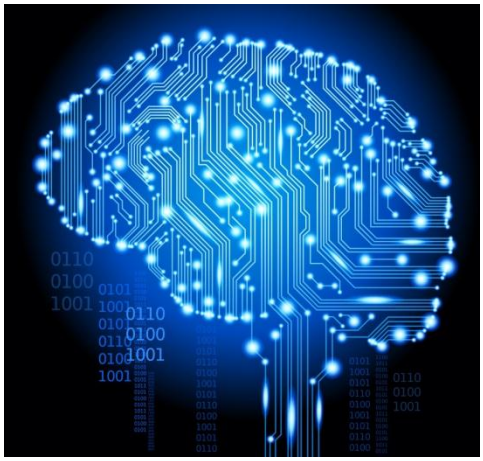
به نام خدا



مدلسازی و بهینه‌سازی با استفاده از هوش مصنوعی

امین آرامش

مهرماه ۹۳

فهرست مطالب

مقدمه ۳

چرا مدلسازی؟ ۳

چرا هوش مصنوعی؟ ۴

فرایند مدلسازی یک سیستم با استفاده از هوش مصنوعی ۴

مثالهایی برای مدلسازی ۶

الف) پیشبینی مصرف گاز ۶

ب) تشخیص تومور مغزی ۸

پ) کمک کننده خلبان هواپیمای بدون سرنشین ۹

ت) مدلسازی ضرایب آیرودینامیک بال هواپیما ۹

بهینه کردن سیستمها ۱۰

مثالهایی برای بهینه سازی ۱۱

الف) تعیین شرایط بهینه برای پرواز هواپیمای بدون سرنشین ۱۱

ب) بهینه کردن بال هواپیما ۱۲

سخن آخر ۱۳

مراجع ۱۳

مقدمه

رشد روزافزون تکنولوژی و از سوی دیگر محدود بودن منابع در کره زمین، حرکت به سمت بهینه‌سازی سیستم‌ها را به امری ضروری تبدیل کرده است. حرکت به این سمت به نحوی که با صرف کمترین زمان و هزینه ممکن، بهترین نتیجه حاصل گردد هدف تعیین شده برای بهینه‌سازی سیستم‌ها محسوب می‌شود. بعلاوه برای بررسی رفتار یک سیستم در بسیاری از موارد لازم است مدلی از آن سیستم ساخته شود، این مدلها امروزه نقش بسیار پررنگی در شناسایی و تحلیل رفتارهای سیستم‌ها دارند. در همین راستا، نوشتار حاضر به معرفی اجمالی تکنیک‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با هدف مدل‌سازی و بهینه‌سازی سیستم‌ها می‌پردازد.

چرا مدلسازی؟

برای فهم رفتار یک سیستم همیشه نمی‌توان از سیستم واقعی استفاده کرد و اغلب نیاز است به منظور نیل به اهداف تعیین شده مدلی از رفتار یک سیستم ایجاد گردد. یک سیستم می‌تواند یک رابطه تحلیلی[۱] یا یک نرم افزار تخصصی که مجموعه‌ای از شرایط واقعی را شبیه‌سازی می‌کند[۲] و یا یک مدل آزمایشگاهی از یک پدیده فیزیکی باشد. برای فلسفه ایجاد مدل‌ها می‌توان این دو مورد را ذکر کرد: محدودیت در زمان و هزینه. مادامی که با توجه به هدف تعیین شده محدودیتی در زمان و هزینه وجود نداشته باشد و امکان استفاده از خود سیستم باشد، لزومی به استفاده از مدل آن نخواهد بود و می‌توان با بررسی واقعیت سیستم به نتایج دلخواه دست یافت. با این وجود با توجه به نیازهای بوجود آمده، امروزه مدلسازی کاربرد بسیار وسیعی پیدا کرده است و مدلها در پیشرفت علوم مختلف نقش بسیار پررنگی دارند. با این حال باید به این نکته نیز توجه داشت که در مدل‌سازی علیرغم وجود مزایای زیاد، احتمال کاهش دقت نیز وجود دارد[۳].

---

[۱] $y = f(x)$

[۲] مانند نرم افزار Fluent که برای مدلسازی رفتار سیال به کار می‌رود.

[۳] George Box: "All models are wrong, some are useful."

چرا هوش مصنوعی؟

هوش مصنوعی بدون شک یکی از پرکابردترین ابزارهای مدل‌سازی و بهینه‌سازی می‌باشد که استفاده از آن در علوم مختلف روزبه روز در حال افزایش است. روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی از فرایندها و الگوریتم-های موجود در طبیعت الهام گرفته شده‌اند. قدرت هسته این الگوریتم‌ها در کنار سرعت کامپیوترها، ابزاری بسیار قدرتمند فراهم کرده است، پاره‌ای از مزایای روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی که باعث کاربرد وسیع آن شده، بدین ترتیب است:

- خطای کمتر در مقایسه با سایر روش‌های مدلسازی
- قابلیت غلبه کردن[۴] بر عدم قطعیت[۵] داده‌ها در موارد استفاده از داده‌های عددی
- قابلیت شناسایی داده‌های ناطمئن و حذف آنها از فرایند مدلسازی
- ...

فرایند مدلسازی یک سیستم با استفاده از هوش مصنوعی

در این بخش روش استفاده از هوش مصنوعی به منظور مدلسازی رفتار یک سیستم ارائه می‌شود. در مطالعات بسیار زیاد انجام شده بر مبنای مدلسازی با استفاده از هوش مصنوعی، روش‌های متنوعی مورد استفاده قرار گرفته است، با این حال مراحل ساخت یک مدل بر مبنای این الگوریتم‌ها را به صورت مختصر می‌توان بدین ترتیب ارائه کرد:

۱- **مشخص کردن ورودی‌ها و خروجی‌ها**: هر سیستمی دارای مجموعه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌هاست. نخست لازم است خروجی‌های مورد هدف برای سیستم مشخص شوند و بر اساس آن ورودی‌هایی موجود و موثر بر آنها نیز شناسایی شوند.

---

[۴] Handle

[۵] Uncertainty

۲- **جمع‌آوری داده مورد نیاز:** در این مرحله بر اساس ورودیها و خروجی‌های تعریف شده در مرحله قبل، داده‌های موجود برای مدل‌سازی جمع‌آوری می‌شوند. جمع‌آوری داده می‌تواند بسته به جنس سیستم و منبع کسب داده از روش‌های مختلفی انجام شود، همچنین در این مرحله تمامی پارامترها به صورت کمی درخواهند آمد. هدف این مرحله، تهیه جدولی مطابق جدول زیر می‌باشد. در این مرحله ممکن است تعدادی از پارامترها برای تبدیل شدن به عدد از یک مرحله کمی‌سازی نیز عبور کرده باشند. مسلما هرچه تعداد داده‌ها و دقت آنها بیشتر باشد، مدل بهتری ایجاد خواهد شد.

ردیف داده	ورودی اول	ورودی دوم	...	ورودی nام	خروجی اول	خروجی دوم	...	خروجی mام
۱								
۲								
۳								
...								

۳- **تقسیم داده به دسته‌های آموزشی و تست:** دسته‌ای از داده‌های جمع‌آوری شده به عنوان داده‌های آموزشی درنظر گرفته می‌شوند (معمولا حدود ۸۰ درصد کل داده‌ها) و باقی مانده داده‌ها نیز برای تست مدل استفاده خواهند شد. در سیستم‌هایی که رفتاری با الگوهای متغیر دارند، در تقسیم‌بندی داده‌ها گلچین مناسبی برای آموزش در اختیار مدل قرار خواهد گرفت تا آموزش الگوهای رفتاری مختلف سیستم به بهترین نحو صورت گیرد.

۴- **آموزش مدل:** این مرحله شامل استفاده از تکنیک‌های مختلف هوش مصنوعی به منظور دستیابی به بهترین مدل با کمترین خطا در مقایسه با داده‌های واقعی می‌باشد. در این مرحله آموزش مدل بر مبنای

داده‌های آموزشی انجام می‌شود تا پس از ساخت مدل، برای تست آماده شود. مدل ساخته شده در این مرحله ورودی‌های سیستم را دریافت و خروجی متناظر با آن را تولید می‌کند به نحوی که این خروجی بسیار شبیه خروجی سیستم واقعی است.

۵- **تست مدل:** مدل ساخته شده با استفاده از داده‌های تست، مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت تا میزان دقت آن مشخص شود. مدل در حین آموزش، داده‌های تست را مشاهده نکرده است و بدین ترتیب جوابی که به داده‌های تست خواهد داد، همان میانگین خطایی را خواهد داشت که در هنگام استفاده از آن در عمل بوجود می‌آید.

۶- **ارائه مدل به عنوان شبیه‌ساز رفتار سیستم و استفاده از آن:** پس از آموزش و تست، مدل برای استفاده آماده است و می‌تواند با توجه به اهداف تعریف شده مورد استفاده قرار گیرد.

مثالهایی برای مدل‌سازی

پس از معرفی مختصر مقدمات بحث و همچنین مراحل مدلسازی، در این قسمت تعدادی از کاربردهای این روش در حیطه‌های مختلف ارائه می‌شود؛ برای حفظ اختصار، برای مورد اول مراحل ساخت مدل به تفکیک معرفی شده در قسمت قبل ارائه می‌شود و برای سایر مثال‌ها خلاصه‌ای از فرایند ساخت مدل بیان خواهد شد.

الف) پیش‌بینی مصرف گاز

پیش‌بینی مصرف گاز با توجه به مزایا و صرفه‌جویی مالی زیادی که دارد در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است و با توجه به قدرت مدلسازی هوش مصنوعی، علاقه پژوهشگران به استفاده از روش‌های مبتنی بر این ابزار به طرز چشمگیری افزایش یافته است. در ادامه، مراحل ساخت مدل برای پیش‌بینی مصرف گاز ارائه می‌شوند.

۱- **مشخص کردن ورودی‌ها و خروجی‌ها**: در مثالی که معرفی می‌شود خروجی سیستم، پیش‌بینی میزان مصرف گاز برای روز آینده می‌باشد. به این ترتیب تعدادی از ورودی‌های این سیستم از این قرار خواهند بود[۶]: میزان مصرف گاز امروز، میزان مصرف گاز دیروز، مصرف گاز دو روز قبل، دمای هوای امروز، پیش‌بینی دمای هوای فردا، پیش‌بینی وضعیت وضعیت بارش فردا، روزِ هفته (الگوی مصرف در روزهای مختلف هفته تغییر پیدا می‌کند)[۷]. بنابراین سیستم شامل تعداد زیادی ورودی و یک خروجی می‌باشد.

۲- **جمع‌آوری داده مورد نیاز:**

همانطور که گفته شد، جدولی مطابق زیر برای این سیستم تولید خواهد شد که شامل داده‌های جمع‌آوری شده از سیستم خواهد بود.

ردیف داده	مصرف گاز امروز	مصرف گاز دیروز	مصرف گاز دوروزپیش	دمای هوای امروز	پیشبینی دمای فردا	وضعیت بارش فردا	روزِ هفته	میزان مصرف گاز فردا
۱								
۲								
۳								
...								

[۶] ورودی‌های بسیار زیادی می‌تواند به عنوان ورودی برای پیش‌بینی مصرف گاز یک روز آینده موثر باشند، ولی در این قسمت برای معرفی روش در قالب مثال پیش‌بینی مصرف گاز تنها تعدادی از آنها ذکر شده است.

[۷] اگر هدف از پیش‌بینی، بازه زمانی هفتگی بود قطعا ورودی‌های دیگری برای سیستم درنظر گرفته می‌شد.

۳- **تقسیم داده به دسته آموزشی و تست:** با توجه به تفاوت الگوهای مصرف در فصول مختلف، باید ترکیب مناسبی از داده‌های فصل‌های مختلف به عنوان داده‌ی آموزشی استفاده شود تا مدل به بهترین نحو آموزش یابد.

۴- **آموزش مدل:** آموزش مدل بر مبنای داده‌ها به نحوی صورت می‌گیرد که کمترین خطای ممکن تولید شود. برای آموزش بهتر مدل، می‌توان از چندین مدل استفاده کرد به نحوی که هر مدل برای پیش‌بینی در یک محدوده دمایی هوا مورد استفاده قرار گیرد.

۵- **تست مدل:** برای تست مدل نیز ترکیبی از داده‌ها در فصل‌های مختلف مورد استفاده قرار خواهد گرفت تا از صحت عملکرد مدل در شرایط مختلف اطمینان حاصل گردد.

۶- **ارائه مدل به عنوان شبیه‌ساز رفتار سیستم و استفاده از آن:** مدل ساخته شده، پس از ارزیابی با استفاده از داده‌های تست می‌تواند برای پیش‌بینی مورد استفاده قرار گیرد.

ب) تشخیص تومور مغزی

خروجی این سیستم تشخیص نوع تومور با استفاده از اسکن مغز می‌باشد. بر این اساس ورودی‌های این سیستم، شکل توده مغزی بر اساس پردازش تصویر انجام شده از عکس رادیولوژی، سن بیمار و علائم بالینی بیمار خواهند بود. این سیستم می‌تواند به عنوان یک تشخیص‌دهنده در کمک به انجام تشخیص درست نوع تومور مغزی مورد استفاده قرار گیرد. تمامی ورودی‌های این سیستم باید به صورت عدد درآمده و جدول داده مطابق آنچه در بخش‌های قبل گفته شد برای آن تشکیل شود. مراحل آموزش و تست مدل نیز با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده مطابق آنچه گفته شد، انجام می‌شود.

پ) کمک کننده خلبان هواپیمای بدون سرنشین

در این مدل خروجی سیستم، یک پیغام متنی برای خلبان خواهد بود تا در تصمیم‌گیری به او کمک کند. ورودی‌های این سیستم شرایط مختلف پروازی و همچنین سایر شرایط محیطی که بر تصمیم‌گیری در مورد پرنده بدون سرنشین موثر هستند، خواهند بود. برای آموزش این سیستم می‌توان از داده‌های واقعی پرواز و یا پرواز با استفاده از شبیه‌ساز[۸] پرواز استفاده کرد. بدین ترتیب این مدل می‌تواند در صورت درخطر بودن پرنده بدون سرنشین در شرایط خاص، با ارائه پیغام‌های مناسب از وقوع حادثه جلوگیری کند و خصوصا در تست‌های اولیه تا حد زیادی باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها شود.

ت) مدلسازی ضرایب آیرودینامیک بال هواپیما

برای بدست آوردن ضرایب مختلف آیرودینامیکی برای یک بال هواپیما می‌توان از تست‌های تونل باد و تست آزمایشگاهی استفاده کرد، اما در حالتی که هدف بررسی تعداد حالات بسیار زیاد در هنگام طراحی باشد، این فرایند بسیار هزینه‌بر خواهد بود. بعلاوه می‌توان از مدلسازی عددی نیز برای بدست آوردن این ضرایب استفاده کرد، اما این مدلسازی نیز نیاز به زمان زیادی دارد. برای فهم این موضوع کافی است تصور کنیم در صورتی که ۱۵ پارامتر موثر برای بررسی وجود داشته باشد و هریک تنها ۱۰ حالت داشته باشد تعداد حالاتی که باید توسط روش عددی مورد بررسی قرار گیرد ۵۷۶,۶۵۰,۳۹۰,۶۲۵ حالت است که زمان بسیار زیادی برای بررسی تمام این حالات با استفاده از روش‌های مکانیک سیالات عددی[۹] نیاز است. از این رو با استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر هوش مصنوعی[۱۰] تعداد محدودی از آنها توسط داده آزمایشگاهی و یا مدل عددی تولید می‌شود و سپس جدول مربوطه تولید شده و بر اساس آن مدل هوش مصنوعی به نحوی تولید خواهد شد که مدلی برای رفتار سیستم ارائه کند. بدین ترتیب سیستم هوش مصنوعی تولیدشده می‌تواند به عنوان

---

[۸] Simulator

[۹] CFD

[۱۰] پس از آموزش مدل‌های هوش مصنوعی، این مدل‌ها زمان بسیار کوتاهی برای ارائه پاسخ بازاری یک دسته ورودی خاص نیاز دارند.

مبنا برای بدست آوردن ضرایب آیرودینامیک بال‌های مختلف استفاده شود و با توجه به اینکه مبنای تولید مدل، داده‌های تولیدشده توسط مدل تونل باد و یا مدل عددی همان بال است، دقت بسیار زیادی در محاسبه این ضرایب با استفاده از مدل هوش مصنوعی وجود خواهد داشت[۱۱].

بهینه کردن سیستم‌ها

در این قسمت مراحل بهینه‌سازی یک سیستم معرفی می‌شود. همانند قسمت مدل‌سازی مراحل کلی به صورت مختصر ارائه می‌شود و در ادامه‌ی آن با ارائه مثال‌هایی کاربردی سعی خواهد شد تا روش بهینه‌سازی با استفاده از هوش مصنوعی به نحو مطلوبی ارائه گردد. با توجه به اینکه فرایند بهینه‌سازی می‌تواند در ادامه روند مدلسازی یک سیستم قرار داشته باشد، نامگذاری مراحل نیز در ادامه مراحل مدلسازی آورده شده است.

۷- **تعیین خروجی/خروجی‌های هدف برای بهینه‌سازی**: در این مرحله خروجی و یا خروجی‌هایی که قرار است بهینه شوند مشخص می‌شود. در حالتی که بیش از یک خروجی برای بهینه‌سازی مدنظر است، بهینه‌سازی برای یافتن حالت بهینه با درنظر گرفتن چند خروجی عمل خواهد کرد و ممکن است حالت بهینه با حالت بهینه‌سازی جداگانه آن خروجی‌ها متفاوت باشد.

۸- **تعیین ورودی‌های مورد نظر برای بهینه‌سازی و دامنه آنها**: در این مرحله دامنه تغییرات برای کلیه ورودی‌ها مشخص خواهد شد، این دامنه بوسیله حد پایین و بالا برای آن ورودی مشخص می‌شود که تغییرات ورودی در این دامنه خواهد بود. همیشه تمامی ورودی‌های یک سیستم قابل تغییر توسط کاربر نیستند و طبیعتا نمی‌توان روی دامنه‌ی این ورودی‌ها برای یافتن خروجی بهینه جستجو کرد. بعلاوه در

[۱۱] مدلی که از این روش برای بدست آوردن ضرایب آیرودینامیک ساخته می‌شود می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی برای نرم‌افزارهای موجود (با کاربرد بدست آوردن ضرایب آیرودینامیک) باشد و با توجه به اینکه از داده‌های واقعی و بر مبنای همان بال خاص برای ساخت مدل استفاده شده، دقت بسیار بالایی نیز خواهد داشت.

حالاتی ممکن است از میان ورودی‌های در دسترس تنها تعداد محدودی برای یافتن بهینه مورد جستجو قرار گیرد.

۹- **جستجوی بر روی بازه‌های تعریف شده ورودی‌ها:** این مرحله شامل جستجو بر روی دامنه‌ی ورودی‌های مشخص شده برای یافتن حالت بهینه است. به این ترتیب حالت بهینه با توجه به دامنه ورودی-های مشخص شده بدست خواهد آمد.

۱۰- **ارائه مقادیر بهینه برای ورودی‌های تعریف شده و مقدار متناظر برای خروجی/خروجی‌ها:** مقدار بهینه برای خروجی و یا خروجی‌ها و همچنین مقادیر ورودی‌های منتاظر با آن/آنها در این مرحله ارائه می‌شود. خروجی این مرحله معیار عمل در واقعیت خواهد بود.

مثالهایی برای بهینه سازی

در این قسمت دو مثال برای بهینه‌سازی بر اساس روش معرفی شده، ارائه می‌شود.

الف) تعیین شرایط بهینه برای پرواز هواپیمای بدون سرنشین

- **تعیین خروجی/خروجی‌های هدف برای بهینه‌سازی**: خروجی‌های مورد نظر برای بهینه‌سازی در این سیستم شرایط پروازی بهینه برای پرنده است به نحوی که بیشترین ایمنی را در برابر تهدیدات دشمن داشته باشد.

۸- **تعیین ورودی‌های مورد نظر برای بهینه‌سازی و دامنه آنها:** همانطور که گفته شد تمامی ورودی‌ها برای بهینه‌سازی در دسترس نیستند، به عنوان مثال در این سیستم قدرت مانور و یا قدرت آتش دشمن در دسترس نیستند و بدین ترتیب بهینه‌سازی بر روی ورودی‌های در دسترس همچون سرعت و ارتفاع پرنده انجام خواهد شد. دامنه این ورودی‌ها نیز با توجه به طراحی پرنده بدون سرنشین مشخص می‌شود.

۹- **جستجوی بر روی بازه‌های تعریف شده ورودی‌ها:** در این مرحله با توجه به دامنه تعریف شده و خروجی مشخص شده (بیشترین ایمنی در پرواز) مقادیر بهینه برای سرعت و ارتفاع پرنده مشخص خواهند شد.

۱۰- **ارائه مقادیر بهینه برای ورودی‌های تعریف شده و مقدار متناظر برای خروجی/خروجی‌ها:** بیشترین میزان ایمنی برای پرواز پرنده و همچنین مقادیر سرعت و ارتفاع متناظر با آن در این مرحله ارائه خواهد شد که این مقادیر در عمل برای پرنده بدون سرنشین مورد استفاده خواهد بود.

ب) بهینه کردن بال هواپیما

۷- **تعیین خروجی/خروجی‌های هدف برای بهینه‌سازی**: خروجی‌های مورد نظر برای بهینه‌سازی در این سیستم ضریب نیروی برآ[۱۲] و ضریب نیروی پسا[۱۳] است[۱۴] به نحوی که اولی بیشینه و دومی کمینه شود.

۸- **تعیین ورودی‌های مورد نظر برای بهینه‌سازی و دامنه آنها:** در این سیستم ورودی‌هایی که بر روی دامنه آنها برای یافتن خروجی‌های بهینه جستجو می‌شود پارامترهای هندسی بال (چندین ورودی) و همچنین زاویه نصب بال است.

۹- **جستجوی بر روی بازه‌های تعریف شده ورودی‌ها:** با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی بر روی دامنه ورودی‌های مشخص شده جستجو می‌شود و مقادیر بهینه برای خروجی‌ها و همچنین مقادیر ورودی-های متناظر بدست می‌آید.

۱۰- **ارائه مقادیر بهینه برای ورودی‌های تعریف شده و مقدار متناظر برای خروجی/خروجی‌ها:** مقادیر بهینه برای ضریب‌های مشخص شده و همچنین مقادیر ورودی‌های متناظر با آن مشخص خواهد شد. این مقادیر در عمل می‌توانند برای طراحی بال مورد استفاده قرار گیرند.

---

[۱۲] C_L

[۱۳] C_D

[۱۴] برای بهینه کردن بال هواپیما ممکن است پارامترهای دیگری نیز به عنوان هدف بهینه‌سازی قرار گیرند.

سخن آخر

در نوشتار حاضر شاکله اصلی مدل‌سازی و بهینه‌سازی با استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به همراه مثال‌هایی ارائه گردید. بدون شک علاوه بر کاربردهای گفته شده، می‌توان با استفاده از نظرات کارشناسان صنایع مختلف کاربردهای متعدد دیگری با هدف مدل‌سازی و بهینه‌سازی سیستم‌ها تعریف و پیاده‌سازی نمود. در این مجال سعی بر رساندن مطلب با حداکثر اختصار بوده است، با این وجود در صورتی که نیاز به توضیح بیشتر در زمینه مطالب مطرح شده باشد، نگارنده برای ارائه هرگونه توضیحات آمادگی کامل دارد.

مراجع

1. Aramesh A, Montazerin N, Ahmadi A. A general neural and fuzzy-neural algorithm for natural gas flow prediction in city gate stations. Energy and Buildings. 2014;72(0):73-9.
2. M. H. Fazel Zarandi[15], M. Zarinbal, M. Izadi. Systematic image processing for diagnosing brain tumors: A Type-II fuzzy expert system approach. Applied Soft Computing. 2011; 11(0): 285–294.
3. McMindes, Kevin L. Unmanned aerial vehicle survivability the impacts of speed, detectability, altitude, andenemy capabilities. Master's thesis: naval postgraduate school, Monterey, CA, 2005.
4. R. Mukesh, R. Pandiyarajan, U. Selvakumar, K. Lingadurai. Influence of Search Algorithms on Aerodynamic Design Optimisation of Aircraft Wings. Procedia Engineering. 2012; 38(0): 2155–2163.

[15] پروفسور فاضل زرندی، یکی از اساتید برجسته علم فازی در کشور می‌باشد که افتخار دارد توسط پروفسور زاده (بنیانگذار علم فازی در جهان) مورد تجلیل قرار بگیرد. نگارنده درس سیستم‌های فازی در دانشگاه صنعتی امیرکبیر را نزد ایشان آموزش دیده است.