

# Signum

Ετήσια Επιστημονική Επιθεώρηση  
για τις Ανθρωπιστικές, Κοινωνικές, Περιβαλλοντικές και Πολιτιστικές Επιστήμες

4-5 | 2021  
Περίοδος Β΄

## Συνεργάτες του τεύχους

Αποστολίδης Κώστας  
Βασιλικού Κατερίνα  
Γρηγοριάδου Βιργινία  
Δελφάκη Δάφνη  
Θεολόγου Κώστας  
Καναβούρας Αντώνης  
Καρακούλας Δημήτριος  
Κουμανταράκη Άννα  
Κουτελιέρης Φραγκίσκος  
Μανωλέσου Δανάη  
Μήλεσης Διονύσης  
Νικολάου Θεμιστοκλής  
Παπαϊωάννου Θεόδωρος  
Ρωμανός Βασίλης  
Τζανίνη Ευγενία  
Τσέτσος Μάρκος  
Φίλιππος Γεράσιμος

Φάκελος «Η εποχή των Μαθηματικών»: Γαϊτάνη Ναυσικά, Καρώνη Χρύσα,  
Κουτελιέρης Φραγκίσκος, Κωνστάντος Γιώργος, Σκάσσης Αλέξης,

Τερδήμου Μάρω, Τσουκάλα Δέσποινα  
Μεταφράσεις: Γιώργος Κωνστάντος

Βιβλιοκρισίες: Θανοπούλου Ευγενία, Κωνστάντος Γιώργος, Μικράκη-Πετρουλά Εύα,  
Μπαλατσού Μαρία, Μπασιμακοπούλου Μαρίνα, Μπουσουλέγκα Άρια-Αγγελική



ΕΛΛΗΝΟΕΚΔΟΤΙΚΗ

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

Σημείωμα της Σύνταξης .....	7
-----------------------------	---

## ΑΡΘΡΑ

1. Η δυνατότητα μιας γνωσιοθεωρίας της αρχιτεκτονικής, <i>Κώστας Αποστολίδης</i> .....	11
2. Ανορθολογισμός και αισθητικότητα. Ο Oswald Spengler και η «φασούστεια» φιλοσοφία της μουσικής, <i>Μάρκος Τσέτσος</i> .....	23
3. Η μεταναστευτική οικογενειακή συνθήκη σε διεθνικό περιβάλλον, <i>Κατερίνα Βασιλικού</i> .....	47
4. Πράξις και Συμβάν: Αντιφάσεις της κοινωνικοϊστορικής θέσμισης, <i>Βασίλης Ρωμανός</i> .....	62
5. Ο COVID-19 και οι προϋποθέσεις για τη συνταγματική αναγνώριση του ατομικού δικαιώματος πρόσβασης στην ενέργεια, <i>Ευγενία Τζαννίνη</i> .....	81
6. Η συμβολή των μεταμοντέρνων θεωριών και της Κριτικής Παιδαγωγικής στο σύγχρονο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών: οι περιπτώσεις εκπαιδευτικής πολιτικής Ελλάδας και Κύπρου, <i>Δημήτριος Καρακούλας</i> .....	98
7. Γλώσσα, εγκέφαλος και φαντασία: Μια νευροφιλοσοφική προσέγγιση στο πρόβλημα της επιστημονικής γνώσης, <i>Διονύσης Μήλεσης, Θεμιστοκλής Νικολάου</i> .....	112
8. Ο HIV και η εμπλοκή των θεραπευομένων στη θεραπεία τους: διδάγματα για τη διαχείριση του COVID-19, <i>Δανάη Μανωλέσου, Θεόδωρος Παπαϊωάννου</i> .....	133
9. Η έννοια του επιστημονικού μοντέλου από τις φυσικές επιστήμες του 17ου αιώνα στη σύγχρονη φιλοσοφία της επιστήμης, <i>Βιργινία Γρηγοριάδου</i> .....	145
10. Η έννοια της απαλλοτρίωσης στις ταξικές σχέσεις κατά τον Max Weber, <i>Άννα Κουμανταράκη</i> .....	163
11. Μετανάστες και παραγωγή αστικού χώρου. Φυλετικές και ταξικές συγκρούσεις και μορφές συνεργασίας και αλληλεγγύης στην Αθήνα της κρίσης, <i>Δάφνη Δελφάκη</i> .....	179

<b>12. Για τη διαμόρφωση του ηθικού - νομικού καθεστώτος περί τα δικαιώματα των ζώων στην Ελλάδα, Γεράσιμος Φίλιππας</b> .....	193
<b>13. Περιγραφή της εσωτερικής ομοιότητας των φυσικών φαινομένων, Αντώνης Καναβούρας, Κώστας Θεολόγου, Φραγκίσκος Κουτελιέρης</b> .....	210

## **ΦΑΚΕΛΟΣ**

<b>«Η εποχή των Μαθηματικών», Ναυσικά Γαϊτάνη, Χρύσα Καρώνη, Φραγκίσκος Κουτελιέρης, Γιώργος Κωνστάντος, Αλέξης Σκάσσης, Μάρω Τερδήμου, Δέσποινα Τσουκάλα</b> .....	223
---	-----

## **ΜΕΤΑΦΡΑΣΕΙΣ**

The Ethics Center, 2016, «Η Φυσιοκρατική Πλάνη», μτφ. Γιώργος Κωνστάντος .....	242
--	-----

## **ΒΙΒΛΙΟΚΡΙΣΙΕΣ**

Immanuel Kant, 2020, <i>Ανθρωπολογία από πραγματολογική άποψη</i> , μτφ. Χ. Τασάκος, Αθήνα, Παπαζήση, Μαρίνα Μπασιμακοπούλου .....	245
Jean Francois Lyotard, 2020, <i>Γιατί φιλοσοφούμε;</i> μτφ. Μ. Πατεράκη-Γαφέρη, Αθήνα, Πλέθρον, Ευγενία Θανοπούλου .....	258
Alain Badiou με τον Gilles Haëri, 2016, <i>Εγκώμιο για τα μαθηματικά</i> , μτφ. Φ. Σιατίτσας, Αθήνα, Πατάκη, Εύα Μικράκη-Πετρούλα .....	264
Stewart Shapiro, 2005, <i>Σκέψεις για τα Μαθηματικά</i> , Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Γιώργος Κωνστάντος .....	267
Χρήστος Τσιρώνης, 2013, <i>Ο καταναλωτισμός στη σύγχρονη κοινωνική θεωρία: Τομές στο έργο του Z. Bauman</i> , Θεσσαλονίκη, Μπαρμπουνάκη, Άρια-Αγγελική Μπουσουλέγκα .....	271
Ann Farrell, 2020, <i>Ηθική Δεοντολογία της Έρευνας</i> , μτφ. Ιωάννα Φυριππή, Αθήνα, Πεδίο, Μαρία Μπαλατσού .....	278

---

## Περιγραφή της εσωτερικής ομοιότητας των φυσικών φαινομένων

Αντώνης Καναβούρας, Κώστας Θεολόγου, Φραγκίσκος Α. Κουτελιέρης

### Περίληψη

Η ομοιότητα είναι το χαρακτηριστικό των φυσικών φαινομένων που επιτρέπει τη μεταφορά της γνώσης που αποκτήθηκε για μια συγκεκριμένη κλίμακα μελέτης του φαινομένου σε μια άλλη κλίμακα (εσωτερική ομοιότητα) ή σε ένα άλλο φαινόμενο ίδιας κλίμακας (εξωτερική ομοιότητα). Βεβαίως, τα φυσικά φαινόμενα εξετάζονται υπό το πρίσμα μιας εν δυνάμει διαψεύσιμης υπόθεσης από την αντίληψη του ερευνητή-υποκειμένου ως προς το μελετώμενο φαινόμενο, διαμορφώνοντας έτσι προσλήψεις για το υπό μελέτη φαινόμενο. Για παράδειγμα, στα πλαίσια της ανάγκης για απορρύπανση μιας λιμνοθάλασσας (διαψεύσιμη υπόθεση), τα πειράματα προσδιορισμού επιπέδων συγκεκριμένων ρύπων που λαμβάνουν χώρα σε δείγματα νερού που ελήφθησαν από τη λιμνοθάλασσα επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων για ολόκληρη τη λιμνοθάλασσα (εσωτερική ομοιότητα του φαινομένου της υδάτινης ρύπανσης). Στην παρούσα εργασία συζητούνται με τους σχετικούς φιλοσοφικούς όρους οι παραμέτροι και οι παράγοντες που καθορίζουν τη μαθηματική περιγραφή της ομοιότητας των φυσικών φαινομένων. Πιο συγκεκριμένα, αποδεικνύεται ότι όλες οι δυνατές προσλήψεις ενός φαινομένου συνιστούν έναν τετραδιάστατο διανυσματικό χώρο, επί των στοιχείων του οποίου ορίζουμε μια μη-γραμμική απεικόνιση με στόχο την περιγραφή της ταξινόμησης της υφιστάμενης γνώσης περί του εξεταζόμενου φαινομένου υπό το πρίσμα της κάθε υπόθεσης. Η ταξινόμηση αυτή είναι σημαντι-

κή και αναγκαία, επειδή επιτρέπει την αναγνώριση των περιοχών του φαινομένου όπου υπάρχουν κενά γνώσης και, ως εκ τούτου, μπορεί να κατευθύνει τη μελλοντική έρευνα. Στην παρούσα εργασία, η ταξινόμηση αυτή επιτυγχάνεται μέσω ενός πίνακα ταξινόμησης (classification matrix), ο οποίος ορίζεται από τους κατηγορικούς περιγραφείς του φαινομένου (γραμμές του πίνακα) και τα επίπεδα περιγραφής (στήλες του πίνακα). Γενικεύοντας, αυτή η μαθηματική προσέγγιση αποσκοπεί στο να γίνει τελικά ένα εργαλείο εφαρμογής για τους μηχανικούς που μελετούν τα φυσικά φαινόμενα σε διαφορετικές κλίμακες, και υποστηρικτικά παρουσιάζεται και μία εφαρμογή σε προβλήματα χημικο-μηχανικού ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα, εφαρμόζουμε την πιο πάνω προσέγγιση στην περίπτωση της μεταφοράς μάζας σε πορώδεις δομές, καταδεικνύοντας τις δυνατότητες της συγκεκριμένης προσέγγισης.

## Εισαγωγή

Η επιστήμη προσπαθεί να εξελίξει τη γνώση γύρω από τον φυσικό κόσμο στη βάση του πειραματισμού, της κριτικής και της συζήτησης περί αυτών. Η μελέτη των φυσικών φαινομένων γίνεται υπό το πρίσμα μιας διαψεύσιμης υπόθεσης, η οποία συνδυάζει με λογικό τρόπο τις παρατηρήσεις. Όμως, το πείραμα είναι αυτό που προσφέρει τις απαιτούμενες αποδείξεις της γνώσης, ελέγχοντας τις θεωρίες και παράγοντας νέες όπου είναι αναγκαίο, με βάση τα σφάλματα, τις παραλείψεις και τις ασυνέχειες ή ασυμβατότητες που εντοπίζονται ή τα νέα φαινόμενα που ανακαλύπτονται. Γενικά, οι επιστήμονες μελετούν ένα φαινόμενο με σκοπό να το εντάξουν σε μια θεωρία, η οποία αναγκαστικά θα έχει παραμέτρους που προσδιορίζονται μέσω του πειραματισμού, όπου τα φαινόμενα αναπαρίστανται στο εργαστήριο με σταθερό και επαναλήψιμο τρόπο.

Στον βαθμό που το πείραμα είναι η αναπαράσταση του φυσικού κόσμου στο ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον, η βασική θεωρητική έννοια στην οποία εδράζεται είναι η εσωτερική ομοιότητα του υπό μελέτη φαινομένου. Γενικά μιλώντας, κοινό τόπο αποτελεί η αντίληψη κατά την οποία η έννοια της ομοιότητας αρχικά αναπτύχθηκε στη Γεωμετρία κι έπειτα γενικεύθηκε στις φυσικές επιστήμες, παράλληλα με τη γενίκευση των εννοιών της αναλογίας και των διαστάσεων των σχημάτων, ώστε να ολοκληρωθεί το πέρασμα από την ομοιότητα των γεωμετρικών σχημάτων στην ομοιότητα των φυσικών συστημάτων. Η εσωτερική ομοιότητα επιτρέπει στην πράξη την αναγωγή των συμπερασμάτων της εργαστηριακής

κλίμακας σε αντίστοιχα συμπεράσματα που αφορούν στην κλίμακα του φυσικού κόσμου, αλλά και αντιστρόφως. Η προϋπόθεση για να ισχύει αυτή η αναγωγή δεν είναι απλώς η γεωμετρική αναλογία των κλιμάκων όπου παρατηρείται και μελετάται το φαινόμενο, όπως είπαμε πιο πριν, αλλά και η αντίστοιχη μεταφορά των παραμέτρων και των μετρήσιμων μεγεθών τους που αφορούν σε αυτό. Αυτή ακριβώς η εσωτερική ομοιότητα επιτρέπει τους επιστήμονες να αναγάγουν προς το όλον τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το δείγμα αλλά και να επιλέξουν το δείγμα έτσι, ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό του όλου. Πέραν της εσωτερικής, ορίζεται και η εξωτερική ομοιότητα, δηλ. η ομοιότητα μεταξύ φαινομένων. Η μελέτη της εξωτερικής ομοιότητας είναι εκτός των στόχων της παρούσης εργασίας.

Σε κάθε περίπτωση, η ιδέα της ομοιότητας υπάρχει και χρησιμοποιείται, επειδή υποτίθεται πως υπάρχει μια ομάδα φαινομένων που θεωρείται από τον ερευνητή ή εννοείται με βάση μια κοινή σύμβαση πως είναι όμοια με ένα δοθέν φαινόμενο, το οποίο επίσης παρέχει επαρκή αλλά και απαραίτητη πληροφόρηση για όλη την ομάδα ομοίων φαινομένων. Έτσι, η σχέση της ομοιότητας είναι σχέση ισοδυναμίας μεταξύ των όμοιων φαινομένων.

Σε αυτή τη βάση, είναι απαραίτητο να οριστεί ο μηχανισμός αναγνώρισης και καθορισμού των φαινομένων που εντάσσονται σε αυτή την «ομάδα ομοίων φαινομένων», και αυτός προκύπτει με βάση συγκεκριμένους κανόνες. Γενικά, ο εντοπισμός της εσωτερικής ομοιότητας προϋποθέτει την κατηγοριοποίηση της υφιστάμενης γνώσης περί το εξεταζόμενο φαινόμενο, και μάλιστα της γνώσης που έχει προκύψει από τη μελέτη του φαινομένου υπό το πρίσμα μιας συγκεκριμένης κάθε φορά διαψεύσιμης υπόθεσης. Κατά τη γνώμη μας, το πρόβλημα του εντοπισμού της ομοιότητας θα πρέπει να ανάγεται στο αντίστοιχο πρόβλημα του προσδιορισμού κριτηρίων, ισχυρών και αυστηρών, που να εξασφαλίζουν πως η ομοιότητα που αναζητείται υπάρχει πράγματι. Λανθασμένα ή όχι επαρκώς αυστηρά κριτήρια, συνήθως, οδηγούν την έρευνα σε λανθασμένα συμπεράσματα, καθώς επιτρέπουν σχετικά αυθαίρετες αναγωγές κλιμάκων, παραμέτρων αλλά και συμπερασμάτων.

Μέχρι σήμερα, ο καθορισμός αυτών των κριτηρίων ομοιότητας γίνεται συνήθως με εμπειρικό τρόπο και ακολουθώντας τη χρονική εξέλιξη της γνώσης περί το υπό μελέτη φαινόμενο. Εδώ επιχειρούμε να παρουσιάσουμε μια συμπαγή μαθηματική θεώρηση που να θεμελιώνει κανόνες ορισμού κριτηρίων οι οποίοι να οδηγούν σε αδιαμφισβήτητη εσωτερική ομοιότητα. Η προτεινόμενη μαθηματική αυτή θεώρησή

μας βασίζεται σε θεμελιώδεις έννοιες της Γραμμικής Άλγεβρας και ειδικότερα στους διανυσματικούς χώρους και τις απεικονίσεις.

### Θεωρητική προσέγγιση

Έστω ένα φαινόμενο που λαμβάνει χώρα στον τριδιάστατο Νευτώνειο κόσμο. Δεδομένης μια υπόθεσης υπό την οποία εξετάζεται το φαινόμενο αυτό, υπάρχουν άπειρες προσλήψεις του, ανάλογα με το γενικά παραδεκτό γνωστικό υπόβαθρο που χρησιμοποιείται, άλλες περισσότερο και άλλες λιγότερο ακριβείς αναπαραστάσεις του αντικειμενικού κόσμου που περιγράφουν και μελετούν. Στη γενικότητά του, το κοινό στοιχείο των προσλήψεων αυτών είναι η περιγραφή του φαινομένου διά της σχέσεως:

$$\text{matter + energy} \xrightarrow{\text{relationships}} \text{outcome} \quad (1)$$

όπου η ύλη (matter), η ενέργεια (energy), οι σχέσεις (relationships) και το αποτέλεσμα (outcome) αποτελούν τους κατηγορικούς περιγραφείς του υπό μελέτη φαινομένου. Αυτοί οι περιγραφείς είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, δεδομένου ότι η ύλη και η ενέργεια είναι αξιωματικές οντότητες, οι σχέσεις προφανώς υπάρχουν ανεξαρτήτως της ύπαρξης των εμπλεκόμενων μερών, ενώ το αποτέλεσμα, παρόλο που μοιάζει αρχικά να εξαρτάται από την ύλη, την ενέργεια και τη σχέση μεταξύ τους, στην πραγματικότητα είναι ανεξάρτητο, καθώς προ-επιλέγεται με βάση την υπόθεση υπό την οποία μελετάται το φαινόμενο. Η ανεξαρτησία αυτή του αποτελέσματος προκύπτει από το γεγονός ότι, όταν μελετάται ένα φαινόμενο υπό το πρίσμα μιας διαψεύσιμης υπόθεσης, ορίζεται και ένα μακροσκοπικό μέγεθος το οποίο οφείλει να περιγράφει το αποτέλεσμα του φαινομένου στην κλίμακα μελέτης του. Για παράδειγμα, στη μελέτη της οξειδωσης του συσκευασμένου ελαιολάδου, η διεθνής βιβλιογραφία προτείνει ως αποτελεσματικό δείκτη οξειδωσης το πόσο ξεπερνά ένα δεδομένο όριο (threshold) η συγκέντρωση της εξανάλης (hexanal) στο λάδι, συστατικό που δεν είναι καθόλου προφανές το πώς ακριβώς προκύπτει από τα αρχικά συστατικά (ύλη) και την αντίδραση μεταξύ τους (ενέργεια). Έχει, επίσης, ενδιαφέρον ότι δύο υποκειμενικές παράμετροι της μελέτης του προβλήματος, η διαψεύσιμη υπόθεση με βάση την οποία μελετάται το φαινόμενο και το δεδομένο όριο ασφαλείας για τη συγκέντρωση, συνθέτουν ένα αντικειμενικό outcome το οποίο οδηγεί σε συμπερασματολογία ανεξάρτητη των υποκειμενικών επιλογών (δηλ. αντικειμενική).

Υπό το πρίσμα των παραπάνω, η προηγούμενη εξίσωση (1) περικλείει την τρέχουσα γνώση για το φαινόμενο, και έτσι προκύπτει ένα άπειρο πλήθος τετράδων με τιμές για την ύλη, την ενέργεια, τις σχέσεις και το αποτέλεσμα. Κάθε τέτοια τετράδα συνιστά ένα διάνυσμα της μορφής  $(m, e, R, o)$ , όπου η κάθε συνιστώσα του περιέχει τη συγκεκριμένη τιμή ενός εκάστου των τεσσάρων κατηγορικών περιγραφέων, ενώ όλο μαζί το κάθε διάνυσμα αναπαριστά μια δεδομένη πρόσληψη του φαινομένου. Όλα αυτά τα διανύσματα συγκροτούν το σύνολο  $V$ , το οποίο είναι διατεταγμένο με βάση το χρόνο  $\hat{t}$ , με τη σχέση διάταξης  $<$  που ορίζεται ως εξής:

$$\hat{t}_1 < \hat{t}_2 \Leftrightarrow \underline{v}_1(\hat{t}_1) < \underline{v}_2(\hat{t}_2). \quad (2)$$

όπου  $\underline{v}(\hat{t})$  είναι το διάνυσμα που αναπαριστά τη πρόσληψη του φαινομένου τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η παραπάνω σχέση (2) καθορίζει ότι κάθε νεότερη χρονικά πρόσληψη περιλαμβάνει όλη την υφιστάμενη μέχρι τότε γνώση περί του φαινομένου, προσαυξημένη κατά τη νέα γνώση που δημιούργησε η νέα πρόσληψη.

Στη συνέχεια, εφοδιάζουμε το σύνολο αυτό με την εσωτερική πράξη  $\oplus$ , η οποία ορίζεται ως εξής:

$$\forall \underline{v}, \underline{w} \in V \exists \underline{u} \in V : \underline{u} = \underline{v} \oplus \underline{w} = \begin{cases} \underline{v} & \text{όταν } \underline{w} < \underline{v} \\ \underline{w} & \text{όταν } \underline{v} < \underline{w} \end{cases}. \quad (3)$$

Η πράξη αυτή, στην πραγματικότητα, περιγράφει τη δυνατότητα να προστίθεται νέα γνώση που παράγεται για το υπό έρευνα φαινόμενο στη συσσωρευμένη γνώση που ήδη υπάρχει σχετικά με αυτό. Εύκολα αποδεικνύεται πως η πράξη αυτή είναι μεταθετική και προσεταιριστική, έχει ουδέτερο στοιχείο και μέσω αυτού ορίζεται το αντίθετο κάθε άλλου στοιχείου του  $V$  (η απόδειξη δεν εμπίπτει στα ενδιαφέροντα της παρούσας εργασίας).

Τώρα, μπορούμε να ορίσουμε τη συσσωρευμένη γνώση που περιέχεται στο διάνυσμα  $\underline{v} \in V$  ως  $\lambda = \|\underline{v}\| \in \mathbb{R}$ , ποσότητα που πρακτικώς παριστάνει το Ευκλείδειο μέτρο του διανύσματος. Μέσω αυτού του μέτρου, μπορούμε να ορίσουμε τον ρυθμό της εξέλιξης της περιεχόμενης γνώσης μεταξύ δυο οιασδήποτε διανυσμάτων του συνόλου  $V$ : εάν  $\lambda_i$  και  $\lambda_j$  είναι οι ποσότητες συσσωρευμένης γνώσης που περιέχονται στα διανύσματα  $\underline{v}_i \in V$  και  $\underline{v}_j \in V$ , αντιστοίχως, τότε:

$$\mu_{ij} = \frac{\lambda_i}{\lambda_j} = \frac{\|\underline{v}_i\|}{\|\underline{v}_j\|} \in \mathbb{R} \quad (4)$$



Προφανώς,  $\mu_{ij} > 1$  όταν  $\underline{v}_j < \underline{v}_i$ , και  $\mu_{ij} < 1$  όταν  $\underline{v}_i < \underline{v}_j$ .

Τώρα, μπορούμε να ορίσουμε στο σύνολο  $V$  την εξωτερική πράξη  $\times$  ως εξής:

$$\forall \underline{v}, \underline{w} \in V \exists \mu \in R : \underline{w} = \mu \times \underline{v} \Leftrightarrow \mu = \frac{\|\underline{w}\|}{\|\underline{v}\|} \quad (5)$$

Η παραπάνω σχέση ποσοτικοποιεί τη σχετική σημασία της εξέλιξης της γνώσης, όπως αυτή εμφανίζεται σε δύο οποιοσδήποτε προσλήψεις ενός υπό μελέτη φαινομένου, οι οποίες συνιστούν διανύσματα του  $V$ . Στην πραγματικότητα, η παραπάνω σχέση καταδεικνύει πως κάθε πρόσληψη ενός φαινομένου, δηλ. κάθε διάνυσμα του  $V$ , περιέχει ένα συγκεκριμένο ποσό γνώσης περί αυτού του φαινομένου, το οποίο ποσό ανυπόθετα δεν μπορεί να είναι μηδενικό. Επίσης, υπονοεί ότι η χρονική εξέλιξη, δηλ. η μεταφορά από ένα οιοδήποτε διάνυσμα του  $V$  σε ένα άλλο οποιοδήποτε διάνυσμα του  $V$ , δεν επιφέρει οπωσδήποτε αύξηση της γνώσης, αλλά μπορεί και να οδηγήσει σε ακύρωση όλης ή μέρους της υφιστάμενης γνώσης. Η ενδεχόμενη αυτή ακύρωση, δηλ. η πλήρης επιβεβαίωση της διαψευσιμότητας της υπόθεσης υπό την οποία μελετάται το φαινόμενο, με τη σειρά της οδηγεί στην ανάγκη για δημιουργία νέας γνώσης υπό το πρίσμα μιας νέας υπόθεσης, και η διεργασία αυτή οφείλει να γίνεται ακαριαία σε σχέση με τη χρονική εξέλιξη της υφιστάμενης γνώσης.

Η παραπάνω εξωτερική πράξη (5) είναι επιμεριστική ως προς την  $\oplus$  (η απόδειξη δεν εμπίπτει στα ενδιαφέροντα της παρούσας εργασίας) και έτσι εξασφαλίζεται ότι η δομή  $\{V, \oplus, \times\}$  είναι ένας τετραδιάστατος διανυσματικός χώρος, του οποίου μια βάση είναι τα διανύσματα  $\underline{e}_m = \{m, 0, 0, 0\}$ ,  $\underline{e}_e = \{0, e, 0, 0\}$ ,  $\underline{e}_R = \{0, 0, R, 0\}$  και  $\underline{e}_o = \{0, 0, 0, o\}$ . Τα τέσσερα αυτά διανύσματα είναι γραμμικώς ανεξάρτητα και παράγουν τον διανυσματικό χώρο. Πράγματι, οι κατηγορικοί περιγραφείς που ορίζονται στην εξίσωση (1) είναι ανεξάρτητοι, δεδομένου ότι δεν υπάρχει απευθείας μετασχηματισμός που να παράγει κάποιον ως έκφραση των υπολοίπων. Όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, αυτός ο ισχυρισμός είναι μάλλον προφανής για την ύλη, την ενέργεια και τις σχέσεις, στον βαθμό που αυτά παραμένουν στα όρια του τριδιάστατου Νευτώνειου κόσμου. Όσον αφορά στο outcome της εξίσωσης (1), αρκεί να παρατηρήσουμε την ελευθερία του ερευνητή να επιλέξει την κατάλληλη μακροσκοπική ποσότητα που θα περιγράψει το αποτέλεσμα του φαινομένου, πράγμα που εξασφαλίζει την ανεξαρτησία του από τα δεδομένα matter και energy. Τέλος, είναι

μάλλον προφανές πως κάθε διάνυσμα του  $V$  είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των  $\underline{e}_m, \underline{e}_e, \underline{e}_R$  και  $\underline{e}_o$ .

Τώρα μπορούμε να ορίσουμε την απεικόνιση  $m_p^{In}$  εντός του διανυσματικού χώρου ως εξής:

$$\mathbb{R}xV \xrightarrow{m_p^{In}} M_{3 \times 1}(V) : m_p^{In}(\underline{v}) = \{\lambda_1 x \underline{v}, \lambda_2 x \underline{v}, \lambda_3 x \underline{v}\} \quad (6\alpha)$$

όπου

$$\lambda_1 \rightarrow 0 \quad (6\beta),$$

$$\forall \lambda_2 \in \mathbb{R} \exists M > 0 : \lambda_2 > M \quad (6\gamma),$$

$$\lambda_3 \rightarrow +\infty \quad (6\delta)$$

Το πρώτο στοιχείο  $\lambda_1 \times \underline{v}$  αντιπροσωπεύει την πολύ περιορισμένη αρχική εμπειρία για το υπό μελέτη φαινόμενο, η οποία αποτελεί το έναυσμα για περαιτέρω μελέτη περί αυτού, ούτως ώστε η εμπειρία αυτή να εξελιχθεί σε γνώση μέσω συγκεκριμένων πρακτικών. Το δεύτερο στοιχείο  $\lambda_2 \times \underline{v}$  αντιπροσωπεύει το πεπερασμένο πλήθος γνώσης που υφίσταται σε δεδομένη χρονική στιγμή και το τρίτο,  $\lambda_3 \times \underline{v}$  τη σχεδόν καθολική (δηλ. άπειρη) γνώση για το φαινόμενο. Αυτή κατηγοριοποίηση της γνώσης είναι συμβατή με την Καντιανή κατασκευή «ένα – πολλά – όλα», η οποία συναντάται συχνά στη σύγχρονη φιλοσοφία. Η παραπάνω απεικόνιση δημιουργεί έναν πίνακα τεσσάρων γραμμών, καθεμία εκ των οποίων αντιστοιχεί σε έναν κατηγορικό περιγραφέα, και τριών στηλών, με την πρώτη να αντιστοιχεί στο διάνυσμα  $\lambda_1 \times \underline{v}$ , τη δεύτερη στήλη στο  $\lambda_2 \times \underline{v}$  και την τρίτη στο  $\lambda_3 \times \underline{v}$ .

Με δεδομένο ότι η παραπάνω μαθηματική προσέγγιση αφορά στην εσωτερική ομοιότητα των φαινομένων, όπως αυτή περιγράφεται από την απεικόνιση των εξισώσεων (6), είναι ενδιαφέρον ότι η τελευταία δεν είναι μοναδική, οπότε υπάρχουν περισσότερες της μίας επιλογές για τον ορισμό των  $\lambda$  στις εξισώσεις (6) και άρα περισσότεροι του ενός σχηματισμοί του 4X3 πίνακα. Έτσι, είναι απολύτως απαραίτητο να ακολουθούνται συγκεκριμένοι κανόνες για τον ορισμό της απεικόνισης αυτής, οι οποίοι περιγράφονται λεπτομερώς αλλού και δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Με δυο λόγια, αυτοί συνοψίζονται στην κατάλληλη συμπλήρωση όλων των κελιών του 4X3 πίνακα, η οποία συμπλήρωση δεν είναι μοναδική, αλλά σε κάθε περίπτωση οι τιμές των outcomes δύο διαφορετικών συμπληρώσεων

έχουν απευθείας σχέση μεταξύ τους και μπορεί να προκύψει το ένα από το άλλο μέσω μαθηματικών πράξεων.

## Εφαρμογή και συζήτηση

Εδώ θα εφαρμόσουμε την παραπάνω θεωρία σε ένα αντικείμενο που αφορά στη Χημική Μηχανική. Έστω ένα συσσωμάτωμα στερεών κόκκων σφαιρικού σχήματος, οι οποίοι μπορούν να προσροφούν ένα συστατικό A. Ο κενός χώρος μεταξύ των κόκκων (πορώδες) καταλαμβάνεται από ένα χημικώς ουδέτερο Νευτώνειο ρευστό που περιέχει το συστατικό A. Καθώς το διάλυμα ρέει εντός του μέσου, η ουσία A προσεγγίζει την προσροφούσα επιφάνεια λόγω συναγωγής και διάχυσης. Για να περιγραφεί επαρκώς η διεργασία, πρέπει να μπορεί να προσδιοριστεί το ποσό της προσροφούμενης μάζας ως ποσοστό της μάζας του A που εισέρχεται στο σύστημα. Η παραπάνω περιγραφή αντιστοιχεί στον ακόλουθο 4X3 πίνακα:

**Πίνακας 1.** Πίνακας κατηγοριοποίησης της γνώσης για την προσρόφηση σε κοκκώδη μέσα.

	$\lambda_1 \times \underline{y}$	$\lambda_2 \times \underline{y}$	$\lambda_3 \times \underline{y}$
<b>Matter</b>	Ουσία A	Ουσία A, στερεή επιφάνεια	Ουσία A, στερεή επιφάνεια, προϊόντα $B_i$ που παράγονται λόγω της προσρόφησης του A
<b>Energy</b>	Διάχυση του A στη ρευστή φάση. Η θεμελιώδης αρχή που τη διέπει είναι ο νόμος του Fick, διατυπωμένος ως: $\underline{j}_A = -D_A \nabla C_A$	Διάχυση του A στη ρευστή φάση. Η θεμελιώδης αρχή που τη διέπει είναι ο νόμος του Fick, διατυπωμένος ως: $\underline{j}_A = -D_A \nabla C_A$	Διάχυση όλων των ουσιών στη ρευστή φάση. Η θεμελιώδης αρχή που τη διέπει είναι ο νόμος του Fick, διατυπωμένος ως: $\underline{j}_i = -D_i \nabla C_i$

	$\lambda_1 \times \underline{\nu}$	$\lambda_2 \times \underline{\nu}$	$\lambda_3 \times \underline{\nu}$
<b>Energy</b>	<p>Συναγωγή του Α στη ρευστή φάση. Η μαζική ροή δίνεται από την έκφραση:</p> $\underline{j}_A = U_A C_A$	<p>Συναγωγή του Α στη ρευστή φάση. Η μαζική ροή δίνεται από την έκφραση:</p> $\underline{j}_A = U_A C_A$	<p>Συναγωγή όλων των ουσιών στη ρευστή φάση. Οι μαζικές ροές δίνονται από την έκφραση:</p> $\underline{j}_i = U_i C_i$
	<p>Ακαριαία προσρόφιση στη στερεή επιφάνεια, η οποία εκφράζεται ως:</p> $C_A(r=R) = 0$	<p>Προσρόφιση που ακολουθεί κάποια ισόθερμη. Για παράδειγμα:</p> $D_A \underline{n} \cdot \nabla C_A = \frac{k}{K} c_s$ <p>όπου οι παράμετροι καθορίζονται από την ισόθερμη Langmuir:</p> $\Theta_{eq} = \frac{Kc_b}{1 + Kc_b}$	<p>Ετερογενής αντίδραση πρώτης τάξης:</p> $A \rightarrow B,$ <p>όπου το προϊόν Β εκροφάται στη ρευστή φάση. Ο ρυθμός της αντίδρασης υποτίθεται ότι είναι τύπου Arrhenius:</p> $R_n = k_0 e^{\frac{-E_a}{RT}} c_A$
<b>Relationships</b>	<p>Εξίσωση μεταφοράς μάζας που περιλαμβάνει όρους συναγωγής και διάχυσης:</p> $\frac{dC_A}{dt} + \underline{U}_A \cdot \nabla C_A = D_A \nabla^2 C_A$ <p>η οποία συνοδεύεται από τις κατάλληλες συνοριακές συνθήκες.</p>	<p>Εξίσωση μεταφοράς μάζας που περιλαμβάνει όρους συναγωγής και διάχυσης:</p> $\frac{dC_A}{dt} + \underline{U}_A \cdot \nabla C_A = D_A \nabla^2 C_A$ <p>η οποία συνοδεύεται από τις κατάλληλες συνοριακές συνθήκες.</p>	<p>Σύστημα εξισώσεων μεταφοράς μάζας, οι οποίες περιλαμβάνουν όρους συναγωγής και διάχυσης:</p> $\frac{dC_i}{dt} + \underline{U}_i \cdot \nabla C_i = D_i \nabla^2 C_i$ <p>οι οποίες συνοδεύονται από τις κατάλληλες συνοριακές συνθήκες.</p>

	$\lambda_1 \times \underline{\nu}$	$\lambda_2 \times \underline{\nu}$	$\lambda_3 \times \underline{\nu}$
<b>Outcome</b>	Συγκέντρωση της ουσίας A:  $C_A(\underline{r}, t)$	Ολικός αριθμός Sherwood:  $Sh_o = \frac{k_o \cdot L}{D}$	Συντελεστής προσρόφησης:  $\lambda_o = 1 - \frac{\iint_{S_{outer}} c_A \underline{U} \cdot \underline{n} dS}{\iint_{S_{inner}} c_A \underline{U} \cdot \underline{n} dS}$

Πιο συγκεκριμένα:

- **Γραμμή 1 – Matter:** Στην απλούστερη περίπτωση (Στήλη 1), θεωρούμε ότι υπάρχει ένα και μόνο συστατικό A, το οποίο προσροφάται ακαριαία. Στην επόμενη Στήλη 2, λαμβάνεται υπόψη η μορφή της στερεάς επιφάνειας και η προσρόφηση μεταφράζεται σε ιδιότητα της επιφάνειας αυτής. Τέλος, στη Στήλη 3, η προσρόφηση περιγράφεται ως ετερογενής αντίδραση και λαμβάνεται υπόψη η συμπεριφορά όλων των προϊόντων αυτής.
- **Γραμμή 2 – Energy:** Όλες οι στήλες περιέχουν συναγωγή και διάχυση, αλλά η πολυπλοκότητα προς τα δεξιά αυξάνεται μέσω των συνοριακών συνθηκών, που στην πραγματικότητα περιγράφουν τον μηχανισμό της προσρόφησης.
- **Γραμμή 3 – Relationships:** Η μετάβαση μεταξύ των στηλών γίνεται μέσω της θεώρησης όλο και πιο πολύπλοκων μηχανισμών προσρόφησης. Στη Στήλη 1, θεωρείται ακαριαία προσρόφηση όπου δεν είναι απαραίτητο να περιγραφεί η διεπιφάνεια. Στη Στήλη 2, θεωρείται ότι η προσρόφηση λαμβάνει χώρα υπό το καθεστώς μιας ισόθερμης, πράγμα που επιβάλλει την περιγραφή συγκεκριμένων ιδιοτήτων της επιφάνειας, οι οποίες μεταφράζονται σε συνοριακές συνθήκες που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη ισόθερμη. Τέλος, η Στήλη 3 περιγράφει την προσρόφηση ως ετερογενή αντίδραση, οπότε είναι απαραίτητες πολύπλοκες μαθηματικές εκφράσεις των εν λόγω συνοριακών συνθηκών.
- **Γραμμή 4 – Outcome:** Είναι προφανές ότι πρέπει να οριστεί μια μακροσκοπική ποσότητα που να περιγράφει επαρκώς την προσρόφηση. Έτσι, στην πρώτη στήλη επιλέγεται η συγκέντρωση της ουσίας που έχει προσροφηθεί, στη Στήλη 2 ο αδιάστατος αριθμός Sherwood και στη Στήλη 3 ο συντελεστής προσρόφησης.

## Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή μελατάται η εσωτερική ομοιότητα των φαινομένων, όταν αυτά ερευνώνται υπό το πρίσμα μιας διαφεύσιμης υπόθεσης. Με δεδομένη την ασάφεια των κανόνων που διέπουν τον εντοπισμό και τη θέσπιση των αναγκαίων κριτηρίων έρευνας σχετικά με την εσωτερική ομοιότητα, επιχειρήσαμε να περιγράψουμε με αυστηρούς μαθηματικούς όρους τη διεργασία αυτή. Αρχικώς, ορίστηκε ο διανυσματικός χώρος όλων των προσλήψεων των φυσικών φαινομένων και περιγράφηκαν οι απαραίτητες εσωτερικές και εξωτερικές πράξεις μεταξύ των διανυσμάτων του. Σε αυτόν τον χώρο ορίστηκε στη συνέχεια μια απεικόνιση, η οποία περιγράφει την εσωτερική ομοιότητα των φαινομένων, δηλαδή τη σχέση μεταξύ των διανυσμάτων του χώρου, και καταλήγει σε έναν πίνακα κατηγοριοποίησης της υφιστάμενης γνώσης. Ο πίνακας, βάσει δομής, τρόπου πλήρωσης και της μαθηματικής σχέσης που ενώνει ή ενοποιεί τα κελιά του, αφενός καθορίζει την απαραίτητη εμβάθυνση στη σχετική γνώση, αφετέρου εντοπίζει και τα κενά γνώσης, κατευθύνοντας έτσι την έρευνα και βοηθώντας στην αποφυγή επαναλήψεων και σπατάλης ερευνητικού κόπου και χρόνου.

## Βιβλιογραφία

- Coutelieris, F. A. & Kanavouras, A. (2018). *Experimentation Methodology for Engineers*. Springer International Publishing, DOI: 10.1007/978-3-319-72191-0.
- Feyerabend, P. (1962). "Explanation, Reduction and Empiricism". In Feigl, H. & Maxwell, G. (eds), *Scientific Explanation, Space, and Time*. Minnesota Studies in the Philosophy of Science. (Vol. III). Minneapolis: University of Minneapolis Press.
- Glymour C. (1970). "On Some Patterns of Reduction". *Philosophy of Science* 37, p. 340-353.
- Hacking, I. (1983). *Representing and intervening. Introductory topics in the philosophy of natural science*. UK: Cambridge University Press.
- Kanavouras, A. & Coutelieris, F. A. (2017). "Systematic Transition from Description to a Prediction Engineering Model for the Oxidation in Packed Edible oils". *Journal of Food Chemistry* 229, p. 820-827.

- Kant, I. (2014). *The Critique of Pure Reason*. Transl. by J. M. D. Meiklejoh. Adelaide: University of Adelaide Press.
- Kroes, P. (1989). "Structural Analogies between Physical Systems". *The British Journal of the Philosophy of Science* 40, p. 145-154.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions* (Second ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Popper, K. R. (1963). *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. New York: Harper.
- Sterrett, S. G. (2002). "Physical Models and Fundamental Laws: Using One Piece of the World to Tell About Another". *Mind & Society* 3, p. 51-66.
- Sterrett, S. G. (2006). Models of Machines and Models of Phenomena. *International Studies in the Philosophy of Science* 20, p. 69-80.

### **Abstract**

This work presents the synthetical mathematical analysis of available knowledge regarding physical phenomena of research interest. The work is not focusing on providing the phenomena according to the physical laws but rather because of them, hence, it is grounded on the philosophically defined concept of “similarity”, and progresses to the mathematical treatments of those factors and parameters that are involved into the similarity validation among physical phenomena. A critical validation regarding the effectiveness of such an approach was also performed, in order to conceptualize the relevance of the factors and parameters interactions as a potential control tool against engineering-based hypothesis. Such factors and parameters are generated through the description and delimitation of the system of interest. A “matrix” is used for the classification of the existing knowledge regarding this system. It is consisted of the categorical descriptors of the system in question and the levels of these descriptors. A mathematical analysis of this “matrix” supports that all the existent perceptions of a physical phenomenon constitute a four-dimensional vector space. Within this space, the concept of similarity allows for the definition on which of a specific non-linear mapping that might be applied to strictly classify the existing knowledge about the phenomenon in question. Similarity is used here to define the conditions and the constrains that this

mapping must satisfy. In conclusion, the applicability of the suggested approach on an engineering approach regarding a physical problem, was also demonstrated in this study.

**Ο Αντώνης Καναβούρας** είναι Γεωπόνος-Τεχνολόγος τροφίμων, MSc, PhD. Επί σειρά ετών υπήρξε στέλεχος βιομηχανίας τροφίμων και ποτών, με ακαδημαϊκή εμπειρία σε ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα στο αντικείμενο της συσκευασίας τροφίμων. Έχει διεθνώς αναγνωρισμένο συγγραφικό έργο δημοσιευμένο σε επιστημονικά περιοδικά, πρακτικά συνεδρίων κτλ.

**Ο Κώστας Θεολόγου** (Θεσσαλονίκη, 1960) είναι Αναπληρωτής Καθηγητής Ιστορίας και Φιλοσοφίας του Πολιτισμού στη Σχολή ΕΜΦΕ ΕΜΠ και Συντονιστής (moderator) στη Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του ΕΑΠ.

**Ο Φραγκίσκος Κουτελιέρης** είναι Καθηγητής στο Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Πατρών, στο οποίο εργάζεται από το 2008. Είναι πτυχιούχος Μαθηματικός και διδάκτορας του Τμήματος Χημικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών. Έχει συνεργαστεί με πανεπιστημιακά τμήματα και ερευνητικά κέντρα της Ελλάδας και του εξωτερικού. Έχει δημοσιεύσει περισσότερες από 60 εργασίες σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές, οι οποίες έχουν περισσότερες από 1.000 ετεροαναφορές. Είναι κριτής σε πολλά επιστημονικά περιοδικά ενώ επιβλέπει μεταδιδακτορικές, διδακτορικές και μεταπτυχιακές διατριβές και πολλές διπλωματικές εργασίες. Περισσότερες πληροφορίες στο: <http://simulab.env.upatras.gr/people/1>.