- شماره درس:
- عنوان درس: سیستمهای سایبر فیزیکال دیجیتال
- نوع درس (نظری، نظری و آزمایشگاه، آزمایشگاه، درس پروژه دار): نظری
- پیشنیاز یا همنیاز: ندارد
- مقطع (کارشناسی، تحصیلات تکمیلی): تحصیلات تکمیلی گروه: سیستمهای دیجیتال
- نوع (ثابت یا متغیر) و تعداد واحد: ثابت، ۳ واحد
- اهداف درس (۵۱۲ کاراکتر یا حدوداً چهار خط):

سیستمهای سایبرفیزیکال دیجیتال از ترکیب محاسبات دیجیتال و کنترل حاصل می شوند. هدف از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با سیستمهای سایبرفیزیکال دیجیتال، چالشهای اصلی در توسعه این سیستمها و اصول طراحی آنها است. این درس به مطالعه اثر متقابل محاسبات دیجیتال و کنترل در سیستمهای سایبر فیزیکال و الگوریتمهای طراحی یکپارچه محاسبات دیجیتال و کنترل برای این سیستمها می پردازد. این موضوع با تمرکز بر روی اصول طراحی چندین سیستم سایبر فیزیکال دیجیتال موجود محقق می گردد.

- سرفصل ها (حداکثر ۲۳ سر فصل، هر سرفصل ۱۲۸ کاراکتر یا حدوداً یک خط):

• مثالهای عملی از سیستمهای سایبر فیزیکال دیجیتال:
➢ شبکه آبیاری خودکار استرالیا
➢ دستگاه عیب یاب و شبیه ساز خودکار ایران خودرو
➢ میدان نفتی هوشمند
➢ شبکه هوشمند قدرت
• نکات فنی که در توسعه سیستمهای سایبر فیزیکال دیجیتال باید در نظر گرفته شوند:
➢ الگوریتمهای موجود تخمین و کنترل متمرکز می باشند
➢ زمان محاسباتی لازم جهت تکمیل این الگوریتمها هنگام بکارگیری آنها در سیستمهای ابعاد وسیع بسیار زیاد است
➢ امکان بکارگیری بر خط این الگوریتمها، که شرط لازم در سیستمهای سایبر فیزیکال است، منتفی است
➢ الگوریتمهای موجود تخمین و کنترل با فرض عدم وجود خطاهای محاسباتی و تاخیر محاسباتی توسعه یافته اند
➢ سیستمهای سایبر فیزیکال تحت تاثیر خطاهای محاسباتی و تاخیر محاسباتی هستند
• چالشهای اصلی در توسعه سیستمهای سایبر فیزیکال دیجیتال:

➢ نیازمندی به توسعه الگوریتمهای مبتنی بر محاسبات ابری که مسائل کنترل بهینه مقید با ابعاد بزرگ یا تخمین ابعاد بزرگ را در زمان اندکی توسط شبکه ای از پردازنده های توزیع شده با قدرت محاسباتی محدود از طریق محاسبات موازی حل می نمایند
• الگوریتمهای موجود محاسبات ابری برای مسائل کنترل بهینه یا تخمین ابعاد وسیع:
➢ روشهای مبتنی بر اجماع
➢ همگرایی و بهینه بودن این روشها
➢ پیچیدگی محاسباتی
➢ فیلتر کالمن انسمبل (ensemble Kalman filter)
• کاربرد تکنیکهای موجود در طراحی سیستمهای سایبرفیزیکال دیجیتال:
➢ شبکه آبیاری خودکار استرالیا
➢ دستگاه عیب یاب و شبیه ساز خودکار ایران خودرو
➢ میدان نفتی هوشمند
➢ شبکه قدرت هوشمند

- مراجع (حداکثر ۴ مراجع، وب سایت به عنوان مرجع درس درنظرگرفته نخواهد شد):

1- H. Song, D. B. Rawat, S. Jeschke and C. Brecher, Cyber Physical Systems: Foundations, Principles and Applications, Elsevier, 2016.

2- D. P. Bersekas and John Tsitsiklis, Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods, Athena Scientific, Belmont, Massachusetts, 1997.

3- A. Farhadi and A. Khodabandehlou, Distributed Model Predictive Control with Hierarchical Architecture for Communication: Application in Automated Irrigation Channels, *International Journal of Control*, 89(8), pp. 1725-1741, August 2016.

4- S. Bolognani and S. Zampieri, A Distributed Control Strategy for Reactive Power Compensation in Smart Microgrids, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2013.

- Course number:
- Course name: Embedded Cyber Physical Systems
- Course Type (Theory, Theory and Lab., Lab., With project): Theory
- Pre-requisite: None
- Level (Undergraduate, Graduate): Graduate
- Group: Digital Systems
- Type and max unit: Constant, 3
- Objectives:

Cyber physical systems are the integration of digital computation and control. The objective of this course is to familiarize students with embedded cyber physical systems, main challenges for the development of these systems and the design principles of cyber physical systems. This course studies the interaction between digital computation and control in cyber physical systems and the available computation and control co-design frameworks for balancing this interaction. This is achieved by focusing on the design principles of few available cyber physical systems.

- Topics:

• Practical examples of embedded cyber physical systems:
➢ Australia's automated irrigation network
➢ Iran Khodro automatic fault diagnosis system (Industry 4.0)
➢ Smart oil field
➢ Smart power grid
• Main issues to be considered in the development of cyber physical systems:
➢ The available estimation and control algorithms are centralized
➢ The available algorithms result in a very large computational complexity (computational time) for large scale systems
➢ We cannot implement the available control and estimation algorithms in real time, which is needed in cyber physical systems
➢ The available estimation and control algorithms have been developed without considering the effects of computational errors and latencies
➢ Cyber physical systems are subject to computational errors and latencies
• Main challenges in the development of cyber physical systems:
➢ The needs for the development of cloud computing algorithms that solve large scale optimal control problems subject to hard constraints or large

scale estimation problems in a short time using a network of distributed micro-controllers with limited memory and computational power via parallel computation
• Available cloud computing algorithms for large scale optimal control and estimation problems:
➢ Consensus-based methods
➢ Feasibility, convergence and optimality of the consensus-based methods
➢ Computational complexity (computational time)
➢ Ensemble Kalman filter
• Applications of the available techniques in the design of cyber physical systems:
➢ Australia's automated irrigation network
➢ Iran Khodro automatic fault diagnosis system (Industry 4.0)
➢ Smart oil field
➢ Smart power grid

- References:

1- H. Song, D. B. Rawat, S. Jeschke and C. Brecher, Cyber Physical Systems: Foundations, Principles and Applications, Elsevier, 2016.

2- D. P. Bersekas and John Tsitsiklis, Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods, Athena Scientific, Belmont, Massachusetts, 1997.

3- A. Farhadi and A. Khodabandehlou, Distributed Model Predictive Control with Hierarchical Architecture for Communication: Application in Automated Irrigation Channels, *International Journal of Control*, 89(8), pp. 1725-1741, August 2016.

4- S. Bolognani and S. Zampieri, A Distributed Control Strategy for Reactive Power Compensation in Smart Microgrids, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2013.