ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Συνόψεις

Τεχνητή Νοημοσύνη και Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: Η Αξιολόγηση του ChatGPT στην Κατανόηση Θερμικών Φαινομένων

Γεωργία Βακάρου, Γεώργιος Στύλος, Κώστας Γεωργόπουλος, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης

doi: 10.12681/codiste.7548

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 20/01/2026 18:11:09

Τεχνητή Νοημοσύνη και Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: Η Αξιολόγηση του ChatGPT στην Επεξήγηση Θερμικών Φαινομένων

Γεωργία Βακάρου[1], Γεώργιος Στύλος[2], Κώστας Γεωργόπουλος[3], Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης[4]

[1]Υποψήφια Διδάκτορας, [2,3]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, [4]Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
[1]g.vakarou@uoi.gr

Περίληψη

Η τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence-AI) έχει ήδη αρχίσει να διαμορφώνει τις εκπαιδευτικές διαδικασίες, με τη δυνατότητα να προσφέρει εξατομικευμένη μάθηση και άμεση βοήθεια στους μαθητές/τριες. Η παρούσα μελέτη εξετάζει την αποτελεσματικότητα της AI, και ειδικά του ChatGPT, στην κατανόηση και διδασκαλία θεμελιωδών εννοιών όπως η θερμότητα και η θερμοκρασία. Μέσω της χρήσης του ερωτηματολογίου Thermal Concept Evaluation (TCE), η έρευνα αξιολογεί τις επιστημονικές απαντήσεις που παρέχει το ChatGPT και εντοπίζει τυχόν εναλλακτικές αντιλήψεις. Η μελέτη αναδεικνύει τη σημασία της κριτικής σκέψης κατά τη χρήση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, καθώς οι απαντήσεις που παρέχει δεν είναι πάντα ακριβείς και απαλλαγμένες από κοινές παρανοήσεις. Παρότι παρατηρείται βελτίωση στην απόδοση του ChatGPT σε μεταγενέστερη φάση, οι περιορισμοί που παρουσιάζει η τεχνολογία AI τονίζουν την ανάγκη συνεχούς ανάπτυξης και προσεκτικής ενσωμάτωσής της στην εκπαίδευση.

Λέξεις κλειδιά: τεχνητή νοημοσύνη, θερμότητα, θερμοκρασία, εναλλακτικές αντιλήψεις, εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών

Artificial Intelligence and Science Education: Assessing ChatGPT's Understanding of Thermal Phenomena

Georgia Vakarou[1], Georgios Stylos[2], Kostas Georgopoulos[3], Konstantinos T. Kotsis[4]

[1]PhD Student, [2,3]Laboratory Teaching Staff, [4]Professor,
Department of Primary Education, University of Ioannina
[1]g.vakarou@uoi.gr

Abstract

Artificial intelligence (AI) has already begun to shape educational processes, with the potential to offer personalized learning and direct assistance to students. This study examines the effectiveness of AI, and especially ChatGPT, in understanding and teaching fundamental concepts such as heat and temperature. Through the Thermal Concept Evaluation (TCE) questionnaire, the research evaluates the scientific answers provided by ChatGPT and identifies any alternative perceptions. The study highlights the importance of critical thinking when using artificial intelligence technologies in science teaching, as the answers it provides are not always accurate and free from common misconceptions. Although there is an improvement in ChatGPT performance at a later stage, the limitations presented by AI technology highlight the need for continuous development and careful integration in training.

Keywords: artificial intelligence (AI), heat, temperature, misconceptions, science education

Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/codiste.7548

Εισαγωγή

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) τα τελευταία χρόνια έχει διαμορφώσει νέες οδούς στην εκπαίδευση, επιτρέποντας την εξατομικευμένη μάθηση και την άμεση αλληλεπίδραση μέσω εφαρμογών συνομιλίας (Adiguzel et al., 2023). Μελέτες έχουν δείξει ότι οι εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ) μπορούν να βελτιώσουν τη διδασκαλία και τη μάθηση σε μαθήματα φυσικών επιστημών, προσαρμόζοντας το υλικό στις ανάγκες και τις δεξιότητες κάθε μαθητή (Almasri, 2024). Συγκεκριμένα, η χρήση εργαλείων όπως το ChatGPT έχει αναδειχθεί ως καινοτόμος προσέγγιση στη διδακτική πρακτική. Έρευνες έχουν δείξει ότι το ChatGPT μπορεί να διευκολύνει τη διδασκαλία και τη μάθηση μέσω της δημιουργίας κουίζ, του σχεδιασμού αξιολογήσεων, της παραγωγής περιλήψεων και της μετάφρασης σύνθετων όρων, αναδεικνύοντας την πολυλειτουργικότητά του και την εκτεταμένη επίδρασή του (Ali et al., 2024).

Η ικανότητα των γλωσσικών μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης, όπως το ChatGPT, να ανταποκρίνονται σε εξεταστικά ερωτηματολόγια έχει ήδη αξιολογηθεί σε διάφορους επιστημονικούς τομείς. Σύμφωνα με την Βασιλικού (2023) το ChatGPT μπορεί να περάσει την πλειοψηφία των εξετάσεων σε πανεπιστημιακά και σχολικά περιβάλλοντα, θέτοντας σημαντικά ερωτήματα για τον ρόλο του στην εκπαιδευτική διαδικασία και την αξιολόγηση της γνώσης. Επιπλέον. πρόσφατες μελέτες έχουν διερευνήσει την αποτελεσματικότητα της τεχνητής νοημοσύνης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, με έμφαση στην αξιολόγηση της απόδοσης του ChatGPT σε ερωτηματολόγια φυσικής. Για παράδειγμα, η έρευνα του West (2023) έδειξε ότι η απόδοση του ChatGPT στην συμπλήρωση ενός ευρέως γνωστού ερωτηματολογίου (Force Concept Inventory-FCI) εμφανίζει βελτίωση, υπογραμμίζοντας την προοπτική ενσωμάτωσης τέτοιων εργαλείων στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Στον αντίποδα, στην εργασία του Kortemeyer (2023), διερευνήθηκε η ικανότητα του ChatGPT να ανταποκριθεί σε αξιολογήσεις ενός εισαγωγικού μαθήματος φυσικής και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μοντέλο θα περνούσε οριακά το μάθημα, παρουσιάζοντας πολλές παρανοήσεις και σφάλματα που συναντώνται συνήθως σε αρχάριους μαθητές. Διάφορες έρευνες έχουν επισημάνει ανησυχίες σχετικά με την ποιότητα των απαντήσεων και τις πιθανές προκαταλήψεις στο περιεχόμενο που παράγεται από την ΤΝ (Ali et al., 2024). Αυτή η εργασία εξετάζει τις δυνατότητες και τις προκλήσεις που αναδύονται από τη χρήση της AI στη διδασκαλία των εννοιών θερμότητα και θερμοκρασία.

Μεθοδολογία

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να αξιολογηθεί η ικανότητα του μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης ChatGPT να απαντά σωστά σε ερωτήσεις που αφορούν θερμικά φαινόμενα, όπως αυτές παρουσιάζονται στο ερωτηματολόγιο Thermal Concept Evaluation (TCE), και να παρέχει επαρκείς επιστημονικές αιτιολογήσεις για τις απαντήσεις του. Ειδικότερα, η έρευνα εξετάζει τη συνέπεια και την ακρίβεια των απαντήσεων του ChatGPT σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους (Ιανουάριος 2024 και Σεπτέμβριος 2024). Η μελέτη αποσκοπεί, επίσης, στη διερεύνηση της ικανότητας του μοντέλου να αποφεύγει εναλλακτικές αντιλήψεις, οι οποίες συχνά παρατηρούνται σε μαθητές/τριες.

Ερευνητικά Ερωτήματα

1. Ποιο είναι το ποσοστό επιστημονικά ορθών απαντήσεων του ChatGPT στο ερωτηματολόγιο TCE κατά τις χρονικές περιόδους Ιανουαρίου και Σεπτεμβρίου 2024;
2. Ποιες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται στις απαντήσεις του ChatGPT μεταξύ των δύο χρονικών περιόδων;
3. Ποιες εναλλακτικές αντιλήψεις εντοπίζονται στις απαντήσεις του ChatGPT και πώς μεταβάλλονται διαχρονικά;

Εργαλεία της Έρευνας: Ερωτηματολόγιο Thermal Concept Evaluation (TCE)

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο TCE, το οποίο αναπτύχθηκε από τους Yeo και Zadnik (2001) και έχει εν μέρει τροποποιηθεί από πιο σύγχρονες μελέτες, όπως

αυτή των Stylos et al. (2021). Το TCE αποτελείται από 26 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που παρουσιάζουν σενάρια της καθημερινότητας. Στην παρούσα μελέτη, αντί να διανεμηθεί το ερωτηματολόγιο σε συμμετέχοντες, ζητήθηκε από το ChatGPT να απαντήσει στις ερωτήσεις, επιλέγοντας τη σωστή απάντηση και επεξηγώντας την επιλογή του.

Διαδικασία Συλλογής και Ανάλυσης των Δεδομένων

Η έρευνα διεξήχθη σε δύο χρονικές περιόδους. Η πρώτη εφαρμογή έγινε τον Ιανουάριο του 2024 ενώ η δεύτερη εφαρμογή, τον Σεπτέμβριο του 2024, με στόχο τη σύγκριση των εκάστοτε απαντήσεων. Το ερωτηματολόγιο (Stylos et al, 2021), συνοδευόμενο με σαφείς οδηγίες, διατυπώθηκε στην εφαρμογή στα αγγλικά, οπότε και ζητήθηκε η επιλογή των σωστών απαντήσεων, με αιτιολόγηση της κάθε επιλογής.

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων περιλάμβανε τα εξής βήματα:

1) Το ερωτηματολόγιο παρουσιάστηκε στο ChatGPT σε μορφή ερωτήσεων, με κάθε σενάριο να συνοδεύεται από τις πολλαπλές επιλογές που προσφέρονται στο TCE. Κάθε ερώτηση υποβλήθηκε ξεχωριστά.

2) Το ChatGPT κλήθηκε να επιλέξει τη σωστή απάντηση και να παρέχει πλήρη αιτιολόγηση της επιλογής του, εξηγώντας την επιστημονική λογική που υποστηρίζει την απάντησή του.

3) Η διαδικασία επαναλήφθηκε τον Σεπτέμβριο 2024 με το ίδιο ακριβώς ερωτηματολόγιο, υπό τις ίδιες συνθήκες, για να συγκριθούν οι απαντήσεις και οι εξηγήσεις.

4) Περιγραφική ανάλυση των δεδομένων.

Η επικοινωνία με το ChatGPT έγινε στην αγγλική γλώσσα και οι απαντήσεις μεταφράστηκαν εκ των υστέρων στα ελληνικά. Αυτό διασφαλίζει ότι η απόδοση του μοντέλου στηρίζεται κυρίως στη γενική εξέλιξή του και των δεδομένων στα οποία εκπαιδεύτηκε (OpenAI, 2024).

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τα περιγραφικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τις δύο χρονικές περιόδους αξιολόγησης, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στις απαντήσεις του ChatGPT. Αρχικά, το μοντέλο έδωσε σωστές απαντήσεις σε 14 από τις 26 ερωτήσεις, επιτυγχάνοντας ποσοστό επιτυχίας περίπου 54%. Παράλληλα, το πλήθος των λανθασμένων απαντήσεων ανήλθε σε 12, παρουσιάζοντας ένα ποσοστό λάθους της τάξης του 46%. Ωστόσο, στη δεύτερη χρονική περίοδο, καταγράφηκε ουσιαστική αύξηση στο πλήθος των σωστών απαντήσεων, φτάνοντας τις 23, δηλαδή ποσοστό επιτυχίας 88,5%. Το αντίστοιχο πλήθος των λανθασμένων απαντήσεων μειώθηκε δραστικά σε 3, με το ποσοστό λάθους να διαμορφώνεται στο 11,5%.

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, και ειδικότερα του ChatGPT, στη διδασκαλία και κατανόηση των θερμικών φαινομένων. Η σημαντική βελτίωση της απόδοσης του μοντέλου στη δεύτερη φάση της έρευνας υποδηλώνει ότι οι γλωσσικοί αλγόριθμοι της ΤΝ μπορούν να προσαρμόζονται και να ενσωματώνουν αναβαθμισμένες επιστημονικές πληροφορίες με την πάροδο του χρόνου. Παρόλα αυτά, εξακολουθούν να υφίστανται προκλήσεις, καθώς παρατηρήθηκαν περιπτώσεις εναλλακτικών αντιλήψεων και ελλιπούς τεκμηρίωσης στις απαντήσεις του μοντέλου. Ειδικότερα, ορισμένες εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με τα θερμικά φαινόμενα, οι οποίες παρουσιάστηκαν κατά την πρώτη περίοδο αξιολόγησης περιλάμβαναν τη σύγχυση μεταξύ θερμότητας και θερμοκρασίας, όπου το μοντέλο απέδιδε την αίσθηση «ζεστού» ή «κρύου» απευθείας στη θερμότητα αντί για τη θερμοκρασία του σώματος, ή την εσφαλμένη πεποίθηση ότι η θερμότητα είναι μια ουσία που «ρέει» ανεξάρτητα από τη διαφορά θερμοκρασίας. Στη δεύτερη περίοδο αξιολόγησης παρατηρήθηκε βελτίωση στις απαντήσεις, με ορισμένες εναλλακτικές αντιλήψεις να έχουν εξαλειφθεί ή μειωθεί σε συχνότητα. Για παράδειγμα, το ChatGPT δεν μπέρδευε πλέον τόσο συχνά τη θερμότητα με τη

θερμοκρασία, δείχνοντας καλύτερη κατανόηση του ότι η θερμοκρασία είναι ένα μέτρο της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων. Ωστόσο, ορισμένες παρανοήσεις συνέχισαν να εμφανίζονται, όπως η αδυναμία του μοντέλου να διακρίνει σαφώς τη θερμοδυναμική έννοια της «εσωτερικής ενέργειας» από τη θερμότητα. Η έρευνα αυτή έχει άμεσες επιπτώσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, καθώς αναδεικνύει τόσο τις δυνατότητες όσο και τους περιορισμούς της ΤΝ ως εργαλείου υποστήριξης στη μάθηση. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιοποιήσουν το ChatGPT ως βοηθητικό μέσο για την επεξήγηση επιστημονικών εννοιών, όπως η θερμοκρασία – θερμότητα, χωρίς όμως την παθητική αποδοχή των απαντήσεων που παρέχει το μοντέλο. Επιπλέον, υπογραμμίζεται η αναγκαιότητα ύπαρξης εκπαιδευτικών στρατηγικών που ενθαρρύνουν τη διασταύρωση πληροφοριών και την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικού γραμματισμού στους μαθητές.

Συνολικά, η παρούσα έρευνα συμβάλλει στη συζήτηση για τον ρόλο της τεχνητής νοημοσύνης στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, προσφέροντας δεδομένα σε μια αναπτυσσόμενη συζήτηση των τελευταίων ετών σχετικά με την αξιοποίηση και την ενσωμάτωση των AI μοντέλων στην εκπαιδευτική πράξη. Ένας περιορισμός της παρούσας μελέτης είναι ότι το ερωτηματολόγιο εφαρμόστηκε μία φορά, σε κάθε χρονική περίοδο. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι η απόδοση των γλωσσικών μοντέλων μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις μεταξύ διαφορετικών εκτελέσεων του ίδιου ερωτήματος, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων (Ribeiro & Lundberg, 2022). Συνεπώς, μια προοπτική για μελλοντική έρευνα είναι η επανάληψη του ερωτηματολογίου σε πολλαπλές εκτελέσεις, ώστε να εξεταστεί η σταθερότητα των απαντήσεων και να ενισχυθεί η εγκυρότητα της μέτρησης.

Βιβλιογραφία

Βασιλικού, Μ. Π. (2023). *Το ChatGPT περνάει στις Πανελλήνιες. Οι μαθητές;*. Στο Α. Καζανίδης, Α. Τσινάκος (Επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 13ου Πανελλήνιου και Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»*, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδας, Καβάλα. Ανακτήθηκε στις 1 Νοεμβρίου 2024 από: https://www.etpe.gr/wp-content/uploads/2024/07/HCICTE23_510-516.pdf

Adiguzel, T., Kaya, M. H., & Cansu, F. K. (2023). Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. *Contemporary Educational Technology, 15*(3), ep429. https://doi.org/10.30935/cedtech/13152

Ali, D., Fatemi, Y., Boskabadi, E., Nikfar, M., Ugwuoke, J., & Ali, H. (2024). ChatGPT in Teaching and Learning: A Systematic Review. *Education Sciences, 14*(6), 643. https://doi.org/10.3390/educsci14060643

Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education, 54*, 977–997. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3

Kortemeyer, G. (2023). Could an artificial-intelligence agent pass an introductory physics course?. *Physical Review Physics Education Research, 19*(1), 010132. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010132

OpenAI. (2024). *GPT-4 technical report*. Ανακτήθηκε στις 5 Νοεμβρίου 2024 από: https://openai.com/research

Ribeiro, M. T., & Lundberg, S. (2022). Adaptive testing and debugging of NLP models. *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (Volume 1: Long Papers), 3253–3267. Ανακτήθηκε στις 5/11/2024 από: https://aclanthology.org/2022.acl-long.230.pdf

Stylos, G., Sargioti, A., Mavridis, D., & Kotsis K.T. (2021). Validation of the thermal concept evaluation test for Greek university students' misconceptions of thermal concepts. *International Journal of Science Education, 43*(2), 247-273. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1865587

West, C. G. (2023). Advances in apparent conceptual physics reasoning in GPT-4. arXiv:2303.17012 https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.17012

Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Introductory thermal concept evaluation: Assessing students' understanding. *The Physics Teacher, 39*(8), 496–504. https://doi.org/10.1119/1.1424603