

## Psychology: the Journal of the Hellenic Psychological Society

Vol 13, No 2 (2006)



### Problem-solving using modeling software and cognitive style

Νίκος Βαλανίδης, Χαρούλα Αγγέλη

doi: [10.12681/psy\\_hps.23903](https://doi.org/10.12681/psy_hps.23903)

Copyright © 2020, Νίκος Βαλανίδης, Χαρούλα Αγγέλη



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

### To cite this article:

Βαλανίδης Ν., & Αγγέλη Χ. (2020). Problem-solving using modeling software and cognitive style. *Psychology: The Journal of the Hellenic Psychological Society*, 13(2), 78–99. [https://doi.org/10.12681/psy\\_hps.23903](https://doi.org/10.12681/psy_hps.23903)

## Επίλυση προβλήματος με τη χρήση λογισμικού μοντελοποίησης και γνωστικός τύπος

ΝΙΚΟΣ ΒΑΛΑΝΙΔΗΣ  
ΧΑΡΟΥΛΑ ΑΓΓΕΛΗ  
Πανεπιστήμιο Κύπρου

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην έρευνα συμμετείχαν 65 δευτεροετείς φοιτητές που είχαν κατηγοριοποιηθεί σε τρεις γνωστικούς τύπους με βάση τις επιδόσεις τους στο Δοκίμιο των Κρυμμένων Σχημάτων (ΔΚΣ). Οι φοιτητές με υψηλές ή με χαμηλές επιδόσεις στο ΔΚΣ χαρακτηρίστηκαν ως άτομα με γνωστικό τύπο ανεξάρτητο και εξαρτημένο από το πεδίο, ενώ οι φοιτητές με ενδιάμεσες επιδόσεις ως άτομα μεικτού γνωστικού τύπου. Οι φοιτητές χωρίστηκαν με τυχαίο τρόπο σε δύο ομάδες με ίσο αριθμό φοιτητών από κάθε γνωστικό τύπο. Στη μία ομάδα εξηγήθηκε ένα μοντέλο με λεκτική μόνο περιγραφή (ομάδα ΛΠ), ενώ στην άλλη δόθηκε η ίδια εξήγηση για το μοντέλο με συνδυασμό λεκτικής και εικονικής περιγραφής (ομάδα ΛΕΠ). Ζητήθηκε από τους φοιτητές να διερευνήσουν ατομικά ένα δυναμικό μοντέλο με τη βοήθεια του υπολογιστή και να επιλύσουν ένα πρόβλημα που αφορούσε την υιοθέτηση της καλύτερης πολιτικής για θέματα μετανάστευσης από το Μεξικό στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι επιδόσεις των φοιτητών στο πρόβλημα που τους δόθηκε εξετάστηκαν με ανάλυση συνδιακύμανσης 3 (γνωστικός τύπος) Χ 2 (ομάδες) με συμμεταβλητή το συνολικό χρόνο επίλυσης του προβλήματος. Με βάση τα αποτελέσματα, ο συνολικός χρόνος επίλυσης του προβλήματος είχε σημαντική συμμεταβολή με την εξαρτημένη μεταβλητή και οι φοιτητές της ΛΕΠ που χαρακτηρίστηκαν γνωστικοί τύποι ανεξάρτητοι από το πεδίο είχαν στατιστικά υψηλότερες επιδόσεις από τους φοιτητές και των δύο ομάδων που χαρακτηρίστηκαν ως γνωστικοί τύποι εξαρτημένοι από το πεδίο ή μεικτοί και από τους φοιτητές της ΛΠ που χαρακτηρίστηκαν ως γνωστικοί τύποι ανεξάρτητοι από το πεδίο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο λειτουργικός ρόλος των εικονικών αναπαραστάσεων εξαρτάται από το γνωστικό τύπο των ατόμων, με αποτέλεσμα η ενσωμάτωσή τους σε λεκτικές περιγραφές να υποστηρίζει την κατανόηση εννοιών και σχέσεων σε μοντέλα μόνο για άτομα με γνωστικό τύπο ανεξάρτητο από το πεδίο.

Λέξεις-κλειδιά: Δυναμικά μοντέλα, Επίλυση προβλήματος, Γνωστικοί τύποι, Εικονικές αναπαραστάσεις.

### Εισαγωγή

Τα αποτελέσματα πολλών εθνικών και διεθνών ερευνών, όπως της Εθνικής Αξιολόγησης Εκπαιδευτικής Προόδου (National Center for Education Statistics, 2000), της Τρίτης Διεθνούς Έρευνας για τα Μαθηματικά και την Επιστήμη (TIMSS) (Schmidt, McKnight, Cogan, Jakwerth, & Houang, 1999) και του Προγράμματος της Διεθνούς Αξιολόγησης Μαθητών (Organization for

Economic Co-Operation and Development, 2000), υποδεικνύουν με σαφήνεια ότι οι τρόποι διδασκαλίας και τα σχολικά συστήματα δεν εφοδιάζουν τους μαθητές με ικανοποιητικές νοητικές δεξιότητες ή δεξιότητες επικοινωνίας που θα τους υποκινούσαν σε ατομικές προσπάθειες για συνεχή μάθηση. Οι μαθητές δεν αναπτύσσουν, επίσης, δεξιότητες επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων που ενδεχομένως θα αντιμετώπιζαν στην καθημερινή τους ζωή, παρ' όλο που ανα-

γνωρίζεται ότι οι δεξιότητες αυτές μπορούν να διδαχθούν και ότι η ανάπτυξή τους εξαρτάται κυρίως από τις πρακτικές που υιοθετούνται στις σχολικές τάξεις (Brueer, 1993).

Οι αδυναμίες αυτές επιδιώκεται να αντιμετωπιστούν με τις τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών (ΤΠΕ), αφού, για παράδειγμα, μπορούν να ενσωματωθούν στο μαθησιακό περιβάλλον της σχολικής τάξης με τρόπους που θα υποβοηθούν τις προσπάθειες για ανάπτυξη του γνωστικού μηχανισμού των μαθητών (Bransford, Brown, & Cocking, 2001). Ορισμένοι ερευνητές (Glass & Mackey, 1988. Haken, 1981. Jonassen & Reeves, 1996. Penner, 2000/2001) υποστηρίζουν επίσης την άποψη ότι τα δυναμικά συστήματα μοντελοποίησης (dynamic modeling systems) αποτελούν ίσως τις τεχνολογίες με τις περισσότερες απαιτήσεις που «αναβαθμίζουν τις νοητικές δυνατότητες των ατόμων κατά τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, μάθησης ή άλλης γνωστικής ενασχόλησης» (Jonassen & Reeves, 1996, σ. 693). Ο ίδιος ο Vygotsky (1978) υπέδειξε ότι τα εργαλεία που χρησιμοποιούμε διαμορφώνουν τις εμπειρίες μας και υποβοηθούν τους μηχανισμούς της σκέψης μας. Με ανάλογο σκεπτικό, οι Brown, Collins και Duguid (1989) υποστηρίζουν ότι η γνώση δεν έχει αντικειμενική υπόσταση και ότι συνδέεται άμεσα με το πλαίσιο μέσα στο οποίο διαμορφώνεται. Υιοθετείται επομένως η άποψη ότι η γνώση οικοδομείται με βάση τις δραστηριότητες και το κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται. Η οικοδόμηση της γνώσης σε ένα μαθησιακό περιβάλλον με ενσωμάτωση διαφόρων εργαλείων των ΤΠΕ είναι επομένως σε άμεση συνάρτηση με τα εργαλεία που χρησιμοποιούν τα άτομα αλλά και με τις δυνατότητες των εργαλείων για υποστήριξη των διαδικασιών οικοδόμησης γνωστικών δομών (Jonassen & Land, 2000. Land & Hannafin, 1997. Rogoff, 1990).

Οι παραδοχές αυτές επιβάλλουν να μελετηθεί με ιδιαίτερη προσοχή η συμβολή των εργαλείων των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία. Είναι επίσης σημαντικό να εξεταστούν η σημασία των εργαλείων μοντελοποίησης (modeling tools) και τα αποτελέσματα διαφόρων διδακτικών υλικών,

λεκτικών ή εικονικών, στις επιδόσεις των ατόμων που αξιοποιούν εργαλεία των ΤΠΕ για την επίλυση προβλημάτων. Η βασική παραδοχή ότι «μια εικόνα αξίζει χίλιες λέξεις» (Kali, 2002, σ. 305) αποτελεί θεμελιακό κανόνα για τις οπτικοποιήσεις (visualizations) και τη μοντελοποίηση (modeling), αφού οι κατάλληλες οπτικοποιήσεις μπορούν να αναβαθμίσουν την κατανόηση των αντικειμένων ή των ιδεών που αναπαριστούν.

Ωστόσο οι αναμφισβήτητες δυνατότητες των ΤΠΕ για αναπαραστάσεις ιδεών, αντικειμένων και φαινομένων δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν σε ικανοποιητικό βαθμό αν δε συυπολογίζονται οι δεξιότητες και οι διαφορές των ατόμων για την αναγνώριση και την επεξεργασία πληροφοριών από τις αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούνται. Ο Debes (1970) επιμένει, μάλιστα, στην ανάπτυξη «οπτικού εγγραμματισμού» (visual literacy), τον οποίο ορίζει ως ένα σύνολο ικανοτήτων οι οποίες θεωρούνται θεμελιακές στο γνωστικό μηχανισμό που διαθέτουν τα νοήμονα όντα. Ο ανεπτυγμένος «οπτικός εγγραμματισμός επιτρέπει στα άτομα να διακρίνουν και να επεξεργάζονται τα αντικείμενα ή τα χαρακτηριστικά τους και τα διάφορα σύμβολα ή κώδικες που συναντούν στο φυσικό ή στο ανθρώπινο περιβάλλον, όπου δραστηριοποιούνται» (Debes, 1970, σ. 14).

Η μάθηση από λεκτικές ή εικονικές πηγές πληροφόρησης είναι επίσης άμεσα συνδεδεμένη με τους εντελώς διαφορετικούς και αυστηρά ατομικούς τρόπους τους οποίους τα άτομα τείνουν να χρησιμοποιούν για την αναπαράσταση πληροφοριών. Όπως υποστηρίζει ο Salomon (1994), «θα ήταν αδύνατον να μελετηθούν οι αλληλεπιδράσεις του γνωστικού μηχανισμού και των εκπαιδευτικών μέσων της μαθησιακής διαδικασίας χωρίς να συυπολογίζονται οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους τα άτομα εντοπίζουν πληροφορίες και οικοδομούν γνωστικές δομές» (σ. xxii). Οι Chinien και Boutin (1992/1993) υποστηρίζουν επίσης ότι οι ατομικές διαφορές είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τους ερευνητές που ασχολούνται με τις επιδόσεις των ατόμων όταν αυτά αλληλεπιδρούν με τεχνολογικά εργαλεία για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων.

των ή την υλοποίηση συγκεκριμένων έργων. Οι ατομικές διαφορές μπορεί να αναφέρονται σε διαφορές στη γνωστική ανάπτυξη των ατόμων ή σε διαφορές στους γνωστικούς τους τύπους. Οι γνωστικοί τύποι αντιπροσωπεύουν γνωστικές δεξιότητες που ρυθμίζουν και ελέγχουν τις διαδικασίες με τις οποίες τα άτομα εντοπίζουν και επεξεργάζονται πληροφορίες (Jonassen & Grabowski, 1993).

Μία βασική και δημοφιλής πηγή γνωστικών διαφορών είναι ο γνωστικός τύπος των ατόμων, που σχετίζεται με το πεδίο (περιβάλλον) μέσα στο οποίο τα άτομα αναζητούν τις πληροφορίες (Dillon & Gabbard, 1998) και τους μηχανισμούς εντοπισμού και επεξεργασίας των κατάλληλων πληροφοριών. Τα άτομα χωρίζονται, από την άποψη αυτή, σε γνωστικούς τύπους ανεξάρτητους από το πεδίο (ΓΤΑΠ) ή εξαρτημένους από το πεδίο (ΓΤΕΠ), που αντιπροσωπεύουν διαφορές στις δυνατότητές τους για «οπτικό εντοπισμό» ή την κατανόηση πληροφοριών που σχετίζονται άμεσα με την πολυπλοκότητα και τις επιδράσεις του περιβάλλοντος στο οποίο αυτές ενσωματώνονται. Κατά ανάλογο τρόπο, οι διαφορές αυτές σχετίζονται με τις δεξιότητες των ατόμων να εντοπίζουν και να επεξεργάζονται πληροφορίες ανάλογα με την πολυπλοκότητα του μαθησιακού περιβάλλοντος που εγκαθιδρύεται σε μια σχολική τάξη (Morgan, 1997. Reiff, 1996. Witkin, Moore, Goodenough, & Cox, 1977). Τα άτομα με ΓΤΑΠ ή ΓΤΕΠ κατατάσσονται στα άκρα μιας συνεχούς ευθείας, ενώ τα άτομα με ενδιάμεσα χαρακτηριστικά βρίσκονται ενδιάμεσα και χαρακτηρίζονται ως άτομα με μεικτό γνωστικό τύπο (ΓΤΜ) (Liu & Reed, 1994).

Η βασική διαφορά μεταξύ των ΓΤΕΠ και ΓΤΑΠ είναι η οπτική αντίληψη (*visual perception*). Για παράδειγμα, άτομα με ΓΤΕΠ χρειάζονται περισσότερο χρόνο ή αδυνατούν να εντοπίσουν ένα απλό γεωμετρικό σχήμα που είναι ενσωματωμένο ή κρυμμένο σε ένα πιο πολύπλοκο σχήμα. Τα άτομα αυτά δεν έχουν ανεπτυγμένη οπτική αντίληψη (ή «διακριτική οπτική ικανότητα») και δυσκολεύονται να εντοπίσουν και να αξιοποιήσουν σχετικές πληροφορίες από εικονικές (ή

ακόμα και λεκτικές) πηγές πληροφοριών που υποστηρίζουν δύσκολους μαθησιακούς στόχους (Canelos, Taylor, & Gates, 1980. Liu & Reed, 1994. Lyons-Lawrence, 1994). Είναι επομένως φανερό ότι άτομα ΓΤΕΠ επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από τα χαρακτηριστικά και την πολυπλοκότητα του χώρου (πεδίου) που ενσωματώνει τις πληροφορίες, και συχνά δυσκολεύονται ή αδυνατούν να εντοπίσουν και να αξιοποιήσουν τις απαραίτητες πληροφορίες, αφού άλλες πληροφορίες «καλύπτουν» ή παρεμβάλλονται κατά την αναζήτηση των απαραίτητων πληροφοριών (Jonassen & Grabowski, 1993).

Τα χαρακτηριστικά των ατόμων σε σχέση με ΓΤΑΠ/ΕΠ αποκτούν ιδιαίτερη βαρύτητα στο διδακτικό σχεδιασμό (Chinien & Boutin, 1992/1993). Τα άτομα με ΓΤΑΠ έχουν την ικανότητα να απομονώνουν και να εντοπίζουν με ευκολία τις απαραίτητες πληροφορίες που είναι ενσωματωμένες σε πιο πολύπλοκες δομές-εικόνες και έχουν καλύτερες επιδόσεις σε έργα οπτικής αναζήτησης πληροφοριών, έργα ανάλυσης ιδεών σε επιμέρους συστατικές ιδέες ή έργα αναδιοργάνωσης ιδεών σε νέες μορφές (Davis, 1991. Goodenough & Karp, 1961. Snowman & Biehler, 2003). Αντίθετα, τα άτομα με ΓΤΕΠ αδυνατούν να αναλύουν σύνθετα σύνολα ή ιδέες σε επιμέρους συστατικά ή μερικότερες ιδέες και η σκέψη τους καθοδηγείται κυρίως από απλά δεδομένα και πληροφορίες, ενώ δυσκολεύονται σε έργα οπτικής αναζήτησης πληροφοριών (Lambert, 1981. Tannenbaum, 1982). Οι επιδράσεις όμως των χαρακτηριστικών των ατόμων με ΓΤΑΠ/ΕΠ στις επιδόσεις τους σε έργα που προϋποθέτουν αλληλεπίδραση με εργαλεία των ΤΠΕ δεν έχουν πλήρως ερευνηθεί και τα αποτελέσματα της ερευνητικής προσπάθειας δε θεωρούνται καταληκτικά (Davis, 1991. Dillon & Gabbard, 1998), ενώ σε μερικές περιπτώσεις υπάρχουν συγκρουόμενες ερευνητικές μαρτυρίες.

Τα αποτελέσματα, για παράδειγμα, μιας ερευνητικής προσπάθειας (Zehavi, 1995) έδειξαν ότι ακόμα και μαθητές με ΓΤΕΠ μπορούν να επωφεληθούν από την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία, με την προϋπόθεση ότι τα

διάφορα λογισμικά σχεδιάζονται με κατάλληλο τρόπο. Σε μια άλλη έρευνα, όμως, η Lyons-Lawrence (1994) υποστήριξε ότι η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία δεν ευνοεί άτομα με ΓΤΕΠ. Οι Liu και Reed (1994) διερεύνησαν κατά πόσο ο γνωστικός τύπος των ατόμων μπορεί να επηρεάσει τις επιδόσεις τους κατά την εκμάθηση της αγγλικής γλώσσας με τη χρήση ενός μαθησιακού περιβάλλοντος με υπερμέσα (hypermedia) και έδειξαν ότι το περιβάλλον αυτό είναι εξίσου συμβατό και υποβοηθητικό τόσο για ΓΤΑΠ όσο και για ΓΤΕΠ.

Υπάρχει όμως και ερευνητική μαρτυρία που υποστηρίζει ότι ο γνωστικός τύπος των ατόμων (ΓΤΑΠ/ΕΠ) σχετίζεται με τις επιδόσεις τους σε μαθησιακά περιβάλλοντα που χρησιμοποιούν υπερμέσα (hypermedia). Για παράδειγμα, οι Weller, Rerpan και Rooze (1994) στην έρευνά τους χρησιμοποίησαν 4 πειραματικές ομάδες στις οποίες η παρουσία οδηγίων πλοήγησης και άλλων υποστηρικτικών οδηγιών ήταν διαφορετική. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική υπεροχή των ατόμων με ΓΤΑΠ σε όλες τις πειραματικές ομάδες. Με βάση επομένως τη συνολική ερευνητική μαρτυρία, δεν είναι ακόμα βέβαιο αν το περιβάλλον της μαθησιακής διαδικασίας επηρεάζει με διαφορετικούς τρόπους τις επιδόσεις ατόμων με διαφορετικό γνωστικό τύπο (ΓΤΑΠ/ΕΠ) (Davis, 1991).

Η ανάγκη για ανανεωμένες ερευνητικές προσπάθειες με στόχο την αναίρεση των αμφιβολιών και την κατάληξη σε οριστικά και καταληκτικά συμπεράσματα είναι επομένως φανερή. Ο συνυπολογισμός των ατομικών διαφορών των ατόμων, που συνοψίζεται με το ΓΤΑΠ/ΕΠ, έχει μάλιστα ιδιαίτερη σημασία όταν στο μαθησιακό περιβάλλον επιχειρείται η ενσωμάτωση εργαλείων για την αξιοποίηση δυναμικών μοντέλων αναπαράστασης φαινομένων. Η έρευνα των αποτελεσμάτων της αλληλεπίδρασης τεχνολογικών εργαλείων και των χαρακτηριστικών των ατόμων με διαφορετικό γνωστικό τύπο (ΓΤΑΠ/ΕΠ) μπορεί να δώσει χρήσιμη καθοδήγηση για τους τρόπους αξιοποίησης διαφόρων εργαλείων των ΤΠΕ στη διδακτική-μαθησιακή διαδικασία από άτομα με

διαφορετικό γνωστικό τύπο. Ανάλογες έρευνες μπορούν επίσης να καθοδηγήσουν συστηματικές προσπάθειες για αποδοτικό «γνωστικό ζευγάρι» ατόμων και εργαλείων των ΤΠΕ και καλύτερες επιδόσεις των «ενοποιημένων γνωστικών συστημάτων» (Dalal & Kasper, 1994. Dillon & Gabbard, 1998) που δημιουργούνται.

Με βάση τα διστάμενα πορίσματα της υπάρχουσας ερευνητικής μαρτυρίας είναι αδύνατον να προκαθορισθεί το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης τεχνολογικών εργαλείων και των χαρακτηριστικών των ατόμων με διαφορετικό γνωστικό τύπο. Η παρούσα εργασία σχεδιάστηκε για να διερευνήσει κατά πόσο η χρήση διδακτικού υλικού σε λεκτική μόνο μορφή (ΛΜ) ή σε λεκτική και εικονική μορφή (ΛΕΜ) επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο τις επιδόσεις των ατόμων κατά τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος με τη χρήση λογισμικού δυναμικών μοντέλων. Τα συγκεκριμένα ερωτήματα της έρευνας ήταν τα ακόλουθα:

- Οι επιδόσεις των ατόμων κατά την επίλυση προβλήματος με τη χρήση λογισμικού δυναμικών μοντέλων διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος του διδακτικού υλικού (ΛΜ ή ΛΕΜ);
- Σχετίζονται οι επιδόσεις των ατόμων κατά την επίλυση προβλήματος με τη χρήση λογισμικού δυναμικών μοντέλων με το γνωστικό τους τύπο (ΓΤΑΠ, ΓΤΜ και ΓΤΕΠ);
- Η χρήση διδακτικού υλικού σε ΛΜ και ΛΕΜ επηρεάζει κατά διαφορετικό τρόπο τις επιδόσεις των ατόμων ανάλογα με το γνωστικό τους τύπο (ΓΤΑΠ/ΕΠ);

## Μεθοδολογία

### Συμμετέχοντες

Οι συμμετέχοντες ήταν δευτεροετείς φοιτητές του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου κατά το ακαδημαϊκό έτος 2002-2003. Συγκεκριμένα, από τους 165 φοιτητές που είχαν εγγραφεί σε τέσσερα διαφορετικά τμήματα ενός μαθήματος εκπαιδευτικής τεχνολογίας οι 157 προθυμοποιήθηκαν να συμμετά-

σχουν στην έρευνα, αφού η συμμετοχή τους ήταν μία από τις τρεις εναλλακτικές επιλογές που προσφέρθηκαν στους φοιτητές για το συγκεκριμένο μάθημα (συμμετοχή στην έρευνα, επισκόπηση βιβλιογραφίας ή εντοπισμός και περιγραφή τριών περιπτώσεων ενσωμάτωσης εργαλείων των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία).

Αρχικά διευκρινίστηκε κατά πόσο οι φοιτητές είχαν προηγούμενες εμπειρίες με λογισμικά δυναμικών συστημάτων μοντελοποίησης ή με την εφαρμογή πολιτικής για θέματα μετανάστευσης. Με βάση τις πληροφορίες που δόθηκαν, κανένας φοιτητής δεν είχε εμπειρίες που αφορούσαν την πολιτική για θέματα μετανάστευσης, ενώ ένας φοιτητής και μία φοιτήτρια που είχαν προηγούμενες εμπειρίες με λογισμικά μοντελοποίησης αποφασίστηκε να μη συμμετάσχουν στην έρευνα.

Για την επιλογή του τελικού δείγματος της έρευνας οι φοιτητές απάντησαν στο Δοκίμιο των Κρυμμένων Σχημάτων (ΔΚΣ) (Hidden Figures Test) (French, Ekstrom, & Price, 1963). Με βάση τις επιδόσεις τους οι περισσότεροι χαρακτηρίστηκαν ως άτομα με ΓΤΕΠ (55) ή ΓΤΜ (79), ενώ μόνο 23 φοιτητές ήταν ΓΤΑΠ. Στο τελικό δείγμα χρησιμοποιήθηκαν τα 23 άτομα με ΓΤΑΠ, ενώ με τυχαία δειγματοληψία επιλέχθηκαν από τα 55 άτομα με ΓΤΕΠ και από τα 79 άτομα με ΓΤΜ μόνο 24 άτομα ανά κατηγορία. Η επιλογή αυτή αποσκοπούσε σε ένα τελικό δείγμα όσο το δυνατόν μεγαλύτερο, με στόχο τη μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων γενίκευσης των συμπερασμάτων της έρευνας, αλλά και σε μια προσπάθεια εξίσωσης των ατόμων με ΓΤΕΠ και ΓΤΜ ως προς διάφορους τρίτους παράγοντες. Έξι άτομα (δύο φοιτητές και τέσσερις φοιτήτριες) χρησιμοποιήθηκαν για πιλοτική εφαρμογή των διαδικασιών και των διδακτικών υλικών της έρευνας, με αποτέλεσμα από τους 71 φοιτητές μόνο 65 (22 με ΓΤΕΠ, 22 με ΓΤΜ και 21 με ΓΤΑΠ) να αξιοποιηθούν για την κυρίως έρευνα. Από τα 65 άτομα του τελικού δείγματος, που ήταν πολύ μικρότερο από το αρχικό δείγμα των φοιτητών που δήλωσαν συμμετοχή, 53 ήταν φοιτήτριες και 12 ήταν φοιτητές, αφού 82% του συνολικού αριθμού των 165 φοιτητών ήταν φοιτήτριες.

Οι συμμετέχοντες φοιτητές με διαφορετικό γνωστικό τύπο (ΓΤΕΠ, ΓΤΜ και ΓΤΑΠ) διαμοιράστηκαν με τυχαίο τρόπο σε δύο διαφορετικές ομάδες ανάλογα με το είδος των διδακτικών υλικών ή οδηγιών που χρησιμοποιήθηκαν. Στη μία ομάδα χρησιμοποιήθηκαν μόνο λεκτικού τύπου (ΛΠ) διδακτικά υλικά ή πληροφορίες, ενώ στην άλλη ομάδα χρησιμοποιήθηκαν διδακτικά υλικά ή πληροφορίες σε λεκτική και εικονική μορφή (ΛΕΠ). Η πρώτη ομάδα (ΛΠ) είχε 11 φοιτητές από τον καθένα γνωστικό τύπο, ενώ η δεύτερη ομάδα (ΛΕΠ) είχε 11 άτομα με ΓΤΕΠ, 11 άτομα με ΓΤΜ και μόνο 10 άτομα με ΓΤΑΠ.

### Ερευνητικά δοκίμια και υλικά

Το Δοκίμιο των Κρυμμένων Σχημάτων (ΔΚΣ) είναι ένα από τα 72 δοκίμια ενός πακέτου σταθμισμένων γνωστικών δοκιμίων που εξετάζουν διάφορους γνωστικούς παράγοντες (French, Ekstrom, & Price, 1963). Το ΔΚΣ έχει 32 ερωτήσεις και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ατομική ή ομαδική εξέταση. Περιέχει δύο ξεχωριστά μέρη και για το κάθε μέρος απαιτούνται 12 λεπτά για να απαντηθούν οι ερωτήσεις του. Σε κάθε ερώτηση ζητείται από τον εξεταζόμενο να εντοπίσει ποιο απλό σχήμα (π.χ. τρίγωνο) από πέντε σχήματα που του δίνονται ως επιλογές βρίσκεται ενσωματωμένο ή «κρυμμένο» σε ένα άλλο σύνθετο σχήμα που δίνεται στην αρχή κάθε ερώτησης του δοκιμίου. Για κάθε ορθή απάντηση ο εξεταζόμενος πιστώνεται μία μονάδα, με αποτέλεσμα η συνολική επίδοση των ατόμων να κυμαίνεται από 0 έως 32. Το ΔΚΣ έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές έρευνες και θεωρείται αρκετά αξιόπιστο, ενώ έχει και υψηλό βαθμό συσχέτισης ( $r = .67$  έως  $.88$ ) με το Ομαδικό Δοκίμιο των Κρυμμένων Σχημάτων (Group Embedded Figures Test) (Witkin, Oltman, Raskin, & Karp, 1971).

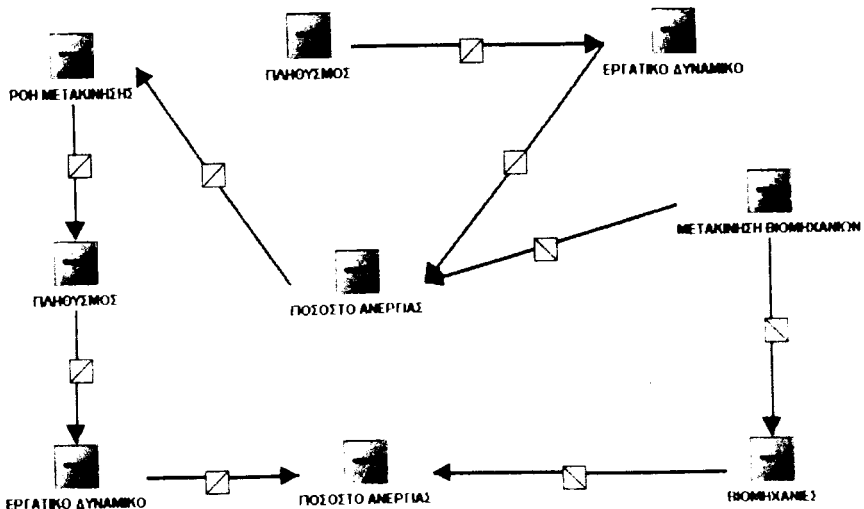
Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας το ΔΚΣ απαντήθηκε από 157 άτομα, που ήταν κατανεμημένα σε έξι διαφορετικές ομάδες. Η μέση επίδοσή τους στο ΔΚΣ ήταν 15.16 ( $SD = 7.74$ ). Όσοι φοιτητές είχαν επίδοση 0-10 θεωρήθηκαν ως άτομα με ΓΤΕΠ, όσοι είχαν επίδοση 11-21 θε-

ωρήθηκαν ως άτομα με ΓΤΜ και όσοι είχαν επίδοση 22-32 θεωρήθηκαν ως άτομα με ΓΤΑΠ. Οι οριακές επιδόσεις και ο τρόπος κατάταξης των υποκειμένων σε ΓΤΕΠ, ΓΤΜ και ΓΤΑΠ βασίστηκαν στη λογική ότι ο γνωστικός τύπος που χαρακτηρίζει τα άτομα σε εξαρτημένα και ανεξάρτητα από το πεδίο κατατάσσει τα άτομα σε μία συνεχή γραμμή που στο ένα άκρο της βρίσκονται τα άτομα με ΓΤΕΠ και στο άλλο τα άτομα με ΓΤΑΠ (Liu & Reed, 1994). Επομένως με το διαχωρισμό των ατόμων σε εκείνα που πλησιάζουν στο ένα (ΓΤΕΠ) ή στο άλλο άκρο (ΓΤΑΠ), και εκείνα που βρίσκονται ανάμεσά τους θα ήταν δυνατόν να αναδειχθούν διαφορές στις επιδόσεις τους που σχετίζονται με την έννοια ΓΤΑΠ/ΕΠ. Τα αποτελέσματα στο ΔΚΣ έδειξαν, με βάση την προηγούμενη κατηγοριοποίηση, ότι μόνο 23 φοιτητές ήταν ΓΤΑΠ, ενώ οι άλλοι φοιτητές ήταν άτομα με ΓΤΕΠ (55) ή με ΓΤΜ (79), με αποτέλεσμα το τελικό δείγμα της έρευνας να είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με τον αριθμό των φοιτητών που προθυμοποιήθηκαν να συμμετάσχουν στην έρευνα.

### Περιγραφή του λογισμικού μοντελοποίησης

Το Model-It είναι ένα λογισμικό μοντελοποίησης συστημάτων το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί με αξιοπρόσεκτη επιτυχία τόσο στη μέση εκπαίδευση όσο και με φοιτητές πανεπιστημίου (Metcalf, Krajcik, & Soloway, 2000. Stratford, Krajcik, & Soloway, 1998). Το λογισμικό Model-It χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα έρευνα για την ανάπτυξη ενός δυναμικού μοντέλου αναπαράστασης των σχέσεων που δημιουργούνται μεταξύ διαφόρων παραγόντων που σχετίζονται με το φαινόμενο της μετανάστευσης, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

Ένα μοντέλο αποτελείται συνήθως από οντότητες, παράγοντες-μεταβλητές και σχέσεις μεταξύ των παραγόντων-μεταβλητών. Στο μοντέλο του Σχήματος 1 υπάρχουν δύο οντότητες που αντιπροσωπεύουν το Μεξικό και τις ΗΠΑ. Καθεμία από τις οντότητες προσδιορίζεται από διάφορους παράγοντες-μεταβλητές που έχουν άμεση σχέση με αυτές. Οι παράγοντες-μεταβλητές αποτελούν μετρήσιμα χαρακτηριστικά των οντο-

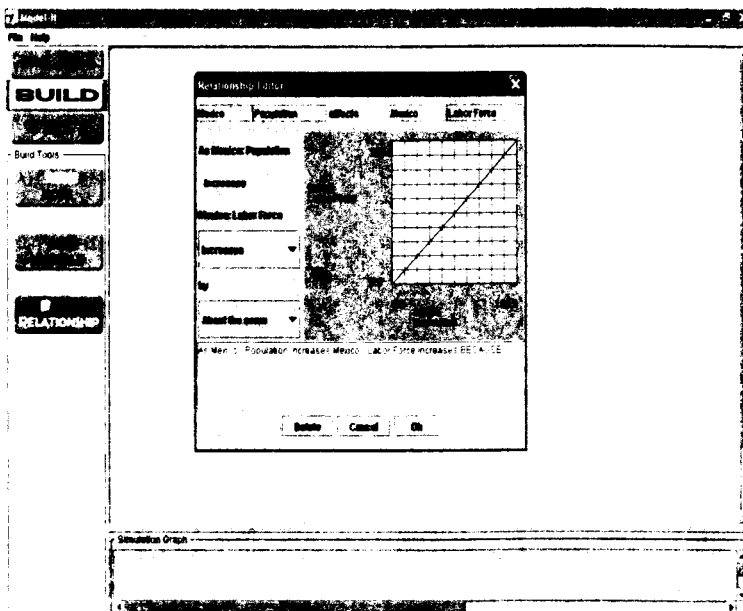


Σχήμα 1  
Μοντέλο αναπαράστασης δυναμικών σχέσεων μετανάστευσης.

τήτων, όπως ο πληθυσμός, το εργατικό δυναμικό, η ροή μεταναστών, ο ρυθμός μετανάστευσης. Οι διάφοροι παράγοντες χαρακτηρίζονται ως ανεξάρτητοι ή εξαρτημένοι ανάλογα με τη φορά της σχέσης ή την επίδρασή τους με βάση τη θεώρηση του φαινομένου της μετανάστευσης και των αιτίων που την προκαλούν. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, το εργατικό δυναμικό του Μεξικού είναι εξαρτημένος παράγοντας, ενώ ο πληθυσμός του Μεξικού αποτελεί τον ανεξάρτητο παράγοντα, αφού κάθε μεταβολή του πληθυσμού στο Μεξικό προκαλεί ανάλογη μεταβολή στο εργατικό δυναμικό του Μεξικού (τα διαθέσιμα εργατικά χέρια).

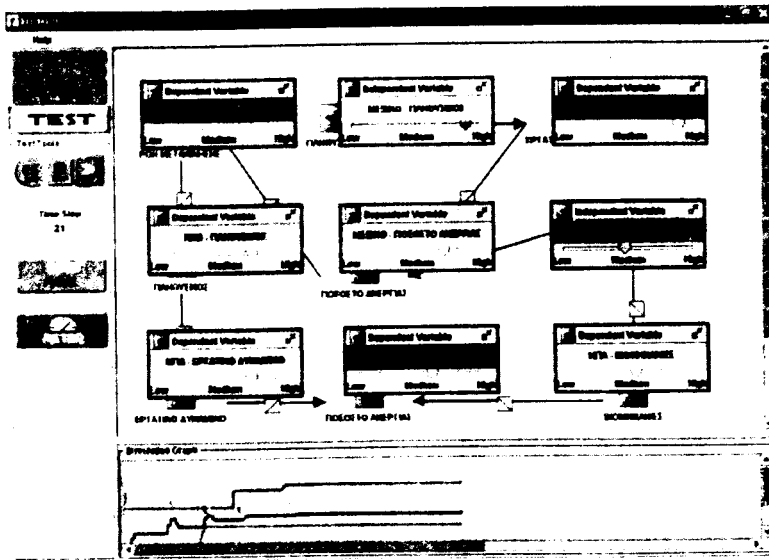
Μετά τη δημιουργία ενός δυναμικού μοντέλου ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει το μοντέλο για να αναπαρασταθούν οι δυναμικές σχέσεις μεταξύ των παραγόντων που σχετίζονται με τις οντότητες του μοντέλου. Με την ενεργοποίηση του μοντέλου, ένας χρονομετρητής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, αρχίζει να μετρά χρονικά βήματα που καθορίζονται αυθαίρετα και τα

οποία μπορεί να αντιπροσωπεύουν λεπτά, ώρες, εβδομάδες ή άλλο χρονικό διάστημα που ο χρήστης μπορεί να υποθέσει ή να επιλέξει. Ο χρήστης μπορεί επίσης να διερευνήσει το μοντέλο χρησιμοποιώντας γραφικά εργαλεία που είναι ενσωματωμένα σε αυτό. Για παράδειγμα, ένα τέτοιο εργαλείο, όπως δείχνει το Σχήμα 3, απεικονίζει την τρέχουσα τιμή ενός παράγοντα στο τρέχον χρονικό διάστημα. Αν ένας παράγοντας θεωρηθεί ανεξάρτητος, τότε η τιμή του μπορεί να ρυθμιστεί κατά τη διαδικασία που το μοντέλο είναι ενεργοποιημένο. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης μπορεί να διερευνήσει το μοντέλο κατά το χρονικό διάστημα της ενεργοποίησής του και να παρατηρήσει τις δυναμικές μεταβολές που πραγματοποιούνται. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, υπάρχει ακόμα ένα γραφικό εργαλείο, η γραφική αναπαράσταση, που απεικονίζει σε ευθεία γραμμή τη σχέση μεταξύ δύο παραγόντων, όπως μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου που αποτελείται από μία συγκεκριμένη σειρά χρονικών βημάτων.



Σχήμα 2  
Καθορισμός σχέσεων μεταξύ δύο παραγόντων στο Model-It.





Σχήμα 3  
Εφαρμογή του μοντέλου στο Model-It.

Το λογισμικό Model-It υποστηρίζει σχέσεις οι οποίες μοντελοποιούν άμεσα αποτελέσματα (Jackson, Stratford, Krajcik, & Soloway, 1996). Οι σχέσεις αυτές αποδίδουν την άμεση μεταβολή στην τιμή του επηρεαζόμενου παράγοντα της μεταβολής του αιτιώδους παράγοντα ανεξάρτητα από το τι μεσολάβησε προηγουμένως. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, το λογισμικό Model-It υποστηρίζει επίσης μια ποιοτική ή λεκτική περιγραφή των σχέσεων μεταξύ των παραγόντων, αφού οι μεταβολές στις σχέσεις αυτές μπορούν να αποδοθούν ή να περιγραφούν με τη μορφή δύο σχέσεων (π.χ. αύξησης ή μείωσης) και ποιοτικό προσδιορισμό των μεταβολών αύξησης ή μείωσης (π.χ. περίπου η ίδια, αρκετή, λίγη, σταδιακά αυξανόμενη ή σταδιακά μειούμενη).

### Το ερευνητικό έργο

Οι συμμετέχοντες έπρεπε να διερευνήσουν ατομικά το μοντέλο του Σχήματος 1 για την επίλυση ενός προβλήματος που αφορούσε την υιοθέτηση της καλύτερης δυνατής πολιτικής για το

πρόβλημα μετανάστευσης στα σύνορα Μεξικού και ΗΠΑ. Για την επίλυση του προβλήματος οι φοιτητές έπρεπε αρχικά να κατανοήσουν τη δομή του μοντέλου, δηλαδή τις οντότητες, τους σχετικούς παράγοντες και τις μεταξύ τους σχέσεις. Στη συνέχεια οι φοιτητές έπρεπε να διατυπώσουν υποθέσεις, να τις ελέγξουν και να αξιολογήσουν τα αποτελέσματά τους και να αποφασίσουν για την καλύτερη δυνατή λύση στο πρόβλημα που τους δόθηκε.

Το μοντέλο στο Σχήμα 1 παρουσίαζε την κατάσταση στα σύνορα Μεξικού και ΗΠΑ σε σχέση με τη μετανάστευση κατοίκων του Μεξικού στις ΗΠΑ, εξαιτίας της μεγάλης διαφοράς στα ποσοστά ανεργίας μεταξύ των δύο χωρών και των ευκαιριών απασχόλησης στις ΗΠΑ. Παρουσίαζε επίσης σχέσεις αιτίας και αποτελέσματος μεταξύ διαφόρων παραγόντων που επηρέαζαν τα ποσοστά ανεργίας στις δύο χώρες, όπως του πληθυσμού, του εργατικού δυναμικού, του ποσοστού ανεργίας και της εξαγωγής ευκαιριών απασχόλησης με εγκατάσταση βιομηχανιών από τις ΗΠΑ στο Μεξικό. Για παράδειγμα, το μοντέλο

αναπαριστούσε πώς η αύξηση του πληθυσμού του Μεξικού μπορούσε να αυξήσει το εργατικό δυναμικό και επομένως και το ποσοστό ανεργίας στο Μεξικό. Με ανάλογο τρόπο, το μοντέλο έδειχνε επίσης πώς η αύξηση του ποσοστού ανεργίας στο Μεξικό μπορούσε να αυξήσει τη ροή μεταναστών από το Μεξικό στις ΗΠΑ για αναζήτηση εργασίας και πώς η αυξημένη ροή μεταναστών από το Μεξικό στις ΗΠΑ μπορούσε να αυξήσει τελικά το ποσοστό ανεργίας στη χώρα υποδοχής των μεταναστών, δηλαδή στις ΗΠΑ.

Στους φοιτητές δόθηκαν τέσσερις διαφορετικές προτάσεις πολιτικής τις οποίες έπρεπε να διερευνήσουν με το μοντέλο του Σχήματος 1, που έγινε με το λογισμικό Model-It, και να προτείνουν και να αιτιολογήσουν την υιοθέτηση της καλύτερης από αυτές. Οι προτάσεις πολιτικής που δόθηκαν στους φοιτητές ήταν: (α) η Πολιτική Ανοικτών Συνόρων, (β) η Πολιτική Κλειστών Συνόρων, (γ) η Πολιτική Ευκαιριών Απασχόλησης, και (δ) η Πολιτική Μετανάστευσης. Η Πολιτική Ανοικτών Συνόρων θα επέτρεπε τη διακίνηση κατοίκων του Μεξικού στις ΗΠΑ αλλά και την εγκατάσταση βιομηχανιών ή άλλων μονάδων απασχόλησης εργατικού δυναμικού από τις ΗΠΑ στο Μεξικό. Η Πολιτική Κλειστών Συνόρων θα απαγόρευε τόσο τη διακίνηση εργατικού δυναμικού από το Μεξικό στις ΗΠΑ όσο και την εγκατάσταση βιομηχανιών ή άλλων ευκαιριών απασχόλησης από τις ΗΠΑ στο Μεξικό. Η Πολιτική Ευκαιριών Απασχόλησης θα υιοθετούσε αντικίνητρα για την αποφυγή εγκατάστασης βιομηχανιών ή άλλων ευκαιριών απασχόλησης από τις ΗΠΑ στο Μεξικό. Η πολιτική αυτή θα επέβαλλε επίσης εμπορικές κυρώσεις ώστε προϊόντα με προέλευση το Μεξικό να έχουν υψηλότερους δασμούς και επομένως υψηλότερες τιμές στην αγορά των ΗΠΑ. Η Πολιτική Μετανάστευσης δε θα επέτρεπε τη διακίνηση Μεξικανών προς τις ΗΠΑ, αλλά δε θα υιοθετούσε μέτρα καταστολής για όσες βιομηχανίες ή επιχειρήσεις αποφάσιζαν να εγκατασταθούν στο Μεξικό. Ζητήθηκε από τους φοιτητές να διαμορφώσουν υποθέσεις με βάση τις τέσσερις πολιτικές που τους δόθηκαν και να τις αξιολογήσουν αξιοποιώντας το μοντέλο του

Σχήματος 1 στο λογισμικό Model-It. Με βάση τα αποτελέσματα της αξιολόγησής τους έπρεπε να προτείνουν την υιοθέτηση της καλύτερης δυνατής πολιτικής για τη ρύθμιση του προβλήματος που επικρατούσε στα σύνορα Μεξικού και ΗΠΑ.

### Διδακτικά υλικά

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δύο μορφές διδακτικών υλικών. Και στις δύο περιπτώσεις δόθηκαν οδηγίες στους φοιτητές να αναλάβουν υποθετικά το ρόλο ενός λειτουργού μετανάστευσης ο οποίος είχε την ευθύνη να διερευνήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν το πρόβλημα μετανάστευσης από το Μεξικό στις ΗΠΑ. Τα διδακτικά υλικά εξηγούσαν ότι μια ερευνητική ομάδα προετοίμασε το μοντέλο του Σχήματος 1 για να υποβοηθήσει το λειτουργό μετανάστευσης να κατανοήσει τις δυναμικές σχέσεις μεταξύ των διαφόρων παραγόντων που υπεισέρχονται στο πρόβλημα μετανάστευσης από το Μεξικό στις ΗΠΑ. Και στις δύο μορφές υλικών υπήρχε το Σχήμα 1 και ακολουθούσαν περιγραφή και οδηγίες για το άνοιγμα και τη λειτουργία του μοντέλου στο λογισμικό Model-It. Υπήρχε επίσης αναλυτική περιγραφή των τεσσάρων διαφορετικών προτάσεων πολιτικής για θέματα μετανάστευσης και ζητήθηκε από τους φοιτητές να διερευνήσουν το μοντέλο στο λογισμικό Model-It, να αξιολογήσουν τα αποτελέσματα διαφόρων υποθέσεων με την αξιοποίηση του μοντέλου και να διατυπώσουν γραπτή εισήγηση για την υιοθέτηση της καλύτερης πολιτικής από τις τέσσερις εισηγήσεις, για τη ρύθμιση του προβλήματος μετανάστευσης από το Μεξικό στις ΗΠΑ.

Στη μία μορφή των διδακτικών υλικών υπήρχε μόνο λεκτική περιγραφή (ΛΠ) του μοντέλου του Σχήματος 1. Η λεκτική περιγραφή εξηγούσε όλες τις σχέσεις αιτίας - αποτελέσματος στο μοντέλο. Περιέγραφε συγκεκριμένα γιατί η αύξηση του πληθυσμού στο Μεξικό θα επηρέαζε το εργατικό δυναμικό και το ποσοστό ανεργίας στο Μεξικό, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ροή μεταναστών από τη χώρα αυτή στις ΗΠΑ. Εξηγούσε επίσης ότι με την αύξηση της ροής μετανα-

στών θα αυξάνονταν σταδιακά ο πληθυσμός, το εργατικό δυναμικό και το ποσοστό ανεργίας στις ΗΠΑ. Κάθε αύξηση ασφαλώς των θέσεων εργασίας στις ΗΠΑ θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ποσοστού ανεργίας, ενώ η μετακίνηση βιομηχανιών ή άλλων μονάδων απασχόλησης από τις ΗΠΑ στο Μεξικό θα μειώνει το ποσοστό ανεργίας στο Μεξικό, αλλά θα προκαλούσε αύξηση του ποσοστού ανέργων στις ΗΠΑ.

Στην άλλη μορφή των διδακτικών υλικών το μοντέλο του Σχήματος 1 διαχωρίστηκε σε τέσσερα μικρότερα διαγράμματα της ίδιας μορφής. Το κάθε διάγραμμα παρουσιάζόταν στους φοιτητές συνοδευόμενο και με μια λεκτική περιγραφή που εξηγούσε τις σχέσεις αιτίας – αποτελέσματος που έδειχνε το διάγραμμα. Για παράδειγμα, ένα από τα επιμέρους διαγράμματα έδειχνε τις σχέσεις μεταξύ του πληθυσμού, του εργατικού δυναμικού και του ποσοστού ανεργίας στο Μεξικό, αλλά και τη ροή εργατικού δυναμικού (μετανάστευσης) στις ΗΠΑ. Υπήρχε όμως μαζί με το διάγραμμα (εικονική περιγραφή) και λεκτική περιγραφή των σχέσεων που απεικόνιζε το διάγραμμα. Επομένως οι δύο μορφές διδακτικών υλικών διέφεραν μόνο ως προς τον τρόπο εξήγησης του μοντέλου του Σχήματος 1. Στη δεύτερη περίπτωση το μοντέλο παρουσιάστηκε σταδιακά με την παρουσίαση τεσσάρων επιμέρους διαγραμμάτων (εικονικών αναπαραστάσεων), τα οποία όμως συνοδεύονταν και με αντίστοιχες λεκτικές εκτός από τις εικονικές περιγραφές (ΛΕΠ), ενώ στην πρώτη περίπτωση το μοντέλο του Σχήματος 1 συνοδευόταν μόνο με λεκτική περιγραφή (ΛΠ).

Οι συγκεκριμένες περιγραφές στις δύο μορφές διδακτικών υλικών θεωρήθηκαν ως αναπαραστάσεις «ισοδύναμης πληροφόρησης», αφού οι ίδιες ακριβώς πληροφορίες που μπορούσαν να εξαχθούν από το μοντέλο του Σχήματος 1 και τη λεκτική του περιγραφή μπορούσαν επίσης να εξαχθούν και από τα τέσσερα διαγράμματα και τη συνοδευτική λεκτική περιγραφή τους. «Δύο αναπαραστάσεις θεωρούνται (για ένα συγκεκριμένο έργο) ισοδύναμης πληροφόρησης μόνο αν και από τις δύο μπορούν να εξαχθούν οι ίδιες ακριβώς πληροφορίες που σχετίζονται με την επίλυση του συ-

γκεκριμένου έργου» (Schnotz, 2002, σ. 104). Οι αναπαραστάσεις αυτές θεωρήθηκαν επίσης «υπολογιστικά ισοδύναμες», αφού κάθε πληροφορία σχετική με το συγκεκριμένο πρόβλημα μπορούσε να ανακληθεί ή να υπολογιστεί εύκολα τόσο με τις λεκτικές όσο και με τις εικονικές αναπαραστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν (Larkin & Simon, 1987). Οι λεκτικές περιγραφές και οι εικόνες (σχήματα) αποτελούν εξωτερικές αναπαραστάσεις και η συμβολή τους στη μάθηση εστιάζεται στη δυνατότητα που προσφέρουν για την οικοδόμηση νοητικών (εσωτερικών) αναπαραστάσεων του περιεχομένου που αναπαρίσταται λεκτικά ή εικονικά.

### Ερευνητικές διαδικασίες

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2002-2003. Το ΔΚΣ δόθηκε στους φοιτητές σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους και για να απαντηθεί χρησιμοποιήθηκε μέγιστος χρόνος 24 λεπτά. Με βάση τις επιδόσεις τους στο ΔΚΣ, οι φοιτητές κατηγοριοποιήθηκαν σε άτομα με ΓΤΕΠ, ΓΤΜ και ΓΤΑΠ. Στη συνέχεια επιλέχθηκε ένα δείγμα από 71 φοιτητές (23 ΓΤΑΠ, 24 ΓΤΜ και 24 ΓΤΕΠ), ενώ στο τελικό δείγμα της έρευνας δε συμμετείχαν 6 από τους 71 φοιτητές, δύο φοιτητές από κάθε γνωστικό τύπο, που συμμετείχαν στην πιλοτική μελέτη των υλικών και των διαδικασιών της έρευνας. Η συλλογή των δεδομένων για την πιλοτική έρευνα έγινε σε χρονικό διάστημα 5 ημερών και η συλλογή των δεδομένων της κυρίως έρευνας άρχισε 7 ημέρες μετά το τέλος της πιλοτικής έρευνας. Κατά το χρονικό διάστημα των 7 ημερών οι ερευνητές διαφοροποίησαν τα υλικά και τις διαδικασίες της έρευνας με βάση τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας που προηγήθηκε.

Η συλλογή των δεδομένων για την κυρίως έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 6 διαφορετικές συναντήσεις, που προγραμματίστηκαν με βάση το διαθέσιμο χρόνο των φοιτητών και των ερευνητών σε χρονικό διάστημα τριών εβδομάδων, και διάρκεισε δύο ώρες. Οι φοιτητές που προέρχονταν από το ίδιο ακροατήριο (ίδια τάξη) προγραμματίστηκε να είναι μαζί στην ίδια συνάντηση, ώστε να

αποφεύγεται η πιθανή επίδραση από τη διάχυση πληροφοριών σχετικών με την έρευνα. Αρχικά οι ερευνητές παρουσίαζαν το λογισμικό Model-It και εξηγούσαν τη διαδικασία αξιοποίησής του χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό μοντέλο, το οποίο ήταν επίσης κατασκευασμένο με το λογισμικό Model-It. Δίνονταν στη συνέχεια η αντίστοιχη μορφή διδακτικών υλικών (ΛΠ ή ΛΕΠ) σε κάθε φοιτητή και οδηγίες που του ζητούσαν να χρησιμοποιήσει τα υλικά αυτά και το μοντέλο στο λογισμικό Model-It για να διερευνήσει τις δυναμικές σχέσεις του μοντέλου, να αξιολογήσει τα αποτελέσματα των 4 προτάσεων πολιτικής και να προτείνει την καλύτερη δυνατή πολιτική για επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης στα σύνορα Μεξικού και ΗΠΑ. Οι φοιτητές έπρεπε να διερευνήσουν το πρόβλημα και να υιοθετήσουν συγκεκριμένη εισήγηση χρησιμοποιώντας μόνο τα διδακτικά υλικά που τους δόθηκαν και το μοντέλο που κατασκευάστηκε με το λογισμικό Model-It. Κάθε 15 λεπτά οι ερευνητές υπενθύμιζαν στους φοιτητές να σημειώνουν στην τελευταία σελίδα των υλικών που τους δόθηκαν την αντίστοιχη χρονική στιγμή και το είδος της δραστηριότητας την οποία εκτελούσαν. Οι δραστηριότητες αφορούσαν τη μελέτη των διδακτικών υλικών για την κατανόηση του μοντέλου ή τη χρήση του μοντέλου στο λογισμικό Model-It για την αξιολόγηση των 4 προτάσεων πολιτικής για θέματα μετανάστευσης. Με τον τρόπο αυτό ήταν επομένως δυνατό να συλλέγονται δεδομένα για την κατανομή του χρόνου των φοιτητών στις δύο δραστηριότητες και για το συνολικό χρόνο που χρησιμοποίησαν για την επίλυση του προβλήματος που τους δόθηκε.

### Αποτελέσματα

#### Χρόνος επίλυσης του προβλήματος

Αρχικά έγινε πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης 3 (ΓΤΕΠ, ΓΤΜ, ΓΤΑΠ) Χ 2 (ΛΠ, ΛΕΠ) με εξαρτημένες μεταβλητές το συνολικό χρόνο επίλυσης του προβλήματος, το χρόνο μελέτης των διδακτικών υλικών και το χρόνο χρήσης του μοντέλου

στο λογισμικό Model-It για την επίλυση του προβλήματος που δόθηκε. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ατόμων με ΓΤΕΠ, ΓΤΜ ή ΓΤΑΠ, αλλά ούτε και μεταξύ των ατόμων που χρησιμοποίησαν τις δύο μορφές διδακτικών υλικών (ΛΠ ή ΛΕΠ) σε σχέση με το συνολικό χρόνο, το χρόνο που χρησιμοποίησαν για τη μελέτη των διδακτικών υλικών ή το χρόνο χρήσης του μοντέλου στο λογισμικό Model-It. Απλή όμως ανάλυση διακύμανσης 3 (ΓΤΕΠ, ΓΤΜ, ΓΤΑΠ) Χ 2 (ΛΠ, ΛΕΠ) με εξαρτημένη μεταβλητή το συνολικό χρόνο επίλυσης του προβλήματος έδειξε ότι ο συνολικός χρόνος επίλυσης του προβλήματος ήταν στατιστικά μεγαλύτερος για τους φοιτητές της ΛΠ [ $F(1, 59) = 4.537, p < .037$ ], ενώ δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φοιτητών των τριών γνωστικών τύπων [ $F(2, 59) = .454, p < .638$ ] ούτε και σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδας διδακτικών υλικών και γνωστικού τύπου [ $F(2, 59) = .481, p < .621$ ]. Ο συνολικός χρόνος που χρησιμοποιήθηκε από τους φοιτητές οι οποίοι εργάστηκαν με τις δύο μορφές διδακτικών υλικών, δηλαδή τη ΛΠ και τη ΛΕΠ, ήταν 75.45 λεπτά ( $SD = 18.56$ ) και 65.63 λεπτά ( $SD = 17.77$ ) αντίστοιχα, ενώ για τους τρεις γνωστικούς τύπους (ΓΤΕΠ, ΓΤΜ και ΓΤΑΠ) ο χρόνος αυτός ήταν 68.86 ( $SD = 18.31$ ), 73.64 ( $SD = 16.63$ ) και 69.29 λεπτά ( $SD = 21.46$ ) αντίστοιχα.

Με βάση τα αποτελέσματα αυτά και σε συνδυασμό με τους περιορισμούς της έρευνας (π.χ. μικρός αριθμός φοιτητών ανά συνθήκη), δε θα ήταν δυνατόν να αποκλειστεί εντελώς η επίδραση των διαφορών στο χρόνο ενασχόλησης των φοιτητών στις επιδόσεις επίλυσης του προβλήματος μετανάστευσης. Οι αμφιβολίες αυτές ενισχύθηκαν από τη στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του συνολικού χρόνου ενασχόλησης των φοιτητών και των επιδόσεων επίλυσης του προβλήματος μετανάστευσης ( $r = -.302, p < .05$ ). Η συσχέτιση αυτή συνηγορεί με την άποψη ότι άτομα με μικρότερες επιδόσεις επίλυσης του προβλήματος μετανάστευσης έτειναν να χρησιμοποιούν περισσότερο συνολικό χρόνο. Για τους λόγους αυτούς, στην ανάλυση των επιδόσεων

στην επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης χρησιμοποιήθηκε ως συμμεταβλητή ο συνολικός χρόνος επίλυσης του προβλήματος.

### Επιδόσεις στην επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης

Με τη χρήση της σταθερής συγκριτικής μεθόδου ανάλυσης (Glaser & Strauss, 1967. Strauss & Corbin, 1990) αναπτύχθηκε μία ρήτρα (rubric) για την αξιολόγηση των επιδόσεων των φοιτητών στην επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης στα σύνορα Μεξικού και ΗΠΑ. Η σταθερή συγκριτική μέθοδος ανάλυσης (constant comparative

method) αποβλέπει στην κατηγοριοποίηση όλων των απαντήσεων στο κατάλληλο επίπεδο. Αρχικά η κάθε απάντηση κωδικοποιείται σε όσο το δυνατόν περισσότερα επίπεδα ανάλυσης. Η κάθε απάντηση συγκρίνεται όμως με όλες τις προηγούμενες απαντήσεις, και έτσι σταδιακά αναδεικνύονται τα επίπεδα της ρήτρας βαθμολόγησης. Η ρήτρα που αναπτύχθηκε για την αξιολόγηση των επιδόσεων των φοιτητών στο πρόβλημα μετανάστευσης φαίνεται στον Πίνακα 1. Η ρήτρα περιείχε τρία επίπεδα με σταδιακά καλύτερα χαρακτηριστικά, ώστε η κάθε απάντηση να κατηγοριοποιείται σε ένα μόνο επίπεδο.

Με βάση τη ρήτρα του Πίνακα 1, οι επιδόσεις

**Πίνακας 1**

### Ρήτρα καταγραφής της επίδοσης κατά την επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης

<b>3</b>	<p>α. Η απάντηση στηρίζεται σε ορθή κατανόηση των προσομοιωμένων αποτελεσμάτων του μοντέλου.</p> <p>β. Η απάντηση εξετάζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε πολιτικής και συνοπολογίζει τις επιπτώσεις τους.</p> <p>γ. Η απάντηση καθοδηγείται από τις μακροπρόθεσμες και όχι μόνο από τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις της κάθε πολιτικής.</p>
<b>2</b>	<p>α. Η απάντηση στηρίζεται σε ορθή κατανόηση των προσομοιωμένων αποτελεσμάτων του μοντέλου.</p> <p>β. Η απάντηση δεν εξετάζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε πολιτικής και δε συνοπολογίζει τις επιπτώσεις τους.</p> <p>γ. Η απάντηση δεν καθοδηγείται από τις μακροπρόθεσμες αλλά μόνο από τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις της κάθε πολιτικής.</p>
<b>1</b>	<p>α. Η απάντηση δε στηρίζεται σε ορθή κατανόηση των προσομοιωμένων αποτελεσμάτων του μοντέλου.</p> <p>β. Η απάντηση δεν εξετάζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε πολιτικής και δε συνοπολογίζει τις επιπτώσεις τους.</p> <p>γ. Η απάντηση δεν καθοδηγείται από τις μακροπρόθεσμες αλλά μόνο από τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις της κάθε πολιτικής.</p>

των φοιτητών μπορούσαν να κυμαίνονται από το 1 (χαμηλή επίδοση) μέχρι το 3 (υψηλή επίδοση). Οι επιδόσεις των φοιτητών αξιολογήθηκαν συνολικά με βάση τα ακόλουθα τρία κριτήρια: (α) Κατά πόσο λάμβαναν υπόψη τους και ερμήνευαν ορθά τα προσομοιωμένα αποτελέσματα του μοντέλου. (β) Κατά πόσο συνυπολόγιζαν τόσο τα θετικά όσο και τα αρνητικά κάθε πρότασης πολιτικής για τη μετανάστευση. (γ) Κατά πόσο συνυπολόγιζαν τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα κάθε πολιτικής και αναγνώριζαν ότι η αποτελεσματικότητα κάθε πολιτικής θα απαιτούσε παρέλευση ικανοποιητικού χρόνου. Για παράδειγμα, μερικοί φοιτητές υποστήριξαν ότι η υιοθέτηση της Πολιτικής Μετανάστευσης αποτελούσε την καλύτερη δυνατή επιλογή επειδή τα προσομοιωμένα αποτελέσματα του μοντέλου έδειχναν ότι η υιοθέτηση της πολιτικής αυτής θα μπορούσε να ρυθμίσει το άνω ποσοστό ανεργίας στο Μεξικό και στις ΗΠΑ. Στην πραγματικότητα, όμως, η Πολιτική Μετανάστευσης δε θα ήταν η καλύτερη δυνατή λύση, αφού μακροπρόθεσμα η απεριόριστη εξαγωγή ευκαιριών απασχόλησης από τις ΗΠΑ στο Μεξικό θα είχε ως αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση του ποσοστού ανεργίας στις ΗΠΑ παρά τη σταδιακή μείωση του ποσοστού ανεργίας στο Μεξικό.

Οι ερευνητές εξήγησαν σε δύο μεταπτυχιακούς φοιτητές τη διαδικασία αξιολόγησης των απαντήσεων των φοιτητών με βάση τη ρήτρα του Πίνακα 1 και έδωσαν λεπτομερείς και αναλυτικές απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις τους. Στη συνέχεια οι δύο φοιτητές αξιολόγησαν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο όλες τις απαντήσεις. Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson  $r$  μεταξύ των δύο αξιολογήσεων ήταν .87. Οι δύο μεταπτυχιακοί φοιτητές και οι ερευνητές συζήτησαν τις διαφορές που εντοπίστηκαν και μετά από συζήτηση κατέληξαν σε ομόφωνη αξιολόγηση των απαντήσεων.

Ο τρόπος με τον οποίο αξιολογήθηκαν οι επιδόσεις στο πρόβλημα είναι έγκυρος και αξιόπιστος. Ο μικρός αριθμός τιμών της μεταβλητής αυτής (1-3) περιορίζει επίσης τις ποιοτικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των φοιτητών, ενώ

και ο αριθμός φοιτητών ανά συνθήκη είναι επίσης μικρός (11 ή σε μία περίπτωση 10). Οι περιορισμοί αυτοί της έρευνας θέτουν υπό αμφισβήτηση την ορθότητα χρήσης παραμετρικών κριτηρίων, αφού δεν ισχύουν οι βασικές παραδοχές των δειγματοληπτικών κατανομών (κανονική κατανομή και ομοιογένεια διακύμανσης). Παρά τις επιφυλάξεις και τον προβληματισμό αυτό, η χρήση παραμετρικών στατιστικών κριτηρίων για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων κρίθηκε χρήσιμη για τους ακόλουθους λόγους: (α) για τις συγκρίσεις που έγιναν δεν υπάρχουν αντίστοιχα μη παραμετρικά κριτήρια, (β) τα μη παραμετρικά κριτήρια δεν είναι τόσο ισχυρά και απαιτούν μεγαλύτερα δείγματα για στατιστικές διαφορές του ίδιου επιπέδου σημαντικότητας, και (γ) έχει διαπιστωθεί ερευνητικά ότι οι όχι μεγάλες αποκλίσεις από τις θεωρητικές παραδοχές έχουν πολύ μικρή επίδραση στα αποτελέσματα της επαγωγικής στατιστικής με παραμετρικά κριτήρια (Gall, Borg, & Gall, 1996).

Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι μέσοι όροι των επιδόσεων των φοιτητών κατά την επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης που τους δόθηκε για τις δύο μορφές των διδακτικών υλικών (ΛΠ και ΛΕΠ) και για τις τρεις κατηγορίες γνωστικών τύπων (ΓΤΕΠ, ΓΤΜ και ΓΤΑΠ). Ο αριθμός συμμετεχόντων/φοιτητών σε κάθε ερευνητική συνθήκη ήταν 11 και σε μία περίπτωση 10 (άτομα με ΓΤΑΠ στη ΛΕΠ).

Τα αποτελέσματα που φαίνονται στον Πίνακα 2 δείχνουν ότι οι φοιτητές που χρησιμοποίησαν τα διδακτικά υλικά με ΛΕΠ είχαν υψηλότερες επιδόσεις από τους φοιτητές που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΠ, ενώ οι επιδόσεις αυτές φαίνεται ότι σχετίζονται και με το γνωστικό τύπο των φοιτητών. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές με ΓΤΑΠ φαίνεται ότι είχαν υψηλότερες επιδόσεις από τους άλλους φοιτητές (ΓΤΕΠ και ΓΤΜ) της ομάδας με ΛΕΠ των διδακτικών υλικών, ενώ ανάλογες εμφανείς διαφορές δε φαίνεται να υπήρχαν στην ομάδα με ΛΠ των διδακτικών υλικών.

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση συνδιακύμανσης 3 (ΓΤΕΠ, ΓΤΜ, ΓΤΑΠ) Χ 2 (ΛΠ, ΛΕΠ) με εξαρτη-

**Πίνακας 2**  
**Επιδόσεις των φοιτητών κατά την επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης (N = 65)**

	Κατηγοριοποίηση με βάση τις επιδόσεις στο ΔΚΣ			
	ΓΤΕΠ	ΓΤΜ	ΓΤΑΠ	Σύνολο
	M.O. (SD)	M.O. (SD)	M.O. (SD)	M.O. (SD)
Παρέμβαση				
Λεκτική Μορφή	1.45 (.69)	1.45 (.52)	1.55 (.52)	1.48 (.57)
Λεκτική και Εικονική Μορφή	1.55 (.69)	1.45 (.52)	2.50 (.71)	1.81 (.78)
Σύνολο	1.50 (.67)	1.45 (.51)	2.00 (.77)	1.65 (.69)

M.O. = Μέσος όρος  
SD = Τυπική απόκλιση

μένη μεταβλητή την επίδοση των φοιτητών κατά την επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης με τη χρήση του μοντέλου στο Model-It και συμμεταβλητή το συνολικό χρόνο επίλυσης του προβλήματος μετανάστευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν: (α) ότι ο συνολικός χρόνος επίλυσης του προβλήματος είχε σημαντική συμμεταβολή [ $F(1, 58) = 6.407, p < .014$ ] με την εξαρτημένη μεταβλητή, (β) ότι μετά το συνυπολογισμό της συμμεταβολής αυτής δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φοιτητών που χρησιμοποιούσαν διδακτικά υλικά με ΛΕΠ και των φοιτητών που χρησιμοποιούσαν διδακτικά υλικά με ΛΠ [ $F(1, 58) = 2.661, p < .108$ ], (γ) ότι οι επιδόσεις των φοιτητών είχαν άμεση σχέση με το γνωστικό τους τύπο [ $F(2, 58) = 5.656, p < .006$ ] και ότι υπήρχε αλληλεπίδραση μεταξύ της μορφής των διδακτικών υλικών και του γνωστικού τύπου των φοιτητών [ $F(2, 58) = 5.213, p < .008$ ].

Στη συνέχεια έγιναν συγκρίσεις των επιδόσεων των φοιτητών των διαφόρων υποομάδων ανά ζεύγη, με ανάλογη προσαρμογή του επιπε-

δου σημαντικότητας  $\alpha$  (προσαρμογή Bonferroni). Με τις συγκρίσεις που έγιναν διαπιστώθηκε ότι οι φοιτητές με ΓΤΑΠ που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΕΠ είχαν στατιστικά υψηλότερες επιδόσεις από φοιτητές με ΓΤΑΠ που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΠ ( $p < .002$ ), και οι φοιτητές με ΓΤΑΠ που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΕΠ είχαν επίσης υψηλότερες επιδόσεις από φοιτητές με ΓΤΕΠ ( $p < .005$ ) και ΓΤΜ ( $p < .001$ ) που χρησιμοποίησαν την ίδια μορφή διδακτικών υλικών, ενώ δεν εμφανίστηκαν άλλες στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Το μέγεθος της στατιστικά υψηλότερης επίδοσης των φοιτητών με ΓΤΑΠ στην ομάδα που χρησιμοποίησε διδακτικά υλικά με ΛΕΠ σε σχέση με τους φοιτητές με ίδιο γνωστικό τύπο της άλλης ομάδας μπορεί να υπολογιστεί με βάση το «μέγεθος του αποτελέσματος», το οποίο αντιπροσωπεύει τη διαφορά των μέσων επιδόσεων της πρώτης από τη δεύτερη ομάδα φοιτητών διαιρεμένη με την τυπική απόκλιση της δεύτερης ομάδας (Glass, McGaw, & Smith, 1981). Η τιμή

του «μεγέθους του αποτελέσματος» ήταν αρκετά μεγάλη ( $ES = +1.8$ ). Η τιμή αυτή δείχνει ότι η μέση επίδοση των φοιτητών με ΓΤΑΠ στην ομάδα που χρησιμοποίησε διδακτικά υλικά με ΛΕΠ ήταν κατά 1.8 τυπικές αποκλίσεις υψηλότερη από τη μέση επίδοση των φοιτητών με ΓΤΑΠ που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΠ μόνο. Οι φοιτητές με ΓΤΑΠ που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΕΠ είχαν επίσης στατιστικά υψηλότερες επιδόσεις από τους φοιτητές με ΓΤΕΠ και με ΓΤΜ που χρησιμοποίησαν τα ίδια διδακτικά υλικά. Το πλεονέκτημα των φοιτητών με ΓΤΑΠ που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΕΠ σε σχέση με φοιτητές με ΓΤΕΠ που χρησιμοποίησαν τα ίδια διδακτικά υλικά έδωσε «μέγεθος του αποτελέσματος» ίσο με +1.38. Ο υπολογισμός του «μεγέθους του αποτελέσματος» πρέπει πάντοτε να λαμβάνει υπόψη και τις τυχόν αποκλίσεις από την κανονική κατανομή, ιδιαίτερα σε όσες περιπτώσεις το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό (Feingold, 1992. Wilcox, 1995), όπως ακριβώς συμβαίνει στην παρούσα περίπτωση. Οι επιφυλάξεις αυτές αναιρούνται όμως από τις μεγάλες τιμές του «μεγέθους του αποτελέσματος», που υποστηρίζουν βάσιμα ότι οι εικονικές περιγραφές που χρησιμοποιήθηκαν στα διδακτικά υλικά με ΛΕΠ είχαν υποβοηθητικό ρόλο μόνο για φοιτητές με ΓΤΑΠ.

### Συζήτηση και εφαρμογές

Με τις στατιστικές αναλύσεις που έγιναν διαπιστώθηκε ότι ο συνολικός χρόνος επίλυσης του προβλήματος ήταν στατιστικά μεγαλύτερος για τους φοιτητές της ΛΠ και ότι ο συντελεστής συσχέτισης (συνάφειας) μεταξύ του συνολικού χρόνου και της επίδοσης των φοιτητών για το σύνολο του δείγματος ήταν αρνητικός και στατιστικά σημαντικός. Τα αποτελέσματα αυτά ενίσχυσαν την άποψη ότι τα άτομα με μικρότερες επιδόσεις επίλυσης του προβλήματος μετανάστευσης έτειναν να χρησιμοποιούν περισσότερο συνολικό χρόνο για την επίλυση του προβλήματος. Για τους λόγους αυτούς στη στατιστική ανάλυση των επιδόσεων επίλυσης του προβλήματος μετανά-

στευσης χρησιμοποιήθηκε ως συμμεταβλητή ο συνολικός χρόνος επίλυσης του προβλήματος.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο συνολικός χρόνος που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης επηρέασε σε σημαντικό βαθμό τις επιδόσεις των φοιτητών. Μετά το συνυπολογισμό της συμμεταβολής του συνολικού χρόνου με τις επιδόσεις των φοιτητών διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές που είχαν σχέση με το γνωστικό τύπο των ατόμων, ενώ υπήρχε και αλληλεπίδραση του γνωστικού τύπου με τη μορφή των διδακτικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι φοιτητές με ΓΤΑΠ που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΕΠ είχαν μέση επίδοση υψηλότερη κατά 1.8 τυπικές αποκλίσεις από τη μέση επίδοση των φοιτητών με τον ίδιο γνωστικό τύπο που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΠ μόνο και 1.38 τυπικές αποκλίσεις υψηλότερη μέση επίδοση από την αντίστοιχη επίδοση φοιτητών με ΓΤΕΠ που χρησιμοποίησαν διδακτικά υλικά με ΛΕΠ. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι ο συνδυασμός ΛΕΠ που χρησιμοποιήθηκε στα διδακτικά υλικά είχε περισσότερο υποβοηθητικό ρόλο για φοιτητές με ΓΤΑΠ.

Η ερευνητική αυτή μαρτυρία, παρά τους περιορισμούς της παρούσας προσπάθειας, υποστηρίζει ότι η κατάλληλη, από άποψη χρόνου και τόπου, ενσωμάτωση εικονικών αναπαραστάσεων σε λεκτικές περιγραφές μπορεί να ενεργήσει καταλυτικά για την κατανόηση των διδακτικών υλικών. Η θεωρία της διπλής κωδικοποίησης (Clark & Paivio, 1991. Paivio, 1986) αποδίδει υποβοηθητικό ρόλο στις εικονικές αναπαραστάσεις, επειδή οι πληροφορίες κωδικοποιούνται συνήθως σε δύο διαφορετικά γνωστικά υποσυστήματα, το εικονικό και το λεκτικό. Επομένως ο υποβοηθητικός ρόλος των εικονικών αναπαραστάσεων αποδίδεται στο πλεονέκτημα της διπλής κωδικοποίησης πληροφοριών σε σχέση με την απλή κωδικοποίηση στο λεκτικό μόνο υποσύστημα του μνημονικού συστήματος. Η θεωρία της ταυτόχρονης επεξεργασίας (Kulhavy, Stock, & Kealy, 1993) υποστηρίζει ότι η ταυτόχρονη πρόσβαση σε λεκτικές και εικονικές πληροφορίες στην εργαζόμενη μνήμη διευ-



κολύνει τη δημιουργία σχέσεων και συσχετίσεων μεταξύ εικονικών και λεκτικών πληροφοριών, που καθιστούν ευκολότερη την ανάκληση των πληροφοριών σε μεταγενέστερο χρόνο. Με βάση αυτή τη θεώρηση, οι εικονικές αναπαραστάσεις συμβάλλουν στη μάθηση με διπλό τρόπο. Αρχικά η αποθήκευση πληροφοριών σε διπλή κωδικοποίηση, λεκτική και εικονική, αυξάνει τη μνημονική ικανότητα, αφού δημιουργεί δύο διαδρόμους ανάκλησης των πληροφοριών από τη μακρόχρονη μνήμη, και κατά δεύτερο λόγο οι εικονικές αναπαραστάσεις μπορούν να ανακληθούν ως ενιαία σύνολα και να τύχουν ταυτόχρονης επεξεργασίας, ενώ οι λεκτικές αναπαραστάσεις είναι ιεραρχικά οργανωμένες και η επεξεργασία τους γίνεται διαδοχικά και όχι ταυτόχρονα.

Τα συνολικά αποτελέσματα της έρευνας συμφωνούν με τις βασικές παραδοχές των θεωρητικών αυτών προσεγγίσεων για τις δυνατότητες των εικονικών αναπαραστάσεων να υποβοηθήσουν τη μαθησιακή διαδικασία, αλλά αναδεικνύουν και τη διάσταση των ατομικών χαρακτηριστικών του λύτη, υποστηρίζοντας την άποψη ότι «οι εικονικές αναπαραστάσεις θεωρούνται εργαλεία επικοινωνίας, σκέψης και μάθησης τα οποία απαιτούν συγκεκριμένα ατομικά χαρακτηριστικά [...] για να είναι αποτελεσματικά» (Schnotz, 2002, σ. 102). Για παράδειγμα, άτομα με ΓΤΑΠ/ΕΠ αντιπροσωπεύουν το χαρακτηριστικό τρόπο με τον οποίο τα άτομα προτιμούν ή έχουν την τάση να επεξεργάζονται τα διάφορα ερεθίσματα και πληροφορίες του περιβάλλοντος. Μερικά επομένως άτομα μπορεί να αποτύχουν σε μια συγκεκριμένη μαθησιακή προσπάθεια όταν τα ερεθίσματα ή οι πληροφορίες του μαθησιακού περιβάλλοντος απαιτούν επεξεργασία με τρόπο που δεν εμπίπτει στις δικές τους ιδιαίτερες προτιμήσεις επεξεργασίας πληροφοριών. Επομένως οι φοιτητές με ΓΤΑΠ είχαν υψηλότερες επιδόσεις από φοιτητές με ΓΤΕΠ ή ΓΤΜ στην ομάδα με ΛΕΠ, επειδή ακριβώς τα χαρακτηριστικά του ΓΤΕΠ και του ΓΤΜ δεν ευνοούν τον εντοπισμό και την κατάλληλη επεξεργασία των ερεθισμάτων και πληροφοριών των εικονικών αναπαραστάσεων.

Η ανάλυση του περιεχομένου της εργασίας των φοιτητών και τα επιχειρήματα με τα οποία υποστήριζαν τις λύσεις που πρότειναν δικαιολογούν αυτό το συμπέρασμα. Η πλειονότητα των φοιτητών με ΓΤΑΠ στην ομάδα με ΛΕΠ εξήγησαν με σαφή τρόπο ότι τα επιμέρους διαγράμματα που τους δόθηκαν αποτελούσαν στην πραγματικότητα εικονικές αναπαραστάσεις των λεκτικών περιγραφών του κειμένου και ότι το μοντέλο στο Σχήμα 1 ήταν μια συνολική εικονική αναπαράσταση των επιμέρους σχημάτων που δόθηκαν και εξηγήθηκαν σταδιακά. Όπως εξήγησαν μερικοί φοιτητές με ΓΤΑΠ από την ομάδα με ΛΕΠ, «τα ίδια διαγράμματα σχημάτισαν τελικά το μοντέλο» και ότι έτσι «ήταν ευκολότερο να εντοπιστούν οι υπάρχουσες σχέσεις και οι ανάλογες πληροφορίες, παρά την πολυπλοκότητα του τελικού μοντέλου». Με τον ίδιο τρόπο, άλλοι φοιτητές με ΓΤΑΠ θεώρησαν ότι τα διαγράμματα ήταν βοηθητικά, αφού έδιναν κατεύθυνση ή πληροφορίες που τους βοηθούσαν να εντοπίσουν με ευκολία τα συστατικά μέρη και τις μεταξύ τους σχέσεις καθώς και τις πληροφορίες που έπρεπε να αξιολογηθούν και να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση του προβλήματος μετανάστευσης που τους δόθηκε.

Αντίθετα, οι φοιτητές με ΓΤΕΠ και ΓΤΜ θεώρησαν το πρόβλημα αρκετά περίπλοκο και εξήγησαν ότι υπήρχαν τόσες πολλές σχέσεις αιτίας – αποτελέσματος στα διαγράμματα που δόθηκαν και εξηγήθηκαν, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να αναγνωριστούν και να αξιοποιηθούν οι πληροφορίες που ήταν απαραίτητες για τη λύση του προβλήματος μετανάστευσης. Η αντιπαράβολη των απόψεων αυτών υποδεικνύει με σαφήνεια τις διαφορές μεταξύ ατόμων με ΓΤΑΠ και ΓΤΕΠ και καθιστά σαφές ότι άτομα με ΓΤΑΠ επηρεάζονται σε λιγότερο βαθμό από την πολυπλοκότητα των εικονικών αναπαραστάσεων και του περιβάλλοντος πεδίου και απομονώνουν χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες τις απαραίτητες για τη λύση του προβλήματος πληροφορίες.

Τα αποτελέσματα της έρευνας συνηγορούν με την άποψη ότι η αποτελεσματικότητα κάθε διδακτικής παρέμβασης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το γνωστικό τύπο των ατόμων που αποτε-

λούν τους αποδέκτες της παρέμβασης. Το στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των διδακτικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και του γνωστικού τύπου των φοιτητών (ΓΤΑΠ/ΕΠ) φαίνεται να υποστηρίζει τις προσπάθειες «γνωστικού ζευγαρώματος» (Fitter & Sime, 1980). Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας το γνωστικό ζευγάρι αναφέρεται στη σχέση ανάμεσα στο γνωστικό τους τύπο σε σχέση με το περιβάλλον πεδίο (ΓΤΑΠ/ΕΠ) και στις γνωστικές απαιτήσεις των λεκτικών και εικονικών διδακτικών υλικών (αναπαραστάσεων) που χρησιμοποιούνται και την αντίστοιχη επίδρασή τους για την οικοδόμηση νοητικών αναπαραστάσεων. Κάθε γνωστικό ζευγάρι που δεν εναρμονίζει τις γνωστικές απαιτήσεις των διδακτικών υλικών με τα χαρακτηριστικά των ατόμων που αποτελούν τους αποδέκτες της διδασκαλίας είναι τροχοπέδη στη μαθησιακή διαδικασία. Όμως, κάθε κατάλληλο γνωστικό ζευγάρι διευκολύνει σε σημαντικό βαθμό την αλληλεπίδραση των ατόμων που εμπλέκονται στη μαθησιακή διαδικασία με τα διδακτικά υλικά (Moffat, Hampson, & Hatzipantelis, 1998). Η αλληλεπίδραση αυτή στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να ερμηνευθεί ότι υποστηρίζει σε μεγαλύτερο βαθμό τη «γνωστική εμπάθυση» στη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος με τη βοήθεια του μοντέλου στο λογισμικό Model-It. Η προσέγγιση αυτή επικεντρώνεται στις μαθησιακές προσπάθειες των ατόμων που εμπλέκονται στη μαθησιακή διαδικασία και υποστηρίζει ότι η μεγαλύτερη «γνωστική εμπάθυση» στη διερεύνηση του μοντέλου έχει ως αποτέλεσμα τη βαθύτερη γνωστική επεξεργασία των διαθέσιμων πληροφοριών, με αποτέλεσμα τις καλύτερες επιδόσεις στην προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος με τη βοήθεια του μοντέλου στο Model-It.

Η θεώρηση αυτή υποστηρίζει ότι «η αποτελεσματικότητα του συνολικού γνωστικού συστήματος μεγιστοποιείται όταν το γνωστικό σύστημα του ατόμου και το γνωστικό σύστημα (μηχανισμός) του έξυπνου υπολογιστή-εταίρου θεωρηθούν, σχεδιαστούν, αναλυθούν και αξιολογηθούν ως συστατικά ενός ενιαίου γνωστικού συστήματος» (Dalal & Kasper, 1994, σ. 678). Απαι-

τούνται ασφαλώς συντονισμένες ερευνητικές προσπάθειες για την απόκτηση των γνώσεων και τη μελέτη των διαδικασιών που απαιτούνται για την εφαρμογή ενός βέλτιστου γνωστικού ζευγαρώματος με στόχο και την καλύτερη δυνατή απόδοση των «ενιαίων γνωστικών συστημάτων». Το λογισμικό Model-It αλλά και τα άλλα δυναμικά συστήματα μοντελοποίησης αποτελούν έναν αποτελεσματικό και σχεδόν ανέξοδο τρόπο για τη μοντελοποίηση φαινομένων του πραγματικού κόσμου ή άλλων δυναμικών σχέσεων σε άλλες γνωστικές περιοχές, και μπορούν να υποβοηθήσουν το σχεδιασμό και την υλοποίηση μαθησιακών περιβαλλόντων με τα οποία θα ενεργοποιούνται διαδικασίες αναστοχασμού, κριτικής σκέψης, λήψης αποφάσεων και άλλων ανώτερων μορφών νοητικής δραστηριότητας. Για τη δημιουργία όμως των περιβαλλόντων αυτών είναι απαραίτητος ο συνυπολογισμός των γνωστικών δυνατοτήτων και περιορισμών των ατόμων με ΓΤΑΠ/ΕΠ, επειδή μπορούν να επηρεάσουν ή να υποβαθμίσουν τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα για τα οποία αξιοποιούνται τα διάφορα δυναμικά εργαλεία μοντελοποίησης.

Η έννοια του ΓΤΑΠ/ΕΠ «έχει ενεργοποιήσει το ενδιαφέρον των ερευνητών που ασχολούνται με το σχεδιασμό και την υλοποίηση μαθησιακών περιβαλλόντων» (Greco & McClung, 1979, σ. 97), χωρίς όμως να αντιμετωπιστεί μέχρι τώρα σε ικανοποιητικό βαθμό η σημασία της έννοιας αυτής για την ενσωμάτωση εργαλείων των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία. Η εισβολή των ΤΠΕ στο χώρο της εκπαίδευσης και οι απεριόριστες δυνατότητες των τεχνολογικών εργαλείων για τη χρήση αλληλεπιδραστικών λεκτικών και εικονικών αναπαραστάσεων συνιστούν σημαντική πρόκληση για το σχεδιασμό και την υλοποίηση αποδοτικότερων μαθησιακών περιβαλλόντων. Οι δυνατότητες για την υποκίνηση διδακτικών-μαθησιακών δραστηριοτήτων με τη βοήθεια εικονικών (ή ακόμα και λεκτικών) αναπαραστάσεων φαίνεται ότι συνδέονται στενά με τα γνωστικά χαρακτηριστικά των ατόμων και τους τρόπους με τους οποίους εντοπίζουν και επεξεργάζονται τις απαραίτητες πληροφορίες που ενσωματώνονται στις

εξωτερικές αυτές αναπαραστάσεις. Είναι γνωστό, για παράδειγμα, ότι τα άτομα κατηγοριοποιούνται σε λεκτικούς ή οπτικούς γνωστικούς τύπους ή ακόμα σε ΓΤΑΠ/ΕΠ ανάλογα με την επίδραση του πεδίου στις γνωστικές τους διεργασίες. Είναι όμως πρόωρο να οδηγηθούμε σε καταληκτικά συμπεράσματα αναφορικά με τα πραγματικά μαθησιακά αποτελέσματα που πρέπει να αναμένονται σε όσες περιπτώσεις καταφεύγουμε σε «γνωστικό ζευγάρισμα» των απαιτήσεων των διδακτικών υλικών και των γνωστικών χαρακτηριστικών των ατόμων. Το ερώτημα αυτό εξακολουθεί να παραμένει ουσιαστικά αναπάντητο και δεν είναι ακόμα δυνατό να οριστικοποιηθεί το συμπέρασμα ότι το «γνωστικό ζευγάρισμα» των γνωστικών απαιτήσεων των διδακτικών υλικών με τα γνωστικά χαρακτηριστικά των ατόμων που προσδιορίζουν τους τρόπους εντοπισμού και επεξεργασίας πληροφοριών του εξωτερικού περιβάλλοντος ευνοεί πάντοτε εντονότερες γνωστικές διεργασίες και οδηγεί σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων αλληλεπίδρασης διδακτικών μεθόδων και γνωστικών ικανοτήτων (Cronbach & Snow, 1981) που επιδιώκεται με το «γνωστικό ζευγάρισμα» μπορεί να δημιουργεί όχι μόνο γνωστικά πλεονεκτήματα αλλά και γνωστικές παρενέργειες και σημαντικά μειονεκτήματα. Τα προβλήματα αυτά αναδεικνύονται αφού «η προσαρμογή της διδασκαλίας σε συγκεκριμένα ατομικά γνωστικά χαρακτηριστικά όχι μόνο βελτιστοποιεί τα μαθησιακά αποτελέσματα για συγκεκριμένα άτομα αλλά ταυτόχρονα τα ελαχιστοποιεί για άλλα άτομα με διαφορετικά γνωστικά χαρακτηριστικά» (Snow, 1976, σ. 292). Είναι επίσης αποδεκτό «ότι κάθε προσαρμογή της διδασκαλίας που αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση των αποτελεσμάτων της σε σχέση με συγκεκριμένους διδακτικούς-μαθησιακούς στόχους οδηγεί ταυτόχρονα σε υποβάθμιση άλλων μαθησιακών στόχων» (Messick, 1976, σ. 266). Η θεώρηση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το «γνωστικό ζευγάρισμα» και η προσαρμογή της διδασκαλίας στους «επικρατείς» γνωστικούς τύπους των ατόμων μπορούν να επιφέρουν ευεργετικά αποτελέσμα-

τα για την ανάπτυξη των συγκεκριμένων αυτών χαρακτηριστικών, ενώ είναι δυνατόν να παρεμποδίζουν την πολυεπίπεδη και συνολική γνωστική ανάπτυξη των ατόμων σε μακροπρόθεσμη προοπτική, αφού με τον τρόπο αυτό παρεμποδίζεται η ανάπτυξη άλλων, «υπολειπόμενων» γνωστικών χαρακτηριστικών των ατόμων. Όπως υποστηρίζουν οι Chinién και Boutin (1992/1993), με το «γνωστικό ζευγάρισμα» των γνωστικών χαρακτηριστικών των ατόμων με τις γνωστικές απαιτήσεις των διδακτικών υλικών μπορεί να υποβοηθηθεί η προσαρμογή σε ατομικές διαφορές που σχετίζονται με τη γνωστική διεργασία, αλλά πρέπει ταυτόχρονα να διασφαλίζονται η σταδιακή εξισορρόπηση των γνωστικών διαφορών και η συστηματική διδακτική υποστήριξη για την ανάπτυξη των «υπολειπόμενων» γνωστικών χαρακτηριστικών των ατόμων και η αποφυγή μονοδρόμησης της γνωστικής ανάπτυξης.

Δεν πρέπει επίσης να διαφεύγει την προσοχή μας ότι η αποτελεσματική μάθηση δεν εξαρτάται μόνο από γνωστικούς παράγοντες και ότι δεν πρέπει να υποβαθμίζονται ο συναισθηματικός παράγοντας ή το ενδιαφέρον, οι στάσεις και τα κίνητρα που ενεργοποιούν ή υποστηρίζουν τις γνωστικές δραστηριότητες των ατόμων. Η έρευνα που σχετίζεται με τη μαθησιακή αξία και συμβολή των λεκτικών και εικονικών αναπαραστάσεων «δεν πρέπει να καθοδηγείται αποκλειστικά με γνωστικά μόνο κριτήρια, αλλά πρέπει επίσης να συνυπολογίζει συναισθηματικά και κοινωνικά κριτήρια, που είναι άκρως απαραίτητα για τη λήψη αποδεκτών εκπαιδευτικών αποφάσεων» (Schnotz, 2002, σ. 118). Αναμφίβολα, τα άτομα-αποδέκτες της διδασκαλίας στην εποχή των ΤΠΕ εκτίθενται σε όγκο πληροφοριών και έχουν εκτεταμένες εμπειρίες με τα μέσα ηλεκτρονικής κυρίως πληροφόρησης και νέων τρόπων εικονικών αναπαραστάσεων, και είναι δυνατόν να έχουν διαφορετικές προσδοκίες, στάσεις, προκαταλήψεις ή προτιμήσεις και συνήθειες επεξεργασίας πληροφοριών, που επηρεάζουν αναπόφευκτα τις γνωστικές τους διεργασίες και τους τρόπους με τους οποίους επεξεργάζονται τις πληροφορίες του διδακτικού-μαθησιακού τους περιβάλλοντος. Οι πραγματικότητες αυτές δεν

μπορούν να παραγνωρίζονται και οι μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες πρέπει απαραίτητα να καθοδηγούνται από τα διάφορα μοντέλα-θεωρίες και τις βασικές παραδοχές τους που σχετίζονται με τον «οπτικό εγγραμματισμό» και τις ατομικές διαφορές που αφορούν την ικανότητα εντοπισμού και πρόσληψης πληροφοριών από εικονικές αναπαραστάσεις, ώστε να υπάρχει κατάλληλη προσαρμογή του διδακτικού-μαθησιακού περιβάλλοντος όχι μόνο στις γνωστικές προτιμήσεις των ατόμων αλλά και στην ανάγκη για ανάπτυξη και των «υπολειπόμενων» χαρακτηριστικών του γνωστικού τους μηχανισμού.

### Βιβλιογραφία

- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2001). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-41.
- Bruer, J. T. (1993). *Schools for thought: A science of learning in the classroom*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Canelos, J., Taylor, W. D., & Gates, R. B. (1980). The effects of three levels of visual stimulus complexity on the information processing of field-dependents and field-independents when acquiring information for performance on three types of instructional objectives. *Journal of Instructional Psychology*, 7, 65-70.
- Chinien, C. A., & Boutin, F. (1992/1993). Cognitive style FD/I: An important learner characteristic for educational technologies. *Journal of Educational Technology Systems*, 21(4), 303-311.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149-210.
- Cronbach, L. J., & Snow, R. E. (1981). *Aptitudes and instructional methods* (2nd ed.). New York, NY: Irvington.
- Dalal, K. P., & Kasper, G. M. (1994). The design of joint cognitive systems: effect of cognitive coupling on performance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 40, 677-702.
- Davis, J. K. (1991). Educational implications of field dependence-independence. In S. Wapner & J. Demick (Eds.), *Field dependence-independence: cognitive styles across the lifespan* (pp. 149-175). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Debes, J. L. (1970). The loom of visual literacy: An overview. In C. M. Williams & J. L. Debes (Eds.), *Proceedings of the first conference on visual literacy*. New York, NY: Pitman.
- Dillon, A., & Gabbard, R. (1998). Hypermedia as an educational technology: A review of the quantitative research literature on learner comprehension, control, and style. *Review of Educational Research*, 68(3), 322-349.
- Feingold, A. (1992). Sex differences in variability in intellectual abilities: A new look at an old controversy. *Review of Educational Research*, 62, 61-84.
- Fitter, M. J., & Sime, M. E. (1980). Responsibility and shared decision-making. In A. T. Smith & T. R. G. Green (Eds.), *Human Interaction with Computers* (pp. 32-60). London: Academic Press.
- French, J. W., Ekstrom, R. B., & Price, L. A. (1963). *Kit of reference tests for cognitive skills*. Princeton: Educational Testing Services.
- Gall, M. D., Borg, W. R., & Gall, J. P. (1996). *Educational research: An introduction* (6th ed.). New York: Longman Publishers.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Chicago, IL: Aldine Publications.
- Glass, G. V., McGaw, B., & Smith, M. L. (1981). *Meta-analysis in social research*. London: Sage Publications.
- Glass, L., & Mackey, M. (1988). *From clocks to chaos*. Princeton: Princeton University Press.
- Goodenough, D. R., & Karp, S. A. (1961). Field dependence and intellectual functioning. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 63, 241-246.

- Greco, A. A., & McClung, C. (1979). Interaction between attention directing and cognitive style. *Educational Communication and Technology Journal*, 27(2), 97-102.
- Haken, H. (1981). *Chaos and order in nature*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Jackson, S., Stratford, S., Krajcik, J., & Soloway, E. (1996). Making dynamic modeling accessible to pre-college science students. *Interactive Learning Environments*, 4, 233-257.
- Jonassen, D. H., & Grabowski, B. L. (1993). *Handbook of Individual Differences, Learning and Instruction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jonassen, D. H., & Land, S. M. (2000). *Theoretical foundations of learning environments*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jonassen, D. H., & Reeves, T. C. (1996). Learning with technology: Using computers as cognitive tools. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (pp. 693-719). New York, NY: Simon & Schuster Macmillan.
- Kali, Y. (2002). CILT2002: Visualization and modeling. *Journal of Science and Technology Education*, 13, 305-310.
- Kulhavy, R. W., Stock, W. A., & Kealy, W. A. (1993). How geographic maps increase recall of instructional text. *Educational Technology Research and Development*, 41, 47-62.
- Lambert, T. (1981). Effects of structure in preinstructional strategies on memory for sentences in field-dependent individuals (Doctoral dissertation, University of Southern California). *Dissertation Abstracts International*, 42, 1063.
- Land, S. M., & Hannafin, M. J. (1997). Patterns of understanding with open-ended learning environments: A qualitative study. *Educational Technology Research and Development*, 45(2), 47-73.
- Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- Liu, M., & Reed, W. M. (1994). The relationship between the learning strategies and learning styles in a hypermedia environment. *Computers in Human Behavior*, 10(4), 419-434.
- Lyons-Lawrence, C. L. (1994). Effect of learning style on performance in using computer-based instruction in office systems. *The Delta Pi Epsilon Journal*, XXXVI(3), 166-175.
- Messick, S. (Ed.) (1976). *Individuality in learning: Implications of cognitive styles and creativity for human development*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Metcalf, J. S., Krajcik, J., & Soloway, E. (2000). Model-It: A design Retrospective. In M. J. Jacobson & R. B. Kozma (Eds.), *Innovations in science and mathematics education* (pp. 77-115). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Moffat, S. D., Hampson, E., & Hatzipantelis, M. (1998). Navigation in a «virtual» maze: Sex differences and correlation with psychometric measures of spatial ability in humans. *Evolution and Human Behavior*, 19, 73-78.
- Morgan, H. (1997). *Cognitive styles and classroom learning*. Westport, CT: Praeger.
- National Center for Education Statistics, U. S. Department of Education (2000). *The Condition of Education 2000*. Washington, DC: U. S. Government Printing Office.
- Organization for Economic Co-Operation and Development (2000). *Knowledge and skills for life: First results from PISA 2000*. Available at <http://www.oecd.org>.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Penner, D. E. (2000/2001). Cognition, computers, and synthetic science: Building knowledge and meaning through modeling. *Review of Research in Education*, 25, 1-36.
- Reiff, J. (1996). At-risk middle level students or field dependent learners. *Clearing House*, 69(4), 231-234.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. New York, NY: Oxford University Press.

- Salomon, G. (1994). *Interaction of Media, Cognition, and Learning*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schmidt, W. H., McKnight, C. C., Cogan, L. S., Jakwerth, P. M., & Houang, R. T. (1999). *Facing the consequences: Using TIMMS for a closer look at U. S. Mathematics and Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14(1), 101-120.
- Snow, R. E. (1976). Aptitude-treatment interactions and individualized alternatives in Higher Education. In S. Messick (Ed.), *Individuality in learning: Implications of cognitive styles and creativity for human development*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Snowman, J., & Biehler, R. (2003). *Psychology Applied to Teaching* (10th ed.). Boston, MA: Houghton Mifflin Company.
- Stratford, S. J., Krajcik, J., & Soloway, E. (1998). Secondary students' dynamic modeling processes: Analyzing, reasoning about, synthesizing, and testing models of stream ecosystems. *Journal of Science Education and Technology*, 7(3), 215-234.
- Strauss, A. L., & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- Tannenbaum, R. K. (1982). An investigation of the relationship(s) between selected instructional strategies and identified field dependent and field independent cognitive styles as evidence among high school students enrolled in studies of nutrition (Doctoral dissertation, St. John's University). *Dissertation Abstracts International*, 43, 68.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Weller, H. G., Repman, J., & Rooze, G. E. (1994). The relationship of learning, behavior, and cognitive style in hypermedia based instruction: Implications for the design of HBI. *Computers in the Schools*, 10(3/4), 401-420.
- Wilcox, R. R. (1995). ANOVA: A paradigm for lower and misleading measures of effect sizes? *Review of Educational Research*, 65, 51-77.
- Witkin, H. A., Moore, C. A., Goodenough, D. R., & Cox, P. W. (1977). Field dependent and field independent cognitive styles and their educational implications. *Review of Educational Research*, 47, 1-64.
- Witkin, H., Oltman, P., Raskin, E., & Karp, S. (1971). *A Manual for the Embedded Figures Test*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Zehavi, N. (1995). Integrating software development with research and teacher education. *Computers in the Schools*, 11(3), 11-24.

## Problem-solving using modeling software and cognitive style

NICOS VALANIDES & CHAROULA ANGELI  
University of Cyprus, Cyprus

### ABSTRACT

Sixty-five second-year undergraduate students participated in the study. Based on their scores on the Hidden Figures Test participants were classified into Field-Dependent, Field-Mixed, and Field-Independent learners, and were randomly assigned to two groups, namely, Text-Only and Text-and-Visual. Participants were then asked to individually explore a computer model, test hypotheses, and solve a problem related to immigration policies. In addition, the Text-Only group received a description of the model in textual format, whereas participants in the other group received the same description in textual-and-visual format. Students' problem-solving performance was analyzed using a 3 X 2 ANCOVA with covariate the total time that was spent for solving the problem. Results showed that the covariate was significantly associated with the dependent variable and Field-Independent learners in the Text-and-Visual group outperformed Field-Dependent and Field-Mixed learners in both groups, and Field-Independent learners in the Text-Only group. The findings of the study indicate that adding visuals to textual explanations can enhance understanding and that cognitive differences affect the functional role of visuals on learning.

*Key words:* Dynamic models, Problem solving, Cognitive styles, Visual representations

*Address:* Nicos Valanides, Department of Education, University of Cyprus, 11-13 Dramas Street, 1678-Nicosia, Cyprus. Tel.: (357) 22-753760, (357) 22-753772, Fax: (357) 22-377950, E-mail: nichri@ucy.ac.cy, cangeli@ucy.ac.cy