استفاده از مدل‌های جایگزین در بهینه‌سازی و طراحی ساختار کنترل فرایندهای شیمیایی

وحید خضری[۱]، مهدی پناهی*[۲]، الهام یساری[۳]

[۱] دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی دانشگاه فردوسی مشهد

[۲] دانشیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه فردوسی مشهد (مسئول مکاتبات، mehdi.panahi@um.ac.ir)

[۳] استادیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

بهینه‌سازی واحدهای فرآیندی به دلایل مختلف اعم از بهینه کردن مصرف منابع انرژی، کاهش هزینه‌های تولید و به دنبال آن‌ها افزایش بهره‌وری در تولید محصولات مطلوب همراه با رعایت قیود عملیاتی، همواره مورد توجه محققین قرار گرفته است. از این رو در مطالعات مختلف سعی شده است تا با ارائه‌ی راه‌حل‌های ابتکاری، چالش‌های پیش رو در بهینه‌سازی فرآیندها بیش از پیش مرتفع گردد. در بهینه‌سازی واحدهای فرآیندی، به جهت ذات غیرخطی و پیچیده‌ی اغلب فرآیندها، گستردگی فضای پاسخ و نیز عدم دسترسی به مدل‌سازی تحلیلی مناسب از فرآیندها، اجرای بهینه‌سازی با مشکلاتی همراه خواهد بود. حال آن که اگر این واحدهای فرآیندی، بزرگ مقیاس باشند مسائل چالشی دیگری نیز پیش رو خواهد بود. این موارد شامل انتگراسیون‌های جرمی و حرارتی بیشتر، وجود جریان‌های برگشتی، قیود عملیاتی بیشتر و نیز ظاهر شدن تجهیزات پیچیده‌تر از قبیل برج‌ها، راکتورها و غیره در بخش‌های مختلف واحد فرآیندی مورد نظر خواهد بود. استفاده از شبیه‌سازی فرآیندهای شیمیایی در نرم‌افزارهایی از قبیل Aspen Hysys و یا Aspen Plus به جای مدل‌سازی تحلیلی آن‌ها برای ارزیابی رفتار واحدهای فرآیندی در روند اجرای بهینه‌سازی امری متعارف می‌باشد. اما باید توجه داشت که این جایگزینی نیز همراه با ایجاد مشکلاتی در مسیر بهینه‌سازی واحدهای فرآیندی می‌باشد. استفاده از روش‌های عددی و بروز مشکلات همگرایی، بار محاسباتی بالا و زمان‌بر بودن هر بار اجرای شبیه‌سازی، اضافه شدن خطای محاسبات مشتق عددی در صورت استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلاسیک و نیز قطع ارتباط نرم‌افزار بهینه‌ساز خارجی در صورت استفاده از الگورتیم‌های خاص بخشی از مشکلات احتمالی خواهد بود.

در این مطالعه به جهت رفع مشکلات ذکر شده، استفاده از تکنیک ترکیبی مدل‌های جایگزین و الگورتیم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری به عنوان راه‌حل مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور یک واحد فرآیندی بزرگ مقیاس تبدیل گاز طبیعی به سوخت مایع به عنوان مورد مطالعاتی انتخاب شد.

در بخش اول، مدل‌سازی و بهینه‌سازی واحد فرآیندی GTL با استفاده از تکنیک ترکیبی شبکه‌ی عصبی پرسپترون چند لایه و الگوریتم ژنتیک اجرا شد. بر این اساس مقدار تابع هدف در نقطه‌ی بهینه‌ی کلی تخمین زده شده توسط مدل جایگزین با مقدار بهبود معادل ۱۰۷ کیلوگرم بر ساعت افزایش نرخ تولید محصول مطلوب، Wax نسبت به نقطه‌ی بهینه‌ی کلی به دست آمده از روش کلاسیک تحصیل شد. بخش دوم این مطالعه مربوط به کاربرد این تکنیک در اعمال استراتژی کنترل خود بهینه بر روی واحد فرآیندی GTL می‌باشد. بر این مبنا نتایج استفاده از چهار مدل هوشمند داده پایه مقایسه و ارزیابی شد و مدل بهینه به جای شبیه‌سازی در اعمال این استراتژی مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت با توجه به مقدار پارامتر هدف (Worst Case Loss) برای دو حالت استفاده از مدل جایگزین و استفاده از شبیه‌سازی، مجموعه متغیرهای خودبهینه‌ی پیشنهادی در دو حالت واحد و ترکیبی اعتبارسنجی شد. نتایج حاکی از بهبود مقدار پارامتر هدف در مجموعه‌ی تحصیل شده با استفاده از مدل جایگزین بهینه می‌باشد.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی فرآیند بزرگ مقیاس؛ کنترل خود بهینه؛ مدل جایگزین؛ فرآیند GTL