

# Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών

13<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία  
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



## Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων Εργασιών

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσος, Γεώργιος Σπύλος, Ελευθερία Τσιούρη, Έλλη Γκαλιτέμη, Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος, Λεωνίδας Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου, Κωνσταντίνος Τσουμάνης, Γεωργία Βακάρου



Ιωάννινα  
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



**Διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των παιδιών με τη μέθοδο ανάλυσης δικτυών: Μια εφαρμογή για την έννοια της δύναμης**

Ελένη Κανελλιά, Γιούλη Βαϊοπούλου, Μαρία Γκέβρου, Δημήτριος Σταμοβλάσης

doi: [10.12681/codiste.5258](https://doi.org/10.12681/codiste.5258)

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΝΟΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ: ΜΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Ελένη Κανελλιά<sup>1</sup>, Γιούλη Βαϊοπούλου<sup>2</sup>, Μαρία Γκέβρου<sup>3</sup>, Δημήτριος Σταμοβλάσης<sup>4</sup>  
Υποψ. Διδάκτορας ΦΠ ΑΠΘ<sup>1</sup>, Μετ. Ερευνήτρια ΠΤΠΕ Παν. Κρήτης<sup>2</sup>, Υποψ. Διδάκτορας ΦΠ ΑΠΘ<sup>3</sup>, Αν.  
Καθηγητής ΦΠ ΑΠΘ<sup>4</sup>

[elekanellia@gmail.com](mailto:elekanellia@gmail.com)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία, παρουσιάζεται μια μέθοδος διερεύνησης των νοητικών αναπαραστάσεων των μαθητών που βασίζεται στην Ανάλυση Δικτύων (Network Analysis, NA). Εξετάζονται ερευνητικά ερωτήματα που σχετίζονται με τη φύση της γνώσης των παιδιών πριν υιοθετήσουν την επιστημονική άποψη, και συγκεκριμένα διερευνάται η συνεκτικότητα συγκεκριμένων νοητικών μοντέλων για τη δύναμη. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου Force-RQ από μαθητές δημοτικού. Η αξιολόγηση των νοητικών αναπαραστάσεων- δικτύων που βασίζεται στην τοπολογία αλλά και στα ποσοτικά μέτρα κεντρικότητας των δικτύων, ανέδειξε την συνεκτικότητα συγκεκριμένων νοητικών μοντέλων. Συζητείται η διεύρυνση της μεθόδου σε περισσότερες εφαρμογές στο πεδίο της εννοιολογικής αλλαγής.

Λέξεις κλειδιά: νοητικά μοντέλα, Ανάλυση Δικτύου, κλειστό ερωτηματολόγιο

## INVESTIGATION OF CHILDREN'S MENTAL MODELS USING THE NETWORK ANALYSIS METHOD: AN APPLICATION TO THE MEANING OF FORCE

Eleni Kanellia<sup>1</sup>, Julie Vaiopoulou<sup>2</sup>, Maria Gkevrou<sup>3</sup>, Dimitrios Stamovlasis<sup>4</sup>

PhD candidate, Department of Philosophy and Education Aristotle University of Thessaloniki<sup>1</sup>, Post-doctoral researcher Department of Pre-school Education University of Crete<sup>2</sup>, PhD candidate, Department of Philosophy and Education, Aristotle University of Thessaloniki<sup>3</sup>, Associate Professor, Department of Philosophy and Education Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki<sup>4</sup>

[elekanellia@gmail.com](mailto:elekanellia@gmail.com)

### ABSTRACT

*In this paper, we present a method for investigating students' mental representations based on Network Analysis (NA). Research questions related to the nature of children's knowledge before they adopt the scientific view are examined, and in particular, the coherence of specific mental models of force is investigated. Data were collected using the closed-ended Force-RQ questionnaire from elementary school students. The evaluation of mental representations- networks based on both topology and quantitative measures of network centrality revealed the coherence of specific mental models. The extension of the method to further applications in the field of conceptual change is discussed.*

**Keywords:** mental models, Network Analysis (NA), closed- ended questionnaire

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τις τελευταίες δεκαετίες, στην έρευνα αναφορικά με την κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών από μαθητές που δεν έχουν ακόμη παρακολουθήσει την τυπική διδασκαλία, έχουν διατυπωθεί διαφορετικές θεωρητικές προοπτικές βασισμένες στην εμπειρική έρευνα. Για παράδειγμα, μια προσέγγιση θεωρεί ότι η προϋπάρχουσα γνώση είναι σε κάποιο βαθμό συνεκτική με επεξηγηματική ισχύ, ενώ μια αντίθετη άποψη υποστηρίζει μια κατακερματισμένη γνώση (diSessa, 1993· 2006· Vosniadou 1994). Το πρόβλημα των αντιφατικών δεδομένων έχει αποδοθεί σε μεθοδολογικά προβλήματα (Stamovlasis et al., 2013· Straatemeier et al., 2008· Vaioroulou & Papageorgiou, 2018) και η ερευνητική προσπάθεια εστιάζεται τόσο στη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων, όσο και σε ζητήματα που αφορούν την αναπαράσταση της πραγματικότητας στο επίπεδο θεωρίας. Μια από τις σημαντικότερες έννοιες στη διδακτική των φυσικών επιστημών είναι η δύναμη, η εννοιολογική κατανόηση της οποίας αποτελεί ένα διαχρονικό πεδίο έρευνας στο πλαίσιο των νοητικών μοντέλων και της εννοιολογικής αλλαγής.

Σε μία προσπάθεια κατανόησης των παρανοήσεων στον τομέα αυτόν, οι Ioannides και Vosniadou (2002) διεξήγαγαν έρευνα σε 105 μαθητές (νηπιαγωγείου, δημοτικού, γυμνασίου) με τη μέθοδο της ημιδομημένης συνέντευξης, κατά τη διάρκεια της οποίας παρουσίαζαν στους συμμετέχοντες κάποιες εικόνες και ζητούσαν να μάθουν αν ασκείται κάποια δύναμη πάνω στα απεικονιζόμενα σώματα και ποια είναι αυτή. Θεωρητικά αναμενόταν ότι θα αναδειχθούν τέσσερα βασικά νοητικά μοντέλα (εσωτερική δύναμη, αποκτημένη δύναμη, δύναμη έλξης-απόθησης, βαρυτική δύναμη). Τα τρία πρώτα μοντέλα πράγματι εντοπίστηκαν, ωστόσο παρουσιάστηκαν και τρία ακόμη. Λίγα χρόνια αργότερα, ο diSessa με τους συνεργάτες του (2004) επιχείρησαν μία οιονεί αναπαραγωγή (quasi-replication) της έρευνας των Ioannides και Vosniadou (2002), με 30 παιδιά ίδιου ηλικιακού εύρους, και την αξιοποίηση ανοιχτού τύπου συνέντευξης, όπου τέθηκαν 24 ερωτήσεις. Τα ευρήματά τους δεν ήταν δυνατό να ερμηνευθούν υπό το πρίσμα της συνεκτικής γνώσης, καθώς οι απαντήσεις των μαθητών ήταν ασυνεπείς, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι οι αφελείς γνώσεις στους τομείς της Δύναμης και της Κίνησης αποτελούνται από ασθενώς οργανωμένα τμήματα γνώσης, που ενεργοποιούνται ασυνείδητα σε διαφορετικές περιστάσεις.

Έκτοτε, έχουν πραγματοποιηθεί ποικίλες έρευνες για τα νοητικά μοντέλα των παιδιών, με ενδιαφέροντα αποτελέσματα (Özdemir & Clark 2009· Stamovlasis et al., 2013· Straatemeier et al., 2008· Vaioroulou & Papageorgiou, 2018), ωστόσο ένα καταφανές σημείο των μεθοδολογικών διαφορών είναι ο τρόπος με τον οποίο συμπεραίνεται η συνεκτικότητα των νοητικών αναπαραστάσεων. Στην παρούσα έρευνα υιοθετούνται τα *τέσσερα βασικά νοητικά μοντέλα* (εσωτερική δύναμη, αποκτημένη δύναμη, δύναμη έλξης-απόθησης, βαρυτική δύναμη) για την έννοια της δύναμης που έχουν αναδειχθεί από τη βιβλιογραφία και για τα οποία, η συνέπεια και η συνεκτικότητά τους κατέχει κεντρικό ενδιαφέρον στο κτίσιμο των θεωριών της εννοιολογικής αλλαγής. Παράλληλα, προτείνεται η αξιοποίηση της *ανάλυσης δικτύων* που βασίζεται στην αναπαράσταση της γνώσης ως έναν ιστό σχέσεων μεταξύ εννοιών ή εννοιολογικών στοιχείων, μια γνωστή προσέγγιση, η οποία σε συνδυασμό με ποσοτικά μέτρα περιγραφής αποτελεί χρήσιμο εργαλείο στην εκπαιδευτική έρευνα.

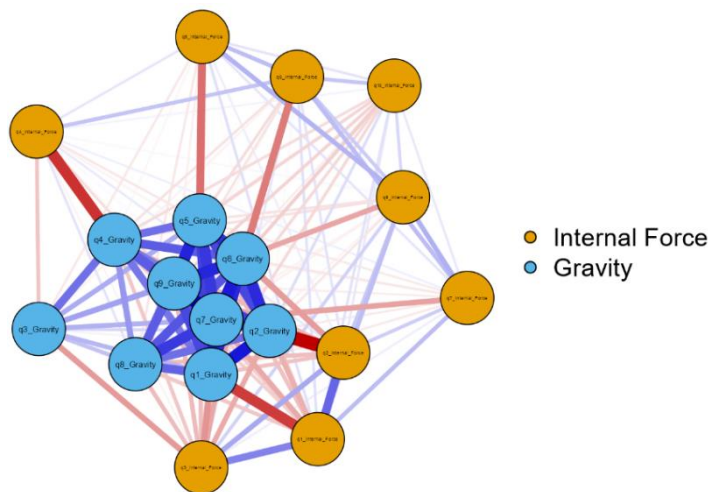
## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με το Force-RQ (Force Representations Questionnaire), από μαθητές (N=504) δημοτικού ηλικίας 11-12 ετών, όπου αναζητήθηκαν τα τέσσερα βασικά νοητικά μοντέλα που αφορούν την δύναμη (Ioannides and Vosniadou 2002· Vaioroulou & Papageorgiou, 2018). Πρόκειται για ένα εργαλείο 10

ερωτήσεων, όπου οι συμμετέχοντες καλούνται να απαντήσουν αναφορικά με την ύπαρξη δυνάμεων σε διάφορες καταστάσεις. Οι καταστάσεις, στις οποίες αναφέρονται είναι οι εξής: ακίνητα σώματα, σώματα που τα σπρώχνει κάποιος άνθρωπος, σώματα σε ισορροπία, σώματα σε ελεύθερη πτώση, σώματα που τα πετάει κάποιος άνθρωπος. Οι ερωτήσεις ήταν πολλαπλής επιλογής και συνοδεύονταν από τέσσερις προδιατυπωμένες απαντήσεις που αντιστοιχούσαν στα τέσσερα βασικά νοητικά μοντέλα που προαναφέρθηκαν. Οι συμμετέχοντες είχαν 25 λεπτά στη διάθεσή τους για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, το οποίο αποτελούνταν και από σχετικές εικόνες για κάθε ερώτηση.

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το ανοιχτό λογισμικό Jasp. Επιλέχθηκε το μικροσκοπικό επίπεδο διερεύνησης που στοχεύει στο επίπεδο των κόμβων και των σχέσεων που δημιουργούνται μεταξύ τους, εστιάζοντας στα μέτρα κεντρικότητας: *βαθμού* (degree), *εγγύτητας* (closeness) και *ενδιάμεση κεντρικότητα* (betweenness), και το συντελεστή *ομαδοποίησης* (clustering coefficient). Συνοπτικά, ο βαθμός αντιπροσωπεύει τον αριθμό των άμεσων συνδέσεων ενός κόμβου, η κεντρικότητα εγγύτητας εκτιμά το βαθμό στον οποίο ένας κόμβος σχετίζεται με άλλους κόμβους του δικτύου και η κεντρικότητα συνάφειας εκτιμά το βαθμό στον οποίο ένας κόμβος βρίσκεται στη συντομότερη διαδρομή μεταξύ δύο κόμβων (Siew *et al.*, 2019). Ο συντελεστής ομαδοποίησης είναι μια ιδιότητα ενός κόμβου σε ένα δίκτυο και δείχνει πόσο καλά συνδεδεμένη είναι η γειτονιά του κόμβου. Εάν η γειτονιά είναι πλήρως συνδεδεμένη, ο συντελεστής ομαδοποίησης είναι 1, ενώ μια τιμή κοντά στο 0 σημαίνει ότι δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου συνδέσεις στη γειτονιά. Ακολούθως παρουσιάζεται ένα παράδειγμα από εμπειρικά δεδομένα, όπου γίνεται σύγκριση δύο μοντέλων: της εσωτερικής δύναμης και της βαρύτητας (επιστημονικό μοντέλο) που απεικονίζονται στο Σχήμα 1.

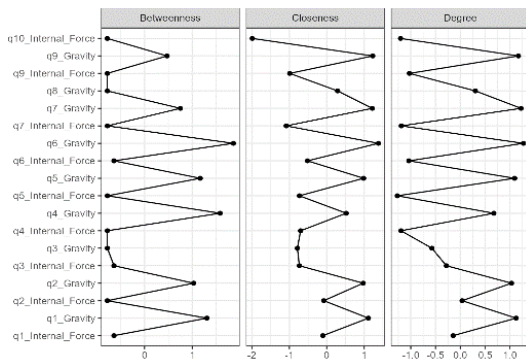
Σχήμα 1. Δίκτυα-αναπαραστάσεις που εμφανίζουν την συνεκτικότητα των νοητικών μοντέλων της «εσωτερικής δύναμης» και της «Βαρύτητας»-επιστημονικό μοντέλο, Εμπειρικά δεδομένα από τις απαντήσεις μαθητών δημοτικού.



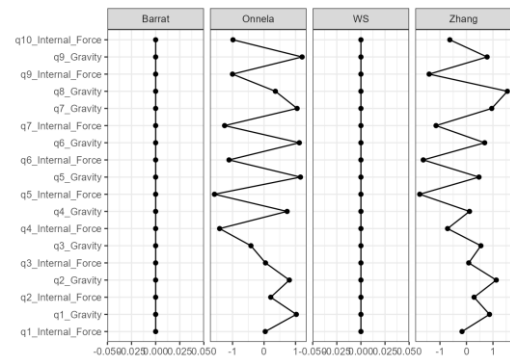
Στο Διάγραμμα 1 εμφανίζονται τα μέτρα κεντρικότητας ενώ στο Διάγραμμα 2 οι συντελεστές ομαδοποίησης. Τα παραπάνω, ουσιαστικά, αποτελούν μέτρα της συνέπειας των απαντήσεων των μαθητών στο *Force-RQ* και αντανακλούν τη συνεκτικότητα των αντιστοιχών των νοητικών μοντέλων. Τοπολογικά, στο Σχήμα 1 φαίνεται ότι διαμορφώνονται δυο υποδίκτυα, με τους κόμβους της βαρύτητας να συγκεντρώνονται στο κέντρο του δικτύου, ενώ οι κόμβοι του μοντέλου της εσωτερικής δύναμης τοποθετούνται περιφερειακά και διάσπαρτα. Ένα άλλο ποσοτικό κριτήριο αποτελούν τα βάρη των ακμών, όπου σχηματίζονται αποκλειστικά θετικές και ισχυρές συνδέσεις μεταξύ των κόμβων που αντιστοιχούν στο μοντέλο της βαρύτητας, σε αντίθεση με τους κόμβους του μοντέλου της εσωτερικής δύναμης, οι οποίοι συνάπτουν ανομοιογενείς σχέσεις μεταξύ τους σε

ό,τι αφορά την ισχύ και το πρόσημο, θετικό ή αρνητικό. Σημειωτέον, οι συνδέσεις που συνάπτονται μεταξύ των δυο υποδικτύων έχουν κατά βάση αρνητικά βάρη.

Διάγραμμα 1. Μέτρα κεντρικότητας



Διάγραμμα 2. Συντελεστές ομαδοποίησης



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Καταληκτικά, συμπεραίνεται ότι η ανάλυση δικτύου μπορεί να προσφέρει μια αποτελεσματική μεθοδολογική προσέγγιση για τη διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των παιδιών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Τα πρώτα ευρήματα αποτέλεσαν πρωτοτυπία στο παρόν πεδίο και λειτούργησαν ως ακρογωνιαίος λίθος για περαιτέρω έρευνες. Πέρα από το συγκεκριμένο παράδειγμα για την έννοια της δύναμης, η ανάλυση δικτύου μπορεί να εφαρμοστεί στη διερεύνηση της γνώσης των παιδιών, των παρανοήσεων ή εναλλακτικών ιδεών και γενικότερα των διαδικασιών της εννοιολογικής αλλαγής. Τέλος, η διασαφήνιση του ζητήματος περί απόψεων συνεκτικής και κατακεραματισμένης γνώσης έχει μεγάλη θεωρητική σημασία και επηρεάζει ουσιαστικά τις προτεινόμενες διδακτικές προσεγγίσεις.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- diSessa, Andrea A. 1993. "Toward an Epistemology of Physics." *Cognition and Instruction* 10(2–3):105–225.
- diSessa, Andrea A., Nicole M. Gillespie, and Jennifer B. Esterly. 2004. "Coherence versus Fragmentation in the Development of the Concept of Force." *Cognitive Science* 28(6):843–900.
- diSessa, A. A. (2006). A History of Conceptual Change Research: Threads and fault lines. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 88–108). New York, NY, US: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.007>
- Ioannides, Christos, and Stella Vosniadou. 2002. "The Changing Meanings of Force." *Cognitive Science Quarterly* 2(1):5–61.
- Özdemir, Gökhan, and Douglas B. Clark. 2009. "Knowledge Structure Coherence in Turkish Students' Understanding of Force." *Journal of Research in Science Teaching* 46(5):570–96.
- Stamovlasis, Dimitrios, George Papageorgiou, and Georgios Tsitsipis. 2013. "The Coherent versus Fragmented Knowledge Hypotheses for the Structure of Matter: An Investigation with a Robust Statistical Methodology." *Chemistry Education Research and Practice* 14(4):485–95.
- Straatemeier, Marthe, Han L. J. van der Maas, and Brenda R. J. Jansen. 2008. "Children's Knowledge of the Earth: A New Methodological and Statistical Approach." *Journal of Experimental Child Psychology* 100(4):276–96.
- Vaiopoulou, J., & Papageorgiou, G. (2018). Primary students' conceptions of the Earth: Re-examining a fundamental research hypothesis on mental models. *Preschool and Primary Education*, 6(1), 23–34. <https://doi.org/10.12681/ppej.14210>
- Vosniadou, Stella. 1994. "Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change." *Learning and Instruction* 4(1):45–69.