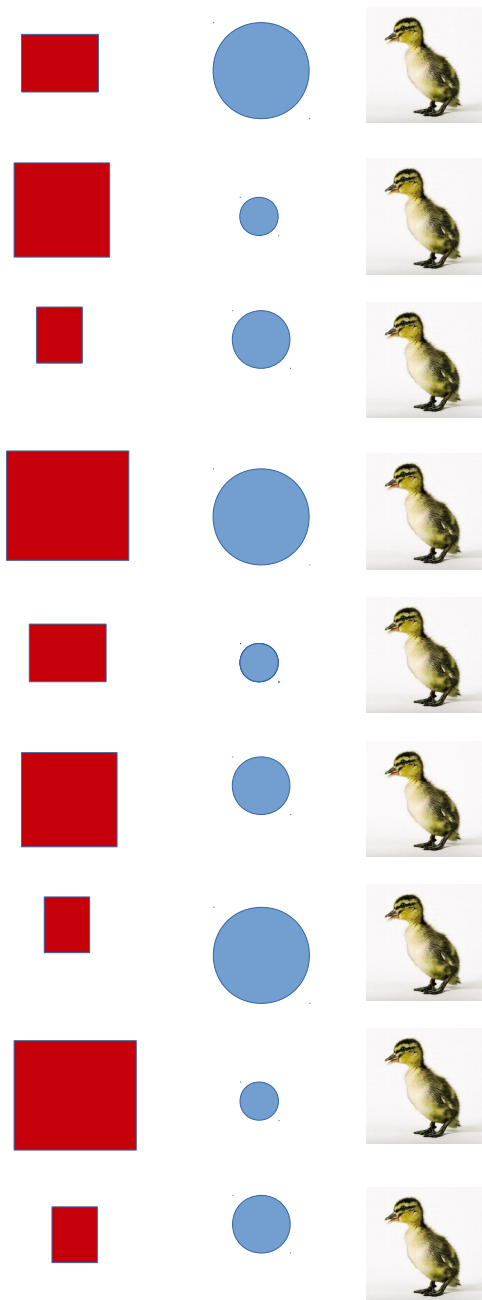


Mixované modely (generalized) mixed-effect models

- Rozšíření GLM
- Používané, pokud jednotlivá pozorování **nejsou nezávislá**
- Nezávislost dat může mít řadu, někdy i poměrně skrytých příčin
- Opominutí nezávislosti dat v analýzách se může projevit zvýšením chyb prvního i druhého druhu
- Tj. rizika chybného zamítnutí a nebo přijmutí nulové hypotézy

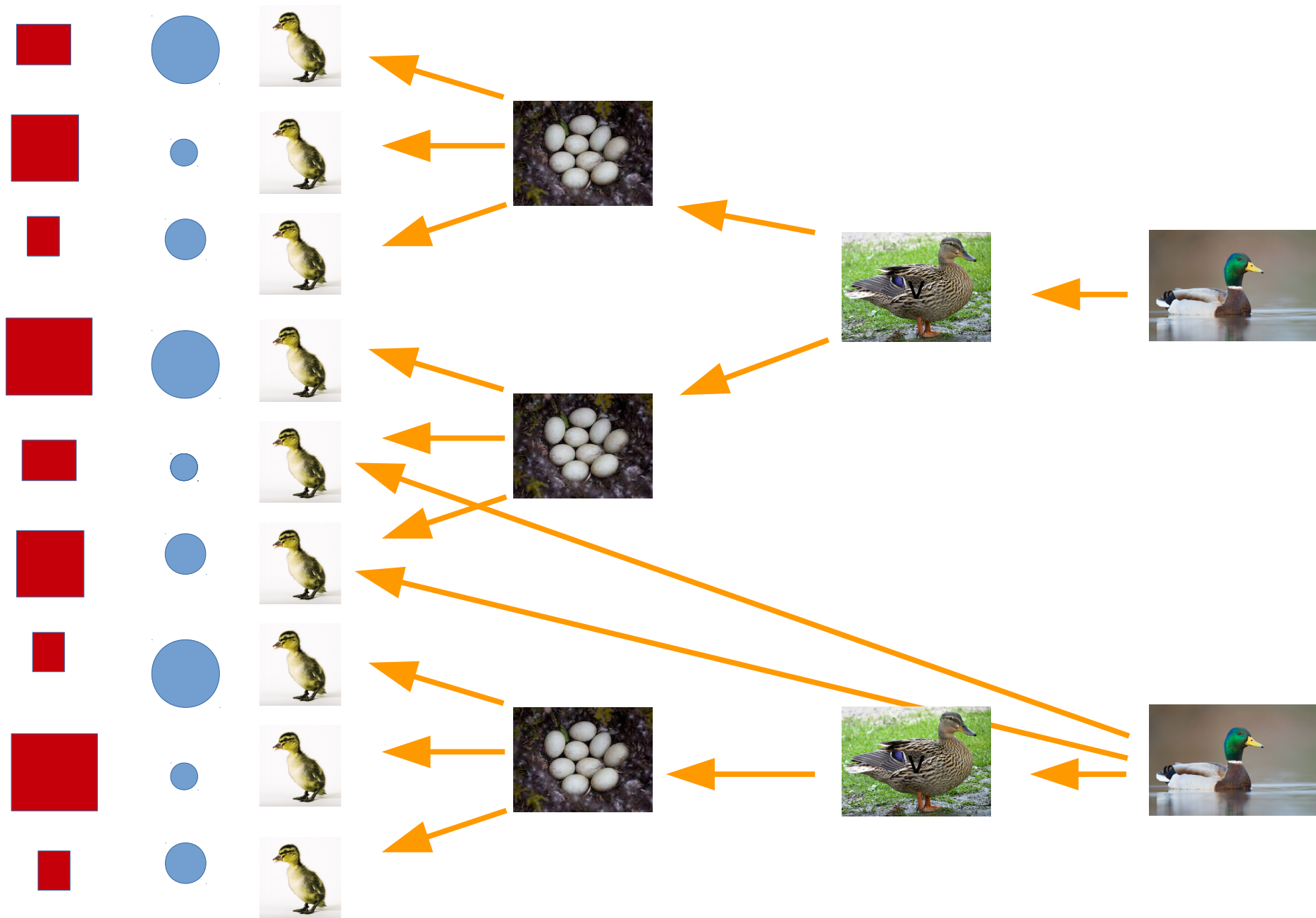


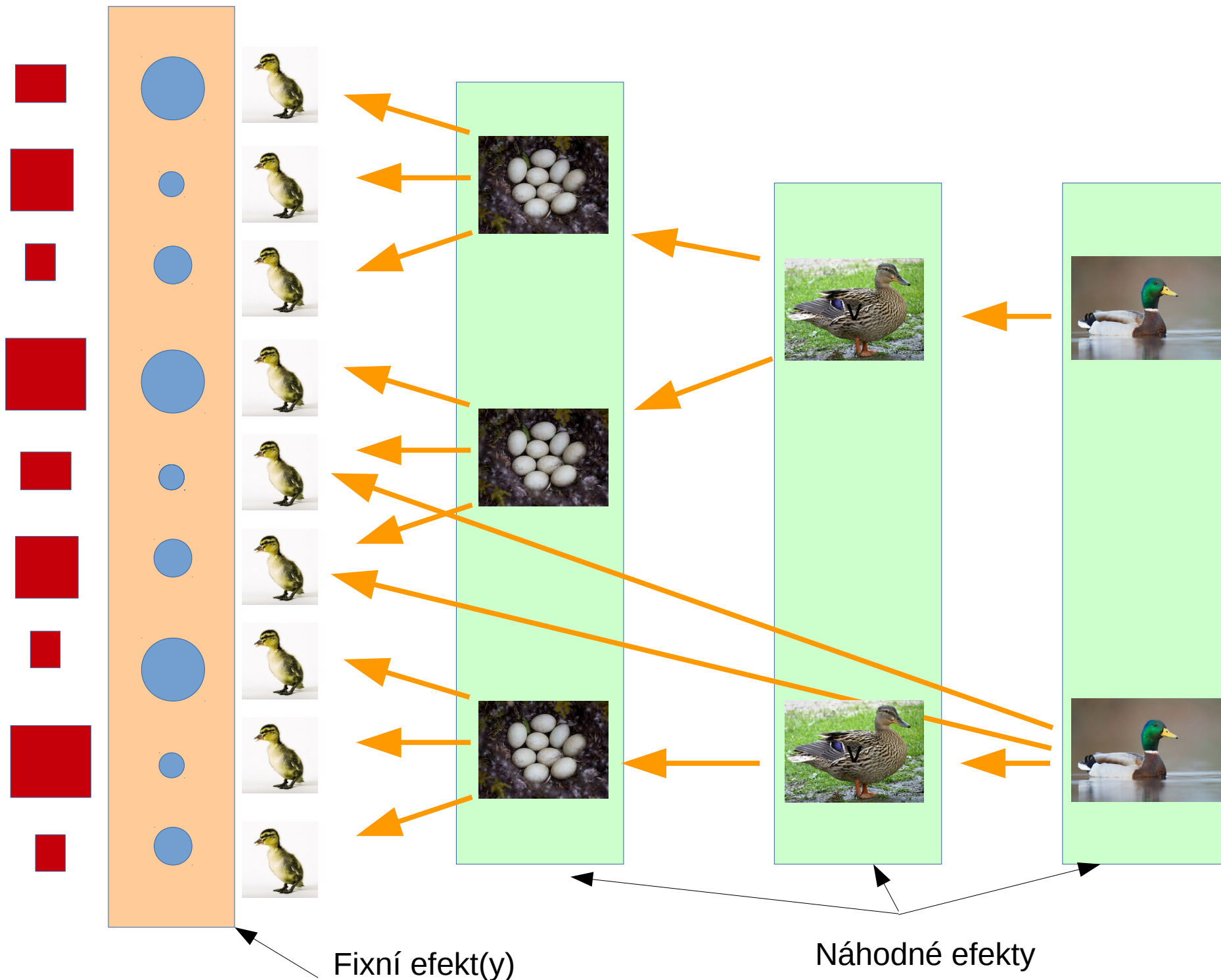
Souvislost mezi velikostí kachňat a počtem červených krvinek

V R:
glm( ~  ,family = ...)

Tak to ale nemusí být nutně správně







Mixované modely

GLM: $Y = \text{Fixní efekty} + \text{Error}$

Mixed models: $Y = \text{Fixní efekty} + \text{Náhodné efekty} + \text{Error}$

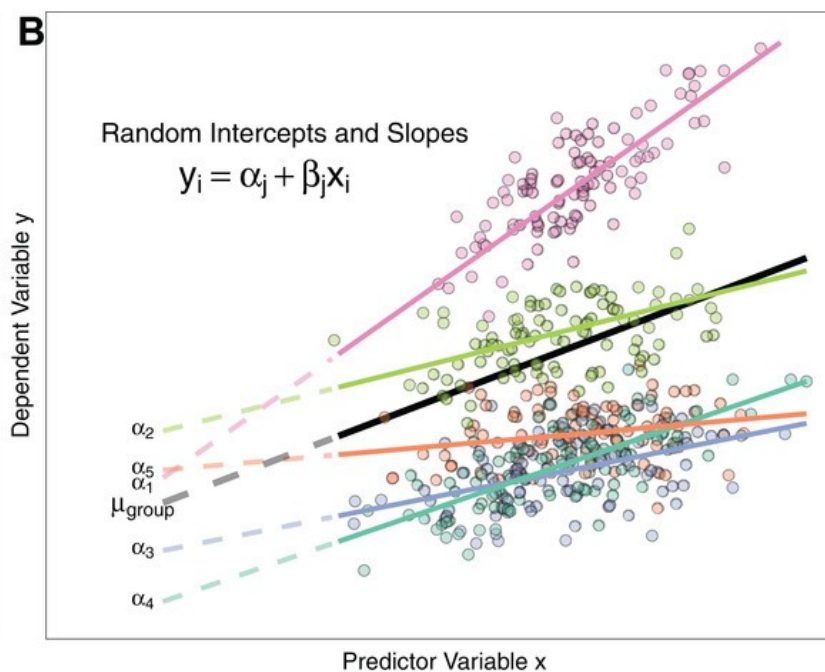
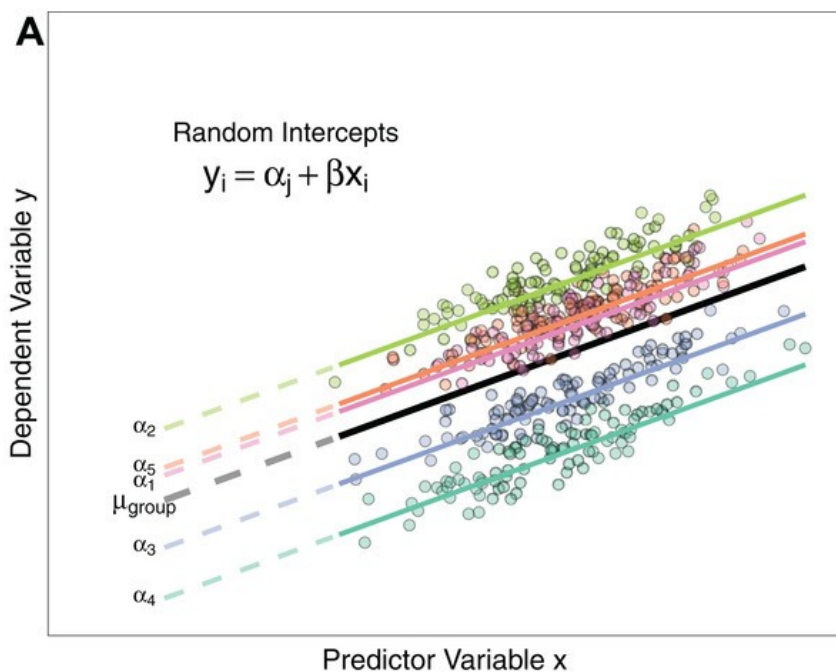
Fixní efekty – Odhad parametrů (**průměrů**), pro proměnné která nás zajímají
- pohlaví, věk, kontrola vs. treatment,

Náhodné efekty – neinformativní úrovně kategoriální proměnné
- (pracujeme se vzorkem z velkého množství úrovní)
- **mělo by být alespoň 5 úrovní, jinak nebude fungovat dobře**
- nezajímá nás primárně odhad průměrů pro jednotlivé úrovně
- ale víme, že způsobují nenáhodnost
- a ovlivňují **varianci** vysvětlované proměnné

- fragment lesa/pole na kterém probíhá experiment, stádo, sociální skupina, třída, genotyp, klec v rámci pokusu....

Mixované modely

V případě random efektů můžeme specifikovat jak random intercepts tak i random slopes. Často se na to zapomíná, což může vést k chybným závěrům, viz Schielzeth, Forstmeier (2008, Behav. Ecol.)

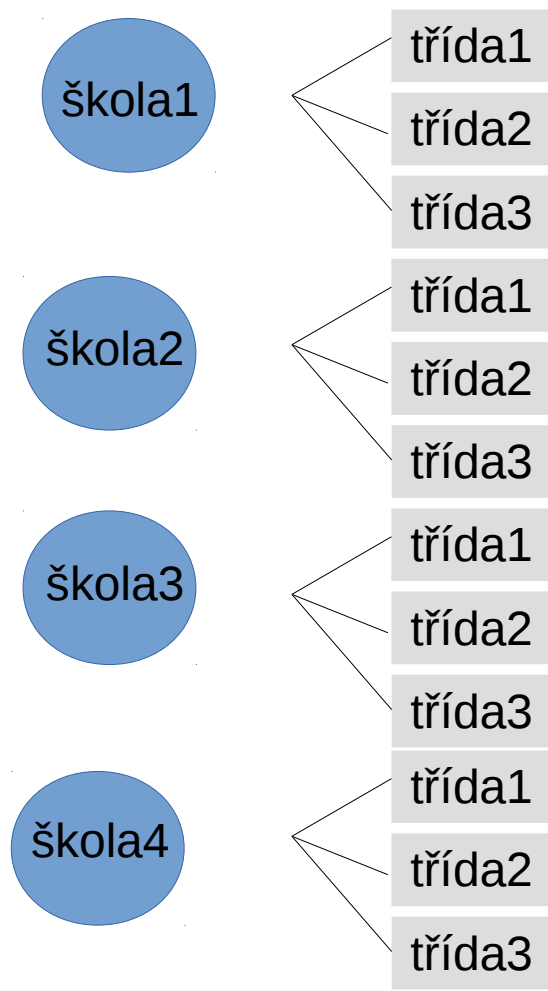


```
library(lme4)
Model <- lmer(Response ~ Explanatory_var+(random_slope|random_intercept))
```

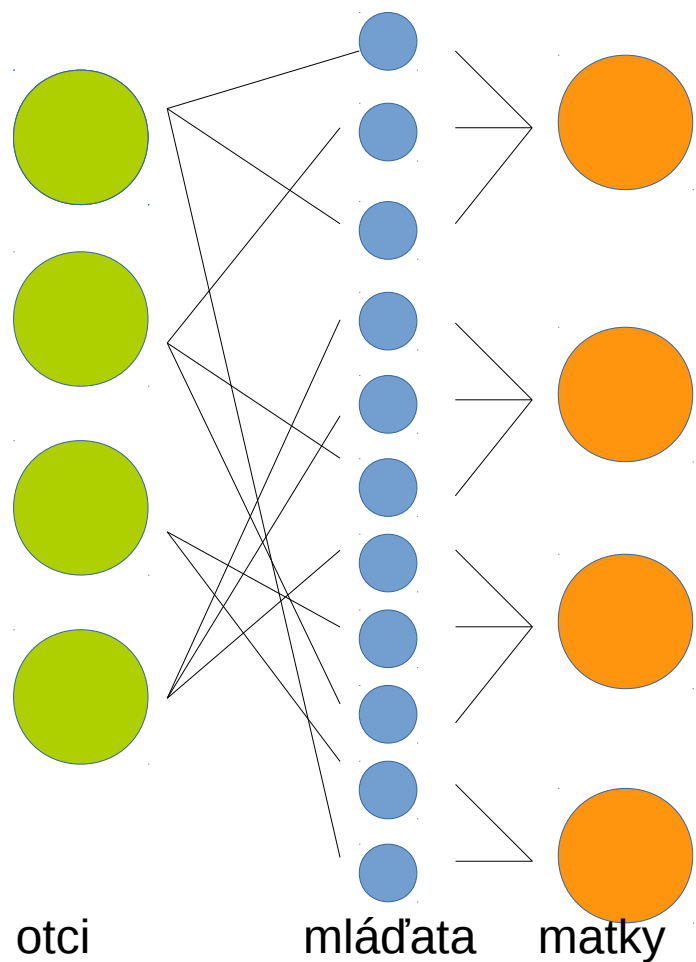
Mixované modely

Nested vs. crossed random efekty:

```
library(lme4)  
Model <- lmer(y ~ x+(1|skola/trida))
```



```
library(lme4)  
Model <- lmer(y ~ x+(1|otec)+(1|matka))
```



Mixované modely

Použití

- A) Zajímají nás primárně odhady koeficientů pro fixní efekty ale zároveň víme, že jsou naše data zatížená pseudoreplikacemi
- B) Zajímá nás variance daná random efekty- například odhad dědivosti v tzv Aimal model
 - repeatabilita (konzistence v opakovaných měřeních)

Mixované modely

Výstupy:

```
> summary(m)
Linear mixed model fit by REML. t-tests use Satterthwaite's method ['lmerModLmerTest']
Formula: frequency ~ attitude + gender + (1 | subject)
Data: d
```

REML criterion at convergence: 786.7

Scaled residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.3619	-0.5305	-0.1724	0.4647	3.2260

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
subject	(Intercept)	603.9	24.57
Residual		850.9	29.17

Number of obs: 83, groups: subject, 6

Variance vysvětlená random efekty

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t)
(Intercept)	256.691	15.226	4.378	16.859	3.78e-05 ***
attitudedpol	-19.410	6.407	76.018	-3.030	0.00334 **
genderM	-108.205	21.063	4.009	-5.137	0.00677 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Odhady parametřů pro fixní efekty
Stejně jako u glm

Correlation of Fixed Effects:

	(Intr)	atttdp
attitudedpol	-0.210	
genderM	-0.692	0.004

Mixované modely

V R:

library(nlme) - lme(fixed = y~1, random = ~ 1 | a/b/c)

- Normální rozdělení
- umožňují zohlednit i složitější korelační struktury (prostor a čas)

library(lme4) – většina standardních typů rozdělení

- lmer(y~1+(1 | a/b/c))

library(glmmTMB) – jako předchozí + rozšířená nabídka rozdělení
(negative binomial, zero inflated, zero truncated atd.)

- prostorové a časové korelace

library(spaMM) – umožňuje celou řadu rozdělení, speciálně dělané pro analýzu prostorových autokorelací

library(MCMCglmm) – odhad dědivosti ('Animal model'), fylogenetické komponenty