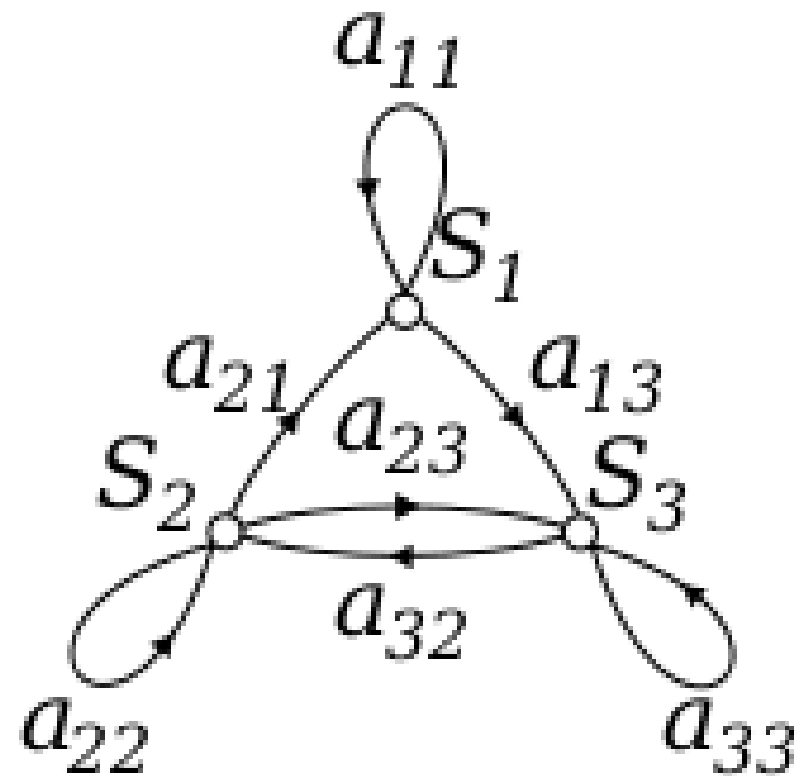


10. Modelos multi-estados



Resumo

1. Multi-estados

Ideia geral

Motivações

Parâmetros estimados

Premissas

Cormack-Jolly-Seber

São usadas para modelar diferentes taxas para dois ou mais grupos (e.g., sexo, idade). Covariáveis categóricas equivale à estratificação da população em grupos.



Parâmetros específicos
para machos e fêmeas de
Cinclus cinclus

Lebreton *et al.* (1992)

Cormack-Jolly-Seber

Possibilidade de modelar covariáveis individuais, temporais ou grupo-específicas.

Parâmetros como as probabilidades de captura e sobrevivência como funções lineares de variáveis explanatórias contínuas e categóricas. Função de ligação restringe as variáveis resposta.

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1(\text{SEX}) + \beta_2(\text{FLOOD}) + \beta_3(\text{SEX.FLOOD}) + \epsilon$$

Lebreton *et al.* (1992)

Cormack-Jolly-Seber

Covariáveis individuais fixas, não mudam ao longo do tempo.

Modelo multi-estados

Probabilidades de transição estocástica (ψ - psi) entre categorias, fenótipos ou “estados”:

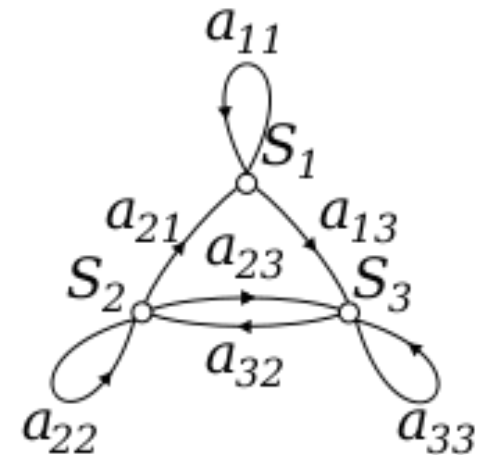
- Áreas
- Status reprodutivo
- Doença
- Peso/nutrição

Et cetera...

Modelo multi-estados

Transições entre estados são representadas por processos de Markov de primeira ordem.

Cadeia de Markov



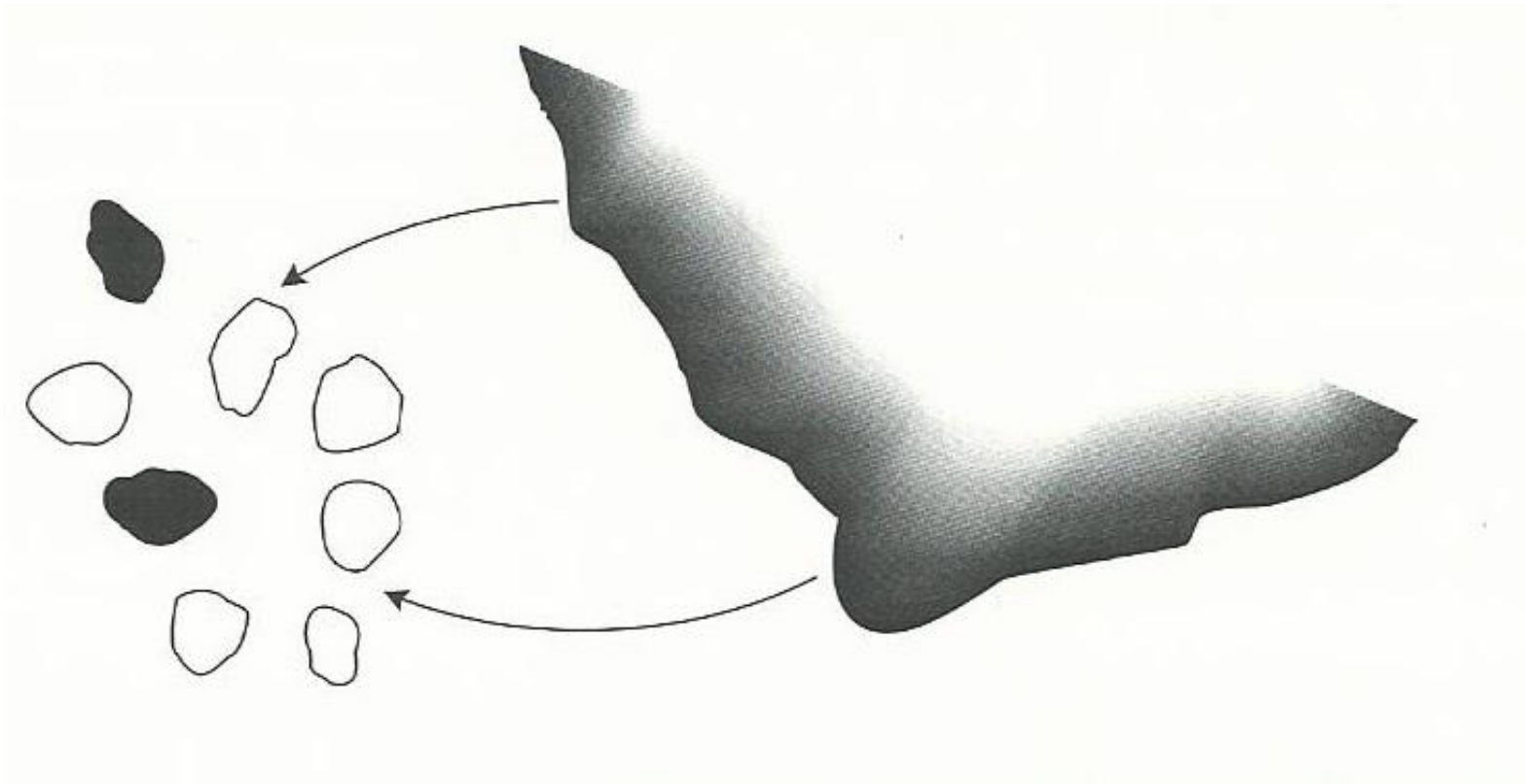
Motivações

- Custo da reprodução em estudos sobre evolução de histórias de vida.

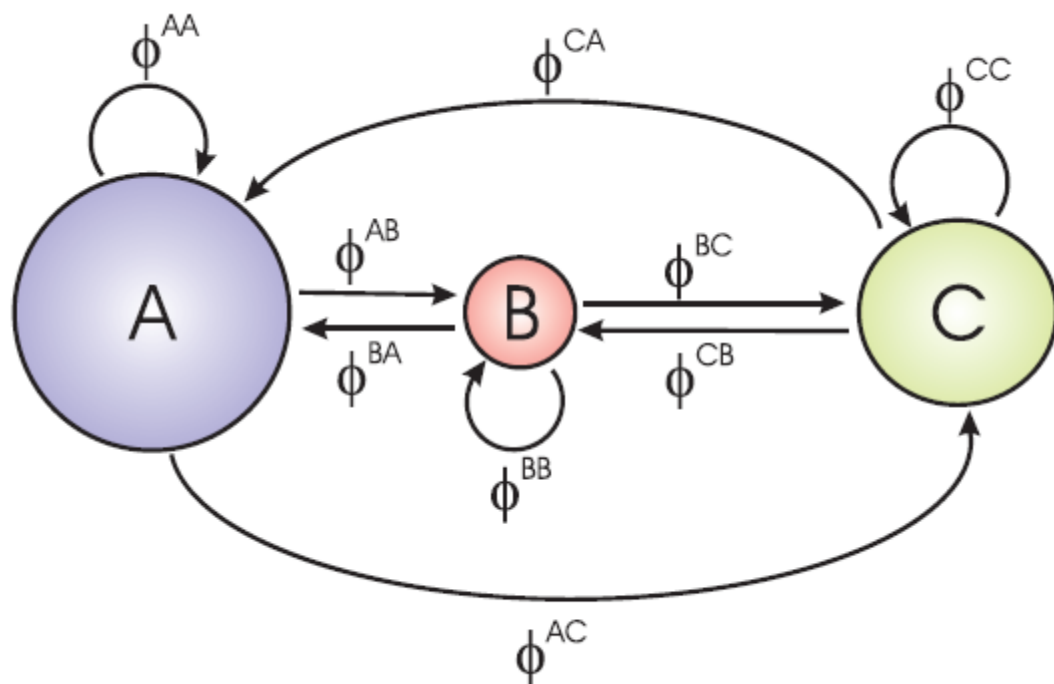


Motivações

- Meta-populações



Movimentos entre três áreas (meta-populações)



Exemplos de modelos:

- Sobrevivência em função do tamanho
- Transições em função da distância/isolamento

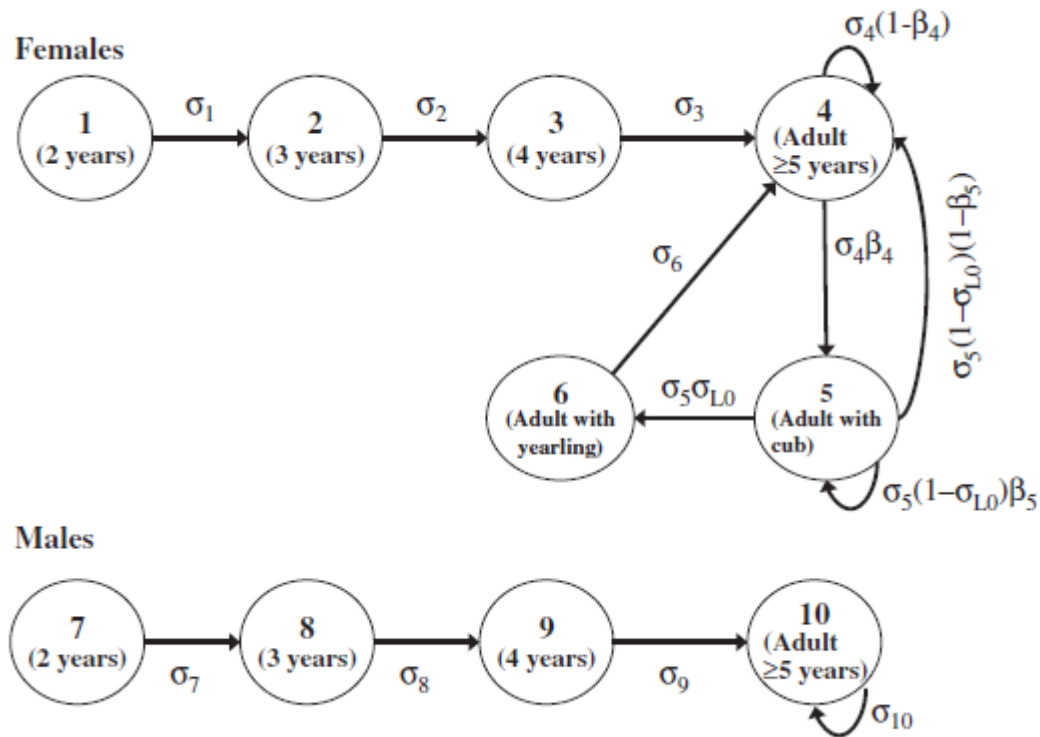
Motivações

- Dispersão de doenças e efeitos sobre o fitness.



Motivações

- Modelos de populações estruturadas em idades



Regerh *et al.* (2010)

Modelo multi-estados

Histórico dos modelos:

1. Chapman & Junge (1956): *Annals of Mathematical Statistics*
 - Dois estratos em uma população fechada
2. Arnason (1972): *Researches of Population Ecology*
 - Três estratos em populações abertas
3. Schwarz *et al.* (1993) e Brownie *et al.* (1993): *Biometrics*
 - k estratos em populações abertas

Comparação com CJS

TABLE 1. Recapture histories and typical probabilities in one-state and two-state recapture models

Situation	One state	Two-state
Basic model	Cormack-Jolly-Seber model (Cormack, 1964; Jolly, 1965; Seber, 1965)	Arnason-Schwarz model (Arnason, 1973; Schwarz <i>et al.</i> , 1993)
An example of Capture history of an individual	0101100	0102200
Survival or Survival/Transition probabilities	Time dependent $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_{K-1}$	State (superscript) and Time (subscript) dependent $\phi_1^{11}, \phi_1^{12}, \dots, \phi_1^{21}, \phi_1^{22}, \dots, \phi_{K-1}^{11}, \dots, \phi_{K-1}^{22}$
Capture probabilities ($1 - p$ denoted as q)	Time dependent p_2, p_3, \dots, p_K	State (superscript) and Time (subscript) dependent $p_1^1, p_1^2, \dots, p_2^1, \dots, p_K^2$
Probability of capture history	$\phi_2 q_3 \phi_2 p_4 \phi_3 p_5 \chi_5$	$(\phi_2^{11} q_3^1 \phi_3^{21} + \phi_2^{21} q_3^2 \phi_3^{22}) p_4^2 \phi_3^{22} p_5^2 \chi_5^2$ the terms χ are more involved than in the one state case

Lebreton & Pradel (2002)

Parâmetros estimados

- ψ = *probabilidade de transição entre estados*
- ϕ = *probabilidade de sobrevivência*
- p = *probabilidade de detecção*

Matriz de capturas

	Occ 1	Occ 2	Occ 3	Occ 4
ID 1	1	0	2	1
ID 2	2	0	2	0
ID 3	0	3	0	1
ID 4	0	1	1	1
ID 5	0	0	3	0
ID 6	1	3	0	2
ID 7	1	0	2	0
ID 8	0	0	1	0
ID 9	3	3	0	0
ID 10	0	3	2	1
ID 11	0	2	0	2
ID 12	2	0	0	2
ID 13	1	2	0	0
ID 14	0	0	1	0
ID 15	2	2	2	0
ID 16	1	0	0	3

Probabilidade de um histórico para dois estados

1 2 0 1

$$\phi_1^1 \psi_1^{12} p_2^2 [\phi_2^2 \psi_2^{21} (1 - p_3^1) \phi_3^1 \psi_3^{11} + \phi_2^2 \psi_2^{22} (1 - p_3^2) \phi_3^2 \psi_3^{21}] p_4^1$$

Número de parâmetros

- CJS:

$$2(k - 1)$$

- Multi-estados:

$$(s^2 + 2s)(k - 1)$$

Premissas

- Dentro de cada estado, probabilidade dos animais sobreviverem, serem capturados e se movimentarem (ou mudarem de estado) é igual
- Para estados geográficos, movimentos ocorrem antes da ocasião de captura
- Marcas não afetam sobrevivência, não são perdidas ou mudam com o tempo, e registradas corretamente
- Animais agem independentemente
- O estado é registrado corretamente e é observável

Softwares

- Mark
- M-Surge
- MSSURVIV
- U-CARE (GOF para multi-estados)
- Pacotes R

Leituras adicionais

- **“A Gentle Introduction”** of program Mark, de Cooch & White.
- Seção no capítulo 17 de **“Analysis and management of animal populations”** de Williams *et al.* (2002).
- Capítulo 8 (Schwarz) do livro **“Handbook of Capture-Recapture Analysis”** de Amstrup *et al.* (2005).