
Statistical Inference in R and JAGS

Noble Hendrix & Jim Thorson

noblehendrix@gmail.com / james.thorson@noaa.gov

Modelos de captura recaptura CJS

20 January 2016

UDEEC, Concepción Chile

Conceptos Importantes

- Historia de métodos de captura-recaptura
 - Modelos abiertos y cerrados
 - Comprender la relación entre captura-recaptura y modelos dinámicos de ocupamiento de parches
-

¿Porqué usar métodos de captura-recaptura?

1. Mayor detalles demográficos que modelos de ocupamiento
 - ❑ Efectos espaciales
 - ❑ Covariables a nivel individual
 2. Manejo directo del movimiento
 - ❑ ¡Muy difícil de lograr sin datos de marcado!
 3. Tiene en cuenta la no-detección
 - ❑ Igual que en modelos de ocupamiento
-

HISTORIA DE CAPTURA RECAPTURA

Visita relámpago de captura recaptura

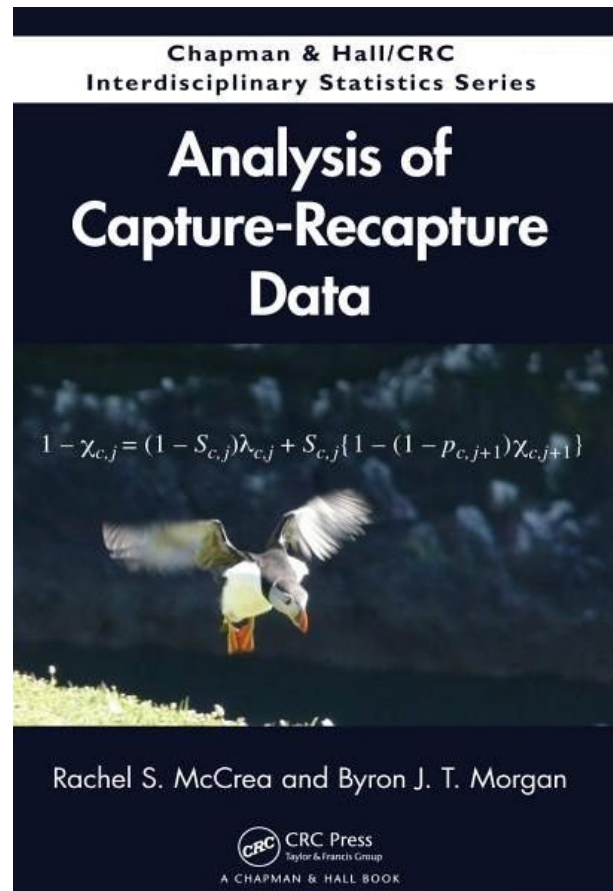
Modelos Cerrados

- Estimador Lincoln-Petersen
- Censo de Schnabel
- Muestras múltiples
- Modelo de comportamiento
- Modelo de Depleción

Modelos Abiertos

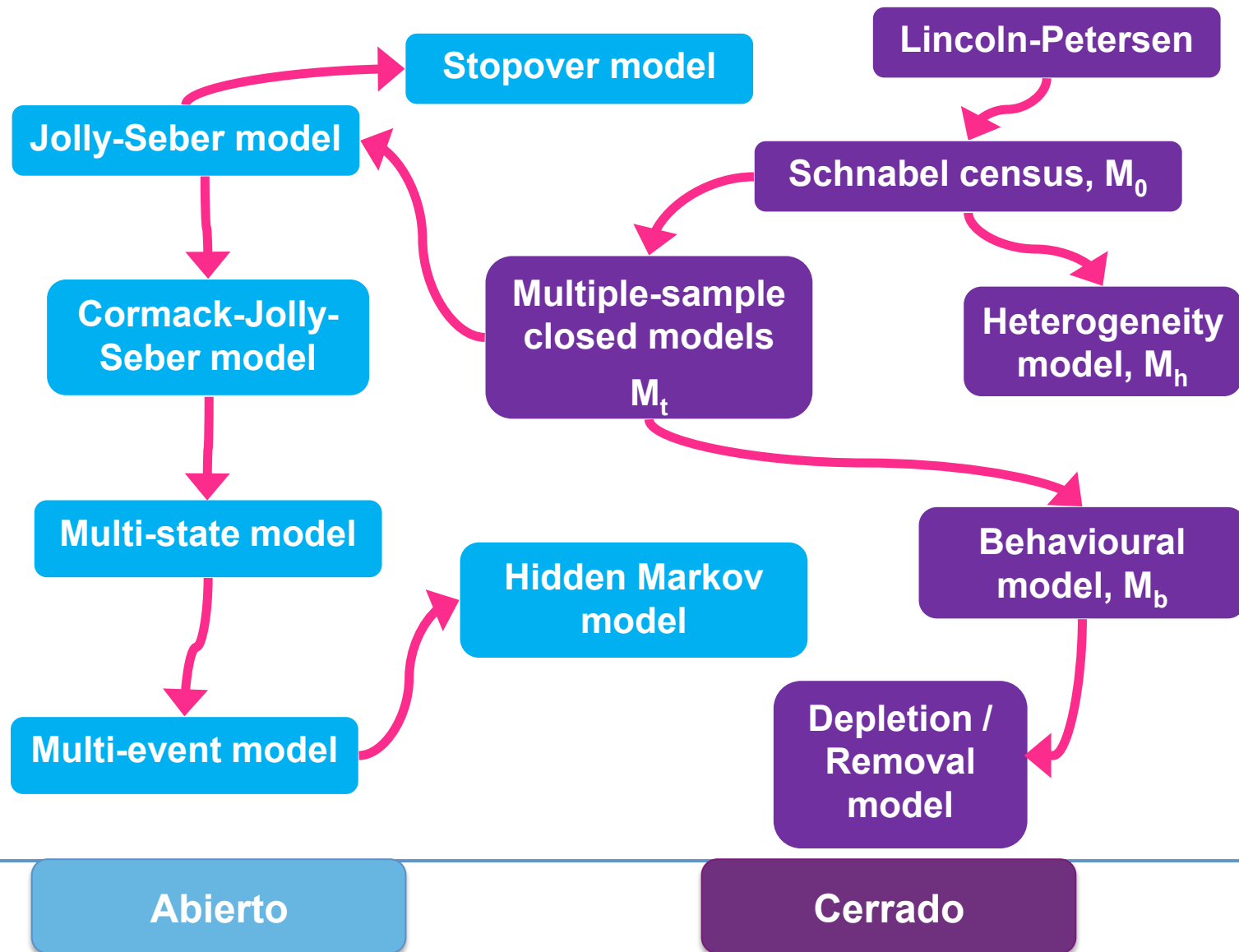
- Modelo Jolly-Seber
 - Modelos Escala
 - Modelo Cormack-Jolly-Seber
 - Modelos Multi-estado
 - Modelos Markovianos ocultos
-

Análisis de Captura Recaptura



- McCrea, R., U de Kent
- Publicación reciente focalizada en captura recaptura
- Programas usados:
 - ❑ MARK, RMARK
 - ❑ M-SURGE
 - ❑ E-SURGE
 - ❑ EstimateN

Hoja de ruta de modelos:



MODELOS POBLACIONALES DINAMICOS ABIERTOS

Algunos modelos importantes

Cormac-Jolly-Seber (CJS)

- ❑ Solo modela supervivencia y detección
- ❑ “Condiciones en la primera detección”

Jolly-Seber model

- ❑ Modela nacimientos, muertes y detecciones
 - ❑ Inferencia fácil al tamaño total poblacional
-

CJS – supervivencia aparente de captura-recaptura

- Supervivencia aparente – mortalidad y emigración permanente confundidas (puede haberse muerto o haberse ido fuera del área de estudio – sin distinción)
 - Enfoque de Espacio-Estado
 - Proceso de Estado: Supervivencia individual
 - Proceso de Observación: dado que el animal esta vivo, es recapturado basado en la probabilidad de captura
 - Enfoque Multinomial – todos los animales con historias de captura similares son agrupados
-

Modelo CJS

State process

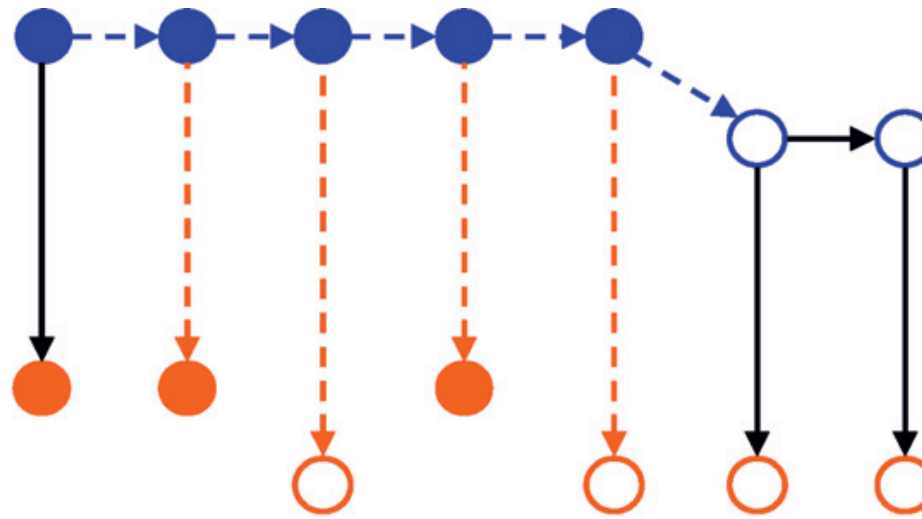
Alive

Dead

Observation process

Seen

Not seen



--> Stochastic processes (survival and recapture)

—> Deterministic process

Figura 7.1 Kery & Schaub (2012) Bayesian Population Analysis.

Cormack Jolly Seber – Espacio Estado

■ Modelo de Proceso

- $f(i)$ = año en la primera captura

$$z_{i,f(i)} \sim 1$$

$$z_{i,t} \sim \text{Bern}(\phi_{i,t} \times z_{i,t-1})$$

- Se sabe que esta vivo en la primera captura y se ignora todo lo anterior

■ Modelo de Observación

$$y_{i,t} \sim \text{Bern}(p_{i,t} \times z_{i,t})$$

■ Parámetros Estimados

- Supervivencia (ϕ_t) y detección ($p_{i,t}$)

Factores posibles que afectan el proceso de muerte

- Presencia de enfermedades
- Factores de condición
- Factores de riesgo – ej., proximidad a fuentes antropogénicas

Probabilidad de un individuo i de supervivir en año t

$$z_{i,t} \sim \text{Bern}(\phi_{i,t}) \text{ for } t > 1$$

$$\text{logit}(\phi_{i,t}) = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{k,i,t}$$

Detección

- Probabilidad de un individuo i de ser detectado en año t

$$y_{i,t} \sim \text{Bern}(z_{i,t} \times p_{i,t})$$

$$\text{logit}(p_{i,t}) = \gamma_0 + \sum_{k=1}^K \gamma_k W_{k,i,t}$$

- Nota – se podría modelar la probabilidad de detección como una función del esfuerzo

$$\text{logit}(p_{i,t}) = \gamma_0 + \gamma_1 E_t$$

CJS – estructura de datos

Individuo	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4
A	1	0	0	1
B	1	1	1	0
C	1	1	0	0
D	1	1	0	0
E		1	0	1
F		1	1	1
G			1	0
...			1	1
ZZ			1	0

Supuestos

- No hay pérdida de marcas
 - ▣ Marcado doble y expansión de modelo puede ayudar a estimar pérdida de marcas
 - No hay identificación errónea de individuos
 - Animales capturados y recapturados son una muestra aleatoria de la población
 - La captura es instantánea, no es tan importante
 - Otros supuestos pueden ser tratados internamente en el modelo (Ej., igual probabilidad de captura)
-

Como varia la probabilidad de detección

- Diferencias medidas entre individuos
 - Covariables
 - Diferencias no medidas entre individuos
 - Efectos aleatorios
 - Diferencias en el tiempo
 - “Efectos de trampa”
 - Aumento o disminución en la probabilidad de ser re-observado
 - Ej., animales que pierden el miedo a los humanos!
-

Efectos aleatorios en la probabilidad de detección

■ Efectos aleatorios para los individuos

$$\text{logit}(p_{i,t}) = \gamma_0 + \sum_{k=1}^K \gamma_k W_{k,i,t} + \epsilon_i$$

$$\epsilon_i \sim N(0, \sigma_p^2)$$

Diseño Robusto de Pollock

- Kendall et al. (1995) usaron un método por el que tienen periodos abiertos (secundarios) y cerrados (primarios)
- Obtienen información de la probabilidad de detección mediante remuestreo durante los periodos cerrados

Datos de Robust Design

Individuo	Año 1	Año 2	Año 3
A	0,0,0	1,1,0	1,1,1,
B	1,0,1	0,0,0	1,1,1,
C	1,1,1	1,0,1	1,0,0
...
Z	0,0,0	1,1,0	1,0,1

3 muestras por año

Estimación

- Mark, RMark
 - Modelos JAGS – relativamente fácil de implementar la verosimilitud de datos completa vía aumento de datos.
-