

# ارزیابی تاثیر به تاخیر انداختن خط مرگ بر کارایی الگوریتم‌های زمانبندی دیسک

## سپیده جهانگیری\*

مدرس دانشکده فنی و حرفه‌ای حضرت زینب کبری، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، همدان، ایران

## شهاب‌الدین نبوی

مدرس دانشکده فنی و حرفه‌ای حضرت زینب کبری، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۴/۲۹

## چکیده

یکی از مسایل عمده و مهم در بحث زمانبندی دیسک<sup>۱</sup> در سیستم‌های چندرسانه‌ای<sup>۲</sup> گارانتی نمودن کیفیت خدمات<sup>۳</sup> در انتقالات مربوط به داده در این دسته از سیستم‌ها است. الگوریتم مورد توجه این مقاله، SCAN-EDF است که از ترکیب الگوریتم‌های SCAN که دارای خاصیت بهینه‌سازی زمان پیگرد<sup>۴</sup> در دیسک است و EDF که یک الگوریتم زمانبندی بلادرنگ<sup>۵</sup> می‌باشد، به دست می‌آید. این مقاله به مقایسه‌ی این الگوریتم با سایر الگوریتم‌های زمانبندی دیسک می‌پردازد. برای مقایسه‌ی کارایی الگوریتم‌های مطرح شده، اقدام به توسعه‌ی نرم‌افزاری در محیط Visual Studio2008 گردید. نتایج به وضوح نشان از آن دارند که الگوریتم SCAN-EDF خصوصیات مناسب را از هر دو الگوریتم EDF و SCAN به ارث برده است و بررسی داده‌های به دست آمده نشان می‌دهد که به تاخیر انداختن خط مرگ<sup>۶</sup> همواره می‌تواند موجب کاهش زمان پیگرد در دیسک شود که یک ویژگی مطلوب در الگوریتم‌های زمانبندی دیسک محسوب می‌شود و منجر به افزایش کارایی دیسک می‌گردد. الگوریتم SCAN-EDF با توجه به ساختار خود می‌تواند در صورت بهره‌گیری منتج به افزایش کیفیت خدمات در سیستم‌های چندرسانه‌ای گردد.

## واژه‌های کلیدی

زمانبندی دیسک، زمان پیگرد، خط مرگ و الگوریتم SCAN-EDF.

## ۱. مقدمه

امروزه سیستم‌های ورودی و خروجی<sup>۷</sup> نیازمند آن هستند که بتوانند از انتقالات داده‌ی پیوسته<sup>۸</sup> نظیر صدا و تصویر پشتیبانی نمایند. نکته‌ای که در این بین وجود دارد آن است که این دسته از داده‌های پیوسته، در ارسال و دریافت، تفاوت‌های زیادی با داده‌هایی همچون داده‌های متنی دارند. در حقیقت این دسته از داده‌ها یا رسانه‌های پیوسته<sup>۹</sup> شبیه به سیستم‌های بلادرنگ و انتقالات آنها دیده می‌شوند و با این دسته از داده‌ها باید شبیه به سیستم‌های بلادرنگ برخورد کرد.

هر درخواست بلادرنگ دارای دو پارامتر اساسی است. اولین پارامتر موجود،  $p$  یا دوره<sup>۱۰</sup> زمانی یک درخواست بلادرنگ است که در حقیقت بیانگر آن است که این درخواست در چه بازه‌های زمانی مجدداً تکرار می‌شود. دومین پارامتر موجود نیز،  $c$  یا زمان سرویس‌دهی مورد نیاز برای هر درخواست در یک دوره می‌باشد. هنگامی که مقدار  $c$  ثابت باشد آنگاه می‌توان به راحتی یک سیستم بلادرنگ را بر مبنای دو متغیر  $p$  و  $c$  تعریف کرد (Reddy, 2005, 59; Wijayarathne, 2000, 57).

اما زمان سرویس به زمان دستیابی به دیسک هم مرتبط است که همین دستیابی به دیسک نیز بستگی به معیارهایی همچون زمان پیگرد، زمان نهفتگی<sup>۱۱</sup> و نیز موارد مرتبط با کانال مشترک<sup>۱۲</sup> ارسال داده‌ها دارد. الگوریتم‌های زمانبندی دیسک یکی از عوامل تاثیرگذار بر معیارهای ذکر شده است.

با در نظر گرفتن آن که سیستم‌های بلادرنگ دارای خط مرگ هستند لذا از الگوریتم‌هایی همچون EDF یا اول نزدیک‌ترین خط مرگ<sup>۱۳</sup> و یا الگوریتم Least slack time first یا اول کمترین لختی استفاده می‌شود و علت این کاربرد آن است که این الگوریتم‌ها با مفاهیم موجود در سیستم‌های بلادرنگ، همچون خط مرگ مرتبط هستند و از این مفاهیم برای زمانبندی بهره می‌گیرند (Reddy, 2005, 59; Reddy, 1994, 74; Steinmetz, 1995, 133).

الگوریتم EDF یک الگوریتم بهینه است به شرط آن که زمان‌های سرویس‌دهی به درخواست‌ها مشخص و شناخته شده باشد. زمان سرویس‌دهی دیسک برای یک درخواست در چنین شرایطی بستگی به مکان نسبی داده‌های مورد نیاز موجود در دیسک از مکان جاری هد<sup>۱۴</sup> خواندن/نوشتن دارد. همچنین درخواست‌ها توسط الگوریتم EDF می‌توانند سرویس‌دهی شوند اگر و فقط اگر رابطه‌ی ۱ برقرار باشد.

رابطه ۱: رابطه‌ی سرویس‌پذیر بودن درخواست‌ها در EDF:

$$\sum_{i=1}^n ci/pi, < 1$$

به هر حال با توجه به سربار<sup>۱۵</sup> زیاد زمان پیگرد در دیسک، استفاده محض از الگوریتم‌های زمانبندی بلادرنگ در دیسک منتج به زمان‌های پیگرد گزاف و همچنین استفاده‌ی ضعیف از دیسک می‌شود. یکی از روش‌های کاهش زمان پیگرد در دیسک، استفاده از الگوریتم‌ها یا تکنیک‌های بهینه‌سازی زمان پیگرد است. نمونه‌هایی از تکنیک‌های بهینه‌سازی زمان پیگرد، الگوریتم SCAN و الگوریتم اول کوتاه‌ترین زمان پیگرد<sup>۱۶</sup> (SSTF) هستند. این تکنیک‌ها در حقیقت با سرویس‌دهی به درخواست‌های نزدیک‌تر به بازوی دیسک<sup>۱۷</sup> از استفاده‌ی بیش از حد از بازوی دیسک اجتناب می‌کنند. اما مساله‌ی مهم پیرامون این تکنیک‌ها آن است که این روش‌ها از مفاهیم مربوط به سیستم‌های بلادرنگ همچون خط مرگ بهره‌ای نمی‌گیرند و لذا مناسب استفاده در محیط‌های بلادرنگ نیستند و همچنین الگوریتم‌های زمانبندی باید عدالت را رعایت کنند در حالی که به‌عنوان مثال الگوریتم اول کوتاه‌ترین زمان پیگرد، رفتاری عادلانه ندارد و لذا ممکن است درخواست‌های نزدیک به لبه‌ی دیسک دچار قحطی<sup>۱۸</sup> شوند و این مساله به‌طور مستقیم بر درخواست‌هایی که با این قحطی، خط مرگ خود را از دست می‌دهند رابطه دارد (Chang, 2000; Reddy, 2005, 59; www.wikipedia.com).

با توجه به مطالب مطرح شده، در این مقاله به بررسی و پیاده‌سازی یکی از الگوریتم‌هایی خواهیم پرداخت که ساختاری ترکیبی<sup>۱۹</sup> دارد و هم از جنبه‌های بلادرنگ، درخواست‌ها را حمایت می‌کند (شبیه به الگوریتم EDF) و هم جنبه‌ی بهبود زمان پیگرد را همچون سیاست SCAN در زمانبندی دیسک پیگیری می‌نماید. این الگوریتم، SCAN-EDF نام دارد و نشان داده خواهد شد که این الگوریتم برای کاربردهای چندرسانه‌ای مناسب می‌باشد.

در بخش‌های بعدی به بیان ساختار الگوریتم SCAN-E DF پرداخته می‌شود، نحوه‌ی پیاده‌سازی و نتایج حاصل از آن بررسی و نشان داده می‌شود که این الگوریتم چگونه با به تاخیر انداختن خط مرگ<sup>۲۰</sup> می‌تواند بر کاهش زمان پیگرد و در نتیجه‌گیری بهبود کارایی<sup>۲۱</sup> بازوی دیسک تاثیرگذار باشد. در نهایت مطالعه‌ی جاری با مطالعات مشابه مقایسه شده و بخش نتیجه‌گیری ذکر خواهد شد.

## ۲. الگوریتم زمانبندی SCAN-EDF

الگوریتم SCAN-EDF یک الگوریتم زمانبندی ترکیبی دیسک است که از ترکیب تکنیک‌های بهینه کردن زمان پیگرد و تکنیک‌های بلادرنگی چون EDF بهره می‌گیرد. درخواست‌ها<sup>۲۲</sup> در ابتدا با تکنیک

زمانبندی دیسک بهره می‌گیرد و هم از جنبه‌های بهینه‌کننده و سودآور روش‌های بهینه‌سازی زمان پیگرد در دیسک استفاده می‌نماید. درخواست‌ها با نزدیک‌ترین خط مرگ پاسخ داده می‌شوند اما درخواست‌های با خط مرگ یکسان از روش‌های بهینه‌سازی زمان پیگرد برای کاهش استفاده از دیسک و کاهش زمان پیگرد بهره می‌جویند (Reddy, 2005, 59).

استفاده‌ی توأم از این دو روش منتج به افزایش امکان استفاده از بهینه‌سازی زمان پیگرد در الگوریتم SCAN-EDF شده است. ساختار کلی الگوریتم SCAN-EDF در شکل ۱ آمده است.

**SCAN-EDF algorithm**  
**Step 1:** Let  $T$  = set of requests with the earliest deadline  
**Step 2:** if  $|T| = 1$ , (there is only a single request in  $T$ ), service that request.  
 else let  $t_1$  be the first task in  $T$  in scan direction, service  $t_1$ .  
 go to Step 1.

شکل ۱. توصیف دقیق الگوریتم SCAN-EDF

درخواست‌ها را با آشفته‌گی کمتری نسبت به خط مرگ مرتبط با آنها به‌دست می‌آورد. راه‌های گوناگونی برای انتخاب تابع  $F_0$  وجود دارد اما آنچه بیشتر در مطالعات پیشین مورد نظر بوده است به صورت روابط شکل ۲ است.

$$f(N_i) = N_i / N_{\max}$$

$$f(N_i) = N_i / N_{\max} - 1$$

شکل ۲: تصویر روابط موجود برای تابع  $F_0$

با استفاده از این روابط آنچه به‌دست می‌آید شماره‌ی شیار درخواست مورد نظر است که دارای آشفته‌گی کمتری نسبت به حالت معمول آن است.  $N_{\max}$  در این رابطه بیانگر بزرگ‌ترین شماره‌ی شیار موجود بر روی دیسک است (Reddy, 2005, 59).

آنچه در اینجا بیش از هر چیز نمود پیدا می‌کند این است که تغییر خط مرگ می‌تواند باعث تغییر روند استراتژی SCAN بر روی دیسک شود و این مساله که به طور عمده با به تعویق افتادن خط مرگ دنبال می‌شود باعث شرایط بهینه‌تر از منظر زمان پیگرد در دیسک خواهد شد (Chang, 1998; Reddy, 2005, 59).

EDF یا اول نزدیک‌ترین خط مرگ و براساس خط مرگ که یکی از مفاهیم موجود در سیستم‌های بلادرنگ است زمانبندی می‌شوند. اما در مرحله‌ی بعد اگر برخی از این درخواست‌ها دارای خط مرگ یکسان باشند آنگاه برای این دسته از درخواست‌ها، زمانبندی براساس مکان نسبی آنها بر روی دیسک و یا روش‌های بهینه‌سازی زمان پیگرد، صورت می‌گیرد.

در حقیقت استراتژی الگوریتم SCAN-EDF این است که به دلیل آن که با سیستم‌های بلادرنگ و مفاهیم آنها همچون خط مرگ ارتباط است، هم از روش‌های بلادرنگ و مبتنی بر خط مرگ برای

این الگوریتم همانطور که در شکل ۱ مشخص شده است، ابتدا مجموعه‌ای از درخواست‌ها را که دارای نزدیک‌ترین خط مرگ هستند، پیدا می‌کند و آنگاه در صورتی که این مجموعه فقط یک عضو داشته باشد، به این درخواست پاسخ داده شده و با یک پرش<sup>۲۳</sup> به ابتدای روند اجرایی الگوریتم ارجاع می‌شود. در غیر این صورت درخواست‌ها با توجه به موقعیت نسبی آنها بر روی دیسک و در جهت اسکن<sup>۲۴</sup> دیسک به ترتیب پاسخ داده می‌شوند.

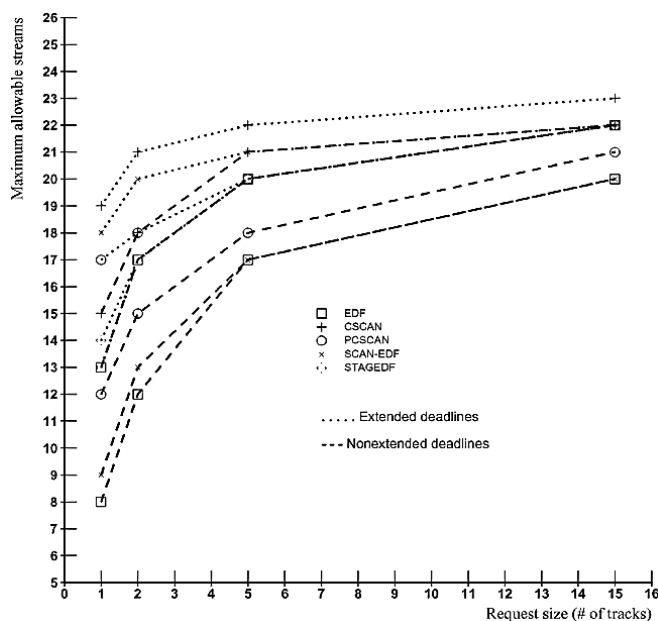
جهت اسکن دیسک به چند طریق ممکن است انتخاب شود. در صورتی که درخواست‌ها به ترتیب براساس شماره‌ی شیارشان<sup>۲۵</sup> بر روی دیسک، مرتب صعودی یا نزولی باشند آنگاه از الگوریتم CSCAN برای زمانبندی درخواست‌ها استفاده می‌شود و اگر درخواست‌ها به هیچ یک از اشکال ذکر شده نباشند، برای زمانبندی از الگوریتم SCAN استفاده می‌شود. (Chang, 2000; Liu, 1973, 61).

الگوریتم SCAN-EDF با اندکی تغییر بر روی الگوریتم EDF به‌دست می‌آید. اگر فرض کنیم که  $D_i$  نشان‌دهنده‌ی خط مرگ درخواست‌ها باشد و  $N_i$  هم موقعیت شیار هر درخواست را بر روی دیسک نشان دهد، سپس می‌توان خط مرگ درخواست‌ها را براساس رابطه‌ی  $D_i + F(N_i)$  تغییر داد. تابع  $F_0$  در حقیقت شماره‌ی شیار

### ۳. پیاده‌سازی

در مرجع<sup>۲۶</sup> (Reddy, 2005, 59) پنج الگوریتم زمانبندی دیسک گوناگون پیاده‌سازی شده‌اند و نتایج آنها به صورتی که در ادامه ذکر می‌گردد آمده است. آنچه در این نتایج و از منظر مطالعه‌ی جاری حایز اهمیت است، توجه به سه الگوریتم SCAN-EDF EDF و SCAN است که هر کدام با توجه به ویژگی‌های خاص خود در بخش‌های پیشین مورد بررسی قرار گرفتند. در این مقاله دو سیستم، اولی با خط مرگی برابر با دوره درخواست‌ها و دومی با خط مرگی برابر با دو برابر دوره درخواست‌ها مدل شده است. مقایسه‌ی این دو

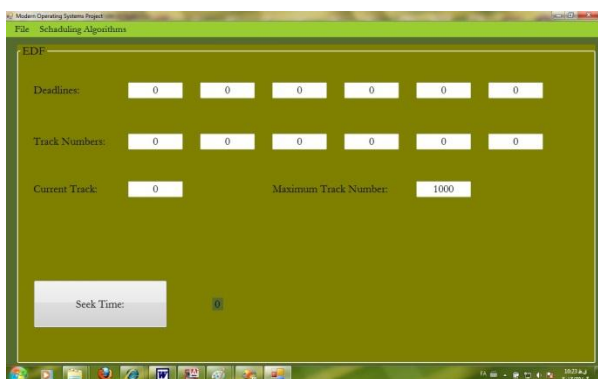
سیستم به‌وضوح می‌تواند نشان دهد که چگونه کارایی با به تاخیر انداختن خط مرگ درخواست‌ها بهبود می‌یابد. آنچه در نمودار شکل ۳ بیان می‌شود اشاره به آن دارد که تاخیر انداختن در خط مرگ درخواست‌ها می‌تواند به وضوح باعث بهبود کارایی دیسک شود. این بهبود کارایی با کاهش زمان پیگرد در دیسک حاصل می‌شود که می‌تواند زمان پاسخ<sup>۲۸</sup> به درخواست‌ها را کاهش دهد و همچنین باعث شود تا تعداد درخواست‌های بلادرنگی که می‌توان در یک مدت زمان مشخص به آنها پاسخ داد، افزایش یابد.



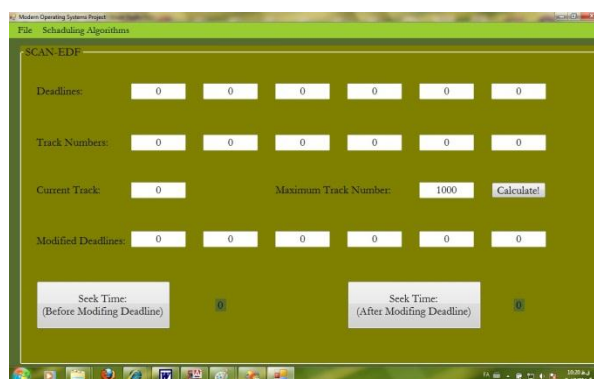
شکل ۳. کارایی در سیاست‌های گوناگون زمانبندی دیسک (Reddy, 2005, 59)

شکل ۴ که در ادامه آمده است تصاویری از نرم‌افزار مذکور را نشان می‌دهد که برای بررسی تاثیر به تاخیر انداختن خط مرگ بر کارایی الگوریتم‌های زمانبندی دیسک، توسعه یافته است.

برای بررسی روند پیاده‌سازی مقاله‌ی ذکر شده در بخش جاری، اقدام به پیاده‌سازی نتایج حاصل از آن در قالب یک نرم‌افزار شد. نرم‌افزار مورد نظر در محیط نرم‌افزار Visual studio نسخه‌ی سال ۲۰۰۸ توسعه<sup>۲۷</sup> داده شد. در این نرم‌افزار ابتدا الگوریتم SCAN-EDF و سپس برای بررسی نتایج الگوریتم EDF و SCAN نیز پیاده‌سازی شدند.



ب

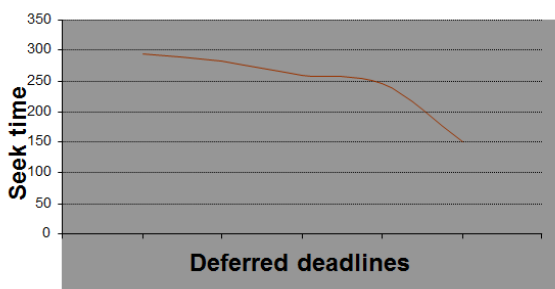


الف

زمان پاسخ به دست آمده برای الگوریتم SCAN-EDF نسبت به سایر الگوریتم‌ها بهتر است و این نشانگر آن است که هر دوی عوامل تاثیرگذار بر روی کارایی اعم از زمان پاسخ و همچنین تعداد جریان‌های داده‌ای قابل پشتیبانی در الگوریتم SCAN-EDF بهبود یافته است و این مساله بهبود کارایی را در شرایط به تاخیر انداختن خط مرگ درخواست‌ها تایید می‌نماید.

نتایج حاصل از مطالعه‌ی جاری که با پیاده‌سازی سه الگوریتم معمول زمانبندی دیسک که در سیستم‌های بلادرنگ و غیربلادرنگ کاربرد دارند، همراه بود، به‌طور مشخص نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم SCAN-EDF نسبت به سایر الگوریتم‌های مورد بحث می‌تواند کارایی بهتری را به همراه داشته باشد ضمن آن که این الگوریتم با توجه به آن که از مفهوم خط مرگ بهره می‌گیرد می‌تواند به خوبی در سیستم‌های چندرسانه‌ای که ساختاری بلادرنگ دارند مورد استفاده قرار گیرد.

### SCAN-EDF

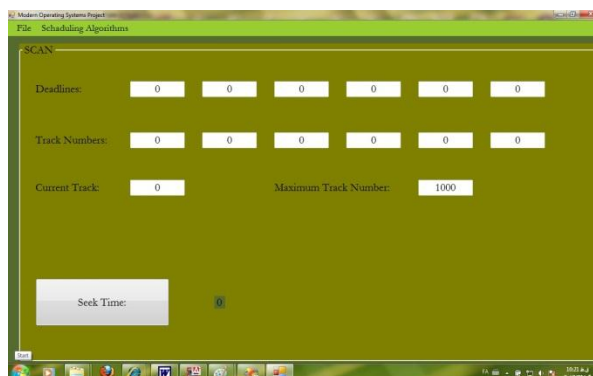


شکل ۵. نمودار تاثیر به تاخیر انداختن خط مرگ بر زمان پیگرد در نرم‌افزار پیاده‌سازی شده برای الگوریتم SCAN-EDF

همانطور که در شکل ۵ مشهود است به‌وضوح می‌توان تاثیر به تاخیر انداختن خط مرگ را در چند نمونه از حالات آزمایش شده با نرم‌افزار پیاده‌سازی شده در مطالعه جاری، مشاهده نمود. این نمودار به وضوح نشان از آن دارد که هر چه مقدار به تعویق افتادن خط مرگ‌ها بیشتر باشد، مقدار زمان پیگرد کمتر خواهد بود و این مساله به‌عنوان یک عامل اساسی در کارایی دیسک و الگوریتم‌های زمانبندی آن است که بتوانند زمان پیگرد در دیسک را کاهش دهند و این مهم با به تاخیر انداختن خط مرگ درخواست‌ها محقق می‌شود.

### ۵. نتیجه‌گیری

این مقاله اشاره به پیاده‌سازی یک الگوریتم زمانبندی دیسک دارد که SCAN-EDF خوانده می‌شود که این الگوریتم یک الگوریتم ترکیبی است که هم جنبه‌های بلادرنگ را پوشش می‌دهد و هم دارای



ج

شکل ۴- الف. پیاده‌سازی الگوریتم SCAN-EDF،

ب. پیاده‌سازی الگوریتم EDF، ج. پیاده‌سازی الگوریتم SCAN

همان‌طور که در شکل ۴ مشهود است، در بخش الف از تصویر، پیاده‌سازی الگوریتم SCAN-EDF دیده می‌شود و به ترتیب در بخش‌های ب و ج پیاده‌سازی الگوریتم‌های EDF و SCAN آمده است. در تمامی این تصاویر، زمان پیگرد به‌عنوان عامل اساسی در تعیین کارایی الگوریتم‌های مطرح شده، ذکر شده است و توسط نرم‌افزار مذکور به دست می‌آید.

در این پیاده‌سازی همچنین برای الگوریتم SCAN-EDF این امکان در نظر گرفته شده است تا بتوان تاثیر به تاخیر انداختن خط مرگ را برای آن بررسی کرد. بنابراین برای این الگوریتم می‌توان زمان پیگرد را هم با توجه به خط مرگ معمول درخواست‌ها و هم با توجه به خط مرگ‌های گسترش یافته بررسی نمود.

### ۴. نتایج و بحث

همانطور که در شکل ۳ قابل مشاهده است، خطوط تیره رنگ نشان‌دهنده‌ی سیستم با خط مرگ‌های معمولی است و سایر خطوط نیز نشان‌دهنده‌ی سیستم با خط مرگ‌های گسترش یافته<sup>۲۹</sup> است. این نتایج به‌وضوح نشان می‌دهد که به تاخیر انداختن خط مرگ باعث بهبود تعداد جریان‌های داده‌ای<sup>۳۰</sup> قابل پشتیبانی برای همه‌ی سیاست‌های زمانبندی<sup>۳۱</sup> دیسک می‌شود. کارایی SCAN-EDF با به تاخیر انداختن خط مرگ بسیار نزدیک به الگوریتم CSCAN است که الگوریتم CSCAN بهترین کارایی را دارد. الگوریتم EDF نیز بدترین کارایی را در بین تمام الگوریتم‌ها دارد. شکل ۳ همچنین بیانگر آن است که اگر حتی اندازه‌ی درخواست‌ها نیز افزایش یابد مثلاً از ۱ شیار به ۱۰ شیار، باز هم تعداد جریان‌های داده‌ای قابل پشتیبانی افزایش می‌یابد (Abbott, 1990; Reddy, 2005, 59).

16. Shortest seek time first
17. Disc arm
18. Starvation
19. Hybrid
20. Deferring deadline
21. Performance
22. Requests
23. Jump
24. Scan
25. Track
26. Reference
27. Response time
28. Develop
29. Extended
30. Data streams
31. Scheduling policies
32. Buffer size

#### منابع

1. Abott, R. & Garcia-molina, H. (1990), "Scheduling I/O requests with deadlines: A performance evaluation," in the IEEE real-time systems symposium, California.
2. Chang, R.I. (1998), "Deadline-modification-SCAN with maximum - scannable - groups for multimedia real-time disk scheduling," in the 19<sup>th</sup> real-time systems symposium.
3. Chang, R.I.; Shih, W.K. & Chang, R.C. (2000), "Multimedia real-time disk scheduling by hybrid local/global seek-optimizing approaches," in 7<sup>th</sup> international conference on parallel and distributed systems.
4. Liu, C.L. & Layland, J.W. (1973), "Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard real-time environment," ACM, 46-61.
5. Mohammadi, M.; Nabavi, S. & Forouzanfar, F. (2011), "Citation management with end note," Hamedan university of medical science.
6. Reddy, A.L.N.; Wyllie, J. & Wijayarathne, K.B.R. (2005), "Disk scheduling in a multimedia I/O system," ACM transactions on multimedia computing, communications and applications, Vol. 1, 37-59.
7. Reddy, A.L.N. & Wyllie, J.C. (1994), "I/O issues in a multimedia system," IEEE, Vol. 27, 69-74.
8. Steinmetz, R. (1995), "Multimedia file systems survey: approaches for continuous media disk scheduling," Computer communications, Vol. 18, 133-144.

خواص بهینه‌سازی دیسک است و لذا برای سیستم‌های چندرسانه‌ای مناسب می‌باشد که باید کیفیت خدمات را پشتیبانی کنند.

هدف اساسی در این مقاله توجه به یک مساله‌ی اساسی در مدیریت دیسک است که زمان پیگرد خوانده می‌شود. هرچه زمان پیگرد در دیسک را کاهش دهیم، شرایط برای پاسخ به درخواست‌های بیشتر و بهینه‌سازی زمان پاسخ فراهم می‌شود. این عوامل در کارایی بهتر دیسک و الگوریتم‌های زمانبندی آن، نقش اصلی را بازی می‌کنند. الگوریتم SCAN-EDF با قابلیت به تاخیر انداختن خط مرگ درخواست‌ها، می‌تواند زمان پیگرد در دیسک را کاهش و بنابراین کارایی را افزایش دهد و به‌وضوح مناسب برای محیط‌های چندرسانه‌ای باشد.

نتایج حاصل گواه آن بود که به تاخیر انداختن خط مرگ درخواست‌های بلادرنگ که به خوبی در الگوریتم SCAN-EDF پیاده‌سازی شد، می‌تواند منجر به بهبود کارایی دیسک با کاهش زمان پیگرد در آن گردد.

#### ۶. کار آینده

کار آینده در چهارچوب این مقاله می‌تواند پرداختن به سایر عناصر تاثیرگذار بر کارایی دیسک و تحلیل آنها در قالب زمانبندی سیستم‌های چندرسانه‌ای باشد که در این مقاله بیشتر بر زمان پیگرد و عوامل تاثیرگذار بر آن تکیه شد. از دیگر عوامل تاثیرگذار در کارایی دیسک و الگوریتم‌های زمانبندی آن می‌توان به تاثیر سایز بافر<sup>۳۲</sup> اشاره کرد.

#### پی‌نوشت‌ها

1. Disc scheduling
2. Multimedia systems
3. Quality of service
4. Seek time
5. Real time
6. Deadline
7. I/O systems
8. Continuous data
9. Continuous media
10. Period
11. Latency time
12. Shared channel
13. Earliest deadline first
14. Head
15. Overhead