

ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΖΩΩΝ

Εργαστήριο Γενικής & Ειδικής Ζωοτεχνίας

Διδάσκουσα

Παναγιώτα Κουτσούλη



Από τις φαινοτυπικές αποδόσεις στην εκτίμηση των κληροδοτικών τιμών

Το παρόν εργαστήριο είναι η συνέχεια της ύλης που διδαχθήκατε στο 3^ο εξάμηνο στο μάθημα «ΑΡΧΕΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΖΩΩΝ». Στο τρέχον εξάμηνο θα επικεντρωθούμε στην περιγραφή και το σχολιασμό των μεθόδων εκτίμησης των κληροδοτικών τιμών για ένα ή περισσότερα παραγωγικά χαρακτηριστικά, στην αντίδραση των πληθυσμών στην επιλογή, δηλαδή στη δυνατότητα που μας δίνεται να στηριχθούμε σε μία προγραμματισμένη και οργανωμένη διαδικασία επιλέγοντας ως γονείς της επόμενης γενιάς εκείνα τα άτομα που έχουν τις καλύτερες κληροδοτικές τιμές. Επίσης θα μιλήσουμε για τα συστήματα σύζευξης (ομομειξία, ετέρωση και διασταυρώσεις). Ακολουθεί μια μικρή επανάληψη για ορισμένες χρήσιμες γενετικές παραμέτρους που θα τις χρειαστούμε στα επόμενα εργαστήρια.

- Χρήσιμες γενετικές παράμετροι



Συντελεστής συσχέτισης r (*correlation coefficient*)

δείχνει το βαθμό συσχέτισης δύο μεταβλητών X και Y
ή δύο ιδιοτήτων

Εκφράζει την ένταση της σχέσης μεταξύ τους :

r : από -1 έως +1

$$r_{XY} = \frac{Cov(X, Y)}{S_X \cdot S_Y}$$

συνδιακύμανση

τυπική απόκλιση

Συνδιακύμανση, συνδιασπορά, συμμεταβολή (covariation, covariance, regression) $Cov(X,Y)$

- Για δύο χαρακτηριστικά X και Y τα οποία μεταβάλλονται μαζί.
- Η μεταβολή του ενός χαρακτηριστικού (X) αναμένουμε να επηρεάζει τη μεταβολή του άλλου (Y).
- Ενδιαφέρει η κατεύθυνση και το πρόσημο της συνδιακύμανσης
- Συνδιακύμανση: $Cov(X,Y) =$

$$\frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N - 1}$$

$r^2_{XY} = R$ συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination)

Το ποσοστό της διακύμανσης στη μία μεταβλητή Y που ερμηνεύεται από τη διακύμανση της δεύτερης μεταβλητής X

ή το ποσοστό της παρατηρούμενης διακύμανσης της μεταβλητής Y το οποίο μπορεί να εξηγηθεί με το απλό μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

Παράδειγμα : αν ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ δύο ιδιοτήτων X και Y είναι $r=0,5$, τότε ο συντελεστής προσδιορισμού είναι ίσος με $0,25$. Αυτό σημαίνει ότι ένα ποσοστό 25% της παρατηρούμενης διακύμανσης στην ιδιότητα Y εξηγείται από την παρατηρούμενη διακύμανση στην ιδιότητα X .

αίτια για την εμφάνιση συσχετίσεων 1

Πλειοτροπία

Ένα γονίδιο επηρεάζει
περισσότερα από ένα
χαρακτηριστικά
Μόνιμη συσχέτιση

Γενετικά αίτια

Σύνδεση

Γονίδια που επηρεάζουν
δύο διαφορετικές
ιδιότητες βρίσκονται το
ένα κοντά στο άλλο στο
ίδιο χρωματόσωμα
Προσωρινή συσχέτιση

αίτια για την εμφάνιση συσχετίσεων 2

Περιβαλλοντικά αίτια

Κατά
βούληση
διατροφή

- ↑↑ ο ρυθμός ανάπτυξης
- ↑↑ ο βαθμός εναπόθεσης λίπους στο σώμα

Σιτηρέσιο
πλούσιο
σε
ινώδεις

- ↓↓ οι αποδόσεις υψιπαραγωγών ζώων
- ↑↑ λιποπεριεκτικότητα στο γάλα

Συσχετισμένες ιδιότητες - Συσχέτιση

Παραδείγματα: ιδιότητες που μεταβάλλονται από κοινού

- Ζώα που διατρέφονται σωστά
 - Δίνουν περισσότερο γάλα
 - Έχουν καλύτερη σωματική ανάπτυξη
- γαλακτοπαραγωγή & σωματικό μέγεθος συσχετίζονται θετικά π.χ. οι πιο μεγαλόσωμες αγελάδες παράγουν κατά μέσο όρο περισσότερο γάλα
- οι πιο μεγαλόσωμες προβατίνες αποδίδουν περισσότερο μαλλί
- οι χοίροι με λεπτό στρώμα υποδόριου λίπους στη ράχη (ΠΡΥΛ) εμφανίζουν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη μυϊκή ανάπτυξη

Συσχέτιση

- και οι δύο μεταβλητές θεωρούνται τυχαίες

Μεταβλητή X	Μεταβλητή Y
περιεκτικότητα σε τριγλυκερίδια	περιεκτικότητα σε χοληστερόλη στη λέκιθο των αυγών
ενζυμική ενεργότητα της αφυδρογονάσης της γλυκόζης (GDH)	ενζυμική ενεργότητα της μηλικής αφυδρογονάσης (MDH) στο πλάσμα του αίματος
ύψος ακρωμίου	μήκος κορμού
περιεκτικότητα % σε λίπος	περιεκτικότητα % σε πρωτεΐνη στο γάλα

Παλινδρόμηση

- το μέγεθος της εξαρτημένης μεταβλητής (Y) καθορίζεται από το μέγεθος της ανεξάρτητης (X)
- η εξαρτημένη θεωρείται τυχαία

Ανεξάρτητη μεταβλητή (X)	Εξαρτημένη μεταβλητή (Y)
θερμοκρασία αποθηκευτικού χώρου	απώλεια βάρους αυγών
ύψος ακρωμίου	σωματικό βάρος
ενεργειακό περιεχόμενο σιτηρεσίου	ρυθμός ανάπτυξης χοιριδίων

Συσχέτιση - Παλινδρόμηση

- Η παλινδρόμηση και η συσχέτιση είναι δύο διαδικασίες μελέτης δύο μεταβλητών.
- Η παλινδρόμηση προσδιορίζει τη σχέση εξάρτησης μεταξύ των δύο μεταβλητών
- Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης δίνει ένα μέτρο του μεγέθους της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. Επομένως, οι δύο διαδικασίες δεν είναι άσχετες μεταξύ τους.

Συντελεστής παλινδρόμησης

$$b = \frac{Cov(x, y)}{s_x^2} = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}$$

- δείχνει τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής (Y) σε σχέση με την μεταβολή της ανεξάρτητης μεταβλητής (X)
- δείχνει την κλίση της ευθείας παλινδρόμησης

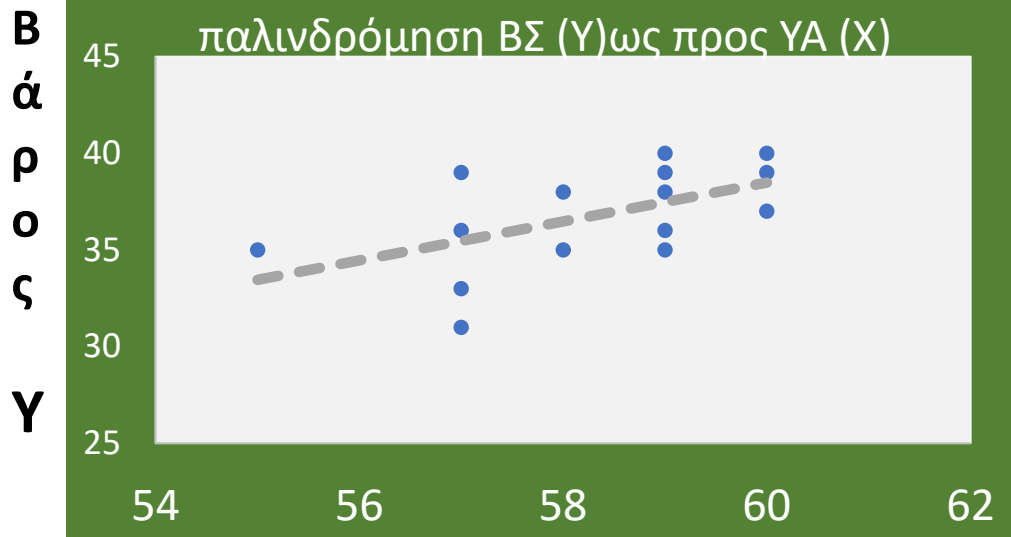
Ύψος Ακρωμίου (ΥΑ) και Βάρος Σώματος (ΒΣ) σε ένα δείγμα 15 προβατίνων της Καλαρρύτεικης φυλής

κωδ.ζώου	ΥΑ (X) cm	ΒΣ (Y) kg
1	57	31
2	57	33
3	59	35
4	58	35
5	55	35
6	59	36
7	57	36
8	60	37
9	58	38
10	59	38
11	59	39
12	60	39
13	57	39
14	59	40
15	60	40

Παλινδρόμηση

$b_{Y,X}$ Συντελεστής
παλινδρόμησης
(regression coefficient)

Μεταβλητές X και Y
 X (ανεξάρτητη) Y (εξαρτημένη)



Υψος ακρωμίου X

Η μέση μεταβολή
στην εξαρτημένη
μεταβλητή Y ανά
μονάδα μεταβολής
στην ανεξάρτητη X

$$a = \mu_Y - b \mu_X = 37 - 1 \times 58 = -21$$

$$y = a + b x = -21 + 1,005 x$$

Συντ. παλινδρόμησης του **βάρους σώματος (Y)** ως προς το **ύψος ακρωμίου (X)** σε προβατίνες $b_{YX} = 1,005 \text{ kg / cm}$

Οι προβατίνες με Ύψος Ακρωμίου 1 cm πάνω από το μέσο όρο θα έχουν βάρος σώματος κατά 1,005 kg πάνω από το μέσο όρο.

Συσχέτιση

ιδιότητες που συσχετίζονται:

βάρος γέννησης (BΓ) – βάρος στο πρώτο έτος ζωής (B_{1ο})

Φαινοτυπική συσχέτιση r_P

$$r_{P_{B\Gamma, B_{1o}}} = 0,40$$

Προσθετική γενετική συσχέτιση r_A

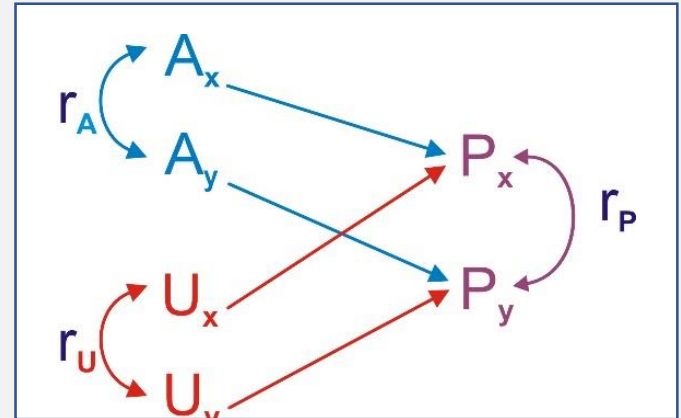
$$r_{A_{B\Gamma, B_{1o}}} = 0,55$$

Περιβαλλοντική συσχέτιση r_U

$$r_{U_{B\Gamma, B_{1o}}} = 0,29$$

$$h^2_{B\Gamma} = 0,59$$

$$h^2_{B_{1o}} = 0,81$$



Συντελεστές
συσχέτισης r_A, r_U, r_P

Σημασία των συντελεστών γενετικής συσχέτισης

- Όταν μεταξύ δύο ιδιοτήτων (ιδιότητα 1 και ιδιότητα 2) ο συντελεστής προσθετικής γενετικής συσχέτισης r_A είναι υψηλός:
 - Επιλέγοντας ιδιότητα 1, αντιδρά στην επιλογή και η ιδιότητα 2 (παράδειγμα: γαλακτοπαραγωγή και λιποπαραγωγή)
 - Όταν είναι δύσκολο να μετρηθεί η ιδιότητα 1 χρησιμοποιώ ως επιλεγόμενο χαρακτηριστικό την ιδιότητα 2 (παράδειγμα: ποσοστό πλούσιων σε κρέας τεμαχίων και πάχος ραχιαίου υποδόριου λίπους)

Σημασία των συντελεστών γενετικής συσχέτισης

- στην άμεση & στην έμμεση επιλογή
- Παραδείγματα:
 - Ποιότητα κρέατος
 - Φυλοπεριορισμένες ιδιότητες (γαλακτοπαραγωγή & λιποπαραγωγή)
 - Επιλογή σε μικρότερη ηλικία (βάρος στον απογαλακτισμό- βάρος ώριμης ηλικίας σφαγής)
 - Μέγεθος τοκετομάδας-ρυθμός ωοθυλακιορρηξίας

H^2 , h^2 : συντελεστής κληρονομικότητας σε μία ιδιότητα (χαρακτηριστικό)

- το ποσοστό της φαινοτυπικής διακύμανσης σε έναν πληθυσμό που οφείλεται στη γενετική διακύμανση
- Η φαινοτυπική διακύμανση μεταξύ των ατόμων μπορεί να οφείλεται σε γενετικούς ή / και περιβαλλοντικούς παράγοντες
- Η ανάλυση με βάση την οποία υπολογίζεται ο συντελεστής κληρονομικότητας, εκτιμά τη σχετική συνεισφορά των γενετικών και μη γενετικών παραγόντων στην ολική φαινοτυπική διακύμανση του πληθυσμού

Φαινότυπος (P) =
Γονότυπος (G) + Περιβάλλον (U)

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2 + \sigma_U^2}$$

$$H^2 = \frac{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2 + \sigma_U^2}$$

Παράδειγμα:

προσθετική διακύμανση $\sigma^2A = 25$

κυριαρχική διακύμανση $\sigma^2D = 10$

επιστατική διακύμανση $\sigma^2E = 5$

περιβαλλοντική διακύμανση $\sigma^2U = 60$

$$H^2 = \frac{25 + 10 + 5}{25 + 10 + 5 + 60} = \frac{40}{100} = 0,4$$

Συντελεστής κληρονομικότητας h^2 με τη στενή έννοια

αν προσθετική διακύμανση $\sigma^2_A = 25$
κυριαρχική διακύμανση $\sigma^2_D = 10$
επιστατική διακύμανση $\sigma^2_E = 5$
περιβαλλοντική διακύμανση $\sigma^2_U = 60$

$$\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2 + \sigma_U^2 = \sigma_P^2 \text{ Φαινοτυπική διακύμανση}$$

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = \frac{25}{25 + 10 + 5 + 60} = \frac{25}{100} = 0,25$$

Η ομοιότητα που παρατηρείται μεταξύ των γονέων και των απογόνων τους οφείλεται στις μέσες επιδράσεις των γονιδίων που κληρονομούν οι απόγονοι από τους γονείς τους.

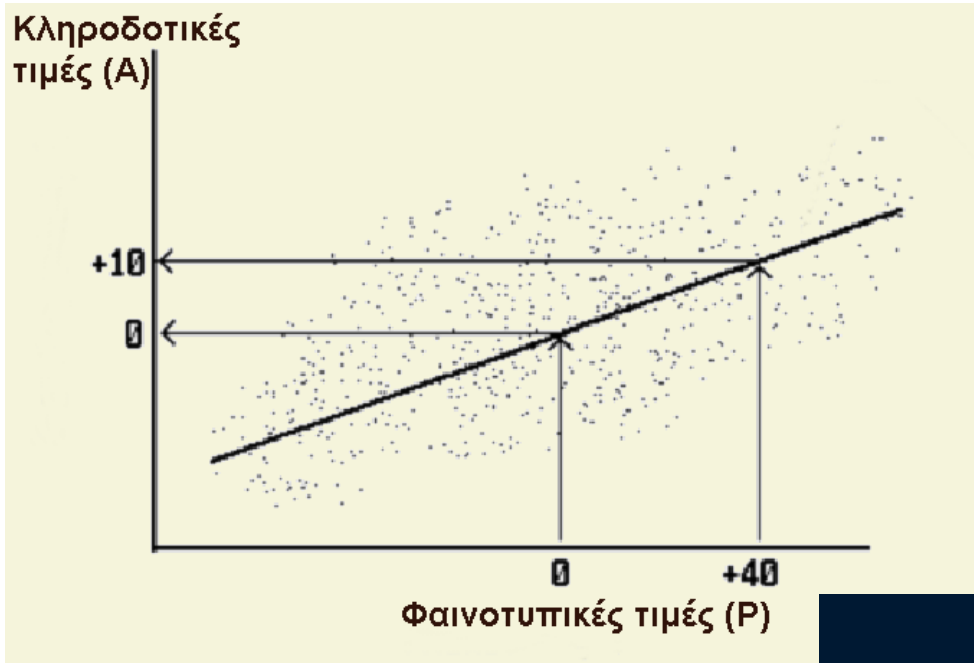
Καθοριστικός παράγοντας για την αντίδραση του πληθυσμού στην επιλογή είναι το μέγεθος της διακύμανσης των κληροδοτικών τιμών των ζώων στον πληθυσμό. Ο λόγος σ_A^2/σ_P^2 εκφράζει το ποσοστό της φαινοτυπικής διακύμανσης μιας ποσοτικής ιδιότητας που οφείλεται σε διαφορές μεταξύ των κληροδοτικών ατόμων του πληθυσμού.

- Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει ο h^2 τόσο λιγότερο το περιβάλλον επηρεάζει τη φαινοτυπική έκφραση της ιδιότητας

- Όσο μικρότερη τιμή έχει ο h^2 τόσο περισσότερο το περιβάλλον επηρεάζει τη φαινοτυπική έκφραση της ιδιότητας

Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

- Εκφράζει το συντελεστή παλινδρόμησης των ΚΤ πάνω στις φαινοτυπικές αποδόσεις

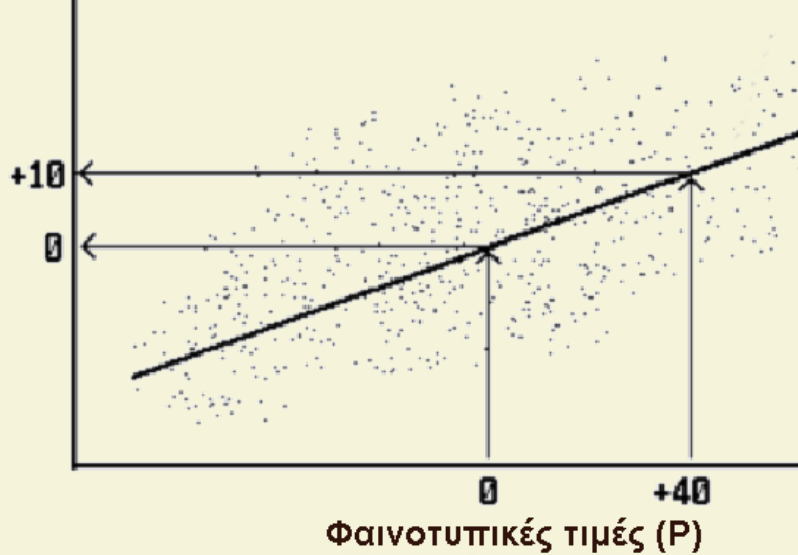


$$b_{AP} = \frac{\text{Cov}(A,P)}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = h^2$$

Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

- επιτρέπει την εκτίμηση των κληροδοτικών τιμών από το φαινότυπο

Κληροδοτικές
τιμές (A)



$$b_{AP} = \frac{\text{Cov}(A,P)}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = h^2$$

Απόκλιση της
φαινοτυπικής τιμής P από
το μέσο όρο μ

$$\hat{A} = b_{AP} (P - \mu) = h^2 (P - \mu)$$

Πρακτική σημασία: Βοηθά στην πρόβλεψη της παραγωγικής ικανότητας των ζώων

Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

- επιτρέπει την εκτίμηση των κληροδοτικών τιμών από το φαινότυπο

- Έστω ότι σε ένα νεαρό κριό που μόλις απογαλακτίζεται, το βάρος απογαλακτισμού είναι 15 kg. Για το χαρακτηριστικό αυτό (βάρος απογαλακτισμού) ο μέσος όρος των αρνιών στον πληθυσμό είναι 11 kg και ο συντελεστής κληρονομικότητας είναι ίσος με $h^2=0,15$.
- Η αναμενόμενη κληροδοτική τιμή του νεαρού κριού θα είναι :

$$\hat{A}=b_{AP}(P - \mu)=h^2(P - \mu)=0,15(15-11)=600 \text{ g}$$

- Οι απόγονοι του νεαρού κριού αν συζευχθεί με τυχαίο δείγμα θηλυκών αρνιών από τον πληθυσμό αναμένεται να διαφέρουν από τον αντίστοιχο μέσο όρο του πληθυσμού κατά 300 g.

Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

Η τετραγωνική ρίζα του h^2 συνιστά το μέτρο ακρίβειας εκτίμησης r_{AP} των ΚΤ (Α) από τις φαινοτυπικές αποδόσεις των ζώων (Ρ)

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$$

$$\sqrt{h^2} = h = \sqrt{\frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}} = \frac{\sigma_A}{\sigma_P} = \frac{\sigma_A \times \sigma_A}{\sigma_P \times \sigma_A} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P \sigma_A} = r_{AP}$$

Όσο πιο υψηλός ο συντελεστής κληρονομικότητας τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ακρίβεια με την οποία εκτιμώνται οι κληροδοτικές τιμές από τις φαινοτυπικές αποδόσεις

Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

Η τετραγωνική ρίζα του h^2 συνιστά το μέτρο ακρίβειας εκτίμησης r_{AP} των ΚΤ (A) από τις φαινοτυπικές αποδόσεις των ζώων (P)

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$$

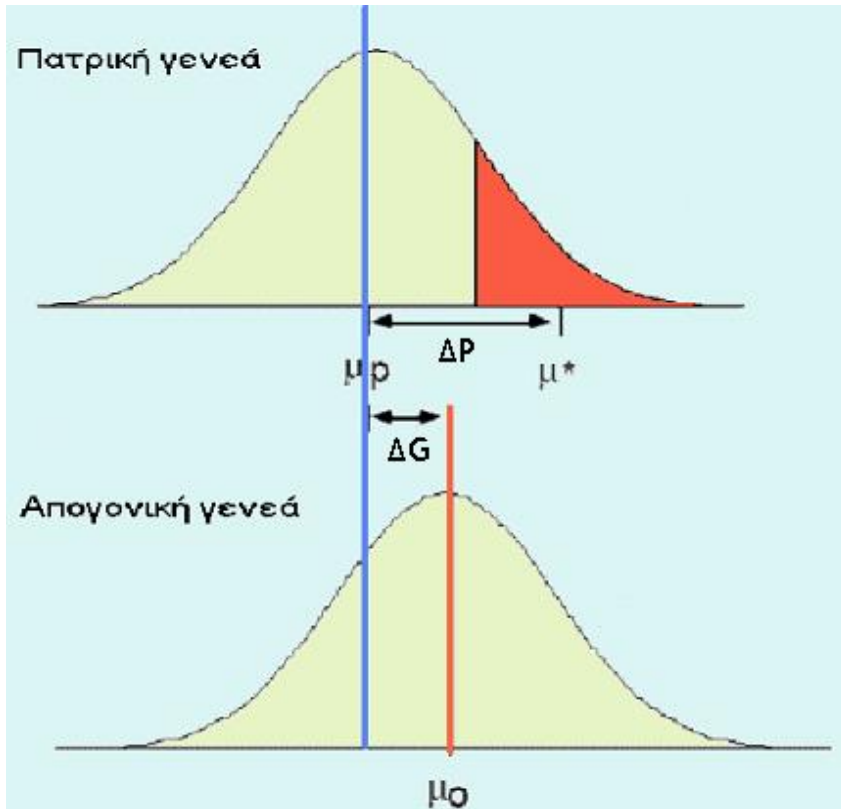
$$\sqrt{h^2} = h = r_{AP}$$

Στο παράδειγμα με τον νεαρό κριό για την ιδιότητα βάρος απογαλακτισμού η τιμή r_{AP} θα είναι ίση με $\sqrt{0,15} = 0,39$. Η ακρίβεια με την οποία εκτιμώνται οι κληροδοτικές τιμές από τις φαινοτυπικές αποδόσεις είναι μικρή λόγω του χαμηλού h^2 .

Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

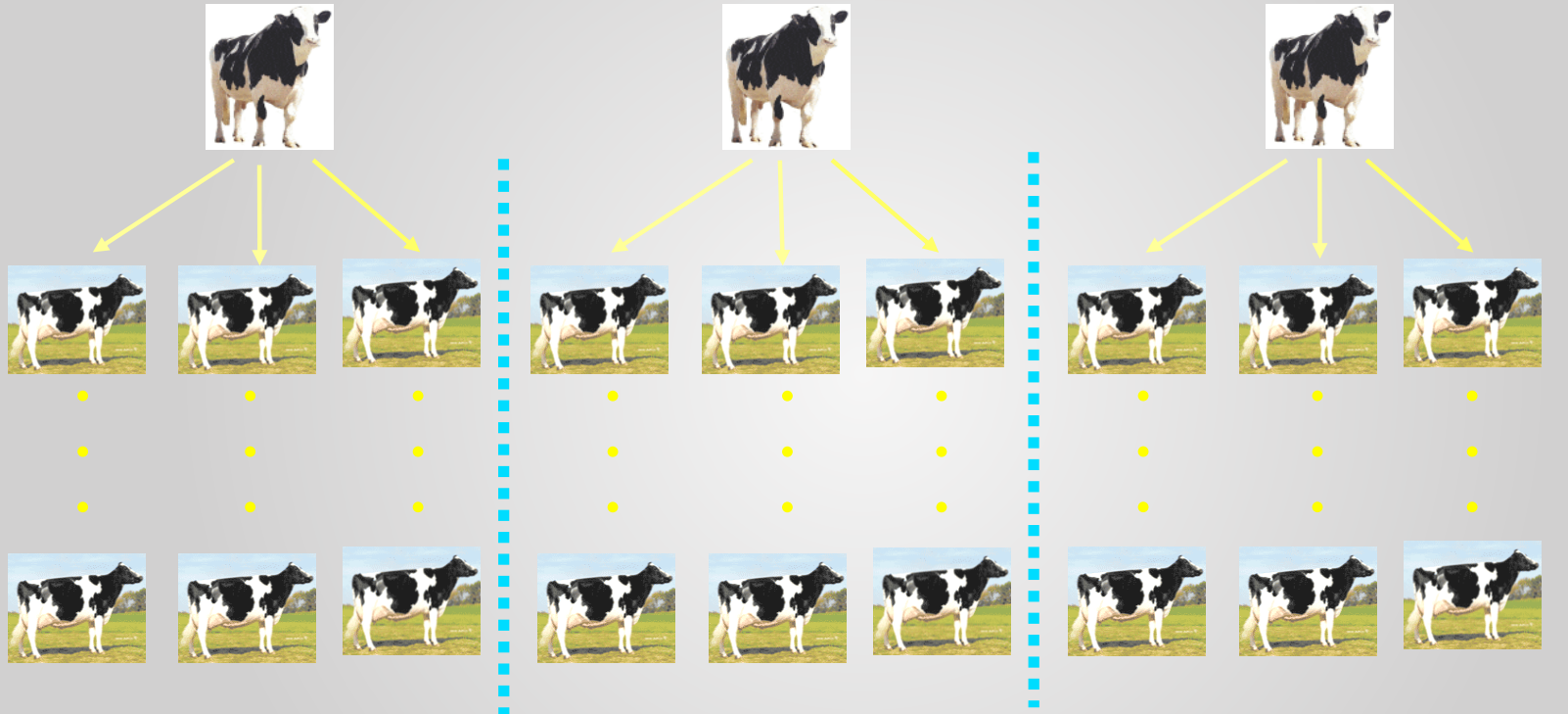
Μεγαλύτερη γενετική πρόοδος (ΔG) αναμένεται για ιδιότητες με υψηλό συντελεστή κληρονομικότητας

ο h^2 : συνιστά ένα μέτρο της αποτελεσματικότητας μεταφοράς της φαινοτυπικής ανωτερότητας των γονέων στην επόμενη γενεά



$$h^2 = \frac{\Delta G}{\Delta P}$$

Έκτίμηση του h^2 από την ανάλυση της ομοιότητας μεταξύ συγγενών: Συνδιακύμανση ετεροθαλών αδελφών



Μέτρηση ιδιότητας ή ιδιοτήτων στους απογόνους (μεταξύ τους είναι ετεροθαλή αδέρφια) όχι στους γονείς, συνεπώς απαιτείται γνώση γενεαλογίας

Έκτίμηση του h^2 από την παλινδρόμηση των αποδόσεων των απογόνων ως προς τις αποδόσεις των γονέων:
Συνδιακύμανση γονέα-απογόνου

- Η μέθοδος χρησιμοποιείται, κυρίως, στα βοοειδή και στα μικρά μηρυκαστικά για την εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας των διάφορων χαρακτηριστικών της γαλακτοπαραγωγής, δεδομένου ότι η γαλακτοπαραγωγή είναι ιδιότητα φυλοπεριορισμένη

Animal Species and trait	heritability	Animal Species and trait	heritability
Dairy cattle		Laying hens	
Milk yield (kg)	0.36	Age at first egg	0.51
Body condition score	0.22	Egg production (egg/d)	0.22
Somatic cell score	0.15	Egg weight	0.60
Horses		Sheep	
Free movement	0.34	Clean fleece weight	0.47
Rideability	0.29	Fibre diameter	0.45
Osteochondrosis	0.23	Daily gain 30 to 90 days	0.52
Pigs		Dogs	
Daily gain (g/d)	0.25	Temperament	0.20
Litter size	0.15	Hip dysplasia	0.34
Feed conversion ratio	0.35	Litter size	0.30
Fish (Salmon, trout)			
Survival	0.05		
Body length	0.10		
Body weight	0.20		

<https://wiki.groenkennisnet.nl/display/TAB/Textbook+Animal+Breding+and+Genetics>
chapter 5.8 heritability

h^2

[Animal Traits Correlation Database \(animalgenome.org\)](http://animalgenome.org)

Summary:

There are **7** heritability data found on "**Average daily milk yield**" trait.

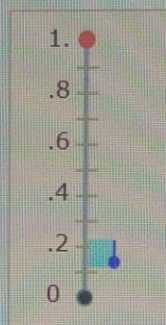
h^2

n: 7

Median: 0.140

Min-Max range: 0.060 - 0.500

Interquartile range: 0.125 - 0.226



Mean: 0.200

STD: ± 0.146

95% CI: 0.092 - 0.308

Species	Trait (symbol) (Click for details, linking to QTL/ associations/ correlations/ VT/ LPT/ etc)	Heritability (Click for more reports on the same trait)	Mean (stddiv)	Variance
Cattle	Average daily milk yield (AMY)	$h^2 = 0.188$	16.5 (± 5.6)	5.237
Cattle	Average daily milk yield (AMY)	$h^2 = 0.14$	27.58 (± 7.73)	n/a
Cattle	Average daily milk yield (AMY)	$h^2 = 0.50$	16.2 (± 3.7)	7.48
Cattle	Average daily milk yield (AMY)	$h^2 = 0.263$	n/a	n/a
Cattle	Average daily milk yield (AMY)	$h^2 = 0.12$	n/a	65.584
Cattle	Average daily milk yield (AMY)	$h^2 = 0.13$	n/a	68.591
Cattle	Average daily milk yield (AMY)	$h^2 = 0.06$	32.4 (± 10.9)	n/a

Συντελεστής συσχέτισης αποδόσεων

εκφράζει το βαθμό ομοιότητας μεταξύ των αποδόσεων που πραγματοποιούνται πολλές φορές στη διάρκεια ζωής ενός ζώου

**Συντελεστής
επαναληπτικότητας r**

Εκφράζει το μέρος της φαινοτυπικής διακύμανσης της ιδιότητας το οποίο οφείλεται στις μεταξύ των ζώων διαφορές λόγω μόνιμων επιδράσεων

μόνιμες επιδράσεις: γονότυπος+ μόνιμες περιβαλλοντικές επιδράσεις

Συντελεστής συσχέτισης αποδόσεων

Ο συντελεστής επαναληπτικότητας r για τη γαλακτοπαραγωγή στο πρόβατο είναι 0,40

Σε ένα ποίμνιο η μέση γαλακτοπαραγωγή στις πρωτότοκες προβατίνες είναι $\mu=140$ kg.

Μία πρωτότοκη προβατίνα με γαλακτοπαραγωγή ίση με 180 kg γάλακτος στην α' γαλακτική περίοδο (P), αναμένεται να αυξήσει τη γαλακτοπαραγωγή της κατά τη β' γαλακτική περίοδο κατά 16 kg.

Πως βγήκε αυτή η πρόβλεψη;

Απάντηση: Βασιστήκαμε στο συντελεστή επαναληπτικότητας και η παραπάνω πρόβλεψη προέκυψε ως εξής:

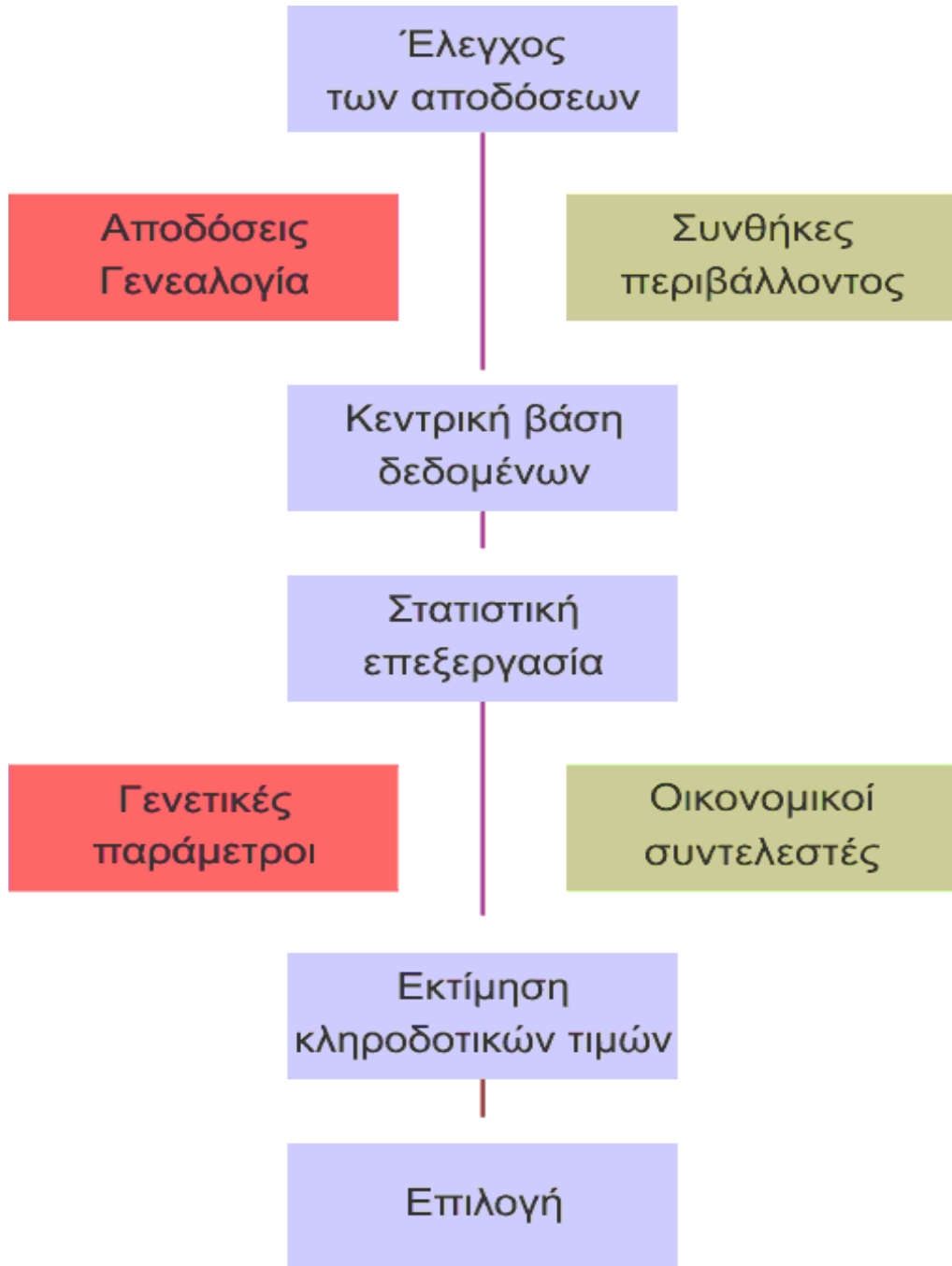
$$r_E \times (P - \mu) = 0,40 (180-140)=16 \text{ kg γάλακτος.}$$

Όπου P: φαινοτυπική απόδοση προβατίνας και

μ : μέση γαλακτοπαραγωγή των πρωτότοκων προβατινών στο ποίμνιο

Συμπέρασμα: η προβατίνα θα υπερέχει σε σύγκριση με τις προβατίνες ίδιας ηλικίας κατά μία ποσότητα ίση με το συντελεστή r_E επί τη διαφορά από το μέσο όρο των υπολοίπων προβατινών με την ίδια ηλικία

Διαδικασία εκτίμησης των κληροδοτικών τιμών



Βιβλιογραφία & χρήσιμοι σύνδεσμοι

- *Θεωρία: Γενετική Βελτίωση των Αγροτικών Ζώων, Εμμ. Ρογδάκης, εκδόσεις Σταμούλης (2008), σελίδες: 246 έως 270, Κεφάλαιο 5*
- *Bourdon M. R. Understanding animal breeding, Prentice Hall, Inc, 1997*
- Συντελεστής κληρονομικότητας
- <https://wiki.groenkennisnet.nl/display/TAB/Textbook+Animal+Breding+and+Genetics>
- <https://link.springer.com/content/pdf/10.3103%2FS1068367408020134.pdf>
- http://www.uaiasi.ro/CERCET_AGROMOLD/CA2-06-07.pdf
- <http://extension.missouri.edu/p/G2910>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1855112/pdf/GEN17541895.pdf>

Βιβλιογραφία & χρήσιμοι σύνδεσμοι

- *Θεωρία: Γενετική Βελτίωση των Αγροτικών Ζώων*, Εμμ. Ρογδάκης, εκδόσεις Σταμούλης (2008), σελίδες: 270 έως 290, Κεφάλαιο 5
- Συσχετίσεις ιδιοτήτων <https://www.animalgenome.org/cgi-bin/CorrDB/index#Sheep>
- Διόρθωση του βάρους γέννησης/ βάρους απογαλακτισμού <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1250&context=animalscifacpub>

Ερωτήσεις κατανόησης

Ορισμός και σημασία του συντελεστή κληρονομικότητας

Ορισμός και σημασία του συντελεστή επαναληπτικότητας

Να δώσετε παραδείγματα ιδιοτήτων με οικονομική σημασία στα ζώα που εκδηλώνουν αρνητική ή θετική γενετική συσχέτιση

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση:

- Ο συντελεστής κληρονομικότητας για την ιδιότητα της γαλακτοπαραγωγής κυμαίνεται από
 - α) 0,1 έως 0,4 β) από 0,05 έως 0,10, γ) από 0,7 έως 0,8.
- Η γνώση του συντελεστή α) επαναληπτικότητας, β) κληρονομικότητας, γ) προσδιορισμού σε μία ιδιότητα επιτρέπει την εκτίμηση της παραγωγικής ικανότητας του ζώου από μια απόδοσή του κατά το παρελθόν.
- Η γαλακτοπαραγωγή και η λιποπεριεκτικότητα είναι ιδιότητες που συσχετίζονται
 - α) θετικά, β) αρνητικά γ) δεν συσχετίζονται μεταξύ τους.
- Ο αριθμός των αυγών και το σωματικό βάρος των πτηνών είναι δύο ιδιότητες με
 - α) θετική, β) αρνητική και γ) καμία γενετική συσχέτιση μεταξύ τους.

Στις παρακάτω προτάσεις επιλέξτε σωστό (Σ) ή λάθος (Λ)

- Όσο μεγαλύτερος ο συντελεστής κληρονομικότητας h^2 μίας ιδιότητας τόσο περισσότερο η φαινοτυπική έκφραση της ιδιότητας επηρεάζεται από το περιβάλλον (Σ) / (Λ)
- Ο συντελεστής κληρονομικότητας h^2 εκφράζει το συντελεστή παλινδρόμησης των Κληροδοτικών Τιμών πάνω στις φαινοτυπικές αποδόσεις. (Σ) / (Λ)