

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ
ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



&

ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟΥ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Σχεδίαση διαδραστικών και βιομηχανικών προϊόντων και συστημάτων»

Χαϊδάς Δημήτριος

*Animation πρωτότυπου τηλεσκοπικού ρομποτικού
βραχίονα*

Μεταπτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο εργαστήριο Ρομποτικής του
Τμήματος του Α.Τ.Ε.Ι.Θ

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ Γωγούσης Αριστείδης
Καθηγητής Ρομποτικής

Θεσσαλονίκη 2005

Περιεχόμενα

Πρόλογος	7
Περίληψη	8
Εισαγωγή	9
Κεφάλαιο 1 : Ρομπότ	10
1.1 Η έννοια ρομπότ	10
1.2 Βασικοί όροι	12
1.3 Διάρθρωση βιομηχανικού ρομπότ	14
1.4 Ταξινόμηση ρομπότ	15
1.5 Αποστολή των ρομπότ	15
1.6 Οφέλη από τα ρομπότ	16
Κεφάλαιο 2 : Ρομποτικοί βραχίονες	17
2.1 Η χρήση	17
2.1.1 Καρτεσιανά ρομπότ	18
2.1.2 Ρομπότ τύπου κυλινδρικών συντεταγμένων	19
2.1.3 Ρομπότ τύπου SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arms)	20
2.1.4 Ρομπότ αρθρωτού τύπου	21
2.1.5 Ρομπότ τύπου σφαιρικών συντεταγμένων	23
2.2 Πλεονεκτήματα – μειονέκτημα των πέντε τύπων ρομπότ	24
Κεφάλαιο 3: Ρομπότ τύπου Scara	25
3.1 Αναφορά στα ρομπότ τύπου Scara	25
3.1.1 Ανεστραμμένο SCARA	26
3.2 Εφαρμογές των Scara	29
3.3 Μειονεκτήματα των Scara	30
3.4 Παρουσίαση ρομπότ τύπου Scara	31
Κεφάλαιο 4 : Τηλεσκοπικοί βραχίονες	35
4.1 Παρουσίαση τηλεσκοπικού βραχίονα	35
4.2 Σχέδια από τηλεσκοπικό βραχίονα αναβατορίου	36
4.3 Χρήσεις τηλεσκοπικού βραχίονα	39
4.4 Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα τηλεσκοπικών βραχιόνων	40
Κεφάλαιο 5 : Νέος τηλεσκοπικός ρομποτικός βραχίονας	41
5.1 Παρουσίαση σύλληψης και σχεδιασμού της νέας αρχιτεκτονικής	41
5.1.1 Η σύλληψη της ιδέας	41
5.2 Πλεονεκτήματα του νέου τύπου βραχίονα	44

Κεφάλαιο 6 : Σχεδιασμός και animation του τηλεσκοπικού ρομποτικού βραχίονα με τη χρήση του 3D Studio Max	45
6.1 Σχεδιαστικά προγράμματα	45
6.2 3D Studio Max	46
6.2.1 Τι Είναι το 3D Studio Max	46
6.2.2 Το Περιβάλλον Εργασίας του 3D Studio Max	47
6.2.3 Η Διαχείριση Αρχείων στο 3D Studio Max	47
6.2.4 Προσθήκη Αντικειμένων σε Σκηνές	48
6.2.5 Εισαγωγή και Εξαγωγή Αρχείων	48
6.2.6 Τα Παράθυρα Προβολής (Viewports)	49
6.2.7 Η Φωτοαπόδοση (Rendering)	50
6.3 Animation	51
6.4 Αντίστροφη κινηματική	52
6.4.1 Εισαγωγή – βασικοί όροι	52
6.4.2 Αντίστροφη κινηματική – Bones	53
6.4.3 Πλεονεκτήματα κίνησης bones με αντίστροφη κινηματική (I.K.)	56
6.5 Περιορισμοί κίνησης (Animation Constraints)	57
6.5.1 Λόγοι ύπαρξης – κατηγορίες	57
6.5.2 Όρια και περιορισμοί	66
6.6 Animation ενός μέρους τηλεσκοπικού ρομποτικού βραχίονα	74
6.6.1 Animation με μετακίνηση μέλους	74
6.6.2 Animation με χρήση των Wire Parameters	92
6.6.3 Animation με χρήση του Reaction Controller / Manager	99
6.7 Διαδικασία αναπαραγωγή κίνησης	105
6.8 Παρουσίαση εναλλακτικής κίνησης του βραχίονα	115
Κεφάλαιο 7 : Παρουσίαση αρχιτεκτονικής των μελών του βραχίονα με παραλλαγές βάσει κατασκευών μακέτας	124
Κεφάλαιο 8 : Εφαρμογές της νέας αρχιτεκτονικής του τηλεσκοπικού βραχίονα	131
Επίλογος	132
Βιβλιογραφία	134

Πίνακας σχημάτων

Κεφάλαιο 1^ο

Σχήμα 1.1 : Ο μηχανικός άνθρωπος	10
Σχήμα 1.2 : Βιομηχανικό ρομπότ	11

Κεφάλαιο 2^ο

Σχήμα 2.1 : Σχηματική αναπαράσταση καρτεσιανού ρομπότ	18
Σχήμα 2.2 : Πλάγια όψη και κάτοψη, με τη διαγράμμιση παρατηρούμε το χώρο εργασίας του ρομπότ	18
Σχήμα 2.3 : Ρομπότ τύπου κυλινδρικών συντεταγμένων	19
Σχήμα 2.4 : Ο κυλινδρικός χώρος εργασίας του ρομπότ	19
Σχήμα 2.5 : Σχηματική αναπαράσταση του ρομπότ	20
Σχήμα 2.6 : Ρομπότ τύπου Scara	20
Σχήμα 2.7 : Ο χώρος εργασίας του Scara	21
Σχήμα 2.8 : Σχηματική αναπαράσταση του Scara με εμφανής τους βαθμούς ελευθερίας	21
Σχήμα 2.9 : Ρομπότ αρθρωτού τύπου	22
Σχήμα 2.10 : Σχηματική αναπαράσταση του αρθρωτού ρομπότ με εμφανής τους βαθμούς ελευθερίας	22
Σχήμα 2.11 : Ο χώρος εργασίας του ρομπότ	23
Σχήμα 2.12 : Σύστημα σφαιρικών συντεταγμένων	23

Κεφάλαιο 3^ο

Σχήμα 3.1 : Ρομπότ τύπου Scara	25
Σχήμα 3.2 : Ανεστραμμένο SCARA	26
Σχήμα 3.3 : Scara ρομπότ	26
Σχήμα 3.4 : Οι άξονες κίνησης, ο «καρπός περιστροφής» και η κίνηση στον άξονα Z	27
Σχήμα 3.5 : Η κινηματική RRT των Scara	28
Σχήμα 3.6 : Το Adept Cobra i800	31
Σχήμα 3.7 : Κάτοψη του Scara	32
Σχήμα 3.8 : Πλάγια όψη του Scara με βασικές διαστάσεις	33
Σχήμα 3.9 : Χώρος εργασίας του Scara με εμφανή την έκταση του βραχίονα ..	34

Κεφάλαιο 4^ο

Σχήμα 4.1 : Τηλεσκοπικοί βραχίονες ψαλιδατού τύπου	35
Σχήμα 4.2 : Τηλεσκοπικοί βραχίονες ψαλιδατού τύπου	35
Σχήμα 4.3 : Στάση 1 και 2 του τηλεσκοπικού αναβατορίου	36
Σχήμα 4.4 : Στάση 3 τηλεσκοπικού αναβατορίου	37
Σχήμα 4.5 : Τρισδιάστατη απεικόνιση του ψαλιδατού βραχίονα	38
Σχήμα 4.6 : Τηλεσκοπικός μηχανισμός ομπρέλας	39
Σχήμα 4.7 : Τηλεσκοπικός μηχανισμός βάσης αντικειμένων και καθρέφτη	40

Κεφάλαιο 5^ο

Σχήμα 5.1 : Κύκλος διαμέτρου $c + a$	41
Σχήμα 5.2 : Οι διαστάσεις των μελών ενός μέρους του τηλεσκοπικού βραχίονα	42

Σχήμα 5.3	: Σύνδεση πολλών μερών	43
Σχήμα 5.4	: Τα μέλη του μέρους του τηλεσκοπικού βραχίονα	43
Σχήμα 5.5	: Τέσσερα μέρη συνδεδεμένα με διάταξη κατοπτρισμού εναλλάξ ...	43
Κεφάλαιο 6^ο		
Σχήμα 6.1	: Αναπαράσταση ανθρωπίνου σώματος με bones	53
Σχήμα 6.2	: Αριστερό κλικ για τη δημιουργία πολλών bones	54
Σχήμα 6.3	: Σύστημα με bones με εφαρμοσμένη μια επίλυση I.K	55
Σχήμα 6.4	: Κίνηση bones με επιδράσεις δέρματος	56
Σχήμα 6.5	: Ο περιορισμός σύνδεσης διατηρεί τον κύλινδρο να βρίσκεται συνεχώς πάνω στην επιφάνεια	59
Σχήμα 6.6	: Οι περιορισμοί επιφάνειας τοποθετούν τα σύμβολα του καιρού πάνω στην υδρόγειο	60
Σχήμα 6.7	: Ο περιορισμός τροχιάς τοποθετεί τις πλατφόρμες κατά μήκος της πλευράς της γέφυρας	61
Σχήμα 6.8	: Οι περιορισμοί θέσεις ευθυγραμμίζουν τα στοιχεία της συναρμολόγησης των ρομπότ	62
Σχήμα 6.9	: Ο περιορισμός δεσμού βοηθά να μεταφερθεί η μπάλα από τον ένα βραχίονα στον άλλο	63
Σχήμα 6.10	: Ο περιορισμός Look At οδηγεί τις κεραίες σε θέσεις ανάλογα με τη θέση του δορυφόρου	64
Σχήμα 6.11	: Ο περιορισμός προσανατολισμού ευθυγραμμίζει την τέντα στο υποστήριγμα της βέργας	65
Σχήμα 6.12	: Ο μπροστινός τροχός ενός αυτοκινήτου έχει όρια περιστροφής	66
Σχήμα 6.13	: Οι αρθρώσεις των ανθρωπίνων μελών έχουν φυσικά όρια περιστροφής	67
Σχήμα 6.14	: Τυπικές τιμές για αρθρώσεις γόνατου	67
Σχήμα 6.15	: Άρθρωση ώμου	68
Σχήμα 6.16	: Ο περιορισμός θέσης μπορεί να φανεί αρκετά χρήσιμος σε ορισμένες περιπτώσεις	68
Σχήμα 6.17	: Ο περιορισμός θέσης δίνει τη δυνατότητα να «κολλά» το ένα αντικείμενο στο άλλο	69
Σχήμα 6.18	: Ο περιορισμός της θέσης μιας δράσης σε ένα άλλο αντικείμενο μας διευκολύνει στην πολυπλοκότητα της κίνησης του χαρακτήρα	70
Σχήμα 6.19	: Ο περιορισμός της δράσης του χεριού πάνω στη μπάλα δίνει τη δυνατότητα να εκταθεί το χέρι	71
Σχήμα 6.20	: Ο περιορισμός περιστροφής δίνει τη δυνατότητα σε ένα αντικείμενο να ακολουθήσει τις περιστροφές ενός άλλου	72
Σχήμα 6.21	: Ο περιορισμός κατεύθυνσης δίνει τη δυνατότητα σε ένα αντικείμενο να βρίσκεται προς την κατεύθυνση ενός άλλου	72
Σχήμα 6.22	: Επιλογή Smooth και Highlights	91
Σχήμα 6.23	: Περιστρέφοντας τον κύλινδρο έχουμε έκταση και σύμπτυξη του βραχίονα	98
Σχήμα 6.24	: Περιστρέφοντας το μικρό αντίγραφο εκτελείται το επιθυμητό Animation	104
Σχήμα 6.25	: Το μέρος του βραχίονα στις τρεις διαστάσεις	113
Σχήμα 6.26	: Φωτορεαλιστική απεικόνιση του βραχίονα	114

Κεφάλαιο 7^ο

Σχήμα 7.1 : Στάση σε κλειστή μορφή	124
Σχήμα 7.2 : Στάση σε μισάνοιχτη μορφή	124
Σχήμα 7.3 : Στάση σε ανοιχτή μορφή	125
Σχήμα 7.4 : Στάση κλειστή	125
Σχήμα 7.5 : Στάση μισάνοιχτη	126
Σχήμα 7.6 : Στάση ανοιχτή (μέγιστη έκταση)	126
Σχήμα 7.7 : Στάση σε κλειστή μορφή	127
Σχήμα 7.8 : Στάση μεσαίας έκτασης	127
Σχήμα 7.9 : Στάση μέγιστης έκτασης	128
Σχήμα 7.10 : Στάση κλειστή	128
Σχήμα 7.11 : Στάση ανοιχτή με λάθος αποτέλεσμα	129
Σχήμα 7.12 : Στάση κλειστή	129
Σχήμα 7.13 : Στάση μισάνοιχτη	130
Σχήμα 7.14 : Στάση ανοιχτή (μέγιστη έκταση)	130

Πρόλογος

Ευχαριστώ την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση και τον καθηγητή μου Δρα Γωγούση Αριστείδη.

Περίληψη

Στην εργασία που ακολουθεί παρουσιάζεται η κινηματική συμπεριφορά ενός πρωτότυπου τηλεσκοπικού ρομποτικού βραχίονα που πλεονεκτεί σε αρκετά σημεία συγκρινόμενος με υπάρχουσες περιπτώσεις. Η σύλληψη της ιδέας οφείλεται στον εισηγητή και επιβλέποντα της εργασίας Δρα Αριστείδη Γωγούση. Αρχικά εξετάζονται άλλοι υπάρχοντες τύποι και τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα / μειονεκτήματα. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η κύρια ιδέα του νέου βραχίονα τόσο σε γραφική μορφή Animation με τη βοήθεια του λογισμικού 3D Studio Max όσο και σε μορφή μακέτας.

Εισαγωγή

Βρισκόμαστε, σε μια εποχή που τα πάντα γύρω μας, γίνονται πιο εύκολα στην χρήση τους, με περισσότερες δυνατότητες και λειτουργίες, που ο μόνος που θα μπορούσε να τις σκεφτεί θα ήταν ο σεναριογράφος κάποιου έργου επιστημονικής φαντασίας. Η αιτία που αυτά συνδυάζονται μεταξύ τους – η λειτουργικότητα με την ευκολία – είναι η τεχνολογία. Ένας τομέας αυτής, ο αυτοματισμός, έχει εισβάλλει πλέον στην ζωή όλων μας.

Οι εξελίξεις είναι ραγδαίες και συνεχώς αναπτυσσόμενες. Η αυτοματοποίηση του σπιτιού, είναι γεγονός. Τα κινητά τηλέφωνα, πλέον βγάζουν ψηφιακές φωτογραφίες και συνεργάζονται με το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail), ακόμα και με λειτουργίες του σπιτιού που τις ενεργοποιούν εξ' αποστάσεως. Τα αυτοκίνητα έχουν ηλεκτρονικά υποβοηθήματα, τα οποία ενεργοποιούνται κατά την διάρκεια της στάθμευσης, κατά την μείωση της φωτεινότητας του περιβάλλοντος χώρου και σε οποιεσδήποτε άλλες συνθήκες και χρήσεις.

Στην «άνοιξη» της τεχνολογίας και του αυτοματισμού, έρχεται και η ρομποτική. Πλέον τα ρομπότ, κάνουν λειτουργίες που θα χρειάζονταν ώρες, μέσα σε λίγα λεπτά – αν όχι δευτερόλεπτα. Υπάρχουν ρομπότ που κάνουν 32.000 κολλήσεις εξαρτημάτων σε πλακέτες, το λεπτό. Υπάρχουν ρομποτικοί βραχίονες, που παρεμβάλλονται στην διεργασία και σε περίπτωση κάποιου εσφαλμένου προϊόντος, επεμβαίνουν και το αφαιρούν, αυτόματα, χωρίς την παραμικρή καθυστέρηση.

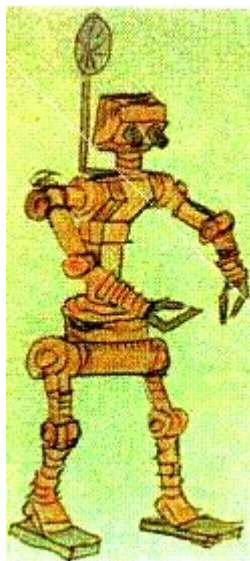
Δε χωρά αμφιβολία ότι κάθε τι καινούργιο, εκτός από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει, «γεννά» και ορισμένα προβλήματα. Συνεχώς πραγματοποιούνται ολοένα και περισσότερες έρευνες για τη μείωση και εξαφάνιση των προβλημάτων αυτών, αλλά και την εμφάνιση καινοτόμων ιδεών και προτάσεων με αποτέλεσμα την μέγιστη αποδοτικότητα.

Κεφάλαιο 1 : Ρομπότ

1.1 Η έννοια ρομπότ

Η έννοια "ρομπότ" διατυπώθηκε από τον Τσέχο συγγραφέα Karel Capek κατά το έτος 1921. Ο Capek, στο θεατρικό έργο του R.U.R. (Rossums Universal Robots) περιέγραψε, σαν προοπτική μέσα σε μία μελλοντική κοινωνία, μηχανές όμοιες με ανθρώπους, τις οποίες ονόμασε ρομπότ. Τα ρομπότ έχουν ως αποστολή να εκτελούν βαριές δουλειές.

Η έννοια "ρομπότ" έχει κάτι το μυστηριώδες. Συχνά, φαντάζεται κανείς ότι αυτές οι μηχανές ανήκουν στα «ανδροειδή» (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1 : Ο μηχανικός άνθρωπος

Από την παρατήρηση των παραγωγικών διαδικασιών αυτής της εποχής γεννήθηκε η προοπτική της κοινωνίας των ρομπότ. Κατά τη δεκαετία του 1920 αναπτύχθηκε πολύ η μαζική παραγωγή. Η παραγωγή με καταμερισμό εργασίας διατηρείται μέχρι σήμερα με συνέπεια. Πολλές φορές το περιεχόμενο μιας εργασίας περιορίζεται σε γρήγορους μονότονους χειρισμούς, οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι στο ρυθμό της μηχανής ή της μεταφορικής ταινίας.

Το χαρακτηριστικό αυτής της "κοινωνίας της μεταφορικής ταινίας" είναι οι εργασιακές φορτίσεις, που προέρχονται από:

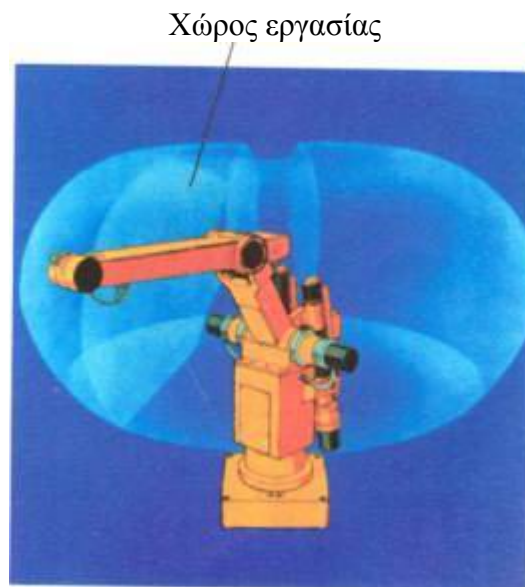
- Μονοτονία της εργασίας
- Στρες

- Θόρυβο, σκόνη, ζέστη
- Φυσιολογική κόπωση

Με το βιομηχανικό ρομπότ γεννήθηκε στη δεκαετία του 1960 μία μηχανή, με την οποία μπορούσε κανείς να αυτοματοποιήσει απλούς χειρισμούς, για παράδειγμα την απομάκρυνση των τεμαχίων από μία χυτόπρεσα.

Η ανάπτυξη στον τομέα της μικροηλεκτρονικής, ειδικά των μικροεπεξεργαστών, κατέστησε δυνατή την κατασκευή ρομπότ, ως κινούμενων αυτομάτων μηχανών. Τα σημερινά ρομπότ προγραμματίζονται ελεύθερα και καθοδηγούνται μέσω αισθητήρων.

Τα ρομπότ είναι κατασκευασμένα ως "αρθρωτά ρομπότ" με «άρθρωση στον ώμο», στο «βραχίονα» και στον «καρπό» (Σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2 : Βιομηχανικό ρομπότ

Ο χώρος εργασίας τους, αντιστοιχεί, για ρομπότ μέσου μεγέθους, προς εκείνον ενός όρθιου εργάτη. Το βάρος χειρισμών είναι συνήθως περί τα 100N, υπάρχουν, όμως και ρομπότ για περισσότερο από 3000N. Οι ταχύτητες εργασίας είναι συνήθως σημαντικά μεγαλύτερες από ό,τι σε χειρονακτική εργασία.

Για να υπάρξει συνεργασία μεταξύ των επιμέρους κινήσεων στις αρθρώσεις, ώστε το χέρι του ρομπότ να εκτελεί για παράδειγμα μία καθορισμένη ευθύγραμμη κίνηση, είναι αναγκαία η ύπαρξη συστημάτων ελέγχου με πολλούς επεξεργαστές, οι οποίοι εκτελούν ταχύτατα υπολογισμούς, δηλαδή συστήματα με πολλούς μικροεπεξεργαστές, όπου ο καθένας εκτελεί πολλά εκατομμύρια υπολογισμών ανά δευτερόλεπτο.

1.2 Βασικοί όροι

Δυο έννοιες για τις οποίες αξίζει να αναφερθούμε είναι η *επαναληψιμότητα* και η *ακρίβεια*. Η επαναληψιμότητα μετρά το βαθμό με τον οποίο ένα ρομπότ μπορεί να επιστρέψει ξανά και ξανά στο σημείο που βρισκότανε στην προηγούμενη κατάσταση. Υποθέτουμε ότι ένα ρομπότ έχει προσπαθήσει να επιστρέψει στο προηγούμενό του σημείο αρκετές φορές. Στην πραγματικότητα, κάθε φορά θα επιστρέφει σε ένα σημείο διαφορετικό από το προηγούμενο. Όσο πιο κοντινά είναι όλα αυτά τα σημεία μεταξύ τους τόσο καλύτερη είναι η επαναληψιμότητα για το ρομπότ. Για παράδειγμα αν ο μικρότερος κύκλος που σχηματίζουν αυτά τα σημεία έχει ακτίνα 0.4 χιλιοστά τότε το ρομπότ έχει μια επαναληψιμότητα της τάξης του ± 0.4 χιλιοστών. Βέβαια μπορεί να μην είναι κανένα σημείο το επιθυμητό από αυτά που προσπαθεί να «πιάσει» το ρομπότ. Ίσως να ήταν περίπου 2 χιλιοστά δίπλα από το επιθυμητό σημείο. Με βάση αυτό θα αναφερθούμε στην ακρίβεια του ρομπότ. Η ακρίβεια μετρά το βαθμό κατά τον οποίο ένα ρομπότ μπορεί να μετακινηθεί σε ένα προκαθορισμένο σημείο. Οι μηχανικοί ορίζουν την ακρίβεια σαν την απόσταση μεταξύ του κέντρου του κύκλου που περιγράψαμε προηγουμένως και του σημείου που «πιάνει» το ρομπότ.

Η επαναληψιμότητα είναι της τάξεως του χιλιοστού (για βιομηχανικά ρομπότ 1/10 του χιλιοστού) και η ακρίβεια της τάξεως των 10 χιλιοστών.

Όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των πειραμάτων για τον προσδιορισμό της επαναληψιμότητας, τόσο ακριβέστερη είναι η εκτιμώμενη τιμή της. Η επαναληψιμότητα των ρομπότ είναι σχεδόν πάντα καλύτερη από την ακρίβειά τους. Οι περισσότεροι κατασκευαστές ρομπότ δίνουν την τιμή της επαναληψιμότητας και όχι της ακρίβειας, γιατί η ακρίβεια ενός ρομπότ εξαρτάται από το φορτίο που σηκώνει το τελικό στοιχείο δράσης (end effector) και συνεπώς δεν είναι σταθερή (μειώνεται όσο μεγαλώνει το φορτίο). Αντίθετα η τιμή της επαναληψιμότητας είναι σχεδόν ανεξάρτητη από το φορτίο που σηκώνει το ρομπότ.

Χώρος εργασίας : Αυτός ο όρος παραπέμπει στον όγκο του χώρου μέσα στον οποίο μπορεί να κινηθεί ο βραχίονας του ρομπότ. Οποιαδήποτε σημείο μέσα σε αυτό το χώρο μπορεί να προσδιοριστεί από την αρπάγη του βραχίονα.

Βαθμός ελευθερίας : κάθε άρθρωση ή κινούμενος άξονας του βραχίονα καλείται βαθμός ελευθερίας (degree of freedom). Ο προσανατολισμός του εργαλείου από τον καρπό περιέχει το μέγιστο τρεις βαθμούς ελευθερίας και πάνω από τέσσερις βαθμούς χρησιμοποιείται για εφαρμογές τοποθέτησης μέσα στο χώρο εργασίας.

Ταχύτητα : ο βαθμός κατά τον οποίο ένα ρομπότ μπορεί να κινήσει το σημείο δράσης του κάτω υπό προγραμματισμό, είναι ένα μέτρο της ταχύτητας του μηχανήματος. Η ταχύτητα εκφράζεται σε ίντσες ανά δευτερόλεπτο ή χιλιοστά ανά δευτερόλεπτο και η μεγιστοποίηση της ταχύτητας είναι σημαντική για τις προδιαγραφές κάθε ρομποτικού συστήματος.

Ωφέλιμο φορτίο : Το ωφέλιμο φορτίο ή η ικανότητα ανύψωσης ενός ρομπότ συχνά καθορίζει αν το μηχάνημα είναι ικανό για μια καθορισμένη διεργασία. Αποτελεί το μέγιστο βάρος που μπορεί να κινήσει το ρομπότ κάτω υπό προγραμματισμό και να διατηρεί παράλληλα την επαναληψιμότητα και την αξιοπιστία των προδιαγραφών του.

1.3 Διάρθρωση βιομηχανικού ρομπότ

Αποτελείται από μερικούς συνδέσμους συνδεδεμένους σε σειρά με αρθρώσεις. Στην μια άκρη είναι η βάση ενώ η άλλη είναι ελεύθερη και φέρει ένα εργαλείο με το οποίο μεταχειρίζεται αντικείμενα ή εκτελεί εργασίες συναρμολόγησης. Η κίνηση των αρθρώσεων έχει ως αποτέλεσμα την σχετική κίνηση των συνδέσμων (μελών). Μηχανικά ένα ρομπότ αποτελείται από ένα βραχίονα, ένα υποσύστημα καρπού και ένα εργαλείο. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να φτάνει κάθε σημείο του χώρου εργασίας. Αρχικά, ο βραχίονας (ο οποίος έχει τρεις βαθμούς ελευθερίας) φτάνει το σημείο του χώρου εργασίας που μας ενδιαφέρει και έπειτα ο καρπός (που έχει επίσης τρεις βαθμούς ελευθερίας) προσανατολίζει κατάλληλα το εργαλείο. Έτσι σε ένα ρομπότ με έξι συνδέσμους ο βραχίονας είναι ο μηχανισμός τοποθέτησης ενώ ο καρπός ο μηχανισμός προσανατολισμού.

Ένας ρομποτικός βραχίονας μπορεί να φτάσει οποιοδήποτε σημείο του χώρου εργασίας με τους παρακάτω τρόπους :

- i) Με τρεις άξονες μεταβλητού μήκους (καρτεσιανές συντεταγμένες).
- ii) Με δύο άξονες μεταβλητού μήκους και έναν περιστρεφόμενο (κυλινδρικές συντεταγμένες).
- iii) Με έναν άξονα μεταβλητού μήκους και δύο περιστρεφόμενους (σφαιρικές συντεταγμένες).
- iv) Με τρεις περιστρεφόμενους άξονες (αρθρωτικές ή περιστροφικές συντεταγμένες).

1.4 Ταξινόμηση ρομπότ

Με βάση ορισμένα κριτήρια γίνεται η ταξινόμηση των ρομπότ. Αυτά τα κριτήρια είναι η *αρχή λειτουργίας* (σταθερής στάσης, σερβοελεγχόμενα), η *μέθοδος ελέγχου κίνησης* (σημείου-προς-σημείο, συνεχούς τροχιάς), ο *γεωμετρικός σχηματισμός* (ορθογωνικά, κυλινδρικά, σφαιρικά, αρθρωτά, SCARA, Gantry, παράλληλοι χειριστές, ρομποτικά χέρια), η *κίνηση* (βαδίζοντα, κυλιόμενα), η *εφαρμογή* (βαφής, συναρμολόγησης, εφαρμογών θαλάμου κενού, ερευνάς – εκπαίδευσης) και ο *τύπος μετάδοσης κίνησης* (πνευματικοί κινητήρες, υδραυλικοί – ηλεκτροϋδραυλικοί κινητήρες, ηλεκτρικοί κινητήρες).

1.5 Αποστολή των ρομπότ

Τα ρομπότ είναι ιδανικά για εργασίες μη ευχάριστες ή επικίνδυνες, όπως είναι το βάνιμο με ψεκασμό ή ο χειρισμός ραδιενεργών ουσιών. Επίσης τα ρομπότ μπορούν να εργάζονται σε ανιαρές και επαναλαμβανόμενες εργασίες που είναι όμως απλές και συνήθως χρειάζονται ανειδίκευτους εργάτες. Εργασίες που απαιτούν εξυπνάδα και δημιουργικότητα δεν μπορούν γενικά να εκτελεστούν από τα σημερινά ρομπότ. Έτσι μπορούμε να πούμε, ότι τα ρομπότ δίνουν τη δυνατότητα (ή την ευκαιρία) στον άνθρωπο να απασχολείται σε εργασίες που μπορεί να εκτελεί καλύτερα.

Το κύριο πλεονέκτημα του ρομπότ είναι η ευελιξία του. Μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορα προϊόντα στην ίδια γραμμή παραγωγής, όπως απαιτούν οι αλλαγές της αγοράς και να επαναπρογραμματισθεί έτσι ώστε να είναι κατάλληλο για μικρές ή μεγάλες μεταβολές του παραγόμενου προϊόντος. Έτσι προσφέρει στη βιομηχανία μαζικής παραγωγής ένα τρόπο να αντιμετωπίζει τις μεταβολές της απαιτούμενης ποσότητας ή του τύπου του προϊόντος που παράγεται. Στη βιομηχανία μικρής κλίμακας προσφέρει την ευκαιρία ή τη δυνατότητα ενός μεγάλου άλματος στην παραγωγικότητα, ενώ συνεχίζει να παράγει σε μικρές ποσότητες, έτσι ώστε να μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να ανταγωνιστεί μεγαλύτερες βιομηχανίες.

1.6 Οφέλη από τα ρομπότ

Η ωφελιμότητα των ρομπότ προκύπτει από την :

1. Υποκατάσταση χειρωνακτικής εργασίας
2. Βελτίωση ποιότητας
3. Αύξηση απόδοσης

1. Υποκατάσταση χειρωνακτικής εργασίας : Το κύριο σημείο που δικαιολογεί το κόστος ενός ρομποτικού συστήματος είναι η υποκατάσταση της χειρωνακτικής εργασίας. Οι βιομήχανοι ενδιαφέρονται κάπως να προστατέψουν τους εργάτες από επικίνδυνες συνθήκες εργασίας, αλλά το βασικό τους κίνητρο είναι η εξοικονόμηση του εργατικού κόστους, που προκύπτει με την αντικατάσταση ενός εργάτη με ένα ρομπότ- ιδίως όταν ένα ρομπότ μπορεί να λειτουργεί σε περισσότερες από μία βάρδιες, πολλαπλασιάζοντας τη δυνατότητα εξοικονόμησης εργατικού κόστους.

2. Βελτίωση ποιότητας : Αν η εργασία εκτελείται σε επικίνδυνο περιβάλλον, ή είναι απαιτητική σωματικά, ή είναι μονότονη και προξενεί πνευματική αδράνεια, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η ποιότητα να επηρεάζεται από τη διάθεση του εργάτη. Το ρομπότ έχει τη δυνατότητα να είναι πιο σταθερό στην εργασία και έτσι μπορεί να παράγει αποτέλεσμα υψηλής ποιότητας. "Το ρομπότ είναι πολύ χαζό για να το νοιάζει, αλλά είναι αρκετά έξυπνο για να το κάνει καλύτερα".

3. Αύξηση απόδοσης : Υψηλότερη ποιότητα σημαίνει φυσικά περισσότερη καθαρή απόδοση, όταν το ρομπότ δουλεύει αρκετά γρήγορα ώστε να φτάνει την απόδοση ενός εργάτη. Πάντως υπάρχουν συχνά συνθήκες, όπου ένα ρομπότ μπορεί να δουλέψει γρηγορότερα και να αυξήσει και το ακαθάριστο προϊόν. Η αυξημένη απόδοση είναι κι από μόνη της πολύτιμη, αλλά μια βελτιωμένη χρησιμοποίηση των κεφαλαίων μπορεί να συμπληρώσει το οικονομικό όφελος από την ένα-προς-ένα αντικατάσταση εργάτη.

Συνοψίζοντας τα ρομπότ παρέχουν : υποκατάστατο ανθρώπινου χεριού, ευελιξία (εύκολες μεταβολές προϊόντος, πολλά προϊόντα), ευφυΐα και ειδικούς αισθητήρες (π.χ. όραση, δύναμη), ταχύτητα και ακρίβεια, γρήγορη ανάπτυξη – ολοκλήρωση, οικονομικές λύσεις για μικρή παραγωγή, σταθερή ποιότητα προϊόντος και παραγωγικότητα

Κεφάλαιο 2 : Ρομποτικοί βραχίονες

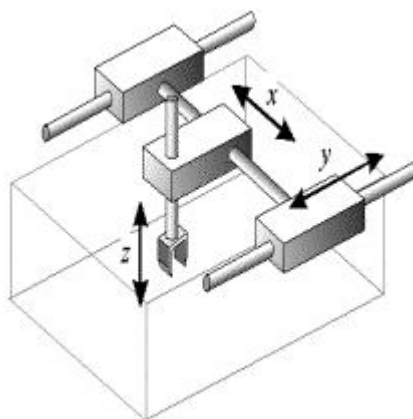
2.1 Η χρήση

Η χρήση των βιομηχανικών ρομπότ τα τελευταία χρόνια στην αυτοματοποίηση της παραγωγής βελτίωσε σημαντικά την παραγωγικότητα. Οι τεχνητοί βραχίονες έχουν χρησιμοποιηθεί έως σήμερα με επιτυχία σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές οι οποίες απαιτούν υψηλή ακρίβεια στην εκτέλεση μιας ορισμένης λειτουργίας σε μεσαίες ή υψηλές ταχύτητες. Τυπικές τέτοιες εφαρμογές είναι η ηλεκτροσυγκόλληση μεταλλικών τμημάτων, η συναρμολόγηση, ο χειρισμός επικίνδυνων υλικών, η εκτέλεση ανιαρών εργασιών, η βαφή, απαιτήσεις επιλογής και τοποθέτησης (pick and place), βίδωμα κοχλιών και πλήθος άλλων. Στις περισσότερες από αυτές τις ανάγκες απαιτείται ο βραχίονας να μπορεί να φτάσει σε μια τελική θέση χωρίς να χρειάζεται να ακολουθήσει ή να κινηθεί σημαντικά κοντά σε μια δοθείσα τροχιά ώστε να εκτελέσει την εργασία ικανοποιητικά. Το υψηλό κόστος των ρυθμιστών που είναι απαραίτητοι για να επιτευχθεί πιστή παρακολούθηση της τροχιάς (trajectory tracking) σε συνάρτηση με υψηλή υπολογιστική ισχύ έχει αποτρέψει την ευρεία χρήση του στην βιομηχανία σε αντίθεση με τον μεγάλο αριθμό των δυναμικών εφαρμογών όπως η συγκόλληση, η συναρμολόγηση εν κινήσει, η σύλληψη κινούμενου αντικειμένου και άλλων.

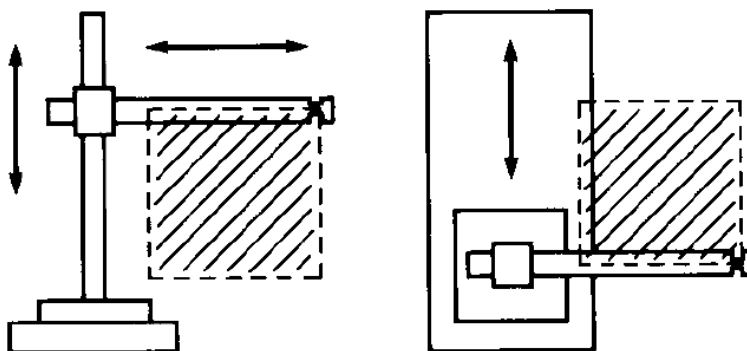
Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τις κατηγορίες που υπάρχουν στους ρομποτικούς βραχίονες στα καρτεσιανά, στα κυλινδρικών συντεταγμένων, στα Scara, στα αρθρωτά και στα σφαιρικών συντεταγμένων ρομπότ.

2.1.1 Καρτεσιανά ρομπότ

Το κυρίως σώμα ενός ρομπότ του τύπου αυτού αποτελείται από τρεις γραμμικούς άξονες. Η δομή μπορεί να είναι όμοια με τις εργαλειομηχανές (βάση, τραπέζι εργασίας, κ.ά.) αλλά τότε ο λόγος μεταξύ του χώρου εργασίας του ρομπότ και του χώρου που καταλαμβάνει είναι μικρότερος. Γενικά, τα χαρακτηριστικά (ηλεκτρονικό υλικό, πρόγραμμα ελέγχου, κλπ.) ενός καρτεσιανού ρομπότ είναι όμοια με εκείνα των εργαλειομηχανών υπολογιστικού αριθμητικού ελέγχου (CNC). Η κίνηση λοιπόν του βραχίονα γίνεται πάνω σε τρεις άξονες x , y , z . Τα ρομπότ αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για εργασίες όπως η 'pick and place', για λειτουργίες συναρμολόγησης, συγκόλλησης και άλλες.



Σχήμα 2.1 : Σχηματική αναπαράσταση καρτεσιανού ρομπότ

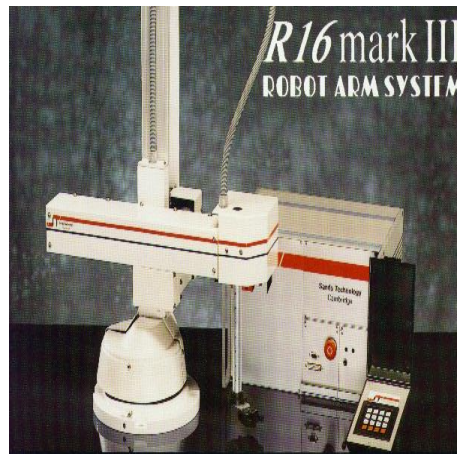


Σχήμα 2.2 : Πλάγια όψη και κάτοψη, με τη διαγράμμιση παρατηρούμε το χώρο εργασίας του ρομπότ

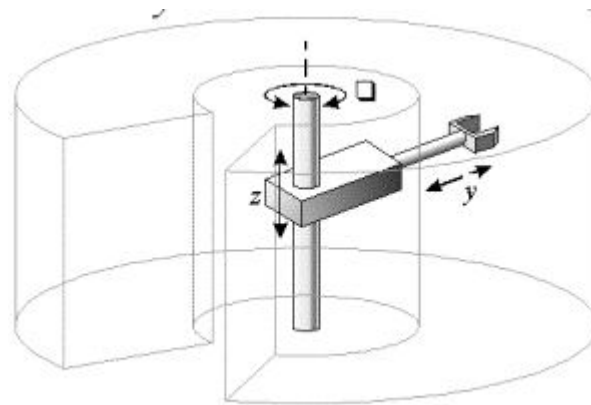
2.1.2 Ρομπότ τύπου κυλινδρικών συντεταγμένων

Το κυρίως σώμα ενός ρομπότ του τύπου αυτού αποτελείται από ένα οριζόντιο βραχίονα στερεωμένο σε μια κατακόρυφη κολώνα. Η κολώνα είναι με τη σειρά της στερεωμένη πάνω σε μια περιστρεφόμενη βάση. Ο οριζόντιος βραχίονας κινείται προς τα εμπρός και προς τα πίσω κατά τη διεύθυνση του διαμήκου άξονά του και επίσης ανεβοκατεβαίνει στην κολώνα. Κολώνα και βραχίονας στρέφονται σαν ένα σώμα πάνω στη βάση γύρω από τον κατακόρυφο άξονα.

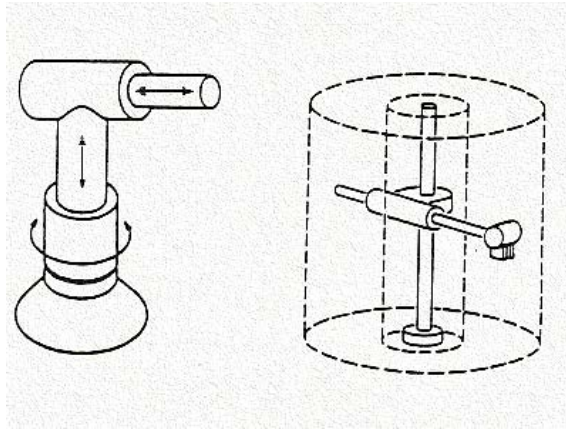
Το ρομπότ λοιπόν αποτελείται από 2 πρισματικές αρθρώσεις και μια περιστροφική άρθρωση. Ο τηλεσκοπικός βραχίονας περιστρέφεται γύρω από τη βάση, κινείται μέσα-έξω και πάνω-κάτω. Χρησιμοποιείται κυρίως για λειτουργίες συναρμολόγησης, συγκόλλησης και χύτευσης σε καλούπια.



Σχήμα 2.3 : Ρομπότ τύπου κυλινδρικών συντεταγμένων



Σχήμα 2.4 : Ο κυλινδρικός χώρος εργασίας του ρομπότ



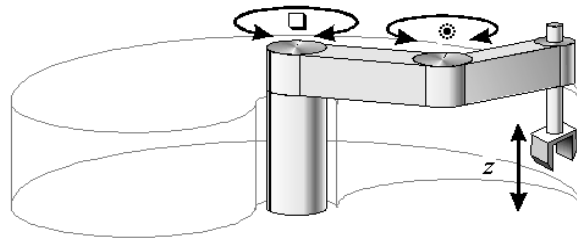
Σχήμα 2.5 : Σχηματική αναπαράσταση του ρομπότ

2.1.3 Ρομπότ τύπου SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arms)

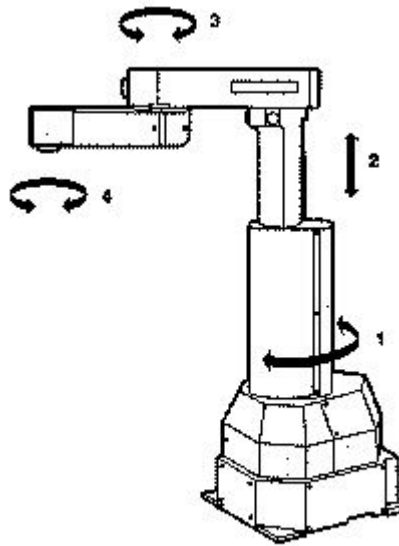
Αυτός ο τύπος ρομπότ είναι ειδικά σχεδιασμένος για συναρμολογήσεις, χρήσεις τοποθέτησης, φόρτωσης μηχανών και χρησιμοποιείται ευρέως σε ηλεκτρονικές βιομηχανίες. Είναι πολύ ανθεκτικός σε κατακόρυφες διευθύνσεις αλλά υστερούν στο οριζόντιο επίπεδο με αποτέλεσμα να υπάρχουν κάποια λάθη σε στοιχεία προς τοποθέτηση. Αυτά τα ρομπότ μπορούν να είναι πολύ μικρά και ικανά στην ακρίβεια αλλά και στην ταχύτητα. Εδώ ο βραχίονας περιστρέφεται σε δυο άξονες στο οριζόντιο επίπεδο και κινείται γραμμικά πάνω-κάτω.



Σχήμα 2.6 : Ρομπότ τύπου Scara



Σχήμα 2.7 : Ο χώρος εργασίας του Scara



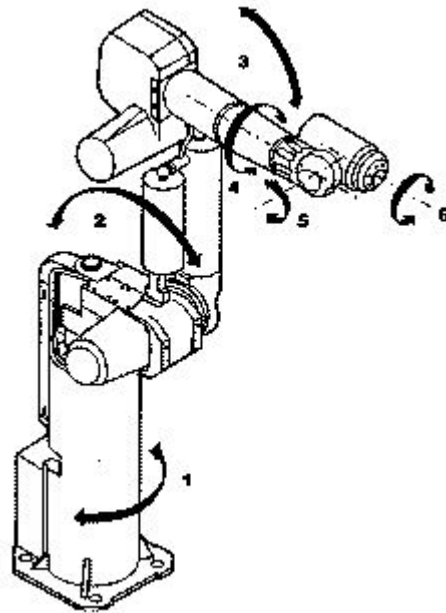
Σχήμα 2.8 : Σχηματική αναπαράσταση του Scara με εμφανής τους βαθμούς ελευθερίας

2.1.4 Ρομπότ αρθρωτού τύπου

Περιστροφική κίνηση στους τρεις άξονες. Τα αρθρωτά ρομπότ αποτελούνται από τρία σταθερά μέλη (συνδέσμους) που ενώνονται με στρωφικές αρθρώσεις και είναι τοποθετημένα πάνω σε μια στρεφόμενη βάση. Η κινηματική διάταξη μοιάζει με εκείνη του ανθρώπινου χεριού. Το εργαλείο (αρπάγη) είναι ανάλογο της παλάμης και προσαρμόζεται στον κάτω βραχίονα μέσω του καρπού. Ο "αγκώνας" συνδέει τον κάτω με τον άνω βραχίονα και ο "ώμος" συνδέει τον άνω βραχίονα με τη βάση. Πολλές φορές στην άρθρωση του ώμου διατίθεται και μια περιστροφική κίνηση σε οριζόντιο επίπεδο.



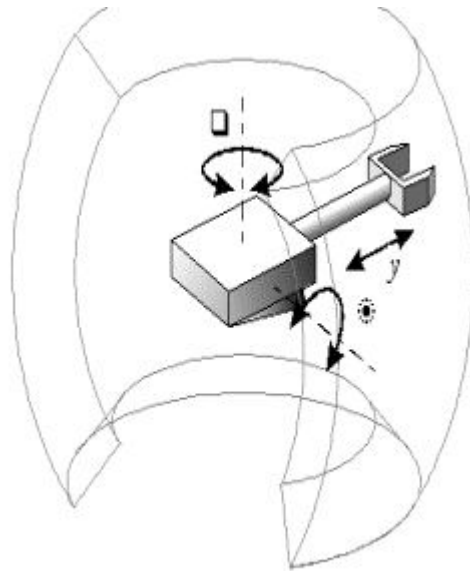
Σχήμα 2.9 : Ρομπότ αρθρωτού τύπου



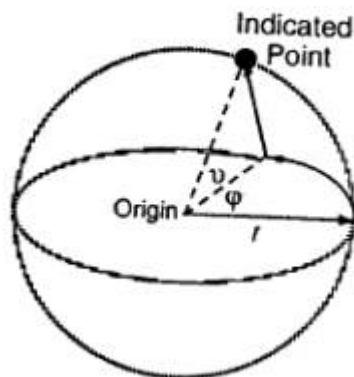
Σχήμα 2.10 : Σχηματική αναπαράσταση του αρθρωτου ρομπότ με εμφανής τους βαθμούς ελευθερίας

2.1.5 Ρομπότ τύπου σφαιρικών συντεταγμένων

Εδώ υπάρχει στο ρομπότ μια πρισματική άρθρωση και δυο περιστροφικές. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει ένα σύστημα συντεταγμένων όπου οι δυο διαστάσεις είναι υπό γωνία και η τρίτη είναι η γραμμική απόσταση από το σημείο αρχής των συντεταγμένων. Αυτές οι τρεις συντεταγμένες ορίζουν ένα σημείο σε μια σφαίρα. Χρησιμοποιούνται για συγκολλήσεις και χυτεύσεις. Τα ρομπότ του τύπου αυτού λοιπόν αποτελούνται από μια στρεφόμενη βάση και ένα ανυψούμενο στέλεχος στους άξονες.



Σχήμα 2.11 : Ο χώρος εργασίας του ρομπότ



Σχήμα 2.12 : Σύστημα σφαιρικών συντεταγμένων

2.2 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα των πέντε τύπων ρομπότ

Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των πέντε τύπων ρομπότ.

Τύποι ρομπότ	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Καρτεσιανές συντεταγμένες	Τρεις γραμμικοί άξονες, εύκολοι στην απεικόνιση στη σύλληψη και στον προγραμματισμό, άκαμπτη δομή κατασκευής, ικανότητα για εισαγωγή σε ευθεία γραμμή μέσα σε φούρνο	Μπορούν να εκταθούν μόνο μπροστά από τον εαυτό τους, απαιτούν μεγάλο χώρο εργασίας δαπέδου, άξονες δύσκολοι στη σφράγιση
Κυλινδρικές συντεταγμένες	Δυο γραμμικοί άξονες και ένας περιστροφής, μπορούν να προεκταθούν γύρω από τον εαυτό τους, η έκταση και το ύψωμα των αξόνων είναι άκαμπτο, περιστροφικοί άξονες εύκολοι στην επισφράγιση, σχετικά εύκολος προγραμματισμός	Δεν μπορούν να εκταθούν πάνω από τον εαυτό τους, ο άξονας της βάσης περιστροφής δεν είναι άκαμπτος, οι γραμμικοί άξονες είναι δύσκολοι στη σφράγιση, δεν μπορούν να εκταθούν γύρω από εμπόδια
SCARA συντεταγμένες	Ένας γραμμικός και δυο περιστροφικοί άξονες, το ύψωμα των αξόνων είναι άκαμπτο, μεγάλη περιοχή εργασίας για χώρο δαπέδου	Δυο τρόποι για να φτάσεις ένα σημείο, δύσκολο στο να το προγραμματίσεις off-line, μεγάλη πολυπλοκότητα του βραχίονα
Σφαιρικές συντεταγμένες	Ένας γραμμικός και δυο περιστροφικοί άξονες, μεγάλη οριζόντια έκταση	Δεν μπορούν να εκταθούν γύρω από εμπόδια, μικρή κατακόρυφη έκταση
Περιστροφικές συντεταγμένες	Τρεις περιστροφικοί άξονες μπορούν να εκταθούν άνω ή κάτω από εμπόδια, μεγάλη περιοχή εργασίας για μικρό χώρο δαπέδου	Δύσκολο στο να το προγραμματίσεις off-line, δυο ή τέσσερις τρόποι για να φτάσεις ένα σημείο, πολύπλοκο το κομμάτι του ρομπότ που εκτελεί τη διεργασία

Κεφάλαιο 3: Ρομπότ τύπου Scara

3.1 Αναφορά στα ρομπότ τύπου Scara

Στη συνέχεια ακολουθεί η αναφορά στα Scara ρομπότ διότι η προτεινόμενη ιδέα όπου θα αναφερθούμε παρακάτω μπορεί να αντικαταστήσει το βραχίονα των ρομπότ αυτών. Τα ρομποτικά συστήματα τύπου SCARA (Selectively Compliant Articulated Robot Arm) κινούνται όπως και το ανθρώπινο σώμα. Αυτές οι διατάξεις είναι ενσωματωμένες μαζί με ορισμένες αρθρώσεις (όπως οι αρθρώσεις καρπού και αγκώνα στο ανθρώπινο σώμα) και κινούνται κατά μήκος ενός οριζοντίου επιπέδου για εκπλήρωση εργασίας προς έναν άξονα πάντα κάθετο σε αυτόν που κινούνται. Τα ρομπότ τύπου SCARA ανακαλύφθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960 αλλά το σχέδιό τους έγινε ευρύτερα γνωστό αργότερα.

Τα SCARA είναι ιδανικά για ποικίλες εφαρμογές που απαιτούν ταχύτητα, επαναληψιμότητα και ακρίβεια πάνω σε σημεία και σε κινήσεις σημείων για τοποθέτηση, φόρτωμα – ξεφόρτωμα και συναρμολόγηση. Εξαιτίας της σπουδαίας κίνησης των αρθρώσεων, τα ρομπότ τύπου SCARA είναι ιδανικά για εφαρμογές που απαιτούν σταθερή επιτάχυνση κατά μήκος τροχιάς κυκλικών κινήσεων.



Σχήμα 3.1 : Ρομπότ τύπου Scara

3.1.1 Ανεστραμμένο SCARA

Ένας νέος τύπος βραχίονα Scara είναι το ‘Upside-down SCARA’. Είναι ένας επαναστατικός βραχίονας όπου ο σχεδιασμός του κάνει εύκολη τη χρήση αυτών των ρομποτικών βραχιόνων στο πρόβλημα του χώρου, καθώς πρέπει να διατηρείται όλη η κλίμακα της κίνησης που εκτελεί ένα Scara.



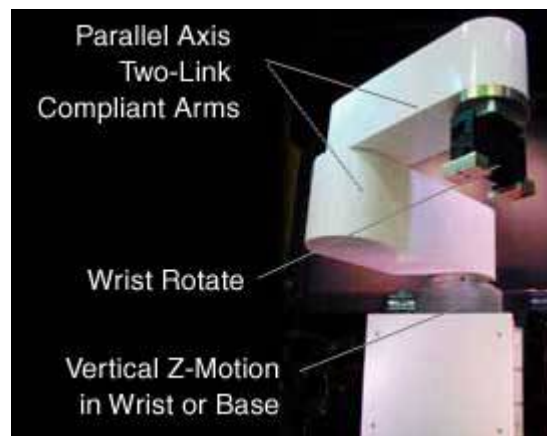
Σχήμα 3.2 : Ανεστραμμένο SCARA



Σχήμα 3.3 : Scara ρομπότ

Τα ρομπότ τύπου SCARA είναι συνήθως βιομηχανικά ρομπότ με τέσσερις άξονες (4). Η κινηματική του όπως αναφέραμε βασίζεται στην κίνηση του ανθρώπινου βραχίονα με την πρώτη άρθρωση να παραπέμπει στον ώμο και τη δεύτερη άρθρωση στον αγκώνα του χεριού (ή και αγκώνα καρπού). Αυτές οι δυο αρθρώσεις επιτρέπουν την κίνηση στους X, Y άξονες (X, Y επίπεδο). Η τρίτη άρθρωση είναι ένας μετασχηματισμός άρθρωσης κατά τον Z άξονα. Η τελευταία άρθρωση ονομάζεται Theta-Z και αποδίδει περιστροφή γύρω από τον άξονα Z (περιστροφή καρπού).

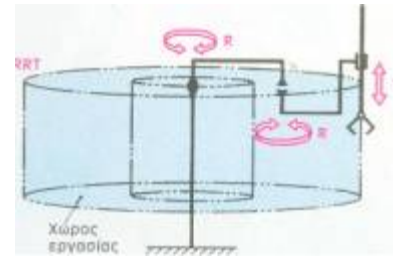
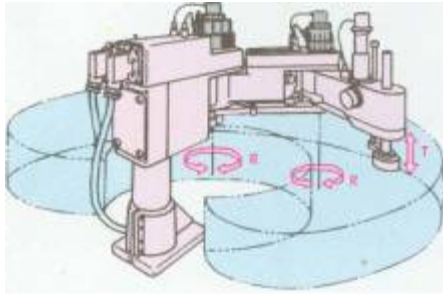
Τα ρομπότ τύπου SCARA προσφέρουν την καλύτερη αναλογία τιμής ανά εκτέλεσης όσον αφορά την ταχύτητα. Είναι πιο γρήγορα από τα καρτεσιανά ρομπότ (επειδή κινούνται συνολικά λιγότερο) και από τα ρομπότ με έξι άξονες (επειδή έχουν λιγότερες αρθρώσεις και επειδή είναι συνήθως ανθεκτικά και αποτελεσματικά).



Σχήμα 3.4 : Οι άξονες κίνησης, ο «καρπός περιστροφής» και η κίνηση στο άξονα Z

Η κινηματική ενός Scara, ενός άξονα μεταφορικής κινήσεως για κατακόρυφη κίνηση όπου πριν από αυτόν υπάρχουν δυο στρεφόμενοι άξονες ονομάζεται κινηματική RRT (σχήμα. 2). Ο χώρος εργασίας είναι κυλινδρικός.

Αυτή η κατασκευαστική μορφή ρομπότ επιτρέπει μεγάλες δυνάμεις συναρμογής κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, διότι αυτές οι δυνάμεις δεν παραλαμβάνονται από τα συστήματα κινήσεως των αρθρώσεων. Συνήθως αυτά τα ρομπότ έχουν μόνο έναν άξονα χειρός για την περιστροφή των τεμαχίων, δηλαδή συνολικά 4 άξονες όπως έχουμε αναφέρει .



Σχήμα 3.5 : Η κινηματική RRT των Scara

Τα ρομπότ τύπου Scara είναι από τα πιο δημοφιλή που υπάρχουν στο χώρο του ρομποτικού βραχίονα. Αποτελούν την πρώτη επιλογή των κατασκευαστών εξαιτίας της ταχύτητας, της διάρκειας και της στιβαρής κατασκευής τους. Όπως έχουμε αναφέρει οι κινήσεις των ρομπότ τύπου Scara μοιάζουν πολύ με τις κινήσεις που διαγράφει το ανθρώπινο χέρι (κίνηση ώμου, αγκώνα, καρπού). Αυτός ο τύπος περιλαμβάνει αρθρώσεις τόσο στον «ώμο» όσο και στον «αγκώνα» μαζί με ένα άξονα στον «καρπό» για κατακόρυφη κίνηση. Τα Scara είναι κατά μεγάλο ποσοστό άκαμπτα, όχι βέβαια τόσο όσο τα καρτεσιανά τα οποία υπερτερούν.

3.2 Εφαρμογές των Scara

Οι αρθρώσεις του «ώμου» και του «αγκώνα» στα Scara περιστρέφονται γύρω από ένα κατακόρυφο άξονα. Ο σχηματισμός τους εξασφαλίζει μεγάλο ποσοστό ακαμψίας στο ρομπότ κατά την κατακόρυφη κατεύθυνση, αλλά ευκαμψία στο οριζόντιο επίπεδο. Αυτό τα κάνει να είναι ιδανικά για διεργασίες συναρμολόγησης, σε αυτοκινητοβιομηχανίες και ηλεκτρονικές εταιρίες, μαζί με εφαρμογές βαφής με σπρέι και οξυγονοκολλήσεις. Είναι πολύ διαδεδομένα στις κατηγορίες pick-and-place, και σε εφαρμογές πακεταρίσματος. Οι βιομηχανίες πινάκων ηλεκτρονικών πλακετών συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν μεγάλο αριθμό από ρομπότ τύπου SCARA για τοποθέτηση ημιαγωγών και άλλων συστατικών στους περιφερειακούς πίνακες των υπολογιστών και των σχετικών εξοπλισμών.

Άλλες εφαρμογές των Scara υπάρχουν στην κατασκευή οπτικών ινών. Στις οπτικές ίνες η σκόνη που μπορεί να υπάρξει είναι μεγάλη και οφείλεται στο μάζεμα ή την τοποθέτησή τους. Η εφαρμογή των Scara σε αυτήν την περίπτωση είναι η 'pick a part' όπου είναι ικανά στο μάζεμα ή τοποθέτηση των ινών αυτών.

Τα Scara είναι ιδανικά και για εγχείρηση αντικατάστασης γονάτου ή γοφού. Για αυτήν την εφαρμογή ένα ρομπότ τροποποίησης ανοίγει τρύπα στο μηριαίο οστό με ένα τμήμα άκρης κατσαβιδιού. Με αυτό το σύστημα μπορεί να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο από ένα γοφό για χρήση προς ασθενή και το ρομπότ το χρησιμοποιεί σαν οδηγό ώστε να ανοίξει τρύπες με ακρίβεια στο κόκαλο. Χρησιμοποιείται το Scara γιατί είναι αρκετά μικρό και μεταφέρεται εύκολα από ένα χώρο επέμβασης σε έναν άλλο. Μια άλλη εφαρμογή «επεμβάσεων» των Scara είναι η συναρμολόγηση ραδιενεργών ισotόπων «σπόρων» για τη θεραπεία του καρκίνου. Η διάμετρος του σπόρου είναι μικρότερη από 6.5 χιλιοστά και η διαδικασία συναρμολόγησης είναι η ίδια με την τοποθέτηση μυτών σε ένα μηχανικό μολύβι.

Οι αρθρώσεις των ρομπότ τύπου Scara είναι ικανές για περιστροφή και μπορούν να εγγυηθούν την ασφάλεια που είναι απαραίτητη ώστε το ρομπότ να «επιβιώσει» σε κακής ποιότητας περιβάλλον, ή ακόμα σε εφαρμογές κάτω από το νερό.

3.3 Μειονεκτήματα των Scara

Ωστόσο τα ρομπότ τύπου Scara παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα στα οποία είναι αναγκαίο να αναφερθούμε.

Ένα μειονέκτημα των SCARA είναι ότι η εργασία που εκτελείται είναι δύσκολο να ελεγχθεί καθώς είναι περιορισμένος ο όγκος που απαιτείται για έλεγχο. Τα SCARA είναι αρκετά ψηλά καθώς η πολυπλοκότητα του βραχίονα είναι μεγάλη και καταλαμβάνουν αρκετό χώρο ειδικά στην κατακόρυφη απόσταση στάσης ή κίνησης και έτσι δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογή εισαγωγής και ανάκτησης βραχίονα.

Όλες οι αρθρώσεις στα Scara βρίσκονται στο τέλος του κάθε βραχίονα με αποτέλεσμα να τα καθιστούν εύκολα στις παρεκτροπές.

Εκτελούν μόνο λειτουργίες που βρίσκονται σε ένα επίπεδο. Οπότε σε μια διαδικασία όπου η συναρμολόγηση ήταν σε παραπάνω από ένα επίπεδο, θα ήταν άχρηστα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχει περιορισμένες εφαρμογές κατά τη χρήση τους.

Είναι δύσκολα στον off-line προγραμματισμό. Στον προγραμματισμό αυτό χρησιμοποιείται ειδική γλώσσα προγραμματισμού με τις εντολές της. Με τη βοήθεια εντολών κινήσεως και εντολών ελέγχου συντάσσεται το πρόγραμμα στην οθόνη. Αν η θέση προγραμματισμού έχει όλες τις προϋποθέσεις, μπορεί να γίνει εξομοίωση των κινήσεων και να παρασταθούν αυτές στην οθόνη γραφικά.

3.4 Παρουσίαση ρομπότ τύπου Scara

Μοντέλο : Adept Cobra i800 Robot



Σχήμα 3.6 : Το Adept Cobra i800

Το παραπάνω μοντέλο έχει σχεδιαστεί για μηχανολογικές συναρμολογήσεις, χειρισμούς υλικών, πακετάρισμα, βιδώματα και πολλές άλλες λειτουργίες που απαιτούν ταχύτητα και ακρίβεια αυτοματισμού. Μια καινοτομία σε αυτό το μοντέλο είναι ότι οι ενισχυτές και οι ελεγκτές κίνησης έχουν κατασκευαστεί μέσα στο ρομπότ και έτσι το καθιστούν εύκολο στην κίνηση του μέσα στην περιοχή εργασίας σε σχέση με άλλους τύπους Scara. Έχει πολύ καλούς κωδικοποιητές με αποτέλεσμα την εύκολη βαθμονόμηση. Η μεγάλη ανάλυση των κωδικοποιητών παρέχουν μεγάλη ακρίβεια. Τα υψηλής αποδοτικότητας μοτέρ μεταφέρουν υψηλή εκτέλεση με μεγαλύτερες ροπές ανά ποσότητα ρεύματος. Η μικρή αδράνεια των οδηγών παρέχει τη μέγιστη επιτάχυνση. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας στα μοτέρ και οι ενισχυτές μεγιστοποιούν την εκτέλεση και την αξιοπιστία.

Χαρακτηριστικά

Έκταση : 800 mm

Έκταση άρθρωσης

Άρθρωση 1 : $\pm 105^\circ$

Άρθρωση 2 : $\pm 157.5^\circ$

Άρθρωση 3 : 210mm

Άρθρωση 4 : $\pm 360^\circ$

Ωφέλιμο φορτίο : 2 Kg (φορτίο λειτουργίας) – 5.5 (μέγιστο φορτίο)

Αδράνεια άρθρωσης 4 (μέγιστη) : $450 \text{ kg} - \text{cm}^2$

Δύναμη ώθησης προς τα κάτω : 30 kg

Ταχύτητα αρθρώσεων

Άρθρωση 1 : 386 °/sec

Άρθρωση 2 : 720 °/sec

Άρθρωση 3 : 1100 mm/sec

Άρθρωση 4 : 1200 °/sec

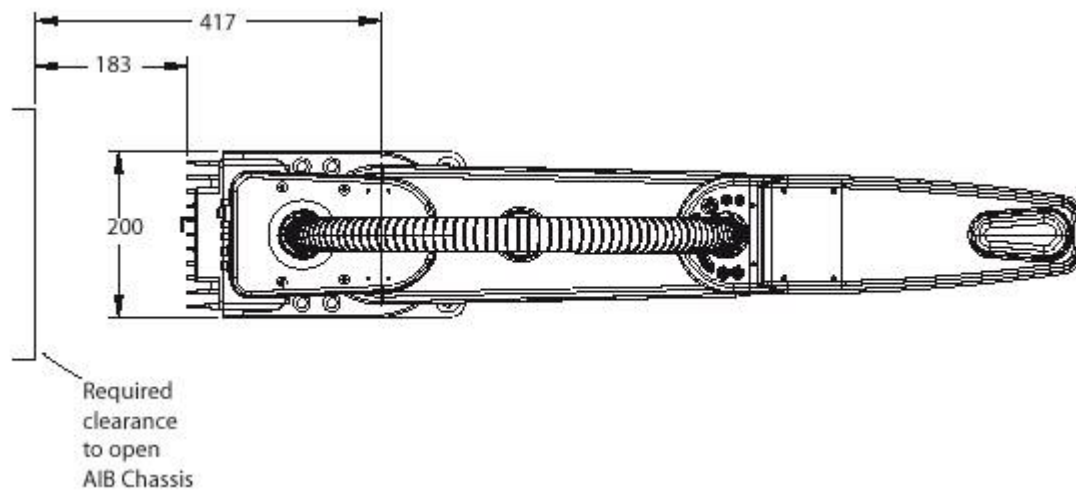
Επαναληψιμότητα

XY : $\pm 0.017 \text{ mm}$

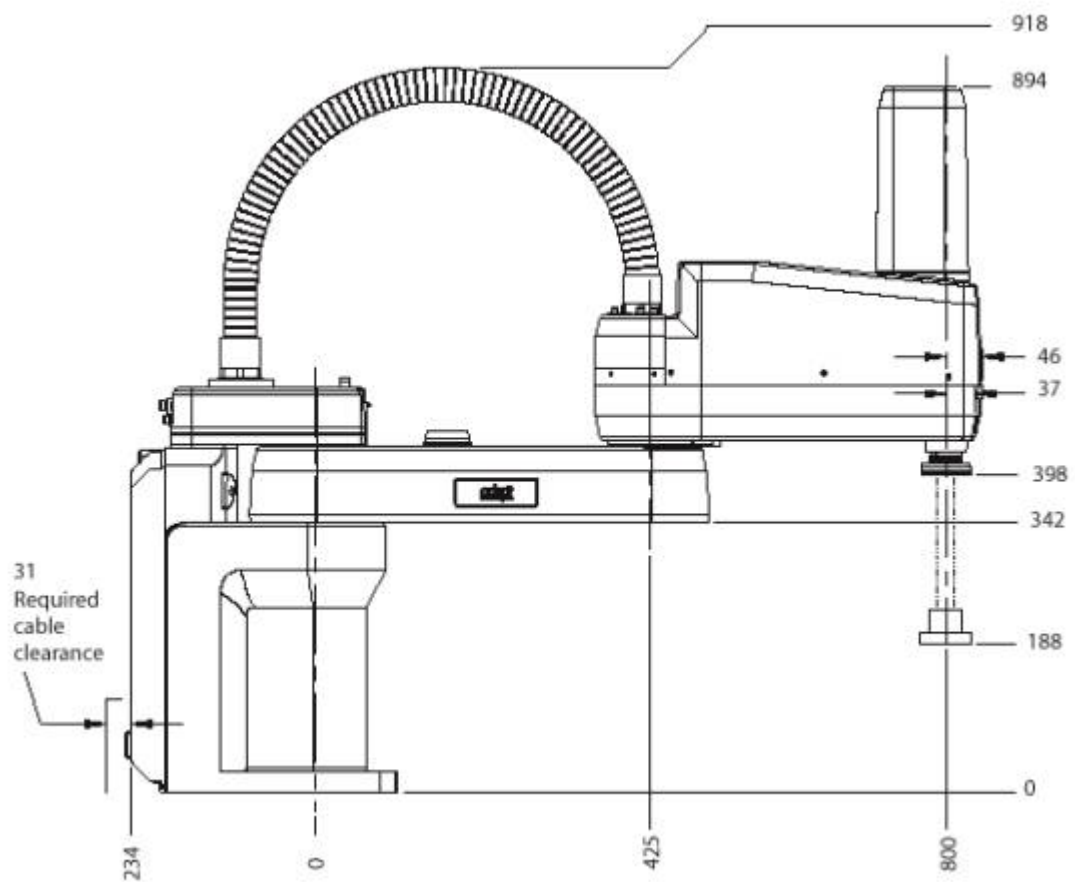
Z : $\pm 0.003 \text{ mm}$

Theta : $\pm 0.019^\circ$

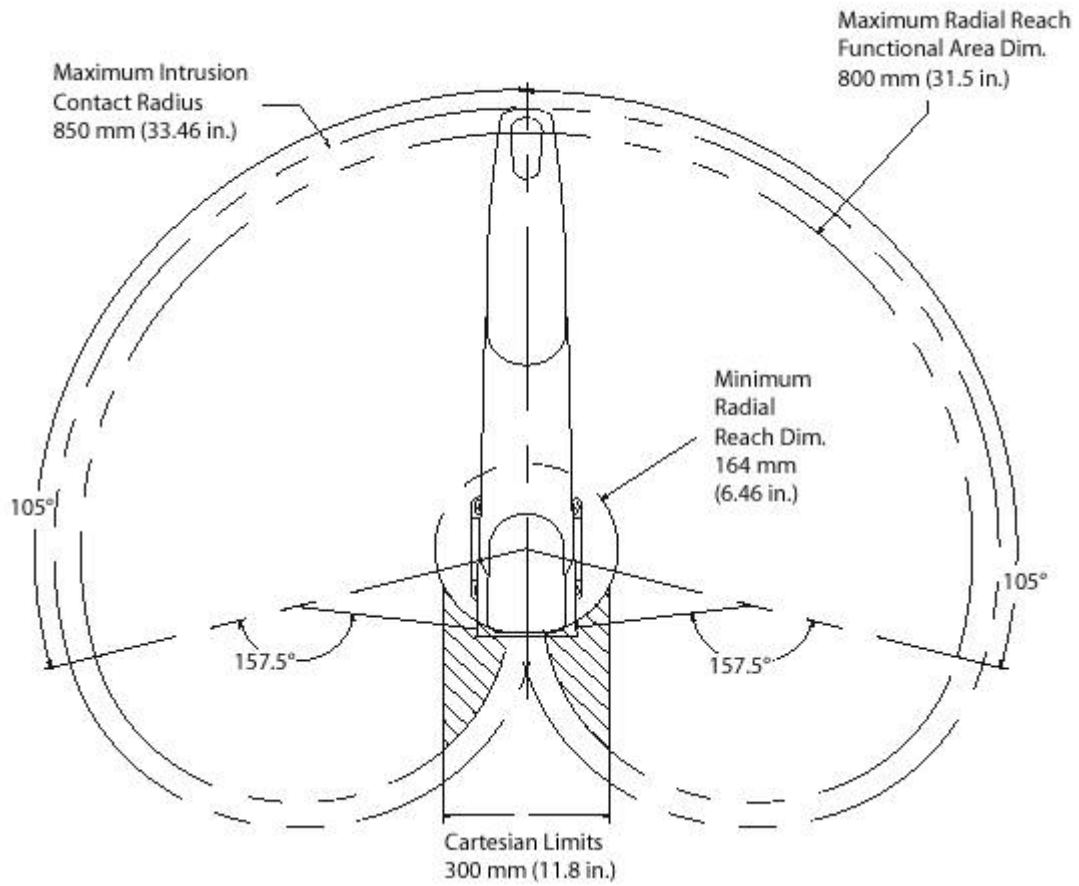
Βάρος : 43 kg



Σχήμα 3.7 : Κάτοψη του Scara



Σχήμα 3.8 : Πλάγια όψη του Scara με βασικές διαστάσεις



Σχήμα 3.9 : Χώρος εργασίας του Scara με εμφανή την έκταση του βραχίονα

Κεφάλαιο 4 : Τηλεσκοπικοί βραχίονες

4.1 Παρουσίαση τηλεσκοπικού βραχίονα

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε ορισμένους βραχίονες που είναι γνωστοί ως τηλεσκοπικοί. Μέσα από τις φωτογραφίες και τα σχέδια θα αναλύσουμε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που απορρέουν από τη χρήση τους.

Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνονται ορισμένα μηχανήματα (αναβατόρια) με τηλεσκοπικούς βραχίονες (ψαλιδωτού τύπου).



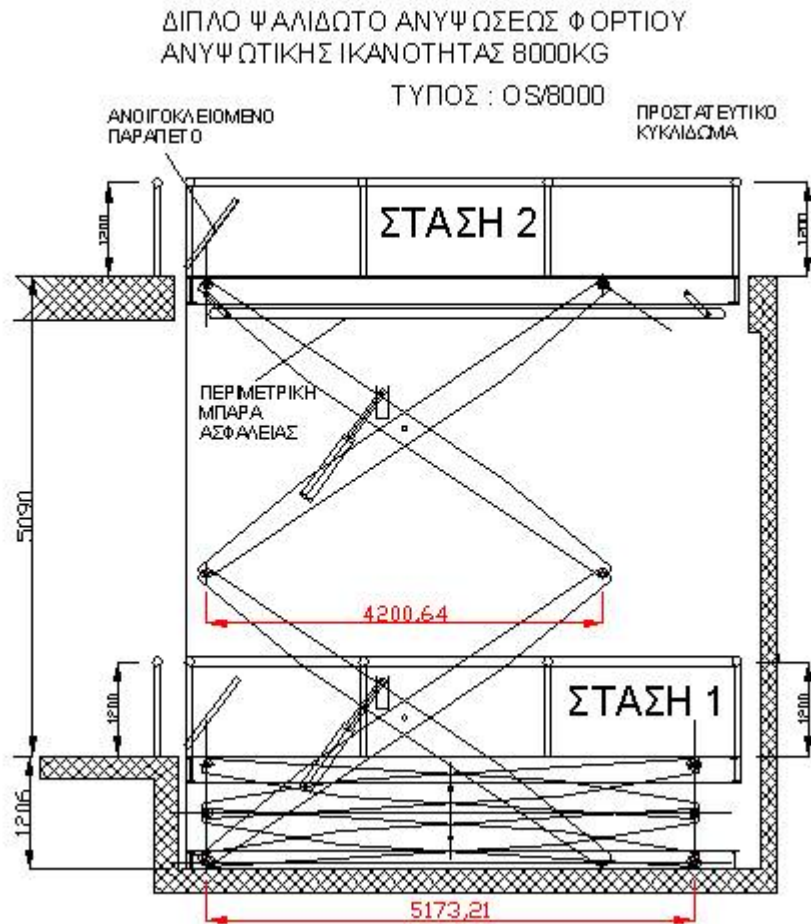
Σχήμα 4.1 : Τηλεσκοπικοί βραχίονες ψαλιδωτού τύπου



Σχήμα 4.2 : Τηλεσκοπικοί βραχίονες ψαλιδωτού τύπου

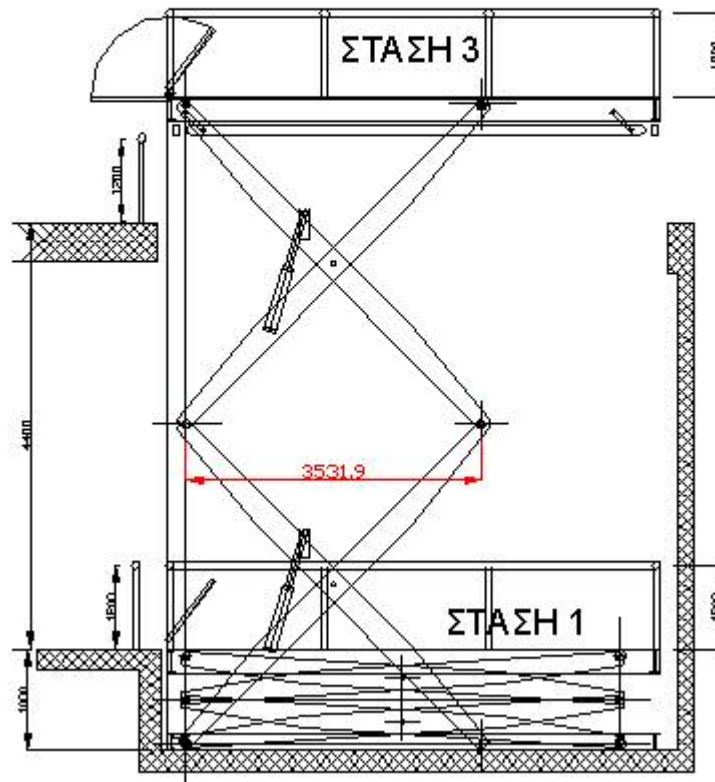
4.2 Σχέδια από τηλεσκοπικό βραχίονα αναβατορίου

Ύστερα από έρευνα και σχεδιασμό πλάγιας όψης ενός διπλού ψαλιδωτού αναβατορίου σε τρεις στάσεις με ανυψωτική ικανότητα 8 τόνων μπορούμε να συμπεράνουμε ορισμένα στοιχεία όπως ότι κατά την έκταση του βραχίονα μικραίνει η διατομή του.



Σχήμα 4.3 : Στάση 1 και 2 του τηλεσκοπικού αναβατορίου

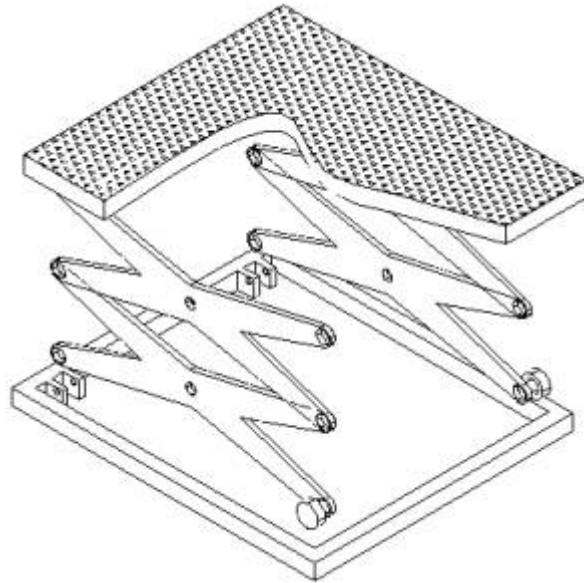
ΔΙΠΛΟ ΨΑΛΙΔΩΤΟ ΑΝΥΨΩΣΕΩΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΑΝΥΨΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ 8000KG
ΤΥΠΟΣ : OS/8000



Σχήμα 4.4 : Στάση 3 τηλεσκοπικού αναβατορίου

Συμπεράσματα

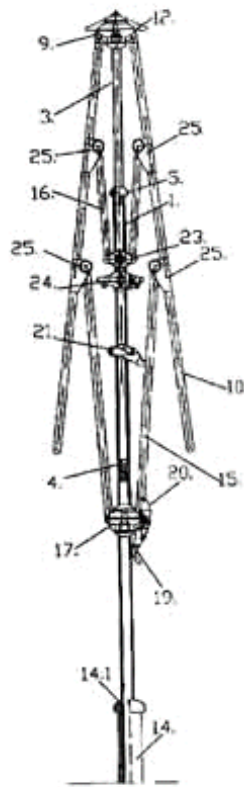
Κατά την έκταση του ο βραχίονας δε διατηρεί σταθερή και αμετάβλητη τη διατομή του. Κατά τη στάση 1 η διατομή του βραχίονα είναι όπως παρατηρούμε 5,1 μέτρα περίπου. Στη στάση 2 μικραίνει στα 4,2 μέτρα. Σε μια ψηλότερη στάση 3 η διατομή έχει φτάσει στα 3,5 μέτρα. Όσο ψηλώνει δηλαδή το αναβατόριο μικραίνει η διατομή του διπλού ψαλιδωτού τύπου βραχίονα. Αποτέλεσμα είναι να έχει μικρή αντίσταση στις ροπές.



Σχήμα 4.5 : Τρισδιάστατη απεικόνιση του ψαλιδωτού βραχίονα

4.3 Χρήσεις τηλεσκοπικού βραχίονα

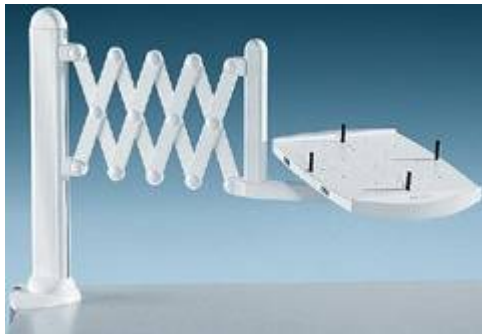
Μια άλλη περίπτωση που εφαρμόζεται ο τηλεσκοπικός βραχίονας μπορούμε να παρατηρήσουμε στο παρακάτω σχέδιο.



Σχήμα 4.6 : Τηλεσκοπικός μηχανισμός ομπρέλας

Ο παραπάνω τηλεσκοπικός μηχανισμός αυτοδύναμης έκτασης και σύμπτυξης βρίσκει εφαρμογή σε μια ομπρέλα. Το σχέδιο αυτό χαρακτηρίζεται από ένα κεντρικό τηλεσκοπικό άξονα όπου στο εσωτερικό του φέρει ένα αντίβαρο και στο εξωτερικό του μια σειρά από αναρτήρες και αρθρώσεις επί των οποίων υπάρχουν ακτίνες με συγκεκριμένη γεωμετρική διάταξη.

Οι τηλεσκοπικοί βραχίονες βρίσκουν εφαρμογές και σε οικιακές συσκευές. Στις παρακάτω φωτογραφίες οι βραχίονες χρησιμοποιούνται για οριζόντια μεταφορά αντικειμένων (καθρέφτης, βάση).



Σχήμα 4.7 : Τηλεσκοπικός μηχανισμός βάσης αντικειμένων και καθρέφτη

4.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα τηλεσκοπικών βραχιόνων

Στη συνέχεια παραθέτουμε πλεονεκτήματα που απορρέουν από τη χρήση του τηλεσκοπικού βραχίονα :

1. μπορούν να βρίσκονται σε ευνοϊκότερη σύμπτυξη από ότι άλλοι τύποι από βραχίονες
2. γραμμική κίνηση τόσο του βραχίονα όσο και των αντικειμένων που μεταφέρουν
3. μπορούν να υπάρχουν σαν τύποι διπλών ψαλιδωτών (ή και τετραπλών) εκτός από μονών ψαλιδωτών βραχιόνων με αποτέλεσμα να πολλαπλασιάζεται η αντοχή τους σε ροπές αλλά και να αυξάνεται η ανυψωτική ικανότητα (για αναβατόρια)

Ωστόσο αρκετά σημαντικά είναι και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται στους τηλεσκοπικούς βραχίονες :

1. δε διατηρείται σταθερή και αμετάβλητη η διατομή αυτών
2. ύπαρξη πλάγιων μετατοπίσεων
3. μικρή αντίσταση σε ροπές
4. αργή κίνηση (ειδικά στα αναβατόρια)

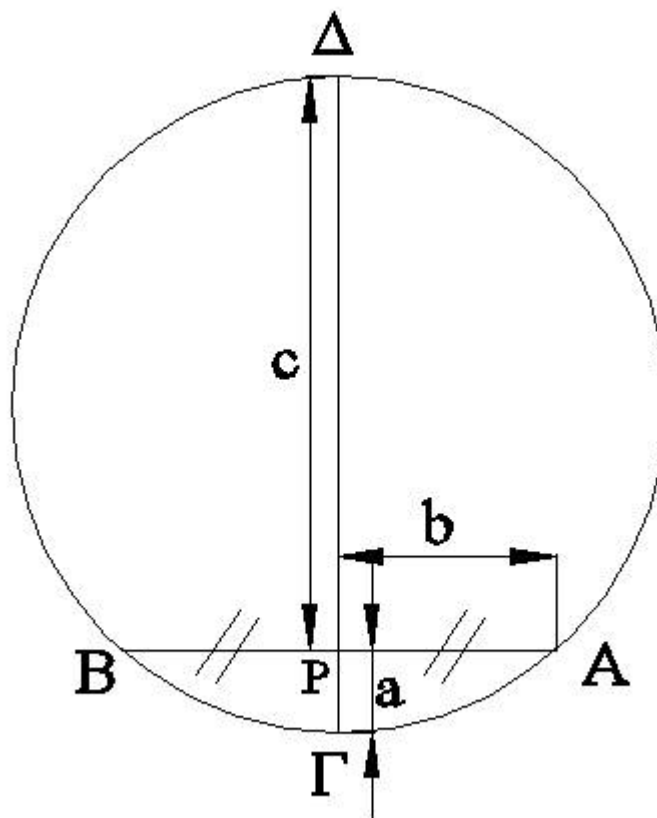
Κεφάλαιο 5 : Νέος τηλεσκοπικός ρομποτικός βραχίονας

5.1 Παρουσίαση σύλληψης και σχεδιασμού της νέας αρχιτεκτονικής

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε έναν νέο τύπο τηλεσκοπικού ρομποτικού βραχίονα με μια διαφορετική αρχιτεκτονική από όσες υπάρχουν έως σήμερα. Θα αναφερθούμε στη σύλληψη και σχεδιασμό αυτού αναφερόμενοι στα πλεονεκτήματα που προβάλλει σε σχέση με άλλους τύπους από ρομποτικούς βραχίονες με εικόνες και σχέδια αλλά και σε διάφορες άλλες εφαρμογές που μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

5.1.1 Η σύλληψη της ιδέας

Σε έναν κύκλο διαγράφουμε μια διάμετρο και μια χορδή κάθετη στη διάμετρο που φέρουμε (σχήμα 1). Η διάμετρος έχει μήκος $c + a$ ενώ η χορδή $2b$.

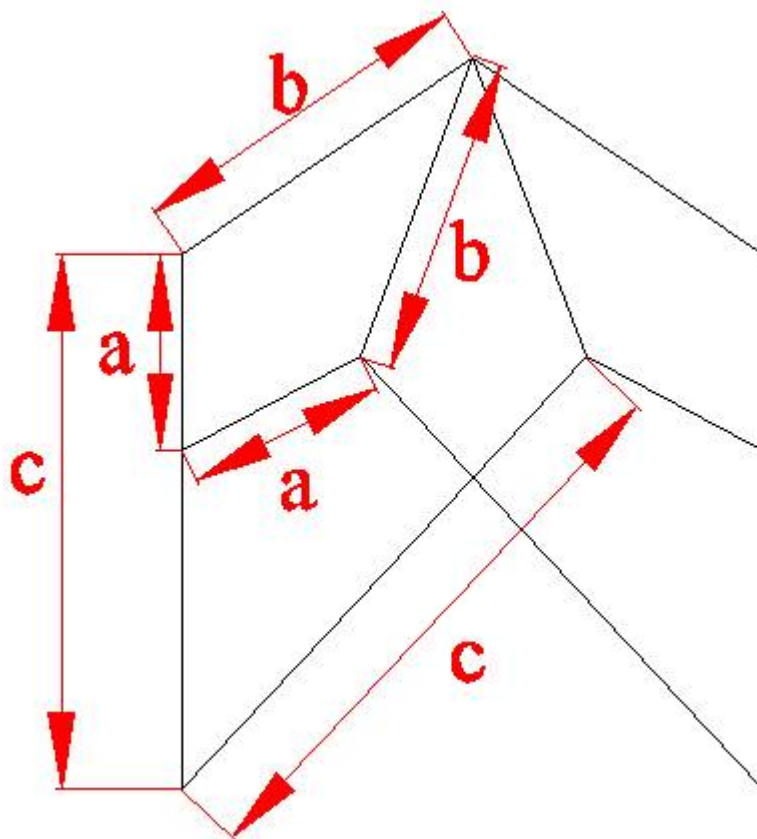


Σχήμα 5.1 : Κύκλος διαμέτρου $c + a$

Με βάση τις παραπάνω διαστάσεις (a , b , c) κατασκευάζεται ο νέος τύπος

βραχίονα. Οι διαστάσεις αυτές αντιστοιχούν στα μήκη των μελών. Η αρχιτεκτονική του στηρίζεται στο σχήμα 2 που ακολουθεί. Πρέπει πάντα να τηρείται η σχέση $b^2 = a c$.

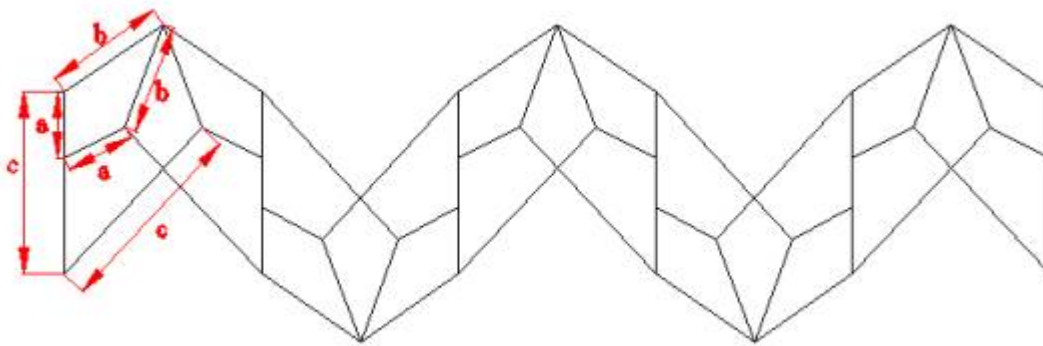
Η παραπάνω σχέση αποδεικνύεται λόγω των τεμνουσών κύκλου (όμοια τρίγωνα APΓ και APΔ – κοινή πλευρά η AP). Έτσι έχουμε $AP \cdot PB = \Delta P \cdot P\Gamma$ όπου με αντικατάσταση έχουμε $b \cdot b = ac$ δηλαδή $b^2 = a c$. Η απόδειξη της γραμμικής κίνησης του βραχίονα εκφεύγει από το πλαίσιο της εργασίας.



Σχήμα 5.2 : Οι διαστάσεις των μελών ενός μέρους του τηλεσκοπικού βραχίονα

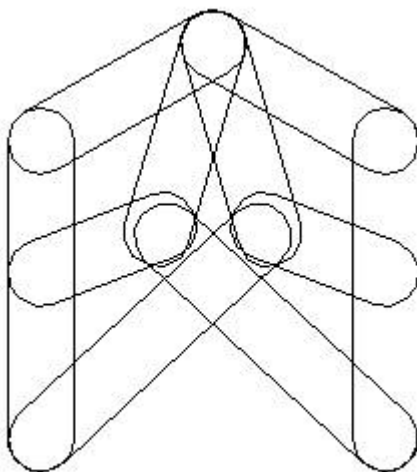
Με κόκκινο χρώμα όπως παρατηρούμε διακρίνονται οι διαστάσεις. Με μαύρο χρώμα είναι ένα μέρος του βραχίονα. Η σύνδεση πολλών μελών με έναν τρόπο που θα περιγράψουμε στη συνέχεια θα αποτελεί το συνολικό βραχίονα.

Μια απεικόνιση του βραχίονα μπορεί να είναι η παρακάτω : τοποθετούμε το παραπάνω μέλος ακριβώς δίπλα και στραμμένο κατά 180° . Συνεχίζουμε εναλλάξ την ίδια διαδικασία. Όπως παρατηρούμε και στο σχήμα 5.3 έχει σχηματιστεί ο βραχίονας που περιγράφουμε. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε και άλλες παραλλαγές του βραχίονα.

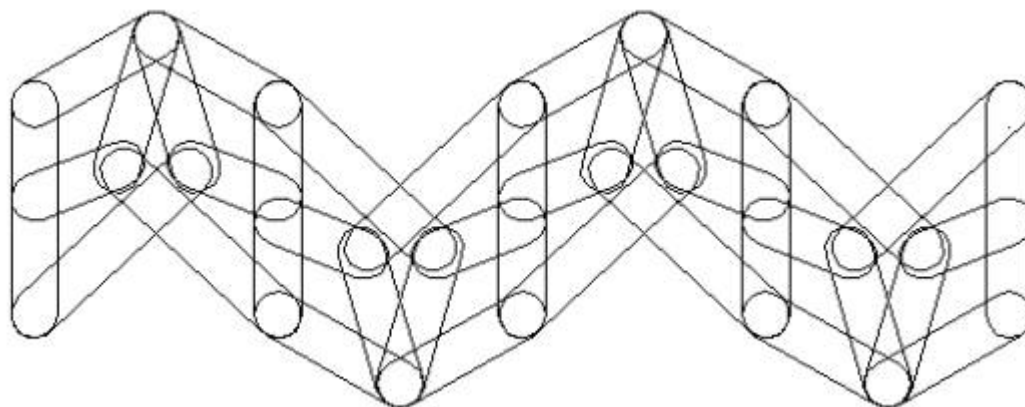


Σχήμα 5.3 : Σύνδεση πολλών μερών

Μια πιο παραστατική άποψη της παραπάνω αρχιτεκτονικής του βραχίονα μπορεί να αποδοθεί με τα σχέδια που ακολουθούν. Το πρώτο σχέδιο (σχήμα 4) είναι το πρώτο κομμάτι του βραχίονα όπου οι αρθρώσεις θα βρίσκονται στους κύκλους και το δεύτερο (σχήμα 5) είναι τα τέσσερα μέρη συνδεδεμένα με διάταξη κατοπτρισμού εναλλάξ.



Σχήμα 5.4 : Τα μέλη του μέρους του τηλεσκοπικού βραχίονα



Σχήμα 5.5 : Τέσσερα μέρη συνδεδεμένα με διάταξη κατοπτρισμού εναλλάξ

5.2 Πλεονεκτήματα του νέου τύπου βραχίονα

1. Κατά την έκταση του ο βραχίονας διατηρεί σταθερή και αμετάβλητη τη διατομή του κάτι που δε συμβαίνει με τους τηλεσκοπικούς βραχίονες.
2. εκτείνεται και να συντίθενται χωρίς να μετακινείται πάνω – κάτω στο χώρο και χωρίς να υπάρχουν πλάγιες μετατοπίσεις. Δεν καταλαμβάνει χώρο παράπλευρα.
3. κινείται παράλληλα στον εαυτό του και ευθύγραμμο
4. καθώς περιστρέφεται δε θα χτυπά σε εμπόδια
5. έχει μεγάλη αντίσταση στις ροπές σε σχέση με τους τηλεσκοπικούς βραχίονες
6. λίγο βάρος καθώς είναι «κούφιο» (διαστημικές, επίγειες εφαρμογές)

Ο νέος τύπος βραχίονα επίσης πλεονεκτεί καθώς έχει λίγη αδράνεια και έτσι κινείται πολύ γρήγορα σε σχέση με συμβατικούς τύπους όπου έχουν ανά μέλος σταθερή ροπή αδράνειας.

Συνοψίζοντας τα πλεονεκτήματα της νέας αυτής αρχιτεκτονικής μπορούμε να αναφέρουμε ότι ο νέος αυτός ρομποτικός βραχίονας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πάρα πολλές εφαρμογές που αφορούν τη ρομποτική.

Όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενη ενότητα τα ρομπότ τύπου SCARA μειονεκτούν σε αρκετές περιπτώσεις. Ο προτεινόμενος τύπος μπορεί να αντικαταστήσει το βραχίονα των SCARA εξασφαλίζοντας καλύτερα αποτελέσματα. Αυτό διότι δεν καταλαμβάνει χώρο παράπλευρα κατά την έκταση ή την σύμπτυξή του με αποτέλεσμα να είναι πιο ευέλικτος και να μη χτυπά σε εμπόδια στο χώρο εργασίας. Κατά συνέπεια μπορεί να μειωθεί ο χώρος εργασίας όχι του μέλους που εκτελεί την εργασία του βραχίονα (αρπάγη) που αντιστοιχεί σε ένα XY επίπεδο στην περίπτωση των SCARA, αλλά του βραχίονα που κινείται στο χώρο και που κατευθύνει την αρπάγη στο επιθυμητό σημείο με αποτέλεσμα την καλύτερη εκμετάλλευση του περιβάλλοντα χώρου.

Ο νέος τύπος βραχίονα μπορεί να αντικαταστήσει και τους άλλους ρομποτικούς βραχίονες που αντιστοιχούν στα καρτεσιανά ρομπότ, στα ρομπότ με κυλινδρικές και σφαιρικές συντεταγμένες και στα αρθρωτά ρομπότ. Τα αποτελέσματα θα είναι ικανοποιητικά και σε αυτούς τους τύπους.

Κεφάλαιο 6 : Σχεδιασμός και animation του τηλεσκοπικού ρομποτικού βραχίονα με τη χρήση του 3D Studio Max

6.1 Σχεδιαστικά προγράμματα

Είναι πάρα πολλά τα προγράμματα όπου μπορούμε να σχεδιάσουμε διάφορα μοντέλα, τόσο σε δυο όσο και σε τρεις διαστάσεις, και στη συνέχεια να εφαρμόσουμε το animation μέσω του οποίου προκύπτουν αρκετά χρήσιμα αποτελέσματα. Μερικά από τα πιο διαδεδομένα προγράμματα είναι :

- Το Pro-Engineer
- Το Solidworks
- Το Autocad (Mechanical)
- Το 3d studio max
- Το Ideas-Master
- Το Rhino και αρκετά άλλα

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των προγραμμάτων αυτών είναι ότι έχουν τη δυνατότητα να συνεργάζονται μεταξύ τους, εισάγοντας και εξάγοντας αρχεία (import, export) με διαφορετικές καταλήξεις κάθε φορά. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα για παράδειγμα να σχεδιάσουμε ένα μοντέλο στο πρόγραμμα του Autocad και να το ανοίξουμε από το 3d studio max (με import), με αποτέλεσμα να το επεξεργαστούμε με τα πολύ χρήσιμα εργαλεία του max (animation, rendering, camera).

Για το σχεδιασμό και το animation του μέρους του ρομποτικού βραχίονα επιλέξαμε το πρόγραμμα του 3d studio max (έκδοση 7). Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τις δυνατότητες αυτού του λογισμικού από όπου μπορεί να γίνουν κατανοητοί οι λόγοι που το επιλέξαμε.

6.2 3D Studio Max

6.2.1 Τι Είναι το 3D Studio Max

Το 3D Studio Max είναι ίσως το ισχυρότερο πρόγραμμα δημιουργίας και επεξεργασίας τρισδιάστατων γραφικών. Βρίσκει εφαρμογές στην αρχιτεκτονική, στα παιχνίδια, στις ταινίες, στην οπτική απεικόνιση ιατρικών και επιστημονικών μοντέλων, στις καλές τέχνες, στην εικονική πραγματικότητα (virtual reality), στον σχεδιασμό γραφικών για το Web και αλλού.

Δημιουργώντας μια βασική μορφή, μπορούμε να διαμορφώσουμε το σχήμα της, να εφαρμόσουμε υφή (texture) και χρώμα (color) στην επιφάνειά της και να την τοποθετήσουμε στην σκηνή. Επίσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάμερες και φωτιστικά για να εστιάσουμε στην σκηνή και να την φωτίσουμε.

Έχουμε τη δυνατότητα να προσθέσουμε κίνηση και ειδικά εφέ για να δώσουμε ζωντάνια στην σκηνή και τέλος, μπορούμε να φωτογραφίσουμε (απομονώσουμε) ένα στιγμιότυπο της σκηνής ή να κινηματογραφήσουμε διάφορα συμβάντα που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου.

Η διαδικασία δημιουργίας μιας μορφής ονομάζεται μοντελοποίηση (modeling). Μπορούμε να ξεκινήσουμε με τις βασικές γεωμετρικές μορφές, τις οποίες μπορούμε να επεξεργαστούμε και να τις βελτιώσουμε. Ακολουθεί ο χρωματισμός του αντικείμενου, που αποκαλείται χαρτογράφηση επιφάνειας (surface mapping), όπου βελτιώνουμε την υφή, την αντανακλαστικότητα και την διαφάνεια μιας δισδιάστατης εικόνας.

Η διαδικασία της φωτογράφισης ενός αντικείμενου αποκαλείται φωτοαπόδοση (rendering) και δημιουργεί μια δισδιάστατη εικόνα από μια τρισδιάστατη σκηνή. Επίσης μπορούμε να προσδώσουμε κίνηση (animation) σ' ένα αντικείμενο για να δώσουμε ζωντάνια στις εφαρμογές μας.

6.2.2 Το Περιβάλλον Εργασίας του 3D Studio Max

Οι εντολές του 3D Studio Max είναι τοποθετημένες σε μενού, γραμμές εργαλείων, λειτουργικές μονάδες και πλαίσια διαλόγου. Η κύρια οθόνη εργασίας του προγράμματος περιέχει 4 παράθυρα προβολής, 11 πτυσσόμενα μενού στην γραμμή μενού, καρτέλες για την εμφάνιση 11 κινητών γραμμών εργαλείων για την δημιουργία αντικειμένων, την βασική γραμμή εργαλείων, 6 καρτέλες εντολών, μια γραμμή κατάστασης στο κάτω μέρος της οθόνης και στα δεξιά της γραμμής κατάστασης τα χειριστήρια ελέγχου έλξης, τα χειριστήρια ελέγχου κίνησης και τα χειριστήρια παραθύρων προβολής.

Ειδικά η *βασική γραμμή εργαλείων (Main Toolbar)* επειδή περιέχει πολλά εργαλεία που δεν είναι ορατά ταυτόχρονα, μπορούμε να αφήσουμε τον δείκτη του ποντικιού ανάμεσα στα εικονίδια της και όταν πάρει την μορφή παλάμης (χεριού), να μετακινήσουμε την γραμμή εργαλείων δεξιά ή αριστερά για να δούμε και τα υπόλοιπα εικονίδια.

Το περιβάλλον εργασίας του 3d Studio Max χρησιμοποιεί ακόμη συμβουλές εργαλείων (tool tips), πτυσσόμενα μενού και μενού συντόμευσης με δεξί κλικ.

Τα *παράθυρα προβολής (viewports)* αποτελούν την κύρια περιοχή εμφάνισης στο κέντρο της επιφάνειας εργασίας και μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε για να βλέπουμε ταυτόχρονα τέσσερις διαφορετικές απόψεις της σκηνής ή να επιλέξουμε μία μόνο προβολή που θα καταλαμβάνει όλο το παράθυρο προβολής. Τα παράθυρα προβολής έχουν τις ετικέτες *Top, Front, Left* και *Perspective*.

Οι 6 καρτέλες εντολών περιέχουν εργαλεία για την δημιουργία, την διαμόρφωση και την διαχείριση των σκηνών. Από τα σημαντικότερα άλλα εργαλεία του 3d Studio Max είναι η Σχηματική Προβολή (Schematic View), ο Διαχειριστής Πόρων (Asset Manager) και οι Ιδιότητες Αντικειμένου (Object Properties).

6.2.3 Η Διαχείριση Αρχείων στο 3D Studio Max

Εξ ορισμού, τα αρχεία σκηνών του 3d Studio Max αποθηκεύονται στον υποφάκελο *Scenes* του φακέλου *3dsmax* και με επέκταση *.max*. Πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι το Max μπορεί να επεξεργαστεί μόνο ένα αρχείο σκηνής κάθε φορά.

6.2.4 Προσθήκη Αντικειμένων σε Σκηνές

Μπορούμε να μεταφέρουμε στην τρέχουσα σκηνή αντικείμενα από άλλες σκηνές μαζί με τα υλικά τους και τα δεδομένα κίνησης και να τα συγχωνεύσουμε (συνδυάσουμε) με τα αντικείμενα της τρέχουσας σκηνής ή να αντικαταστήσουμε ορισμένα αντικείμενα της τρέχουσας σκηνής.

Για να συγχωνεύσουμε αντικείμενα σε μια σκηνή, επιλέγουμε *Merge...* από το μενού *File* και το αρχείο που περιέχει τα αντικείμενα που θέλουμε να συγχωνεύσουμε. Στο πλαίσιο διαλόγου *Merge* επιλέγουμε τα αντικείμενα που θέλουμε.

Για να αντικαταστήσουμε ορισμένα αντικείμενα μιας σκηνής, επιλέγουμε *Replace...* από το μενού *File* και την σκηνή που περιέχει το αντικείμενο που θέλουμε να τοποθετήσουμε στην τρέχουσα σκηνή, το οποίο, όμως, θα πρέπει να έχει το ίδιο ακριβώς όνομα με το αντικείμενο που θέλουμε να αντικατασταθεί. Στο πλαίσιο διαλόγου *Replace* επιλέγουμε τα αντικείμενα που θέλουμε.

6.2.5 Εισαγωγή και Εξαγωγή Αρχείων

Στο 3D Studio Max μπορούμε να εισάγουμε τα εξής 8 είδη αρχείων : 3D Studio Mesh (.3DS, .PRJ), Adobe Illustrator (.AI), AutoCAD (.DWG, .DXF), IEGS (.IGE, .IGS, .IGES), 3D Studio Shape (.SHP), StereoLitho (.STL) και VRML (.WRL, .WRZ).

Για να εισάγουμε ένα αρχείο, επιλέγουμε *Import...* από το μενού *File* και στο πλαίσιο διαλόγου *Select File to Import* επιλέγουμε έναν τύπο αρχείου από την πτυσσόμενη λίστα *Αρχεία τύπου* και τον φάκελο και το όνομα αρχείου που θέλουμε να εισάγουμε και κάνουμε κλικ στο πλήκτρο *Άνοιγμα*.

Για να εξάγουμε ένα αρχείο, επιλέγουμε *Export...* από το μενού *File* και στο πλαίσιο διαλόγου *Select File to Export* επιλέγουμε έναν τύπο αρχείου από την πτυσσόμενη λίστα *Τύπος αρχείου* και τον φάκελο και το όνομα αρχείου που θέλουμε να εξάγουμε και κάνουμε κλικ στο πλήκτρο *Αποθήκευση*.

6.2.6 Τα Παράθυρα Προβολής (Viewports)

Τα παράθυρα προβολής (viewports) μοιάζουν με κάμερες που εστιάζουν σε μια σκηνή. Η εικόνα που εμφανίζεται σε κάθε παράθυρο προβολής αποκαλείται *προβολή ή άποψη (view)*. Για να μπορέσουμε να προσανατολιστούμε και να γνωρίζουμε την ακριβή θέση μας στον χώρο, χρειαζόμαστε ένα καλό τρισδιάστατο σύστημα αναφοράς.

Τα παράθυρα προβολής δείχνουν απόψεις (προβολές) μιας σκηνής από κάποιες έτοιμες προκαθορισμένες κατευθύνσεις ή από κατευθύνσεις που έχουμε επιλέξει εμείς. Από τις προκαθορισμένες κατευθύνσεις υπάρχουν οι εξής 6 προβολές : Front, Back, Left, Right, Top και Bottom. Αυτές οι 6 προβολές είναι γνωστές σαν *ορθογώνιες προβολές (orthogonal views)* επειδή βλέπουν ορθογώνια τμήματα των επιπέδων του αρχικού κάρναβου.

Αν περιστρέψουμε μια ορθογώνια προβολή έτσι ώστε να βλέπει τον αρχικό κάρναβο από μια γωνία που δεν είναι κάθετη σε κάποιο επίπεδο, αυτή αποκαλείται μια *προβολή Χρήστη (User view)*. Στις προβολές που μπορούν να περιστραφούν σε διαφορετικές γωνίες, ανήκουν και οι προβολές *Προοπτικής (Perspective)*, *Κάμερας (Camera)* και *Φωτισμού (Light)*.

Οι ορθογώνιες προβολές και η προβολή χρήστη αποκαλούνται *αξονομετρικές προβολές* επειδή χρησιμοποιούν προεκτάσεις παράλληλων γραμμών για να σχηματίσουν την σκηνή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εμφανίζονται τα αντικείμενα πάντα με τις πραγματικές τους διαστάσεις όσο μακριά κι αν βρίσκονται από τον παρατηρητή. Επίσης, οι γραμμές και οι πλευρές παραμένουν παράλληλες ανεξάρτητα από το πόσο μακριά προεκτείνονται στον χώρο.

Από την άλλη πλευρά, στις προοπτικές προβολές τα αντικείμενα φαίνονται σαν να μικραίνουν καθώς απομακρύνονται και οι παράλληλες γραμμές φαίνονται να συγκλίνουν. Στις προβολές αυτές ανήκουν οι προβολές Προοπτικής (Perspective), Κάμερας (Camera) και Φωτισμού (Light).

Για να αλλάξουμε την προβολή σ' ένα παράθυρο προβολής, πρέπει πρώτα να το επιλέξουμε (ενεργοποιήσουμε). Το περίγραμμα ενός ενεργού παραθύρου προβολής είναι λευκό και μπορεί να υπάρχει μόνο ένα ενεργό παράθυρο προβολής κάθε φορά.

Για να κάνουμε ενεργό ένα παράθυρο προβολής, καλό είναι να κάνουμε κλικ πάνω του με το δεξί πλήκτρο του ποντικιού και όχι με το αριστερό και αυτό για να μην επιλέξουμε κατά λάθος κάποια αντικείμενα της σκηνής. Οι ετικέτες των παραθύρων

προβολής κρύβουν ένα μενού συντόμευσης μέσα τους, που για να το εμφανίσουμε πρέπει να κάνουμε δεξί κλικ πάνω στην ετικέτα.

Με την επιλογή *Show Grid* του μενού συντόμευσης ενός παραθύρου προβολής, μπορούμε να εμφανίζουμε και να κρύβουμε τον κάνναβο (grid) του παραθύρου. Από το υπομενού *View* του ίδιου μενού συντόμευσης μπορούμε να αλλάξουμε την προβολή που θέλουμε να εμφανίζεται σ' αυτό το παράθυρο.

Το 3D Studio Max εμφανίζεται αρχικά με 4 ισομεγέθη παράθυρα προβολής, τα *Top*, *Front*, *Left* και *Perspective*. Η αναλογία αυτών των παραθύρων προβολής καθώς και ο συνδυασμός των προβολών που εμφανίζουν αποκαλείται διάταξη παραθύρων προβολής (viewport layout). Για να αλλάξουμε αυτήν την διάταξη, επιλέγουμε *Viewport Configuration...* από το μενού *Customize*.

Στο πλαίσιο διαλόγου *Viewport Configuration* επιλέγουμε την καρτέλα *Layout*. Μπορούμε τώρα να επιλέξουμε μια από τις 14 διαθέσιμες επιλογές διατάξεων και να την δούμε σε προεπισκόπηση. Για να αλλάξουμε την προβολή ενός παραθύρου, κάνουμε κλικ πάνω του και επιλέγουμε μια νέα προβολή από το αναδυόμενο μενού.

6.2.7 Η Φωτοαπόδοση (Rendering)

Η φωτοαπόδοση (*rendering*), που είναι γνωστή και σαν *κατάσταση εμφάνισης παραθύρων προβολής (viewport display mode)*, είναι η διαδικασία απεικόνισης στην οθόνη μιας εικόνας κάποιας σκηνής. Τα προγράμματα των τρισδιάστατων γραφικών εμφανίζουν την επιφάνεια ενός αντικειμένου σαν ένα δίκτυο από συνεχόμενα πολύγωνα που αποκαλείται *πλέγμα (mesh)*. Τα πολύγωνα που αποτελούν την επιφάνεια του πλέγματος αποκαλούνται *όψεις (faces)*, οι οποίες είναι τριγωνικές επιφάνειες που αποτελούνται από τρεις *κορυφές (vertices)* και τρεις *ακμές (edges)* που συνδέουν τις κορυφές.

6.3 Animation

Μερικά από τα θέματα που συσχετίζονται με το animation στο 3d Studio Max είναι τα παρακάτω :

- **Keyframing** : Εφέ κίνησης με καρτέ κλειδιά. Το Keyframing (δημιουργία διάταξης με καρτέ κλειδιά) είναι ανάλογο με τη δημιουργία ενός ημερήσιου προγράμματος ημερολογίου. Ένα αντικείμενο πρέπει να είναι σε ένα συγκεκριμένο σημείο μια συγκεκριμένη στιγμή. Εμείς σημαδεύουμε το ημερολόγιο με ένα κλειδί για να προγραμματίσουμε το γεγονός.
- **Βασικοί υπολογισμοί animation** : Χρειάζονται για να κάνουμε ένα αντικείμενο να κινείται με μια γνωστή ταχύτητα μέσα στη σκηνή μας. Αν δεν αρχίζουμε με μια σταθερή ταχύτητα, η μεταβολή που θα κάνει το εφέ κίνησης πειστικό στον θεατή θα είναι δύσκολη.
- **Διαμόρφωση χρόνου** : Για καθορισμό της διάρκειας ενός νέου εφέ κίνησης ή για αλλαγή της ταχύτητας ενός υπάρχοντος εφέ κίνησης.
- **Ελεγκτές και περιορισμοί του εφέ κίνησης** : Όλα τα αντικείμενα έχουν ελεγκτές ή περιορισμούς όταν δημιουργούνται για να καθορίζεται ο τρόπος κίνησης ενός αντικειμένου.

Γίνεται εύκολα κατανοητό λοιπόν ο λόγος για τον οποίο επιλέξαμε το πρόγραμμα 3d Studio Max καθώς έχουμε πολλές δυνατότητες από το πλούσιο αυτό εργαλείο. Συνοψίζοντας αναφέρουμε ορισμένες από τις δυνατότητες αυτές :

1. Τη χρήση των συστημάτων Reference Coordinate στο 3d Studio Max που μας επιτρέπουν να χειριστούμε αποτελεσματικά τον 3D χώρο.
2. Την εργασία σε 2D για να δημιουργήσουμε σύνθετα 3D αντικείμενα στα οποία μπορεί να γίνει γρήγορη και εύκολη επεξεργασία.
3. Τον γενικό περιορισμό της σκηνής για να εκμεταλλευτούμε όσο το δυνατόν καλύτερα τον διαθέσιμο εξοπλισμό (hardware) μας.
4. Τη χρήση αποδοτικών υλικών για να εξομοιώσουμε πολύπλοκη γεωμετρία ώστε να αυξήσουμε την ταχύτητα απόδοσης.
5. Την εφαρμογή φωτισμού σε σκηνές που είναι οικονομικά αποδοτικός και πειστικός προς τον θεατή.
6. Την απόκτηση ελέγχου των animation μας για να κάνουμε την επεξεργασία ευκολότερη και απολαυστικότερη.

6.4 Αντίστροφη κινηματική

6.4.1 Εισαγωγή – βασικοί όροι

Αρχικά είναι αναγκαίο να αναφερθούμε σε ορισμένους όρους – κλειδιά που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια.

Ελεγκτές : Όλα τα εφέ κίνησης υπολογίζονται από έναν ελεγκτή (controller) ο οποίος είναι ανατεθειμένος σε ένα αντικείμενο ή σε μια παράμετρο.

Περιορισμοί : Οι περιορισμοί (constraints) είναι ένας νέος τύπος ελεγκτή που δίνει τη δυνατότητα πολλαπλών επιρροών στο εφέ κίνησης.

Αντίστροφη κινηματική (I.K.) : Η αντίστροφη κινηματική (Inverse kinematics) είναι η κίνηση των συστημάτων οστών (bones) της οποίας ο έλεγχος γίνεται από το τέλος προς το γονέα. Το χέρι που κινεί τον άνω βραχίονα είναι ένα παράδειγμα.

Πρόσθια κινηματική (F.K.) : η πρόσθια κινηματική (forward kinematics) είναι η κίνηση από επάνω προς τα κάτω σε ένα σύστημα οστών. Η μετακίνηση του χεριού δε δημιουργεί κίνηση στον επάνω βραχίονα. Η μετακίνηση του βραχίονα προκαλεί την κίνηση του χεριού.

Ιεραρχική σύνδεση : Τα κουμπιά Select and Link και Unlink στην αριστερή πλευρά της γραμμής εργαλείων χρησιμοποιούνται για να δημιουργούν και να καταργούν συνδέσμους μεταξύ των αντικειμένων στη σκηνή μας. Οι σύνδεσμοι έχουν τον τύπο σχέσης Parent / Child (γονέα / απογόνου). Το Parent ελέγχει το Child.

Στο πρόγραμμα 3d studio max υπάρχουν τρεις ελεγκτές οι οποίοι μπορούν να ανατεθούν σε συστήματα οστών ή σε οποιαδήποτε ιεραρχία συνδεδεμένων αντικείμενο σε μια σκηνή :

- **H.D.** (History – Dependant) **Solver** (επίλυση εξαρτώμενη από το ιστορικό) : Αυτή η επίλυση επαναλαμβάνει τη λειτουργικότητα του παλιού συστήματος I.K. για να υπάρχει συμβατότητα με τα παλιά αρχεία (προηγούμενης έκδοσης). Σπάνια γίνεται η χρήση της επίλυσης H.D. σε νέες σκηνές.
- **H.I.** (History – Independent) **Solver** (επίλυση ανεξάρτητη του ιστορικού) : Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του νέου μαθηματικού αλγορίθμου είναι το γεγονός ότι μπορούμε να μεταβάλλουμε το Swing Angle (γωνία περιστροφής) για να ελέγξουμε τις μεγάλες διακυμάνσεις των οστών καθώς αυτά διασχίζουν το «βόρειο πόλο» μιας σκηνής.

- **I.K. Limp Solver** (I.K. επίλυση μελών) : Αυτός ο νέος I.K. ελεγκτής είναι ειδικά σχεδιασμένος για συστήματα δυο οστών που υπάρχουν σε ειδικές μηχανές παιχνιδιών.

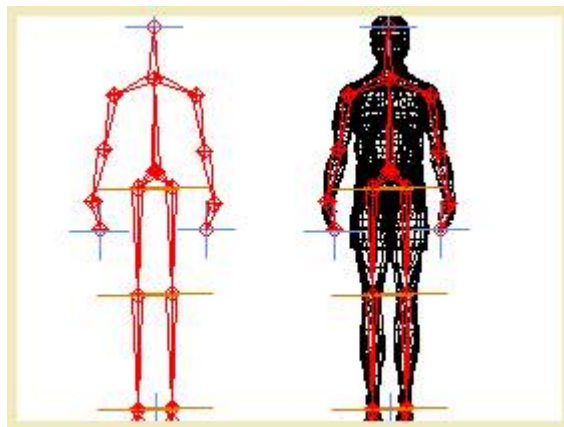
6.4.2 Αντίστροφη κινηματική - Bones

Το σύστημα των bones είναι μια αρθρωτή, ιεραρχική σύνδεση μερικών αντικειμένων bones που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κίνηση άλλων αντικειμένων ή ιεραρχιών. Τα bones είναι πολύ χρήσιμα και στη κίνηση μοντέλου χαρακτήρων (animating character models) που έχουν ένα συνεχή πλέγμα δέρματος. Για την αντίστροφη κινηματική τα bones μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τους εξής τρόπους : με I.K. (inverse kinematics) solvers, ή μέσω Interactive ή Applied I.K..

Τα bones έχουν αρκετές παραμέτρους, όπως η σταδιακή ελάττωση μήκους και τα πτερύγια που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της μορφής που αντιπροσωπεύουν τα bones. Στα πτερύγια μπορούμε εύκολα να δούμε πως περιστρέφεται ένα bone.

Για την κίνηση, είναι πολύ σημαντικό να γίνει κατανοητή η δομή των bones. Η γεωμετρία των bones γίνεται ευδιάκριτη από τον κάθε σύνδεσμο. Κάθε σύνδεσμος έχει ένα σημείο περιστροφής (pivot point) στη βάση του. Το bone μπορεί να περιστραφεί γύρω από αυτό το σημείο. Όταν μετακινούμε ένα δευτερεύον bone (απογόνου), τότε περιστρέφουμε το πρωτεύον bone (γονέα).

Είναι πολύ χρήσιμο να σκεφτούμε τα bones ως αρθρώσεις, εξαιτίας τις τοποθετήσεις των pivot points. Σκεφτόμαστε τη γεωμετρία των bones σαν μια παραστατική βοήθεια στη μοντελοποίηση που έχουμε στόχο να πραγματοποιήσουμε.



Σχήμα 6.1 : αναπαράσταση ανθρωπίνου σώματος με bones

Για τη δημιουργία των bones, αφού επιλέξουμε το κατάλληλο κουμπί, κάνουμε αριστερό κλικ για το σχηματισμό του πρώτου bone. Στη συνέχεια με κάθε αριστερό κλικ

θα προσθέτουμε και ένα bone μέχρι να επιλέξουμε δεξί κλικ και ολοκληρωθεί η αλυσίδα των bones.



Σχήμα 6.2 : αριστερό κλικ για τη δημιουργία πολλών bones

Είναι προκαθορισμένο ότι στα bones δεν είναι αναθετημένη η αντίστροφη κινηματική. Μια ανάθεση επίλυσης I.K. (inverse kinematics) μπορεί να γίνει με έναν από τους δυο παρακάτω τρόπους. Τυπικά, δημιουργούμε μια ιεραρχία με bones και αναθέτουμε απ' ευθείας μια επίλυση I.K. (I.K. solver). Αυτό το συναντούμε για ακριβή έλεγχο όπου οι αλυσίδες I.K. έχουν ορισθεί.

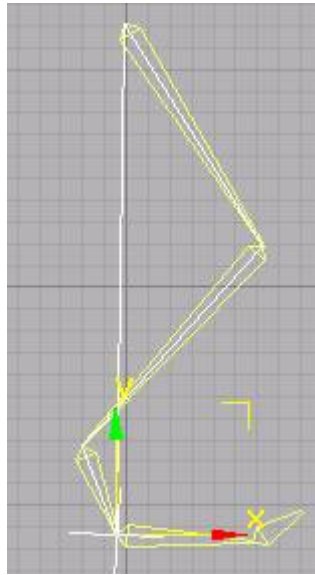
Ο άλλος τρόπος ανάθεσης επίλυσης με I.K. είναι πιο αυτοματοποιημένος. Όταν δημιουργούμε bones, επιλέγουμε μια επίλυση I.K. από τη λίστα ανάθεσης αλυσίδας I.K. (I.K. Chain Assignment rollout) και στη συνέχεια επιλέγουμε το 'Assign To Children'. Όταν τελειώσουμε με τη δημιουργία των bones, η επίλυση I.K. είναι αυτόματα εφαρμοσμένη στην ιεραρχία μας. Η επίλυση εκτείνεται από το πρώτο bone της ιεραρχίας μας έως το τελευταίο.

Όταν πρωτοδημιουργούμε ένα σύστημα bones, η θέση των bones είναι η αρχική κατάσταση. Πριν αναθέσουμε μια επίλυση ή μέθοδο αντίστροφης κινηματικής μπορούμε να αλλάξουμε την αρχική κατάσταση των bones μετακινώντας, περιστρέφοντας ή τεντώνοντας αυτά.

Επιλύσεις με I.K. (Inverse Kinematics)

Μια επίλυση με I.K. (I.K. solver) δημιουργεί μια λύση αντίστροφης κινηματικής για να περιστρέψουμε και να τοποθετήσουμε συνδέσμους σε μια αλυσίδα. Εφαρμόζει έναν ελεγκτή I.K. για να ελέγχει τους μετασχηματισμούς των δευτερευόντων μελών (απογόνων) σε μια συνδεσμολογία. Μπορούμε να εφαρμόσουμε μια επίλυση I.K. σε οποιαδήποτε ιεραρχία αντικειμένων. Ακόμα μπορούμε να εφαρμόσουμε μια επίλυση

I.K. σε ιεραρχία ή σε ένα μέρος αυτής χρησιμοποιώντας εντολές από το μενού του Animation. Επιλέγουμε ένα αντικείμενο σε μια ιεραρχία, επιλέγουμε την επίλυση I.K. και στη συνέχεια επιλέγουμε ένα άλλο αντικείμενο στην ιεραρχία για να ορίσουμε το τέλος της αλυσίδας I.K..

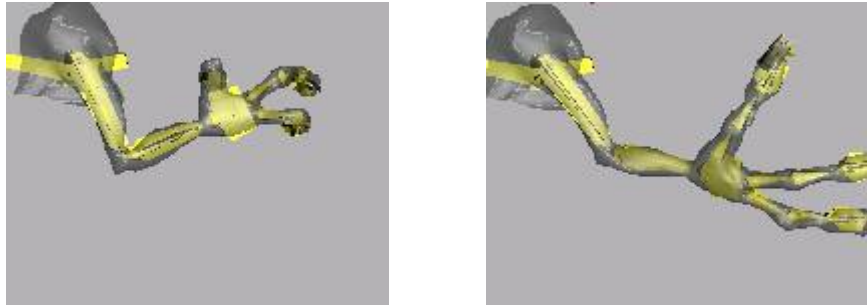


Σχήμα 6.3 : Σύστημα με bones με εφαρμοσμένη μια επίλυση I.K.

Κάθε τύπος επίλυσης I.K. έχει τη δική του συμπεριφορά. Οι επιλύσεις αυτές είναι διάφορες συνδεσμολογίες και έτσι οι προγραμματιστές μπορούν να επεκτείνουν τις ικανότητες των λογισμικών προσαρμόζοντας ή γράφοντας τις δικές τους επιλύσεις I.K..

Ενώ μπορούμε να εφαρμόσουμε μια επίλυση I.K. σε οποιαδήποτε ιεραρχία αντικειμένων, ένα σύστημα με bones συνδυάζεται με μια επίλυση I.K. για την κίνηση ενός χαρακτήρα.

Ένα σύστημα με bones όπως έχουμε αναφέρει είναι μια αρθρωτή, ιεραρχική συνδεσμολογία bones αντικειμένων. Αν επιλέξουμε έναν τροποποιητή δέρματος (skin modifier) μπορούμε να «μεταμορφώσουμε» αντικείμενα σε bones ώστε η κίνησή τους να παραμορφώνει το πλέγμα του χαρακτήρα του μοντέλου. Αν έχουμε έναν αρθρωτό χαρακτήρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συνδεσμολογία ή περιορισμούς έτσι ώστε τα bones να μετακινούν το πλέγμα.



Σχήμα 6.4 : Κίνηση bones με επιδράσεις δέρματος

6.4.3 Πλεονεκτήματα κίνησης bones με αντίστροφη κινηματική (I.K.)

Είναι πιθανό να προσδώσουμε κίνηση σε ένα χαρακτήρα διαμέσω της πρόσθιας κινηματικής, περιστρέφοντας κάθε μέλος σε θέση από τον ώμο στα δάχτυλα των χεριών και από τους γοφούς στα δάχτυλα των ποδιών. Αλλά είναι πιο γρήγορο και περισσότερο ρεαλιστικό να χρησιμοποιούμε αντίστροφη κινηματική για την προσομείωση διάδρασης του ποδιού στο έδαφος. Επίσης, είναι πιο εύκολος ο έλεγχος όταν χρειαζόμαστε να κάνουμε αλλαγές στην κίνηση. Ακόμα και όταν υπάρχουν κάποια keyframes σε κάθε bone σε μια αλυσίδα, έχουμε να κάνουμε αλλαγές μόνο σε ένα κόμβο για να αλλάξουμε την κίνηση σε ολόκληρη την αλυσίδα.

6.5 Περιορισμοί κίνησης (Animation Constraints)

6.5.1 Λόγοι ύπαρξης – κατηγορίες

Για την κίνηση του βραχίονα χρησιμοποιήθηκαν ορισμένοι περιορισμοί και είναι αναγκαίο να αναφερθούμε στις αιτίες ύπαρξής τους. Οι περιορισμοί κίνησης χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν την αυτοματοποίηση της διαδικασίας της κίνησης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουν την θέση, την περιστροφή, ή την κλίμακα ενός αντικειμένου και της σχέσης που έχει με ένα άλλο αντικείμενο.

Ένας περιορισμός απαιτεί ένα αντικείμενο και τουλάχιστον ένα στόχο αντικειμένου. Ο στόχος επιβάλλει καθορισμένα όρια στο αντικείμενο που θα ανατεθούν οι περιορισμοί.

Για παράδειγμα, αν επιθυμούμε να μετακινήσουμε γρήγορα ένα αεροπλάνο να πετά σε μια καθορισμένη τροχιά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν περιορισμό τροχιάς για να περιορίσουμε την κίνηση του αεροπλάνου πάνω σε μια spline τροχιά. Οι περιορισμοί αλληλοδέσμευσης με τους στόχους τους μπορούν να μετακινηθούν κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος.

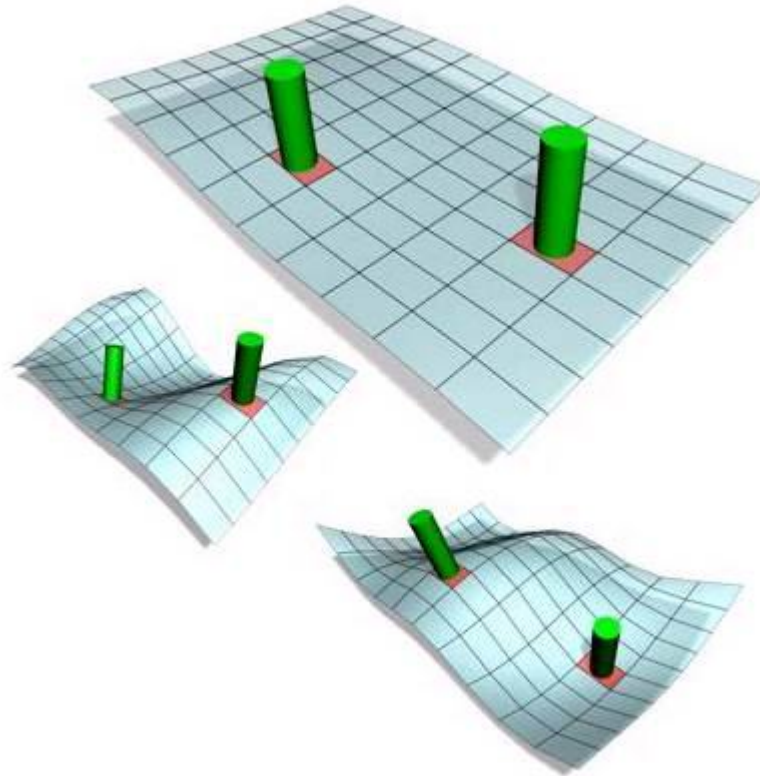
Οι πιο κοινές χρήσεις των περιορισμών είναι :

- Σύνδεση ενός αντικειμένου σε ένα άλλο κατά τη διάρκεια χρονικής περιόδου, όπως ένα χέρι ενός χαρακτήρα αρπάζει ένα μαστούνι του baseball.
- Σύνδεση θέσης ή περιστροφής αντικειμένου σε ένα ή περισσότερα άλλα.
- Διατήρηση της θέσης ενός αντικειμένου μεταξύ δυο ή περισσότερων αντικειμένων.
- Περιορισμός ενός αντικειμένου κατά μήκος τροχιάς ή μεταξύ πολλαπλών τροχιών.
- Περιορισμός ενός αντικειμένου ως προς μια επιφάνεια.
- Διαμόρφωση ενός σημείου αντικειμένου ως προς ένα άλλο σημείο αντικειμένου.
- Έλεγχος της κατεύθυνσης 'look at' ενός ματιού χαρακτήρα.
- Διατήρηση προσανατολισμού αντικειμένου σε σχέση με ένα άλλο.

Υπάρχουν επτά τύποι περιορισμών :

- **Περιορισμός σύνδεσης** : συνδέει τη θέση ενός αντικειμένου σε πλευρά ενός άλλου αντικειμένου.
- **Περιορισμός επιφάνειας** : περιορίζει τη θέση ενός αντικειμένου κατά μήκος επιφάνειας ενός άλλου αντικειμένου.
- **Περιορισμός τροχιάς** : περιορίζει την κίνηση ενός αντικειμένου κατά μήκος μιας τροχιάς.
- **Περιορισμός θέσης** : προκαλεί το αντικείμενο που έχει περιορισμό να ακολουθήσει τη θέση ενός άλλου αντικειμένου.
- **Περιορισμός δεσμού** : συνδέει τα αντικείμενα που έχουν περιορισμό από το ένα αντικείμενο στο άλλο.
- **Περιορισμός 'Look At'** : περιορίζει τον προσανατολισμό ενός αντικειμένου έτσι ώστε να «κοιτά» σε άλλο αντικείμενο.
- **Περιορισμός προσανατολισμού** : προκαλεί την περιστροφή του αντικειμένου που περιορίζεται έτσι ώστε να ακολουθήσει την περιστροφή ενός άλλου αντικειμένου.

Ο **περιορισμός σύνδεσης** είναι ένας περιορισμός θέσης που συνδέει τη θέση ενός αντικειμένου στην πλευρά ενός άλλου αντικειμένου (ο «στόχος» του αντικειμένου δε χρειάζεται να είναι σε πλέγμα, αλλά πρέπει να είναι μετατρέψιμο σε πλέγμα). Θέτοντας «κλειδιά» κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος σε διάφορες συνδέσεις, μπορούμε να μετακινήσουμε τη θέση ενός αντικειμένου πέρα από την ακανόνιστη επιφάνεια ενός άλλου αντικειμένου, ακόμα και αν η επιφάνεια αλλάζει κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος.



Σχήμα 6.5 : Ο περιορισμός σύνδεσης διατηρεί τον κύλινδρο να βρίσκεται συνεχώς πάνω στην επιφάνεια

Ο **περιορισμός επιφάνειας** τοποθετεί ένα αντικείμενο κατά μήκος μιας επιφάνεια ενός άλλου αντικειμένου. Ο τύπος του αντικειμένου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί η επιφάνειά του, περιορίζεται σε αυτούς τους τύπους όπου οι επιφάνειές τους μπορούν να παρουσιαστούν παραμετρικά. Χρησιμοποιούμε τον περιορισμό επιφάνειας με τους παρακάτω τύπους αντικειμένων :

- Σφαίρα
- Κώνος
- Κύλινδρος
- Αντικείμενα Torus
- Αντικείμενα Quad Patches
- Αντικείμενα Lofts
- Αντικείμενα NURBS



Σχήμα 6.6 : Οι περιορισμοί επιφάνειας τοποθετούν τα σύμβολα του καιρού πάνω στην υδρόγειο

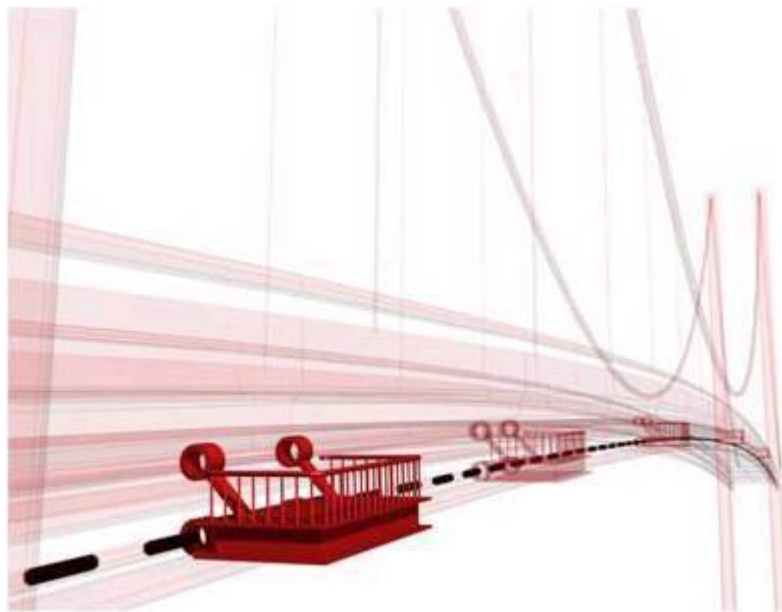
Η χρήση της επιφάνειας είναι μια εικονική παραμετρική επιφάνεια και όχι ένα πραγματικό πλέγμα επιφάνειας. Αντικείμενα με ένα μικρό αριθμό εσωτερικών «ευθύγραμμων τμημάτων» μπορεί να έχουν ένα πλέγμα επιφάνειας διαφορετικό από ότι η παραμετρική επιφάνεια.

Η παραμετρική επιφάνεια αναγνωρίζει τις επιλογές 'Slice' και 'Hemisphere'. Έτσι αν το αντικείμενο είναι κομμένο (με την επιλογή Slice), για παράδειγμα, το υπό έλεγχο αντικείμενο θα τοποθετηθεί μόνο του αν το «χαμένο» κομμάτι είναι ακόμα εκεί.

Εφόσον ο περιορισμός επιφάνειας δουλεύει μόνο σε παραμετρικές επιφάνειες, αν εφαρμόσουμε μια τροποποίηση που μετατρέπει το αντικείμενο σε πλέγμα, ο περιορισμός δε θα δουλεύει. Για παράδειγμα δε μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε σε ένα κύλινδρο που έχει υποστεί κάμψη ή λύγισμα (bend modifier).

Ο **περιορισμός τροχιάς** περιορίζει την κίνηση ενός αντικειμένου κατά μήκος μιας spline ή μιας απόστασης μεταξύ πολλαπλών spline.

Η τροχιά μπορεί να είναι ένας οποιοσδήποτε τύπος spline. Η spline ορίζει την τροχιά της κίνησης για το υπό περιορισμό αντικείμενο. Οι «στόχοι» μπορούν να κινηθούν χρησιμοποιώντας τύπους μεταφοράς, περιστροφής και κλίμακας.

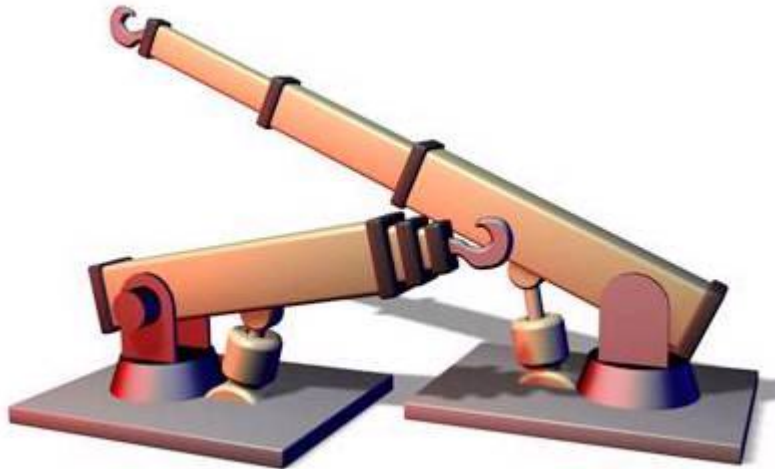


Σχήμα 6.7 : Ο περιορισμός τροχιάς τοποθετεί τις πλατφόρμες κατά μήκος της πλευράς της γέφυρας

Ο **περιορισμός θέσης** προκαλεί ένα αντικείμενο να ακολουθήσει τη θέση ενός ή πολλών αντικειμένων.

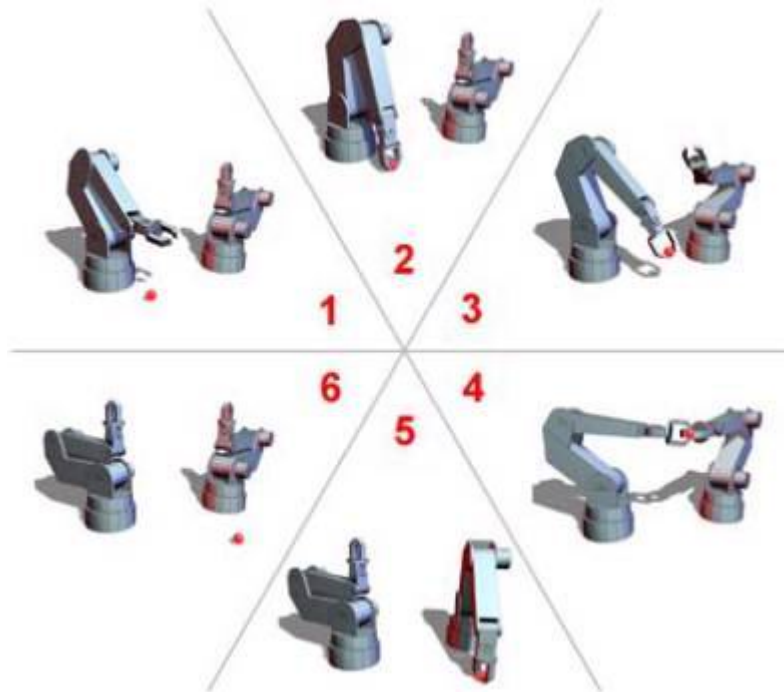
Για την ενεργοποίησή του, ο περιορισμός θέσης απαιτεί ένα αντικείμενο ή ένα στόχο αντικειμένου. Μόλις τον αναθέσουμε το αντικείμενο περιορίζεται στο στόχο θέσης του αντικειμένου. Μετακινώντας τη θέση του στόχου το αντικείμενο αναγκάζεται να τον ακολουθήσει.

Κάθε στόχος έχει μια τιμή βάρους έτσι ώστε να ορίζεται η επιρροή του. Η τιμή μηδέν αντιστοιχεί σε μηδενική επιρροή. Κάθε τιμή μεγαλύτερη του μηδέν προκαλεί το στόχο να επηρεάσει το υπό περιορισμό αντικείμενο. Οι τιμές του βάρους μπορούν να κινηθούν για τη δημιουργία επιρροών, όπως μιας μπάλας να πέσει από ένα τραπέζι.



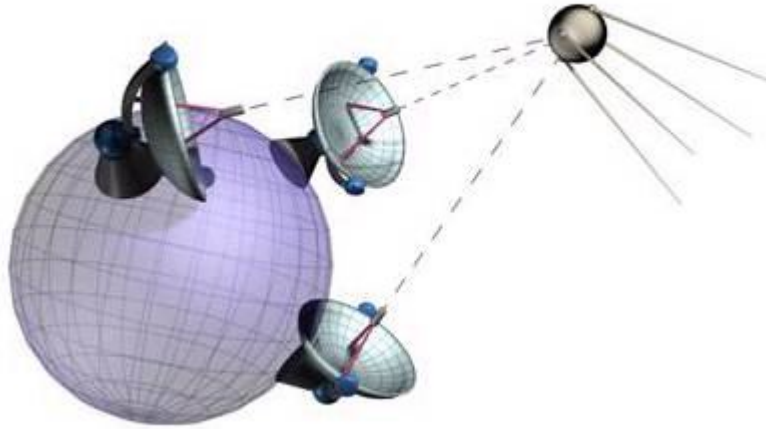
Σχήμα 6.8 : Οι περιορισμοί θέσεις ευθυγραμμίζουν τα στοιχεία της συναρμολόγησης των ρομπότ

Ο **περιορισμός δεσμού** χρησιμοποιείται για τη μετακίνηση ενός συνδέσμου αντικειμένου από ένα στόχο αντικειμένου σε ένα άλλο. Ο περιορισμός αυτός προκαλεί ένα αντικείμενο να «κληρονομήσει» τη θέση, περιστροφή και τη κλίμακα του στόχου του αντικειμένου. Ένα παράδειγμα είναι η κίνηση μιας μπάλας από το ένα χέρι στο άλλο.



Σχήμα 6.9 : Ο περιορισμός δεσμού βοηθά να μεταφερθεί η μπάλα από τον ένα βραχίονα στον άλλο

Ο περιορισμός **Look At** ελέγχει τον προσανατολισμό ενός αντικειμένου έτσι ώστε να κοιτάει συνεχώς σε ένα άλλο αντικείμενο. Κλειδώνει την περιστροφή ενός αντικειμένου από τα σημεία αξόνων του στόχου του αντικειμένου. Όπου και να κουνηθεί το αντικείμενο, τα υπό περιορισμό αντικείμενα το ακολουθούν. Ένα παράδειγμα είναι αν θέλουμε να μετακινήσουμε τα μάτια από έναν χαρακτήρα (στην ουσία μετακινούμε ένα σημείο).



Σχήμα 6.10 : Ο περιορισμός Look At οδηγεί τις κεραίες σε θέσεις ανάλογα με τη θέση του δορυφόρου

Ο περιορισμός προσανατολισμού προκαλεί τον προσανατολισμό ενός αντικειμένου να ακολουθήσει τον προσανατολισμό ενός ή πολλών αντικειμένων.

Ένα αντικείμενο υπό αυτόν τον περιορισμό μπορεί να είναι και περιστρέψιμο. Όταν το περιορίζουμε θα «κληρονομεί» την περιστροφή ενός στόχου αντικειμένου. Μόλις περιορίζουμε δεν μπορούμε να περιστρέψουμε το αντικείμενο χειροκίνητα. Μπορούμε να μετακινήσουμε ή να αλλάξουμε την κλίμακα του αντικειμένου όσο δεν είναι υπό περιορισμό με έναν τρόπο που επηρεάζει τη θέση του αντικειμένου ή την κλίμακα του ελεγκτή.

Τα αντικείμενα μπορεί να είναι οποιοδήποτε τύπου. Η περιστροφή των στόχων αντικειμένου οδηγεί το υπό περιορισμό αντικείμενο. Οι στόχοι μπορούν να κινηθούν χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε εργαλείο μεταφοράς, περιστροφής ή κλίμακας.

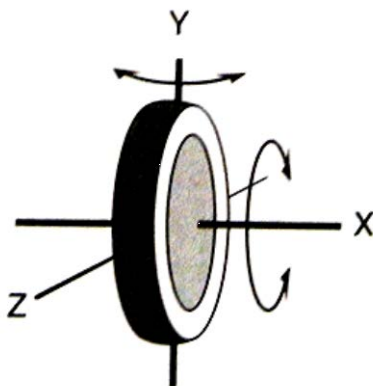


Σχήμα 6.11 : Ο περιορισμός προσανατολισμού ευθυγραμμίζει την τέντα στο υποστήριγμα της βέργας

6.5.2 Όρια και περιορισμοί

Με κάθε κίνηση, ακόμα και σε ένα αντικείμενο, ή ένα μοντέλο ιεραρχίας ή ένα μοντέλο αντίστροφης κινηματικής είναι πάντα χρήσιμο να περιορίζουμε το εύρος της κίνησης του μοντέλου. Ένας τρόπος για να το πετύχουμε αυτό είναι να περιορίσουμε την κάθε κίνηση. Μπορούμε να καθορίσουμε όρια για οποιαδήποτε από τους τρεις βασικούς μετασχηματισμούς – μετατροπή, περιστροφή, κλίμακα. Τα πιο κοινώς διαδεδομένα είναι της μετατροπής και της περιστροφής. Κρίνεται αναγκαίο αρχικά να αναφερθούμε για τα όρια περιστροφής.

Σε κάποιες περιπτώσεις γνωρίζουμε εκ των προτέρων ότι το μοντέλο μας πρέπει μόνο να περιστρέφεται με προκαθορισμένο τρόπο. Ας θεωρήσουμε τους πίσω τροχούς από ένα αυτοκίνητο. Πρέπει να είναι ικανοί να περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα (ονομαζόμενος X άξονας) και όχι γύρω από οποιονδήποτε άξονα. Οι μπροστινοί τροχοί είναι λίγο πιο περίπλοκοι. Εκτός από την περιστροφή τους στον άξονα X, πρέπει επίσης να περιστρέφονται και στο άξονα Y όπως στην παρακάτω εικόνα, έτσι ώστε το όχημα να μπορεί να στρίβει.

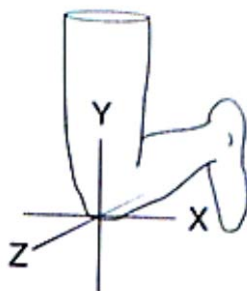


Σχήμα 6.12 : Ο μπροστινός τροχός ενός αυτοκινήτου έχει όρια περιστροφής

Οι περιστροφές στον άξονα Y, ωστόσο θα έχουν έναν περιορισμό κατά $\pm 60^\circ$. Οι τροχοί δεν είναι ικανοί να περιστραφούν κατά τον άξονα Z. Ορίζοντας περιορισμούς για τις περιστροφές των τροχών μπορεί να βοηθήσει στο να αποτραπεί η περιστροφή των τροχών σε τροχιές που δεν επιθυμούμε.

Οι περιορισμοί περιστροφής γίνονται περισσότερο σημαντικοί όταν κινούμε περίπλοκες αρθρωτές φιγούρες, όπως ανθρώπους ή ζώα και ρομπότ γιατί οι δικές μας αρθρώσεις έχουν φυσιολογικούς, περιστροφικούς περιορισμούς. Τα γόνατά μας για

παράδειγμα, μπορούν να περιστραφούν μόνο σε μια κατεύθυνση. Αν ένα μοντέλο ποδιού είναι όπως φαίνεται στην εικόνα με αυτούς τους άξονες καταναμημένους, δεν είναι ικανό να περιστραφεί κατά τους άξονες Y και Z.



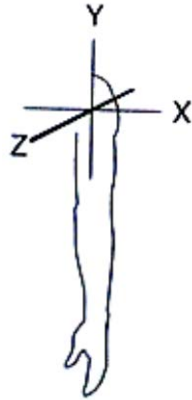
Σχήμα 6.13 : Οι αρθρώσεις των ανθρώπινων μελών έχουν φυσικά όρια περιστροφής

Μπορεί να γίνει περιστροφή κατά αρκετές μοίρες στον άξονα X. Αν καθορίσουμε όρια για τις περιστροφές του γονάτου θεωρώντας τα φυσιολογικά όρια που υπάρχουν, μπορούμε να ενδυναμώσουμε το μοντέλο του ποδιού να συμπεριφέρεται σαν ένα πραγματικό πόδι. Τυπικά, ο τρόπος που ορίζουμε όρια είναι επιλέγοντας το μοντέλο που θέλουμε να δουλέψουμε και στη συνέχεια επιλέγοντας ένα μενού για τον ορισμό περιστροφικών ορίων γι' αυτό. Μέσα σε αυτό το μενού επιλέγουμε συγκεκριμένες αρθρώσεις (στο παράδειγμά μας η άρθρωση του γονάτου) και στη συνέχεια για κάθε άξονα της άρθρωσης, καθορίζουμε τις ελάχιστες και μέγιστες περιστροφές σε μοίρες. Καθορίζοντας την ελάχιστη και μέγιστη περιστροφή, οι τιμές μπορούν να τοποθετηθούν είτε πληκτρολογώντας αυτές είτε μετακινώντας τα μέλη στη θέση που επιθυμούμε. Κάποιες τυπικές τιμές για τις αρθρώσεις ενός γονάτου μπορούν να φανούν στον παρακάτω πίνακα.

	MIN	MAX
X	0	130
Y	0	0
Z	0	0

Σχήμα 6.14 : Τυπικές τιμές για αρθρώσεις γονάτου

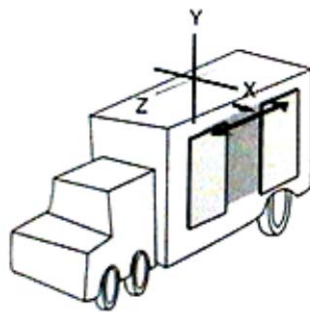
Για να ορίσουμε πλήρως τα όρια περιστροφής μια ολοκληρωμένης φιγούρας ανθρώπου, κάνουμε αυτή τη διαδικασία για κάθε άρθρωση. Πολλές άλλες αρθρώσεις στον άνθρωπο είναι πιο πολύπλοκες από ότι η άρθρωση του γονάτου που χρησιμοποιήθηκε σαν παράδειγμα. Η άρθρωση του ώμου στην παρακάτω εικόνα για παράδειγμα, μπορεί να έχει δηλωμένα όρια περιστροφής.



Σχήμα 6.15: Άρθρωση ώμου

Ορίζοντας προσεκτικά τα όρια περιστροφής για κάθε άρθρωση ενός πολύπλοκου μοντέλου όπως αυτό του ανθρώπου μπορεί να είναι μια διαδικασία κατανάλωσης αρκετού χρόνου, γιατί κάθε άρθρωση τόσο από δεξιά όσο και από αριστερά πρέπει να οριστεί και για τους τρεις άξονες. Επιτυγχάνοντας αυτό μπορούμε να έχουμε αποτέλεσμα ένα μοντέλο που να μπορεί να κινηθεί εύκολα.

Οριοθετώντας τις περιστροφές ενός μοντέλου, μπορούμε να βάλουμε όρια και στους μετασχηματισμούς. Αυτά αναφέρονται ως όρια θέσης (περιορισμοί θέσης). Για παράδειγμα αν θέσουμε όρια στις συρόμενες πόρτες ενός φορτηγού μπορούμε να τις κινήσουμε εύκολα και με ακρίβεια. Αν οι πόρτες είναι όπως στην παρακάτω φωτογραφία, κάθε πόρτα πρέπει να είναι ικανή να μετασχηματιστεί κατά ένα μικρό ποσοστό στον θετικό άξονα X.

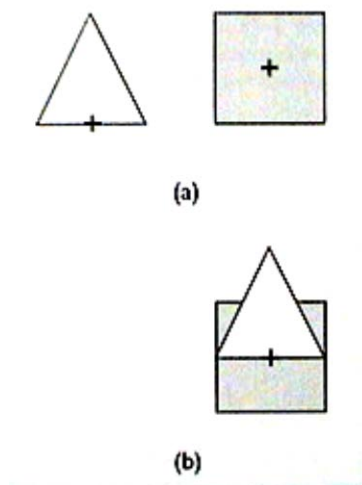


Σχήμα 6.16 : Ο περιορισμός θέσης μπορεί να φανεί αρκετά χρήσιμος σε ορισμένες περιπτώσεις

Στη συνέχεια η μια πόρτα πρέπει να είναι ικανή να μετασχηματιστεί σε μήκος μικρότερο από ότι το πλάτος της πόρτας κατά την αρνητική κατεύθυνση του άξονα Z. Η άλλη πόρτα πρέπει να είναι ικανή να μετασχηματιστεί κατά το ίδιο μήκος αλλά θετικά στην κατεύθυνση του άξονα Z. Καμία από τις δυο πόρτες δεν πρέπει να μετασχηματιστούν κατά τον άξονα Y.

Στην περίπτωση οριοθέτησης των μετασχηματισμών μπορούμε επίσης και να τους περιορίσουμε. Περιορίζοντας ένα μοντέλο, σημαίνει σύνδεση των μετασχηματισμών με τους μετασχηματισμούς ενός δεύτερου μοντέλου. Υπάρχουν τρεις κοινοί τύποι περιορισμών : θέσης, περιστροφής και κατεύθυνσης.

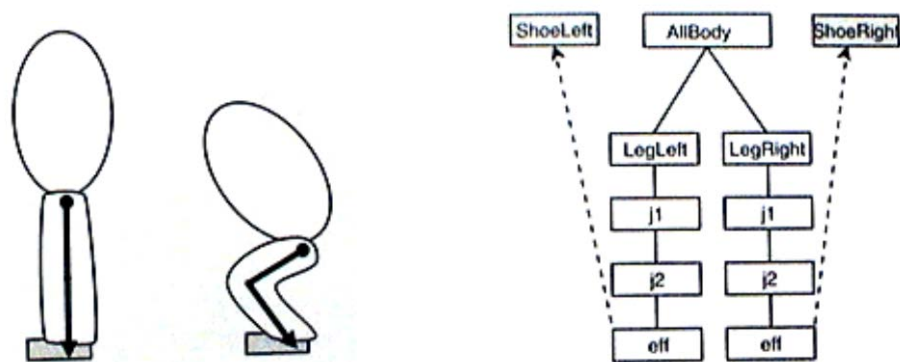
Ένας περιορισμός θέσης περιορίζει το μετασχηματισμό ενός αντικειμένου. Στην παρακάτω εικόνα (a) παρατηρούμε δυο αντικείμενα, έναν κώνο και έναν κύβο στις κανονικές τους θέσεις.



Σχήμα 6.17 : Ο περιορισμός θέσης δίνει τη δυνατότητα να «κολλά» το ένα αντικείμενο στο άλλο

Ο κύβος είναι σκιαγραφημένος για να υποδηλώσει ότι είναι το υπό περιορισμό αντικείμενο. Όταν η θέση του κώνου είναι περιορισμένη στη θέση του κύβου, ο κώνος οδηγείται στην τοποθεσία του κύβου όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα (b). Πιο συγκεκριμένα το τοπικό σημείο μετακίνησης του κώνου (ο σταυρός) τοποθετείται πάνω στο σημείο στο σημείο του κύβου. Έτσι όπου και να πάει ο κύβος θα ακολουθεί και ο κώνος, λόγω περιορισμού.

Οι περιορισμοί θέσης είναι πολύ χρήσιμοι στην αντίστροφη κινηματική της κίνησης ενός χαρακτήρα. Περιορίζοντας το σημείο δράσης της αντίστροφης κινηματικής ενός σκελετού σε ένα άλλο αντικείμενο, μπορούμε να παράγουμε κίνηση που θα ήταν διαφορετικά δύσκολο να επιτύχουμε κίνηση. Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε ένα πρόβλημα παρεμπόδισης κίνησης της πατούσας ενός χαρακτήρα από ένα γλίστρημα ή απλά μιας κίνησης ποδιών σε πάτωμα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



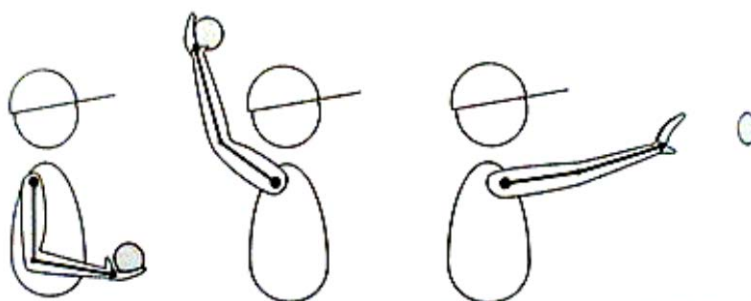
Σχήμα 6.18 : Ο περιορισμός της θέσης μιας δράσης σε ένα άλλο αντικείμενο μας διευκολύνει στην πολυπλοκότητα της κίνησης του χαρακτήρα

Στην άλλη εικόνα δεξιά μπορούμε να δούμε την ιεραρχία δόμησης του χαρακτήρα, ενός ωειδές σωματότυπου, μιας μπάλας για κορμό, δυο ποδιών, δυο πατουσών και τίποτα άλλο. Σημειώνουμε ότι το σημείο δράσης του κάθε ποδιού είναι υπό περιορισμό σε ένα αντικείμενο παπουτσιού που υποδηλώνεται από τη διακεκομμένη γραμμή που τα ενώνει και τα υποπεριορισμό παπούτσια είναι ολοκληρωτικά έξω από ιεραρχία όλου του σώματος. Αυτή η δομή επιτρέπει να μετακινούμε όλο το σώμα και τα πόδια σε όποια θέση επιθυμούμε χωρίς τη μετακίνηση των παπουτσιών. Εφόσον τα σημεία δράσης είναι περιορισμένα στα παπούτσια, τα σημεία δράσης δε θα μετακινηθούν όσο μετακινούμε τους κόμβους του σώματος και των ποδιών.

Τώρα αν επιλέξουμε τον κόμβο όλου του σώματος και το μεταφέρουμε προς τα κάτω, ο χαρακτήρας θα χαμηλώσει προς το έδαφος. Η μετακίνηση όλου του σώματος προς τα κάτω προκαλεί την μετακίνηση προς τα κάτω και της αρχής των ποδιών, καθώς η αρχή είναι συνδεδεμένη με το σώμα. Ωστόσο, εξαιτίας του ότι οι κόμβοι των παπουτσιών είναι έξω από την ιεραρχία του σώματος, δεν επηρεάζονται από τον οποιοδήποτε μετασχηματισμό του σώματος και παραμένουν σταθεροί. Εφόσον τα σημεία δράσης στο τέλος του κάθε ποδιού είναι υπό περιορισμό των ποδιών, τα σημεία δράσης επίσης δεν μετακινούνται. Το αποτέλεσμα είναι να λυγίζουν τα πόδια, οι

πατούσες να παραμένουν στο έδαφος και ο χαρακτήρας να κατευθύνεται προς το έδαφος. Αυτό θα ήταν πολύ δύσκολο να επιτευχθεί χωρίς περιορισμούς.

Πρέπει να είμαστε προσεκτικοί χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική γιατί μπορεί να υπάρχουν ορισμένες περίεργες πλάγιες επιδράσεις. Αυτό διότι οι κινήσεις των σημείων δράσης περιορίζονται με δυο τρόπους : πρώτον, από τα υπό περιορισμό αντικείμενά τους, τα παπούτσια και δεύτερον από τη σύνδεση με την αλυσίδα αντίστροφης κινηματικής. Υπενθυμίζουμε ότι μια αλυσίδα αντίστροφης κινηματικής έχει τον αρχικό κόμβο στην κορυφή της ιεραρχίας που διατηρεί την αλυσίδα σταθερή σε ένα σημείο. Όσο μεταφέρουμε τον αρχικό κόμβο, υπάρχει ένα όριο για το πόσο μακριά μπορεί να μετακινηθεί το σημείο δράσης της αλυσίδας. Αν το σημείο δράσης είναι υπό περιορισμό σε ένα αντικείμενο που μετακινείται πιο μακριά από ότι το σημείο δράσης μπορεί να ακολουθήσει, η αλυσίδα του σημείου δράσης θα εκταθεί προς το υπό περιορισμό αντικείμενο. Πρέπει να λογαριάζουμε αυτήν την επίδραση όταν περιορίζουμε σημεία δράσης. Ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό όπως φαίνεται στην εικόνα.

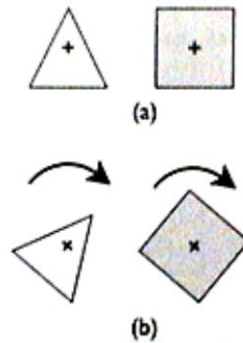


Σχήμα 6.19 : Ο περιορισμός της δράσης του χεριού πάνω στη μπάλα δίνει τη δυνατότητα να εκταθεί το χέρι

Εδώ ένα μοντέλο αντίστροφης κινηματικής τίθεται σε κίνηση, με το σημείο δράσης (χέρι) του χαρακτήρα να είναι υπό περιορισμό στη μπάλα (έτσι ώστε ποτέ να μην του φύγει). Είναι εύκολο να δώσουμε μια κίνηση του χαρακτήρα ώστε να πετάξει τη μπάλα. Απλά μεταφέροντας την μπάλα, μπορούμε να προκαλέσουμε τον χαρακτήρα να την πετάξει. Το χέρι και η μπάλα θα κινηθούν μαζί και όταν η μπάλα θα μεταφερθεί δεξιά σε απόσταση έκτασης του χεριού θα πεταχτεί και θα έχουμε την προσομοίωση κίνησης πετάγματος.

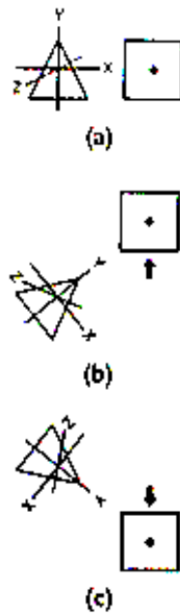
Ένας περιορισμός περιστροφής, επίσης ονομάζεται περιορισμός προσανατολισμού, περιορίζει τους μετασχηματισμούς περιστροφής ενός αντικειμένου

σε ένα άλλο. Στην παρακάτω εικόνα η περιστροφή του κώνου είναι περιορισμένη σε αυτή του κύβου έτσι ώστε όσο ο κύβος περιστρέφεται να περιστρέφεται και ο κώνος ακριβώς το ίδιο.



Σχήμα 6.20 : Ο περιορισμός περιστροφής δίνει τη δυνατότητα σε ένα αντικείμενο να ακολουθήσει τις περιστροφές ενός άλλου

Ένας περιορισμός κατεύθυνσης «δυναμώνει» ένα αντικείμενο σε ένα σημείο ή ένα στόχο προς το ελεγχόμενο αντικείμενο. Στην παρακάτω εικόνα ο κώνος είναι περιορισμένος στην κατεύθυνση του κύβου, με αποτέλεσμα οπουδήποτε μετακινείται ο κύβος, ο κώνος να περιστρέφεται.



Σχήμα 6.21 : Ο περιορισμός κατεύθυνσης δίνει τη δυνατότητα σε ένα αντικείμενο να βρίσκεται προς την κατεύθυνση ενός άλλου

Για την προετοιμασία του περιορισμού κατεύθυνσης, πρέπει να προσέξουμε το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του αντικειμένου που περιορίζεται – ο κώνος στο

παράδειγμά μας. Αυτό διότι ένας περιορισμός κατεύθυνσης «δυναμώνει» ειδικούς άξονες από το υπό περιορισμό αντικείμενο (κώνος) στο σημείο προς την αρχή του αντικειμένου που επηρεάζει (κύβος). Σε ορισμένα λογισμικά μπορούμε να επιλέξουμε ποιους άξονες από το υπό περιορισμό αντικείμενο θα χρησιμοποιούνται. Σε κάποια άλλα οι άξονες είναι καθορισμένοι και χρειάζεται να ξαναοργανωθεί το σύστημα συντεταγμένων του υπό περιορισμού αντικείμενο, πριν από την εκτέλεση του περιορισμού.

Και για τους τρεις τύπους περιορισμού – θέσης, περιστροφής, κατεύθυνσης – το κρίσιμο σημείο με το οποίο ο περιορισμός επισυνάπτει ή περιστρέφει ή κατευθύνει είναι η τοπική αρχή συντεταγμένων του αντικειμένου που δέχεται τον περιορισμό. Αν θέλουμε να περιορίσουμε σε ένα άλλο σημείο μια λύση είναι να δημιουργήσουμε έναν μηδενικό κόμβο (null node) και να περιορίσουμε σε αυτόν τον κόμβο. Εφόσον ένας μηδενικός κόμβος δεν έχει γεωμετρία, είναι αόρατος και δεν υπάρχει φωτοαπόδοσή του στη σκηνή μας. Περιορίζοντας έναν μηδενικό κόμβο, μας επιτρέπεται να περιορίσουμε οποιοδήποτε σημείο στο χώρο.

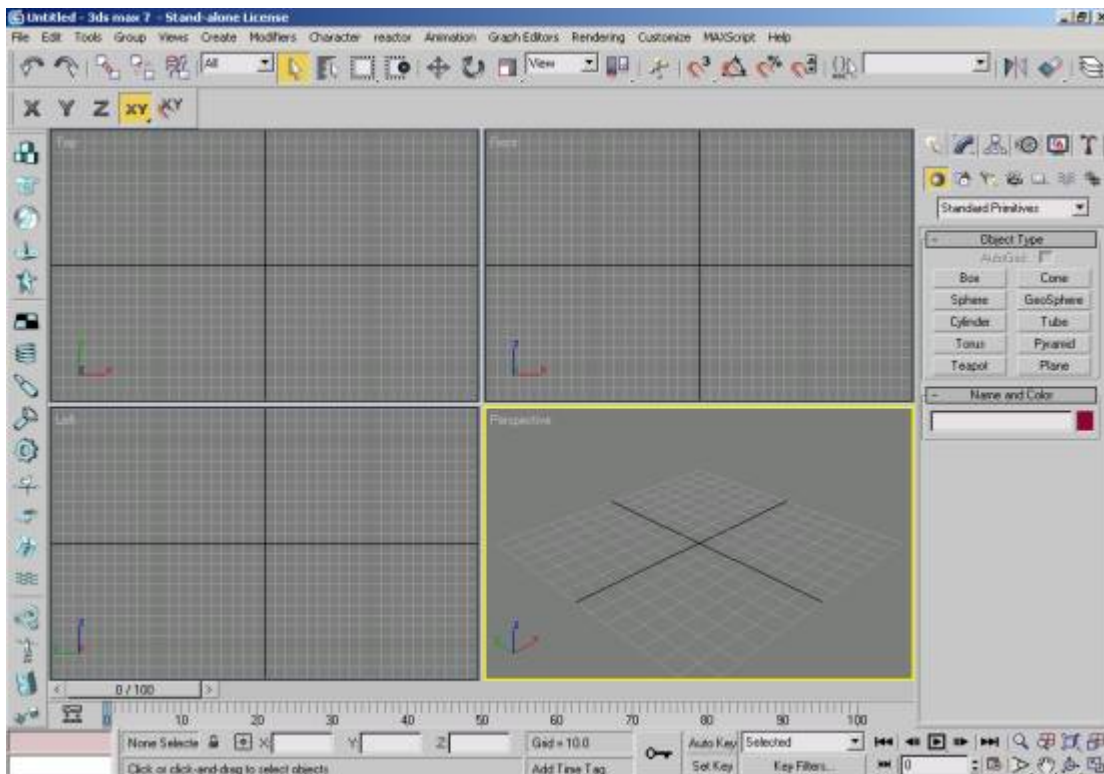
Μια άλλη προσέγγιση, που προσφέρεται από ορισμένα λογισμικά, είναι να ορίσουμε τον περιορισμό σε σχέση με κάποια σημεία ελέγχου ή κορυφής της επιφάνειας του μοντέλου μας. Για παράδειγμα, ίσως θέλουμε να θέσουμε περιορισμό σε ένα αντικείμενο στον ώμο ενός κορμού χαρακτήρα. Η τοπική αρχή συντεταγμένων του κορμού, ωστόσο, έχει τοποθετηθεί στην περιοχή της λεκάνης. Έτσι θέτοντας περιορισμό σε ένα σημείο ελέγχου ή κορυφής στην περιοχή του ώμου, μπορούμε να λύσουμε το πρόβλημα.

6.6 Animation ενός μέρους τηλεσκοπικού ρομποτικού βραχίονα

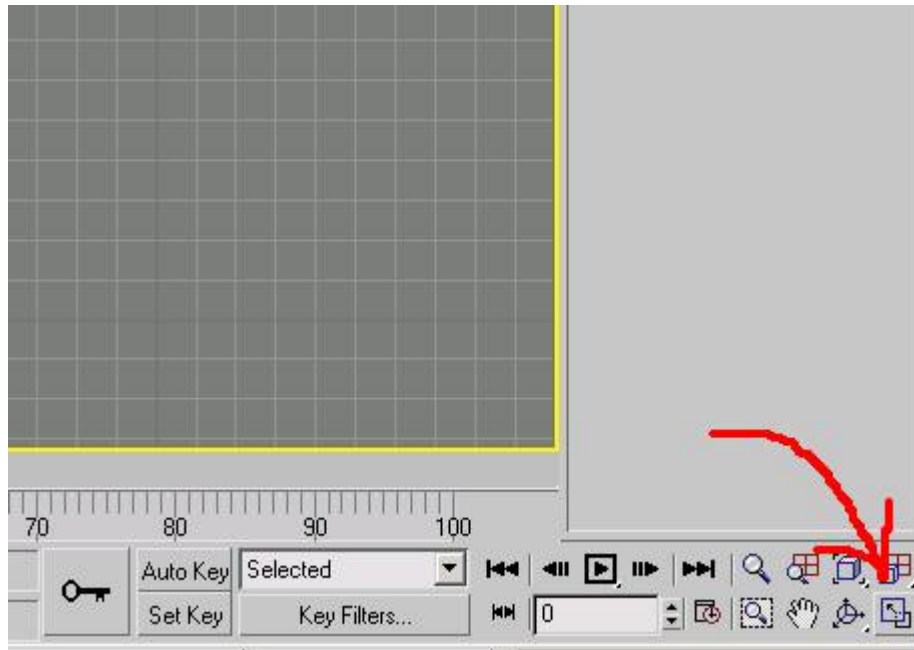
6.6.1 Animation με μετακίνηση μέλους

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τα βήματα, με τη βοήθεια του προγράμματος 3d studio max (έκδοση 7), που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό και την κίνηση της νέας αρχιτεκτονικής ενός μέρους του βραχίονα. Κατά επέκταση με την κίνηση αυτού του μέρους, κινείται και ο υπόλοιπος βραχίονας.

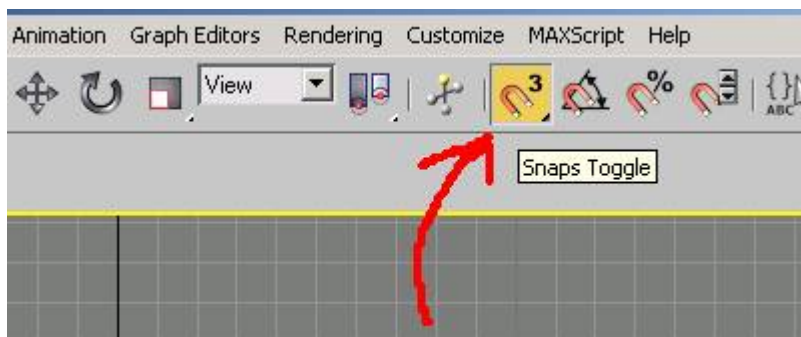
Βήμα 1^ο : ανοίγουμε ένα νέο αρχείο και έχουμε στην οθόνη μας το παρακάτω περιβάλλον



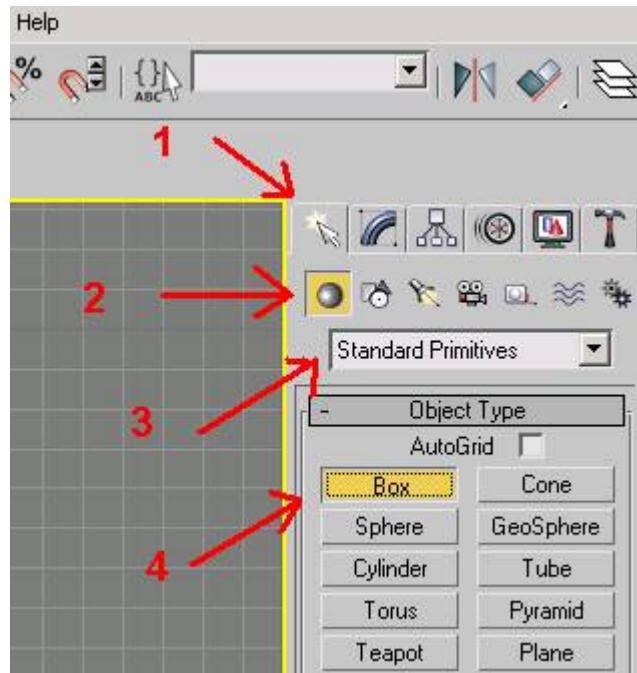
Βήμα 2^ο : επιλέγουμε με αριστερό κλικ το παράθυρο προβολής Top (κάνουμε κλικ οπουδήποτε σε αυτό το τετράγωνο) και επιλέγουμε το κουμπί Maximize Viewport Toggle. Οι ενέργειες που θα κάνουμε θα τις βλέπουμε σε κάτοψη. Θα δουλέψουμε σε αυτό το παράθυρο για την καλύτερη κατανόηση των σχημάτων, των διαστάσεων αλλά και τη διερεύνηση των αποστάσεων σημείων ως προς άλλων σταθερών και κινητών σημείων ή μελών.



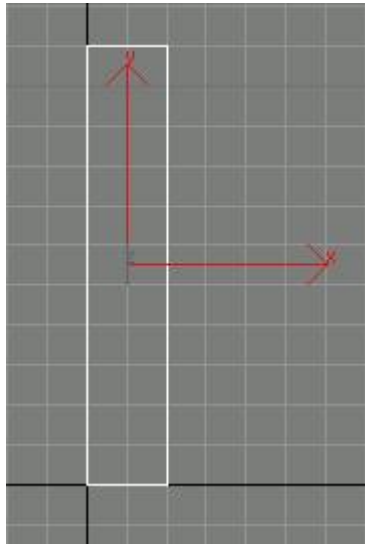
Βήμα 3^ο : επιλέγουμε το κουμπί Snaps Toggle που μας βοηθά να μετακινούμε το mouse σε κάθε κορυφή των τετραγώνων που φαίνονται στην οθόνη μας



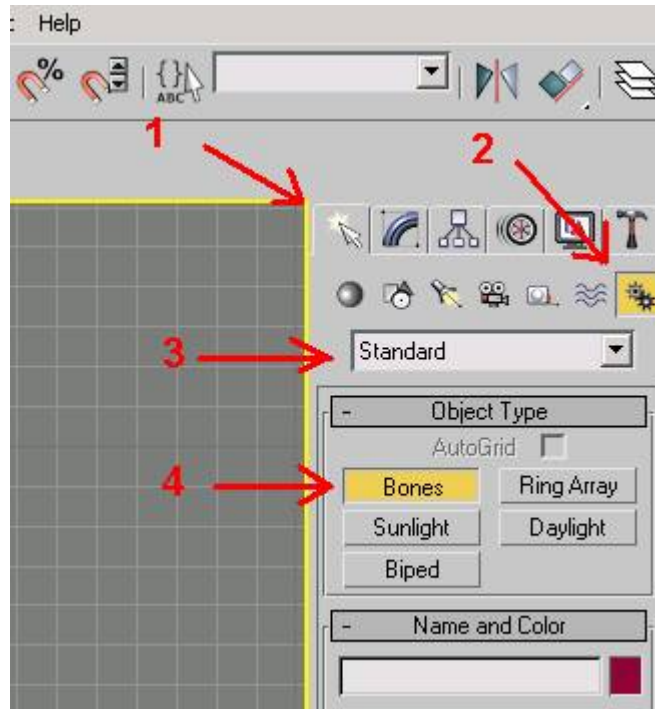
Βήμα 4^ο : πηγαίνουμε στο Create Panel (1) επιλέγουμε Geometry (2) και το Standard Primitives (3) και κάνουμε κλικ στο box (4). Θα δημιουργήσουμε έτσι το ένα μέλος μας που θα είναι ορθογώνιο.



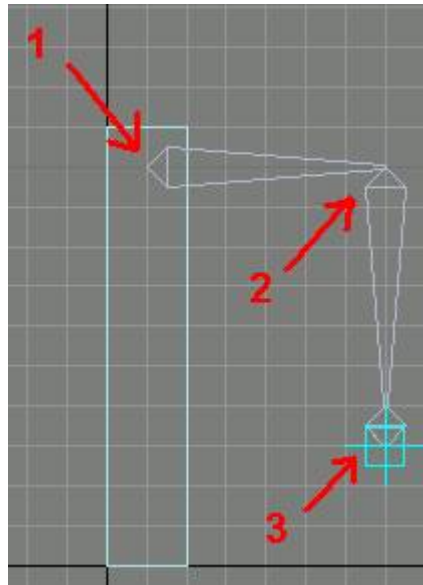
Βήμα 5^ο : Επιλέγουμε την κορυφή που συμπίπτουν οι δυο μαύροι άξονες και διαγράφουμε ένα ορθογώνιο με διαστάσεις Length 110 μονάδες, Width 20 μονάδες και Height 10 μονάδες. Επισημαίνουμε ότι στην εφαρμογή που θα περιγράψουμε κάθε γκρι τετράγωνο στην οθόνη του προγράμματος έχει πλευρά ίση με 10 μονάδες που αντιστοιχεί σε 10 χιλιοστά. Οι διαστάσεις δεν είναι τυχαίες. Ισχύει πάντα η σχέση που αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα ότι δηλαδή $b^2 = a c$. Στην εφαρμογή που περιγράφουμε το b είναι 60 μονάδες το a είναι 40 και το c είναι 90. Το c αντιστοιχεί στο Length όπου είναι 110 γιατί αφήσαμε κενό 10 μονάδες στην πάνω και 10 μονάδες στην κάτω κορυφή λόγω των αρθρώσεων. Έτσι $110 - 10 - 10 = 90$ μονάδες που είναι το c. Το Width το θέσαμε 20 για δική μας διευκόλυνση ώστε να παρατηρούμε καλύτερα τις αρθρώσεις. Το Height αρχικά είναι 10 μονάδες αλλά στη συνέχεια ίσως το αλλάξουμε όταν ολοκληρώσουμε την εφαρμογή. Ασφαλώς το ύψος δεν επηρεάζει το animation που θα δημιουργήσουμε (μπορούμε να το θέσουμε και μηδέν) αλλά η απεικόνιση του μέρους του βραχίονα στις τρεις διαστάσεις θα πρέπει να έχει μια τιμή.



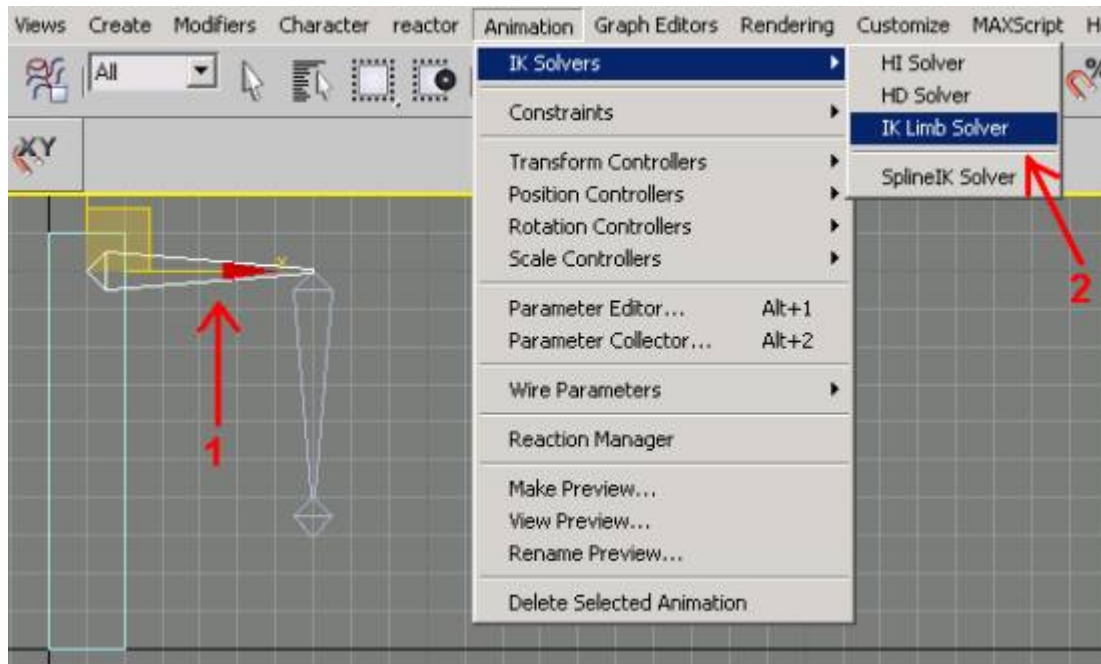
Βήμα 6^ο : πηγαίνουμε στο Create Panel (1) επιλέγουμε Systems (2) και το Standard (3) και κάνουμε κλικ στο κουμπί bones του Object Type (4). Θα δημιουργήσουμε δυο bones όπου θα είναι η επάνω κορυφή μας. Πρέπει να αναφέρουμε ότι τα bones θα τα χρησιμοποιούμε βοηθητικά καθώς επάνω σε αυτά θα συνδέουμε τα μέλη (boxes).



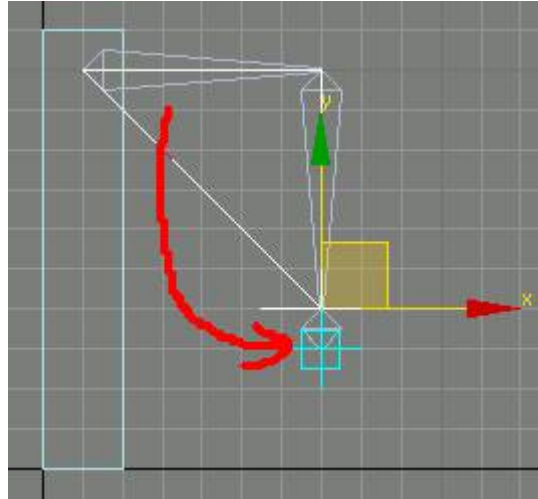
Βήμα 7^ο : επιλέγουμε για πρώτο σημείο του πρώτου bone το σημείο που βρίσκεται 10 μονάδες κάτω από την πάνω ακμή του ορθογωνίου (1). Στη συνέχεια με κατεύθυνση προς τα δεξιά κατά 60 μονάδες επιλέγουμε το δεύτερο σημείο που είναι η αρχή του δεύτερου bone (2). Διαγράφουμε κατεύθυνση προς τα κάτω 60 μονάδες και κάνουμε πρώτα αριστερό κλικ και μετά δεξί για να τερματίσουμε την εντολή των bones (3). Οι 60 μονάδες δεν είναι τυχαίες και αντιστοιχούν στο μέλος b όπως είχαμε αναφέρει σε προηγούμενη σχέση. Σχηματικά θα πρέπει να φαίνεται η παρακάτω εικόνα.



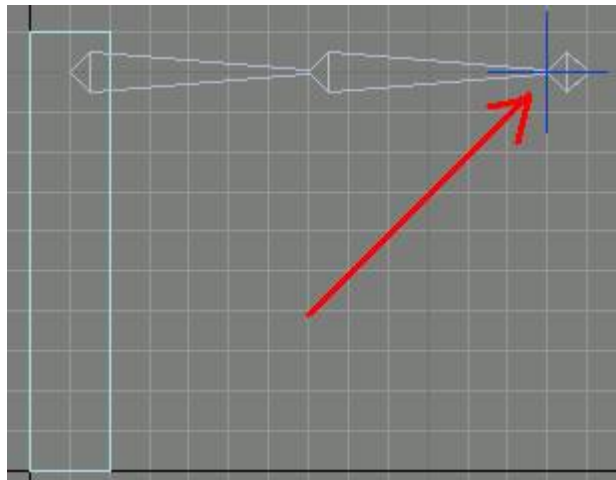
Βήμα 8^ο : στη συνέχεια θα αναθέσουμε στα bones τον IK Limb Solver (επίλυση μελών με αντίστροφη κινηματική). Επιλέγουμε το πρώτο bone (1) και στο μενού Animation κάνουμε κλικ στο IK Solvers και από εκεί επιλέγουμε τον ελεγκτή IK Limb Solver (2).



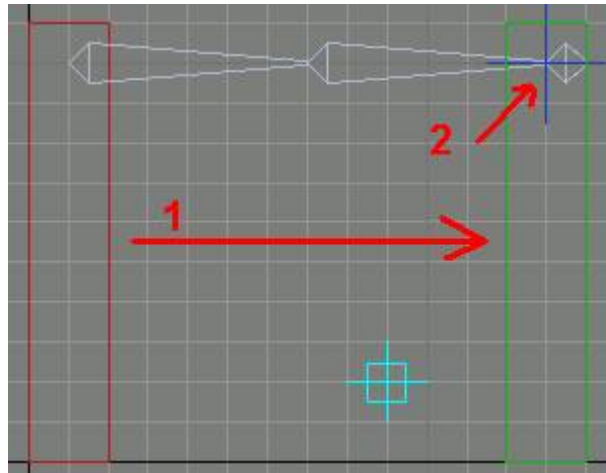
Βήμα 9^ο : επιλέγουμε την τελευταία άκρη των bones και είναι έτοιμος ο Solver καθώς διακρίνεται ο μπλε σταυρός. Μετακινώντας τον σταυρό στο XY επίπεδο μπορούμε να παρατηρήσουμε την κίνηση των bones όπου μοιάζει με την κίνηση ώμου – αγκώνα.



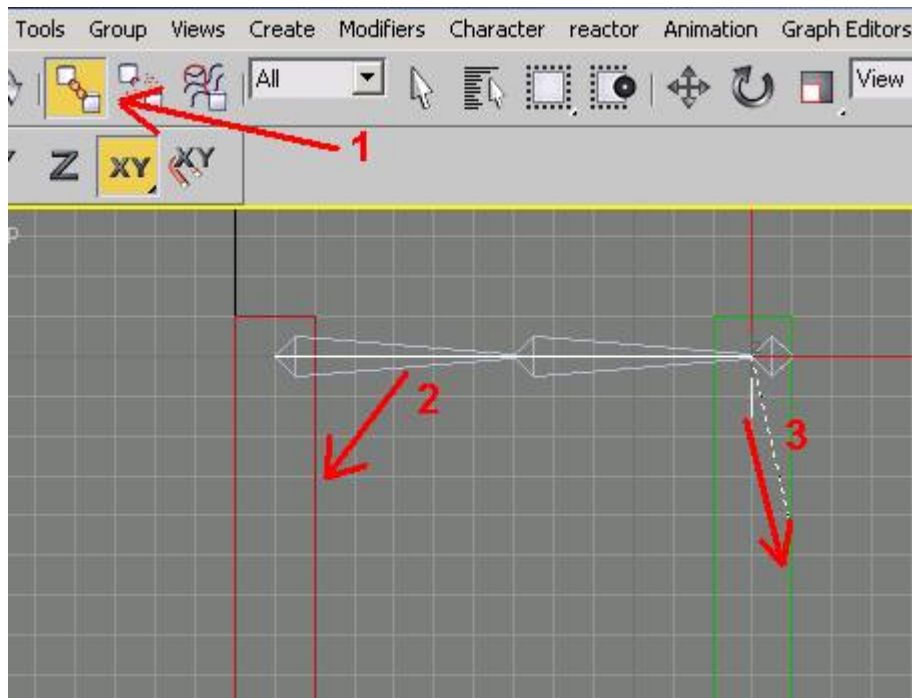
Βήμα 10^ο : Τοποθετούμε τα bones πάνω σε μια ευθεία όπως διακρίνεται και στο παρακάτω σχήμα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μετακίνηση του μπλε σταυρού κατά 60 μονάδες τόσο στον X όσο και στον Y άξονα.



Βήμα 11° : σχεδιάζουμε ακόμη ένα ορθογώνιο με τις ίδιες ακριβώς διαστάσεις. Μπορούμε να κάνουμε copy το υπάρχον (το επιλέγουμε και με το Shift πατημένο το μετακινούμε με το mouse) και να τοποθετήσουμε το νέο σχήμα 120 μονάδες δεξιά (60+60 από τα bones) (1), ή στο σημείο που τελειώνει το δεύτερο bone που σχεδιάσαμε (2). Για διευκόλυνση αλλάζουμε τα χρώματα των δυο boxes σε κόκκινο και πράσινο.



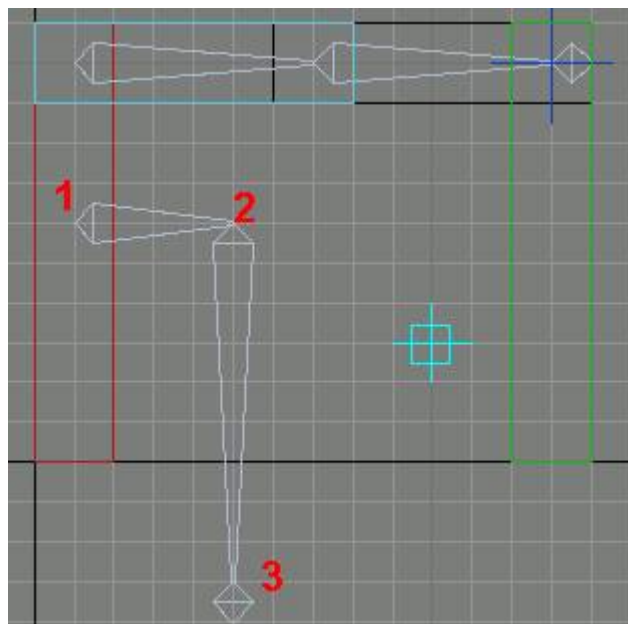
Βήμα 12^ο : θα συνδέσουμε τα μέλη μεταξύ τους. Χρειάζεται πολύ προσοχή ποιο αντικείμενο θα συνδέσουμε με ποιο. Παίζει πολύ βασικό ρόλο η σειρά της σύνδεσης. Έτσι αρχικά συνδέουμε την πρώτη άκρη (αριστερή) των bones με το κόκκινο μέλος. Για να γίνει αυτό πατάμε το κουμπί Select and link (1), επιλέγουμε το πρώτο bone και σέρνοντας επιλέγουμε και το κόκκινο μέλος (2). Στη συνέχεια με τον ίδιο τρόπο συνδέουμε το μπλε σταυρό (Solver) με το πράσινο μέλος (3). Έτσι έχουν συνδεθεί όλα τα μέλη μεταξύ τους και αν μετακινήσουμε το πράσινο μέλος δεξιά και αριστερά (στον X άξονα) στο σχήμα μας θα έχουμε έκταση και σύμπτυξη.



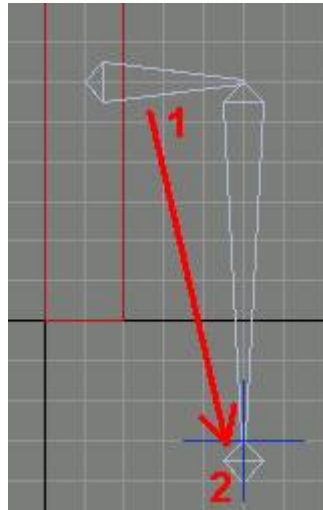
Βήμα 13^ο : αρχικά σχεδιάζουμε 2 boxes πάνω στα bones που δημιουργήσαμε και τα συνδέουμε με το κουμπί Select and link όπως κάναμε και προηγουμένως. Πρώτα επιλέγουμε το κάθε box και μετά το αντίστοιχο bone. Τα boxes θα έχουν μήκος 80 μονάδες (κανονικά 60 μονάδες πρέπει αλλά με 10 μονάδες διαφορά λόγω των αρθρώσεων γίνεται $60 + 10 + 10 = 80$). Το ύψος τους δεν παίζει ρόλο και αρχικά το θέτουμε ίσο με 10 μονάδες.



Βήμα 14^ο : στη συνέχεια θα προσθέσουμε ακόμα 2 bones. Αφού επιλέξουμε το κουμπί των bones όπως έχουμε κάνει και προηγουμένως ξεκινάμε το σχεδιασμό τους από το σημείο που βρίσκεται 40 μονάδες κάτω από την κορυφή του πρώτου bone που έχουμε ήδη δημιουργήσει (1). Διαγράφουμε 40 μονάδες προς τα δεξιά από αυτό το σημείο (2) και δημιουργούμε το δεύτερο συνεχόμενο bone προς τα κάτω κατά 90 μονάδες (3). Οι 40 μονάδες αντιστοιχούν στο a και οι 90 στο c από τη σχέση όπου έχουμε αναφέρει.



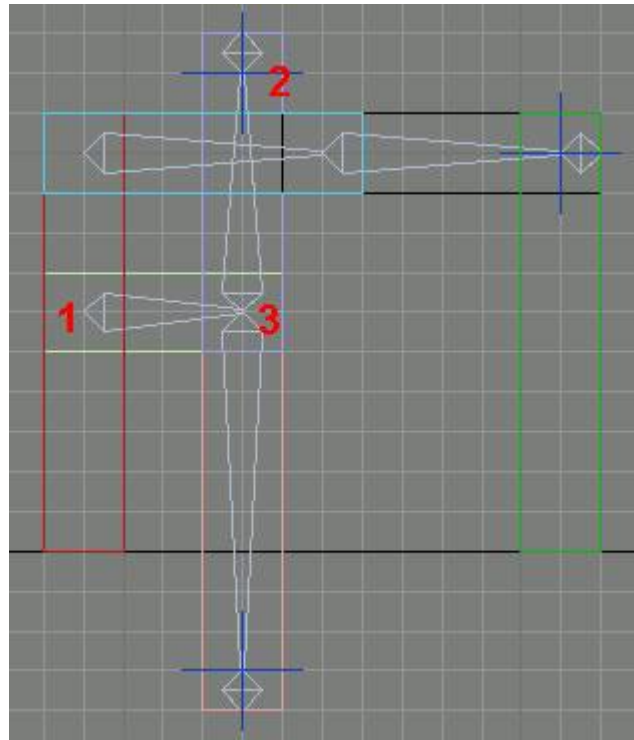
Βήμα 15° : στη συνέχεια θα αναθέσουμε στα bones τον IK Limb Solver (επίλυση μελών με αντίστροφη κινηματική) όπως κάναμε και προηγουμένως. Επιλέγουμε το πρώτο bone (1) και στο μενού Animation κάνουμε κλικ στο IK Solvers και από εκεί επιλέγουμε τον ελεγκτή IK Limb Solver. Επιλέγουμε την τελευταία άκρη των bones (2) και είναι έτοιμος ο Solver καθώς διακρίνεται ο μπλε σταυρός.



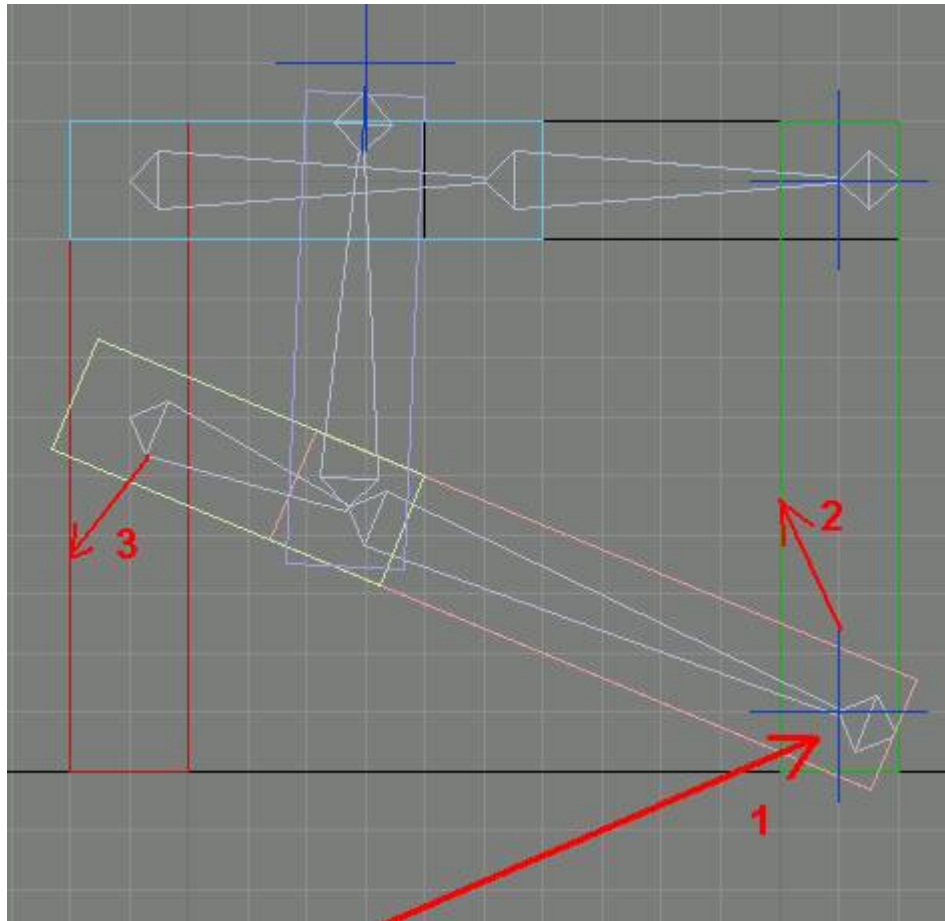
Βήμα 16^ο : αρχικά σχεδιάζουμε 2 boxes πάνω στα νέα bones που δημιουργήσαμε και τα συνδέουμε με το κουμπί Select and link όπως κάναμε και προηγουμένως. Πρώτα επιλέγουμε το κάθε box και μετά το αντίστοιχο bone. Τα νέα boxes θα έχουν μήκος 60 μονάδες το ένα (κανονικά 40 μονάδες πρέπει αλλά με 10 μονάδες διαφορά λόγω των αρθρώσεων γίνεται $40 + 10 + 10 = 60$) (1) και 110 μονάδες το άλλο (κανονικά 90 μονάδες πρέπει αλλά με 10 μονάδες διαφορά λόγω των αρθρώσεων γίνεται $90 + 10 + 10 = 110$) (2). Το ύψος τους δεν παίζει ρόλο και αρχικά το θέτουμε ίσο με 10 μονάδες.



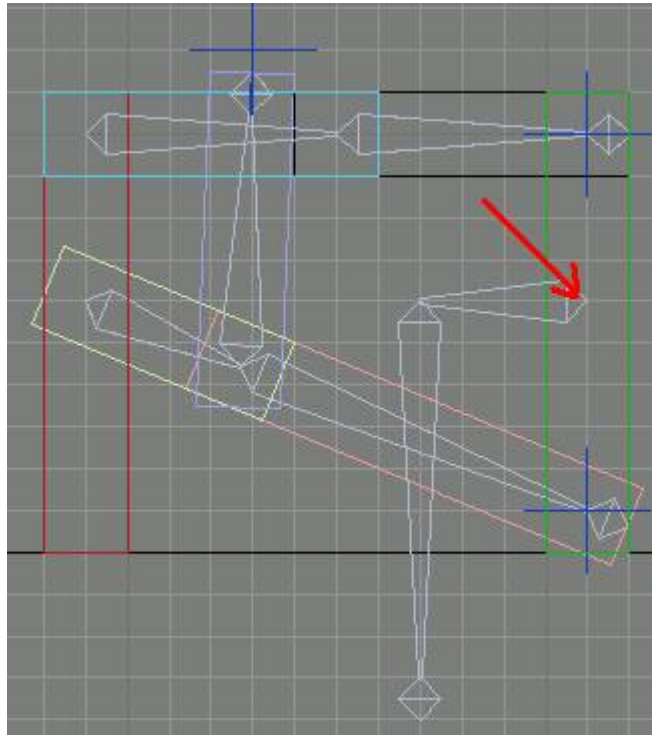
Βήμα 17^ο : σχεδιάζουμε ακόμα ένα bone με αρχή το σημείο που τελειώνει το πρώτο bone και αρχίζει το δεύτερο (3) και με τέλος 60 μονάδες προς τα επάνω (2). Η αρχή του νέου bone εμφανίζεται αν επιλέξουμε την αρχή του πρώτου bone (1). Στο νέο bone αναθέτουμε τον IK Limb Solver και συνδέουμε ένα box με μήκος 80 (60 +10 +10) με διαδικασίες που έχουμε προαναφέρει.



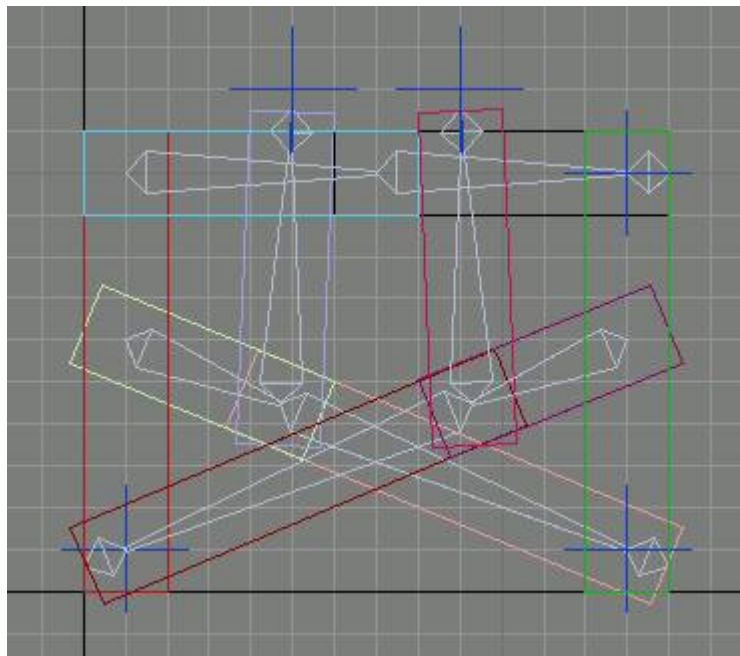
Βήμα 18° : αφού έχουν επιτευχθεί οι κατάλληλες συνδέσεις μελών μετακινούμε το σταυρό 10 μονάδες πάνω από την κάτω άκρη του πράσινου box (1). Στη συνέχεια συνδέουμε το πρώτο bone με το κόκκινο μέλος (2) και το σταυρό με το πράσινο μέλος (3) με τη διαδικασία του Select and Link όπως έχουμε αναφέρει.



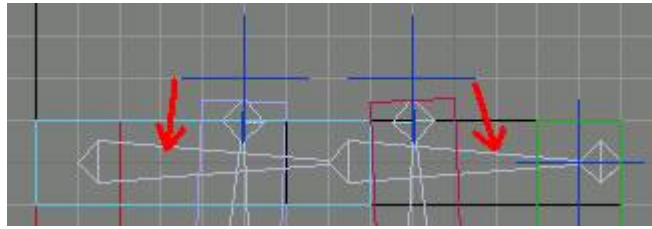
Βήμα 19^ο : Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 14 έως 18 για τη δημιουργία 2 ακόμη bones και boxes. Η αρχή των bones είναι στο σημείο που βρίσκεται 40 μονάδες κάτω από τον μπλε σταυρό των πρώτων bones που σχεδιάσαμε όπως φαίνεται και στο σχήμα.



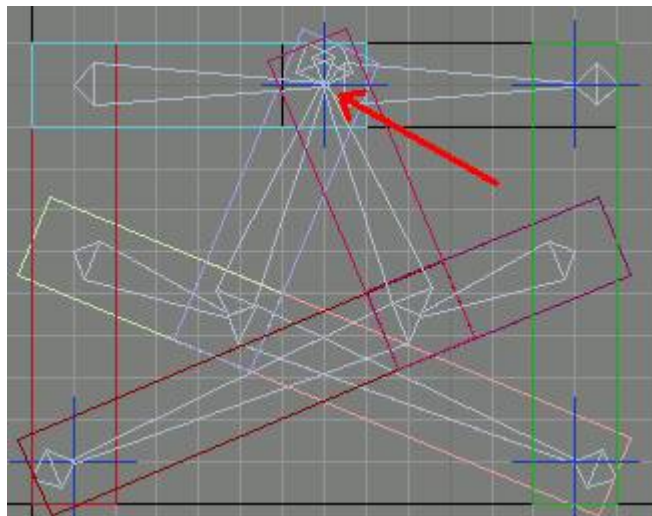
Βήμα 20^ο : έτσι με την ολοκλήρωση των βημάτων 13 έως 17 έχουμε φτάσει στο σημείο που διακρίνεται στο παρακάτω σχήμα.



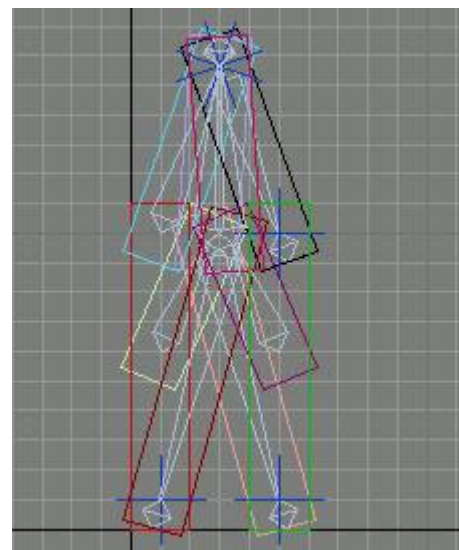
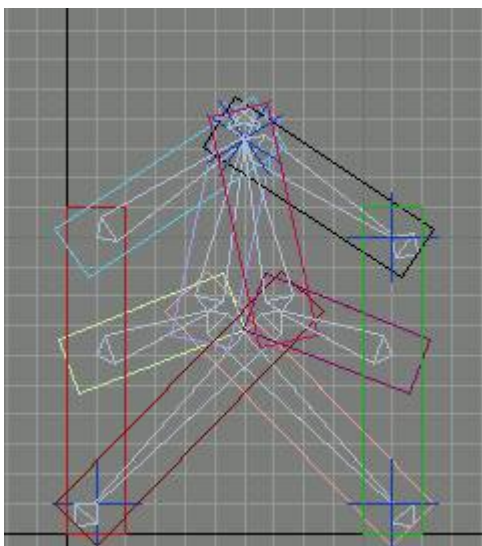
Βήμα 21° : συνδέουμε τους δυο πάνω μπλε σταυρούς με τα αντίστοιχα bones που βρίσκονται από κάτω τους με την εντολή Select and Link.



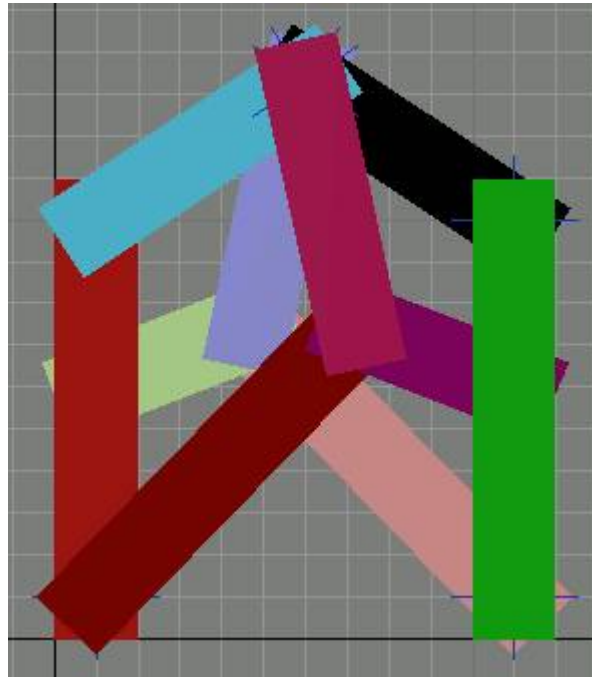
Βήμα 22° : μετακινούμε τους 2 αυτούς σταυρούς έναν - έναν στο σημείο που τελειώνει το πρώτο bone και αρχίζει το δεύτερο όπως φαίνεται στο σχήμα.



Βήμα 23° : μετακινούμε το πράσινο μέλος (με το κόκκινο μέλος σταθερό) προς τα δεξιά και παρατηρούμε το επιθυμητό αποτέλεσμα όλων των κατάλληλα συνδεδεμένων μελών.



Για καλύτερη απεικόνιση της νέας αυτής αρχιτεκτονική του μέρους του βραχίονα απενεργοποιήσαμε την επιλογή των wireframes (ήταν επιλεγμένη από το πρόγραμμα) και θέσαμε την επιλογή των Smooth και Highlights με αποτέλεσμα το παρακάτω σχήμα με τα πολύχρωμα boxes.

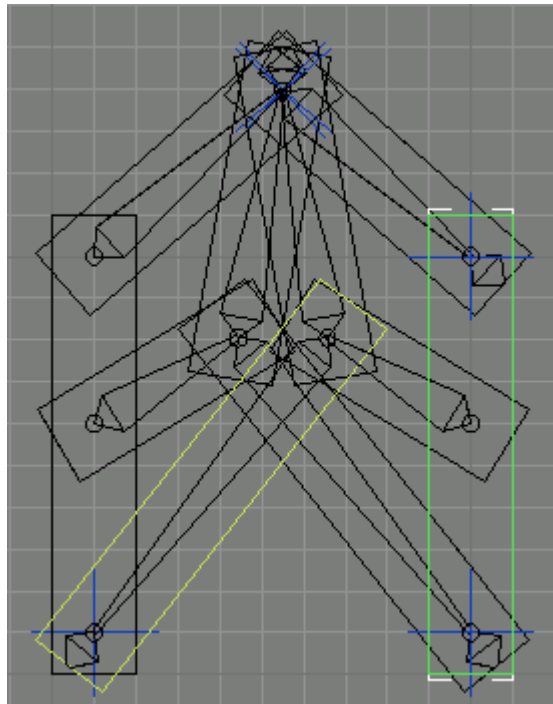


Σχήμα 6.22 : Επιλογή Smooth και Highlights

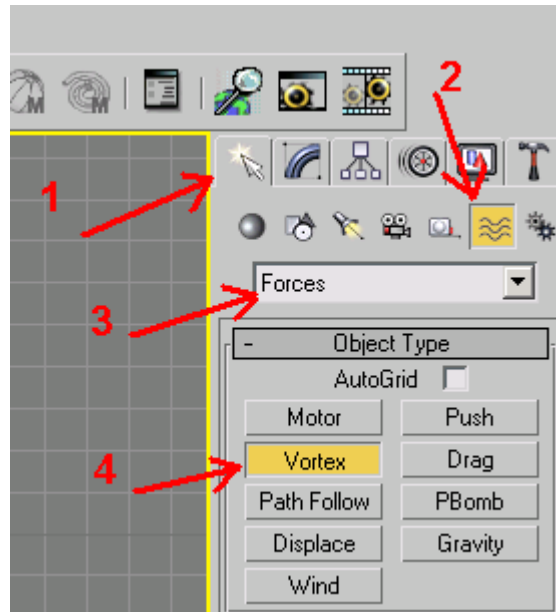
6.6.2 Animation με χρήση των Wire Parameters

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε και θα εξηγήσουμε βηματικά τη διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται η κίνηση των μελών της αρχιτεκτονικής του βραχίονα. Η έκταση και η σύμπτυξη του βραχίονα θα αποδίδεται με την περιστροφή ενός βοηθητικού στοιχείου. Η τακτική που θα περιγράψουμε βασίζεται στην υπό περιορισμό κίνηση (animation with constraints) όπου αναφερθήκαμε σε προηγούμενη ενότητα. Αρχικά θα χρησιμοποιήσουμε την επιλογή Wire Parameters. Με αυτήν την επιλογή μπορούμε να συνδέσουμε κάθε μετακινήσιμη παράμετρο από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο. Αυτό μας δίνει την ικανότητα να τοποθετήσουμε δυο είδη συνδέσεων μεταξύ των καθορισμένων παραμέτρων των αντικειμένων ή να ελέγξουμε ένα ή περισσότερα αντικείμενα με βοηθητικά αντικείμενα (τύπου dummy) περιέχοντας τις επιθυμητές παραμέτρους. Έτσι, χρησιμοποιώντας αυτήν την επιλογή μπορούμε να τοποθετήσουμε περιορισμούς αντικειμένων απευθείας χωρίς τη χρήση των Track View και της ανάθεσης ελέγχων.

Βήμα 1^ο : στο πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε για την αναπαράσταση της κίνησης (3d studio max) ανοίγουμε το αρχείο όπου είχαμε σχεδιάσει και αναπαραστήσει καρέ καρέ την κίνηση των μελών του βραχίονα. Η στάση του βραχίονα είναι μισοανοικτή. Αλλάξαμε τα χρώματα των μελών για διευκόλυνση της περιγραφής μας.



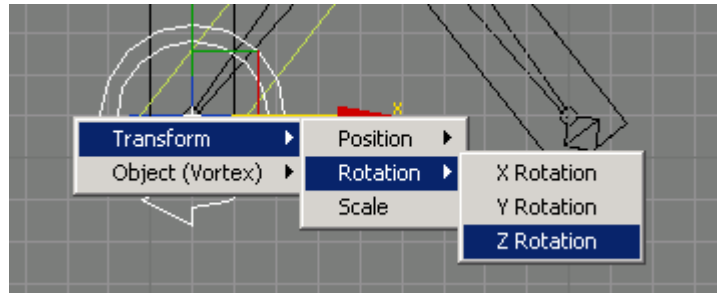
Βήμα 2^ο : Για την έκταση και σύμπτυξη των μελών αρκεί να περιστρέψουμε το κίτρινο μέλος. Θα εφαρμόσουμε μια παραλλαγή αυτής της τακτικής. Προσαρμόζουμε στο κάτω μέρος του κίτρινου μέλους ένα στρόβιλο. Στο ρόλο του στροβίλου μπορεί να είναι ένας κινητήρας όπου θα προσδίδει κίνηση στο μειωτήρα για να περιστρέφεται το κίτρινο μέλος. Για την εμφάνιση του στροβίλου πηγαίνουμε στο Create Panel (1) επιλέγουμε Space Warps (2) και το forces (3) και κάνουμε κλικ στο Vortex (4). Θα δημιουργήσουμε έτσι ένα εικονίδιο που αναπαριστά το στρόβιλο.



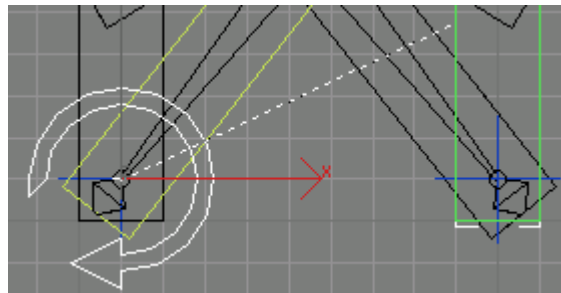
Βήμα 3^ο : τοποθετούμε το στρόβιλο στο κάτω μέρος του κίτρινου μέλους.



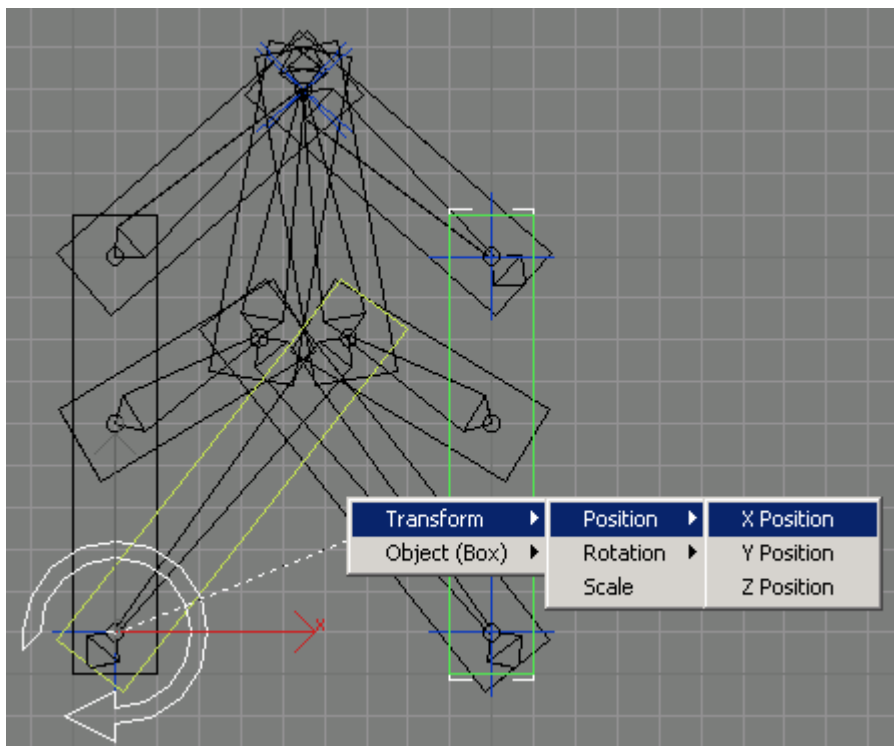
Βήμα 4^ο : στη συνέχεια θα αποδώσουμε τους εξής δυο περιορισμούς. Όσο περιστρέφεται ο στρόβιλος, να κινείται ευθύγραμμα το πράσινο μέλος δεξιά ή αριστερά ανάλογα με την περιστροφή. Επιλέγουμε με δεξί κλικ το στρόβιλο και στις επιλογές που εμφανίζονται ενεργοποιούμε το Wire Parameters. Στη συνέχεια εμφανίζονται δυο επιλογές όπου επιλέγουμε κατά σειρά Transform -> Rotation -> Z Rotation.



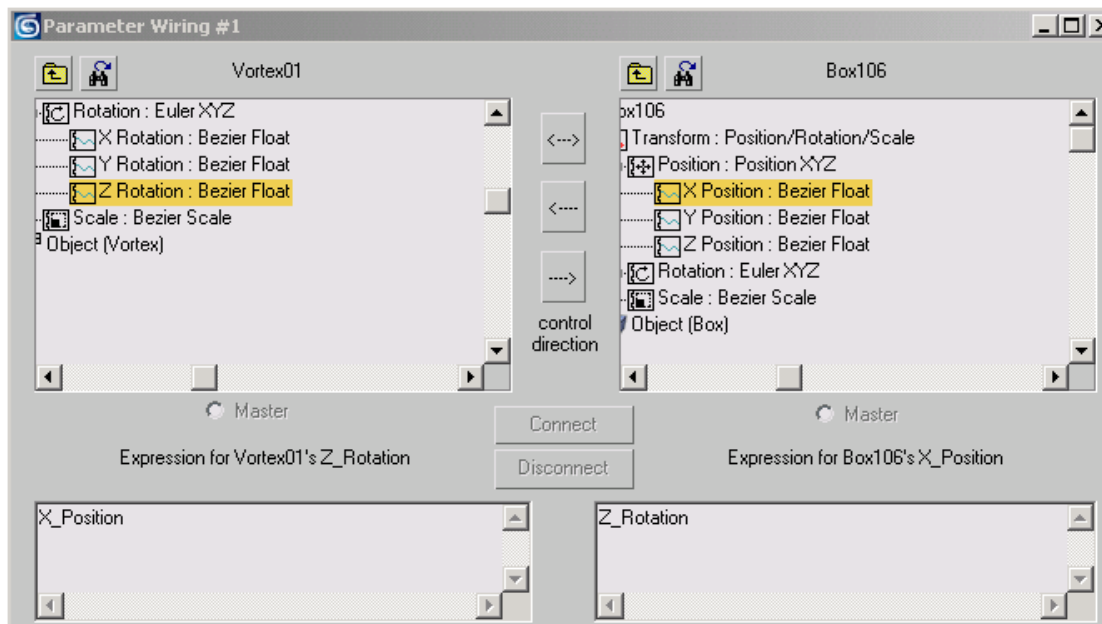
Βήμα 5^ο : αφού εμφανιστεί μια διακεκομμένη γραμμή, επιλέγουμε το πράσινο μέλος για να αποδώσουμε και το δεύτερο περιορισμό.



Βήμα 6^ο : εμφανίζονται οι δυο επιλογές και πάλι όπου επιλέγουμε κατά σειρά Transform
-> Position -> X Position.



Βήμα 7^ο : στη συνέχεια ανοίγει ένα παράθυρο (Parameters Wiring #1) όπου φαίνονται οι επιλογές που κάναμε.

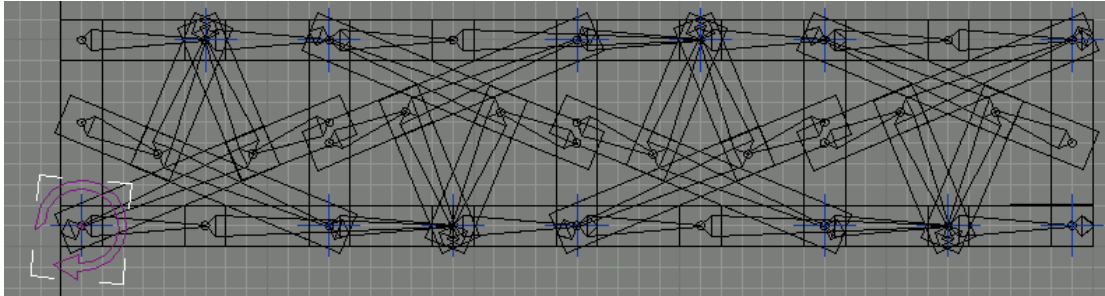


Βήμα 8^ο : επιλέγοντας το κουμπί με τα δυο αντίθετα βέλη (\leftrightarrow) και στη συνέχεια ενεργοποιώντας το Connect θέτουμε σε εφαρμογή τους παραπάνω περιορισμούς.

Έτσι περιστρέφοντας το στρόβιλο, το πράσινο μέλος κινείται δεξιά και αριστερά ανάλογα βέβαια προς την κατεύθυνση περιστροφής. Σύμφωνα με μετρήσεις η περιστροφή 570° κατά τον Z άξονα του στρόβιλου αντιστοιχούν σε μετατόπιση 10 μονάδων κατά τον X άξονα.

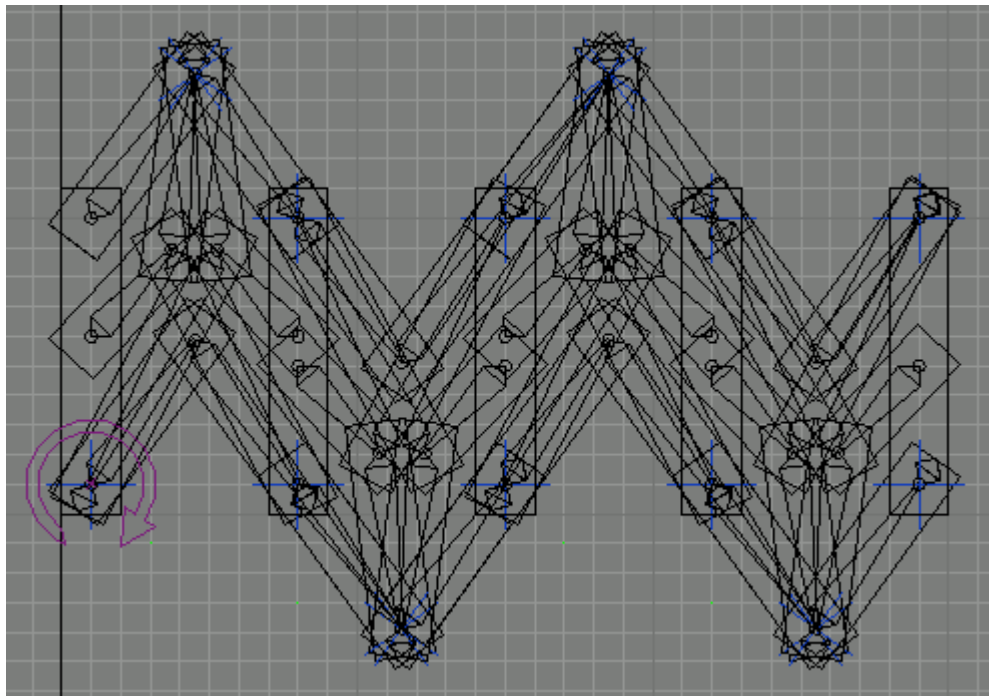
Για τη δημιουργία animation για ολόκληρο το βραχίονα εκτελούμε την ίδια διαδικασία αφού πρώτα βέβαια σχεδιάσουμε τον τύπο του. Στις παρακάτω εικόνες εφαρμόσαμε το animation για μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική των μελών.

Το πρώτο σχέδιο απεικονίζει το βραχίονα σε στάση ανοιχτή στο καρέ 0/1000.



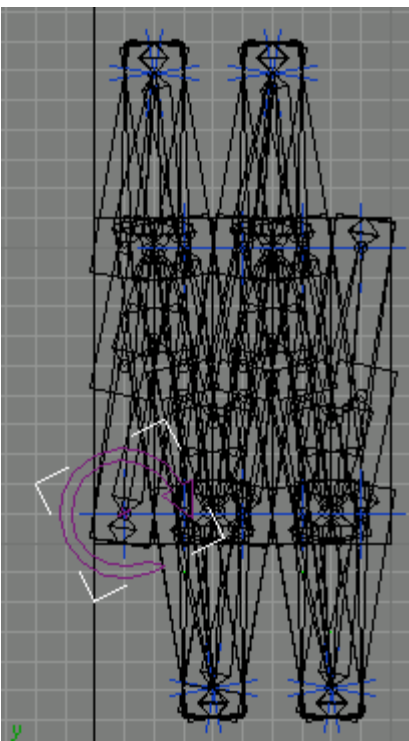
καρέ 0/1000

Το δεύτερο σχέδιο απεικονίζει το βραχίονα σε στάση μισάνοιχτη στο καρέ 250/1000 και το τρίτο σε κλειστή στάση σε καρέ 500/1000.



καρέ 250/1000

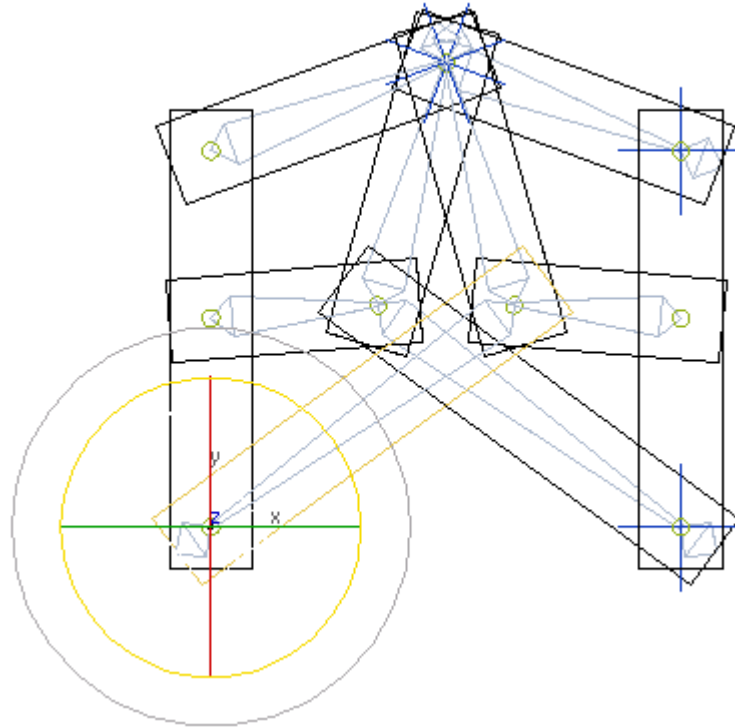
Το τρίτο σχέδιο απεικονίζει το βραχίονα σε κλειστή στάση σε καρέ 500/1000.



καρέ 500/1000

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η έκταση και η σύμπτυξη του βραχίονα μπορεί να πραγματοποιηθεί με την περιστροφή ενός συγκεκριμένου μέλους. Για να αποδοθεί αυτό οπτικά στη διαδικασία της αναπαράστασης κίνησης στον υπολογιστή μπορούμε να εφαρμόσουμε τα παρακάτω.

Αρχικά αλλάζουμε το φόντο στο πρόγραμμά μας σε λευκό χρώμα, από το μενού Views -> Viewport Background. Στη συνέχεια δημιουργούμε ένα μικρό λευκό κύλινδρο στο κάτω μέρος του κίτρινου μέλους. Εφαρμόζουμε την ίδια διαδικασία των Wire Parameters και όσο περιστρέφουμε τον αόρατο κύλινδρο (λόγω χρώματος φόντου και κυλίνδρου) τόσο ο βραχίονας εκτείνεται και θα συμπύθεται.

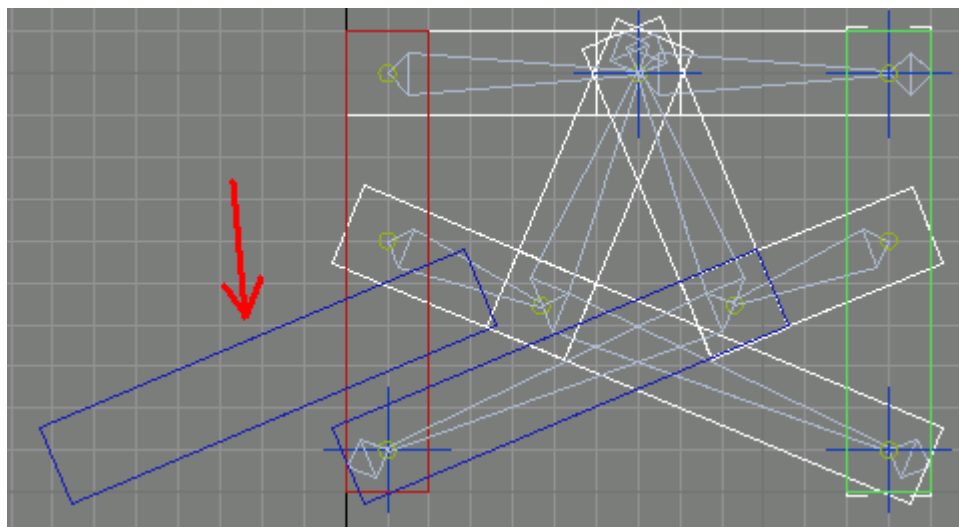


Σχήμα 6.23 : Περιστρέφοντας τον κύλινδρο έχουμε έκταση και σύμπτυξη του βραχίονα

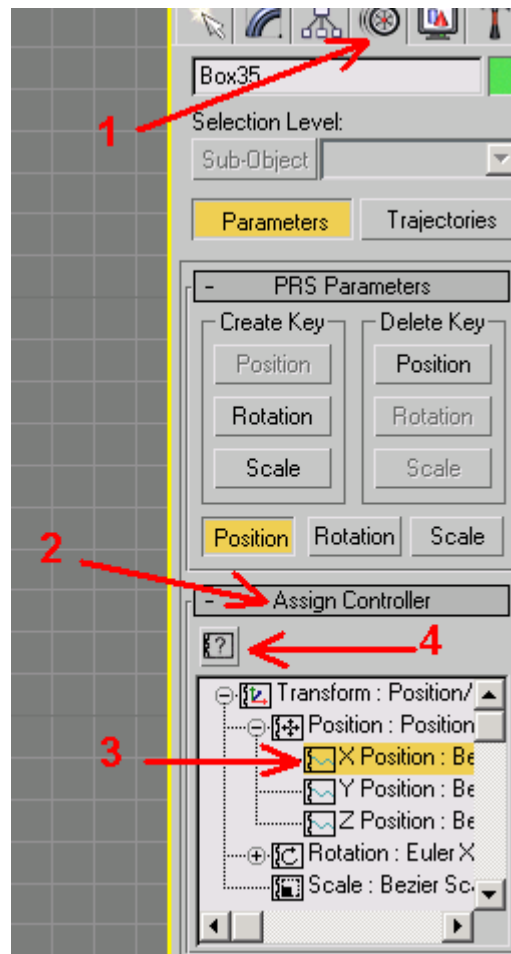
6.6.3 Animation με χρήση του Reaction Controller / Manager

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε και ένα διαφορετικό τρόπο από όπου μπορούμε να κάνουμε αναπαράσταση της κίνησης των μελών στον υπολογιστή. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αντενέργειας και της αντίδρασης (reaction) των αντικειμένων. Ο έλεγχος της αντενέργειας (Reaction controller) είναι μια διαδικασία ελέγχου που τοποθετεί μια παράμετρο αντίδρασης για μετατραπεί σε κάποια άλλη παράμετρο στο πρόγραμμα 3d studio max. Χρησιμοποιούμε ένα πλαίσιο διαλόγου για να ορίσουμε το πρωτεύον αντικείμενο (master), που θα ελέγχει τα άλλα αντικείμενα, και για κάθε πρωτεύον έναν αριθμό από δευτερεύοντα αντικείμενα (slaves) που θα ελέγχονται. Εναλλακτικά, μπορούμε να αναθέσουμε έναν έλεγχο αντίδρασης απευθείας σε ένα δευτερεύον αντικείμενο χρησιμοποιώντας την επιλογή Motion και στη συνέχεια να καθορίσουμε με τον Reaction Manager το πρωτεύον αντικείμενο και τις άλλες παραμέτρους. Ο έλεγχος αντίδρασης εμφανίζεται με τους εξής πέντε τύπους : αντίδραση θέσης, αντίδραση περιστροφής, αντίδραση τριών σημείων, αντίδραση κλίμακας και float αντίδραση. Μπορούμε να τον χρησιμοποιήσουμε σε οποιαδήποτε σκηνή κίνησης και δε βασίζεται στο χρόνο αλλά σε άλλες μεταβλητές όπως η θέση και η περιστροφή.

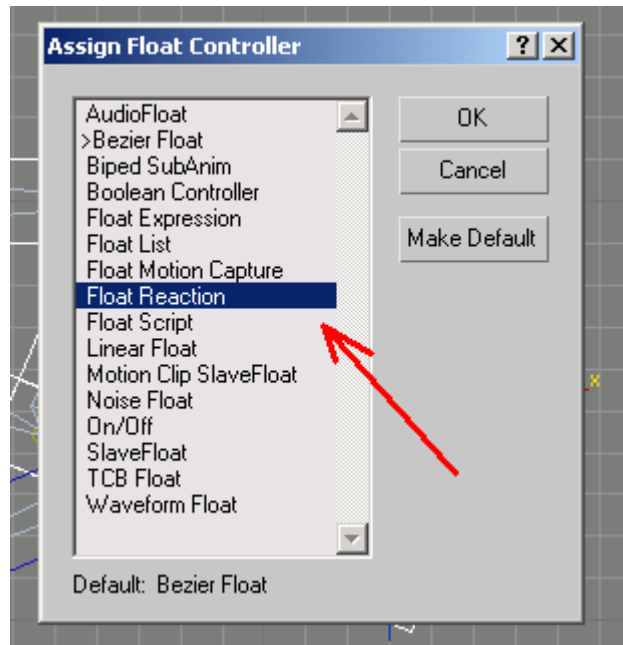
Βήμα 1^ο : έχουμε σχεδιάσει τα μέλη με τη γνωστή διάταξη και το μέρος του βραχίονα βρίσκεται σε πλήρη έκταση. Δημιουργούμε ένα αντίγραφο του μπλε μέλους που θέλουμε να περιστρέψουμε για τη δημιουργία της κίνησης.



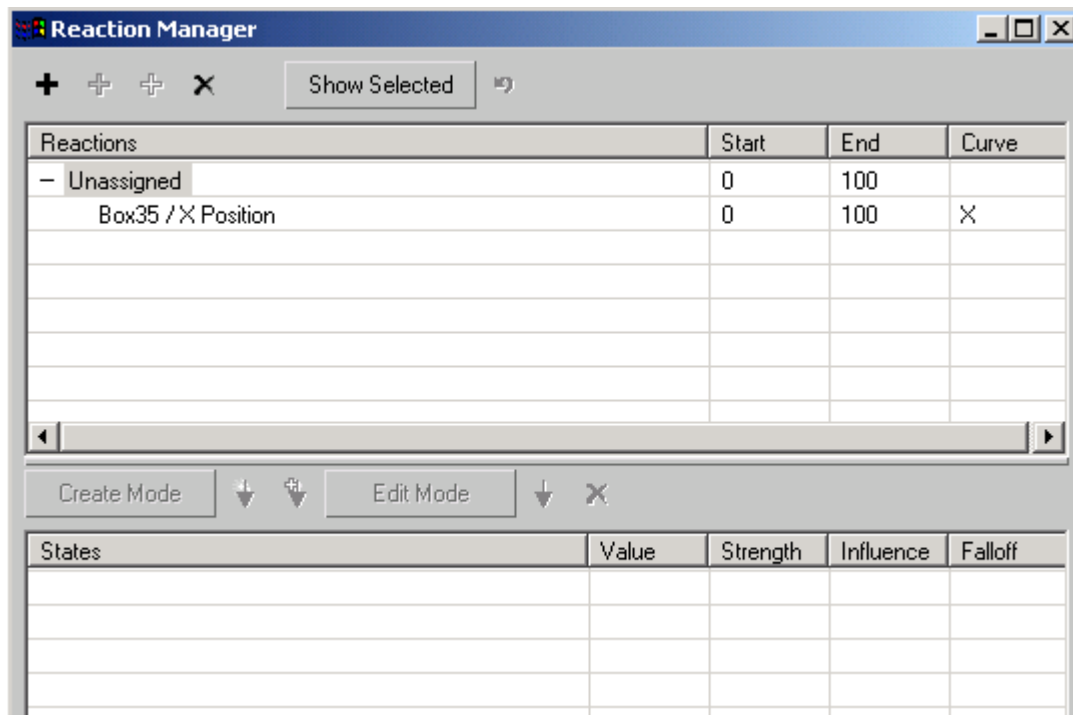
Βήμα 2^ο : με επιλεγμένο το πράσινο μέλος πηγαίνουμε στην καρτέλα Motion (1) και στο μενού προέκτασης Assign Controller (2) επιλέγουμε το X Position (3) με παράμετρο την ευθύγραμμη κίνηση στον άξονα X και το κουμπί Assign Controller (4).



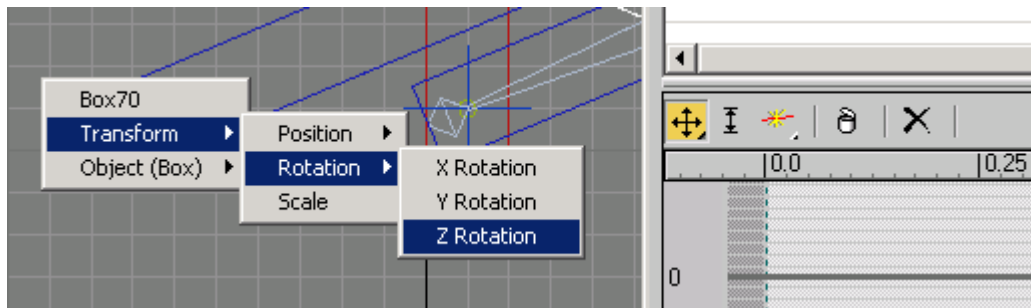
Βήμα 3^ο : στο παράθυρο Assign Float Controller που ανοίγει επιλέγουμε το Float Reaction για να κάνω ανάθεση στο πράσινο μέλος.



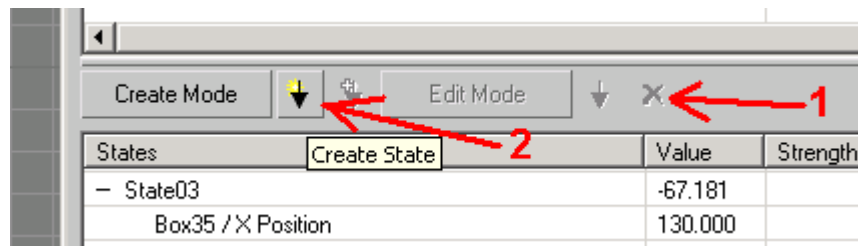
Βήμα 4^ο : ανοίγει ένα νέο παράθυρο που είναι το Reaction Manager που είναι χωρισμένο σε τρία μέρη (αντενέργειες, καταστάσεις, γράφημα). Κάνουμε δεξί κλικ στο Unassigned και επιλέγουμε Replace Master. Στη συνέχεια επιλέγουμε το αντίγραφο box που δημιουργήσαμε.



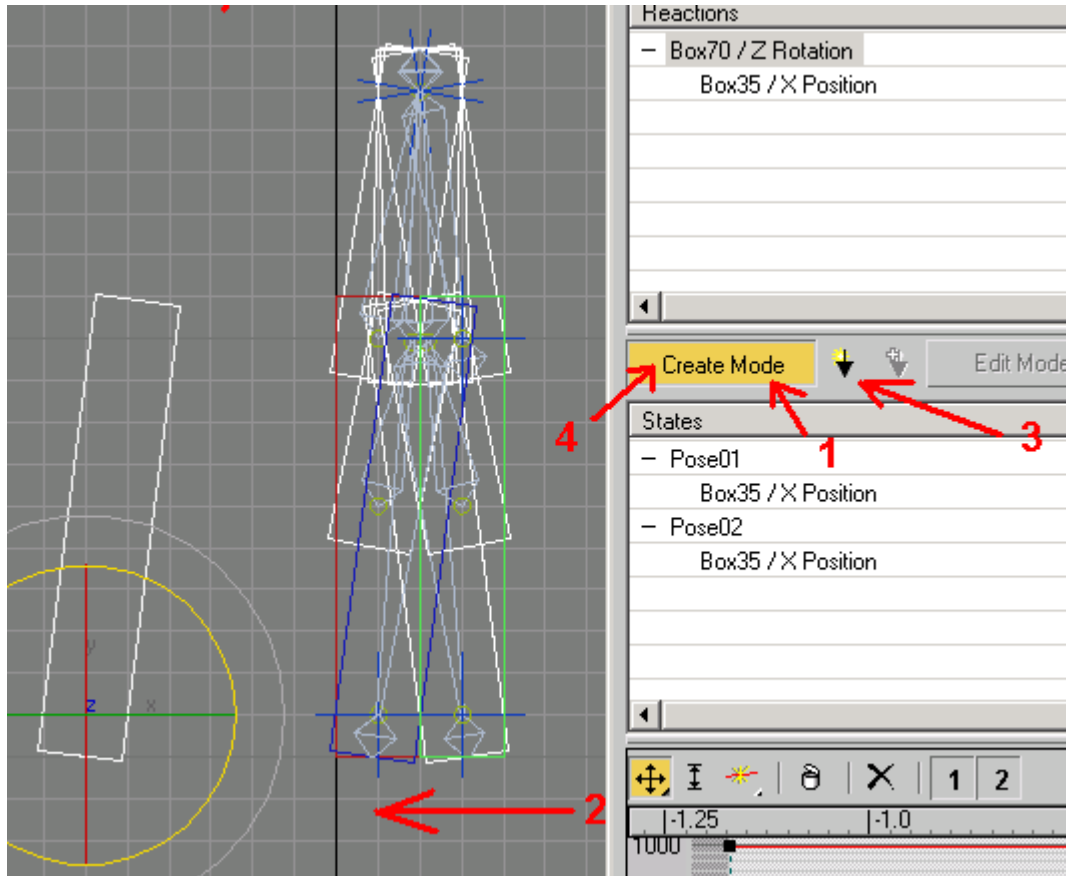
βήμα 5^ο : Κατά σειρά επιλέγουμε Transform -> Rotation -> Z Rotation όπου θέτουμε την παράμετρο περιστροφής γύρω από τον άξονα Z ως αντενέργεια του X Position που θέσαμε προηγουμένως.



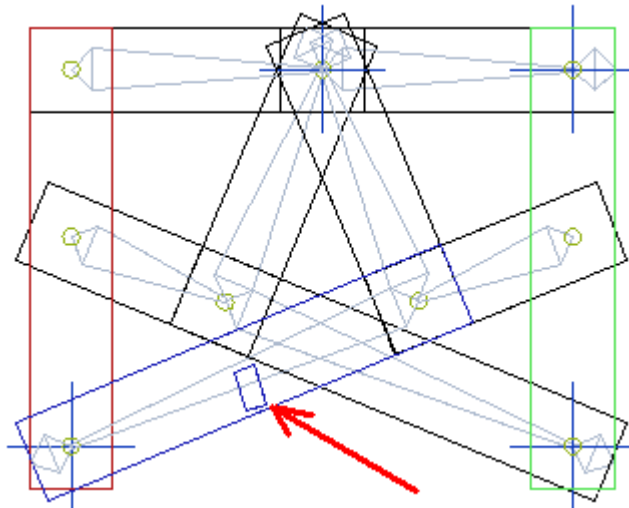
Βήμα 6^ο : στον πίνακα States δημιουργούνται κάποιες καταστάσεις όπου τις διαγράφουμε με την επιλογή X (1) αφού τις επιλέξουμε πρώτα. Στη συνέχεια ενεργοποιούμε το κουμπί Create State και εμφανίζεται η κατάσταση State03 – Box35 / X Position. Με επιλογή της State03 μπορούμε να την μετονομάσουμε σε Pose01 για διευκόλυνση.



Βήμα 7^ο : επιλέγουμε το Create Mode (1) για να δημιουργήσουμε μια νέα στάση και μετατοπίζουμε το πράσινο μέλος προς τα δεξιά (2) ώστε να είναι κλειστό το μέρος του βραχίονα. Επίσης, περιστρέφουμε το αντίγραφο box (2) που δημιουργήσαμε έτσι ώστε να είναι παράλληλο με το μπλε box. Επιλέγουμε το Create state (3) και δημιουργούμε μια νέα κατάσταση, την Pose02. Τέλος, απενεργοποιούμε την επιλογή Create Mode. Αν περιστρέψουμε τώρα το αντίγραφο box που δημιουργήσαμε θα παρατηρήσουμε ότι το μέρος του βραχίονα ανοίγει και κλείνει.



Βήμα 8^ο : τοποθετούμε το αντίγραφο box ακριβώς πάνω στο μπλε box. Στην καρτέλα Modify τροποποιούμε τις διαστάσεις του (μήκος, πλάτος) σε αρκετά μικρή κλίμακα. Επιλέγουμε μαύρο χρώμα στα άλλα boxes και μετά αλλάζουμε το φόντο σε λευκό. Τέλος, αλλάζουμε το μπλε χρώμα του μικρού πλέον αντίγραφου σε λευκό έτσι ώστε να μη ξεχωρίζει λόγω του φόντου. Αν περιστρέψουμε το αντίγραφο παρατηρούμε ότι το μέρος του βραχίονα εκτελεί την επιθυμητή κίνηση. Έτσι, δίνεται η αίσθηση ότι επιλέγουμε το κανονικό μπλε μέλος, το περιστρέφουμε και ο βραχίονας ανοίγει και κλείνει.



Σχήμα 6.24 : Περιστρέφοντας το μικρό αντίγραφο εκτελείται το επιθυμητό animation

6.7 Διαδικασία αναπαραγωγή κίνησης

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τα βήματα, με τη βοήθεια του προγράμματος 3d studio max (έκδοση 7), που χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή video του μέρους του βραχίονα που παρουσιάσαμε προηγουμένως. Η διαδικασία παρουσιάζεται σε πειραματικό στάδιο έτσι ώστε να εξεταστεί η συμπεριφορά των διαφόρων μελών ως προς τη μετακίνηση και περιστροφή τους με άλλα μέλη.

Είναι αναγκαίο να κάνουμε μια εισαγωγή σχετικά με το animation στο 3d studio max. Η κατανόηση των βασικών συστημάτων ελέγχου που μεταχειρίζονται το animation είναι ένα πολύ σημαντικό πρώτο βήμα για να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε βασικό εφέ κίνησης (animation). Το 3d studio max χρησιμοποιεί μια τεχνική, η οποία ονομάζεται keyframe animation (εφέ κίνησης με καρτέ κλειδιά), που είναι μια προσαρμογή της διαδικασίας που χρησιμοποιείται στο παραδοσιακό εφέ κίνησης 2D κελιών. Ο χρήστης καθορίζει την αρχική στάση στο καρτέ 0 και έπειτα καθορίζουμε τα βασικά καρτέ κλειδιά (keyframes) σε ολόκληρο το εφέ κίνησης σε συγκεκριμένες στιγμές. Το 3d studio max συμπληρώνει όλα τα ενδιάμεσα καρτέ για να δημιουργήσει το εφέ κίνησης το οποίο αναπαράγεται σε 30 καρτέ ανά δευτερόλεπτο που είναι η παραδοσιακή ταχύτητα του εφέ κίνησης σε χώρες που χρησιμοποιούν το standard απεικόνισης TV/video NTSC.

Κάθε αλλαγή που κάνουμε στο 3d studio max θα γίνει κινούμενη αλλαγή αν έχουμε το κουμπί Autokey (για προηγούμενες εκδόσεις από την 7 το Autokey αντιστοιχεί στο κουμπί Animate) ενεργοποιημένο και βρισκόμαστε σε οποιοδήποτε καρτέ εκτός από το καρτέ 0 όταν κάνουμε την αλλαγή.

Αναφέρουμε ορισμένους όρους – κλειδιά που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια.

Καρτέ κλειδί : Τα καρτέ κλειδιά (keyframes) καταγράφουν την εκκίνηση και τον τερματισμό ενός αντικειμένου ή στοιχείου στη σκηνή. Οι τιμές αυτών των καρτέ κλειδιών ονομάζονται κλειδιά.

Ελεγκτές του εφέ κίνησης : Οι ελεγκτές είναι συνδεδεμένες υπό-μονάδες (plug-ins) που διαχειρίζονται όλες τις εργασίες του εφέ κίνησης στο 3d studio max. Όλα τα αντικείμενα έχουν ελεγκτές κάποιου τύπου από προεπιλογή.

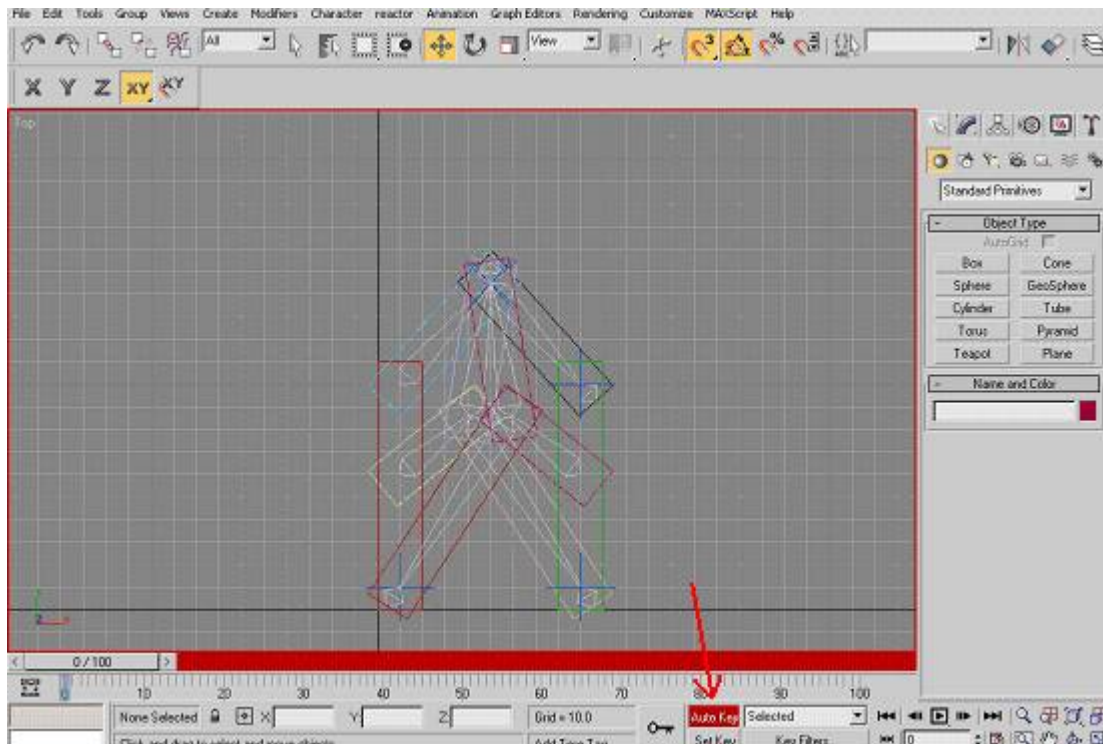
Περιορισμός του εφέ κίνησης : Οι περιορισμοί είναι ένας νέος τύπος ελεγκτών του εφέ κίνησης στο 3d studio max που επιτρέπουν σε πολλαπλά σταθμισμένα αντικείμενα ή στις παραμέτρους να τροποποιούν το εφέ κίνησης.

Track Bar : Το Track Bar παρέχει ένα timeline (χρονική γραμμή) κάτω από τα παράθυρα προβολής το οποίο δείχνει τον αριθμό των καρτέ (ή τις κατάλληλες μονάδες απεικόνισης). Παρέχει μια γρήγορη εναλλακτική λύση αντί του Track View για τη μετακίνηση, αντιγραφή και διαγραφή κλειδιών και για την αλλαγή ιδιοτήτων των κλειδιών.

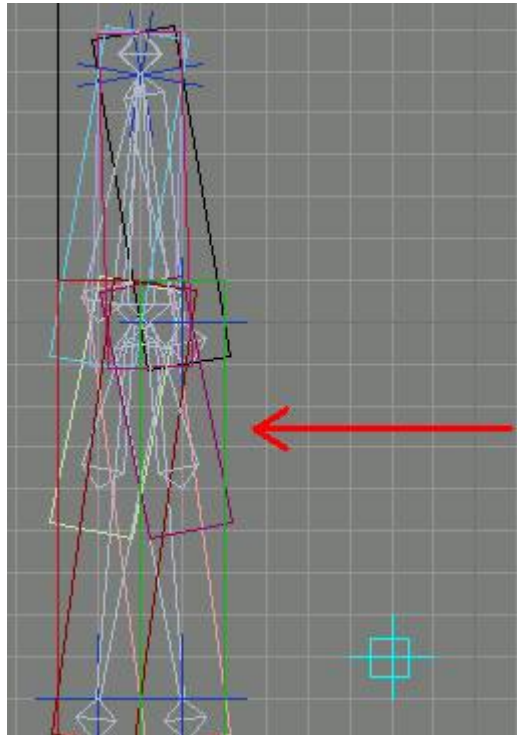
Track View : Με το Track View μπορούμε να προβάλλουμε και να επεξεργαστούμε όλα τα κλειδιά που δημιουργούμε. Μπορούμε επίσης να αναθέσουμε ελεγκτές του εφέ κίνησης για να παρεμβάλουμε ή να ελέγξουμε όλα τα κλειδιά και τις παραμέτρους για τα αντικείμενα που βρίσκονται στη σκηνή μας. Μερικές από τις λειτουργίες στο Track View όπως η μετακίνηση και διαγραφή κελιών, είναι επίσης διαθέσιμες στο Track Bar το οποίο βρίσκεται κοντά στη γραμμή κύλισης χρόνου.

Αντικείμενο Dummy : Το αντικείμενο βοηθού Dummy είναι ένας κύβος διαφανούς πλέγματος με ένα σημείο κίνησης στο γεωμετρικό του κέντρο. Έχει όνομα αλλά όχι παραμέτρους, δεν μπορούμε να τον τροποποιήσουμε και δεν μπορεί να γίνει rendering σε αυτόν. Το μοναδικό αληθινό χαρακτηριστικό του είναι ο άξονάς του που χρησιμοποιείται ως κέντρο για μετασχηματισμούς. Το διαφανές πλέγμα λειτουργεί ως αναφορά για τα εφέ μετασχηματισμού.

Βήμα 1^ο : Σε μια τυχαία έκταση των δυο παράλληλων μελών (κόκκινο και πράσινο μέλος) του μέρους του βραχίονα όπως φαίνεται και στο σχήμα επιλέγουμε το κουμπί Autokey και παρατηρούμε να κοκκινίζει μαζί με την τροχιά της γραμμής κύλισης frame και το παράθυρο γύρω από το ενεργό παράθυρο προβολής. Αυτό είναι μια προειδοποίηση ότι οτιδήποτε κάνουμε τώρα θα γίνει εφέ κίνησης.



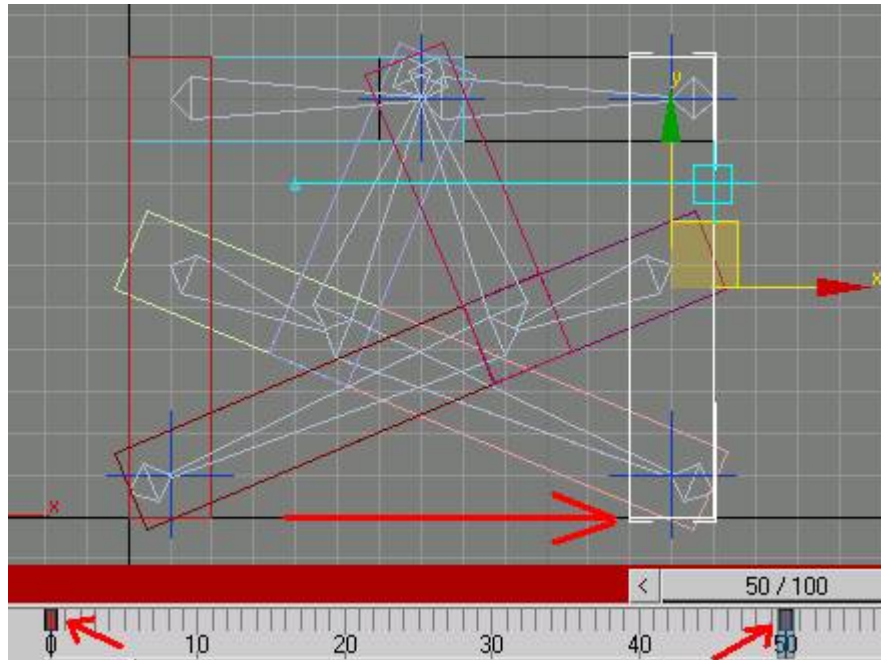
Βήμα 2° : επιλέγουμε το πράσινο μέλος και το μετακινούμε προς τα αριστερά σε θέση που να βρίσκεται ακριβώς δίπλα από το κόκκινο μέλος όπως διακρίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



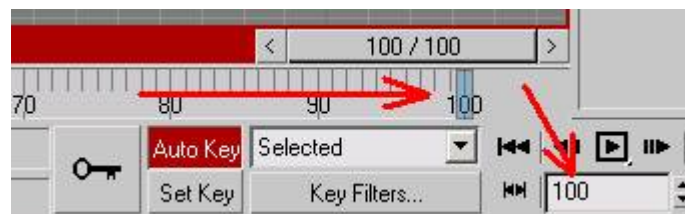
Βήμα 3° : σέρνουμε τη γραμμή κύλισης frame έτσι ώστε να γράφει 50/100 ή πληκτρολογούμε 50 στο αριθμητικό πεδίο τροχιάς που βρίσκεται προς τα δεξιά του κουμπιού Auto Key.



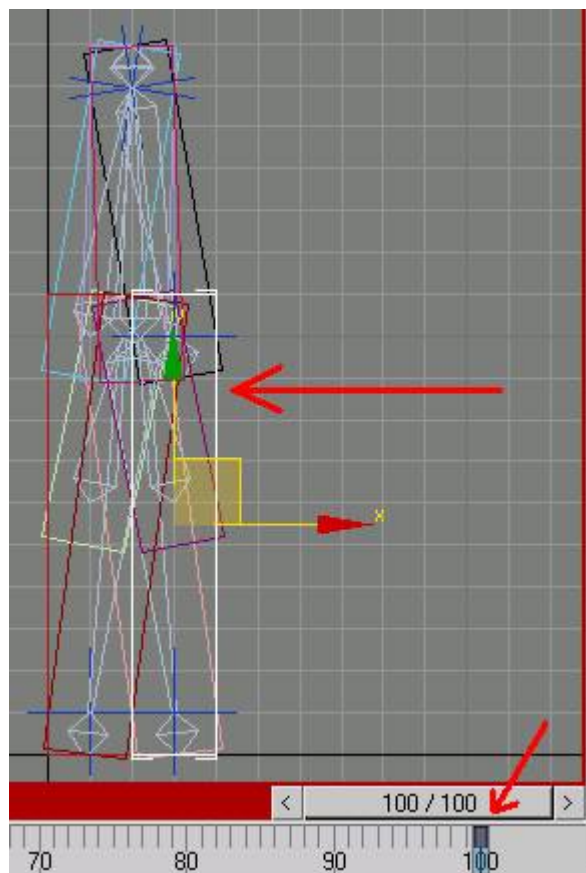
Βήμα 4^ο : Μετακινούμε το πράσινο μέλος προς τα δεξιά έτσι ώστε να φτάσει στη μέγιστη έκταση ως προς το κόκκινο μέλος. Παρατηρούμε ότι στο Track Bar δημιουργήθηκαν δυο κλειδιά στο καρέ 0 και στο καρέ 50 που είναι τα καρέ κλειδιά για αυτό το εφέ κίνησης.



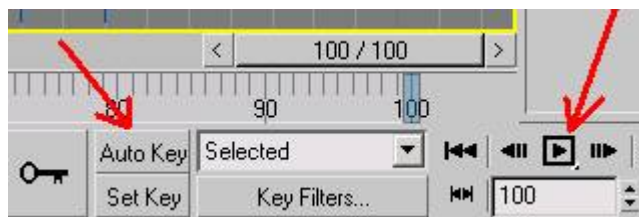
Βήμα 5^ο : σέρνουμε τη γραμμή κύλισης frame έτσι ώστε να γράφει 100/100 ή πληκτρολογούμε 100 στο αριθμητικό πεδίο τροχιάς που βρίσκεται προς τα δεξιά του κουμπιού Auto Key.



Βήμα 6° : επιλέγουμε το πράσινο μέλος και το μετακινούμε προς τα αριστερά σε θέση που να βρίσκεται ακριβώς δίπλα από το κόκκινο μέλος όπως το είχαμε τοποθετήσει σε προηγούμενη στάση. Παρατηρούμε ότι στο Track Bar δημιουργήθηκε ένα κλειδί στο καρέ 100.

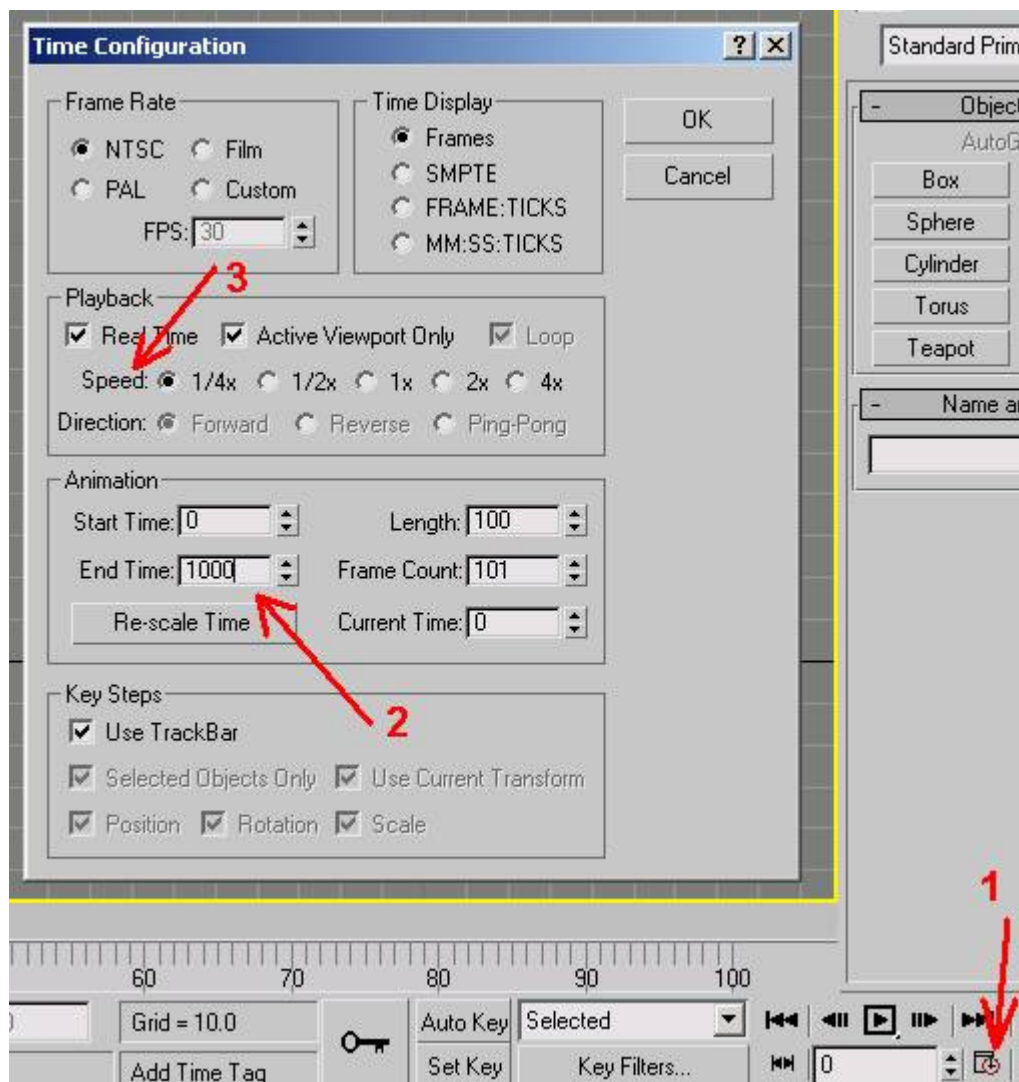


Βήμα 7^ο : απενεργοποιούμε το κουμπί Auto Key και παρατηρούμε να γίνεται γκρι μαζί με την τροχιά της γραμμής κύλισης frame και το παράθυρο γύρω από το ενεργό παράθυρο προβολής. Στη συνέχεια επιλέγουμε το κουμπί Play Animation και παρατηρούμε την επιθυμητή κίνηση από το καρέ 0 έως το καρέ 100. Για αναπαραγωγή της κίνησης του μοντέλου που σχεδιάσαμε, σε video, επιλέγουμε από το μενού Animation την επιλογή Make Preview και στη συνέχεια με τη βοήθεια του κουμπιού Create ανοίγει το κατάλληλο πρόγραμμα και αναπαράγει το video.

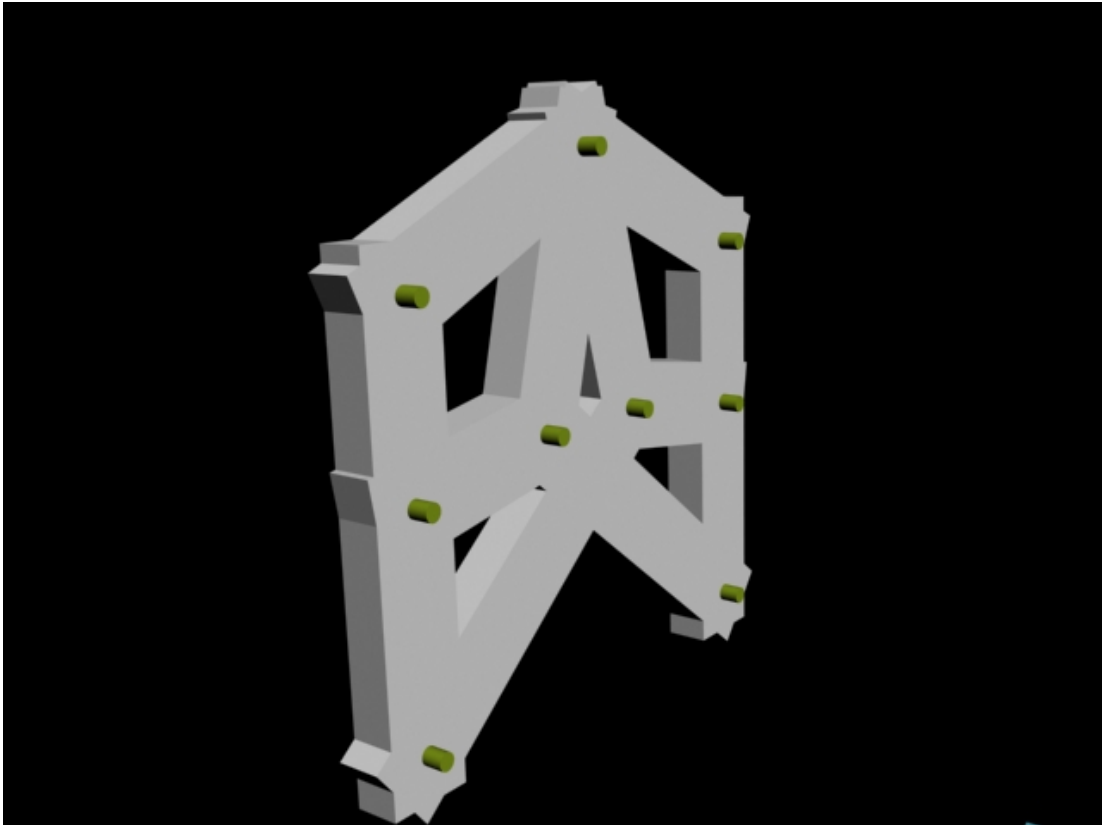


Αν επιθυμούμε μεγαλύτερη διάρκεια του video μπορούμε να επιλέξουμε το κουμπί που βρίσκεται δεξιά από την επιλογή ανάθεσης καρτέ (1) (ή με δεξί κλικ στο κουμπί Play Animation) και να ανοίξουμε ένα νέο window που ονομάζεται Time Configuration και να αλλάξουμε στον πίνακα Animation το And Time από 100 σε 1000 για παράδειγμα (2). Πρέπει να μετακινήσουμε και τα δυο κλειδιά από το 50 και 100 καρτέ να τα πάμε αντίστοιχα στο 500 και 1000 καρτέ σέρνοντας με το mouse τα δυο κλειδιά. Στη συνέχεια επιλέγουμε το κουμπί Play Animation και παρατηρούμε την επιθυμητή κίνηση από το καρτέ 0 έως το καρτέ 1000 σε μεγαλύτερη διάρκεια.

Για να αυξομειώσουμε την ταχύτητα του μοντέλου, στο Time Configuration και στον πίνακα Playback αλλάζουμε τις επιλογές της ταχύτητας (speed) ανάλογα με τις προτιμήσεις μας (3). Οι επιλογές είναι 1/4x, 1/2x, 1x, 2x, 4x.

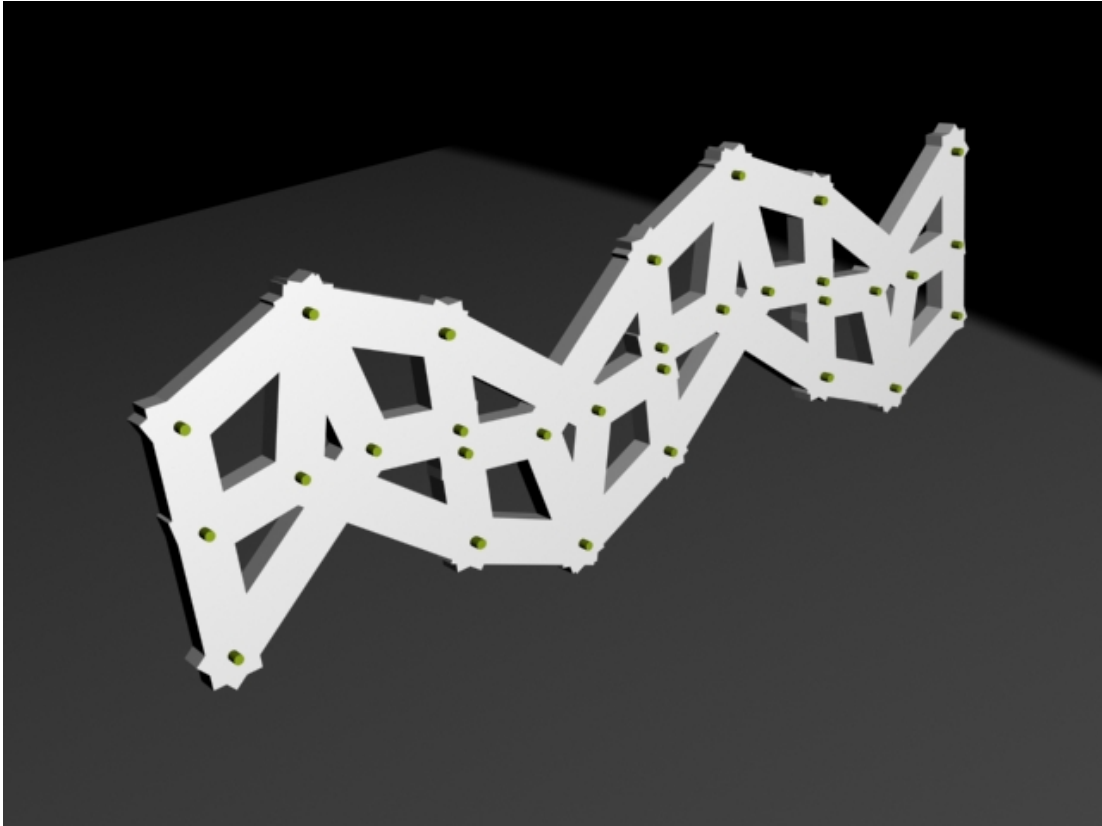


Ασφαλώς για μια πιο ρεαλιστική παρουσίαση αυτής της αρχιτεκτονικής του μέρους του βραχίονα μπορούμε να προσθέσουμε στις αρθρώσεις όμοιους κυλίνδρους έτσι ώστε να μοιάζουν με αντικείμενα σύνδεσης μεταξύ των μελών κάτι που στην πραγματικότητα είναι. Έτσι με αυτήν την προσθήκη παρουσιάζουμε στην παρακάτω εικόνα μια τρισδιάστατη όψη όπου όλα τα μέλη είναι άσπρα και οι κύλινδροι πράσινοι.



Σχήμα 6.25 : Το μέρος του βραχίονα στις τρεις διαστάσεις

Στο παρακάτω σχέδιο παρουσιάζεται μια φωτορεαλιστική άποψη με τέσσερα μέλη συνεχόμενα και τοποθετημένα εναλλάξ σε στάση μισάνοιχτη. Αποτελεί έναν ολοκληρωμένο τύπο βραχίονα που εκτείνεται και συμπύσσεται, σχεδιασμένο στο πρόγραμμα 3d studio max.

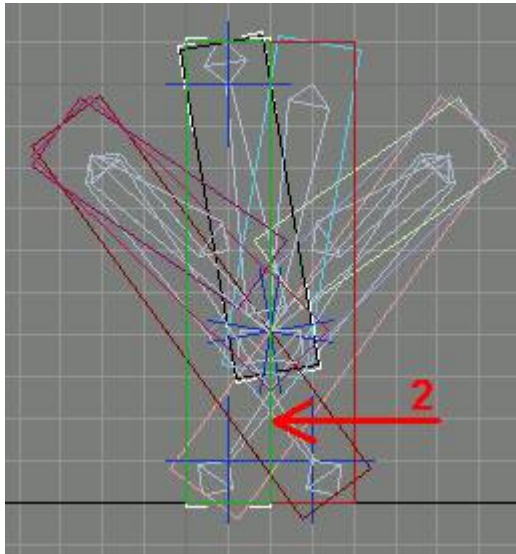
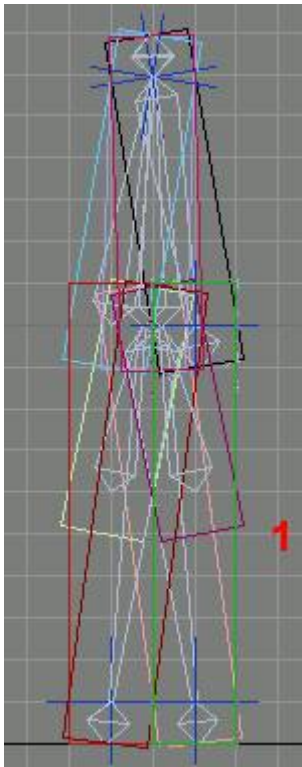


Σχήμα 6.26 : Φωτορεαλιστική απεικόνιση του βραχίονα

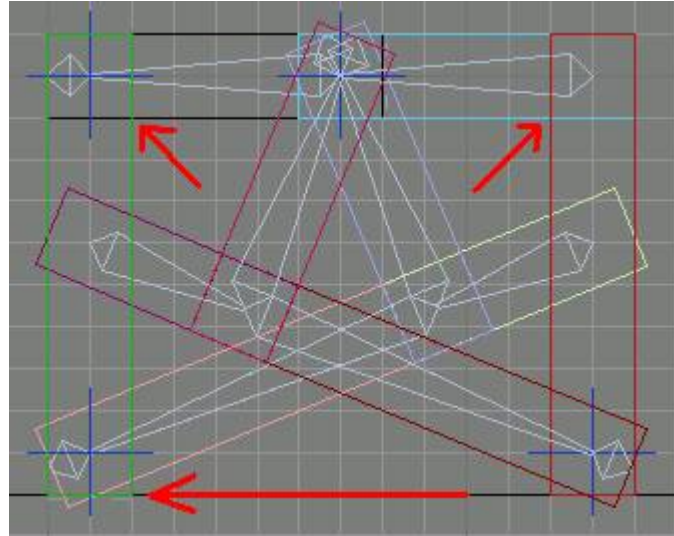
6.8 Παρουσίαση εναλλακτικής κίνησης του βραχίονα

Μια εναλλακτική κίνηση των μελών του τηλεσκοπικού μηχανισμού περιγράφεται στα επόμενα δύο βήματα :

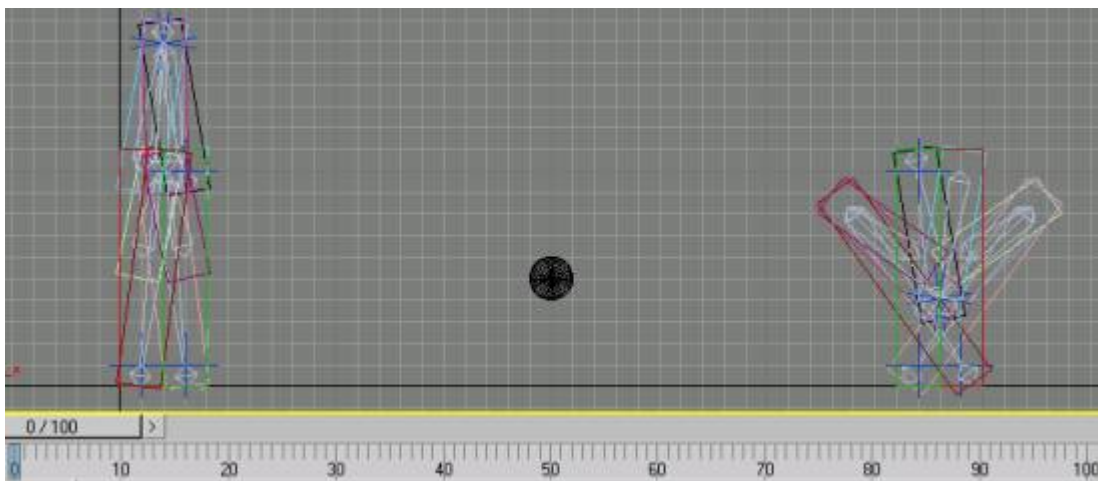
Βήμα 1^ο : στη στάση που τα δυο παράλληλα μέλη (κόκκινο και πράσινο μέλος) είναι δίπλα δίπλα (1), επιλέγουμε το πράσινο μέλος και το μετακινούμε ακριβώς δίπλα από την αριστερή πλευρά του κόκκινου μέλους (2). Μπορούμε αρχικά να παρατηρήσουμε την τελείως διαφορετική «αντίδραση» των υπολοίπων μελών όπου ενώ τα δυο παράλληλα μέλη απλά αντιστράφηκαν ως προς τη θέση τα υπόλοιπα άλλαξαν κατά μεγάλο ποσοστό τόσο ως προς τη θέση όσο και ως προς τον άξονα περιστροφής τους.



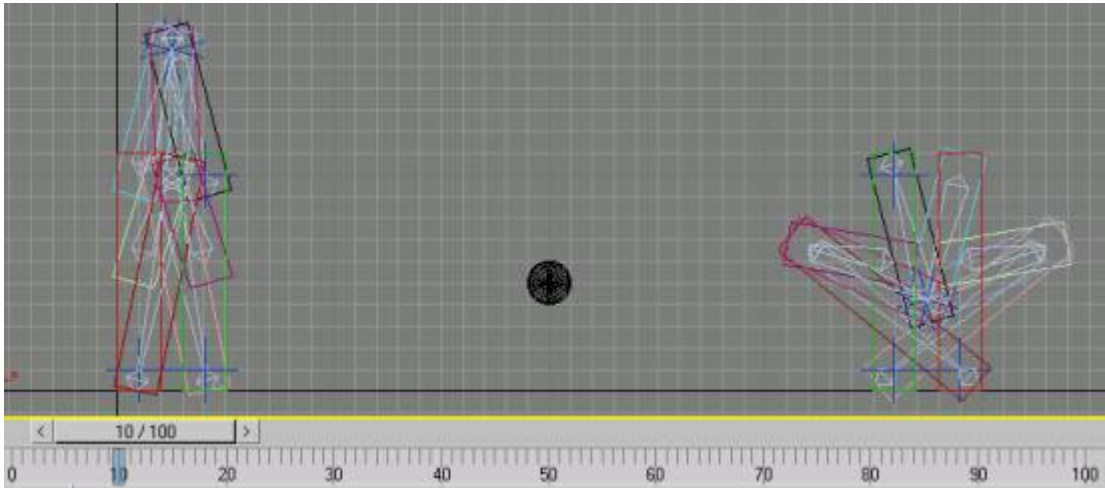
Βήμα 2^ο : μετακινούμε το πράσινο μέλος προς τα αριστερά έτσι ώστε να φτάσει στη μέγιστη έκταση το μοντέλο μας έτσι ώστε να σχηματίζονται δυο ορθές γωνίες όπως διακρίνεται και στο παρακάτω σχήμα. Παρατηρούμε ότι η τελική θέση είναι ακριβώς η ίδια με αυτήν που περιγράψαμε σε προηγούμενα βήματα.



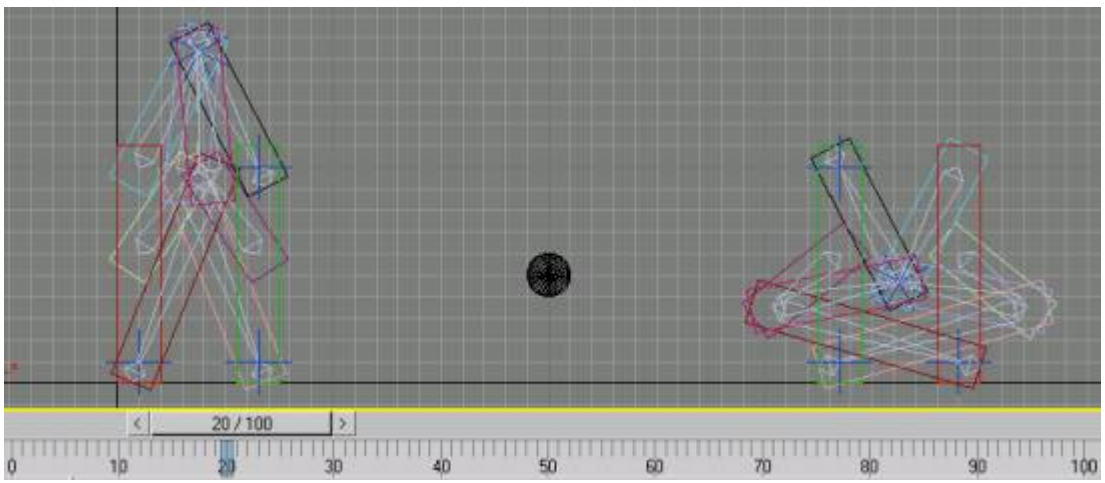
Σύγκριση : Στη συνέχεια θα συγκρίνουμε τις δυο κινήσεις με τη βοήθεια του video και θα παρουσιάσουμε με δέκα εικόνες, δέκα καρτέ ανά εικόνα έτσι ώστε να εξετάσουμε προσεκτικότερα τις κινήσεις που οδηγούν στο ίδιο αποτέλεσμα αλλά από διαφορετικό δρόμο η κάθε μια. Η φορά των δυο μοντέλων είναι αντίθετη καθώς στόχος τους θα είναι να προσεγγίσουν μια μαύρη σφαίρα που βρίσκεται ανάμεσά τους (τα πράσινα μέλη να φτάσουν όσο το δυνατόν πιο κοντά στη σφαίρα).



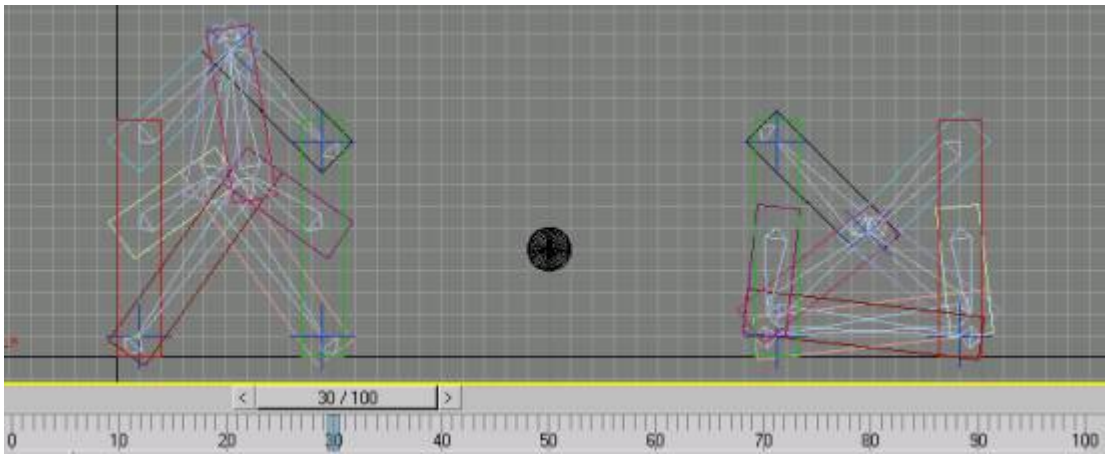
Καρτέ 0/100



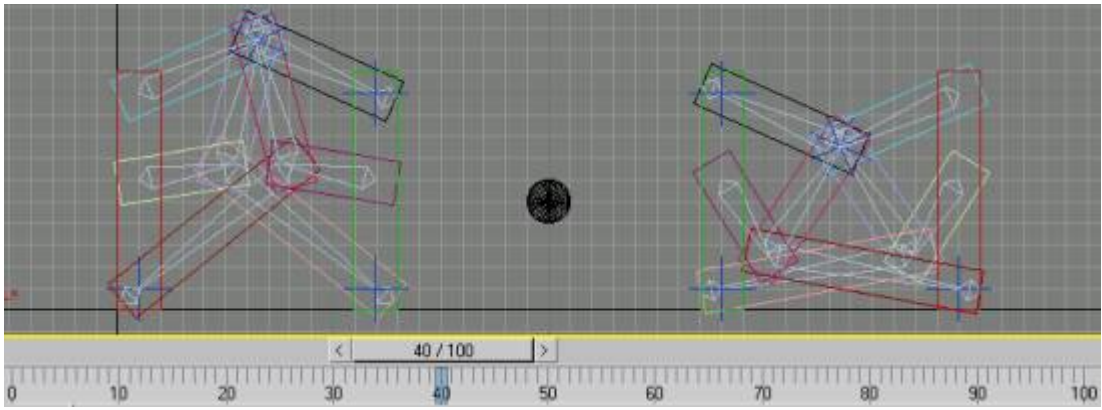
Καρέ 10/100



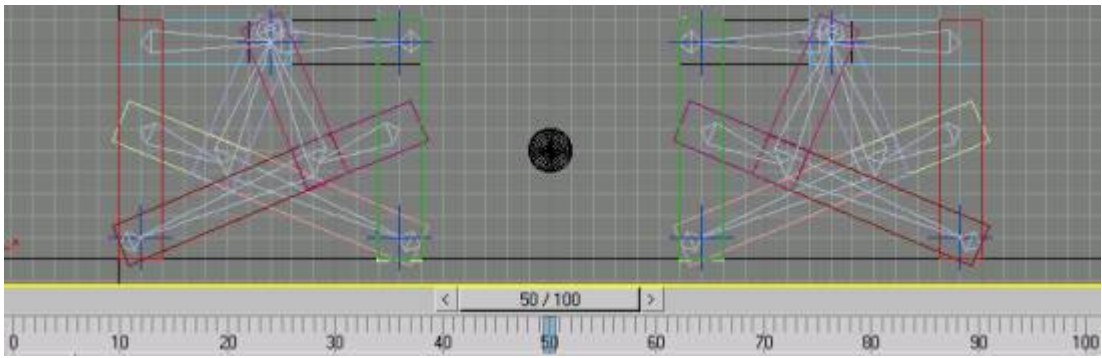
Καρέ 20/100



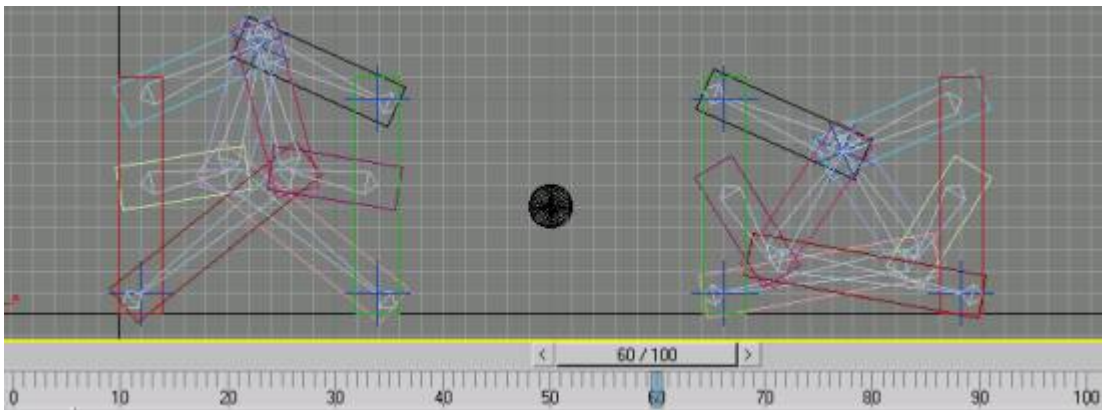
Καρέ 30/100



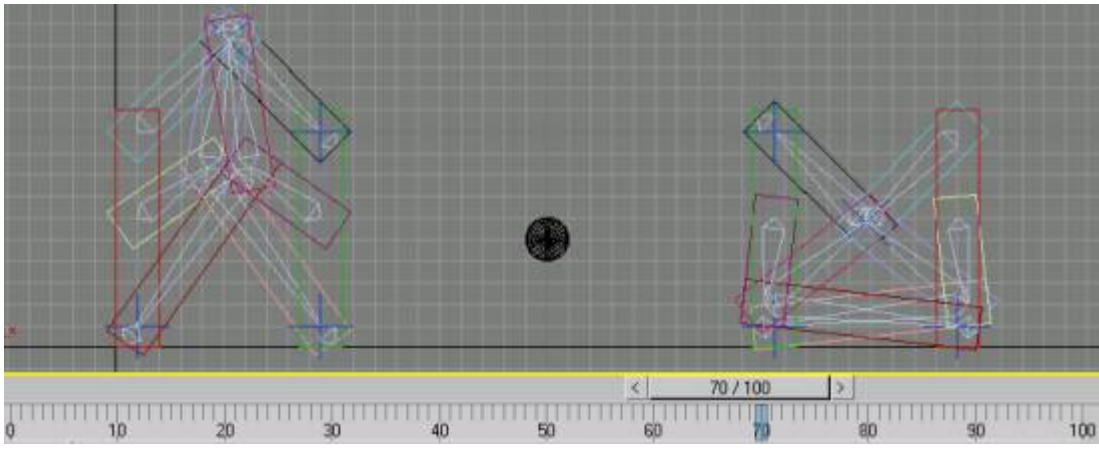
Καρέ 40/100



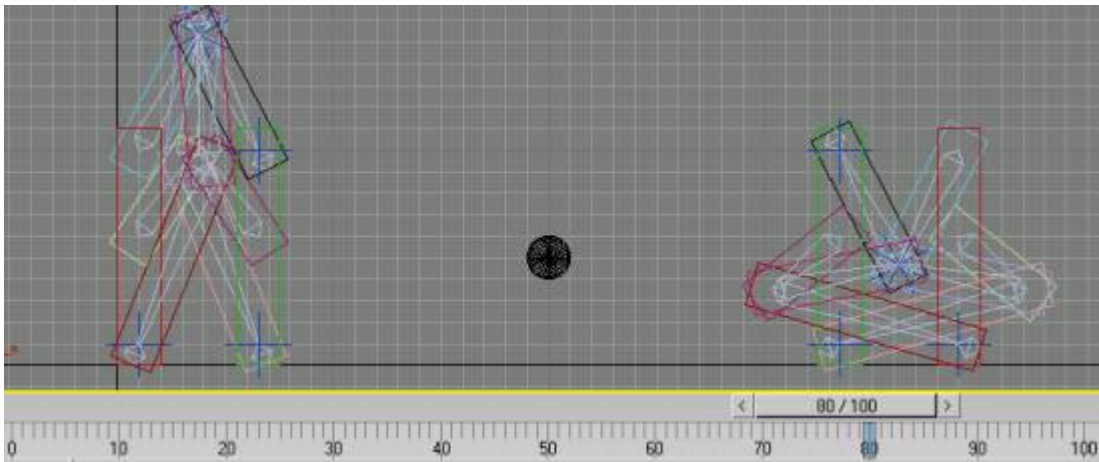
Καρέ 50/100



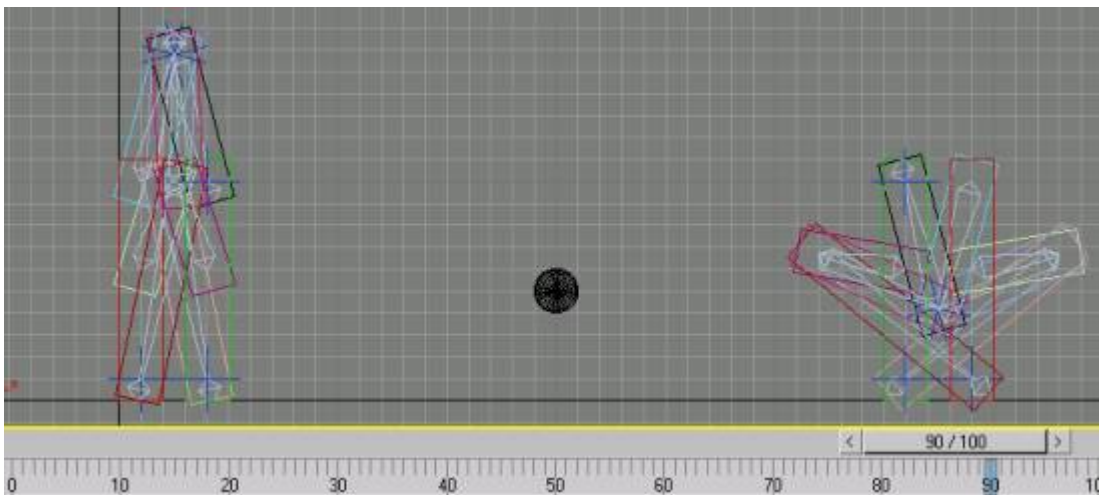
Καρέ 60/100



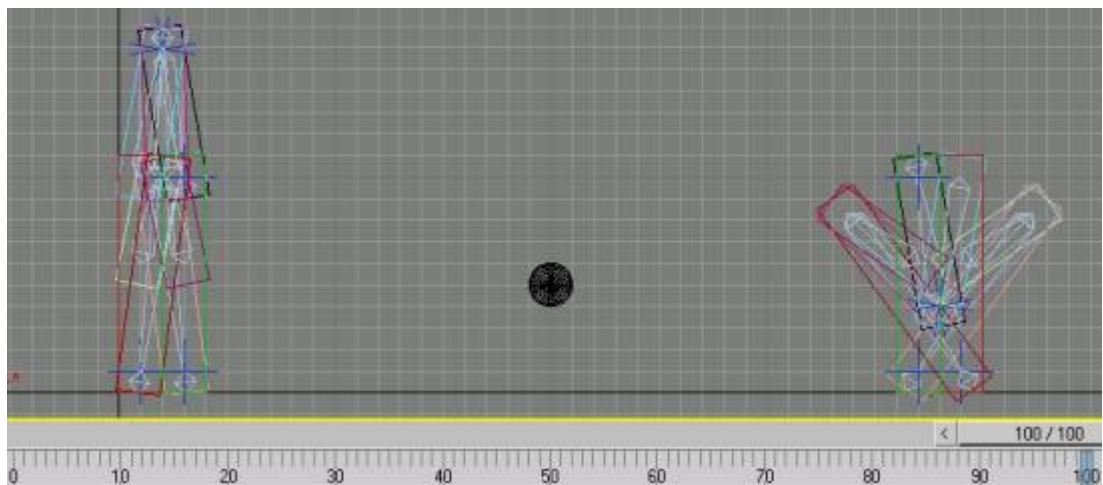
Καρέ 70/100



Καρέ 80/100



Καρέ 90/100

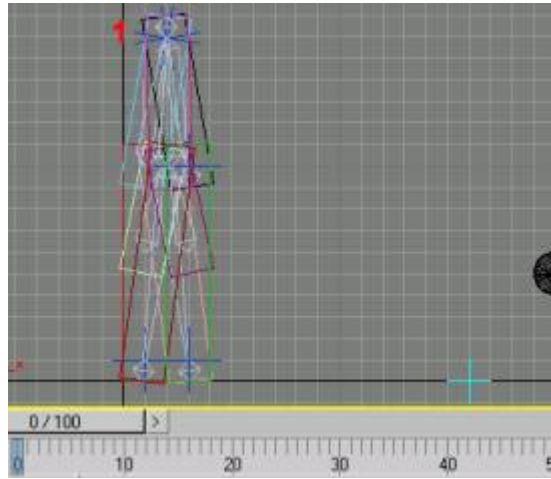


Καρέ 100/100

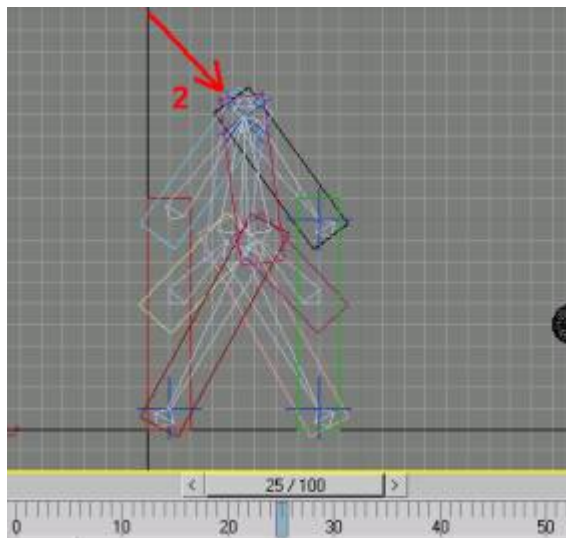
Η κίνηση των πράσινων μελών είναι ευθύγραμμη ως προς τα ακίνητα, παράλληλα προς αυτά, κόκκινα μέλη σε όλη τη διάρκεια της κίνησης. Και τα δυο μοντέλα που σχεδιάσαμε έχουν τον ίδιο στόχο να προσεγγίσουν τα πράσινα μέλη τη μαύρη σφαίρα όσο το δυνατόν σε πιο κοντινή απόσταση, κάτι που το επιτυγχάνουν. Επισημαίνουμε ότι οι διαστάσεις των δυο μοντέλων είναι ακριβώς ίδιες και ότι ισαπέχουν από τη σφαίρα. Φυσικό επακόλουθο είναι ότι κατά την έκταση των μοντέλων, η απόσταση των πράσινων μελών από τη σφαίρα μειώνεται συνεχώς με ίση ακριβώς μείωση. Προϋπόθεση είναι βέβαια ότι η ταχύτητα της έκτασης αλλά και της σύμπτυξης να είναι η ίδια. Παρατηρούμε ότι στο καρέ 50 επιτυγχάνεται η μέγιστη έκταση αλλά και η μικρότερη απόσταση των πράσινων και παράλληλων μελών από τη σφαίρα.

Καθώς παρατηρούμε την κίνηση των δυο μοντέλων, εκτός από την κίνηση των πράσινων μελών που είναι ίδια (αλλά με αντίθετη φορά) θα αναφερθούμε και στην κίνηση των υπολοίπων μελών που επικρατεί διαφορετικότητα.

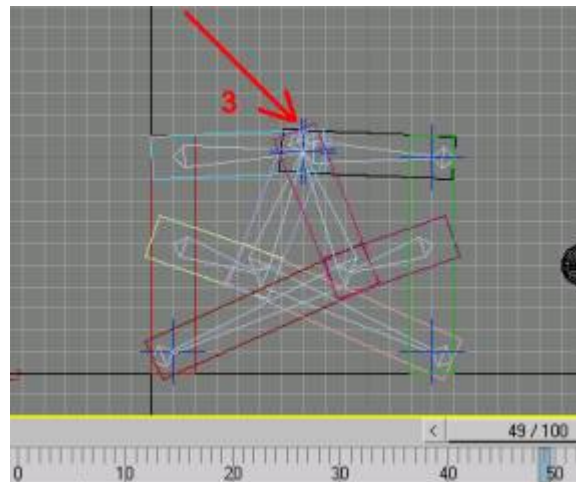
Στην περίπτωση του πρώτου μοντέλου (αριστερό) κατά την έκταση από το καρέ 0 έως και το καρέ 49 παρατηρούμε ότι η επάνω γωνία να βρίσκεται εκτός της τροχιάς που διαγράφει το πράσινο μέλος και απλά να την τέμνει μόνο στο καρέ 50. Δηλαδή η πάνω γωνία προεξέχει κατά κάποιο τρόπο από την ευθύγραμμη κίνηση που εκτελεί το πράσινο μέλος. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και κατά τη σύμπτυξη από το καρέ 51 έως και το καρέ 100. Η πάνω γωνία βρίσκεται ξανά εκτός της ευθύγραμμης τροχιάς που διαγράφει το πράσινο μέλος κατά την κίνησή του.



καρέ 0/100 (και 100/100 καθώς επιστρέφει στην ίδια θέση)

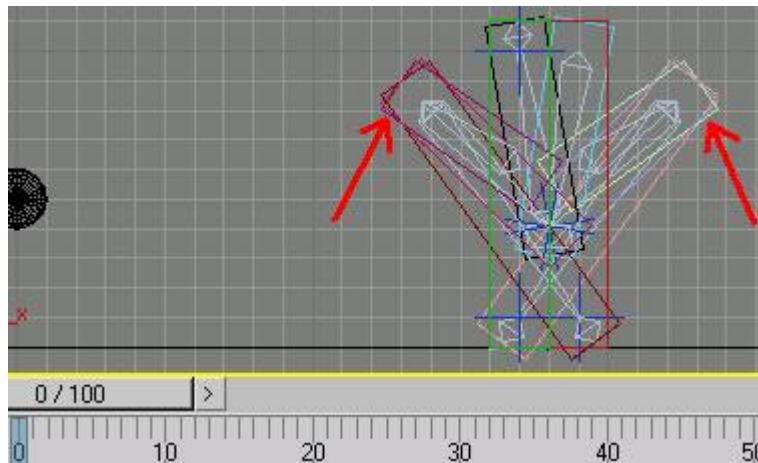


καρέ 25/100 (και 75/100)

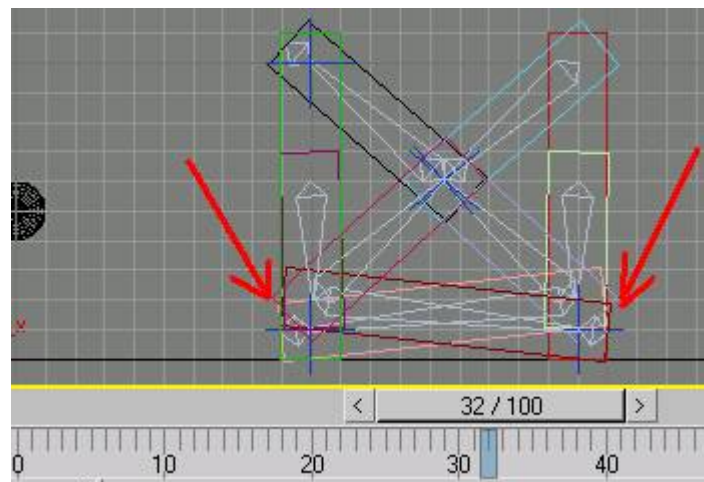


καρέ 49/100 (και 51/100)

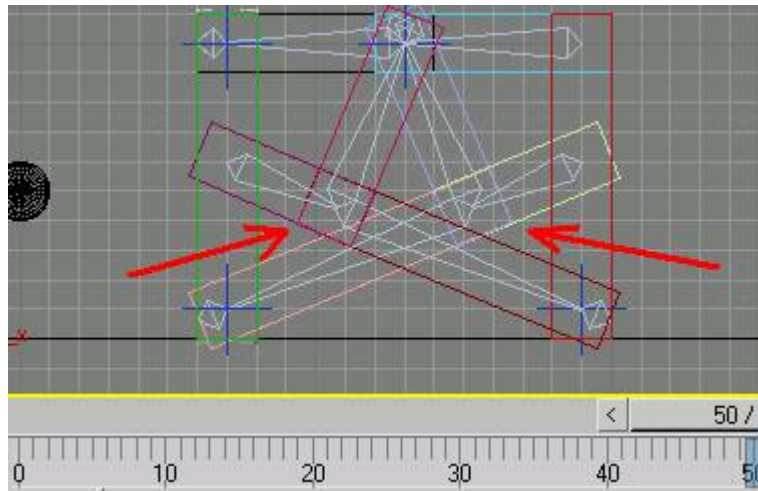
Στην περίπτωση του δεύτερου μοντέλου (δεξί) κατά την έκταση του παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει η επάνω γωνία αλλά υπάρχουν 2 νέες γωνίες δεξιά και αριστερά από τα δυο παράλληλα μέλη (το κόκκινο και το πράσινο) κατά την κίνηση που διαγράφει το πράσινο μέλος και βρίσκονται εντός της τροχιάς αυτής. Οι γωνίες αυτές επικαλύπτονται από τα δυο παράλληλα μέλη από το καρέ 32 έως και το καρέ 68. Στα άλλα καρέ (από 0 έως 31 και από 69 έως 100) οι δυο γωνίες βρίσκονται πάντα εκτός των παράλληλων μελών.



καρέ 0/100 (και 100/100 καθώς επιστρέφει στην ίδια θέση)



καρέ 32/100 (και 68/100)



καρέ 50/100

Συγκριτικά μεταξύ των δυο μοντέλων υπερτερεί το δεύτερο μοντέλο (δεξί). Αυτό διότι κατά την έκταση και σύμπτυξη του πράσινου μέλους δεν υπάρχει από πάνω ή από κάτω καμία γωνία που να προεξέχει. Επιθυμούμε πάντα την οικονομικότερη λύση από πλευράς χώρου. Είναι πολύ σημαντικό κριτήριο ο χώρος που καταλαμβάνει ένας βραχίονας καθώς δεν πρέπει να προεξέχουν περιττές διατάξεις, αν βέβαια υπάρχει λύση επιθυμητό είναι να αποφευχθούν αυτές. Σίγουρα στη δεύτερη περίπτωση υπάρχουν οι δυο γωνίες που «προεξέχουν» δεξιά και αριστερά αλλά αυτό δεν επηρεάζει το χώρο του βραχίονα από πάνω και κάτω. Ίσως στη δεύτερη περίπτωση να έχει μεγαλύτερο πάχος ο βραχίονας κάτι που ασφαλώς είναι προτιμότερο από το να έχει μεγαλύτερο φάρδος.

Κεφάλαιο 7 : Παρουσίαση αρχιτεκτονικής των μελών του βραχίονα με παραλλαγές βάσει κατασκευών μακέτας

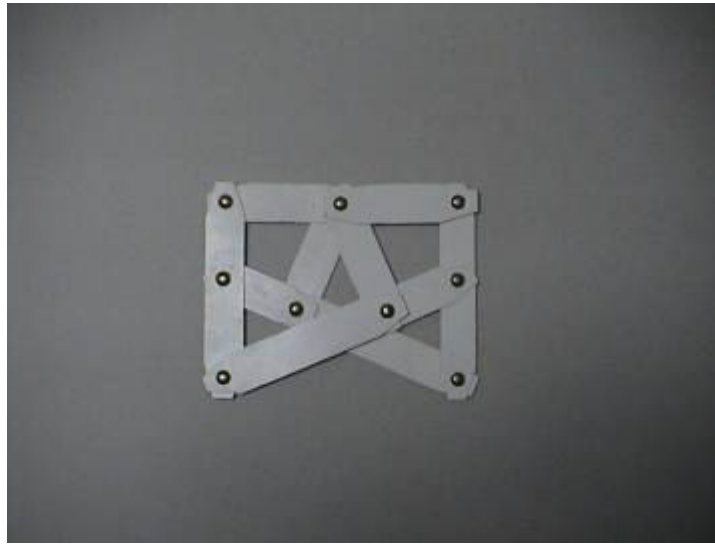
Οι παρακάτω φωτογραφίες απεικονίζουν την απλή μορφή της αρχιτεκτονικής των μελών ενός μέρους του βραχίονα σε τρεις στάσεις μέσω του τύπου μακέτας που έχουμε κατασκευάσει.



Σχήμα 7.1 : Στάση σε κλειστή μορφή



Σχήμα 7.2 : Στάση σε μισάνοιχτη μορφή



Σχήμα 7.3 : Στάση σε ανοιχτή μορφή

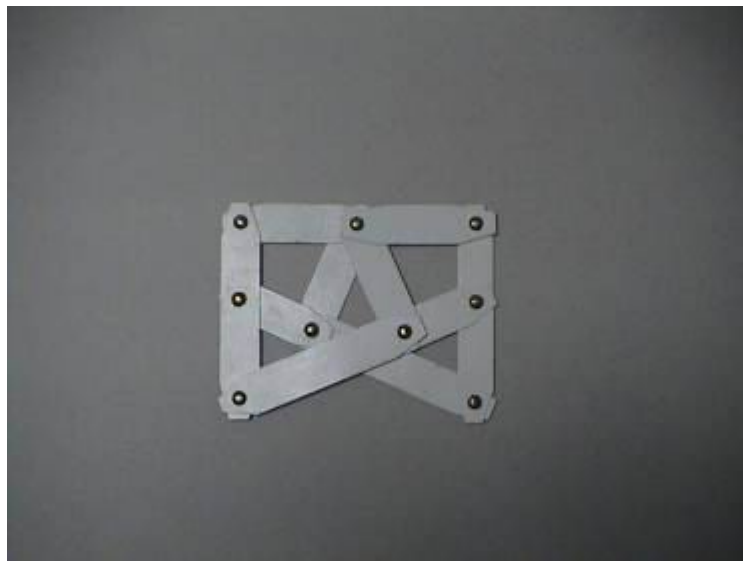
Στην παρακάτω περίπτωση η διάταξη των μελών είναι ακριβώς η ίδια με την προηγούμενη αλλά υπάρχει διαφορετική έκταση στις τρεις στάσεις. Τη μορφή αυτή και τα αποτελέσματά της περιγράψαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο όταν τη σχεδιάσαμε στον υπολογιστή με τη βοήθεια του προγράμματος 3d studio max.



Σχήμα 7.4 : Στάση κλειστή

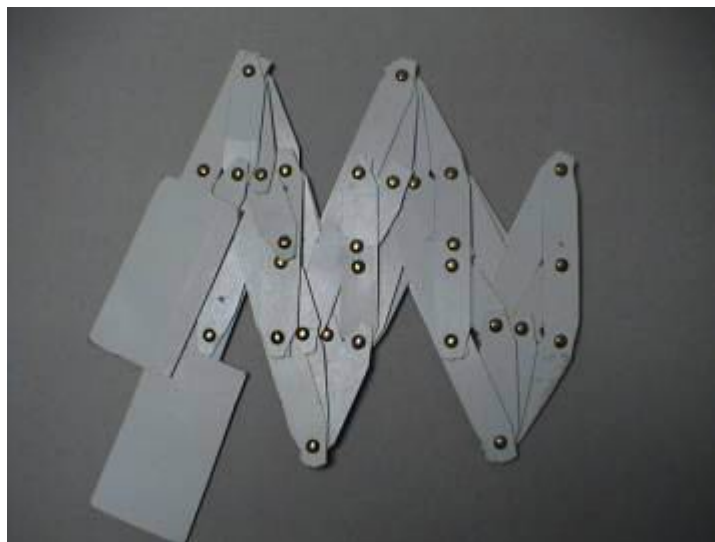


Σχήμα 7.5 : Στάση μισάνοιχτη

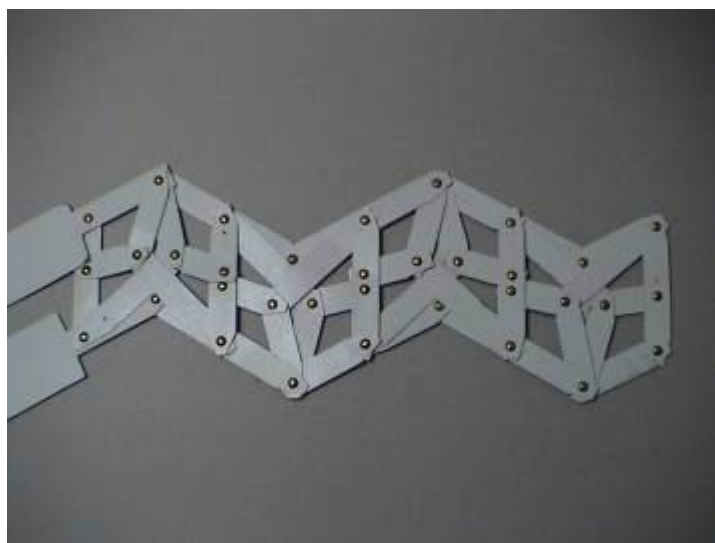


Σχήμα 7.6 : Στάση ανοιχτή (μέγιστη έκταση)

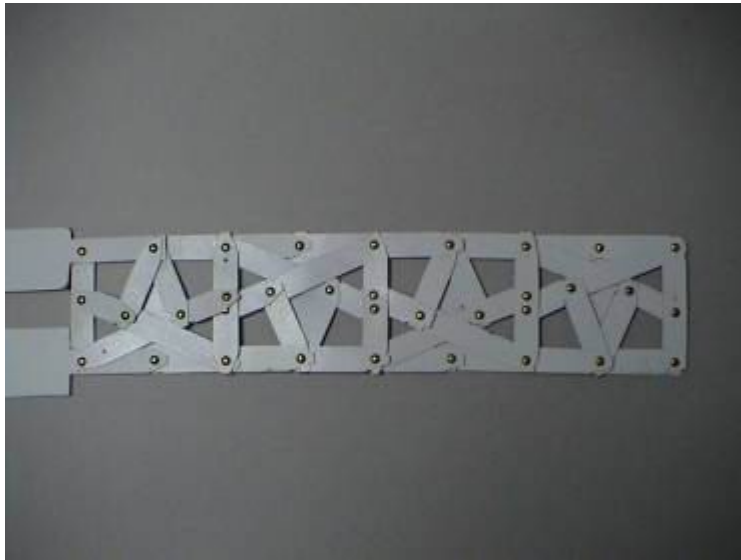
Στις παρακάτω φωτογραφίες παρατηρούμε τέσσερα κομμάτια που αποτελούν ένα βραχίονα σε τρεις στάσεις με μηδενική, μεσαία και μέγιστη έκταση. Αποτελεί μια αναπτυγμένη μορφή σε σχέση με την προηγούμενη απλή με πρόσθεση μελών σε διάταξη κατοπτρισμού και συμμετρίας.



Σχήμα 7.7 : Στάση σε κλειστή μορφή

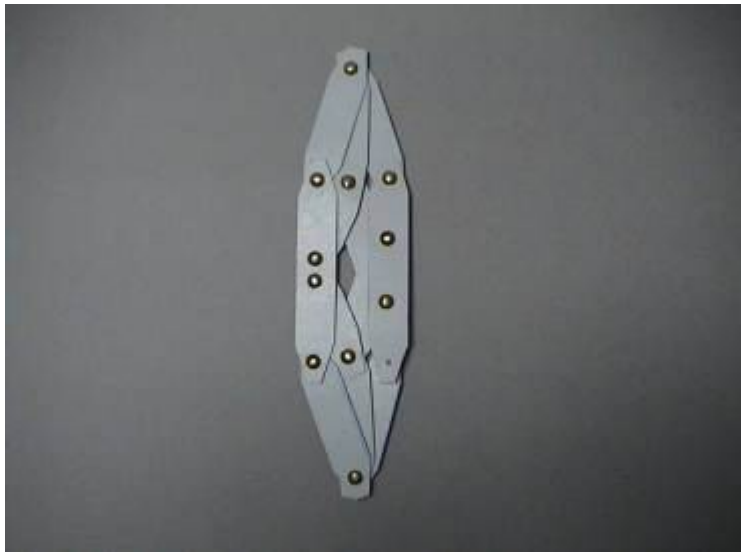


Σχήμα 7.8 : Στάση μεσαίας έκτασης

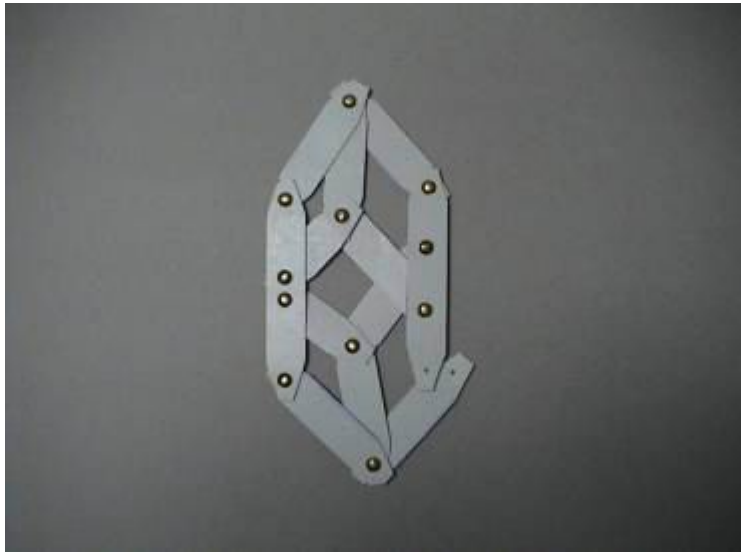


Σχήμα 7.9 : Στάση μέγιστης έκτασης

Παρακάτω υπάρχει μια διαφορετική διάταξη μελών που οδηγεί σε λανθασμένο αποτέλεσμα όπως βλέπουμε στη δεύτερη στάση αφού δε μπορεί να «κλειδωθεί» μια άρθρωση.



Σχήμα 7.10 : Στάση κλειστή

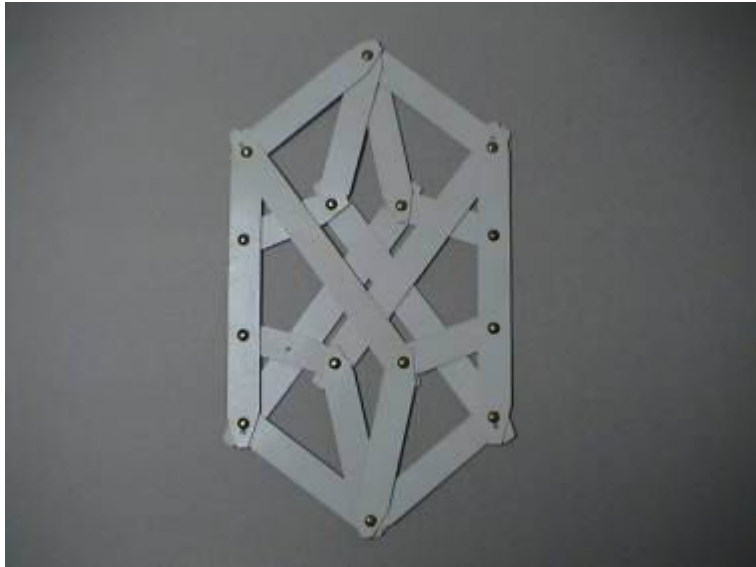


Σχήμα 7.11 : Στάση ανοιχτή με λάθος αποτέλεσμα

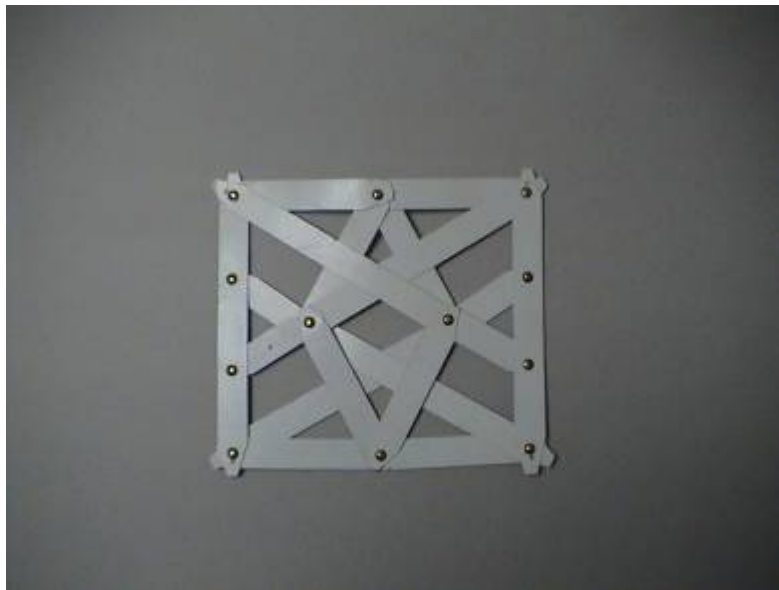
Τέλος, υπάρχει μια πιο πολύπλοκη αρχιτεκτονική των μελών αλλά και διαφορετική από τις άλλες περιπτώσεις σε τρεις στάσεις. Εξετάζοντας τις φωτογραφίες παρατηρούμε την πυκνότητα των μελών στο εσωτερικό των δυο παράλληλων και ακραίων μελών.



Σχήμα 7.12 : Στάση κλειστή



Σχήμα 7.13 : Στάση μισάνοιχτη



Σχήμα 7.14 : Στάση ανοιχτή (μέγιστη έκταση)

Κεφάλαιο 8 : Εφαρμογές της νέας αρχιτεκτονικής του τηλεσκοπικού βραχίονα

Αρκετές είναι οι εφαρμογές όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί η νέα αρχιτεκτονική των μελών του βραχίονα, εκτός βέβαια από την αντικατάσταση του βραχίονα ρομποτικών συστημάτων που παρουσιάσαμε (Scara και άλλα).

Αρχικά, μπορεί να αντικαταστήσει τον ψαλιδωτό τύπο του βραχίονα (τηλεσκοπικός βραχίονας) που χρησιμοποιείται στα αναβατόρια και στις πλατφόρμες. Όπως έχουμε αναφέρει η διατομή του νέου τύπου διατηρείται σταθερή και δεν μειώνεται όπως συμβαίνει στους ψαλιδωτούς τύπους. Έτσι αντιστέκεται στις ροπές που ασκούνται κάτι που είναι πολύ βασικό καθώς διατηρείται η σταθερότητα και η ασφάλεια. Επίσης, στους ψαλιδωτούς τύπους εφαρμόζεται αρκετά μεγάλη ισχύ και δύναμη ώστε να επιτυγχάνεται η ώθηση προς τα πάνω αλλά παράλληλα να γίνεται και ευθύγραμμη κίνηση που να αντιστέκεται στις ροπές. Στην προτεινόμενη περίπτωση η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί δεν χρειάζεται να είναι τόσο μεγάλη λόγω της διάταξης των μελών του βραχίονα που στόχος είναι μόνο να εκτελεσθεί ευθύγραμμα η κίνηση ενώ στον ψαλιδωτό τύπο εξετάζεται επιπλέον και η αντίσταση στις ροπές.

Η νέα διάταξη των μελών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως ως βοήθημα σε καθημερινές συσκευές. Έτσι μπορεί να αποτελεί βραχίονα, με τα αποτελέσματα που έχουμε αναφέρει, για βάση τοποθέτησης τηλεόρασης, για έναν καθρέφτη μάνιου που θα εκτείνεται και θα συντίθεται, για προέκταση σε ένα τραπέζι, για στήριγμα (πόδια) σκαμπό ή καρέκλας ή τραπεζιού που θα ανοίγει και θα κλείνει. Πολύ λειτουργική και πρωτότυπη λύση αποτελεί και η εφαρμογή του σε διαχωριστικά χώρου που ανοίγουν και κλείνουν ή κατά επέκταση σε συρόμενες πόρτες (γκαραζόπορτες, πύλες).

Δυο ακόμα εφαρμογές όπου μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς ο νέος τύπος βραχίονα αποτελεί η σκάλα και το «ασανσέρ». Στην πρώτη περίπτωση αναφέροντας σκάλα εννοούμε την τηλεσκοπική σκάλα που χρησιμοποιούν οι πυροσβέστες σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (διασώσεις, πυρκαγιές). Οι ροπές που ασκούνται στο γνωστό τύπο σκάλας που εκτείνεται σε πολυκατοικίες συνήθως είναι αρκετά μεγάλες καθώς μπορούν να ανεβοκατεβαίνουν περίπου δυο άτομα. Με τον προτεινόμενο βραχίονα η αντίσταση σε ροπές θα είναι αρκετά μεγαλύτερη και έτσι θα μπορεί να χρησιμοποιείται από περισσότερα των δυο ατόμων. Φυσικό επακόλουθο είναι ότι σε μια περίπτωση έκτακτης ανάγκης όπου κινδυνεύει μεγάλος αριθμός ατόμων σε μια

πολυκατοικία να μπορούν να σωθούν όσο το δυνατόν περισσότεροι καθώς ο νέος τύπος της σκάλας θα αντέχει περισσότερα άτομα και θα ολοκληρωθεί η επιχείρηση διάσωσης μικρότερο χρονικό διάστημα. Στη δεύτερη περίπτωση ο νέος τύπος μπορεί να εφαρμοστεί κατά την άνοδο ή κάθοδο ενός «ασανσέρ». Αποτέλεσμα είναι ότι θα μεταφέρει μεγαλύτερο αριθμό ατόμων εξαιτίας της καλύτερης αντοχής, με μεγαλύτερη ασφάλεια.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Οι ρυθμοί στους οποίους ζούμε είναι ραγδαίοι. Πολλοί άνθρωποι αδυνατούν να συμβαδίσουν με τους ρυθμούς αυτούς και μένουν πίσω με πολλές φορές δυσάρεστα αποτελέσματα. Τη σύσταση να επέμβουν οι επιστήμονες στο ανθρώπινο DNA, ώστε το είδος μας να μείνει στην αιχμή των τεχνολογικών εξελίξεων, έκανε ο διακεκριμένος επιστήμονας και συγγραφέας Στίβεν Χόκινγκ - ειδάλλως, προειδοποιεί, «οι έξυπνες μηχανές θα καταλάβουν τον κόσμο». Καθώς η τεχνολογία προχωρά τόσο γρήγορα, εξήγησε ο Χόκινγκ σε μια μελέτη του, οι υπολογιστές διπλασιάζουν την απόδοσή τους κάθε μήνα. Αντίθετα, εκτιμά, οι άνθρωποι αναπτύσσονται πολύ πιο αργά και έτσι πρέπει να αλλάξουν το DNA τους, διαφορετικά θα μένουν πολύ πίσω. Η βελτίωση ποιότητας της ζωής επιτάσσει και ορισμένους όρους αν επιθυμεί κάποιος να την ακολουθήσει. Ο τομέας της τεχνολογίας αποτελεί μια αιτία για την καλύτερευση της ποιότητας που ζούμε στο κάθε παρόν συγκρινόμενο με το παρελθόν. Μέσα από την τεχνολογία έχει εξελιχθεί σε τεράστιο βαθμό και η ρομποτική. Η ρομποτική είναι μία εξελισσόμενη σύγχρονη τεχνολογία που εμπεριέχει πολλές επιστήμες και μπορεί να συναντηθεί σε όλους τους βιομηχανικούς χώρους. Επομένως ο μηχανικός ή ο βιομηχανικός εργάτης του σήμερα, και πιο πολύ ο μηχανικός του αύριο, πρέπει να είναι γνώστης της τεχνολογίας αυτής. Από την παραπάνω έρευνα παρατηρήσαμε τη σπουδαία χρήση της νέας αρχιτεκτονικής του ρομποτικού βραχίονα σε πολλές εφαρμογές.

Υπάρχουν πολλά μειονεκτήματα όπως παρουσιάστηκαν στη χρήση των ρομποτικών βραχιόνων όπου μπορούν να αποτραπούν. Με τη νέα αρχιτεκτονική των μελών ενός βραχίονα που παρουσιάσαμε μπορούμε να έχουμε αποτελέσματα αρκετά κερδοφόρα τόσο σε οικονομία κινήσεων όσο και σε δυνάμεις. Ύστερα από μελέτη και έρευνα παρατηρήσαμε την κίνηση των μελών κατά την έκταση και σύμπτυξη του βραχίονα και εξετάστηκαν τα αποτελέσματα που απορρέουν μέσω του animation και των βημάτων που ακολουθήσαμε. Πολύ χρήσιμες ήταν και οι παραλλαγές των μελών του βραχίονα όπου σίγουρα αποτελούν κομμάτι προς έρευνα και περαιτέρω εξέταση των δεδομένων. Η συνεχής έρευνα μπορεί να οδηγήσει σε μονοπάτια που ούτε ο πιο αισιόδοξος άνθρωπος δε θα μπορούσε να διανοηθεί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Dietmar Schmid, Bernhard Karl, Erwin Kraus, Gert Robens, Herbert Nowak, Peter Strobel, C.I.M. *Ολοκληρωμένη παραγωγή με υπολογιστές – μη συμβατικές κατεργασίες*, Ίων, 1997

Michael A. Salant, *Introduction to robotics*, McGraw-Hill, 1985

Rehg James, *Introduction to Robotics : A Systems Approach*, Prentice Hall, 1985

Michael O' Rourke, *Principles of three-dimensional computer animation : Modelling, Rendering & Animating with 3D computer graphics*, W.W. Norton & Company, 1998

Ted Boardman, *Οδηγός του 3D Studio Max 4*, Β. Γκιούρδας Εκδοτική, 2001

Αναφορές / Παρουσιάσεις

Melissa Reese, Scott Russell, Phil Kramer, Robert Thomas, *Robotics in Manufacturing*, (ppt)

Adept Technology, Adept Cobra i800 (pdf)

Warwick Manufacturing group, *Introduction to Industrial Robots*, 1993

Industrial Applications of Computers – Robotics, 2000 (ppt)

Reference προγράμματος 3D Studio Max 7

Κέντρο πληροφορικής και νέων τεχνολογιών Νομού Φλώρινας – 3D Studio Max

Διαδικτυακοί τόποι

www.biomed.ntua.gr/Delicate/LeonardoPubl/body_gr__1.1.html

<http://users.ntua.gr/mc00097/>