

# Εικονική αρχαιολογία και η συμβολή των τρισδιάστατων γραφικών στην αρχαιολογική έρευνα

Γιάννης Κουρτζέλλης

Αρχαιολόγος

Κ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων

Η νοερή απεικόνιση (visualization) αρχαίων κτιρίων και πολιτισμών δεν είναι κάτι καινούριο στην επιστήμη της αρχαιολογίας. Οι περιηγητές της Αναγέννησης και του 18ου-19ου αιώνα ανακαλύπτουν τους αρχαίους συγγραφείς, τα αρχαία κείμενα και γνωρίζουν από κοντά τις αρχαιότητες, κυρίως της Αιγύπτου, της Ιταλίας και της Ελλάδας. Στο συνεργείο τους υπάρχουν αρχιτέκτονες-σχεδιαστές, που αποτυπώνουν τα ερείπια των αρχαίων μνημείων, επιχειρώντας ταυτόχρονα και τις πρώτες «εικονικές αναπαραστάσεις» των αρχαίων πολιτισμών. Τα ερείπια συμπληρώνονται, τοποθετούνται στο φυσικό τους περιβάλλον, επιχρωματίζονται, στολίζονται με αναθήματα και αγάλματα και ο σύγχρονος άνθρωπος αποκτά την πρώτη ολοκληρωμένη εικόνα για τους αρχαίους πολιτισμούς.<sup>1</sup>

Οι εικόνες αυτές σε γκραβούρες, χαρακτηριστικά και σχέδια θα αποδειχθούν ιδιαίτερα δυνατές και θα παγιώσουν την αντίληψη των ανθρώπων για την αρχιτεκτονική των αρχαίων κτιρίων, παρόλο που αρκετά από τα στοιχεία είναι φανταστικά και αποτελούν καλλιτεχνικές επινοήσεις των δημιουργών τους.

Από τα μέσα κυρίως του 19ου αιώνα η Αρχαιολογική Εταιρεία, οι ξένες αρχαιολογικές σχολές της Ευρώπης και της Αμερικής καθώς και επιφανείς αρχαιολόγοι και αρχιτέκτονες ανασκάπτουν συστηματικά τις αρχαίες πόλεις, τους ναούς και τα ιερά σε όλη την έκταση της αρχαίας Ελλάδας, από την Κάτω Ιταλία έως και τα βόρεια της Μικράς Ασίας, παρέχοντας ταυτόχρονα εξαιρετικές για την ακρίβειά τους δημοσιεύσεις. Οι Δελφοί, η Ολυμπία και αργότερα η Αρχαία Αγορά, ο Κεραμεικός και, στην περιοχή του Βορειοανατολικού Αιγαίου, η Πολιόχνη στη Λήμνο, το Ιερό του Μέσσου στη Λέσβο και το Εμποριό της Χίου<sup>2</sup> είναι μερικά μόνο από τα παραδείγματα αυτής της κατηγορίας. Οι δημοσιεύσεις των παραπάνω χώρων συμπληρώνονται με εκτενή σχέδια (όψεις, τομές, προοπτικά αλλά και αναπαραστάσεις των αρχαίων κτιρίων), στη στιγμή της ολοκλήρωσής τους, στην πιο ένδοξη στιγμή τους. Είναι ουσιαστικά οι πρώτες αναπαραστάσεις σε δύο διαστάσεις (εικ. 1).

Η έλευση των υπολογιστών, η χρήση των πολυμέσων και των εξελιγμένων γραφιστικών προγραμμάτων τρισδιάστατης απεικόνισης πληροφοριών στο χώρο του πολιτισμού προσέδωσαν νέα δυναμική στην επιστήμη της αρχαιολογίας, δημιουργώντας το πεδίο της «εικονικής αρχαιολογίας» (εικ. 2).<sup>3</sup>

## Εικονική αρχαιολογία: ορισμός

Η αναπαράσταση τοποθεσιών με αρχαιολογικό και ιστορικό ενδιαφέρον, αντικειμένων και τοπίων του παρελθόντος με τη βοήθεια υπολογιστή και προγραμμάτων τρισδιάστατων γραφικών, ονομάζεται «εικονική αρχαιολογία». Ο όρος προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Paul Reilly το 1990.



1. Αναπαράσταση του ναού του Διός στην Ολυμπία και του μεγάλου βωμού.

Η έννοια του εικονικού δηλώνει ότι πρόκειται για ένα αντίγραφο, ένα υποκατάστατο, ένα τρισδιάστατο μοντέλο, που στις περισσότερες περιπτώσεις αναπαριστά κάτι που πλέον δεν υπάρχει στην εποχή μας, αλλά υπήρξε στο παρελθόν. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας οι αρχαίοι πολιτισμοί και τα δημιουργήματά τους ζωντανεύουν στην οθόνη του υπολογιστή. Οι αρχαιολόγοι μπορούν να οπτικοποιήσουν πολύπλοκα δεδομένα της αρχαιολογικής έρευνας. Η εικονική αρχαιολογία αξιοποιεί επίσης τις δυνατότητες της εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας, όπου πλέον δεν υπάρχει μια απλή τρισδιάστατη απεικόνιση, αλλά μια δυναμική διαδραστική οπτικοποίηση-αναπαράσταση.

Η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει στον άνθρωπο να ξεπεράσει την απλή διάδραση με τον υπολογιστή που προσφέρουν το ποντίκι και το πληκτρολόγιο, τα οποία θεωρούνται «στατικά μέσα διεπαφής» και να πλοηγηθεί σε έναν τρισδιάστατο (three dimensional-3D), τεχνητό (artificial) κόσμο. Η εικονική πραγματικότητα έχει αναφερθεί ως «το εισιτήριο σε έναν άλλο κόσμο». Η επαφή ανθρώπου-υπολογιστή επιτυγχάνεται με γάντια δεδομένων ή «απτικά» γάντια (data gloves), τρισδιάστατο ποντίκι (3D mouse) ή στερεοσκοπικά κιάλια (goggles ή head-mounted displays). Ο χρήστης αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο με ένα τρισδιάστατο συνθετικό περιβάλλον, όπως στον πραγματικό κόσμο. Οι θεμελιώδεις έννοιες της εικονικής πραγματικότητας είναι η εμπύθιση (immersion), η αλληλεπίδραση (interaction) και η πλοήγηση (navigation).

Τα τρισδιάστατα μοντέλα ενός αρχαιολογικού χώρου τοποθετημένα μέσα σε προβαλλόμενα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας, όπως το «Cave» του Ιδρύματος Μείζονος

Ελληνισμού, αυξάνουν το βαθμό αλληλεπίδρασης με το χρήστη και παρέχουν νέες δυναμικές δυνατότητες στην εξερεύνηση των αρχαίων πολιτισμών, στην οπτικοποίηση χαρακτηριστικών αντικειμένων, σύνθετων εννοιών και γεγονότων. Επιπλέον σταθερές ή κινούμενες εικόνες ενός μνημείου μπορεί να προβληθούν μέσω CD-ROMs, DVDs και στο διαδίκτυο, ενισχύοντας την επισκεψιμότητά του.

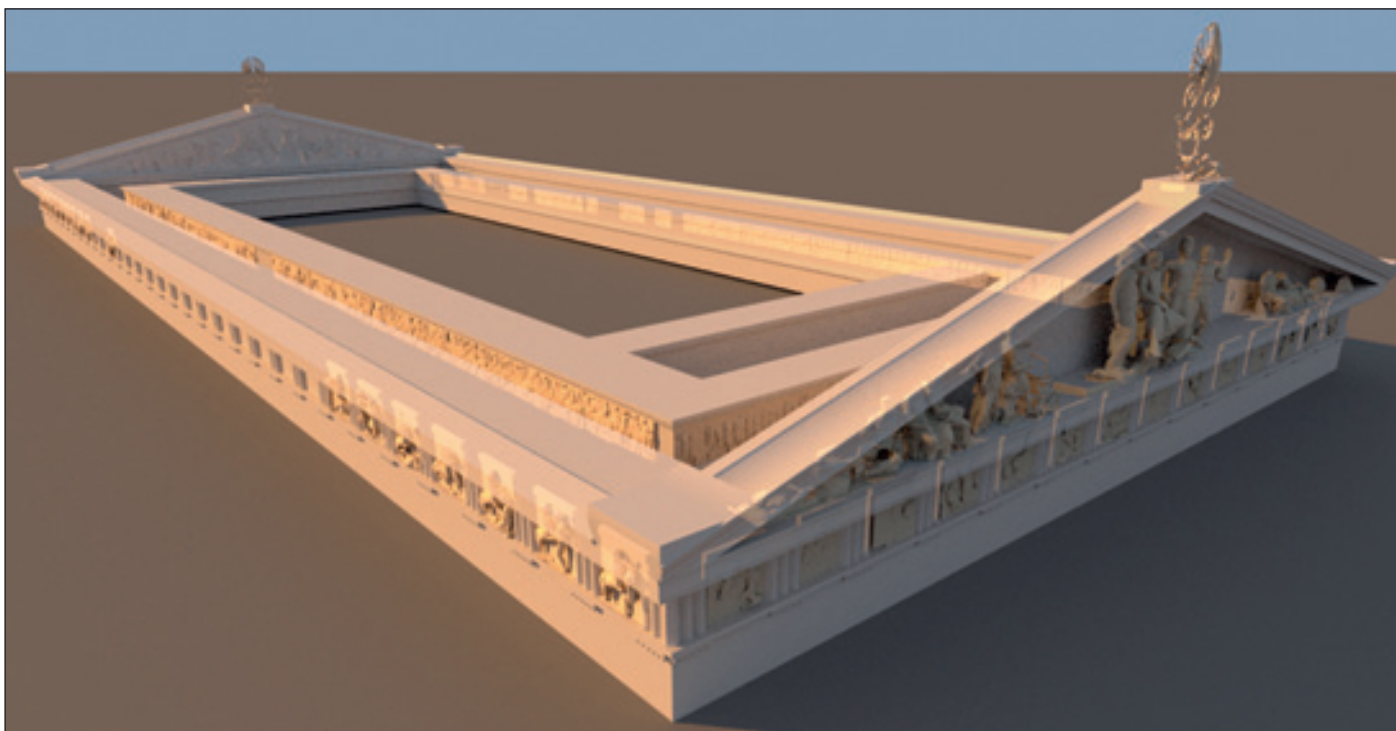
Τα τελευταία χρόνια η αυξανόμενη βελτίωση των γραφιστικών προγραμμάτων οδήγησε στη δημιουργία πολλών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων αρχαιολογικών χώρων με τη βοήθεια υπολογιστή. Με τον όρο «τρειςδιάστατες αναπαραστάσεις με τη βοήθεια υπολογιστή» αναφερόμαστε στη δημιουργία τρισδιάστατων εικονικών μοντέλων ανασκαφών, αρχαιολογικών χώρων, τοπίων και καλλιτεχνημάτων με τη βοήθεια γραφιστικών προγραμμάτων, όπως το το XSI, το Maya, το 3D Studio Max, το Cinema 4D, το Microstation κ.ά.

Οι υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο χώρο του πολιτισμού στους παρακάτω τομείς:

1. Ψηφιακή διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς.
2. Ενίσχυση της εκπαιδευτικής-μαθησιακής διαδικασίας.
3. Πολιτιστική επικοινωνία, διάδοση της πολιτιστικής κληρονομιάς.
4. Τρισδιάστατες αναπαραστάσεις και εικονική πραγματικότητα αρχαιολογικών τόπων και αντικειμένων.

### Ο σκοπός της εικονικής αρχαιολογίας

Η παραδοσιακή αρχαιολογία, όπως έχει διαμορφωθεί τα τελευταία 100 χρόνια, έχει σκοπό να μας οδηγήσει να κατανοήσουμε τα διάφορα στάδια στην εξέλιξη του πολιτισμού,



2. Τρισδιάστατη ιδεατή αναπαράσταση των γλυπτών του Παρθενώνα.

ανασκάπτοντας τόπους με αρχαιολογικό ενδιαφέρον και φέρνοντας στο φως στοιχεία, που φωτίζουν διάφορες πλευρές της ανθρώπινης δημιουργίας από τις πιο ταπεινές (συνθήκες διαβίωσης, εργαλεία, οπλισμός, σκευή) μέχρι τις πιο ανεπτυγμένες, όπως η τέχνη και η αρχιτεκτονική. Μετά την ανασκαφή και τη συλλογή των δεδομένων, ακολουθεί η οργάνωση και η ερμηνεία τους. Στο τέλος τα δεδομένα οπτικοποιούνται με τη μορφή σχεδίων και εικόνων.

Στις αρχές του 21ου αιώνα οι αρχαιολόγοι διαθέτουν μια σειρά εργαλείων, που τους επιτρέπουν να οπτικοποιήσουν τα ανασκαφικά δεδομένα. Η εικονική αρχαιολογία με αυτό τον τρόπο συνδυάζει αφενός μεν πρακτικές της παραδοσιακής αρχαιολογίας δοκιμασμένες στο χρόνο, αφετέρου δε καινοτόμες τεχνικές καταγραφής και οπτικοποίησης πληροφοριών με τη βοήθεια των τρισδιάστατων γραφικών.

Ο σημαντικότερος σκοπός της εικονικής αρχαιολογίας είναι η συνεργασία μεταξύ των ερευνητών και των αρχαιολόγων πεδίου. Παρέχει τη δυνατότητα στους ανασκαφείς να μοιράζονται τις ανακαλύψεις τους με επιστήμονες από όλο τον κόσμο. Ολοκληρώνοντας την ανασκαφική έρευνα ακολουθεί η δημοσίευση των αποτελεσμάτων. Οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις συμπληρώνουν τις επιστημονικές δημοσιεύσεις, παρέχουν πολύ δυνατές εικόνες, ενισχύουν το εκτενές κείμενο και την παραδοσιακή σχεδιαστική αποκατάσταση (εικ. 3).

Όταν η νέα πληροφορία τοποθετηθεί σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο, μπορεί να ανανεώνεται διαρκώς, όταν προκύπτουν νέα στοιχεία. Η διαδικασία της ανακατασκευής ή της συμπλήρωσης δεδομένων είναι σαφώς ευκολότερη σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον από ό,τι στο αναλογικό σχέδιο, το οποίο πρέπει να δημιουργηθεί από την αρχή, κοστίζοντας έτσι σε χρόνο και σε χρήμα. Οι αρχαιολόγοι μπορούν πλέον να συνεργάζονται καλύτερα μεταξύ τους δημιουργώντας ολοένα και πιο αναλυτικά μοντέλα των αρχαίων πολιτισμών.

Σημαντικός σκοπός της εικονικής αρχαιολογίας είναι και η βελτιωμένη παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανασκαφικής έρευνας. Τα τρισδιάστατα μοντέλα ενός μνημείου μπορούν να προβληθούν στο διαδίκτυο. Το διαδίκτυο παρέχει εκτεταμένες δυνατότητες προβολής μέσω εικονικών εκθέσεων, που αφορούν είτε σε αντικείμενα είτε σε ολόκληρους αρχαιολογικούς χώρους. Μέχρι τώρα ο μοναδικός τρόπος παρουσίασης εκθεμάτων ήταν στις αίθουσες ενός μουσείου, απαιτώντας έτσι τη φυσική επίσκεψη των ενδιαφερομένων. Η διαδικασία της φυσικής έκθεσης, όμως, έχει μερικούς σοβαρούς περιορισμούς: α) θέματα ασφάλειας, β) συντήρηση των αντικειμένων, γ) έλλειψη φυσικού χώρου.

Με τη βοήθεια των εικονικών αναπαραστάσεων αρχαιολογικών χώρων και καλλιτεχνημάτων, τα παραπάνω προβλήματα φαίνεται να αντιμετωπίζονται. Από τη στιγμή που τα εικονικά μοντέλα υπάρχουν αποκλειστικά μέσα σε έναν υπολογιστή δεν τίθενται όρια ως προς την έκτασή τους. Επίσης, η εικονική έκθεση μπορεί να διατηρηθεί για μεγάλα χρονικά



3. Τρισδιάστατη ιδεατή παρουσίαση του εσωτερικού της Βασιλικής της αρχαίας πόλης CLVNIA.

διαστήματα στο διαδίκτυο, παρέχοντας σύνθετες αναλυτικές πληροφορίες για όλες τις παραμέτρους της έκθεσης (ιστορικό πλαίσιο, συνευρήματα, αρχαιότητες της ευρύτερης περιοχής). Κανένα από τα αναλογικά ευρήματα δεν κινδυνεύει από τη φυσική του έκθεση, από περιβαλλοντικούς παράγοντες, από κλοπή ή βανδαλισμό (εικ. 4).

Η παρουσίαση των τρισδιάστατων αναπαραστάσεων στο ευρύ κοινό και στην παγκόσμια κοινότητα των επιστημόνων με τη μορφή εικονικών εκθέσεων, είτε στο διαδίκτυο είτε μέσα σε αυτόνομα φορητά φορμάτ αποθήκευσης, όπως το DVD, είναι ιδιαίτερα κατανοητή στην περίπτωση του Ναού του Επικούρειου Απόλλωνα στις Βάσσες της Φιγαλείας. Ο ναός αντιμετωπίζει μεγάλα προβλήματα διάβρωσης και για την προστασία του έχει τοποθετηθεί ένα είδος στεγάστρου με αποτέλεσμα ο ναός να είναι «αόρατος» για πάνω από 20 χρόνια, καθιστώντας σχεδόν απαγορευτική τη φυσική επίσκεψη του μνημείου.

Επίσης, η τρισδιάστατη αναπαράσταση και η παρουσίαση του θα πρότεινε ανέξοδες λύσεις στους αρχιτέκτονες που ασχολούνται με τη φυσική του αναστήλωση, λύσεις που θα δοκιμάζονταν στο εικονικό μοντέλο πριν αποφασιστεί οποιαδήποτε επέμβαση στο πραγματικό μνημείο. Το πολιτιστικό αγαθό, σε ψηφιακή μορφή, είναι διαθέσιμο στους επισκέπτες χωρίς να απαιτείται πλέον η φυσική επίσκεψή τους στο χώρο.

### Επιστημονική προσέγγιση της εικονικής αναπαράστασης αρχαιολογικών χώρων

Οι άνθρωποι, στην προσπάθειά τους να αναπαραγάγουν και να αναπαραστήσουν την πολυπλοκότητα του αληθινού κόσμου, κατασκευάζουν σχέδια, μοντέλα, ή προχωρούν σε αναλυτικές γλωσσικές περιγραφές, προκειμένου να μεταδώσουν στους άλλους τη σκέψη και τη γνώση τους. Ένα αναλυτικό εικονικό μοντέλο ενός μνημείου ή ενός αρχαιολογικού χώρου έχει επιστημονική αξία μόνο αν μέσα από τις λεπτο-



4. Τρισδιάστατη αναπαράσταση της σημερινής μορφής του Παρθενώνα από το Πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας και το Ινστιτούτο Δημιουργικών Τεχνολογιών, που προβάλλεται στο διαδίκτυο.

μέρειες που προβάλλονται μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση και στην επίλυση επιστημονικών προβλημάτων, δηλαδή εάν είναι ανοιχτό σε κριτική θεώρηση. Τα λογισμικά-εργαλεία ή οι προσπάθειες εικονικής αναπαράστασης έχουν δύο βασικές χρήσεις: την ερμηνευτική (interpretive) και την εκφραστική (expressive). Τα ερμηνευτικά εργαλεία βοηθούν τους επιστήμονες να δουν και να επεξεργαστούν την οπτικοποιημένη πληροφορία, ώστε να ερμηνεύσουν την πληροφορία που έχει οπτικοποιηθεί.

Η οπτική απεικόνιση βοηθάει τον επιστήμονα να διευκρινίσει δύσκολες ή αποσπασματικές πληροφορίες ενός μνημείου και να κατανοήσει τα συμφραζόμενα, κάνοντάς τα περισσότερο αντιληπτά.

Η εκφραστική χρήση της εικονικής αναπαράστασης βοηθάει τους χρήστες-αποδέκτες στην κατανόηση της πληροφορίας, ώστε να γίνει αντιληπτή από το κοινό με τη βοήθεια της εικόνας ή της κινούμενης εικόνας (κατά μία έννοια απλοποιείται η αρχαιολογική πληροφορία με την οπτικοποίηση) (εικ. 5).

Τα μέσα και οι τεχνικές οπτικοποίησης βοηθούν τους επιστήμονες να διερευνήσουν όλα τα δεδομένα της έρευνάς τους, τα οποία συνήθως προέρχονται από την ανασκαφική διαδικασία, να ανοίξουν νέους δρόμους στην έρευνα και να μεταδώσουν τις ανακαλύψεις τους, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα της εργασίας τους. Ήδη το 1986, ο Latour, συλλαμβάνοντας τη δύναμη της εικονικής αναπαράστασης, αναφέρει χαρακτηριστικά: «Η οπτικοποίηση βοηθάει να διευκρινίσουμε τι υπάρχει ή να αλλάξουμε τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες σκέφτονται. Εφόσον πάνω από το 60% της διανοητικής διαδικασίας είναι αφιερωμένο στην οπτική διαδικασία, η επιστημονική οπτικοποίηση της αρχαιολογικής πληροφορίας θα βελτιώσει δραματικά την επιστημονική ερμηνεία-εξήγηση των αρχαιολογικών δεδομένων».

Οι εικονικές αναπαραστάσεις παρέχουν τη δυνατότητα της «προσομοίωσης» επιστημονικών δεδομένων, που προέρχονται από την ανασκαφική διαδικασία και τις δημοσιεύσεις, με τη μορφή της εικόνας. Μια σημαντική δυνατότητα της αναπαράστασης με τη βοήθεια υπολογιστών είναι η ερμηνεία αυτών των δεδομένων, βοηθώντας τους ειδικούς να κατανοήσουν θέματα κατασκευαστικά, χωροταξικά, να λάβουν απαντήσεις για την οργάνωση των χώρων, τη χρονολογική διαδοχή των κτιρίων ή τις καταστροφές και αλλαγές, που έχουν συντελεσθεί σε ένα μνημείο.

### Τρισδιάστατα γραφικά στην αρχαιολογία

Τα τρισδιάστατα γραφικά μάς επιτρέπουν:

1. *Καλύτερη παρουσίαση των αρχαίων λειψάνων.* Οι ψηφιακές τρισδιάστατες αναπαραστάσεις αρχαιολογικών χώρων και μνημείων επιτρέπουν την καλύτερη παρουσίαση των αρχαίων λειψάνων, είτε πρόκειται για σταθερά οικοδομικά κατάλοιπα, είτε για κινητά ευρήματα και ίχνη παρελθόντων πολιτισμών. Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις, όπου η αρχαιολογική πληροφορία είναι κατανοητή μόνο από τους ειδικούς, τα λογισμικά τρισδιάστατων γραφικών και η ψηφιακή οπτικοποίηση των δεδομένων μπορούν να προσφέρουν σαφώς καλύτερη εικόνα.

Τα τρισδιάστατα γραφικά αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο στα χέρια των μελετητών ενός αρχαιολογικού χώρου στην προσπάθεια κατανόησης των διαφορετικών χρονολογικών φάσεων ενός μνημείου ή ενός συνόλου μνημείων. Οι ερευνητές, στην προσπάθειά τους να αποκαταστήσουν την αρχική μορφή ενός κτιρίου, ειδικά σε κτίρια με μακράιωνη πορεία και με πολλές προσθήκες, επιδιορθώσεις και αλλαγές, με τη βοήθεια της τεχνολογίας, κατανοούν ποια αρχιτεκτονικά μέλη ανήκουν σε κάθε φάση του κτιρίου. Η διαφορά με τη δισδιάστατη αναλογική σχεδιαστική αποκατάσταση είναι η δυνατότητα επεξεργασίας των δεδομένων, η ταχύτητα παραγωγής του εικονικού μοντέλου και πρωτίστως η δυνατότητα επεξεργασίας του.

2. *Δυνατότητα καλύτερης κατανόησης των διαφορετικών φάσεων καταστροφής ενός χώρου.* Παρομοίως, με την ψηφιακή αναπαράσταση και επεξεργασία των δεδομένων οι ερευνητές έχουν τη δυνατότητα καλύτερης κατανόησης των διαφορετικών φάσεων καταστροφής ενός χώρου, αποδίδοντας με σύνθετες ψηφιακές εικόνες κάθε στοιχείο που παρέχει μαρτυρίες για την εξέλιξη μιας αρχαιολογικής θέσης, ενισχύοντας την έρευνα και βοηθώντας στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

3. *Δυνατότητα διαρκούς βελτίωσης και ενσωμάτωσης νέας πληροφορίας.* Τα τρισδιάστατα γραφικά αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο εικονικής αναπαράστασης, τα οποία βελτιώνονται διαρκώς, οπτικοποιώντας τις νέες ανακαλύψεις. Δίνουν τη δυνατότητα διαρκούς βελτίωσης της ψηφιακής αποκατάστασης βάσει των νέων δεδομένων που προκύπτουν διαρκώς από την ανασκαφική διαδικασία. Το μοντέλο εξελίσσεται, τα κενά στην πληροφορία συμπληρώνονται διαρκώς αξιοποιώντας τα νέα στοιχεία.

4. *Μελέτη διαφορετικών υποθετικών θεωριών.* Δεν είναι άγνωστο στην παγκόσμια βιβλιογραφία, κυρίως για μνημεία με σημαντική εξελικτική πορεία ανά τους αιώνες, να υπάρχουν διαφορετικές προτάσεις αποκατάστασης από τους ερευνητές. Για παράδειγμα, το Μουσουλείο της Αλικαρνασσού στα μικρασιατικά παράλια και ο ναός της Αρτέμιδος στην Έφεσο, εμφανίζουν τελείως διαφορετικές και διαμετρικά αντίθετες μελέτες αναπαράστασης και αποκατάστασης. Ο λόγος της διαφωνίας των ειδικών για το Μουσουλείο της Αλικαρνασσού<sup>4</sup> είναι η έλλειψη του πρωταρχικού μνημείου, καθώς αυτό διαλύθηκε για την κατασκευή του φρουρίου της πόλης, στο οποίο ενσωματώθηκαν πολλά αρχιτεκτονικά μέλη. Είναι χαρακτηριστικά τα λόγια του Γ. Μπακαλάκη ως προς τις προσπάθειες αποκατάστασης: «Με βάση τις πληροφορίες των πηγών και τα ερείπια, προσπαθούν οι ειδικοί να αναπαραστήσουν το μνημείο, και οι αναπαραστάσεις φυσικά είναι αδύνατο να αληθεύουν απολύτως. Είναι άλλωστε τόσες πολλές, ώστε να έχει γραφεί και μονογραφία για αυτές. Εύλογα κάθε εποχή βλέπει διαφορετικά, με το δικό της τρόπο το πρόβλημα». Τα τρισδιάστατα γραφικά αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο στην οπτικοποίηση αυτών των προτάσεων, στη σύγκριση και τελικά στον έλεγχο τους. Τα υποθετικά μοντέλα συγκρίνονται μεταξύ τους και οι ειδικοί μπορούν να διαπιστώσουν τα λάθη ή τις παραλείψεις κάθε άποψης.

5. *Καλύτερη συντήρηση ενός αρχαιολογικού χώρου.* Ειδικά σε μεγάλα προγράμματα αναστήλωσης αρχαίων κτιρίων, τα τρισδιάστατα γραφικά αποτελούν σημαντικό εργαλείο στα χέρια των ειδικών, οι οποίοι,

προτού επιχειρήσουν τη φυσική τους αποκατάσταση συμπληρώνοντάς τα με νέα κομμάτια, δημιουργούν το εικονικό μοντέλο τους. Για την κατασκευή του εικονικού μοντέλου είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη εξαρχές προβλήματα ένωσης των αρχιτεκτονικών μελών του, προβλήματα έδρασης, να προσδιορισθεί η ακριβής θέση αρχιτεκτονικών μελών μέσα στο οικοδόμημα, κ.ά. Επίσης με τη βοήθεια της τεχνολογίας αποκαθίστανται τα αρχικά χρώματα, δίνοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της μορφής ενός οικοδομήματος.

6. *Παρουσίαση του διλήμματος μεταξύ των παλαιών και των νέων αποκαταστάσεων στην περίπτωση της επανακατασκευής.* Στην πορεία της αρχαιολογικής έρευνας προκύπτουν διαρκώς νέα στοιχεία, που αλλάζουν ή συμπληρώνουν τις γνώσεις μας για την αρχαία αρχιτεκτονική. Η αποκατάσταση αρχαίων κτιρίων είναι μια διαρκής διαμάχη ανάμεσα στους ειδικούς για τον προσδιορισμό του τι είναι δεοντολογικά ορθό. Κάθε εποχή διεκδικεί το μερίδιό της στη μελέτη



5. Το Νυμφαίο της αρχαίας Σαλαγασσού στη ΝΑ Τουρκία. Επάνω: εικονική αναπαράσταση. Κάτω: παρούσα κατάσταση.

των υλικών καταλοίπων και στην αποκατάσταση σημαντικών κυρίως κτιρίων, με αποτέλεσμα να προκύπτουν αποκαταστάσεις που, μετά την παρέλευση μερικών ετών, θεωρούνται ξεπερασμένες, τόσο σε επίπεδο τεκμηρίωσης, καθώς νέα στοιχεία αποκάλυπτονται, τα οποία δεν είχαν ληφθεί υπόψη, και δεύτερον νέα υλικά συντήρησης<sup>5</sup> εφευρίσκονται ή παλαιά υλικά κρίνονται ακατάλληλα. Με τη βοήθεια των ψηφιακών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων οι θεωρίες δοκιμάζονται, οι προτάσεις ερευνώνται, με αποτέλεσμα να κρίνεται η καταλληλότητά τους – ορθότητα πρώτα σε υπολογιστικό περιβάλλον και έπειτα στο πραγματικό μνημείο. Επίσης, η εικονική αναστήλωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαπιστωθεί η ποσότητα υλικού που απαιτείται για τη φυσική αναστήλωση ενός κτιρίου κ.ά.

7. *Μεγάλη ποικιλία προϊόντων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για δημοσίευση.* Τα τρισδιάστατα γραφικά παράγουν φωτορεαλιστικές εικόνες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση, την ανάδειξη και την προβολή ενός αρχαιολογικού χώρου σε πλήθος αναλογικών-έντυπων εκδόσεων, όπως επιστημονικές δημοσιεύσεις, αρχαιολογικοί οδηγοί, λευκώματα, posters κ.ά. Επίσης, χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αρχαιολογικών ντοκιμαντέρ μικρής διάρκειας, που συνδυάζουν πραγματικές λήψεις και ψηφιακές εικόνες ή αποτελούνται αποκλειστικά από ψηφιακές εικόνες καθώς και για τη δημιουργία πολυμεσικών εφαρμογών και προβολή στον διαδικτυακό χώρο ενός πολιτιστικού οργανισμού (εικ. 6).

Αξίζει να σημειωθεί η συμβολή τους στην κατανόηση του αρχαιολογικού υλικού, καθώς παρέχουν μια πιο ανοιχτή και αντιληπτή έκδοση των αρχαιολογικών δεδομένων. Η αρχαιολογική πληροφορία με τη βοήθεια των ψηφιακών εικόνων γίνεται πιο προσιτή και κατανοητή στην πλειονότητα του κοινού, το οποίο δεν είναι εξοικειωμένο με τα αναλογικά σχέδια (κατόψεις, όψεις, τομές, προοπτικά) που δημιουργούν οι αρχιτέκτονες και οι σχεδιαστές και αφορούν σε τελική ανάλυση μόνο τους ειδικούς. Το τρισδιάστατο μοντέλο, έχοντας συγκεντρώσει όλη την απαραίτητη επιστημονική πληροφορία, είναι φορέας γνώσης και για τους μη ειδικούς, οι οποίοι αναγνωρίζουν καλύτερα την πληροφορία.

8. *Τρισδιάστατα γραφικά στην ανασκαφή και στην επιφανειακή έρευνα.* Με τη βοήθεια των τρισδιάστατων γραφικών



6. Φωτογραφικά καρέ από τη σύντομη εφαρμογή με τίτλο «Παρθενών», που παρουσιάζουν την πομπή των Παναθηναίων στη δυτική πλευρά του ναού.

οι αρχαιολόγοι έχουν καλύτερη εικόνα των ανασκαφικών στρωμάτων κατά τη διενέργεια της ανασκαφής. Η αρχαιολογική έρευνα απαιτεί πολλές φορές την αφαίρεση των νεότερων οικοδομικών λειψάνων προκειμένου να προχωρήσει στα βαθύτερα στρώματα.

Ιδιαίτερα σε ανασκαφές με εκτεταμένα οικοδομικά λείψανα που ανήκουν σε πολλές χρονολογικές περιόδους ο αρχαιολόγος δυσκολεύεται να αποκτήσει την πλήρη εικόνα. Με τη βοήθεια των τρισδιάστατων γραφικών μπορούν να δημιουργηθούν ψηφιακές απεικονίσεις κάθε οικοδομικής φάσης ξεχωριστά μαζί με τα ευρήματά της ή συνολικές αναπαραστάσεις, στις οποίες θα τονίζεται κάθε φορά κάποια χαρακτηριστική διάσταση ή παράμετρος της ανασκαφής. Ιδιαίτερα σε χωροταξικά εκτεταμένες ανασκαφές, η εικονική αναπαράσταση χώρων-δωματίων σε συνδυασμό με τα ευρήματά τους, οδηγεί απευθείας στην αναγνώριση χώρων και χρήσεων (συνοικίες επαγγελματιών, κοινόχρηστα μέρη, πλατείες, χώροι κατοίκησης, συνάθροισης, εμπορίου κ.ά.). Η οπτικοποιημένη πληροφορία με τη μορφή τρισδιάστατων γραφικών, μπορεί εύκολα να ανανεωθεί και φυσικά είναι διαθέσιμη ευκολότερα και στους μελλοντικούς ερευνητές.

9. *Τρισδιάστατα γραφικά και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.* Τα τρισδιάστατα γραφικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην επιφανειακή αρχαιολογική έρευνα, συνδυαζόμενα με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) με τη δημιουργία τρισδιάστατων αναπαραστάσεων πάνω σε έναν ψηφιακό θεματικό χάρτη.<sup>6</sup> Η τεχνολογία επιτρέπει την απόκτηση της γεωμετρίας του γεωγραφικού ανάγλυφου

μιας περιοχής με τρισδιάστατη σάρωση ή με φωτογραμμικές αποτυπώσεις και τη μετέπειτα τοποθέτηση του εικονικού τρισδιάστατου μοντέλου ενός μνημείου (εικ. 7).

Βασικά στοιχεία του γεωγραφικού αναγλύφου, τα βουνά και τα ποτάμια εμφανίζουν μια συνέχεια αδιάκοπη στην πορεία του χρόνου. Λίγα στοιχεία έχουν υποστεί αλλαγή από την αρχαιότητα έως σήμερα και συνήθως για τις αλλαγές αυτές υπάρχουν φιλολογικές μαρτυρίες.<sup>7</sup>

Οι ερευνητές τοποθετώντας μνημεία, αρχαίους δρόμους, σύνορα πόλεων και επικρατειών, και έχοντας το γεωγραφικό ανάγλυφο μιας περιοχής (DTM, Digital Terrain Model) μπορούν να παρατηρήσουν πλευρές της αρχαίας κατοίκησης, οι οποίες είναι πολύ δύσκολο να φανούν πάνω σε έναν αναλογικό χάρτη ή μία μακέτα, όπως οι αρχαίες οδικές αρτηρίες και τα όρια επικρατειών. Θέματα, όπως η διασπορά και η εξάπλωση κεραμικής, η διάδοση εργαστηρίων και καλλιτεχνικών μοτίβων, παρουσιάζονται στην οθόνη ενός υπολογιστή και η ανάλυσή τους παρέχει νέα σημαντικά στοιχεία στους ειδικούς. Επίσης, η πληροφορία που δημιουργείται μπορεί να ανανεώνεται διαρκώς με χαμηλό κόστος και ευκολία στην επεξεργασία, κάτι που δεν ισχύει στις αναλογικές μορφές παρουσίασης, οι οποίες πρέπει να δημιουργούν από την αρχή (π.χ. μια μακέτα).

Η χρήση των υπολογιστών στο χώρο του πολιτισμού αποτελεί τεχνολογία αιχμής με ραγδαία εξέλιξη, που θα επιτρέψει στους πολιτιστικούς οργανισμούς καταρχήν να ψηφιοποιήσουν το υλικό τους, ώστε αυτό να είναι διαθέσιμο στην επιστημονική κοινότητα και στο ευρύ κοινό, και στη συνέχεια να μελετήσουν, να επεξεργαστούν και να οπτικοποιήσουν με τη βοήθεια των τρισδιάστατων γραφικών πολύπλοκα δεδομένα, έννοιες και ευρήματα, παρέχοντας έτσι μια πιο αντιληπτή μορφή του πολιτιστικού αγαθού.<sup>8</sup>



7. Τρισδιάστατο μοντέλο του θεάτρου της CLVNIA, που έχει δημιουργηθεί με «laser scanner».

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

<sup>1</sup> Αναφέρουμε ενδεικτικά κάποιες δημοσιεύσεις με σχεδιαστικές προσεγγίσεις, που αποδίδουν την πραγματική εικόνα των μνημείων που αντίκρισαν οι περιηγητές, καθώς και προσπάθειες ανασύστασης του παρελθόντος: Κ.Σ. Στάικος (επιμ.), *Ξένοι Περιηγητές στην Ελλάδα (15ος-20ός αιώνας)*, εκδόσεις Κότινος, Αθήνα 2006· Τ. Bowie, *The Carrey Drawings of the Parthenon Sculptures*, Indiana University Press, 1971.

<sup>2</sup> Η Γαλλική Αρχαιολογική Σχολή έχει ανασκάψει τους Δελφούς, η Γερμανική Αρχαιολογική Σχολή την Ολυμπία, η Αμερικανική Αρχαιολογική Σχολή την Αρχαία Αγορά. Στην περιοχή του Βορειοανατολικού Αιγαίου έχει δραστηριοποιηθεί η Ιταλική Αρχαιολογική Σχολή στην Πολιόχνη και την Ηφαιστία της Λήμνου, το Γερμανικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο στα Μέσσα της Λέσβου, η Αγγλική Αρχαιολογική Σχολή στη Θερμή, την Αντίσσα της Λέσβου και στο Εμποριό της Χίου.

<sup>3</sup> Ιστοσελίδες σχετικές με το θέμα της εικονικής αρχαιολογίας είναι διαθέσιμες στο: <http://www.mnsu.edu/emuseum/archaeology/virtual/links.html>.

<sup>4</sup> Το Μαυσωλείο της Αλικαρνασού άρχισε να κτίζεται το 353 π.Χ. πριν από το θάνατο του Μαύσωλου, σατράπη της Καρίας, και ολοκληρώθηκε από τη σύζυγό του Αρτεμισία. Φαίνεται να ολοκληρώθηκε στα χρόνια του Αλεξάνδρου. Χαρακτηρίστηκε ένα από τα 7 θαύματα του κόσμου και έδωσε τον όρο «Μαυσωλείο» για κάθε λαμπρό ταφικό μνημείο. Κατά τον Πλίνιο, αρχιτέκτονας ήταν ο Πυθίος, για τη γλυπτική του διακόσμηση εργάστηκαν οι γλύπτες Βρύαξης, Λεωχάρης, Τιμόθεος και ο Σκόπας και, σύμφωνα με τον Βιτρούβιο, ο Πραξιτέλης χωρίς αυτό να είναι ορθό. Έχει δεχθεί πολλές προσπάθειες αποκατάστασης, από τις οποίες παρουσιάζονται οι δύο σημαντικότερες. Ο λόγος της διαφάνειας των ειδικών είναι η έλλειψη του πρωταρχικού μνημείου, καθώς αυτό διαλύθηκε για την κατασκευή του φρουρίου της πόλης, στο οποίο ενσωματώθηκαν πολλά αρχιτεκτονικά μέλη. Βλ. Γ. Μπακαλάκης, *Από τον Φειδία ως τον Πραξιτέλη*, Εκδοτικός Οίκος Αφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 1990, σ. 85-86.

<sup>5</sup> Το παράδειγμα των πρώτων εκτεταμένων αναστηλωτικών εργασιών στα μνημεία της Ακροπόλεως από τον Ν. Μπαλάνο στις αρχές του 20ού αιώνα και της εκ των υστέρων απομάκρυνσης των υλικών συντήρησης είναι χαρακτηριστικό.

<sup>6</sup> Οι θεματικοί χάρτες είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι στην επιστήμη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, καθώς παρουσιάζουν εξειδικευμένη πληροφορία, π.χ. τους αρχαιολογικούς χώρους των κλασικών χρόνων, των βυζαντινών χρόνων, τα μνημεία γεωλογικού ενδιαφέροντος κ.ά.

<sup>7</sup> Κτηματολογικές επιγραφές, πληροφορίες από τους αρχαίους συγγραφείς για αποψιλώσεις γης, εισαγωγή νέων καλλιεργειών, φυσικές καταστροφές (σεισμοί, πλημμύρες), εκχερσώσεις κ.ά.

<sup>8</sup> Σε αυτή την κατεύθυνση κινούνται πολλά ερευνητικά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως το 3D MURALE, «3D Measurement and Virtual Reconstruction of Ancient Lost Worlds of Europe», το οποίο ερευνά και δημιουργεί ένα σύνολο από χαμηλού κόστους πολυμεσικά εργαλεία για καταγραφή, ανακατασκευή, κωδικοποίηση, οπτικοποίηση αρχαίων κτιρίων, τμημάτων κτιρίων, αγαλμάτων, κεραμικής, στρωματογραφίας, γεωμετρίας εδάφους, «texture» και «material texture», μαζί με μία βάση δεδομένων για κατάλληλη αποθήκευση και ανάκτηση της αρχαιολογικής πληροφορίας. Περισσότερες πληροφορίες στην ηλεκτρονική διεύθυνση του προγράμματος: <http://dea.brunel.ac.uk/project/murale/>.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BACKHOUSE P., «Growing in data? Digital data in a British contracting unit», στο L. Evans / P. Daly (επιμ.), *Digital Archaeology, Bringing Method and Theory*, Routledge, New York 2006, σ. 50-58.

BARCELO J., «Visualizing what might be: an introduction to virtual reality techniques in Archaeology», στο J.A. Barcelo / M. Forte / D.H. Sanders (επιμ.), *Virtual Reality in Archaeology, Computer Applications and*

*Quantitative Methods in Archaeology*, British Archaeological Reports (Int. Series, S 843), Oxford 2000, σ. 9-35.

ECONOMOU D., «The role of virtual actors in collaborative virtual environments for learning», Department of Computing and Mathematics, Manchester Metropolitan University, Manchester 2002 (διδακτορική διατριβή).

FORTE M., «About virtual Archaeology: Disorders, cognitive interactions and virtuality», στο J. Barcelo / M. Forte / D. Sanders (επιμ.), *Virtual Reality in Archaeology*, British Archaeological Reports (Int. Series, S 843), Oxford 2000, σ. 247-263.

GILLINGS M., «Engaging place: a framework for the intergration and realisation of virtual approaches in Archaeology», στο L. Dingwall / S. Exon / V. Gaffney / S. Laflin / M. Van Leusen (επιμ.), *Archaeology in the Age of Internet*, CAA 1997, British Archaeological Reports (Int. Series, S 750), Oxford 1999.

GOODRICK G. / J. HARDING, «Virtual reality at the Neolithic monument complex of Thornborough, North Yorkshire», στο J. Barcelo / M. Forte / D. Sanders (επιμ.), *Virtual Reality in Archaeology, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, British Archaeological Reports (Int. Series, S 843), Oxford 2000, σ. 115-120.

GORDING D.N. / D.C. EDELSON / L. GOMEZ, «Scientific visualization as an interpretive and expressive medium», *Proceedings of the Second International Conference on the Learning Sciences, Charlottesville*, Association for the Advancement of Computers in Education, 1996.

KADOBAYASHI R. / K. NISHIMOTO / K. MASE, «Immersive walk-through experience of Japanese ancient villages with the Vista-Walk System», στο J.A. Barcelo / M. Forte / D.H. Sanders (επιμ.), *Virtual Reality in Archaeology, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, British Archaeological Reports (Int. Series, S 843), Oxford 2000, σ. 135-142.

LATOUR B., «Visualization and cognition», *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Culture Past and Present* 6 (1986), σ. 1-40.

MAIN P.L. / A.J. SPENSE / T. HIGGINS, «Computed-aided design techniques for the graphical modeling of data from the prehistoric site of Runnymede, Berkshire», στο J. Huggett / N. Ryan (επιμ.), *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, British Archaeological Reports Series 600, Oxford 1995, σ. 235-243.

MARTENS F. / J. LEGRAND / P. LEGRANG / L. LOOTS / M. WAELKENS, «Computer-aided design and Archaeology at Salagassos: Methodology and possibilities of CAD reconstructions of archaeological sites», στο J. Barcelo / M. Forte / D. Sanders (επιμ.), *Virtual Reality in Archaeology, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, British Archaeological Reports (Int. Series, S 843), Oxford 2000, σ. 205-212.

MEALING S., *The Art and Science of Computer Animation*, Intellect, Oxford 1992, σ. 36-37.

MILLER P. / J. RICHARDS, «The good, the bad, and the downright misleading: archaeological adoption of computer visualization», στο J. Huggett / N. Ryan (επιμ.), *Computer Applications in Archaeology*, British Archaeological Reports (Int. Series 600), Oxford 1994, σ. 9-22.

ΜΠΑΚΑΛΑΚΗΣ Γ., *Από τον Φειδία ως τον Πραξιτέλη*, Εκδοτικός Οίκος Αφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 1990.

PIMENTEL K. / K. TEIXEIRA, *Virtual Reality: Through the New Looking Glass*, Intel/ Windcrest, NY / London 1993.

REILLY P., «Towards a virtual Archaeology», στο K. Lockyear / S. Rahtz (επιμ.), *Computer Applications in Archaeology*, British Archaeological Reports (Int. Series 565), Oxford 1990, σ. 133-139.

—, «Visualising the problem: Advancing graphic systems in archaeological analysis», στο S. Ross / J. Moffet / J. Henderson (επιμ.), *Computing for Archaeologists*, Oxford University Committee for Archaeology Monograph 18, 1991, σ. 131-151.

RODRIGUES A.R. / M.M. MOLINOS / L.M.G. SOLER / M.A.R. ENCARNACION, «Travel to the time of Iberians», στο J. Barcelo / M. Forte / D. Sanders (επιμ.), *Virtual Reality in Archaeology, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, British Archaeological Reports (Int. Series S 843), Oxford 2000, σ. 173-182.

ΣΙΔΕΡΗΣ Α. / Μ. ΡΟΥΣΟΥ / Α. ΓΚΑΪΤΑΤΖΗΣ, «Η εικονική αναπαράσταση του ελληνιστικού Ασκληπιείου της Μεσσήνης», *ΙΜΕΡΟΣ* 4 (2004).

ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ Ε., «Ψηφιακά μη διαδραστικά εκθέματα: προσέγγιση, δημιουργία, ενσωμάτωση», *ΙΜΕΡΟΣ* 5/2 (2005), σ. 263-269.

#### ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: E. Curtius / F. Adler, *Olympia II, Die Ergebnisse der von dem Deutschen Reich veranstalteten Ausgrabung*, Berlin 1896.

Εικόνα 2: «The Parthenon», στην ιστοσελίδα του Paul Debevec: [http://gl.ict.usc.edu/parthenongallery/renderers/overview\\_2\\_render.html](http://gl.ict.usc.edu/parthenongallery/renderers/overview_2_render.html).

Εικόνα 3, 8: J. Finat κ.ά., «The Roman theatre of CLVNIA: Hybrid strategies for applying virtual reality on laser scanning 3D files», *Proceedings of the ISPRS WG V/4 Workshop '3D-ARCH 2005'*, εικ. 2 και 5 αντίστοιχα.

Εικόνα 4: «The Parthenon», στην ιστοσελίδα του Paul Debevec: <http://www.debevec.org/Parthenon/Images/TheParthenonWideView.jpg>.

Εικόνα 5: L. Van Gool κ.ά., «Total recall: A plea for realism in models of the past», *Proceedings of the International Symposium on Photogrammetry and Remote Sensing - ISPRS 2004*, 2004.

Εικόνα 6: Jessi Stumpf κ.ά., «Digital reunification of the Parthenon and its sculptures», *VAST 2003*, εικ. 13.

Εικόνα 7: Van Gool, «The MURALE project: Image-based 3D modelling for archaeology», *Proceedings VAST 2000*, εικ. 4.

### Virtual Archaeology and the Contribution of Three-Dimensional Graphics to Archaeological Research

Yannis Kourtzellis

The recording of archaeological data and the study and representation of archaeological or historical sites, articles and landscapes by means of computer and three-dimensional graphic programs is called “virtual archaeology”. The use of computers and three-dimensional graphics in the field of civilization, being an edge technology, enables the cultural bodies to digitize their material for scientific and public use and, in a successive stage, to study, process and visualize complex data, notions and finds, thus providing a most comprehensible form of the cultural commodity. The article comprises the definition and objective of virtual archaeology, as it has been designated by the international bibliography, as well as the contribution of three-dimensional software graphics and modern techniques of data collection to the reinforcement of archaeological research.