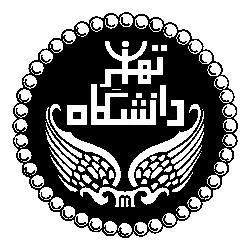
**بسمه تعالي**

****

****

**دانشگاهتهران**

**پرديس دانشکده هاي فني**

**دانشکده مهندسي برق و کامپیوتر**

**پيشنهاد و فرم حمايت از پايان‌نامه تحصيلات تكميلي**

**کارشناسي ارشد ■دکتري□**

****

**شماره مرجع**   **:**

\* **شماره مرجع، توسط معاونت پژوهشي پرديس دانشکده‌هاي فنّي هنگام صدور ابلاغ درج خواهد شد.**

**1- خلاصه اطلاعات پايان نامه**

**عنوان پايان نامه به زبان فارسي:**

**مدل‌سازی پیمانه‌ای و تحلیل صوری سیستم‌های سایبر-فیزیکی**

**عنوان پايان نامه به زبان انگليسي:**

Modular Modeling and Formal Analysis of Cyber-Physical Systems

**نوع پايان نامه: بنيادي کاربردي توسعه‌اي**

**پرديس/دانشكده: فنی دانشكده/گروه: مهندسی برق و کامپیوتر**

**مقطع تحصيلي : کارشناسی ارشد رشته و گرايش تحصيلي: کامپیوتر-نرم­افزار**

**تاريخ پيشنهاد: 14/7/1395 تاريخ تصويب:**

**2- اطلاعات اساتيد راهنما و مشاورين**

**نوع مسئوليت**

**نام و نام‌خانوادگي**

**مرتبه علمي**

**محل خدمت**

**امضاء**

**استاد راهنما (مجري)**

**استاد راهنماي دوم (حسب نياز)**

**استاد مشاور**

**استاد مشاور دوم (براي دکتري)**

**دکتر فاطمه قاسمی**

**استادیار**

**دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر**

**3- اطلاعات دانشجو**

**نام و نام‌خانوادگي: ایمان جهاندیده شماره دانشجويي:810194108 رشته و گرايش تحصيلي: کامپیوتر-نرم­افزار دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر مقطع تحصيلي: کارشناسی ارشد پست الكترونيك :** **jahandideh.iman@ut.ac.ir**

**تلفن ثابت: 02166437528 تلفن همراه:09358884765**

**4- مشخصات موضوعي پايان نامه**

**تعريف مسأله، هدف و ضرورت اجراي طرح (حداكثر سه صفحه)**

شاید به جرات بتوان گفت سیستم­های سایبر-فیزیکی[[1]](#footnote-1) توانایی این را دارند که بر انقلاب فناوری اطلاعات در قرن بیستم، سایه بیفکنند. از کاربردهای مهم و اساسی این سیستم­ها می­توان به کنترل ترافیک در سطح شهرها و کشورها، هواپیماهای کاملا خودکار و جراحی­های از راه­دور اشاره کرد.

سیستم­های سایبر-فیزیکی از ادغام فرایندهای محاسباتی و فیزیکی ایجاد می­شوند. در این سیستم­ها، رایانه­های نهفته[[2]](#footnote-2) از طریق شبکه­ها، فرآیندهای فیزیکی را کنترل می­کنند که معمولا همراه با حلقه­ی بازخورد[[3]](#footnote-3) است، به این معنی که فرآیندهای فیزیکی بر فرآیند­های محاسباتی تاثیر می­گذارند و بلعکس. به همین خاطر برای تحلیل و توسعه­ی این سیستم­ها نیاز به آگاهی از تعامل و اشتراک بین سیستم­ رایانه­ای، نرم­افزار­، شبکه و فرایند­های فیزیکی است.

سیستم­های سایبر-فیزیکی چند تفاوت کلیدی با سیستم­های نرم­افزاری دارند. در سیستم­های نرم­افزاری زمان اجرای یک دستور تنها مرتبط با کارایی سیستم است و نه درستی آن ولی در مقابل در سیستم­های سایبر-فیزیکی زمان اجرای یک دستور می­تواند برای درستی سیستم حیاتی باشد. همچنین فرآیند­های فیزیکی ترکیب رخداد چندین رویداد همزمان هستند، بر خلاف فرایندهای نرم­افزاری که به صورت گام­ها­ی متوالی اجرا می­شوند.

با توجه به کاربرد سیستم­های سایبر-فیزیکی در زمینه­های ایمنی-­مهم[[4]](#footnote-4) ،ارزیابی و بررسی این سیستم­ها به شدت حیاتی است. روش­های مبتنی بر مدل، یکی از روش­های اصلی در طراحی چنین سیستم­هایی است. این مدل­ها علاوه­ بر تعیین مشخصات سیستم، توانایی شبیه­سازی و بررسی آن را فراهم می­کنند.

استفاده از روش­های مبتنی بر مدل یک مزیت مهم دارد. مدل­ها می­توانند دارای ویژگی­های صوری باشند به این معنی که می­توان وجود یا عدم وجود یک ویژگی در مدل را اثبات کرد. اگر مدل ایجاد شده یک انتزاع مناسب از سیستم باشد، این ویژگی­های اثبات شده یک درجه­ی اطمینان نسبت به سیستم واقعی می­دهند که با توجه به کاربرد حیاتی این سیستم­ها، این اطمینان بسیار پرارزش است.

یکی از پایه­ای­ترین زبان­های مدل­سازی برای سیستم­های سایبر-فیزیکی، خودکاره­های ترکیبی[[5]](#footnote-5) است. این مدل می­تواند رفتارهای پیوسته (فیزیکی) و رفتارهای گسسته (سایبری) را توصیف کند. به طور خلاصه یک خودکاره­ی ترکیبی دارای چندین مکان برای مدل­کردن حالات گسسته سیستم و دارای چندین متغیر پیوسته و معادلات زمانی­ آن­ها برای بیان رفتار پیوسته­ی سیستم است.

با این همه مدل سازی یک سیستم سایبر-فیزیکی توسط این روش بسیار سخت،پیچیده و انعطاف­ناپذیر است. سیستم­های سایبر-فیزیکی بنا به تعریف دارای کامپونت­های (فیزیکی و سایبری) مختلفی هستند ولی در خودکاره­های ترکیبی نمی­توان این کامپونت­ها را به صورت پیمانه­ای[[6]](#footnote-6) به راحتی بیان کرد. همچنین برای مدل­سازی بخش محاسباتی به طور معمول از زبان­های امری[[7]](#footnote-7) استفاده می­شود که در خودکاره­های ترکیبی پشتیبانی نمی­شود (تمام متغیرها در این زبان اعداد حقیقی هستند ولی در محاسبات سایبری از متغیرهای گسسته استفاده می­شود). در نهایت سیستم­های سایبر-فیزیکی دارای بخش شبکه هستند که در خودکاره­های ترکیبی مدل کردن مفاهیمی چون صف، تاخیر در ارسال و تعریف ضرب­الاجل[[8]](#footnote-8) بسیار پیچیده است.

هدف از این پژوهش ارائه­ی یک چارچوب مناسب برای مدل­سازی سیستم­های سایبر-فیزیکی است به نحوی که بتوان تاثیرات شبکه و فرایند­های محاسباتی را به راحتی توصیف کرد. این چارچوب علاوه بر این لازم است قابلیت تحلیل مبتنی بر ریاضی را فراهم کند. همان­طور که گفته شد سیستم­های سایبر-فیزیکی از تعدادی مولفه محاسباتی تشکیل شده‌اند که از طریق شبکه با یکدیگر تعامل دارند. برای طراحی و درستی­یابی این سیستم نیاز به مدلی است که بتوان مفاهیم مربوط به بخش­های محاسباتی، شبکه و فیزیکی سیستم را به راحتی در آن تعریف کرد و همچنین این مدل ساختاری پیمانه­ای داشته باشد تا بتوان در طول فرایند طراحی و توسعه، با توجه به نیازمندی­ها جدید و بررسی­های انجام شده به راحتی مدل را تغییر داد.

**روشها و فنون اجرايي طرح**

* ارائه­ی چارچوب مدل­سازی مبتنی بر اکتور به منظور پشتیبانی از مدل­سازی بخش­های محاسباتی، شبکه و فیزیکی به صورت پیمانه‌ای
* ارائه مدل معنایی مناسب برای چارچوب به منظور تحلیل ویژگی‌های کیفی سیستم‌ها
* انجام مطالعه­ی موردی و ارزیابی روش با چارچوب‌های کنونی از لحاظ قابلیت مدل‌سازی و تحلیل (از دید بهینگی در تولید فضای حالت و دقت تحلیل) این‌گونه سیستم‌ها

**پيشينه تحقيق (همراه با ذکر منابع اساسي)**

در به [1] چالش­های ساخت مدل برای سیستم­های سایبر-فیزیکی پرداخته می­شود. اولین چالش، ترکیب بخش پیوسته­ی مدل با بخش گسسته­ی آن است که این ترکیب می­تواند سبب ایجاد عدم قطعیت در مدل شود حتی اگر سیستم مورد نظر قطعی باشد. همچنین حل بخش پیوسته بستگی به اندازه گام انتخاب شده برای حل­کننده­ی عددی دارد که این مقدار می­تواند در رفتار سیستم تاثیر بگذارد و مشکلی دیگری که ممکن است پیش بیاید، رفتار زینو[[9]](#footnote-9) است، به این معنی که تعداد نامحدودی رخداد در زمان محدود رخ می­دهند.چالش بعد بحث یکبارچگی مولفه­ها است به این معنی که با پیچیده­تر شدن مدل در طول پروسه­ی طراحی، باید بتوان تغییر در یک نوع از مولفه را به تمام نمونه­های آن نوع، اعمال کرد. چالش بعدی خطاهای موجود در مدل­سازی است که به سه نوع خطای واحد، خطای معنایی و خطای جابجاشدگی تقسیم می­شوند. خطای واحد مربوط به ناسازگاری دو مقدار متصل شده از نظر واحد اندازگیری است، مثلا اتصال میزان خروجی یک تانکر در واحد گالن به میزان ورودی تانکر دیگر در واحد کیلوگرم. خطای معنایی مربوط به اتصال دو مقدار با مفاهیم متفاوت است و خطای جابجاشدگی، خطا در جهت اتصال دو مقدار است. چالش­ دیگر تعامل کارکرد[[10]](#footnote-10) و بستر پیاده­سازی است. برای بررسی کامل­تر سیستم، نیاز است ویژگی­های بستر پیاده­سازی، همچون زمان محاسبه و جزئیات ارتباط شبکه، در نظر گرفته شود و این ویژگی­ها متعامد با کارکرد سیستم هستند و نباید در مدل کارکرد گنجانده شوند. در مقابل باید بتوان مدل کارکرد را با یک مدل پیاده­سازی ادغام کرد. دو چالش دیگر نیز مدل­سازی رفتار­های توزیع شده و مدل­سازی سیستم­های ناهمگون است.

چندین مدل معنایی پایه­ای برای سیستم­های ترکیبی وجود دارد. در [2] به بررسی و مقایسه سه مدل­ معنایی ارائه شده در زمینه­ی روش­های صورتی پرداخته می­شود. مدل اول سیستم گذار برچسب­دار ترکیبی (HLTS)[[11]](#footnote-11) که مشابه خودکاره­ ترکیبی است یعنی دارای یک مجموعه متغیر حقیقی برای توصیف رفتار پیوسته و یک مجموعه مکان برای توصیف رفتار گسسته است. برخلاف خودکاره­های ترکیبی که رفتار پیوسته توسط معادلات زمانی متغیر­ها در هر حالت توصیف می­شد، در این مدل رفتار سیستم در برچسب گذارها مشخص می­شود که این رفتار می­تواند یک رفتار گسسته یا پیوسته باشد. رفتار پیوسته توسط یک مسیر تعریف می­شود که در واقع یک تابع از یک بازه­ی زمانی به مقادیر متغیر­های حقیقی سیستم است. مدل بعد سیستم گذار معیاری (MTS)[[12]](#footnote-12) است که دارای یک جفت معیار برای اندازگیری به ترتیب فاصله­ی بین دو ورودی و فاصله­ی بین دو خروجی است. مدل نهایی، سیستم دنباله­ی حالت ترکیبی-زمانی (HSS)[[13]](#footnote-13) است. این مدل در واقع یک نگاشت از حالت اولیه سیستم و دنباله نمونه­برداری روی ورودی به یک دنباله­ی نمونه­برداری روی خروجی است. در ادامه به چند فرق اساسی این سه مدل پرداخته می­شود. HLTS و MTS هر دو از عدم­قطعیت پشتیبانی می­کنند ولی HSS چون به صورت یک تابع تعریف می­شود کاملا قطعی است. مدل HLTS به طور صریح، امکان تعریف کنش­های گسسته­ی قابل مشاهده را فراهم می­کند. HSS چنین قابلیتی ندارند ولی می­توان با استفاده از متغیر­های کمکی این امر را شبیه­سازی کرد. MTS دارای یک تعریف عمومی است و به طور طبیعی می­تواند چنین کنش­هایی را مدل کند. در HLTS مشاهدات روی گذار­ها صورت می­گیرد و حالات دارای اطلاعات قابل­ مشاهده نیستند. برای HSS تعریف مشخصی برای حالت و گذار وجود ندارد. اگر حالات، مقدار متغیرها در یک لحظه و گذارها، فاصله­ی زمانی دو نقطه فرض شوند، می­توان گفت HSS هم در حالات و هم در گذارها دارای اطلاعات قابل مشاهده است. MTS نیز بنا به تعریف (معیارها) دارای اطلاعات قابل مشاهده در گذارها و حالات است.

یکی از مدل­هایی که در ادبیات مهندسی کنترل توسعه یافته، سیستم­های ترکیبی احتمالی (SHS)[[14]](#footnote-14) [3] است. این مدل شامل تعامل­های گسسته، پیوسته و دینامیک­های احتمالی است. به خاطر کلی بودن، این مدل­ها کاربردهای فراوانی در زمینه­های شبکه­های ارتباطی، حمل و نقل و سیستم زیستی پیدا کرده­اند. در [4] یک مدل زمان گسسته­ برای SHS همراه با روش وارسی تقریبی آن، ارائه شده است. فضای حالت این مدل دارای مولفه­های گسسته و پیوسته است. مولفه­ی پیوسته برای یک مولفه­ی گسسته تعریف می­شود و حالت پیوسته­ی این مدل مطابق قوانین احتمالی مشخص شده در مولفه­ی گسسته­ی کنونی تغییر می­کند. یک گذار از یک مولفه­ی گسسته به مولفه­ی دیگر، می­تواند توسط یک قانون احتمالی دیگر رخ دهد که باعث ایجاد تغییر در قوانین حالت پیوسته می­شود.

برای مدل­سازی، شبیه­سازی ویا درستی­یابی سیستم­های ترکیبی ابزار­ها و چارچوب­ها مختلفی در [5, 6, 7, 8, 9, 10] ارائه شده است. Simulink [9] محیطی برای طراحی و شبیه­سازی سیستم­های نفهته است. این محیط دارای یک ویرایشگر برای طراحی و مدیریت نمودار­های بلاکی است. Simulink اجازه­ی ترکیب نمودار­ها به صورت سلسله مراتبی را می­هد. همچنین این محیط اجازه­ی مشاهده­ی نتیجه­ی شبیه­سازی در طول اجرا را می­دهد.LabVIEW [10] یک محیط توسعه­ی یکپارچه برای ساده­سازی و افزایش سرعت پروسه­ی طراحی و توسعه­ است. این محیط دارای یک زبان بصری و از مدل جریان­داده استفاده می­کند.

ابزار SpaceEx [6] یک ابزار درستی­یابی برای سیستم­های ترکیبی است. هدف در این ابزار اثبات یک ویژگی ایمنی در مدل سیستم است. SpaceEx دارای سه بخش ویرایشگر مدل برای ویرایش مدل­ سیستم به صورت بصری، هسته­ی آنالیز برای بررسی مدل با توجه به پارامتر­های ورودی و رابط وب، یک رابط گرافیکی برای استفاده آسان از هسته­ی آنالیز و مشاهده نتیجه خروجی است. مدل پایه­ی این ابزار خودکاره­ی ترکیبی است و برای ماژولار کردن مدل، مفاهیم مولفه­ی پایه و مولفه­ی شبکه در این ابزار وجود دارد. مولفه­ی پایه در واقع یک خودکاره­ی ترکیبی است و مولفه­ی شبکه، از اتصال چند مولفه­ (پایه یا شبکه) ایجاد می­شود. ارتباط بین مولفه­ها به صورت برچسب­های همگام­سازی روی گذارهای مولفه­ی پایه بیان می­شود. برای درستی­یابی مدل چند الگوریتم دسترسی­یابی در ابزار تعبیه شده است.

چارچوب Ptolemy [11] در پاسخ به چالش­های [1] توسعه یافته است که این چارچوب مبتنی بر اکتور است. در این چارچوب از مفهوم مدل محاسباتی استفاده شده است که به معنی مجموعه قوانین مربوط روی اجرای همروند مولفه­ها و طریقه­ی ارتباط بین آن­ها است. در Ptolemy مدل­های محاسباتی مختلفی از جمله ماشین­ حالت متناهی[[15]](#footnote-15)، زمان پیوسته، واکنشی-سکنرون[[16]](#footnote-16)، گسسته رخداد[[17]](#footnote-17) و جریان داده­ای[[18]](#footnote-18) گنجانده شده است. برای ایجاد مدل­های ناهمگون، از اکتورهای سلسله مراتبی استفاده می­شود که هر اکتور مرکب شامل یک کارگردان[[19]](#footnote-19) و چندین اکتور دیگر است. کارگردان در مدل، درواقع همان مفهوم مدل محاسباتی است که با تغییر کارگردان می­تواند رفتار مدل را تغییر داد. تمرکز اصلی این چارچوب برمدل­سازی و شبیه­سازی سیستم­های ناهمگون است و مدل معنایی صوری برای Ptolemy تعریف نشده است. در [12] یک مدل معنایی صوری پیمانه­ای برای Ptolemy ارائه شده است. ولی این مدل معنایی برای رفتار اجرایی (شبیه­سازی) Ptolemy است و به طور مستقیم برای استفاده در اثبات­های مبتنی بر ریاضی مناسب نیست. با توجه به پشتیبانی از مدل­های محاسباتی متعدد و دانه­ریز بودن اکتور­های پایه، ارائه یک مدل معنایی صوری که بتوان تمام مدل­های محساباتی را به طور یکپارچه بیان کرد، کاری بسیار پیچیده­ای است.

Timed Rebeca [13] یک نسخه­ی گسترش­یافه­ی [14] برای مدل­سازی و شبیه­سازی سیستم­های غیرسکنرون بی­درنگ گسسته است. این زبان مبتنی بر اکتور است و علاوه بر مفاهیم ایجاد اکتور، ارسال پیغام و پردازش پیغام دارای مفاهیم زمانی چون زمان پردازش،تاخیر در دریافت پیغام و زمان انقضای پیغام می­باشد.در این زبان هر پیغام دارای دو برچسب زمان و ضرب­الاجل است. برچسب زمان، مقدار زمان ارسال پیغام بعلاوه­ی مقدار تاخیر پیغام (در صورت وجود) است. برچسب ضرب­الاجل نیز مشخص­کننده­ی حداکثر زمان معتبر بودن پیغام است. این زبان مدل مناسبی برای توصیف بخش­های محاسباتی و شبکه­ی سیستم­های سایبر-فیزیکی ارائه می­کند، به خصوص مبتنی بر اکتور بودن این زبان توانایی بازاستفاده­ی بالایی به مدل ساخته شده می­دهد. با این حال این زبان برای مدل­سازی رفتار پیوسته، مفهومی ارائه نمی­دهد.

# **مراجع**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | P. Derler, E. A. Lee and A. L. Sangiovanni-Vincentelli, "Modeling Cyber-Physical Systems," *Proceedings of the IEEE,* vol. 100, pp. 13-28, 2012. |
| [2] | N. Khakpour and M. R. Mousavi, "Notions of Conformance Testing for Cyber-Physical Systems: Overview and Roadmap (Invited Paper)," in *26th International Conference on Concurrency Theory, CONCUR 2015, Madrid, Spain, September 1.4, 2015*, 2015. |
| [3] | J. Hu, J. Lygeros and S. Sastry, "Towards a Theory of Stochastic Hybrid Systems," in *Hybrid Systems: Computation and Control: Third International Workshop, HSCC 2000 Pittsburgh, PA, USA, March 23--25, 2000 Proceedings*, N. Lynch and B. H. Krogh, Eds., Berlin, Heidelber: Springer Berlin Heidelberg, 2000, pp. 160-173. |
| [4] | A. Abate, J.-P. Katoen, J. Lygeros and M. Prandini, "Approximate Model Checking of Stochastic Hybrid Systems," *European Journal of Control,* vol. 16, pp. 624-641, 2010. |
| [5] | D. A. van Beek, W. Fokkink, D. Hendriks, A. Hofkamp, J. Markovski, J. M. van de Mortel-Fronczak and M. A. Reniers, "CIF 3: Model-Based Engineering of Supervisory Controllers," in *Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems - 20th International Conference, TACAS 2014, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2014, Grenoble, France, April 5-13, 2014. Proceedings*, 2014. |
| [6] | G. Frehse, C. L. Guernic, A. Donzé, S. Cotton, R. Ray, O. Lebeltel, R. Ripado, A. Girard, T. Dang and O. Maler, "SpaceEx: Scalable Verification of Hybrid Systems," in *Computer Aided Verification - 23rd International Conference, CAV 2011, Snowbird, UT, USA, July 14-20, 2011. Proceedings*, 2011. |
| [7] | A. Platzer and J.-D. Quesel, "KeYmaera: A Hybrid Theorem Prover for Hybrid Systems (System Description)," in *Automated Reasoning, 4th International Joint Conference, IJCAR 2008, Sydney, Australia, August 12-15, 2008, Proceedings*, 2008. |
| [8] | M. Althoff, "An Introduction to CORA 2015," in *1st and 2nd International Workshop on Applied veRification for Continuous and Hybrid Systems, ARCH@CPSWeek 2014, Berlin, Germany, April 14, 2014 / ARCH@CPSWeek 2015, Seattle, WA, USA, April 13, 2015.*, 2015. |
| [9] | C.-M. Ong, Dynamic simulation of electric machinery: using MATLAB/SIMULINK, vol. 5, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, 1998. |
| [10] | L. K. Wells and J. Travis, LabVIEW for everyone: graphical programming made even easier, Prentice-Hall, Inc., 1996. |
| [11] | C. Ptolemaeus, System Design, Modeling, and Simulation: Using Ptolemy II, Ptolemy. org Berkeley, 2014. |
| [12] | S. Tripakis, C. Stergiou, C. Shaver and E. A. Lee, "A modular formal semantics for Ptolemy," *Mathematical Structures in Computer Science,* vol. 23, pp. 834-881, 2013. |
| [13] | A. H. Reynisson, M. Sirjani, L. Aceto, M. Cimini, A. Jafari, A. Ingólfsdóttir and S. H. Sigurdarson, "Modelling and simulation of asynchronous real-time systems using Timed Rebeca," *Science of Computer Programming,* vol. 89, pp. 41-68, 2014. |
| [14] | M. Sirjani, A. Movaghar, A. Shali and F. S. de Boer, "Modeling and Verification of Reactive Systems using Rebeca," *Fundamenta Informaticae,* vol. 63, pp. 385-410, 2004. |

**5- مصوبه شوراي پژوهشي و تحصيلات تکميلي‌ ‌دانشکده مهندسي برق و کامپیوتر**

**5-1- فرم پيشنهاد و حمايت از پايان‌نامه در تاريخ ………………… در شوراي پژوهشي و تحصيلات تکميلي‌ ‌دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر مطرح و نظر شورا به شرح زير اعلام مي‌شود:**

**تصويب شد نياز به اصلاح دارد به تصويب نرسيد**

**5-2- عنوان طرح جامع تحقيقات استاد راهنما:**

**طراحی، مدل­سازی، پیاده­سازی و ارزیابی سیستم­های نرم­افزاری**

**امضا استاد راهنما**

**5-3- آيا پايان نامه پيشنهادي مرتبط با طرح جامع تحقيقات استاد راهنما/مشاور/گروه آموزشي/**

**دانشكده مي باشد:**

**بلي خير**

**امضاء رئيس / معاون پژوهشي و تحصيلات تکميلي ‌دانشکده مهندسي مهندسی برق و کامپیوتر**

**تاريخ:**

**شماره:**

**تاريخ:**

**معاون محترم آموزشي و تحصيلات تکميلی پرديس دانشکده هاي فنی**

**با سلام و احترام,**

**فرم پيشنهاد و حمايت از پايان‌نامه کارشناسي ارشد آقاي ایمان جهاندیده**

**با عنوان مدل‌سازی پیمانه‌ای و تحلیل صوری سیستم‌های سایبر-فیزیکی**

**به راهنمايي آقاي / خانم دکتر .................................**

**در شوراي پژوهشي و تحصيلات تکميلي دانشکده مهندسي برق و کامپیوتر مورخ .................... به تصويب رسيد.**

**خواهشمند است دستور فرماييد اقدامات مقتضي انجام شود.**

**امضاء رئيس / معاون پژوهشي و تحصيلات تکميلي دانشکده مهندسي مهندسی برق و کامپیوتر**

**شماره:**

**تاريخ:**

**معاون محترم پژوهشي پرديس دانشکده هاي فنی**

**با سلام و احترام ,**

**به پيوست فرم پيشنهاد و حمايت از پايان‌نامه تحصيلات تكميلي با مشخصات مذکور که به تصويب شوراي پژوهشي وتحصيلات تکميلي دانشکده مهندسي برق و کامپیوتر رسيده است، جهت دستور اقدام مقتضي تقديم مي‌شود.**

**امضاء معاون آموزشي و تحصيلات تکميلي پرديس دانشکده هاي فنّی**

**رونوشت: معاون محترم پژوهشي و تحصيلات تکميلي دانشکده مهندسي برق و کامپیوتر : جهت اطلاع و پيگيري**

1. Cyber-Physical System [↑](#footnote-ref-1)
2. Embedded [↑](#footnote-ref-2)
3. Feedback Loop [↑](#footnote-ref-3)
4. Safety-Critical [↑](#footnote-ref-4)
5. Hybrid Automata [↑](#footnote-ref-5)
6. Modular [↑](#footnote-ref-6)
7. Imperative [↑](#footnote-ref-7)
8. Deadline [↑](#footnote-ref-8)
9. Zeno [↑](#footnote-ref-9)
10. Functionality [↑](#footnote-ref-10)
11. Hybrid Labeled Transition System [↑](#footnote-ref-11)
12. Metric Transition System [↑](#footnote-ref-12)
13. Hybrid-Timed State Sequence System [↑](#footnote-ref-13)
14. Stochastic Hybrid System [↑](#footnote-ref-14)
15. Finite Transition System [↑](#footnote-ref-15)
16. Synchronous-Reactive [↑](#footnote-ref-16)
17. Discrete Event [↑](#footnote-ref-17)
18. Data Flow [↑](#footnote-ref-18)
19. Director [↑](#footnote-ref-19)