



Временные ряды: что это такое, как с ними работать и для чего они нам нужны

Е.В. Брагина, «Общество сохранения диких животных»

Какие вопросы нас интересуют?

- Тенденция
- Прогноз
- Факторы влияния

В чем проблема?

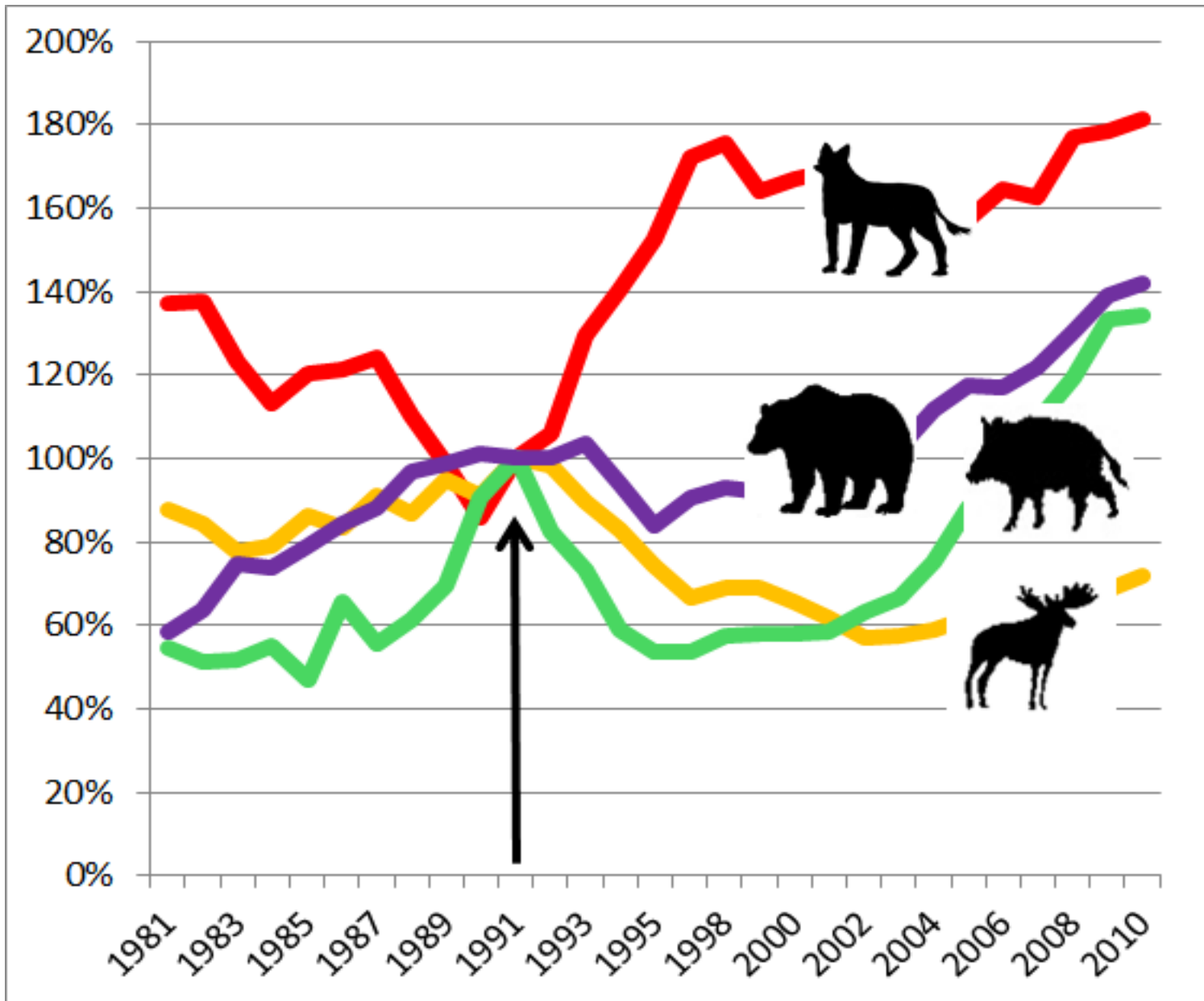
- Автокорреляция

И как быть?

- Авторегрессионные модели

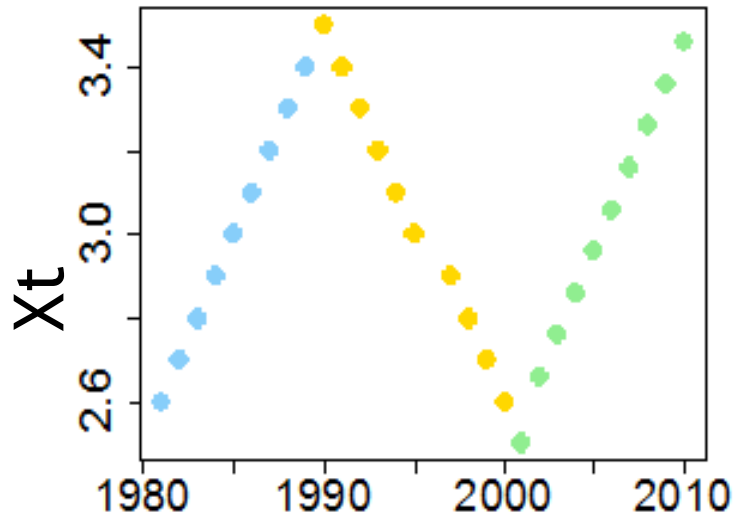
Пример 1.

- Данные ЗМУ
- Что мы можем сказать о тенденции численности главных охотничьих видов в 1990е?
- Авторегрессионная модель
- Скорость роста популяции половины видов в 1990-е гг была ниже чем до и после



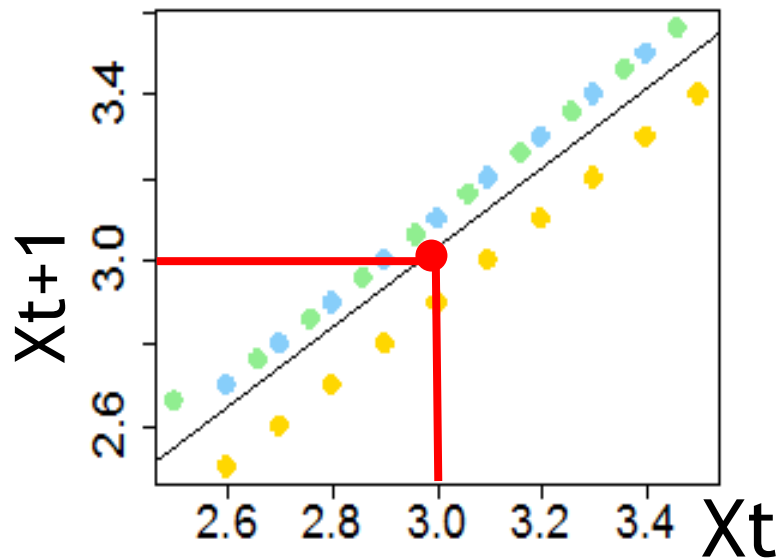
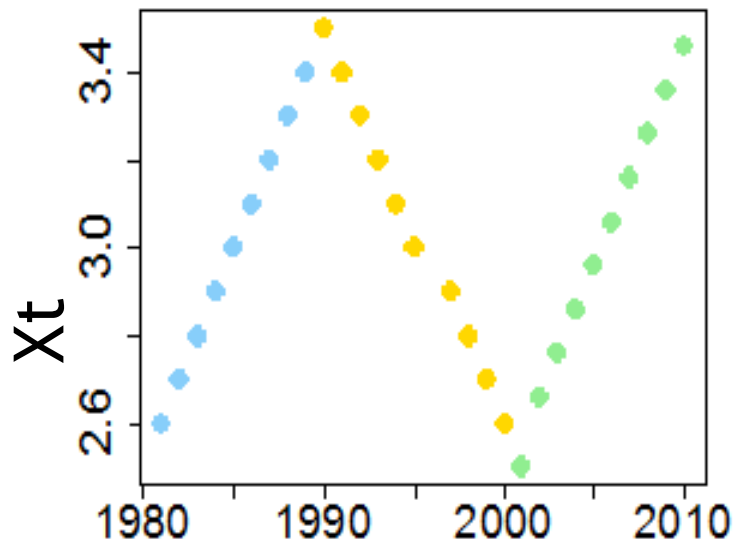


Относительная скорость роста: 1990 гг по сравнению с 1980 и 2000гг



Модель: $X_{t+1} = a + b \cdot X_t + \varepsilon$

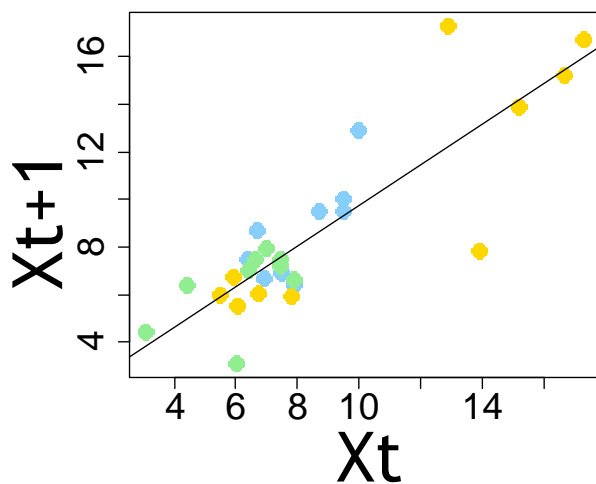
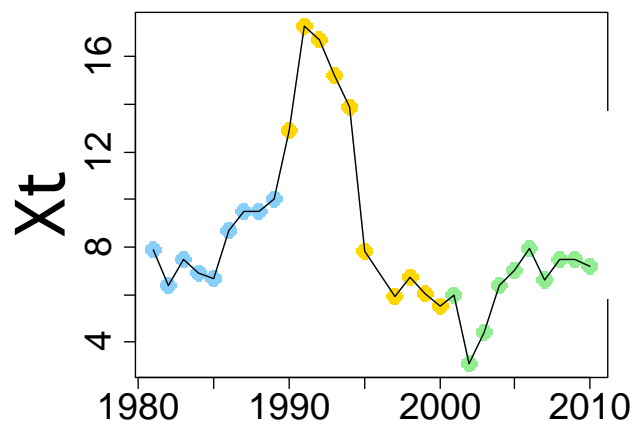
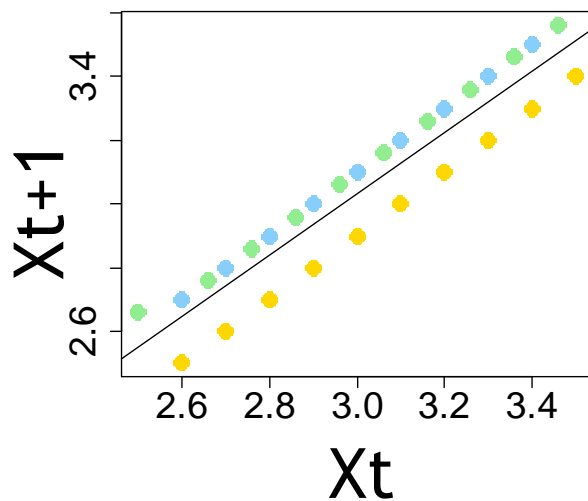
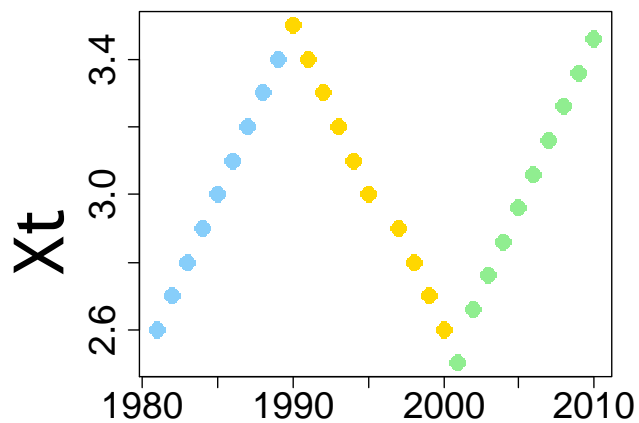
X_t - численность/плотность в момент времени t

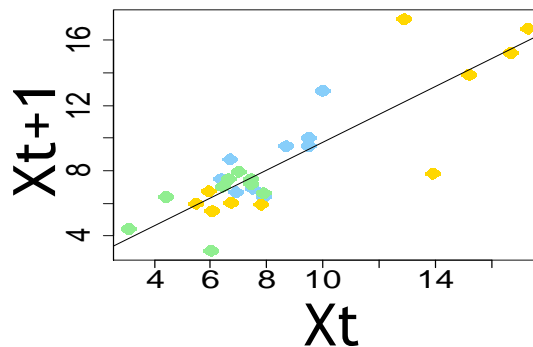
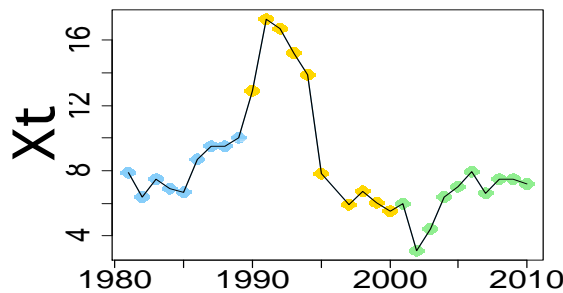
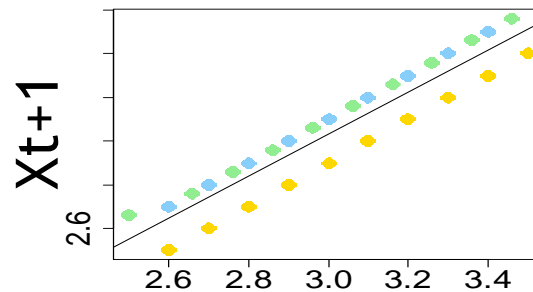
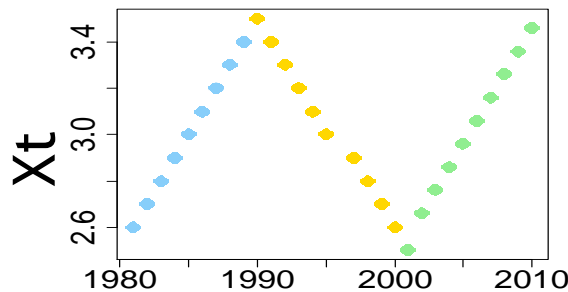


Модель: $X_{t+1} = a + b \cdot X_t + \varepsilon$

X_t - численность/плотность в момент времени t

Псковская обл., кабан





- Мы применили модель $X_{t+1} = a + b \cdot X_t + \varepsilon$ к временному ряду для каждого региона
- Взяли три средних: остатки 1980е, 1990е, 2000е
- Н0: остатки в 1990е в среднем отрицательнее остальных

Статистика: bootstrap

Статистика: bootstrap

- Симулированные данные
 - Симуляция остатков для 1981-2010
 - Модель с реальными данными $X_{t+1} = a + b \cdot X_t + \varepsilon$
 - X_0 из реальных данных
 - Симуляция остатков

Симуляция остатков ε

- $X_{1982} = a + b * X_{1981} + \varepsilon$



- $X_{1982} = 1.1 * 100 + \varepsilon$



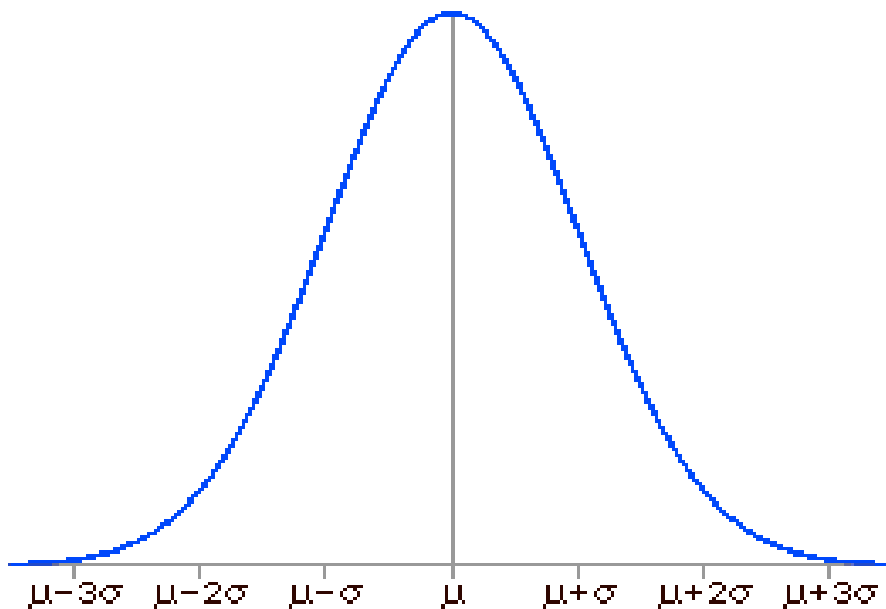
- $X_{1982} = 110 + \varepsilon$



- Нужно симулировать остатки

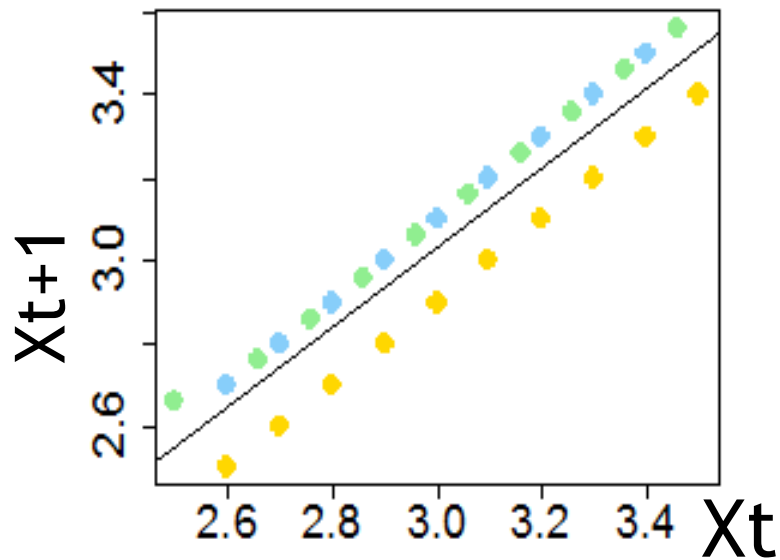
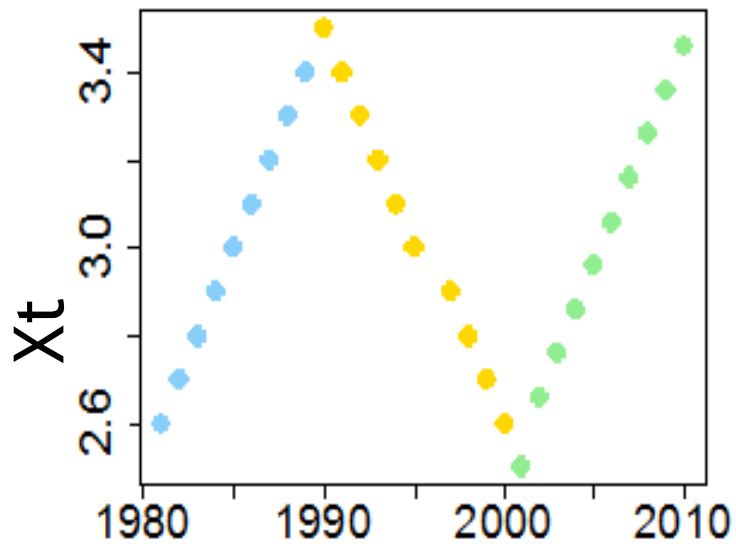
Симуляция остатков ε

- SD σ и среднее μ из реальных данных



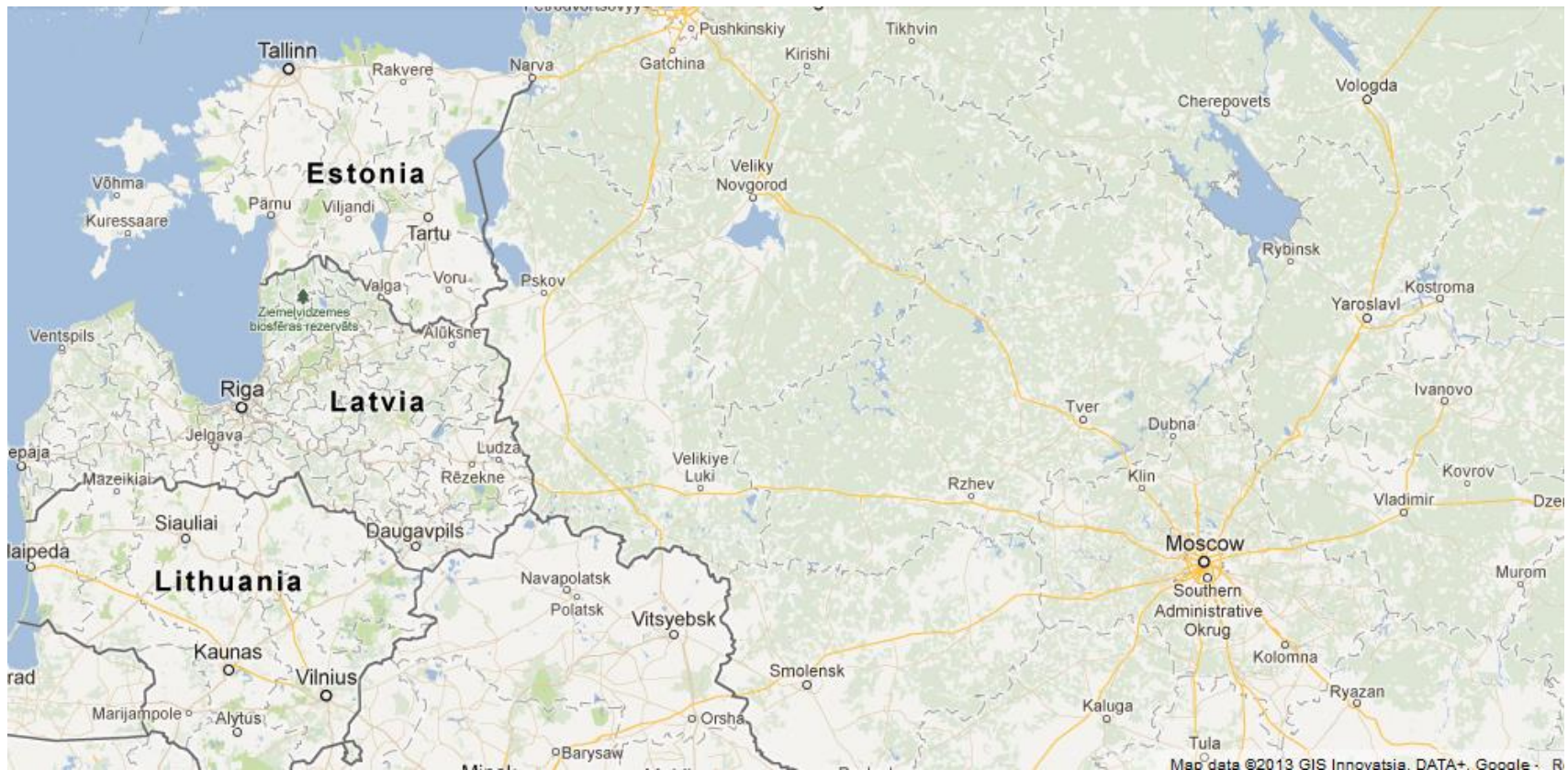
Симуляция остатков ε

• $X_{t+1} = a + b \cdot X_t + \varepsilon$ \longleftrightarrow $X_{10} = a + b \cdot X_9 + \varepsilon$



Симуляция остатков ε

- Пространственная корреляция между регионами

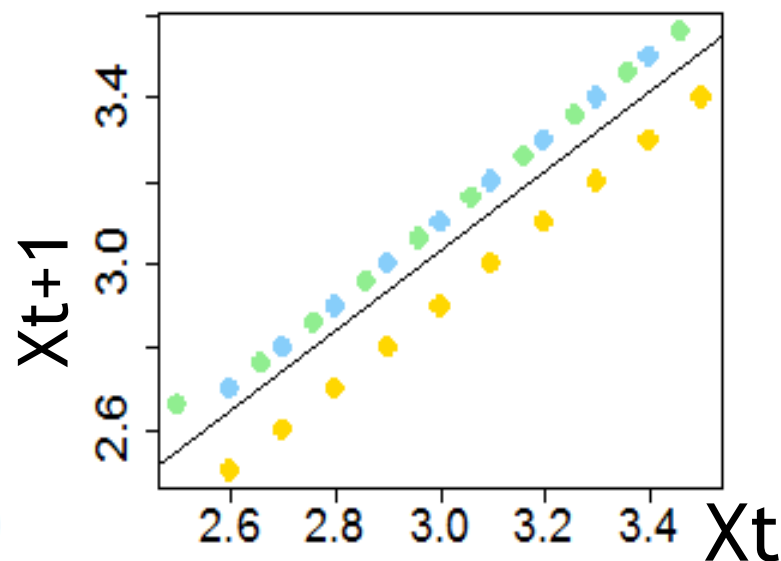
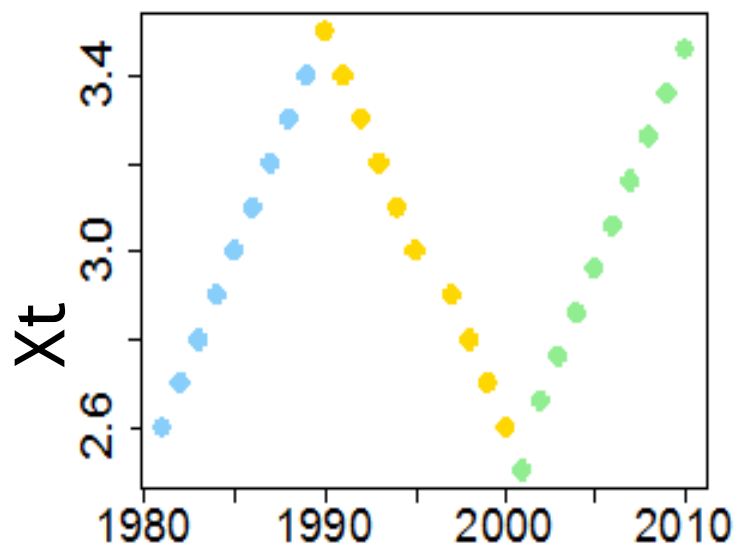


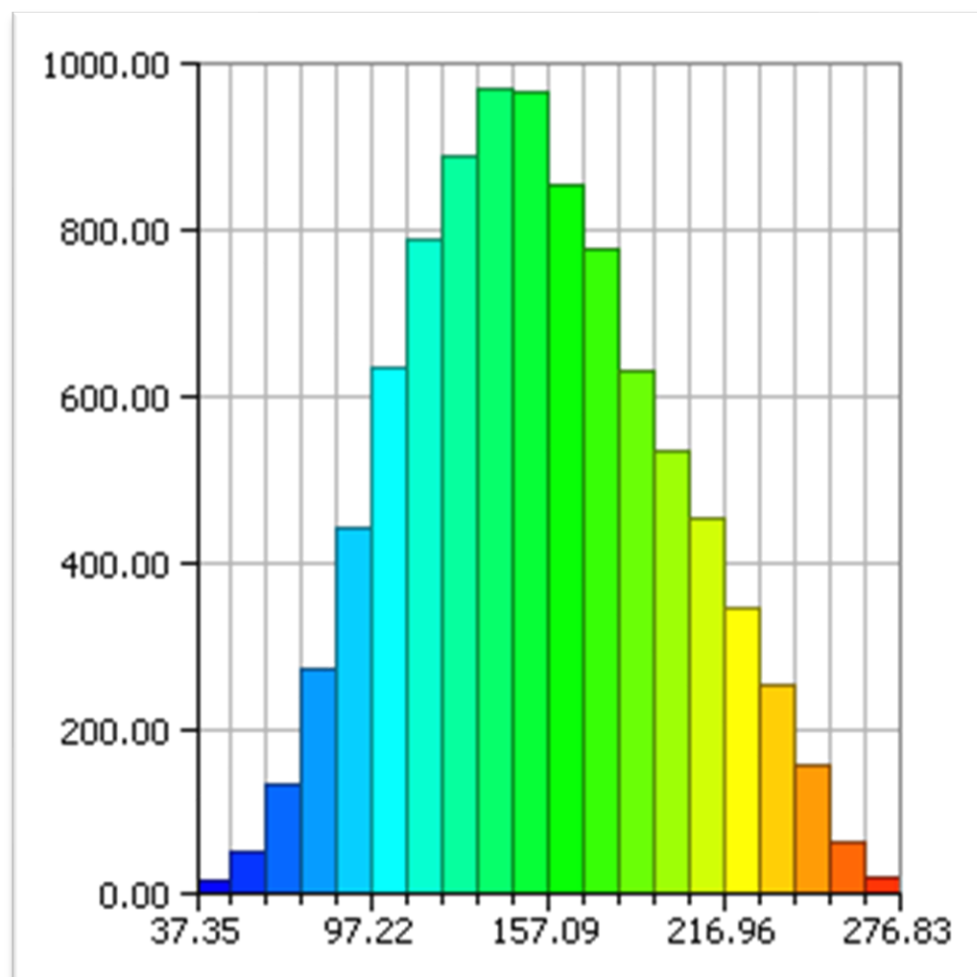
Симуляция остатков ε

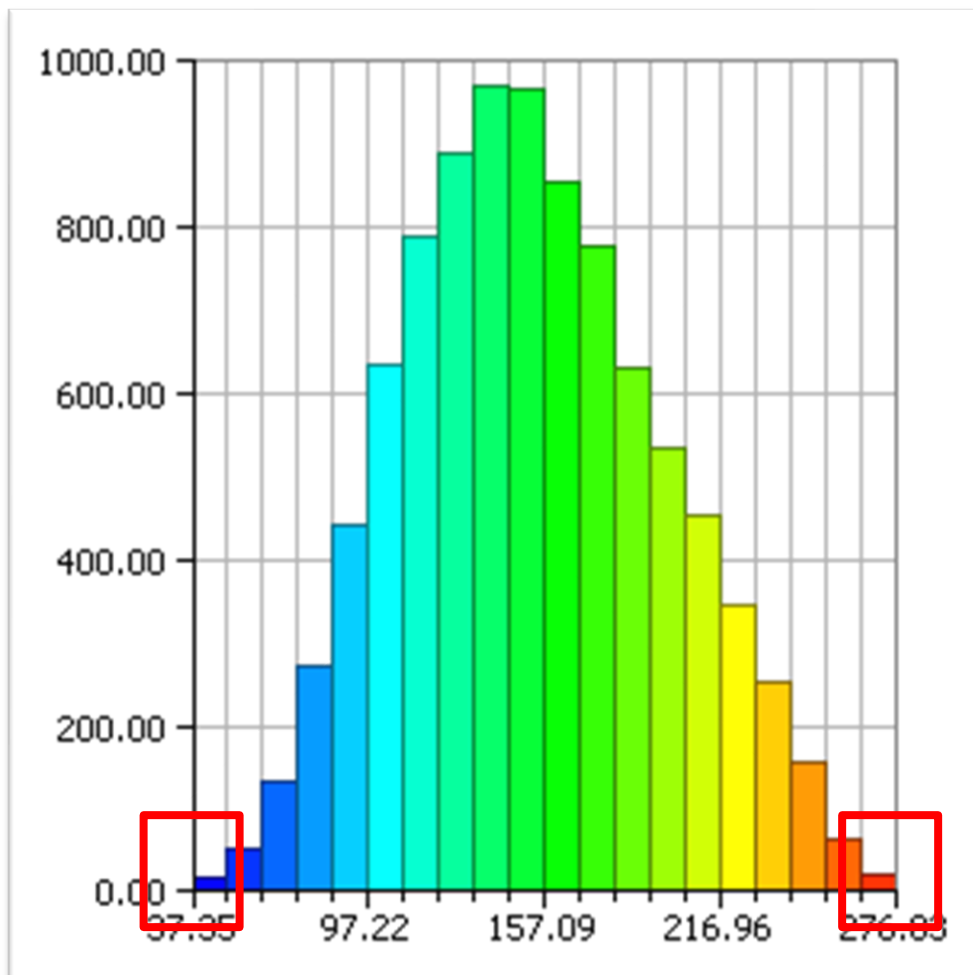
- Среднее и SD из реальных данных
- Пространственная автокорреляция

Симуляция остатков ε

- $X_{t+1} = a + b \cdot X_t + \varepsilon$ для каждого региона
- Три средних: остатки для **1980s**, **1990s**, **2000s**
- И так 10 000 раз





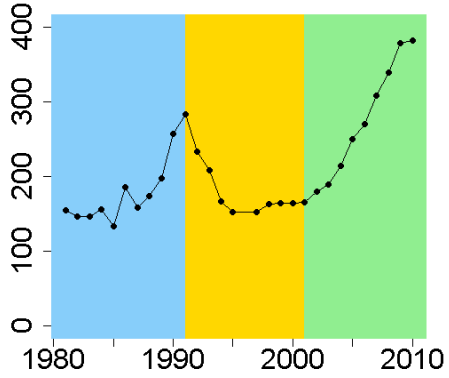


Реальные остатки $\geq 97.5\%$
или $\leq 2.5\%$

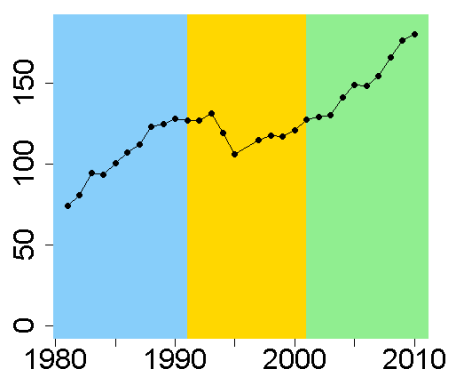


$p \leq 0.05$

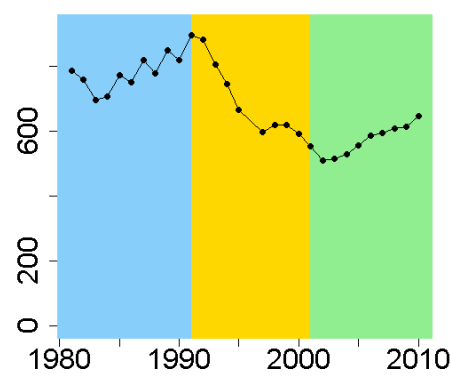
КАБАН



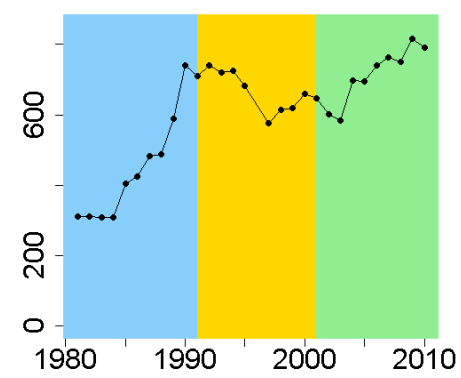
БУРЫЙ МЕДВЕДЬ



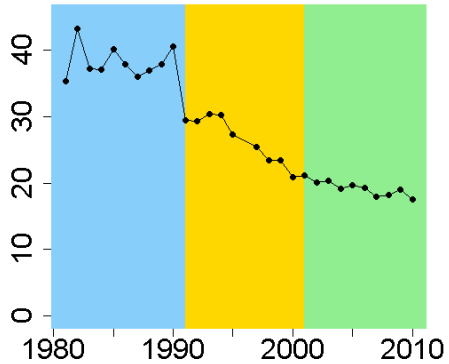
ЛОСЬ



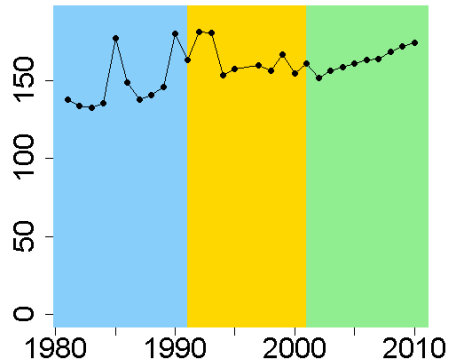
КОСУЛЯ



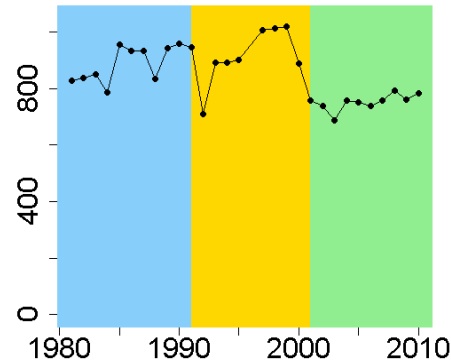
ОБЫКНОВЕННАЯ РЫСЬ



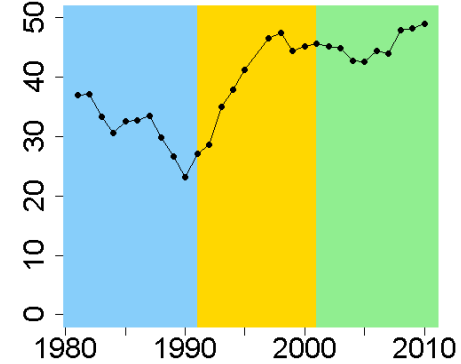
БЛАГОРОДНЫЙ ОЛЕНЬ



СЕВЕРНЫЙ ОЛЕНЬ



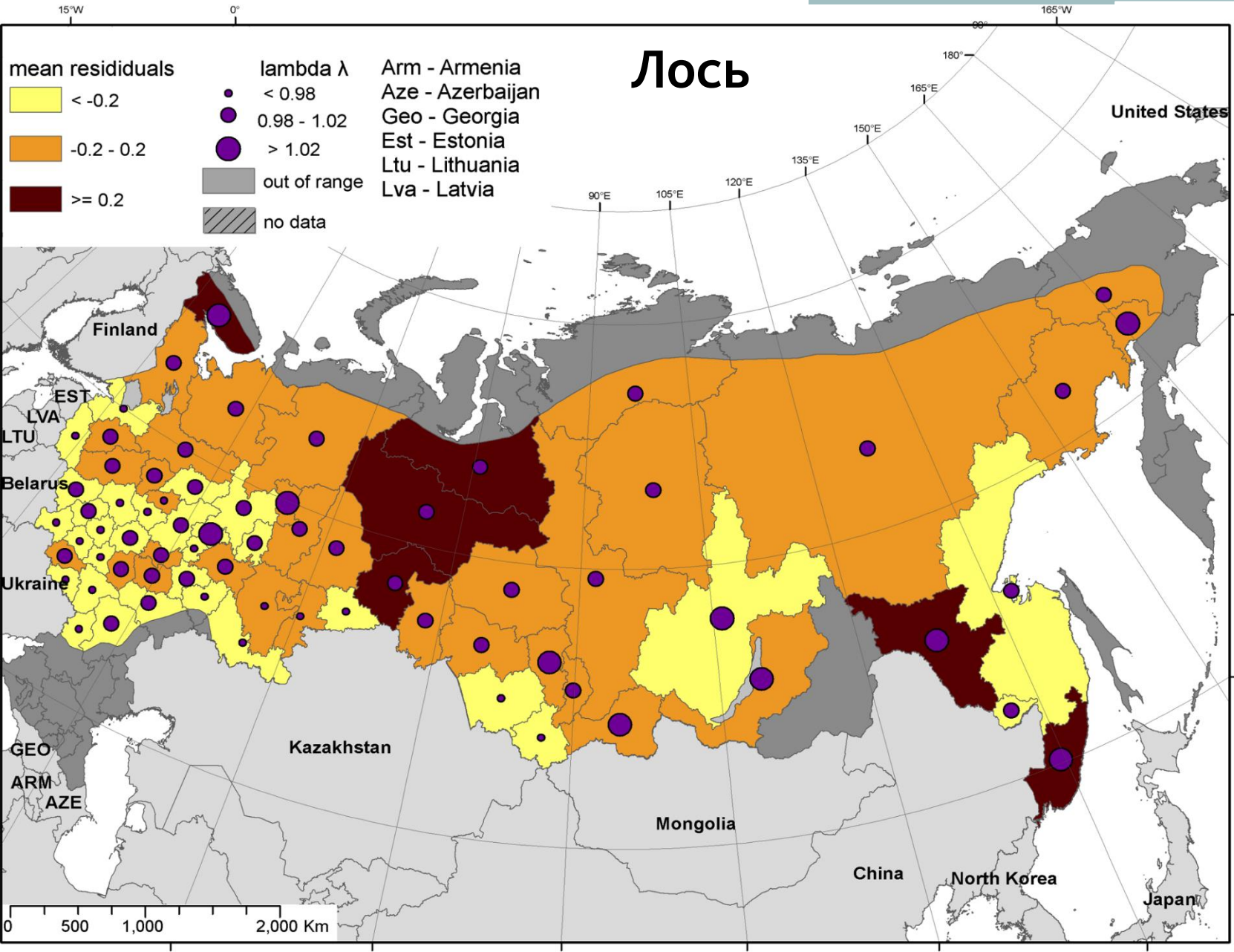
СЕРЫЙ ВОЛК



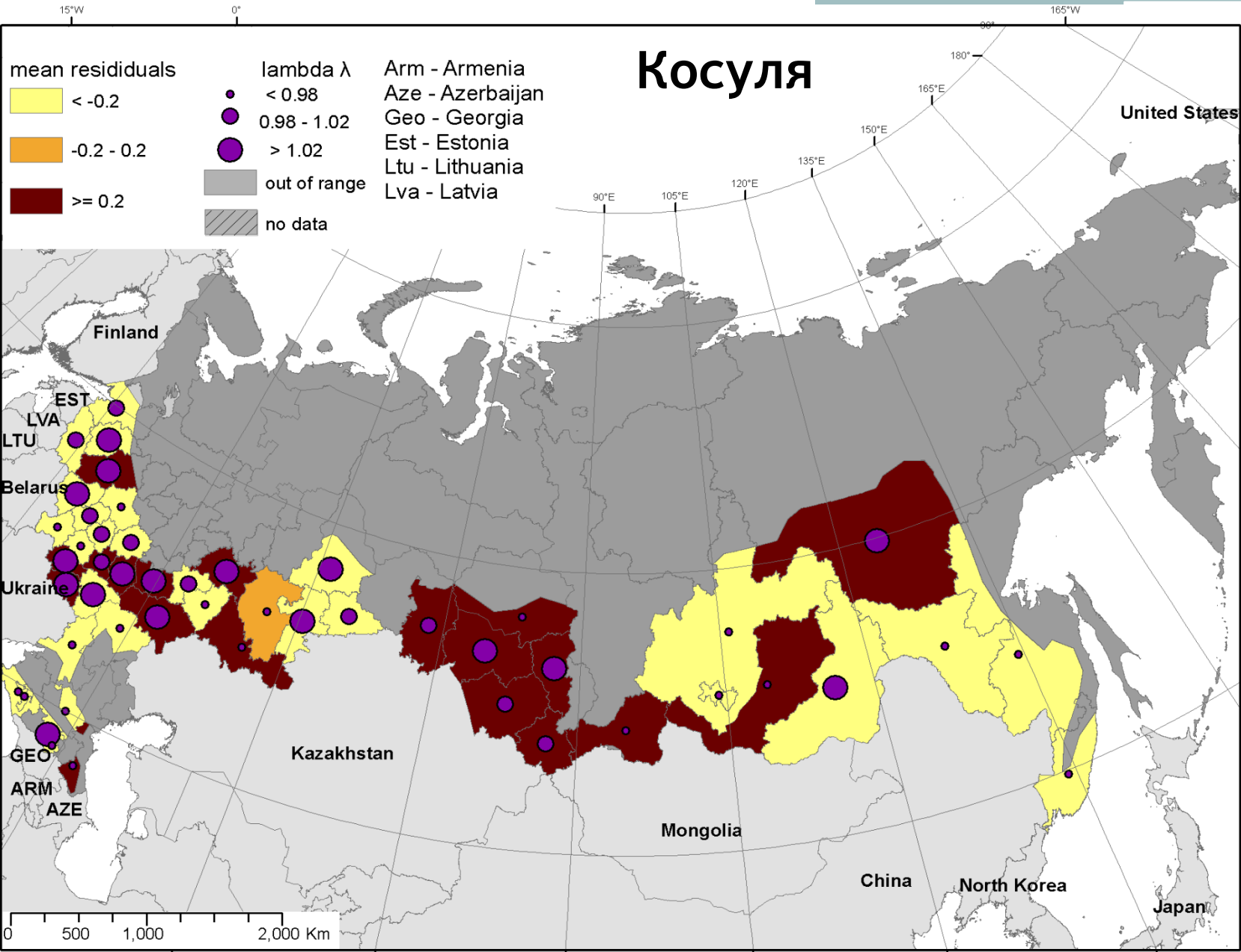
Абсолютная (а не относительная) скорость
роста популяции:

$$X(t+1) = \lambda * X(t)$$

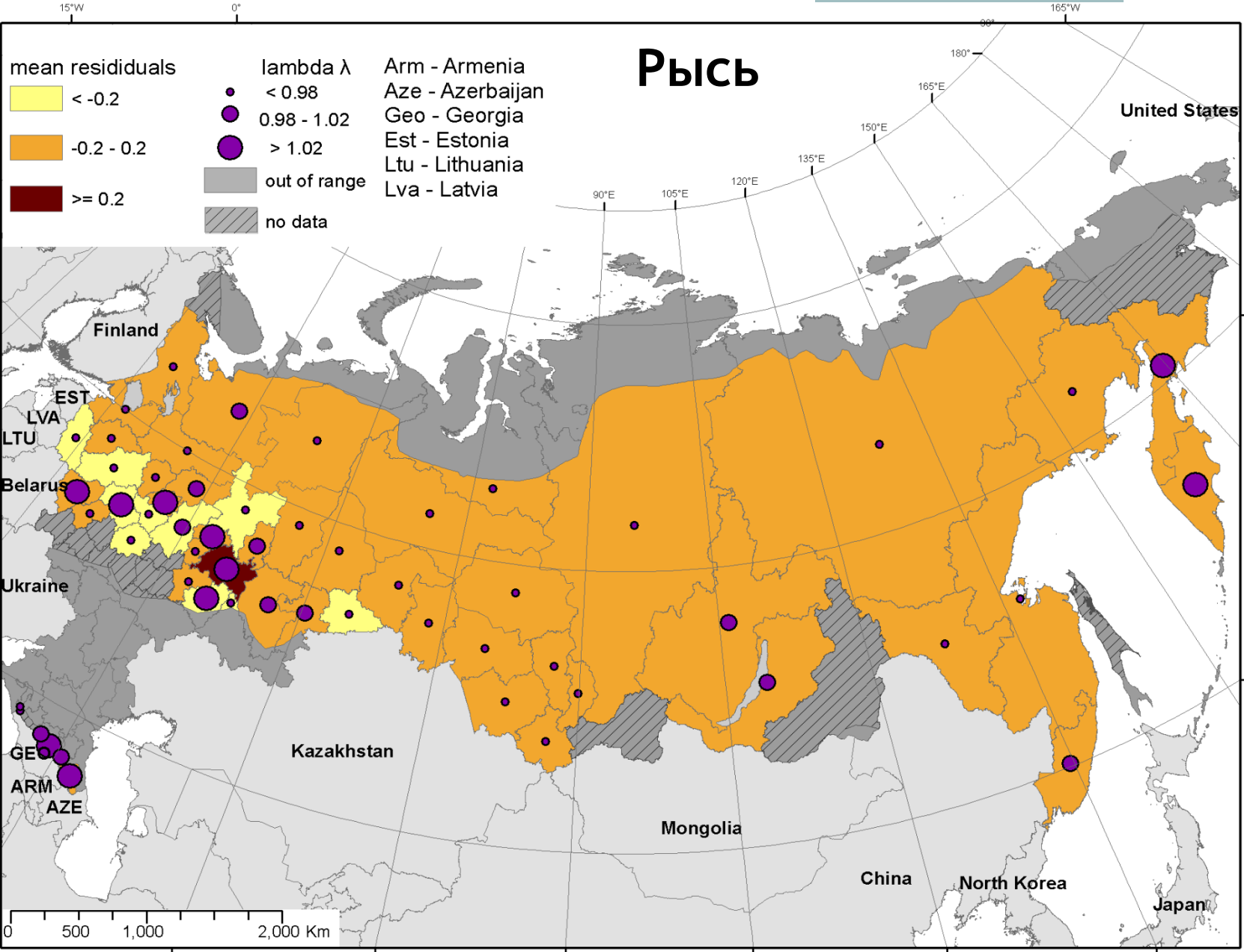
Лось



Косуля



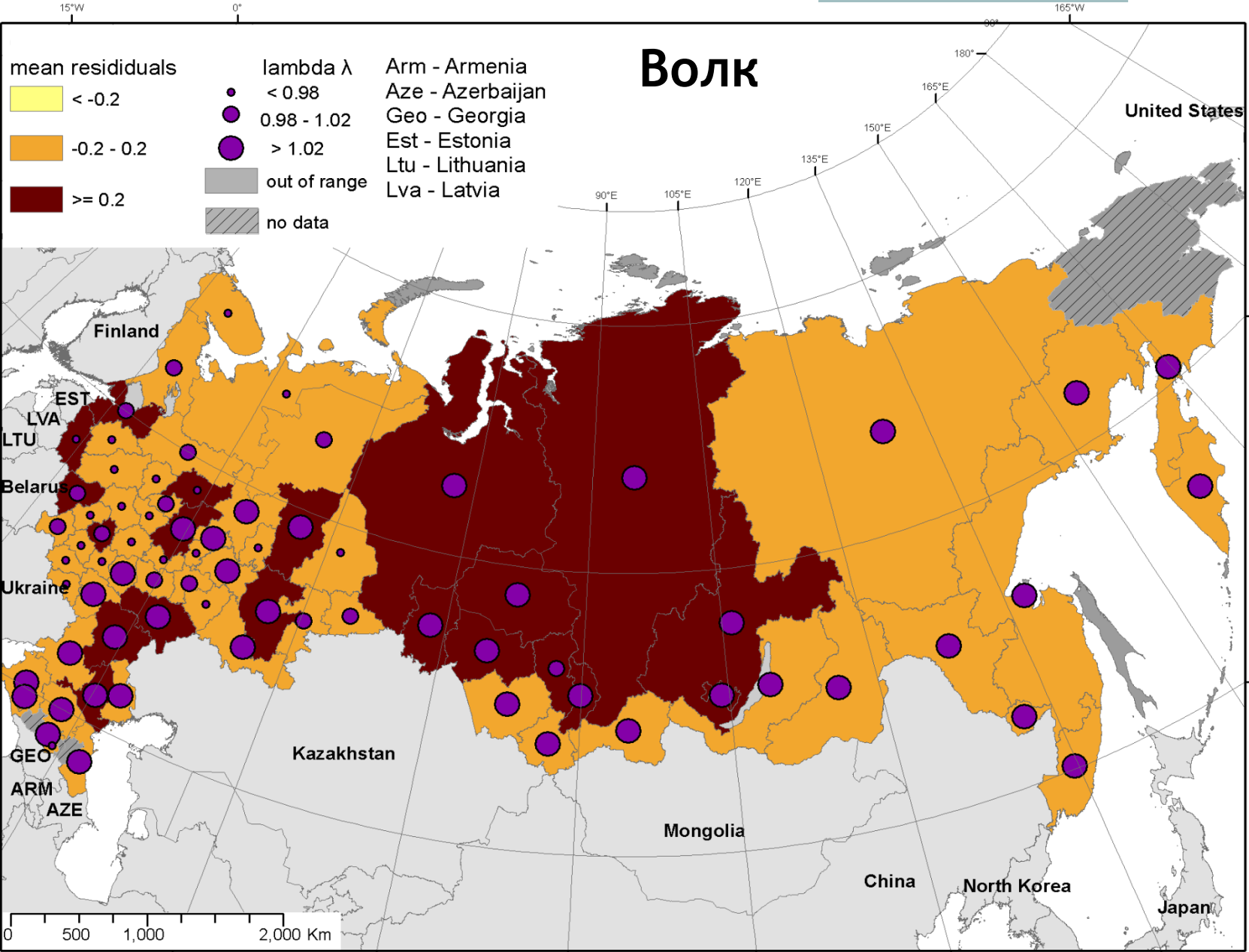
Рысь



Медведь



Волк



Часть 2. ВОСТОЧНАЯ ЕВРОПА

Вкратце

- Девять стран Восточной Европы
- Официальная статистика
- Авторегрессионная модель
- В «благополучных» странах динамика диких животных достоверно стабильнее

Цели

- У каких видов динамика менялась в 1975-2010?
- Как динамика зависела от вида и страны?

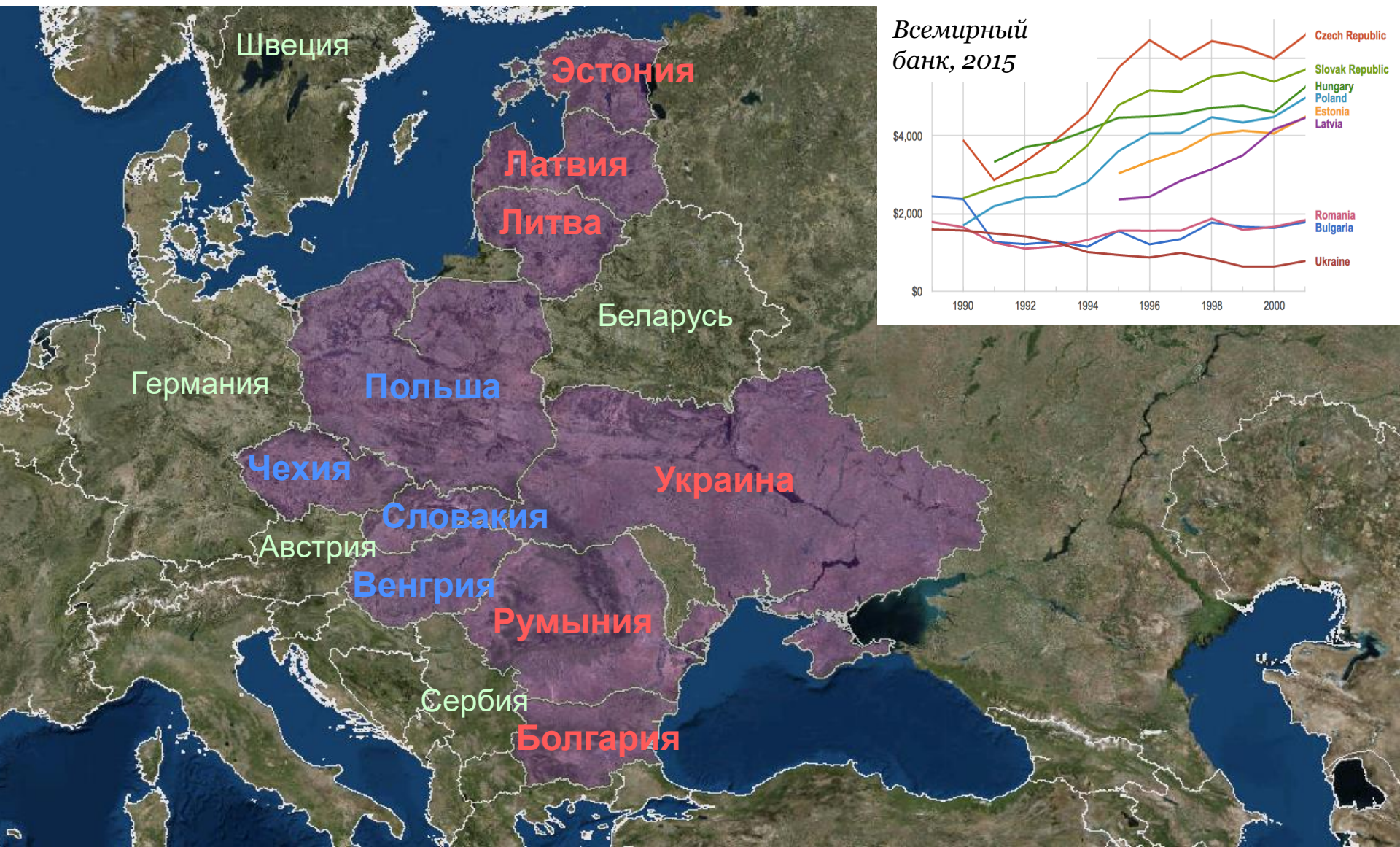
Методы

- 49 Временных ряда: 7 видов, 9 стран

Виды



Большой или меньший ВВП



Модель

- $X_{t+1} = a + b * X_t + \varepsilon$

X_t - численность/плотность в момент времени t

a - скорость роста популяции

$$X_{t+1} = r + bX_t + \varepsilon$$

Модель

- Скорость роста популяции может меняться на каждом временном шагу

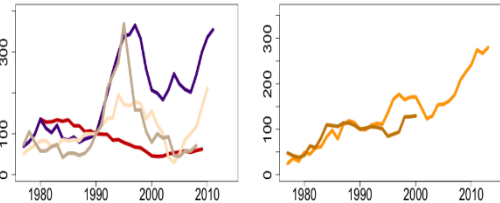
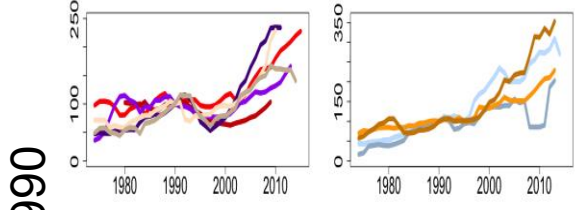
$$X_{t+1} = r + bX_t + \varepsilon$$

Ives and Dakos 2011

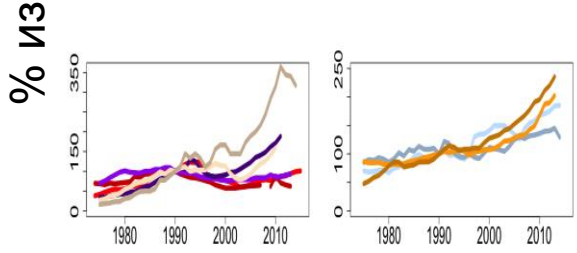
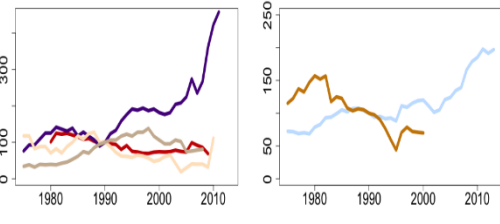
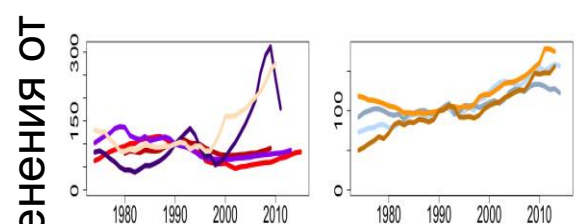
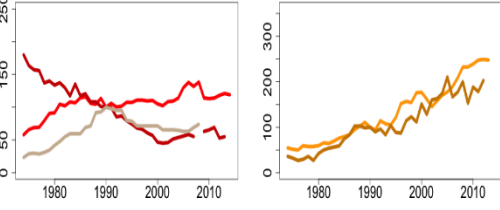
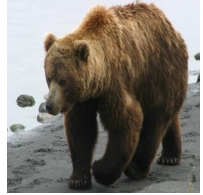
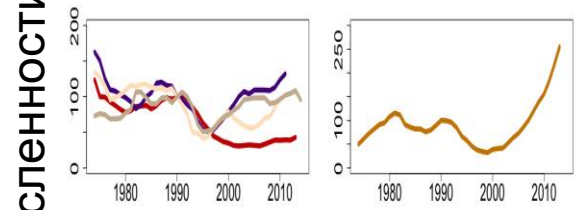
$$r_t = r_{t-1} + \psi_t$$

- Оценка вариации σ^2 параметра $\Psi(t)$
- Логистическая регрессия: зависит ли скорость роста от вида или страны?
- Корреляция: одинаковые причины ведут к одинаковой динамике

Разные тенденции – разные причины



- Bulgaria
- Ukraine
- Romania
- Latvia
- Lithuania
- Estonia
- Hungary
- Czech Rep.
- Slovakia
- Poland



% изменения от численности 1990

Изменения скорости роста популяции

- Оценка вариации σ^2 параметра $\Psi(t)$

№	Рысь	Волк	Медведь	Кабан	Лось	Олень	Косуля	
Болгария		0	0	0.08*	-	0.05*	0.03***	} 19 из 33 (63%)
Украина	0	0.05*	0.03	0.03***	0.04***	0.03	0.04**	
Латвия	0.06*	0.11**	-	0.07***	0.07***	0.04*	0.12***	
Литва	0	0.24*	-	0.06*	0.09***	0.05*	0.08***	
Эстония	0.03	0	0.03	0.09	0.09***	0	-	
Венгрия	-	-	-	0	-	0	0	
Чехия	-	-	-	0	-	0	0.02	
Словакия	0.04*	0	0	0	-	0.01***	0.01***	
Польша	0.06	0	0	0.06**	0.08***	0.03*	0	
								} 6 из 19 (32%)

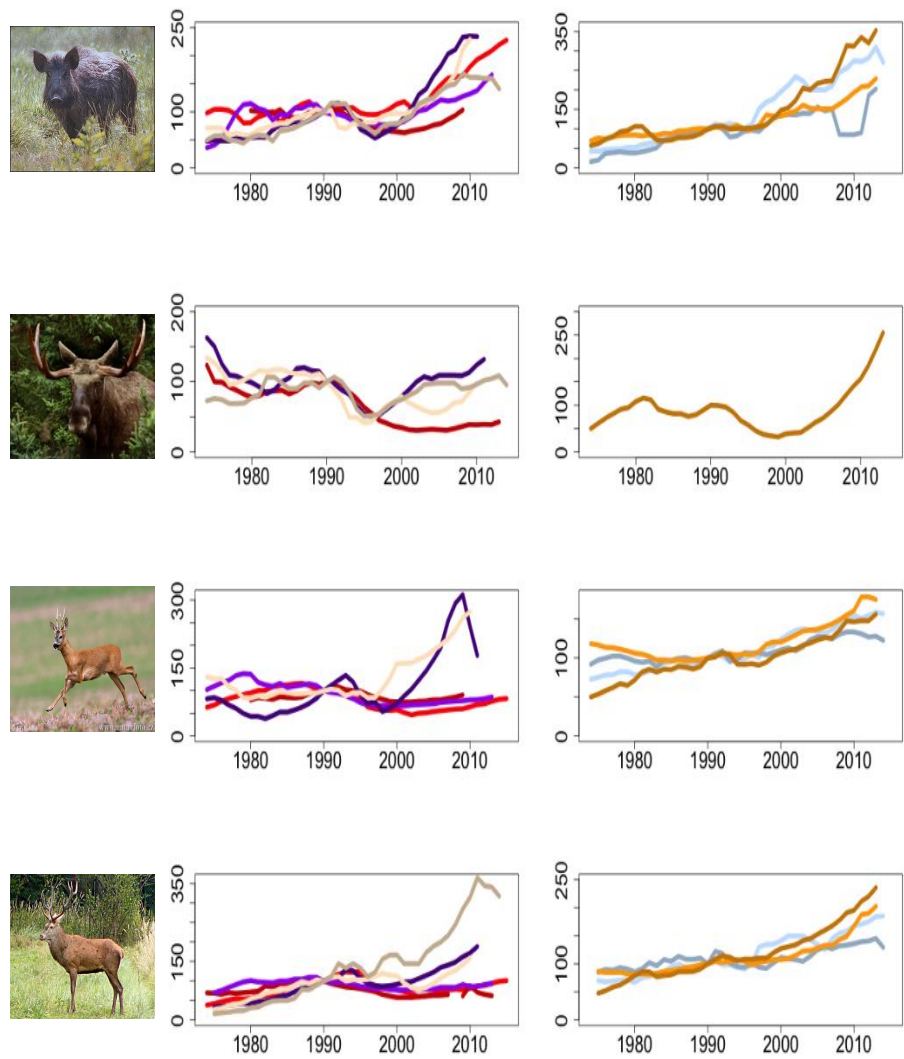
Различия между двумя группами стран достоверны: $\chi^2 = 4.96$, $P = 0.043$

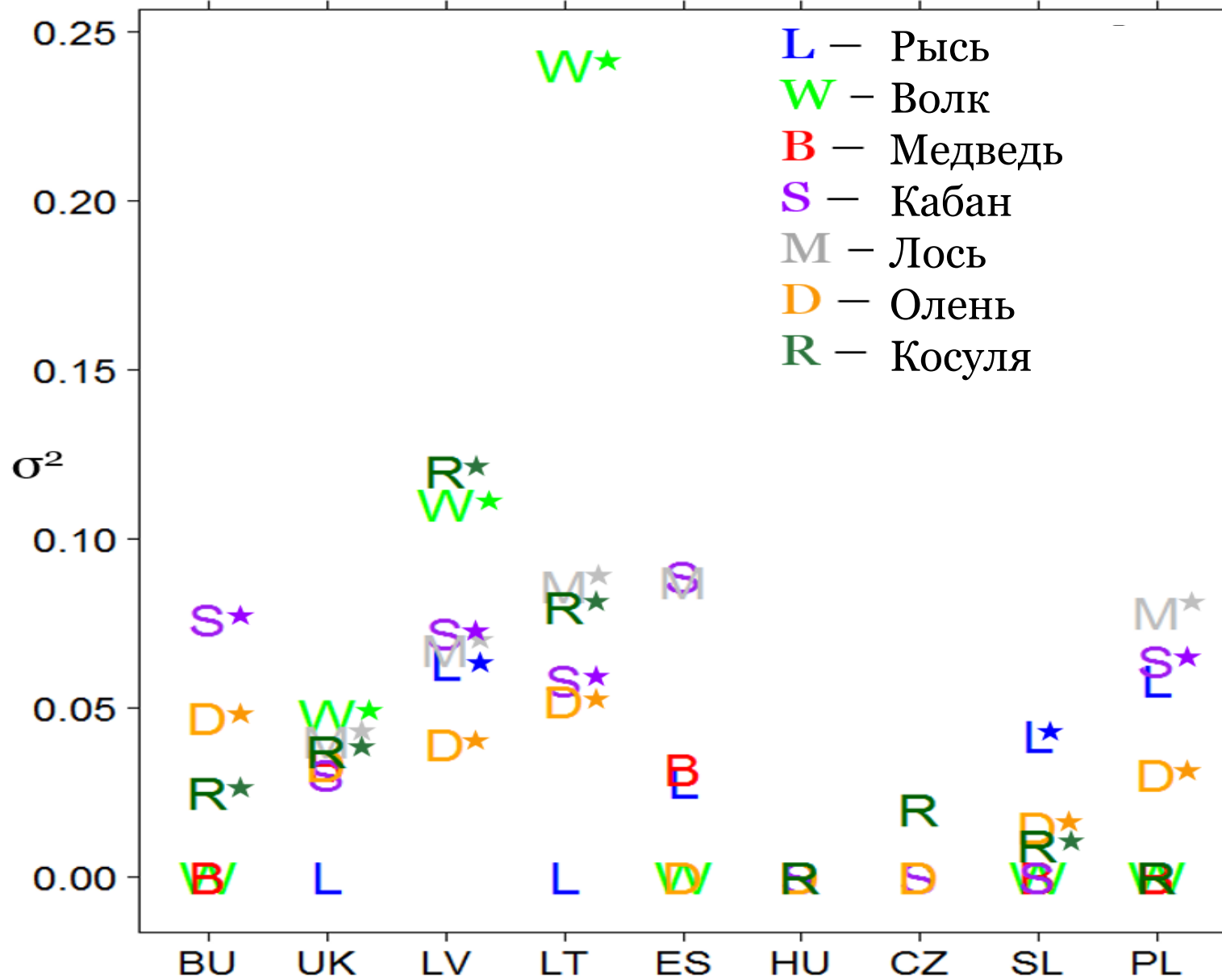
Какие виды/страны больше подвержены изменениям?

- Логистическая регрессия

Какие виды/страны больше подвержены изменениям?

- Логистическая регрессия
 - Страна влияет на динамику популяции, а вид – нет (страна $P = 0.004$, вид $P = 0.15$)





Спасибо за внимание!



Formula to get density D

- $D = \pi x / 2SL,$

$\pi = 3.14...$

x – total number of tracks crossings,

S – transect length ,

L – daily travel distance

- $D = N/A,$

- N – animal number,

- A – study area

Data analyzed

- Region-level data
- All regions available for 1981-2010
 - Bear: 40 regions
 - Lynx: 49 regions
 - Wolf: 70 regions
 - Moose: 61 regions
 - Reindeer: 11 regions
 - Red deer: 16 regions
 - Roe deer: 47 regions
 - Wild boar: 57 regions

Trend change

- A model with population growth rate changing every time step

$$x(t) = r(t - 1) + bx(t - 1) + e(t)$$

Ives and Dakos 2011

$$r(t) = r(t - 1) + f(t)$$

- Logistic regression: whether or not growth rate changes versus country/species
 - Including measurement error in a regression

$$x^*(t) = x(t) + \alpha(t)$$

Dennis et al. 2006