



Ημερομηνία:

Αρ. Πρωτ. :

[Συμπληρώνεται από τη Γραμματεία]

Προς:

Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής

Σχολή Μηχανικών

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

ΠΡΟΤΑΣΗ

ΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΤΑΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Του Δημήτριου Μενύχτα

με θέμα «Δημιουργία εμβιομηχανικού/ρομποτικού μοντέλου του ανθρώπινου σώματος»

Προτεινόμενος επιβλέπων Μεταδιδακτορικής Έρευνας

Δημήτριος Γκλώτσος, Καθ., Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η ανθρώπινη κίνηση χαρακτηρίζεται από αρκετά μεγάλη διακύμανση στις αρθρικές γωνίες, παρόλο που το τελικό αποτέλεσμα έχει εντυπωσιακή επαναληψιμότητα [1]. Αυτό συμβαίνει επειδή όλα τα άκρα έχουν πλεονάζοντες βαθμούς ελευθερίας και ως εκ τούτου η ίδια θέση στον χώρο μπορεί να επιτευχθεί με άπειρους συνδυασμούς των αρθρικών γωνιών [2], [3], [4]. Το αποτέλεσμα είναι ότι η αντιστοίχιση θέσης με συνδυασμό γωνιών για την αναπαραγωγή της ανθρώπινης κίνησης να είναι ένας ενεργός ερευνητικός χώρος με πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις[5], [6]. Ταυτόχρονα, τα ανθρώπινα μέλη είναι ικανά να διατηρήσουν την ίδια θέση και προσανατολισμό του τελεστή (end-effector) ενώ οι αρθρώσεις συνεχίζουν να κινούνται[2], [3], [4]. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν είναι απαραίτητο η κίνηση των αρθρώσεων να μεταφραστεί σε κίνηση του άκρου[5], [6]. Στην ρομποτική, αυτός ο τύπος κίνησης ονομάζεται ιδιοκίνηση (null-space motion) και συμβαίνει για να ικανοποιήσει δευτερεύοντες στόχους (π.χ. μείωση ροπών)[7], [8], [9], [10]. Στην εμβιομηχανική, όμως, η βιβλιογραφία [6] δεν συμφωνεί σχετικά με τους δευτερεύοντες στόχους που ικανοποιεί το ανθρώπινο σώμα κατά την κίνηση. Για την ακρίβεια, είναι πολύ πιθανό το σώμα να ικανοποιεί πολλούς δευτερεύοντες στόχους, με την προτεραιότητα τους να αλλάζει, καθώς υπάρχουν και ενδείξεις

1

Ψηφιακή Βεβαίωση Εγγράφου

Μπορείτε να ελέγξετε την ισχύ του εγγράφου
σκανάροντας το QR code ή εισάγοντας τον κωδικό
στο docs.gov.gr/validate



Κωδικός εγγράφου: 1h_RQtZYed13dSjwjp_~hw

: 1/4

χαοτικού ελέγχου, τουλάχιστον στην βάδιση [11]. Ένα μεγάλο μέρος του προβλήματος είναι ότι δεν έχει βρεθεί ένα εμβιομηχανικό μοντέλο που περιγράφει το σώμα με ακρίβεια. Πράγματι, αν και έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορα μοντέλα, ανάλογα με την εφαρμογή, δεν συγκλίνουν σε ένα κοινό [6]. Αυτό συμβαίνει γιατί σύνθετα μοντέλα πιθανών να εισάγουν πολυπλοκότητα χωρίς απαραίτητα να προσφέρουν περισσότερη ακρίβεια [5]. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι το στιγμιαίο κέντρο περιστροφής της κάθε άρθρωσης αλλάζει κατά την κίνηση[12], εισάγοντας ακόμα μεγαλύτερη απροσδιοριστία. Κατ' επέκταση, δεν μπορεί να γίνει σύγκριση μεταξύ αποτελεσμάτων διαφορετικών μελετών καθώς δεν είναι σίγουρο με ποιο τρόπο οι διαφορές των μοντέλων επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Παρόλο που η ρομποτική έχει αναπτύξει εργαλεία για την ανάλυση πλεοναζόντων βαθμών ελευθερίας η συμβατότητα μεταξύ των μοντέλων της εμβιομηχανικής και της ρομποτικής παραμένει μικρή. Αυτό μειώνει την ευκολία χρήσης μαθηματικών εργαλείων ανάλυσης ρομπότ στο ανθρώπινο σώμα για την επίλυση συνθέτων προβλημάτων.

Η προτεινόμενη μεταδιδασκτορική έρευνα έχει σκοπό την δημιουργία ενός εμβιομηχανικού μοντέλου ολόκληρου του ανθρώπινου σώματος βασισμένου στο γινόμενο των εκθετών (product of exponentials)[3], [4], [5], [13], [14], [15], [16]. Με αυτήν την μεθοδολογία, κάθε άρθρωση δεν θα ορίζεται μαθηματικά σαν ένα σημείο στον χώρο, αλλά σαν ένα διανυσματικό στοιχείο που προσδίδει στο σύστημα γωνιακή και γραμμική ταχύτητα. Αυτός ο ορισμός θα μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες αρθρώσεις και το τελικό μοντέλο θα είναι το σύνολο των διανυσμάτων σε μια σειρά που θα περιγράφει τον τελικό μηχανισμό. Αρχική δουλειά που έχει γίνει στα άνω άκρα, έχει επιτρέψει την περιγραφή της γεωμετρίας τους χωρίς την ανάγκη απλοποίησης του μυοσκελετικού συστήματος, ενώ ταυτόχρονα δεν αυξήθηκε η πολυπλοκότητα των υπολογισμών[5], [17]. Επίσης, ήταν δυνατή και η δυναμική ανάλυση της κίνησης[18]. Το τελικό παραδοτέο της προτεινόμενης μεταδιδασκτορικής έρευνας θα είναι η μεθοδολογία δημιουργίας ενός μοντέλου για όλο το σώμα, η σύγκρισή του με μερικά από τα πιο διαδεδομένα που χρησιμοποιούνται στην βιβλιογραφία και η εφαρμογή ρομποτικών μεθόδων για την ανάλυση της μεταφοράς της κίνησης από τις αρθρώσεις στο άκρο.

Για να πραγματοποιηθεί η προτεινόμενη μεταδιδασκτορική έρευνα, θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα καταγραφής κίνησης από ανοιχτές βάσεις δεδομένων[19], [20]. Θα γίνει ανάλυση της ανατομίας του ανθρώπινου σώματος και θα προταθεί μια γεωμετρία που θα περιλαμβάνει όλες τις κινήσεις (γωνιακές και γραμμικές) που συμβαίνουν σε κάθε άρθρωση. Έπειτα, θα οριστεί μαθηματικά το τελικό μοντέλο και θα δημιουργηθεί κώδικας στην γλώσσα προγραμματισμού Matlab. Το πρόγραμμα θα μπορεί να δεχθεί τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου και να δημιουργεί ένα προσωποποιημένο μοντέλο. Τέλος, θα γίνει σύγκριση μεταξύ των αρθρικών γωνιών που θα έχουν υπολογιστεί από το μοντέλο της προτεινόμενης μεταδιδασκτορικής έρευνας, των τιμών που έχουν διαθέσιμες οι βάσεις των δεδομένα, και των τιμών της αντίστροφης κινηματικής που θα υπολογιστούν με το λογισμικό Opensim. Μετά την επαλήθευση της προτεινόμενης μεθοδολογίας, θα εφαρμοστούν μέθοδοι ανάλυσης της δυνατότητας χειρισμού (manipulability), του μηχανικού πλεονεκτήματος (mechanical advantage)[21], του ανεξέλεγκτου πολύπτυχου μορφώματος (uncontrolled manifold) [22], [23], [24], καθώς και όποιου άλλου ρομποτικού κριτηρίου κριθεί απαραίτητο.



Αναφορές

- [1] N. A. Bernstein, "A new method of mirror cyclographie and its application towards the study of labor movements during work on a workbench," *Hygiene, Safety and Pathology of labor*, vol. 5, pp. 3–9, 1930.
- [2] J. J. Craig, *Introduction to Robotics*, vol. 1, no. 2. 1986. [Online]. Available: <https://books.google.fr/books?id=ZTqpBwAAQBAJ>
- [3] K. M. Lynch and F. C. Park, *Modern Robotics Mechanics, Planning, and Control*. Cambridge University Press, 2017.
- [4] J. M. Selig, *Geometric Fundamentals of Robotics*. in Monographs in Computer Science. New York, NY: Springer New York, 2005. doi: 10.1007/b138859.
- [5] D. Menychtas, "Human Body Motions Optimization for Able-Bodied Individuals and Prosthesis Users During Activities of Daily Living Using a Personalized Robot-Human Model," Ph.D. Dissertation, University of South Florida, 2018. [Online]. Available: <https://scholarcommons.usf.edu/etd/7547>
- [6] U. Trivedi, D. Menychtas, R. Alqasemi, and R. Dubey, "Biomimetic Approaches for Human Arm Motion Generation: Literature Review and Future Directions," *Sensors*, vol. 23, no. 8, p. 3912, Apr. 2023, doi: 10.3390/s23083912.
- [7] R. Featherstone, *Rigid Body Dynamics Algorithms*. Boston, MA: Springer US, 2008. doi: 10.1007/978-1-4899-7560-7.
- [8] A. Dietrich, C. Ott, and A. Albu-Schäffer, "An overview of null space projections for redundant, torque-controlled robots," *International Journal of Robotics Research*, vol. 34, no. 11, pp. 1385–1400, 2015, doi: 10.1177/0278364914566516.
- [9] O. Khatib, P. Thaulad, T. Yoshikawa, and J. Park, "Torque-position transformer for task control of position controlled robots," *Proc IEEE Int Conf Robot Autom*, pp. 1729–1734, 2008, doi: 10.1109/ROBOT.2008.4543450.
- [10] J. Hollerbach and Ki Suh, "Redundancy resolution of manipulators through torque optimization," *IEEE Journal on Robotics and Automation*, vol. 3, no. 4, pp. 308–316, 1987, doi: 10.1109/JRA.1987.1087111.
- [11] T. Mikolajczyk *et al.*, "Recent Advances in Bipedal Walking Robots: Review of Gait, Drive, Sensors and Control Systems," *Sensors*, vol. 22, no. 12, p. 4440, Jun. 2022, doi: 10.3390/s22124440.
- [12] M. A. Gull, S. Bai, and T. Bak, "A review on design of upper limb exoskeletons," *Robotics*, vol. 9, no. 1, pp. 1–35, 2020, doi: 10.3390/robotics9010016.
- [13] S. S. S. Richard M. Murray, Zexiang Li, S. Shankar Sastry, *A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation*.
- [14] F. C. Park, "Computational aspects of the product-of-exponentials formula for robot kinematics," *IEEE Trans Automat Contr*, vol. 39, no. 3, pp. 643–647, Mar. 1994, doi: 10.1109/9.280779.
- [15] A. L. Fougner, Øyvind Staudahl, P. J. Kyberd, Y. G. Losier, and P. A. Parker, "Terminology for Control of Upper Limb Prostheses," *IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING*, vol. 20, no. 5, p. 15, 2012, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/TNSRE.2012.2196711>



- [16] F. C. Park, J. E. Bobrow, and S. R. Ploen, "A Lie Group Formulation of Robot Dynamics," *Int J Rob Res*, vol. 14, no. 6, pp. 609–618, Dec. 1995, doi: 10.1177/027836499501400606.
- [17] D. Menychtas, S. L. Carey, R. Alqasemi, and R. V Dubey, "Upper Limb Motion Simulation Algorithm for Prosthesis Prescription and Training *," in *2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, IEEE, Nov. 2019, pp. 6495–6501. doi: 10.1109/IROS40897.2019.8967658.
- [18] D. Menychtas, A. Glushkova, and S. Manitsaris, "Analyzing the kinematic and kinetic contributions of the human upper body's joints for ergonomics assessment," *J Ambient Intell Humaniz Comput*, 2020, doi: 10.1007/s12652-020-01926-y.
- [19] U. Trivedi, R. Alqasemi, and R. Dubey, "CARRT—Motion Capture Data for Robotic Human Upper Body Model," *Sensors*, vol. 23, no. 20, p. 8354, Oct. 2023, doi: 10.3390/s23208354.
- [20] P. Maurice *et al.*, "Human movement and ergonomics: An industry-oriented dataset for collaborative robotics," *Int J Rob Res*, vol. 38, no. 14, pp. 1529–1537, Dec. 2019, doi: 10.1177/0278364919882089.
- [21] U. Trivedi, "Human Motion-Inspired Inverse Kinematics Algorithm for a Robotics-Based Human Upper Body Model," University of South Florida, 2024. [Online]. Available: <https://digitalcommons.usf.edu/etd/10252>
- [22] M. L. Latash, J. P. Scholz, and G. Schöner, "Toward a New Theory of Motor Synergies," *Motor Control*, vol. 11, no. 3, pp. 276–308, Jul. 2007, doi: 10.1123/mcj.11.3.276.
- [23] J. P. Scholz and G. Schöner, "The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task," *Exp Brain Res*, vol. 126, no. 3, pp. 289–306, May 1999, doi: 10.1007/s002210050738.
- [24] M. L. Latash, "The bliss (not the problem) of motor abundance (not redundancy)," *Exp Brain Res*, vol. 217, no. 1, pp. 1–5, 2012, doi: 10.1007/s00221-012-3000-4.

Ο/Η αιτών/αιτούσα

.....
(Ονοματεπώνυμο & Υπογραφή)

4

Ψηφιακή Βεβαίωση Εγγράφου

Μπορείτε να ελέγξετε την ισχύ του εγγράφου
σκανάροντας το QR code ή εισάγοντας τον κωδικό
στο docs.gov.gr/validate



Κωδικός εγγράφου: 1h_RQtZYed13dSjwj_p_hw

: 4/4

Υπογραφή:
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΕΝΥΧΤΑΣ
Πατρώνυμο: ΒΛΑΣΙΟΣ
ΑΦΜ: 148325345
Ημ. Υπογραφής: 03/09/2024 10:57:06