بسم الله الرحمن الرحيم

١٥٧٤٤٢

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی مهندسی- گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش تبدیل انرژی

عنوان:

تحلیل حرارتی جریان سیال درون لوله ها با استفاده از روش انتقال حرارت معکوس

دانشجو:

علی شکوری

استاد راهنما:

دکتر شهرام خلیل آریا

((این پایان نامه با حمایت وپشتیبانی شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران اجرا شده است))

اسفند ماه ۸۹

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱۵۷۶۴۳

۱۳۹۰/۳/۲۰

پایان نامه خانم/ آقای علی شکوری ... به تاریخ ۸۹/۱۲/۴ ... با شماره ۳/۵/۳۴-۱۵ مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه عالی و نمره نوزده قرار گرفت.

۱۹/ —

۱ - استاد راهنما و رئیس هیئت داوران : دکتر شهرام خلیل آریا

۲ - داور خارجی : دکتر مرتضی خلیلیان

۳ - داور داخلی : دکتر محمد جعفر صدارت

۴ - نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر عبدالمجید

حق چاپ و نشر برای دانشگاه ارومیه محفوظ می باشد.

تقدیم به:

مادر بزرگوارم

که دعایش همیشه بدرقه راهم بوده است.

و همسر عزیزم

که رویای آینده ام مترنم از آهنگ دلنواز حضور اوست.

و دختر نازنینم آیسل

با تقدیر و تشکر از:

ریاست محترم دانشکده فنی و مهندسی جناب آقای دکتر شهرام خلیل آریا که موفقیت خود را مدیون راهنمایی‌های ایشان میدانم.

و ریاست محترم خدمات مهندسی شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی منطقه آذربایجان شرقی جناب آقای مهندس علی حقدار که این تلاش

بدون حمایتهای ایشان به پایان نمی رسید.

همچنین لازم میدانم از واحد پژوهش و فناوری شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی که با حمایت های مادی و معنوی خود بنده را در اجرای این

پایانامه یاری نمودند تقدیر و تشکر نمایم.

علی شکوری - اسفند ۸۹

چکیده

در این پایان نامه هدف بدست آوردن شرایط مرزی روی دیواره لوله های حاوی سیالات بر اساس اندازه گیری میدان دمایی داخل جریان سیال می باشد. طراحی حرارتی لوله ها یکی از بخش های اصلی در طراحی پایپینگ، مبدل های حرارتی، سیستمهای گرمایش و سرمایش می باشد. فهم کامل از ارتباط بین شرایط مرزی حاکم و میدان دمایی حاصل از آن کلید اصلی در طراحی حرارتی لوله ها می باشد. مسأله محاسبه میدان دمایی با معلوم بودن شرایط مرزی، شرط اولیه، خواص ترموفیزیکی و هندسه مرز یک مسأله مستقیم است که با استفاده از روشهای مرسوم در حل معادلات انتقال حرارت بصورت تحلیلی، عددی و یا تجربی قابل حل می باشند. از طرف دیگر، در مواردی نیاز است که بر اساس معلوم بودن نحوه توزیع دمای داخل سیال بتوان یک یا چند مجهول مورد نظر از موارد ذکر شده، یعنی، شرایط مرزی، شرط اولیه، خواص ترموفیزیکی سیال و یا هندسه قسمتی از مسأله را محاسبه نمود. به این نوع مسأله که در آن هدف بدست آوردن علت بر اساس معلوم بودن معلول می باشد، در مقایسه با مسأله مستقیم که در آن هدف بدست آوردن معلول بر اساس معلوم بودن علت می باشد، مسأله معکوس گفته می شود. در طراحی حرارتی لوله ها نیز در مواردی از قبیل طراحی سیستم عایق بندی، طراحی سیستم گرمایش یا سرمایش، طراحی هندسی لوله ها در پایپینگ یا مبدل های حرارتی با مسائل معکوس مربوط به محاسبه بار حرارتی موجود روی دیواره لوله ها مواجه می شویم. در این مسائل هدف محاسبه تابع توزیع دمایی و شار حرارتی روی لوله ها و محاسبه ضریب انتقال حرارت با استفاده از اندازه گیری دما در نقاط داخلی لوله می باشد.

برای حل مسائل معکوس ابتدا مسائل مستقیم مربوط به حل معادلات انتقال حرارت جابجایی با شرایط مرزی مختلف با استفاده روشهای عددی حل می شوند که این شرایط مرزی شامل موارد زیر می شود:

۱. توزیع دمای متغیر با طول دیواره لوله
۲. توزیع شار حرارتی متغیر با طول دیواره لوله

سپس با استفاده از روش های آماری دماهای اندازه گیری شده شبیه سازی می شود که در آنها خطاهای موجود در اندازه گیری بصورت ضرایبی از اعداد تصادفی با توزیع نرمال بهمراه دماهای بدون خطا مقادیر دماهای شبیه سازی شده را بدست می دهند.

همچنین، از روشهای بهینه سازی عددی و شبکه های عصبی مصنوعی برای حل مسائل معکوس استفاده می شود. در این روش از دو نوع رهیافت تخمین پارامتر و تخمین تابع برای محاسبه شرایط مرزی مجهول استفاده می شود. در مواردی که شکل تابعی توزیع دما و شار حرارتی روی دیواره لوله معلوم باشد رهیافت تخمین پارامتر بکار می رود. در حالی که در صورت مجهول بودن تابع توزیع آنها از رهیافت تخمین تابع بهره گرفته می شود.

نتایج بدست آمده نشان دهنده دقت بسیار عالی روش بهینه سازی لونبرگ-مارکواردت در حل مسائل معکوس تخمین پارامتر بوده و همچنین با در نظر داشتن محدودیت های روش شبکه های عصبی نیز این روش توانایی قابل قبولی در حل مسائل معکوس تخمین تابع را داراست.

کلمات کلیدی: مسائل انتقال حرارت معکوس، انتقال حرارت جابجایی داخل لوله، روش بهینه سازی لونبرگ-مارکواردت، روش شبکه های عصبی

فهرست مطالب صفحه

فهرست اشکال ..... **IV**

فهرست جداول ..... **V**

علائم اختصاری ..... **VI**

علائم یونانی ..... **VII**

بالانویس ها ..... **VIII**

زیرنویس ها ..... **VIII**

فصل اول: مقدمه و ساختار پایان نامه ۱

۱-۱. مقدمه ۱

۱-۲. هدف پایان نامه ۲

۱-۳. ساختار کلی پایان نامه ۳

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام یافته ۵

۲-۱. مسائل انتقال حرارت معکوس و روشهای حل ۵

۲-۲. کارهای انجام یافته در این پایان نامه ۹

فصل سوم: آشنایی با مسائل انتقال حرارت معکوس و روشهای حل انها ۱۳

۳-۱. مقدمه ۱۳

۳-۲. مفهوم ریاضی یک مسأله معکوس ۱۶

۳-۳. رهیافت های حل ۱۸

۳-٤. آنالیز حساسیت ۱۹

۳-۵. مسائل معکوس مورد مطالعه در پایان نامه ۲۱

۳-۵-۱. مسائل مستقیم انتقال حرارت ۲۱

۳-۵-۲. مسائل معکوس ۲۲

۳-٦. شبیه سازی اندازه گیری دما ۲۳

فصل چهارم:روش حجم محدود برای حل مسائل مستقیم ۲٤

٤-۱. مقدمه ۲٤

٤-۲. تعاریف سلول و گره ۲٤

٤-۳. محاسبه شارهای عبوری از اضلاع سلول ۲۵

٤-٤. شکل انتگرالی معادلات ناویر-استوکس ۲۷

٤-۵. محاسبه جملات جابجایی ۲۸

٤-٦. محاسبه جملات لزجت ٢٩
٤-٧. گسسته سازی تابع ورتیسیته ٣١
٤-٨. گسسته سازی زمانی صریح ٣٢
٤-٩. استهلاک عددی ٣٣
٤-١٠. بکار گیری روش حجم محدود صریح برای حل معادلات انتقال حرارت ٣٤

فصل پنجم: رهیافت تخمین پارامتر با الگوریتم لونبرگ-ماركواردت ٣٨

٥-١. مقدمه ٣٨
٥-٢. مسأله مستقیم ٣٨
٥-٣. مسأله معکوس ٣٨
٥-٤. فرآیند تکرار برای روش لونبرگ- ماركواردت ٤٠
٥-٥. معیارهای خاتمه روش لونبرگ-ماركواردت ٤٢
٥-٦. الگوریتم محاسباتی برای روش لونبرگ-ماركواردت ٤٣

فصل ششم: رهیافت تخمین تابع با روش شبکه های عصبی ٤٥

٦-١. مقدمه ٤٥
٦-٢. آشنایی با شبکه های عصبی ٤٥
٦-٣. کاربرد روش شبکه های عصبی در حل مسائل معکوس ٥٥

فصل هفتم: نتایج و بحث ٦٠

٧-١. مقدمه ٦٠
٧-٢. آنالیز حساسیت ٦١
٧-٣. رهیافت تخمین پارامتر ٦٣
٧-٤. رهیافت تخمین تابع ٦٧

فصل هشتم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات ٧٣

٨-١. جمع بندی نهایی ٧٣
٨-٢. پیشنهاد برای کارهای آتی ٧٤

مراجع ٧٥

پیوست ٧٧

فهرست اشکال

شکل(۳-۱) شماتیکی از رابطه علت و معلول در تحلیل مستقیم و معکوس

شکل(۳-۲) دیواره تخت با شرایط مرزی شار متغیر و دما ثابت

شکل(۳-۳) هندسه مسأله مستقیم

شکل(۳-٤) هندسه مسأله معکوس

شکل(٤-۱) یک سلول با مقادیر در مرکز

شکل(٤-۲) یک سلول با مقادیر در رئوس

شکل(٤-۳) سلولهای ثانویه برای محاسبه جملات جابجایی

شکل(٤-٤) هندسه لوله و روش شبکه بندی آن

شکل(٦-۱) ساختار شبکه عصبی پیش خور سه لایه

شکل(٦-۲) نمودار تابع سیگموئیدی

شکل(٦-۳) طرحواره ای از یک نرون منفرد

شکل(٦-٤) مجموعه های بردارهای آموزشی

شکل(٦-٥) روندنمای یافتن تعداد بهینه نرونهای لایه پنهان

شکل(٦-٦) روندنمای حل مسائل معکوس توسط شبکه های عصبی

شکل(۷-۱) چیدمانهای مختلف سنسورها در لوله

شکل(۷-۲) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع دمای ثابت

شکل(۷-۳) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع دمای خطی

شکل(۷-٤) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع دمای سینوسی

شکل(۷-٥) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع شار حرارتی ثابت

شکل(۷-٦) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع شار حرارتی خطی

شکل(۷-۷) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع شار حرارتی سینوسی

شکل(۷-۸) ساختار شبکه عصبی مورد استفاده برای تخمین توابع مجهول

شکل(۷-۹) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع دمای ثابت در تخمین تابعی

شکل(۷-۱۰) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع دمای خطی در تخمین تابعی

شکل(۷-۱۱) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع دمای سینوسی در تخمین تابعی

شکل(۷-۱۲) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع شار ثابت در تخمین تابعی

شکل(۷-۱۳) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع شار خطی در تخمین تابعی

شکل(۷-۱٤) مقایسه مقادیر دقیق و تخمینی برای توزیع شار سینوسی در تخمین تابعی

فهرست جداول

جدول (۷-۱) تعداد و موقعیت سنسورها
جدول (۷-۲)خطاهای محاسبه شده برای چیدمانهای مختلف سنسورها
جدول (۷-۳) توابع مورد استفاده در آموزش
جدول (۷-٤) مقایسه اثر تعداد الگوهای آموزشی در دقت تعمیم شبکه

علائم اختصاری

- L : طول
- T : دما
- t: زمان
- x: مختصات طولی
- y: مختصات عرضی
- f: مقادیر تابع
- c_p : ظرفیت حرارتی
- k : ضریب هدایت حرارتی
- Y: دمای اندازه گیری شده
- p: فشار
- J: ضریب حساسیت
- R : شعاع لوله
- U: سرعت سیال
- r: مختصات شعاعی
- q: شار حرارتی
- G: مقادیر شار جابجایی
- S:مساحت سلول
- v: سرعت شعاعی
- u: سرعت محوری
- Re: عدد رینولدز
- Pr: عدد پرانتل
- V: حجم سلول
- w: وزن نرون
- g: مقادیر گرادیان
- H:ماتریس هسیان
- e: خطا
- mse: خطای میانگین مربعات
- mre: خطای نسبی میانگین مربعات
- m: تعداد سنسور

علائم یونانی

- ρ : چگالی
- α : ضریب پخش حرارتی
- ε_H : ضریب پخش حرارتی توربولانت
- σ : انحراف استاندارد
- ω^* : عددی تصادفی با توزیع نرمال
- ω : ورتیسیته
- ϕ : متغیر مشتقات مرتبه اول
- ε : ضریب استهلاک و تلرانس خطا در الگوریتمهای تکراری
- μ : ضریب استهلاک لونبرگ–مارکواردت
- Ω : ماتریس قطری

بالانویس ها

- 0: حدس اولیه
- ': مشتق
- T: ترانهاده
- $\bar{}$: مقدار متوسط
- k: مرحله تکرار
- *: مقدار با بعد
- +: متغیر دیواره

زیرنویس ها

- h: حرارت
- 0: مقدار اولیه
- I: تعداد دماها
- meas: مربوط به اندازه گیری

فصل اول: مقدمه و ساختار پایان نامه

۱-۱. مقدمه

مسائل انتقال حرارت معکوس(IHTP)[1]متکی هستند بر اندازه‌گیری دما و یا شار حرارتی برای تخمین کمیت‌های مجهول که در مسائل انتقال حرارت ظاهر می‌شوند. در یک مسألهٔ انتقال حرارت مستقیم[2] هدف پیدا کردن میدان دما (معلول) در دامنهٔ مسأله با معلوم بودن شرایط مرزی، شرایط اولیه، خواص ترموفیزیکی ، چشمهٔ حرارتی و هندسهٔ مسأله (علت) می‌باشد، در حالی که در یک مسأله انتقال حرارت معکوس هدف بدست آوردن شرایط مرزی یا شرایط اولیه یا خواص ترموفیزیکی یا چشمهٔ حرارتی و یا هندسهٔ مسأله (علت) با معلوم بودن میدان دمایی (معلول) است. در صورتی که شکل تابعی این کمیت مجهول معلوم باشد می توان مسأله تخمین تابع مجهول را به تخمین چند پارامتر که ضرایب بسط آن تابع بر حسب توابع متعامد هستند کاهش داد که این روش به عنوان رهیافت تخمین پارامتر[3] معروف است. در حالیکه، بدون اطلاع از شکل تابعی تغییرات این تابع مجهول مسأله بایستی از روش موسوم به رهیافت تخمین تابع[4] حل گردد.

طراحی حرارتی لوله ها یکی از بخش های اصلی در طراحی پایپینگ، مبدل های حرارتی، سیستمهای گرمایش و سرمایش می باشد. فهم کامل از ارتباط بین شرایط مرزی حاکم و میدان دمایی حاصل از آن کلید اصلی در طراحی حرارتی لوله ها می باشد. در طراحی حرارتی لوله ها در مواردی از قبیل طراحی سیستم عایق بندی، طراحی سیستم گرمایش یا سرمایش، طراحی هندسی لوله ها در پایپینگ یا مبدل های حرارتی به مسائل معکوس مربوط به محاسبه بار حرارتی موجود روی دیواره لوله ها مواجه می شویم. در این مسائل هدف محاسبه تابع توزیع دمایی و شار حرارتی روی لوله ها و محاسبه ضریب انتقال حرارت با استفاده از اندازه گیری دما در نقاط داخلی لوله می باشد.

---

[1] Inverse Heat Transfer Problems (IHTP)
[2] Direct Heat Transfer Problem
[3] Parameter Estimation Approach
[4] Function Estimation Approach

۱-۲. هدف پایان نامه

در این پایان نامه هدف بدست آوردن شرایط مرزی روی دیواره لوله های حاوی جریان سیالات بر اساس اندازه گیری میدان دمایی با استفاده از چند سنسور در نقاط مختلف داخل جریان سیال می باشد.

شرایط مرزی متعددی می توانند در انتقال حرارت جابجایی داخل یک لوله وجود داشته باشند از جمله می توان این شرایط را بصورت زیر تقسیم بندی کرد:

- توزیع شار حرارتی در طول دیواره لوله
  - شار حرارتی ثابت
  - شار حرارتی متغیر با زمان
  - شار حرارتی متغیر با طول دیواره
- توزیع دمایی در طول دیواره لوله
  - دمای ثابت
  - دمای متغیر با زمان
  - دمای متغیر با طول دیواره

در مسائل معکوس هدف بدست آوردن یکی از شرایط مرزی فوق الذکر می باشد با این شرط که میدان دمایی متناظر با آن در دست باشد. در اغلب مسائل کاربردی مهندسی ما با شرایط مرزی متغیر با طول دیواره مواجه هستیم. به عنوان مثال، در خطوط انتقال مواد نفتی که در آن لوله ها در طول یک مسیر با تغییرات دمایی و حرارتی مواجه هستند باید مسأله آنها بصورت شرایط مرزی متغیر در طول لوله در نظر گرفته شوند. در این پایان نامه نیز این گونه مسائل مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

مسائل مورد بررسی در این پایان نامه بترتیب عبارتند از:

۱. مسأله معکوس تخمین توزیع دمای متغیر روی دیواره

أ- در جریان آرام

- با معلوم بودن شکل تابعی توزیع
- بدون معلوم بودن شکل تابعی توزیع

ب- در جریان آشفته

- با معلوم بودن شکل تابعی توزیع
- بدون معلوم بودن شکل تابعی توزیع

۲. مسأله معکوس تخمین توزیع شار حرارتی متغیر روی دیواره

أ- در جریان آرام

- با معلوم بودن شکل تابعی توزیع
- بدون معلوم بودن شکل تابعی توزیع

ب- در جریان آشفته

- با معلوم بودن شکل تابعی توزیع
- بدون معلوم بودن شکل تابعی توزیع

۱-۳. ساختار کلی پایان نامه

تقسیم بندی کلی مطالب در این پایان نامه بعد از این فصل که مقدمه ای مختصر از هدف و ساختار پایان نامه می باشد، بصورت زیر خواهد بود:

۱. فصل دوم: کارهایی که تا کنون در زمینه مسائل معکوس در انتقال حرارت جابجایی داخل لوله انجام شده اند و روشهای بکار رفته برای حل آنها در این فصل بررسی می شوند. همچنین، کارهایی که در این پایان نامه برای اولین بار در این زمینه مورد مطالعه قرار گرفته اند، بطور خلاصه بیان می شوند.

۲. فصل سوم: آشنایی با کلیات مسائل انتقال حرارت معکوس و مفاهیم آنها، رهیافت ها و روشهای حل بکار رفته در این پایان نامه، اعم از رهیافتهای تخمین پارامتر و تخمین تابع در این فصل صورت می گیرد.

۳. فصل چهارم: روش حل عددی حجم محدود برای حل مسائل مستقیم متناظر با مسائل معکوس نیز در این فصل بطور مفصل بیان می شود.

٤. فصل پنجم: الگوریتم لونبرگ-مارکواردت[1] برای حل مسائل معکوس با استفاده از رهیافت تخمین پارمتر موضوع این فصل خواهد بود.

٥. فصل ششم: همانند فصل قبلی، در این فصل رهیافت تخمین تابع با استفاده از روش شبکه های عصبی مصنوعی[2] برای حل مسائل معکوس در این فصل مفصل بحث می شود.

٦. فصل هفتم: نتایج بدست آمده از حل مسائل نمونه با استفاده از رهیافت های بیان شده در این فصل مورد بحث قرار خواهند گرفت.

٧. فصل هشتم: موضوع این فصل جمع بندی کلی مطالب پایان نامه و نتایج بدست آمده از بکارگیری روشهای مورد بحث می باشد.

٨. منابع و مراجع

٩. پیوست ها: متن کدهای نوشته شده با نرم افزار متلب (MATLAB®) شامل کد مربوط به روش حجم محدود برای حل مسائل مستقیم انتقال حرارت، کد الگوریتم لونبرگ-مارکواردت به عنوان یک روش بهینه سازی عددی جهت تخمین پارامتر، و کد روش شبکه های عصبی مصنوعی جهت تخمین تابع به ترتیب در پیوست های پایانی ارائه می شوند.

---

[1] Levenberg-Marquardt algorithm
[2] Artificial Neural Networks(ANNs)

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام یافته

۲-۱. مسائل انتقال حرارت معکوس و روشهای حل

از زمان توسعه روش مسائل معکوس این روش در طیف گسترده ای از مسائل انتقال حرارت مورد استفاده قرار گرفته است. به دلیل اینکه این روش ابتدا در حل مسائلی که در انتقال حرارت هدایت با آن مواجه گردیدند توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفتند، طبیعی است که بیشترین تحقیقات نیز مربوط به این حوزه از مسائل انتقال حرارت باشند. مراجع [۱و۲و۳] بسیاری از این تحقیقات را که در مورد حل مسائل معکوس در انتقال حرارت هدایت می باشند فهرست بندی کرده اند. این کارها گستره جامعی از مسائل معکوس؛ از نظر نوع کمیت مجهول، چند بعدی بودن و خطی یا غیر خطی بودن را در بر می گیرند. همچنین، برای حل مسائل معکوس روشهای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته اند و مسائل مشابه با روشهای مختلف حل شده و نتایج آنها با هم مقایسه شده اند. بر خلاف انتقال حرارت هدایت، که بیشترین توجه محققین را در چند دهه گذشته به خود جلب کرده بود در حوزه های دیگر انتقال حرارت از جمله جابجایی و تابش کارهایی نسبتاً کمتری انجام گرفته اند. این کمبودها در گزارش مربوط به دومین گردهمایی مشترک دانشمندان روسیه و آمریکا که بر روی مسائل معکوس کار می کنند و در سال ۱۹۹٤ در آمریکا برگزار گردید اشاره شده اند[٤].

اولین کار عمده در زمینه حل یک مسأله معکوس در انتقال حرارت جابجایی مربوط به لیو و اوزیشیک [٥] می باشد که در آن شرط مرزی پروفیل دمایی ورودی در یک مجرای موازی و در جریان آرام با استفاده از اندازه گیری در نقاط داخلی جریان تخمین زده می شوند. در این مقاله تابع مجهول پروفیل دمای ورودی در نظر گرفته شده است با این فرض که هیچ اطلاعات اضافی از شکل تابعی آن در دست نیست. به همین دلیل از روش تخمین تابع برای حل مسأله معکوس استفاده شده است. الگوریتم گرادیان مزدوج به عنوان یکی از روشهای قدرتمند در حل اینگونه مسائل برای تخمین تابع مجهول مورد استفاده قرار گرفته است.

همچنین مسائل دیگری نیز در جابجایی درون یک مجرای موازی توسط افراد مختلف مورد مطالعه قرار گرفته اند. بوکار و اوزیشیک [٦] مسأله مشابه با مسأله فوق الذکر را حل کرده اند با این تفاوت که در اینجا مجهول مسأله دمای ورودی به مجرا می باشد که تابعی از زمان است و در راستای عرضی ثابت می باشد.

شرط مرزی شار حرارتی مجهول در طول دیواره مجرای موازی نیز توسط هوانگ و اوزیشیک [٧] و ماکادو و اورلانده [٨] مورد بررسی قرار گرفته است.

جریان آشفته در مجرای موازی که در آن مجهول مسأله شار حرارتی روی دیواره می باشد توسط هونگ یی لی و وی وون یان [٩] مطالعه شده است. آنها در این مسأله شار حرارتی را تابع طول دیواره و زمان در نظر گرفته و با استفاده از رهیافت تخمین تابع آن را با استفاده از اندازه گیری های درون جریان تخمین زده اند.

هرچند مجرای موازی توسط افراد مختلف و از جنبه های مختلف مطالعه شده و تقریباً اکثر مسائل مربوط به این پیکربندی با موفقیت حل شده اند، مسائلی که در مورد جریان داخل لوله مورد بررسی قرار گرفته اند به موارد زیر محدود می شوند:

- سال ٢٠٠٠، لوپز و نتو [١٠]:

تخمین شار حرارتی روی دیواره لوله در جریان آشفته با استفاده از روش تخمین پارامتر و الگوریتم لونبرگ-ماركواردت اولین کار پژوهشی در زمینه تحلیل معکوس در جریان داخل لوله محسوب می شود. در این مقاله برای حل مسائل مستقیم از پروفیلهای سرعت بر اساس متغیرهای دیواره و روش تفاضلات محدود برای حل معادله گرما استفاده شده است.

- سال ٢٠٠٥ ، چائو کوان چنگ و همکاران [١١]:

در این تحقیق از روش معکوس برای تخمین شار حرارتی و دمای روی سطح خارجی لوله که در آن جریان آشفته وجود دارد استفاده شده است. لوله در این مسأله دارای ضخامت در نظر گرفته شده و مسأله انتقال حرارت در آن همراه با هدایت در دیواره می باشد. معادلات دیفرانسیل استفاده شده در این مسأله ابتدا بصورت ماتریسی نوشته شده و سپس از روش ماتریس معکوس و کمترین مربعات برای حل استفاده شده است. در این روش نیازی به اطلاع قبلی از شکل تابعی توابع مجهول وجود ندارد.

- سال ۲۰۰۶، چائو کوان چنگ و همکاران [۱۲]:

مسأله مورد مطالعه در این مقاله دقیقاً همانند مقاله سال ۲۰۰۵ می باشد با این تفاوت کـه جریـان در ایـن مسأله آرام فرض گرفته شده است.

- سال ۲۰۰۸، یو چنگ یانگ و ون لیه چنگ [۱۳]:

برخلاف کارهای قبلی در این کار مجهول مسأله شرط مرزی در ورودی لوله می باشد. دمـای ورودی بـه لوله که تابعی از زمان و یا مکان می تواند باشد مجهول بوده که با استفاده از اندازه گیری های دمای انجام شده در پایین دست جریان تخمین زده شده است. رهیافت حل نیز در اینجا تخمین تابع می باشد.

علاوه بر موارد فوق که بیشتر نوع مسأله معکوس را بررسی کردیم می توان روشهای مختلفی کـه در حـل مسائل معکوس توسط محققین توسعه یافته و بکار گرفته شده اند را نیز طبقه بندی کرد.

در این پایان نامه برای رهیافت تخمین پارامتر از روش بهینه سـازی لـونبرگ-مـارکواردت اسـتفاده شـده است و برای رهیافت تخمین تابع از روش شبکه های مصنوعی، که یکی از روشهای هوش مصنوعی مـی باشد.

الگوریتم لونبرگ-مارکواردت ابتدا به عنوان حل مسائل بهینـه سـازی بـرای مینـیمم کـردن تـابع کمتـرین مربعات مورد استفاده قرار گرفته است که توانایی قدرتمند آن در حل مسائل تخمین پارامتر باعث گردیـد که در حل مسائل معکوس نیز بسیار مورد توجه باشد. این روش ابتدا توسط لونبرگ در سال ۱۹٤٤ برای حل مسأله مینیمم سازی نرم کمترین مربعات توسعه یافت[۱٤]. سپس، در سال ۱۹٦۳ مـارکواردت همـان الگوریتم را به روش دیگری بدست آورد[۱۵]. مسائل معکوس بسیاری با اسـتفاده از ایـن الگـوریتم، کـه اینک الگوریتم لونبرگ-مارکواردت نامیده می شود، حل شده اند که همگی نشان دهنـده توانـایی بسـیار مناسب این الگوریتم در حل مسائل تخمین پارامتر می باشند[۱].

از جمله روشهایی که در ده های اخیر برای حل مسائل معکوس بسیار مورد توجـه محققـین قـرار گرفتـه است می توان به روشهای هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک[1] و شبکه هـای عصـبی مصـنوعی اشـاره نمود[۱٦و۱۷و۱۸و۱۹].

[1] Genetic Algorithm