Γλώσσες και οργανισμοί: δύο παράλληλα συστήματα

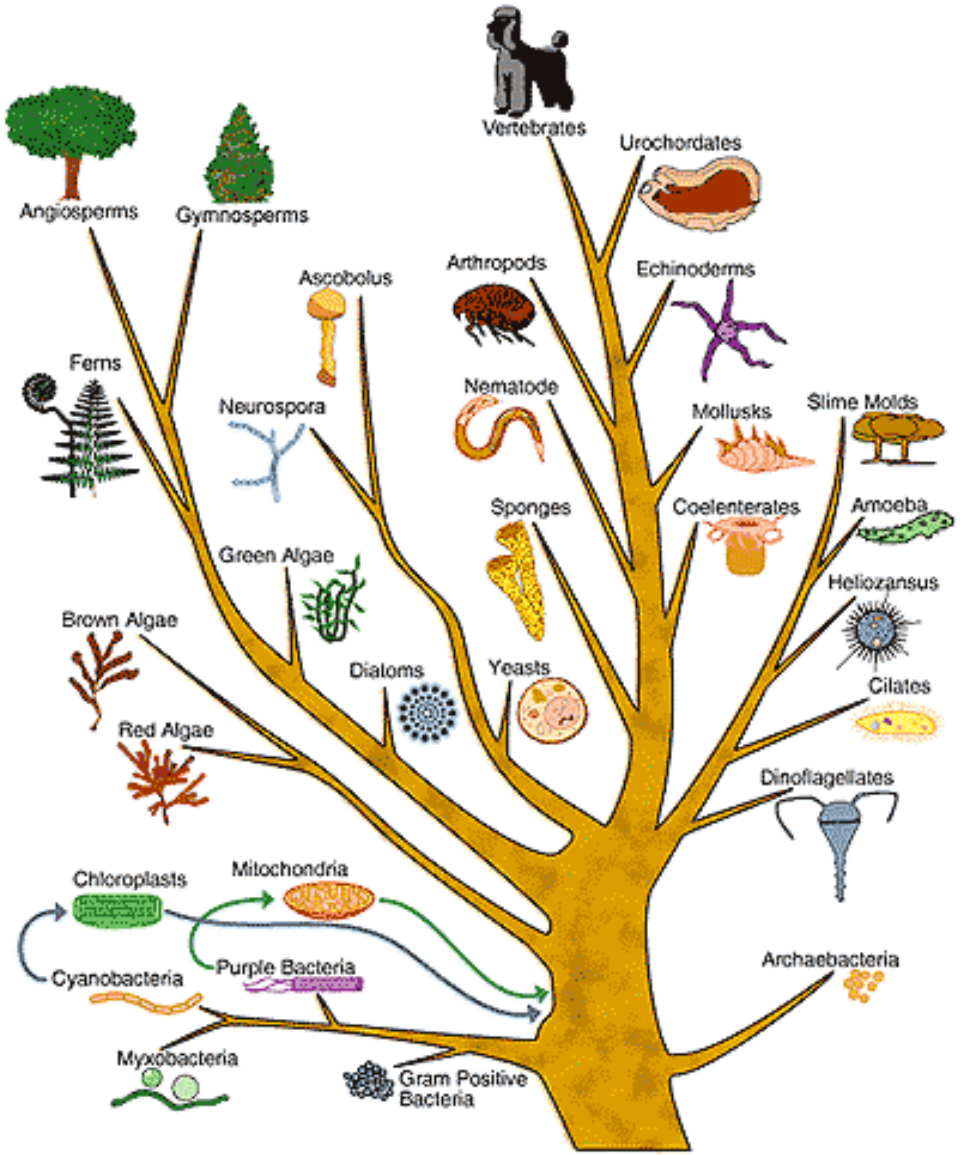
Έλενα Αναγνωστοπούλου
Τμήμα Φιλολογίας, Παν. Κρήτης
Μανόλης Λαδουκάκης
Τμήμα Βιολογίας, Παν. Κρήτης

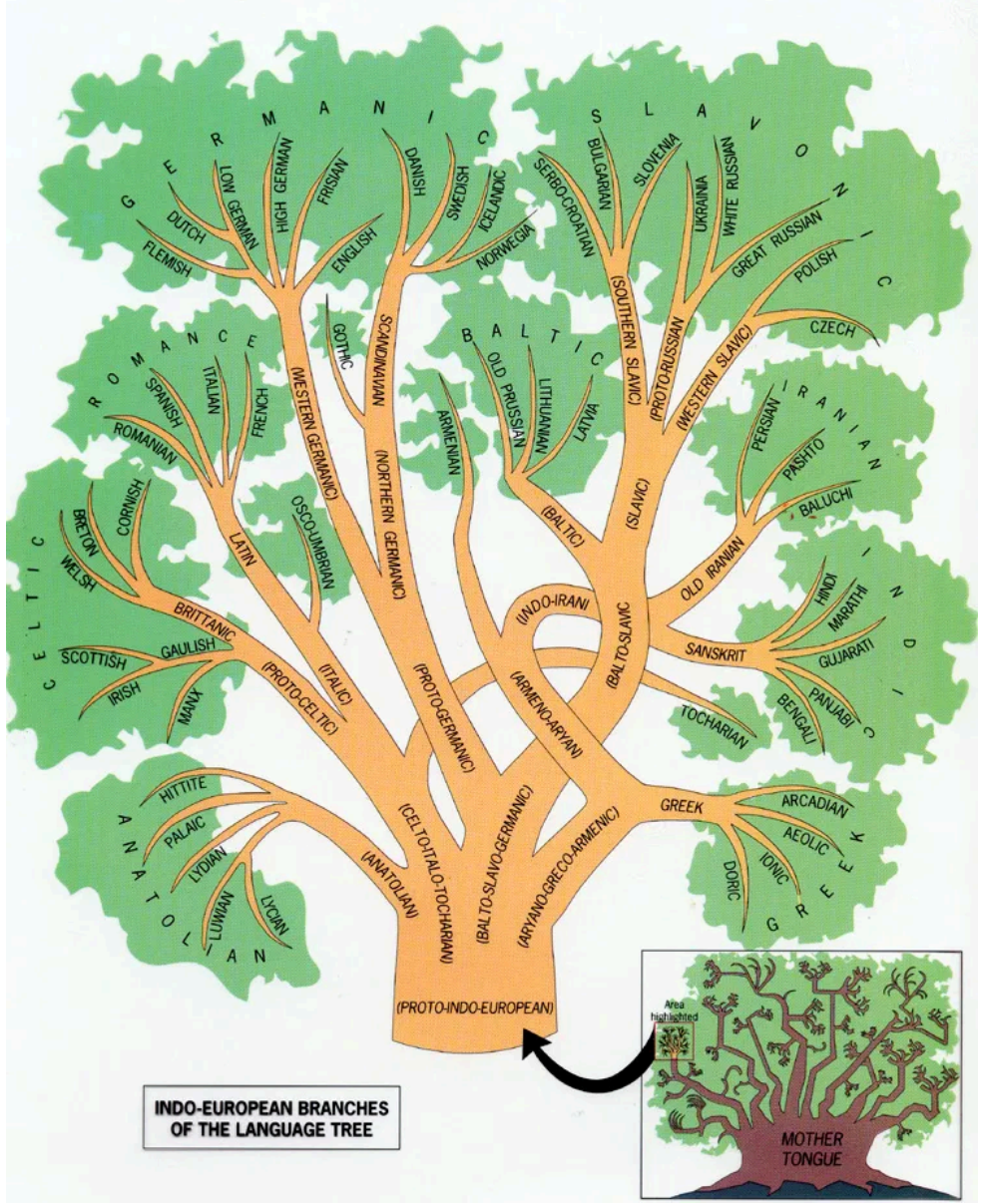
Δαρβινική Δευτέρα 20/06/2022

Παραλληλισμοί

	Γλώσσα	Βιολογία
Άτομο	Ιδιόλεκτο	Ένας ανεξάρτητος οργανισμός
Πληθυσμοί ατόμων	Σύνολο ιδιολέκτων μιας γλώσσας που μιλιούνται στην ίδια περιοχή στον ίδιο χρόνο	Σύνολο ατόμων ενός είδους που μιλιούνται στην ίδια περιοχή στον ίδιο χρόνο
Χρόνος	Αλληλοδιαδεχόμενες γενιές	
Χαρακτηριστικά	Κληρονόμηση χαρακτηριστικών	

Παραλληλισμοί : Ποικιλομορφία

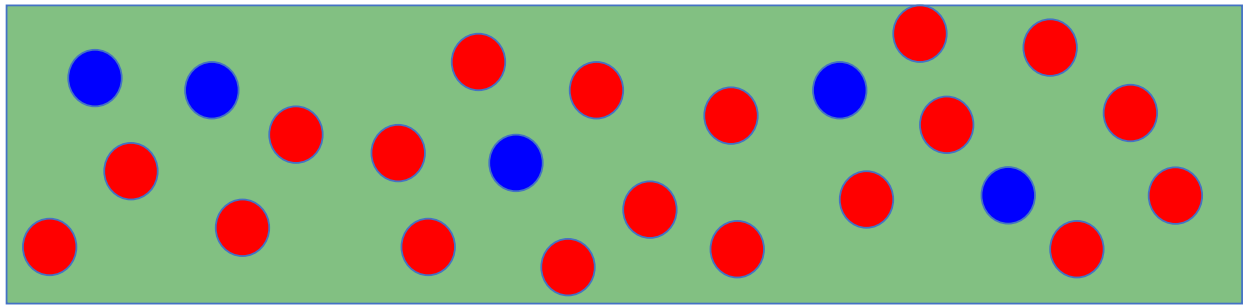




Εξέλιξη

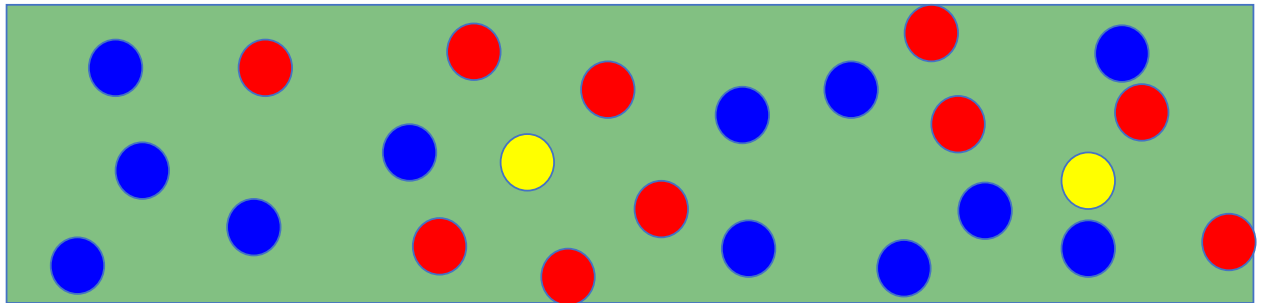
Εξέλιξη είναι η αλλαγή στις κληρονομούμενες ιδιότητες των πληθυσμών

Πληθυσμός 1

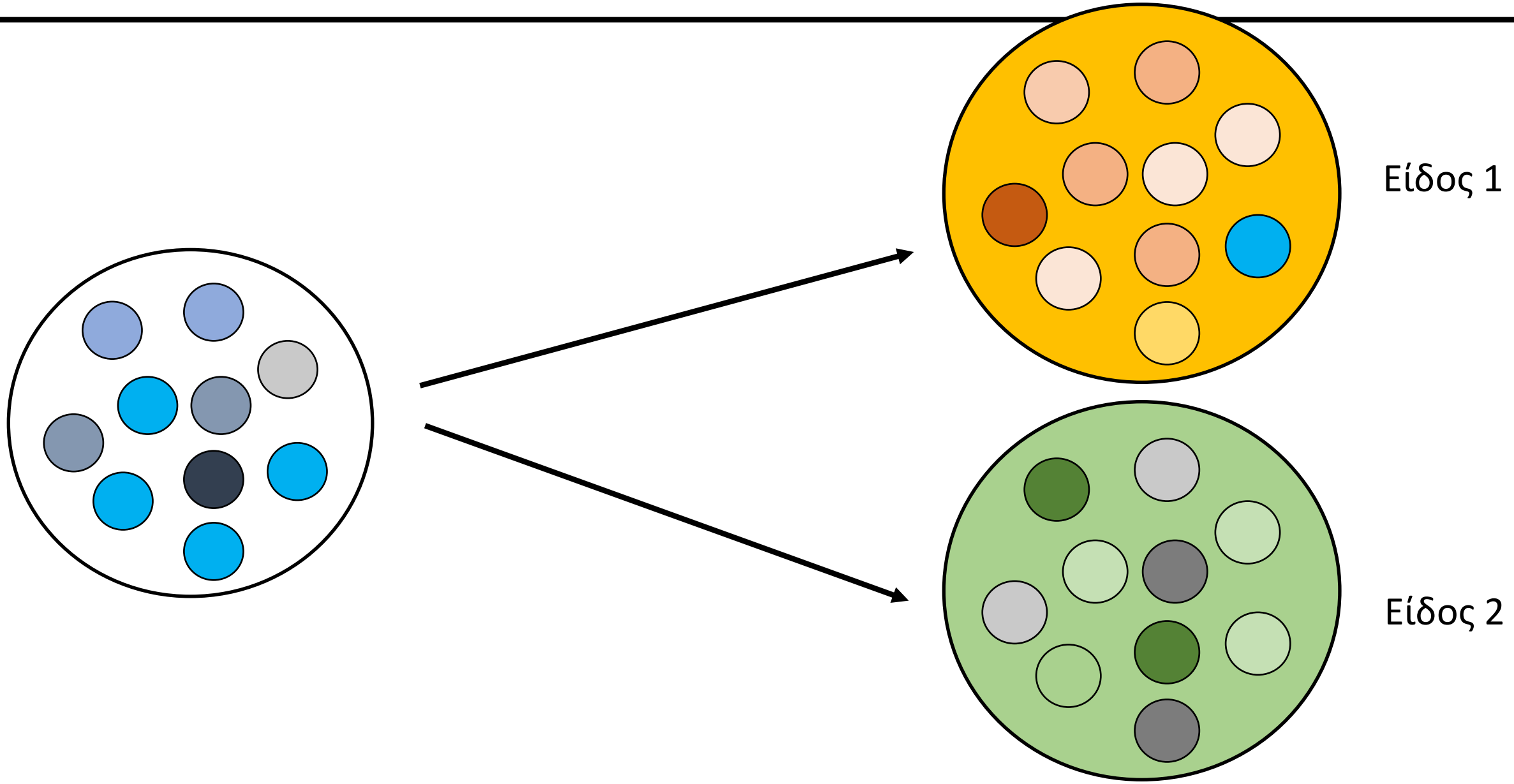


Χρόνος

Πληθυσμός 2



Εισαγωγικές έννοιες: Που οδηγεί η εξέλιξη;

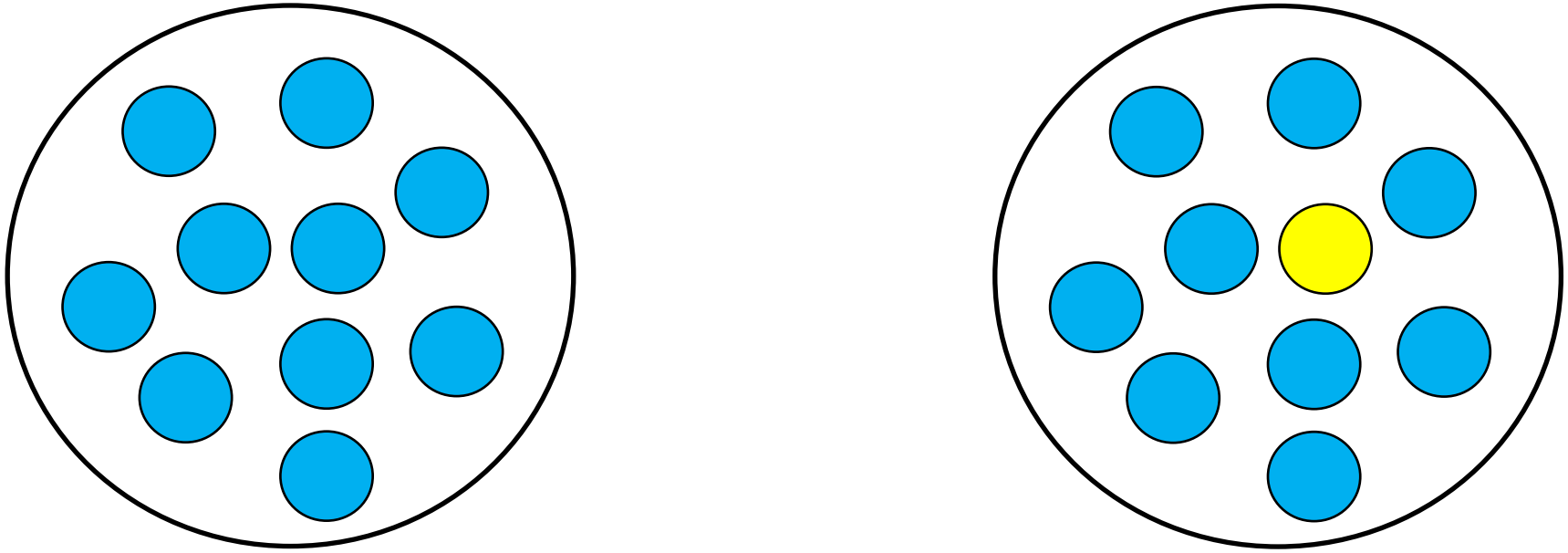


Η εξέλιξη συμβαίνει μέσα από 3+1 διαδικασίες

1. Παραγωγή πρωτογενούς ποικιλομορφίας
2. Μη τυχαία εγκαθίδρυση ή εξαφάνιση της ποικιλομορφίας
3. Τυχαία εγκαθίδρυση ή εξαφάνιση της ποικιλομορφίας

4. Ανταλλαγή πληροφορίας από τον ένα πληθυσμό στον άλλο

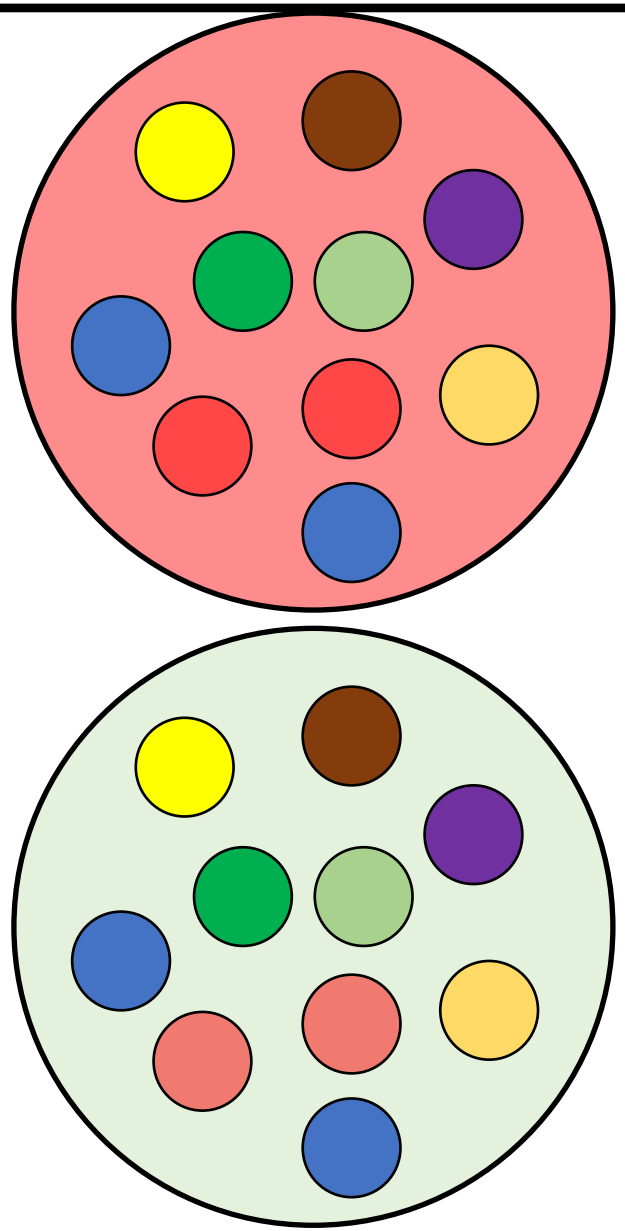
1. Δημιουργία πρωτογενούς ποικιλομορφίας



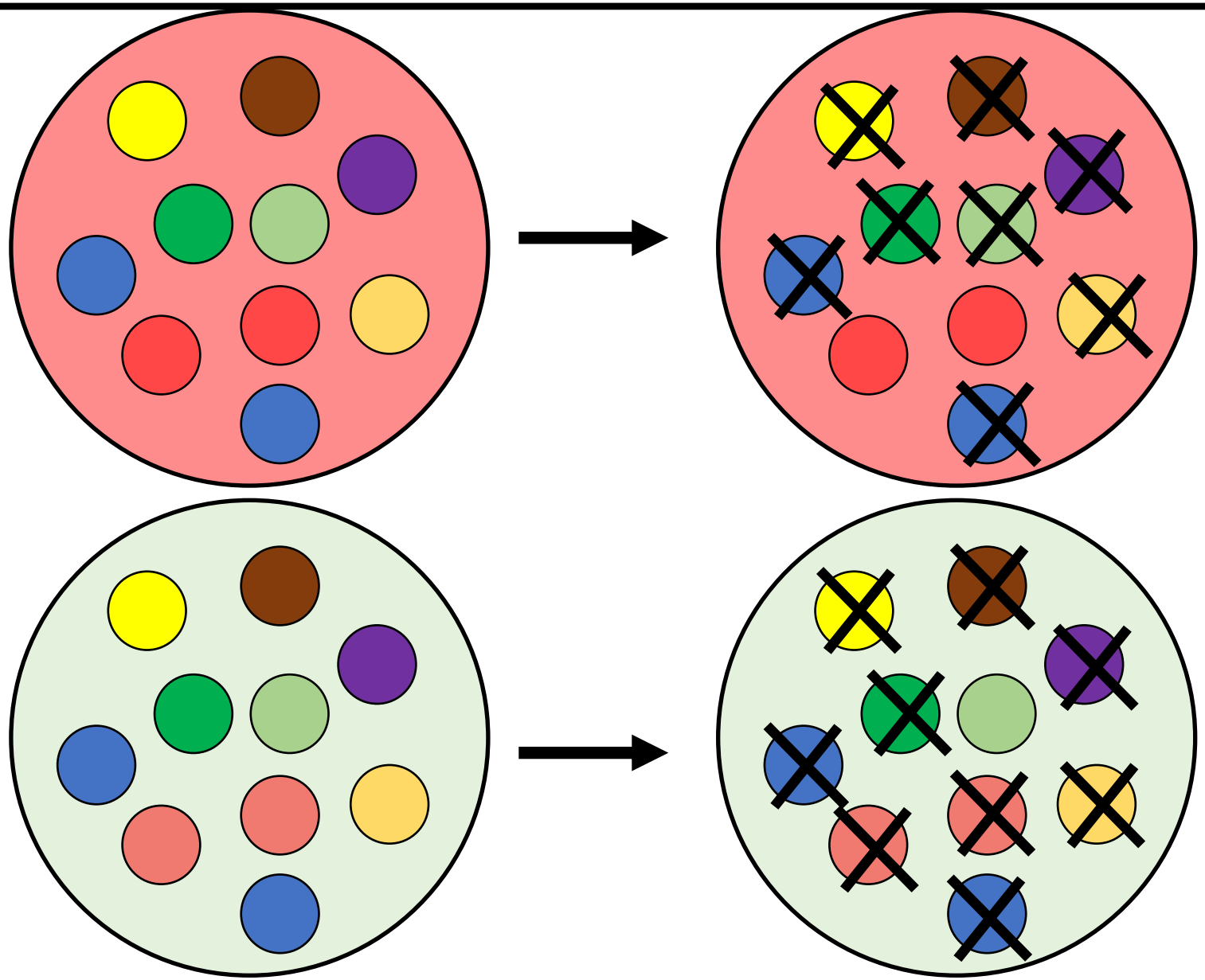
Οργανισμοί: Μετάλλαξη

Γλώσσες: Καινοτομία (Innovation)

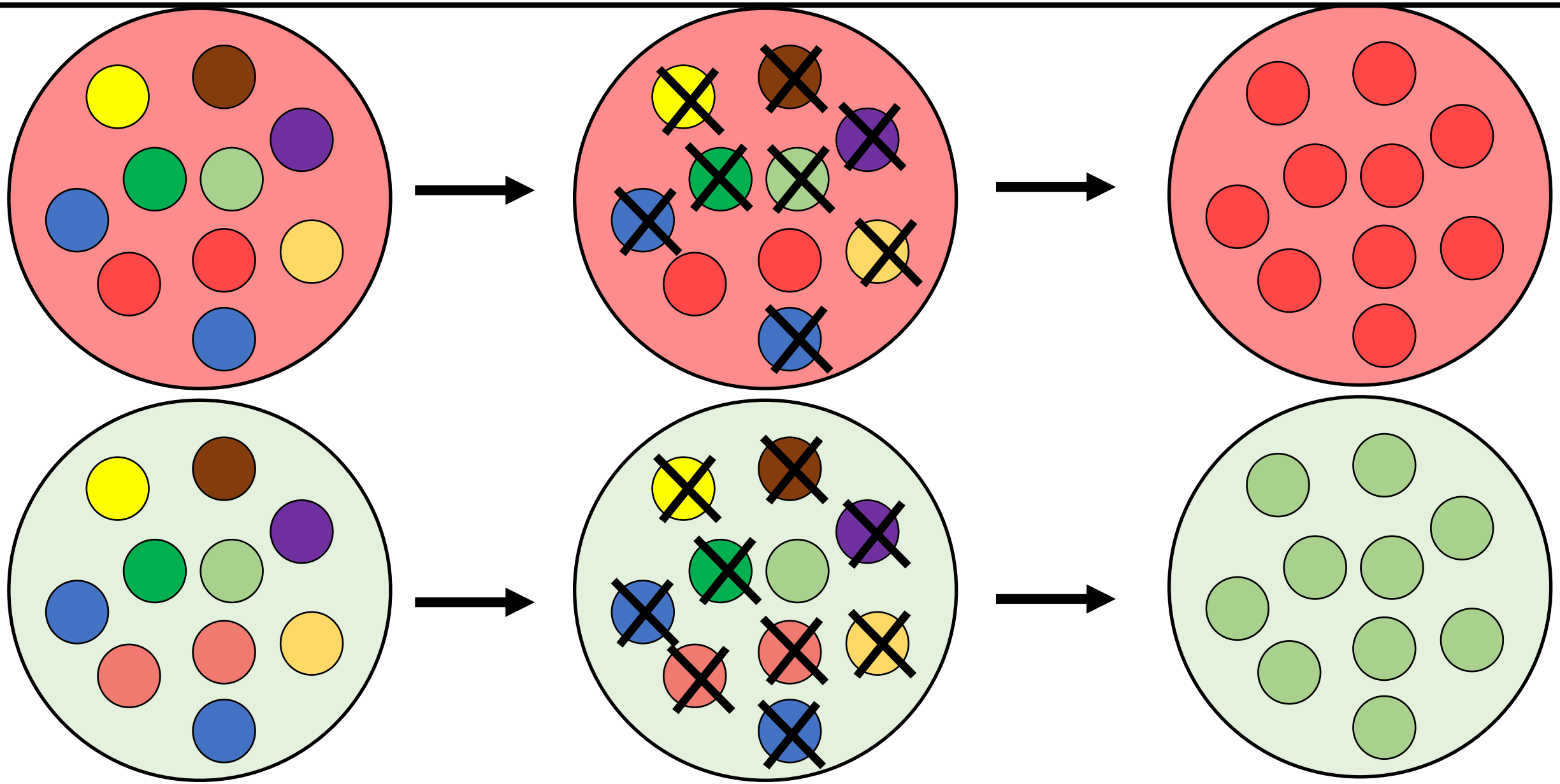
2. Φυσική επιλογή



2. Φυσική επιλογή

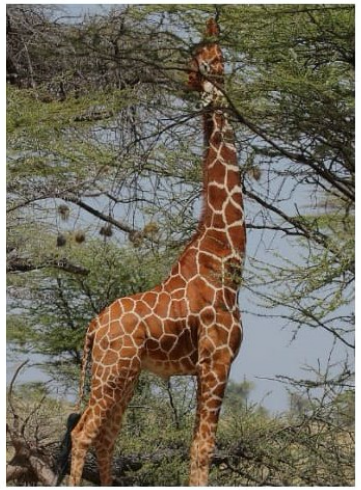


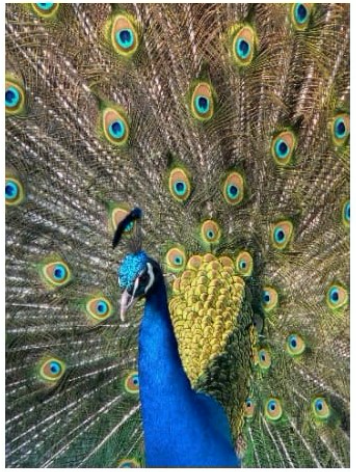
2. Φυσική επιλογή



2. Ποικιλοποίηση της ζωής: Φυσική επιλογή

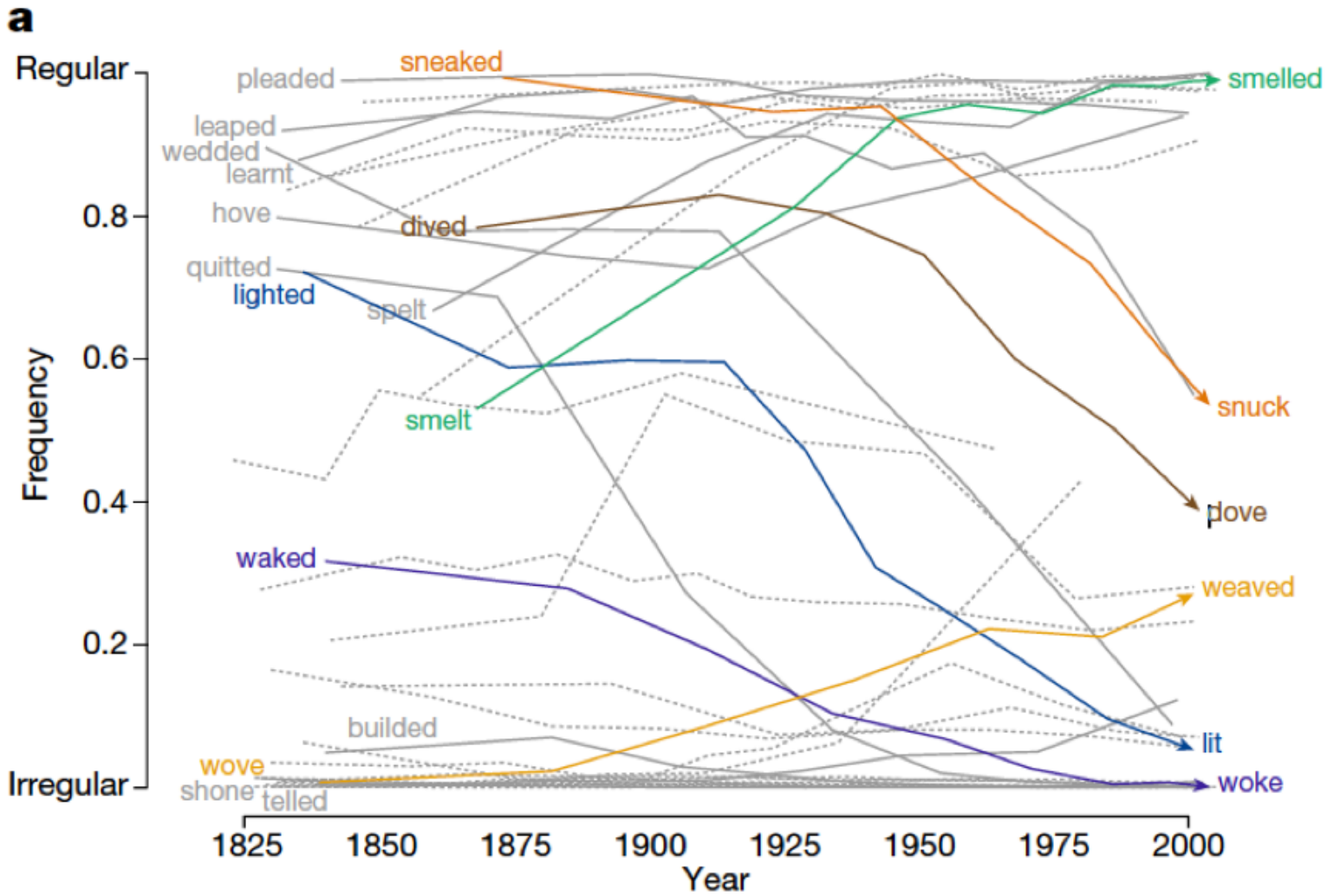
Προσαρμογές





2. Εξέλιξη γλωσσών: Επιλογή

Ανωμαλοποίηση ή ομαλοποίηση ρημάτων

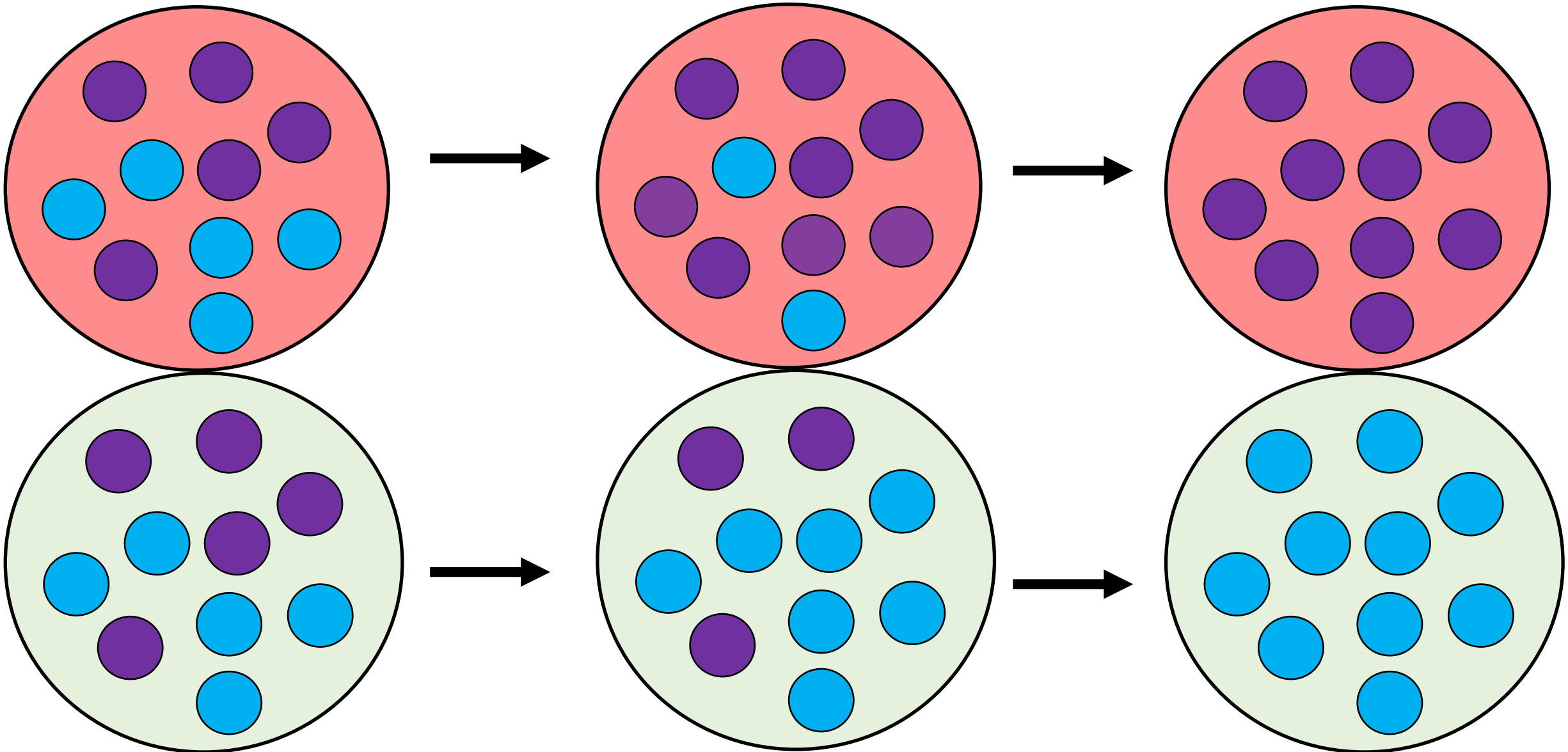


Dive-Dived-Dove

Drive Drove

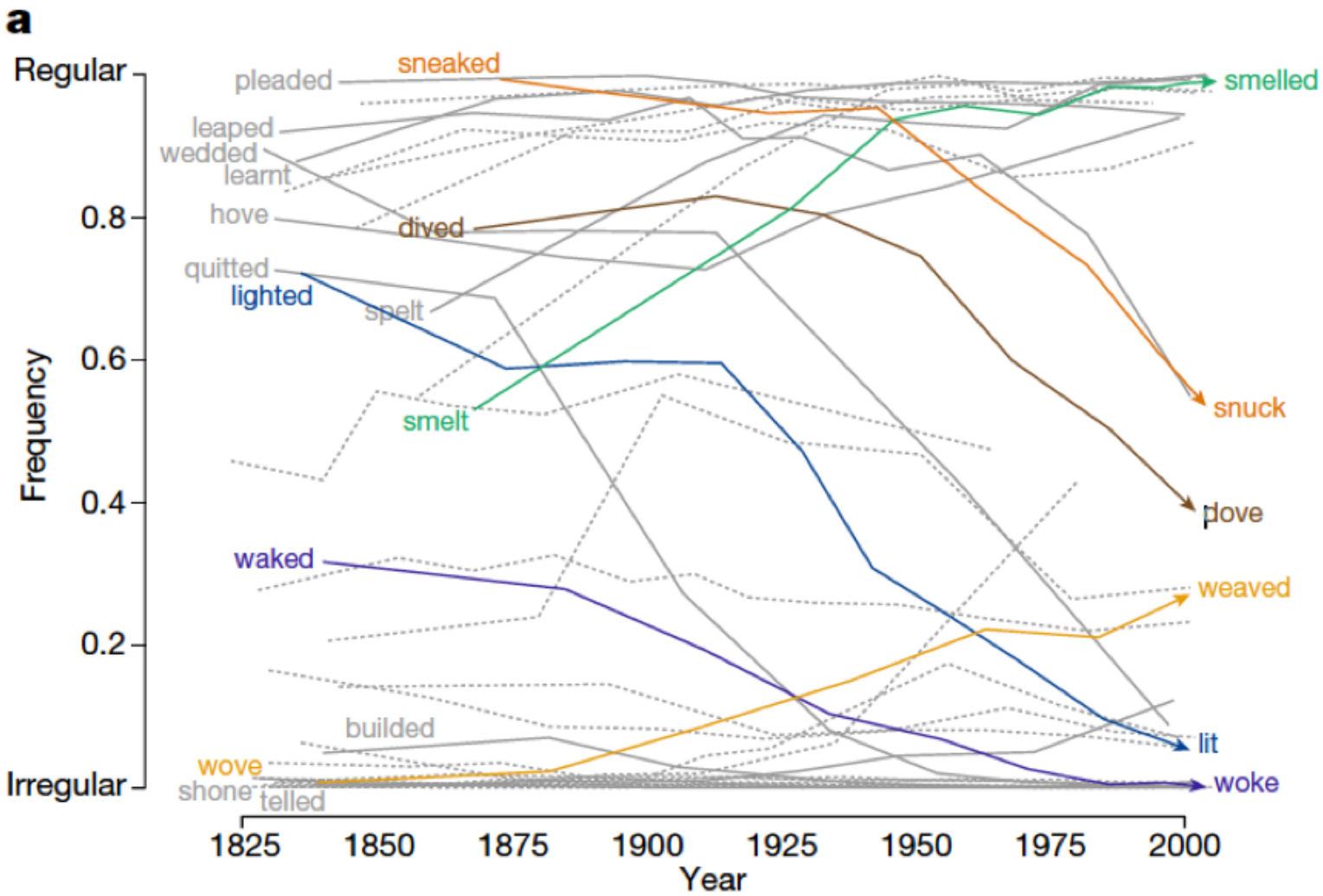
Newberry et al 2017 Nature

3. Τυχαία Γενετική Παρέκκλιση



3. Εξέλιξη γλωσσών: Τυχαιότητα

Ανωμαλοποίηση ή ομαλοποίηση ρημάτων

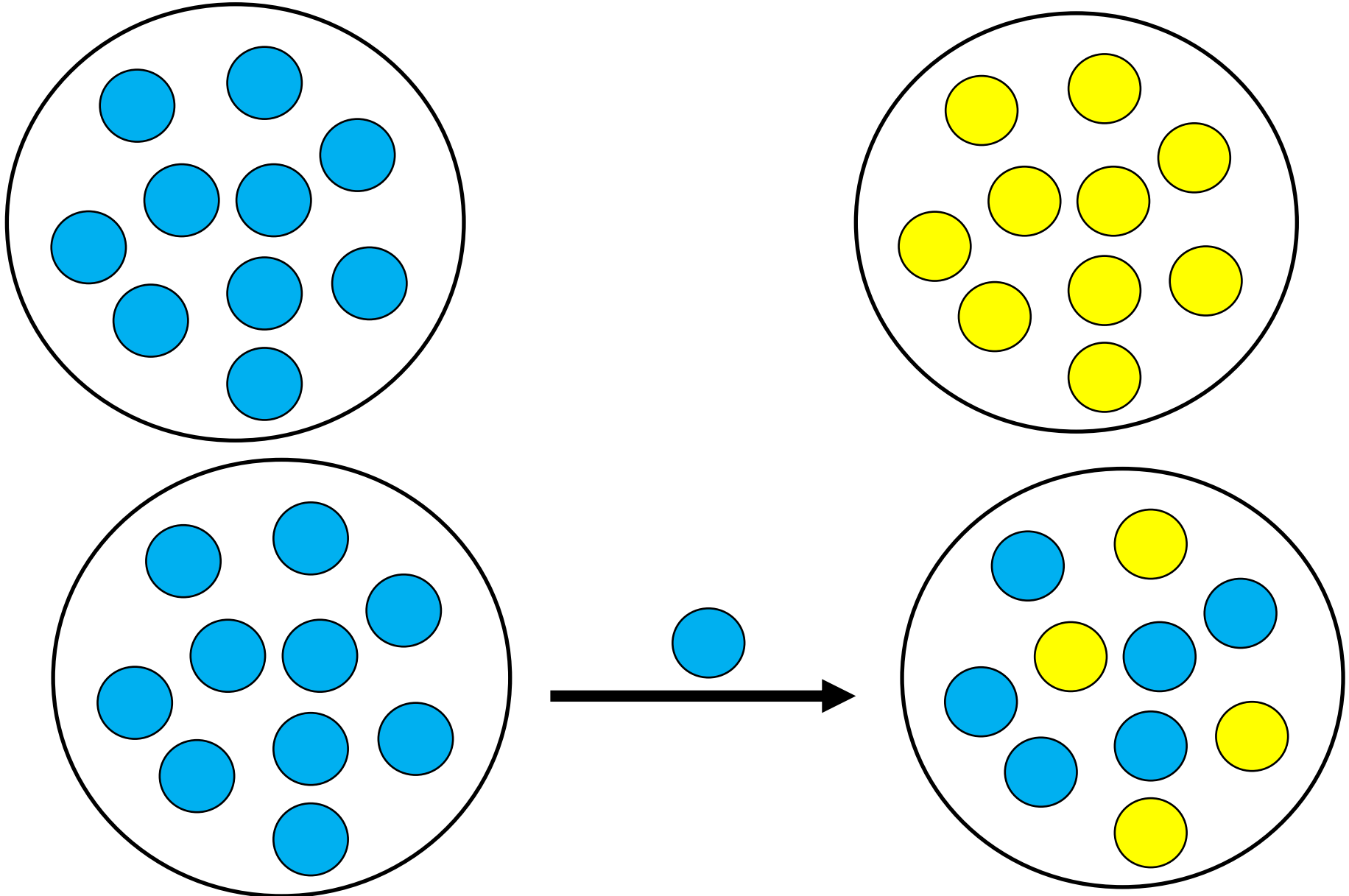


Dive-Dived-Dove

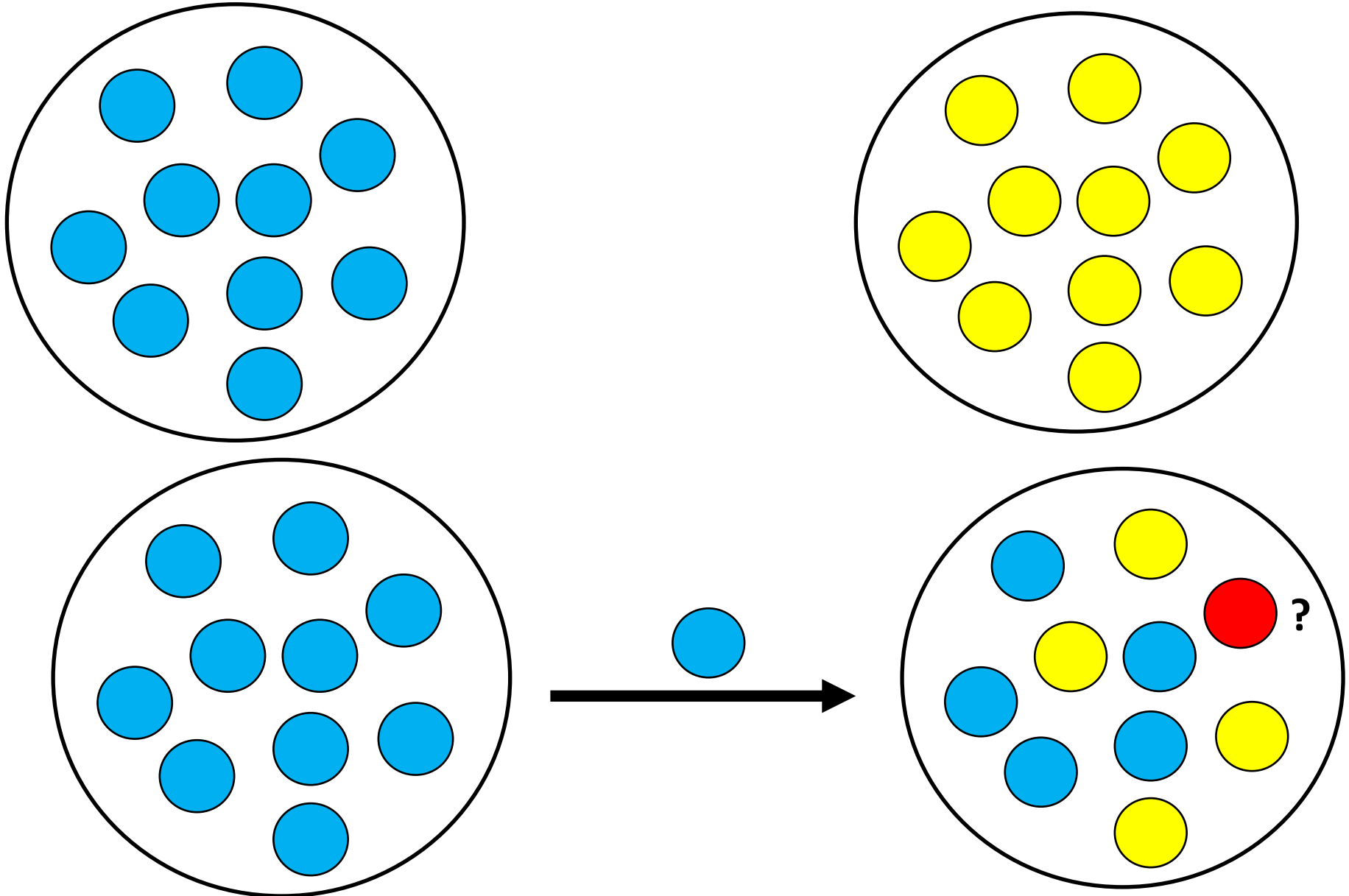
Drive Drove

Newberry et al 2017 Nature

4. Μετανάστευση



4. Εξέλιξη γλωσσών: Γλωσσική επαφή



Σύνοψη

- Οι οργανισμοί και οι γλώσσες είναι εξελίξιμα συστήματα διότι αποτελούνται από άτομα με κληρονομούμενα χαρακτηριστικά και αλληλοδιαδεχόμενες γενιές.
- Αυτά τα χαρακτηριστικά οδηγούν σε ποικιλομορφία

Ladoukakis, Michelioudakis, Anagnostopoulou 2022

Διαφορές (μερικές) των δύο συστημάτων

Έννοια	Βιολογία	Γλώσσα
Κληρονόμηση	κάθετη	Κάθετη και οριζόντια
Γονείς	1-2	1-πολλοί
Κληρονόμηση επίκτητων χαρακτηριστικών	όχι	ναι
Ανταλλαγή πληροφορίας	Μεταξύ ειδών όχι	Μεταξύ γλωσσών ναι

Ladoukakis, Michelioudakis, Anagnostopoulou 2022

Η γλώσσα ως εξελίξιμο σύστημα: θεωρητική προσέγγιση

Βιολογία	Γλωσσολογία	Βιολογικός ορισμός	Γλωσσικός ορισμός
Είδος	Γλώσσα	Ομάδα οργανισμών που μπορούν δυνητικά να ανταλλάξουν γενετικό υλικό.	Ομάδα ιδιολέκτων που παράγονται από παρόμοιες γραμματικές τέτοιες που δυνητικά τροφοδοτήσουν μονογλωσσικούς ομιλητές.
υποείδη	Διάλεκτοι	Διακριτές ομάδες ατόμων μέσα σε ένα είδος/μια γλώσσα που έχουν αρκετή διαφοροποίηση από άλλες ομάδες αλλά όχι τόση ώστε να χαρακτηριστούν σαν διαφορετικά είδη/γλώσσες	
Γονότυπος	I-language/ grammar	Η συνολική γενετική πληροφορία ενός ατόμου	Ένα σύστημα μονάδων πληροφορίας που δημιουργεί αυτούς τους συνδυασμούς λέξεων που χρειάζονται για να φτιαχτούν γραμματικές προτάσεις σε μια γλώσσα.
Φαινότυπος	E-language/idiolect	Ένα σετ παρατηρήσιμων χαρακτηριστικών ενός ατόμου που απορρέουν από την αλληλεπίδραση του γονότυπού του/της γραμματικής του με το περιβάλλον.	
Γονίδιο	Χαρακτηριστικά ανάλογα με το επίπεδο ανάλυσης (lexicon, phonology, morphology, syntax, semantics).	Η μονάδα της πληροφορίας για την κατασκευή ενός ατόμου	Η μονάδα της πληροφορίας που χαρακτηρίζεται ως πρωτογενής σε διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης.

Ladoukakis, Michelioudakis, Anagnostopoulou 2022

Ερωτήματα και ερευνητικές προσεγγίσεις στη γλώσσα μέσα στο εξελικτικό πλαίσιο

Addressing some common misconceptions about language.

Theoretical and experimental linguistics has provided extensive evidence against certain common misconceptions concerning language:

•Language is not simply a list of words.

•Language is not taught.

•Language is not learned via imitation. It is acquired by children in the critical period on the basis of input from the parental generation and hence it is vertically transmitted.

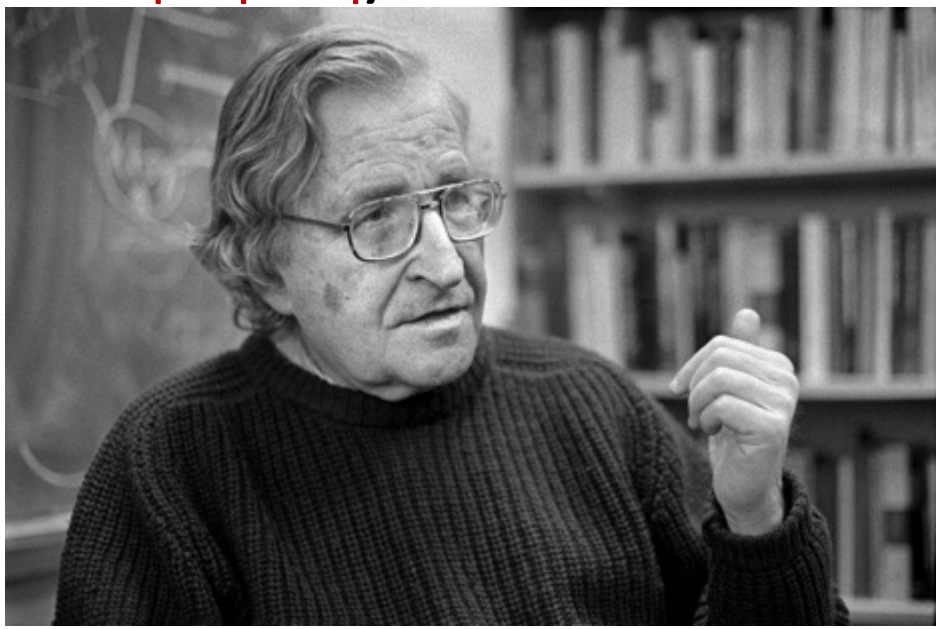
•The enrichment of the vocabulary as well as writing and learning foreign languages, which are straightforward cases of cultural transmission, happen later in life and do not alter the core of one's native language system (the grammar).

•There is cross-disciplinary evidence that language is a unique and defining capacity of the human brain and not merely a socio-cultural phenomenon [67,72]. One property that has been argued to distinguish language from other communication systems in animals is *recursion* i.e. the capacity to produce infinite strings via the repeated application of the rule combining lexical elements and constituents [73]. Therefore, it is arguably an oversimplification to think of language change as a typical instance of cultural evolution (*pace* [10,74]).

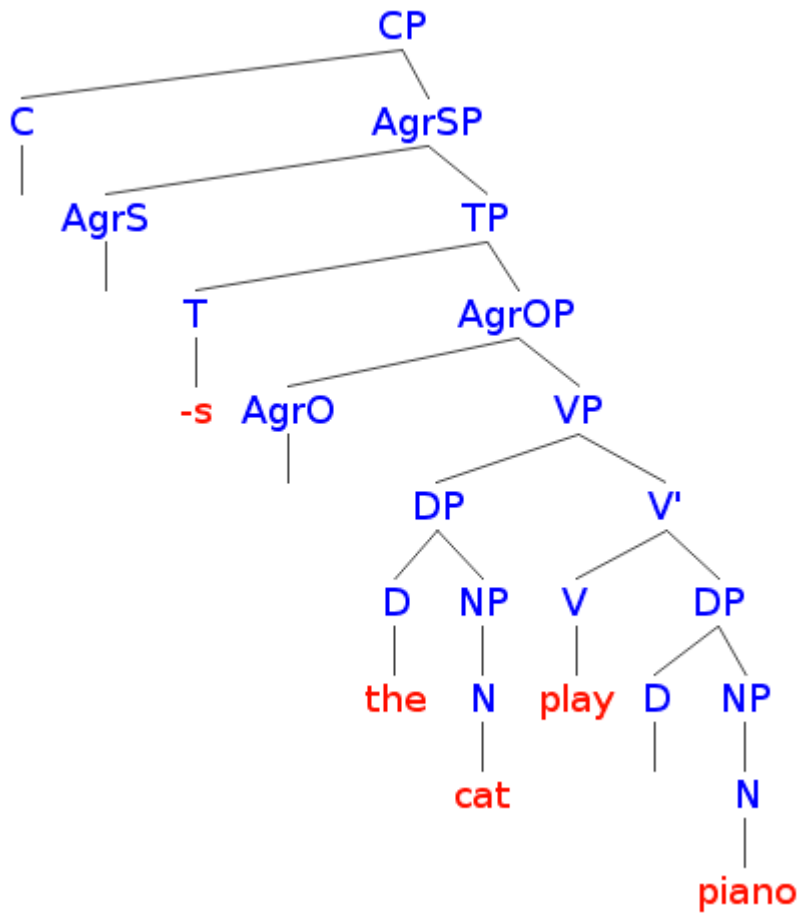
Finally, it should be kept in mind that "language acquisition", which is the technical term describing the process underlying vertical transmission in language should not be confused with the term "acquired characteristics", which is borrowed from biology and describes traits that enter the idiolects later in life and are responsible for horizontal transfers.

Η γλώσσα ως ενδιάθετη γνώση του ανθρώπινου νου – γλωσσική ικανότητα

- Η σύγχρονη γλωσσολογία οφείλει το προσανατολισμό της στον Noam Chomsky, που εστιάζει σε 3 πλευρές της γλώσσας: Α)**Νοητική (**μη συνειδητή γνώση**)**, Β) **Τυπική (**πεπερασμένος αριθμός αφηρημένων μονάδων και κανόνων συνδυασμού τους παράγει απεριόριστο αριθμό προτάσεων**),** Γ) **Βιολογική (**η γλωσσική ικανότητα είναι βιολογικά προκαθορισμένη**)**.



Αφηρημένες γλωσσικές παραστάσεις στη μορφοσύνταξη: δέντρα ιεραρχικών σχέσεων



Η μεταβολή της γλώσσας

- Η γλώσσα **μεταβάλλεται διαρκώς**. Το βλέπουμε σε γλώσσες με μακρά γραπτή ιστορία, όπως τα Ελληνικά.

- Είμαστε μάρτυρες στη διαδικασία των αλλαγών. Τα **«γλωσσικά λάθη»** του σήμερα είναι δυνάμει αλλαγές που θα συμβούν αύριο.

- Χαρακτηριστικά της γραμματικής που παρουσιάζουν **ποικιλομορφία** λόγω έλλειψης σταθερότητας, η οποία θα οδηγήσει σε **μεταβολή** του συστήματος.

- Παράδειγμα λάθους στα Ελληνικά, η **αύξηση στην προστακτική:** «αντέγραψέ το!» αντί του «αντίγραψέ το!»

Παράδειγμα: αύξηση στην προστακτική

Σταθερά χαρακτηριστικά

- Από την άλλη πλευρά, **πολλά χαρακτηριστικά της γλώσσας** μεταβάλλονται αργά μέσα στο χρόνο και μένουν **σταθερά για χιλιετίες** (π.χ. 6000 χρόνια, 8000 χρόνια).

- Είναι τα **χαρακτηριστικά** που βλέπουμε σε **όλες τις γλώσσες** ή στην **πλειοψηφία** των γλωσσών μιας οικογένειας, τα οποία κληροδοτήθηκαν από τον **κοινό τους πρόγονο** και δεν μεταβλήθηκαν.

Γλωσσολογία και Βιολογία

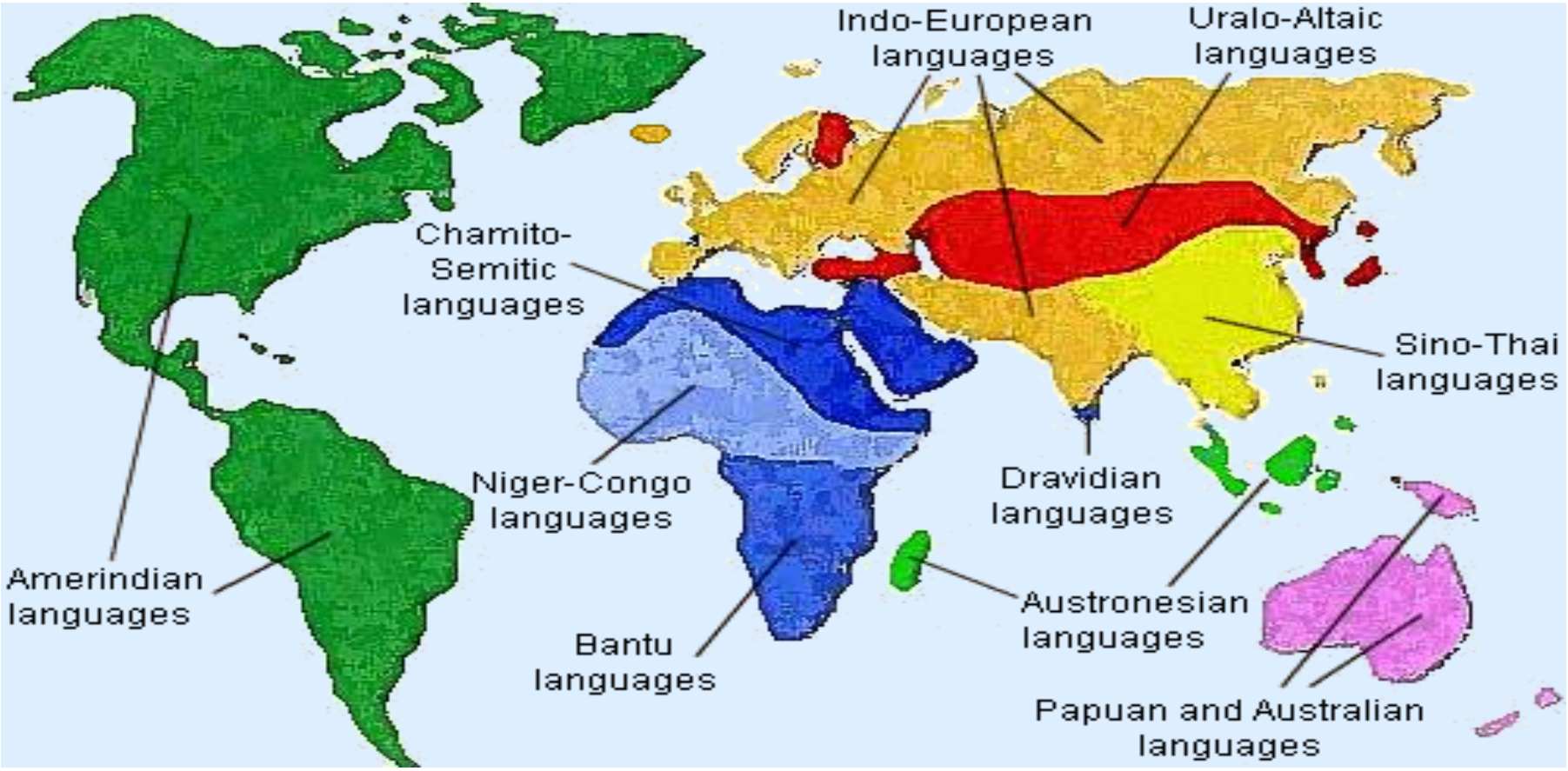
- Τα τελευταία χρόνια, η γλωσσολογία έχει αρχίσει να χρησιμοποιεί για την **επανασύνθεση της ιστορικής εξέλιξης των γλωσσών** τα εργαλεία που χρησιμοποιεί η **εξελικτική βιολογία** για την **ανακατασκευή της βιολογικής εξέλιξης των ειδών (φυλογένεση)**.

Ιστορική καταγωγή των γλωσσών

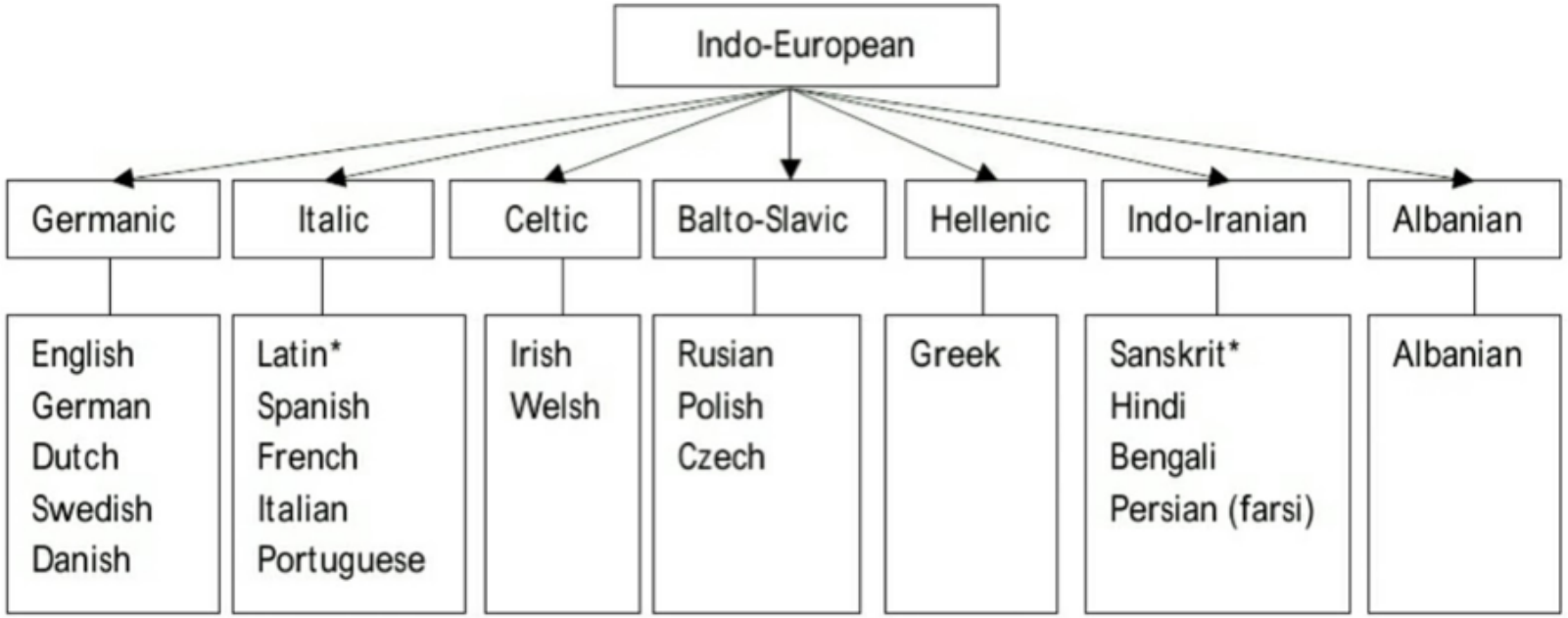
- **Οι γλώσσες**, όπως και τα **βιολογικά είδη**, έχουν κοινούς προγόνους και εξελίχθηκαν στο χρόνο και στο χώρο καθώς οι ανθρώπινοι πληθυσμοί εξαπλώθηκαν στον πλανήτη.

- Όπως και με τα βιολογικά είδη, οι **συστηματικές ομοιότητες** μεταξύ γλωσσών συχνά αντανακλούν την **κοινή καταγωγή τους** και οι **διαφορές** μεταξύ των γλωσσών μεγαλώνουν όσο μεγαλώνει η απόσταση από τους κοινούς προγόνους τους.

7000 γλώσσες περίπου και οι γλωσσικές τους οικογένειες



Οικογένεια: πρόγονος και απόγονοι



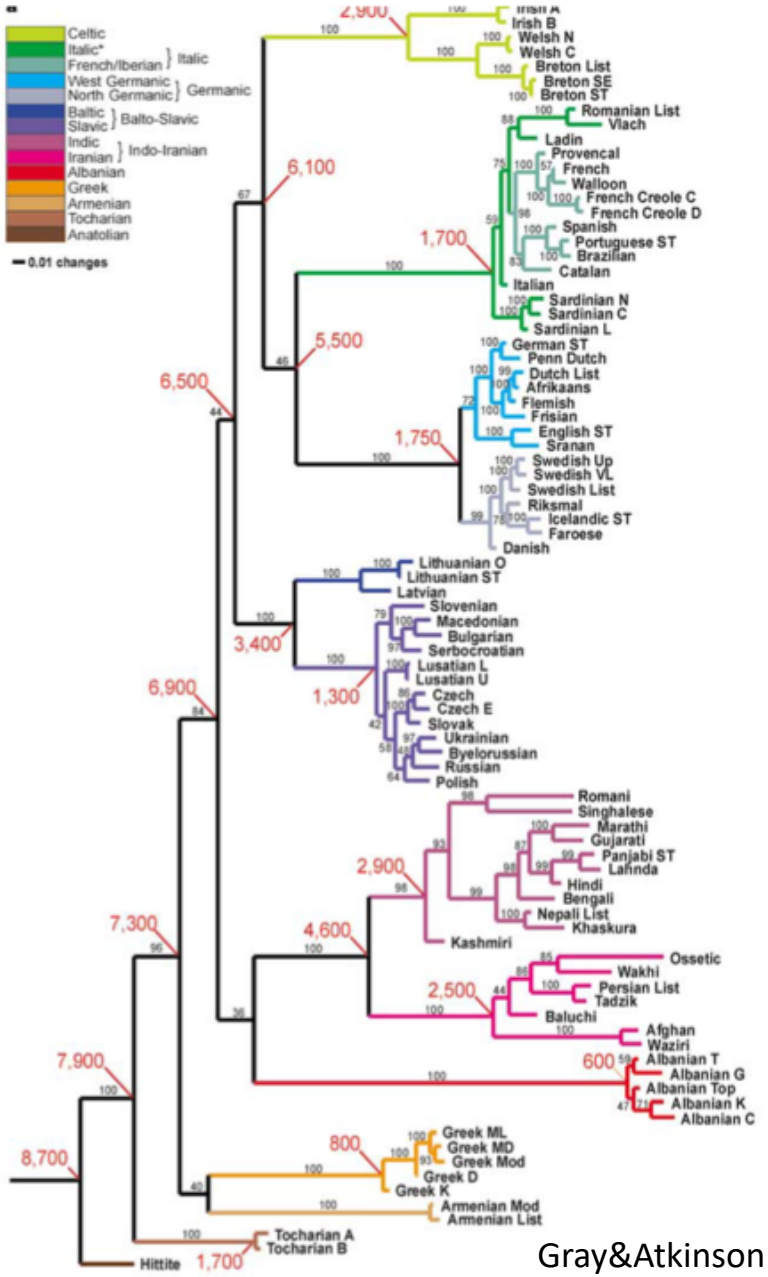
Η γλώσσα ως εξελίξιμο σύστημα: ερωτήματα

- Πώς συγκρίνουμε τις γλώσσες;

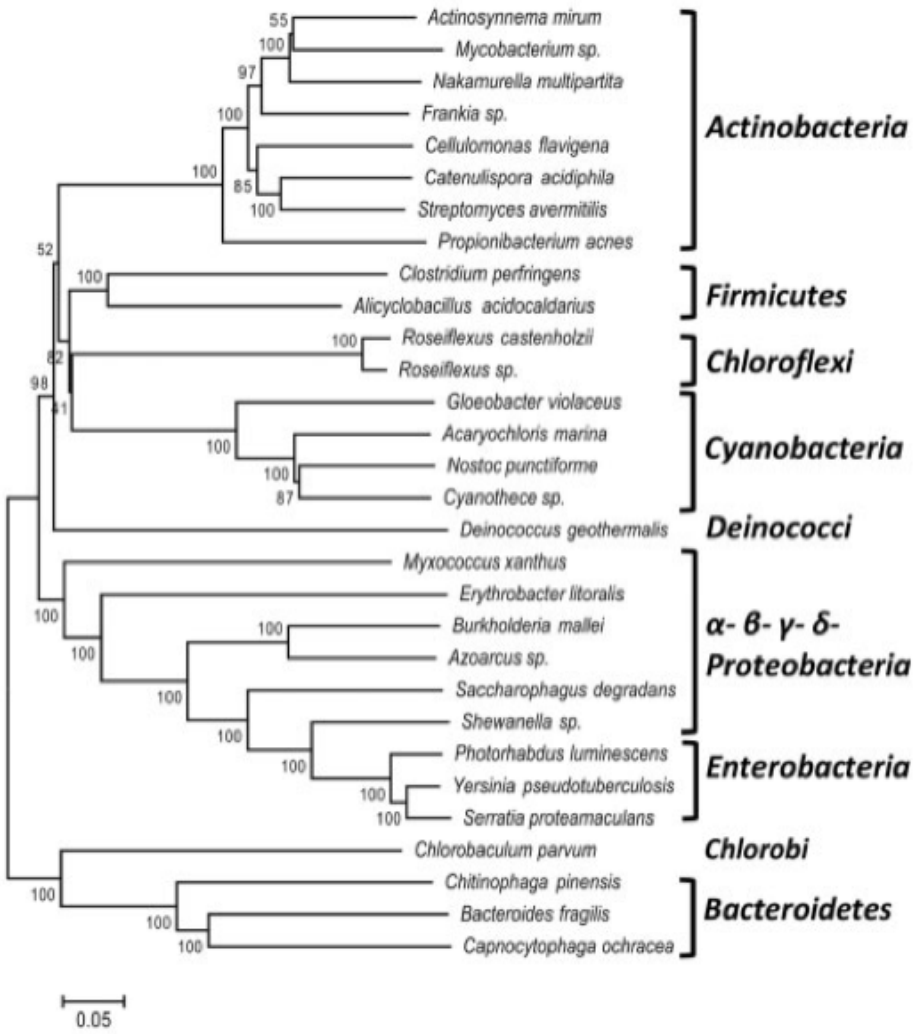
- Ποια δεδομένα και ποιες μεθόδους χρησιμοποιούμε;

- Πολύ συνηθισμένη μέθοδος, δανεισμένη από τη Βιολογία είναι τα **δέντρα**.

Εκτίμηση γενετικών σχέσεων με φυλογενετικές μεθόδους



Gray&Atkinson 2003, Nature



Saris, Ladoukakis et al. 2014 GBE

Ομόρριζα δεδομένα: μόνο μέχρι την Πρωτογλώσσα μιας οικογένειας

- Στη σύγχρονη ιστορική έρευνα που στηρίζεται σε φυλογενετικές μεθόδους, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται προέρχονται από το **συντηρητικό λεξιλόγιο των γλωσσών (συχνές και κοινές έννοιες)**, το οποίο έχει αποδειχθεί ότι αντιστέκεται στο δανεισμό (Swadesh 1955)**: σχέσεις συγγενείας, αριθμητικά, μέλη του σώματος, αντωνυμίες, «τρώω», «πίνω», «βλέπω», «δίνω», «ήλιος», «φεγγάρι», χρώματα, «καλός»/ «κακός» κλπ.**
- Σύμφωνα με την κρατούσα άποψη στην ιστορική γλωσσολογία, αυτή η μέθοδος μπορεί να φτάσει **σε ένα ιστορικό βάθος 6000-10000 χρόνων, στην Πρωτογλώσσα της οικογένειας.**

Αγγλικά	Ιταλικά	Ρωσικά	Ουγγρικά
one	uno	odin	egy
two	due	dva	két
three	tre	tri	három
mother	madre	mat’	anya
brother	fratello	brat	testvér
sister	sorella	sestrá	növér

Μορφοσυντακτικά δεδομένα: πιο πίσω στο χρόνο

- Η Nichols (1992) πρότεινε ότι **τα γραμματικά/ μορφοσυντακτικά χαρακτηριστικά** μπορούν να μας βοηθήσουν να ανιχνεύσουμε **βαθύτερες ιστορικές σχέσεις**, τουλάχιστον 15.000 ετών ενδεχομένως έως και 50.000 ετών.

Παραδείγματα πολύ σταθερών και σταθερών μορφοσυντακτικών χαρακτηριστικών στον πίνακα:

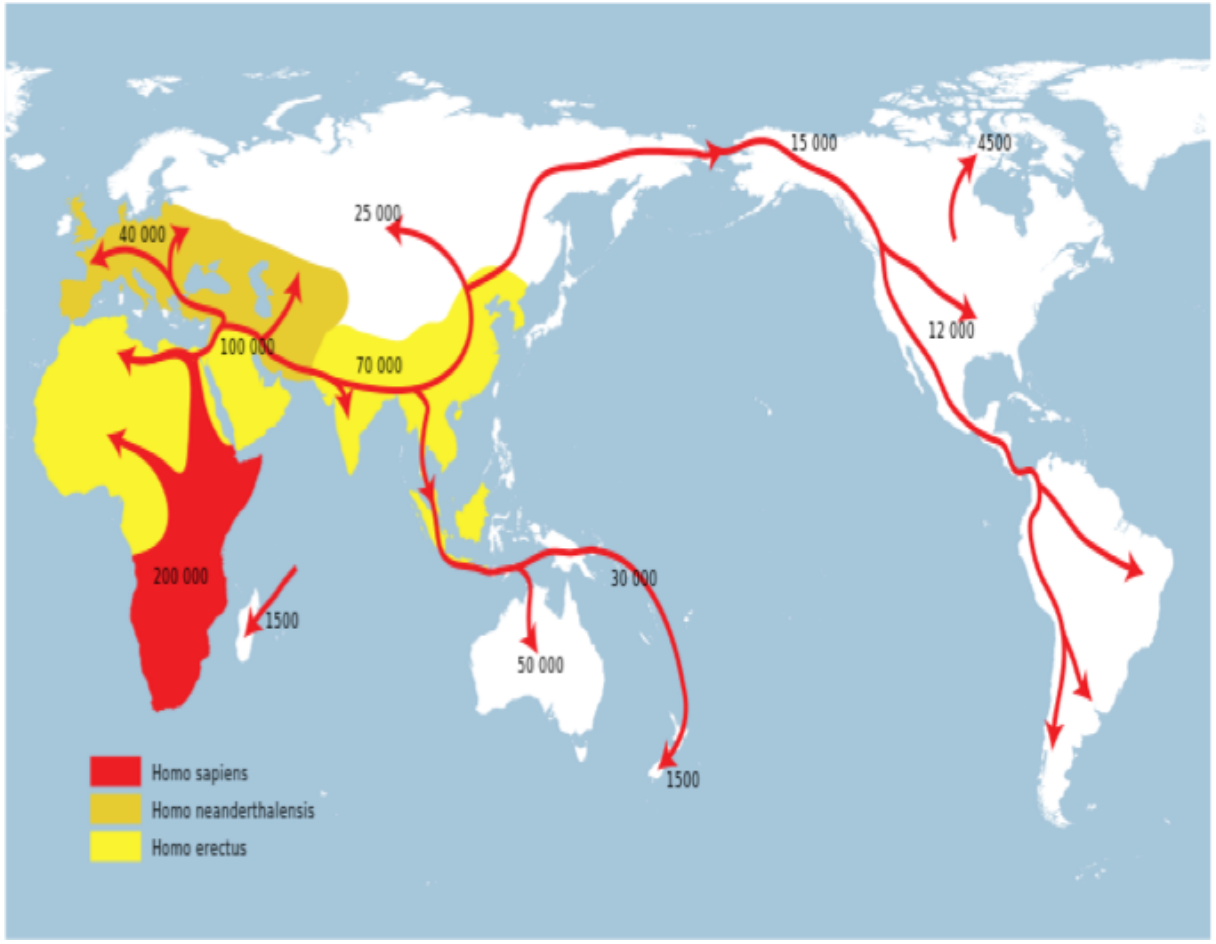
<u>Πολύ σταθερά</u>: χαρακτηρίζουν όλες τις γλώσσες της οικογένειας.

<u>Σταθερά</u>: χαρακτηρίζουν πολλές γλώσσες της οικογένειας.

Γλώσσα	Άλλη ρίζα στον ενικό των αντωνυμιών α' προσώπου (ΟΝΟΜ/ΑΙΤ) *εγώ-εμένα/ I-me*	Γένη στα ουσιαστικά	Κλιτικές τάξεις στα ουσιαστικά
Αγγλικά	Ναι	Όχι	Όχι
Γερμανικά	Ναι	Ναι	Ίχνη
Λιθουανικά	Ναι	Ναι	Ναι
Ρώσικα	Ναι	Ναι	Ναι
Γαλλικά	Ναι	Ναι	Όχι
Αρμένικα	Ναι	Όχι	Ίχνη

Η περιπλάνηση του ανθρώπου

- Η κατανομή χαρακτηριστικών **από τα δυτικά προς τα ανατολικά** συμβαδίζει με ανεξάρτητες ενδείξεις για τις μεταναστεύσεις του προϊστορικού ανθρώπου (**Παλιός –Κόσμος, Ωκεανία/ Νέα Γουινέα, Νέος-Κόσμος**)
- Αυτό συνάδει με την επικρατέστερη σήμερα θεωρία για το πώς εξαπλώθηκε ο σημερινός άνθρωπος. Εξελίχθηκε βιολογικά στην Αφρική πριν από 50.000-100.000 (μπορεί και 200.000-80.000) χρόνια και από εκεί εξαπλώθηκε.
- Η θεωρία στηρίζεται σε γενετικό και αρχαιολογικό υλικό (Liu et al. 2006, Stringer 2003).



Γενετικές και μορφοσυντακτικές αποστάσεις

- **Πρόσφατα ευρήματα** των Matsumae *et al*. 2021 επιβεβαιώνουν ότι μόνο με τα μορφοσυντακτικά χαρακτηριστικά μπορούμε να πάμε σε **βάθος χρόνου** και να ανιχνεύσουμε **σχέσεις μεταξύ οικογενειών, επειδή μόνο οι μορφοσυντακτικές αποστάσεις συσχετίζονται συστηματικά με τις γενετικές αποστάσεις.**

- Οι ερευνητές μελετούν και συγκρίνουν γενετικό υλικό από **14 πληθυσμούς** της Άπω Ανατολής με γλώσσες **από διαφορετικές γλωσσικές οικογένειες** και δείχνουν ότι:

  - Οι **γενετικές αποστάσεις** μεταξύ των πληθυσμών **συσχετίζονται συστηματικά** με τις αποστάσεις των γλωσσών τους ως προς τα **μορφοσυντακτικά/ γραμματικά χαρακτηριστικά** τους.

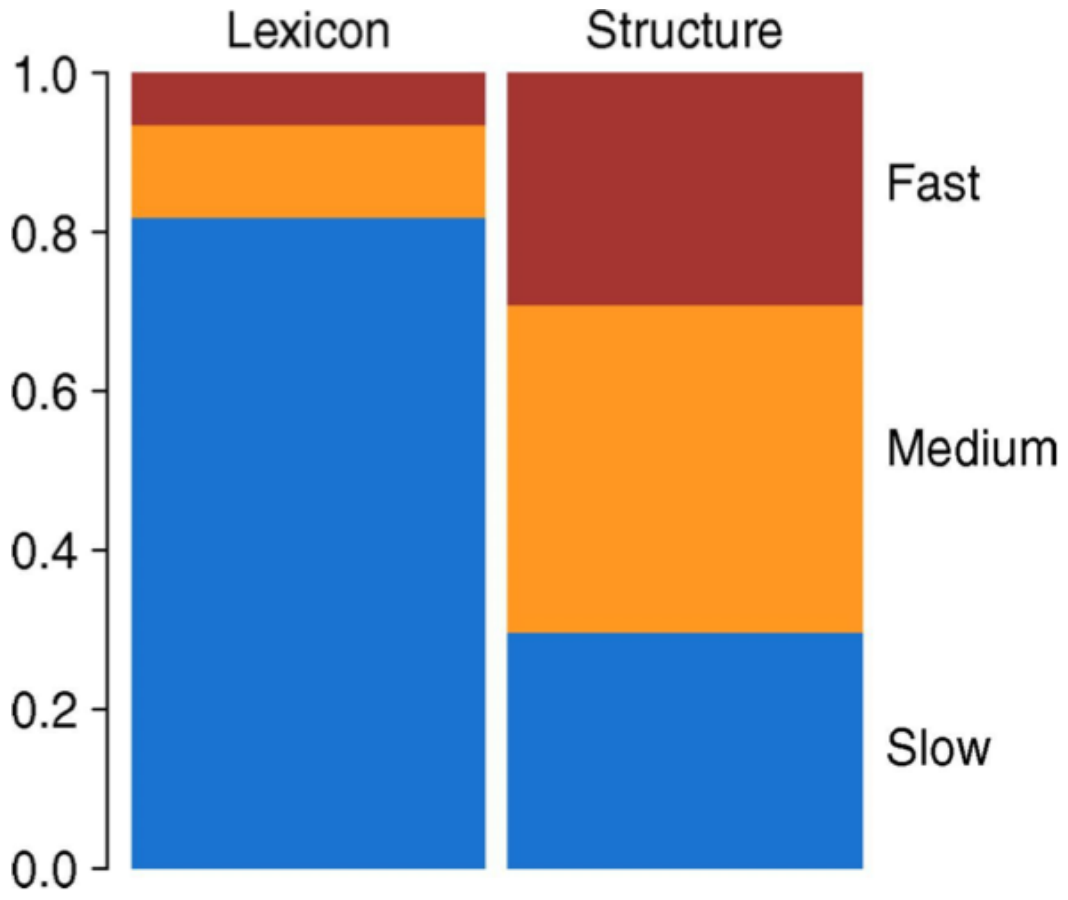
  - Οι **γενετικές αποστάσεις** μεταξύ των πληθυσμών **δεν συσχετίζονται συστηματικά** με τις αποστάσεις των γλωσσών τους ως προς τα **λεξικά χαρακτηριστικά τους** (ομόρριζα), τα **φωνολογικά χαρακτηριστικά τους** (τους φθόγγους και τον τονισμό) και τη **μουσική τους.**

Ρυθμοί μεταβολής χαρακτηριστικών

- Από την άλλη πλευρά, οι Greenhill et al. (2017) βρίσκουν ότι τα λεξικά χαρακτηριστικά είναι περισσότερο αξιόπιστα από τα γραμματικά χαρακτηριστικά για δύο πιθανούς λόγους:

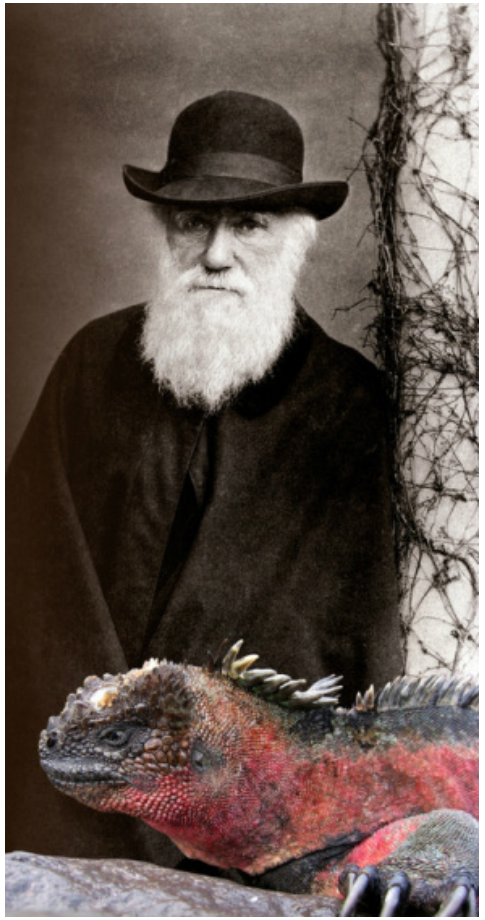
  i. Πολλά γραμματικά χαρακτηριστικά **αλλάζουν γρηγορότερα** από το συντηρητικό τμήμα του λεξικού

  ii. τα δομικά δεδομένα εμφανίζουν υψηλότερα επίπεδα **αντιφατικής πληροφορίας** λόγω
     - παράλληλης εξέλιξης και
     - γεωγραφικής επαφής/ διάχυσης.



Greenhill et al 2017, PNAS

Μία ευκαιρία για επαφή και διεπιστημονική συνεργασία στο Πανεπιστήμιο Κρήτης



- Μια συνεργασία που ξεκίνησε από τις **Δαρβινικές Δευτέρες** το 2017.

- Και οδήγησε σε **δύο διεπιστημονικά ερευνητικά προγράμματα** συνεργασίας Γλωσσολογίας και Βιολογίας.

Ερωτήματα

- Στόχος είναι να διερευνήσουμε και να αποκωδικοποιήσουμε την **κάθετη** και **οριζόντια** μεταφορά χαρακτηριστικών στη μορφοσύνταξη, διακρίνοντας:

1. Χαρακτηριστικά με **γενεαολογική σταθερότητα** που χαρακτηρίζουν οικογένειες και γένη.

2. Χαρακτηριστικά που είναι ευαίσθητα στην **οριζόντια μεταφορά λόγω γλωσσικής επαφής.**

3. Χαρακτηριστικά που είναι κοινά λόγω **καθολικών χαρακτηριστικών** της ανθρώπινης γλώσσας.

Βάση δεδομένων 60 ΙΕ γλωσσών βασισμένη στα χαρακτηριστικά του World Atlas of Language Structures (WALS)

Σύγχρονες Γλώσσες (53)

- Ευρωπαϊκές Γλώσσες (44)
  - Αλβανικά
  - Αρμένικα
  - ΚΝΕ, Κυπριακά, 3 Ιταλιώτικες & 5 Μικρασιατικές ποικιλίες
  - Ρομανικές γλώσσες (7)
  - Κέλτικές Γλώσσες (4)
  - Βαλτο-σλαβικές Γλώσσες (12)
  - Γερμανικές Γλώσσες (9)

- Ινδο-Ιρανικές Γλώσσες(9)
  - Ινδικές (7)
  - Ιρανικές (2)

Παλαιότερα συστήματα (7)

- Κλασική Ελληνική
- Ελληνικά Καινής Διαθήκης
- Λατινική
- Παλαιά Εκκλησιαστική Σλαβονική
- Γοτθικά
- Παλαιά Αγγλικά
- Σανσκριτικά

Δεδομένα

Τα δεδομένα μας περιλαμβάνουν:

- Πίνακα χαρακτηριστικών του WALS με τιμές που συλλέχθηκαν για 60 Γλώσσες της Ινδο-Ευρωπαϊκής.

		Characters					
		37A	38A	39A	40A	41A	42A
Languages	Italian	1	2	3	3	2	1
	Spanish	1	2	3	3	3	1
	Catalan	1	2	3	3	3	1
	French	1	2	3	3	1	2
	EU Portug.	1	2	3	3	3	1
	Br. Portug.	1	2	3	3	3	1
	Romanian	3	2	3	3	2	1
	Latin	5	5	3	3	4	1
	Cl. Greek	1	4	3	3	3	1
	New Test.	1	4	3	3		1

Δυαδικοί χαρακτήρες

- Από τα 156 χαρακτηριστικά του WALS, επετεύχθη πληρότητα ≥75% για 92.
- Μετατρέψαμε τις τιμές αυτών των 92 χαρακτηριστικών σε ερωτήσεις ολικής αγνοίας που ρωτούσαν εάν η κατάσταση που περιγράφεται από την τιμή του WALS είναι αληθής ή όχι για την εκάστοτε υπό εξέταση γλώσσα.
- Αυτή η μετατροπή απέδωσε 425 δυαδικούς χαρακτήρες.

		Characters				
		37A-1	37A-2	37A-3	37A-4	37A-5
Languages	Italian	1	0	0	0	0
	Spanish	1	0	0	0	0
	Catalan	1	0	0	0	0
	French	1	0	0	0	0
	EU Portug.	1	0	0	0	0
	Br. Portug.	1	0	0	0	0
	Romanian	0	0	1	0	0
	Latin	0	0	0	0	1
	Cl. Greek	1	0	0	0	0
	New Test.	1	0	0	0	0

Μέθοδοι αναπαράστασης της εξελικτικής ιστορίας με δέντρα

- Μέθοδοι αποστάσεων (Distance-based).
- Μέθοδοι μέγιστης φειδωλότητας (Maximum Parsimony).
- Μπεϋζιανές φυλογενετικές μέθοδοι.

Ευρήματα: ιστορικές και γεωγραφικές πληροφορίες λόγω κάθετης και οριζόντιας μεταφοράς χαρακτηριστικών

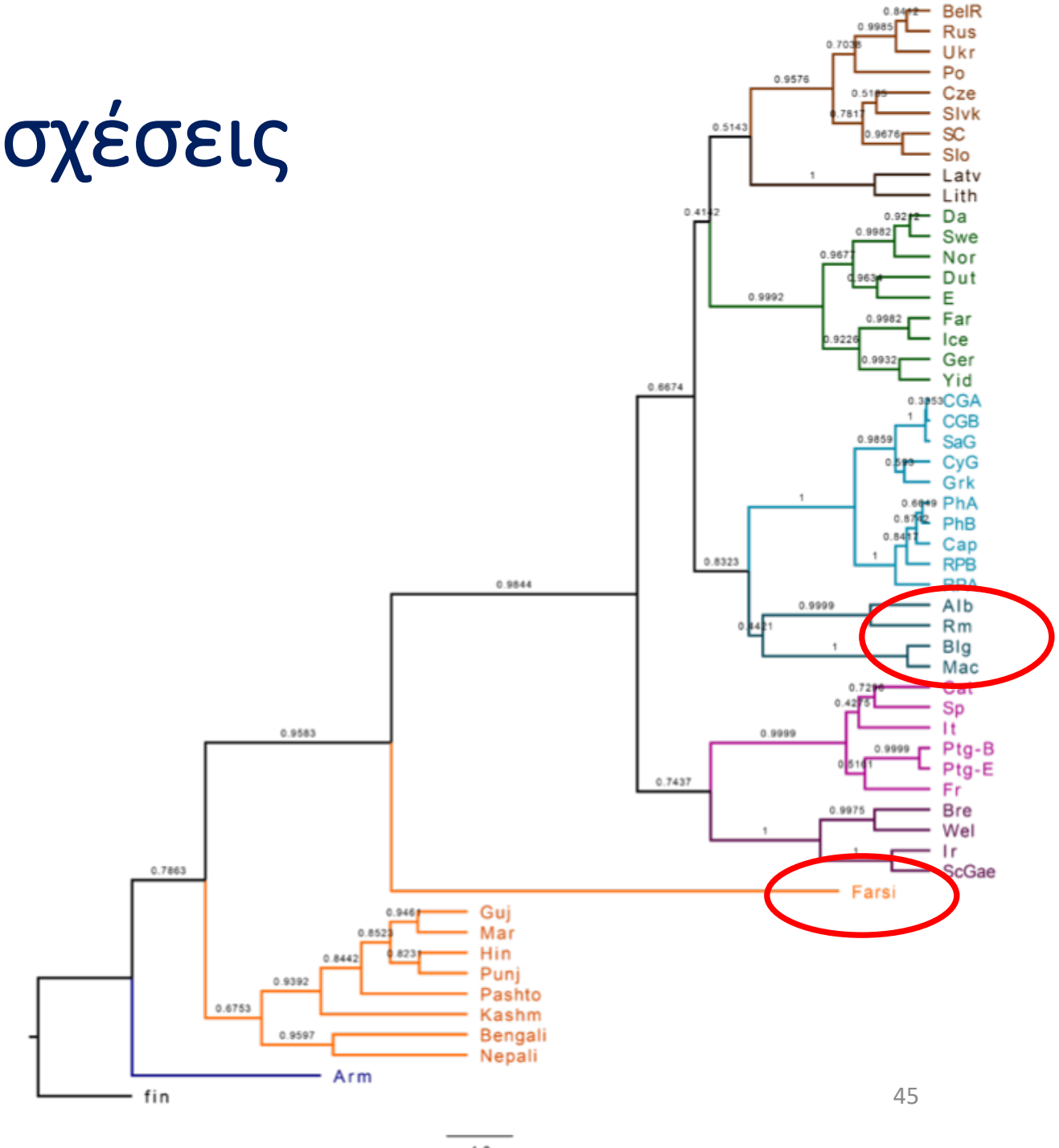
1. Τα μορφοσυντακτικά χαρακτηριστικά παρέχουν **χρήσιμες ιστορικές πληροφορίες. Επανασυνθέτουν τα γένη**, π.χ. Ρομανικές, Κελτικές, Ελληνικά (με τις διαλέκτους τους), Σλαβικές, Γερμανικές, Ινδο-ιρανικές.

2. Σημαντικές εξαιρέσεις**:** α) ομαδοποίηση γλωσσών με **μακροχρόνια γλωσσική επαφή,** γλώσσες του **Βαλκανικού Sprachbund** (π.χ. Αλβανικά, Ρουμάνικα, Βουλγάρικα, Ελληνικές ποικιλίες), β) τα Περσικά δεν αναγνωρίζονται πάντα ως μέλος της Ινδο-Ιρανικής ομάδας λόγω εκτεταμένης γλωσσικής επαφής με τις Τουρκικές και τις Σημιτικές οικογένειες.

3. Τα δέντρα που βασίζονται σε **ομόρριζα δεδομένα από το συντηρητικό λεξιλόγιο** και παράγονται ακριβώς με τις ίδιες μεθόδους δεν εμφανίζουν αντίστοιχα λάθη στις τοπολογίες τους.

Κάθετες και Οριζόντιες σχέσεις

1) Σλαβικές
2) Βαλτικές
3) Γερμανικές
4) Ελληνικά και διάλεκτοι
5) **Βαλκανικός Δεσμός**
6) Ιταλικές
7) Κέλτικες
8) **Περσικά**
9) Ινδο-Ιρανικές



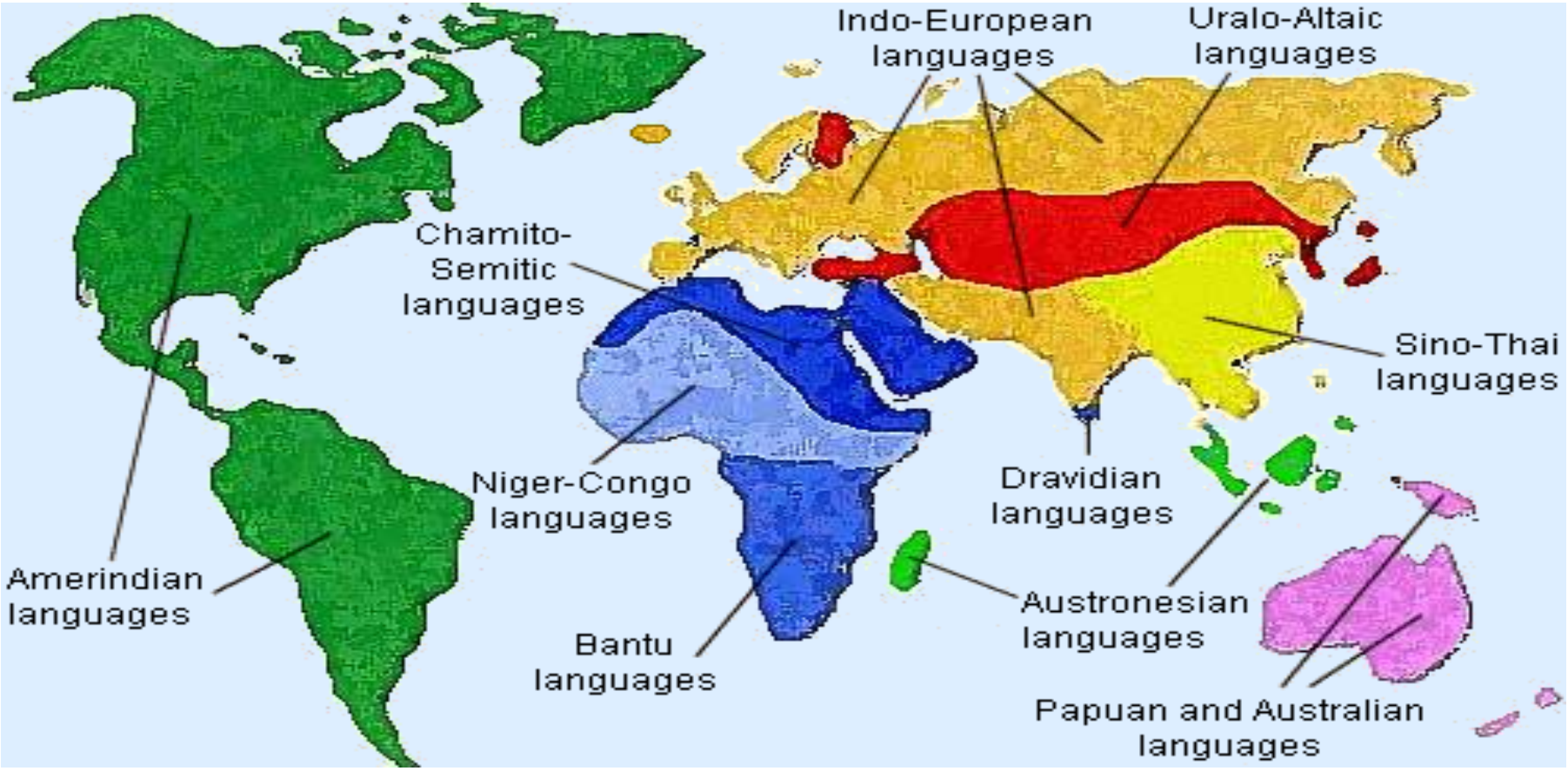
Νέες μέθοδοι για την ανάλυση των χαρακτηριστικών

- Αναπτύσσουμε **νέες ποσοτικές φυλογενετικές μεθόδους** που θα μας επιτρέψουν, σε συνδυασμό με **ποιοτικές γλωσσολογικές μεθόδους,** να μελετήσουμε σε βάθος τον ρόλο του **κάθε χαρακτηριστικού** και **των συνδυασμών τους** στην παραγωγή δέντρων και να κατανοήσουμε πώς παράγονται οι **σωστές και λανθασμένες** ομαδοποιήσεις γλωσσών.

Τι θα πετύχουμε

1. Με **τη βοήθεια των φυλογενετικών δέντρων και των μεθόδων μας** θα εντοπίσουμε και θα ερμηνεύσουμε τα χαρακτηριστικά με **γενεαλογική σταθερότητα** διακρίνοντάς τα από χαρακτηριστικά που **μεταφέρονται οριζόντια**.
2. Θα χαρτογραφήσουμε τις **δυνάμεις γλωσσικής αλλαγής** στο επίπεδο των σχέσεων μεταξύ **ποικιλιών της ίδιας γλώσσας** (μικρο-ποικιλότητα), σχέσεων μεταξύ **γλωσσών και κλάδων της ίδιας οικογένειας** (μεσο-ποικιλότητα), και **σχέσεων μεταξύ οικογενειών** (μακρο-ποικιλότητα).
3. Θα δώσουμε **λίστα συντηρητικών μορφοσυντακτικών χαρακτηριστικών** αντίστοιχη με την **λίστα συντηρητικών ομόρριζων** του Swadesh (1955).
4. Αυτό θα επιτρέψει να **ξεπεράσουμε το φράγμα της Πρωτογλώσσας** και να μπορέσουμε να διερευνήσουμε με φυλογενετικές μεθόδους **σχέσεις μεταξύ οικογενειών**.

7000 γλώσσες περίπου και οι γλωσσικές τους οικογένειες



ModelGloss

MODELLING GLOSSOGENY

ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.

Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

Το πρόγραμμα υποστηρίζεται από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο της Δράσης «1η Προκήρυξη ερευνητικών έργων ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για την ενίσχυση των μελών ΔΕΠ και Ερευνητών/τριών και την προμήθεια ερευνητικού εξοπλισμού μεγάλης αξίας» (Αριθμός Έργου: HFRI-FM17-44)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
UNIVERSITY OF CRETE

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Η Ερευνητική Ομάδα

Μανόλης Λαδουκάκης

Έλενα Αναγνωστοπούλου (ΕΥ)

Δημήτρης Μιχελιουδάκης

Χρήστος Ζιούτης

Παύλος Παυλίδης

Μαργαρίτα Μακρή

Ruby Sleeman

Σας ευχαριστούμε πολύ!