

التحليل المظهري لعظمة الاذن لأربعة أنواع من أسماك البوري المستوطنة (Mugilidae) في بحيرة أم الحفين، في ساحل برقة، ليبيا

*أ.فاطمة راف الله سليمان * أ.نسبية حسين سعيد **أ.سارة على عبد النبي ***د.عبد الغني عبدالفتاح عبد الغني

تاريخ النشر: 2024/11/16

تاريخ القبول: 2024/10/6

تاريخ الاستلام: 2024/8/6

المستخلص: تناولت هذه الدراسة التباين الشكلي لحصيات الأذن (عظام الأذن) في أربعة أنواع من سمك البوري (*Mugil cephalus*, *M. ramada*, *aurata* و *M. capito*) من ساحل برقة في ليبيا باستخدام التقنيات المورفومترية الهندسية. تم تحليل شكل Otolith باستخدام القياسات الشكلية الهندسية القائمة على المعالم، بما في ذلك تحليل المكون الرئيسي ((PCA)، وتحليل الوظيفة التمييزية ((DFA)، وتحليل الالتواء النسبي (RWA). أظهرت النتائج وجود اختلافات كبيرة في شكل حصوات الأذن بين الأنواع الأربعة، مما يشير إلى أن شكل حصوات الأذن يمكن أن يكون أداة موثوقة لتحديد الأنواع. كشفت PCA عن مجموعات متميزة تتوافق مع كل نوع، في حين سلطت DFA و RWA الضوء على السمات المورفولوجية المحددة التي ميزت الأنواع. تساهم هذه النتائج في فهم أفضل لتنوع أنواع البوري في المنطقة وتوفر أداة قيمة لإدارة مصايد الأسماك وجهود الحفاظ عليها.

الكلمات المفتاحية: مورفولوجيا أوتوليث، القياسات الشكلية الهندسية، أنواع البوري، ساحل برقة، تحديد الأنواع

Otolith phenotypic analysis of four endemic mullet species (Mugilidae) from Umm-Hufayn Lagoon, in the Cyrenaica coast, Libyan

Fatma R. Solieman

Lecturer/fish biology/Department of Zoology, Faculty of Sciences, University of Derna

(branch /Alquba) – Libya

Nasebah Husayn saeid

Assistant Lecturer/fish physiology/ Department of Zoology, Faculty of Sciences, University of Derna (branch /Alquba) - Libya

Sara A. A. Al Mabruk

Assistant Lecturer/fish biology/ Department of General Nursing Technology, Higher institute of Science and Technology, Cyrene, Libya

Abdulghani A. Abdulghani

Assistant Professor/Marine biology environment/Department of Marine Resources, Faculty of Natural Resources, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Abstract: This study investigated the morphological variation of otoliths (ear bones) in four mullet species (*Mugil cephalus*, *M. aurata*, *M. ramada*, and *M. capito*) from the Cyrenaica coast of Libya using geometric morphometric techniques. Otolith shape was analyzed using landmark-based geometric morphometrics, including principal component analysis (PCA), discriminant function analysis (DFA), and relative warp analysis (RWA). Results demonstrated significant differences in otolith shape among the four species, indicating that

f.solieman@uod.edu.ly

* محاضر، بيولوجيا أسماك، قسم علم الحيوان، كلية العلوم، جامعة درنة، فرع القبة، ليبيا.

Nosaibahalsaid@gmail.com

* محاضر مساعد/قسم علم الحيوان، كلية العلوم، جامعة درنة، فرع القبة، ليبيا.

sara.almabruk@istc.edu.ly

** محاضر مساعد / قسم تقنيات التمريض، المعهد العالي للعلوم والتقنية، شحات، ليبيا

*** أستاذ مساعد / بيئة أحياء بحرية / قسم الموارد البحرية، كلية الموارد الطبيعية، جامعة عمر المختار، ليبيا

sara.almabruk@istc.edu.ly

Otolith morphology can be a reliable tool for species identification. The PCA revealed distinct clusters corresponding to each species, while DFA and RWA highlighted specific morphological features that differentiated the species. These findings contribute to a better understanding of mullet species diversity in the region and provide a valuable tool for fisheries management and conservation efforts.

Keywords: Otolith morphology, Geometric morphometrics, Mullet species, Cyrenaica coast, Species identification.

المقدمة:

تم استخدام التباين المظهري لعظمة الأذن (Otoliths) في الأسماك العظمية منذ فترة طويلة في أنواع مختلفة من الدراسات السمكية، وخاصة التصنيفية (Więcaszek *et al.*, 2020)، وعلم الوراثة والتطور والنشؤ (Firidin *et al.*, 2017)، والعلاقات بين المفترس والفريسة (Więcaszek *et al.*, 2020). تعتبر مورفولوجيا عظمة الأذن مرتبطة بالأنواع وقد تم استخدامها في العديد من الدراسات لتحديد الأنواع (Sadighzadeh *et al.*, 2012، Bani *et al.*, 2013) يمكن أن يختلف شكل الخارجي لعظمة الأذن داخل الأنواع وفيما بينها حسب الجنس والسكان ومعدلات النمو والمراحل الجينية (Więcaszek *et al.*, 2020). على الرغم من أن العوامل الوراثية والظروف البيئية يمكن أن تؤثر بشدة على أحجام وأشكال عظمة الأذن وخصائصها المورفومترية، إلا أنها تعتبر هياكل قيمة لتحديد المخزون السمكي لبعض الأنواع، كما يؤثر شكل وحجم حصيات الأذن على الأنواع والجوانب التكيفية المرتبطة بعوامل مختلفة مثل عمق درجة الحرارة والغذاء التي تؤثر على حجم وشكل حصيات الأذن (Koeberle *et al.*, 2020).

علاوة على ذلك، يمكن استخدام شكل وحجم حصوات الأذن غير المهضومة المستردة من معدة ومكونات المعدة في الأسماك المفترسة لإعادة بناء تكوين الأنواع في النظام الغذائي الطبيعي، مما يسمح بمعلومات دقيقة عن طول ووزن وعمر وكمية فريسة الأسماك. كدلائل مهمة في علم البيئة الغذائية (Campana 2004) يعتبر تنوع شكل حصوات الأذن سمة خاصة بالأنواع، حيث يتم استخدامها كأداة قوية لتحديد الأنواع ومحتويات معدة الحيوانات المفترسة. يتأثر شكل وحجم حصوات الأذن بالسلالة والجانب التكيفي المرتبط بعوامل مختلفة مثل درجة الحرارة والعمق والغذاء الذي يؤثر على حجم وشكل حصوة الأذن. إن خلط أنواع متعددة عن غير قصد أو عمدًا في التقييم سيؤدي إلى تجاهل ديناميكيات مختلفة للمجموعات السكانية لكل نوع فردي بسبب اختلاف تاريخ الحياة.

تم استخدام شكل حصوة الأذن على نطاق واسع للتمييز بين أنواع الأسماك ذات الصلة الوثيقة من خلال التحليل الهندسي الشكلي (Tuset *et al.*, 2003; Ponton, 2006). كما تم استخدامها بنجاح للتفريق بين المجموعات السكانية ضمن نوع واحد وضمن الأنواع. حقق Tracey *et al.*, (2006) نجاحًا معقولًا في إثبات تباين المجموعات السكانية بناءً على شكل حصوة الأذن لنوعين منفصلين على نطاق واسع، كما وصل DeVries *et al.*, (2002) إلى نجاح كبير في التصنيف حوالي (71-86%) للتمييز بين أفراد مجموعات لنوع المكاريل الملكي الأطلسي (*Scomberomorus cavalla*) باستخدام تحليل حصوة الأذن.

تُستخدم الأساليب المورفومترية الهندسية (Geometric Morphometric Analysis) في عدد متزايد سريعًا من الدراسات والبحوث لفحص مجموعة واسعة من الهياكل البيولوجية التي تتراوح من خلايا الحيوانات المنوية إلى جماجم

الديناصورات (Brusatte *et al.*, 2012). تعتبر أدوات القياس المورفومتري فعالة للغاية في عرض الدراسات الاستكشافية، مع وجود مجموعة كبيرة من المعالم، من الممكن تغطية شكل الجسم الكلي وليس فقط القياسات الفردية كما هو الحال في القياسات الشكلية التقليدية (Norman *et al.*, 2013). وبالتالي توفر معلومات مفصلة عن الاختلافات الدقيقة في كثير من الأحيان في قطاعات معينة من الجسم أو السمات الظاهرية والتي يمكن أيضًا استخدامها كطرق "اكتشاف مبكر" للأنواع المتخفية" للتحقيق في التهجين (Russo *et al.*, 2008)

يعد العثور على السمات في الشكل الظاهري للكائن الحي التي يمكن أن تساعد في التمييز والتفريق بين المجموعات أو الأنواع المختلفة مهمة للقياسات الشكلية والتصنيف في العديد من السياقات للدراسات البيولوجية، ولكن بالإضافة إلى التمييز بين المجموعات السكانية أو الأنواع، قد نرغب في الحصول على نظرة عامة على بنية التباين غير المحدد بين الأفراد في مناطق الدراسة. تنتشر أنواع الأسماك من عائلة Mugilidae في العديد من النظم البيئية في العالم، حيث تسكن من البيئات البحرية إلى بيئات المياه العذبة (Chien *et al.*, 2018). وتتمثل عائلة البوري في المياه اللبية بأربعة أنواع تتواجد في بيئات مختلفة *M. cephalus*، *C. ramada*، *C. labrosus*، *Chelon aurata*، وتلعب دورا اقتصاديا هاما في الثروة السمكية اللبية. الأنواع من عائلة Mugilidae، العديد منها متشابهة من الناحية الشكلية، لذلك قد يكون من الصعب التمييز بينها تصنيفياً.

على الرغم من استغلالها تجارياً، إلا أن المعلومات المتعلقة ببيولوجيا Mugilidae هذه الأنواع وتركيبها السكانية نادرة. ولذلك، لتحديد الأنواع بدقة، يجب استخدام أداة صارمة لتوليد مواد مقارنة كافية لإنتاج أوصاف دقيقة للخصائص المورفولوجية لأحجار الأذن. وفي هذا السياق، تم استخدام التحليل المورفولوجي الهندسي لتحديد مورفولوجية حصيات الأذن لعائلة Mugilidae في المواقع اللبية، حيث يشكل أداة مهمة لتحديد الأنواع باستخدام اختلافات الشكل بين حصيات الأذن التي تم جمعها في مناطق الدراسة في المواقع اللبية. لذلك، يهدف العمل الحالي إلى إجراء تباين لأربعة أنواع من أنواع Mugilidae الشائعة وهي مكونات واضحة للتنوع البيولوجي الساحلي في بركة. تبحث الدراسة الحالية في استخدام حصوات الأذن المورفولوجية لتحديد مدى الاستفادة من الشكل الخارجي لعظمة الأذن في العائلة البورية لتحديد الدقيق للأنواع.

المواد والأساليب:

موقع الدراسة والعينات:

بحيرة أم احفين، الواقعة على ساحل برقه بالبحر الليبي الشرقي (إحداثيات "32°33'13.5": شمالاً، 23°57'05"2 شرقاً)، هي منطقة مهمة للصيد التجاري في مياه برقه (عبد الرازق وآخرون، 2021)، حيث يتراوح عمق المياه بين 0.5 متر إلى 3 متر (الشكل 1). تم جمع مائة وثمانين عينة من أسماك البوري (Mugillida) من بحيرة أم احفين، بساحل برقه في ليبيا. تم فرز أنواع البوري بصرياً إلى أربع مجموعات أنواع وفقاً لخصائصها الخارجية حسب (فيشر 1987؛ وايت هيد وآخرون 1984؛ نيلسون وآخرون، 2016 وفان دير لان وآخرون 2014). مباشرة بعد الجمع، تم تجميد أسماك البوري عند (-20) درجة مئوية، وشحنها إلى جامعة القبو وحفظها مجمدة حتى تتم معالجتها. تم استخدام 28 عينة من (*Chelon aurata*) و 26 عينة من

الاذن ، حيث تم اختيار الأفراد عشوائيًا من كل نوع لتحليل الشكل الهندسي لعظم *(C. labrosus)* و 25 عينة من *(C. ramada)* و 25 عينة من *(M. cephalus)* لتحليل الشكل الهندسي لعظم



الشكل 1: مواقع أخذ العينات لمجموعات البوري الأربعة (بحيرة أم الحفين، في ساحل برقة)

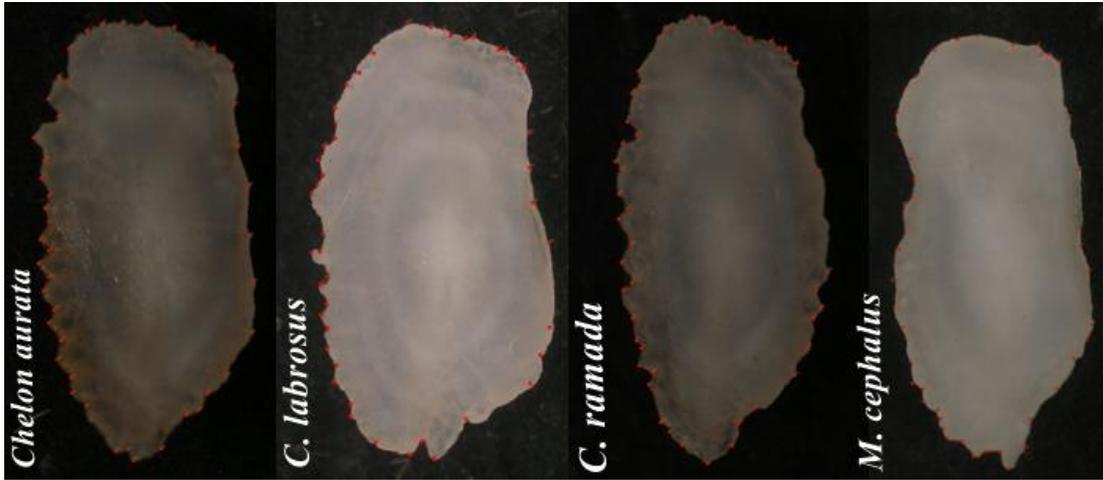
تحضير عيّنات عظمة الاذن لدراسة الشكل الهندسي:

تم استخراج عيّنات عظمة الاذن باستخدام الملقط ثم تجفيفها قبل تصويرها باستخدام الكاميرا الرقمية كانون(d80) ، بعد ذلك تم قياس طول عظمة الأذن ((OL)، وعرض عظمة الأذن (OW) ، ثم وزنها بأقرب دقة قدرها 001.0 جرام .تم تصوير ما مجموعه 104 عينة من عيّنات عظمة الاذن الخاصة بالبوري باستخدام كاميرا رقمية مثبتة على حامل ثلاثي القوائم على نفس الارتفاع، مع نفس درجة التكبير من أجل التحليل الشكل الهندسي .تمت ترقيم عيّنات عظمة الاذن وفقاً للأنواع.

تم إجراء تحليلات الصور عن طريق تحديد نقاط معلمة تم اختيارها لتحديد الشكل الخارجي الكلي للعينات عظمة الاذن واكن عددها 64 نقطة معلمة تمثل نقاط متماثلة في جميع العينات لعظمة الاذن واخذت نفس الاتجاه عند الترميم (الشكل 2). تم رقمنتها وتقنينها باستخدام برنامج tpsDIG 2.17 (Rohlf, 2009) تم استخدام برنامج (Rohlf, 2009) tpsSMALL للتأكد من أن تباين الشكل بين العينات لم يكن كبيراً جداً بحيث لا يمكن استخدام الأساليب الإحصائية التي تستخدم تقريب الفضاء الظفري (على سبيل المثال، طرق اللوحات الرقيقة) .تمت تحويل النقاط المرجعية إلى إحداثيات الشكل عن طريق تراكم بروكروستس (Rohlf and Slice, 1990) باستخدام برنامج MorphoJ v.1.05 (Klingenberg, 2011)، وبالتالي إزالة المعلومات حول التموضع والاتجاه من الإحداثيات الخام، وتوحيد كل عينة بحجم نقطة الوسط الموحد .تم استخدام تحليل المكونات الرئيسية (PCA) لفحص تباين متغيرات متعددة داخل عينة واحدة .غالبًا ما يستخدم PCA أيضًا لإجراء تحليل استكشافي أول لمجموعة بيانات أكبر تتكون من عدة عينات، حيث يمكن أن يوفر انطباعًا بصريًا عن التباين الكلي .لا يرتبط المكونات الرئيسية ببعضها البعض ويمثل أكبر قدر ممكن من التباين (Adams *et al.*, 2004 ; Asmamaw & Tessema, 2021).

تم تقييم دلالة اختلافات الشكل عن طريق تحليل تمييز الدالة (DFA) المحسوب على مصفوفة التشوهات الجزئية، باستخدام برنامج MorphoJ. يستخدم DFA تجميعًا محددًا مسبقًا للكائنات ويحدد إلى أي مدى يمكن للمصفوفة شرح هذا التجميع

بكفاءة. يسمح تحليل المتغيرات الأساسية (CVA) في برنامج MorphoJ بتحديد ميزات الشكل التي تميز بشكل أفضل بين المجموعات المحددة، ويشمل إجراء تحقق من صحة التصنيفات (1000 عملية إعادة ترتيب).



الشكل 2. تحديد 46 معلمًا مستخدمًا في التحليل المورفولوجي الهندسي لأحجار *Chelon aurata* و *C. labrosus* و *M. Cephalus* و *C. ramada* التحليل الإحصائي:

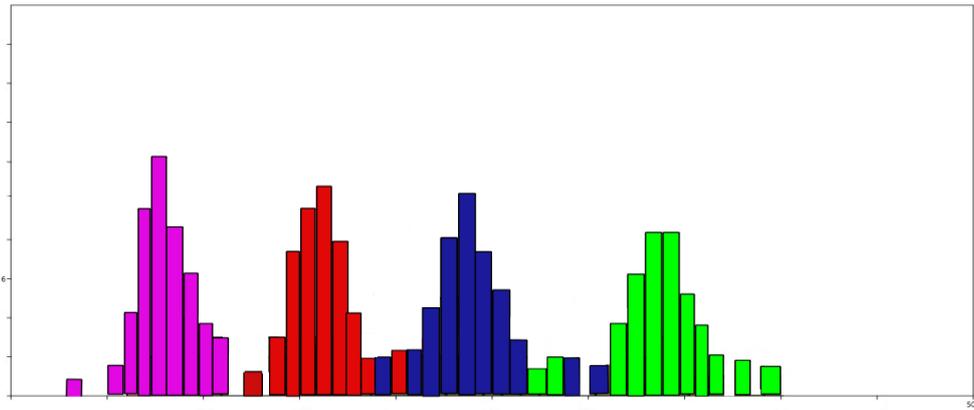
لم يُعثر على أي فرق إحصائي بين قيم طول العيّنات وطول عظمة الأذن في الجانب الأيسر أو اليمين لذلك، في جميع التحليلات الإحصائية التالية، تم استخدام قيم العيّنة عظمة الاذن واحدة لكل فرد من الانواع الاربعة فقط لتجنب الازدواجية. لقياس شكل عيّنات عظمة الأذن، تم حساب نسبة ابعادها (OAS) بقسمة طولها (OL) على عرضها (OW) أظهر اختبار التوزيع الطبيعي أن بيانات نسبة العرض إلى الطول تتبع توزيعًا طبيعيًا لجميع الأنواع في عينات اسماك البوري عند مستوي ($P > 0.05$) في حين كان التباين شكل عظمة الاذن بين الأنواع عند اختبار الشكل الهندسي للشكل الخارجي لا توجد أي فروق ملحوظة في تباين بيانات نسبة العرض إلى الطول بين الأنواع عائلة اسماك البوري المدرّسة في بحيرة ام احفين. تم إجراء تحليل تباين عام مشترك (ANCOVA) ويهدف هذا التحليل إلى اختبار وجود فروق ذات دلالة إحصائية في نسبة ابعاد عيّنات عظمة الاذن (OAS) بين الأنواع المختلفة، مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير المتغير المصاحب للطول الكلي (SL).

النتائج:

الهندسة الشكلية (Geometric morphometrics)

باستخدام تحليل التمييز، قمنا بمقارنة أشكال حصوات الأذن بين الأنواع الأربعة من البوري في ساحل برقه بليبيا. تم حساب قيم دالة التمييز بين *C. aurata* (الأخضر) *C. labrosus* (الأزرق) *C. ramada* (الأحمر) و *M. cephalus* (الزهري)، وذلك عن طريق الجمع بين الأنواع في عائلة البوري في منطقة الدراسة. يمكن لدالة التمييز فصل المجموعات الأربع مع القليل من التداخل بين أربعة مجاميع سكانية في بحيرة أم الحفين (باستخدام 10000 عملية برمطة؛ الشكل رقم 3). تم حساب درجات التمييز بحيث يتم تحديد العتبة للتصنيف إلى مجموعة أو أخرى عند قيمة صفر. (Timm 2002) تحليل المتغيرات الأساسية (الشكل رقم 3) يوضح أن *C. aurata* و *C. labrosus* و *C. ramada* و *M. cephalus* في منطقة

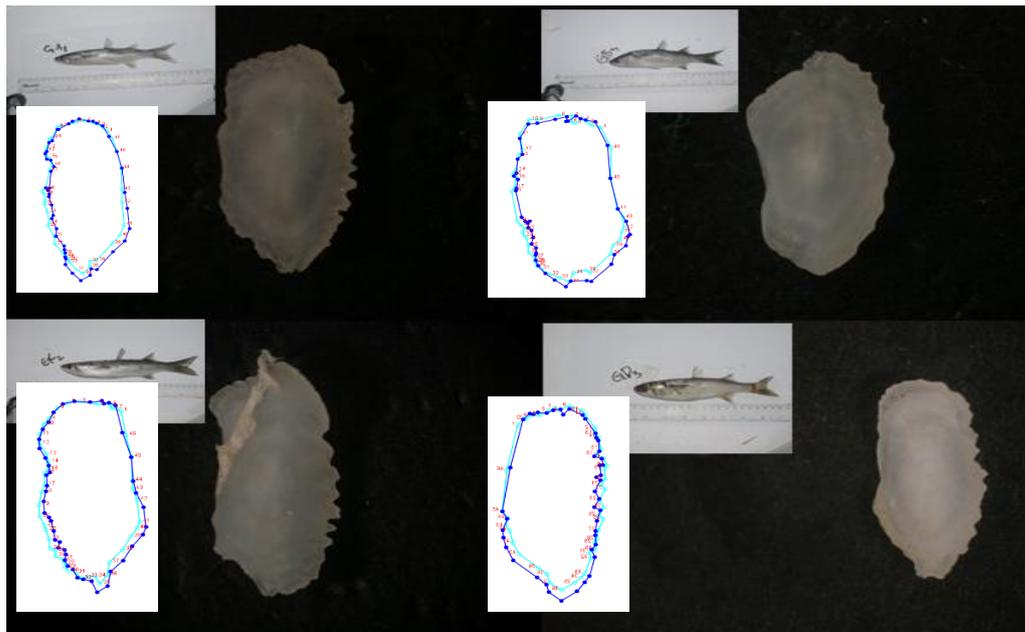
الدراسة منفصلة في الغالب، حيث ينفصل *M. cephalus* (الوردي) في منطقة الدراسة بشكل جيد إلى حد ما عن الأنواع الأخرى.



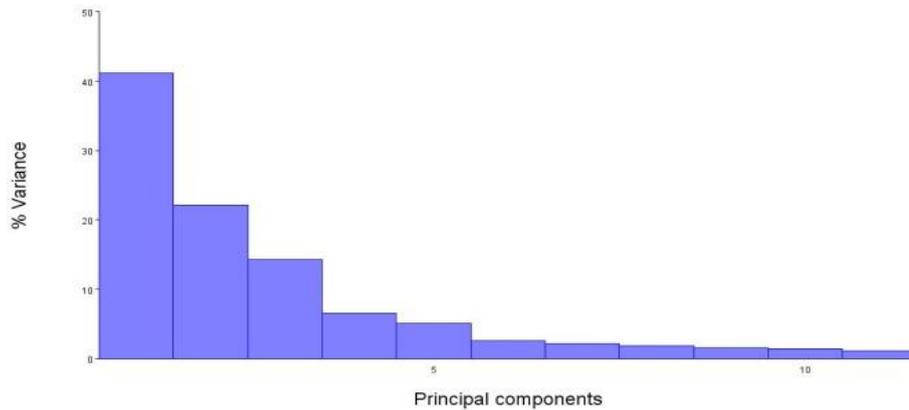
الشكل 3. تحليل التمييز الخطي للاختلاف في شكل حصة أنواع البوري بين *C. aurata* (الأخضر)، *C. ramada* (الأحمر)، *M. cephalus* (الوردي)، من بحيرة أم حفين (الأزرق).

تحليل التشوه النسبي (RWA) :

نظرنا في بعض إمكانيات تصور التغيرات في الشكل الحاجي لعظمة الاذن للأنواع الأربعة، باستخدام بشكل أساسي دالة اللوح الرقيق (thin-plate spline) لجعل تغييرات الشكل أكثر وضوحاً (Bookstein, 1991)، تم استخدام دالة اللوح الرقيق لرسم شبكات التحويل، والتي توضح الفرق في الشكل عن الشكل المتوسط في العينات (الشكل رقم 4). أظهرت البيانات المقدمة التباين في الشكل بين أنواع البوري الأربعة في مناطق الدراسة. بشكل عام، تشير البيانات المعروضة لشبكات التشوه النسبي لعظمة الاذن أنواع البوري إلى أن جميع العينات كانت ذات أشكال مختلفة.



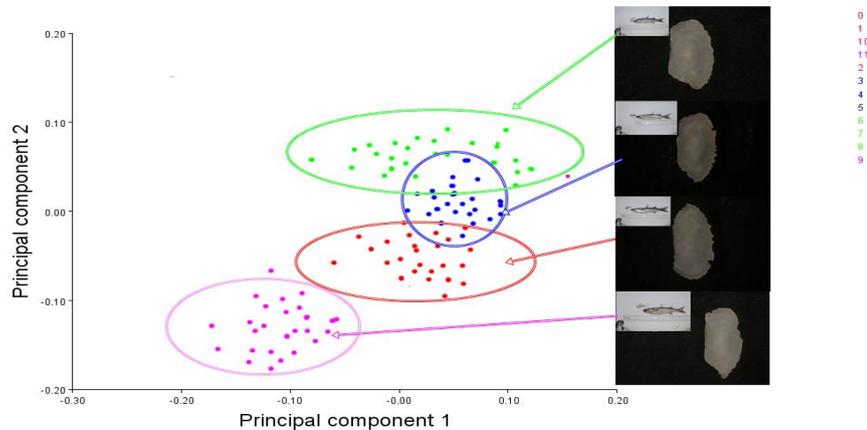
الشكل 4. شبكات التشوه التي تم الحصول عليها باستخدام Morphoj والرسومات التفصيلية التي توضح متوسط أشكال حصوات الأذن لأنواع البوري، والتي تم تصورها بواسطة شريحة الصفائح الرقيقة في بحيرة أم حفين



الشكل 5 . النسب المئوية لإجمالي التباين الذي تمثله تحليل المكونات الأساسية (PCA)

تحليل المكونات الأساسية (PCA)

تحليل المكونات الأساسية (PCA) هو تقنية تستخدم للتأكد على التباين بين المجموعات وإظهار الأنماط القوية في مجموعة البيانات. يُستخدم غالبًا لجعل البيانات سهلة الاستكشاف والتصور. يُعتبر تحليل المكونات الأساسية بشكل عام إجراءً لخفض المتغيرات. تُظهر البيانات (الشكل رقم 5) المعبر عنها كنسبة مئوية من التباين الكلي، أن قيم المتجه الذاتي غير الصفريّة الثلاثين تنخفض من 41% إلى 10%. يوجد بين أول مكونين رئيسيين انخفاض سريع في التباين، ولكن بعد ذلك تتناقص القيم تدريجياً. وبناءً على ذلك، يمكننا التركيز بشكل أساسي على أول ثلاث قيم رئيسية الأولى (41.14%، 22.15%، 14.32%). لاحظ أن الجزء الأكبر من التباين الكلي يتم استيعابه بواسطة ثلاث القيم الأولى من المكونات الرئيسية (الشكل رقم 5). لذلك، فإن المكونات الرئيسية القليلة الأولى هي ملخص جيد إلى حد ما للتباين في مجموعة البيانات بأكملها. التباين الذي يفسر بواسطة المحور الأول هو 41.14%، بالمحور الثاني هو 22.15% وبالثالث هو 14.32%، مع نسبة مئوية تراكمية قدره 77.61% لأول ثلاثة مكونات.



الشكل 6. تحليلات المكون الرئيسي للمعالم المورفومترية لأنواع البوري، (C. aurata النقط الخضراء)، C. labrosus (النقاط الزرقاء)، (C. ramada النقط الحمراء)، (M. cephalus النقط الوردية). أظهر PCA تداخلاً في الشكل بين الأنواع الثلاثة (C. aurata النقط الخضراء)، (C. labrosus النقط الزرقاء)، C. ramada، في بحيرة أم حفين

المناقشة:

في العقود الأخيرة أكدت العديد من الدراسات أن عظمة الاذن لأنواع الأسماك تحتوي على بيانات بيولوجية وبيئية، ويمكن تفسير هذه البيانات على مستوى السكان من حيث البيئة والديموغرافيا وتاريخ حياة النوع وبالتالي تعتبر أساسية لإدارة مصايد الأسماك. قد يكون من الممكن الوصول إلى هذه البيانات إذا تم استخدام التقنيات التحليلية المناسبة. على وجه التحديد، تعتبر عظمة الأذن أدوات بيئية وبيولوجية مفيدة كوحدة تخزين البيانات، لفهم عمليات تفاعلات الموائل والعمر والنمو لكل نوع. بالنظر إلى مورفولوجية عظمة الأذن لأنواع البوري التي تم دراستها في ام احفين، فقد لوحظ أنه لا يوجد اختلاف كبير من حيث حجم عظمة الأذن، التركيبية الهيكلية لعظمة الاذن، وتشكيل الحواف لعظمة الأذن من المنظور البصري، لهذا تم فحص هياكل عظمة الأذن للأربعة في بحيرة ام احفين من خلال تحليل أشكال الخارجي لعظمة الاذن باستخدام التشكل الهندسي المورفولوجي داخل الانواع وبين الانواع، وقد تبين أن هناك اختلاف نسبياً بين الأنواع الاربعة المدروسة في بحيرة ام احفين. حيث يوضح الشكل مخطط تحليلات المكون الرئيسي للمعالم المورفومترية لأنواع البوري الشكل رقم (6). *C. aurata* (النقاط الخضراء) (*C. labrosus* (النقاط الزرقاء)، *C. ramada* (النقاط الحمراء)، *M. cephalus* (النقاط الزهري) تداخلاً في الشكل بين الأنواع الثلاثة *C. aurata* ، *C. labrosus* ، *C. ramada* في بحيرة أم حفين باستثناء النوع *M. cephalus* ، حيث يوضح ان معدل تغير الشكل مرتفع بالنسبة لعظمة الاذن في *M. cephalus* ويتناقص التغير في شكل الخارجي لعظمة الاذن مع الانواع الاخرى . يبدأ هذا الانخفاض في الاختلاف تقريباً عند قيم حجم النقطة الوسطى حوالي (0.010-). التغير الأكثر وضوحاً في الشكل الخارجي هو توسيع منطقة عظمة الأذن في الانواع الاربعة مدفوعاً. يظهر أعظمة الاذن قياساً سلبياً: في نوع *M. cephalus* بعكس الثلاث انواع الاخرى من عائلة البوري في بحيرة ام احفين. ويبدو أن التباين الرئيسي يتعلق بالحواف وتشكل عظمة الاذن حسب الانواع مضافاً اليها الحجم الكلي لعظمة الاذن لكل فرد من افراد الانواع المدروسة وكذلك من حيث العرض عظمة الاذن. وكما يتضح من التوزيع، قد تكون مثل هذه التغييرات في الشكل مرتبطة جزئياً بتغير الحجم.

والمعروف ان شكل وهيكل عظمة الاذن هو طابع خاص بالأنواع ويرتبط بموائل تواجد الانواع والظروف البيئية السائدة بالإضافة الى العامل الوراثي (Cossu et al., 2021). أظهر كل من تحليلي التمييز والتحليل المتباين أنه كان من الممكن للبرنامج أن يحدد بشكل صحيح حصوة الأذن لأربعة أنواع من البوري كل من DFA و CVA باختلافات في الأنواع . اكتشفت التشوهات النسبية الاختلافات بين أنواع البوري لكل نوع مختلف . أظهر تحليل المكونات الأساسية أربع مجموعات منفصلة. والنتائج التي تم الحصول عليها في هذا البحث ليست قاطعة . ومع ذلك، تشير المعلومات من المصادر إلى أن هذه التغييرات يمكن أن تحدث بسبب عوامل وراثية أو بيئية ربما مرتبطة بالبيئة الغذائية (El-Zaeem, 2011).

تقدم حصوات الأذن للأسماك تنوعاً هائلاً في شكل حصوة الأذن ويمكن أن يؤدي فهم أهمية مورفولوجيتها إلى إلقاء الضوء على استراتيجيات تاريخ حياتهم، وتتبع النسالات للتفكير في العمليات التطورية، وإجراء تنبؤات حول كيفية تزامن التغييرات المورفولوجية مع التغيير المستمر في بيئتهم. علاوة على ذلك، يمكن الحصول على استنتاج حول وتيرة التغير الظاهري من الدراسات

التي تشمل المجموعات السكانية التي تعرضت لتغير بيئي في فترات زمنية مختلفة. وبالتالي، يعتبر التباين المورفولوجي مصدرًا لا يقدر بثمن للمعلومات التي تثري المعرفة بالعمليات الديناميكية للأنظمة البيئية. (Gerber et al., 2008)

الخلاصة:

أظهرت الدراسات الحديثة أن عظمة الأذن في الأسماك تحمل سجلاً مفصلاً لبيانات بيولوجية وبيئية. هذه البيانات، التي تعكس تاريخ حياة النوع، هيكل السكان، وتأثير البيئة، تعتبر أداة أساسية لإدارة مصايد الأسماك. باستخدام تقنيات تحليلية متقدمة، يمكن استخلاص هذه المعلومات من عظمة الأذن، والتي تعمل بمثابة "صندوق أسود" يسجل تفاعلات الكائن الحي مع بيئته. في دراسة أجريت على أنواع مختلفة من البوري في بحيرة أم الحفين، لوحظ تنوع في شكل عظمة الأذن على الرغم من التشابه الظاهري. باستخدام التحليل النشكي الهندسي، تم الكشف عن اختلافات دقيقة في شكل عظمة الأذن بين الأنواع، مما يشير إلى إمكانية استخدام هذه الاختلافات للتمييز بينها. تشير النتائج إلى أن شكل عظمة الأذن يتأثر بعوامل وراثية وبيئية، بما في ذلك الموائل والتغذية. على الرغم من عدم وجود فروق كبيرة بين الأنواع من الناحية المورفولوجية الظاهرة، إلا أن التحليلات الإحصائية كشفت عن اختلافات دقيقة. تُعتبر عظمة الأذن بمثابة علامة مميزة لكل نوع، ويمكن استخدامها في دراسة التطور، وتتبع النسل، وفهم التكيف مع البيئة المتغيرة. كما يمكن استخدامها في تقييم التنوع البيولوجي وصحة النظام البيئي.

ولهذا السبب، يتم استخدامه كطابع منهجي في تمييز الأنواع. بالإضافة إلى ذلك، فإن المؤشرات التي تكشف عن الخصائص المورفومترية لحصوات الأذن، وبالتركيب الكيميائي لعظمة الأذن تساهم أيضًا في هذا التمييز. ومع ذلك، على الرغم من اكتشاف بعض الاختلافات في الخصائص المورفولوجية والمورفومترية بين الأنواع التي تنتمي إلى عائلة Mugilidae، فقد تبين أنه لم يكن من الممكن تحديد الأنواع بناءً على هذه الخصائص المورفولوجية بشكل بصري. هناك آراء مختلفة فيما يتعلق بالحالة التطورية لأنواع البوري. ولهذا السبب، يتم نقل الأنواع بين الأجناس. (Durand et al., 2012) تدعم نتائج هذه الدراسة سبب هذه الأساليب المختلفة من خلال الكشف عن عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين السلالات من حيث مورفولوجيا الأذن.

تقدم حصوات الأذن للأسماك تنوعًا هائلًا في شكل حصوة الأذن ويمكن أن يؤدي فهم أهمية مورفولوجيتها إلى إلقاء الضوء على استراتيجيات تاريخ حياتهم، وتتبع النسالات للتفكير في العمليات التطورية، وإجراء تنبؤات حول كيفية تزامن التغيرات المورفولوجية مع التغيير المستمر في بيئتهم. علاوة على ذلك، يمكن الحصول على استنتاج حول وتيرة التغير الظاهري من الدراسات التي تشمل المجموعات السكانية التي تعرضت لتغير بيئي في فترات زمنية مختلفة. وبالتالي، يعتبر التباين المورفولوجي مصدرًا لا يقدر بثمن للمعلومات التي تثري المعرفة بالعمليات الديناميكية للأنظمة البيئية. (Gerber et al., 2008)

لدراسة سبب الأنماط في المورفولوجيا، يجب إجراء التجارب لتقييم درجة اختلاف البيئة الغذائية والتحليل الجيني داخل أنواع البوري. قد يكون التباين المورفولوجي في شكل حصوة الأذن داخل أنواع البوري ناتجًا عن استجابة تطورية مثل التهجين. (Langerhans et al., 2003).

References:

- Adams, D.C., Rohlf, F.J., & Slice, D.E. (2004).** Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, 71(1): 5–16
- Asmamaw, B., & Tessema, M. (2021).** Morphometric Variations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)(Linnaeus, 1758)(Perciformes, Cichlidae) collected from three rift valley Lakes in Ethiopia. *JAFH*, 10, 341-355.
- Bani, A., Poursaeid, S., & Tuset, V. M. (2013).** Comparative morphology of the sagittal otolith in three species of south Caspian gobies. *Journal of Fish Biology*, 82(4), 1321-1332.
- Bookstein, F. L. (1991).** Morphometric tools for land-mark data. Geometry and biology. Cambridge Univ.Press, New York.
- Brusatte, S.L., Butler, R.J., Prieto-Márquez, A., Norell, M.A., (2012).** Dinosaur morphological diversity and the end-Cretaceous extinction. *Nature Communications*. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms1815>
- Campana, S. E. (2004).** *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean* (No. 133). NRC Research press.
- Chien, A., Kirby, R., & Sheen, S. S. (2018).** One cryptic species of grey mullet (*Mugil cephalus* mitotype: NWP3) from Taiwan's waters is worth cultivating for large roes using aquaculture. *Aquaculture Research*, 49(10), 3477-3481.
- Cossu, P., Mura, L., Scarpa, F., Lai, T., Sanna, D., Azzena, I., ... & Casu, M. (2021).** Genetic patterns in *Mugil cephalus* and implications for fisheries and aquaculture management. *Scientific Reports*, 11(1), 2887.
- El-Zaeem, S. Y. (2011).** Phenotype and genotype differentiation between flathead grey mullet [*Mugil cephalus*] and thinlip grey mullet. *African Journal of Biotechnology*, 10(46), 9485-9492.
- Firidin, S., Eroglu, O., & Kutlu, I. (2017).** Optimizing DNA extraction method for archived otoliths. *Genetics of Aquatic Organisms*, 1(2), 57-60.
- Koerberle, A. L., Arismendi, I., Crittenden, W., Leer, D., & Noakes, D. L. (2020).** Fluctuating asymmetry of adult Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) otoliths from wild and hatchery origins. *Aquatic Ecology*, 54(1), 431-446.
- Norman, M. L., Jonathan, K., & Kate, E. J. (2013).** Geometric morphometric approaches to acoustic signal analysis in mammalian biology. *Virtual Morphology and Evolutionary Morphometrics in the new millenium.*, 110.
- Rohlf, F. J. (2003).** Bias and error in estimates of mean shape in geometric morphometrics. *Journal of Human Evolution*, 44(6), 665-683.
- Rohlf, F. (2008).** tpsRelw, Relative Warps Analysis, version 1.46 (computer software). Department of Ecology and Evolution, State Univ. of New York at Stony Brook.
- Rohlf, F. J. (2009).** tpsDig version 2.14. Stony Brook: Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Russo, T., Pulcini, D., O'Leary, Á., Cataudella, S., & Mariani, S. (2008).** Relationship between body shape and trophic niche segregation in two closely related sympatric fishes. *Journal of Fish Biology*, 73(4), 809-828.

Ponton D. (2006). Is geometric morphometrics efficient for comparing otolith shape of different fish species? *J. Morphol.*, 267(6): 7507

Sadighzadeh, Z., Tuset, V. M., Valinassab, T., Dadpour, M. R., & Lombarte, A. (2012). Comparison of different otolith shape descriptors and morphometrics for the identification of closely related species of *Lutjanus* spp. from the Persian Gulf. *Marine Biology Research*, 8(9), 802-814.

Tuset V.M., Lombarte A., Assis C.A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Sci. Mar.*, 72(S1): 7-198.

Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., & Sheets, H. D. (2012). *Geometric morphometrics for biologists: A primer (Second Edition)*. Elsevier Academic Press.

Więcaszek, B., Nowosielski, A., Dąbrowski, J., Górecka, K., Keszka, S., & Strzelczak, A. (2020). Fish size effect on sagittal otolith outer shape variability in round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas 1814). *Journal of Fish Biology*, 97(5), 1520-1541.