

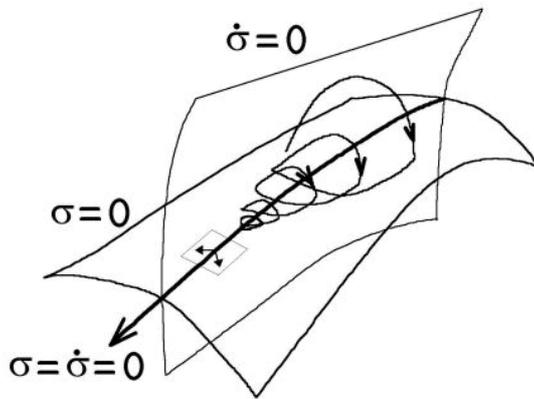
פרקים בבקרה לא ליניארית

פרופ' אריה לבנט

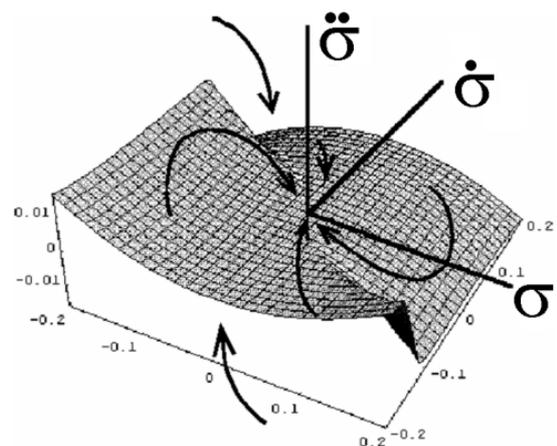
מטרת הקורס היא להציג בפני הסטודנט שיטות מעודכנות בבקרה בתנאי אי-ודאות קשה. שיטות אלה הן מיושמות בקלות ויעילות מאוד. היעד הוא להגיע לתוצאות המתקדמות ביותר בדרך פשוטה ולא מסובכת מתמטית. הטכניקה המתקבלת מבוססת על התוצאות המודרניות של תורת הבקרה דרך מצבי החלקה - sliding mode control. בסופו של הקורס הסטודנט יהיה מסוגל לבנות בקרים לא ליניאריים יעילים על מנת לשלוט במערכות אי-ודאיות עם קלט ופלט יחידים, כאשר הסדר היחסי שלהם (relative degree) ידוע. הוא יוכל גם לחשב נגזרות גבוהות של אות מורעש בזמן אמת. זה יאפשר לו לפתור בעיות מעשיות רבות, במיוחד בתחומים כמו אוויוניקה, רובוטיקה, עיצוב מנוע חשמלי ובעיות רבות של עקיבה וכיוון למטרה, כמו כן גם בעיבוד אותות ועיבוד תמונות.

עמוד הבית של הקורס: <http://www.tau.ac.il/~levant/nonlin/index.html>

הידע הנרכש בקורסים הסטנדרטיים של משוואות דיפרנציאליות רגילות וחשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי מספיק להבנת קורס זה.



מצב החלקה מסדר שני (על קו החיתוך)



מצב החלקה מסדר שלישי (בנקודת המקור בלבד)

Syllabus:

1. Control theory and its problems. Dynamic system. Stability notions and Lyapunov theory overview. Controllability and observability. Normal form of controllable linear autonomous system.
2. Lie derivative. Frobenius theorem. Controllability. Feedback linearization. Relative degree of non-linear control system. Scalar and vector relative degree. Zero dynamics. Minimum-phase feature. Uncertainty conditions and robustness problem.
3. Introduction to Sliding-Mode Control. Equivalent control method. Differential equations with discontinuous right-hand sides: the Filippov theory. Theorems on solution existence, continuous dependence on the right-hand side and initial conditions.
4. Invariance of the sliding mode motions and matching conditions. Mathematical equivalence between classical sliding mode control and high-gain feedback. Chattering effect and sliding mode regularization.
5. Higher-order sliding mode: connection with zero dynamics and vector relative degree. Existence theorem. Discrete sampling sliding-mode control. Sliding order and sliding accuracy.
6. Infinite-time and finite-time convergence. Higher-order sliding modes in systems with actuators. The Anosov theorem. Dynamical sliding modes. Arbitrary-order sliding problem and its importance.
7. The homogeneity notion and the homogeneity approach to sliding-mode design. 2-sliding technique: main algorithms. Practical example: aircraft pitch-control contour design. Arbitrary-order sliding controllers with finite-time convergence. Quasi-continuous sliding-mode control.
8. Real-time differentiation problem. Intrinsic accuracy restrictions. Asymptotically-optimal differentiation. Arbitrary-order optimal robust exact differentiator with finite-time convergence. Signal and image processing applications.
9. Universal output-feedback controller for uncertain Single-Input-Single-Output system with known relative degree. Homogeneity approach and the accuracy asymptotics. Some results in the Multi-Input-Multi-Output case.

References

1. Slotine, J.-J. E. and Li W., *Applied Nonlinear Control*, 1991, Prentice-Hall, Inc., London.
2. Filippov, A.F., 1988, *Differential Equations with Discontinuous Right-hand Side*. Kluwer, Dordrecht, the Netherlands.
3. Bacciotti, A., & Rosier, L., 2001, Liapunov functions and stability in control theory. *Lecture notes in control and inf. sc.* 267, Springer Verlag, London. Also the 2nd edition 2005
4. Isidori, A., 1995, *Nonlinear Control Systems*, (New York: Springer Verlag).
5. Edwards C. and Spurgeon S.K., 1998, *Sliding mode control: theory and applications*, Taylor & Francis, London.
6. Utkin, V.I., 1992, *Sliding Modes in Control and Optimization Problems*, Springer Verlag, Berlin
7. Levant A., Pridor A., Gitizadeh R., Yaesh I., Ben-Asher J. Z., 2000, Aircraft pitch control via second-order sliding technique.- *AIAA Journal of Guidance, Control and Dynamics*, **23**(4), 586-594
8. Levant A., 2003, Higher-order sliding modes, differentiation and output-feedback control. *International Journal of Control*, 76 (9/10), 924--941, special issue on Sliding-Mode Control
9. Levant A., 2006, Homogeneous quasi-continuous sliding-mode control. In Edwards C., Fossas E., Fridman L. (Eds.), *Advances in Variable Structure and Sliding Mode Control, Lecture Notes in Control and Information Science*, Springer Verlag, 334, 143--168
10. Levant A., 2007, Construction principles of 2-sliding mode design, *Automatica*, 43(4), 576-586.