

فصل سوم

مدیریت فرآیندها و زمانبندی پردازنده

۱-۱-۳ - مدیریت فرآیندها

فرآیند یک برنامه در حال اجرا است که بهوسیله وجود یک بلوک کنترلی فرآیند در سیستم عامل شناخته می‌شود. یک فرآیند شامل کد برنامه، پشتۀ فرآیند و بخش داده‌ای می‌باشد. پشتۀ فرآیند داده‌های موقتی از قبیل پارامترهای زیر روال، آدرس‌های بازگشت و تغییرهای موقتی را در بر می‌گیرد. در کنار آن بخش داده‌ای قرار دارد که متغیرهای سراسری را شامل می‌شود. در اینجا تأکید می‌گردد که برنامه به تنها یک فرآیند نمی‌باشد. برنامه یک هویت منفعل است، از قبیل محتویات یک فایل ذخیره شده برروی دیسک، در صورتی که فرآیند هویتی است فعال به یک شمارنده برنامه مجهر است.

۱-۱-۳ - بلوک کنترلی فرآیند (Process Control Block)

هر فرآیند در سیستم عامل با یک بلوک کنترلی فرآیند خاص خود نشان داده می‌شود. یک PCB یک بلوک داده‌ای است که اطلاعاتی متناظر با یک فرآیند معین را در بر می‌گیرد.

از جمله این اطلاعات عبارت‌اند از:

- اطلاعات هویتی فرآیند: شامل نام، شماره شناسایی فرآیند و فرآیند پدر

- وضعیت فرآیند: شامل آماده، اجرا، منتظر

- شمارنده برنامه: آدرس دستورالعمل بعدی

- ثبات‌های پردازنده: شامل تمام اطلاعات وضعیتی برنامه که در هنگام رخدادن یک وقفه حفظ می‌شود.

- اطلاعات زمانبندی پردازنده‌ها: شامل پارامترهای زمانبندی و الویت فرآیند.

- اطلاعات درباره مدیریت حافظه: دربرگیرنده تمام اطلاعاتی در رابطه با حافظه و فرآیند مربوطه.

- اطلاعات وضعیتی ورودی/خروجی: شامل لیستی از فایل‌های باز، دستگاه‌های ورودی/خروجی اختصاص یافته به این فرآیند.

به طور کلی PCB مرکز اطلاعاتی است که سیستم عامل تمام اطلاعات کلیدی درباره فرآیند را در آن قرار می‌دهد.

۲-۱-۳- عملیات بروزی فرآیندها

ایجاد یک فرآیند عملیات چندی را در بر می‌گیرد که شامل:

- ایجاد PCB متناظر با فرآیند و مقدار دهی اولیه آن

- درج آن در لیست فرآیندهای جاری

- اختصاص دادن منابع اولیه فرآیند

یک فرآیند می‌تواند فرآیند جدیدی را ایجاد نماید. در این صورت فرآیند تولید کننده را فرآیند پدر و فرآیند تولید شده را فرآیند فرزند می‌نامند. چنین تولیدی را ساختار سلسله مراتبی فرآیند می‌نامند.

سیستم عامل که مدیریت فرآیندها را به عهده دارد. عملیات خاصی روی فرآیندها اجرا می‌نماید.

این عملیات عبارت‌اند از:

- ایجاد و حذف یک فرآیند

- معوق کردن فرآیند

- از سرگیری یک فرآیند

- تغییر دادن اولویت یک فرآیند

- مسدود کردن و بیدار کردن فرآیند

۲-۱-۳- وضعیت‌های یک فرآیند

فرآیند در طی حیات خود، وضعیت‌های مختلفی را به خود می‌بیند. رویدادهای متفاوتی می‌توانند سبب تغییر وضعیت یک فرآیند گردند.

- فرآیند در وضعیت اجرا (Running) قرار می‌گیرد، اگر پردازنده را در اختیار داشته باشد.

- فرآیند در وضعیت آماده (Ready) قرار می‌گیرد، اگر منابع لازم به آن داده شود و درانتظار پردازنده باشد.

- فرآیند در وضعیت مسدود (Wait) قرار می‌گیرد، اگر در حال انتظار برای وقوع رویدادی جهت از سر گرفتن اجرای خود باشد، مثلاً در انتظار پایان یافتن یک عمل ورودی/خروجی باشد.

- فرآیند در وضعیت آماده و معلق (Suspend Ready) قرار می‌گیرد، اگر حافظه اصلی از آن گرفته شود و بر روی حافظه ثانوی قرار گیرد و به محض بار شدن در حافظه اصلی در وضعیت آماده قرار گیرد.

- فرآیند در وضعیت مسدود و معلق (Suspend Wait) قرار می‌گیرد، اگر در حافظه ثانوی قرار گیرد و منتظر حادثه‌ای باشد.

۲-۱-۴- نحوه تبدیل وضعیت فرآیند

هنگامی که کاری به سیستم تحویل می‌گردد، یک یا چند فرآیند متناظر ایجاد می‌شوند و در انتهای لیست، فرآیندهای آماده وارد می‌گردند. فرآیند به تدریج به سوی ابتدای یک لیست حرکت می‌کند، هنگامی که فرآیند به ابتدای لیست برسد و پردازنده در دسترس باشد، فرآیند پردازش را در اختیار می‌گیرد بدین ترتیب انتقال و یا تغییر وضعیتی از آماده به اجرایی برای فرآیند رخ می‌دهد. اختصاص یافتن پردازنده به اولین فرآیند در لیست فرآیندهای آماده را توزیع (Dispatch) می‌نامند. این عمل توسط بخشی از سیستم به نام توزیع کننده (Dispatcher) انجام می‌گیرد.

اجرا (Running) → آماده (Ready) (فرآیند) : DISPATCH

- برای جلوگیری از این که فرآیندی سیستم را منحصرأ به خود اختصاص دهد، سیستم عامل از یک تایمر استفاده می‌نماید. این تایمر به فاصله زمانی معین (برش زمانی) تنظیم می‌گردد. چنان‌چه فرآیند به طور داوطلبانه قبل از سپری شدن فاصله زمانی، پردازش را آزاد نکند، این تایمر، وقفه خارجی را تولید می‌کند که سبب می‌شود تا سیستم عامل کنترل را به دست گیرد. سیستم در این صورت فرآیند در حال اجرا را به حالت آماده تبدیل می‌نماید و اولین فرآیندهای آماده را به حالت اجرا در خواهد آورد.

آماده → اجرا : (فرآیند) Time Runs Out

اجرا → آماده : (فرآیند جدید) DISPATCH

- در صورتی که یک فرآیند در حال اجرا یک عمل ورودی / خروجی را قبل از سپری شدن برش زمانی خودآغاز نماید، به طور ارادی پردازنده را رها می‌کند. به عبارت دیگر فرآیند خود را تازمانی که عمل ورودی / خروجی اش کامل نشده است، مسدود می‌نماید و به محضی که عمل ورودی / خروجی اش به اتمام رسید از حالت مسدود به حالت آماده تغییر وضعیت می‌دهد.

مسدود → اجرا : (فرآیند) Wait

آماده → مسدود : (فرآیند) Wakeup

- توجه به این نکته حائز اهمیت است که تنها انتقال وضعیتی که به وسیله خود فرآیند آغاز می‌شود، انتقال به وضعیت Wait است. سه انتقال وضعیتی دیگر به وسیله متابعی خارج از فرآیند آغاز می‌گردند.

- وقتی که سیستم عامل برای حفظ کارایی تعیین می‌کند که فرآیند جاری و یا فرآیندی که قرار است بلا فاصله اجرا شود نیاز به حافظه اصلی بیشتری دارد. آن‌گاه ترجیحاً فرآیندهای مسدود را به جای فرآیندهای آماده به حالت تعلیق در می‌آورد، چراکه فرآیندهای مسدود فضای اصلی را اشغال می‌کنند و نمی‌تواند اجرا هم شوند. بنابراین چنان‌چه فرآیند مسدود به خارج حافظه منتقل شود و بر روی حافظه ثانوی قرار گیرد وضعیت آن از مسدود به مسدود و معلق تغییر خواهد کرد.

مسدود و معلق → مسدود : (فرآیند) Suspend

- چنان‌چه فرآیند مسدودی به منظور خالی کردن بلوک بزرگی از حافظه اصلی وجود نداشته باشد، آن‌گاه به تعلیق در آوردن یک فرآیند آماده، لازم می‌باشد. ممکن است سیستم عامل یک فرآیند آماده، ولی با اولویت کم را به جای فرآیند مسدودی که اولویتش بیشتر است برای به حالت معلق بودن انتخاب نماید.

آماده معلق → آماده : (فرآیند) Suspend

- موقعی یک فرآیند مسدود و معلق به حالت آماده و معلق تغییر حالت می‌دهد که منتظرش بوده است، اتفاق افتاد.

- وقتی فرآیند آماده دیگری در حافظه اصلی نباشد، لازم است سیستم عامل یکی را به حافظه اصلی بیاورد تا اجرا ادامه یابد. ممکن است فرآیندی که در حالت آماده و تعلیق است، اولویتش از تمام فرآیندهای آماده بیشتر باشد. آن‌گاه فرآیند مورد نظر به حافظه اصلی منتقل می‌شود و وضعیت آن از آماده معلق به آماده تغییر می‌نماید.

آماده → آماده معلق : (فرآیند) Resume

- فرآیندی در صفحه مسدود و معلق وجود دارد که اولویتش از تمام فرآیندهای صفحه آماده و معلق بیشتر است، سیستم عامل گمان می‌کند حادثه‌ای که موجب مسدود بودن این فرآیند بوده است، بزودی رخ می‌دهد. در چنین شرایطی یک فرآیند مسدود و معلق به حافظه آورده می‌شود و به حالت مسدود تغییر حالت می‌دهد.

مسدود → مسدود معلق : (فرآیند) Resume

۳-۱-۵ رشته‌ها (نخ = THREADS)

رشته کوچک‌ترین واحد کاری است که می‌توان وقت پردازندگ را به آن توزیع نمود. سیستم‌های عامل مدرن در یک فرآیند می‌توانند از چند رشته کنترل پشتیبانی کنند. این رشته‌های کنترل را فرآیندهای سبک وزن می‌نامند.

رشته‌ها، از بسیاری جهات، نظیر فرآیندها، عمل می‌کنند. رشته‌ها می‌توانند در یکی از حالات آماده، مسدود و اجرا باشند. یک رشته درون یک فرآیند به طور ترتیبی اجرا می‌شود و هر یک شمارنده برنامه و پشته خود را دارد. در مدل فرآیند تک رشته‌یی نمایش فرآیند شامل بلوک کنترلی فرآیند، فضای آدرس کاربر، همچنین پشتلهای کاربر و هسته است. هنگامی که فرآیند در حال اجرا است، ثبات‌های پردازندگ توسط آن فرآیند کنترل می‌گردد و وقتی که این فرآیند در حال اجرا نیست، محتوای ثبات‌ها نگهداری می‌شود. در محیط چند رشته‌ای نیز همچنان یک بلوک کنترلی فرآیند و یک فضای آدرس کاربر مربوط به آن فرآیند وجود دارد، اما برای هر رشته پشتلهای جداگانه و همچنین بلوک کنترلی جداگانه شامل تصویر ثبات‌ها، اولویت و دیگر اطلاعات مربوط به حالت آن رشته نیز موجود می‌باشد. بنابراین تمام رشته‌های یک فرآیند، در حالت و منابع آن فرآیند شریک هستند. آن‌ها در یک فضای آدرس می‌باشند و به داده‌های یکسان دسترسی دارند. هنگامی که رشته یک عنصر داده را در حافظه تغییر دهد، دیگر رشته‌ها در دسترسی به آن عنصر، حاصل تغییر را می‌بینند. اگر رشته‌ای فایلی را برای خواندن باز کند، دیگر رشته‌های آن فرآیند نیز می‌توانند از آن پرونده بخوانند. بنابراین همگام سازی فعالیت‌های مختلف رشته‌ها ضروری است، به گونه‌ایی که در کار یکدیگر مداخله نکرده و ساختمان داده‌ها را تحریب ننمایند.

این نکته، موضوع همگام سازی رشته‌ها در روش‌های مورد استفاده را که همان روش‌های همگام سازی فرآیندها می‌باشد، مطرح می‌نماید که در بحث همگام سازی فرآیندها توضیح داده خواهد شد.

۳-۱-۵-۱ نخ‌های سطح کاربر و سطح هسته

زمانی که تمام کار مدیریت نخ‌ها توسط کاربر صورت گیرد و هسته از وجود آن بی‌اطلاع باشد، آن‌گاه می‌گویند که در سیستم از نخ‌های سطح کاربر مخصوص پشتیبانی می‌شود. بدین معنی که کتابخانه‌هایی از نخ‌ها شامل کد ایجاد، تحریب نخ، کد انتقال پیام‌ها و داده‌ها بین نخ‌ها، کد زمانبندی اجرایی نخ‌ها و کد ذخیره و بار کردن متن نخ‌ها ایجاد می‌شود و تمام اعمال مطرح شده در فضای کاربر و در داخل یک فرآیند واحد بدون اطلاع هسته صورت می‌پذیرد. این کتابخانه نخ‌ها مجموعه‌ای از برنامه‌های سودمند در سطح کاربر و مورد اشتراک تمام کاربردها می‌باشد. در نخ سطح هسته مخصوص، تمام کار مدیریت نخ توسط هسته انجام می‌گیرد.

هیچ‌گونه کد مدیریت نخ در سطح کاربر وجود ندارد. زمانبندی نخ‌ها توسط هسته صورت می‌گیرد. هسته می‌تواند به صورت همزمان نخ‌های چند گانه از یک فرآیند واحد را روی پردازندگ‌های متعدد زمانبندی نماید.

چنان‌چه نخی در فرآیند مسدود شود، هسته می‌تواند نخ دیگری از همان فرآیند را زمانبندی نماید.

توجه داشته باشید که خود روال‌های هسته می‌توانند چند نخی باشند.

اشکال نخهای سطح کاربر در مقایسه با نخهای سطح هسته:

- ۱- زمانی که نخی یک فراخوانی سیستم را اجرا نماید، خودش و تمام نخهای داخل آن فرآیند مسدود می‌گردد.
 - ۲- یک کاربرد چند نخی نمی‌تواند از امتیازات چند پردازشی بین نخهای خود استفاده نماید، بدین معنی که هسته در هر زمان یک فرآیند را به یک پردازنده نسبت می‌دهد.
- اشکال اصلی رویکرد نخ سطح هسته در مقابل سطح کاربر این است که انتقال کنترل از یک نخ به نخ دیگر در داخل یک فرآیند واحد نیازمند تغییر حالت پردازنده به حالت هسته می‌باشد.

۳-۵-۲- رویکردهای ترکیبی

بعضی از سیستم‌های عامل مانند Solaris ترکیبی از امکانات نخ سطح کاربر و سطح هسته را فراهم می‌نماید. در این سیستم، تمام اعمال مطرح شده در سطح کاربر محض به طور کامل در فضای کاربر در داخل یک کاربرد صورت می‌گیرد. نخهای چندگانه سطح کاربر یک کاربرد، به تعدادی کمتر یا مساوی از نخهای سطح هسته نگاشته می‌شود. در این رویکرد، نخهای متعدد داخل یک کاربرد می‌تواند به موازات هم روی پردازنده‌های متعدد اجرا گردد و یک فراخوانی سیستم مسدود کننده در کل یک فرآیند را مسدود نماید، بلکه فقط همان نخ مربوطه را مسدود خواهد کرد.

۴-۱-۶- وظایف زمان‌بندی فرآیندها

به طور کلی یک زمان‌بند فرآیند وظایف زیر را به عهده دارد:

- ۱- ثبت وضعیت فرآیند.
- ۲- تعیین این که کدام فرآیند برای چه مدتی پردازنده را در اختیار بگیرد.
- ۳- اختصاص یک پردازنده به یک فرآیند که این عمل نیازمند مقدار دهی مجدد ثبات‌های پردازنده متناظر با وضعیت صحیح فرآیند است.
- ۴- باز پس گیری پردازنده.

۵-۲- مفاهیم زمان‌بندی

هدف عملکرد چند برنامگی، داشتن چند فرآیند در حال اجرا است تا بهره وری پردازنده به بیشترین مقدار خود برسد. با استفاده از عملکرد چند برنامگی سعی می‌شود در یک لحظه چندین فرآیند در حافظه نگه داشته شوندو هنگامی که یک فرآیند مجبور به انتظار شد (برای اجرای عمل ورودی/خروجی) سیستم عامل پردازنده را از آن فرآیند باز پس می‌گیرد و آن را به فرآیند دیگر اختصاص می‌دهد و این عمل ادامه می‌یابد. پیاده سازی چنین سیستمی بدون زمان‌بندی غیر ممکن است، بدین معنی که کلید چند برنامگی زمان‌بندی است. مزیت‌های عملکرد چند برنامگی افزایش بهره‌وری پردازنده وبالا بردن توان عملیاتی آن است. منظور از توان عملیاتی، میزان کار انجام شده در یک فاصله زمانی مشخص است. (مثلاً ۱۵ فرآیند در هر ساعت)

۶-۱-۲- صفحه‌های زمان‌بندی

هنگامی که کارها وارد یک سیستم می‌گردند، در یک صف کار (JobQueue) وارد می‌شوند. این صف در برگیرنده تمام کارهایی است که در روی حافظه جانبی قرار دارند و منتظر به دست آوردن حافظه اصلی هستند. فرآیندهایی که در حافظه اصلی قراردارند و در

وضعیت آماده هستند و منتظر اجرا شدن می‌باشند در صفحه بنام صف فرآیندهای آماده (Ready list) نگه داشته می‌شوند. این لیست معمولاً یک صف پیوندی می‌باشد. هنگامی که فرآیندی پردازنده را به خود اختصاص می‌دهد برای مدتی اجرا می‌شود و بالاخره یا پایان می‌پذیرد، و یا برای رخداد یک رویداد خاص مانند کامل شدن ورودی/خروجی مورد درخواست در انتظار می‌ماند. در حالتی که در انتظار پایان یافتن ورودی/خروجی بر روی دیسک (یک دستگاه اشتراکی) می‌باشد، ممکن است این دیسک در یک عمل ورودی/خروجی که به وسیله فرآیند دیگری درخواست شده است، درگیر باشد. بنابراین فرآیند مورد بحث باید تا رهایی دیسک در انتظار بماند. این لیست فرآیندهای در حال انتظار برای یک دستگاه ورودی/خروجی خاص را صف دستگاه می‌نامند.

هر دستگاهی دارای صف دستگاه خاص خودش است. اگر دستگاه قابل استفاده به صورت اشتراکی باشد، فرآیندهای چندی می‌توانند در صف متناظر با آن دستگاه قرار گیرند. در صورتی که دستگاه انحصاری باشد (مانند دستگاه نوار خوان)، صف دستگاه هرگز بیش از یک فرآیند در خود نخواهد داشت.

۲-۲-۳ - زمان‌بندها

یک فرآیند در طول حیات خود در بین صفحهای زمان‌بندی گوناگون مهاجرت می‌کند. سیستم عامل باید فرآیند را از بین این صفحهای طریقی انتخاب نماید که مناسب ترین انتخاب حاصل گردد.

• زمان‌بند بلند مدت یا زمان‌بند کار (Job scheduler)

در یک سیستم دسته‌ای، اغلب کارهای تحویلی سیستم به قدری زیاد هستند که نمی‌توانند بلافصله اجرا گردند این فرآیندها بر روی یک دستگاه جانبی که معمولاً دیسک است، نگه داشته می‌شوند تا این‌که با ترتیب خاصی به آن‌ها منابع اولیه اختصاص داده شود و برای اجرا به حافظه منتقل گردند. برنامه زمان‌بند بلند مدت و یا زمان‌بند کار مسؤولیت این کار را به عهده می‌گیرد. زمان‌بند بلند مدت درجه چند برنامگی را در سیستم کنترل می‌نماید. منظور از درجه چند برنامگی تعداد فرآیندهای موجود در حافظه می‌باشد و مطلوب است که زمان‌بند بلند مدت ترکیب فرآیندی خوبی از فرآیندها با تنگناهای محاسباتی و فرآیندها با تنگناهای ورودی/خروجی انتخاب کند.

• زمان‌بند کوتاه مدت یا زمان‌بند پردازنده (CPU Scheduling)

هر زمانی که پردازنده بیکار می‌شود، سیستم عامل می‌بایست فرآیندی را از صف آماده برای اجرا انتخاب نماید. مسؤولیت اجرای این قسمت از کار با زمان‌بند کوتاه مدت می‌باشد. بهدلیل مدت کوتاه فاصله بین اجراهای متوالی زمان‌بندی کوتاه مدت، این زمان‌بند باید بسیار سریع باشد.

• زمان‌بند میان مدت (Swapping)

زمان‌بند میان مدت بخشی از عملیات مبادله است (Swapping). زمان‌بند میان مدت با این هدف ایجاد شده که گاهی لازم است فرآیندهایی از حافظه حذف شوند و در نتیجه درجه چند برنامگی کاهش می‌یابد. زمانی بعد فرآیند مجدداً به حافظه آورده می‌شود و اجرای آن از محلی که متوقف شده بود از سر گرفته خواهد شد.

۳-۲-۳- ساختار زمانبندی

تصمیمات زمانبند پردازنده تحت چهار پیشامد زیر اتخاذ خواهد شد:

۱- هنگامی که فرآیندی از وضعیت اجرایی به وضعیت انتظار تغییر حالت می‌دهد.

۲- هنگامی که فرآیندی از وضعیت اجرایی به وضعیت آماده تغییر حالت می‌دهد.

۳- هنگامی که فرآیندی از وضعیت آماده به وضعیت اجرا تغییر حالت می‌دهد.

۴- هنگامی که فرآیندی به پایان می‌رسد.

در رویدادهای او ۴ برای زمانبند انتخابی نمی‌ماند، یک فرآیند جدید باید برای اجرا انتخاب گردد. زمانبندی تحت شرایط او ۱ و ۲ را زمانبندی به شیوه انحصاری یا Nonpreemptive یا غیر قابل پس گرفتن نامند، در غیر این صورت زمانبندی غیر انحصاری یا Preemptive یا قابل پس گرفتن می‌باشد. بنابراین در حالت انحصاری، همین که یک فرآیند در حالت اجرا قرار گرفت، آنقدر به اجرا آدامه می‌دهد تا یا خاتمه پذیرد و یا این که خودش برای انتظار ورودی/خروجی و یا درخواست فرآخوانی رویه‌های سیستمی (System Call) مسدود گردد. در حالت غیر انحصاری، فرآیند در حال اجرا می‌تواند توسط سیستم عامل متوقف شود و به حالت آماده انتقال یابد.

۳-۲-۴- تعویض متن فرآیند یا Context switch

تعویض حالت پردازنده و تعویض فرآیند دو مفهوم مجزا می‌باشد. ممکن است تعویض حالت بدون تغییر وضعیت فرآیندی که در حال اجرا است، صورت گیرد. در این مورد ذخیره‌سازی متن و بارگذاری مجدد آن، سربار کمی دارد. اما زمانی که فرآیند جاری تغییر وضعیت می‌دهد، آن‌گاه مراحل زیر برای تعویض فرآیند باید در نظر گرفته شود:

۱- ذخیره‌سازی متن پردازنده شامل شمارنده برنامه و ثبات‌های دیگر و به هنگام سازی بلوك کنترلی فرآیندی که هم اکنون در حال اجرا است.

۲- انتقال بلوك کنترلی فرآیند مربوط به این فرآیند به صف مناسب.

۳- انتخاب فرآیند جدیدی برای اجرا و به هنگام سازی بلوك کنترلی فرآیند آن.

۴- بارگذاری مجدد متن پردازنده.

بنابراین اجرای مراحل فوق در مقایسه با تعویض حالت پردازنده احتیاج به تلاش بیشتری دارد. زمان تعویض فرآیند بسیار وابسته به سخت افزار (سرعت حافظه، تعداد ثبات‌ها، سرعت دسترسی به حافظه، وجود دستورالعمل‌های خاص برای مقدار دهی و ذخیره تمام ثبات‌ها) می‌باشد.

۳-۲-۵- الگوریتم‌های زمانبندی پردازنده

زمانبندی پردازنده با مساله انتخاب فرآیندهای موجود در صف فرآیندهای آماده برای اکتساب پردازنده روبروست. الگوریتم‌های زمانبندی مختلف دارای ویژگی‌های متفاوت هستند و ممکن است برای یک رده از فرآیندها نسبت به سایر رده‌ها مفیدتر باشند.

برای مقایسه الگوریتم زمانبندی پردازنده معیارهای گوناگونی مورد توجه قرار گرفته است. این معیارها عبارت‌اند از:

• بهره وری پردازندۀ:

مبین درصد زمانی است که پردازندۀ مشغول می‌باشد.

در سیستم‌های چند برنامگی معیار مهمی تلقی می‌شود.

در سیستم‌های تک کاربره و بلادرنگ، این معیار از اهمیت کمی برخوردار است.

• توان عملیاتی:

مبین مقدار کار انجام شده در واحد زمان مشخصی می‌باشد.

به متوسط طول فرآیندها بستگی دارد و در بهره وری پردازندۀ موثر می‌باشد.

• زمان بازگشت:

فاصله زمانی بین لحظه تحویل کار تا لحظه تکمیل آن می‌باشد.

زمان بازگشت مجموع لحظاتی از قبیل زمان انتظار فرآیند برای ورود به صف آماده، زمان انتظار در صف فرآیندهای آماده، اجرای کد

برنامه توسط پردازندۀ و انجام عملیات ورودی/خروجی است.

• زمان انتظار:

مدت زمانی را که فرآیند در صف فرآیندهای آماده در انتظار می‌ماند زمان انتظار می‌نامند. الگوریتم زمانبندی پردازندۀ، حقیقتاً بر

میزان زمان سپری شده که در طی آن فرآیند اجرا می‌گردد یا عملیات ورودی/خروجی انجام می‌دهد تأثیری نمی‌گذارد بلکه فقط زمان

انتظار فرآیند را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

• زمان پاسخ‌گویی:

برای یک فرآیند محاوره‌ای، زمان پاسخ، فاصله زمانی ارایه یک تقاضا تا شروع دریافت پاسخ آن می‌باشد. این زمان مدت زمانی را که

طول می‌کشد تا خروجی پاسخ داده شود را شامل نمی‌شود و معیار بسیار مهمی در سیستم اشتراک زمانی می‌باشد.

بنابراین، مطلوبست که بهره وری پردازندۀ و توان عملیاتی به بیشترین مقدار خود برسد و زمان بازگشت، زمان انتظار و زمان

پاسخ‌گویی به حداقل برسد.

قابل ذکر است که این معیارها به یکدیگر بستگی دارند و بهینه سازی هم‌زمان آن‌ها امکان ندارد. مثلاً ممکن است ارایه زمان پاسخ

خوب، نیازمند الگوریتم زمانبندی باشد که به سرعت، فرآیندها را عوض نماید. نتیجه این عمل افزایش سربار سیستم و کم شدن توان

عملیاتی است.

۱-۵-۲-۳ - خدمت به ترتیب ورود (FCFS یا FIFO)

ساده‌ترین الگوریتم زمانبندی پردازندۀ FIFO می‌باشد. در این الگوریتم فرآیندی که به صف فرآیندهای آماده وارد می‌شود. PCB

منتظر با آن به انتهای صف افزوده می‌شود. پردازندۀ به فرآیندی که در ابتدای صف فرآیندهای آماده قرار دارد، اختصاص داده می‌شود.

هر زمان که پردازندۀ به فرآیندی اختصاص داده شود آن فرآیند پردازندۀ را تا زمانی که خاتمه یابد یا تقاضای ورودی/خروجی نماید، در

اختیار خود خواهد داشت (زمانبندی انحصاری).

چنان‌چه واریانس زمان‌های اجرای فرآیندها خیلی بزرگ باشد، زمان پاسخ‌دهی زیاد می‌شود. این الگوریتم به فرآیندهای کوتاه و

فرآیندهای با تنگناهای ورودی/خروجی صدمه می‌زند. متوسط زمان انتظار در این الگوریتم غالباً طولانی است.

۳-۵-۲- کوتاه‌ترین زمان اجرا (Shortest process Next) یا (SJF)

پردازنده به فرآیندی اختصاص داده می‌شود که دارای کوچک‌ترین زمان اجرای پردازنده باشد. در صورتی که چندین فرآیند از زمان اجرای پردازنده یکسانی برخوردار باشند، می‌توان از FIFO استفاده نمود. این الگوریتم همانند FIFO، انحصاری است و در محیط‌های اشتراک زمانی می‌تواند استفاده شود. از معایب این الگوریتم می‌توان احتمال تعویق کارهای طولانی (پدیده گرسنگی) و نیاز به داشتن اطلاعاتی در مورد زمان اجرای پردازنده را برشمرد. از مزایای آن به حداقل رسیدن میانگین زمان پاسخ‌دهی فرآیندهایی است که هم‌زمان وارد صفحه فرآیندهای آماده می‌شوند.

مشکل این الگوریتم آگاهی از طول درخواست بعدی پردازنده می‌باشد. هیچ راهی که طول زمان اجرایی بعدی را برای ما مشخص سازد وجود ندارد. لذا مجبوریم که آن را پیش‌بینی نماییم. برای این تخمین معمولاً از فرمول میانگین نمایی به شکل ذیل استفاده می‌شود.

$$S_{n+1} = (1 - \alpha) S_n + \alpha t_n$$

$1 \leq \alpha \leq \varphi$ است. t_n زمان اجرای فرآیند برای n امین نوبت و S_n نمایانگر زمان اجرایی تخمین زده شده در توبت n ام می‌باشد. بسط فوق نشان می‌دهد که α در واقع وزن نسبی مشاهدات اخیر را تعیین می‌نماید. اگر $\alpha = 1$ باشد تنها زمان اجرایی قبلی ملاک است. اگر $\alpha = 0.2$ باشد حدود هشت مشاهده اخیر مهم است این تکنیک تخمین زدن را معمولاً رشد سالمندی (AGING) می‌نامند.

مثال:

فرض کنید سیستمی از سیاست زمان‌بندی کوتاه‌مدت استفاده نماید و مقدار $\alpha = 0.5$ در نظر گرفته شود. چنان‌چه زمان‌های اجرایی فرآیندی از گذشته به حال به ترتیب از راست به چپ ۵، ۸، ۳ و ۵ و x باشد و مقدار اولیه برای S_1 برابر ۱۰ در نظر گرفته شود مقدار x را محاسبه نمایید.

$$S_1 = 10$$

$$S_2 = 0.5 \times 5 + 0.5 \times 10 = 7.5$$

$$S_3 = 0.5 \times 8 + 0.5 \times 7.5 = 7.75$$

$$S_4 = 0.5 \times 3 + 0.5 \times 7.75 = 5.375$$

$$S_5 = 0.5 \times 5 + 0.5 \times 5.375 = 5.1875 \Rightarrow x = 5.1875$$

۳-۵-۳- کمترین زمان اجرای باقیمانده (Shortest Remaining time)

در این الگوریتم فرآیند با کمترین زمان اجرای پردازنده انتخاب می‌شود و پردازنده به آن اختصاص می‌یابد. فرآیند در حال اجرا با فرآیند جدیدی که دارای زمان اجرای کمتری نسبت به باقیمانده زمان اجرای فرآیند جاری می‌باشد، معوق می‌گردد و به صفحه فرآیندهای آماده تغییر وضعیت می‌دهد و پردازنده در اختیار فرآیند جدید قرار خواهد گرفت. این الگوریتم دارای سربار بیشتری نسبت به SJF است و همتای غیر انحصاری SJF محسوب می‌شود، همانند SJF از پدیده گرسنگی برخوردار است و نیاز به داشتن اطلاعاتی در مورد زمان تکمیل شدن فرآیند دارد.

این الگوریتم می‌تواند در سیستم‌های اشتراک زمانی مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲-۵-۴- نوبت گردشی (Round Robin)

این الگوریتم غیر انحصاری برای سیستم‌های اشتراک زمانی طراحی می‌گردد. در این الگوریتم صفت فرآیندهای آماده به صورت یک صفت حلقوی در نظر گرفته می‌شود. زمان‌بند پردازنده در این صفت پیش می‌رود و به هر یک از فرآیندها حداقل به مدت یک فاصله زمانی کوتاه به نام برش زمانی یا کوانتم و یا Time Slice اختصاص می‌یابد.

فرآیند ممکن است دارای زمان اجرایی پردازنده‌ای کمتر از برش زمانی باشد. آن‌گاه فرآیند به طور ارادی پردازنده را آزاد خواهد کرد و زمان‌بند به فرآیند بعدی در صفت فرآیندهای آماده، وقت را پردازنده خواهد داد.

اگر زمان اجرایی پردازنده بیشتر از برش زمانی باشد، آن‌گاه زمان سنج به پردازنده وقفه از نوع وقفه تایمر می‌دهد و تعویض متن فرآیند صورت می‌گیرد. فرآیند جاری به انتهای صفت فرآیندها منتقل می‌شود و به دنبال آن فرآیند بعدی از ابتدای صفت انتخاب خواهد شد. کارایی الگوریتم RR به مقدار زیادی به اندازه کوانتم زمانی بستگی دارد. در صورتی که این کوانتم زمانی بسیار زیاد باشد سیاست RR مشابه خط مشی FIFO خواهد بود.

اگر کوانتم زمانی نسبت به زمان اجرایی پردازنده بسیار کوچک انتخاب گردد، به این سیاست RR به اشتراک گذاشتن پردازنده گویند. بدین معنی که پردازنده به طور مساوی زمان خود را بین فرآیندها به اشتراک می‌گذارد. در این حالت زمان پاسخ‌دهی RR همواره بدتر از زمان پاسخ‌دهی FCFS خواهد شد.

زمان تعویض فرآیند بر روی کارایی الگوریتم RR اثر می‌گذارد. به عبارتی دیگر برش زمانی کوچک‌تر، تعویض فرآیندهای بیشتری را نتیجه می‌دهد. هر چه زمان تعویض فرآیند بیشتر باشد درصد بهره وری از پردازنده کمتر خواهد شد. زمان بازگشت، به اندازه برش زمانی بستگی دارد و میانگین زمان بازگشت یک مجموعه فرآیند، الزاماً در اثر افزایش برش زمانی، بهبود نمی‌یابد. مطلوب است که درصد زمان اجرایی پردازنده برای فرآیندها، کوتاه‌تر از برش زمانی باشد.

۳-۲-۵-۵- برتری (Priority)

به هر فرآیند یک اولویت نسبت داده می‌شود و پردازنده به پردازشی با بیشترین اولویت، اختصاص می‌یابد. این الگوریتم می‌تواند هم انحصاری و هم غیر انحصاری باشد. اگر اولویت فرآیند جدید الورود بیشتر از فرآیند کنونی در حال اجرا باشد، در الگوریتم برتری غیر انحصاری، پردازنده از فرآیند پس گرفته می‌شود و به فرآیند جدید سپرده می‌شود و در الگوریتم برتری انحصاری فرآیند جدید الورود به سادگی در ابتدای صفت آماده قرار می‌گیرد و پردازنده همچنان در کنترل فرآیند کنونی خواهد ماند.

مسئله اصلی در الگوریتم برتری، مسئله قحطی زدگی یا گرسنگی (Starvation) می‌باشد. الگوریتم SJF حالت خاصی از الگوریتم برتری عمومی است و پدیده گرسنگی در آن به چشم می‌خورد.

۳-۲-۵-۶- بزرگ‌ترین نسبت زمان پاسخ‌گویی (Highest Response Ratio time)

یک الگوریتم زمان‌بندی انحصاری است که در آن اولویت هر فرآیند تابعی است از مدت زمان اجرایی پردازنده توسط آن فرآیند و مدت زمانی که فرآیند برای بدست آوردن پردازنده در انتظار باقی مانده است.

$$\text{اولویت اجرایی} = \frac{\text{زمان اجرا} + \text{زمان انتظار}}{\text{زمان اجرا}}$$

بنابراین فرآیندهای کوتاه‌تر اولویت بیشتری دارند. اما فرآیندهای طولانی تر که در انتظار مانده‌اند، مورد توجه قرار خواهند گرفت. در این الگوریتم هیچ وقت پدیده گرسنگی به وجود نخواهد آمد.

۳-۵-۲-۷- صف های چند سطحی (Multi level Queue)

در این الگوریتم فرآیندها به سادگی به گروههای مختلف رده بندی می‌شوند. مثلاً یک تقسیم متعارف بین فرآیندهای محاوره‌ای و فرآیندهای پشت صحنه (Background) انجام می‌شود. این دو نوع فرآیند دارای زمان پاسخ‌گویی کاملاً متفاوتی هستند. بنابراین نیاز به زمان‌بندی متفاوت از هم دارند، به علاوه فرآیندهای محاوره‌ای می‌توانند اولویتی بر فرآیندهای پشت صحنه داشته باشند. این الگوریتم، صف فرآیندهای آماده را به صفحه‌ای مجزا تقسیم می‌کند. فرآیندها برای همیشه به یک صف اختصاص داده می‌شوند که این اختصاص بر حسب ویژگی چندی از فرآیند صورت می‌پذیرد (از قبیل نوع فرآیند، اندازه حافظه). هر صف از الگوریتم زمان‌بندی خاص خودش بهره می‌برد. فرضًا صف فرآیندهای محاوره‌ای به وسیله الگوریتم نوبت گردشی و صف فرآیندهای پشت صحنه به وسیله الگوریتم FIFO زمان‌بندی می‌شوند. به علاوه یک زمان‌بندی دیگر بین صفحه‌ها وجود دارد و این الگوریتم زمان‌بندی غیر انحصاری مبتنی بر اولویت است.

صف فرآیند اولویت محاوره‌ایی می‌تواند نسبت به صف پشت صحنه اولویت داشته باشد. هیچ فرآیندی در یک صف با اولویت پایین تر نمی‌تواند اجرا گردد، مگر این‌که صف با اولویت بالاتر خالی باشد.

باید مذکور شد که در این الگوریتم فرآیندها در هنگام ورود به سیستم برای همیشه به یک صف خاص اختصاص داده می‌شوند و فرآیندها بین صفحه‌ها جابه‌جا نمی‌گردند. این شیوه اگر چه سربار زمان‌بندی کمی را به دنبال دارد غیر قابل انتعاف است.

۳-۵-۲-۸- صف های بازخوردی چند سطحی (Multilevel Feed Back Queue)

در این الگوریتم همانند الگوریتم صفحه‌ای چند سطحی، از چندین صف، با الگوریتم‌های FIFO و نوبت چرخشی تشکیل می‌شود. در این روش فرآیندهای با زمان‌های متفاوت اجرایی پردازنده از هم مجزا خواهند شد. در صورتی که فرآیندی پردازنده را زمان بسیار زیادی به کار گیرد، باید به صف فرآیندهایی با کمترین اولویت حرکت نماید. این شیوه، فرآیندهای محاوره‌ای و فرآیندهایی با تنگنای ورودی/خروجی را در صف فرآیندهای اولویت‌دار قرار می‌دهد. فرآیندی که زمان طولانی را در صف فرآیندهای با اولویت پایین سپری می‌کند به صف با اولویت بالا منتقل می‌شود. این شیوه نوعی شیوه رشد پذیری است که مانع بروز پدیده مسدود شدن نامحدود (قطعی‌زدگی) می‌گردد.

به طور کلی صف‌های بازخوردی چند سطحی به وسیله پارامترهای زیر زمان‌بندی خواهند شد :

- تعداد صف‌ها

- الگوریتم زمان‌بندی برای هر صف

- روش به کار گرفته شده برای معین کردن این‌که چند زمانی یک فرآیند به یک صف با اولویت بالاتر ارتقاء پیدا کند.

- روش به کار گرفته شده برای معین کردن این‌که چه زمانی یک فرآیند به یک صف به اولویت پایین تنزل پیدا کند.

- روشی که معین کند یک فرآیند در ابتدا به کدام صف وارد شود.

۳-۵-۲-۹- زمان‌بندی شانسی (Lottery)

در این الگوریتم، سیستم تعدادی عدد به هر پردازش نسبت می‌دهد. پردازشی که از اولویت بالا برخودار می‌باشد، تعداد اعدادش بیشتر از پردازشی است که اولویتش کمتر است. سپس به طور تصادفی یک عدد تولید می‌شود و پردازشی پردازنده را در اختیار می‌گیرد که این عدد را در اختیار داشته باشد. این الگوریتم انحصاری است.

۱۰-۵-۲-۳- زمان‌بندی LPT (Longest Process time)

در این زمان‌بندی، همیشه طولانی‌ترین کار برای اجرا انتخاب می‌شود. این الگوریتم، بهینه نمی‌باشد و الگوریتمی انحصاری است.

۱۱-۵-۲-۳- زمان‌بندی بلاذرنگ

اتفاقاتی که سیستم بلاذرنگ باید به آن‌ها پاسخ دهد به دو دسته متناوب و غیرمتناوب تقسیم می‌شوند، وقایع متناوب در فواصل مساوی اتفاق می‌افتد، ولی وقایع غیرمتناوب به صورت تصادفی و غیرقابل پیش‌بینی می‌باشند. اگر m واقعه متناوب وجود داشته باشد و واقعه n ام دارای دوره تناوب P_i باشد و پردازش هر واقعه آن به C_i ثانیه cpu احتیاج داشته باشد، cpu فقط در صورتی می‌تواند به این وقایع پاسخ دهد که داشته باشیم:

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{P_i} \leq 1$$

مثال: در یک سیستم بلاذرنگ نرم ۳ واقعه متناوب با دوره‌های تناوب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌ثانیه وجود دارند، اگر پردازش هر واقعه به ترتیب ۵۰، ۳۰ و ۱۰۰ میلی‌ثانیه cpu احتیاج داشته باشد، آیا این سیستم قابل زمان‌بندی می‌باشد یا خیر؟

$$\sum_{i=1}^3 \frac{C_i}{P_i} = \frac{50}{100} + \frac{30}{200} + \frac{100}{500} = 0.85$$

زمان تعویض متن قابل صرفنظر کردن می‌باشد.

۱۲-۵-۲-۳- زمان‌بندی تضمین شده (Guaranteed)

در یک سیستم با n پردازش که همه چیز یکسان فرض می‌شود، هر پردازش باید $\frac{1}{n}$ از زمان پردازنده را دریافت نماید.

در این الگوریتم به هر پردازش سهمی از پردازنده وعده داده می‌شود به منظور وفا کردن به این عهد، سیستم می‌بایست زمانی را که به هر پردازش تعلق گرفته محاسبه نماید و زمان باقی مانده را به آن پردازش سرویس دهد. بنابراین نسبت زمان استفاده شده به سهم هر پردازش محاسبه می‌گردد. ابتدا پردازشی اجرا می‌شود که کمترین نسبت مذکور را دارد و این عمل تا هنگامی که این نسبت از نسبت نزدیک‌ترین رقیب پردازش بزرگ‌تر باشد ادامه می‌یابد.

۱۳-۵-۲-۳- برخی از الگوریتم‌های زمان‌بندی بلاذرنگ**۱- الگوریتم نرخ یکنواخت (Rate Monotonic)**

الگوریتمی است اولویتی، که به هر فرآیند اولویتی مناسب با فرکانس آن رخ داد اختصاص داده می‌شود. به عنوان مثال اگر فرآیند اول دارای دوره تناوب ۲۰ میلی‌ثانیه باشد، به آن اولویت ۵۰ و به فرآیند دوم دوره تناوب ۱۰۰ میلی‌ثانیه اولویت ۱۰ داده می‌شود.

۲- الگوریتم ابتدا زودترین مهلت (Earliest Dead line First)

مهلت برای یک واقعه متناوب برابر زمان رخداد واقعه بعدی خواهد بود. در این الگوریتم فرآیندها به ترتیب مهلتشان در صف آماده مرتب می‌شوند و پردازنده به فرآیندی تعلق می‌گیرد که اول صف است.

۳- الگوریتم کمترین لختی (Least Laxity)

لختی یک فرآیند، جداکثر مقدار زمانی است که فرآیند می‌تواند در آن مدت آماده باقی بماند و اجرا نشود. مثلاً اگر فرآیندی 200 میلی ثانیه وقت پردازند نیاز داشته و 250 میلی ثانیه مهلت داشته باشد، لختی آن 50 میلی ثانیه است.

بنابراین در این الگوریتم فرآیندی که کمترین لختی را دارد، انتخاب می‌شود.

تست‌های مربوط به مبحث فرآیندها و زمانبندی پردازنده

۱ - اگر یک فرآیند از نوع non-preemptive باشد:

- (الف) هرگاه لازم باشد می‌توان پردازنده مرکزی را از آن گرفت و در اختیار فرآیند دیگری قرار داد.
- (ب) به هیچ وجه نباید پردازنده مرکزی را از آن فرآیند گرفت، مگر این که خودش پردازنده را آزاد نماید.
- (ج) در موقع وقوع وقفه می‌توان پردازنده را از آن فرآیند گرفت و پس از فرآیند وقفه پردازنده را به آن فرآیند باز گرداند و در سایر موقع نمی‌توان پردازنده را از آن فرآیند گرفت.
- (د) فقط در هنگام وقوع وقفه می‌توان پردازنده را از آن فرآیند گرفت و پس از فرآیند وقفه پردازنده را به هر فرآیندی که نوبتش باشد داد.

۲ - یک فرآیند شامل چه قسمت‌هایی است؟

- (الف) یک برنامه قابل اجرا، داده‌های مورد نیاز، پشته.
- (ب) یک برنامه قابل اجرا، داده‌های مورد نیاز، پشته و متن یا وضعیت‌های اجرای آن برنامه (PCB)
- (ج) فقط PCB
- (د) یک برنامه قابل اجرا، PCB

۳ - حالت مسدود و معلق (Suspend Wait) در فرآیندها کدام می‌باشد؟

- (الف) فرآیند مورد نظر منتظر حادثه‌ای است.
- (ب) فرآیند مورد نظر در حافظه ثانوی است.
- (ج) فرآیند مورد نظر در حافظه اصلی و منتظر حادثه‌ای است.
- (د) فرآیند مورد نظر در حافظه ثانوی و منتظر حادثه‌ای است.

۴ - در چه زمانی فرآیندی از حالت اجرا به حالت مسدود (Wait) تغییر می‌کند؟

- (الف) فرآیند جدیدی برای اجرا انتخاب شود.
- (ب) اتمام زمان مجاز برای اجرای فرآیند جاری.
- (ج) حافظه اصلی از فرآیند جاری گرفته شود.
- (د) فرآیند جاری درخواستی از سیستم عامل به شکل (I/O System Call) صادر نماید.

۵ - فرض کنید فرآیند A در حالت اجرا و فرآیند B که اولویت بالاتری دارد، مسدود است. اگر سیستم عامل دریابد حادثه‌ای که B منتظرش بوده اتفاق افتاده است، آن‌گاه فرآیند B به چه حالتی تغییر می‌کند؟ (سیاست زمان‌بندی کوتاه مدت بر اساس الیت غیرانحصاری است).

- (الف) فرآیند B به حالت اجرا تغییر می‌کند.
- (ب) ابتدا فرآیند B به حالت آماده تغییر می‌کند و سپس سیستم می‌تواند فرآیند A را وقفه داده و به حالت مسدود ببرد و فرآیند B را به حالت اجرا درآورد.
- (ج) ابتدا فرآیند B به حالت آماده تغییر می‌کند و سپس سیستم می‌تواند فرآیند A را به حالت آماده و فرآیند B را به حالت اجرا درآورد.
- (د) فرآیند B فقط به حالت آماده تغییر می‌کند و فرآیند A به هیچ وجه تغییر نخواهد کرد.

۶- دلیل تغییر حالت فرآیندی از اجرا به آماده کدام است؟

- الف) رها کردن اختیاری پردازنده به وسیله فرآیند
ج) فرآیند جدیدی برای اجرای یک برنامه ایجاد گردد

۷- در چه زمانی فرآیندی از حالت آماده و معلق تغییر می کند؟

- الف) حننن تغير حالتي امكان ندارد.

ب) زمانی که فرآیند جاری زمان منظور شده اش تمام شده باشد از حالت آماده منتقل می‌شود، مگر به حافظه اصلی پیش‌تری احتیاج باشد و فرآیند جدید از اولویت بیش‌تری برخوردار باشد. آن‌گاه به حالت آماده و متعلق تغییر می‌نماید.

- ج) زمانی که فرآیند جاری زمان منظور شده اش تمام شود.

د) این فرآیند توسط عاملی در حالت معلق گذاشته می‌شود تا از اجرای آن جلوگیری گردد.

۸- کدام یک از عبارات ذیل صحیح است؟

- الف) تعویض حالت سرپارکمتری نسبت به تعویض فرآیند دارد.

ب) تعویض، ف آیند سریار کمتری نسبت به تعویض حالت دارد.

ج) تقریباً هر دو تعویض به طور پکسان بر روی سیستم اثر می‌گذارند.

- د) اثهار دوی آرها ب ۵۹۱ سیستم به طور یکسان قابل چشم پوشی می باشد.

- فرقه فرآند (process) با ریسمان (thread) چیست؟

- الف) به ازاهه کاربر یک فرآیند، ولی چند ریسمان می‌تواند ایجاد شود.

۲) فرآیندها فضای داخل یک فرآیند فضای مشترک آدرس دهی دارند.

- ۷) فقر نازاره و دو باء، اختصاص روزاننده به نک کار استفاده می شوند.

د) از این سیستم‌های قدیمی تر، سیستم‌های حدیدت استفاده می‌شود.

۱۰- در یک سیستم اشتراک زمانی تک پردازشی دیسک آماده اجرا هستند. فرض این که از سیاست اجرا تا اتمام استفاده شود. اطلاعاتی در مورد کارها در زیر داده شده است. این‌ها با چه ترتیبی اجرا شوند تا میانگین زمان پاسخ در سیستم کمترین گدد؟

- الف) از راست به چپ ۱۰۹۰۶۴۰۲۰۷۰۵۰۱
ب) از راست به چپ ۰۱۰۹۰۶۴۰۲۰۷۰۵۰۱

ج) از راست به چپ ۱۰۹۰۶۴۰۲۰۷۰۵۰۱
د) از راست به چپ ۰۱۰۹۰۶۴۰۲۰۷۰۵۰۱

۱۱- کدام یک از عبارات ذیل برای زمان‌بندی نوبه‌ای (RR) صحیح است؟

- الف) با کاهش کوانتم میانگین زمان پاسخ‌گویی به فرآیندها کاهش می‌یابد.

ب) را افزایش، که انتم میانگین زمان پاسخ‌گویی به فرآیندها کاهش می‌یابد.

ج) با کاهش کوانتم میانگین زمان پاسخ‌گویی به فرآیندها بدون تغییر باقی می‌ماند.

- د) هیچ کدام.

۱۲ - زمان تخمینی فرآیند و زمان ورود ۳ پردازه به سیستم درذیل داده شده است. چنان‌چه پردازنده بعداز یک واحد انتظار با سیاست زمان‌بندی SJF پردازه را اجرا نماید، میانگین زمان پاسخ‌دهی پردازه‌ها به چه عددی نزدیک‌تر است؟

زمان ورود	زمان اجرا
P1	0
P2	2
P3	1

۵) ۷/۶

ج) ۱۳/۳

ب) ۱۵/۳

الف) ۶

۱۳ - فرض کنید در یک سیستم اشتراک زمانی ۵ پردازه تقریباً در یک زمان وارد لیست پردازه‌های آماده اجرا شوند. چنان‌چه زمان اجرای تخمینی آن‌ها به ترتیب از چپ به راست (۸ و ۴ و ۲ و ۰ و ۱۰) ثانیه و زمان Context Switch صفر و زمان CPU به طور مساوی بین پردازه‌ها به اشتراک گذاشته شوند، میانگین زمان پاسخ‌گویی پردازه‌ها چقدر خواهد بود؟

۵) ۲۳

ج) ۲۲

ب) ۲۱

الف) ۲۰

۱۴ - زمان ورود چهار فرآیند و زمان تقریبی فرآیند مورد نیاز هر کدام در یک سیستم اشتراک زمانی با یک پردازنده در جدول زیر مشخص شده است. متوسط زمان پاسخ‌دهی و انتظار هر فرآیند را برای سیاست زمان‌بندی SRTF محاسبه نمایید. تعویض متن‌ها زمان قابل ملاحظه‌ای در سیستم نخواهد داشت.

فرآیند	اول	دوم	سوم	چهارم
زمان ورود فرآیند	۱	۲	۲	۲
زمان تقریبی فرآیند	۸	۶	۴	۲

الف) متوسط زمان پاسخ‌دهی ۱۰ و متوسط زمان انتظار ۵ می‌باشد.

ب) متوسط زمان پاسخ‌دهی ۵ و متوسط زمان انتظار ۱۰ می‌باشد.

ج) متوسط زمان پاسخ‌دهی ۱۰ و متوسط زمان انتظار ۷ می‌باشد.

د) متوسط زمان پاسخ‌دهی ۷ و متوسط زمان انتظار ۱۰ می‌باشد.

۱۵ - در سیستم اشتراک زمانی با برش زمانی ۱۰۰ میلی ثانیه، میزان به کارگیری مفید CPU چه تعدادی می‌باشد؟

۵) هیچ‌کدام

ج) بیش‌تر از ۹۰ درصد

ب) بیش‌تر از ۸۵ درصد

الف) بیش‌تر از ۸۵ درصد

۱۶ - ۵ کار در انتظار اجرا به سر می‌برند. زمان اجرای پیش‌بینی شده برای آن‌ها به ترتیب از راست به چپ ۹ و ۶ و ۳ و ۵ و X است. ترتیب اجرای این کارها چگونه باشد تا میانگین زمان برگشت آن‌ها به حداقل برسد؟ به ترتیب از راست به چپ:

۵) ۳ و ۴ و ۵ و ۱ اگر $X < 6$

۵) ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ اگر $X < 5$

الف) ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱ اگر $X > 3$

ج) ۳ و ۴ و ۲ و ۵ و ۱ اگر $X > 9$

۱۷ - در یک کامپیوتر که سیستم عامل آن از برش زمانی استفاده می‌کند، وضعیت زیر برقرار است:

- تعداد استفاده کننده ۳۰

- مدت هر برش زمانی ۰/۴ ثانیه

- عملیات در حال انجام edit و کامپایل به ازای هر ۱۰۰ تا یک کامپایل

- مدت هر edit مورد نیاز ۰/۰ ثانیه و مدت هر کامپایل ۴ ثانیه

- زمان فکر کردن برای وارد کردن هر دستور ۵ ثانیه

کدام گزینه زمان پاسخ را برای هر دستور edit و هر دستور کامپایل به طور متوسط بیان می‌کند؟

ب) ۹/۲۵ ثانیه edit و ۹۲/۵ ثانیه کامپایل

د) ۵/۳ ثانیه edit و ۷۰ ثانیه کامپایل

الف) ۰/۴ ثانیه edit و ۴ ثانیه کامپایل

ج) ۵/۳ ثانیه edit و ۹ ثانیه کامپایل

۱۸ - چنان‌چه ۴ درخواست در یک لحظه به کامپیوتری تحویل گردد و اجرای هر درخواست ۵ واحد زمانی از وقت پردازندۀ را بخواهد و معیار سنجش کارایی سیستم، متوسط زمان پاسخ باشد کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست است؟

الف) چنان‌چه درخواست‌ها به صورت چند برنامگی و با زمان‌بندی RoundRobin اجرا شوند، کارایی سیستم بالاتر است.

ب) چنان‌چه درخواست‌ها به صورت چند برنامگی و با زمان‌بندی RoundRobin و اولویت‌بندی SPN اجرا شوند، کارایی سیستم بالاتر است.

ج) چنان‌چه درخواست‌ها به صورت Single Programming اجرا شوند، کارایی سیستم بالاتر است.

د) کارایی Multi Programming و Single Programming برای این مثال یکسان است.

۱۹ - جدول زیر اطلاعات ۵ کار را در یک سیستم اشتراک زمانی نشان می‌دهد. اگر برای مدیریت فرآیندها از روش Round Robin با برش زمانی یک میلی ثانیه استفاده شود، میانگین زمان پاسخ‌دهی چقدر است؟ از هزینه‌های بالا سری صرف نظر کنید.

	P1	P2	P3	P4	P5	
زمان تخمین فرآیند به دقیقه		۸	۱	۴	۶	۲
زمان ورود به دقیقه			۳	۳	۳	
	۲۱(د)		۱۲/۶(ج)		۱۶/۸(ب)	۸/۴(الف)

۲۰ - در صورتی که چهار پردازه A, B, C, D به همین ترتیب در لیست پردازه‌های آماده اجرای یک زمان‌بند قرار داشته باشند، زمان اجرای CPU آن‌ها به ترتیب ۴۰ و ۵۰ و ۲۰ و ۳۰ میلی ثانیه باشد و زمان تعویض بین پردازه‌ها برابر ۵ میلی ثانیه باشد، و از روش زمانی RR با برش زمانی ۲۰ میلی ثانیه استفاده شود، متوسط زمان پاسخ‌گویی و متوسط زمان انتظار پردازه‌ها چقدر است؟

الف) ۱۲۵، ۹۰ میلی ثانیه

ب) ۱۰/۵، ۶۷/۵ میلی ثانیه

د) ۱۳۵، ۱۰۵ میلی ثانیه

ج) ۱۱۰، ۱۲۸/۷۵ میلی ثانیه

۲۱ - یک سیستم با اولویت متغیر در نظر بگیرید که در آن زمانی که فرآیند در حال اجراست اولویت با نرخ b تغییر می‌کند و زمانی که فرآیند در حال انتظار است (در صفت آمادگی) اولویت با نرخ a تغییر می‌نماید. هر فرآیند در بد و ورود اولویت صفر دارد. اعداد بزرگ‌تر اولویت بالاتر را نشان می‌دهند. برای دو مورد $b > a > 0$, $a < b < 0$ از چپ به راست کدام جمله در زمان پاسخ‌دهی صحیح است؟

الف) مورد اول fcfs و مورد دوم lcfS را برای فرآیندها به کار می‌برد.

ب) مورد اول lcfS و مورد دوم fcfs را برای فرآیندها به کار می‌برد.

ج) مورد اول ارجحیت را به فرآیندهای CPU Bound و مورد دوم ارجحیت را به فرآیندهای I/O Bound می‌دهد.

د) مورد اول ارجحیت را به فرآیندهای I/O Bound و مورد دوم ارجحیت را به فرآیندهای CPU Bound می‌دهد.

۲۲ - پنج کاردرو وضعیت آماده در انتظار اجرا شدن روی یک کامپیوتر هستند. زمان تخمین زده شده برای اجرای این کارها به ترتیب برابر $10, 5, 8$ و X میکروثانیه (X مجھول است). به نظر شما استفاده از کدام روش زمانبندی متوسط زمان پاسخ‌گویی (Response Time) این کارها را حداقل می‌کند؟

ب) Shortest Job First (SJF)

الف) First Come First Served (FCFS)

د) Round Robin (RR)

ج) Shortest Remaining Time (SRT)

۲۳ - جدول زیر برای مقایسه روال (process) و فرآیند (Routine) چند جمله غلط دارد؟

روال

۱- همیشه از محل‌های ورود کاملاً مشخص شروع به اجرا می‌شود.

۲- در زمانبندی وقت پردازه، هیچ نقشی ندارد.

۳- ممکن است در حالت بلوکه قرار گیرد.

۴- ساختمان داده خاصی برای نگهداری وضعیت روال وجود دارد.

فرآیند

۱- همیشه از ابتدا شروع به اجرا می‌شود.

۲- زمانبندی (Schedule) فرآیندهای آماده (Ready) و معلق (Suspend) را مورد زمانبندی قرار می‌دهد.

۳- ممکن است در حالت بلوکه قرار گیرد.

۴- ساختمان داده خاصی برای نگهداری وضعیت فرآیند وجود دارد.

د) یک جمله غلط

ب) بیش از سه جمله غلط

ج) دو جمله غلط

الف) سه جمله غلط

۲۴ - کدامیک از تعاریف زیر برای یک فرآیند (process) کامل‌تر است؟

الف) یک فرآیند مجموعه‌ای از کدهای قابل اجرا روی یک ماشین است که تحت یک نام واحد وجود دارد.

ب) یک فرآیند یک PCB (Process Control Block) دارد.

ج) یک فرآیند یک برنامه‌ای است که به آن CPU اختصاص یافته باشد و در حالت اجرا باشد.

د) یک فرآیند برنامه‌ای است که با آن PCB‌ها را مدیریت می‌کند.

۲۵ - چگونه ممکن است که یک فرآیند از حالت مسدود (Block) دوباره به حالت آماده (Ready) باز گردد؟

الف) در صورتی که وقت CPU که قبله آن اختصاص یافته بوده تمام شده و دوباره نوبت به اجرای مجدد آن فرا رسیده باشد.

ب) در صورتی که نیاز به عمل ورودی/خروجی داشته و با وقوع حادثه دیگری این کاریه انجام رسیده و اجرای فرآیند می‌تواند ادامه یابد.

ج) به طور کلی هرگاه یک فرآیند به حالت مسدود (Block) برده شود، تا زمانی که اپراتور نخواهد به حالت آماده باز نمی‌گردد.

د) در صورتی که یک فرآیند با اولویت بالاترمانع از اجرای آن شده باشد و پس از پایان آن فرآیند نخواهد دوباره اجرا شود.

۲۶ - فرآیند را در یک سیستم اشتراک زمانی با توضیحات زیر در نظر بگیرید. عدد بزرگ‌تر نمایش دهنده اولویت بیشتر است.

	A	B	C	D	E
عملت دلخواه	۳	۱	۲	۵	۴
اولویت	۳	۳	۳	۳	۳
زمان ورود به سیستم	۰	۰	۰	۰	۰
زمان تقریبی فرآیند	۱	۱	۱	۱	۱

کدامیک از روش‌های زیر میانگین زمان پاسخ‌دهی را حداقل می‌نماید؟

الف) سه واحد زمانی پردازنده بیکار باقی مانده و سپس الگوریتم SJF اعمال شود.

ب) بلاfaciale الگوریتم SJF اعمال شود.

ج) بلاfaciale الگوریتم FIFO اعمال شود.

د) گزینه‌های ب و ج صحیح است.

۲۷ - در کدامیک از موارد ذیل استفاده از BUSY WAITING مناسب می‌باشد؟

الف) زمان‌بند فرآیند بر مبنای High Priority Scheduling باشد.

ب) زمان Wait کمتر از زمان Context Switch باشد.

ج) سرعت cpu زیاد باشد.

د- موارد الف و ب صحیح می‌باشد.

۲۸ - در زمان‌بندی پردازنده به روش نوبت گردشی، چنان‌چه درجه چند برنامگی n باشد. طول متوسط زمان اجرای هر فرآیند T و طول زمان تعویض متن برای هر پردازش T_c و کوانتم زمانی q باشد، کل زمان سربار ناشی از عمل تعویض متن به ازای هر فرآیند کدام است؟

$$\frac{q}{n} \times \frac{T}{T_c}$$

$$(d) \quad \left(\frac{1}{q} - \frac{1}{n} \right) \times T_c$$

$$(e) \quad \frac{T}{n+1} \times T_c$$

$$(f) \quad \left(\frac{T}{q} - \frac{1}{n} \right) \times T_c$$

۲۹ - در کدام روش زمان‌بندی زمان انتظار برای کارهای طولانی زیاد می‌شود؟

HRRN (d)

RoundRobin (e)

SJF (b)

SRTF (الف)

۳۰ - دو فرآیند A, B را در نظر بگیرید که از مراحل زیر تشکیل شده‌اند. مقادیر cpu نشان‌دهنده زمان اجرای فرآیند بر روی Network, disk, Cpu نشان‌دهنده عملیات Network, disk و Disk, Cpu می‌باشد. عملیات non preemtive انجام می‌شوند. چنان‌چه فرآیندهای A, B در زمان‌های یک و صفر به سیستم رسیده باشند، در صد استفاده از پردازنده در طول اجرای فرآیندها کدام یک از گزینه‌های زیر خواهد بود؟

فرض کنید سیستم سیاست SRTF را در زمان‌بندی پردازنده اعمال می‌نماید.

چنان‌چه دو فرآیند هم‌زمان به پردازنده نیاز داشته باشد و زمان JOB آن‌ها مساوی باشد A اول پذیرفته می‌شود.

A	B	
Cpu2	Cpu5	الف) ۹۰ درصد
Net2	Disk2	ب) ۸۳ درصد
Cpu2	Net2	ج) ۹۵ درصد
Disk2	Cpu5	د) ۱۰۰ درصد
Cpu5	Disk2	
Disk3	Cpu2	
Cpu2	Net3	
	Cpu1	

۳۱ - در جدول زیر اطلاعات مربوط به ۵ کار که وارد سیستم می‌شوند داده شده است. اگر سیستم روش نوبت گردشی را برای زمان‌بندی به کار گیرد متوسط زمان پاسخ را با فرض ۵ واحد زمان برای هر برش زمانی، تعیین نمایید؟

E	D	C	B	A	نام برنامه
5	4	3	2	1	ترتیب ورود
7	5	3	8	12	زمان اجرا

۲۹

ج) ۶

ب) ۲۳

الف) ۱۶.۸

۳۲ - در یک سیستم تک پردازنده اشتراک زمانی و Preemptive یکی از n پردازه موجود این سیستم به شکل زیر تعریف شده است.

L1:instruction1

go to L1

زودترین و دیرترین زمان اجرای دستور العمل instruction 1 عبارت است از:

الف) بلا فاصله، هیچ وقت

ب) $t, n*t, (n-1)*t$ طول برش زمانی بر حسب میلی ثانیه)

ج) $(n-1)*t$ ، هیچ وقت

د) بلا فاصله، $n*t$

۳۳ - سه پردازه P_1, P_2, P_3 با زمان اجرا و زمان ورود زیر را در نظر بگیرید.

کدام یک از گزینه‌های زیر غلط می‌باشد؟

پردازه	اولویت	زمان ورود	زمان اجرا
P_1	2	t	4
P_2	0	t	2
P_3	1	$t+3$	1

الف) زمان متوسط پاسخ‌گویی با روش زمان‌بندی SJF برابر $\frac{12}{3}$

ب) زمان متوسط پاسخ‌گویی با روش زمان‌بندی FIFO برابر $\frac{14}{3}$

ج) زمان متوسط پاسخ‌گویی با روش زمان‌بندی SRTF برابر $\frac{10}{3}$

د) زمان متوسط پاسخ‌گویی با روش اولویت برابر $\frac{12}{3}$

توضیح این که عدد اولویت بیشتر نشان دهنده اولویت بالاتر است.

- ۳۴ - کدام یک از گزینه‌های زیر در ارتباط با زمان‌بندی فرآیندها در سیستم درست است؟ (زمان تعویض متن را در نظر بگیرید)
- متوسط زمان پاسخ Round Robin همواره بهتر از FIFO است.
 - متوسط زمان پاسخ FIFO همواره بهتر از Round Robin است.
 - با فرض این‌که برش زمانی خیلی کوچک است، متوسط زمان پاسخ Round Robin همواره بهتر از FIFO است.
 - هیچ کدام.

- ۳۵ - کدام گزینه در مورد زمان‌بندی در سیستم عامل درست نمی‌باشد؟
- تمام قطعه کد فرآیند معلق شده در RAM قرار دارد.
 - وظیفه زمان‌بندی بلندمدت انتقال فرآیندها از HARD به RAM است.
 - وظیفه زمان‌بندی میان مدت تعویض فرآیندها مابین HARD, RAM است.
 - وظیفه زمان‌بندی کوتاه‌مدت تعویض فرآیندها مابین RAM, CPU است.

- ۳۶ - یک سیستم تک پردازنده با صفحه بازخورد سطحی (MLFQ) را در نظر بگیرید. به سطح اول برش زمانی معادل 8 میکرو ثانیه داده شده است. به سطح دوم برش زمانی معادل 16 میکرو ثانیه و سطح سوم به ترتیب ورود (FCFS) زمان‌بندی شده است. فرض کنید 6 کار همگی در زمان صفر به سیستم وارد شوند و زمان اجرای آن‌ها به ترتیب 30, 25, 20, 12, 7, 4 میکرو ثانیه باشد. میانگین زمان برگشت و میانگین زمان انتظار کارهای فوق در این سیستم کدام‌اند؟

24. 75 , 51. 8 (۴)

16. 33 , 48. 5 (۳)

35. 5 , 51. 82

35. 5 , 16. 33 (الف)

- ۳۷ - جدول ذیل اطلاعات ۴ فرآیند در یک سیستم اشتراک زمانی را نشان می‌دهد؟

فرآیند	زمان ورود به سیستم	زمان موردنیاز پردازش
P ₁	0	8
P ₂	3	4
P ₃	2	9
P ₄	3	5

فرض کنید سیستم عامل موردنظر روش‌های مختلفی را برای زمان‌بندی فرآیندها در نظر بگیرد. کدام‌یک از گزینه‌های زیر کمترین متوسط زمان تکمیل را خواهد داد.

Shortest Job First With Preemption

Shortest Job First

(۴) نوبت گردشی RR با برش زمانی یک واحد زمانی

FCFS (ج)

- ۳۸ - کارهای A, B, C, D مطابق جدول ذیل به کامپیوتر می‌رسد. اگر مکانیزم زمان‌بندی از نوع SRTF باشد، متوسط زمان انتظار کارها جهت اجرا چقدر است؟ زمان تعویض متن صفر است؟

فرآیند	زمان ورود به سیستم	زمان موردنیاز پردازش
A	0	5
B	1	2
C	2	5
D	3	3

(د) 4. 5

(ج) 4. 25

(ب) 3. 25

(الف) 2

۳۹ - بر مبنای مقایسه زمان متوسط پاسخ

الف) ممکن است الگوریتم RR بهتر از SJF باشد.

ب) الگوریتم FIFO هیچ‌گاه بهتر از SJF عمل نمی‌کند.

الف) مورد ب درست است.

ج) هر دو مورد الف و ب فوق الذکر صحیح است.

ب) مورد الف درست است.

د) هیچ‌کدام از موارد درست نیست.

جواب‌های تشریحی تست‌های مربوط به مبحث فرآیندها و زمان‌بندی پردازندۀ

۱ - گزینه سوم صحیح است.

۲ - یک فرآیند حداقل باید شامل برنامه یا مجموعه برنامه‌هایی باشد که بر روی مجموعه‌ای از محل‌های داده‌ها (که برای متغیرهای محلی و سراسری و ثابت‌های تعریف شده همین برنامه‌ها نیز مورد نیاز می‌باشد) اجرا گردد. بنابراین یک فرآیند حداقل شامل حافظه کافی برای نگهداری برنامه‌ها و داده‌های آنهاست.

به علاوه اجرای یک برنامه مستلزم استفاده از Stack است که برای فراخوانی‌ها و مبادله پارامتر به کار می‌رود. همراه هر فرآیندی صفات متعددی وجود دارد که سیستم عامل از آن‌ها برای کنترل فرآیند استفاده نماید. به مجموعه‌این صفات (PCB) بلوک کنترلی فرآیند می‌گویند.

گزینه دوم صحیح می‌باشد.

۳ - حالت مسدود حالتی است که در آن فرآیند منتظر حادثه‌ای است.

حالت تعلیق حالتی است که فرآیند از حافظه اصلی خارج شده است.

در حالت مسدود و معلق فرآیند مورد نظر در حافظه ثانوی منتظر حادثه‌ای است.

گزینه چهارم صحیح می‌باشد.

۴ - چنان‌چه فرآیندی درخواستی را از سیستم فراخوانی نماید (System Call) که به خاطر اجرای آن می‌باید منتظر بماند، آن‌گاه فرآیند در وضعیت Wait (مسدود) قرار می‌گیرد.

گزینه چهارم صحیح می‌باشد.

۵ - فرآیند B منتظر حادثه‌ای است که رخداده است. بنابراین فرآیند B از حالت Wait به حالت Ready تغییر حالت می‌دهد. چون فرآیند B اولویت بیشتری نسبت به فرآیند A دارد، پس متعاقباً فرآیند A به حالت آماده و فرآیند B از حالت آماده به حالت اجرا تغییر وضعیت می‌دهد.

گزینه سوم صحیح می‌باشد.

۶ - متدائل ترین دلیل تغییر حالت از اجرا به آماده اتمام زمان مجاز برای اجرای فرآیند جاری است. اما گزینه اول هم ممکن است.

گزینه چهارم صحیح می‌باشد.

۷ - وقتی زمان منظور شده برای فرآیند جاری تمام می‌شود این فرآیند به حالت آماده منتقل می‌گردد، اما اگر سیستم عامل فرآیند جاری را به خاطر فرآیند پر اولویتی به حالت آماده منتقل نماید، می‌تواند به علت آزاد کردن بخشی از حافظه اصلی فرآیند مربوطه را به حالت آماده و معلق تغییر وضعیت دهد.

گزینه دوم صحیح می‌باشد.

۸ - توجه شود که تعویض حالت و تعویض فرآیند دو مفهوم مجزا می‌باشند.

هرگاه سیستم عامل کنترل را از فرآیند جاری در اختیار گیرد ممکن است یک تعویض فرآیند صورت پذیرد. تعویض حالت بدین معنی است که پردازندۀ از حالت کاربر به حالت هسته می‌رود. ممکن است تعویض حالت بدون تغییر حالت فرآیندی که در حال اجراست صورت گیرد. در این مورد ذخیره‌سازی متن و بارگذاری مجدد آن متضمن سربار کمی است. اما اگر قرار باشد فرآیند جاری تغییر حالت

دهد در این صورت سیستم عامل باید تغییرات قابل توجهی را در محیط خود اعمال نماید. بنابراین تعویض فرآیند که متضمن تغییر حالت است، در مقایسه با تعویض حالت به طور قابل ملاحظه‌ای احتیاج به تلاش بیشتری دارد.

گزینه اول صحیح است.

۹ - یک ریسمان یا فرآیند سبک وزن، واحد اصلی بهره وری پردازندگی است و مشکل از شمارنده برنامه و یک مجموعه رجیسترها و یک فضای پشته می‌باشد. ریسمان‌هایی که در مجموع یک وظیفه (Task) را به عهده می‌گیرند در بخش کد، بخش داده و منابع سیستم عامل مشترکند.

یک فرآیند حداقل باید یک وظیفه را با داشتن یک ریسمان به عهده بگیرد، در غیر این صورت کاری برای انجام دادن ندارد. فرآیندها هر یک از فضای آدرس دهی منحصر به فرد خود برخوردارند و در هنگام تعویض باید مدیریت حافظه درگیر شود در صورتی که در هنگام تعویض ریسمان‌ها فقط تعویض مجموعه رجیسترها مورد نیاز است و هیچ عملی در رابطه با مدیریت حافظه لازم نیست که صورت پذیرد.

گزینه دوم صحیح است.

۱۰ - تمام کارها هم‌زمان بر روی دیسک می‌باشند، هر کار که شروع می‌شود تا انتهای کنترل پردازندگی را در اختیار دارد، بنابراین برای این که میانگین زمان پاسخ‌دهی کارها کمینه گردد باید آن کاری اول انتخاب شود که زمان کمتری برای اجرا احتیاج دارد. با توجه به گراف داده شده از چپ به راست کارهای {1,3,5,8,7,2,4,6,9,10}

باید به ترتیب اجرا گردند تا حداقل میانگین زمان پاسخ‌دهی حاصل شود.

گزینه اول صحیح است.

۱۱ - الگوریتم Round Robin برای سیستم‌های اشتراک زمانی طراحی شده است. در این الگوریتم به هیچ پردازشی، پردازندگی بیشتر از یک کوانتم زمانی در هر دوره تخصیص نمی‌یابد کارایی این الگوریتم، به مقدار کوانتم زمانی بسیار وابسته است. اگر کوانتم زمانی خیلی طولانی باشد (بی نهایت)، سیاست RR به FIFO تبدیل می‌شود، اگر زمان کوانتم خیلی کوتاه باشد، روش RR به نام "اشتراک پردازندگی" نام نهاده می‌شود بدین معنی که زمان پردازندگی بین فرآیندهای آمده اجرا به طور مساوی تقسیم می‌گردد.

زمان پاسخ‌دهی به اندازه کوانتم زمانی بستگی دارد، اما میانگین زمان پاسخ‌دهی یک مجموعه فرآیند، الزاماً در اثر افزایش زمان کوانتم، بهبود (کاهش) نمی‌یابد. کلاً میانگین زمان پاسخ‌دهی می‌تواند بهبود یابد، چنان‌چه اکثر فرآیندها، زمان سرویس‌دهی مورد نیاز (CBT) خود را در یک سیستم کوانتم منفرد، به اتمام رسانند.

چنان‌چه ۸۰ درصد CBT‌های مجموعه‌ای از فرآیندها کوتاه‌تر از کوانتم زمانی باشد، آن‌گاه میانگین زمان پاسخ‌دهی این مجموعه فرآیندها می‌تواند مطلوب باشد.

جدول ذیل، بازگو کننده مطالب فوق الذکر است.

فرآیند	CBT		کوانتم زمانی	میانگین زمان پاسخ‌دهی
P1	6		1	11.0
P2	3		2	11.5
			3	10.75
P3	1		4	11.5
			5	12.25
P4	7		6	10.5
			7	10.5

گزینه چهارم صحیح است.

۱۲ - نمودار گانت spn به شکل زیر است:

1	2	6	14
P3	P2	P1	

$$\text{میانگین زمان پاسخ گویی} = \frac{14+4+1}{3} = \frac{19}{3} = 6.3$$

گزینه اول صحیح است.

۱۳ - با توجه به این که زمان پردازنده بین ۵ فرآیند P5 تا P1 به طور مساوی تقسیم می‌شود و زمان اجرای تخمینی هر یک از چپ به راست {10,6,2,4,8} می‌باشد، فرآیند P3 که کوتاه‌ترین زمان سرویس‌دهی را نیازمند است، بعد از طی ۱۰ واحد زمانی به اتمام می‌رسد (به هر فرآیند ۲ واحد، پردازنده اختصاص داده می‌شود) بنابراین زمان پاسخ‌دهی فرآیند P3 برابر ۱۰ می‌شود.

در این لحظه زمان باقیمانده اجرایی فرآیندها به ترتیب از چپ به راست {8,4,0,2,6} می‌شود. ملاحظه می‌کنید که فرآیند ۲ واحد پردازنده احتیاج دارد، بنابراین از این لحظه به بعد زمان پردازنده بین ۴ فرآیند به تساوی تقسیم می‌شود. پس از گذشت ۸ واحد زمانی از این لحظه (در لحظه ۱۰ می‌باشیم) فرآیند P4 به اتمام می‌رسد، بنابراین زمان پاسخ‌دهی فرآیند P4 برابر ۱۸ خواهد شد. هم اکنون زمان باقیمانده اجرایی فرآیندها به ترتیب از چپ به راست {6,2,0,0,4} می‌باشد (در لحظه ۱۸ قرار داریم) و فرآیند ۲ واحد پردازنده احتیاج دارد. بنابراین باگذشت ۶ واحد زمانی در لحظه ۲۴ کارش به اتمام می‌رسد. زمان باقیمانده در لحظه ۲۴ برای فرآیندها به ترتیب {4,0,0,0,2} خواهد شد.

$$P5=28 \quad \text{با گذشت ۴ واحد از زمان پردازنده، فرآیند P5 به اتمام می‌رسد، پس زمان پاسخ‌دهی}$$

$$P1=30 \quad \text{با گذشت ۲ واحد دیگر از زمان پردازنده، P1 هم به اتمام می‌رسد، پس زمان پاسخ‌دهی}$$

$$= \frac{(30+24+10+18+28)}{5} = 22 \quad \text{میانگین زمان پاسخ‌دهی فرآیندها}$$

گزینه سوم صحیح است.

۱۴ - نمودار گانت SRTF به شکل زیر ترسیم می‌شود.

0	1	2	4	8	13	20
P1 ₍₇₎	P2 ₍₅₎	P4	P3	P2	P1	

↑ ↑ ↑

A B C

بر اساس الگوریتم SRTF، در لحظه صفر فرآیندی که کوتاه‌ترین CBT را دارا است انتخاب می‌شود (فرآیند P1) و به اجرا در می‌آید (نقطه A). در لحظه ۱ (نقطه B) فرآیند P2 پردازنده را در اختیار می‌گیرد، زیرا CBT آن از باقیمانده زمان اجرای فرآیند P1 کمتر است (P2 به حالت اجرا و P1 به حالت آماده می‌رود). در لحظه ۲ (نقطه C) فرآیند P3 و P4 وارد صف آماده می‌شوند، مجدداً باید بررسی شود که از این مجموعه فرآیندها {P3, P4} (در حالت آماده) و P2 (در حالت اجرا) در این لحظه کمترین CBT متعلق به کدام فرآیند است. بنابراین P4 که کوتاه‌ترین CBT را دارد، به حالت اجرا می‌رود و P2 به صف آماده برمی‌گردد. از این به بعد فرآیند جدیدی وارد نمی‌شود، پس P4 تا انتهای کار خود پردازنده را در اختیار دارد. در این لحظه مجدداً وقت تصمیم‌گیری برای انتخاب فرآیند بعدی است که از P3 انتخاب می‌شود چون CBT آن از زمان باقیمانده CBT های مربوط به P2 و P1 کمتر است و بعد از اتمام P3، فرآیند P2 و به دنبال آن P1 اجرا می‌شوند.

P1 = زمان پاسخ‌دهی

P2 = زمان پاسخ‌دهی

$$\text{میانگین پاسخ‌دهی} = \frac{(6+2+12+20)}{4} = 10$$

P3 = زمان پاسخ‌دهی

P4 = زمان پاسخ‌دهی

$$WT_{P_1} = 12 \quad WT_{P_2} = 6$$

$$WT_{P_3} = 2 \quad WT_{P_4} = 0$$

$$\text{میانگین زمان انتظار فرآیندها} = \frac{20}{4} = 5$$

گزینه اول صحیح است.

۱۵ - $(\text{برش زمانی} + \text{زمان تعویض فرآیند}) / \text{برش زمانی} = \text{زمان به کارگیری پردازندۀ}$

$$\frac{100}{120} = 0.83$$

گزینه دوم صحیح است.

۱۶ - چنان‌چه n فرآیند در صف آمده باشد، میانگین پاسخ‌دهی آن‌ها زمانی حداقل خواهد شد که سیاست زمان‌بند پردازندۀ spn انتخاب شود. ابتدا جدول فرآیندها و زمان مورد نیاز آن‌ها را تنظیم می‌کنیم.
حالات‌های پیشنهادی گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم.

P#	CBT
P1	9
P2	6
P3	3
P4	5
P5	X

چنان‌چه $X < 3$ باشد ترتیب اجرا، از راست به چپ {P1,P2,P4,P3,P5} باید باشد.

چنان‌چه $3 < X < 5$ باشد ترتیب اجرا، از راست به چپ {P1,P2,P4,P5,P3} باید باشد.

چنان‌چه $5 < X < 6$ باشد ترتیب اجرا، از راست به چپ {P1,P5,P2,P4,P3} باید باشد.

چنان‌چه $X > 6$ باشد ترتیب اجرا، از راست به چپ {P5,P1,P2,P4,P3} باید باشد.

گزینه دوم صحیح است.

۱۷ - در این مساله دو نوع برنامه یا فرآیند وجود دارد یکی Edit و دیگری Compile.
زمان اجرای Compile ۴ ثانیه و زمان اجرای Edit ۰.۴ ثانیه می‌باشد. چون در این سیستم اشتراک زمانی زمان‌بند RR با برش زمانی ۰.۴ ثانیه به کارگرفته می‌شود، بنابراین برنامه Edit در ۱ برش اما برنامه Compile در ۱۰ برش اجرا می‌گردند. چنان‌چه زمان پاسخ‌دهی را برای یک برش زمانی (r) در نظر بگیریم، آن‌گاه زمان پاسخ‌دهی برنامه Edit که با یک برش زمانی به اتمام می‌رسد، برابر ۱۰ وزمان پاسخ‌دهی برنامه Compile که با ۱۰ برش زمانی به اتمام می‌رسد، ۱۰ خواهد شد.

$$R_{edit} = 1r \quad R_{compile} = 10r$$

$$\text{کل زمان بهدر رفته} + \text{کل زمان پاسخ} = \text{کل زمان اجرا} \times n$$

$$30 \times (10 \times 0.4 + 1 \times 4) \approx 10(R_{edit} + 5) + 1(R_{compile} + 5)$$

$$240 = 10(1r+5) + (10r+5) \quad r = \frac{185}{20} = 9.25$$

$$R_{\text{edit}} = 9.25 \quad R_{\text{compile}} = 92.5$$

گزینه دوم صحیح است.

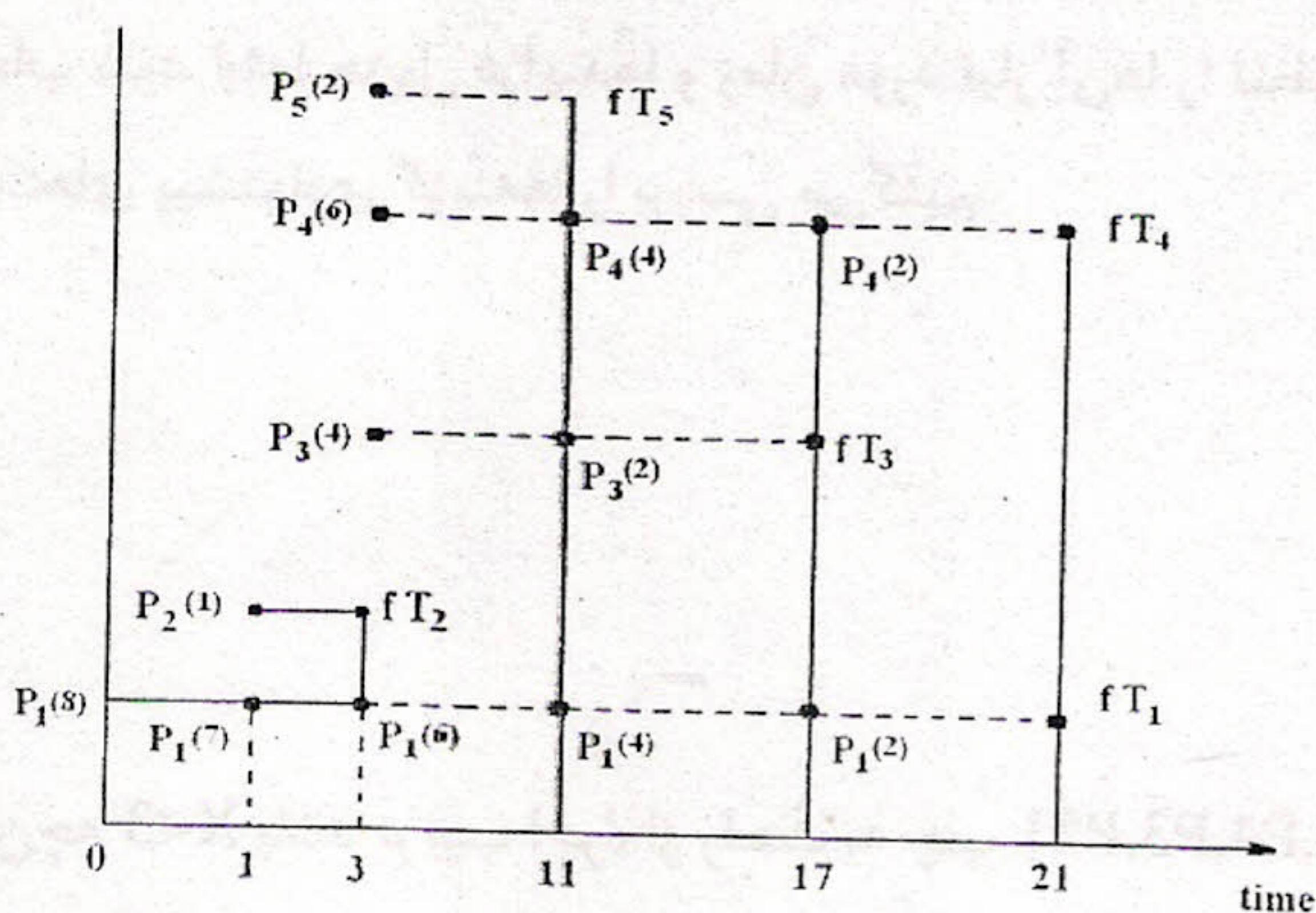
۱۸ - چون معیار سنجش کارآیی سیستم، میانگین زمان پاسخدهی میباشد، الگوریتمی که زمان پاسخدهی را به حداقل برساند، کارآیی سیستم را به حداکثر میرساند.

میدانیم در سیستم چند برنامگی چنان‌چه n فرآیند هم‌زمان در صف آماده باشند و الگوریتم spn به عنوان زمان‌بند پردازنده به کار گرفته شود، آن‌گاه متوسط زمان پاسخدهی به حداقل می‌رسد. از طرفی در سیستم تک برنامگی چنان‌چه این فرآیندها یک به یک (از ابتدا تا انتهای زمان اجراشان) اجرا گردند، در این حالت نیز متوسط زمان پاسخدهی کمینه خواهد شد (توجه کنید که چون زمان سرویس‌دهی فرآیندها برابر هستند، ترتیب اجرای فرآیندها میانگین زمان پاسخدهی را تغییر نمی‌دهد). پس به این نتیجه می‌رسیم که تک برنامگی (Single Programming) کارآیی سیستم را به حداکثر میرساند.

گزینه سوم صحیح است.

۱۹ - چنان‌چه زمان کوانتم یا T_s خیلی کوچک باشد، روش RR به روش اشتراکی پردارنده تبدیل می‌شود. چنان‌چه یک واحد وقت

پردازنده به n فرآیند تعلق گیرد. به هر یک از فرآیندها به اندازه $\frac{1}{n}$ وقت پردازنده می‌رسد.



- در لحظه صفر پردازنده فقط در اختیار فرآیند P_1 می‌باشد.

- در لحظه یک پردازنده در اختیار دو فرآیند P_2, P_1 قرار می‌گیرد.

- در لحظه ۳ وقت پردازنده بین ۴ فرآیند P_5, P_4, P_3, P_1 به تساوی به اشتراک گذاشته می‌شود.

- در لحظه ۱۱ وقت پردازنده بین ۳ فرآیند P_4, P_3, P_1 به تساوی به اشتراک گذاشته می‌شود.

- در لحظه ۱۷ وقت پردازنده بین P_4, P_1 به تساوی به اشتراک گذاشته می‌شود.

زمان اتمام فرآیند i آم

$$fT_{Pi} = 21 \quad fT_{P2} = 17 \quad fT_{P3} = 21 \quad fT_{P4} = 21 \quad fT_{P5} = 11$$

زمان پاسخدهی فرآیند آم = زمان ورود فرآیند آم - زمان اتمام فرآیند آم

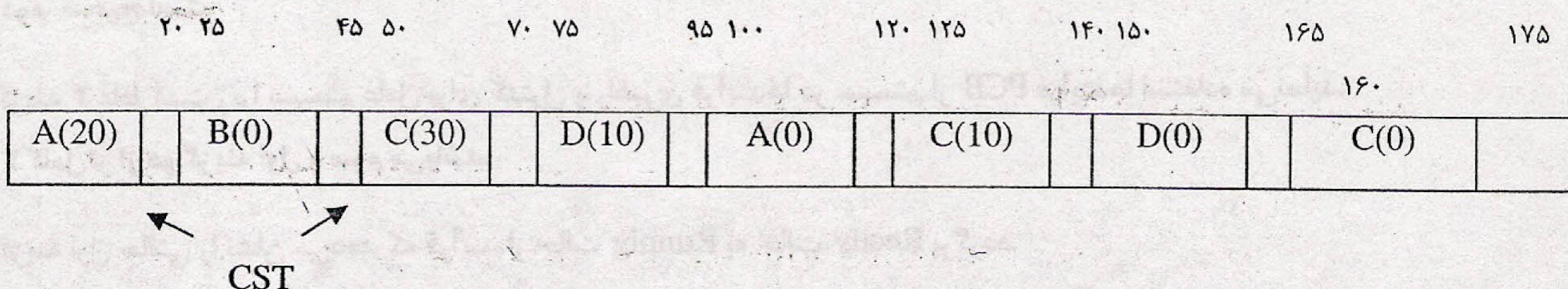
$$RT_{Pi} = fT_{Pi} - AT_{Pi}$$

$$RT_{P1} = 21 \quad RT_{P2} = 17 \quad RT_{P3} = 14 \quad RT_{P4} = 18 \quad RT_{P5} = 11$$

$12/6 =$ میانگین زمان پاسخدهی

گزینه سوم صحیح است.

۲۰ - نمودار گانت مساله مورد نظر به شکل زیر می‌باشد. CST زمان طی شده برای تعویض فرآیند است. (با فضای خالی در نمودار مشخص شده است.)



$$fT_A = 120 \quad fT_B = 45 \quad fT_C = 175 \quad fT_D = 160$$

$$RT_A = fT_A \quad RT_B = fT_B \quad RT_C = fT_C \quad RT_D = fT_D$$

$$= 125 \text{ میانگین زمان پاسخدهی}$$

$$WT_A = RT_A - CBT_A = \text{مدت زمانی که در لیست آماده قرار دارد} = \text{زمان انتظار}$$

$$WT_A = 120 - 40 = 80$$

$$WT_B = 45 - 20 = 25$$

$$WT_C = 175 - 50 = 125$$

$$WT_D = 160 - 30 = 130$$

$$= 90 \text{ میانگین زمان انتظار}$$

گزینه اول صحیح است.

۲۱ - در حالت $a < b < 0$ فرآیندی که وارد صفحه آماده می‌شود اولویتش صفر است و با افزایش زمان انتظار اولویتش افزایش می‌یابد، اما کمتر از اولویت فرآیندی است که در حال اجراست و فرآیند تا زمانی که پردازنده را احتیاج دارد در اختیارش قرار می‌گیرد. پس زمانبندی مورد استفاده FCFS یا صفت است. در حالت $a < b < 0$ پردازنده در اختیار فرآیندی قرار می‌گیرد که بلافضله وارد صفحه می‌شود و تا زمانی که به پردازنده احتیاج داشته باشد، در اختیارش خواهد ماند. پس زمانبندی مورد استفاده LCFS یا پشته می‌باشد. گزینه اول صحیح است.

۲۲ - الگوریتم زمانبندی spn، بهینه می‌باشد، بدین معنی که حداقل میانگین زمان پاسخدهی و انتظار را برای یک مجموعه فرآیندی که همگی در یک زمان در صفحه آماده می‌باشند، به دست می‌آورد. با اجرا کردن فرآیند کوتاه قبل از فرآیند طولانی، کاهش زمان انتظار فرآیند کوتاه خیلی بیشتر از ازدیاد زمان انتظار فرآیند بلندتر است. درنتیجه میانگین زمان انتظار، کاهش می‌یابد و نهایتاً میانگین زمان پاسخدهی به حداقل می‌رسد.

گزینه دوم صحیح است.

۲۳ - جمله اول غلط می‌باشد، زیرا فرآیند همیشه از ابتدا شروع نمی‌شود، ممکن است در حین اجرا کنترل پردازنده از آن گرفته شود به فرآیند بعدی داده شود و در زمانی بعد مجدداً کنترل پردازنده به فرآیند اول برگردد آن‌گاه فرآیند از جایی که وقفه رخ داده بود کارش را ادامه می‌دهد.

جمله دوم غلط است زیرا زمانبند پردازنده، زمانبندی فرآیندهای آماده و نه معلق را عهدهدار می‌باشد، اما روال هیچ نقشی در زمانبندی پردازنده ندارد.

جمله سوم غلط است زیرا روتین هیچ وقت در حالت بلوکه قرار نمی‌گیرد، بلکه فرآیند است که برای دریافت منبع مورد تقاضا و یا درخواستی از سیستم در انتظار می‌ماند.

جمله چهارم غلط است زیرا ساختمان داده خاصی بنام PCB برای کنترل فرآیند در سیستم ایجاد می‌شود، اما روتین از ساختمان داده خاصی برخوردار نمی‌باشد.
گزینه دوم صحیح است.

۲۴ - گزینه ۴ غلط است زیرا سیستم عامل برای کنترل و راهبری فرآیندها در سیستم از PCB فرآیندها استفاده می‌نماید.
گزینه ۲ کامل‌تر از دو گزینه اول و سوم می‌باشد.

۲۵ - گزینه اول حالتی را نشان می‌دهد که فرآیند از حالت Ready به حالت Running برگردید.
گزینه ۲ حالتی را نشان می‌دهد که فرآیند از حالت Wait به حالت Ready بر می‌گردد.
گزینه ۳ و ۴ غلط می‌باشند.
گزینه دوم صحیح است.

۲۶ - به طور کلی، هنگامی که n فرآیند در یک زمان در لیست آماده قرار گیرند آن‌گاه میانگین زمان پاسخ‌گویی با اعمال سیاست زمان‌بندی پردازنه spn به حداقل می‌رسد. اما چنان‌چه زمان ورود فرآیندها به لیست آنان متفاوت باشند، آن‌گاه مطلب فوق همیشه صحیح نیست.

بررسی گزینه اول

	0	3	4	5	6	8	12
	E	D	C	A	B		

$$\frac{1+2+3+8+12}{5} = \frac{26}{5}$$

= میانگین زمان پاسخ‌گویی بعد از ۳ واحد زمان توقف

نمودار گانت FIFO و spn یکسان می‌باشد

	0	2	6	7	8	9
	A	B	E	D	C	

$$\frac{2+6+4+5+6}{5} = \frac{23}{5}$$

= میانگین زمان پاسخ‌دهی spn

گزینه چهارم صحیح است.

۲۷ - گزینه دوم صحیح است.

۲۸ - تعداد کل برش‌های هر فرآیند به‌طور متوسط $\frac{T}{q} \times n$ می‌باشد که برای n فرآیند برابر خواهد شد. چون بین هر برش یک تعویض متن صورت می‌گیرد، بنابراین تعداد کل تعویض متن‌ها برابر $1 - \frac{n \times T}{q}$ و زمان کل اجرای تعویض متن‌ها برابر $\left(\frac{T}{q} \times n - 1 \right) \times \frac{T_c}{n}$ که به‌طور متوسط $\left(\frac{T}{q} \times n - 1 \right) \times T_c$ حاصل می‌شود.
گزینه اول صحیح است.

۲۹ - الگوریتم SRTF قحطی‌زدگی دارد و باعث می‌شود، کارهای طولانی در انتظار کارهای کوتاه‌مدت باقی بمانند.
گزینه اول صحیح است.

- ۳۰

5	B	Cpu		Cpu	Disk	Net		Cpu	Disk	Cpu	Net	Cpu	
A		Cpu	Net	Cpu	Disk	Cpu	Disk		Cpu				
		5	7		11	16	19		23		28	29	

$$\text{Cpu utilization} = \frac{24}{29} = 0.83$$

توجه کنید که فقط در لحظه ۱۱ هر دو فرآیند دارای JOB یکسان و از زمان اجرایی یکسان برخوردارند که بر طبق صورت مساله پردازنده به فرآیند A داده می‌شود.

گزینه دوم صحیح است.

- ۳۱

1	6	11	14	19	24	29	32	34	36	
A ₍₇₎	B ₍₃₎	C	D	E ₍₂₎	A ₍₂₎	B	E	A		

$$RT_A = 36 - 1 = 35$$

$$RT_B = 32 - 2 = 30$$

$$RT_C = 14 - 3 = 11$$

$$RT_D = 19 - 4 = 15$$

$$RT_E = 34 - 5 = 29$$

$$ART = \frac{120}{5} = 24$$

هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشد.

۳۲ - زودترین زمان بلافارسله می‌باشد و دیرترین آن حالتی است که گرسنگی به وجود می‌آید و هیچ وقت است.

گزینه اول صحیح می‌باشد.

- ۳۳

SJF	0	2	6	7	
	P ₂	P ₁	P ₃		
ART	$\frac{(6-0)+(2-0)+(7-3)}{3}$	$= \frac{12}{3}$			
FIFO	0	4	6	7	
	P ₁	P ₁	P ₃		
ART	$\frac{(4-0)+(6-0)+(7-3)}{3}$	$= \frac{14}{3}$			
SRTF	0	2	3	4	7
	P ₂	P ₁ (3)	P ₃	P ₁	
ART	$\frac{(7-0)+(2-0)+(4-3)}{3}$	$= \frac{10}{3}$			
اولویت	0	4	5	7	
	P ₁	P ₃	P ₂		

$$ART = \frac{(4-0)+(7-0)+(5-3)}{3} = \frac{13}{3}$$

گزینه چهارم صحیح می‌باشد.

- ۳۴ - گزینه اول و دوم بدون ذکر برش زمانی غلط است.
 گزینه سوم زمان پاسخدهی گردش نوبتی با برش زمانی خیلی کوچک، همواره بدتر از FIFO می‌باشد.
 گزینه چهارم صحیح است.

۳۵ - گزینه اول صحیح است.

- ۳۶

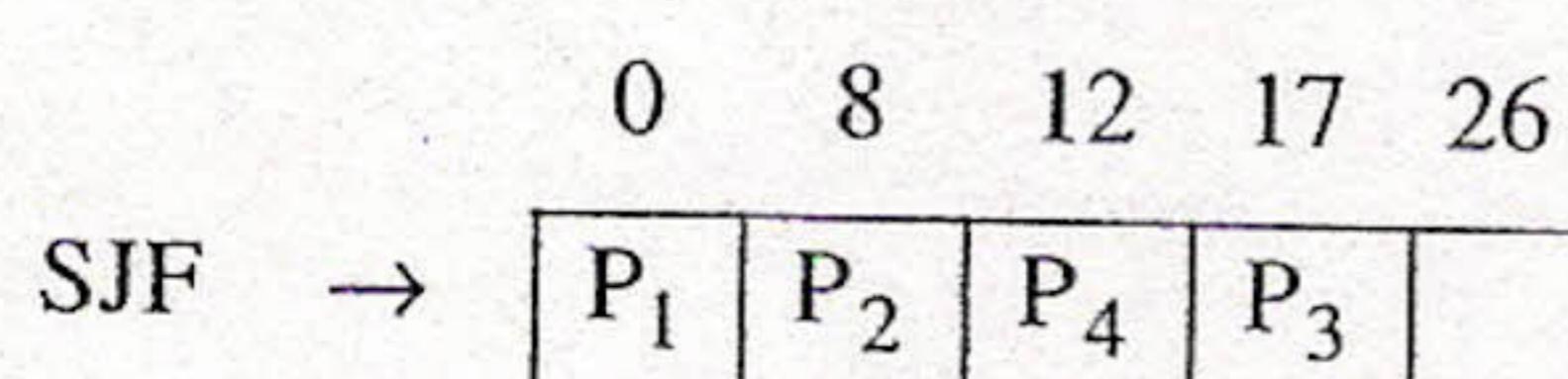
$$= \frac{4+7+12+20+25+30}{6} = 16.32 \text{ متوسط زمان اجرا}$$

$$\text{متوسط زمان اجرا} + \text{متوسط زمان انتظار} = \text{متوسط زمان پاسخ}$$

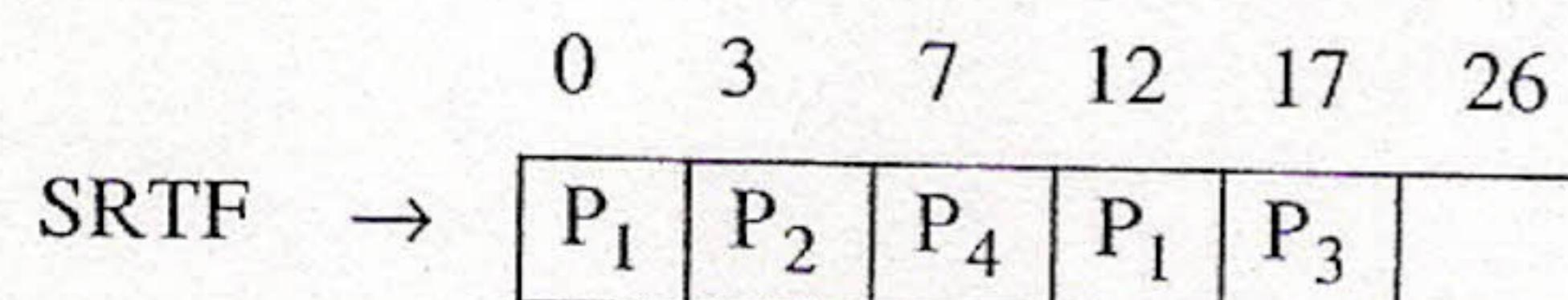
فقط در گزینه دوم رابطه فوق الذکر برقرار است. یعنی اختلاف دو عدد در گزینه دوم برابر ۱۶.۳۳ می‌باشد.

گزینه دوم صحیح است.

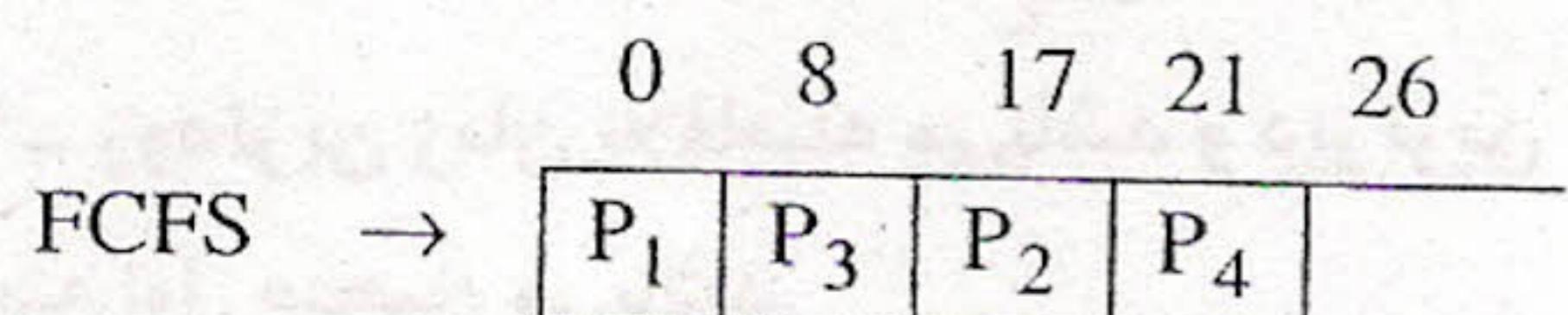
۳۷ - نمودار گانت هر یک از الگوریتم‌های زمان‌بندی در گزینه‌ها را به ترتیب ذیل رسم می‌نماییم.



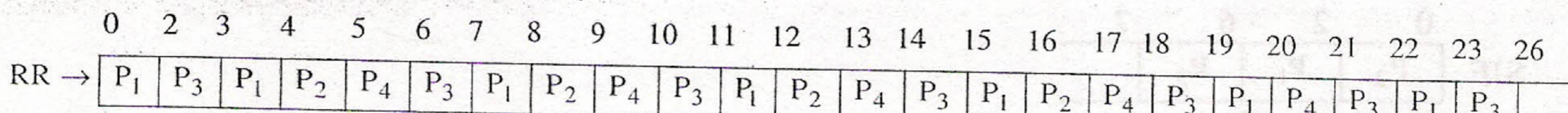
$$= \frac{8+9+24+14}{4} = \frac{55}{4} \text{ متوسط زمان پاسخدهی}$$



$$= \frac{17+4+24+9}{4} = \frac{54}{4} \text{ متوسط زمان پاسخدهی}$$



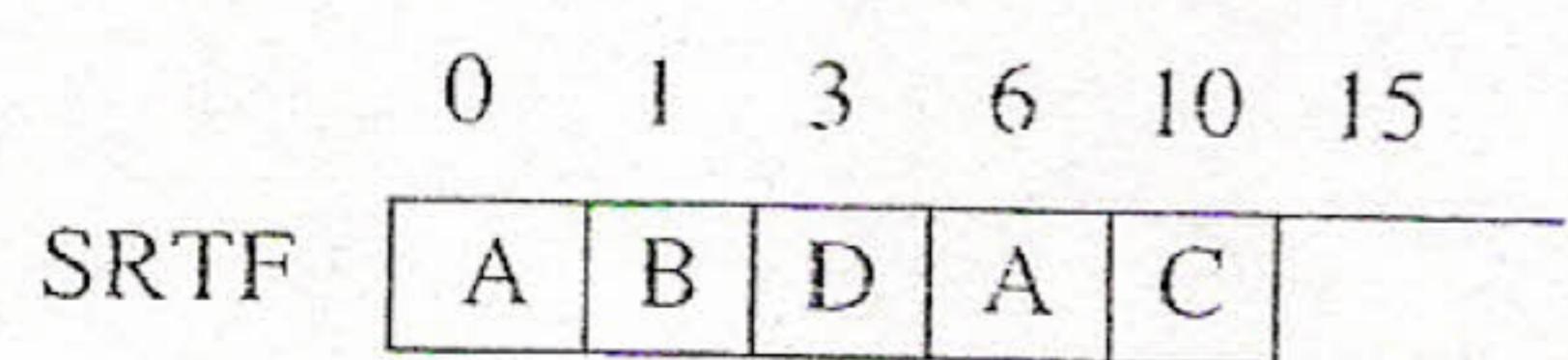
$$= \frac{8+18+15+23}{4} = \frac{66}{4} \text{ متوسط زمان پاسخدهی}$$



$$= \frac{23+14+24+18}{4} = \frac{79}{4} \text{ میانگین زمان پاسخدهی}$$

گزینه دوم صحیح می‌باشد.

۳۸ - نمودار گانت را رسم می‌کنیم.



$$= \frac{(10-5)+(3-3)+(15-7)+(6-6)}{4} = \frac{13}{4} = 3.25 \text{ میانگین زمان انتظار}$$

گزینه دوم صحیح می‌باشد.

- ۳۹ - ممکن است الگوریتم RR بهتر از SJF باشد برای مثال چنان‌چه سه کار در لحظات بهتر ترتیب از راست به چپ (4,2,0) وارد سیستم شوند و زمان اجرای آن‌ها (1,2,8) باشند، زمان متوسط پاسخ‌دهی RR بهتر از SJF است.
- الگوریتم FIFO هیچ‌گاه بهتر از SJF عمل نمی‌کند، زیرا سیاست زمان‌بندی SJF همیشه اول کاری را شروع می‌کند که زمان اجرایش کمتر باشد، بنابراین چنان‌چه تعدادی کار هم‌زمان وارد سیستم شود، سیاست زمان‌بندی SJF بهترین متوسط پاسخ‌دهی یا کمترین متوسط زمان پاسخ‌دهی را دارد.
- گزینه سوم صحیح می‌باشد.