو ٦٢٢٤٢ صيادا.

وسيصحب هذه الزيادة زيادة ملحوظة في معدلات التلوث اذ سترتفع القيمة من ٥ كيلوجرام الى ٧,٣ كيلو جرام في المتر المكعب الواحد من الماء هذه الزيادة في التلوث ستكون ضابطا طبيعيا يؤدي قسرا الى هروب الصيادين وتدني أعدادهم. فتشير النتائج بأنه من المتوقع في مثل هذه الحالة ان ينقص العدد من ٦٢٢٤٦ صيادا إلى نحو وذلك خلال الفترة المنحصرة ما بين العام العاشر والعام الثالث والعشرين من هذه الخطة وسيصحب هذا تدني أيضا في معدلات التلوث من ٣,٧ الى ٧ كيلوجرام في المتر المكعب الواحد من الماء. ونتيجة لتدني معدلات التلوث وزيادة الاسماك فإن أعداد الصيادين سيزداد من ٣٤٠١٢٠ صيادا الى نحو ٥٠٣٢٨ صيادا. وستؤدي هذه الزيادة الى ارتفاع معدلات التلوث مرة اخرى اذ سيصل المعدل الى حوالي ٤,٧ كيلو جرام / م٣. وتؤكد النتائج ان فتورا ملحوظا في اعداد الصيادين سيلاحظ في العام ٤٧ الى ٥٠ من هذه الخطة. وسيصحب هذا زيادة ملحوظة في اعداد الاسماك وانخفاض بين في معدلات التلوث.

ان ترشيد الثروة السمكية ونقاء المياه يتطلب معرفة دقيقة بمدى قدرة التحميل للبيئة (Carrying Capacity) اذ ان معرفة هذا العامل والتخطيط لهذه الثروة في ضوئه يؤدي لاشك الى توازن الثروة السمكية وتوازن مستوى التلوث وبالتالي رفع كفاءة الصيد والانتاجية السمكية وحفظ النوع. وانطلاقا من هذا المفهوم فقد أضاف الباحث على النموذج المتعلق بمستوى الجذب المعامل (RK - F/ RK) والذي سبق التعرض له آنفاً وتشير النتائج ان لهذا المعامل اثرا كبيرا على توازن نتائج المعادلات الآنفة الذكر، وتخليصها من التذبذب او الضوضاء (Noise). ان ادخال هذا العامل في الحسابات المتعلقة بترشيد الثروة

السمكية والفعالية الاقتصادية للصيد يقلل كثيرا من أخطاء التخطيط المتأرجح . ويعكس (شكل ٢) دور هذا العامل في توازن القيم وثباتها وتحقيق خطة تعكس توازن البيئة عند الحدود التالية :

١ — تتوازن هذه البيئة في حالة عدم زيادة اعداد الصيادين عن ٥٠٠٠٠ صياد .

٢ — تتوازن هذه البيئة في حالة عدم زيادة معدلات التلوث عن ٧ كيلوغرام/ م٣ .

٣ — اما الاسماك وهي عامل الجذب فيجب ألا تقل أعدادها عن ١,٥٠٠٠٠٠ سمكة .

ولهذا يستحسن التركيز في التخطيط للتوازن البيئي على استخدام المعادلة التي تشمل المعامل (RK - F/RK) لانه اكثر توازنا واتساقا وأقل ذبذبة في تمثيل آلية النظام البيئي من المعادلات التي تخلو منه كما يتضح ذلك من المقارنات بين نتائج الشكل ١ و ٢ .

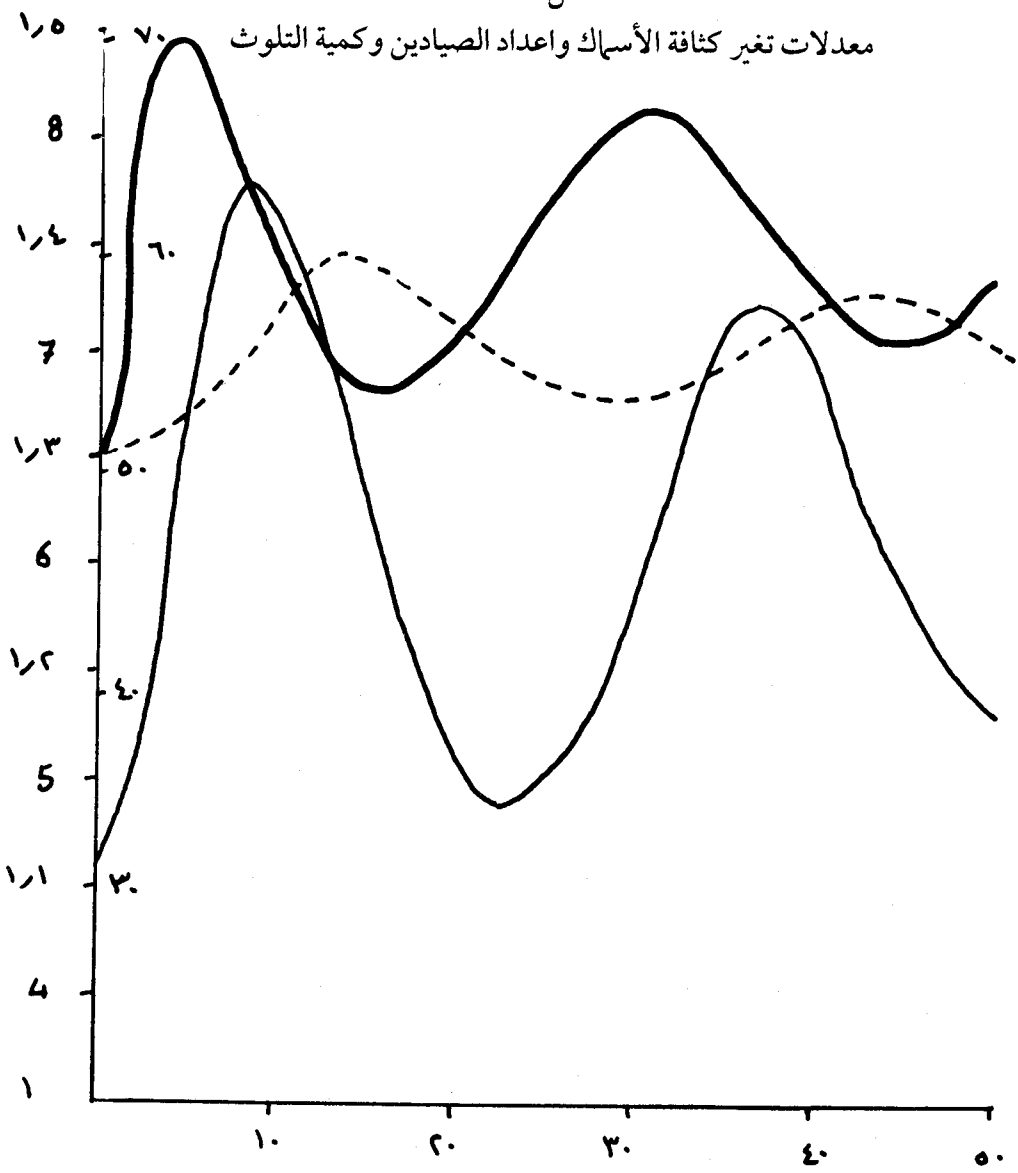
الخلاصة :

على الرغم من ان هذه النماذج تحتاج الى الكثير من الدراسة والتمحيص والتحقيق والتطوير وادخال الكثير من المتغيرات الاخرى عليها الا انها لاشك تساهم مساهمة فعالة في وضعها الحالي لتوضيح مدى الترابط بين المتغيرات المطروحة للدراسة وطبيعة هذا الترابط .

ويناشد الباحث المسئولين والمختصين الى الاسراع في وضع نماذج تكفل فهم البيئة فهما دقيقا ووافيا ، واستخدام هذه النماذج في التخطيط الامثل للبيئة ، وعلى أية حال فان اية خطة مستقبلية لاستخدام البيئة يجب ان تعمل في إطار يكفل توازن البيئة ويحافظ على آلية نظامها الارتدادي .

شكل (١)

معدلات تغير كثافة الأسماك واعداد الصيادين وكمية التلوث



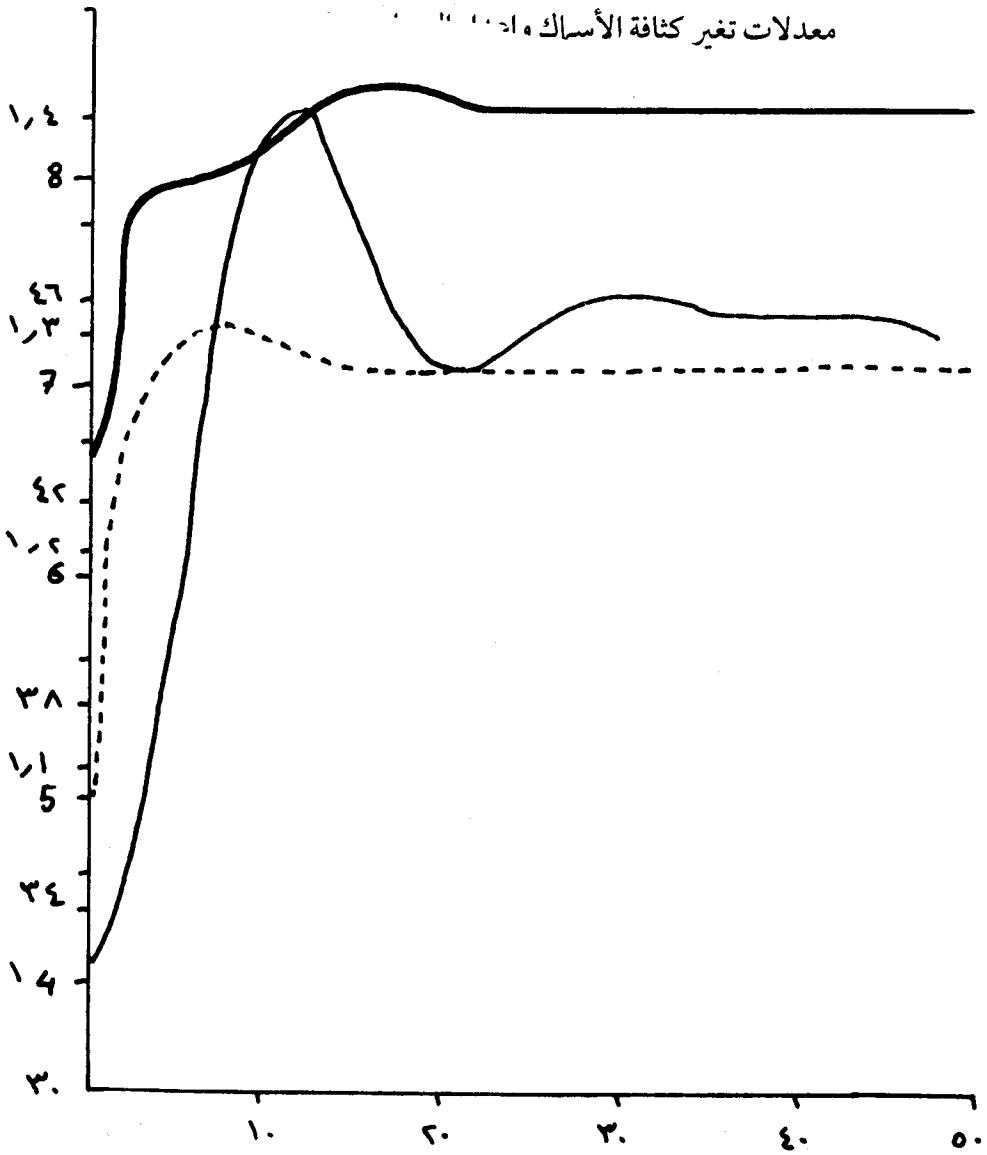
كثافة الاسماك بالمليون وتوضحها الأرقام الشعرية العربيه

الصيادون بالآلاف وتوضحها الارقام الصحيحة العربية

التلوث Kg / m^3 وتوضحه الارقام بالانجليزية

شكل (٢)

معدلات تغير كثافة الأسماك ما



كثافة الاسماك بالمليون وتوضحها الأرقام الشعرية العربيه

الصيادون بالآلاف وتوضحها الارقام الصحيحة بالعربية

التلوث Kg / m^3 وتوضحه الارقام بالانجليزية

Selected Further Reading

Bennett R. j. and Chorley R. j., 1978, Environmental Systems: Philosophy, Analysis and Control, Methuen, London.

Bittinger, M. L., 1976, Calculus: A Modeling Approach, Addison - Wesley, Massach.

Chadwick, C, 1974, A Systems View of Planning Pergamon press, Oxford.

Cole, j.p. and King C.A.M., 1970, Quantitative Georgraphy, 3rd ed., john wiley, London8

Dasmann, R., 1968, Environmental Conservation, John Wiley, New York.

Frenkiel F. N. and Goodall D. W. (eds) 1978, Simulation in Geology, John Wiley, New York.

Goudie, A. S., 1983, Environmental Change, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford.

Harbaugh, J.W., and G Bonham - Carter, 1970, Computer Simulation in Geology, John Wiley, New York.

Leopold, L. B., and W. B Langbein, 1962, The Concept of Landscape evolution, Goel, Sur, Prof. Pap., 500-A, U. S. Gov. Print Office. Washington, D.C.

Maron, M.J., 1982, Numerical Analysis - A Practical Approch, Mcamillon Pub. Co. New York.

Martin, E. W., 1969, Mathematics for Decision Making, Vol. II: Calculus, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, III.

Shaw, G and Wheeler, D., 1985, The Statistical Techniques in Geographical Analysis, John Wiley, New York.

Thomas R. W., and Huggett, R.j., 1980, Modelling in Geography: A Mathematical Approach, Harper and Row, New York.

Oldfield F., Battarbee R. W. and Deering J.A., 1983, New Approaches to recent environmental change, Geog. J. A., Journal, Vol. 149, pp 167 - 818

Wilson, A. G. and Kirkby, M.J., 1975 Mathematics for Geographers and Planners, Clarendon Press, Oxford.