بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی برق و رباتیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات سیستم

حل مسئله مسیریابی و تخصیص طول موج گروهی در شبکه های تمام نوری با استفاده از الگوریتم ژنتیک

نگارنده: سهیلاسادات حسینی

استاد راهنما:

دکتر امیدرضا معروضی

شهریور ۱۳۹۷

تشکـــر و قدردانی

سپاس بیکران خداوند متعال را که به من فرصت اندیشیدن داد.

بر خود لازم می‌دانم از استاد گرانقدرم ، جناب آقای **دکترامیدرضا معروضـــی** که با راهنمایی‌های خود انجام پروژه را امکان‌پذیر ساختند نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم.

تعهد نامه

اینجانب **سهیلاسادات حسینی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی برق مخابرات سیستم** دانشکده **مهندسی برق و رباتیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **حل مسئله مسیریابی و تخصیص طول موج گروهی در شبکه های تمام نوری با استفاده از الگوریتم ژنتیک** تحت راهنمائی **آقای دکتر امیدرضا معروضی** متعهد می شوم:

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

تاریخ ۱۳۹۷/۰۶/۰۱

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد

چکیده

امروزه شبکه های نوری به طور گسترده در انتقال سیگنال های تلفنی، اینترنتی، تلویزیونی مورد استفاده قرار می گیرد. این گستردگی شبکه های نوری موجب شده است تا حجم زیادی از اطلاعات در این شبکه ها در جریان باشد که عدم مدیریت صحیح آن ها موجب ایجاد اختلال در انتقال بسته ها می گردد. بدین منظور، مسیریابی و تخصیص طول موج در شبکه های نوری به یکی از چالش های مهم در چند سال اخیر تبدیل شده است. مسیریابی بهینه در شبکه های نوری موجب بهبود بازدهی، برون دهی و عدم ایجاد گلوگاه می شود. در این تحقیق، یک الگوریتم نوین مسیریابی و تخصیص طول موج مبتنی بر الگوریتم ژنتیک چند هدفه پیشنهاد شده است. سه تابع هدف تاخیر، طول موج و نرخ از دست رفتن بسته ها برای ارزیابی کروموزوم ها در نظر گرفته شده است. این توابع هدف کیفیت سرویس دهی، تاخیر و طول موج مناسب و انتخاب مسیری با کمترین طول موج برای ارسال را مورد بررسی قرار می دهند. مرتب سازی پاسخ ها به کمک روش pareto انجام شده است که لیستی از پاسخ های بهینه را گزارش می کند.

پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی در نرم افزار متلب انجام شده و سناریو های مختلف به منظور ارزیابی دقت الگوریتم مسیریابی پیشنهادی در نظر گرفته شده است. نتایج آزمایشگاهی ثابت کرده است که ارزیابی چند هدفه پاسخ ها موجب می شود تا پاسخ های یافت شده به پاسخ های بهینه نزدیک تر باشد.

واژه های کلیدی : شبکه تمام نوری , مسیریابی , تخصیص طول موج , الگوریتم ژنتیک

فهرست مطالب

عناوین **صفحه**

فصل اول کلیات تحقیق ۱

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲-معرفی شبکه های نوری ۳

۱-۳-ساختار شبکه تمام نوری ۵

۱-۳-۱- عناصر تشکیل دهنده شبکه نوری ۵

۱-۳-۲-لایه های تشکیل دهنده سیستم ۷

۱-۴-ویژگی های شبکه های تمام نوری ۸

۱-۴-۱- مزیت فیبر نوری در شبکه های تمام نوری ۸

۱-۴-۲- محدودیت ها و نقاط ضعف فیبر های نوری در شبکه تمام نوری ۹

۱-۵- قالب پیام ۹

۱-۶-شبکه های مبتنی بر مسیریابی و تخصیص طول موج ۱۰

۱-۷-طراحی شبکه WDM ۱۲

۱-۸-چالش مسیریابی و تخصیص طول موج ۱۷

۱-۹-ضرورت مسئله و چالش‌های پروتکل مسیریابی ۲۰

۱-۱۰- جمع بندی ۲۰

فصل دوم مبانی نظری و پیشینه تحقیقات ۲۱

۲-۱- مقدمه ۲۲

۲-۲- پیشینه مطالعات ۲۲

۲-۲-۱- تخصیص طول موج و مسیرهای جایگزین ۲۴

۲-۲-۲- حلقه های چند فیبری ۲۶

۲-۲-۳- مسیریابی و تخصیص طول موج آنلاین ۲۷

۲-۳- ضرورت الگوریتم پیشنهادی ۲۷

۲-۳-۱- مفروضات در نظر گرفته شده درشبیه‌سازی ۲۸

۲-۴- جمع بندی ۲۹

فصل سوم توصیف روش پیشنهادی ۳۱

۳-۱- مقدمه ۳۲

۳-۲- مدل گراف ۳۳

۳-۳- روش پیشنهادی ۳۴
۳-۴- نتیجه گیری ۴۱
فصل چهارم شبیه سازی و ارزیابی روش پیشنهادی ۴۳
۴-۱- مقدمه ۴۴
۴-۲- سناریو های مطالعه شده ۴۴
۴-۳- نتایج آزمایشگاهی ۵۲
فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهاد راهکار آینده ۵۹
۵-۲- کارهای آتی ۶۲
مراجع ۶۳

فهرست اشکال

عناوین **صفحه**

شکل ۱-۱: تعداد مقاله های کار شده در سال های اخیر در ۱۰۰ مقاله ی اول ISI ۳

شکل ۱-۲: ساختار یک سیستم مخابرات نوری ۵

شکل ۱-۳: لایه های تشکیل دهنده سیستم ۸

شکل ۱-۴: نمونه قالب پیام در شبکه‌های تمام نوری ۱۰

شکل ۱-۵: به ترتیب از چپ به راست شبکه بدون مبدل طول موج و شبکه با مبدل طول موج ۱۲

شکل ۱-۶: (a)شبکه با سه گره (b)گره هایA-B ، B-C توسط لینک های WDM متصل شده اند .همه ی طول موج ها اضافه و رها شدن به گره B (C)نیمی از طول موج ها از طریق نور در گره B می گذرد، تعداد پورت های مسیریاب در گره B کاهش یافته ۱۴

شکل ۱-۷: (a) توپولوژی مسیر نوری شبکه با سه گره مربوط به شکل۱-۶ (a) که توسط مسیریاب ها دیده می شود. مسیریاب های A-B و B-C توسط ۱۰ لینک موازی ،متصل می شوند. (b) توپولوژی نورپردازی شبکه با سه گره مربوط به شکل۱-۶ (b) که توسط مسیریاب ها دیده می شود. تمام جفت مسیریاب ها A-B، B-C و C-A توسط ۵ لینک موازی متصل می شوند... ۱۶

شکل ۱-۸: مدل های مختلف شبکه مربوط به لبه های جهتدار / غیر جهتدار و مسیرهای نوری جهتدار / غیر جهتدار (a) لبه های غیر جهتدار ، مسیرهای نوری غیر جهتدار (b) لبه های جهتدار ، مسیرهای نورانی جهتدار (c) و (d) نشان می دهد دو مورد مختلف از لبه های غیر جهتدار و مسیرهای نوری جهتدار ۱۹

شکل ۳-۱: یک نمونه از گراف مدل سازی شده ۳۴

شکل ۳-۲ : ساختار کروموزوم در روش پیشنهادی ۳۵

شکل ۳-۳ : نحوه انجام عملیات کراس اور تک نقطه ای ۳۷

شکل ۳-۴: نحوه اجرای عملیات جهش ۳۹

شکل ۳-۵ : فلوچارت روش پیشنهادی ۳۹

شکل ۴-۱: سناریو اول در حال مطالعه شامل پنج گره ۴۴

شکل ۴-۲ : ساختار ماتریس نرخ از دست رفتن بسته ۴۶

شکل ۴-۳ : سناریو دوم در حال مطالعه شامل شش گره ۴۸

شکل ۴-۴ : سناریو سوم در حال مطالعه شامل شش گره ۵۰

شکل ۴-۵ : نمودار تغییر تابع هدف تاخیر بر اساس تعداد نسل ۵۴

شکل ۴- ۶: نمودار تغییر تابع طول موج بر اساس تعداد نسل ۵۵

شکل ۴- ۷ : نمودار تغییر تابع نرخ از دست رفتن بسته ها بر اساس تعداد نسل ۵۵

شکل ۴- ۸ : نمودار تغییر زمان پردازشی بر اساس تعداد نسل ۵۶

شکل ۴- ۹ : نمودار تغییر زمان پردازشی بر اساس تعداد کروموزوم ها (سایز جمعیت) ۵۷

شکل ۴- ۱۰ : نمودار تغییر تابع نرخ از دست رفتن بسته بر اساس تعداد کروموزوم ها (سایز جمعیت) ۵۸
شکل ۴- ۱۱ : نمودار تغییر تابع نرخ از دست رفتن بسته بر اساس تعداد نسل ۵۸

فهرست جداول

عناوین **صفحه**

جدول ۱-۱: ترکیبات مختلفی از انواع مسیرهای نوری و لبه های شبکه ۱۸

جدول ۲-۱: فاکتور استفاده مجدد برای ٪۱ بلاک برای الگوریتم های مختلف RWA برای شبکه با ۲۰ گره در نظر گرفته شده در [۱۸]. ۲۵

جدول ۳-۱ : تعریف پارامترهای الگوریتم ژنتیک ۴۰

جدول ۴-۱ : نتایج مرتب سازی الگوریتم pareto در سناریو اول ۴۷

جدول ۴-۲ : نتایج مرتب سازی الگوریتم pareto در سناریو دوم ۴۹

جدول ۴-۳ : نتایج مرتب سازی الگوریتم pareto در سناریو سوم ۵۲

جدول ۴-۴: مقادیر پارامترهای تاثیرگذار در شبیه سازی ۵۳

جدول ۴-۵ : پاسخ های بهینه و مقادیر ارزیابی در شبیه سازی ۵۴

جدول ۵-۱: مقایسه میان روش پیشنهادی با روش ارائه شده در مقاله [۲۷] ۶۱

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱-مقدمه

نسل جدید شبکه های نوری که شاهراه اطلاعاتی اطلاع رسانی جهانی آینده را تشکیل میدهند، شبکه های تمام نوری ، نامیده می شوند.

پیشرفت های صورت گرفته در زمینه اینترنت، خدمات متنوعی که ارائه می دهد و نیز افزایش روزافزون تعداد کاربران اینترنتی، سبب شده است تا پهنای باند موردنیاز روز به روز افزایش یابد. پهنای باند عظیم قابل دسترس در فیبر نوری (THZ ۵۰) وامکان سوئیچ جریان دیتا در دامنه ی نوری، بدون نیاز به تبدیلات اپتیکی-الکتریکی-اپتیکی، منجر به مهیا شدن شبکه های سریع برای پاسخگویی به ترافیک عظیم اینترنتی و مخابراتی شده و سبب شده تا شبکه های تمام نوری اساس شبکه های مخابراتی نسل جدید گردند. و از طرفی به علت وجود پراش در فیبر نوری و اثرات غیرخطی فیبر که سبب پهن شدن پالس نوری می شود نمی توان نرخ انتقال اطلاعات را در روی یک طول موج افزایش داد. حداکثر نرخ قابل انتقال روی یک طول موج ۱۰Gbitps[1] می باشد در تکنولوژی WDM[2] (تسهیم طول موج) پهنای باند فیبر به پهنای باند کوچک تری به نام شکاف طول موج تقسیم می شود. به این ترتیب هر فیبر بجای حمل یک طول موج حامل چندین طول موج می باشد (۲۰۰-۱۶۰ طول موج در یک فیبر) [۱].

شبکه های نوری به سه گروه زیر تقسیم می شوند: شبکه های مبتنی بر RWA[3] (مسیریابی و تخصیص طول موج) یا سوئیچ مداری، سوئیچ بسته ای، سوئیچ رشته ای که ما به شبکه های نوری از نوع اول خواهیم پرداخت. یکی از مسائل مهم در شبکه های تمام نوری WDM چگونگی مسیریابی و تخصیص طول موج است. شبکه WDM این روزها به دلیل استفاده از چندین طول موج وعدم نیاز به پهنای باند بالا اهمیت زیادی پیدا کرده است.

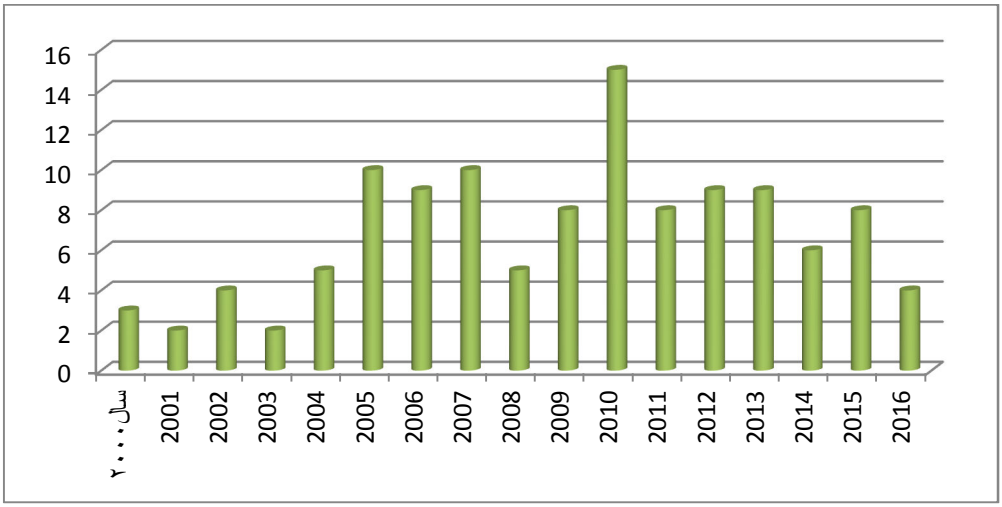
---

[1] Giga Bite per Second

[2] Wavelength Division Multiplexing

[3] Routing And Wavelength Assignment

در نمودار زیر آماری از تعداد مقاله ها ی ISI سالیانه درباره موضوع مسیریابی و تخصیص طول موج در شبکه های تمام نوری از ۱۰۰ مقاله ی اول ISI که در سایت civilica درباره موضوع مسیریابی و تخصیص طول موج در شبکه های تمام نوری جستجو شده را در زیر می بینیم.



شکل ۱-۱: تعداد مقاله های کار شده در سال های اخیر در ۱۰۰ مقاله ی اول ISI

۱-۲-معرفی شبکه های نوری

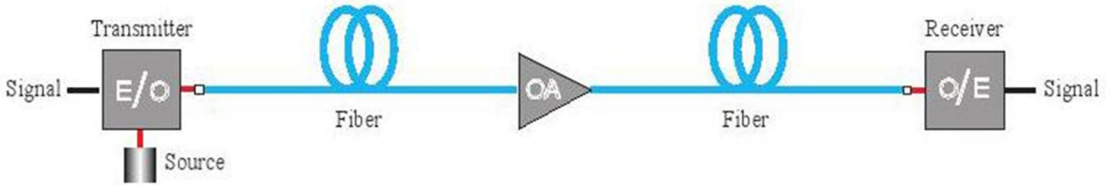
در طی زمان ما شاهد تغییرات چشمگیر درصنعت ارتباطات راه دور هستیم که پیامد های گسترده ای برای شیوه زندگی ما دارند. دلایل زیادی برای این تغییرات می توان نام برد اول و مهمتر از همه افزایش نیاز به ظرفیت شبکه است. این تقاضا به علت کاهش، نیاز فزاینده برای بسیاری از عوامل موثر است، رشد عظیم اینترنت و شبکه جهانی وب، از لحاظ تعداد کاربران و همچنین میزان زمان و در نتیجه پهنای باند توسط هر کاربر، یکی از عوامل مهم است. یک نمونه ساده از این مورد به شرح زیر است: یک تماس تلفنی به طور متوسط حدود ۳ دقیقه طول می کشد در مقابل، کاربران با اتصال به اینترنت از طریق خطوط راه دور معمولا به طور متوسط به مدت ۲۰ دقیقه روی خط باقی می مانند. بنابراین یک تماس اینترنتی به عنوان یک تماس صوتی در حدود ۶ برابر ترافیک به یک شبکه اینترنتی وارد می نماید. ترافیک اینترنت هر چهار تا شش ماه دو برابر می شود و این روند برای مدتی ادامه داشت. در عین حال، ما در حال گسترش فناوری های دسترسی به پهنای باند مانند خط

تلفن های دیجیتال(DSL) و مودم های کابلی هستیم که پهنای باند برای هر کاربر را به ترتیب ۱ مگابایت بر ثانیه در مقایسه با خطوط ۲۸-۵۶ کیلوبیت بر ثانیه در دسترس می گذارد. تأثیر چنین استقراری بسیار قابل توجه است. افزایش ۱۰ درصدی نفوذ DSL در میان ۱۰۰ میلیون خانوار ، ۱ تریلیون ثانیه ترافیک را به شبکه وارد می کند، فرض بر این است که ۱۰ درصد از کاربران در یک زمان بار به شبکه وارد نمایند، امروزه کسب و کارها به شبکه های سرعت برای انجام کسب و کار خود متکی هستند. این شبکه ها برای اتصال مکان های متعدد در یک شرکت و همچنین بین شرکت ها برای معاملات کسب و کار به کسب و کار استفاده می شوند. شرکت های بزرگ که از خطوط ۱.۵ مگابایت بر ثانیه برای اتصال به سایت های داخلی خود استفاده می کنند، امروزه ارتباط Mbls ۱۵۵ را در اختیار دارند.

همچنین بین افزایش تقاضا و پهنای باند همبستگی قوی وجود دارد. پیشرفت های تکنولوژیکی موفق به کاهش هزینه پهنای باند شده اند. این کاهش هزینه پهنای باند به نوبه خود موجب توسعه مجموعه ای از برنامه های کاربردی می شود که از پهنای باند بیشتری استفاده می کنند و الگوهای رفتار را تحت تاثیر قرار می دهند. یک مثال ساده این است که چون هزینه تماس تلفنی ارزان تر می شود، مردم زمان بیشتری را صرف تلفن می کنند. این به نوبه خود نیازمند پهنای باند بیشتری در شبکه است. این چرخه بازخورد مثبت هیچ نشانه ای از کاهش بار در آینده را نشان نمی دهد یکی دیگر از عوامل ایجاد تغییرات عمده در صنعت، رفع مجدد صنعت تلفن و انحصار تلفن است. دهه های مختلف، تجارت مخابراتی تحت کنترل شرکت های خدماتی بود که اساسا انحصار بودند. در حقیقت این مورد در بسیاری از نقاط جهان وجود دارد. یک واقعیت مشهور است که انحصار مانع پیشرفت سریع می شود[۲].

۱-۳-ساختار شبکه تمام نوری

همانطور که در شکل زیر ساختار یک سیستم مخابرات نوری را می بینیم این سیستم شامل فرستنده و گیرنده و کانال ارتباطی است که معرفی این سیستم های مخابرات نوری از سال ۱۹۷۵ شروع شده است.



شکل ۱-۲: ساختار یک سیستم مخابرات نوری

۱-۳-۱- عناصر تشکیل دهنده شبکه نوری

از اجرای تشکیل دهنده ی شبکه بالا به موارد زیر می توان اشاره نمود:

۱- **فرستنده**: فرستنده های نوری با بکارگیری از نور لیزر طراحی و ساخته می شوند. برای انتقال دیتا در طول یک فیبر نوری اطلاعات ابتدا کدبندی یا بصورت سیگنال لیزری مدوله می شوند.

۲- **محیط انتقال**: قسمت ضروری هر شبکه ای محیط انتقال آن است که برای شبکه ی بالا ، این محیط فیبر نوری است . فیبر نوری اساسا یک رشته نازک شیشه ای است، که بعنوان موجبری با پهنای باند بسیار وسیع عمل می کند. تضعیف کم، نرخ خطای بیت کم،کمتر از ($۱۰^{-۱۱}$) و ایمن در مقابل تداخل امواج الکترومغناطیسی از ویژگیهای فیبر نوری است. فیبرهای نوری انعطاف پذیر و مقاوم در برابر پوسیدگی در محیط های خورنده هستند. این ویژگیها فیبرهای نوری را کاندیدی مناسب برای برقراری ارتباطات مطمئن کرده است . دو دسته فیبر وجود دارد : تک مد و چند مد ؛ چـند مد شـامل دو نوع: ضریب شکست پله ای و ضریب شکست تدریجی است.

۳- مالتی پلکسر و دی مالتی پلکسر نوری: وسیله ای است که چندین طول موج نوری متفاوت را بطور همزمان به درون یک فیبر نوری کوپل‌می کند، مالتی پلکسر نوری و وسیله ای که چندین طول موج درون یک فیبر را از یکدیگر تفکیک می کند، دی مالتی پلکسر نوری نامیده می شود. ویژگی مهم این ادوات در این است که این ادوات قادرند سیگنال نوری را در هر دو سمت انتقال داده و به اصطلاح دوطرفه هستند.

از انواع مالتی پلکسر و دی مالتی پلکسر نوری می توان به ساختارهای زیر اشاره کرد:

- ✓ گریتینگ آرایه موجبرها (AWG)
- ✓ گریتینگ براگ فیبری (FBG)
- ✓ فیلترهای لایه نازک (TFF)
- ✓ گریتینگ پراش (DG)

۴- تقویت کننده های نوری: یکی از اجزای ضروری در سیستمهای مدرن فیبر نوری در مسافت های طولانی هستند و به لحاظ موقعیت مکانی به سه دسته تقسیم می شوند:

- ✓ postamplifiers (power amplifiers): در ابتدای مسیر قبل از اتصال به فیبر نوری قرار دارند
- ✓ line amplifiers: دربین مسیر فیبرنوری قرار دارند.
- ✓ Preamplifiers: در انتهای مسیر قبل از آشکار ساز قرار دارند .

انواع تقویت کننده های نوری عبارتند از :

۱- تقویت کننده های فیبری (OFA)

این نوع از تقویت کننده خود قطعه ای فیبر هستند و به سه دسته تقسیم می شوند :

- ✓ erbium-doped fiber amplifiers(EDFA)
- ✓ rare-earth-doped fiber amplifiers (REFAs)
- ✓ Raman fiber amplifiers (RFAs)

۲- تقویت کننده های نیمه هادی (SOA)

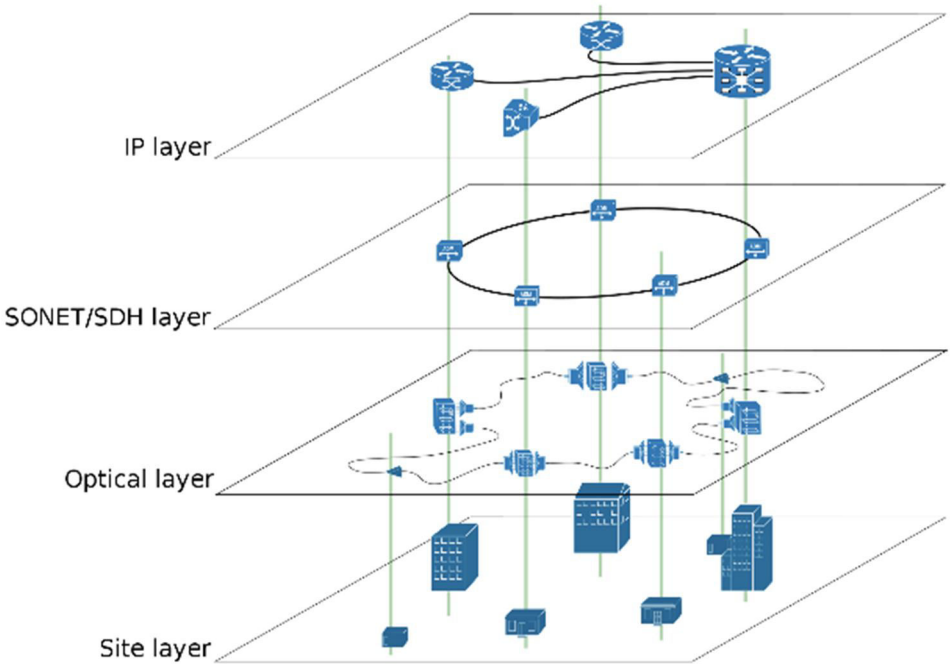
۳- تقویت کننده های پارامتری نوری (OPA)

۵-گیرنده نوری: وظیفه بخش گیرنده نوری دیجیتال، دریافت سیگنال نوری و تبدیل آن به سیگنال الکتریکی با سطوح استاندارد دیجیتال است. از ویژگی های گیرنده نوری در شبکه اینکه این بخش از سیستم وابسته به طول موج نباشد و بتواند در کل بازه طیف نوری شبکه های فیبر نوری مورد استفاده قرار گیرد .گیرنده نوری شامل آشکارساز نوری، تقویت کننده و بخش بازسازی دیتا است. در گیرنده های نوری دیجیتال، آشکار سازی و تقویت سیگنال می تواند باعث اعوجاج و یا تأخیر در سیگنال دیتا شود. بدین منظور در انتها باید سیگنال بدست آمده توسط مداری بازسازی شود.

در شبکه های تمام نوری تبدیل اطلاعات الکتریکی به نوری و بالعکس فقط در نقاط مبدا و مقصد اطلاعات انجام می شود و درگره های میانی از روشهای فوتونیک برای اجرای عملیات کلیدزنی و مسیر یابی بسته های اطلاعاتی استفاده می شود. در این شبکه ها گره های شبکه هوشمند هستند و توانایی مسیریابی شعاع نوری را بنابر وضعیت شبکه و طول موج آن دارا هستند. این گره ها توسط تارهای نوری و به صورت نقطه به نقطه به یکدیگر اتصال دارند. روی هر تار نوری تعداد محدودی از شعاع های نوری با طول موج های مختلف می توانند انتشار یابند هر گره می تواند شعاع نوری ورودی از یک پورت ورودی را روی پورت خروجی دلخواه مسیردهی نماید با این شرط که روی یک پورت خروجی دو شعاع نوری با طول موج یکسان مسیردهی نشود. لذا باید روشی مناسب جهت انتخاب مسیر و طول موج شعاع های نوری ارسال و دریافت وهمچنین آرایش گره های هوشمند در طی مسیر وجود داشته باشد[۳].

۱-۳-۲-لایه های تشکیل دهنده سیستم

یک سیستم مخابراتی از لایه های مختلفی تشکیل شده است که در شکل ۱-۲ لایه های تشکیل دهنده ی سیستم را مشاهده می نمایید.



شکل ۱-۳: لایه های تشکیل دهنده سیستم

۱-۴-ویژگی های شبکه های تمام نوری

۱-۴-۱- مزیت فیبر نوری در شبکه های تمام نوری

- پهنای باند وسیع
- استحکام کششی مناسب
- محافظت در مقابل تداخل و تزویج
- ایزولاسیون کامل الکتریکی
- امنیت بالای سیستم
- مصونیت در مقابل خوردگی
- غیرقابل اشتعال بودن
- وزن کم و قطر کوچک
- اتلاف پایین در مسافت‌های طولانی‌تر
- فرستنده هایی با قیمت کمتر

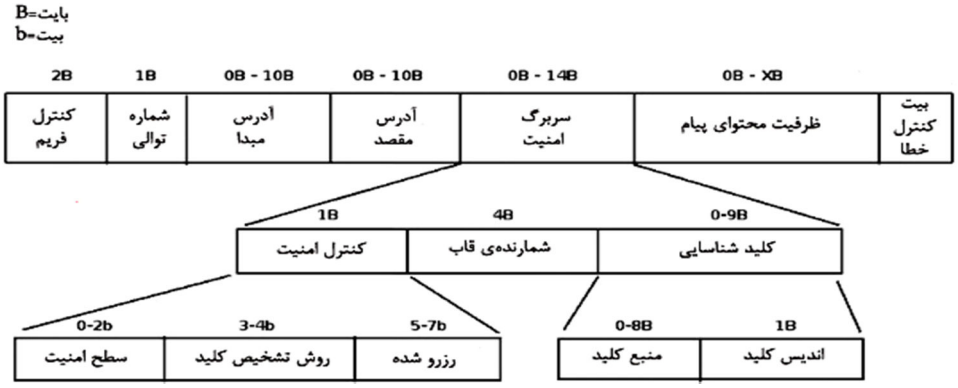
- ظرفیت انتقال بالاتر و سرعت انتقال بیشتر
- مصونیت در برابر پدیده‌های : هم‌شنوایی ، اثرات میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و فاکتورهای محیطی
- کم مصرف‌تر بودن (انرژی)
- طراحی بهتر : نازک ، سبک ، بادوام ، تست آسان

۱-۴-۲- محدودیت ها و نقاط ضعف فیبر های نوری در شبکه تمام نوری

- ضرورت دقت کامل در هنگام کابل‌کشی
- امکان شکستن در صورت گذشتن زاویه فیبر از یک حد معین
- محدود بودن میزان کشش برای فیبرهای با ظرفیت مختلف
- محافظت کامل در برابر ضربه

۱-۵- قالب پیام

در شبکه‌های تمام نوری داده‌های دریافت شده از محیط فیزیکی در قالب بسته‌هایی قرار می‌گیرند و به گره‌های همسایه و یا ایستگاه اصلی ارسال می‌شوند. با توجه به نوع کاربرد شبکه، اندازه و قالب این بسته‌ها متفاوت است. در اکثر کاربردها، اندازه‌ی این بسته‌ها در یک شبکه‌ی تمام نوری یکسان و ثابت است. همچنین اندازه این بسته ها می‌تواند به صورت پویا تغییر کند، به نحوی که در یک شبکه بسته‌های حاوی داده‌ها، اندازه‌های گوناگونی داشته باشند. شکل ۱-۳ یکی از این قالب‌های پیام را نشان می‌دهد که در بیشتر پروتکل‌های سلسله مراتبی استفاده می‌شود .



شکل ۱-۴: نمونه قالب پیام در شبکه‌های تمام نوری

۱-۶-شبکه های مبتنی بر مسیریابی و تخصیص طول موج

در این شبکه ها ابتدا مسیر فیزیکی بین مبدا و مقصد که شامل فیبرهای اتصال دهنده ی ایستگاه ها است، انتخاب می شود. این انتخاب بر اساس الگوریتم کوتاهترین مسیر نظیر دایکسترا (نمونه ای از روش مسیریابی در شبکه) صورت می گیرد. هر فیبر دارای W طول موج است، یکی از این W طول موج بنابر وضعیت شبکه، برای برقراری ارتباط بین مبدا و مقصد، به مسیر فیزیکی تعیین شده اختصاص می یابد. برای تخصیص طول موج چندین الگوریتم وجود دارد که از معروفترین آن می توان از الگوریتم های زیر نام برد:

۱) اولین طول موج مناسب[۴]

۲) الگوریتم انتخاب طول موجی که بیشترین استفاده رو داشته[۵]

۳) الگوریتم انتخاب تصادفی[۶] طول موج [۴و۵و۶]

یکی از نکات مهمی که به هنگام طراحی الگوریتم مسیریابی در نظر گرفته می شود چگونگی استفاده بهینه از منابع در کنار تامین هدف مطلوب الگوریتم است از جمله اولین نمونه های الگوریتم مسیریابی می توان به مسیریابی های زیر اشاره کرد:

---

[4] First Fit
[5] Most Used
[6] Random

۱) الگوریتم مسیریابی ثابت : در این الگوریتم یک مسیر ثابت میان مبدا و مقصد به صورت آفلاین محاسبه می شود و به محض رسیدن تقاضای ارتباط به شرط وجود طول موج آزاد روی آن مسیر، ارتباط پذیرفته می شود.

۲) الگوریتم مسیریابی کمترین ازدحام: از میان k تا مسیر ثابت میان مبدا و مقصد ، مسیر با کمترین ازدحام انتخاب می شود[۷].

۳) الگوریتم کم بارترین مسیر : هر مسیر دارای وزن است پس از محاسبه وزن تمام مسیر های ممکن مسیر با بیشترین وزن گزینش می شود.

به مجموعه ی مسیر فیزیکی و طول موج تعلق یافته به آن مسیر نوری[۷] گفته می شود در یک مسیر فیزیکی ،w تا مسیر نوری بین مبدا و مقصد وجود دارد.دیتاها از طریق این مسیر نوری ایجاد شده ارسال می شوند. چنانچه شبکه فاقد مبدل طول موج باشد باید طول موج اختصاص داده شده در تمامی فیبرهای مسیر یکسان باشد،این مسئله تحت عنوان محدودیت پیوستگی طول موج مطرح می شود.به خاطر این محدودیت باید طول موج مورد نظردر تمامی فیبرهای تشکیل دهنده ی مسیر آزاد باشد،در صورت اشغال بودن طول موج در یکی از فیبرهای مسیر،برقراری تماس برای ارسال اطلاعات امکان پذیر نخواهد بود و درخواست برای برقراری مسیر نوری بلوکه می شود.

احتمال بلوکه شدن عبارت است : نسبت تعداد درخواست های بلوکه شده در شبکه ، به تعداد کل درخواست ها[۱].

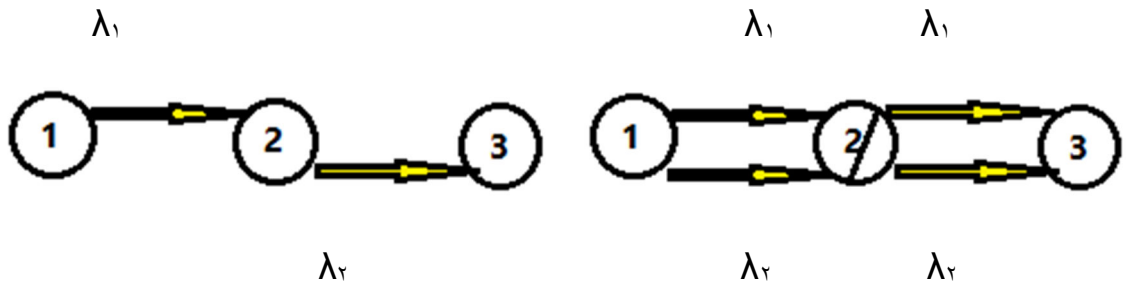
برای جلوگیری از بلوکه شدن دو راهکار وجود دارد راهکار اول استفاده از مبدل طول موج در ایستگاه های مابین و راهکار دوم استفاده از الگوریتم مسیریابی و تخصیص طول موج می باشد .مطالعات گسترده ای که در رابطه با اهمیت حضور مبدل در شبکه های تک فیبری صورت گرفته

[7] Light Path

نشان می دهد که احتمال بلوکه شدن با افزایش تعداد مبدل در شبکه کاهش می یابد مبدل طول موج ابزار گران قیمتی است و شبکه باید طوری طراحی شود که به مبدل کمتری نیاز داشته باشد.

دو روش برای کاهش نیاز به مبدل وجود دارد. روش اول: افزودن تعداد طول موج های موجود در یک فیبرکه ظرفیت شبکه افزایش پیدا می کند بنابراین احتمال بلوکه شدن کاهش می یابد اما به دلیل نزدیکی فاصله طول موجی بین دو طول موج برای پردازش اطلاعات به ابزار گران قیمت اپتیکی نیاز است [۱و۸]. روش دوم: استفاده از چندین فیبر نوری موازی، برای اتصال ایستگاههای شبکه ی WDM بجای یک فیبر، می باشد که به شبکه ی چند فیبری معروفند.که مزیت آن بر روش قبلی به دلیل عدم نیاز به دستگاههای حساس و گران قیمت اپتیکی است[۱و۹].

در این مقاله با استفاده از راهکار دوم ،الگوریتمی ارائه می شود که احتمال بلوکه شدن را بدون استفاده از مبدل کاهش می دهد.



شکل ۱-۵: به ترتیب از چپ به راست شبکه بدون مبدل طول موج و شبکه با مبدل طول موج

۱-۷-طراحی شبکه WDM

همانطور که می دانیم لایه نوری اتصالات مدار سوئیچینگ با سرعت بالا یا مسیرهای نورانی را بین جفت اجزای لایه بالاتر مانند SONET[۸] / SDH[۹] muxes، مسیریاب های IP و سوئیچ های

[8] Synchronous Optical Networking
[9] Synchronous Digital Hierarchy

ATM[10] را فراهم می کند. لایه نوری این فضاهای را بر روی فیبر فیزیکی با استفاده از عناصری از جمله ترمینال های نوری (OLT[11]s)، توزیع کننده های OADM[12] و اتصالات اپتیکال (OXC[13]) می سازد. ما یک شبکه با استفاده از چنین مسیرهای نورانی یک شبکه مسیریابی طول موج نامیدیم. حال می خواهیم به مطالعه نحوه طراحی یک شبکه طول موج مسیریابی بپردازیم. این شامل مطالعه نه تنها نحوه طراحی لایه نوری بلکه نحوه طراحی لایه SONET یا IP است زیرا طراحی دو لایه با هم مرتبط است.

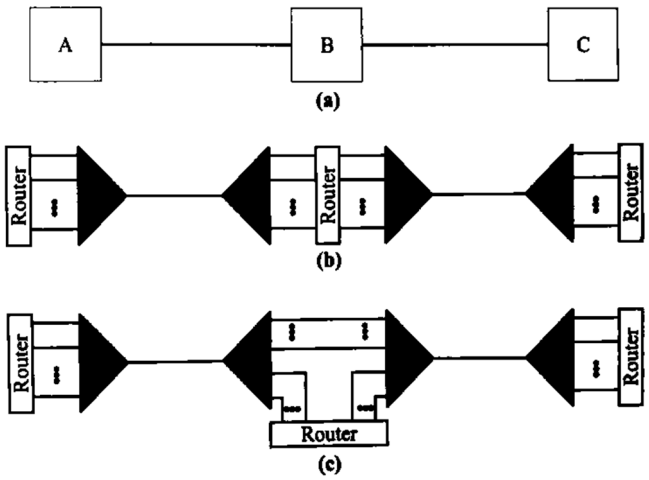
به طور مثال در شکل ۱-۵ (a)، سه گره با برچسب A، B و C وجود دارد که توسط لینک فیبر WDM مرتبط است. برای سادگی، فرض کنید ترافیک تولید شده به شکل بسته های IP از مسیرهایی است که در این گره ها قرار دارد. اگر لایه بالاتر شامل سوکت SONET / SDH یا سوئیچ ATM باشد. برای ملموس تر بودن مثال ، همچنین فرض کنید که تمام رابط های روتر با ۱۰ Gb / s کار می کنند، که همچنین ظرفیت انتقال در هر طول موج در لینک های WDM است. اکنون فرض کنید براساس برآوردهای ترافیک بسته IP، ظرفیت ۵۰ گیگابایت بر ثانیه بین هر سه جفت مسیرهای A-B، B-C و A-C مورد نیاز است. شبکه را می توان به دو صورت طراحی کرد تا این ترافیک را مدیریت کند.

۱. بدون OAD: در اولین روش ،۱۰ طول موج روی هر لینک A-B و B-C ایجاد می کنیم که به مسیر ها در انتهای این لینک ها متصل می کنند. ما مشاهده می کنیم که ترافیک روی لینک A-B ۵۰گیگابایت بر ثانیه است (ترافیک از A-B) +۵۰ گیگابایت بر ثانیه (ترافیک از A-C که باید از لینک A-B استفاده کند =۱۰۰ گیگابایت بر ثانیه). بطور مشابه ترافیک در لینک B-C نیز ۱۰۰ گیگابایت بر ثانیه است. بنابراین ۱۰ طول موج در هر لینک A-B و -B

[10] Automated Teller Machine
[11] Optical Line Terminal
[12] Optical Add / Drop Multiplexers
[13] Optical Crossconnect

C برای حمل این ترافیک کافی است. در این مورد. ما از ۱۰ پورت مسیریاب در گره A، 20 پورت مسیریاب در گره B و ۱۰ پورت مسیریاب در گره C درکل ۴۰ پورت مسیریاب استفاده می کنیم. در لایه نوری، گره A و C دارای OLT هستند، در حالی که گره B دارای یک زوج OLT است که تمام طول موج های عبور از گره B را خاتمه می دهد. این در شکل ۱-۵ (b) نشان داده شده است.

۲. با add/drop نوری: در طراحی دوم، ما تنها پنج مسیر نور را در مسیرهای A-B، B-C و A-C راه اندازی کردیم. پنج مسیر نور در مسیر A-C از طریق گره B در لایه نوری عبور می کنند بدون اینکه به سیگنال الکتریکی تبدیل شوند. این طراحی فقط برای ۱۰ پورت مسیریاب در هر یک از سه گره، A، B و C ودرکل ۳۰ پورت مسیریاب، در مقایسه با ۴۰ پورت مسیریاب در طراحی بدون افزودن / کاهش نوری نیاز دارد. با این حال، این طراحی نیاز دارد گره B دارای یک گره OADM باشد که قادر به اضافه کردن و رها شدن ۱۰ از ۲۰ مسیر نوری است که در مسیریاب در گره B خاتمه یابد، در حالی که ۱۰ مسیر دیگر بدون مسیریاب می گذرند.. این در شکل ۱-۵ (c) نشان داده شده است.



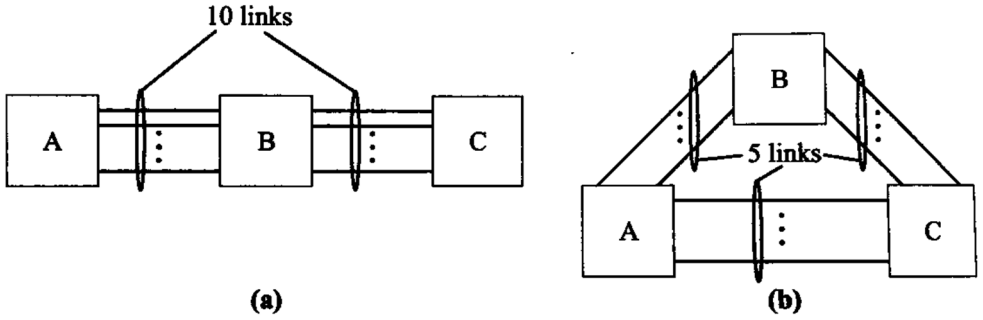
شکل ۱-۶: (a)شبکه با سه گره (b)گره هایA-B ، B-C توسط لینک های WDM متصل شده اند .همه ی طول موج ها اضافه و رها شدن به گره B (C)نیمی از طول موج ها از طریق نور در گره B می گذرد، تعداد پورت های مسیریاب در گره B کاهش یافته

بنابراین، در طراحی با قابلیت add/drop نوری ، ما می توانیم تعادلی بین تعداد پورت های مسیریاب IP در گره B (۱۰ در مقابل ۲۰) را برای قابلیت add/drop نوری در همان گره ایجاد کنیم. به طورکلی، همانطور که می دانیم تعادلی میان هزینه تجهیزات لایه نوری (OADM ها) یا افزایش تعداد طول موج ها، وجود دارد. هر دو طرح کاملا معتبر هستند و کار را تا جایی که کاربران نگران هستند، انجام می دهد. انتخاب بین آنها براساس کمبود هزینه بین تجهیزات نوری و لایه بالاتر انجام می شود. در این مثال، ارائه قابلیت add/drop نوری نیاز به OADM در گره B به جای دو OLT دارد. هزینه انجام این کار در بسیاری از سناریوها ارزان تر از ارائه پورت های مسیریاب IP 10 گیگابایت بر ثانیه است. این وضعیت احتمالا در بلندمدت و بنیادین غلبه خواهد کرد، زیرا گذراندن طول موج از طریق عملیات بسیار ساده تر از مسیر دادن همه بسته هایی است که در طول موج در لایه IP انتقال داده شده است.

در مثال مشابه، اگر مقدار ترافیک عبور شده در گره B، کسر کوچکی از طول موج باشد، اگر با استفاده از یک طرح با عبور نوری، کل طول موج با ظرفیت ۱۰ گیگابایت، برای ترافیک عبور استفاده شود. در عین حال، طراحی بدون عبور نوری ممکن است قادر به انجام ترافیک عبور بدون افزایش تعداد پورت های مسیریاب IP باشد. این باعث می شود که ما ترجیح دهیم بسته های گذری را با استفاده از مسیریاب IP در گره B کنترل کنیم.

از نقطه نظر مسیریاب IP، توپولوژی شبکه زمانی که تمام طول موج ها در گره B خاتمه می یابد، در شکل ۱-۶ (a) نشان داده شده است. این توپولوژی توسط الگوریتم بسته بندی لایه IP، مانند OSPE دیده می شود این یک توپولوژی خطی با ۱۰ اتصال موازی بین گره های A و B و ۱۰ اتصال موازی بین گره های B و C است. در موردadd / drop نوری ، توپولوژی شبکه که توسط مسیریاب های IP مشاهده می شود یک مش به طور کاملا متصل با ۵ اتصال موازی بین هر یک از سه جفت گره است، همانطور که در شکل ۱-۶ (b) نشان داده شده است. توجه داشته باشید که هر دو

توپولوژی قادر به برآوردن نیازهای ترافیکی در لایه IP هستند، که ظرفیت ۵۰ گیگابایت بر ثانیه بین هر جفت مسیریاب ها را فراهم می کند. توپولوژی که توسط مسیریاب های IP یا SONET / SDH دیده می شود، توپولوژی مسیر های نوری ارائه شده توسط لایه نوری است و از این رو ما آن را توپولوژی لایه نازک می نامیم، آن را اغلب به نام توپولوژی منطقی یا مجازی، اما ما این اصطلاح را استخدام نمی کند. به همین ترتیب، توپولوژی فیبری که بر پایه آن ایجاد می شود، توپولوژی فیزیکی نامیده می شود، اما ما از این اصطلاح استفاده نخواهیم کرد. ما می توانیم مسئله کلی طراحی شبکه های مسیریابی طول موج را مشاهده کنیم. توپولوژی فیبر و الزامات ترافیک (ماتریس ترافیک) مشخص شده اند.



شکل ۱-۷: (a) توپولوژی مسیر نوری شبکه با سه گره مربوط به شکل۱-۶ (a) که توسط مسیریاب ها دیده می شود. مسیریاب های A-B و B-C توسط ۱۰ لینک موازی ،متصل می شوند. (b) توپولوژی نورپردازی شبکه با سه گره مربوط به شکل۱-۶ (b) که توسط مسیریاب ها دیده می شود. تمام جفت مسیریاب ها A-B، B-C و C-A توسط ۵ لینک موازی متصل می شوند.

در این مثال ، توپولوژی فیبر ،خطی با سه گره است، ترافیک موردنیاز ۵۰ Gb / s ،بین هر یک از این گره ها است. دو توپولوژی مسیرنوری که مورد نیاز هستند، در شکل ۶-۱ نشان داده شده است. ما اولین مشکل را با مشکل طراحی توپولوژی، توپولوژی (LTD) می نامیم. ما با مساله به دست آوردن توپولوژی مسیر نوری در لایه نوری روبرو هستیم و مساله اختصاص دادن طول موج (RWA) می نامیم. مساله RWA در این مثال ساده است زیرا تنها یک مسیر در توپولوژی فیبر بین هر جفت گره وجود دارد. در یک توپولوژی عمومی، مساله RWA بسیار دشوار است. تحقق دو توپولوژی

مسیرنوری شکل ۶-۱ در شکل ۱-۶ (b) و (c) نشان داده شده است. و ترافیک یکی دیگر از مشکلات ما در طراحی شبکه های نوری و مسیریابی است که از نظارت بر ترافیک لایه بالاتر برخوردار است.

مسیریاب های IP را می توان در نظر گرفت که عملکرد تابع محافظت را در سطح بسته در نظر بگیرند. برای استفاده از مزایای عبور نوری، ترافیک لایه بالاتر باید مناسب باشد. به عنوان مثال، در شکل ۱-۵ (c)، تمام ترافیک مورد استفاده برای گره B باید به طول موج های چندگانه افزوده شود، به طوری که تنها این طول موج ها باید در گره B رها شود. در غیر این صورت، گره B باید تعداد زیادی طول موج را رها کند، و این باعث افزایش هزینه شبکه می شود.

۱-۸-چالش مسیریابی و تخصیص طول موج

در بخش قبلی شاهد این بودیم که مشکل کلی طرح شامل اختلاف بین تجهیزات لایه نوری (اساسا تعداد طول موج ها) و تجهیزات لایه بالاتر (مثلا پورت های مسیریابIP یا پایانه های SONET) است. در بخش قبلی ما مشکل محدودیت را بررسی کردیم. در اینجا ما مشکل RWA را بررسی میکنیم که به دنبال آن است با توجه به توپولوژی شبکه و مجموعه ای از درخواست های مسیرنوری پایان به پایان (که می توان از طریق حل مسأله محدود) بدست آورد، مسیر و طول موج را برای درخواست ها با استفاده از حداقل تعداد احتمالات طول موج مشخص کند. گاهی اوقات در حال حاضر مسیریابی را ارائه می دهیم، و در این صورت، ما تنها با مشکل اختصاص دادن طول موج (WA) مواجه هستیم. تخصیص طول موج باید از محدودیت های زیر اطاعت کند:

۱. به دو مسیر نوری نباید یک طول موج یکسان در یک لینک اختصاص داده شود.
۲. . اگر هیچ تبدیل طول موجی در دسترس نیست، پس باید یک طول موج یکسان برای یک مسیرنوری در تمام لینک ها در آن مسیر تعیین شود.

ما فرض می کنیم که شبکه و همچنین مسیرهای کوچک به طور نا منظم هستند. ترکیبات مختلفی از انواع مسیرهای نوری و انواع شبکه ها ممکن است، همانطور که در جدول ۱-۱ نشان داده

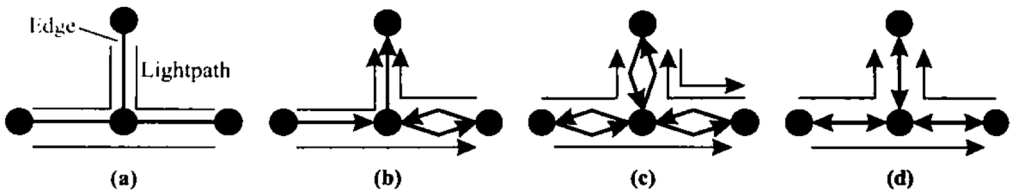
شده است. ترکیبی که در اینجا مورد بررسی قرار می دهیم، مربوط به یک شبکه است که دارای یک جفت پیوند فیبرهای یک طرفه در جهت های متضاد بین گره ها است و فرض می کند که تمام مسیرهای نوری دو طرفه با همان مسیر و طول موج برای هر دو جهت مسیرنوری انتخاب شده است. از دیدگاه عملیاتی، بیشترین مسیرهای نوری کاملا دوبلکس هستند، زیرا جریانهای ترافیکی سطح بالا که حمل می کنند (به عنوان مثال، جریان SONET) کاملا دو طرفه هستند. علاوه بر این، اپراتورهای شبکه ترجیح می دهند همان مسیر و طول موج را به دو جهت برای سادگی عملیاتی اختصاص دهند. توجه داشته باشید، با این وجود، می توان تعداد طول موج های مورد نیاز در بعضی موارد را با تعیین طول موج های مختلف به جهت های مختلف مسیر نوری، کاهش داد.

یک لبه بدون جهت نیز می تواند یک لینک با فیبر دو طرفه با انتقال در هر دو جهت سراسر یک فیبر باشد.

جدول ۱-۱: ترکیبات مختلفی از انواع مسیرهای نوری و لبه های شبکه

مسیرهای نوری جهتدار و لبه های غیرجهتدار	مسیرهای نوری غیرجهتدار و لبه های غیرجهتدار
مسیرهای نوری جهتدار و لبه های جهتدار	مسیرهای نوری غیرجهتدار و لبه های جهتدار

در شبکه هایی با لبه های جهتدار و مسیرهای نوری جهتدار این عمومی ترین مورد است، و سه مورد دیگر زیر مجموعه های خاصی از این مساله عمومی هستند.



شکل ۱-۸: مدل های مختلف شبکه مربوط به لبه های جهتدار / غیر جهتدار و مسیرهای نوری جهتدار / غیر جهتدار (a) لبه های غیر جهتدار ، مسیرهای نوری غیر جهتدار (b) لبه های جهتدار ، مسیرهای نورانی جهتدار (c) و (d) نشان می دهد دو مورد مختلف از لبه های غیر جهتدار و مسیرهای نوری جهتدار

در این مثال، تفاوت بین مدل های مختلف شبکه ای که در جدول ۱-۱ مشاهده می شود، با استفاده از مثال، نشان داده می شود. (فرض کنید که هیچ تبدیل طول موج در دسترس نیست.) شبکه ساده ستاره چهار گره را که در شکل۱-۷ نشان داده شده است، در نظر بگیرید. در شکل ۱-۷(a)، ما یک شبکه با لبه های غیرجهتدار داریم که باید سه مسیر نور را پشتیبانی کند. توجه داشته باشید که اگر چه فقط در دو مسیر نور از هر لبه استفاده می کنیم، ما به سه طول موج نیاز داریم تا از این ترافیک پشتیبانی کنند. سپس شبکه ای با لبه های جهتدار و مسیرهای نوری جهتدار در شکل ۱-۷(b) نشان داده شده است، در نظر بگیرید. توجه داشته باشید که تعداد مسیرهای نوری در هر لبه دوباره بیش از دو نیست، اما فقط دو طول موج در این مورد ،مورد نیاز است. شکل ۱-۷ (c) و (d) دو مورد را نشان می دهد، هر دو با لبه های جهتدار و مسیرهای نورانی جهتدار هستند. در شکل ۱-۷(c)، در این شکل لبه ی غیرجهتدار توسط دو تا لبه ی غیرجهتدار داریم این مربوط به داشتن یک فیبر در هر جهت در واقع دارای طول موج W در هر فیبر است. در این مورد، توجه داشته باشید که تنها دو طول موج برای پشتیبانی از این الگوی ترافیک مورد نیاز است. در شکل ۱-۷(d)، جایی که لبه های غیرجهتدار توسط لبه دو طرفه پشتیبانی می شود. این مربوط به داشتن یک فیبر تک است که در هر دو جهت انتقال می یابد. یک تعداد ثابت طول موج وجود دارد؛ برخی از طول موج ها در یک جهت و باقی مانده در جهت مخالف انتقال می یابند. ما ممکن است فرض کنیم که این تخصیص را می توان به شیوه ای انعطاف پذیر انجام داد که الگوی ترافیک مورد نیاز است. در این حالت محدودیت اختصاص دادن طول موج تا حدودی متفاوت است. اگر طول موج در یک جهت از لینک استفاده شود،

نمی توان آن را در جهت دیگر استفاده کرد. توجه داشته باشید که در اینجا مسیر نوری بر روی تخصیص طول موج تاثیر نمی گذارد.

۱-۹-ضرورت مسئله و چالش‌های پروتکل مسیریابی

استفاده از یک روش مسیریابی مناسب می‌تواند تا حد زیادی هزینه و کارآیی شبکه را کاهش دهد و موجب بهینه سازی شبکه در تعداد طول موج و بلوکه شدن درخواست های نوری می شود. ارایه‌ی یک پروتکل مسیریابی برای شبکه‌های تمام نوری با چالش‌هایی روبه‌روست که از محدودیت‌های این شبکه‌ها ناشی می‌شود. همچنین این شبکه‌ها در بسیاری از منابع شبکه نیز محدودیت دارند. برای مثال: پهنای باند ارتباطی[۱۴]، واحد پردازشگر، واحد ذخیره‌سازی و طول موج

۱-۱۰- جمع بندی

در این فصل ویژگی‌های شبکه‌های تمام نوری و ضرورت مسئله‌ی مسیریابی در این شبکه‌ها مطرح شد. همچنین شبکه های مبتنی بر مسیریابی و تخصیص طول موج بررسی شدند.. در این فصل دریافتیم که شبکه‌های تمام نوری هم ازنظر سخت‌افزاری و هم از نظر نرم افزاری تفاوت زیادی دارند، بنابراین هریک از انواع این شبکه‌ها به پروتکل‌های خاص خود نیاز دارند و باید منطبق با کاربرد شبکه طراحی شوند. حداقل نمودن تعداد طول موج و بلوکه شدن درخواست به عنوان مهمترین چالش شبکه‌های تمام نوری مطرح شد که در ارائه‌ی یک پروتکل مسیریابی بهینه باید به خوبی کنترل شود.

در ادامه، ساختار این پژوهش به این صورت است که در فصل دوم کارهای مرتبط با مسیریابی در شبکه‌های تمام نوری مطرح گردیده است، فصل سوم الگوریتم مسیریابی ارایه شده‌ی این پژوهش را شرح می‌دهد، در فصل چهارم نحوه‌ی شبیه‌سازی شبکه‌ی تمام نوری و الگوریتم مسیریابی پیشنهادی بررسی شده، در فصل پنجم نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقایسه با دیگر پروتکل‌های مسیریابی نمایش داده شده است و در پایان نتیجه‌گیری و کارهای آتی بیان شده است.

[14] Bandwidth

فصل دوم

مبانی نظری و پیشینه تحقیقات

۲-۱- مقدمه

تحقیقات بسیاری برای ارائه‌ی یک روش مناسب مسیریابی با تخصیص طول موج مناسب در شبکه صورت گرفته است. با توجه به ویژگی‌های پروتکل‌های مسیریابی و همچنین ویژگی‌های شبکه‌ی تمام نوری، در ادامه انواع روش های مسیریابی و تعدادی از کارهای انجام شده در زمینه‌ی مسیریابی و تخصیص طول موج در شبکه‌های تمام نوری بررسی شده است.

هدف از این تحقیق بررسی و مطالعه ی روش های مسیریابی و تخصیص طول موج و پیدا کردن مسیری با کمترین تعداد طول موج تخصیص یافته در جهت بهینه سازی شبکه می باشد. الگوریتم های فراوانی برای مسیریابی و تخصیص طول موج وجود دارد ما می خواهیم با در نظر گرفتن یک شبکه با توپولوژی مشخص با یک گره مبدا و چند گره مقصد زوج مرتب هایی از مبدا و مقصد را با استفاده از الگوریتم ژنتیک بیابیم که کمترین تعداد طول موج را به خود اختصاص داده اند به گونه ای که مسیرها با هم تداخل نداشته باشند. در مطالعه حاضر، یک مسیر نوین و الگوریتمی جهت مسیریابی و تخصیص طول موج ارائه می دهیم که کیفیت مطلوب برای عملیاتیک شبکه قابل اعتماد را بدست می دهد.

۲-۲- پیشینه مطالعات

کارهای زیادی مربوط به مسیریابی وتخصیص طول موج (RWA) اخیرا انجام شده است. ژانک و همکارش[15] تمام تکنیک های مسیریابی و تخصیص طول موج داده شده را با مدل های ترافیک استاتیک و دینامیک بررسی کرده اند[۱۰]. ازداگلار وهمکارش[16] مساله RWA را با استفاده از چندین فرمولاسیون برنامه ریزی خطی برای توپولوژی های مختلف شبکه و پیدا کردن یک راه حل بهینه مسیریابی، حل کرده است [۱۱]. لو روآن وهمکارش[17] در مورد پیشرفت های اخیر در زمینه

[15] H. Zhang, J. P. Jue, B. Mukherjee
[16] Asuman E. Ozdaglar and Dimitri P. Bertsekas
[17] Lu Ruan and Ding-Zhu Du

شبکه های نوری تحقیقات انجام داد و چگونگی حل مساله RWA در شبکه WDM را اصلاح کرد و راه حل بهینه یافت [۱۲] ، طرحی که عمدتا در مطالعات قبلی در نظر گرفته می شد با مسیریابی ثابت و مسیر ثابت دیگر و مسیریابی تطبیقی بود.

یان هو آ چن [۱۸]الگوریتم مسیریابی گروهی بر اساس الگوریتم ژنتیک(MRAGA)برای مشکل محدودیت تاخیر حداقل انرژی مسیریابی چندگانه ارائه کرده است. اپراتورهای ژنتیکی این الگوریتم تاخیر انتقال و مصرف انرژی درختان گروهی، در نتیجه تسریع سرعت همگرایی الگوریتم کاهش می دهند. نتایج آزمایشات نشان می دهد که درخت گروهی پیدا شده توسط این الگوریتم نه تنها تضمین محدودیت تاخیر، و همچنین دارای حداقل مصرف انرژی است .علاوه بر این، این الگوریتم به سرعت همگرا می شود [۱۳].

برات[۱۹] و همکاران یک تابع تناسب بدیع که می تواند اهداف چندگانه را بهینه سازی کند پیشنهاد کرده اند که برای به حداقل رساندن استفاده از کانال های نوری و طول موج مورد نیاز برای درخواست گروهی و به حداقل رساندن استفاده از منابع و درخواست های بلوکه شده، بسیار موثر است در نتیجه باعث به حداکثر رساندن بازده می شود [۱۴].

احمد یونس حامد [۲۰]یک الگوریتم ژنتیک برای تعیین K تاکوتاه ترین مسیر با محدودیت پهنای باند از یک گره منبع تنها به مقصدهای متعدد گره پیشنهاد می کند. این الگوریتم با استفاده از ماتریس اتصال یک شبکه داده شده، و پهنای باند لینک ها برای بدست آوردن K تا کوتاه ترین مسیرها، و برای نشان دادن سودمندی این الگوریتم نسبت به الگوریتم های معمولی است [۱۵].

[18] Yanhua Chen
[19] Subhendu Barat
[20] Ahmed younes Hamed

برندان[21] و همکارانش در مقاله شان مشکلات تخصیص طول موج شبکه نوری با مینمم فیبر و مینمم تبدیل را در نظر گرفته اند و سعی بر آن داشتند تا مینمم فیبر و یا تبدیل طول موج را داشته باشند و روش حل اکتشافی حریص مبتنی بر اولویت را ارائه دادند این روش منعطف برای تخصیص طول موج در یک شبکه نوری با هدف به حداقل رساندن هزینه های متحمل شده توسط تبدیل طول موج و استقرار فیبر در نظر گرفته شده بود . فرآیند این رویکرد ، خواستار یک گزینه ی بهینه ی محلی برای هر درخواست در یک جهت خاص است [۱۶].

هیراتا[22] و همکارش یک طرح مسیر یابی و تخصیص طول موج پویا برای شبکه های WDM چندفیبری با مبدل طول موج در نظر گرفتند طرح ابتکاری پیشنهادی آنها برای جلوگیری از کاهش طول موج خاص در هر لینک و تولید لینک های متعدد و در نتیجه کاهش احتمال بلوکه شدن بود [۱۷].

۲-۲-۱- تخصیص طول موج و مسیرهای جایگزین

تا کنون، هنگام مطالعه مساله RWA از یک مدل آماری برای ترافیک استفاده می کردیم حال مسیر ثابت بین هر جفت منبع-مقصد را فرض کرده ایم، در زیر برخی نتایج شبیه سازی را نشان می دهد تا اثر استفاده از مسیرهای متناوب را نشان دهد. همچنین هنگام انتخاب مسیر، دو روش مختلف برای تعیین طول موج را در نظر بگیرید. بنابراین ما چهار الگوریتم RWA زیر را در نظر می گیریم.

- ✓ تصادفی ۱: برای یک درخواست مسیر نوری بین دو گره، به طور تصادفی یکی از طول موج های موجود را در کوتاه ترین مسیر ثابت بین دو گره انتخاب می کنیم.
- ✓ تصادفی ۲: دو مسیر کوتاه را بین هر جفت گره انتخاب کنید برای یک درخواست مسیر نوری بین دو گره، به صورت تصادفی یکی از طول موج های موجود در اولین کوتاهترین مسیر بین

[21] Brendan Farrell
[22] Kouji Hirata

دو گره را انتخاب کنید. اگر چنین طول موج ای در دسترس نباشد، یکی را بصورت تصادفی از طول موج های موجود در کوتاه ترین مسیر را انتخاب کنید.

- ✓ حداکثر استفاده شده[۲۳] ۱: برای درخواست مسیر نور در بین دو گره، در میان طول موج های در دسترس در کوتاه ترین مسیر ثابت بین دو گره، یکی را انتخاب کنید که بیشترین بار در شبکه در آن نقطه زمان استفاده شده است.
- ✓ حداکثر استفاده شده ۲: دو مسیر کوتاه را بین هر جفت گره ثابت کنید. برای یک درخواست مسیر نوری بین دو گره، در میان طول موج های موجود در اولین کوتاه ترین مسیر بین دو گره، یکی از مواردی را انتخاب می کند که بیشترین تعداد دفعات در شبکه در آن نقطه از زمان استفاده شده است. اگر چنین طول موجی در دسترس نیست، در میان طول موج های موجود در مسیر کوتاه دوم بین دو گره، آن را انتخاب کنید که بیشترین تعداد بار در شبکه در آن نقطه استفاده شده.

جدول ۲-۱: فاکتور استفاده مجدد برای ٪۱ بلاک برای الگوریتم های مختلف RWA برای شبکه با ۲۰ گره در نظر گرفته شده در [۱۸].

الگوریتمRWA	فاکتور استفاده مجدد
Random-1	6.9
Random-2	7.8
Max-used-1	7.5
Max-used-2	8.3

این نشان دهنده ی کنترل بار ترافیک در شبکه و در نتیجه کمتر بلاک شدن است که توسط سیواراجان[۲۴] و راماسوامی[۲۵] مورد بررسی قرار گرفت [۱۸].

[23] Max-used

آگاروال[۲۶] و همکارانش از یک مجموعه مسیر نوری با بار L در یک شبکه G با لبه های M، با در نظر گرفتن D حداکثر تعداد پرش ها در یک مسیر نوری ،تعداد طول موج هایی که برای برآورده شدن درخواست مورد نیاز بود برابر بود با [۱۹].

$$W \leq \min\left[(L-1)D+1, (2L-1)\sqrt{M}-L+2\right] \quad (۱)$$

سیواراجان و راماسوامی فرض کرده بودند یک درخواست از زوج مبدا مقصد دریافت کرده با حداقل بار احتمالی Lmin برای برآورده شدن این درخواست به این نتیجه رسیده اند که مسیریابی کوتاهترین مسیر، بار را به حداکثر دو برابر Lmin می رساند [۲۰].

توکر[۲۷] اثبات کرد با توجه به مجموعه ای از درخواست های مسیر نوری و مسیریابی بر روی یک حلقه با بار L، تخصیص طول موج می تواند با طول موج ۲L -1 انجام شود [۲۱].

۲-۲-۲- حلقه های چند فیبری

حل مسئله تخصیص طول موج در حلقه های چندفیبری را ،لی و همکارش[۲۸] اینگونه در نظر گرفته است. در یک حلقه چند ضلعی، هر جفت گره مجاور با k> 1 زوج فیبر متصل است: k > 1 فیبر برای هر جهت انتقال به جای یک فیبر استفاده می شود. با توجه به لبه های غیر جهتدار و رشته های نور، و هر لبه نشان دهنده یک جفت فیبر در هر جهت انتقال است. بنابراین، چنین حلقه چندتایی، لبه های بین جفت گره های مجاور را نشان می دهد. هیچ مبدل طول موجی وجود ندارد، اما تصور می شود که همان طول موج را می توان از فیبر ورودی به هر k فیبرهای خروجی در هر گره منتقل می شود.

---

[24] Sivarajan
[25] Ramaswami
[26] A.Aggarwal
[27] A.Tucker
[28] G.Li

لی با در نظر گرفتن یک مجموعه ای از درخواست های مسیر نوری و یک مسیریابی روی حلقه زوج k فیبر با بار L روی هر لینک چندفیبری دریافت که تعداد طول موج های جمع شده بر روی تمام فیبرها، مورد نیاز برای حل مسئله تخصیص طول موج، بیش از $[L\frac{k+1}{k}]$ نیست [۲۲].

$$\sum W \leq [L\frac{k+1}{k}-1] \quad (۲)$$

۲-۲-۳- مسیریابی و تخصیص طول موج آنلاین

به حداکثر رساندن بار برای شبکه های بدون مبدل طول موج ، بسیار مشکل است. (با مبدل طول موج در تمام گره ها، یک الگوریتم که طول موج آزاد دلخواه را تعیین می کند می تواند تمام درخواست های مسیرنوری را با بار تا W پشتیبانی کند.)

گرستل[۲۹] و همکارانش W (N ،L)را تعداد طول موج ها برای پشتیبانی از تمام درخواستهای آنلاین مسیرنوری با بار L در یک شبکه با N گره بدون مبدل طول موج تعیین کردند که در شبکه خطی رابطه زیر برقرار بود که در آن N توانی از ۲ است[۲۳].

$$\boldsymbol{W(N,L) \leq L + W(\frac{N}{2},L)} \quad (۳)$$

او همچنین به این نکته دریافت که در یک شبکه خطی با تعداد Nگره همه ی درخواست های مسیر نوری با بار L می تواند با بیشینه طول موج $L[\log_2{}^N]$ بدون نیاز به مبدل طول موج پشتیبانی شود[۲۳].

۲-۳- ضرورت الگوریتم پیشنهادی

به‌همین منظور الگوریتم پیشنهادی این پژوهش با هدف رسیدن به حداقل تعداد طول موج و کاهش نرخ بلوکه شدن مطرح شده است. در این بخش مراحل الگوریتم و همچنین شرایطی که برای ارایه‌ی این الگوریتم لازم است بیان شده است.

[29] O.Gerstel

۲-۳-۱- مفروضات در نظر گرفته شده درشبیه‌سازی

در این پژوهش برای بیان ویژگی‌های شبکه و نحوه‌ی کار الگوریتم پیشنهادی فرض‌هایی در نظر گرفته شده است که در ذیل به آنها اشاره شده است.

- برای نمایش شبکه، گراف بدون جهت$G(N,A)$ در نظر گرفته شده است که در آن N مجموعه‌ی تمام گره‌ها وA مجموعه‌ی تمام ارتباطات بین گره‌ها است. هر ارتباط به صورت(i,j) نمایش داده شده است و$i,j \in N$.
- f_i مجموعه‌ی گره‌هایی است که از گره‌ی i قابل دسترسی هستند.
- مقصد نهایی تمام اطلاعات به‌دست آمده ازمحیط ایستگاه اصلی است.
- یک ایستگاه اصلی وجود دارد.
- میزان انرژی هر گره در ابتدای قرار گرفتن در شبکه و شروع کار آن E_i است.
- Q_i نرخ تعداد بسته‌های داده‌ای است که توسط گره i به سمت ایستگاه اصلی فرستاده می‌شود. به طور معمول روش‌هایی که در آن اطلاعات به‌دست آمده از محیط به ایستگاه اصلی گزارش داده می‌شوند به

سه دسته تقسیم می‌شوند. این دسته‌ها عبارتند از :

- ✓ زمان محور[۳۰]: هر گره با نرخ ثابت و مشخصی اطلاعات به‌دست آمده از محیط را گزارش می‌کند.
- ✓ رویداد محور[۳۱]: گره زمانی داده‌های خود را ارسال می‌کند که توسط یک رویداد خاص تحریک شود.
- ✓ درخواست محور[۳۲]: زمانی داده ارسال می‌شود که ایستگاه اصلی و یا گره‌ی دیگری درخواست اطلاعات کند.

---

30 Time-driven

31 Event-driven

البته ممکن است در برخی از کاربردها ترکیبی از روش‌های گزارش اطلاعات استفاده شود .در الگوریتم پیشنهادی این پژوهش هر دو روش زمان محور و رویداد محور بررسی شده‌اند.

- ایستگاه اصلی از تعداد تمام نوری ها و مساحت محیط آگاهی دارد. به عبارت دیگر چگالی شبکه مشخص است. البته این آگاهی می‌تواند تقریبی باشد.
- محیط قرار گیری گره ها ی تمام نوری به صورت دو بعدی در نظر گرفته شده است.

۲-۴- جمع بندی

در این فصل انواع تئوری های مسیریابی وتخصیص طول موج به‌طور مختصر معرفی گردیدند و در هر گروه تعدادی از مقالات و روش‌هایی که در سال‌های اخیر مطرح شده‌اند و یا نتایج بهتری نسبت به دیگران ارایه کرده‌اند مورد بررسی قرار گرفتند.

با توجه به ویژگی‌های محیط و کاربرد شبکه‌ی تمام نوری، در این فصل هر دسته و الگوریتم‌های مربوطه بررسی شدند. در بیشتر الگوریتم‌های ارائه شده هدف نهایی الگوریتم کاهش بلوکه شدن و تعداد طول موج های شبکه است، بنابراین نتایج این روش‌ها می‌تواند معیار مناسبی برای ارزیابی الگوریتم ارائه شده در این پژوهش باشد.

همچنین شرایط در نظر گرفته شده برای شبکه‌های تمام نوری مورد مطالعه و بررسی این پژوهش ، مطرح شد. گام‌های الگوریتم و جزئیات مربوط به هرگام بیان گردید. در فصل بعد پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی بررسی خواهد شد.

---

[32] Query-driven

فصل سوم

توصیف روش پیشنهادی

۳-۱- مقدمه

شبکه های نوری به عنوان ستون فقرات نسل بعدی اینترنت شناخته می شود. دلیل اصلی این مساله ظرفیت پهنای باند بالایی است. در شبکه های نوری مسیریابی و تخصیص طول موج به ارسال داده ها در کانال های نوری گفته می شود. برای ایجاد یک مسیر نوری بدون مبدل موج، یک طول موج یکسان برای همه لینک های مسیر بکار می رود که این مطلب به محدودیت استمرار طول موج اشاره دارد. روش های مسیریابی و تخصیص طول موج را می توان به طور کلی به دو دسته تقسیم بندی کرد:

۱)ایستا : در این الگوریتم ها تمامی مجموعه ارتباطی از پیش تعیین شده است و چالش اصلی در آن ها تعیین یک مسیر نوری بهینه برای شبکه می باشد. مسیر بهینه می بایست کمترین تعداد فیبرهای نوری را داشته باشد.

۲)پویا : درخواست های ارتباطی به صورت تصادفی می رسند که موجب پیچیده شدن مساله مسیریابی و تخصیص طول می گردد. این الگوریتم ها اغلب مبتنی بر منطق هیوریستیک هستند.

به طور کلی سه دیدگاه در توسعه الگوریتم های مسیریابی وجود دارد:

۱)مسیریابی ثابت: در مسیریابی ثابت، یک مسیر ثابت واحد برای هر جفت مبدا-مقصد از پیش تعیین می شود. هر زمان که درخواست می رسد، مسیر ثابت مربوطه برای تخصیص طول موج مبادرت می ورزد. مسیریابی ثابت ساختاری ساده دارد و پیاده سازی آن آسان است اما احتمال بلوکه شدن در ان زیاد می باشد.

۲)مسیریابی ثابت-متغیر: مجموعه ای از مسیرها برای هر جفت مبدا-مقصد از پیش تعریف شده است و به ترتیب در لیستی در جدول مسیریابی گره های منبع ذخیره می شوند. وقتی یک درخواست ارتباطی می رسد، یکی از مسیرها از مجموعه مسیرهای از پیش محاسبه شده انتخاب می

شود. این دسته از الگوریتم های مسیریابی کارایی بیشتری نسبت به الگوریتم های مسیریابی ثابت دارند.

۳)مسیریابی تطابقی: در الگوریتم مسیریابی تطابقی، همین که درخواست ارتباطی ارسال می شود مسیر بر اساس وضعیت جاری شبکه محاسبه می گردد. از اینرو مسیریابی تطابقی بهترین کارایی را دارد. یکی از مشکلات این دسته از الگوریتم های مسیریابی پیچیدگی انها است که فاز پیاده سازی را دشوار می سازد.

مساله انتخاب مسیر و طول موج برای ایجاد ارتباط داخلی میان مبدا و مقصد یکی از چالش های مهم در شبکه های فیبری می باشد. ارائه یک راهکار جامع و بهینه برای این مساله می تواند از ایجاد گلوگاه در شبکه جلوگیری کند. مسیریابی در این شبکه ها اغلب در شرایطی اتفاق می افتد که به ندرت پهنای باند تغییر می کند و محدودیت زمانی سخت بر روی شبکه اعمال نمی گردد. به دلیل اینکه مساله مسیریابی و انتخاب طول موج از جمله مسایل NP[۳۳] سخت می باشد [۲۴] باید راهکاری کارا و موثر برای آن توسعه داده شود.

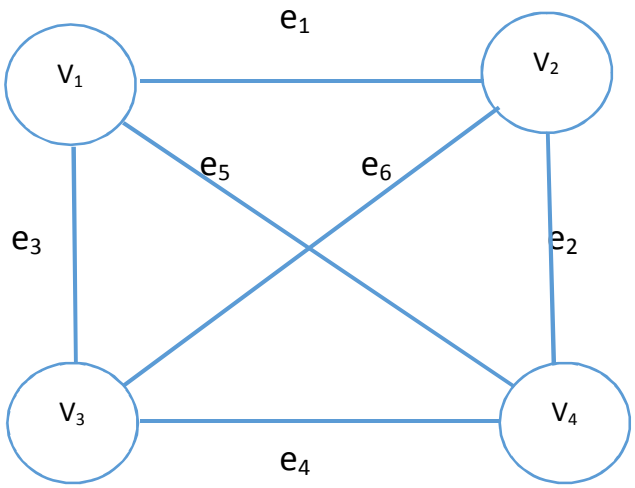
در این فصل قصد داریم تا روش پیشنهادی تحقیق را که مبتنی بر الگوریتم ژنتیک است معرفی کنیم. این فصل را با معرفی مدل گراف آغاز می کنیم و سپس الگوریتم پیشنهادی را به طور کامل مورد مطالعه قرار خواهیم داد.

۳-۲- مدل گراف

شبکه های کامپیوتری اغلب ساختارهایی مجتمع و پیچیده دارند که درک و تحلیل آنها را دشوار می سازد. بدین منظور در بسیاری از مقالات از ساختار گراف برای مدل سازی شبکه استفاده شده است. در مدل گراف هر نود $V=\{v_1,v_2,\ldots,v_n\}$بیانگر یک نود شبکه و هر یال $E=\{e_1,e_2,\ldots,e_n\}$ نشانگر رابطه میان دو نود است. نمونه ای از این مدل سازی در شکل ۳-۱ نشان

[33] Non-Deterministic Polynomial

داده شده است. همانطور که در شکل نشان دیده می شود مدل گراف شبکه ساختاری مبتنی بر DAG[۳۴] دارد. گراف DAG گرافی است که در آن هیچ طوقه ای وجود ندارد یعنی هیچ مسیری با راس ابتدا و انتهای یکی نداریم و همچنین یال ها بدون جهت می باشند.



شکل ۳-۱: یک نمونه از گراف مدل سازی شده

هر کدام از یال های گراف می توانند مقادیری را به خود اختصاص دهند که بیانگر یک مفهوم از پیش تعریف شده است. به عنوان مثال مقادیر تعریف شده بر روی هر یال می تواند مقدار تاخیر ارتباطی میان دو نود را بیان کند.

۳-۳- روش پیشنهادی

در این تحقیق قصد داریم تا یک راهکار نوین به منظور حل مساله مسیریابی و تخصیص طول موج گروهی در شبکه های تمام نوری ارائه دهیم. روش پیشنهادی تحقیق با بهره گیری از الگوریتم های بهینه سازی تکاملی که توانایی یافتن پاسخ بهینه سراسری را دارند، توسعه داده شده است. یکی از الگوریتم های تکاملی پرکاربرد الگوریتم ژنتیک می باشد که از فرایند انتخاب طبیعی الهام گرفته شده است. در این تحقیق، از الگوریتم ژنتیک چند هدفه برای یافتن مسیر و طول موج بهینه بهره

[34] Directed Acyclic Graph

برده شده است. الگوریتم های چند هدفه با بهره گیری از دو یا چند تابع هدف به دنبال یافتن پاسخی نزدیک تر به پاسخ مدنظر هستند.

الگوریتم ژنتیک پردازش خود را با جمعیت اولیه از پاسخ های تصادفی آغاز می کند که به هر کدام از این پاسخ ها کروموزوم گفته می شود. هر کروموزوم حاوی یک جواب ممکن برای حل مساله مورد مطالعه می باشد. در روش پیشنهادی هر کروموزم با یک بردار پیاده سازی شده است که شامل m درایه است که هر درایه یک ژن است. ساختار کروموزم در روش پیشنهادی در شکل ۳-۲ دیده می شود. هر کدام از خانه ها بیانگر یک نود در شبکه است. این نودها یک مسیر را از نود شروع به نود مقصد نشان می دهند.

n_1	n_2	.....	n_m

شکل ۳-۲ : ساختار کروموزوم در روش پیشنهادی

پس از ایجاد جمعیت اولیه از کروموزم ها، نوبت به سنجش و ارزیابی هر کدام می رسد. همانطور که ذکر شد، در الگوریتم پیشنهادی از چند تابع هدف برای ارزیابی کروموزم ها استفاده خواهد شد. این توابع به شرح زیر هستند:

۱) زمان تاخیر : زمانی است که ارسال یک بسته از نود مبدا به نود مقصد طول می کشد. هر چه زمان تاخیر کمتر باشد مسیر یافت شده نیز بهینه تر است

۲) طول موج مسیر : تنها پارامتر تاخیر نمی تواند در یافتن مسیر بهینه موثر باشد بلکه باید تعداد طول موج های مسیر نیز مناسب باشد. اگر W تعداد کل طول موج های روی یک لینک و fw_i تعداد طول موج آزاد روی مسیر i باشد آنگاه داریم :

$$\lambda_i = \alpha \frac{1}{l_i - l_i^{min} + 1} + (-\alpha) \frac{fw_i}{W} \quad (۱)$$

l_i طول مسیر i بین جفت گره مبدا-مقصد است. α نیز پارامتری است که بر اساس شاخص های اصلی شبکه طراحی مشخص می گردد. نحوه محاسبه این پارامتر به شرح زیر است(N تعداد نود ها در شبکه می باشد) [۲۵] :

$$\alpha > \frac{(w-1)(N-1)N}{W + (W-1)(N-1)N} \quad (۲)$$

۳) نرخ از دست رفتن بسته ها : یکی از فاکتورهای مهمی که میزان کیفیت مسیر در شبکه را تعریف می کند میزان از دست رفتن بسته ها است. از دست رفتن بسته ها می تواند ناشی از دلایلی مانند پربودن توده ی مسیرها[۳۵]، خطا در بیت های هدر و غیره باشد. اگر TP تمامی بسته هایی باشد که از لینک i عبور کرده اند و D تعداد بسته های از دست رفته باشد آنگاه داریم :

$$Dropped\ packet\ ratio = \frac{D}{TP} \quad (۳)$$

به دلیل اینکه از چندین تابع هدف در بخش ارزیابی کروموزوم ها استفاده شده است دیگر نمی توان از یک الگوریتم مرتبط سازی ساده بهره برد. بدین منظور در این تحقیق از روش بهینه سازی pareto استفاده شده است. بهینه سازی pareto هنگامی نیاز است که یک جواب در تمامی ارزیابی ها برتر نمی باشد. تمامی مقادیر ارزیابی شده در یک لیست دارای دو ابتدا ریخته می شود. اولین ابتدای لیست حاوی مجموعه عناصری است که برتری نسبت به دیگر ابتدا دارند. در بخش دیگر اعضای لیست به وسیله عناصر موجود در اولین ابتدا مغلوب گردیده اند. عناصر موجود در اولین

[35] Stack Routers

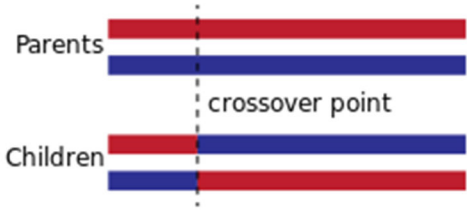
ابتدا مقدار ارزیابی ۱ را دریافت می کنند و عناصر موجود در دومین ابتدا مقدار ۰، پاسخ های برتر ، مقادیر یک را دارا می باشند.

پس از فاز ارزیابی، نوبت به عملیات کراس اور و جهش می رسد که از بخش های مهم و تاثیرگذار در بازدهی الگوریتم می باشند. عملیات کراس اور و جهش به منظور جلوگیری از همگرایی زودرس و ایجاد واگرایی در جواب ها انجام می گردد. شایان ذکر است که واگرایی بیش از حد در پاسخ ها نیز موجب عدم همگرایی الگوریتم و یافتن پاسخ بهینه می شود.

کراس اور یا ترکیب به یک عملیات ژنتیکی گفته می شود که با ترکیب اطلاعات دو والد، یک فرزند تولید می شود. این عملیات یک راهکار احتمالاتی برای ایجاد پاسخ های جدید از جمعیت اولیه کروموزوم ها است. روش های متعددی برای انجام عملیات کراس اور توسعه داده شده است که می توان به موارد پرکاربرد زیر اشاره کرد:

- تک نقطه ای
- دو نقطه ای
- کراس اور با استفاده از سه والد

در روش پیشنهادی، ما از کراس اور تک نقطه ای استفاده کردیم. در این روش دو کروموزوم به صورت تصادفی انتخاب می شود. یک نقطه به عنوان نقطه تغییر در نظر گرفته می شود و بقیه عناصر بعد از ان با عناصر کروموزوم دیگر عوض می شود. شکل ۳-۳ نحوه انجام عملیات کراس اور تک نقطه ای را نشان می دهد.



شکل ۳-۳ : نحوه انجام عملیات کراس اور تک نقطه ای

جهش یک عملیات ژنتیکی است که با هدف ایجاد واگرایی ژنتیکی از یک نسل از جمعیت به نسل دیگر انجام می گردد(این عملگر از رفتار جهش بیولوژیکی الهام گرفته شده است). جهش با یک احتمال از پیش تعریف شده بر روی جمعیت کروموزوم ها اعمال می شود که مقدار آن به صورت تجربی بدست می آید. یکی از مهم ترین فواید جهش جلوگیری از ماندن الگوریتم ژنتیک در مقدار کمینه محلی است. شایان ذکر است که انتخاب مقدار زیاد برای احتمال اعمال جهش موجب ایجاد جستجوی تصادفی می شود. عملیات جهش با تغییر یک ژن یا چندین ژن در یک کروموزم که به صورت تصادفی انتخاب شده است اجرا می شود. راهکار های مختلفی برای اجرای عملیات جهش بر روی کروموزم ها (تغییر یک بیت , روش محدوده) ارایه شده است. در روش پیشنهادی از روش تغییر یک بیت بهره بردیم. این روش به صورت زیر عمل می کند:

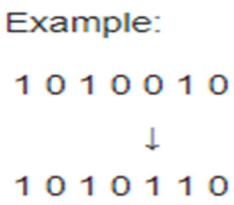
۱) یک کروموزوم به صورت تصادفی انتخاب می گردد.

۲) یک بیت آن به صورت تصادفی انتخاب می گردد.

۳) مقدار تصادفی جدید جای مقدار قبلی را می گیرد.

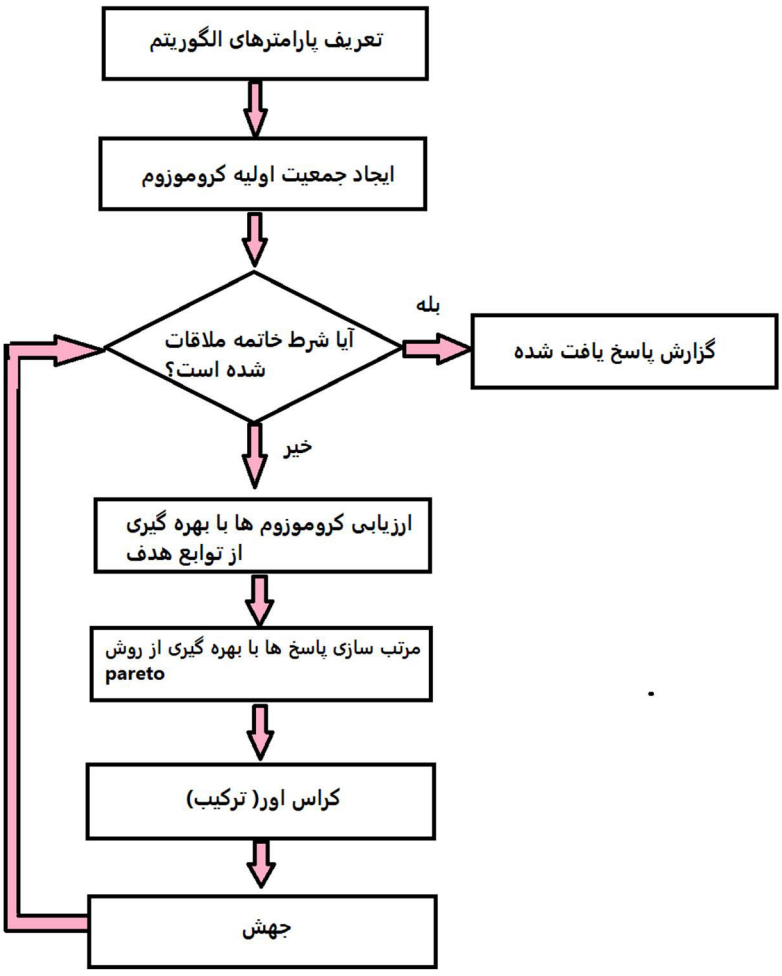
شکل ۳-۴ نحوه اجرای عملیات جهش را نشان می دهد. کروموزومی با ژن های 1010010 از جمعیت اولیه انتخاب و سپس یک بیت آن به صورت تصادفی تغییر داده شده است. نتیجه آن کروموزوم جدیدی با ژن های 1010110 می باشد.

الگوریتم ژنتیک ساختاری تکرار شونده دارد و مراحل ذکر شده آنقدر تکرار می گردد تا شرط خاتمه حاصل شود. شرط خاتمه می تواند تعریف یک مقدار آستانه بر روی مقدار تابع ارزیابی یا حداکثر دفعات تکرار باشد.



شکل ۳-۴: نحوه اجرای عملیات جهش

فلوچارت روش پیشنهادی در شکل ۳-۵ نشان داده شده است.



شکل ۳-۵ : فلوچارت روش پیشنهادی

همانطور که در شکل ۳-۵ دیده می شود اولین مرحله روش پیشنهادی تعریف پارامترهای الگوریتم ژنتیک است. این پارامترها در جدول ۳-۱ لیست شده اند.

جدول ۳-۱ : تعریف پارامترهای الگوریتم ژنتیک

پارامتر	توضیح
اندازه جمعیت کروموزوم	هر چه اندازه جمعیت کروموزوم ها زیادتر باشد انگاه بخش بیشتری از فضای مساله مورد جستجو قرار می گیرد که موجب یافتن پاسخ بهتری می شود. باید در نظر داشت که افزایش جمعیت زمان پردازشی الگوریتم را نیز افزایش می دهد
احتمال اعمال کراس اور	این پارامتر مقداری بین صفر تا یک دارد. اگر این مقدار به درستی انتخاب نشود آنگاه دقت الگوریتم به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت(به دلیل عدم ایجاد پاسخ های جدید و واگرایی در کروموزوم ها)
احتمال اعمال جهش	این پارامتر مقداری بین صفر تا یک دارد. اگر این مقدار به درستی انتخاب نشود آنگاه دقت الگوریتم به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت(به دلیل باقی ماندن الگوریتم در مقدار کمینه محلی)
بیشینه تکرار مجاز	یکی از شروط خاتمه در الگوریتم ژنتیک می باشد که هر چه مقدار آن بیشتر باشد آنگاه اعمال ژنتیکی بیشتری بر روی جمعیت اعمال می شود
آستانه همگرایی	یکی از شروط خاتمه در الگوریتم ژنتیک می باشد که به کمک آن می توان متوجه شد که پاسخ بهتر یافت می شود یا دیگر الگوریتم قادر به یافتن پاسخ بهتری نیست

۳-۴- نتیجه گیری

در این فصل ساختار الگوریتم پیشنهادی به طور کامل معرفی شد. از جمله نوآوری های مهم این روش می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱)بررسی پاسخ ها با بهره گیری از چندین تابع هدف

۲)مطالعه پارامترهای کیفیت سرویس دهی

۳)توجه به پارامترهای مسیریابی و تخصیص طول موج به طور همزمان

۴)مرتب سازی پاسخ ها با بهره گیری از روش pareto

فصل چهارم

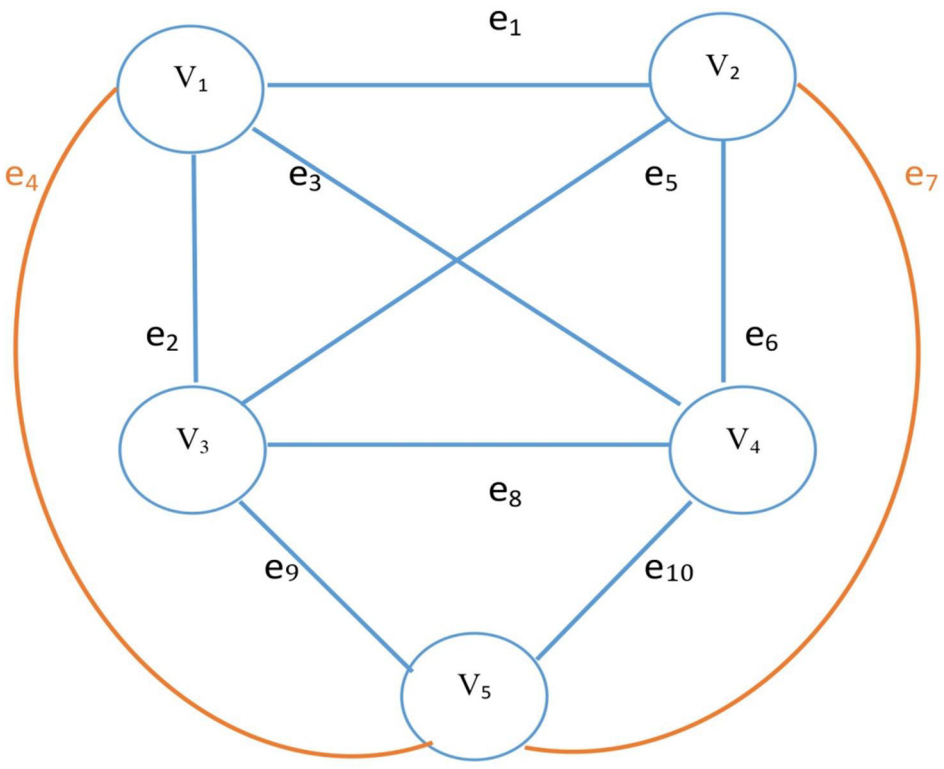
شبیه سازی و ارزیابی روش پیشنهادی

۴-۱- مقدمه

در این فصل قصد داریم تا گزارشی از نتایج بدست آمده از پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی را ارائه دهیم. پیاده سازی الگوریتم در نرم افزار متلب انجام شده است. متلب یک محیط چند پارادایمی پردازشی و زبان برنامه نویسی می باشد که توسط شرکت MathWorks توسعه شده است. متلب قابلیت پردازش ماتریس ها، پیاده سازی الگوریتم ها، ایجاد رابط کاربری و توسعه سامانه های هوشمند را به کاربران می دهد. در بخش ۴-۲ سناریو های مطالعه شده در این تحقیق را معرفی می کند. در بخش ۴-۳ نیز پارامترها و نتایج آزمایشگاهی پیاده سازی بیان شده است.

۴-۲- سناریو های مطالعه شده

اولین سناریو مطالعه شده در این تحقیق شامل پنج گره است که ساختار آن در شکل ۴-۱ نشان داده شده است.



شکل ٤-١: سناریو اول در حال مطالعه شامل پنج گره

در این سناریو یک ساختار ستاره ای که درآن نود شروع v_1 و نود پایان v_5 می باشد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته شده است. در این سناریو به هر لینک یک مقدار w ، fw ، l_{min} و l منحصر به فرد تخصیص داده شده است. اندازه ماتریس w و fw برابر n*n می باشد که درآن n تعداد نود های شبکه است. این دو ماتریس به صورت تصادفی مقداردهی می شوند. مقادیر دو ماتریس l_{min} و l به صورت تصادفی در زیر به ترتیب نمایش داده شده است.

$$
\begin{bmatrix}
0 & e_1 & e_2 & e_3 & e_4 \\
e_1 & 0 & e_5 & e_6 & e_7 \\
e_2 & e_5 & 0 & e_8 & e_9 \\
e_3 & e_6 & e_8 & 0 & e_{10} \\
e_4 & e_7 & e_9 & e_{10} & 0
\end{bmatrix}
$$

$$
\begin{bmatrix}
0 & 10 & 10 & 14 & 20 \\
10 & 0 & 14 & 10 & 20 \\
10 & 14 & 0 & 10 & 11 \\
14 & 10 & 10 & 0 & 11 \\
20 & 20 & 11 & 11 & 0
\end{bmatrix}
$$

$$
\begin{bmatrix}
0 & 10 & 10 & 20 & 25 \\
10 & 0 & 20 & 10 & 25 \\
10 & 20 & 0 & 10 & 15 \\
20 & 10 & 10 & 0 & 15 \\
25 & 25 & 15 & 15 & 0
\end{bmatrix}
$$

یکی دیگر از پارامترهایی که به هر لینک شبکه تخصیص داده می شود نرخ از دست رفتن بسته است. هرچه مقدار این نرخ کمتر باشد آنگاه کیفیت لینک بهتر خواهد بود. اندازه این ماتریس برابر با n*n است (که در این سناریو ۵*۵). مقادیر موجود بر روی قطر اصلی این ماتریس برابرصفر

می باشد که نشان می دهد که کیفیت ارسال لینک به خود را به حداقل می رساند تا در شبکه طوقه شکل نگیرد. مقادیر هر عنصر این ماتریس در بازه صفر تا یک است. ساختار ماتریس نرخ از دست رفتن بسته(dpr) در شکل ۴-۲ نشان داده شده است.

$$
\begin{bmatrix}
0 & d_1 & d_2 & \dots & d_n \\
d_1' & 0 & d_2' & \dots & d_n' \\
 & & \vdots & & \\
d_1^{n+1} & d_2^{n+1} & \dots & 0 &
\end{bmatrix}
$$

$$0< d_m , d_m', \dots , d_m^{n+1}<1$$

$$0<m<n+1$$

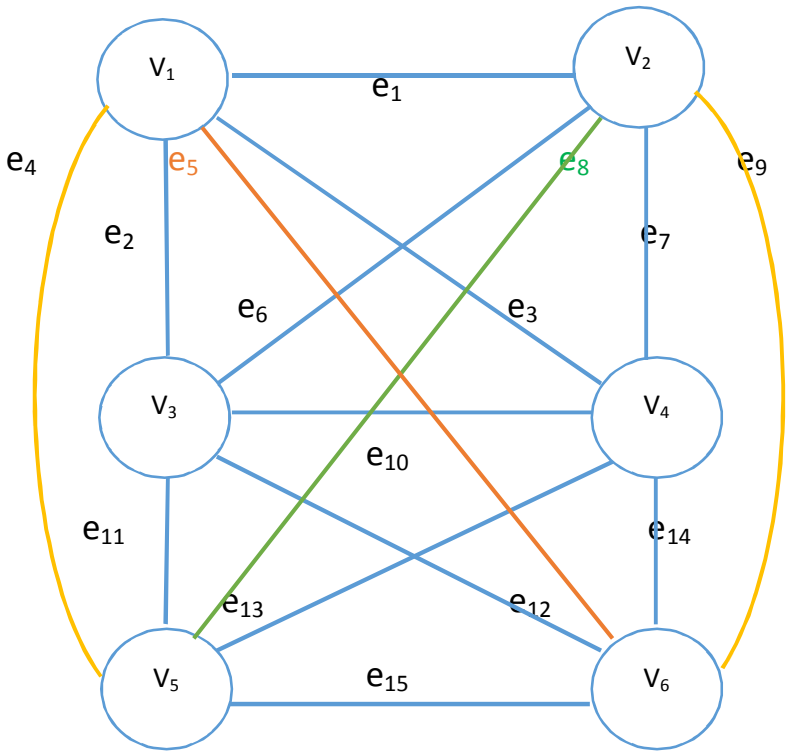
شکل ۴-۲ : ساختار ماتریس نرخ از دست رفتن بسته

نتایج مرتب سازی الگوریتم Pareto در جدول ۴-۱ نشان داده شده است. کروموزوم هایی که برچسب یک به آن ها تخصیص داده شده پاسخ های برتر و کروموزوم هایی که برچسب صفر دارند کروموزوم های بازنده می باشند.

جدول ۴-۱ : نتایج مرتب سازی الگوریتم pareto در سناریو اول

کروموزوم	برچسب
V_1,V_2,V_5	۱
V_1,V_1,V_5	۱
V_1,V_3,V_5	۰
V_1,V_4,V_5	۰
V_1,V_1,V_5	۱
V_1,V_2,V_5	۱
V_1,V_4,V_5	۰
V_1,V_1,V_5	۱
V_1,V_1,V_5	۱
V_1,V_4,V_5	۰
V_1,V_2,V_5	۰
V_1,V_4,V_5	۰
V_1,V_4,V_5	۰
V_1,V_2,V_5	۱
V_1,V_2,V_5	۱

سناریو دومی که برای ارزیابی روش پیشنهادی تعریف شده است شامل شش گره است که ساختار آن در شکل ۴-۳ دیده می شود. در این سناریو، پنج ماتریس w ، fw ، l_{min} ، l و dpr اندازه ای برابر با ۶*۶ دارند.



شکل ۴-۳ : سناریو دوم در حال مطالعه شامل شش گره

در این سناریو ارسال داده از گره v_1 آغاز می شود و به کمک الگوریتم مسیریابی و تخصیص طول موج، به گره مقصد v_6 داده را می رساند. اندازه کروموزوم ها برابر با ۴ در نظر گرفته شده که ژن اول و آخر آن گره های شروع و مقصد می باشند.

مقادیر دو ماتریس l و l_{min} به ترتیب به شرح زیر است:

$$[0\ e_1\ e_2\ e_3\ e_4\ e_5\ ;$$
$$e_1\ 0\ e_6\ e_7\ e_8\ e_9\ ;$$
$$e_2\ e_6\ 0\ e_{10}\ e_{11}\ e_{12}\ ;$$
$$e_3\ e_7\ e_{10}\ 0\ e_{13}\ e_{14}\ ;$$
$$e_4\ e_8\ e_{11}\ e_{13}\ 0\ e_{15}\ ;$$
$$e_5\ e_9\ e_{12}\ e_{14}\ e_{15}\ 0\ ]$$

$$[0\ 10\ 10\ 20\ 20\ 30;$$
$$10\ 0\ 20\ 10\ 30\ 20;$$
$$10\ 20\ 0\ 10\ 10\ 20;$$

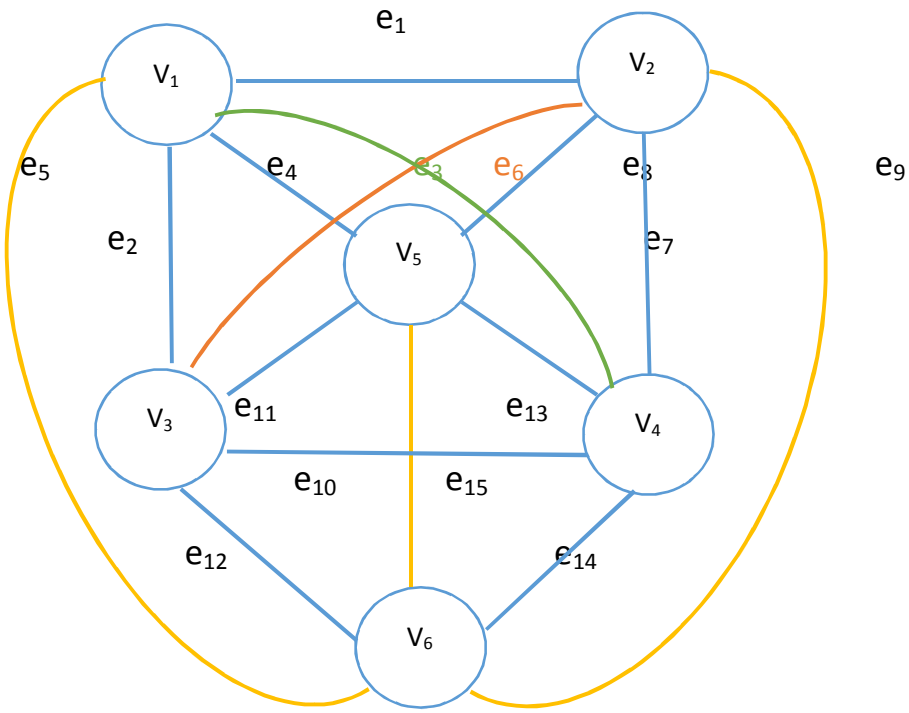
20 10 10 0 20 10;
20 30 10 20 0 10;
30 20 20 10 10 0]
[0 10 10 14 20 22;
10 0 14 10 22 20;
10 14 0 10 10 14;
14 10 10 0 14 10;
20 22 10 14 0 10;
22 20 14 10 10 0]

لیست کروموزوم های برتر و بازنده در جدول ۴-۲ گزارش داده شده است.

جدول ۴-۲ : نتایج مرتب سازی الگوریتم pareto در سناریو دوم

کروموزوم	برچسب
V_1,V_3,V_5,V_6	۱
V_1,V_3,V_4,V_6	۱
V_1,V_2,V_4,V_6	۰
V_1,V_3,V_3,V_6	۰
V_1,V_2,V_2,V_6	۰
V_1,V_3,V_4,V_6	۱
V_1,V_3,V_4,V_6	۱
V_1,V_2,V_4,V_6	۰
V_1,V_5,V_3,V_6	۰
V_1,V_3,V_5,V_6	۱
V_1,V_2,V_4,V_6	۰
V_1,V_4,V_2,V_6	۰

سناریو سومی که در این تحقیق مطالعه شده است در شکل ۴-۴ نشان داده شده است. در این سناریو، گره آغاز کننده V_1 و گره مقصد V_6 می باشد. اندازه کروموزوم ها برابر چهار در نظر گرفته شده که ژن اول و آخر آن V_1 و V_6 است.



شکل ۴-۴ : سناریو سوم در حال مطالعه شامل شش گره

ساختار کروموزوم های تصادفی تولید شده در زیر دیده می شود.

$[V_1, V_3, V_3, V_6]$

$[V_1, V_2, V_4, V_6]$

.

.

.

$[V_1, V_3, V_5, V_6]$

مقادیر دو ماتریس l و lmin نیز به ترتیب به شرح زیر است:

$[0\ e_1\ e_2\ e_3\ e_4\ e_5\ ;$

$e_1\ 0\ e_6\ e_7\ e_8\ e_9\ ;$

$e_2\ e_6\ 0\ e_{10}\ e_{11}\ e_{12}$;
$e_3\ e_7\ e_{10}\ 0\ e_{13}\ e_{14}$;
$e_4\ e_8\ e_{11}\ e_{13}\ 0\ e_{15}$;
$e_5\ e_9\ e_{12}\ e_{14}\ e_{15}\ 0$]

[0 10 10 20 10 25;
10 0 20 10 10 25;
10 20 0 10 10 10;
20 10 10 0 10 10;
10 10 10 10 0 10;
25 25 10 10 10 0]

[0 10 10 14 7 20;
10 0 14 10 7 20;
10 14 0 10 7 7;
14 10 10 0 7 7;
7 7 7 7 0 10;
20 20 7 7 10 0]

کروموزوم های برتر و بازنده در جدول ۴-۳ لیست شده اند.

جدول ۴-۳ : نتایج مرتب سازی الگوریتم pareto در سناریو سوم

کروموزوم	برچسب
V_1,V_3,V_3,V_6	۱
V_1,V_3,V_5,V_6	۱
V_1,V_5,V_5,V_6	۰
V_1,V_2,V_5,V_6	۰
V_1,V_2,V_4,V_6	۰
V_1,V_5,V_3,V_6	۰
V_1,V_3,V_4,V_6	۰
V_1,V_5,V_4,V_6	۰
V_1,V_3,V_5,V_6	۱
V_1,V_2,V_4,V_6	۰
V_1,V_3,V_4,V_6	۰
V_1,V_5,V_5,V_6	۰
V_1,V_2,V_2,V_6	۰

۴-۳- نتایج آزمایشگاهی

پیش از گزارش نتایج پیاده سازی، ابتدا قصد داریم تا مقادیر پارامترهای تاثیر گذار در نتایج تحقیق را معرفی کنیم. لیست این پارامترها در جدول ۴-۴ ارائه شده است.

جدول ۴-۴: مقادیر پارامترهای تاثیرگذار در شبیه سازی

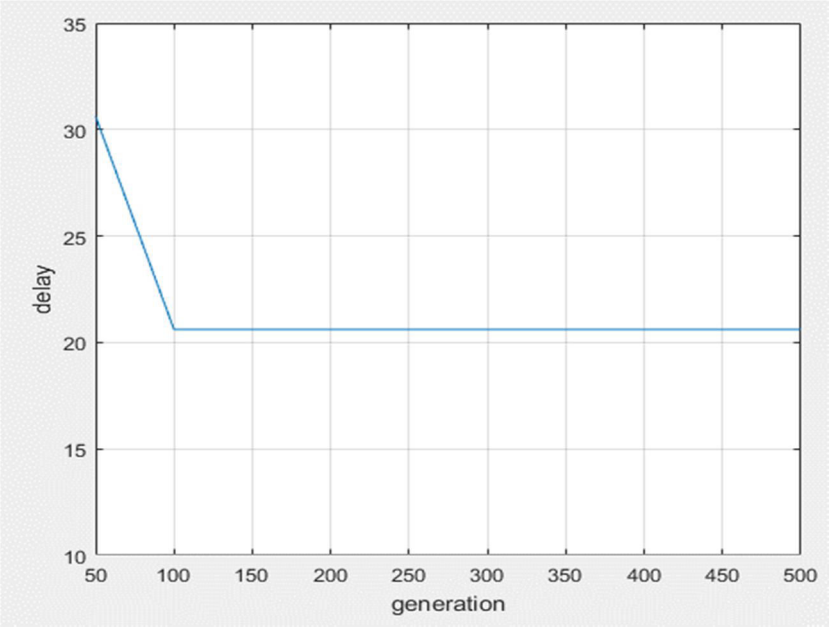
مقدار	پارامتر
۵۰۰	تعداد جمعیت
۱۰۰	تعداد نسل
۰.۵	احتمال اعمال جهش
۰.۵	احتمال اعمال کراس اور
تابع تاخیر تابع تخصیص طول موج نرخ از دست رفتن بسته	توابع هدف
روش کراس اور تک نقطه ای	روش کراس اور
روش جهش تغییر یک بیت	روش جهش
بهینه سازی pareto	روش مرتب سازی
ساختار داده ای وکتور	ساختار ذخیره سازی کروموزوم ها
در سناریو شماره ۱ : وکتوری با اندازه ۳*۱ در سناریو شماره ۲ : وکتوری با اندازه ۴*۱	اندازه کروموزوم ها

کروموزوم های برتر مواردی هستند که برچسب یک به انها تخصیص داده شده است. در سناریو اول دو کروموزوم به عنوان پاسخ بهینه انتخاب شده اند. پاسخ های بهینه و مقدار ارزیابی ان ها در جدول ۴-۵ نشان داده شده است.

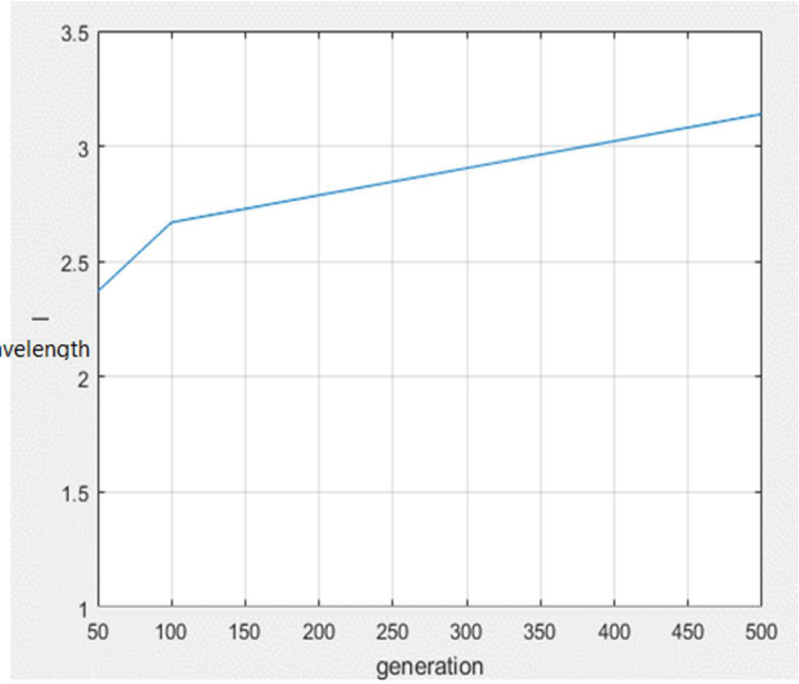
جدول ۴-۵ : پاسخ های بهینه و مقادیر ارزیابی در شبیه سازی

نرخ از دست رفتن بسته	طول موج	مقدار تاخیر	مسیر یافت شده
۰.۶۳	۲.۳۸	۲۰.۶۱	V_1 , V_5
۱.۱۲	۲.۳۷	۲۱.۱۸	V_1 ,V_3 , V_5

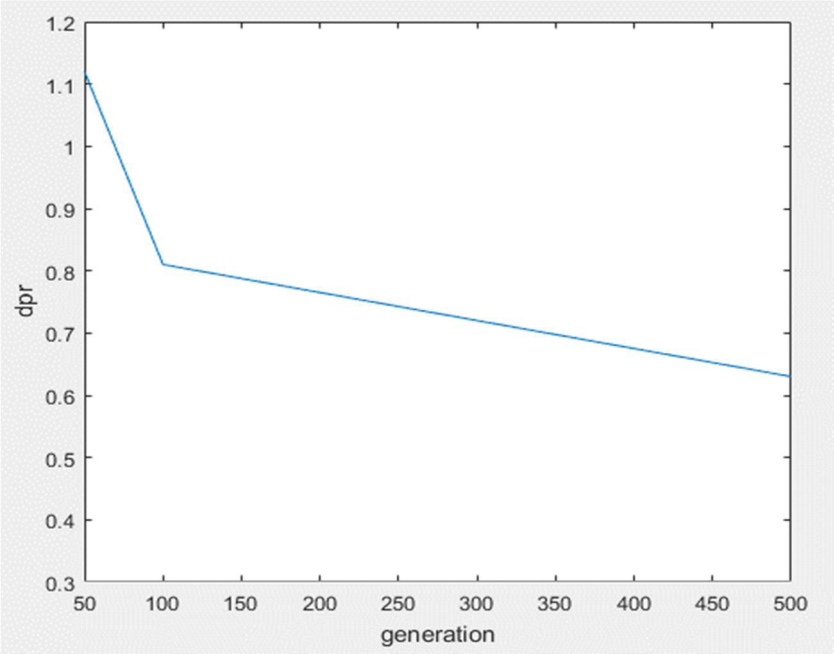
نمودار مقادیر سه تابع هدف تاخیر، طول موج و نرخ از دست رفتن بسته ها بر اساس تعداد نسل در شکل های ۴-۵ ، ۴-۶ و ۴-۷ نمایش داده شده است.



شکل ۴-۵ : نمودار تغییر تابع هدف تاخیر بر اساس تعداد نسل



شکل ۴- ۶: نمودار تغییر تابع طول موج بر اساس تعداد نسل

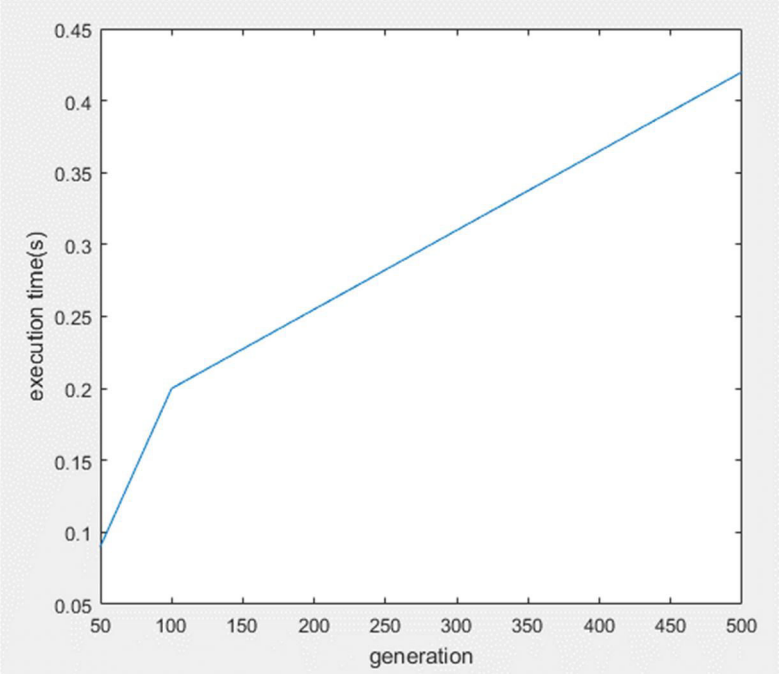


شکل ۴- ۷ : نمودار تغییر تابع نرخ از دست رفتن بسته ها بر اساس تعداد نسل

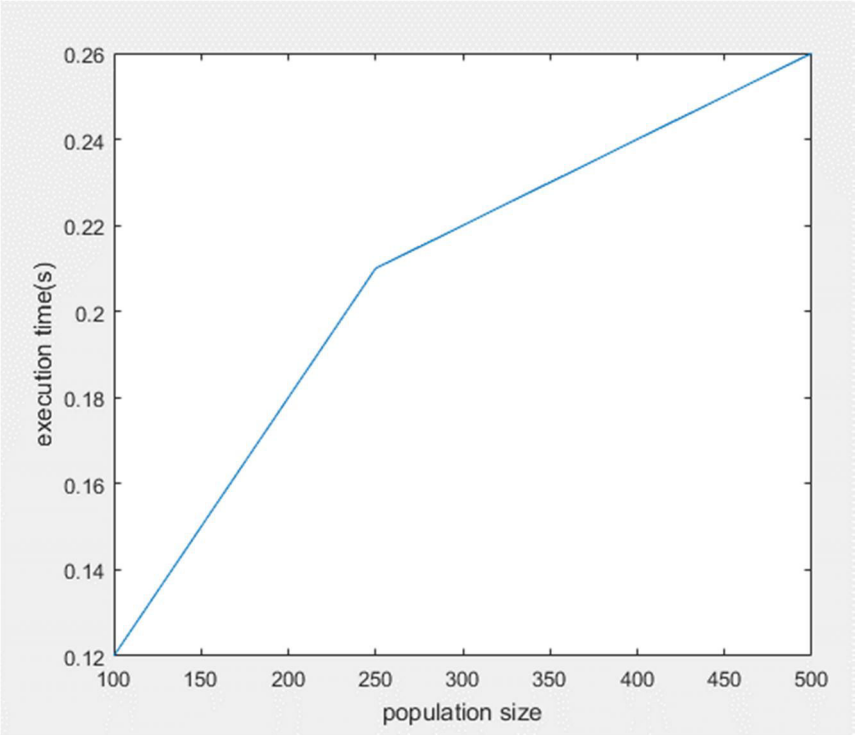
همانطور که در شکل ۴-۵ دیده می شود هر چه تعداد نسل ها افزایش می یابد مسیری با تاخیر کمتر یافت می گردد. هرچه تعداد نسل ها افزایش یابد موجب می شود تا فضای مساله بهتر

مورد جستجو قرار گیرد. تاثیر افزایش تعداد نسل در مقدار توابع ارزیابی طول موج و نرخ از دست رفتن بسته ها نیز در اشکال ۴-۶ و ۴-۷ دیده می شود. شایان ذکر است که الگوریتم پیشنهادی پس از مقدار ۵۰۰ نسل یا دفعات تکرار پاسخ بهتری را نسبت به نسل های قبلی نمی تواند بیابد.

یکی دیگر از پارامترهای مهمی که در سنجش میزان کارایی الگوریتم پیشنهادی تاثیر گذار است زمان پردازشی لازم برای یافتن مسیر بهینه در شبکه می باشد. مقدار زمان پردازشی بر اساس دو پارامتر تعداد نسل و تعداد کروموزوم ها سنجیده ونتایج آن در شکل های ۴-۸ و ۴-۹ گزارش داده شده است.



شکل ۴- ۸ : نمودار تغییر زمان پردازشی بر اساس تعداد نسل



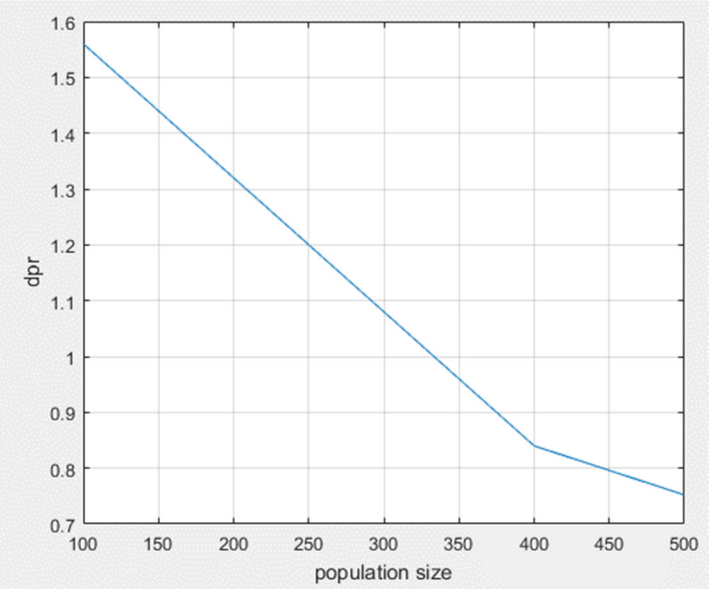
شکل ۴- ۹ : نمودار تغییر زمان پردازشی بر اساس تعداد کروموزوم ها (سایز جمعیت)

در شکل ۴-۸ ،تعداد کروموزوم ها ثابت و برابر با ۱۰۰ می باشد. در شکل ۴-۹ ، تعداد دفعات تکرار ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. همانطور که مشاهده می شود هر چه تعداد نسل و اندازه جمعیت کروموزوم ها افزایش یابد موجب افزایش زمان پردازشی می گردد.

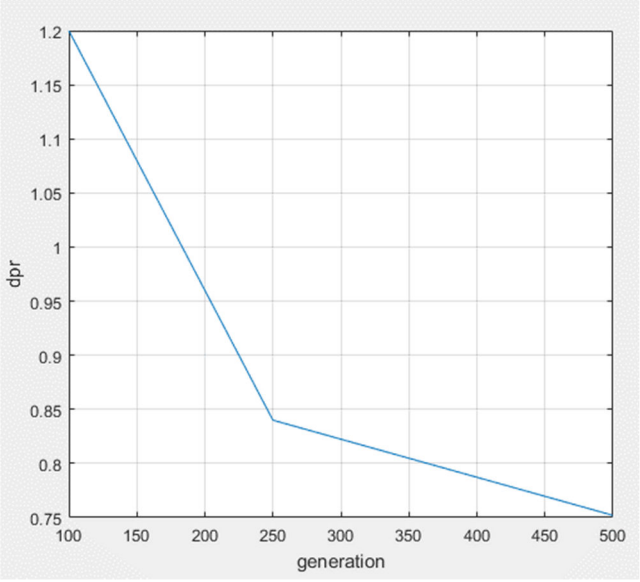
میزان تاثیر جمعیت کروموزوم ها و تعداد نسل ها در کیفیت سرویس دهی نیز در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته شده است. کیفیت سریس دهی با پارامتر نرخ از دست رفتن بسته سنجیده شده است و نتایج آن در شکل ۴-۱۰ و ۴-۱۱ دیده می شود. در این اشکال، مقدار dpr از مجموع نرخ از دست رفتن بسته ها در تمامی لینک های مسیر بهینه حاصل می گردد(به همین دلیل مقدار dpr بیشتر از یک شده است).

در شکل ۴-۱۲ ، تعداد نسل ها تغییر می کند اما تعداد کروموزوم ها ثابت می باشد(تعداد جمعیت برابر با ۱۰۰ می باشد). همانطور که دیده می شود هرچه تعداد نسل و جمعیت پاسخ ها

افزایش یابد مجموع نرخ از دست رفتن بسته ها در مسیر بهینه را کاهش می دهد. شایان ذکر است که تاثیر تعداد جمعیت در یافتن مسیر با کیفیت سرویس دهی بهینه بیشتر است.



شکل ۴- ۱۰ : نمودار تغییر تابع نرخ از دست رفتن بسته بر اساس تعداد کروموزوم ها (سایز جمعیت)



شکل ۴- ۱۱ : نمودار تغییر تابع نرخ از دست رفتن بسته بر اساس تعداد نسل

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهاد راهکار آینده

۵-۱- نتیجه گیری

در چند سال اخیر، مسیریابی در شبکه های نوری به یکی از چالش های اصلی این شبکه ها تبدیل شده است. ارائه یک الگوریتم مسیریابی بهینه موجب بهبود بازدهی و برون دهی شبکه های نوری می گردد. تحقیقات پیشین ثابت کرده اند که مساله مسیریابی از مرتبه NP سخت است و یافتن پاسخ بهینه در فضای مساله کاری دشوار می باشد. این مساله در شرایطی که یک نود مبدا قصد دارد به چندین نود مقصد داده ارسال کند، دشوارتر نیز می گردد. متاسفانه مسیریابی چند مقصدی در ادبیات تحقیق به ندرت مورد مطالعه قرار گرفته شده است.

الگوریتم های تکاملی از جمله الگوریتم های پردازشی هستند که از فرایند انتخاب طبیعی الهام گرفته شده اند و با بهره گیری از ساختار توزیع شده محاسباتی، دقت و بازدهی بالاتری نسبت به الگوریتم های کلاسیک جستجو دارند. یکی از الگوریتم های پرکاربرد تکاملی الگوریتم ژنتیک است که پردازش خود را با جمعیت تصادفی از کروموزوم ها اغاز می کند. سپس با اعمال توابع ارزیابی، انتخاب، کراس اور و جهش پاسخ بهینه را می یابد.

در این تحقیق، یک الگوریتم مسیریابی و تخصیص طول موج با بهره گیری از الگوریتم ژنتیک چند هدفه پیشنهاد شده است. الگوریتم پیشنهادی قابلیت یافتن مسیر از یک نود مبدا به چندین نود مقصد را در یک اجرا دارد.سه تابع هدف تاخیر، طول موج و نرخ از دست رفتن بسته ها برای ارزیابی کروموزوم ها مورد استفاده قرار گرفته شده و مرتب سازی آنها نیز به کمک روش pareto صورت می پذیرد [۲۶] . به منظور جلوگیری از همگرایی زودرس الگوریتم پیشنهادی، از دو عملیات جهش (تغییر یک بیت) و کراس اور (تک نقطه ای) استفاده شده است.

پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی در نرم افزار متلب انجام گردیده است. متلب یک محیط چند پارادایمی پردازشی و زبان برنامه نویسی می باشد که توسط شرکت MathWorks توسعه شده است.

متلب قابلیت پردازش ماتریس ها، پیاده سازی الگوریتم ها، ایجاد رابط کاربری و توسعه سامانه های هوشمند را به کاربران می دهد.

سناریو های مختلفی برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی در نظر گرفته شد که در فصل چهارم به طور کامل نتایج آن ها مورد بررسی قرار گرفته شده است. علاوه بر سه تابع ارزیابی ذکر شده، زمان پردازشی الگوریتم نیز بر اساس دو پارامتر تعداد نسل و اندازه جمعیت کروموزوم ها سنجیده شده است.

نتایج آزمایشگاهی تحقیق ثابت کرده اند که نه تنها روش پیشنهادی قادر است که مسیر بهینه از لحاظ طول موج، کیفیت لینک و تاخیر را بیابد بلکه زمان پردازشی ان نیز مناسب می باشد (با نرخ نخی نسبت به تعداد نسل و اندازه جمعیت تغییر می کند).

همچنین مقایسه میان روش پیشنهادی و روش ارائه شده در مقاله[۲۷] صورت گرفته شده است که نتایج آن در جدول ۵-۱ نشان داده شده است.

جدول ۵-۱: مقایسه میان روش پیشنهادی با روش ارائه شده در مقاله [۲۷]

روش	مسیر بهینه یافت شد	زمان پردازشی
روش پیشنهادی(پنج نود)	بله	۰.۱۲
شعبانی و همکاران(پنج نود)	خیر	۰.۰۸
روش پیشنهادی(شش نود)	بله	۰.۱۸
شعبانی و همکاران(شش نود)	خیر	۰.۱۳

۵-۲- کارهای آتی

پیشنهاد می شود تا از دیگر روش های عملیات کراس اور استفاده چند نقطه ای یا کراس اور با سه والد استفاده شود و پارامترهای جدید دیگر را در نظر بگیریم مانند پارامترهای فیزیکی شبکه که در بهینه سازی و شبیه سازی تاثیر گذار است.

شبیه و سازی و ارزیابی با در نظرگرفتن کاربردهای مختلف شبکه مانند کاربرد نظامی که تاخیر از اهمیت بیشتری نسبت به هزینه ی در برگرفته ی شبکه برخوردار است.

همچنین می توان الگوریتم های تکاملی دیگر مانند MEMETIC (مبتنی برجمعیت)[۲۸] ، NSGA[۳۶] (الگوریتم فراابتکاری) [۲۹] یا MOGA[۳۷] [۳۰] نیز با این پارامترها مطالعه شود و دقت آن در سناریو های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد.

[36] Non-dominated Sorting Genetic Algorithm
[37] Multi Objective Genetic Algorithm

مراجع

[1] A.K.Somani," Survivability And Traffic Grooming In WDM Optical Networks" ,Cambridge University Press 2005.

[2] R. Ramaswami, N.Kumar ,Sivarajan,"Optical Networks",second edition,2002.

[3] R. C. Alferness, H. Kogelnik, &T. H. Wood,"The Evolution of Optical Systems:nOptics Everywhere", Bell Labs Technical Journal, Vol. 5, No. 1, p. 188-201, Jan/March, 2000.

[4] B. Wen & K.M.Silingam,"Routing, Wavelength and Time-Slot Assignment in time division multiplexed Wavelength-routed optical WDM network" ,In Proceedings of IEEE INFOCOM' 02,June, 2002.

[5] S.Subramanian , A.Richard & Bary," Wavelength Asignment In Fixed Routing WDM Networks", IEEEJ, Select.Areas Commun , vol.14,no.5, p.406-410, june,1997.

[6] B.Mukherjee,"Optical WDM Networks",Speringer 1st ED,2006.

[7] A. Birman ,"Computing Approximate Blocking probabilities for a class of All-Optical Networks", IEEE Journal on selected Areas In Communications, P. 852-857, 1996.

[8] A.Mukhtar & M.Azizoglu,"Adaptive Wavelength Routing in All Optical Networks" ,IEEE/ACM Trans.Networking,VOL.6,no2,PP. 197-206, April,1998.

[9] P. Datta ,"Survivability Approaches for Multiple Failer in WDM Optical Networks " ,Phd Disseration, Iowa State University,2005.

[10] H. Zhang, J. P. Jue & B. Mukherjee," A review of routing and wavelength assignment approaches for wavelength-routed optical WDM networks In Optical Network" ,Magazine,Vol. 1, No. 1,2000.

[11] E. Asuman, Ozdaglar , P.Dimitri & Bertsekas .” Routing and Wavelength Assignment in Optical Networks. In Networking”,IEEE/ACM Transactions; 2003, Vol. 11, No. 2

[12] L. Ruan & Ding-Zhu Du," Optical Networks", Recent Advances, 2001.

[13] Y. Chen ,"Multicast Routing Algorithm Based On Genetic Algorithm",International Journal of Future Generation Communication and Networking ,Vol.8, p. 83-92, No. 6 ,2015.

[14] S. Barat, S. Ghosh, T. Dutta &T. De ,"An Efficient Multicast Routing Technique Using Genetic Algorithm over WDM Mesh Networks", Member, IACSIT,Journal of Advances in Computer Networks, Vol. 3, No. 1, March 2015.

[15] A. Younes Hamed ,"A genetic algorithm for finding the k shortest paths in a network",27April 2011.

[16] B. Farrell ,Yi Huang ,M. Iwen, Ting Wang , Lisa Zhang & Jintong Zheng, "Wavelength Assignment in Optical Network Design", Journal, Vol. 1, p. 49-65 ,2009.

[17] K. Hirata & Dewiani, "Dynamic Routing and Wavelength Assignment in Multifiber WDM Networks with Wavelength Conversion Capability",Network and Communication Technologies,Vol. 1, No. 2, 2012.

[18] R.Ramaswami & K.N.Sivarajan,"Routing and Wavelength assignment in all-optical networks",IEEE/ACM Transactions on Networking, p. 489-500 ,oct.1995.An earlier version appeared in Proceedings of IEEE Infocom'94.

[19] A.Aggarwal,A.Bar-Noy,D.Coppersmith,R.Ramaswami,B.schieber & m.sudan,"Efficient routing and scheduling Algorithms for optical networks",In proceedings of 5th annual ACM-AIAM Symposium on discrete Algorithms, p. 412-423,Jan.1994.

[20] R.Ramaswami & G.H.Sasaki,"Multiwavelength optical networks with Limited wavelength conversion",In Proceedings of IEEE Infocom, p. 490-499,1997.

[21] A.Tuker,"Coloring a family of circular arcs",SIAM Journal on Applied Mathematics,29(3),p. 493-502,1975.

[22] G.Li & R.Simha,"On the wavelength assignment problem in multifiber WDM star and ring networks",In Proceedings of IEEE Infocom,2000.

[23] O.Gerstel,G.H.Sasaki,S.Kutten, & R.Ramaswami,"Worst-case analysis of dynamic wavelength allocation in optical networks",.IEEE/ACM Transactions on Networking, 7(6):833-846,Dec.1999.

[24] G. Rouskas, "Optical Layer multicast: rationale, building blocks, and challenges",IEEE Network 17(1), 60{65 (2003).

[25] D. Bisbal, et al, "Fair Routing and Wavelength Assignment in Optical Networks by Means of Genetic Algorithms", Proc. Int. Conf. on Networks & Optical Communications, p. 37-43, June. 2002.

[26] Podinovskii, V. V., & Nogin, V. D. (1982)." Pareto-optimal solutions of multicriteria problems", Moscow: Sci.

[۲۷] شعبانی. مژگان, "مسیر یابی و تخصیص طول موج در شبکه های نوری با استفاده از الگوریتم های ژنتیک", اولین کنفرانس ملی دانش پژوهان کامپیوتر و فناوری اطلاعات, تبریز, دانشگاه تبریز, ۱۳۹۰.

[28] P.Moscato, C.Cotta & A.Mendes, 2004,"Memetic algorithms. In New optimization techniques in engineering" ,p. 53-85, Springer, Berlin, Heidelberg.

[29] K. DebPratap, A. Agarwal & S. Meyarivan, T. A. M. T. 2002. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. IEEE transactions on evolutionary computation, 6(2),p. 182-197.

[30] T.Murata, H.Ishibuchi, (1995, November). MOGA," multi-objective genetic algorithms", In Evolutionary Computation, 1995, IEEE International Conference on Vol. 1, p. 289, IEEE.

Abstract

Today, optical networks are widely used in the transmission of Internet، telephony and television signals. This proliferation of optical networks has led to the massive flow of information in these networks, that lack of proper management of which could disrupt the transmission of packets. For this reason, routing and wavelength assignment in optical networks has become one of the most important challenges in recent years. Optimum routing in optical networks improves the outflow، efficiency and does not cause bottlenecks. In this research, a new algorithm for routing and wavelength assignment based on multi-objective genetic algorithm is proposed. The target function such as delay، wavelength and the packet loss rate to evaluate the chromosomes is considered. These target functions examine the quality of service ، delay and the proper wavelength of the path selection with the lowest wavelength for sending. Sorting the response This is done using the PARETO method that reports the list of optimal responses.

Implementation of the proposed algorithm in MATLAB software and different scenarios are considered in order to evaluate the accuracy of the proposed routing algorithm. Laboratory results have proved that multi-objective evaluation of responses will cause the answers found to be closer to the optimal responses

Keywords: All-Path Network- Routing- Allocation wavelength-Genetic Algorithm

Shahrood University Of Technology
Faculty Of Electrical Engineering and Robotics
MSC.Communications

Genetic Algorithm Approach to Multicast Routing and Wavelength Assignment in All Optical Networks

by:
Soheila sadat Hoseini

supervisor:
Dr.Omid reza Marouzi

September 2018