

ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ MONGE ΚΑΙ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ, ΜΕ ΑΦΟΡΜΗ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΤΙΚΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ

Παναγιώτης Νικολαΐδης, Αρχιτέκτων Μηχανικός ΕΜΠ, υποψήφιος Διδάκτωρ Τμήματος Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ, Αθήνα.

Βαγγελιώ Πέππα, Αρχιτέκτων Μηχανικός ΕΜΠ, Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδικευσης ΔΠΜΣ «Αρχιτεκτονική - Σχεδιασμός Χώρου», Εργαστηριακός Συνεργάτης ΤΕΙ Αθήνας, υποψήφια Διδάκτωρ Τμήματος Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ, Αθήνα.

Εύα Δημητριάδου, Τεχνολόγος Τοπογράφος Μηχανικός, Τεχνολόγος Συντηρήτρια Έργων Τέχνης, Εργαστηριακός Συνεργάτης ΤΕΙ Αθήνας, Φοιτήτρια ΑΣΚΤ, Αθήνα.

Γιώργος Λευκαδίτης, Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, Αν. Καθηγητής ΤΕΙ Αθήνας, διδάσκει Προβολική και Παραστατική Γεωμετρία στο Τμήμα Αρχιτεκτόνων του Πανεπιστημίου Πατρών, Αθήνα.

1. Εισαγωγή

Το σύστημα Monge αποτελεί μέθοδο αναπαράστασης αντικειμένων του τρισδιάστατου γεωμετρικού χώρου σε δύο επίπεδα προβολής. Αναπτύχθηκε από τον Gaspard Monge στο έργο του *Géométrie Descriptive* (1798) και συνιστά το θεωρητικό υπόβαθρο των σχεδιαστικών αναπαραστάσεων μέσω τεχνικών σχεδίων, που αποτελούν σημαντικό εργαλείο των μηχανικών, κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής ενός έργου.

Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα μετάβασης από το τρισδιάστατο αντικείμενο στις προβολές του και, κατά κανόνα (οι εξαιρέσεις αντιμετωπίζονται με χειρισμούς εντός του συστήματος), τη δυνατότητα ανασύνθεσης του αντικειμένου, αν οι προβολές του είναι γνωστές. Αυτό το χαρακτηριστικό, αξιοποιούμενο στις σχεδιαστικές αναπαραστάσεις, διευκολύνει το πέρασμα από την «ιδέα» του αντικειμένου στο σχέδιο προβολών και από το σχέδιο προβολών στην κατασκευή του πραγματικού αντικειμένου. Επομένως, με τη βοήθεια του συστήματος, προσδιορίζεται πλήρως η γεωμετρία της μορφής τού σχεδιαζόμενου έργου, χωρίς ασάφειες ή αντιφάσεις, και ελέγχεται κατά πόσον η μορφή αυτή ανταποκρίνεται στις λοιπές απαιτήσεις του σχεδιασμού.

Αυτή η διαδικασία αντικαθιστά τις «προ-τεχνολογικές» μεθόδους δοκιμής και διόρθωσης πάνω στο ίδιο το τέχνημα, με τη δοκιμή και διόρθωση πάνω στις αναπαραστάσεις του, κάτι που όμως προϋποθέτει την αυστηρή θεμελίωση του συστήματος αναπαράστασης. Είναι ενδεικτικό, ότι η γεωμετρική συστηματοποίηση από τον Monge της μεθόδου αναπαράστασης μέσω σχεδίων προβολών, που εντούτοις χρησιμοποιείται από αρκετά παλαιότερα, συμβαδίζει χρονικά με τη γένεση των σύγχρονων πειθαρχιών των μηχανικών.

Τα συστήματα CAD (Computer Aided Drafting) είναι εφαρμογές Πληροφορικής, που παρέχουν ένα γεωμετρικό περιβάλλον σχεδίασης σε υπολογιστή. Στο πλαίσιο ενός τρισδιάστατου συστήματος συντεταγμένων, επιτρέπουν τον ορισμό γεωμετρικών αντικειμένων, καθώς και γεωμετρικούς μετασχηματισμούς των αντικειμένων αυτών. Το αποτέλεσμα είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο του αντικειμένου, δηλαδή μια περιγραφή επαρκής, ώστε να επιτρέπει υπολογισμούς και συναγωγές για το αναπαριστώμενο αντικείμενο. Στη συνέχεια, θα αναφερόμαστε στα συστήματα CAD ως συστήματα γεωμετρικών αναπαραστάσεων μόνο, καθώς οι λοιπές λειτουργίες τους δε σχετίζονται άμεσα με το θέμα που μας απασχολεί.

Σε ένα σύστημα CAD, η δυνατότητα παράστασης αντικειμένων του τρισδιάστατου χώρου συνεπάγεται και τη δυνατότητα παράστασης των προβολών τους σε τυχόν

επίπεδο, άρα και στα επίπεδα XY και YZ και τελικά μόνο στο επίπεδο XY, αν θεωρηθεί ότι το YZ κατακλίνεται επί του XY – συνεπώς υπάρχει δυνατότητα παράστασης των αντικειμένων σε σύστημα Monge. Η διαδικασία μετάβασης από το τρισδιάστατο μοντέλο στις προβολές του (*αλγόριθμος*) είναι απολύτως ορισμένη. Επομένως είναι δυνατόν να υλοποιηθεί προγραμματιστικά, ως μια εφαρμογή H/Y σε περιβάλλον CAD.

Η εφαρμογή «Gaspard Monge» αναπτύχθηκε στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος του Τμήματος Τοπογραφίας του ΤΕΙ Αθήνας¹ και έχει ως αντικείμενο την υλοποίηση της μεθόδου αναπαράστασης Monge σε περιβάλλον CAD. Η εφαρμογή καλύπτει, μεταξύ άλλων, την παράσταση γεωμετρικών αντικειμένων και την αυτόματη επίλυση προβλημάτων μεθόδου Monge. Λειτουργεί στο περιβάλλον του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD και έχει γραφεί στη γλώσσα Visual LISP.

Είναι μια εφαρμογή, σχεδιασμένη για χρήση ως εκπαιδευτικό βοήθημα. Η ευελιξία και η ταχύτητα που προσφέρει το περιβάλλον CAD θεωρήθηκε ότι μπορεί να ενθαρρύνει τον πειραματισμό με την παράσταση αντικειμένων του χώρου, άρα να συμβάλει στην ουσιαστικότερη κατανόηση του θεωρητικού-γεωμετρικού υποβάθρου της σχεδίασης και στην καλλιέργεια της γεωμετρικής αντίληψης των σπουδαστών².

Θα προχωρήσουμε σε μια σύντομη περιγραφή της εφαρμογής και θα παρουσιάσουμε ορισμένα προβλήματα, που μας απασχόλησαν κατά το σχεδιασμό και την υλοποίησή της, σε συνδυασμό και με γενικότερες παρατηρήσεις για τα συστήματα Monge και CAD και τις μεταξύ τους διαφορές και σχέσεις.

2. Το περιβάλλον της εφαρμογής «Gaspard Monge»

Η εφαρμογή παρέχει τη δυνατότητα παράστασης, σε σύστημα Monge, των θεμελιωδών γεωμετρικών σχημάτων, αυτόματης επίλυσης προβλημάτων επί ευθειών και επιπέδων, παράστασης και χειρισμών μιας κλάσης πολυέδρων, μετάβασης σε σύστημα αξονομετρικής προβολής, ορθής ή πλάγιας, καθώς και παράστασης διαμορφώσεων εδάφους, με χρήση ενός επιπέδου προβολής και υψομέτρων³.

Ο εκπαιδευτικός χαρακτήρας της εφαρμογής επέβαλε την ιδιαίτερη επεξεργασία του τρόπου επικοινωνίας με το χρήστη, τόσο στο επίπεδο της εισαγωγής δεδομένων, όσο και στο επίπεδο της εξόδου των αποτελεσμάτων.

Έχει δοθεί έμφαση στην ευελιξία κατά τη διαδικασία ορισμού των θεμελιωδών γεωμετρικών στοιχείων. Ενδεικτικά, παρέχονται οκτώ τεχνικές ορισμού σημείου, δεκαεννιά τεχνικές ορισμού ευθείας και είκοσι έξι τεχνικές ορισμού επιπέδου, στις οποίες περιλαμβάνονται τεχνικές ορισμού ευθειών και επιπέδων, που ευρίσκονται σε ειδική θέση ως προς τα επίπεδα προβολής. Υπάρχει επίσης δυνατότητα τυχαίου ορισμού δεδομένων (αυτόματος τυχαίος ορισμός από το πρόγραμμα), ώστε να διευκολύνεται ο πειραματισμός.

Σε κάθε περίπτωση, έχει θεωρηθεί σημαντική η «οικονομία» του διαλόγου, ενώ η επικοινωνία προγράμματος-χρήστη πραγματοποιείται στην ελληνική γλώσσα, μέσω της «γραμμής προτροπής» του AutoCAD και μέσω ειδικά σχεδιασμένου καταλόγου επιλογών (menu)⁴.

¹ Το πρόγραμμα εντάχθηκε στα πλαίσια του 2ου ΕΠΕΑΕΚ, κατά το ακαδ. έτος 2004-05. Υπεύθυνος προγράμματος ο Γ. Λευκαδίτης, επιστημονική σύμβουλος η Ε. Δημητριάδου και ερευνητές-προγραμματιστές οι Β. Πέππα, Π. Νικολαΐδης.

² Η εκτίμηση αυτή αναμένεται να ελεγχθεί στην πράξη, καθώς η εκπαιδευτική λειτουργία της εφαρμογής αρχίζει από το τρέχον ακαδημαϊκό έτος.

³ Εδώ θα συζητηθεί μόνο το τμήμα της εφαρμογής που αφορά τη μέθοδο Monge.

⁴ Στο ειδικό Τεύχος Τεκμηρίωσης παρουσιάζονται αναλυτικά οι εντολές της εφαρμογής, όλες οι διαθέσιμες επιλογές και ο ακριβής τρόπος λειτουργίας τους.

Η εφαρμογή υλοποιεί το σύστημα συντεταγμένων Monge στο επίπεδο XY του World Coordinate System (WCS) του AutoCAD. Ο άξονας Y_{12} του συστήματος Monge ταυτίζεται με τον άξονα Y του WCS. Οι άξονες X και Z του συστήματος Monge ταυτίζονται με τον άξονα X του WCS και έχουν την ίδια αρχή, αλλά ο άξονας Z έχει αντίθετο προσανατολισμό. Ο άξονας Y_{12} εμφανίζεται «οριζόντιος» στην οθόνη, ώστε η άποψη της παράστασης να είναι οικεία και, επιπλέον, εμφανίζεται εικονίδιο συστήματος συντεταγμένων Monge, που πληροφορεί το χρήστη για τις διευθύνσεις των αξόνων.

Κατά τη διαδικασία «εξόδου», η εφαρμογή μεριμνά για την ορθότητα του αποτελέσματος αλλά και για την κατανόηση από το χρήστη της διαδικασίας επίλυσης. Εδώ απαιτούνται ορισμένες διευκρινίσεις. Η πραγματική διαδικασία επίλυσης είναι κατ' αρχήν αδιαφανής («μαύρο κουτί»), για τον εξωτερικό παρατηρητή. Συχνά, καθώς το περιβάλλον CAD διαθέτει ισχυρότερα (αναλυτικά) εργαλεία, οι λύσεις παράγονται με τρόπους διαφορετικούς από εκείνους της μεθόδου Monge. Επομένως, η εύρεση της λύσης και η σχεδιαστική της παράσταση είναι δυο διαφορετικές διαδικασίες, κάτι αδιανόητο στη συμβατική χρήση της μεθόδου. Αλλά η εφαρμογή, προκειμένου να λειτουργήσει εκπαιδευτικά, παριστά πλήρως όλες τις διαδοχικές γεωμετρικές κατασκευές, που προβλέπει η μέθοδος Monge, για την εύρεση του αποτελέσματος.

Έχει επίσης επινοηθεί μια τεχνική σχεδίασης μέσω κίνησης («animation»), ώστε να γίνεται κατανοητή η διαδικασία της κατασκευής: Μια γραμμή ξεκινά από κάποιο σημείο και σε χρόνο αντιληπτό από το χρήστη εκτείνεται σταδιακά, μέχρι να σχεδιαστεί πλήρως. Άρα παρουσιάζονται σαφώς τα βήματα της κατασκευής, ακόμα και η φορά σχεδίασης των γραμμών (από το γνωστό προς το ζητούμενο σημείο). Η δυνατότητα κίνησης διατίθεται στις περισσότερες περιπτώσεις παράστασης αντικειμένων και επίλυσης προβλημάτων και είναι δυνατόν να ενεργοποιείται και να απενεργοποιείται.

Πέραν της επικοινωνίας προγράμματος - χρήστη, ορισμένες λύσεις που προκρίθηκαν, σε προβλήματα σχεδιασμού και υλοποίησης της εφαρμογής, είναι νομίζουμε ενδιαφέρουσες. Αφορούν κυρίως την οργάνωση της εσωτερικής «ιεραρχίας» και τη «διασύνδεση» των αντικειμένων της εφαρμογής. Το θέμα σχετίζεται με ουσιώδη χαρακτηριστικά των συστημάτων Monge και CAD, και θα προχωρήσουμε στη συζήτησή του από την άποψη των χαρακτηριστικών αυτών.

3. Εσωτερική «ιεράρχηση» και «διασύνδεση» των αντικειμένων της εφαρμογής

Το σύστημα Monge και τα συστήματα γεωμετρικών αναπαραστάσεων CAD είναι δυνατόν να θεωρηθούν *τυπικά συστήματα*, δηλαδή συστήματα χειρισμού *συμβόλων*⁵, σύμφωνα με ένα σύνολο κανόνων, ώστε να προκύπτουν *διατάξεις*. Τα δύο συστήματα είναι *τυπικά ισοδύναμα*, επειδή: Πρώτον, για κάθε θέση (διάταξη) στο ένα σύστημα υπάρχει μια αντίστοιχη στο άλλο. Δεύτερον, για κάθε «κίνηση» από μια θέση σε μια άλλη στο ένα σύστημα υπάρχει μια αντίστοιχη «κίνηση» στο άλλο, από θέση αντίστοιχη της πρώτης σε θέση αντίστοιχη της δεύτερης. Και τρίτον, είναι δυνατόν να θεωρήσουμε, ότι εκκινούν από την ίδια αρχική θέση (μια κενή διάταξη)⁶.

Και τα δύο τυπικά συστήματα έχουν ως *ερμηνεία* το σύνολο των γεωμετρικών αντικειμένων του τρισδιάστατου ευκλειδείου χώρου, τα σύμβολά τους δηλαδή αναπαριστούν τρισδιάστατα γεωμετρικά αντικείμενα.

Αν θεωρήσουμε ένα σύστημα CAD ως *αυτόματο* τυπικό σύστημα (μια μηχανή που χειρίζεται αυτόματα τα σύμβολα του συστήματος σύμφωνα με το σύνολο των κανόνων του), και δεδομένης της τυπικής ισοδυναμίας των δύο συστημάτων, είναι δυνατόν να

⁵ Απόδοση του αγγλικού όρου *token*. Τα σύμβολα εδώ θεωρούνται χωρίς νόημα. *Νόημα* αποδίδεται στα σύμβολα, όταν το σύστημα αποκτήσει *ερμηνεία*.

⁶ Για έναν ορισμό των τυπικών συστημάτων και της τυπικής ισοδυναμίας, βλ. Haugeland, 1981:6-8.

προγραμματίσουμε κατάλληλα το σύστημα CAD, ώστε να «μιμείται» το σύστημα Monge, να κατασκευάσουμε δηλαδή μια «εικονική μηχανή» Monge.

Για να υλοποιηθεί η ισοδυναμία και να κατασκευαστεί η «εικονική μηχανή» Monge, δεν αρκεί η δυνατότητα αυτόματης μετάβασης από το τρισδιάστατο αντικείμενο στις προβολές του. Απαιτείται και η δυνατότητα μετάβασης από τις προβολές στο αντικείμενο. Η αυτοματοποίηση της αντίστροφης διαδικασίας δεν είναι προφανής, εντός του περιβάλλοντος CAD, και αυτό σχετίζεται με χαρακτηριστικές διαφορές των δύο συστημάτων.

Στα συστήματα CAD, σε κάθε αναπαριστώμενο αντικείμενο⁷ αντιστοιχεί ένα μοναδικό στοιχείο, που αποτελεί την παράστασή του (φέρει όλη την απαιτούμενη πληροφορία), ενώ στο σύστημα Monge απαιτούνται, στη γενική περίπτωση, δύο στοιχεία: οι προβολές του στα επίπεδα προβολής και επιπλέον κατάλληλη σήμανση, που να διαφοροποιεί την πρώτη από τη δεύτερη προβολή. Ενώ στα συστήματα CAD κάθε σχεδιαστικό στοιχείο είναι αυτόνομο, στο σύστημα Monge τα σχεδιαστικά στοιχεία συνδέονται σε διατεταγμένα ζεύγη (πρώτη και δεύτερη προβολή), ώστε να ορίζεται το τρισδιάστατο αντικείμενο.

Στην περίπτωση της συμβατικής παράστασης σε σύστημα Monge, η «ανάκτηση» του τρισδιάστατου αντικειμένου προϋποθέτει την ύπαρξη εξωτερικού παρατηρητή – επαρκούς χρήστη της αναπαράστασης – ο οποίος αναγνωρίζει, με τη βοήθεια και ενός συνόλου σχεδιαστικών συμβάσεων, ποια στοιχεία της παράστασης αντιστοιχούν σε προβολές, το είδος τους και το είδος των αντικειμένων που αυτές παριστούν. Ο χρήστης είναι επομένως σε θέση να «χειριστεί» την παράσταση – να της αποδώσει νόημα. Η όλη διάταξη λειτουργεί ως ανα-παράσταση⁸, αναφέρεται δηλαδή σε κάτι εξωτερικό από αυτή την ίδια, εν προκειμένω στα γεωμετρικά αντικείμενα του τρισδιάστατου χώρου.

Για την υλοποίηση της παράστασης μέσω προβολών, σε περιβάλλον CAD, μια προφανής διαδικασία, αυτόματη ή μη, θα είχε ως εξής: Με επαρκή δεδομένα ορισμού ενός τρισδιάστατου αντικειμένου (ή κάποιας πράξης επί αντικειμένων), δημιουργούνται τα σχεδιαστικά στοιχεία που παριστούν τις προβολές του (ή τις προβολές του σχήματος που είναι αποτέλεσμα της πράξης). Η παράσταση που προκύπτει συντίθεται από γεωμετρικές οντότητες του επιπέδου XY, ενώ προστίθεται και κατάλληλη σήμανση, με χρήση οντοτήτων κειμένου. Ο «φυσικός» χρήστης ερμηνεύει κάθε σχεδιαστικό στοιχείο της παράστασης, με βάση και τη σήμανσή του. Για το περιβάλλον CAD όμως τα στοιχεία της παράστασης δεν έχουν κανένα ιδιαίτερο διακριτικό – είναι ανεξάρτητα δισδιάστατα αντικείμενα, που ανήκουν στο επίπεδο XY. Το περιβάλλον CAD δε μπορεί να συναγάγει κανενός είδους πληροφορία, για τα τρισδιάστατα αντικείμενα που παριστά το σχέδιο.

Στην εφαρμογή «Gaspard Monge», το πρόβλημα της αντίστροφης μετάβασης, από την παράσταση στο αναπαριστώμενο αντικείμενο, επιλύεται ως εξής: Η εφαρμογή «εφοδι-

⁷ Εννοούνται οι απλές γεωμετρικές οντότητες που διαθέτει το πρόγραμμα, όχι οι ορισμένες από το χρήστη και ίσως πολλαπλά εισηγμένες σύνθετες οντότητες (blocks).

⁸ Μια τεκμηριωμένη ανάλυση των όρων παράσταση και αναπαράσταση είναι πέρα από τους σκοπούς του παρόντος. Ίσως όμως είναι χρήσιμες ορισμένες διευκρινίσεις, για τον τρόπο που χρησιμοποιούνται εδώ. Υιοθετούμε τον εξής ενδεικτικό ορισμό: Ένα αντικείμενο A (αναπαραστασιακός φορέας) αποτελεί αναπαράσταση ενός πράγματος O, δηλαδή έχει ως περιεχόμενο το O, αν για κάποιον επαρκή χρήστη X η μορφή M του A μπορεί να αναφέρεται στο O. Ως αναπαραστασιακός φορέας νοείται η υλική υπόσταση του A, ενώ μορφή του αναπαραστασιακού φορέα είναι εκείνα τα χαρακτηριστικά του, που σχετίζονται με το περιεχόμενο της αναπαράστασης. (Παγωνδιώτης, 2001:60-64 – πρβλ. Λαδόπουλος, 1976:1-3). Χρησιμοποιούμε τον όρο παράσταση, όταν επικεντρώνουμε στα τυπικά (συντακτικά) χαρακτηριστικά μιας διάταξης συμβόλων του τυπικού συστήματος (π.χ. τα υλοποιημένα σε κάποιο μέσο σχήματα), ενώ χρησιμοποιούμε τον όρο αναπαράσταση, όταν η έμφαση δίνεται στη σχέση αναφοράς ανάμεσα στη μορφή του αναπαραστασιακού φορέα και στο αναπαριστώμενο αντικείμενο, δηλαδή στα σημασιολογικά χαρακτηριστικά της διάταξης. Ας σημειωθεί, ότι η διάκριση μεταξύ συντακτικών και σημασιολογικών χαρακτηριστικών είναι απλώς μεθοδολογική.

άζει» με την απαιτούμενη πληροφορία τα αντικείμενα που παράγει, ώστε ο χειρισμός της παράστασης να πραγματοποιείται «μηχανικά». Το πρόγραμμα είναι ικανό να «αναγνωρίσει» τι αναπαριστά κάθε επιμέρους στοιχείο της παράστασης και να συναγάγει πληροφορίες για το τρισδιάστατο αντικείμενο, μέρος της παράστασης του οποίου αποτελεί το στοιχείο αυτό. Επομένως το ίδιο το πρόγραμμα είναι δυνατόν να λειτουργεί, κατά κάποιον τρόπο, ως χρήστης της αναπαράστασης. Καθώς ένα πρόγραμμα υπολογιστή χειρίζεται τη *σύνταξη* του συστήματος και όχι τη *σημασιολογία* του, η εφαρμογή προσθέτει στα αντικείμενα κατάλληλες συντακτικές ιδιότητες και τις χειρίζεται με τον κατάλληλο τρόπο, ώστε τελικά, ενώ αυτή μεριμνά για τη σύνταξη, «η σημασιολογία μεριμνά για τον εαυτό της»⁹.

Εδώ εμπλέκεται ένα χαρακτηριστικό των CAD συστημάτων, που τα διαφοροποιεί από εκείνα της συμβατικής σχεδίασης, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος Monge. Σε επίπεδο οπτικής επικοινωνίας, και στις δύο περιπτώσεις, τα αντικείμενα «υλοποιούνται» ως προβολές. Αλλά τα συστήματα CAD διαθέτουν διάφορα, συνυπάρχοντα επίπεδα εσωτερικής περιγραφής των αντικειμένων. Οι περιγραφές αυτές – είτε ισοδύναμες είτε παραγόμενες μονόδρομα η μια από την άλλη – είναι εξίσου «νόμιμες». Μόνο κριτήριο επιλογής είναι η καταλληλότητά τους, σε σχέση με το εκάστοτε επιδιωκόμενο.

Κατά τη συγγραφή του προγράμματος, τα αντικείμενα παρίστανται συμβολικά ως *objects*, εξοπλισμένα με *ιδιότητες* και *μεθόδους*, είτε μέσω *λίστας ιδιοτήτων* (*association list*)¹⁰. Η παράσταση αυτή επιτρέπει την απόδοση πρόσθετων ιδιοτήτων, όχι κατ' ανάγκην γεωμετρικών, σύμφωνα με τον τύπο: *αντικείμενο – ιδιότητα – τιμή ιδιότητας* (*object – property – value*). Αυτό αξιοποιείται από την εφαρμογή, ώστε να επιτύχει τη σύνδεση και ιεραρχική οργάνωση των αντικειμένων της και μέσω αυτών το χειρισμό της παράστασης.

Χρησιμοποιείται η εξής τεχνική: Παράλληλα με την παράσταση κάθε αντικειμένου, δημιουργείται μια αόρατη οντότητα, αντιπροσωπευτική του παριστωμένου αντικειμένου. Η τελευταία είτε αποτελεί τρισδιάστατο *μοντέλο* του είτε «εκπροσωπεί» (αλλά με επάρκεια) το αντικείμενο. Στην περίπτωση των πολυέδρων, το αντιπροσωπευτικό αντικείμενο είναι ένα 3D πολυέδρο αλλά στην περίπτωση του επιπέδου είναι ένα εφαρμοσμένο διάνυσμα, κάθετο στο επίπεδο (*normal* – από το διάνυσμα προκύπτει η *εξίσωση* του επιπέδου και από αυτήν ο,τιδήποτε αφορά την παράσταση ή τη σχέση του με άλλα αντικείμενα).

Το αντιπροσωπευτικό αντικείμενο αποτελεί την «κορυφή» της ιεραρχίας. Στο επόμενο επίπεδο τοποθετούνται οι «εξαρτημένες» οντότητες, οι οποίες είναι μέρος της παράστασης – προβολές του παριστωμένου αντικειμένου ή τομές του με τα επίπεδα προβολής (ίχνη). Στη βάση της ιεραρχίας τοποθετούνται, αν υπάρχουν, οι οντότητες κειμένου, οι οποίες «ονομάζουν» αυτές του δευτέρου επιπέδου. Κάθε οντότητα ενσωματώνει στην εσωτερική της περιγραφή, ως ιδιότητά της, πληροφορία για το ρόλο της στην ιεραρχία, καθώς και για το αντικείμενο «υψηλότερου» επιπέδου, στο οποίο αναφέρεται.

Ο χειρισμός αυτός προσδίδει *δομή* στα αντικείμενα της εφαρμογής και ένα είδος στοιχειώδους «νοημοσύνης»: κάθε «μέλος» της ιεραρχίας «γνωρίζει» τι μέρος της παράστασης αποτελεί και τίνος αντικειμένου. Κατά τη λειτουργία της, η εφαρμογή αξιοποιεί πολλαπλά αυτή τη δομή.

Κατά την «αυτόματη ονοματοδοσία» των αντικειμένων, για παράδειγμα, ο χρήστης προτρέπεται να δείξει τυχόν στοιχείο της παράστασης του αντικειμένου, που επιθυμεί

⁹ Haugeland, 1981:23.

¹⁰ Ένα από τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά της Visual Lisp είναι, ότι υποστηρίζει και τους δύο αυτούς τρόπους συμβολικής περιγραφής. Ο πρώτος είναι χαρακτηριστικός στο λεγόμενο «αντικειμενοστρεφή» (object-oriented) προγραμματισμό, ενώ ο δεύτερος είναι κοινός σε όλες τις «διαλέκτους» της LISP.

να ονομάσει, και να πληκτρολογήσει όνομα. Αν το όνομα είναι σύμφωνο με τις συμβάσεις, από το στοιχείο που έχει επιδειχθεί και μέσω των εσωτερικών συνδέσεων, εντοπίζεται ολόκληρο το «δένδρο» των συνδεομένων αντικειμένων, τα οποία και ονομάζονται αυτομάτως, με χρήση ορισμένων κανόνων. Τα σύμβολα των ονομάτων (οντότητες κειμένου) συμπληρώνουν την εσωτερική δομή. Το όνομα αποτελεί στο εξής μέρος της εσωτερικής περιγραφής του αντιπροσωπευτικού αντικειμένου, επομένως και ολόκληρου του «δένδρου», το οποίο είναι δυνατόν να εντοπίζεται και με πληκτρολόγηση του ονόματός του.

Η εφαρμογή δεν εξαντλεί, προς το παρόν, όλο το εύρος των δυνατοτήτων που παρέχει η οργάνωση αυτή. Αλλά σε μελλοντική αναβάθμισή της, η παρούσα «στατική» συσχέτιση των αντικειμένων είναι δυνατόν να συμπληρωθεί και με δυναμικότερες συσχετίσεις, ώστε μεταβολές σε επιμέρους αντικείμενα να ακολουθούνται αυτόματα από κατάλληλες μεταβολές σε ολόκληρο το «δένδρο» των συνδεομένων στοιχείων, με διατήρηση του νοήματος της παράστασης.

4. Συμπεράσματα

Θεωρούμε χρήσιμο, αντί συμπεράσματος, να θέσουμε ορισμένα σημεία προβληματισμού, σχετικά με την εισαγωγή των συστημάτων CAD σε δύο τομείς, άμεσα συνδεδεμένους με το αντικείμενο της εφαρμογής: στη διδασκαλία της Γεωμετρίας και στη γεωμετρική σχεδιαστική αναπαράσταση.

Η χρήση των συστημάτων CAD στο χώρο της διδασκαλίας της Γεωμετρίας, ειδικά της Παραστατικής Γεωμετρίας, είναι ένα αδιαμόρφωτο πεδίο και η υπάρχουσα εμπειρία, τουλάχιστον η προσιτή σε μας, είναι υποτυπώδης.

Πιστεύουμε, ότι η *συνθετική* προσέγγιση στη Γεωμετρία, εφαρμοσμένη ή μη, παραμένει αναντικατάστατη, στην προσπάθεια καλλιέργειας της «αίσθησης του χώρου» στους σπουδαστές (και αυριανούς επαγγελματίες στη διαχείριση του χώρου). Αυτό δεν αφορά μόνο τον «τρόπο του συλλογίζεσθαι», αλλά και την οπτική-αισθητηριακή εμπειρία, που προκύπτει από την «εργασία επί του σχήματος».

Παράλληλα, τα γεωμετρικά περιβάλλοντα, που παρέχουν οι σύγχρονες εφαρμογές CAD, βασίζονται σε πολύ ισχυρές αλλά *αναλυτικές* τεχνικές.

Στη διάρκεια της ανάπτυξης της εφαρμογής «Gaspard Monge», είχαμε την αίσθηση, ότι παλινδρομούμε μεταξύ των δύο αυτών θεωρήσεων και ότι οι λύσεις μας είναι προϊόν συμβιβασμού. Δεν υπάρχει αμφιβολία, ότι η Πληροφορική, μεταξύ άλλων, επηρεάζει αποφασιστικά και τον τρόπο που διδάσκεται η Γεωμετρία. Ίσως όμως να απέχουμε ακόμα πολύ από το σημείο της ισορροπίας.

Στη σχεδιαστική αναπαράσταση, η κεντρική επιδίωξη της χρήσης του συστήματος Monge, η δυνατότητα δηλαδή επαρκούς περιγραφής ενός τρισδιάστατου αντικειμένου, ώστε να είναι δυνατή η υλοποίησή του στο χώρο, εξυπηρετείται από τα συστήματα CAD με ισχυρότερες τεχνικές. Πρακτικά, τα συστήματα CAD δεν αντιφάσκουν με τη φιλοσοφία του Monge, αλλά ταυτόχρονα τη διευρύνουν και την υπερβαίνουν.

Όμως η επικρατούσα σήμερα χρήση των CAD συστημάτων δεν είναι αυτή της δημιουργίας και του χειρισμού τρισδιάστατων μοντέλων, αλλά της δημιουργίας συμβατικών σχεδίων προβολών, των οποίων ο ρόλος στην τεκμηρίωση της μελέτης και στην καθοδήγηση της κατασκευής φαίνεται δύσκολο να υποκατασταθεί από το 3D ηλεκτρονικό μοντέλο. Είναι θέμα «αδράνειας» των παλαιών μεθόδων, από την οποία προκύπτει μια διαφορά φάσης στην ενσωμάτωση των νέων μέσων; Είναι θέμα «ωριμότητας» των διαθέσιμων εφαρμογών; Θεωρούμε ότι μια ευρύτερη, περισσότερο σύμφωνη με τη λογική τους, χρήση των μέσων αυτών θα συμβάδιζε, σχεδόν αναγκαστικά, με μια διαφορετική λογική, τόσο στο σχεδιασμό όσο και στην κατασκευή.

Βιβλιογραφία

Βενέρης, Γιάννης, *Εφαρμογές και Επιπτώσεις της Πληροφορικής στον Αρχιτεκτονικό και Αστικό Σχεδιασμό*, Αθήνα, 2003-04 (Σημειώσεις για το Μάθημα «Εισαγωγή στην Πληροφορική» του Τμήματος Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ).

Δημητριάδου, Εύα και Αλεξάκης, Σπύρος, *Παραστατική Γεωμετρία (Μέθοδος Monge) – Με Χρήση Ηλεκτρονικών Υπολογιστών*, 1995-96 (Πτυχιακή Εργασία στο Τμήμα Τοπογραφίας του ΤΕΙ Αθήνας, Επιβλέπων Καθηγητής Γ. Λευκαδίτης).

Haugeland, John, "*Semantic Engines: An Introduction to Mind Design*" στο *Mind Design: Philosophy – Psychology – Artificial Intelligence*, edited by John Haugeland, MIT Press, 1981, σελ. 2-34.

Jones, J. C., *Design Methods*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1992.

Λαδόπουλος, Π. Δ., *Στοιχεία Παραστατικής Γεωμετρίας*, Αθήνα, 1976.

Λευκαδίτης, Γιώργος, *Στοιχεία Παραστατικής Γεωμετρίας*, Αθήνα, 2003.

Παγωνδιώτης, Κώστας, *Το πρόβλημα των νοητικών αναπαραστάσεων στη γνωσιακή επιστήμη: Προς μια μη αναπαραστασιακή περιγραφή των νοητικών φαινομένων*, Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα, 2001.