بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

گروه مهندسی کامپیوتر- گرایش نرم‌افزار

زمان‌بندی با افراز هارمونیک برای فرایندهای بی‌درنگ سخت دوره ای در سیستم‌های چند هسته‌ای

نگارش:

مریم میرزایی

استاد راهنما:

جناب آقای پروفسور محمود نقیب زاده

بهمن ۹۲

تعهدنامه

اینجانب **مریم میرزایی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته کامپیوتر گرایش نرم افزاردانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده پایان‌نامه " زمان‌بندی با افراز هارمونیک برای فرایندهای بی‌درنگ سخت دوره‌ای در سیستم‌های چند هسته‌ای" تحت راهنمایی جناب پروفسور محمود نقیب زاده متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود و یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه فردوسی مشهد" و یا "Ferdowsi University of Mashhad" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیم به :

تقدیم به پدر و مادر بزرگوارم

که مقام والا یشان شایسته‌ی بلندترین

سپاس‌ها و فراوان‌ترین درودهاست.

برادر و خواهرم

که در دوران سخت تحصیل همچون

پشتوانه‌ای محکم برایم بوده و با کلام

دلنشین، عشق و امید را در دلم زنده نگه داشته‌اند.

سپاس‌گزاری

انجام این پژوهش را مرهون راهنمائی‌ها و تدابیر حکیمانه استاد ارجمند جناب آقای دکتر محمود نقیب زاده و همچنین گروه محترم کامپیوتر دانشگاه فردوسی مشهد واعضای محترم آزمایشگاه فناوری دانش که در طول تحصیل در محضرشان کسب فیض نمودم، می‌باشم. لذا بسیار شایسته است که مراتب امتنان عمیق قلبی خویش را نسبت به یکایک ایشان ابراز نمایم و از آنان تقدیر و تشکر خالصانه نمایم.

چکیده

در سیستم‌های بی‌درنگ سخت، الگوریتم‌های زمان‌بندی شبه‌افراز تلاش دارند تا بتوانند از ظرفیت هدر رفته توسط الگوریتم‌های افراز با تقسیم کردن تعدادی از وظایف استفاده کنند. مهم‌ترین چالش در مواجهه با این الگوریتم‌ها این است که چگونه وظیفه‌ها به پردازنده‌ها انتساب داده شوند و کدام وظیفه‌ها تقسیم شوند تا بهره‌وری پردازنده بیش‌تری حاصل شود در حالی‌که سربار کم‌تری به سیستم تحمیل شود. در این تحقیق، یک الگوریتم زمان‌بندی شبه‌افرازتحت عنوان HSA معرفی می‌شود. هدف اصلی در الگوریتم HSA، افزایش حداکثر بهره‌وری پردازنده سیستم در جهت افزایش کارایی سیستم می‌باشد که برای رسیدن به این منظور، سعی شده تا برخی از وظایف با کاهش صوری دوره تناوب‌شان با هم هارمونیک شوند. هم‌چنین هدف دیگر از ارائه الگوریتم HSA ، کاهش بالاسری سیستم با کاهش تعداد بازپس‌گری وظایف می‌باشد که این کار با تغییر در نحوه اولویت‌دهی به وظایف در تخصیص به پردازنده‌ها و انتخاب وظیفه برای تقسیم کردن، صورت می‌گیرد. نتایج شبیه سازی برتری HSA را بر الگوریتم RMLS از نظر بهره‌وری سیستم و هم‌چنین کاهش سربار تحمیلی نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی:

الگوریتم زمان‌بندی، سیستم‌های چندپردازنده، وظیفه بی‌درنگ سخت، وظیفه دوره‌ای، وظایف هارمونیک

فهرست مطالب

۱مقدمه ۱

۱-۱بیان مساله ۱

۱-۲اهداف پژوهش ۲

۱-۳اهمیت موضوع ۲

۱-۴طرح پیشنهادی ۳

۱-۵ نوآوری ۵

۱-۶ساختارپایان‌نامه ۶

۱-۷خلاصه فصل ۸

۲پیش‌زمینه وکارهای پیشین ۱۲

۲-۱زمان‌بندی ۱۲

۲-۲محیط‌های زمان‌بندی ۱۲

۲-۲-۱سیستم‌های دسته‌ای ۱۳

۲-۲-۲سیستم‌های تعاملی ۱۳

۲-۲-۳سیستم‌های بی‌درنگ ۱۳

۲-۳سیستم‌های بی‌درنگ ۱۴

۲-۳-۱سیستم‌های بی‌درنگ سخت ۱۴

۲-۳-۲سیستم‌های بی‌درنگ نرم ۱۴

۲-۴محیط‌های بی‌درنگ ۱۵

۲-۴-۱سیستم‌های بی‌درنگ تک پردازنده ۱۵

۲-۴-۲سیستم‌های بی‌درنگ چندپردازنده ۱۶

۲-۵وظایف ۱۸

۲-۵-۱وظیفه ادواری ۱۸

۲-۵-۲وظیفه نامنظم ۱۸

۲-۵-۳وظیفه گه‌گاه ۱۹

۲-۶معیارهایارزیابیالگوریتم‌هایزمان‌بندی ۲۰

۲-۶-۱بهره‌وریپردازنده ۲۰
۲-۶-۲توانعملیاتی ۲۱
۲-۶-۳زمانبرگشت ۲۱
۲-۶-۴زمانانتظار ۲۱
۲-۶-۵زمانپاسخ ۲۱
۲-۷الگوریتم‌هایزمان‌بندی ۲۲
۲-۷-۱الگوریتم‌هایزمان‌بندیافراز ۲۲
۲-۷-۲الگوریتم‌هایزمان‌بندیسراسری ۲۳
۲-۷-۳الگوریتم‌هایترکیبی ۲۳
۲-۸انواعزمان‌بندمحیط‌هایبی‌درنگ ۲۴
۲-۸-۱زمان‌بندینرخیکنواخت ۲۴
۲-۸-۱زمان‌بندیمتناسب با بسامد هوشمند ۲۴
۲-۸-۲رهیافتابتدانزدیکترینضربالاجل ۲۵
۲-۸-۳رهیافتابتداکمترینشناوریتاآغاز ۲۶
۲-۹ کاربردهایاستانداردسیستمبی‌درنگ ۲۷
۲-۱۰کارهاپیشین ۲۷
۲-۱۱خلاصهفصل ۳۵
۳روشپیشنهادی ۳۹
۳-۱مقدمه ۳۹
۳-۲مدلسیستمبی‌درنگ ۴۰
۳-۳الگوریتمپیشنهادی ۴۲
۳-۳-۱گاماول : مرتبسازی ۴۷
۳-۳-۲گامدوم : تخصیصوظایفبزرگبهپردازنده‌ها ۴۷
۳-۳-۳گامسوم : تشخیصوظایفهارمونیک ۴۸
۳-۳-۴گامچهارم: هارمونیککردنوظایف ۵۰
۳-۳-۵گامپنجم : تقسیمکردنوظایف ۵۲

۳-۴دوایدهبهکاربردهشدهدرروشپیشنهادی ۵۳

۳-۵خلاصهفصل ۵۵

۴ارزیابی ۵۹

۴-۱شبیه‌سازی ۵۹

۴-۲شرایطشبیهسازی ۶۲

۴-۳معیارهایارزیابی ۶۲

۴-۴نتایجشبیه‌سازیومقایسه ۶۳

۴-۴-۱بهره‌وریپردازنده ۶۳

۴-۴-۲بازپس‌گیری ۶۶

۴-۵خلاصهفصل ۶۸

۵نتیجه‌گیری ۷۰

مراجع ۷۳

فهرست علائم و اختصارات

RM	Rate Monotonic
HSA	Harmonic Scheduling Algorithm
RMLS	Rate-Monotonic Least spiliting
SPA	Semi-partitioned Scheduling Algorithm

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ ساختار کلی پایان نامه ۷

شکل ۲-۱ وظایف هارمونیک ۲۰

شکل ۳-۱ شبه کد الگوریتم پیشنهادی ۴۴

شکل ۳-۲ شمای کلی از الگوریتم پیشنهادی ۴۶

شکل ۳-۳ گام چهارم : هارمونیک بودن وظایف ۴۹

شکل ۳-۴ گام چهارم : هارمونیک کردن وظایف ۵۱

شکل ۳-۵ گام پنجم : تقسیم کردن وظایف ۵۳

شکل ۴-۱ نمودار مقایسه بهره‌وری پردازنده‌ها ۶۴

شکل ۴-۲ کارایی به دست آمده برای$U=4$ ۶۴

شکل ۴-۳ کارایی به دست آمده برای $U=8$ ۶۵

شکل ۴-۴ کارایی به دست آمده برای$U=16$ ۶۵

شکل ۴-۵ نمودار مقایسه بازپس‌گیری‌ها ۶۷

فصل ۱:

مقدمه

۱ مقدمه

۱-۱ بیان مساله

زمان‌بندی وظایف، یک مسئله از مرتبه زمانی غیر چند جمله‌ای است و در نظر گرفتن وابستگی بین وظیفه‌ها منجر به افزایش پیچیدگی این مسأله می‌شود. در سیستم‌های بی‌درنگ مسائل زمانی از حساسیت بیشتری برخوردار هستند. در الگوریتم‌های زمان‌بندی سعی بر این است که تعدادی وظیفه به گونه‌ای به تعدادی پردازنده تخصیص داده شوند که همه‌ی وظایف در زمان تعیین شده‌ی خود با موفقیت به پایان برسند.مسئله زمان‌بندی بی‌درنگ با محدودیت‌های زمانی در سیستم‌های چندپردازنده دارای راه‌حل چندجمله‌ای نمی‌باشد.[۱]. ثابت شده است که در حالت کلی هیچ الگوریتم بهینه‌ای برای سیستم‌های چندپردازنده وجود ندارد[۲].به منظور تضمین این‌که سیستم‌های بی‌درنگ[۱] اجرای وظایف[۲] را در مهلت[۳] تعیین شده‌ی خود، به پایان برسانند از الگوریتم‌های زمان‌بندی[۴] استفاده می‌گردد. به‌طور کلی الگوریتم‌های زمان‌بندی به منظور حل دو مشکل تخصیص (وظیفهروی کدام پردازنده اجرا شود) و اولویت‌دهی (وظایف چه موقع و به چه ترتیبی اجرا شوند) به‌کار می‌روند.در سیستم‌های بی‌درنگ سخت، الگوریتم‌های زمان‌بندی شبه‌افراز تلاش دارند تا بتوانند از ظرفیت هدر رفته توسط الگوریتم‌های افراز با تقسیم کردن تعدادی از وظایف استفاده کنند. مهم‌ترین چالش در مواجهه با این الگوریتم‌ها این است که چگونه وظیفه‌ها به پردازنده‌ها انتساب داده شوند و کدام وظیفه‌ها تقسیم شوند تا بهره‌وری پردازنده بیش‌تری حاصل شود در حالی‌که سربار کم‌تری به سیستم تحمیل شود. برای رسیدن به این مقصود، الگوریتم‌های زیادی معرفی شده‌اند. در این تحقیق نیز یک الگوریتم زمان‌بندی

[1] Real Time Systems
[2] Task
[3] Deadline
[4] Scheduling Algorithm

تحت عنوان HSA معرفی گردیده است که با کاهش صوری دوره تناوب وظایف و هارمونیک کردن آن‌ها با یکدیگر و هم‌چنین تغییر در نحوه اولویت‌دهی به وظایف و انتخاب وظیفه برای تقسیم شدن توانسته بهره‌وری سیستم را افزایش دهد و از میزان بالاسری سیستم بکاهد.

۱-۲ اهداف پژوهش

برای طراحی یک الگوریتم زمان‌بندی، لازم است ایده‌هایی مبنی بر این‌که یک الگوریتم خوب باید چگونه رفتار کند را درنظر داشت. برخی از اهداف به محیط (دسته‌ای، تعاملی یا بی‌درنگ) بستگی دارند اما اهدافی نیز وجود دارند که باید در همه محیط‌ها در نظر گرفته شوند. به حداکثر رساندن تعداد وظایف انجام شده در هر ساعت(توان عملیاتی[1])، به حداقل رساندن زمان بین تحویل و خاتمه وظیفه(زمان برگشت[2])، مشغول نگه‌داشتن پردازنده در همه اوقات(بهره‌وری پردازنده[3])،مشغول نگه‌داشتن همه بخش‌های سیستم (توازن) از اهداف مشترک در همه سیستم‌ها می‌باشند و در سیستم‌های بی‌درنگ، انجام به موقع وظایف و جلوگیریاز بین رفتن داده ها(تحقق مهلت‌های زمانی) و پرهیز از تنزل کیفیت در سیستم‌های چندرسانه‌ای (قابلیت پیش‌بینی) نیز از دیگر اهداف زمان‌بندی می‌باشند.

۱-۳ اهمیت موضوع

موضوع زمان‌بندی وظایف در سیستم‌های بی‌درنگ به دلیل تضمین اتمام وظایف در مهلت تعیین شده برای آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا در صورتی‌که سیستم‌ها از نوع بی-درنگ سخت باشند، عدم اتمام وظایف در مهلت‌های زمانی خود منجر به فاجعه می‌گردد و در سیستم‌های بی‌درنگ نرم شاید عدم اتمام وظایف در مهلت تعیین شده منجر به فاجعه نگردد. اما دقت محاسباتی و کارایی سیستم به شدت کاهش می-

[1]Trough Put
[2]Return Time
[3]Utilization

یابد.زمان‌بندیوظایفدرپردازنده‌هایتک‌هسته‌ای

مشابه‌زمان‌بندی‌درسیستم‌هایچندپردازنده‌ایاستوهمان‌گونه که گفته شد درواقعراه حل چندجمله‌ای ندارد وراه‌حل‌هایموجودبرایآنرامی‌توانبهسهدسته‌یالگوریتم‌هایزمان‌بندی افراز[1] و الگوریتم‌هایزمان‌بندیسراسری[2] و الگوریتم‌های ترکیبی[3]تقسیمکرد[۳]. الگوریتمافراز وظایفشناختهشده‌ایبه‌صورتترتیبیبهپردازنده‌ها اختصاصمی‌دهدوهرپردازندهمی‌تواندباالگوریتم‌هایی همچون EDF[4]یا RM[5]زمان‌بندیشود. در الگوریتم سراسری همه وظایف در یک صف مشترک قرار می‌گیرند و به صورت تصادفی به پردازنده‌ها تخصیص داده می‌شوند.

۱-۴ طرح پیشنهادی

یکی از اهداف این تحقیق، افزایش حداکثر بهره‌وری پردازنده می‌باشد کـه در فرمـول۱-۱ نمایش داده شده است، که در آن n نشان‌دهنده‌ی تعداد وظایفاست.

فرمول ۱-۱

در فرمول ۱-۱، C_i برابر با بدترین زمان اجرا برای وظیفهiام و T_i طول دوره تناوب آن وظیفه می‌باشد. بر اساس[۲]زمانی که از الگوریتم RMبرای زمان‌بندیوظایف بر روی پردازنده‌ها استفاده می‌شود، حداکثر بهره‌وری پردازنده برای nوظیفه برابر فرمول ۱-۲ می‌باشدکه اگر n به سمت بی‌نهایت میل کند این مقدار برابر ۶۹ درصد می‌گردد. از این رابطه در مقالات و هم‌چنین پژوهش حاضر به عنوان حد لیولیلاند نام برده می‌شود.

[1] Partitioned Algorithm
[2] Global Algorithm
[3] Hybrid Algorithm
[4] Earliest Dead Line First
[5] Rate Monotonic

$$U_{max} = n\,(2^{1/n} - 1)$$ *فرمول ۱-۲*

در [۴]برای اولین بار مفهوموظایف هارمونیک ارائه گردید و بیان شد که اگر وظایفی وجود داشته باشد که دوره تناوب آن‌ها مضاربی از هم باشند یا اصطلاحاًوظایف هارمونیک باشند، مقدار بهره‌وری پردازنده به میزان چشم‌گیری افزایش می‌یابد که این مقدارمی‌تواند برابر یک شود. باید به این نکته نیز توجه داشت که هر گاه تعداد وظایف کمتر شود، میزان حداکثر بهره‌وری پردازنده افزایش می‌یابد. حال با توجه به مطالب گفته شده سعی می‌شود که در الگوریتم پیشنهادی، شرایط به این سمت پیش برده شود. در الگوریتم ارائه شده، وظایفی که دوره تناوب آن‌ها می‌توانند مضاربی از هم باشند را به یک گروه افراز می‌کند. برای این منظور دو راه وجود دارد : اولاً مقدار دوره تناوب یک وظیفه افزایش داده شود، ثانیاً مقدار دوره تناوب آن وظیفهبه صورت صوریکاهش یابد اما با توجه به این‌که وظایف دوره‌ای هستند و ممکن است سردوره تناوب درخواست جدیدی داده شود نمی‌توان مقدار دوره تناوب را افزایش داد. بنابراین با کاهش صوریمقدار دوره تناوب سعی می‌شود وظایف هارمونیک ایجاد شود و آن دو وظیفه به یک دسته افراز گردند و در عمل به عنوان یک وظیفه در نظر گرفته شوند. نه تنها این کار هیچ تأثیر منفی بر سلامت سیستم ندارد بلکه با این کار تعداد وظایف کاهش داده می‌شود که درنهایت درصد بیشتری از پردازنده پر می‌شود و مقدار بهره‌وری پردازنده افزایش می‌یابد.

یکی دیگر از اهداف این پژوهش کاهش تعداد بازپس‌گیری وظایف می‌باشد. این کار نیز در الگوریتم ارائه شده در این پایان‌نامه با تغییر در روش اولویت‌دهی به وظایف و تغییر در انتخاب وظیفه برای تقسیمشدنانجام می‌پذیرد.

۱-۵ نوآوری

روش پیشنهادی از چند جنبه دارای نوآوری می‌باشد. ابتدا خود مدل که می‌تواند قبل از اجرای برنامه‌ها در مورد تأثیرپذیری آن‌ها از کاهش صوریدوره تناوب حرف بزند. در پژوهش‌های گذشته روشی وجود ندارد که بتواند قبل از شروع به اجرای برنامه در مورد کاهش صوریدوره تناوب قضاوت و پیش‌بینی کند. وجود این قابلیت می‌تواند برای افزایش کارایی سیستم‌های بزرگی که از ماشین‌های مختلفی بهره برده و برنامه‌های متنوعی را اجرا می‌کنند، بسیار مفید باشد. قابل ذکر است که دوره تناوب وظایف مقدار ثابت و غیر قابل تغییر است و کاهش دوره تناوب وظیفه در الگوریتم پیشنهادی به صورت صوری برای محاسبه بهره‌وری صوری پردازنده انجام می‌گیرد. در میان روش‌های مختلف زمان‌بندی، روش‌های شبه‌افراز، تلفیقی از دو روش سراسری و افراز هستند. الگوریتم پیشنهادی از یک اولویت ترکیبی برای زمان‌بندی وظایف استفاده می‌کند که این اولویت دارای دو قسمت سراسری و افراز است. دلیل استفاده از این نوع الگوریتم در این تحقیق استفاده از مزایای هر دو نوع سراسری و افراز است.

از جمله موارد دیگر نوآوری در این تحقیق عبارتند از:

۱- در روش پیشنهادی، با هارمونیک کردنصوری دو وظیفه از تعداد وظایفکاسته می‌شود که با این کار میزان بهره‌وری پردازنده به شکل چشم‌گیری افزایش می‌یابد.

۲- در سیستم‌های چندپردازنده با توجه به استفاده از روش شبه‌افراز علاوه بر یافتن دسته وظایف هارمونیک، افراز نیز باید انجام شود که در این تحقیق روشی برای حل این مشکل نیز ارائه شده است.

۳- روش پیشنهادی علاوه بر سیستم‌های چندپردازنده، قابل اجرا روی سیستم‌های تک پردازنده نیز است.

۱-۶ ساختار پایان‌نامه

این پژوهش شامل شش فصل می‌باشد. بدین شرح :

فصل اول (مقدمه) : ابتدا کلیات و تعاریفی از پایان‌نامه و بیان مسئله و اهمیت و اهداف موضوع در آن گنجانده می‌شود.

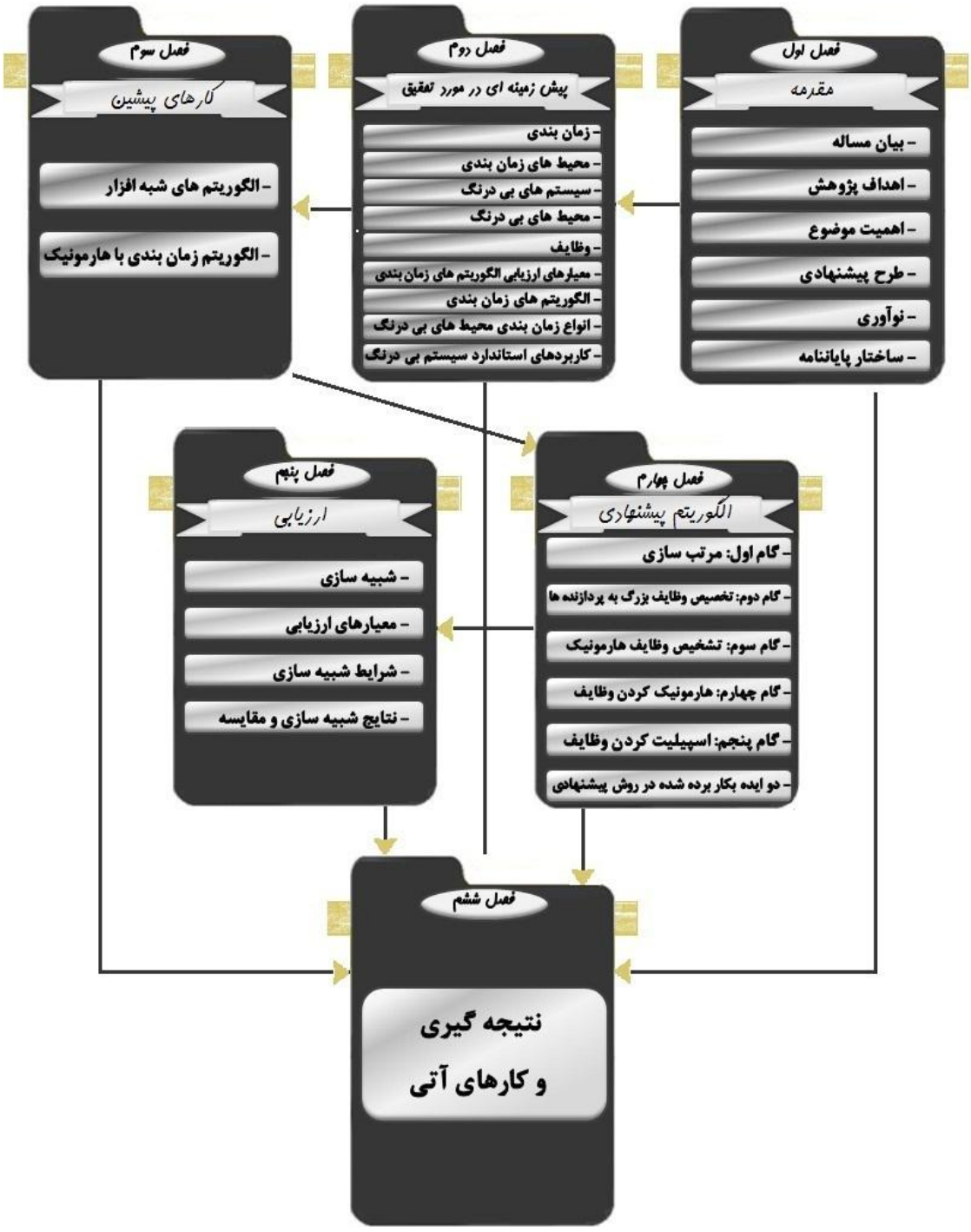
فصل دوم (پیش‌زمینه) : در این فصل پیش‌زمینه طرح به نگارش در می‌آید که شامل مباحث نظری و مفاهیم پایه در زمینه الگوریتم‌های زمان‌بندی در سیستم‌های بی‌درنگ اعم از تک‌پردازنده و چندپردازنده می‌آید.

فصل سوم (کارهای پیشین) : پژوهش‌ها و پیشینه‌ای که در این زمینه توسط نخبگان و پژوهشگران و محققان ارائه گردیده است، بیان می‌شود.

فصل چهارم (روش پیشنهادی) : این فصل، با جزئیات بیشتر به شرح نوآوری معرفی شده در فصل یک پرداخته است.

فصل پنجم (ارزیابی و پیاده سازی) : در این فصل سیستم سخت‌افزاری، محیط برنامه‌نویسی مورد استفاده در پیاده‌سازی این پژوهش معرفی شده است. هم‌چنینمعیارهای ارزیابی متداول جهت ارزیابی الگوریتمشبیه‌سازی شده، توضیح داده شده‌اند. در انتهای این فصل، نتایج مقایسه این الگوریتم با الگوریتم دیگر در زمینه زمان‌بندی به‌صورت تصویری و متنی شرح داده شده است.

فصل ششم (نتیجه‌گیری) : در این فصل به نتیجه‌گیری پژوهش بیان شده و منابع پژوهش به نگارش در آمده است.



شکل ۱-۱ ساختار کلی پایان نامه

۱-۷ خلاصه فصل

در این فصل مقدمه‌ای در مورد الگوریتم‌های زمان‌بندی و اهداف و اهمیت موضوع و چالش‌های موجود برای آن و راه‌حل پیشنهادی برای روبرو شدن با این چالش‌ها شرح داده شد. راه حل پیشنهادی استفاده از یک الگوریتم زمان‌بندی است که طرح پیشنهادی این پایان‌نامه نیز در این راستا و با هدف افزایش کارایی و کاهش تعداد بازپس‌گیری بیان شد و موارد نوآوری نیز به اختصار ذکر شد و در آخر به بیان ساختار کلی پایان‌نامه پرداخته شد.