مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (4) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (4) 2017

Application of life table models on the populations of Sardines Sardina pilchardus (Walbaum, 1792)

Dr. Chirine Hussein*

(Received 8 / 5 / 2017. Accepted 29 / 8 /2017)

□ ABSTRACT □

This study is concerned with the life tables models, which depends mainly on the number of individuals within each age group and its applicability to marine populations. This model was applided on the *Sardina pilchardus* species as an example of marine fish stocks, in order to describe the nature of the biological changes that occur in such population, in terms of survival and mortality rates at various age groups and life expectancies.

The results showed that: (i) *Sardina pilchardus* mortality rates were low during the first two years of life and then began to increase for the rest of age groups where their survival curves were declining; (ii) the net reproductive rate was higher than 1, so the sardine population size was increasing, (iii) the average lifespan of the generation was 3.8 years; (vi) the annual population growth rate of this species was high, and this population was able to doublicate itself over a period of time not exceeding 1.36 years.

Key words : Sardine populations, Life table,Intrinsic growth rate, Age-specifics composition, *Sardina pilchardus*.

* **Assistant Professor, Daynamic of population marine (Modelisation) , Department of Marine Biology, High Institute of Marine Researches, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (4) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (4) 2017

تطبيق نماذج جداول الحياة على جماعات أسماك السردين *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

د. شيرين حسين*

(تاريخ الإيداع 8 / 5 / 2017. قبل للنشر في 29 / 8 / 2017)

□ ملخّص □

يهتم هذا البحث بدراسة نماذج جداول الحياة والتي تعتمد بشكل أساسي على أعداد الأفراد ضمن التركيبة العمرية للجماعة وإمكانية تطبيقها على الجماعات البحرية. تمّ تطبيق هذا النموذج على أحد أنواع أسماك السردين *Sardina pilchardus* كمثال على المخزونات البحرية، بهدف وصف طبيعة التغيرات الحيوية التي تطرأ على هذه الجماعة من حيث قابلية البقاء على قيد الحياة في المراحل العمرية المختلفة والنسب المئوية لنفوقها وكذلك توقع مدة الحياة.

بينت نتائج البحث أنّ مُعدّلات نفوق هذه العينة من أسماك السردين *Sardina pilchardus* تبدأ منخفضة بالنسبة لأفراد السنتين الأولى من عمرها ومن ثمّ تبدأ بالازدياد بالنسبة لبقية الأعمار، وأنّ منحنيات البقاء لها تأخذ شكلاً هابطاً؛(*ii*) إنّ قيمة مُعدّل التكاثر الصافي أكبر من الواحد وبالتالي جماعة هذا النوع في حالة تزايد؛ (*iii*) بلغ متوسط طول مدة حياة الجيل 3.8 سنة؛ (*vi*) معدل النمو السنوي لهذا النوع مرتفع، وأنّ هذه الجماعة قادرة على مضاعفة نفسها خلال مدة زمنية لا تتجاوز 1.36 سنة.

الكلمات المفتاحية: جماعات السردين، جداول الحياة، مُعدّل النمو السنوي، التركيب العمري، *Sardina pilchardus*.

* **مدّرسة، اختصاص ديناميكية تجمعات الأحياء البحرية (نمذجة)، قسم البيولوجيا البحرية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

مقدمة

تُعد نماذج ديناميكية (حركية) الجماعات السمكية إحدى أهم الأساليب العلمية الهادفة إلى تحقيق الإدارة المستدامة للمصائد السمكية من خلال مقارنة العديد من الخيارات ومستويات صيد مختلفة تحافظ على وفرة الأسماك وإنتاجية مستدامة، إضافةً إلى دراسة التغيرات في دورة حياتها والعلاقات المتبادلة مع الوسط المحيط. ولكن هذه النماذج تتطلب في أغلب الأحيان توفر معلومات واسعة عن بيولوجية النوع المدروس مثل (الطول–العمر–النمو–التكاثر....). يصعب الحصول في بعض الأحيان على المعلومات الخاصة بتجمعات الأحياء البحرية وكيفية استجابتها للعوامل المؤثرة بها كزيادة مُعدّلات النفوق الطبيعي أو نفوق الصيد، وكذلك تلك التي يحتاجها الباحث من أجل تقييم أو تقدير المخزونات السمكية، مثل كميات الصيد التي تكون متوافرة من سجلات سفن الصيد أو من الإحصاءات التي تُجمع من قبل الهيئات أو الفعاليات الاقتصادية، غالباً ما تكون عملية جمع هذه الإحصاءات مكلفة وذات جدوى اقتصادية منخفضة أو قد تكون غير دقيقة أو تعاني من نقص في بعض التفاصيل (Cadima, 2003).

يعتبر مفهوم الجماعة الركيزة الأساسية في علم البيئة، ويشير هذا المفهوم في علم المصائد السمكية إلى مجموعة من الأفراد المتفاعلة فيما بينها والتي تنتمي إلى نفس النوع ولها صفات وراثية مشتركة وتعيش ضمن مكان وزمان محدد وتستطيع التكاثر. تُعرف ديناميكية الجماعة بأنها دراسة التغيرات الكمية والوزنية التي تطرأ على أعداد الأفراد فيها والعوامل التي تؤثر في وفرتها في المكان والزمان على المدى القصير والطويل (Solomon, 1979; Xu et al., 2005). إنّ من أكثر المشاكل التي تعاني منها دراسات الجماعات السمكية هي مسألة نمو الجماعة، وماهي العوامل التي تؤدي إلى زيادة أو نقصان حجمها خلال الزمن؟ بمعنى آخر ماهي العوامل التي تؤدي إلى زيادة عدد أفراد الجماعة بسبب الولادات (أفراد جدد) أو تلك التي تؤدي إلى نقصان عددها بسبب النفوق (الهلاك). يتحكم في نمو الجماعات وتوازنها ثلاث وظائف رئيسية هي: مُعدّل المواليد وبالتالي مُعدّل الإمداد، مُعدّل النمو ومُعدّل النفوق بنوعيه الطبيعي والناجم عن الصيد.

تمثل النماذج الديموغرافية أداة لتحديد وسد الفجوات القائمة في فهم بيئة وتاريخ حياة الجماعات(Beamesderfer ,2007 ; Jarić *et al.*2010). تعتمد هذه النماذج بشكل رئيسي على التركيبة العمرية للأفراد ضمن الجماعة. يُمكن أن تُشتق أبسط أشكال جداول الحياة بأكملها من معدلات النفوق حسب العمر، وفي الصيغة المعقدة حيث تُدمج بيانات النفوق مع بيانات ديموغرافية أخرى وذلك لقياس تأثير مزدوج من النفوق وتغيرات في واحد أو أكثر من العوامل المحيطة بأفراد المجتمع المدروس. تُلخص جداول الحياة معدلات النفوق حسب العمر لمجتمع معين على شكل أنموذج إحصائي بسيط، وتستعمل أساساً لقياس مستوى النفوق في فترة زمنية معينة (Mollet *et al.*, 2002). تُعد نواتج هذا النموذج من أهم المؤشرات التي يمكن أن تساعد في التنبؤ بنمو وتناقص الجماعات الحيوانية.

لجداول الحياة عدة أنواع فمن الممكن ان يُبنى جدول الحياة لكافة الأعمار فيسمى بذلك جدول حياة كامل (Complete Life Table) أو بحسب فئات العمر الخمسية أو العشرية فيسمى عندئذٍ جدول حياة مختصر (Abridged Life Table). إلاّ أنّ ما يميز جدول الحياة المختصر عن الكامل أنه يحتاج في بنائه إلى مجهود أقل بكثير مما يحتاجه جدول الحياة الكامل مما يجعل بناء جداول الحياة المختصرة أكثر شيوعاً من جداول الحياة الكاملة (Caswell *et al.*, 2003 ; Baili *et al.*, 2006).

أمّا فيما يخص علم البيئة وديناميكية الجماعات بشكل عام، فإنّ لجداول الحياة دوراً مهماً إذ أنها يمكن أن تُعد مصدراً لبعض المعلومات الاساسية لإدارة الجماعات الحيوانية فهي تشير على سبيل المثال بدقة إلى مُعدلات النفوق وبذلك تدل على وقت حدوثها وعددها، غير أنّها لا تُحدد كيفيتها ونوعها وأسبابها ولكنها يمكن أن تكون بداية لأبحاث أخرى تُعنى بمعرفة أسبابها وطرق الحد منها إن أمكن. إنّ المبدأ الذي ترتكز عليه نماذج جداول الحياة هو أنه إذا كانت مُعدلات النفوق عالية بين صغار النوع وتلك الناضجة منها وحتى في البلوغ عندئذ لا بُد من اقتراح اجراءات مناسبة معينة لتفاديها (Caswell *et al.*, 2003). لبناء مثل هذا الجدول نحتاج فقط إلى عدد الأفراد في كل مجموعة عمرية وعدد البيوض التي يمكن أن تُنتجها كل أنثى ناضجة جنسياً.

سنحاول في هذه الدراسة إظهار أنّ هذه التقنية التي تستخدم عادةً وبشكل واسع في الإحصاء الديموغرافي لدراسة المجتمعات البشرية يمكن تطبيقها والاستفادة منها بصورة جيدة لدراسة الجماعات السمكية. وتجدر الإشارة إلى أن الطرائق والأساليب المشابهة لهذا النموذج المُقدم في هذا البحث لم يتم تطبيقه حتى الآن في البيئة البحرية السورية، بل اقتصر تطبيقها في الدراسات الخاصة بدراسة الحشرات والطفيليات على النباتات(محمد وآخرون، 2011).

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى بناء جدول الحياة لعينة من أسماك السردين *Sardina pilchardus* تمّ الحصول عليها من مختبر البيولوجيا وعلم البيئة المدارية والمتوسطية في مدينة بيربنيان الفرنسية خلال العام 2015، والتركيز على الطرائق المستنبطة منها لحساب معدلات النفوق والبقاء على قيد الحياة وحساب الأجل المتوقع للحياة عند الفقس، مُعدّل التعويض الصافي، معدل النمو السنوي ومدة حياة الجيل.

طرائق البحث و مواده:

تمّ الاعتماد على معطيات (بيانات) عينة سمكية مؤلفة من 7580 فرداً من سمك السردين *Sardina pilchardus*، الذي ينتمي هذا النوع إلى الفصيلة الرنجية (Clupeidae). تمّ الحصول عليها من مختبر البيولوجيا وعلم البيئة المدارية والمتوسطية في مدينة بيربنيان/ فرنسا، جمعت باستخدام شباك الشنشيلا (Purse seine) خلال العام 2015 من المنطقة المحيطة بمحمية سيربغ–بانيوس (Cerbere–Banyuls). أخذت القياسات المورفومترية وتحديد العمر للأسماك من قبل فريق العمل في المختبر المذكور.

جداول الحياة عبارة عن نموذج رياضي يقدم وصفاً إحصائياً لتاريخ حياة مجموعة (أو جيل) من الأفراد تتناقص تدريجياً بالنفوق منذ ولادتها في لحظة معينة حتى نفوقها جميعاً. يُعد هذا النموذج عبارة عن أنموذج لا معلمي (Non–Parametric) للبقاء يُعبر عنه بالأعداد المتوقعة للباقين على قيد الحياة من الجيل المستخدم في تحليل بيانات الوفيات. تفترض جداول الحياة أن هنالك جيلاً من المواليد تتم مراقبتهم حتى نفوق أخر فرد حيث لا يسمح لمواليد جدد بالدخول إليها فالجيل بذلك يكون مغلق بوجه الهجرة.

فيما يلي سنقوم باستنتاج عناصر جدول الحياة، إذا كان عدد الأفراد الذين سنتابع مسيرة حياتهم منذ لحظة البداية بالرمز l_0 ولعدد المتبقين على قيد الحياة والذين بلغوا العمر x ولم يبلغوا العمر $x+1$ بالرمز l_x

كما وسنرمز لعدد الأفراد النافقة خلال العام المحدد بـ $(x, x+1)$ بالرمز D_x فيكون: $D_x = l_x - l_{x+1}$، وبذلك يمكننا أن نعرّف احتمال هلاك أحد الأفراد الذين بلغوا العمر x وقبل بلوغهم العمر $x+1$ بالعلاقة التالية(Keiley *et al.*, 2005; Caswell *et al.*, 2003):

$$\text{احتمال النفوق في العمر} = \frac{\text{عدد الأفراد النافقة خلال العام}}{\text{عدد الأفراد في بداية العام}}$$

$$q_x = \frac{D_x}{l_x} = \frac{l_x - l_{x+1}}{l_x} = 1 - \frac{l_{x+1}}{l_x}$$

كما يمكننا حساب احتمال بقاء أحد الأفراد الذين بلغوا العمر x على قيد الحياة حتى يبلغ العمر $x+1$ بالعلاقة التالية: $p_x = 1 - q_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}$ ، تجدر الإشارة إلى أنّ مجموع احتمالي الهلاك والبقاء على قيد الحياة خلال عامٍ معين يساوي الواحد: $p_x + q_x = 1$ يمكن حساب المتوسط الحسابي لعدد الأفراد الباقين على قيد الحياة خلال كل عام كما يلي: $L_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2}$، ويكون بذلك مجموع هذه المتوسطات عبارة عن إجمالي عدد السنوات التي عاشها جميع الباقين على قيد الحياة خلال جميع الأعمار منذ لحظة الفقس حتى لحظة نفوق أخر فرد منهم، وبذلك نحصل على عدد تراكمي T_0 نرمز له بالرمز ويساوي بحسب (Lee and Wang, 2013; Caswell *et al.*, 2003):

$$T_0 = L_0 + L_1 + L_2 + ... + L_t + ... + L_\omega = \sum_{x=0}^{\omega} L_x$$

يمكن أن نُعرّف توقع مدة الحياة منذ لحظة الفقس أو عدد السنوات المتبقية من حياة الفرد في سن معين من خلال تقسيم المجموع التراكمي السابق على العدد الأصلي للجيل (Keiley *et al.*, 2005) . تعبر هذه الدالة بلغة الاحصاء عن الوسيط في توزيع أعداد الباقين على قيد الحياة، ويمكن تعريفها بعدد السنوات بعد العمر (x) التي يظل فيها على قيد الحياة نصف عدد الأفراد ممن استكملوا هذا العمر بالضبط، أو بعبارة اخرى عدد السنوات التي بعدها ينخفض عدد الباقين على قيد الحياة الى النصف، بحيث يُعطى بالعلاقة التالية (Keiley *et al.*, 2005; Caswell *et al.*, 2003):

$$e_0(x) = \frac{T_0}{l_0} = \frac{\sum_{x=0}^{\omega} L_x}{l_0}$$

حيث أنّ ω هو أخر عام في حياة هذا الجيل، ويكون l_ω هو العدد الأخير من المتبقين على قيد الحياة وعليه يكون: $l_{\omega+1} = 0$ لأنّ الجميع يكونوا قد نفقوا قبل بلوغهم العمر $\omega+1$ تجدر الإشارة إلى أنه يُنصح عادةً ببناء جداول الحياة اعتماداً على تجمع افتراضي والذي يُنصح بأن يكون عدد أفراده في المرحلة العمرية الأولى إما 1000 أو 10000 أو 100000 أو 1000000 فرد (Lee and Wang,2013).

كما يُمكن حساب المؤشرات السابقة اعتماداً على معدلات النفوق من سنه إلى أخرى في كل مرحلة عمرية بحسب (Lee and Wang, 2013):

$$M_x = \frac{D_x}{\overline{P}_x} \times 1000$$

ولإيجاد العلاقة بين معدلات النفوق العمرية M_x واحتمال النفوق q_x، مع الأخذ بعين الاعتبار أنّ المتوسط الحسابي لعدد الأفراد من سنة إلى أخرى يُعطى بالعلاقة التالية: $\overline{P}_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2}$ ، نعوض في المعادلة السّابقة فنجد:

$$M_x = \frac{D_x}{\frac{l_x + l_{x+1}}{2}} = \frac{2D_x}{l_x + l_{x+1}} = \frac{2\frac{D_x}{l_x}}{1+\frac{l_{x+1}}{l_x}}$$

$$= \frac{2q_x}{1+(1-q_x)} = \frac{2q_x}{2-q_x}$$

حيث أنّ: $q_x = \frac{D_x}{l_x}$ و $p_x = 1 - q_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}$.

يُمكن أن تتضمن جداول الحياة إضافةً إلى البيانات الواردة أعلاه مؤشرات تتعلق بتكاثر سمك السردين. سنرمز لمُعدّل عدد الأفراد التي تُنتجها كل أنثى في وحدة الزمن بالرمز m_x أو ما يُعرف بالخصوبة الفردية. إذا ضربنا l_x و m_x نحصل على مجموع القيم لمختلف مجموعات العمر ونحصل على معدل الانتاج او التعويض الإجمالي أو الصافي R_0: وهو عبارة عن المجموع الإجمالي لعدد الأفراد الناتجة من الأنثى التي تمكنت من البقاء على قيد الحياة في المراحل العمرية جميعها. ويعتمد نمو الجماعة على عدد الإناث وانتاجها الفردي للنسل والذي يعبر عن الإنتاجية المتوقعة(Price, 1975; Birch, 1948). بعبارةٍ أخرى، إنّ الإنتاجية المتوقعة خلال جميع المراحل العمرية تمثل مُعدّل التعويض الصافي *Net reproductive rate* وهي عدد الإناث التي تحل محل الأنثى الواحدة في الجماعة بعد جيل واحد (Kindsvater*et al.*, 2016). إذا كان $R_0=1$ أي أنّ التجمع يقوم بتجديد نفسه فقط من أجل كل فئة عمرية وفي هذه الحالة هناك حالة من الاستقرار للجماعة، أمّا إذا كان $R_0 < 1$ فإنّ الجماعة في حالة تناقص و يزداد المخزون في حالة: $R_0 > 1$. يمكن الاستفادة من مُعدل التعويض الإجمالي في حساب مُعدّل طول مدة حياة الجيل، والذي يُعرّف بأنه مُعدّل الوقت (الزمن) بين لحظة الفقس وبدء الحصول على ذريته أو حدوث عملية التكاثر لأول مرة، بعبارة أخرى يعبر هذا المُعدّل عن عدد السنوات التي تعيشها الأنثى حتى تنجب أنثى تحل محلها. يُحسب من العلاقة التالية (Lee and Wang, 2013): $G = \frac{\sum x(l_x.m_x)}{\sum (l_x.m_x)}$.

إنّ العلاقة ما بين حجم (عدد) الجماعة البدائي والحجم في الجيل التالي يُعطى كما يلي: $N_T = N_0 \times R_0$

إذا كان معدل التكاثر ثابت من جيل إلى جيل، يمكننا التنبؤ بحجم المجتمع المدروس لعدة أجيال في المستقبل. كما ويمكننا التنبؤ بطريقة أخرى أكثر ملائمة وذلك بالأخذ بعين الاعتبار عمر الجيل في المستقبل. كما ويمكننا حساب عامل النفوق الإجمالي (Lee and Wang, 2013; Caswell*et al.*, 2003) الذي يأخذ بعين الاعتبار مختلف مسببات النفوق الذي يُحسب لكل فئة عمرية من العلاقة التالية:

$$K_x = \log(n_x) - \log(n_{x+1})$$

حيث أنّ K_x هو عبارة عن النفوق للفئة x و n_x عدد الأفراد عند الفئة العمرية x و n_{x+1} عدد الأفراد عند الفئة العمرية اللاحقة.

هناك العديد من النماذج التي تصف تزايد أو تناقص الجماعات يمكن التعرف عليها من معدل النمو للجماعة. ففي حالة كان معدل نموها ثابت خلال الزمن لا يتأثر بمدى تعرض الأفراد للأمراض أو بوفرة الغذاء يكون نمو

الجماعة أسي*Exponentiel Growth* أو ما يُعرف بالنمو المالتوسي نسبةً إلى العالم *Malthus* والذي يقوم على مبدأ أنّ الجماعات تميل إلى الازدياد بصورة واضحة أكبر من توافر مكونات الحياة في الوسط. وفي الحالة التي يكون فيها المرض والغذاء هو المسيطر على نمو الجماعة أي أنّ هناك عدد أعظمي من الأفراد تستطيع البيئة استيعابه يكون في هذه الحالة النمو عبارة عن نمو لوجستيكي *Logistic Growth* وفي هذه الحالة يكون للجماعات مُعدّل نمو بطيء في البداية ومن ثم يزداد أسياً إلى أن يصل إلى حد أقصى بحسب قابلية التحمل البيئي وعندئذ يُعرف بالطور اللوغاريتمي (*Logarithmic phase*) ولكنه ما يلبث أن يتباطأ بالتدريجبأسلوب منظم يمكن التنبؤ به حتى يصل الى مستوى متوازن لحد ما ويبقى ثابتاً عنده، آخذاً في نموه شكل حرف S. لذلك سنعرف مُعدّل النمو أو ما يُعرف بالمُعدّل الذاتي للزيادة الطبيعية اعتماداً على المعادلة التفاضلية التالية(Gotelli, 2008):

$$\frac{dN}{dt} = r.N \Rightarrow \frac{dN}{N} = rdt$$

حيث أنّ dN عبارة عن مقدار التغير الحاصل حتى الجيل G وN عبارة عن حجم الجماعة الأساسية. بأخذ تكامل طرفي العلاقة السابقة:

$$\frac{dN}{N} = rdt \Rightarrow \int_0^G \frac{dN}{N} = r\int_0^G dt$$

$$\left[\ln N(t)\right]_0^G = r\left[T\right]_0^G \Rightarrow \ln N(G) - \ln N(0) = r(G-0)$$

$$\ln \frac{N(G)}{N(0)} = rG \Rightarrow \frac{N(G)}{N(0)} = e^{rG} \Rightarrow N(G) = N(0)e^{rG}$$

وهو عبارة عن نمو أسي للجماعة وبما أنّ المقدار R_0 يكافئ المقدار $\frac{N_G}{N_0}$ يمكن أن تصبح العلاقة السابقة كما يلي بحسب Krebs (1994):

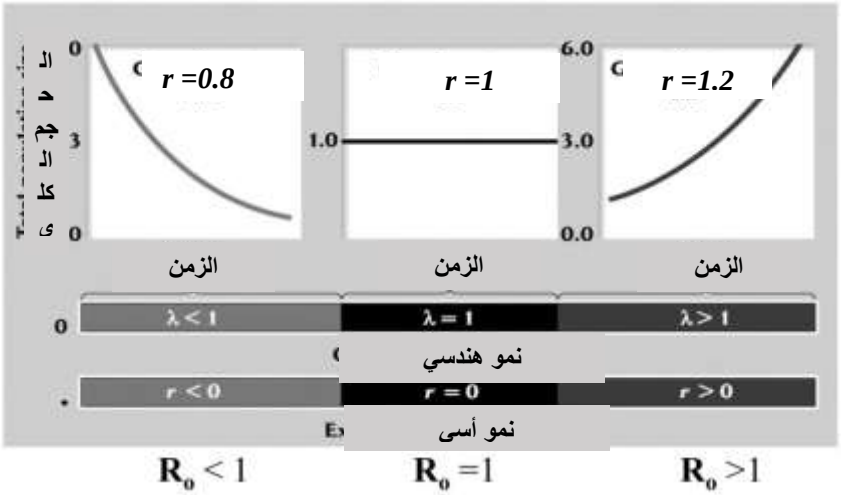
$$N_G = N_0 e^{rG} \Rightarrow \frac{N_G}{N_0} = e^{rG}$$

$$R_0 = e^{rG} \Rightarrow rG = \log R_0 \Rightarrow r = \frac{\log R_0}{G}$$

حيث أنّ r يمثل معدل النمو السنوي أو نسبة الزيادة الذاتية للجماعة *Theintrinsic rate of increase* والتي تُعتبر المقياس الاساس الذي يعتمده الباحث البيئي لتحديد الزيادة الحقيقية للجماعة الذي يعبر عن التغيرات التي تطرأ على أفراد الجماعة خلال وحدة الزمن مقارنةً بتعداد أفرادها في بداية الفترة الزمنية، وهذه العلاقة البسيطة هي القاعدة الأساسية لديناميكية الجماعة، وهو من أهم المتغيرات التي يمكن حسابها من النماذج الديموغرافية والذي اعتماداً عليه يمكننا حساب العديد من المؤشرات الأخرى الخاصة بالجماعة. إذا كانت قيمة هذا المُعدّل معلومة يمكن التنبؤ بقيمة أي من البارامترات الأخرى المجهولة وذلك من خلال إعطائه قيم مختلفة حتى الوصول إلى قيمة المُعدّل السنوي للنمو المعلومة حسب (Jarić *et al.,* 2015; Doukakis *et al.,* 2010). إنّ قيمة r تختلف باختلاف الأنواع ومدى تأقلمها مع الوسط الذي تعيش فيه، كما وتختلف قيمته أيضاً ضمن النوع الواحد نفسه باختلاف العوامل البيئية

التي تسيطر على الوسط المحيط. في حالة كان $(r>0)$ تكون الجماعة في حالة تزايد، أمّا إذا كان $(r<0)$ تكون الجماعة في حالة تناقص. يمكننا اعتماداً على معدل الزيادة الطبيعية (معدل النمو) التنبؤ بحجم الجماعة في المستقبل لسنوات لاحقة فيما لو استمرت ظروف الوسط على ماهي عليه.

ويمكننا حساب عدد المرات التي سوف يتضاعف فيها عدد الأفراد لكل وحدة زمنية أو ما يُعرف بالإمكانية المحددة للزيادة من العلاقة: $\lambda = e^r \; or \; r = \log \lambda$. أمّا العلاقة ما بين كل من r و λ هي أنّ: حجم الجماعة يكون في حالة زيادة عندما: $\lambda > 1, r > 0$ ويكون في حالة استقرار عندما: $\lambda = 1, r = 0$ ويكون في حالة تناقص عندما $0 < \lambda < 1, r < 0$. الشكل 1 يُظهر قيم كل من r و λ و R_0 التي من أجلها تكون الجماعة إمّا متزايدة أو متناقصة أو مستقرة.



الشكل 1 : قيم كل من معدل النمو السنوي (r) والإمكانية المحددة للزيادة(λ) و معدل التعويض الصافي R_0 التي من أجلها تكون الجماعة إما متزايدة أو متناقصة أو مستقرة.

إنّ العلاقة التي تربط بين معدل النمو السنوي و كل من l_x و m_x تُعطى بحسب معادلة *Euler–Lotka*(1760) كما يلي: $\sum_{x=\alpha}^{\omega} l_x e^{-rx} m_x = 1$، حيث أنّ α هو العمر عند النضوج الجنسي و ω هو العمر الأعظمي الذي يستطيع به الفرد التكاثر وهو يوافق العام الأخير لحياة الجيل قيد الدراسة.

كما ويمكننا إيجاد الفترة الزمنية التي يتضاعف فيها حجم الجماعة، نفترض أنّ اللحظة (t) هي اللحظة التي يتضاعف فيها عدد أفراد الجماعة أي يصبح مساوياً لـ $(2N_0)$، أي يمكن استنتاج عدد السنوات اللزمة لتضاعف هذا العدد كما يلي: $N_t = 2N_0$

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

$$\Rightarrow 2N_0 = N_0 e^{rt} \Rightarrow \frac{2N_0}{N_0} = e^{rt}$$

$$\Rightarrow 2 = e^{rt} \Rightarrow \ln 2 = rt \Rightarrow t = \frac{\ln 2}{r}$$

إنّ مُعدّل النمو تمّ حسابه بالأخذ بعين الاعتبار أنّ نمو الجماعة يحصل بدون تدخل عوامل الوسط المحيط بها أي هو عبارة عن نمو غير محدد بدون قيود أي أنه نمو أسي، ولكن مثل هذه الفرضية بعيدة عن الواقع إذ أنّ هناك عدد محدد من الأفراد يستطيع الوسط احتواءه، لذلك لابد من إدخال معامل تصحيح إلى العلاقة الخاصة بحساب مُعدّل النمو أخذين بعين الاعتبار كثافة الجماعة والمقاومة البيئية وبالتالي يصبح منحنى النمو نسبي.

عند استخدام جداول الحياة بصيغتها المعتادة في الدراسات الديموغرافية تستند حسابات البقاء على قيد الحياة على مُعدّلات النفوق الطبيعية، أما في الدراسات الخاصة بالمخزونات السمكية يمكننا دمج مُعدّل النفوق الناتج عن الصيد F مع مُعدّل النفوق الطبيعي لنحصل على مُعدّل النفوق الكلي $Z = F + M$.

يُعرف أقصى انتاج مستدام *Maximum Sustainable Yield (MSY)* في حركية (ديناميكية) الجماعات البحرية بأنّه أكبر كمية صيد يمكن الحصول عليها من مخزون الأسماك خلال فترة زمنية محددة، وفي هذه الحالة تكون قيمة *MSY* مساوية لنصف السعة الحملية للمخزون (الحد الأقصى من الأفراد الذي يمكن أن تتحمله البيئة) (Cadima, 2003 ; Martell and Froese, 2013).إنّ نسبة الباقين على قيد الحياة في بداية كل مرحلة عمرية تُحسب اعتماداً على مُعدّل النفوق الكلي (النفوق الطبيعيM وذلك الناتج عن عمليات الصيد F) من العلاقة التالية (Aanes*et al.*, 2007): $l_x = l_{x-1}e^{-z} = l_{x-1}e^{-(F+M)}$.

وبحسب Schacfer , 1954 فإنّ أقصى انتاج مستدام *MSY* يتحقق عندما تكون قيمة نفوق الصيد مساوية لقيمة النفوق الطبيعي أي أنّ: $F = M \Rightarrow Z = 2M$ لتصبح العلاقة الأخيرة كما يلي:

$$l_x = l_{x-1}e^{-z} = l_{x-1}e^{-2M}$$

يمكننا في هذه المرحلة التحكم بمُعدّل نفوق الصيد في حال تمّ ملاحظة أنّ مُعدّلات البقاء على قيد الحياة منخفضة وبالتالي مُعدّلات النفوق مرتفعة كأن نفترض أنّ: $F = \frac{1}{2}M \Rightarrow Z = M + \frac{1}{2}M = \frac{3}{2}M$ وبالتالي يكون $l_x = l_{x-1}e^{-z} = l_{x-1}e^{-\frac{3}{2}M}$.

أخيراً يُحسب مُعدّل عدد الأفراد عند كل عمر x أو ما يُعرف بالتوزيع العمري المستقر للجماعة Krebs (1994) بالعلاقة التالية: $C_x = \frac{(e^r)^{-x}l_x}{\sum_{x=0}^{\infty}(e^r)^{-x}l_x} = \frac{(\lambda)^{-x}l_x}{\sum_{x=0}^{\infty}(\lambda)^{-x}l_x}$

يُمثل هذا التوزيع عنصراً مهماً في تحليل تركيب الجماعات، إذ نميز بين ثلاثة أنواع أساسية: جماعات في حالة تدهور وذلك عندما تكون النسب المئوية للمؤشر السابق منخفضة للصغار في الجماعة أما الأعمار الأخرى فقد تتفاوت في نسبهما، جماعة في حالة مستقرة بنسب مئوية أكبر عند الصغار من البالغين، جماعة فتية بنسب مئوية كبيرة جداً من الصغار (Krebs, 1994).

تجدر الإشارة أنّه تمّ الاعتماد على البرنامج الإحصائي R (CRAN.R-project.org) في تطبيق النموذج المستخدم في هذه الدراسة وإجراء عملية التحليل.

النتائج والمناقشة

تمّ تقسيم مراحل حياة النوع *Sardina pilchardus* إلى ثلاث عشرة مجموعة عمرية توافق العمر الأعظمي الذي يمكن أن يبلغه هذا النوع (الجدول 1).

الجدول 1: عدد الأفراد عند كل عمر للنوع *Sardina pilchardus* .

العمر (Year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
العدد n_x	3000	1800	800	675	525	350	125	75	65	55	45	30	25	10

إنّ أفراد هذا النوع تصبح ناضجة جنسياً بالتدريج اعتباراً من عامها الثاني في المياه البحرية للسواحل الفرنسية، تضع أسماك السردين بيوضها في فصل الربيع بأعداد كبيرة، ولكن نتيجةً لعوامل الوسط المحيطة غير الملائمة والتيارات البحرية والافتراس لا يبقى سوى القليل منها نسبياً(Murphy 1967). حُسبت الخصوبة أي عدد البيوض المُقدرة التي تُنتجها كل أنثى من أسماك السردين تبعاً لـ Murphy (1967) كما هو وارد في الجدول (2)، مع الأخذ بعين الاعتبار نسبة الإناث إلى العدد الكلي الموافق لكل مجموعة عمرية، بحيث تمّ ملاحظة أنّ نسبة الجنس بالنسبة للأفراد الناضجة متساوية بشكل تقريبي في عينة الدراسة. قمنا ببناء جدول الحياة لهذه العينة لمعرفة معدلات البقاء والنفوق ومُعدّل عدد الأفراد عند كل عمر x، إضافةً إلى توقع مدة الحياة الموافق لكل فئة عمرية لهذا النوع.

تزودنا جداول الحياة بمعلومات جيدة إلى حدٍ ما لإدارة هذا المخزون، فهي تقدم معلومات عن النفوق الذي يتعرض له النوع المدروس (وقته وعدده). من بيانات الجدول (2) نلاحظ أنّ مُعدّلات النفوق تبدأ منخفضة بالنسبة لأفراد السنتين الأولى من عمر هذا النوع مما يشير إلى إدارة سليمة لهذا النوع إلى حدٍ ما في هذه المنطقة، بحيث يمكن لجزء من هذه الأسماك بالتكاثر ولو لمرات قليلة وبالتالي إمداد المخزون بأسماك جديدة. ومن ثمّ تبدأ هذه المُعدّلات بالازدياد بفعل الصيد أو بسبب الوفيات الطبيعية. الأمر الذي يُشير إلى عدة أسباب منها قد يكون أنّ الصيد موجه إلى الأفراد البالغة لهدا المخزون، أو إلى وجود أمراض معينة تظهر بشكل واضح في هذه المرحلة من حياة السمكة أو إلى أسباب أخرى يتوجب البحث عنها (Cadima, 2003). كما نلاحظ أنّ أعداد الأفراد تبدأ بالتناقص الواضح اعتباراً من عامها السادس، الأمر الذي يشير إلى تعرض الفئات العمرية السابقة إلى ضغط صيد كبير.

الجدول 2: جدول الحياة لعينة من أسماك السردين*Sardina pilchardus*.X الفئة العمرية، n_x عدد الأفراد في كل فئة عمرية، l_x النسبة المتبقية على قيد الحياة في كل فئة عمرية، p_x احتمال بقاء أحد الأفراد على قيد الحياة، q_x احتمال النفوق، m_x عدد الأفراد التي تُنتجها كل أنثى في وحدة الزمن، K_x معامل الهلاك ، C_x مُعدّل طول مدة حياة الجيل.

X	n_x	l_x	p_x	q_x	m_x	$l_x.m_x$	$x.\ l_x.m_x$	K_x	C_x
0	3000	1.000	0.600	0.40	0	0	0	0.22	0.648028
1	1800	0.60	0.444	0.56	0	0	0	0.35	0.234227
2	800	0.267	0.844	0.16	36.543	9.745	19.490	0.07	0.062711
3	675	0.225	0.778	0.22	96.687	21.755	43.509	0.11	0.031875
4	525	0.175	0.667	0.33	119.414	20.897	62.692	0.18	0.014935
5	350	0.117	0.357	0.64	133.824	15.613	62.451	0.45	0.005998

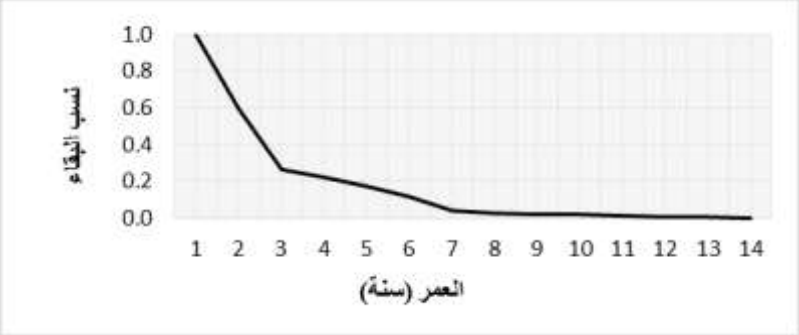
6	125	0.042	0.600	0.40	143.824	5.993	29.963	0.22	0.001290
7	75	0.025	0.867	0.13	151.641	3.791	22.746	0.06	0.000466
8	65	0.022	0.846	0.15	158.743	3.439	24.076	0.07	0.000244
9	55	0.018	0.818	0.18	161.07	2.953	23.624	0.09	0.000124
10	45	0.015	0.667	0.33	161.07	2.416	21.744	0.18	0.000061
11	30	0.010	0.833	0.17	161.07	1.611	16.107	0.08	0.000025
12	25	0.008	0.400	0.60	161.07	1.342	14.765	0.40	0.000012
13	10	0.003	-	-	161.07	0.537	6.443	-	0.000003

تزودنا جداول الحياة بمعلومات جيدة إلى حدٍ ما لإدارة هذا المخزون، فهي تقدم معلومات عن النفوق الذي يتعرض له النوع المدروس (وقته وعدده). من بيانات الجدول (2) نلاحظ أنّ مُعدّلات النفوق تبدأ منخفضة بالنسبة لأفراد السنتين الأولى من عمر هذا النوع مما يشير إلى إدارة سليمة لهذا النوع إلى حدٍ ما في هذه المنطقة، بحيث يمكن لجزء من هذه الأسماك بالتكاثر ولو لمرات قليلة وبالتالي إمداد المخزون بأسماك جديدة. ومن ثمّ تبدأ هذه المُعدّلات بالازدياد بفعل الصيد أو بسبب الوفيات الطبيعية. الأمر الذي يُشير إلى عدة أسباب منها قد يكون أنّ الصيد موجه إلى الأفراد البالغة لهدا المخزون، أو إلى وجود أمراض معينة تظهر بشكل واضح في هذه المرحلة من حياة السمكة أو إلى أسباب أخرى يتوجب البحث عنها (Cadima, 2003). كما نلاحظ أنّ أعداد الأفراد تبدأ بالتناقص الواضح اعتباراً من عامها السادس، الأمر الذي يشير إلى تعرض الفئات العمرية السابقة إلى ضغط صيد كبير.

بالنسبة لمعامل النفوق الإجمالي K_x فقد تراوحت قيمته بين 0.07 و0.45. بملاحظة قيم مؤشر التوزيع العمري للجماعة C_x مرتفعة بالنسبة للأعمار الصغيرة أكثر منها بالنسبة للكبار أي أنّ هده الجماعة تميل إلى الاستقرار. لا بُد من الإشارة إلى أنّ شكل هذا التوزيع يرتبط بنسب المواليد ونسبة النفوق التي بدورها تتأثر بشكل كبير بمختلف الظروف البيئية وبذلك فإن التوزيع العمري للجماعة يكون متغيراً ولكن ضمن حدود معينة(Krebs, 1994; Lee and Wang, 2013).

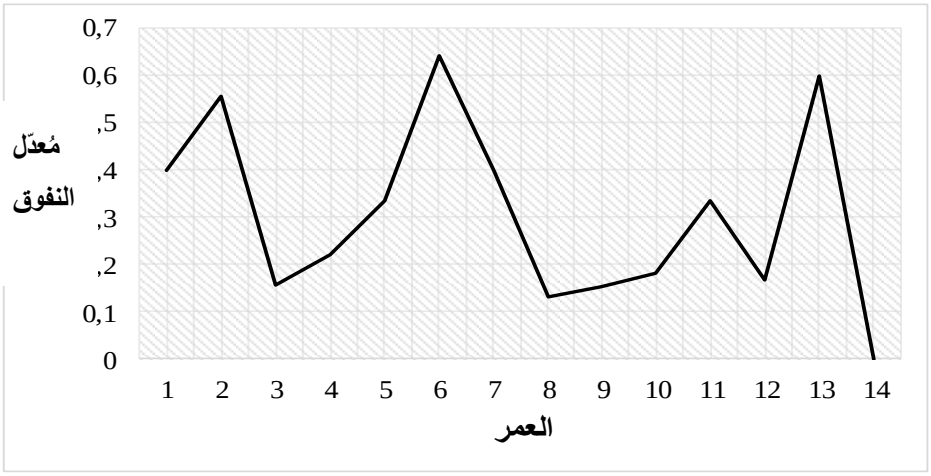
يمكننا رسم منحنيات البقاء على قيد الحياة الشكل (2) وذلك بوضع بيانات العمودl_x على المحور العمودي والمدد الزمنية على المحور الافقي ومنحنيات البقاء لهذا المخزون تأخذ شكل محدب(شكل هابط)، بعبارة أخرى له نمو أسي سلبي، أي أنّ قيم l_x مستقلة عن العمر.

تسمح منحنيات البقاء بمعرفة العمر الذي يكون فيه النوع قيد الدراسة قابلاً للانهيار، أي العمر الذي يتعرض لمعدّل نفوق كبير، عندها لابد من التدخل بهدف التمكن من تعّديل مُعدّلات النفوق أو الولادات زيادةً أو نقصاناً، إذ يتم التدخل عادةً في الطور الأشد استغلالاً بُغية العمل على ترشيد عمليات الصيد.



الشكل 2: منحنيات البقاء لأسماك السردين *Sardina pilchardus*.

الشكل (3) يُظهر تذبذبات في مُعدّل النفوق لأسماك السردين المدروسة لهذا النوع، كما أنّ أعلى معدل نفوق تمّ تسجيله عند العمر 6 سنوات. فدراسة عوامل النفوق ستكون إذاً ضرورية من أجل تفسير التغيرات التي تطرأ على الجماعة.



الشكل 3: معدلات النفوق لأسماك السردين *Sardina pilchardus*.

بالاعتماد على معطيات الجدول (2) نحسب مُعدّل التكاثر الصافي كما يلي:

$$R_0 = \sum P_x.m_x = 90.09 > 0$$

أي أنّ كل فرد من الجيل المدروس سيُنتج وسطياً مايُعادل90.09 فرداً، أي أنّ المخزون في حالة ازدياد بشكل أسي($R_0 > 1$). أمّا لإيجاد متوسط عُمر الجيل: $G = \frac{\sum x(P_x.m_x)}{\sum (P_x.m_x)} = 3.8\ years$

أي أنّه بدءاً من السنة الثانية (وقت النضج الجنسي) من عمر أفراد سمك السردين وحتى السنة الثالثة وقبل نهايتها تكون جميع الأفراد التي تفقس معاً ناضجة جنسياً وقادرة على التكاثر وإمداد المخزون بأفراد جُدد، أو بعبارة أخرى متوسط الفترة الزمنية ما بين فقس أنثى من سمك السردين وفقس نسلها من الإناث يُقدّر وسطياً بـ 3.8 سنة لمجموعة الأفراد التي فقست في نفس اللحظة. أمّا مُعدّل النمو السنوي لهذا المخزون يكون:

$$r = \frac{\log R_0}{G} = \frac{\ln(90.09)}{3.8} = 0.506$$

وهو مُعدّل نمو مرتفع وهذا أمر مألوف عند الأسماك التي تتميز بأنها من الكائنات الحية عالية الخصوبة كما هو الحال عند أسماك السردين. كما هو واضح من المعادلة السابقة أنّ مُعدّل النمو لهذا المخزون يعتمد على التركيب العمري له وعلى معدلات التكاثر للنوع. فعلى سبيل المثال إذا كان التوزيع العمري للمخزون مستقراً أي نسبة صغار الأفراد أكبر من نسبة البالغين يكون مُعدّل النمو معبراً بصورة حقيقية عن نمو الجماعة ويُدعى هنا بالمُعدّل الحقيقي للنمو الطبيعي للجماعة.

نستطيع التنبؤ بحجم المخزون لفترات قادمة من مُعدّل النمو السابق، فعلى سبيل المثال لو أردنا التنبؤ بحجم كل مجموعة عمرية بعد مرور 10 سنوات فيما لو استمرت ظروف الوسط على ماهي عليه، أي على سبيل المثال في العام 2026 على اعتبار أنّ سنة الأساس التي سنعتمد عليها هي سنة الـ 2016، في هذه الحالة يكون t=10 و قيمة معدل النمو r=0.506، بالنسبة للعمر الأول على سبيل المثال يكون لدينا N_0=3000:

$$N_{2026} = N_0 e^{rt}$$

$$N_{2026} = 3000 \times e^{0.506 \times 10} = 475633.1 \ ind.$$

كما ويُحسب المدة الزمنية التي يحتاجها المخزون حتى يتضاعف عدده فيما لو استمرت ظروف الوسط بدون أي تغيير كما يلي: $t = \frac{\ln 2}{r} = \frac{\ln(2)}{0.506} = 1.36 \ years$

أي أنّ حجم مخزون أسماك السردين سوف يتضاعف بعد مرور 1.36سنة (16 شهر) تقريباً، إذا كان مُعدّل النمو السنوي يساوي 0.506. كما ويمكننا حساب النسبة المحددة للزيادة أو عدد المرات التي تضاعف فيها الجماعة نفسها لكل وحدة زمن كما يلي: $\lambda = e^r = e^{0.506} = 1.66$، نلاحظ أنّ: $\lambda > 0$ أي أنّ الجماعة في حالة نمو و أفرادها تُعوض أكثر مما تفقد من أفراد سواء عن طريق النفوق الطبيعي أو نفوق الصيد.

فيما يلي سنعتمد على مُعدّلات البقاء العمرية المُستنتجة سابقاً لدراسة جماعة افتراضية لنفس النوع أكبر حجماً مؤلفة من 1000000 فرد في العمر الأول، وذلك بهدف الحصول على معلومات ذات دِقة عالية عند دراسة متوسط عدد السنوات التي يعيشها الجيل عند كل عمر وتوقع مدة الحياة منذ الفقس.

الجدول3: Xالفئة العمرية، n_x عدد الأفراد في كل فئة عمرية، p_x احتمال بقاء أحد الأفراد على قيد الحياة، L_x متوسط عدد السنوات التي يعيشها كل فرد، T_x إجمالي عدد السنوات التي عاشها جميع الباقين على قيد الحياة خلال جميع الأعمار منذ لحظة الفقس حتى النفوق، e_x توقع مدة الحياة عند كل عمر لجيل افتراضي مؤلف من 1000000 فرد عند السنة الأولى من العمر لأسماك السردين *Sardina pilchardus*.

X	P_x	n_x	L_x	T_x	e_x
0	0.600	1000000	800000	2026667	2.03
1	0.444	600000	433333	1226667	2.04
2	0.844	266667	245833	793333	2.98
3	0.778	225000	200000	547500	2.43
4	0.667	175000	145833	347500	1.99

5	0.357	116667	79167	201667	1.73
6	0.600	41667	33333	122500	2.94
7	0.867	25000	23333	89167	3.57
8	0.846	21667	20000	65833	3.04
9	0.818	18333	16667	45833	2.50
10	0.667	15000	12500	29167	1.94
11	0.833	10000	9167	16667	1.67
12	0.400	8333	5833	7500	0.90
13	0	–	–	–	–

نلاحظ من الجدول (3) أنّ متوسط العمر المتوقع الذاتي الذي يعيشه الفرد يتراوح ما بين 0.9 عند العمر 12 و3.57 سنة بالنسبة للعمر 7، وهو أمر جيد بالنسبة للعمر 7 إذا ما أُتيحت لهذه الأفراد الفرصة بالوصول لهذا العمر. أما بالنسبة للأفراد بعمر السنة وأقل فإن توقع مدة الحياة تُقدر وفق هذا النموذج بـ 2.04 و2.03 على التوالي، هذا قد يسمح للأفراد بالنضوج الجنسي والتكاثر ولو لمرة واحدة على الأقل قبل نفوقها إمّا طبيعياً أو عن طريق عمليات الصيد، وبالتالي إمداد المخزون بأفراد جدد بُغية استدامته.

يمكن لجداول الحياة بشكل عام توفير معلومات جيدة عن مُعدّل النمو السنوي للمخزون، أو مُعدّل النفوق الناجم عن الصيد الذي سيبدأ المخزون عندها في الانخفاض، ولكنها لا توفر معلومات عن وفرة الأفراد على سبيل المثال. يمكن تطوير استخدام هذا النموذج بطريقة ما بحيث يمكننا إدراج بعض من الخيارات البديلة لإدارة المخزون، فعلى سبيل المثال إذا كنا بصدد دراسة إمكانية تطبيق مناطق محمية أو ما يُعرف بمناطق المنع خلال فترة الحضانة يمكننا إزالة مقدار نفوق الصيد من الفئة العمرية المقابلة، أو يمكننا تقليل جهد الصيد من خلال التحكم بمعدل نفوق الصيد.

نظراً للسهولة النسبية لبناء جداول الحياة يمكننا بناء عدد كبير منها والمقارنة فيما بينها للتوصل إلى أفضل نموذج يمكن اعتماده للمخزون قيد الدراسة. إنّ النهج المتبع في مثل هذا النوع من الدراسات مفيد وخاصةً في حالة عدم توفر معلومات دقيقة عن المخزون المراد دراسته، مع الأخذ بعين الاعتبار القيود المفروضة على هذا النوع من النماذج والتي يجب أن تُؤخذ بالحسبان عند تفسير نتائج النموذج. على الرغم من ذلك فإنّ هناك مجموعة من الانتقادات موجهه إلى هذا النوع من النماذج من أهمها هو أنّها تُقدّر مُعدلات البقاء على قيد الحياة ومعدلات النفوق بالأخذ بعين الاعتبار التوزيع المستقر لمختلف مراحل التركيب العمري للجماعة أي أن الجماعة في مجملها ثابتة أو ساكنة.

الاستنتاجات والتوصيات

يمكن تلخيص نتائج هذه الدراسة بالنقاط الرئيسية التالية: (*i*) مُعدّلات النفوق تبدأ منخفضة بالنسبة لأفراد السنتين الأولى من عمر أسماك السردين *Sardina pilchardus* ومن ثمّ تبدأ هذه المُعدّلات بالازدياد بالنسبة لبقية الأعمار، وأنّ منحنيات البقاء لهذا المخزون تأخذ شكلاً محدباً؛(*ii*) إنّ حالة جماعة هذا النوع من أسماك السردين في ازدياد وذلك بسبب أنّ قيمة مُعدّل التكاثر الصافي أكبر من الواحد؛ (*iii*) قيم مؤشر التوزيع العمري للجماعة مرتفعة بالنسبة للأعمار الصغيرة أكثر منها بالنسبة للكبار أي أنّ هده الجماعة تميل إلى الاستقرار؛ (*iv*) متوسط طول مدة

حياة الجيل بلغ 3.8 سنة؛ (r) معدل النمو السنوي لهذا النوع من المعدلات المرتفعة، وأنّ هذه الجماعة قادرة على مضاعفة نفسها خلال مدة زمنية لا تتجاوز 1.36 سنة.

تُعد نماذج جداول الحياة الخاصة بالأسماك من النماذج السهلة الفهم والتطبيق والتي لا تتطلب بيانات معقدة لبنائها ولكن يجب أنّ تكرر لعدة سنوات وفي أكثر من موقع لتحديد العوامل المؤثرة في ديناميكية هذه الجماعات في مواقع أخرى. مثل هذه الدراسات تزيد من فهم ديناميكية حركة الجماعات بالزيادة أو النقصان، كما تزودنا بالمعلومات الضرورية لوضع برنامج الإدارة الناجحة وتحقيق التنمية المستدامة. لذلك نوصي بإمكانية اعتماد هذا النوع من النماذج في الدراسات الخاصة بالمخزونات البحرية عامةً كخطوة أولى ومهمة؛ خاصةً في حالة كانت المعلومات المتوفرة عن الأنواع المرغوب دراستها قليلة أو لا تتمتع بدقة مقبولة، الأمر الذي يفتح الباب أمام دراسات أخرى أكثر تعمقاً.

المراجع

AANES, S. S.; ENGEN, B.-E.; SÆTHER, R. A. *Estimation of the parameters of fish stock dynamics from catch-at-age data and indices of abundance: can natural and fishing mortality be separated?*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 64, 2007, 1130–1142.

BAILI,P.; MICHELI, A.; MONTANARI,A. ; CAPOCACCIA. R. *Comparison of Four Methods for Estimating Complete Life Tables from Abridged Life Tables Using Mortality Data Supplied to EUROCARE*-3.Mathematical Population Studies 12, N 4, 2006, 183-198.

BEAMESDERFER, R.C.P.; SIMPSON, M.L.; KOPP, G.J. *Use of life history information in a population model for Sacramento green sturgeon.* Environmental Biology of Fishes 79, 2007, 315–337.

BIRCH, L. C. *The intrinsic rate of natural increase of an insect population*. Journal of Animal Ecology 17(15),1948, 15-26.

CADIMA, E.L. *Fish stock assessment manual*. FAO Fisheries Technical Paper. No 393. Rome, 2003, 161 pp.

CASWELL, H. R.;LENSINK, M.; NEUBERT, G. *Demography and dispersal: Life table response experiments for invasion speed*. Ecology. Vol. 84, N°. 8, 2003, 1968-1978.

DOUKAKIS, P.; BABCOCK, E.A.; PIKITCH, E.K.; SHAROV, A.R.; BAIMUKHANOV, M.; ERBULEKOV, S.; BOKOVA, Y.; NIMATOV. A. *Management and recovery options for Ural River beluga sturgeon*. Conservation Biolgy 24(3), 2010, 769–777.

JARIĆ, I.; EBENHARD, T.; LENHARDT, M. *Population viability analysis of the Danube sturgeon populations in a VORTEX simulation model*. Fish Biology and Fisheries 20(2), 2010,219–237.

JARIĆ, I.; JAĆIMOVIĆ, M.; CVIJANOVIĆ, G.; KNEŽEVIĆ-JARIĆ, J.; LENHARDT, M. *Demographic flexibility influences colonization success: profiling invasive fish species in the Danube River by the use of population models.* Biology Invasions 17, 2015, 219–229.

KINDSVATER, H.K.;MANGEL, M.;REYNOLDS, J.D.; DULVY, N.K. *Ten principles from evolutionary ecology essential for effective marine conservation*. Ecology and Evolution,6, 2016, 2125–2138.

GOTELLI, N. J. *A Primer of Ecology*.4rd ed., Sinauer Associates. Sunderland, 2008, MA, 291pp.

KEILEY, M.K.;MARTIN, N.C. *Survival Analysis in Family Research*. Journal of Family Psychology. Vol. 19,N°1, 2005, 142-156.

KREBS, C. J. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*, 4th ed., Harper Collins College Publishers, 1994, New York. 686pp.

LEE, E.T.;WANG, J.W. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. 3rd ed., New Jersey, 2013, John Wiley&Sons, 512pp.

MARTELL, S.;FROESE,R. *A simple method for estimating MSY from catch and resilience*. Fish and Fisheries Vol. 14, N°4, 2013, 504–514.

MOLLET, H.F.;CAILLIET, G.M. *Comparative population demography of elasmobranchs using life history tables. Leslie matrices and stage-based matrix models*. Marine and Freshwater Research. 53, 2002, 503–516.

MURPHY, G.I. *Vital statistics of the Pacific sardine (Sardinops caerulea) and the population consequences.* Ecology 48, 1967, 731–736.

PRICE, P. W. *Insect ecology*. John. Wiley and Sons, New York, 1975, 514 pp.

SCHAEFER, M.B. Some aspects of the dynamics of population important to the management of commercial marine fisheries. Bull Inter-Amer Trop, Tunna Comm. 1, 1954, 27–56.

SOLOMON, M.E. Population dynamics. 2nd ed. Studies in Biology, 1979, N 18, Edward Arnold, London, 67 pp.

XU, C.;BOYCE, M.S.;DALEY, D.J. *Harvesting in seasonal environments*. Journal of Mathematical Biology: 50, 2005, 663–682.

محمد، أحمد؛ مفلح، ماجدة؛ حلوم، منذر. تأثير جداول الحياة في تحديد العائل النباتي المفضل للمفترس *Mulsant gilvifrons Stethorus* ودراسة كفاءتها الإفتراسية مختبرياً. مجلة وقاية النبات العربية 29، 2011، 199-205.