

Εισαγωγή

Η ανάπτυξη των συστημάτων σχεδιομελέτης και παραγωγής με χρήση Η/Υ, CAD/CAM, άρχισε τη δεκαετία του '60, κύρια από τους μεγάλους χρήστες στην αυτοκινητοβιομηχανία και την αεροπορική βιομηχανία. Κύριος στόχος αυτών των συστημάτων ήταν η μοντελοποίηση επιφανειών ελεύθερης μορφής και στη συνέχεια η κατεργασία τους σε εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης. Οι εταιρίες εκείνη την περίοδο κρατούσαν την ανάπτυξη μυστική και καθεμία δούλευε ανεξάρτητα από τις άλλες. Η πιο σημαντική ανάπτυξη αυτή την περίοδο ήταν από τους Pierre Bézier (Renault), Paul de Casteljau (Citroen), Steven Anson Coons (MIT, Ford), James Ferguson (Boeing), Carl de Boor (GM), Birkhoff (GM), Garibedian (GM), W. Gordon (GM) και R. Riesenfeld.

Το 1963 ο Ivan Sutherland στο MIT αναπτύσσει το σύστημα Sketchpad που αποτελεί και την πρώτη εφαρμογή CAD (Σχήμα 1). Στο Sketchpad χρησιμοποιείται για πρώτη φορά η γραφική επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα με πένα φωτός και οθόνη καθοδικών ακτινών. Ήταν ένα πρωτότυπο σύστημα γραφικής επικοινωνίας του χρήστη με το σύστημα, που αποτελεί και το πιο απαραίτητο συστατικό ενός συστήματος CAD.

Σχήμα 1

Το σύστημα Sketchpad



Όπως αναμενόταν, και οι πρώτες εμπορικές εφαρμογές CAD υλοποιήθηκαν στις μεγάλες εταιρίες της αυτοκινητοβιομηχανίας, της αεροπορικής βιομηχανίας και των ηλεκτρονικών επειδή μόνο αυτές μπορούσαν να τα υποστηρίξουν λόγω της απαιτούμενης υπολογιστικής ισχύος. Τα πιο σημαντικά συστήματα ήταν από την GM (Dr. Patrick J. Hanratty) με το DAC-1 (Design Augmented by Computer) 1964· από τη Lockheed Bell - GRAPHIC 1 και από τη Renault (Bézier) - UNISURF 1971 για τη σχεδίαση του αμαξώματος και των εργαλείων.

Μία από τις πρώτες εταιρίες CAD/CAM ήταν η MCS (Manufacturing and Consulting Services Inc.) το 1971 από τον Dr. P. J. Hanratty, ο οποίος δημιούργησε το σύστημα ADAM (Automated Drafting and Machining). Η εταιρία αυτή έδωσε τον κώδικά της και σε πολλές άλλες εταιρίες όπως οι McDonnell Douglas (Unigraphics), Computervision (CADDs), Calma, Gerber, Autotrol και Control Data.

Η επέκταση των εφαρμογών συμβαδίζει με την ανάπτυξη των υπολογιστών. Η ανάπτυξη συστημάτων σχεδίασης για επιτραπέζιους υπολογιστές έδωσε την ώθηση για την πλήρη εφαρμογή τους σε όλες τις εφαρμογές. Ένας σημαντικός σταθμός ήταν η ίδρυση των αυτόνομων εταιριών διάθεσης συστημάτων CAD όπως είναι οι IBM, Intergraph IGDS στις δεκαετίες '60 και '70.

Οι πρώτες εφαρμογές ήταν για σχεδίαση στις δύο διαστάσεις και μετά το 1980 επεκτάθηκε και στην τρισδιάστατη απεικόνιση με την ανάπτυξη της μοντελοποίησης με επιφάνειες και στερεά που επέκτειναν πολύ το πεδίο των εφαρμογών. Κύρια προϊόντα ήταν το 1981 το προϊόν Romulus (ShapeData) και UniSolid (Unigraphics) που βασιζόταν στο PADL-2 και η έκδοση του συστήματος μοντελοποίησης με επιφάνειες του CATIA (Dassault Systemes). Η Autodesk δημιουργήθηκε το 1982 από τον John Walker και εισήγαγε το σύστημα AutoCAD που ήταν δύο διαστάσεων. Η επόμενη σημαντική εξέλιξη ήταν η έκδοση του συστήματος Pro/ENGINEER το 1988, που εισήγαγε και τη χρήση των μορφολογικών χαρακτηριστικών για τη μοντελοποίηση (feature-based modelling methods) και την παραμετρική σχεδίαση. Σημαντικό στάδιο ήταν και η εισαγωγή των πυρήνων στερεάς μοντελοποίησης, που είναι ένα περιβάλλον διαχείρισης της γεωμετρίας και της τοπολογίας των τρισδιάστατων αντικειμένων, όπως είναι ο Parasolid (ShapeData) και ο ACIS (Spatial Technology Inc.) στο τέλος του 1980 και αρχές του 1990, συστήματα που προήλθαν από την εργασία του Ian Braid στο Πανεπιστήμιο του Cambridge. Η εισαγωγή τους είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη και διάθεση στην αγορά συστημάτων μεσαίας εμβέλειας (mid-range) από νέες εταιρίες όπως το SolidWorks το 1995, το SolidEdge (Intergraph) το 1996, και IronCAD το 1998. Σήμερα το CAD είναι ένα κατεξοχήν κύριο εργαλείο που χρησιμοποιείται στη σχεδιομελέτη των προϊόντων.

Η πλειονότητα συστημάτων CAD στηρίζεται σε σταθμούς εργασίας με λειτουργικό Windows και είναι τύπου PCs· λίγα συστήματα στηρίζονται σε λειτουργικό Unix και Linux. Γενικά δεν απαιτείται ειδικός εξοπλισμός με εξαίρεση ίσως τις κάρτες γραφικών για την OpenGL· εντούτοις, για πολύπλοκα προϊόντα απαιτούνται ισχυροί σταθμοί εργασίας με πολλή μνήμη RAM. Η διεπαφή με το χρήστη στηρίζεται στον πίνακα ψηφιοποίησης και στο ποντίκι ενώ η διαχείριση του χώρου απαιτεί το ποντίκι του χώρου (spacemouse/spaceBall). Η εισαγωγή των συστημάτων εικονικής και επαυξητικής πραγματικότητας απαιτεί και αντίστοιχα περιφερειακά, όπως στερεοσκοπικά γυαλιά, ειδικές οθόνες, χώρο προβολής κ.λπ.

Με βάση την τεχνολογία των γραφικών όπως αναπτύχθηκε για τα συστήματα σχεδίασης, αναπτύχθηκαν και μια σειρά από κάθεται εφαρμογές που αυτοματοποιούν και επιταχύνουν τη διαδικασία ανάπτυξης των νέων προϊόντων και καλούνται Computer Aided εργαλεία. Μερικές από αυτές τις εφαρμογές είναι:

Η παραγωγή με χρήση υπολογιστή (Computer-aided manufacturing - CAM) βοηθάει τους μηχανικούς στην παραγωγή των προϊόντων ή των πρωτοτύπων. Η τεχνολογία αυτή όπως και τα υπόλοιπα εργαλεία τύπου Computer-aided δεν απαλείφουν τις ειδικευμένες γνώσεις παραγωγής και προγραμματισμού ψηφιακών εργαλειομηχανών, αλλά αντίθετα συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγικότητας και την αύξηση της ποιότητας εισάγοντας τεχνικές επισκόπησης, προσομοίωσης και βελτιστοποίησης. Σημαντική προσθήκη στα εργαλεία παραγωγής με χρήση υπολογιστή είναι και η διαχείριση της Προσθετικής Κατασκευής (Additive Manufacturing) της τεχνολογίας που ξεκίνησε ως Ταχεία Πρωτοτυποποίηση (Rapid Prototyping) για την παραγωγή πρωτοτύπων και σήμερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή τελικών προϊόντων απλοποιώντας τη σχεδίαση και συναρμολόγηση πολλών προϊόντων.

Η ανάλυση με χρήση υπολογιστή (Computer-aided engineering - CAE) υποστηρίζει τις εργασίες του μηχανικού όπως ανάλυση, προσομοίωση, μελέτη κ.ά. Βασίζεται σε ειδικευμένα εργαλεία λογισμικού που αντιστοιχούν σε κάθε εφαρμογή. Και αυτά δεν υποβαθμίζουν το ρόλο του μηχανικού αλλά συμβάλλουν στην αύξηση της απόδοσής του και στην ανάπτυξη της παράλληλης επεξεργασίας του προϊόντος.

Η Διαχείριση Κύκλου Ζωής Προϊόντος (Product lifecycle management - PLM) αποτελεί μια ομπρέλα κάτω από την οποία ενοποιούνται όλες οι παραπάνω τεχνολογίες και ορίζεται η διαδικασία διαχείρισης όλης της ζωής του προϊόντος από τη σύλληψή, το σχεδιασμό, την παραγωγή, τη συντήρηση και την απόσυρσή του. Τα συστήματα αυτά συνεργάζονται με τα συστήματα διαχείρισης πελατών (Customer Relationship Management - CRM), των προμηθευτών (Supply Chain Management - SCM) και το σύστημα διαχείρισης πόρων (Enterprise Resource Planning - ERP).

Το βιβλίο αυτό αποτελεί ένα βοήθημα για την τεχνολογία της Σχεδιομελέτης με Χρήση Υπολογιστή και καλύπτει τόσο τη χρησιμοποίηση των συστημάτων τρισδιάστατης σχεδίασης όσο και το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο που πρέπει να έχει κάθε ενδιαφερόμενος για να κατανοήσει καλύτερα τα συστήματα και να τα χρησιμοποιήσει πιο αποδοτικά. Η τρίτη έκδοση του βιβλίου χωρίζεται σε δεκατρία κύρια κεφάλαια και περιλαμβάνει πληθώρα σχημάτων για να καταστήσει πιο προσιτές τις έννοιες που αναπτύσσονται. Δεν στηρίζεται σε κάποιο συγκεκριμένο εμπορικό σύστημα CAD/CAM και ούτε αποσκοπεί στο να γίνει ένα εγχειρίδιο χρήσης κάποιου συστήματος. Γι' αυτό οι λειτουργίες που αναπτύσσονται είναι αυτές που είναι διαθέσιμες σε όλα σχεδόν τα εμπορικά συστήματα. Τα δεκατρία κεφάλαια του βιβλίου μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις ενότητες, που είναι η χρήση των συστημάτων CAD/CAM, οι περιοχές εφαρμογής, η γεωμετρική μοντελοποίηση και η επικοινωνία και ενοποίηση των συστημάτων. Η ύλη που καλύπτεται στην πρώτη ενότητα έχει αναδιοργανωθεί ώστε να καλύψει τη σύγχρονη τάση της υβριδικής μοντελοποίησης, δηλαδή την ενοποίηση διαφορετικών προσεγγίσεων και δεδομένων στο ίδιο τελικό μοντέλο του προϊόντος.

Η πρώτη ενότητα περιλαμβάνει τα πέντε πρώτα κεφάλαια και παρουσιάζει τις δυνατότητες δημιουργίας και χρήσης του μοντέλου. Στο κεφάλαιο 1 δίνεται μια εισαγωγή στην τεχνολογία της Σχεδιομελέτης με Χρήση Η/Υ και συνδέεται με τη διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων, καθώς και με την εφαρμογή της τεχνολογίας σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς, όπως ο Μηχανολογικός, Ηλεκτρονικός, Κατασκευές και Ένδυση/Υπόδηση. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται τα μοντέλα ακμών ή πλέγματος με ιδιαίτερη έμφαση στη δημιουργία και ανάλυση καμπυλών ελεύθερης μορφής που αποτελούν τη βάση για την εφαρμογή των συστημάτων στον Βιομηχανικό Σχεδιασμό και στην Αντίστροφη Μηχανική. Στο κεφάλαιο 3 δίνεται η λειτουργία των συστημάτων στερεάς παραμετρικής μοντελοποίησης με μορφολογικά χαρακτηριστικά, για πρισματικά στερεά και στερεά από επίπεδο έλασμα, η λειτουργία της συναρμολόγησης και οι μεθοδολογίες συναρμολόγησης Από Πάνω προς τα Κάτω και Από Κάτω προς τα Πάνω. Επίσης καλύπτεται και η νέα τάση στα συστήματα που είναι η Άμεση Στερεά Μοντελοποίηση που λειτουργεί ανεξάρτητα από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και μπορεί να επιφέρει αλλαγές στο μοντέλο ανεξάρτητα από το δέντρο των μορφολογικών χαρακτηριστικών. Στο κεφάλαιο 4 αναλύονται ποιοτικά οι παράμετροι λειτουργίας συστημάτων σχεδίασης με βάση τις επιφάνειες, που είναι και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στον Βιομηχανικό Σχεδιασμό και είναι απαραίτητες σε θεωρητικό υπόβαθρο για την αποτελεσματική χρήση των συστημάτων. Επιφάνειες και στερεά ενοποιούνται μεταξύ τους μέσω λειτουργιών πάχυνσης των επιφανειών και πλέον μέσα από τον πυρήνα μοντελοποίησης ο χρήστης έχει τη δυνατότητα ενοποίησης γεωμετριών ελεύθερης μορφής. Μια σύγχρονη τάση στα συστήματα μοντελοποίησης με επιφάνειες είναι και η χρήση των σχημάτων με βάση την υποδιαίρεση καμπυλών και επιφανειών (subdivision schemes). Με βάση τα συστήματα αυτά παρέχεται στο χρήστη μια πιο πλαστική διεπαφή για τη δημιουργία του μοντέλου και μπορεί να βελτιώσει τη δημιουργικότητά του και να τον απαλλάξει από την κατανόηση των σχετικά πολύπλοκων εννοιών της μοντελοποίησης με βάση τις επιφάνειες. Στο κεφάλαιο 5 γίνεται αυτοτελής παρουσίαση της Αντίστροφης Μηχανικής (Reverse Engineering) και αναλύονται οι σύγχρονες εξελίξεις στα συστήματα τρισδιάστατης σάρωσης από απόσταση και παρέχεται μια δομημένη μεθοδολογία επεξεργασίας και χρήσης Νέφους Σημείων όπως παρέχονται από τα συστήματα τρισδιάστατης σάρωσης και που μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλές διακριτές εφαρμογές.

Οι συγγραφείς προτίμησαν να μη συμπεριλάβουν τη δισδιάστατη σχεδίαση στην παρουσίαση των συστημάτων σχεδίασης, χωρίς αυτό να αποτελεί κάποια μείωση της σημασίας αυτών των συστημάτων, αλλά να επικεντρωθούν στη μοντελοποίηση στις τρεις διαστάσεις. Παρουσιάζονται τα είδη μοντελοποίησης που υπάρχουν, πλέγματος, στερεά, επιφάνειες, σημεία και πολύγωνα, και αναλύονται οι διαφορές στη δομή τους. Επίσης παρουσιάζονται οι πιο συνήθεις λειτουργίες μοντελοποίησης που απαντώνται σε καθένα είδος τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Η παρουσίαση επικεντρώνεται σε συστήματα μηχανολογικής σχεδίασης που αποτελούν και τον κύριο πυρήνα των συστημάτων αυτών και η παρουσίαση γίνεται με αντικείμενα που έχουν μοντελοποιηθεί σε διάφορα εμπορικά συστήματα.

Η δεύτερη ενότητα απαρτίζεται από δύο κεφάλαια και παρουσιάζονται κάθετες εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιείται το μοντέλο CAD. Στο κεφάλαιο 6 περιγράφονται τα συστήματα Παραγωγής με χρήση Η/Υ. Πρώτα αναλύεται η μεθοδολογία του Σχεδιασμού Πλάνου Παραγωγής και μετά παρουσιάζεται μια μεθοδολογία δημιουργίας πορείας κοπής σε μηχανές ψηφιακής καθοδήγησης για φρέζες και τόνους που μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε σύστημα CAM. Στο κεφάλαιο 7, Πρόσθετες Εφαρμογές, περιγράφονται τα συστήματα ανάλυσης με Πεπερασμένα Στοιχεία και η διεπαφή τους με τα συστήματα CAD, τα συστήματα Προσθετικής Κατασκευής, και τέλος περιγράφονται και τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας και η ενοποίηση και ανάλυση ανοχών, ως πρόσθετη εφαρμογή στα συστήματα CAD. Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στα Συστήματα Προσθετικής Κατασκευής στα οποία η εξέλιξη είναι ραγδαία και πολλές εταιρίες εισάγουν προϊόντα και τεχνολογίες που τείνουν να αλλάξουν τον τομέα της παραγωγής. Τα συστήματα αυτά καθιστούν εφικτή την απόδοση μορφών που μέχρι τώρα μόνο σε θεωρητικό επίπεδο μπορούσαν να αναλυθούν και αναμένεται να έχουν επίδραση και στη λειτουργία των συστημάτων CAD. Περιγράφεται ο κύκλος παραγωγής πρωτοτύπων από το σύστημα CAD μέχρι το φυσικό πρωτότυπο, οι διαθέσιμες τεχνολογίες, οι δυνατότητες και τα πεδία εφαρμογής κάθε τεχνολογίας καθώς και οι εξελίξεις στην υποστήριξη και στις εφαρμογές που έχουν.

Η τρίτη ενότητα περιλαμβάνει τρία κεφάλαια. Το κεφάλαιο 8 σχετίζεται και με το κεφάλαιο 2, είναι το πιο εκτενές και αναλύει τις βασικές έννοιες στις καμπύλες όπως χρησιμοποιούνται στα συστήματα CAD/CAM. Η κατανόηση των καμπυλών είναι πολύ βασική γιατί οι επιφάνειες αποτελούν μια επέκταση των εννοιών για τις καμπύλες. Παρουσιάζονται τα βασικά μοντέλα απεικόνισης των καμπυλών, από τις καμπύλες Ferguson στις καμπύλες Bézier, στις B-Splines και στις NURBS που είναι το σχήμα που επικρατεί στα συστήματα σήμερα. Το κεφάλαιο 9 είναι αντίστοιχο με το κεφάλαιο 4 και παρουσιάζει τις αντίστοιχες έννοιες αλλά και μοντέλα για επιφάνειες. Το κεφάλαιο 10 είναι οι βασικές έννοιες και ορισμοί για στερεά μοντελοποίηση με έμφαση στη Συνοριακή Απεικόνιση (Boundary Representation) και με απλή αναφορά στα συστήματα σύνθεσης (Constructive Solid Geometry) και στα συστήματα αποσύνθεσης (Decomposition Models).

Η τέταρτη ενότητα αποτελείται από τρία κεφάλαια. Το κεφάλαιο 11 παρουσιάζει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συστημάτων CAD/CAM. Παρουσιάζεται το πρόβλημα της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και αναλύονται οι δύο επικρατέστεροι μέθοδοι ανταλλαγής με τη χρήση μεταφραστών IGES (η ανάπτυξη των οποίων έχει σταματήσει αλλά ακόμα υποστηρίζονται) και με μεταφραστές STEP (η ανάπτυξη των οποίων είναι συνεχής και επεκτείνεται σε νέα πεδία εφαρμογών). Παράλληλα, παρουσιάζεται η ανταλλαγή δεδομένων και με τη χρήση μεταφραστών από παρόχους συστημάτων CAD, όπως είναι τα συστήματα 3DXML, JT και PDF. Το κεφάλαιο 12 παρουσιάζει τη συνεργατική σχεδίαση. Σήμερα όλο και περισσότερο οι εταιρίες αναπτύσσουν τα προϊόντα τους σε ένα κατανομημένο περιβάλλον που απαιτεί συνεργασία μεταξύ των μελών των ομάδων ανάπτυξης των προϊόντων. Αναλύονται τα διαφορετικά επίπεδα συνεργασίας των συστημάτων CAD/CAM και παρουσιάζονται και διάφορα πεδία εφαρμογών. Το κεφάλαιο 13 παρουσιάζει τα συστήματα διαχείρισης του κύκλου ζωής του προϊόντος. Αποτελούν ένα περιβάλλον ενοποίησης τόσο αυτών καθαυτών των εφαρμογών, όσο και όλης της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος από τη σύλληψη της ιδέας του προϊόντος μέχρι και την οριστική του απόσυρση από την αγορά. Παρουσιάζονται οι συνήθεις λειτουργίες που εκτελεί ένα τέτοιο σύστημα όσο και μια μεθοδολογία ένταξης του συστήματος σε μια επιχείρηση.

Σε κάθε κεφάλαιο περιλαμβάνονται ερωτήσεις επισκόπησης της θεωρίας καθώς και ερωτήσεις σωστού - λάθους και πολλαπλής επιλογής, ιδιαίτερα για την πρώτη ενότητα του βιβλίου. Για την τρίτη ενότητα υπάρχουν ασκήσεις για την καλύτερη κατανόηση των θεωρητικών εννοιών που αναπτύσσονται στα κεφάλαια 8-10 και έχουν δοθεί και ερωτήσεις σωστού - λάθους και πολλαπλής επιλογής.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματική αξιοποίηση των συστημάτων CAD/CAM είναι η επαφή του χρήστη με ένα ή περισσότερα συστήματα σχεδίασης. Το βιβλίο αυτό θα βοηθήσει το χρήστη να κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων, να εκμεταλλευτεί και να κατανοήσει τις δυνατότητες που του παρέχουν και σε πιο σύντομο χρονικό διάστημα να γίνει κάτοχος των δυνατοτήτων τους, ώστε να τα χρησιμοποιήσει πιο αποτελεσματικά. Συνεπώς, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ταυτόχρονη εξάσκησή του με εμπορικά συστήματα πολλά των οποίων παρέχουν και άδειες δοκιμής ή ιδιαίτερα για φοιτητές παρέχουν δωρεάν άδεια για την εξάσκησή τους.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ – COMPUTER AIDED DESIGN AND MANUFACTURE (CAD/CAM)

1.1

Ορισμός
σχεδιομελέτης
και παραγωγής με
χρήση υπολογιστή
σελ. 40

1.2

3D μοντέλα
προϊόντων και
χρήσεις
σελ. 41

1.3

Στάδια
ανάπτυξης
προϊόντος και
χρήση τεχνολογίας
σχεδιομελέτης
- παραγωγής με
υπολογιστή
σελ. 44

1.4

Εξέλιξη
συστημάτων CAD
σελ. 58

1.5

Δημιουργία
του 3D μοντέλου
σελ. 62

1.6

Βιομηχανικοί
τομείς χρήσης
τεχνολογίας
CAD-CAM
σελ. 64

Ερωτήσεις
επανάληψης
σελ. 72

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Η Σχεδίαση με τη βοήθεια Η/Υ (Computer Aided Design - CAD) και η Παραγωγή με τη βοήθεια Η/Υ (Computer Aided Manufacturing - CAM) είναι οι δύο όροι με τους οποίους χαρακτηρίζονται τα συστήματα Σχεδιομέλετης και Παραγωγής με Χρήση Η/Υ (CAD/CAM).

Με τα συστήματα Σχεδιομέλετης και Παραγωγής με Χρήση Η/Υ **σχεδιάζουμε και παράγουμε στον υπολογιστή φυσικά προϊόντα**, δηλαδή απτά αγαθά που προορίζονται για τον καταναλωτή ή τελικό χρήστη, και τα οποία είναι αποτέλεσμα μιας διαδικασίας ανάπτυξης, που συνήθως εκτελείται σε μια σειρά από στάδια που συνιστούν τη διαδικασία Σχεδίασης και Ανάπτυξης Προϊόντων.

Τα συστήματα Σχεδιομέλετης και Παραγωγής με Χρήση Η/Υ κάνουν χρήση της πληροφορικής σε όλα τα στάδια σχεδίασης και ανάπτυξης του προϊόντος και ιδιαίτερα στη δημιουργία, μεταβολή, ανάλυση, βελτιστοποίηση μορφής και τον προγραμματισμό των παραγωγικών διαδικασιών του προϊόντος. Απώτερος σκοπός της χρήσης συστήματος **Σχεδιομέλετης και Παραγωγής με χρήση Υπολογιστή** είναι η δημιουργία του **ψηφιακού μοντέλου του προϊόντος** που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλη τη διαδικασία της σχεδίασης και ανάπτυξης του μέχρι την εισαγωγή του στην αγορά.

Η Σχεδιομέλετη και Παραγωγή με χρήση Υπολογιστή βασίζεται κύρια στην τεχνολογία των γραφικών, των βάσεων δεδομένων, της μαθηματικής μοντελοποίησης, της προσομοίωσης και του ελέγχου των δεδομένων. Βασικός παράγοντας στη διαδικασία της Σχεδιομέλετης και Παραγωγής είναι η δημιουργία **του τρισδιάστατου γεωμετρικού μοντέλου του προϊόντος** που αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη των κάθετων εφαρμογών, δηλαδή όλων των εφαρμογών που στηρίζονται στο μοντέλο του προϊόντος και αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση της μορφής, της διάταξης, της απόδοσής του και της παραγωγής του και τα αποτελέσματα των οποίων συνιστούν το ψηφιακό μοντέλο του προϊόντος.

Τα συστήματα αποτελούν το κύριο εργαλείο της ομάδας ανάπτυξης του προϊόντος, για την ανάπτυξη ενός «σωστού» προϊόντος από την αρχή, στον ελάχιστο δυνατό χρόνο ανάπτυξης, με το ελάχιστο δυνατό κόστος και την καλύτερη δυνατή ποιότητα. Ως «σωστό» προϊόν χαρακτηρίζεται αυτό το προϊόν που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του χρήστη με τον βέλτιστο τρόπο, εξασφαλίζοντας επίσης τις προτεραιότητες ανάπτυξης της επιχείρησης που το αναπτύσσει.

Η τεχνολογία Σχεδίαση με Χρήση Η/Υ άρχισε στο MIT από τον Ian Sutherland, όταν δημιούργησε το Sketchpad, το πρώτο σύστημα στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) το 1963. Τα συστήματα CAD εισήχθησαν αρχικά για την αυτοματοποίηση των σχεδίων δύο διαστάσεων-2D αλλά σύντομα έγινε αντιληπτό ότι η τρισδιάστατη-3D απεικόνιση είναι ουσιαστικής σημασίας και σήμερα η χρήση του τρισδιάστατου μοντέλου κυριαρχεί στους περισσότερους βιομηχανικούς τομείς και καθοδηγούν όλες τις μεθύτερες κάθετες εφαρμογές. Τα πρώτα συστήματα βασίστηκαν στα συστήματα ενός προμηθευτή με την έννοια των λύσεων «με το κλειδί στο χέρι» (turnkey systems), όπου όλος ο εξοπλισμός, το λογισμικό και τα περιφερειακά μηχανήματα ήταν από τον προμηθευτή του συστήματος Σχεδιομέλετης (μέχρι τη δεκαετία του '80). Στη συνέχεια με την ανάπτυξη των υπολογιστών και ιδιαίτερα των προσωπικών υπολογιστών και την επικράτηση του λειτουργικού συστήματος από τη Microsoft, την ανάπτυξη συστημάτων Σχεδιομέλετης με βάση τους προσωπικούς υπολογιστές από περισσότερες εταιρίες (Autodesk), την ανάπτυξη περιφερειακών από ανεξάρτητους φορείς, οι λύσεις «με το κλειδί στο χέρι» έπαψαν να είναι ελκυστικές και ακολούθησε η ανάπτυξη ενός ευρέος φάσματος συστημάτων και εφαρμογών εκτός της έννοιας των λύσεων «με το κλειδί στο χέρι», όπου ο χρήστης μπορούσε να επιλέξει λογισμικό, εξοπλισμό και περιφερειακά ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Σήμερα, μέσω της εισαγωγής συστημάτων διαχείρισης κύκλου ζωής προϊόντων (Product Lifecycle Management - PLM), παρατηρείται ένας νέος τύπος λύσεων «με το κλειδί στο χέρι», που βασίζεται σε εκτεταμένη δια-λειτουργικότητα και ενοποίηση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας σχεδιομέλετης μεταξύ συστημάτων και εξειδικευμένων εφαρμογών.

Παράλληλα με την ανάπτυξη του διαδικτύου εντοπίστηκε μια αλλαγή στην κατεύθυνση ανάπτυξης για τα συστήματα Σχεδιομέλετης/Παραγωγής μέσα στον 21ο αιώνα. Η κατεύθυνση ανάπτυξης των συστημάτων Σχεδιομέλετης/Παραγωγής μέχρι τα τέλη του 2000 ήταν προσανατολισμένη σε

- Αυτοματοποίηση των εργασιών που εκτελούσε ένας μόνο χρήστης και ο στόχος ήταν η παραγωγικότητα των μεμονωμένων χρηστών με πιο εύχρηστα στη λειτουργία τους συστήματα,

- Αποθήκευση δεδομένων και αποτελεσμάτων σε ένα τοπικό σύστημα αρχείων,
- Σχεδιασμό που βασίζεται σε καθένα χρήστη με ορισμό της εργασίας που έχει να εκτελέσει ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους σχεδιαστές,
- Εφαρμογές που βασίζονται κύρια στο λογισμικό ενός προμηθευτή για τη μελέτη και την παραγωγή του προϊόντος,
- Περιορισμένα συστήματα διαχείρισης δεδομένων και μια τάση επέκτασης εξειδικευμένων εφαρμογών.

Η σημερινή τάση στην ανάπτυξη απευθύνεται στον συνεργατικό σχεδιασμό μέσω του διαδικτύου μέσω της ανάπτυξης και εφαρμογής συστημάτων Διαχείρισης Κύκλου Ζωής Προϊόντος. Έμφαση δίνεται στην παραγωγικότητα των χρηστών και της ομάδας ανάπτυξης, στην αποθήκευση δεδομένων, αναλύσεων και παραγωγής με βάση το διαδίκτυο (cloud), στην εστίαση σε συνεργασία μέσω συστημάτων διαχείρισης πρόσβασης δεδομένων και κατανομή/διανομή εργασίας, στην εφαρμογή λύσεων από πολλαπλούς προμηθευτές για τις διάφορες εφαρμογές, στη διευρυμένη διαχείριση δεδομένων μέσω συστημάτων διαχείρισης δεδομένων και εργασιών (Product Data Management – PDM και PLM) και σ' ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών για την ανάπτυξη, αξιολόγηση και κατασκευή ψηφιακών προϊόντων.

Ο πυρήνας ενός συστήματος CAD είναι το λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιεί γραφικά για την τρισδιάστατη ψηφιακή αναπαράσταση προϊόντων και βάσεις δεδομένων για την αποθήκευση των παραγόμενων πληροφοριών του ψηφιακού μοντέλου του προϊόντος που δημιουργείται σε όλα τα στάδια ανάπτυξης, ανάλυσης και παραγωγής. Τα αρχικά συστήματα βασίζονταν στα ακριβή δεδομένα διαστάσεων για ένα προϊόν, αλλά από την εισαγωγή του παραμετρικού σχεδιασμού στα στερεά μοντέλα και το σχεδιασμό με βάση τα χαρακτηριστικά, όλα τα συστήματα έγιναν πιο ευέλικτα και αύξησαν σημαντικά την παραγωγικότητα των χρηστών. Μέσω των παραμετρικών συστημάτων στερεάς μοντελοποίησης, η δημιουργία μοντέλου βασίζεται στην πρόθεση σχεδιασμού του εξαρτήματος/προϊόντος και η μετέπειτα χρήση του σε μεθύτερες εφαρμογές λαμβάνεται υπόψη όταν δημιουργείται το αρχικό τρισδιάστατο μοντέλο του.

1.2 3D ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ

Η Σχεδιομελέτη και Παραγωγή με χρήση Υπολογιστή βασίζεται, σύμφωνα και με τον ορισμό της προηγούμενης παραγράφου, στη δημιουργία **του τρισδιάστατου μοντέλου του προϊόντος**, δηλαδή στη μαθηματική αναπαράσταση της τρισδιάστατης μορφής και σύνθεσης του προϊόντος και τη γραφική του αναπαράσταση σε συστήματα προβολής.

Τα συστήματα Σχεδιομελέτης αποτελούν απαραίτητο εργαλείο για την ανάπτυξη προϊόντων σε όλους τους τομείς, όπως τα ηλεκτρομηχανολογικά, τα ηλεκτρονικά, οι κατασκευές, η κλωστοϋφαντουργία, η ένδυση, η υποδηματοποιία και άλλες εξειδικευμένες εφαρμογές. Το βιβλίο αυτό είναι προσανατολισμένο στα ηλεκτρομηχανολογικά προϊόντα, τα οποία αποτελούν και τη μεγαλύτερη ομάδα εφαρμογών. Η χρήση συστημάτων Σχεδιομελέτης δεν αλλάζει τη φύση και τα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού, αλλά όπως αναφέρει και το όνομα, βοηθά το σχεδιαστή προϊόντων σε κάθε στάδιο. Σήμερα, η Σχεδίαση με Χρήση Η/Υ βασίζεται στην τρισδιάστατη αναπαράσταση των εξαρτημάτων και του τελικού προϊόντος και αποτελεί τη βασική πηγή δεδομένων για Συστήματα Διαχείρισης Κύκλου Ζωής Προϊόντων, τα οποία υποστηρίζουν ολόκληρη τη διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων από την αρχική παραγωγή ιδεών μέχρι την παράδοσή τους στον πελάτη. Στους περισσότερους τομείς, η χρήση του τρισδιάστατου μοντέλου είναι αποδεδειγμένη και ευρέως αποδεκτή, ενώ σε άλλες, όπως οι βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας, ένδυσης, δέρματος και υποδημάτων, η χρήση του έχει αρχίσει να έχει σημαντική εφαρμογή και αλλάζει τη διαδικασία ανάπτυξης. Η ομάδα σχεδιασμού παραμένει ο κύριος παράγοντας σε όλη τη διαδικασία και η χρήση των συστημάτων Σχεδιομελέτης διευκολύνει την αποτελεσματική εφαρμογή των σύγχρονων αρχών της Παράλληλης και Συνεργατικής σχεδίασης.

Μια βάση δεδομένων Σχεδιομελέτης δεν περιλαμβάνει μόνο δεδομένα γεωμετρίας, για τα διάφορα χαρακτηριστικά που δημιουργούνται, αλλά και δεδομένα σχετικά με τη δομή του προϊόντος και δεδομένα κατασκευής (όπως διαστάσεις, ανοχές διαστάσεων και μορφής, υλικά και πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή).

Η τρισδιάστατη παρουσίαση του προϊόντος και η πληροφόρηση που ενοποιεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος κάθετων εφαρμογών. Οι κυριότερες χρήσεις των 3D μοντέλων είναι οι παρακάτω (Σχήμα 1.1):

- **Παρουσίαση του προϊόντος στον πελάτη με χρήση τεχνικών φωτορεαλισμού.** Στο ψηφιακό προϊόν μπορεί να γίνει απόδοση της υφής και του χρώματος των επιφανειών, να γίνει προσομοίωση σε υπολογιστή των συνθηκών λειτουργίας και φωτισμού και να ενοποιηθεί στον τελικό χώρο λειτουργίας με χρήση εικόνων ή άλλων μοντέλων αντικειμένων από το φυσικό ή το τεχνητό περιβάλλον (Σχήμα 1.1α).
- **Προγραμματισμός των παραγωγικών διαδικασιών,** κύρια σε μηχανές ψηφιακής καθοδήγησης (Computer Numerical Control – CNC), με χρήση των συστημάτων σχεδιασμού παραγωγής με χρήση υπολογιστή (Computer Aided Manufacture - CAM). Τα 3D μοντέλα μπορούν να εισαχθούν σε συστήματα CAM, να προγραμματιστεί η σειρά εκτέλεσης των κατεργασιών, στη συνέχεια να γίνει προσομοίωση στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου της εργαλειομηχανής και στο τέλος να γίνει έλεγχος της μορφής του μοντέλου και της ακρίβειας της κατεργασίας πριν από την πραγματική εκτέλεση των κατεργασιών στην εργαλειομηχανή (Σχήμα 1.1β).
- **Ανάλυση και βελτιστοποίηση μορφής και λειτουργίας** με χρήση των συστημάτων μοντελοποίησης και ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία (Computer Aided Engineering - CAE, Finite Elements Modelling - FEM) για μια πληθώρα εφαρμογών, όπως ο έλεγχος αντοχής σε στατική, θερμική και δυναμική καταπόνηση, η συμπεριφορά σε ανάλυση ροής, η κατεργασιμότητα κ.λπ. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται γραφικά στην οθόνη, για αξιολόγηση του αποτελέσματος και βελτιστοποίηση της μορφής ή των λειτουργικών χαρακτηριστικών του προϊόντος ή της κατεργασίας παραγωγής του (Σχήμα 1.1γ).
- **Ταχεία παραγωγή πρωτοτύπου και προσθετική κατασκευή του προϊόντος** (Rapid Prototyping - RP και Additive Manufacturing - AM). Παραγωγή πρωτοτύπων ή τελικών προϊόντων άμεσα από το τρισδιάστατο μοντέλο CAD, με χρήση ειδικών μηχανών που προοδευτικά προσθέτουν υλικό για τη διαμόρφωση του προϊόντος, έναντι της κλασικής διαδικασίας αφαίρεσης υλικού, αλλά σε μικρή ποσότητα παραγωγής, με σκοπό την παρουσίαση ή τη δοκιμή του πρωτοτύπου ή την παραγωγή μικρών ποσοτήτων τελικών προϊόντων (Σχήμα 1.1δ).
- **Ανάπτυξη και δοκιμή μονάδας ακριβούς ψηφιακού πρωτότυπου** - Digital Mockup Unit (DMU) που επιτρέπει την ανάπτυξη του μοντέλου συναρμολόγησης και την απόδοση της ανάλυσης συναρμολόγησης και του ελέγχου παρεμβολών νωρίς στη διαδικασία σχεδιασμού χωρίς τη χρήση φυσικών πρωτοτύπων σύμφωνα με τους κανόνες σχεδιασμού και σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Αντίστοιχη χρήση υπάρχει και στη βιομηχανία ένδυσης, όπου ο έλεγχος του ενδύματος γίνεται σε γραφικό ανθρωποειδές χωρίς τη χρήση του φυσικού πρωτότυπου (Σχήμα 1.1ε).
- **Ανάλυση της λειτουργικότητας του πρωτοτύπου με τη χρήση τεχνικών εικονικής πραγματικότητας** (εικονικό ή πλασματικό πρωτότυπο – Virtual Prototype), με κύριο στόχο τη μείωση ή ακόμα και εξάλειψη του αριθμού των απαιτούμενων φυσικών πρωτοτύπων καθώς και για την αξιολόγηση των τεχνικών λύσεων σε πρώιμο στάδιο. Η ανάλυση αυτή μπορεί να συνδυαστεί με άλλα συστήματα ανάλυσης και συστήματα φωτορεαλισμού για την προσομοίωση και αξιολόγηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του πρωτοτύπου (Σχήμα 1.1στ).
- **Ανάλυση της μεθόδου παραγωγής με τη χρήση τεχνικών εικονικής πραγματικότητας** (εικονική ή πλασματική παραγωγή και συναρμολόγηση - virtual manufacturing και virtual assembly), όπου μπορεί να γίνει προσομοίωση όλης της γραμμής παραγωγής ή της γραμμής συναρμολόγησης, για την αξιολόγηση της μεθόδου παραγωγής ή της δυνατότητας συναρμολόγησης σε πρώιμο στάδιο πριν από κάθε παραγγελία οδηγών, σφικτήρων, ιδιοσυσκευών ή εργαλείων και άλλων αυτοματοποιημένων συστημάτων (Σχήμα 1.1ζ).
- **Επικοινωνία μεταξύ συνεργαζόμενων ομάδων σε τοπικό ή σε απομακρυσμένο δίκτυο.** Η ανάπτυξη του προϊόντος είναι αποτέλεσμα συλλογικής δράσης ομάδων εργασίας που μπορεί να μη βρίσκονται στον ίδιο χώρο εργασίας. Τα συστήματα CAD μπορούν να συνεισφέρουν στην καλύτερη επικοινωνία μεταξύ αυτών των ομάδων καθώς προσφέρουν ανταλλαγή δεδομένων για τη μεταφορά των μοντέλων, ανταλλαγή εικόνων, μεταφορά αποτελεσμάτων και απομακρυσμένη χρήση ειδικών προγραμμάτων, μεταξύ διαφορετικών χρηστών, ομάδων ή διαφορετικών συστημάτων (Σχήμα 1.1η).

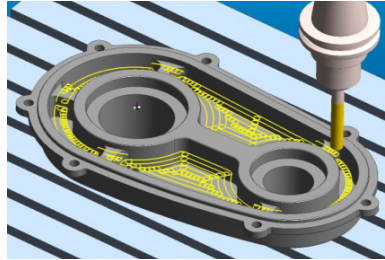
- Τα 3D μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μια κοινή και κατανοητή **γλώσσα επικοινωνίας και τεκμηρίωσης** για τους διάφορους φορείς και τα τμήματα που εμπλέκονται στη διαδικασία. Τα συστήματα CAD μπορούν να ενσωματώσουν όλα τα εξαρτήματα του προϊόντος καθώς και όλα τα δεδομένα που παράγονται από τα διάφορα εργαλεία ανάλυσης και κατασκευής. Η τεκμηρίωση χρησιμοποιεί τα τελευταία δεδομένα για κάθε εξάρτημα/προϊόν και τα σχέδια, τα εγχειρίδια και οι οδηγίες χρήσης έχουν μια κοινή βάση δεδομένων αναφοράς (Σχήμα 1.1θ).

Σχήμα 1.1

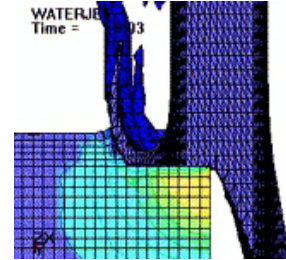
Χρήση του 3D μοντέλου σε διάφορες κάθετες εφαρμογές



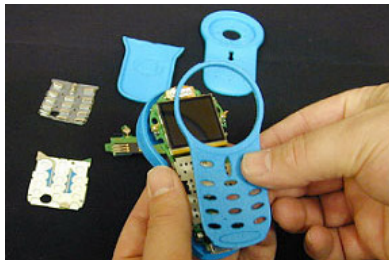
(α) Η Τσαγιέρα του Utah, ένα από τα πρώτα 3D μοντέλα αναφοράς στην κοινότητα των 3D σχεδιαστών (MartinNewell1975), με χρήση τεχνικών φωτορεαλισμού.



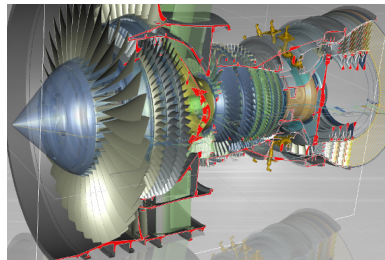
(β) Επιθυμητή σειρά των κατεργασιών και πορεία του κοπτικού εργαλείου για σύστημα CAM.



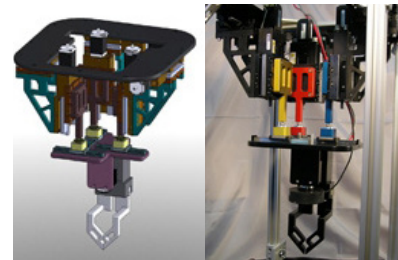
(γ) Ανάλυση και βελτιστοποίηση υδροκοπής με χρήση συστήματος FEM (Πολυτεχνείο Κρήτης, 2011).



(δ) Δοκιμή πρωτότυπου κινητού τηλεφώνου Motorola κατασκευασμένο με RP.



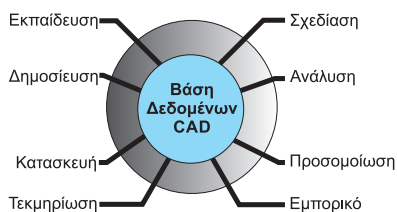
(ε) Ψηφιακό πρωτότυπο (Siemens PLM).



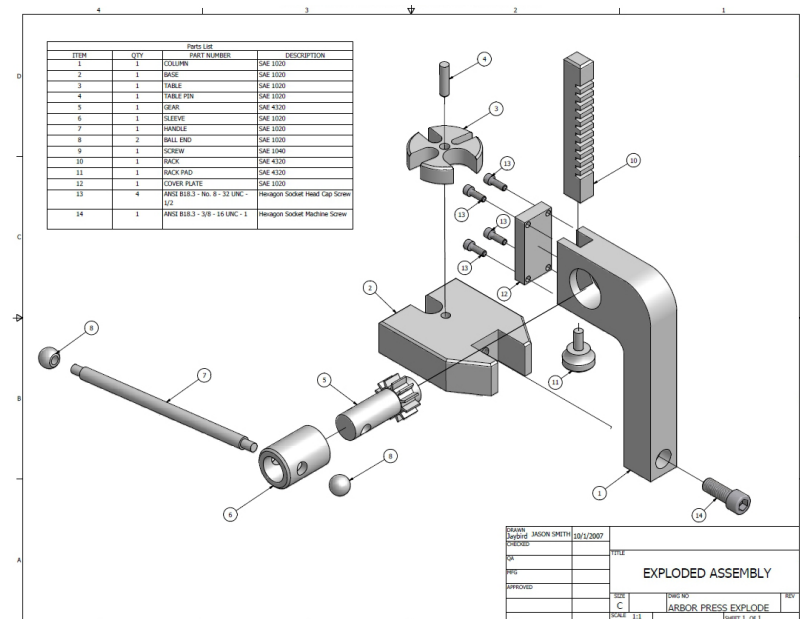
(στ) Εικονικό πρωτότυπο ρομποτικού βραχίονα και το τελικό φυσικό πρωτότυπο.



(ζ) Εικονική παραγωγή με το λογισμικό ROBOCAD.



(η) Χρήση δεδομένων από σύστημα Σχεδιομελέτης για την επικοινωνία ομάδας ανάπτυξης.



(θ) Τεκμηρίωση προϊόντος και εξαρτημάτων.

Βασικός σκοπός της χρήσης όλων των συστημάτων σχεδιομελέτης και παραγωγής με υπολογιστή είναι η ανάπτυξη των «σωστών» προϊόντων από την αρχή στον ελάχιστο δυνατό χρόνο ανάπτυξης. Η χρήση τους, σε συνδυασμό με τις συγγενείς προς αυτά τεχνολογίες και μεθοδολογίες για την ανάπτυξη του προϊόντος, μπορεί να μειώσει τον αριθμό των σφαλμάτων και των μη επιθυμητών διορθώσεων και επαναλήψεων σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης, να βελτιώσει τον έλεγχο του προϊόντος σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης, πριν από την εισαγωγή του στην αγορά και τη χρήση του από τον πελάτη, συνδυάζοντας μείωση του κόστους και του χρόνου ανάπτυξης. Τα συστήματα Σχεδιομελέτης και Παραγωγής αποτελούν ίσως την πιο σημαντική και απαραίτητη τεχνολογία για την ανάπτυξη κάθε προϊόντος.

1.3 ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ - ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Η ανάπτυξη ενός προϊόντος είναι μια σύνθετη διαδικασία που ακόμα και για σχετικά απλά προϊόντα διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα και συνήθως εκτελείται από μια διατμηματική/διεταρική ομάδα ανάπτυξης, ώστε να παραχθεί το σωστό προϊόν πριν από την εισαγωγή του στην αγορά. Στην ανάπτυξη ενός προϊόντος χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία λογισμικού πολλά από τα οποία έχουν αναπτυχθεί από τις ίδιες τις εταιρίες που αναπτύσσουν τα προϊόντα. Σε μεγάλα έργα αναφέρονται περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται περισσότερα από 100 εργαλεία λογισμικού. Η τεχνολογία της Σχεδιομελέτης και Παραγωγής με Χρήση Η/Υ ξεκίνησε άλλωστε και αυτή από την ίδια ανάπτυξη των εταιριών και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι ειδικευμένες εταιρίες παροχής των συστημάτων. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι οι μεγαλύτεροι προμηθευτές συστημάτων είναι ή ήταν θυγατρικές εταιριών αυτοκινητοβιομηχανίας, αεροπορικής βιομηχανίας ή ηλεκτρονικών (CATIA – DASSAULT, NX – SIEMENS κ.ά).

Τα στάδια ανάπτυξης ενός προϊόντος φαίνονται στο Σχήμα 1.2 όπου διακρίνονται τέσσερις κύριες φάσεις, ο προσδιορισμός, η σχεδιομελέτη, το πρωτότυπο και η παραγωγή του προϊόντος. Τα τέσσερα αυτά στάδια δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Υπάρχει επικάλυψη και συνεχής ανταλλαγή πληροφορήσης, τόσο προς τα μετέπειτα στάδια, όσο και από τα μετέπειτα προς τα προηγούμενα στάδια μετά την ολοκλήρωσή τους.

Σχήμα 1.2

Τα στάδια ανάπτυξης του προϊόντος και η χρήση των συστημάτων σχεδιομελέτης και παραγωγής με Η/Υ

