

زمانبندی زمان واقعی برای فروشگاه های دارای چند ورودی با جریان ترکیبی: یک مکانیزم

مبنتی بر درخت تصمیم گیری و کاربرد آن در خط TFT-LCD

چکیده

فروشگاه دارای چند ورودی با جریان ترکیبی که به طور معمول در صنعت الکترونیک یافت می شود، یک سیستم گسترش یافته از فروشگاه با جریان عادی به گونه ای است که یک یا چند دستگاه موازی در هر مرحله سریال وجود دارند و هر کار دارای جریان محصول چند ورودی است، به عنوان مثال، یک کار ممکن است چندین بار در یک مرحله انجام شود. در میان مسائل عملیاتی در فروشگاه هایی دارای چند ورودی با جریان ترکیبی، ما روی مسئله زمانبندی تمرکز می کنیم که تخصیص کارها را به دستگاه ها در هر مرحله و همچنین دنباله کارهای منسوب شده به هر دستگاه را تعیین می نماید. بر خلاف رویکرد نظری در زمانبندی فروشگاه دارای چند ورودی با جریان ترکیبی، ما یک مکانیسم زمانبندی زمان واقعی را با درخت تصمیم گیری در هنگام انتخاب قواعد توزیع مناسب نشان می دهیم. درخت تصمیم گیری، یکی از معمول مورد استفاده از تکنیک های داده کاوی، اتخاذ برای از بین بردن بار محاسباتی مورد نیاز برای انجام شبیه سازی اجرا می شود را انتخاب کنید قوانین توزیع. برای نشان دادن مکانیزم پیشنهادی در این مطالعه، یک مطالعه موردی را در یک خط تولید صفحه نمایش کریستالی ترانزیستور مایع فیلم نازک (TFT-LCD) انجام شده است و نتایج به دست آمده برای معیارهای مختلف عملکرد سیستم گزارش می شوند.

کلمات کلیدی: فروشگاه های دارای چند ورودی با جریان ترکیبی، زمانبندی زمان واقعی، درخت های تصمیم گیری

مطالعه موردی

1. مقدمه

یک فروشگاه جریان ترکیبی، سیستم تولید گسترش یافته از فروشگاه جریان عادی، شامل دو یا چند مرحله به صورت سری است و یک یا چند دستگاه موازی در هر مرحله وجود دارد. به طور کلی، دستگاه های موازی در هر مرحله برای هدف افزایش بهره وری و همچنین انعطاف پذیری اضافه شده اند. فروشگاه جریان ترکیبی را می توان در

انواع مختلفی از صنایع یافت. یکی از آنها صنعت الکترونیک است، مانند ساخت نیمه هادی ویفر، تولید برد مدار چاپی (PCB) تولید صفحه نمایش کریستال ترانزیستور-مایع فیلم نازک (TFT-LCD)، و غیره. علاوه بر این، صنایع مختلف سنتی، از جمله مواد غذایی، مواد شیمیایی و فلزی، دارای فروشگاه های مختلف جریان ترکیبی هستند. فروشگاه های جریان ترکیبی را می توان با توجه به جریان های محصول به دو نوع طبقه بندی نمود: (الف) فروشگاه ها با جریان یک سوپه. و (ب) فروشگاه ها با دارای چند جریان ورودی. در اینجا، جریان یک سوپه این مفهوم را می رساند که هر کار در مرحله اول شروع می شود و پس از در آخرین مرحله به اتمام می رسد. از سوی دیگر، در مورد جریان دارای چند ورودی، هر کار ممکن است به هر مرحله سریال دو یا چند بار بازدید کند. به عنوان مثال، ساخت ویفر نیمه هادی و خطوط تولید TFT-LCD دارای دارای جریان چند ورودی است. به عبارت دیگر، هر یک از بازدیدها از برخی از مرحله تولید سریال مشخص شده مربوط به یک لایه است که برای مدارات مورد نیاز ساخته شده است. در مقایسه با جریان یک سوپه، جریان های دارای چند ورودی به طور کلی عملیات سیستم را بسیار پیچیده تر می سازد.

این مقاله روی مسئله زمانبندی در فروشگاه های جریان ترکیبی با جریان های محصول دارای چند ورودی، به نام زمانبندی فروشگاه دارای چند ورودی با جریان ترکیبی تمرکز نموده است. تصمیمات اصلی عبارتند از: (الف) تخصیص کارها به دستگاه در هر مرحله. و (ب) دنباله کارهای داده شده به هر دستگاه. در واقع، این تحقیق از یک سیستم تولید TFT-LCD با تعداد زیادی از فرآیندهای پیچیده و جریان محصول دارای چند ورودی انگیزه گرفته است. همانطور که قبلاً گفته شد، جریان محصول دارای چند ورودی عملیات خود را بسیار پیچیده تر می سازد و از این رو اجرای سیستم بدتر و بدتر می شود. به منظور بهبود عملکرد سیستم، توسعه و پیاده سازی سیستم زمانبندی کارآمد لازم است. یکی از بخش های اصلی آن، روش زمانبندی زمان واقعی قوی است که ویژگی های پویا از سیستم تولید TFT-LCD واقعی را در نظر می گیرد.

بسیاری از مطالعات قبلی در مورد زمانبندی فروشگاه دارای چند ورودی با جریان ترکیبی نظری هستند، به این معنا که الگوریتم های پیچیده پس از توسعه و تجزیه و تحلیل مدل های ریاضی با مفروضات مختلف ابداع شدند. (Linn و

Zhang (1999) را ببینید برای بررسی نوشته ها در مورد زمانبندی فروشگاه جریان ترکیبی). برای مثال، Bertel و Billaut (2004) یک الگوریتم ژنتیکی را برای زمانی بندی فروشگاه دارای چند ورودی با جریان ترکیبی پیشنهاد دادند که تعداد وزنی کارهای دارای تاخیر را به حداقل می رساند، و Kim، Choi و Lee (2005) چندین الگوریتم زمانبندی فهرست را برای این مسئله با هدف به حداقل رساندن تاخیر کل پیشنهاد دادند. به تازگی، Choi و همکاران. (2009) مسئله زمانبندی دو مرحله فروشگاه دارای چند ورودی با جریان ترکیبی را با هدف به حداقل رساندن گستره زمانی کار در نظر گرفتند. در حالیکه تاریخ های موعد تحویل مجاز ماکزیمم را برآورده نمودند و الگوریتم های ابتکاری مختلف را پیشنهاد نمودند. همچنین، Stefek، Meal، Graves و Zeghmi (1983) و Hsu و Shamma (1997) زمانبندی فروشگاه جریان دارای چند ورودی، یک مورد خاص از زمانبندی فروشگاه دارای چند ورودی با جریان ترکیبی را در نظر گرفتند. اگر چه این مقالات باید به معنای نظری کمک نمایند، کاربردهای آنها محدود است چرا که آنها ذاتا نسخه های ساکن از مسئله هستند.

زمانبندی زمان واقعی، یکی از روش های زمانبندی عملی، موضوع مهمی است که بر اساس آن، تعدادی از تحقیقات قبلی انجام شده است. Yamamoto و Nof (1985) زمانبندی و روش برنامه ریزی مجددی را پیشنهاد دادند که در آن یک برنامه زمانبندی اولیه در آغاز ایجاد می شود، و تجدید نظرهای برنامه، هر زمان که تغییرات عملیاتی وجود دارد انجام می شود و Church و Uzsoy (1992) سیاست های دوره ای را برای زمانبندی مجدد در دستگاه های تک و موازی در محیط پویا مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. Kim و Kim (1994) یک مکانیزم زمانبندی زمان واقعی مبتنی بر شبیه سازی را برای سیستم های تولید انعطاف پذیر پیشنهاد دادند که در آن قوانین توزیع به صورت پویا مبتنی بر اطلاعات به دست آمده از شبیه سازی متغیر هستند و بعداً مدل آنها توسط Jeong و Kim (1998) گسترش یافت که در آن یک چارچوب نظام مند همراه با استراتژی های زمانبندی پیشنهاد شد که نقطه زمانی را تعیین کی می نمود که یک قانون توزیع جدید انتخاب می شود. Chang (1997) مکانیزم زمان واقعی زمانبندی مبتنی بر شبیه سازی دیگری را پیشنهاد داد که در آن دفعات صف بندی برای عملیات های باقی مانده از کارها تخمین زده می شوند و سپس در طرح زمانبندی موجود فروشگاه های پویا گنجانده می شوند. همچنین، Cowling

و Johansson (2002) یک چارچوب کلی را برای استفاده از اطلاعات زمان واقعی به منظور بهبود تصمیم گیری زمانبندی ارائه نمودند. برای امکانات ساخت ویفر نیمه هادی، Choi, Shim, Kim, و Hwang (2003) روش ساده ای را برای انجام کارآمد و توزیع به موقع بر اساس زمانبندی شبیه سازی زمان واقعی پیشنهاد نمودند و Min و Yih (2003) با ترکیب سیاست های توزیع دستگاه و وسیله نقلیه، اقدام به بهبود عملکرد سیستم نمودند.

بر خلاف روش های موجود که در بالا توضیح داده شد، ما یک مکانیسم زمانبندی زمان واقعی را نشان می دهیم که در آن درخت تصمیم برای انتخاب یک قاعده توزیع مناسب در پایان هر دوره نظارت استفاده می شود به طوری که بار محاسباتی مورد نیاز برای انجام شبیه سازی حذف می شود. در اینجا، دوره نظارت، دوره زمانی است که در طی آن یک قاعده توزیع قبل از در نظر گرفتن تغییر قانونی مقرر می شود. همچنین، درخت تصمیم، یک مدل شماتیک برای تعیین یکی از گزینه های در دسترس برای یک تصمیم گیرنده، با استفاده از اطلاعات به دست آمده از داده های اولیه ساخته می شود. مکانیسم زمانبندی زمان واقعی پیشنهاد شده در این مقاله با یک مطالعه موردی در یک خط تولید TFT-LCD نشان داده شده است و نتایج آزمون برای معیارهای مختلف عملکرد سیستم گزارش شده است.

اگر چه تعدادی از مقالات تحقیقاتی قبلی در مورد زمانبندی در سیستم های تولید نیمه هادی وجود داشته است، یعنی، نمونه فروشگاه های دارای جریان ترکیبی با چند ورودی، آنها دارای کاربردهای محدودی هستند، زیرا از نظر ماهیتی آفلاین می باشند. برای مثال (1988) Wein, Glassey, و (1988) Resende, Lu, Ramaswamy, و (1994) Kumar, Kim, Lee, Kim, و (1998) Roh, Hung, و (1998) Chen را ببینید. به عبارت دیگر، بسیاری از آنها، روش های زمانبندی خاصی را نشان می دهند که کیفیت های راه حل آنها با شبیه سازی استاتیک و آفلاین نشان داده می شوند. همچنین، رویکردهای زمانبندی زمان واقعی موجود برای تولید نیمه هادی، قوانین توزیع اولویت را با استفاده از اطلاعات به دست آمده از اجراهای شبیه سازی انتخاب می نماید و از این رو آنها ممکن است به مقدار قابل توجهی از بار محاسباتی نیاز داشته باشند. بر خلاف این، ما یک مکانیسم زمانبندی زمان واقعی را نشان می دهیم که سرعت تصمیم گیری زمانبندی را با استفاده از درخت تصمیم گیری افزایش می دهد. توجه داشته

باشید که اجرای سیستم به طور مستقیم سرعت سیستم زمانبندی را تحت تاثیر قرار می دهد و از این رو تصمیمات و اقدامات زمانبندی نیز در زمان واقعی باید ساخته شوند.

این مقاله به شرح زیر است. در بخش بعدی، ما مکانیسم زمانبندی زمان واقعی مبتنی بر درخت تصمیم گیری را توضیح می دهیم. الگوریتم ساخت درخت تصمیم گیری نیز توضیح داده می شود. مطالعه موردی در مورد خط تولید TFT-LCD در بخش 3 گزارش شده است. در نهایت، بخش 4 نتایج اصلی را خلاصه می کند، نتیجه گیری ها را ارائه می دهد، و برخی حوزه ها برای تحقیقات بیشتر را توصیف می کند.

2. مکانیزم زمانبندی زمان واقعی مبتنی بر درخت تصمیم

این بخش مکانیزم زمانبندی زمان واقعی مبتنی بر درخت تصمیم گیری پیشنهاد شده در این مقاله را ارائه می دهد. اول، چارچوب شرح داده می شود. سپس، اجزا و الگوریتم برای ساخت درخت تصمیم با جزئیات توضیح داده شده است. در نهایت، استراتژی زمانبندی، یعنی، نقطه زمان برای انتخاب یک قاعده توزیع جدید، توضیح داده شده است.

2.1 چارچوب

شکل 1 چارچوب را نشان می دهد، یعنی، اجزا و اطلاعات لازم برای مکانیسم زمانبندی زمان واقعی برای کار. در واقع، این چارچوب یک نسخه اصلاح شده از یک مورد مبتنی بر شبیه سازی از طرف Jeong و kim (1998) که در آن درخت تصمیم، به جای شبیه سازی، برای انتخاب یک قاعده توزیع جدید در پایان هر دوره نظارت بر شبیه سازی استفاده می شود.

همانطور که می توان در شکل دید، مکانیسم زمانبندی زمان واقعی پیشنهاد شده در این مقاله شامل سه قسمت اصلی می شود: کنترل کننده زمان واقعی، زمانبند، و انتخاب کننده قاعده مبتنی بر درخت تصمیم گیری. توضیح مختصری از هر جزء در زیر آورده شده است. (جزئیات اجزای در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد)

● کنترل کننده زمان واقعی، اطلاعات را با طبقه فروشگاه را مبادله می کند، بر حالات سیستم نظارت می کند، و کار را با توجه به قانون منتشر شده توسط زمانبند توزیع می کند.

● زمانبند، نقطه زمانی را تعیین می کند قانون توزیع باید انتخاب شود، یعنی پیاده سازی راهبرد زمانبندی، و قاعده توزیع انتخاب شده را توسط انتخاب کننده قاعده مبتنی بر درخت تصمیم آزاد می کند.

● انتخاب کننده قاعده مبتنی بر درخت تصمیم، یک قانون توزیع جدید را انتخاب می کند (بدون انجام شبیه سازی وقت گیر). درخت تصمیم گیری را می توان با استفاده از داده های تاریخی، دانش کارشناسان و یا شبیه سازی ها در مورد قوانین توزیع تحت حالات خاص سیستم ساخت. (در مطالعه موردی ما، شبیه سازی اتخاذ بود، زیرا هیچ دانش اولیه در مورد اجراهای قوانین توزیع وجود ندارد)

برای توضیح روابط میان سه جزء، ما سه پایگاه داده مورد نیاز برای مکانیزم زمانبندی زمان واقعی را برای کار توضیح می دهیم.

● تصمیم گیری در مرحله زمانبندی شامل اطلاعات در مورد کار (با عملیات ها)، مسیریابی، زمان پردازش، موعد تحویل، اندازه گیری عملکرد، و غیره می شود

● حالات سیستم، زمانی به روزسازی می شود که هر گونه تغییر در حالات سیستم وجود داشته باشد، شامل اطلاعات مربوط به حالات سیستم فعلی می شود، به عنوان مثال، تعداد کارها در سیستم، تعداد باقی مانده عملیات برای هر کار، پردازش حالات هر کار، حالات و دستگاه (کار، در حال تعمیر یا بیکار)، و غیره

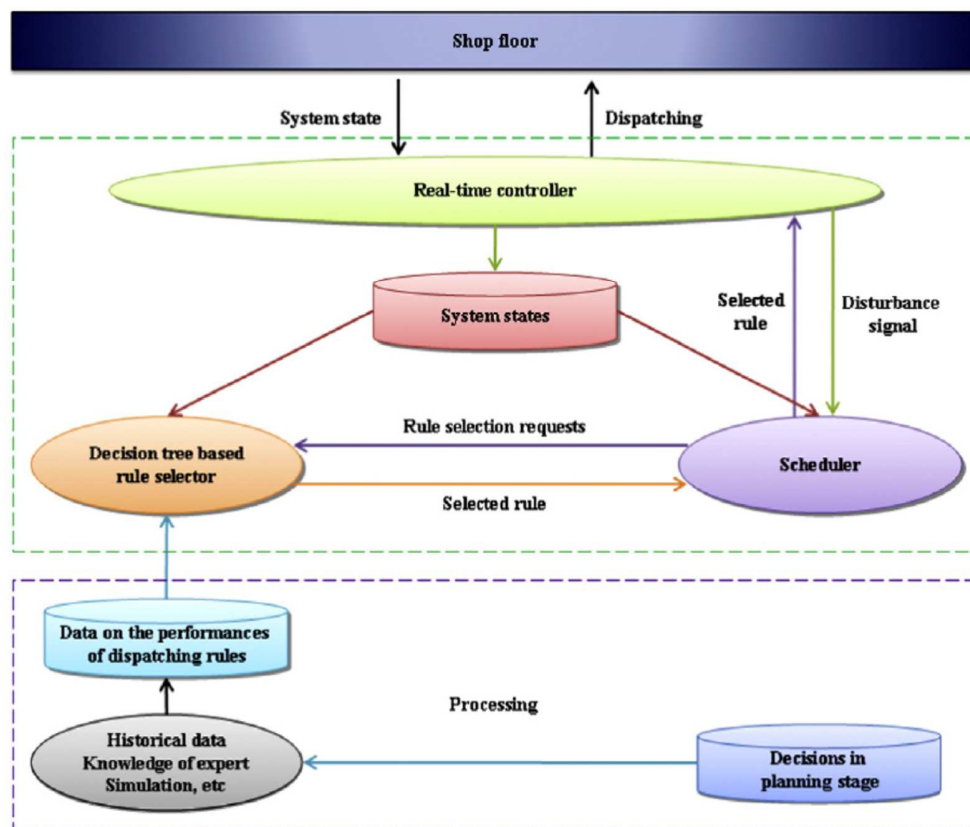
● اطلاعات در مورد اجراهای قوانین توزیع حاوی اطلاعات مورد نیاز برای ساخت یک درخت تصمیم گیری، به عنوان مثال، اجرای سیستم تحت حالات سیستم خاص می شود.

2.2. اجزاء

2.2.1 کنترل کننده زمان واقعی

کنترل کننده زمان واقعی، اطلاعات را با طبقه فروشگاه مبادله می کند، بر حالات سیستم نظارت می نماید، و توزیع کار با توجه به قانون منتشر شده توسط زمانبندی انجام می دهند. همچنین، این کنترل کننده، پایگاه داده حالات

سیستم را با استفاده از نتایج نظارت سیستم به روز رسانی می نماید و یک سیگنال را برای زمانبند می فرستند، اگر وقوع یک اختلال را در سیستم حس کند.



شکل 1. بررسی اجمالی از مکانیزم زمانبندی زمان واقعی مبتنی بر درخت تصمیم گیری.

2.2.2. زمان بند

زمانبندی نقطه زمانی را تعیین می کند که در آن یک قانون توزیع جدید باید انتخاب شود. اگر کنترل کننده زمان واقعی، وقوع اختلالات سیستم و / یا تفاوت معنی داری بین عملکرد واقعی و برآورد شده را حس نماید، یک سیگنال را به زمانبند می فرستد. این باعث یک تصمیم در این مورد می شود که آیا یک قاعده توزیع جدید باید انتخاب شود یا نه. هنگامی که انتخاب یک قاعده توزیع جدید لازم است، زمانبند یک درخواست را به انتخاب کننده قاعده مبتنی بر درخت تصمیم گیری می فرستد.

2.2.3 انتخاب کننده قاعده مبتنی بر درخت تصمیم گیری

هنگامی که سیستم یک قاعده توزیع جدید را درخواست می نماید، انتخاب کننده قاعده مبتنی بر درخت تصمیم گیری، بهترین قاعده توزیع را انتخاب می کند، به عنوان مثال، یک قانون که بهترین اجراها را ارائه می دهد، و برای زمانبند آگاه می شود. در زیربخش بعدی، ما مرور کلی از درخت تصمیم و کاربرد آن را در مکانیسم زمانبندی زمان واقعی پیشنهاد شده در این مقاله توضیح می دهیم.

2.3 ساخت درخت تصمیم

درخت تصمیم گیری شامل سه نوع گره می شود: گره های غیر برگ و برگ. در اینجا، هر گره غیر برگ نشان دهنده یک انتخاب در میان گزینه ها است در حالی که گره برگ نشان دهنده طبقه بندی و یا تصمیم گیری است. قبل از توضیح درخت تصمیم با جزئیات، نمونه ای از مجموعه داده ها در جدول 1، که از Han (2008) اتخاذ شده است، نشان داده شده است. در جدول، دوازده اشیاء، چهار ویژگی مشروط، و یک ویژگی تصمیم وجود دارد. به عنوان مثال، شی 1 نشان می دهد که تصمیم در صورتی ($X = 1$) است که مقادیر ویژگی مشروط به ترتیب A، B، C، D و 1، 2، 1 و 2 باشند.

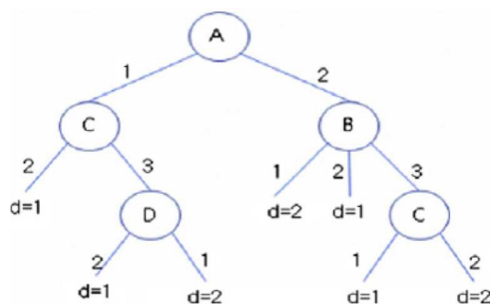
با استفاده از داده های داده شده در جدول 1، ما می توانیم درخت های تصمیم گیری های مختلف را بسازیم. در میان آنها، مثال 2 در شکل نشان داده شده است. در شکل، یک مسیر از گره ریشه برای هر گره مقدم متناظر با تصمیم گیری است.

برای مثال، اگر مقادیر ویژگی های شرطی A، B و C، 3، 2 و 1 باشند، تصمیم حاصل 1 است، یعنی، $X = 1$. در حال حاضر، ما توضیح می دهیم که چگونه درخت تصمیم برای انتخاب یک قاعده توزیع در پایان هر دوره نظارت استفاده می شود. در کاربرد ما، صفات مشروط و تصمیم در مجموعه داده به ترتیب با حالات سیستم و انتخاب از توزیع قانون، متناظر هستند. اگر شبیه سازی برای ساخت درخت تصمیم استفاده شود، یک شی در مجموعه داده ها، یعنی، هر سطر در جدول 1، با انجام یک اجرای شبیه سازی تحت یک مجموعه معین از حالات سیستم و شناسایی

بهترین قاعده توزیع به دست می آید. همانطور که قبلا گفته شد، مجموعه داده ها را می توان از داده های تاریخی و یا دانش کارشناسان به دست آورد.

جدول 1 مجموعه داده ها برای ساخت یک درخت تصمیم: مثال.

Objects	Conditional attributes				Decision attribute
	A	B	C	D	X
1	1	2	2	1	1
2	1	2	3	2	1
3	1	2	2	3	1
4	2	2	2	1	1
5	2	3	2	2	2
6	1	3	2	1	1
7	1	2	3	1	2
8	2	3	1	2	1
9	1	2	2	2	1
10	1	1	3	2	1
11	2	1	2	2	2
12	1	1	2	3	1



شکل 2. درخت تصمیم: مثال.

حالات سیستم در این مطالعه در نظر گرفته به شرح زیر خلاصه شده است. (توجه داشته باشید که متغیرهای

بیشتری را می توان برای کاربردهای دیگر اضافه شده است.)

- تعداد کلی عملیات های باقی مانده برای کارها در صف در هر مرحله.
- زمان پردازش کلی عملیات های باقی مانده برای کارها در صف در هر مرحله.
- تعداد عملیات های باقی مانده برای کارهایی که در هر مرحله پردازش شده است.
- زمان پردازش مجموع عملیات های باقی مانده برای کارهایی که در هر مرحله پردازش شده است.

توجه داشته باشید که درخت تصمیم را در صورتی می توان به روز نمود که تغییرات در مجموعه داده جمع شده وجود داشته باشد. این نشان دهنده انعطاف پذیری مکانیزم زمانبندی زمان واقعی مبتنی بر درخت تصمیم گیری ما است.

الگوریتم های مختلف برای ساخت درخت تصمیم گیری وجود دارد. در میان آنها، ما الگوریتم تکرار شونده Dichotomiser از Quinlan (1986) ، به نام الگوریتم ID3 در نوشته ها، را اتخاذ نمودیم، زیرا ثابت شده است که ساده می باشد، اما برای بیان اطلاعات موجود به طور ضمنی در مجموعه داده ها با مقادیر گسسته موثر است. ایده اصلی الگوریتم ID3 از تئوری اطلاعات و تشخیص الگو ریشه گرفته است. قبل از توضیح الگوریتم، مجموعه ای از اشیاء به عنوان یک ماتریس $A = [a_{ij}]$ تعریف می شود، که در آن a_{ij} نشان دهنده مقدار سفت مشروط j از جسم i است. توجه داشته باشید که در این ماتریس، هر بردار سطری متناظر با یک شی بدون ویژگی تصمیم است. (برای مثال جدول 1 را ببینید.)

الگوریتم ID3 از تابع آنتروپی برای انتخاب ویژگی مشروط از یک درخت تصمیم گیری استفاده می کند که در آن تابع آنتروپی ناخالصی مجموعه دلخواه از اشیاء را اندازه گیری می کند. بیشتر به طور رسمی، تابع آنتروپی ویژگی مشروط j به صورت زیر تعریف می شود

$$entropy_j = \sum_{c=1}^{C_j} -p(w_{cj}) \cdot \log_2 p(w_{cj})$$

که در آن C_j نشان دهنده تعداد مقادیر ویژگی مشروط مختلف، به عنوان مثال، C_A, C_B, C_C and C_D ، 2، 2، 3، و 3 برای مثال در جدول 1 است. همچنین، $p(w_{cj})$ نشان دهنده نسبت مقدار w_{cj} در ویژگی مشروط j است، به عنوان مثال،

$$p(w_{cj}) = |W_{cj}|/m$$

که در آن $W_{cj} = \{i | a_{ij} = w_{cj}, \forall i\}$ نشان دهنده تعدادی از اشیاء برای مثال،

در جدول 1 است، و از این رو مقدار آنتروپی ویژگی مشروط را می

توان به شرح زیر محاسبه می شود:

$$entropy_A = -\frac{8}{12} \cdot \log_2 \frac{8}{12} - \frac{4}{12} \cdot \log_2 \frac{4}{12}$$

الگوریتم ID3، درخت تصمیم را به شرح زیر می سازد. اول، تمام ویژگی های شرطی با استفاده از تابع آنتروپی ارزیابی می شود و با کوچکترین مقدار آنتروپی انتخاب می شود. از گره ریشه، یک درخت تصمیم گیری نسبی با ویژگی مشروط انتخاب ساخته می شود. دوم، یک گره فرزند برای هر مقدار ویژگی مشروط از گره ریشه تولید می شود و آن را به گره ریشه متصل می کند. همانند گره ریشه، ویژگی مشروط گره فرزند در یک با کوچکترین مقدار آنتروپی پس از برداشتن ویژگی مشروط انتخاب شده و اشیاء با مقدار صفت مشروط از گره ریشه تنظیم می شود. این کار تا زمانی انجام می شود که هیچ ویژگی مشروط در نظر گرفته شده باقی نماند. روش مفصل الگوریتم ID3 در زیر آورده شده است.

روش 1 (الگوریتم ID3 برای ساخت یک درخت تصمیم گیری).

مرحله 1. گره ریشه را با استفاده از ویژگی مشروط با کوچکترین مقدار آنتروپی و در نظر گرفتن گره ریشه به عنوان گره فعلی ایجاد نمایید.

گام 2. برای هر مقدار ویژگی مشروط از گره فعلی، گره فرزند که ویژگی مشروط آن با کوچکترین مقدار آنتروپی پس از به روز رسانی مجموعه داده تعیین می شود، ایجاد نمایید و اتصال دهید به عنوان مثال، مقادیر آنتروپی پس از برداشتن ویژگی مشروط گره فعلی و اشیاء با مقدار صفت مشروط از گره فعلی محاسبه می شوند.

مرحله 3. اگر همه صفات مشروط در نظر گرفته شوند، توقف صورت می گیرد. در غیر این صورت، در نظر بگیرید که یکی از گره های فرزند در نظر گرفته نشده، گره فعلی باشد و به مرحله 2 بروید.

2.4 استراتژی زمانبندی

پس از اینکه درخت تصمیم ساخته می شود، یک تصمیم بیشتر باید در نقاط زمانی گرفته شود، که یک قانون توزیع جدید باید انتخاب شود، به عنوان مثال، زمانی که درخت تصمیم نامیده می شود. برای این کار، ما از استراتژی ALL پیشنهاد شده توسط Jeong و kim (1998) استفاده نمودیم، زیرا بهتر از دیگران است. (Jeong و kim (1998) را برای استراتژی های زمانبندی دیگر را مشاهده کنید). در استراتژی ALL، زمانبند در موارد زیر نامیده می شود.

● آغاز افق زمانبندی جدید.

● اختلالات اصلی سیستم (به عنوان مثال، ضعف های دستگاه).

● اختلالات سیستم کمینه (به عنوان مثال، خرابی ابزار).

● بدتر شدن عملکردها، به عنوان مثال، مقدار عملکرد خاص بیش از حد از پیش تعیین شده می شود، در هر دوره نظارت دوره ای.

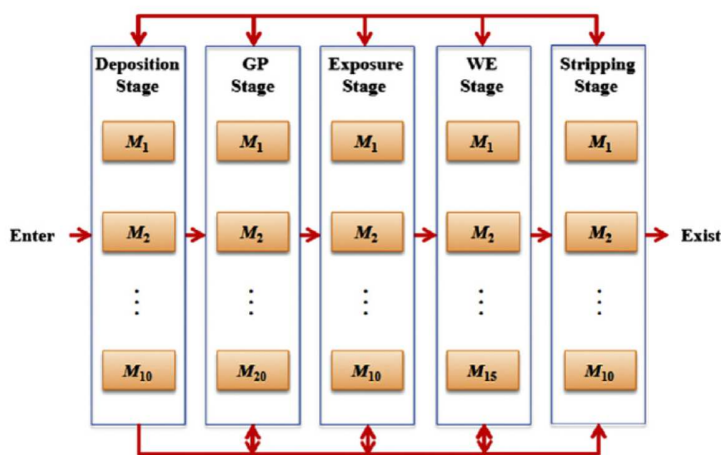
3. کاربرد

در این بخش، یک مطالعه موردی در یک خط TFT-LCD گزارش شده است. اول، سیستم شرح داده شده است. دوم، قواعد توزیع مورد استفاده برای مطالعه مورد توضیح داده شده است. در نهایت، اجرای مکانیزم زمانبندی زمان واقعی مبتنی بر درخت تصمیم گیری گزارش شده است.

3.1. توصیف سیستم

TFT-LCD ها، محصولات نمایش با تکنولوژی عالی تولید شده از طریق فرآیندهای پیچیده هستند. یک شیشه از مواد نیمه هادی با یک فیلم نازک از یک ماده شیمیایی به نام فتورزیست، پوشش داده شده می شود. سپس فتورزیست در برابر ویفر با پوشش یا شیشه در فر برای حذف حلال پخته می شود. هنگامی که فرآیند پخت به اتمام برسد، پله ساز لایه ها را با با صفحه ماسک و شیشه ای که در برابر نور ماوراء بنفش قرار گرفته است همتراز می کند. سپس، شیشه در رشد دهنده توسعه می یابد. در مرحله نهایی، فرآیندهای اچ خشک و مرطوب، برای حذف لایه های نازک انجام می شود. این فرآیند اچ خشک از گونه های واکنشی، مانند اتم یا رادیکال از پلاسما گاز، برای اچ کردن

بخشی از ماده شی استفاده می کند. هنگامی که این گونه ها با مواد واقع در صفحه واکنش نشان می دهند، منطقه باز از ماده به حالت فرار تبدیل می شود و از قالب برداشته می شود. در این فرایند، سرعت واکنش سریع است، و الگوهای خوب را می توان به طور یکنواخت تشکیل داد.



شکل 3. فرآیندهای تولید TFT-LCD.

جدول 2 مسیره‌های محصولات و زمان پردازش مطالعه موردی.

Product type	DS	GP	EP	WE	SP	GP	EP	WE	SP	GP	EP	WE	SP	GP	EP	WE	SP	GP	EP	WE	SP	GP	EP	WE	SP	GP	EP	WE	SP	Sum	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Product-01	36 ^a	54	48	27	126	72	216	0	0	90	78	36	249	72	60	18	180	60	30	18	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1614
Product-02	36	54	30	18	144	72	228	0	0	90	36	42	234	72	78	30	168	60	48	18	150	0	0	0	0	0	0	0	0	1608	
Product-03	54	48	36	30	252	72	60	42	78	0	0	42	300	54	72	18	144	48	36	18	180	0	0	0	0	0	0	0	0	1584	
Product-04	42	48	36	18	120	60	192	0	0	48	42	24	0	0	0	24	180	48	72	18	144	42	54	18	144	0	0	0	0	1374	
Product-05	36	54	30	18	108	60	204	0	0	60	42	24	0	0	0	24	180	72	60	18	90	60	42	30	144	0	0	0	0	1356	
Product-06	36	54	30	24	132	60	192	0	0	60	72	24	0	0	0	30	204	60	72	18	144	60	30	30	120	0	0	0	0	1452	
Product-07	72	72	42	108	324	0	288	0	0	90	72	168	360	90	660	0	0	72	48	48	300	0	0	0	0	0	0	0	0	2814	
Product-08	90	72	60	120	288	72	300	0	0	108	108	180	300	120	240	0	0	120	36	36	240	0	0	0	0	0	0	0	0	2490	
Product-09	72	72	60	126	324	66	348	0	0	72	90	126	348	84	408	48	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2484	
Product-10	36	72	36	30	126	84	216	0	0	90	72	30	0	0	0	48	252	108	108	30	162	72	24	48	162	0	0	0	0	1806	
Product-11	72	72	54	30	108	30	348	30	0	0	0	30	288	0	0	30	336	0	0	12	144	0	0	48	300	0	0	0	0	1932	

فرآیند ساخت TFT-LCD، یک تنگنای نوعی در میان تمام فرآیندها است که شبیه به فرایند ساخت ویفر نیمه هادی می باشد که پیچیدگی آن از تعداد زیاد عملیات ها و همچنین جریان دارای چند ورودی است. روند ساخت TFT-LCD در نظر گرفته شده در این مطالعه می تواند به صورت شکل 3 توصیف شود. همانطور که می توان در شکل دید، پنج مرحله سریال، به نام رسوب (DS) با 10 دستگاه، عکس دروازه (GP) با 20 دستگاه، مواجهه (EP) با 10 دستگاه، اچ کردن مرطوب (WE) با 15 دستگاه، و نواربندی (SP) با 10 دستگاه، در خط وجود دارد.

در خط تولید TFT-LCD، 11 نوع محصول تولید می شوند. مسیرها و زمان های پردازش در جدول 2 خلاصه شده اند. با توجه به گفته مدیران عملیات خط، موعد تحویل کارها از $DU(2.0 \cdot T_i, 4.0 \cdot T_i)$ به دست می آید که در آن $DU(l, u)$ نشان دهنده توزیع یکنواخت گسسته با گستره $[l, u]$ و مجموع زمان های بهره برداری از کار l بودند. پیش دستی در خرید به علت مسئله های فنی، مجاز نبود. فرض بر این است که زمان حمل و نقل نادیده گرفته می شود زیرا سیستم انتقال مواد، یک تنگنا در خط نیست، و دفعات راه اندازی در زمان پردازش گنجانده می شوند. در نهایت، داده های مسئله دیگر در زیر خلاصه شده است. توجه داشته باشید که برخی از داده ها به دلیل مسئله محرمانگی و مشکلات برای به دست آوردن اطلاعات دقیق مصنوعی هستند.

- کارها با زمان بین رسیدن تولید شده از EXP (10) می رسند که در آن $EXP(\lambda)$ توزیع نمایی با میانگین λ است.

- ضعف های عمده دستگاه با زمان وقوع خرابی میانی (15000) EXP رخ می دهد، و دفعات تعمیر از (500) EXP به دست می آیند.

- ضعف های کوچک با فاصله تولید شده از (6000) EXP برای هر دستگاه رخ می دهند، و زمان تعمیر (150) EXP است.

- اندازه بافر، به عنوان مثال، حداکثر تعداد کار منتظر موجود در هر مرحله، در 200 تنظیم شد.

با توجه به تعداد زیادی از عملیات ها و جریان های دارای چند ورودی، خط تولید TFT-LCD دارای توان عملیاتی پایین سیستم، زمان جریان طولانی، و موعدهای تحویل بد مرتبط با معیارهای عملکرد بد است. بنابراین، انگیزه ما این است که زمان واقعی مکانیزم زمانبندی جدید و عملی را که می تواند به بهبود عملکرد سیستم کمک نماید، نشان دهیم. چند معیار عملکرد در این مطالعه در نظر گرفته شده است. آنها عبارتند از: (الف) به حداکثر رساندن توان سیستم. (ب) به حداقل رساندن متوسط زمان جریان. (ج) به حداقل رساندن میانگین تاخیر. و (د) به حداقل رساندن تعداد کارهای کند.

3.2 قوانین توزیع

قوانین توزیع برای انتخاب یک کار در میان کارها در صف انتظار در هر مرحله استفاده می شوند زمانی که یک دستگاه در دسترس باشد. (برای بررسی در قوانین مختلف توزیع، نگاه کنید به Iskander و Panwalkar (1977) و Phillips, Blackstone و Hogg (1982).) قوانین توزیع تست شده در مطالعه مورد زیر خلاصه شده اند. توجه داشته باشید که قوانین دیگر را می توان از مکانیسم زمان واقعی انعطاف پذیر در این رابطه اضافه نمود.

FCFS (اولین ورودی، اولین خدمت رسانی): یک عملیات را که به اول صف رسیده است انتخاب کنید.

SPT (کوتاه ترین زمان پردازش): یک عملیات را با کوتاه ترین زمان پردازش عملیات، یعنی، $\min p_j$ ، که p_j نشان دهنده زمان پردازش عملیات j است، انتخاب کنید.

LPT (طولانی ترین زمان پردازش): یک عملیات با طولانی ترین زمان پردازش عملیات، یعنی، $\max p_j$ را انتخاب نمایید/

LOR (حداقل عملیات باقی مانده): یک عملیات با حداقل تعداد عملیات باقی مانده، یعنی، $\min o_j$ را که در آن o_j نشان دهنده عملیات باقی مانده از عملیات j (تعداد عملیات جانشین از جمله خود) انتخاب نمایید.

MOR (حداکثر عملیات باقی مانده): یک عملیات با بیشترین تعداد عملیات باقی مانده، یعنی، $\max o_j$ را انتخاب نمایید

LWR (حداقل کار باقی مانده): این عملیات با حداقل کار باقی مانده، به عنوان مثال، $\min r_j$ ، که در آن r_j نشان دهنده کار باقی مانده از عملیات j (مجموع پردازش بار عملیات جانشین از جمله خود) را انتخاب کنید.

MWR (عمده ترین کار باقی مانده): عملیات با باقی مانده ترین کار، به عنوان مثال، $\max r_j$ را انتخاب نمایید.

PWR (زمان پردازش برای کار باقی مانده): عملیات با کوچکترین نسبت زمان پردازش به کار باقی مانده، به عنوان مثال، $\min p_j/r_j$ را انتخاب کنید.

POR (زمان پردازش برای عمل باقی مانده): یک عملیات با کوچکترین نسبت زمان پردازش برای عملیات باقی مانده، به عنوان مثال، $\min p_j/o_j$ را انتخاب نمایید.

EDD (اولین موعد تحویل): یک عملیات با اولین موعد تحویل، به عنوان مثال، $\min d_j$ را انتخاب کنید که در آن d_j نشان دهنده موعد تحویل کاری است که در آن عملیات ز گنجانده شده است.

SLACK (حداقل کمبود): عملیات با حداقل زمان کمبود، یعنی، $\min \{d_j - r_j - t\}$ ، که در آن t زمان کنونی است را انتخاب نمایید.

MDD (موعد تحویل تغییر یافته): یک عملیات با حداقل موعد تحویل تغییر یافته را که در آن t موعد تحویل تغییر یافته عمل j به صورت $\max\{d_j, t + r_j\}$ تعریف می شود را انتخاب نمایید.

S/RO (کمبود در هر عملیات باقی مانده): عملیات با کوچکترین نسبت زمان کمبود تا عملیات باقی مانده را انتخاب کنید، یعنی $(d_j - r_j - t)/o_j$

S/RW (کمبود در کار باقی مانده): یک عملیات با کوچکترین نسبت زمان کمبود به کار باقی مانده را انتخاب نمایید، یعنی، $(d_j - r_j - t)/r_j$

3.3. طراحی و نتایج تجربی

هدف اصلی از این آزمون، مقایسه مکانیزم زمانبندی زمان واقعی مبتنی بر درخت تصمیم گیری (که بار محاسباتی اجرای شبیه سازی را برای انتخاب قوانین توزیع حذف می نماید) با یک مکانیزم مبتنی بر شبیه سازی موجود (که قواعد توزیع را با استفاده از نتایج شبیه سازی زمان مصرف انتخاب می نماید) می باشد.

همانطور که قبلاً گفته شد، معیارهای عملکرد در نظر گرفته شده در این مطالعه، توان عملیاتی سیستم، متوسط زمان جریان، متوسط تاخیر و تعداد کارهای کند هستند. در این مطالعه، داده ها برای ساخت درخت تصمیم از اجراهای شبیه سازی حالت پایدار به دست آمد چرا که سیستم هیچ اطلاعات اولیه ای نداشت. (برای اطلاعات بیشتر در مورد شبیه سازی حالت پایدار نگاه کنید به Law و Kelton (1991).) دو مکانیزم زمانبندی زمان واقعی،

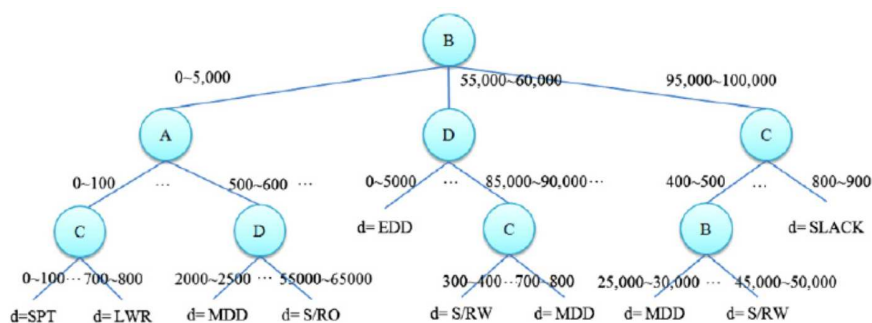
همراه با مدل های شبیه سازی، در ++C کدنویسی شد و آزمون در یک ایستگاه کاری با پردازنده عامل پردازنده های Xeon اینتل در 3.2 گیگاهرتز سرعت ساعت انجام شد.

مقایسه ها در دو مورد انجام شد. مورد اول فرض می کند که طبقه فروشگاه در طول زمان اجرای شبیه سازی برای تصمیم گیری یک قاعده توزیع جدید عمل نمی کند و از این رو زیان های در اجرای سیستم در نظر گرفته نمی شوند. در این مورد، مکانیزم مبتنی بر شبیه سازی نتایج بهتری از مکانیزم مبتنی بر درخت تصمیم گیری ارائه می دهد چرا مکانیزم مبتنی بر درخت تصمیم گیری، تقریبی از یک مکانیزم مبتنی بر شبیه سازی است. با این حال، مکانیزم مبتنی بر درخت تصمیم گیری یک شایستگی ذاتی دارد که در آن مدل شبیه سازی مورد نیاز نمی باشد. از سوی دیگر، در مورد دوم، طبقه فروشگاه با قاعده توزیع فعلی در طول زمان اجرای شبیه سازی عمل می کند و از این رو زیان ها در اجرای سیستم به صراحت در نظر گرفته می شوند.

در این آزمون، ما مقایسه هایی را با توجه به سه سطح از حد عملکرد در استراتژی زمانبندی (1٪، 5٪ و 10٪) انجام دادیم. به یاد داشته باشید که یکی از استراتژی های زمانبندی این است که یک قانون جدید در صورتی انتخاب می شود که یک مقدار عملکرد خاص بیش از حد عملکرد از پیش تعیین شده در پایان هر دوره نظارت شود. برای هر سطح از حد عملکرد، ما پنج تکرار را برای هر یک از هشت ترکیب برای دو سطح برای زمان شبیه سازی برای تصمیم گیری یک قاعده جدید توزیع در مکانیزم مبتنی بر شبیه سازی (500 و 1000) و سه سطح برای طول انجام دوره نظارت (2500، 5000 و 10000) انجام دادیم. اندازه گیری عملکرد استفاده شده، نسبت عملکرد نسبی است که به صورت $100 \times (C_a - C_{best}) / C_{best}$ می باشد.

برای اهداف به حداقل رساندن تعریف شده (متوسط زمان جریان، متوسط تاخیر و تعداد کارهای کند)، و

$$100 \times (C_{best} - C_a) / C_{best}$$



شکل 4. بخشی از درخت تصمیم گیری مورد استفاده در مطالعه موردی.

جدول 3 نتایج برای آزمون مقایسه.

	Simulation times	Monitoring period	Simulation-based mechanism				Decision tree based mechanism			
			Throughput	Mean flow time	Mean tardiness	Number of tardy jobs	Throughput	Mean flow time	Mean tardiness	Number of tardy jobs
<i>(a) Results for performance limit 1%</i>										
Case 1 ^a	500	2500	0.00 ^f	0.00	0.00	0.00	2.22	2.39	2.51	2.02
		5000	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61	4.28	5.88	2.91
	1000	5000	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	3.62	4.81	2.26
		10,000	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	2.01	3.39	2.22
Case 2 ^b	500	2500	0.19	0.14	0.11	0.05	0.29	0.32	0.28	0.43
		5000	0.19	0.08	0.21	0.21	0.33	0.36	0.22	0.36
	1000	5000	0.23	0.33	0.26	0.21	0.26	0.25	0.39	0.34
		10,000	0.21	0.22	0.31	0.19	0.29	0.30	0.34	0.42
<i>(b) Results for performance limit 5%</i>										
Case 1	500	2500	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89	2.62	2.54	2.51
		5000	0.00	0.00	0.00	0.00	4.21	3.88	4.51	3.83
	1000	5000	0.00	0.00	0.00	0.00	3.78	4.27	4.69	4.28
		10,000	0.00	0.00	0.00	0.00	3.52	2.51	5.32	3.93
Case 2	500	2500	0.23	0.26	0.18	0.24	0.26	0.32	0.26	0.35
		5000	0.16	0.19	0.25	0.30	0.23	0.36	0.22	0.28
	1000	5000	0.23	0.26	0.23	0.23	0.19	0.29	0.39	0.25
		10,000	0.26	0.33	0.32	0.24	0.31	0.24	0.24	0.27
<i>(c) Results for performance limit 10%</i>										
Case 1	500	2500	0.00 ^f	0.00	0.00	0.00	1.41	2.91	2.09	2.22
		5000	0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	2.21	2.12	2.41
	1000	5000	0.00	0.00	0.00	0.00	2.12	3.62	3.32	2.89
		10,000	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	2.77	3.14	2.49
Case 2	500	2500	0.11	0.23	0.18	0.23	0.12	0.34	0.31	0.31
		5000	0.22	0.21	0.27	0.19	0.19	0.28	0.36	0.22
	1000	5000	0.32	0.32	0.36	0.26	0.29	0.25	0.29	0.34
		10,000	0.29	0.21	0.31	0.21	0.21	0.34	0.36	0.25

برای هدف حداکثر نمودن (توان عملیاتی سیستم)، که در آن Ca مقدار راه حل به دست آمده از مکانیزم زمانبندی زمان واقعی است و C_{best} یکی از دو مقادیر راه حل بهتر است.

هنگام ساخت درخت تصمیم گیری با استفاده از نتایج شبیه سازی اولیه، ویژگی های شرطی به جای مقدار، به شکل بازه تعریف شدند. در نتیجه درخت تصمیم گیری می تواند به صورت 4 شکل نشان داده شود. که در آن ویژگی های شرطی A، B، C و D نشان دهنده تعداد کل عملیات باقی مانده برای کار در صف در هر مرحله، کل زمان پردازش

باقی مانده عملیات برای کارها در صف در هر مرحله، تعداد کل عملیات باقی مانده برای کارهایی که در هر مرحله پردازش می شود، و مجموع مدت زمان پردازش عملیات باقی مانده برای کارهایی است که در هر مرحله پردازش می شوند.

نتایج آزمون در دو مکانیسم زمانبندی زمان واقعی در جدول 3 خلاصه شده اند. همانطور که می توان در جدول دشد، نتیجه اصلی این است که تفاوت ها در عملکرد، به میزان قابل توجهی بزرگ نیستند. (به یاد داشته باشید که مکانیزم مبتنی بر درخت تصمیم گیری به چند اجرای شبیه سازی نیاز ندارد) به طور خاص، برای مورد دوم که در آن فروشگاه با قاعده توزیع فعلی (قبل از تغییر) در طول زمان شبیه سازی عمل می کند، تفاوت معنی داری برای همه معیارهای عملکرد وجود ندارد، که بدان معنی است که ضرر و زیان در عملکردهای سیستم ناشی از به قوانین توزیع ضعیف در طول زمان اجرای شبیه سازی قابل توجه است. همچنین، ما متوجه شدیم که مکانیزم مبتنی بر درخت تصمیم گیری ممکن است عملکرد بهتری را برای برخی از معیارها و مقادیر پارامتر ارائه دهد. مشاهده شد که شکاف ها بین دو مکانیسم، زمانی که حد عملکرد افزایش می یابد (از 1٪ تا 10٪) کوچکتر می شود، به دلیل اینکه قاعده بد توزیع فعلی تحت محدودیت های عملکرد بزرگتر، طولانی تر استفاده می شود. بنابراین، ما می توانیم ببینیم که مکانیسم بخش قاعده، نقش مهمی برای پاسخ فوری به تغییرات در حالات سیستم ایفا می کند. به طور خلاصه، ما می توانیم استدلال کنیم که مکانیزم مبتنی بر درخت تصمیم گیری برای مشکلات زمانبندی عملی به ویژه در سیستم های زمانبندی بدون آماده سازی شبیه سازها، ارزشمند است.

4 نتیجه گیری ها

ما مسئله زمانبندی در فروشگاه های دارای چند ورودی با جریان ترکیبی را که دارای تعدادی از کاربردها در تولید و سیستم های خدمات مختلف هستند در نظر گرفتیم. بر خلاف رویکردهای نظری موجود، ما یک مکانیسم زمانبندی زمان واقعی را پیشنهاد دادیم که در آن یک درخت تصمیم گیری برای انتخاب یک قاعده توزیع مناسب استفاده می شود به طوری که بار محاسباتی مورد نیاز برای انجام شبیه سازی می تواند حذف شود. مکانیسم زمانبندی زمان واقعی مبتنی بر درخت تصمیم برای یک خط تولید TFT-LCD، یعنی، یک فروشگاه دارای چند ورودی معمولی با

جریان ترکیبی استفاده شد، و نتایج آزمون نشان داد که این مکانیزم با توجه به اندازه گیری عملکرد های مختلف از جمله توان عملیاتی سیستم، زمان میانگین جریان، و تعداد کارهای کند، رقیب مکانیزم مبتنی بر شبیه سازی است/ به عنوان یک اصلاح برای مکانیزم زمان واقعی زمانبندی مبتنی بر شبیه سازی موجود، این تحقیق را می توان در جهات مختلف گسترش داد. اول، الگوریتم های دیگر برای ساخت درخت تصمیم گیری می توانند مورد استفاده قرار گیرند. به عبارت دیگر، ساخت درخت های تصمیم گیری پیچیده تر مورد نیاز است. دوم، مطالعات موردی بیشتر که ویژگی های خاص سیستم را می گنجانند، باید انجام شوند.