

موسسه بابان

انتشارات بابان و انتشارات راهیان ارشد

درس و کنکور ارشد

سیستم عامل

(مدیریت نخ)

ویژه‌ی داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر و IT

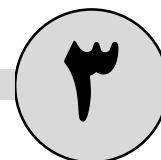
بر اساس کتب مرجع

آبراهام سیلبرشاتز، ویلیام استالینگز و اندرو اس تنن‌بام

ارسطو خلیلی‌فر

کلیه‌ی حقوق مادی و معنوی این اثر در سازمان اسناد و کتابخانه‌ی ملی ایران به ثبت رسیده است.

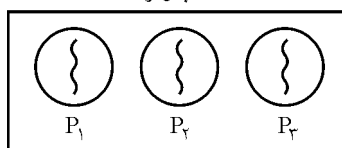
مدیریت نخ



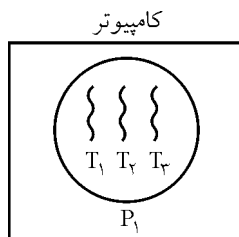
نخ (Thread)

در سیستم عامل‌های قدیمی‌تر، به ازای هر فرآیند یک رشته نخ یا رشته اجرایی و به تبع یک شمارنده برنامه (PC) وجود داشت اما در سیستم عامل‌های امروزی به ازای هر فرآیند می‌توان چند نخ یا رشته اجرایی داشت. شکل زیر سه فرآیند معمولی را نشان می‌دهد که هر یک برای خودشان یک رشته اجرایی و یک حافظه مختص به خود را دارند.

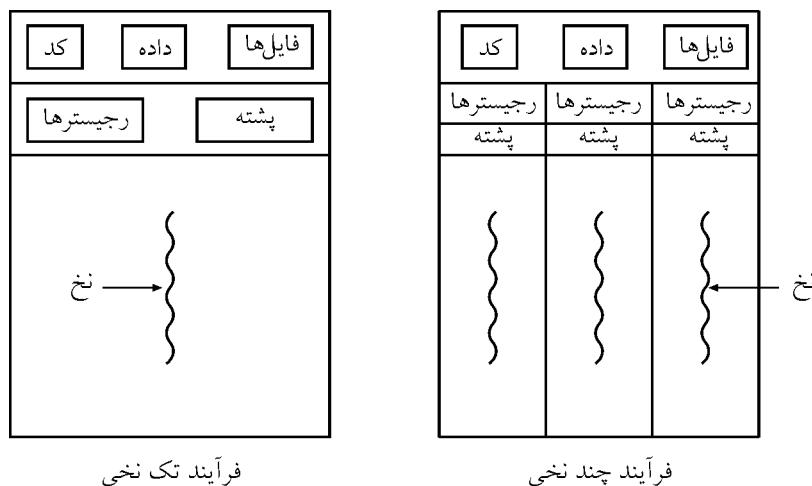
کامپیوتر



ولی در شکل زیر یک فرآیند، سه رشته اجرایی دارد که هر یک رجیستر، پشته و شمارنده برنامه (PC) مجزای خود را دارند و مانند فرآیندها می‌توانند همروند (در سیستم‌های تک پردازنده‌های) و موازی (در سیستم‌های چند پردازنده‌ای) اجرا شوند.



نکته: نخ‌های هم‌تا که در یک فرآیند قرار دارند، و از کد، داده و منابع مشترک استفاده می‌کنند اما هر نخ، شمارنده برنامه، مجموعه رجیستر و فضای پشته جداگانه‌ای در اختیار دارد. در واقع هر نخ، TCB مجزایی دارد.



نکته: از آن جا که نخ‌های هم‌تا در یک فرآیند قرار داشته و اشتراکات زیادی با هم دارند، عمل تعویض متن بین آنها به راحتی و با هزینه‌ی کمتری صورت می‌گیرد، در واقع TCB مربوط به نخ‌ها، محتوی کمتری نسبت به PCB فرآیندها دارد، مثلاً لیست فایل‌های باز مربوط به فرآیندها است، بنابراین این لیست به هنگام تعویض متن فرآیندها باید داخل PCB مربوط به فرآیند ذخیره گردد، در حالی که به هنگام تعویض متن بین نخ‌ها نیازی به ذخیره‌سازی لیست فایل‌های باز مربوط به یک فرآیند در TCB یک نخ نیست. بنابراین تعویض متن بین نخ‌ها به نسبت به فرآیندها ارزان‌تر است.

نکته: گاهی از نخ به عنوان Light Weight Process (فرآیند سبک وزن) نیز یاد می‌کنند و به کل یک فرآیند، Heavy Weight Process (فرآیند سنگین وزن) گویند.

نکته: نخ‌ها هم همانند فرآیندها می‌توانند حالت‌های مختلفی را تجربه کنند مانند آماده، در حال اجرا یا منتظر. در واقع پردازنده می‌تواند بین نخ‌ها به اشتراک گذاشته شود.

چند نخی در زبان C#

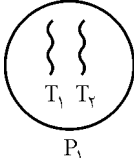
C# پیاده سازی مفهوم چند نخی را پشتیبانی می کند. در زبان C#، هر برنامه به طور پیش فرض از یک نخ تشکیل شده است. و در صورت ایجاد نخ های دیگر، مفهوم چند نخی پیاده سازی می گردد. توجه: نخ اول به صورت پیش فرض وجود دارد و برنامه با نخ اول شروع به اجرا می کند.

مثال: در قطعه کد زیر نخ T₁ به طور پیش فرض وجود دارد و نخ T₂ ایجاد می گردد.

```
static void main ()
{
    Thread T2=new Thread (Go) ;
    T2.Start()
    Go ();
}
static void Go ( )
{
    for (int i = 0 ; i<5 ; i++)
        console.write("*");
}
```

↓
در این بخش نخ T₂ ایجاد می گردد و فعالیت Go داخل این نخ قرار می گیرد.

نخ T₂ اجرا می گردد. فعالیت Go داخل نخ T₁ قرار داده شده است. می شود فعالیت دیگری تعریف شود و در این بخش فراخوانی شود.



توجه: فعالیت Go داخل نخ T₁ قرار دارد، اما فعالیت Go در نخ T₂ هم قرار داده شده است. در دو نخ T₁ و T₂ که فعالیت Go داخل آن قرار دارد، متغیر محلی i در داخل رشته مربوط به هر نخ ایجاد می گردد.

بنابراین خروجی این برنامه به صورت زیر خواهد بود:

چاپ ۱۰ عدد ستاره به دلیل اجرای همروند (سیستم تک پردازنده ای) یا موازی (سیستم چند پردازنده ای) دو نخ T₁ و T₂ است!

مثال: در قطعه کد زیر نخ T_1 به طور پیش فرض وجود دارد و نخ T_2 ایجاد می‌گردد.

```
static void main()
{
    Thread T2=new Thread (func) ;
    T2.start( ) ;
    console.write("X");
}
static void func( )
{
    console.write("Y");
}
```

↓
در این بخش نخ T_2 ایجاد می‌گردد و فعالیت $func$ داخل این نخ قرار می‌گیرد.

نخ T_2 اجرا می‌گردد. فعالیت چاپ "X" داخل نخ T_1 قرار داده شده است.

بنابراین خروجی این برنامه به صورت زیر خواهد بود:

XY

مزایای فرآیندهای چند نخ

۱ - ساختار بسیاری از برنامه‌های کاربری ذاتاً از بخش‌های کاملاً مستقل تشکیل می‌شوند که جدا نکردن آن‌ها باعث پیچیدگی بالا و کاهش خوانایی در برنامه می‌گردد. مهندسی نرم‌افزار نیز بر ساخت برنامه‌های کاربردی توسط پیمان‌های مستقل نیز تأکید دارد. برای مثال، خطاست اگر بیندیشید که برنامه شبیه سازی ۱۱ بازیکن یک تیم فوتبال در یک نخ قرار گیرد. به عنوان مثالی دیگر یک برنامه‌ی واژه پرداز می‌تواند از نخ‌های مستقلی مانند کنترل املا و گرامر، صفحه آرایی، مدیریت ورودی‌های کاربر و غیره تشکیل شده باشد.

۲ - در فرآیند تک نخ، هرگاه فراخوان سیستمی مسدود کننده‌ای اجرا شود، کل فرآیند مسدود می‌گردد. در حالی که در فرآیندهای چند نخ در صورتی که سیستم عامل زمان‌بندی چند نخ را پشتیبانی کند، فقط نخ که فراخوان سیستمی مسدود کننده دارد، مسدود می‌گردد و مابقی نخ‌های یک فرآیند می‌توانند پس از در اختیار گرفتن پردازنده، اجرا گردند. فرآیند تک نخ مانند قانونی می‌باشد که اگر یک نفر در خانواده خطا کند، همه خانواده محکوم می‌گردند و فرآیند چند نخ مانند قانونی می‌باشد که اگر یک نفر در خانواده خطا کند، فقط همان یک نفر محکوم می‌گردد و بقیه خانواده می‌توانند به زندگی طبیعی خود ادامه دهند.

۳ - ایجاد همروندی (در سیستم تک پردازنده‌ای) و توازی (در سیستم چند پردازنده‌ای) در نخ‌های یک فرآیند و فرآیندهای دیگر.

مثال: کاربرد چند نخی در فرآیند سمت سرویس دهنده.

در این مدل، فرآیند سمت سرویس دهنده از چندین نخ جهت پاسخ به درخواست‌های کاربر یعنی سرویس گیرنده تشکیل شده است. پاسخ هر کاربر می‌تواند توسط یک نخ از سمت سرویس دهنده داده شود. چنانچه نخ‌ها در فرآیند سرویس دهنده جهت تبادل داده از روی دیسک به سمت سرویس گیرنده مسدود گردد، نخ‌های دیگر فرآیند سرویس دهنده می‌توانند به درخواست‌های دیگر، پاسخ دهند. زیرا کارکرد آن‌ها وابسته به نخ مسدود شده نیست.

توجه: شاید بگویید به جای قرار دادن کارهای مختلف یک سرویس دهنده در داخل نخ‌های یک فرآیند، می‌شد هر یک از کارها را در داخل یک فرآیند قرار داد و چند فرآیندی را در مقابل چند نخی ابداع کرد. اما به دلایل زیر استفاده از چند نخ معقولانه‌تر به نظر می‌رسد:

- هزینه زمانی ایجاد (بارگذاری TCB) و پایان دادن (ذخیره‌سازی TCB) به یک نخ در یک فرآیند به مراتب کمتر از ایجاد (بارگذاری PCB) و پایان دادن (ذخیره‌سازی PCB) یک فرآیند است. نخ‌های داخل یک فرآیند، از برخی منابع به صورت مشترک استفاده می‌کنند، در حالی که فرآیندها، منابع مختص به خود را در اختیار می‌گیرند.

- نخ‌های هم‌تا در یک فرآیند، اشتراکات زیادی با هم دارند، بنابراین عمل تعویض متن بین آنها با هزینه کمتری انجام می‌گردد. در حالی که تعویض متن بین فرآیندها به دلیل عدم اشتراکات با هزینه بیشتری انجام می‌گردد.

توجه: اشتراکات نخ‌های داخل یک فرآیند شامل سگمنت داده (داده سراسری)، فضای آدرس، فایل‌های باز و اختلاف نخ‌های داخل یک فرآیند شامل شمارنده برنامه (PC)، رجیسترها و پشته می‌باشد.

زمان بندی نخ‌ها

مدیریت و زمان بندی نخ‌ها به سه روش زیر انجام می‌گردد:

۱- روش سطح کاربر یا مدل چند به یک (many to one)

در این روش فقط زمان بند پردازنده و زمان بند چند نخی در سطح کاربر وجود دارد و زمان بند چند نخی در سطح هسته در این روش مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در واقع هسته سیستم عامل فقط فرآیندها را می‌شناسد و هیچ اطلاعاتی از نخ‌ها ندارد. در واقع اولویت بندی نخ‌ها، مدیریت نخ‌ها و زمان بند چند نخی در سطح کاربر و توسط یک بسته نرم‌افزاری انجام می‌گردد. بدین معنی که نخ‌ها را برنامه نویسنده مشخص می‌کند و مدیریت آن‌ها را نیز بر عهده می‌گیرد. بنابراین زمان بند پردازنده، بر اساس الگوریتم مشخصی مثلاً نوبت چرخشی پردازنده را در اختیار یکی از فرآیندهای آماده قرار می‌دهد. سپس زمان بند چند نخی در سطح کاربر، متناسب با کاربردی که در آن فرآیند به کار گرفته می‌شود، الگوریتم

زمان بندی را انتخاب کرده و تصمیم می‌گیرد که پردازنده در اختیار کدام یک از نخ‌های آماده در فرآیند مورد نظر قرار گیرد و تا زمانی که پردازنده در تملک فرآیند باشد و یا تا قبل از پایان برش زمانی مربوط به فرآیند، نخ‌های یک فرآیند از پردازنده بهره‌مند می‌شوند و به محض مسدود شدن یک نخ، و یا پایان برش زمانی فرآیند، یا اتمام فرآیند، پردازنده به فرآیند بعدی تعلق می‌گیرد.

توجه: در این روش نخ ماهیت منطقی دارد و از دید کاربر فقط وجود دارد، در واقع از نظر سیستم عامل ماهیت فیزیکی ندارد، بنابراین نخ کاربر در این روش همانند یک تابع در فرآیند می‌باشد که از رجیستر و پشته مختص به خود نیز بهره‌مند نمی‌باشد.

توجه: مدل غیر کامپیوتری این روش نیز وجود دارد، مانند حالتی که درآمدهای دولت حاصل از منابع کشور، بین پدران خانواده‌ها تقسیم گردد و این پدران خانواده‌ها باشند که تصمیم بگیرند به هر عضو خانواده چه مقدار نقدینگی تعلق بگیرد. در این روش فقط پدران شماره حساب مختص به خود را دارند. اما اگر یکی از اعضای خانواده خطایی انجام دهد و محکوم گردد، آنگاه تمام اعضاء خانواده، برای مدتی از خدمات دولت محروم می‌گردند، زیرا در این مدل، دولت فقط پدران خانواده‌ها را می‌شناسد و از اعضا خانواده اطلاعی ندارد. بنابراین حساب پدر خانواده برای مدتی مسدود می‌گردد. **توجه:** عمل تعویض متن مابین نخ‌های یک فرآیند کاربر، کاملاً در سطح کاربر و با سربرار بسیار ناچیز (در حد فراخوانی نخ بعدی) و بدون تغییر حالت پردازنده به مُد هسته پردازنده، توسط زمان‌بند چند نخی در سطح کاربر (برنامه‌های کاربر) انجام می‌گردد. اما عمل تعویض متن ما بین فرآیندها (فرآیندهای کاربر یا فرآیندهای سیستم عامل) در سطح هسته سیستم عامل و در مُد هسته پردازنده، توسط زمان‌بند پردازنده برای انتخاب یک فرآیند جدید براساس یک الگوریتم خاص انجام می‌گردد.

توجه: به دلیل آنکه نخ‌های یک فرآیند کاربر، تماماً در فضای کاربر مدیریت می‌شوند، اگر نخ موجود در یک فرآیند کاربر، یک فراخوان سیستمی مسدود کننده را اجرا نماید، هسته سیستم عامل نه تنها آن نخ، بلکه کل فرآیند کاربر را که شامل تمام نخ‌های دیگر می‌باشد، مسدود می‌کند، زیرا هسته سیستم عامل خبری از نخ‌های داخل فرآیند کاربر ندارد. در واقع در این روش هسته سیستم عامل نخ‌ها را همانند توابع داخل یک فرآیند می‌بیند، یعنی هسته سیستم عامل، یک فرآیند چند نخی سطح کاربر را، مانند یک فرآیند تک نخی اما دارای چند تابع مختلف می‌بیند!

توجه: این راه کار، منجر به عدم امکان هم روندی (در سیستم‌های تک پردازنده‌ای) نخ‌های داخل یک فرآیند کاربر در حالت انسداد یک نخ داخل یک فرآیند کاربر می‌گردد.

البته اگر نخ‌های داخل یک فرآیند کاربر مسدود نگردد، امکان هم روندی میان نخ‌های داخل فرآیند کاربر برقرار است. مانند یک تیم فوتبال ۱۱ نفره که اگر بازیکنی مرتکب خطا گردد، از آن جا که داور فقط نام تیم را می‌شناسد و نه تک تک بازیکنان تیم را، آنگاه کل تیم را جریمه، اخراج و مسدود می‌کند. اما اگر هیچ یک از بازیکنان تیم مرتکب خطایی نگردند، واضح است که هم‌روندی برقرار است.

توجه: فرض کنید یک کیک داریم که آن را به چهار قسمت مساوی تقسیم کرده‌ایم، همچنین فرض کنید خوردن هر بخش کیک یک ساعت زمان بخواهد، اگر یک نفر بخواهد تمام این کیک را بخورد، پس ۴ ساعت طول می‌کشد و اگر ۴ نفر بخواهند تمام این کیک را بخورند و به هر نفر یک بخش کیک داده شود، آن‌گاه خوردن تمام کیک به طور موازی ۱ ساعت طول خواهد کشید. در روش سطح کاربر، یک فرآیند چند نخ‌ی کاربر نمی‌تواند از امتیازات چند پردازنده‌ای بهره‌بردار، زیرا در روش سطح کاربر، هسته سیستم عامل در هر لحظه فقط یک پردازنده را در اختیار نخ‌های یک فرآیند کاربر قرار می‌دهد. حتی اگر چند پردازنده موجود باشد. یعنی در این روش خوردن کیک بخش بندی شده به صورت چند نفری امکان‌پذیر نیست. بنابراین در این روش امکان پردازش موازی نخ‌های داخل یک فرآیند کاربر وجود ندارد.

توجه: نرم‌افزارهای Mach C-threads و POSIX P-threads به عنوان یک بسته نرم‌افزاری، می‌توانند جهت مدیریت نخ‌ها و زمان‌بند چند نخ‌ی در سطح کاربر مورد استفاده قرار گیرند. توجه: در این روش تخصیص منابع و زمان‌بندی پردازنده، بر روی فرآیندها انجام می‌شود. همچنین زمان‌بندی نخ‌های سطح کاربر، بر عهده زمان‌بند چند نخ‌ی سطح کاربر خواهد بود. توجه: سیستم عامل سولاریس، مدل چند به یک را پیاده‌سازی می‌کند.

۲- روش سطح هسته یا مدل یک به یک (one to one)

در این روش فقط زمان‌بند پردازنده و زمان‌بند چند نخ‌ی در سطح هسته وجود دارد و زمان‌بند چند نخ‌ی در سطح کاربر در این روش مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در واقع هسته سیستم عامل نه تنها فرآیندها را می‌شناسد بلکه از وجود نخ‌های داخل یک فرآیند نیز در صورت وجود نخ، آگاه است. در واقع مدیریت نخ‌ها و زمان‌بندی چند نخ‌ی (نخ‌های فرآیندهای کاربر و نخ‌های فرآیندهای سیستم عامل) در سطح هسته، توسط هسته سیستم عامل انجام می‌گردد و کاربر هیچ دیدی از این کار ندارد. انگار که اجتماع تمام نخ‌های تمام فرآیندهای سیستم عامل و کاربر را در نظر بگیرید، حال بر روی تک تک نخ‌ها بر اساس یک الگوریتم خاص حرکت کنید. بنابراین زمان‌بند چند نخ‌ی در سطح هسته، بر اساس الگوریتم مشخصی مثلاً نوبت چرخشی پردازنده را در اختیار یکی از نخ‌های آماده قرار می‌دهد. توجه کنید که در این روش پردازنده دیگر در تملک فرآیند نیست بلکه در تملک نخ‌ها است. در واقع تا زمانی که پردازنده در تملک یک نخ باشد و تا قبل از مسدود شدن نخ، و یا تمام شدن نخ و یا پایان برش زمانی مربوط به نخ، نخ می‌تواند از پردازنده بهره‌بردار و به محض مسدود شدن یک نخ، یا پایان برش زمانی مربوط به نخ و یا اتمام نخ، پردازنده می‌تواند به نخ بعدی که ممکن است، نخ بعدی، نخ‌ی هم‌خانواده با نخ قبلی در یک فرآیند باشد، یا نخ‌ی در یک فرآیند دیگر باشد، تعلق بگیرد. در واقع زمان‌بند چند نخ‌ی در سطح هسته سیستم عامل تعیین می‌کند که نخ بعدی که باید شروع به کار کند متعلق به همان فرآیند

باشد یا از یک فرآیند دیگر انتخاب شود.

توجه: برای انجام زمان‌بندی چند نخ، هسته سیستم عامل باید علاوه بر جدول فرآیندها، یک جدول نخ (شبه جدول فرآیند) داشته باشد که اطلاعات تمامی نخ‌های موجود در سیستم را نگهداری کند. مجدداً تأکید می‌کنیم که در این حالت هر نخ TCB خاص خود را دارد. به عبارت دیگر هر نخ رجیسترها و پشته مختص به خود را دارد.

توجه: در این روش نخ ماهیت فیزیکی دارد، و از دید کاربر و سیستم عامل وجود دارد، بنابراین در این روش، هر نخ، رجیستر و پشته مختص به خود را دارد، به عبارت دیگر هر نخ TCB مختص به خود را دارد.

توجه: عملیات مرتبط با نخ‌های سطح کاربر، مانند ایجاد (بارگذاری TCB مختص به نخ) و پایان دادن (ذخیره‌سازی TCB مختص به نخ) بر عهده هسته سیستم عامل است و توسط زمان‌بند چند نخی در سطح هسته سیستم عامل انجام می‌گردد.

توجه: مدل غیر کامپیوتری این روش نیز وجود دارد، مانند حالتی که درآمدهای دولت حاصل از منابع کشور، بدون اعمال هیچ‌گونه اولویت‌بندی بین تک تک اعضای یک کشور تقسیم گردد (حال این اعضا شهروند عام باشند یا خاص) در این روش هر یک از اعضای کشور شماره حساب مختص به خود را دارند. اما اگر یکی از افراد کشور خطایی انجام دهد و محکوم گردد، آنگاه فقط همان فرد برای مدتی از خدمات دولت محروم می‌گردد و دولت به بقیه اعضای خانواده آن فرد همچنان خدمات ارائه می‌دهد. زیرا دولت از مشخصات تک تک اعضا جامعه آگاه است.

توجه: عمل تعویض متن، ما بین نخ‌های یک فرآیند (فرآیندهای کاربر یا فرآیندهای سیستم عامل) در سطح هسته سیستم عامل، در مُد هسته پردازنده توسط زمان‌بند چند نخی در سطح هسته سیستم عامل انجام می‌گردد و عمل تعویض متن ما بین فرآیندها (فرآیندهای کاربر یا فرآیندهای سیستم عامل) در سطح هسته سیستم عامل و در مُد هسته پردازنده توسط زمان‌بند پردازنده انجام می‌گردد.

توجه: به دلیل آنکه نخ‌های یک فرآیند (فرآیندهای کاربر یا فرآیندهای سیستم عامل)، تماماً در فضای هسته سیستم عامل مدیریت می‌شوند، و هسته سیستم عامل از وجود نخ‌های یک فرآیند آگاه است، اگر نخ موجود در یک فرآیند، یک فراخوان سیستمی مسدود کننده را اجرا نماید، هسته سیستم عامل فقط آن نخ مربوطه را مسدود می‌کند و نخ‌های دیگر هم خانواده با آن نخ مسدود شده، همچنان می‌توانند از پردازنده بهره ببرند.

توجه: این راه کار، منجر به امکان هم روندی (در سیستم‌های تک پردازنده‌ای) و امکان توازی (در سیستم‌های چند پردازنده‌ای) میان فرآیندهای مختلف و یا میان نخ‌های داخل یک فرآیند می‌شود. البته اگر نخ مسدود نگردد، درجه هم‌روندی و توازی بالاتر هم خواهد رفت، زیرا در این صورت همه نخ‌ها به طور هم روندی یا موازی در حال حرکت هستند. مانند یک تیم فوتبال ۱۱ نفره که اگر بازیکنی

مرتکب خطا گردد، همروندی یا توازی همچنان برقرار است، چون داور تک تک بازیکنان را می‌شناسد و فقط بازیکن خاطی را مسدود، جریمه و اخراج می‌کند و بقیه بازیکنان تیم به بازی خود ادامه می‌دهند، اما اگر هیچ یک از بازیکنان تیم مرتکب خطا نگردند، واضح است که همروندی و توازی بالاتر هم خواهد بود.

توجه: مثال کیک مطرح شده را مجدداً به یاد آورید، در روش سطح هسته، یک فرآیند چند نخ‌ی (فرآیندهای کاربر یا فرآیندهای سیستم عامل) می‌تواند از امتیازات چند پردازنده‌ای بهره‌بردار. در روش سطح هسته، هسته سیستم عامل می‌تواند در هر لحظه چندین پردازنده را در اختیار نخ‌های یک فرآیند قرار دهد. یعنی در این روش خوردن کیک بخش بندی شده به صورت چند نفری امکان‌پذیر است. بنابراین در این روش امکان پردازش موازی نخ‌های داخل یک فرآیند وجود دارد.

توجه: در این روش، منابع به فرآیندها اختصاص می‌یابند ولی زمان‌بندی پردازنده، بر روی نخ‌ها انجام می‌گیرد و زمان‌بندی نخ‌های سطح کاربر و نخ‌های سطح هسته، بر عهده زمان‌بند چند نخ‌ی سطح هسته می‌باشد.

توجه: سیستم عامل لینوکس، خانواده سیستم عامل ویندوز و سولاریس ۹ مدل یک به یک را پیاده‌سازی می‌کنند.

۳- روش ترکیبی (سطح کاربر و هسته) یا مدل چند به چند (many to many)

این روش از اجتماع دو روش سطح کاربر و هسته ابداع گردیده است. در این روش علاوه بر زمان‌بند پردازنده و زمان‌بند چند نخ‌ی در سطح هسته سیستم عامل، زمان‌بند چند نخ‌ی نیز در سطح کاربر برای زمان‌بندی و اولویت‌دهی نخ‌های فرآیند کاربر وجود دارد. در واقع زمان‌بندی نخ‌های فرآیندهای سیستم عامل، توسط هسته سیستم عامل و زمان‌بندی نخ‌های فرآیندهای کاربر، توسط برنامه کاربر انجام می‌گردد، که این امر منجر به اولویت‌بندی نخ‌های فرآیندهای کاربر می‌گردد. در این روش، زمان‌بند چند نخ‌ی در سطح کاربر، نخ‌های کاندید خود را از میان نخ‌های متعدد در فرآیندهای مختلف کاربر بر اساس یک الگوریتم خاص انتخاب و تحویل زمان‌بند چند نخ‌ی در سطح هسته می‌دهد. در واقع انتخاب نخ‌های کاندید (زمان‌بندی) در فرآیندهای کاربر به خود کاربر واگذار شده است که همانطور که گفتیم منجر به اولویت‌بندی نخ‌های فرآیندهای کاربر می‌گردد. حال اجتماع حاصل از نخ‌های کاندید فرآیندهای کاربر و نخ‌های فرآیندهای سیستم عامل توسط زمان‌بند چند نخ‌ی هسته سیستم عامل بر اساس یک الگوریتم خاص زمان‌بندی می‌شود.

از توضیحات فوق این مفهوم برداشت می‌شود که هسته سیستم عامل باید این قابلیت را داشته باشد که کاربر بتواند نخ‌های فرآیندهای سطح خود را به هسته سیستم عامل معرفی کند. بنابراین در این روش هسته سیستم عامل نه تنها فرآیندهای کاربر را می‌شناسد، بلکه از وجود نخ‌های کاربر داخل فرآیندهای

کاربر نیز در صورت وجود نخ آگاه است.

توجه: برای معرفی نخ‌های کاندید فرآیندهای سطح کاربر به زمان‌بند چند نخی در سطح هسته سیستم عامل، علاوه بر جایگاه‌های مخصوص نخ‌های فرآیندهای سیستم عامل در زمان‌بند چندنخی در سطح هسته سیستم عامل، تعدادی جایگاه، ویژه نخ‌های سطح کاربر نیز، در زمان‌بند چند نخی در سطح هسته سیستم عامل در نظر گرفته شده است، به این جایگاه ویژه که **محیط اجرای نخ** نیز نامیده می‌شود، **LWP** گفته می‌شود. در واقع هر نخ کاندید انتخاب شده توسط زمان‌بند چند نخی در سطح کاربر، پس از معرفی به زمان‌بند چند نخی در سطح هسته، در یکی از جایگاه‌های ویژه که همان **LWP** است، جهت زمان‌بندی توسط زمان‌بند چند نخی در سطح هسته، قرار می‌گیرد.

توجه: **LWP** سرواژه عبارت **Light Weight Process** و به معنی فرآیند سبک وزن است.

توجه: هنگامی که یک نخ به زمان‌بند چند نخی در سطح هسته معرفی می‌گردد و در ادامه در یک **LWP** جهت زمان‌بندی توسط زمان‌بند چند نخی در سطح هسته، قرار می‌گیرد، در طول حیات خود ممکن است، در **LWP**‌های متفاوتی بخش‌هایی از اجرای خود را طی کند، مثلاً یک نخ در صورت رسیدن به عملیات ورودی و خروجی، جایگاه خود یعنی **LWP** را واگذار می‌کند و در اجرای بعدی پس از پایان عملیات ورودی و خروجی ممکن است به یک **LWP** دیگر منتسب شود. توجه کنید که **LWP محیط اجرای نخ** می‌باشد.

توجه: برای انجام زمان‌بندی چند نخی، هسته سیستم عامل باید علاوه بر جدول فرآیندها، یک جدول نخ (شبه جدول فرآیند) داشته باشد که اطلاعات تمامی نخ‌های موجود در سیستم را نگهداری کند. **توجه:** در این روش نخ ماهیت فیزیکی دارد و از دید کاربر و سیستم عامل وجود دارد، بنابراین در این روش، هر نخ، رجیستر و پشته مختص به خود را دارد، به عبارت دیگر هر نخ **TCB** مختص به خود را دارد.

توجه: عملیات مرتبط با نخ‌های سطح کاربر، مانند ایجاد (بارگذاری **TCB** مختص به نخ) و پایان دادن (ذخیره‌سازی **TCB** مختص به نخ) بر عهده هسته سیستم عامل است و توسط زمان‌بند چند نخی سطح هسته انجام می‌گردد.

توجه: مدل غیر کامپیوتری این روش نیز وجود دارد، مانند حالتی که درآمدهای دولت حاصل از منابع کشور، با اعمال نوعی اولویت‌بندی بین برخی از اعضای یک کشور تقسیم گردد (حال این اعضا شهروند عام باشند یا خاص) در این روش هر یک از اعضای اولویت‌دار و منتخب کشور شماره حساب مختص به خود را دارند. اما اگر یکی از اعضای خانواده خطایی انجام دهد و محکوم گردد، آنگاه فقط همان فرد برای مدتی از خدمات دولت محروم می‌گردد و دولت به بقیه اعضای خانواده آن فرد، همچنان خدمات ارائه می‌دهد، زیرا دولت از مشخصات تک تک اعضای آن خانواده آگاه است.

توجه: عمل تعویض متن مابین نخ‌های یک فرآیند (فرآیندهای کاربر یا فرآیندهای سیستم عامل) در

سطح هسته سیستم عامل، در مُد هسته پردازنده توسط زمان‌بند چند نخ‌ی در سطح هسته سیستم عامل انجام می‌گردد و عمل تعویض متن ما بین فرآیندها (فرآیندهای کاربر یا فرآیندهای سیستم عامل) در سطح هسته سیستم عامل و در مُد هسته پردازنده توسط زمان‌بند پردازنده انجام می‌گردد.

توجه: به دلیل آنکه نخ‌های کاندید فرآیندهای سطح کاربر، به هسته سیستم عامل معرفی می‌گردند و هسته سیستم عامل از وجود نخ‌های کاندید فرآیندهای سطح کاربر آگاه است، اگر یک نخ کاندید موجود در یک فرآیند کاربر، یک فراخوان سیستمی مسدود کننده را اجرا نماید، هسته سیستم عامل فقط آن نخ مربوطه را مسدود می‌کند و نخ‌های دیگر هم خانواده با آن نخ مسدود شده، همچنان می‌توانند از پردازنده بهره ببرند. این راه کار، منجر به امکان هم روندی (در سیستم‌های تک پردازنده‌ای) و امکان توازی (در سیستم‌های چند پردازنده‌ای) میان فرآیندهای مختلف کاربر و یا میان نخ‌های داخل یک فرآیند کاربر می‌شود. البته اگر نخ‌ی مسدود نگردد، درجه هم روندی و توازی بالاتر هم خواهد رفت، زیرا در این صورت همه نخ‌ها به طور هم روند یا موازی در حال حرکت هستند.

مانند یک تیم فوتبال ۱۱ نفره که اگر بازیکنی مرتکب خطا گردد، همروندی یا توازی همچنان برقرار است، چون داور تک تک بازیکنان را می‌شناسد و فقط بازیکن خاطی را مسدود، جریمه و اخراج می‌کند و بقیه بازیکنان تیم به بازی خود ادامه می‌دهند، اما اگر هیچ یک از بازیکنان تیم مرتکب خطا نگردند، واضح است که همروندی و توازی بالاتر هم خواهد بود.

توجه: همانند نخ‌های سطح کاربر، هم روندی و توازی برای نخ‌های سطح هسته سیستم عامل نیز، در حالت انسداد یک نخ یا عدم انسداد یک نخ، برقرار است.

توجه: مثال کیک مطرح شده را مجدداً به یاد آورید، در روش ترکیبی، یک فرآیند چند نخ‌ی (فرآیندهای کاربر یا فرآیندهای سیستم عامل) می‌تواند از امتیازات چند پردازنده‌ای بهره ببرد. در روش ترکیبی، هسته سیستم عامل می‌تواند در هر لحظه چندین پردازنده را در اختیار نخ‌های یک فرآیند قرار دهد. یعنی در این روش خوردن کیک بخش بندی شده به صورت چند نفری امکان‌پذیر است. بنابراین در این روش امکان پردازش موازی نخ‌های داخل یک فرآیند وجود دارد.

توجه: در این روش نیز، منابع به فرآیندها اختصاص می‌یابند ولی زمان‌بندی پردازنده، بر روی نخ‌ها انجام می‌گیرد. اما زمان‌بندی نخ‌های سطح کاربر، بر عهده زمان‌بند چند نخ‌ی سطح کاربر و زمان‌بندی نخ‌های سطح هسته، بر عهده زمان‌بند چند نخ‌ی سطح هسته خواهد بود.