

נספח 3. כיול המודל - בחירת הקבוע המתאים ביותר (C best fitting)

מאחר ו- C הוא מדד שהשפעתו על הכמות שהמודל מחשב ישירה, אך קשה להעריך אותו באופן אינטואיטיבי (מאחר והיחידות שלו חסרות משמעות פרקטית), ניתן לחשב אותו באופן עקיף; כלומר, להשאיר אותו כנעלם יחיד במשוואה 3 לאחר שהתוצאה (AC_i) נקבעת מראש עבור N מינים נבחרים (כלומר, לפעול באופן אינדוקטיבי). יישום השיטה נעשה על ידי בחירה של $N = 15$ מינים מייצגים ושימוש בהערכת מומחים של הכמות השנתית הניתנת לאיסוף מכל מין (AC_i) מתוך אותם מינים מייצגים. חמשה-עשר המינים שנבחרו (מתוך 273 מיני דגים שנכנסו למודל) הם מינים מוכרים המייצגים מגוון רחב של קבוצות פונקציונאליות, נישות אקולוגיות שונות ומדד הפגיעות שלהם שונה. בשלב הבא, על סמך הערכות המומחים, חושב ערך C המתאים ביותר עבור אותם מינים מייצגים (מוסבר בפירוט מטה) שהוצב במשוואה 3 לצורך חישוב מגבלת האיסוף השנתי עבור כל המינים האחרים.

הבקשה להערכת מומחה נשלחת במקביל ל- 19 חוקרים שנשאלו בצורה ברורה: "כמה סביר לגרוע מהמערכת האקולוגית הטבעית לטובת תצוגה במצפה, בהינתן שהאיסוף הוא איסוף "מקיים" (כלומר, לא תצטבר פגיעה במינים שאותם אוספים, או באיזון של המערכת האקולוגית)". התייחסנו למומחה כמי שמבצע סקרים ומחקר פעיל על נושאים באקולוגיה של דגים, או בעל ניסיון מחקרי רב שנים בשוניות אילת. רוב מוחלט של המומחים משתתף באופן פעיל בסקרי דגים במספר מחנות אקולוגיים, והינו בעל היכרות ויכולת זיהוי מצוינות עם דגי מפרץ אילת. כרבע מן המומחים היו חוקרים מן המניין או בגמלאות במוסדות אקדמיים. לא היה לכל אחד מן המומחים מידע על הערכותיהם של עמיתיו, והם הונחו לגבש את הערכתם באופן עצמאי. כדי שלחוקרים תהיה אפשרות לבסס את הערכותיהם על נתונים ולא רק על סמך התרשמותם מבתי הגידול באילת, סופקו להם נתונים שעשויים להיות רלוונטיים לקביעת הערכותיהם (כגון, מדד פגיעות, שכיחות יחסית, מדרג מין הדג ברשימת השכיחויות, דיאטה ואנדמיות).

לאחר קבלת תשובות המומחים, חושב עבור כל מין (מתוך 15 המינים שלגביהם הם נשאלו) החציון של 19 הערכות ששימש כערך המייצג עבור הכמות השנתית הניתנת לאיסוף מאותו מין (טבלה 1). השימוש בחציון ולא בממוצע נקבע מראש, טרם קבלת התשובות מהחוקרים, והוא נעשה מאחר שסביר שהתפלגות הנתונים אינה נורמלית ויש צורך להימנע מהטיה של הערך הנבחר על ידי הערכות חריגות.

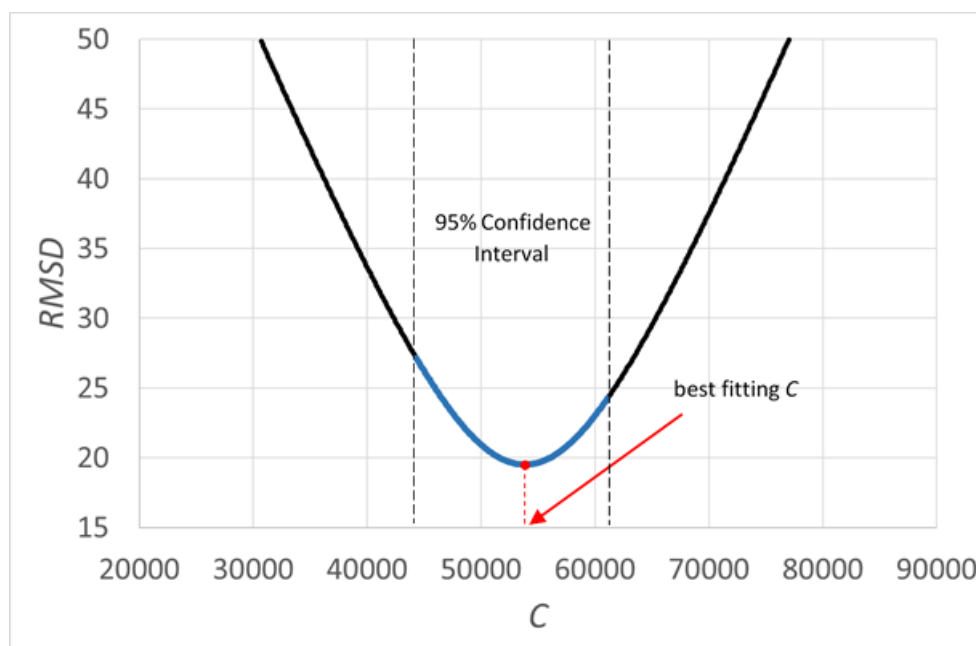
טבלה 1. ריכוז של 19 הערכות מומחים לגבי כמות הדגים שסביר לאשר לאסוף מידי שנה מ- 15 מיני דגים שנבחרו. פירוט כותרות העמודות של הפרמטרים הסטטיסטיים: Med – חציון; Mean – ממוצע; SD – סטיית תקן; CI – רווח סמך; CV – מקדם השונות (CV=SD/Mean); min/max – הערכה מרבית/מזערית מבין 19 ההערכות.

מין הדג	מספר סידורי של המומחה																			פרמטר סטטיסטי						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Med	Mean	SD	CI	CV	MIN	Max
<i>Taeniura lymma</i>	0	0	0.2	0	2	2	0	0	2	3	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0.7	1.1	0.5	151.2	0	3
<i>Chaetodon semilarvatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0.4	1.2	0.5	328.8	0	5
<i>Cheilinus undulatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0.4	1.2	0.5	328.8	0	5
<i>Variola louti</i>	1	2	2	2	40	12	2	2	8	5	5	3	1	2	7	5	0	10	1	2	5.8	8.9	4.0	154.0	0	40
<i>Rhinecanthus assasi</i>	0	1	0.5	0.1	10	12	2	0	5	3	5	10	1	0	4	5	2	10	6	3	4.0	4.0	1.8	98.1	0	12
<i>Gomphosus caeruleus</i>	1	2	1	1	25	30	2	2	10	4	5	4	1	3	10	5	5	30	6	4	7.7	9.6	4.3	124.0	1	30
<i>Thalassoma lunare</i>	1	2	4	2	50	30	2	2	10	5	7	15	1	10	10	7	5	20	10	7	10.2	12.1	5.5	119.4	1	50
<i>Siganus luridus</i>	0	2	20	1	50	50	8	2	20	10	7	10	10	20	5	6	5	50	20	10	15.6	16.7	7.5	106.9	0	50
<i>Labroides dimidiatus</i>	1	2	4	3	30	30	10	8	20	5	10	15	10	10	7	9	8	50	40	10	14.3	13.6	6.1	95.2	1	50
<i>Zebrasoma xanthurum</i>	3	8	8	10	100	40	10	10	25	10	15	30	10	6	30	14	10	30	10	10	19.9	21.9	9.9	110.0	3	100
<i>Epinephelus fasciatus</i>	1	3	10	4	60	40	5	2	35	50	15	10	4	10	25	14	8	50	2	10	18.3	19.1	8.6	104.0	1	60
<i>Chaetodon paucifasciatus</i>	20	10	6	16	60	40	12	10	30	10	20	20	10	10	50	18	10	50	6	16	21.5	16.6	7.4	77.1	6	60
<i>Pseudochromis fridmani</i>	20	7	6	30	70	30	10	15	30	10	25	30	20	6	40	23	10	100	60	23	28.5	24.5	11.0	86.0	6	100
<i>Chromis viridis</i>	200	300	300	200	500	500	200	300	300	500	300	200	200	100	1000	285	50	500	200	300	322.9	211.2	95.0	65.4	50	1000
<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	250	300	300	300	800	400	400	300	200	500	300	250	200	40	1200	285	50	500	100	300	351.3	269.3	121.1	76.7	40	1200

לאחר מכן, המודל חושב עבור ערכי C שונים. ערך ה- C שנבחר היה זה שנתן את מידת אי-הדמיון הנמוכה ביותר בין תוצאות המודל והחציונים של הערכות המומחים עבור אותם 15 מינים נבחרים (Goodness-of-Fit). מידת אי-הדמיון חושבה באמצעות מדד Root-mean-square deviation (RMSD) ^[2] על פי המשוואה הבאה:

$$\text{Eq. 1: } RMSD_C = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (\widetilde{AC}_n - AC_{n_C})^2}{N}}$$

כאשר, n הוא אינדקס המונה את מין הדג מתוך $N = 15$ מינים נבחרים/מייצגים, $\widetilde{AC}_n$ הוא החציון של הערכות המומחים לגבי מגבלת האיסוף השנתית של מין n ו- AC_{n_C} הוא מגבלת האיסוף השנתית של מין n המחושבת על פי המודל עבור C ספציפי. לאחר שמשוואה זו חושבה עבור ערכי C שונים בטווח שבין 1 ל- 100,000 ובאינטרוול של 1, נבחר ה- C שעבורו $RMSD$ הוא מינימלי (כלומר, נותן את מידת ההתאמה הגבוהה ביותר בין הערכות החוקרים והחישוב על פי המודל). המקדם שעבורו $RMSD$ הוא מינימלי היה $C=53,781$ (ראו איור 1) עם רווח סמך של 44,341-61,075 ברמת סמך של 95% [חושב בפרוצדורת bootstrap על פי Carpenter and Bithell ^[1] על בסיס 1,000 פרמוטציות]. ערך זה הוצב במשוואה 3 (המוצגת במאמר) ושימש לחישוב מגבלת האיסוף השנתית עבור כל המינים שהמצפה ביקש לאסוף.



איור 1. Root-mean-square deviation (RMSD) [2] כפונקציה של C . הנקודה האדומה היא נקודת המינימום של העקומה ($C=53,781$) שבה מידת אי-הדמיון בין הערכת המומחים ובין תוצאת המודל ($RMSD$) היא מינימאלית. החלק הכחול של העקומה שנמצא בין שני הקווים השחורים המקווקווים הוא רווח הסמך ברמת סמך של 95% שחושב בפרוצדורת bootstrap על בסיס 1,000 פרמוטציות [1].

מאחר וחוות דעת המומחים מושענת על 19 הערכות של מומחים עבור כל מייצג, תפיסה מוטה של מומחה בודד לגבי מין כלשהו, תשפיע בצורה מינורית על ההערכה המתקבלת עבור אותו מין. בדומה, בזכות הליך הבחירה של C בשיטה בה נמצא ה- $RMSD$ המינימלי עבור 15 מינים מייצגים, הטיה של הערכת המומחים לגבי אחד מהמינים, תשפיע גם היא בצורה מינורית על ההערכה המתקבלת עבור כלל המינים. בנוסף, ישנו הליך סדור המתבסס על דיגום אינטנסיבי של בתי גידול ועל מאפייני המינים כדי לחשב את הערכיות של כל מין, מה שמביא לכך שחוות דעת המומחים הופכות להיות רק חלק אחד מתוך מכלול שיקולים ולא גורם בודד/דומיננטי.

מקורות לנספח 3

[1] Carpenter J and Bithell J. 2000. Bootstrap confidence intervals: When, which, what? A practical guide for medical statisticians. *Statistics in Medicine* **19**: 1141-1164.

[2] Cheung GW and Rensvold RB. 2002. Evaluating Goodness-of-Fit Indexes for testing measurement invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal* **9**(2): 233-255.