تخمین پارامتر تاخیر زمانی مدل غیرفوریه‌ای در انتقال حرارت جابجایی اجباری آرام با استفاده از روش انتقال حرارت معکوس

جواد رضایی[۱]، عزیز عظیمی[۲]

[۱] کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران اهواز، j-rezaei@mscstu.scu.ac.ir
[۲] استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران اهواز، a.azimi@scu.ac.ir

چکیده

از آن‌جا که کاربرد انتقال حرارت معکوس در مدل‌های انتقال حرارت غیرفوریه‌ای نسبت به سایر مدل‌های فوریه‌ای جدید است. مطالعات صورت گرفته در خصوص تحلیل معکوس معادلات انتقال حرارت غیرفوریه‌ای بسیار اندک بوده است و همه مطالعات در این زمینه، مربوط به بررسی هدایت حرارت غیرفوریه‌ای معکوس بوده است، اما تا کنون کسی از انتقال حرارت جابجایی معکوس برای تخمین پارامترهای انتقال حرارت غیرفوریه‌ای در جریان سیال استفاده نکرده است. در این مقاله با استفاده از یک روش تخمین پارامتر آنالیز معکوس ضریب تاخیر زمانی در معادله انتقال حرارت غیرفوریه‌ای حاکم بر جریان سیال، تخمین زده شده است. نظر به این‌که مساله انتقال حرارت مورد بررسی از نوع مساله انتقال حرارت جابجایی اجباری بوده است در نتیجه میدان درجه حرارت اثری بر معادلات حاکم بر جریان ندارد. در واقع معادلات ممنتوم متاثر از میدان درجه حرارت نبوده و تنها متغیری که به پارامترهای مجهول حساس است، متغیر درجه حرارت است. به‌همین دلیل تنها معادله‌ای که در آنالیز معکوس برای انتقال حرارت جابجایی مورد بررسی قرار می‌گیرد، معادله انرژی می‌باشد. در انتقال گرمای معکوس پارامتر تاخیر زمانی به‌دست آمده است، تا مقدارهای درنظر گرفته شده برای این پارامتر در انتقال گرمای غیرفوریه‌ای تاخیر زمانی منفرد اعتبارسنجی شوند. به عبارت دیگر برای بررسی درستی مقدار در نظر گرفته شده برای پارامترهای تاخیر زمانی، یک روش تحلیل معکوس بر مدل انتقال گرما اعمال شده‌است. نتیجه‌های انتقال گرمای معکوس نشان داد که روش تخمین پارامتر غیرخطی لونبرگ-مارکوارت توانایی تخمین پارامتر تاخیر زمانی انتقال حرارت غیرفوریه‌ای تاخیرفاز یگانه را دارا است.

واژه های کلیدی

آنالیز معکوس، انتقال حرارت غیرفوریه‌ای، مدل تـاخیر زمـانی منفرد، انتقال حرارت جابجایی اجباری، روش لونبرگ-مارکوارت.

مقدمه

از دیدگاه ریاضی وقتی یک سیستم فیزیکی مدل‌سازی می‌شود، معادله دیفرانسیل حاکم بر آن استخراج می‌شود. با استفاده از پارامترهای فیزیکی مساله، شرایط اولیه و شرایط مرزی، حل می‌شود، به این دسته از مسائل، مسائل مستقیم می‌گویند. حال اگر یکی از پارامترهای لازم برای حل معادله مجهول باشد و هدف تعیین آن پارامتر باشد، مساله به دسته مسائل معکوس تبدیل می‌گردد. به‌عنوان مثال در انتقال حرارت این پارامتر می‌تواند دما یا شار حرارتی در شرایط مرزی، دمای اولیه، ضریب هدایت حرارتی و یا حتی هندسه مساله باشد. این نوع مسائل زمانی اهمیت پیدا می‌کنند که اندازه‌گیری مستقیم مقادیر مجهول امکان‌پذیر نباشد.

تانگ و اراکی [۱] با استفاده از روش غیرخطی تخمین پارامتر لونبرگ-مارکوارت، به تخمین ثابت‌های زمانی مدل غیرفوریه‌ای تاخیر فاز دوگانه و همچنین ضریب پخشی حرارتی یک ماده محدود در معرض تحریک پالس پرداختند. حل عددی و تخمین تابع شرط مرزی مجهول، در مساله معکوس هدایت حرارتی هذلولی یک بعدی در سال ۲۰۰۱ توسط چن و همکاران [۲] مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها با استفاده از روش ترکیبی تبدیل لاپلاس و حجم محدود به حل مساله مستقیم پرداختند و سپس با استفاده از تکنیک مینیمم‌سازی حداقل مربعات، شرایط مرزی مجهول را به دست آوردند. روش گرادیان‌مزدوج نیز در مساله معکوس هدایت حرارتی هذلولوی برای تخمین شار حرارتی در مرز یک محیط محدود مورد استفاده قرار گرفته است.

هوانگ و هسین [۳] در سال ۲۰۰۶ از روش گرادیان مزدوج برای تخمین تابع شار حرارتی مجهول در مرز استفاده کردند. در سال ۲۰۰۹ نیز یانگ [۴] از روش نیوتون رافسون اصلاح شده برای تحلیل معکوس هدایت حرارتی هذلولوی دو بعدی استفاده نمود. یانگ نشان داد که استفاده از روش نیوتون-رافسون اصلاح شده در تحلیل معکوس سبب ساده‌تر شدن حل مساله معکوس در مقایسه با روش غیرخطی مربعات می‌گردد. عظیمی و همکاران [۵] با استفاده از روش گرادیان مزدوج با مساله الحاقی و استفاده از انتقال حرارت غیرفوریه‌ای، دمای پایه یک فین طولی را تخمین زدند. با وجود پیشرفت‌هایی که در زمینه‌ی تئوری‌ها و کاربرد مسائل انتقال حرارت معکوس صورت گرفته است، اما تعداد پژوهش‌های صورت گرفته در