

Onlinebeispiel 10.6. Schätzung der Populationsgröße einer Population des australischen Baumgeckos *Gehyra variegata* mit Programm CAPTURE

Kapitel 10.3.3 aus Henle, K., A. Grimm-Seyfarth & B. Gruber: Erfassung und Analyse von Tierpopulationen. Ulmer Verlag

Klaus Henle

15.04.2025

Im Rahmen einer Untersuchung zu den Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Reptilienpopulationen (Grimm-Seyfarth et al. 2018) wurden im März 1997 an der Feldstation im Kinchega Nationalpark, Australien, während acht Nächten Baumgeckos (*Gehyra variegata*) per Hand gefangen und durch Krallenamputation markiert. Zusätzlich erhielten alle gefangenen Tiere Farbmarkierungen, die jedoch aufgrund von Häutungen nur wenige Tage erhalten blieben. Farbmarkierte Geckos wurden als Wiederfänge notiert, aber nicht erneut gefangen. Die Untersuchung wurde bereits im Beispiel 10.5 (Kap. 10.2) vorgestellt. Hier erläutern wir die Auswertung der Daten mit der Jackknife-Methode unter Verwendung der Onlineversion von Programm CAPTURE.

Online Bedienung von Programm CAPTURE

Die Bedienung des Programms CAPTURE ist relativ einfach und benötigt nur wenige Programmzeilen sowie die eigenen Daten. Für ausführliche Gebrauchsanleitungen siehe White et al. (1982), Hines (1987) und Rexstad & Burnham (1991). In diesem Beispiel haben wir die Onlineversion von CAPTURE (Hines 1987) verwendet, in der man die Programmzeilen und die Daten einfach als Text eintippt und dann das Programm ausführen lässt.

Nach Aufrufen der Onlineversion (Hines 1987) erhält man Beispiele für die Dateneingabe und eine Box mit einem Beispiel. Bevor wir die benötigten Schritte erläutern, geben wir ein paar generelle Hinweise. Die Software zum Programm wurde 2025 geändert, so dass einzelne Befehle nicht mehr so funktionieren wie in früheren Anleitungen. Jim Hines optimiert derzeit das Programm, um entsprechende Anleitungen zu geben, die in unserm Beispiel bereits berücksichtigt werden.

Für unser Beispiel enthält die erste Zeile den Titel für die Analyse, die zweite Zeile die Information über die Datenstruktur und die Anzahl der Fanggelegenheiten und die dritte Zeile den Befehl, die Daten einzulesen. Achtung, es darf kein Leerzeichen zwischen Occasions, Gleichheitszeichen und der Anzahl Fanggelegenheiten stehen. Früher gab es noch eine separate

Zeile für das Datenformat, die in der aktuellen Onlineversion jedoch Fehler produzieren kann und nicht mehr benötigt wird.

Title='Populationsgroesse von *Gehyra variegata*, Kincheha NP, März 1997'

Task Read Captures Occasions=7 X Matrix

Read input data

Es sollte beim Titel und auch bei den folgenden individuellen Identifikationsnamen darauf geachtet werden, dass gerade Anführungszeichen verwendet werden, da Textprogramme, je nach Einstellung, manchmal andere Anführungszeichen verwenden. Außerdem sollten keine Begriffe verwendet werden, die 'capture' oder einem der Modellnamen in CAPTURE ähneln, da dies zu Problemen führen kann. Die Modellnamen stehen auf der online Seite vor der Eingabe-Box. Anschließend werden die Daten eingefügt. Dabei ist zu beachten, dass zwischen der individuellen Kennnummer und der Fanggeschichte des Individuums genau eine Leerstelle eingefügt wird. Wir verwenden hier nur sieben der acht Fanggelegenheiten, da in der siebten Nacht aufgrund ungünstiger Erfassungsbedingungen nur sehr wenige Individuen gefangen werden konnten. Damit vermeiden wir einen starken Zeiteffekt.

Nach Einfügen der Daten benötigt man nur noch die folgenden Befehlszeilen:

Task Model Selection

Task Closure Test

Task Population Estimate ALL

Die ersten beiden Zeilen sind nicht unbedingt erforderlich, sollten aber unserer Meinung nach stets eingefügt werden, da nur dann die Annahmen des oder der verwendeten Modelle getestet werden. Die letzte Programmzeile in unserem Fall bedeutet, dass alle in CAPTURE implementierten Modelle verwendet werden. Man kann die Analyse aber auch auf einzelne Modelle, in unserem Falle auf Jackknife, oder auf das von CAPTURE präferierte Modell (appropriate) beschränken. Dies sollte vor allem dann gemacht werden, wenn bei ALL Fehler / Probleme entstehen, weil einzelne Modelle nicht berechnet werden können, weil die iterativen Algorithmen keine Lösung finden.

In unserem Beispiel besteht das gesamte Programm aus folgenden Zeilen:

```
title='populationsgroesse geckos kincheha 1997'
task read captures occasions=7 x matrix
read input data
g0007 0100000
g0032 0001000
g0040 1000000
g0070 0000011
g00y2 0000001
g0106 1000000
g0170 0000100
g0226 0001100
g0242 1000111
```

g0260 1111100
g0262 0111011
g0264 0001000
g0267 1000001
g0281 1000010
g0284 0000100
g0300 0110000
g0304 0111000
g0306 0111111
g0309 1001010
g0312 1111111
g0320 0000011
g0325 0000001
g0352 1111110
g0353 1001000
g0354 0011100
g0362 0000001
g0365 1000100
g0366 1111100
g0367 1000001
g0383 1101000
g0384 0001001
g0387 1100010
g0393 1000011
g0396 0001001
g0397 0001000
g0419 1010010
g0420 0001001
g0428 0000001
g0430 0010000
g0431 1111000
g0437 0111000
g0444 0000101
g0451 0100001
g0454 0100001
g0471 0010001
g0476 0111001
g0477 0010000
g0485 0101000
g0486 0000011
g0513 0100000
g0514 1111111
g0522 1111010
g0523 0000001
g0525 1000000
g0526 1111111
g0527 1000000
g0528 1000000
g0529 1100001
g0530 1110001
g0531 1000010
g0532 1000000
g0533 1001010
g0534 0111111
g0535 0010010

g0536 0010000
g0537 0010000
g0538 0010000
g0539 0000100
g0540 0000001
g0541 1101000
g0542 1000000
g0543 0000001
g0544 1000010
g0545 0000001
g0546 0000001
g0547 1100000
g0548 0000001
g0550 0000010
g0551 0000010
g0552 0000010
g0553 0000011
g0554 0000010
g0555 0000011
g0557 0000001
g0558 0000001
g0559 0000001
g0560 1111101
g0561 0010000
g0562 0011110
g0563 0010000
g0564 0010011
g0565 0010000
g0566 0010001
g0567 0010100
g0568 0011110
g0569 0010000
g0570 0000010
g0571 1010000
g0572 1100000
g0573 0010000
g0574 0100000
gz574 1110000
g0575 0011011
g0576 0010000
g0577 0100000
g0578 0010000
g0579 0010011
g0580 0100000
g0581 0100000
g0582 0110101
g0583 0100000
g0584 0011101
g0585 0010000
g0586 0010100
g0587 0010000
g0588 0010000
g0589 0010000
g0590 0110001
g0591 0100000

g0592 0101100
g0593 0100100
g0594 0101100
g0595 0101000
g0596 0100000
g0597 0100110
g0598 0100000
g0599 0100010
g0600 0001000
g0601 0000001
g0602 0000001
g0603 0001000
g0604 0000001
g0605 0001000
g0606 0001000
g0607 0001000
g0608 0000100
g0609 0001111
g0610 0001001
g0611 0001001
g0612 0001000
g0613 0001000
g0614 0000100
g0615 0000100
g0616 0000101
g0617 0000111
g0618 0000100
g0619 0000010
g0620 0000001
g0642 0000001
g0649 0000001
g0650 0000001
g0689 0100000
g0702 1111111
g0703 1100100
g0723 1001111
g0727 1000001
g0730 1010011
g0740 1111110
g0741 0100001
g0742 0010000
g0743 1000000
g0744 0010000
g0745 1011010
g0746 1111111
g0747 0000100
g0749 1000000
g0750 0000001
g0753 1011111
g0763 1100010
g076x 0010000
g0773 1111111
g0783 1100000
g0791 0010001
g0793 1111111

```

g0911 0001000
g0sx8 1010111
g0x42 1000001
g0x46 1000001
gmx4x 0111111
gwx4x 1000001
g0x62 1000001
g0x90 0000100
g0xx0 1000010
g1000 0001000
g1004 0000010
g1402 0010000
g1a63 0010001
g2001 0000001
g2324 1010001
g40y0 0000001
gx332 0100000
task model selection
task closure test
task population estimate jackknife

```

Ergebnisse mit 7 Fanggelegenheiten

Die kompletten erhaltenen Ergebnisse fügen wir unten ein. Der Test auf geschlossene Population gibt keinen Hinweis, dass dies nicht der Fall war. Die Anpassungstest und Test zwischen alternativen Modellen ergaben signifikante Werte für verhaltensbedingt, individuell und zeitlich variierende Fangwahrscheinlichkeiten und dementsprechend M_{bht} als wahrscheinliches Modell und M_h als zweites, aber schon deutlich weniger wahrscheinliches Modell. Für M_{bht} gibt es in CAPTURE kein Modell. Was macht man hier? Entweder man nimmt das auf dem Jackknife Schätzer basierende Ergebnis für M_h ($\hat{N} = 322 \pm 27$, mit einem 95%-Vertrauensintervall von 297-387), da Heterogenität aufgrund der unterschiedlichen Höhen und Versteckmöglichkeiten der Hütten mit Sicherheit gegeben war, und diskutiert das Ergebnis vorsichtig oder man macht die Analyse mit Programm CARE-2 (Chao & Yang 2006), in dem für M_{bht} Modelle implementiert sind (Kap. 10.3.8).

Wenn man sich die erhaltenen Ergebnisse sorgfältig anschaut, sieht man, dass die Anzahl gefangener Individuen bei der letzten Fanggelegenheit deutlich höher lag als bei den übrigen Fanggelegenheiten. Dies eröffnet als weitere Alternative die Möglichkeit, nur die ersten 6 Fanggelegenheiten für die Analyse zu verwenden, in dem man in der zweiten Programmzeile die 7 durch eine 6 ersetzt. Wenn man stattdessen die 6. Fanggelegenheit nicht berücksichtigen möchte, kann man in den vorletzten beiden Programmzeilen am Ende der Zeile einfügen: occasion=1-5,7. In der letzten Zeile muss dies dann vor der Methode eingefügt werden. Achtung, hier steht occasion als Singular und auch hier dürfen keine Leerzeichen eingefügt werden. Für unser Beispiel mit den ersten 6 Fanggelegenheiten erhält man dann signifikante Tests und eine sehr deutliche Präferenz für M_h . Der Jackknife-Schätzer beträgt $\hat{N} = 364 \pm 30$, mit einem

95%-Vertrauensintervall von 313-433, also etwas höher als unter Verwendung von sieben Fanggelegenheiten.

Literatur

Chao, A., Yang, H.-C. (2006) User Guide for Program CARE-2.

<https://sites.google.com/view/chao-lab-website/software/care> (abgerufen am 3.3.2025).

Grimm-Seyfarth A., Mihoub J.-B., Gruber B., Henle K. (2018): Some like it hot: From individual to population responses of an arboreal arid-zone gecko to local and distant climate. – Ecological Monographs 88: 336–352.

Hines J. (1987) CAPTURE. <https://www.usgs.gov/software/capture> (abgerufen am 31.03.24).

Rexstad E., Burnham K. (1991) User's Guide for Interactive Program CAPTURE. Abundance Estimation of Closed Populations. Colorado Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Fort Collins.

White G.C., Anderson D.R., Burnham K.P., Otis D.L. (1982) Capture-Recapture and Removal Methods for Sampling Closed Populations. Los Alamos National Laboratories, Los Alamos.

Ausgabe von CAPTURE unter Verwendung der ersten 6 Fanggelegenheiten

Mark-recapture population and density estimation program

Version of 16 May 1994 17.4.2025, 14:40:36

Input---tttitle='populationsgroesse geckos kinchega 1997'

Input---task read captures occasions=6 x matrix

Input---read input data

Input---g0007 0100000

Input---g0032 0001000

Input---g0040 1000000

Input---g0070 0000011

Input---g00y2 0000001

Input---g0106 1000000

Input---g0170 0000100

Input---g0226 0001100

Input---g0242 1000111

Input---g0260 1111100

Input---g0262 0111011

Input---g0264 0001000

Input---g0267 1000001

Input---g0281 1000010

Input---g0284 0000100

Input---g0300 0110000

Input---g0304 0111000

Input---g0306 0111111

Input---g0309 1001010

Input---g0312 1111111

Input---g0320 0000011

Input---g0325 0000001

Input---g0352 1111110

Input---g0353 1001000
Input---g0354 0011100
Input---g0362 0000001
Input---g0365 1000100
Input---g0366 1111100
Input---g0367 1000001
Input---g0383 1101000
Input---g0384 0001001
Input---g0387 1100010
Input---g0393 1000011
Input---g0396 0001001
Input---g0397 0001000
Input---g0419 1010010
Input---g0420 0001001
Input---g0428 0000001
Input---g0430 0010000
Input---g0431 1111000
Input---g0437 0111000
Input---g0444 0000101
Input---g0451 0100001
Input---g0454 0100001
Input---g0471 0010001
Input---g0476 0111001
Input---g0477 0010000
Input---g0485 0101000
Input---g0486 0000011
Input---g0513 0100000
Input---g0514 1111111
Input---g0522 1111010
Input---g0523 0000001
Input---g0525 1000000
Input---g0526 1111111
Input---g0527 1000000
Input---g0528 1000000
Input---g0529 1100001
Input---g0530 1110001
Input---g0531 1000010
Input---g0532 1000000
Input---g0533 1001010
Input---g0534 0111111
Input---g0535 0010010
Input---g0536 0010000
Input---g0537 0010000
Input---g0538 0010000
Input---g0539 0000100
Input---g0540 0000001
Input---g0541 1101000
Input---g0542 1000000
Input---g0543 0000001
Input---g0544 1000010
Input---g0545 0000001

Input---g0546 0000001
Input---g0547 1100000
Input---g0548 0000001
Input---g0550 0000010
Input---g0551 0000010
Input---g0552 0000010
Input---g0553 0000011
Input---g0554 0000010
Input---g0555 0000011
Input---g0557 0000001
Input---g0558 0000001
Input---g0559 0000001
Input---g0560 1111101
Input---g0561 0010000
Input---g0562 0011110
Input---g0563 0010000
Input---g0564 0010011
Input---g0565 0010000
Input---g0566 0010001
Input---g0567 0010100
Input---g0568 0011110
Input---g0569 0010000
Input---g0570 0000010
Input---g0571 1010000
Input---g0572 1100000
Input---g0573 0010000
Input---g0574 0100000
Input---gz574 1110000
Input---g0575 0011011
Input---g0576 0010000
Input---g0577 0100000
Input---g0578 0010000
Input---g0579 0010011
Input---g0580 0100000
Input---g0581 0100000
Input---g0582 0110101
Input---g0583 0100000
Input---g0584 0011101
Input---g0585 0010000
Input---g0586 0010100
Input---g0587 0010000
Input---g0588 0010000
Input---g0589 0010000
Input---g0590 0110001
Input---g0591 0100000
Input---g0592 0101100
Input---g0593 0100100
Input---g0594 0101100
Input---g0595 0101000
Input---g0596 0100000
Input---g0597 0100110

Input---g0598 0100000
Input---g0599 0100010
Input---g0600 0001000
Input---g0601 0000001
Input---g0602 0000001
Input---g0603 0001000
Input---g0604 0000001
Input---g0605 0001000
Input---g0606 0001000
Input---g0607 0001000
Input---g0608 0000100
Input---g0609 0001111
Input---g0610 0001001
Input---g0611 0001001
Input---g0612 0001000
Input---g0613 0001000
Input---g0614 0000100
Input---g0615 0000100
Input---g0616 0000101
Input---g0617 0000111
Input---g0618 0000100
Input---g0619 0000010
Input---g0620 0000001
Input---g0642 0000001
Input---g0649 0000001
Input---g0650 0000001
Input---g0689 0100000
Input---g0702 1111111
Input---g0703 1100100
Input---g0723 1001111
Input---g0727 1000001
Input---g0730 1010011
Input---g0740 1111110
Input---g0741 0100001
Input---g0742 0010000
Input---g0743 1000000
Input---g0744 0010000
Input---g0745 1011010
Input---g0746 1111111
Input---g0747 0000100
Input---g0749 1000000
Input---g0750 0000001
Input---g0753 1011111
Input---g0763 1100010
Input---g076x 0010000
Input---g0773 1111111
Input---g0783 1100000
Input---g0791 0010001
Input---g0793 1111111
Input---g0911 0001000
Input---g0sx8 1010111

Input---g0x42 1000001
 Input---g0x46 1000001
 Input---gmx4x 0111111
 Input---gwx4x 1000001
 Input---g0x62 1000001
 Input---g0x90 0000100
 Input---g0xx0 1000010
 Input---g1000 0001000
 Input---g1004 0000010
 Input---g1402 0010000
 Input---g1a63 0010001
 Input---g2001 0000001
 Input---g2324 1010001
 Input---g40y0 0000001
 Input---gx332 0100000

Summary of captures read

Number of trapping occasions	6
Number of animals captured	191
Maximum x grid coordinate	1.0
Maximum y grid coordinate	1.0

Input---task model selection

Mark-recapture population and density estimation program
 Version of 16 May 1994 17.4.2025, 14:40:36

Model selection procedure. See this section of the Monograph for details.

Occasion	j=	1	2	3	4	5	6
Animals caught	n(j)=	59	57	67	57	46	52
Total caught	M(j)=	0	59	91	125	144	156
Newly caught	u(j)=	59	32	34	19	12	12
Frequencies	f(j)=	95	26	23	7	8	9

1. Test for heterogeneity of trapping probabilities in population.

Null hypothesis of model $M(o)$ vs. alternate hypothesis of model $M(h)$

Chi-square value = 56.480 degrees of freedom = 2
 Probability of larger value = 0.00000

2. Test for behavioral response after initial capture.

Null hypothesis of model $M(o)$ vs. alternate hypothesis of model $M(b)$

Chi-square value = 0.007 degrees of freedom = 1
 Probability of larger value = 0.93137

3. Test for time specific variation in trapping probabilities.

Null hypothesis of model $M(o)$ vs. alternate hypothesis of model $M(t)$

Chi-square value = 6.341 degrees of freedom = 5
Probability of larger value = 0.27447

4. Goodness of fit test of model M(h)

Null hypothesis of model M(h) vs. alternate hypothesis of not model M(h)

Chi-square value = 7.525 degrees of freedom = 5
Probability of larger value = 0.18441

Test of model M(h) by frequency of capture
(frequencies less than 2t are not calculated.)

Number of captures Chi-square d.f. Probability

1	6.747	5	0.24012
2	7.404	5	0.19230
3	2.536	5	0.77103

Mark-recapture population and density estimation program

Version of 16 May 1994 17.4.2025, 14:40:36

Model selection procedure. See this section of the Monograph for details.

5. Goodness of fit test of model M(b)

Null hypothesis of model M(b) vs. alternate hypothesis of not model M(b)

Chi-square value = 13.907 degrees of freedom = 8
Probability of larger value = 0.08421

5a. Contribution of first capture homogeneity across time

Chi-square value = 3.652 degrees of freedom = 4
Probability of larger value = 0.45513

5b. Contribution of recapture homogeneity across time

Chi-square value = 10.255 degrees of freedom = 4
Probability of larger value = 0.03634

6. Goodness of fit test of model M(t)

Null hypothesis of model M(t) vs. alternate hypothesis of not model M(t)

Chi-square value = 285.998 degrees of freedom = 122
Probability of larger value = 0.00000

7. Test for behavioral response in presence of heterogeneity.

Null hypothesis of model M(h) vs. alternate hypothesis of model M(bh)

Chi-square value = 11.404 degrees of freedom = 11
 Probability of larger value = 0.41008

Model selection criteria. Model selected has maximum value.

Model	M(o)	M(h)	M(b)	M(bh)	M(t)	M(th)	M(tb)	M(tbh)
Criteria	0.73	1.00	0.31	0.47	0.00	0.39	0.26	0.59

Appropriate model probably is M(h)
 Suggested estimator is Jackknife.

Input---task closure test

Mark-recapture population and density estimation program
 Version of 16 May 1994 17.4.2025, 14:40:36

Test for closure procedure. See this section of the Monograph for details.

Overall test results --
 z-value -1.054
 Probability of a smaller value 0.14592

Test of closure by frequency of capture.
 (Frequencies less than 10 are not computed.)
 Number of captures z-value Probability

2 1.153 0.87557
3 -0.712 0.23817

Input---task population estimate jackknife

Mark-recapture population and density estimation program
 Version of 16 May 1994 17.4.2025, 14:40:36

Number of trapping occasions was 6
 Number of animals captured, M(t+1), was 168
 Total number of captures, n., was 338

Frequencies of capture, f(i)
 i= 1 2 3 4 5 6
 f(i)= 95 26 23 7 8 9

	Computed jackknife coefficients				
	N(1)	N(2)	N(3)	N(4)	N(5)
1	1.833	2.500	3.000	3.333	3.500
2	1.000	0.467	-0.233	-0.833	-1.167
3	1.000	1.000	1.225	1.542	1.750

4	1.000	1.000	1.000	0.956	0.914
5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001
6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

The results of the jackknife computations

i	N(i)	SE(i)	.95 Conf. Limits		Test of N(i+1) vs. N(i)
0	168				Chi-square (1 d.f.)
1	247.2	12.05	223.6	270.8	69.392
2	296.6	18.70	260.0	333.3	38.635
3	331.1	24.16	283.8	378.5	27.659
4	354.1	28.24	298.8	409.5	23.672
5	365.8	30.44	306.2	425.5	0.000

Average p-hat = 0.1548

Interpolated population estimate is 364 with standard error 30.4513
 Approximate 95 percent confidence interval 313 to 433

Histogram of f(i)

Frequency 95 26 23 7 8 9

Each * equals 10 points

100	*					
90	*					
80	*					
70	*					
60	*					
50	*					
40	*					
30	*	*				
20	*	*	*			
10	*	*	*	*	*	*

Mark-recapture population and density estimation program
 Version of 16 May 1994 17.4.2025, 14:40:36

S U C C E S S F U L E X E C U T I O N