

Τίτλος Εργασίας: Μοντελοποίηση και σχεδίαση μη γραμμικών συστημάτων αυτόματου ελέγχου για μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα

Επιβλέπων Καθηγητής: Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος

Απαραίτητες γνώσεις: Μη Γραμμική Θεωρία Ελέγχου, Ευστάθεια δυναμικών συστημάτων, Μέθοδοι Μαθηματικής Μοντελοποίησης, Θεωρία Lyapunov, Γραμμική Άλγεβρα, Άριστη Γνώση Προγραμματισμού

Σύντομη περιγραφή:

Τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (unmanned aerial vehicles, UAVs) είναι οχήματα που δε μεταφέρουν πιλότο, αλλά η οδήγησή τους γίνεται είτε απομακρυσμένα, μέσω τηλεχειρισμού, είτε αυτόματα από κάποιον υπολογιστή.

Μια συνήθης κατηγορία UAVs είναι τα τετρακόπτερα, που αποτελούνται από τέσσερις κινητήρες τοποθετημένους στις άκρες ενός κεντρικού κορμού αποτελούμενου από δύο κάθετους μεταξύ τους άξονες σε διαμόρφωση σταυρού.

Ο αυτόματος έλεγχος ενός τετρακόπτερου είναι ένα δύσκολο πρόβλημα, καθώς το σύστημα είναι μη γραμμικό, ασταθές, υποδιεγειρόμενο, έχει πολλαπλές εισόδους και εξόδους και επιδεικνύει ισχυρά συζευγμένους όρους.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να εφαρμοστούν μη γραμμικές μεθοδολογίες αυτομάτου ελέγχου για τον έλεγχο ενός τετρακόπτερου. Ενδεικτικά αναφέρονται οι μεθοδολογίες h-infinity, back-stepping, adding an integrator using Lyapunov techniques και sliding mode control.

Ενδεικτικές Δημοσιεύσεις:

[1] Tripathi, V., Behera, L., Vermal, N., “Design of sliding mode and backstepping controllers for a quadcopter”, 39th National Systems Conference (NSC), 2015

[2] Bouadi, H., Mora-Camino, F., “Direct Adaptive Backstepping Flight Control for Quadcopter Trajectory Tracking”, IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2018

Τίτλος Εργασίας: Μοντελοποίηση και σχεδίαση συστημάτων ελέγχου για το σύστημα του περιστροφικού ανάστροφου εκκρεμούς

Επιβλέπων Καθηγητής: Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος

Απαραίτητες γνώσεις: Μη Γραμμική Θεωρία Ελέγχου, Μέθοδοι Μαθηματικής Μοντελοποίησης, Γραμμική Άλγεβρα, Βελτιστοποίηση, Άριστη Γνώση Προγραμματισμού

Σύντομη περιγραφή: Το ανάστροφο εκκρεμές αποτελεί ένα σύστημα που έχει καθιερωθεί ως πρότυπο για την αξιολόγηση μεθοδολογιών αυτομάτου ελέγχου, καθώς διαθέτει χαρακτηριστικά που το κάνουν ιδιαίτερα δύσκολο στον έλεγχο λόγω των εντόνων μη γραμμικών όρων που εμφανίζονται στο μαθηματικό μοντέλο που το περιγράφει, του γεγονότος ότι είναι ένα σύστημα μη ελάχιστης φάσης (non-minimum phase), καθώς και της ισχυρής σύζευξης που επιδεικνύουν οι μη γραμμικές διαφορικές εξισώσεις, από τις οποίες αποτελείται το μαθηματικό μοντέλο του.

Το πρόβλημα του ανάστροφου εκκρεμούς είναι στην ουσία ένα πρόβλημα ισορροπίας που βρίσκει πάρα πολλές εφαρμογές στο χώρο της ρομποτικής, της διαστημικής τεχνολογίας, της αεροπλοΐας και σε πολλές άλλες επιστημονικές περιοχές που περιλαμβάνουν αυτόματο έλεγχο.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η μοντελοποίηση του συστήματος του περιστροφικού ανάστροφου εκκρεμούς και στη συνέχεια η ανάπτυξη μεθοδολογιών τόσο γραμμικού όσο και μη γραμμικού ελέγχου. Ενδεικτικά αναφέρονται οι τεχνικές PID, Linear Quadratic Regulator (LQR), Model Predictive Control (MPC), Adding an Integrator (Backstepping) και Sliding Mode Control (SMC).

Τέλος, απαραίτητο κομμάτι της εργασίας αποτελεί και η σύγκριση των αποτελεσμάτων των διάφορων μεθοδολογιών που θα αναπτυχθούν και ιδιαίτερα η σύγκριση μεταξύ των γραμμικών και μη-γραμμικών ελεγκτών.

Ενδεικτικές Δημοσιεύσεις:

[1] Stogiannos, M., A. Alexandridis, H. Sarimveis, “Model predictive control for systems with fast dynamics using inverse neural models”, ISA Transactions, 72 (2018), pp. 161-177

[2] Voliansky, R.S., Sadovoi, A.V., “Second order sliding mode control of the inverted pendulum”, International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), 2017

Τίτλος Εργασίας: Μοντελοποίηση και σχεδίαση μη γραμμικών συστημάτων αυτόματου ελέγχου για τη πλοήγηση διαστημικών δορυφόρων

Επιβλέπων Καθηγητής: Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος

Απαραίτητες γνώσεις: Μη Γραμμική Θεωρία Ελέγχου, Ευστάθεια δυναμικών συστημάτων, Μέθοδοι Μαθηματικής Μοντελοποίησης, Θεωρία Lyapunov, Γραμμική Άλγεβρα, Άριστη Γνώση Προγραμματισμού

Σύντομη περιγραφή: Οι μη επανδρωμένοι διαστημικοί δορυφόροι είναι δυναμικά συστήματα των οποίων ο έλεγχος αποτελεί κλειδί για τη επίτευξη των περισσότερων σύγχρονων αποστολών και εργασιών στο διαστημικό χώρο. Παραδείγματα από την χρήση τους περιλαμβάνουν την προσέγγιση και την πρόσδεση μεταφορικών δορυφόρων σε διαστημικούς σταθμούς, την αποφυγή ή την προσπέραση διαστημικών αντικειμένων αλλά και την συλλογή-ανάλυση επίγειων εικόνων με σκοπό τη μεταφόρτωση τους σε επίγειο σταθμό. Ο αυτόματος έλεγχος ενός διαστημικού δορυφόρου αποτελεί ένα δύσκολο πρόβλημα, καθώς το σύστημα είναι μη γραμμικό, έχει πολλαπλές εισόδους και εξόδους και επιδεικνύει ισχυρά συζευγμένους όρους. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι αρχικά η μοντελοποίηση του συστήματος αυτόματου διαστημικού δορυφόρου και στη συνέχεια η διαμόρφωση ενός πλαισίου αυτομάτου ελέγχου με τη μέθοδο προβλεπτικού ελέγχου (Model predictive control) για την πλοήγηση του σε σενάρια παρακολούθησης πηγαίας τροχιάς αλλά και προγραμματισμού διαδρομής.

Ενδεικτικές Δημοσιεύσεις:

[1] Qinglei Hu, Jingjie Xie, Chenliang Wang, “Dynamic path planning and trajectory tracking using MPC for satellite with collision avoidance”, *ISA Transactions*, 72 (2019)

[2] Shuo Wang, Lin Zhao, Jianhua Cheng *, Junfeng Zhou, Yipeng Wang, “Task scheduling and attitude planning for agile earth observation satellite with intensive tasks”, *Aerosp. Sci. Technol*, 90 (2019)

Τίτλος Εργασίας: Μέθοδοι συνθετικών δεδομένων για την χρήση μοντέλων μηχανικής μάθησης σε προβλήματα ταξινόμησης πολλαπλών κλάσεων (Synthetic data generation techniques for multiclass classification)

Επιβλέπων Καθηγητής: Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος

Απαραίτητες γνώσεις: : Υπολογιστική Νοημοσύνη, Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Χρονοσειρές, Γραμμική Άλγεβρα, Μέθοδοι Μαθηματικής Βελτιστοποίησης, Άριστη Γνώση Προγραμματισμού (Python)

Σύντομη περιγραφή: Η ταξινόμηση πολλαπλών κλάσεων (multiclass classification) αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές της μηχανικής μάθησης (machine learning). Σε περιπτώσεις που οι κλάσεις δεν είναι καλά σταθμισμένες (imbalanced learning) τα μοντέλα συχνά έχουν μειωμένα αποτελέσματα ταξινόμησης λόγω της μεροληψίας που εμφανίζουν οι ταξινομητές (classifiers) υπέρ της κλάσης με τα περισσότερα δεδομένα (majority class). Στο παρόν θέμα διπλωματικής εργασίας, σε πρώτο στάδιο θα μελετηθούν διάφορες τεχνικές παραγωγής συνθετικών δεδομένων (SMOTE, BorderlineSMOTE, ADASYN, simple Oversampling) [1,2] με σκοπό την εφαρμογή τους για την εξισορρόπηση των κλάσεων σε benchmark open - source datasets. Σε δεύτερο στάδιο, τεχνητά νευρωνικά δίκτυα αλλά και άλλα μοντέλα μηχανικής μάθησης (Random Forests, Extreme Gradient Boosting Trees, Support Vector machines etc) θα ερευνηθούν και στην συνέχεια θα εφαρμοστούν για την ταξινόμηση των πλέον σταθμισμένων σετ δεδομένων.

Ενδεικτικές Δημοσιεύσεις:

- [1] A. Fernández, S. García, F. Herrera, and N. V. Chawla, “SMOTE for Learning from Imbalanced Data: Progress and Challenges, Marking the 15-year Anniversary,” *J. Artif. Intell. Res.*, vol. 61, pp. 863–905, Apr. 2018, doi: 10.1613/JAIR.1.11192.
- [2] H. He, Y. Bai, E. A. Garcia, and S. Li, “ADASYN: Adaptive synthetic sampling approach for imbalanced learning,” in *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 2008, pp. 1322–1328. doi: 10.1109/IJCNN.2008.4633969.

Τίτλος Εργασίας: Εκπαίδευση Νευρωνικών Δικτύων σε γραφικούς επιταχυντές γενικής χρήσης (Investigation of neural network training algorithms using GPGPUs)

Επιβλέπων Καθηγητής: Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος

Απαραίτητες γνώσεις: Υπολογιστική Νοημοσύνη, Άριστη Γνώση Προγραμματισμού (Python), Γραμμική Άλγεβρα.

Σύντομη περιγραφή: Η χρήση και εκπαίδευση μοντέλων βαθιάς μηχανικής μάθησης (deep learning), όπως τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANNs), απαιτεί μεγάλο υπολογιστικό κόστος και πολλές φορές η διαδικασία είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα. Σκοπός του συγκεκριμένου θέματος διπλωματικής εργασίας, θα είναι η σύγκριση υλοποίησης αλγορίθμων εκπαίδευσης τεχνητών νευρωνικών δικτύων (ANNs) με χρήση γραφικών επιταχυντών και την πλατφόρμα CUDA (Compute Unified Device Architecture) [1] σε σχέση με τους κλασικούς επεξεργαστές (CPUs). Περίπτωση εφαρμογής, θα αποτελέσουν αρχιτεκτονικές δικτύων [2] με μεγάλο αριθμό συνδέσεων όπως τα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (Convolutional Neural Networks – CNNs).

Ενδεικτικές Δημοσιεύσεις:

- [1] L. Oden, “Lessons learned from comparing C-CUDA and Python-Numba for GPU-Computing,” *Proc. - 2020 28th Euromicro Int. Conf. Parallel, Distrib. Network-Based Process. PDP 2020*, pp. 216–223, Mar. 2020, doi: 10.1109/PDP50117.2020.00041.
- [2] J. Pendlebury, H. Xiong, and R. Walshe, “Artificial neural network simulation on CUDA,” *Proc. - IEEE Int. Symp. Distrib. Simul. Real-Time Appl. DS-RT*, pp. 228–233, 2012, doi: 10.1109/DS-RT.2012.40.