نشریه علمی علوم و فنون نقشه برداری، دوره یازدهم، شماره ۳، اسفند ماه ۱۴۰۰ - مقاله پژوهشی

مکان‌یابی و تخصیص ترمینال فیبر نوری(FAT) براساس مسائل میانه و پوشش در یک سیستم اطلاعات مکانی تحت‌وب

ابوذر رمضانی*[۱]، شهربانو حامدی[۲]، بهاره حامدی[۲]، آزاده قدیمی[۳]

[۱] استادیار گروه ژئوماتیک - دانشکده فنی‌ومهندسی - دانشگاه سید جمال‌الدین اسدآبادی
aramezani@sjau.ac.ir

[۲] کارشناس ارشد مهندسی نقشه‌برداری - موسسه آموزش عالی علوم و فناوری آریان - بابل
shahrbano.hamedi79@gmail.com
bahare.hamedi92@gmail.com

[۳] دانشجوی دکتری GIS - دانشکده محیط زیست و انرژی - دانشگاه علوم و تحقیقات - تهران
azd.ghadimi@gmail.com

(تاریخ دریافت تیر ۱۴۰۰، تاریخ تصویب آبان ۱۴۰۰)

چکیده

روند رو به رشد تکنولوژی و صنعت مخابرات منجر به کاربرد سیستم های نوری شده است تا بدین وسیله امکان انتقال اطلاعات با پهنای باند بالا در نقاط دور فراهم شود. با توجه به مزایای بستر ارتباطی فیبر نوری نسبت به سیم مسی، تکنولوژی فیبر تا خانه (FTTH) به تازگی ظهور کرده است و شهروندان بسیاری متقاضی اینترنت مبتنی بر فیبر نوری هستند. نصب و توسعه تکنولوژی فیبر تا خانه نیازمند بررسی پارامترهای متعددی است که این پارامترها مکان‌مبنا بوده و مشارکت الکترونیک شهروندان را نیز امکان پذیر نماید. از طرفی این تکنولوژی دارای تجهیزات گران‌قیمتی است که اگر به شکل مناسب توزیع نشود می‌تواند زیان مالی مخابرات و نارضایتی شهروندان را به همراه داشته باشد. با استفاده از تحلیل‌های مکان‌مبنا و یک سامانه تحت وب می‌توان این مشکلات را کاهش داد.

مهمترین نوآوری این تحقیق مکانیابی و تخصیص بهینه ترمینال فیبر نوری(FAT) در قالب یک سامانه مکانی تحت وب است. جهت بهینه‌سازی، مکانیابی FAT به شکلی انجام خواهد شد که با کمترین تعداد FAT، بیشترین تقاضا (مسئله پوشش) در کمترین فاصله از مفاصل فیبر نوری (مسئله میانه) پوشش داده شود. از مزایای سامانه پیشنهادی کاهش زمان استقرار تجهیزات و بدون انجام بازدید حضوری، کاهش هزینه‌های مخابرات، تکریم ارباب رجوع و پوشش بهینه شهروندان متقاضی سرویس است. نتایج نشان از رضایت ۸۷ درصدی متقاضیان نسبت به سامانه مذکور دارد و همچنین کاهش ۵۰ درصدی در هزینه و زمان راه‌اندازی سرویس به همراه داشته است. به طوریکه محدوده‌ای که با دو عدد FAT و حدود ۲۰ روز کاری پوشش داده می‌شود، با استفاده از مدل پیشنهادی با یک FAT در ۷ روز کاری پوشش داده می‌شود.

واژگان کلیدی: بهینه‌سازی، مکان‌یابی و تخصیص، مخابرات، مشارکت شهروندان، سیستم اطلاعات مکانی تحت‌وب

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

خدمات ارتباطی با توجه به پیشرفت روزانه زندگی بشر نقش مهمی را در جامعه کنونی ایفا می‌نماید. امروزه مخابرات یکی از ارائه‌دهندگان خدمات ارتباطی به شمار می‌آید. بی‌شک این نقش مبتنی بر ابزار و امکانات مختلف ارتباطی و مخابراتی است[۱].

پیشرفت تکنولوژی مخابراتی با هدف ارتقا کیفیت زندگی بشر صورت گرفته و بدنبال این هدف امکان دسترسی انسان‌ها به یکدیگر بسیار ساده و سهل شده و بعبارت دیگر این امکان را مهیا نموده تا انسانها تقریبا در هر زمان و مکان باهم ارتباط برقرار کنند. درحال حاضر در ظرف کمتر از چند ثانیه، امکان برقراری ارتباط از یک نقطه به یک نقطه دیگر جهان پهناور به راحتی صورت می‌گیرد که سیستم‌های مخابراتی را از یک سیستم ساده انتقال صوت به یک سیستم چند رسانه‌ای تبدیل کرده است.

امروزه به منظور انتقال اطلاعات از بستر سیم مسی استفاده می‌شود که به دلیل داشتن محدودیت های فراوان ازجمله محدودیت فاصله و هزینه بالای اجرایی و نگهداری، دیگر گزینه مناسبی برای روند رو به رشد نقاضا به نظر نمی‌رسد. در مقابل تکنولوژی فیبر نوری با سرعت بالا، کمترین میزان مصرف انرژی و افزایش پهنای باند، کاربران و شرکت‌های اینترنتی را جهت استفاده از یک سرویس بهتر ترغیب نموده است[۲]. فیبر نوری یکی از محیط‌های انتقال داده با سرعت بالا است و در موارد متفاوتی نظیر شبکه‌های تلفن شهری و بین‌شهری، شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت استفاده می‌شود[۳].

با ظهور تکنولوژی فیبر نوری و استفاده از آن در شبکه‌های دسترسی، مسیرهای انتقال تلفیقی فیبر و کابل مسی ایجاد گردید و درادامه مسیر انتقال تماما فیبر، بین اپراتور و مشترک ایجاد شد و تکنولوژی فیبر نوری تا خانه[۱] به عنوان یک خدمات برتر ارتباطی مورد توجه قرار گرفت[۲]. تکنولوژی فیبرنوری تا خانه، در مقایسه با کابل های مسی، توان انتقال انبوهی از اطلاعات شامل صوت، ویدیو و داده را با هزینه یکسان اما با کارایی بالاتری دارا است[۴].

در این تکنولوژی تعیین بهینه محل ترمینال فیبر نوری[۲] یکی از کلیدی‌ترین گام‌های بهبود پوشش FTTH در شبکه مخابراتی و افزایش کارایی زیرساخت‌های مخابراتی شهری است. چراکه نتایج این تصمیم در دراز مدت اثرات بسزایی در بعد اقتصادی، محیط زیست و مسائل اجتماعی خواهد داشت[۵].

در حال حاضر پس از مراجعه افراد متقاضی سرویس FTTH به مخابرات، کارشناسان به موقعیت متقاضی مراجعه کرده و پس از بررسی وضعیت پوشش فیبر نوری، نوع و ویژگی‌های فیزیکی ساختمان‌ها همچون ارتفاع و تعداد بلوک‌ها، ویژگی‌های جمعیت از نظر سن، شغل و تعداد نفرات، موقعیت بهینه FAT را طراحی می‌نمایند. این روش به دلیل نیاز به بازدیدهای میدانی، زمان زیادی جهت نصب FAT صرف می‌کند. همچنین برآورد هزینه‌های کابل‌کشی، فیوژن‌بندی و هزینه‌های اجناس ازجمله خود FAT، تقسیم‌کننده و کابل فیبرنوری نیازمند تحلیل‌های مکان‌مبنا است. پوشش بهینه زمانی امکان پذیر است که تعداد درخواست‌های موجود در یک محدوده پوششی مشترک، مشخص باشد که نیاز به یک سیستم اطلاعات مکانی تحت وب را بیشتر مشخص می‌کند.

فناوری جدیدی که امروزه بطور روزافزون مورد توجه و استفاده برنامه‌ریزان قرار دارد، سیستم اطلاعات مکانی تحت‌وب است که در حال حاضر تسهیلات زیادی را در زمینه ارائه خدمات و اطلاعات مکان محور، ایجاد نموده است. به منظور دسترسی گسترده‌تر، سریع‌تر و ارزان‌تر و ایجاد اطمینان بیشتر از به‌روز بودن داده‌ها و اطلاعات، استفاده از محیط‌های وب و ارائه قابلیت‌های تحت این محیط‌ها روز به روز در حال توسعه است[۶].

با توجه به گسترش زیرساخت‌های مخابراتی استفاده از سیستم اطلاعات مکانی دراین نوع سازمان‌ها که دارای حجم عظیم اطلاعات مکانی و توصیفی بوده و وظیفه نگهداری از تاسیسات و خدمات‌رسانی به شهروندان را دارند، امری ضروری است[۷]. مکان‌یابی و تخصیص بهینه با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی در مسائلی که پارامترهای مکان‌مبنا دارند راه‌حل مناسبی است [۸]. بنابراین اگر مکان‌یابی و تخصیص ترمینال فیبر نوری با کمک یک سیستم اطلاعات مکانی تحت‌وب صورت گیرد

---

۱ Fiber to the Home

۲ Fiber Access Terminal

منجر به متمرکز شدن اطلاعات موردنیاز، صرفه‌جویی در منابع، زمان و هزینه می‌گردد و فواید اقتصادی و اجتماعی جهت تکریم ارباب رجوع به همراه دارد[۱].

با این توصیفات دو هدف عمده در این تحقیق دنبال می‌شود که شامل مکان‌یابیFAT برای به حداقل رساندن مصرف فیبر نوری تا مکان پیشنهادی(مسئله میانه) و استفاده از کمترین تعداد FAT جهت ایجاد بیشترین پوشش(مسئله پوشش) برای متقاضیان تکنولوژی FTTH است.

ساختار این تحقیق به این ترتیب است که در بخش اول کلیات تحقیق بیان شده است. در بخش دوم پیشینه تحقیق بیان شده است. در بخش سوم معرفی منطقه مورد مطالعه، روش انجام تحقیق، جامعه آماری مورد استفاده، نحوه تهیه اطلاعات و توابع هدف مورداستفاده بیان شده است. در بخش چهارم به نتایج و تحلیل داده‌ها پرداخته شده است. در بخش پنجم به نتیجه‌گیری کلی و ارائه راهکارهای لازم پرداخته‌شده است.

۲- پیشینه تحقیق

در ژوئن سال ۱۹۹۳ تکنولوژی تولید نقشه[۱] کنشی[۲] بر روی اینترنت مورد استفاده قرار گرفت. مرکز تحقیقاتی PARC[۳] برای اولین بار صفحه‌ی وبی با نقشه‌ی پویا[۴] ارائه کرد و اولین سایت تولید نقشه‌ی تحت‌وب، بر پایه HTML[۵] بود که دارای لینک‌هایی برای حالت‌های بزرگنمایی، نمایش لایه‌ها، جستجو و مانند آن بود. تحقیقات متعددی در زمینه به‌کارگیری سامانه اطلاعات مکانی تحت‌وب جهت افزایش رضایت‌مندی شهروندان و کاهش هزینه‌ها انجام شده است. برای نمونه، تاثیر ایجاد شهر الکترونیک و مشارکت شهروندان در تصمیمات عمومی شهر[۹]، ثبت گزارشات در شهرهای هوشمند جهت بهبود مدیریت[۱۰]، جمع‌آوری زباله‌های شهری[۱۱] و امکان خرید از سوپرمارکت‌ها در قالب یک سیستم اطلاعات مکانی تحت‌وب [۱۲] از جمله تحقیقات در زمینه افزایش مشارکت و رضایت‌مندی شهروندان است. مسلما افزایش رضایت‌مندی شهروندان در استفاده از خدمات عمومی از ارائه خدمات بهنگام حاصل می‌شود. درنتیجه شهر الکترونیک تأثیرات فراوان اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی برای شهر به دنبال خواهد داشت. همچنین این امر باعث کاهش آلودگی محیط زیست، کاهش ترافیک، کاهش زمان تلف شده شهروندان و عرضه بهتر خدمات می‌شود.

توسعه تحلیل‌های مکان‌مبنا در سامانه‌های تحت‌وب چالش‌های فراوانی به همراه دارد. در تحقیقی یک سامانه مسیریابی جهت هدایت دوچرخه‌سواران طراحی شده که از آنالیزهای شبکه همزمان با نمایش داده‌ها در محیط وب استفاده کرده است[۱۳]. آنالیز شبکه دارای ساختار مشخصی است که در این تحقیق تحلیل‌های مبتنی بر آن توسعه یافته است. لیو و همکاران یک طرح مدیریت ترافیک مبتنی بر وب را ارائه کردند[۱۴]. در تحقیقی دیگر از Web GIS به عنوان ابزاری به منظور یافتن امن‌ترین مسیر استفاده شده است. هدف این پژوهش ایجاد وب‌سایتی برای مسیریابی مردم بوده است که بتواند مسیری که در معرض امواج کمتری است به مردم پیشنهاد دهد[۱۵]. چانگ[۶] و همکاران(۲۰۱۱)، تاثیر تغییرات آب وهوایی بر روی سیستم حمل ونقل شهری را با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی تحت‌وب مورد بررسی قرار دادند[۱۶]. سیستم طراحی شده توسط این محققان قادر است میزان بارش و سیلاب‌های شهری را با دریافت ورودی مختلف شبیه‌سازی نماید. طراحی این سیستم بر بستر وب، روند حرکت سیلاب را پیش‌بینی کرده و رانندگان می‌توانند مسیر خود را تعیین نمایند و از گرفتار شدن در سیل در امان باشند. دلیپترو[۷] و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از نرم‌افزارهای Open Source، سامانه مکانی تحت‌وب به منظور نگهداری منابع آب هلند طراحی نمود [۱۷]. این سامانه با قابلیتهای ویرایش و حذف و ذخیره‌سازی داده‌های مکانی، جستجو و دانلود نقشه‌ها، سرویس مناسبی برای بهینه‌سازی توزیع منابع آب است. این تحقیقات توانسته‌اند تحلیل‌های مکانی پایه را در یک سامانه اطلاعات مکانی تحت‌وب پیاده‌سازی کنند، اما تحقیق حاضر توانسته مکان‌یابی و تخصیص بهینه را تحت‌وب پیاده‌سازی کند.

پس از ظهور تکنولوژی فیبر تا خانه با توجه به هزینه تجهیزات آن، موضوع بهینه‌سازی مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفت. در تحقیقی مسئله مکان‌یابی و تخصیص بهینه

۱ Mapping
۲ Interactive
۳ (Xerox Palo Alto)
٤ (Dynamic)
٥ Hyper Text Markup Language

٦ chang
۷ Delipetrev

تقسیم‌کننده‌های فیبر نوری بررسی شده است [۱۸]. این بهینه‌سازی با تعریف یک تابع هدف به دنبال استقرار مناسب تقسیم‌کننده‌ها است تا موجب کاهش تعداد آنها در یک شبکه شود. در تحقیق مذکور جهت محاسبه هزینه از اتصالات غیر خطی استفاده شده است. در حالیکه در تحقیق پیش‌رو مبنای محاسبات فاصله شبکه‌ای بوده که پیچیدگی بیشتری دارد. در مطالعه‌ای دیگر جهت بهینه‌سازی هزینه‌های نصب FTTH مدلی مبتنی بر MIP[۱] ارائه شده است [۱۹]. هدف از آن کاهش هزینه‌های مربوط به تجهیزات فیبر نوری در بخش‌های مختلف است. استفاده از سیستم‌های برنامه‌ریزی اتوماتیک جهت کاهش هزینه و زمان نصب تجهیزات فیبرنوری یک راه‌حل بسیار مناسب است. نعیم و همکارانش به بررسی بازخوردهای توسعه یک سامانه برنامه‌ریزی خودکار در افزایش رضایت مشترکین و کاهش هزینه‌ها پرداخته‌اند[۲۰]. در این تحقیق با تعریف یک تابع هدف سعی در کاهش هزینه‌های مربوط به تجهیزات دارند. از آنجایی که پارامترهای تاثیرگذار در بهینه‌سازی تجهیزات فیبرنوری به نوعی به مکان ارتباط دارند استفاده از یک سامانه مبتنی بر تحلیل‌های مکانی می‌تواند راهگشا باشد.

چاردی[۲] و همکاران، بهینه‌سازی محل نصب تقسیم‌کننده‌ها در شبکه FTTH را بررسی نمودند. این موضوع با مدیریت تقاضای مشتریان در محدوده تحت پوشش FTTH مورد مطالعه قرار گرفت و با کمترین هزینه بیشترین خروجی از تقسیم‌کننده‌ها پیاده‌سازی شد[۲۱]. البته در تحقیق مذکور از سیستم اطلاعات مکانی تحت‌وب استفاده نشده است و بهینه‌سازی آنی نبوده است.

توان و قابلیت‌های سیستم اطلاعات مکانی می‌تواند با تکنولوژی مخابراتی ترکیب شده و شرکت‌های مخابراتی را قادر سازد تا در بازار رقابتی موجود، خدمات و سرویس‌های خود را بهنگام نموده و در عرصه رقابت باقی بمانند[۲۲]. کاربرد سیستم اطلاعات مکانی در مخابرات شامل دو جنبه است. یک مسئله فراهم کردن سرویس‌های مکان‌مبنا در مخابرات است و کاربرد دیگر کمک در سنجش، جهت مدیریت و برنامه‌ریزی زیرساخت‌های مخابراتی است [۲۳]. همچنین تحقیقی جهت مدیریت و برنامه‌ریزی شبکه تلفن در صربستان با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی انجام شده است [۲۴].

تحقیق حاضر نسبت به تحقیقات گذشته دارای نوآوری‌هایی است. توابع هدف توسعه داده شده در این تحقیق مبتنی بر پارامترهای مکانی جهت بهینه‌سازی موقعیت ترمینال فیبر نوری انجام شده است. با مکان‌یابی و تخصیص FAT به صورت آنی و در قالب مسائل میانه و پوشش مدلی مناسب جهت کاهش هزینه‌های مخابراتی ارائه شده است. از طرفی سامانه مذکور می‌تواند در حوزه شهرهای هوشمند مورد استفاده قرار بگیرد. این سامانه با مشارکت شهروندان و کارشناسان مخابرات یک فضای قابل دسترس برای عموم مردم جهت آگاهی از وضعیت پوشش FTTH فراهم کرده است. از مزایای دیگر سامانه مذکور، کاهش بروکراسی‌های اداری و هزینه‌های رفت و آمد کارشناسان مخابرات و افزایش سطح تکریم ارباب رجوع است.

۳- مواد وروش ها

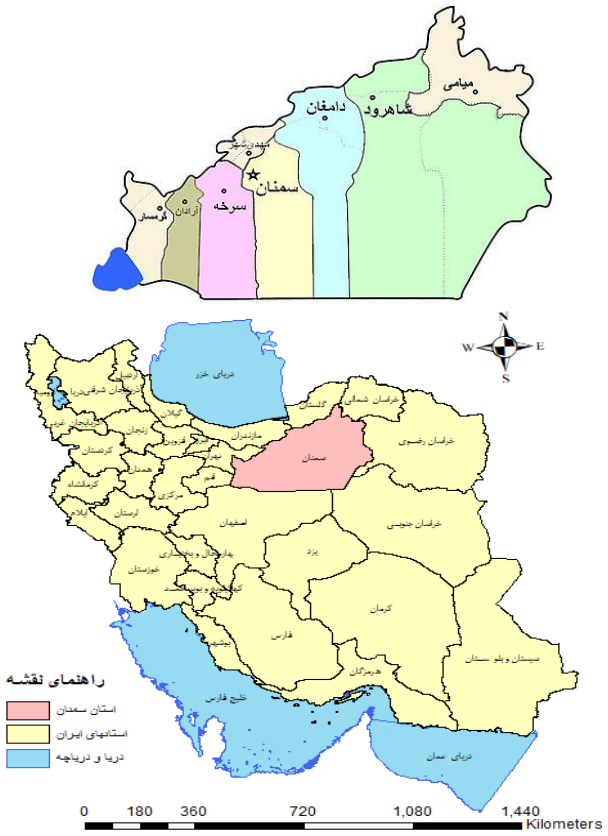
دراین بخش ابتدا به معرفی و شناخت وضعیت موجود محدوده مورد مطالعه پرداخته می‌شود و سپس به معرفی مواد و ابزار مورد استفاده در انجام پژوهش اختصاص دارد و در نهایت روش انجام پژوهش ارائه می‌گردد.

۳-۱- منطقه موردمطالعه

محدوده مطالعاتی در استان سمنان و شهر سمنان واقع شده است. استان سمنان یکی از استان‌های ایران است که در بخش مرکزی کشور ایران واقع شده است. این استان به طور تقریبی بین مدارهای ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۷ درجه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی واقع شده و با مساحتی برابر ۹۶۸۱۵ کیلومترمربع، ۵/۹ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده و از این جهت ششمین استان کشور است. شهر سمنان مرکز استان سمنان و نیز مرکز شهرستان سمنان است که در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه، واقع شده است. این شهر در جنوب رشته کوه البرز و شمال دشت کویر در راه تهران به خراسان قرار گرفته است (شکل ۱).

---

۱ Mixed-Integer Programming
۲ Chardy



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه

۳-۲- مواد و ابزار تحقیق

پارامترهای موثر در بهینه‌سازی مکان‌یابی و تخصیص FAT، بلوک شهری، موقعیت FAT، موقعیت فیبر نوری، موقعیت متقاضیان و موقعیت مفاصل فیبر نوری هستند. نرم‌افزارهای مورد استفاده جهت پیاده‌سازی Visual Studio 2012، GeoServer2.10.1، PostgreSQL، PG Admin، Mozilla Firefox هستند. همچنین زبان‌های برنامه‌نویسی مورد استفاده CSS،HTML JavaScript، Asp MVC، Razor است.

۳-۳- برنامه نویسی WebGIS

برای راه‌اندازی یک سامانه‌مکانی تحت‌وب در گام نخست باید یک واسط کاربری طراحی شود. برای ایجاد صفحه‌ی وب از زبان HTML که تا حد امکان سبک و کاربر پسند است استفاده شده و برای زیبایی صفحات از زبان CSS استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از زبان Java Script برای پیاده‌سازی امکانات پیشرفته در صفحات وب بهره برد. تمامی این کد ها با استفاده از نرم‌افزار Visual Studio قابل پیاده‌سازی است.

برنامه نویسی سمت سرویس‌دهنده و ارتباط با پایگاه داده و انجام تحلیل وپردازش‌ها با تکنولوژی Asp MVC و NpgSql قابل پیاده‌سازی است. هر پروژه در تکنولوژی MVC شامل سه زیرمجموعه Controller، View و Model است. برنامه‌نویسی سمت سرویس‌گیرنده با زبان Java Script و با استفاده از کتابخانه‌های Open layer و Turf انجام می‌شود. Open Layers یک کتابخانه ساختاریافته با کارایی بالا است که نمایش نقشه در سطح شبکه اینترنت را با یک رابط کاربرپسند و ساده و با استفاده از پایگاه داده‌های مختلف فراهم می‌کند.

Client یا سرویس‌گیرنده در واقع همان مرورگرهای نصب شده بر روی سیستم کاربران است که وظیفه انتقال درخواستها به وب سرور را بر عهده دارد. در این سامانه سرویس گیرنده کارشناسان مخابراتی هستند که درخواست خود به منظور مکان‌یابی ترمینال فیبر نوری را بر اساس تعداد تقاضای مشاهده شده بروی هر بلوک ساختمانی به سمت سرور ارسال می‌نمایند.

Data Base server همان پایگاه داده، محل ذخیره و چهارچوب مدیریت داده‌ها است. این پایگاه داده می‌تواند مجموعه‌ای از داده‌ها را با فرمت‌های مختلف وکتوری (نقطه، خط، پلیگون) و رستری (عکسهای هوایی وماهوارهای) ذخیره نماید. پایگاه داده مکانی پشتیبان اصلی برنامه Web GIS است، به علت اینکه کیفیت پاسخ نهایی برنامه Web GIS می‌تواند فقط وابسته به کیفیت خوب اطلاعات ذخیره شده در پایگاه داده مکانی اشد .در این پروژه اطلاعاتی چون مختصات ترمینال فیبر نوری، اطلاعات بلوک شهری،محل مفاصل فیبر نوری و مسیر فیبر نوری در پایگاه داده مکانی Post GIS ذخیره می‌شود.

Geo server یا وب سرور درخواست‌های مرتبط با GIS را به سرور ارسال می‌کند. سرور داده‌های مورد نیاز خود را از پایگاه داده فراخوانی می‌کند و درخواست را که ممکن است تولید نقشه، اجرای یک Query و انجام دادن یک آنالیز باشد را انجام می‌دهد.

۳-۴- توابع هدف

در مدل پیشنهادی سه تابع هدف که دو تابع هدف در قالب مسائل پوشش و میانه و یک تابع هدف ترکیبی از آنها است جهت بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در مسئله پوشش فاصله بهینه FAT از فیبر نوری باید کمتر از ۱۸۰ متر باشد[۲۵]. این موضوع در رابطه ۱ بیان شده است.

Maximize number of Covered Block:

$$\{ \forall i \in B \mid (P_i - P_F < 180) \} \quad (1)$$

که در آن منظور از P موقعیت مکانی، B بلوک، i مرکز بلوک که کاندیدای نصب FAT و P_Fموقعیت فیبر است.

در تابع هدف دوم که در قالب مسئله میانه است، موقعیت بهینه FAT باید طوری تعیین شود که مجموع فواصل مراکز بلوک تا موقعیت FAT کمینه شود (رابطه ۲).

$$\text{Maximize number of Covered Block: } \{ \forall i \in B \mid (P_i\text{-}P_F < 180)\} \quad (۲)$$

که در آن j موقعیت نقاط متقاضی اینترنت تحت فیبر نوری و D_{ij} فاصله موقعیت متقاضی و FAT در محل بلوک است. m تعداد نقاط منتخب جهت نصب FAT و n تعداد متقاضیان تکنولوژی فیبر نوری است.

همچنین جهت افزایش درآمد مخابرات یک تابع هدف دیگر تعریف شده است که در آن سایر شرایط که منجر به بهبود بهینه‌سازی می‌شود در نظر گرفته شود (رابطه ۳). در این تابع هدف افزایش درآمد مخابرات بر اساس نوع و تعداد کاربران متقاضی و کاهش هزینه کابل‌کشی تا متقاضیان است.

$$Maximize\ (\sum_{i=1}^{m} w_i \mathrm{k} - \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} D_{ij}) \quad (۳)$$

در این رابطه W ارزش کاربری هر یک از بلوک‌های مورد بررسی است که با استفاده از جدول ۱ مشخص می‌شود و K تعداد تقاضا در هر بلوک است.

جدول ۱- ارزش کاربری های بلوک شهری

نوع کاربری	ارزش
مسکونی	۱
تجاری	۲
دولتی	۳

مسئله‌ای که می‌بایست مورد توجه قرار بگیرد، تغییرات جمعیتی و ساختمانی در موضوع مورد مطالعه است. هدف مدل پیشنهادی، بهینه‌سازی مکان‌یابی و تخصیص FAT است، که با توجه به تعداد تقاضای ثبت شده در یک محدوده انجام می‌شود. لذا می‌تواند نسبت به مدل‌های معمول کارایی بسیار بالاتری داشته باشد. اما در صورتیکه تغییراتی در منطقه رخ بدهد، بهینه‌سازی بر اساس تغییرات جدید شکل خواهد گرفت و سامانه قابلیت ارائه خدمات به متقاضیان جدید را دارا خواهد بود.

۳-۵- مدل مفهومی

در ابتدا پس از ثبت تقاضای شهروندان، با استفاده از تابع تقاطع حریم ۱۸۰متری فیبر نوری و بلوک متقاضی، وضعیت پوشش‌دهی متقاضی بررسی می‌شود (تابع هدف اول). در صورت عدم پوشش، انتقال فیبر نوری به محل متقاضی در دستور کار مخابرات قرار می‌گیرد. درصورت تحت پوشش بودن، بلوک جهت تحلیل‌های بعدی انتخاب می‌شود. سپس وضعیت وزن بلوک‌ها با استفاده از تابع حریم و تقاطع بررسی می‌شود. این عملیات در دوسمت بلوک مورد تقاضا تا فاصله ۲۰ متری درصورت وجود بلوک متقاضی دیگر انجام می‌شود. سپس با استفاده از تابع Distance فاصله نقطه وسط هر بلوک با مفاصل شهری تا شعاع ۱۸۰متری محاسبه شده و طبق مسئله میانه، میانگین مقدار فاصله مرکز این بلوک‌ها تا مفاصل محاسبه و مطابق جدول ۲ ارزش‌دهی می‌شود.

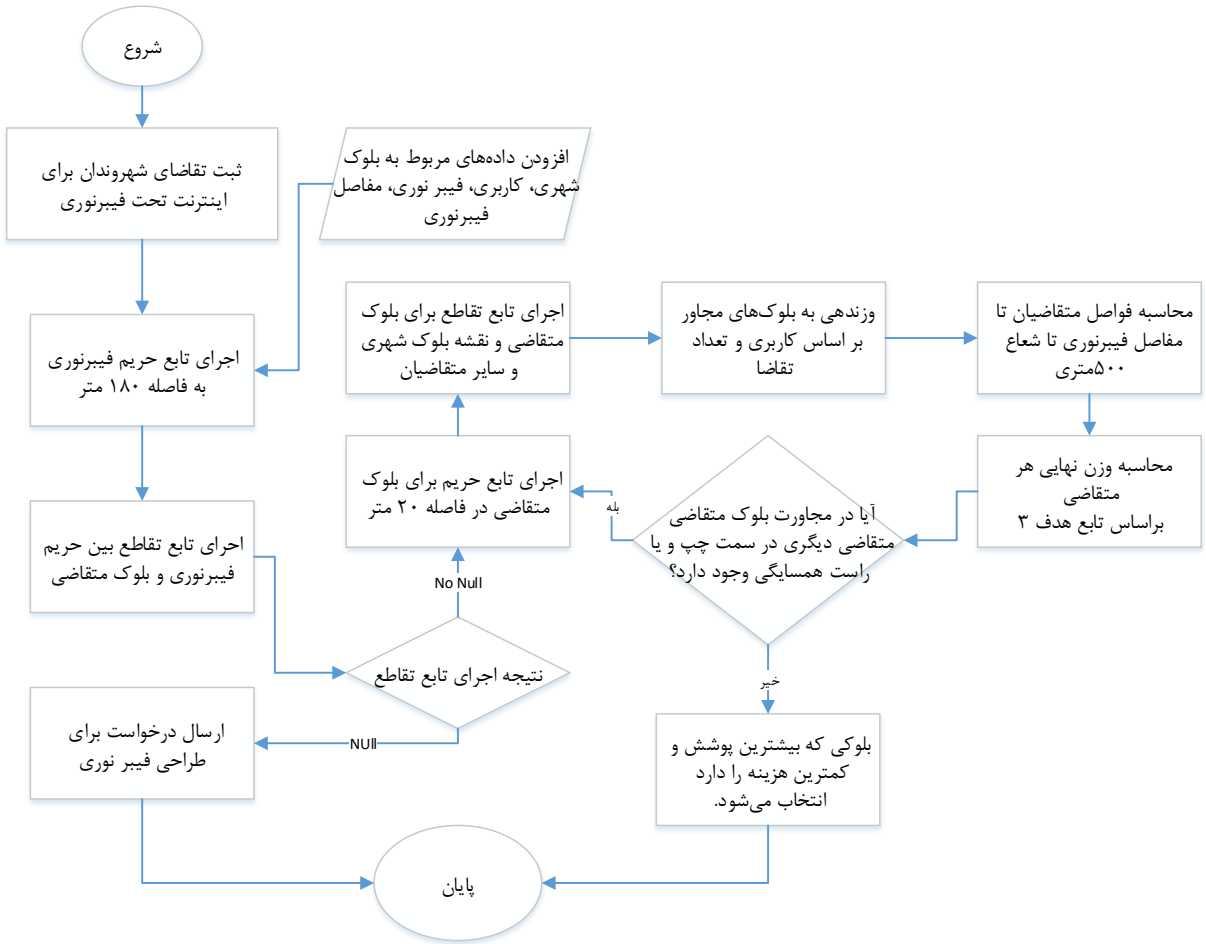
در مرحله بعدی با استفاده از تابع هدف سوم، بلوکی که بیشترین ارزش را داشته باشد به عنوان بلوک نهایی انتخاب شده و FAT در آن مکان مستقر می‌شود.

جدول۲- ارزش مقدار میانگین فاصله مرکز بلوک با مفاصل

مقدار میانگین فاصله مرکز بلوک با مفاصل در شعاع ۱۸۰متری	ارزش
0<d<30	۰
30<d<60	۱
60<d<90	۲
90<d<120	۳
120<d<150	۴
150<d<180	۵

۳-۶- طراحی مدل مفهومی سیستم

در این مرحله با توجه به نیازها و نقشی که برای طراحی سامانه در نظرگرفته شده است، طرح کلی سیستم ترسیم می‌گردد. هدف در این مرحله تعیین معماری کلی سیستم و مشخص نمودن اجزاء آن است. این مرحله به منزله راهنمای گام به گام برای طراحی سیستم و رفع خطاهای احتمالی است. مدل مفهومی در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل۲- مدل مفهومی روش پیشنهادی

۳-۷- آماده سازی داده‌ها

داده‌های مورد نیاز از سازمان‌ها و ادارات مربوطه (شامل شرکت مخابرات،مسکن وشهرسازی) تهیه گردید. از آنجا که این داده‌ها از ارگان‌های مختلف جمع‌آوری شده‌اند، نیازمند اصلاحات اولیه هستند. انتخاب روش آماده‌سازی و پردازش اطلاعات، بستگی به نوع داده‌ها و همچنین دقت و فرمت خروجی دارد. بر همین اساس به منظور آماده‌سازی داده‌ها، زمین مرجع کردن، تعریف سیستم مختصات واحد برای تمام ورودی‌ها، ترسیم و ویرایش عوارض و تبدیلات نقشه‌ها از فرمت CAD به فرمت استاندارد و انجام توپولوژی مورد نیاز است.

۴- پیاده‌سازی و بحث

در این بخش، به‌منظور پیاده‌سازی سامانه نرم‌افزارهای مورد نیاز بروی Windows Server نصب گردید. سپس داده‌های مربوط به بلوک شهری، فیبر نوری و مفاصل در پایگاه داده بارگزاری شد و به منظور اضافه کردن داده‌های مکانی افزونه Post GIS برروی Postgre SQL نصب گردید. واسط کاربری برای ارتباط با این پایگاه داده نرم‌افزار Pg Admin است.

با توجه به هدف پروژه که مکان‌یابی و تخصیص بهینه FAT است، معماری ترکیبی (سمت سرور و کلاینت) مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرایند برای مکان‌یابی و تخصیص بهینه بدین صورت است که در ابتدا با ورود به سامانه، بلوک شهری، نقشه GOOGLE، مسیرهای فیبر نوری و محل مفاصل فیبر نوری به همراه وضعیت هرکدام از بلوک‌ها بر اساس تعداد تقاضا نمایش داده می‌شود. تقاضای هر فرد بر اساس انتخاب بلوک مورد نظرش در نقشه ثبت می‌شود. در شکل ۳ بلوک‌های صورتی یک تقاضا، بلوک‌های آبی ۲ تقاضا و بلوک‌های سبز ۳ تقاضا که از طرف کاربران برای تکنولوژی فیبر تا خانه ثبت شده است را نشان می‌دهد. این رنگ بندی بر اساس اطلاعات توصیفی ثبت شده از طرف متقاضیان در پایگاه داده بلوک شهری انجام می‌شود.

شکل ۳- وضعیت تقاضای کاربران FTTH

درمرحله بعد کارشناس بلوکی که بیشترین تقاضا را دارد را انتخاب نموده و وضعیت بلوک را از نظر پوشش فیبر بررسی می‌نماید. برای این موضوع باید حریم فیبر در فاصله ۱۸۰متری بررسی شود (شکل ۴).

شکل۴- نتیجه بررسی پوشش فیبر نوری

هرمسیر فیبر نوری تا فاصله ۱۸۰ متری خود کمترین هزینه را برای توسعه دارد. برای استفاده از دستورات سمت سرور در سمت کلاینت از زبان برنامه نویسی Razor استفاده می‌شود.

در این مرحله تابع پوشش اجرا می‌شود تا محل اولیه برای نصب FAT یافت شود. تمامی بلوک‌هایی که در تابع پوشش انتخاب شده‌اند، برای بررسی مسئله میانه تحلیل می‌شوند. در این مرحله شعاع ۲۰متری مرکز بلوک تحلیل شده و بلوکی که کمترین هزینه و بیشترین بازدهی را داشته باشد انتخاب می‌شود. برای این هدف، فاصله از بلوک‌هایی تحلیل می‌شود که در دوطرف بلوک متقاضی باشند. درواقع بلوک‌هایی که در قسمت روبه‌روی بلوک هستند و فاصله آن‌ها از محل پیشنهادی نصب FAT عرض خیابان است مورد محاسبه قرار نمی‌گیرند(شکل۵).

شکل۵- بلوک های که تحت پوشش قرار می‌گیرند

برای بررسی بهینه‌ترین مکان، محاسبات طبق تابع هدف سوم(رابطه ۳) از مراکز بلوک تحت همسایگی بلوک اول تکرار می‌شود(شکل۶).

شکل۶- بررسی در همسایگی بلوک مورد تقاضا

بعد از پایان بررسی همسایگان، مقدار ارزش میانه تا مفاصلی که در شعاع۱۸۰متری قرار دارند محاسبه شده و ارزش هر بلوک مشخص می‌گردد. و در نهایت شماره بلوک بهینه برای نصب ترمینال فیبر نوری به کارشناس نمایش داده می‌شود(شکل۷).

شکل ۷- نمایش شماره بلوک نهایی جهت نصب FAT

۴-۱- ارزیابی

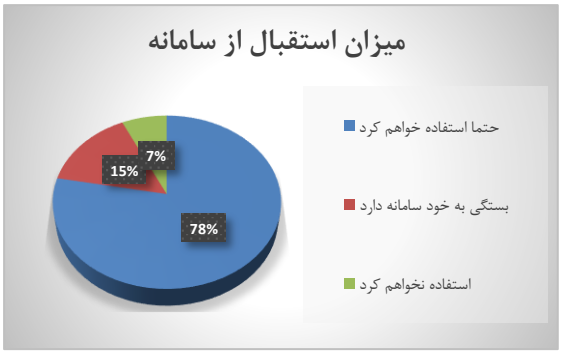
جهت ارزیابی سامانه پیشنهادی از دوجنبه مسئله مورد بررسی قرار گرفت. اول از حیث میزان بازدهی و کارایی بررسی شد و نتایج نشان می‌دهد در صورت استفاده از روش‌های معمول برای منطقه مورد مطالعه پس از ثبت تقاضا توسط شهروندان باتوجه به توالی درخواست‌ها و عدم همپوشانی زمانی مخابرات دو FAT برای راه‌اندازی اینترنت مشتریان نصب خواهد کرد. در صورتیکه از مدل پیشنهادی استفاده شود با مشخص شدن موقعیت متقاضیان با یک FAt تمامی متقاضیان پوشش داده می‌شود.

در صورتیکه که از روش‌های معمول جهت راه‌اندازی FAT استفاده شود، حدود ۲۰روز زمان خواهد برد، اما در صورت استفاده از سامانه مذکور راه‌اندازی FAT، یک هفته زمان خواهد برد.

جدول۳- مقایسه روش معمول و پیشنهادی در زمان و هزینه

مقایسه	روش معمول	مدل پیشنهادی
تعداد FAT	۲	۱
زمان مورد نیاز نصب و راه‌اندازی	۲۰ روز کاری	۷ روز کاری

همچنین جهت بررسی استقبال شهروندان از راه‌اندازی سامانه مذکور از یک جامعه هدف ۳۰ شهروندی که به تازگی متقاضی اینترنت بوده‌اند سوال شد و نتایج نشان از استقبال ۷۸درصدی از سامانه مذکور دارد (شکل ۸). البته دلیل موفقیت بالای این نظرسنجی آشنایی متقاضیان اینترنت با فرایندهای الکترونیک بوده و تاثیر آنها در گذشته مشخص شده است. ۱۵ درصد از متقاضیان، استفاده از سامانه را مبتنی بر کاربرپسند بودن آن کرده‌اند و ۷ درصد از کاربران نیز در نظرسنجی اعلام کرده‌اند که به موثر بودن این سامانه‌ها اعتماد ندارند.



شکل ۸- نظرسنجی از متقاضیان در مورد راه‌اندازی سامانه پیشنهادی

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

طراحی سامانه‌مکانی تحت‌وب برای مکان‌یابی ترمینال فیبر نوری به کارشناسان مخابرات کمک می‌کند تا در کمترین زمان بدون مراجعه به محل مشترک و با استفاده از اطلاعات موجود در پایگاه داده اقدام به مکان‌یابی بهینه کنند.

در این سامانه، مکان نصب ترمینال فیبر نوری در فاصله ۲۰ متری اطراف متقاضی بررسی می‌شود و تمام حالات نصب FAT تا رسیدن به بهینه‌ترین پاسخ تحلیل می‌شود. این سامانه به دلیل بررسی نوع کاربری و تعداد تقاضا باعث توزیع بهینه ترمینال فیبر نوری می‌شود. درواقع با درنظر گرفتن نوع کاربری، مکان‌یابی را به سمت پوشش دهی کاربران پرمصرف مخابراتی سوق می‌دهد که این موضوع موجب رونق کسب و کار در شرکت و رضایت کاربران می‌گردد.

این سامانه در فرآیند مکان‌یابی علاوه بر بررسی وضعیت ارزشی بلوک‌ها از نظر کاربری و تعداد تقاضا و تعداد بلوک‌ها، فاصله محل مورد تقاضا تا مفصل فیبر نوری را نیز مدنظر قرار می‌دهد تا پوشش دهی به مشترکین با مصرف کمترین تجهیزات از جمله فیبر نوری باشد.

این تحقیق نشان می‌دهد وجود یک سامانه مکانی تحت‌وب که به شکل مداوم در حال به روزرسانی است به مدیران مخابراتی در پیاده‌سازی جامع و توزیع بهینه این تکنولوژی کمک می‌نماید.

جهت تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود سامانه مکانی تحت‌وب دیگری درصورتی که بلوک مورد نظر تحت پوشش فیبر نوری نباشد جهت مسیر یابی بهینه اجرا فیبر نوری ایجاد گردد. ممکن است پارامترهای دیگری نیز وجود داشته باشند که خارج از کنترل محقق هستند و بتوانند بهینه‌سازی موقعیت ترمینال فیبر نوری را تحت تأثیر قرار دهند.

مراجع

[1] Y. Xue, A. Cracknell, H. Guo, Telegeoprocessing: The integration of remote sensing, geographic information system (GIS), global positioning system (GPS) and telecommunication, International Journal of Remote Sensing, 23 (2002) 1851-1893.

[2] D.J. Kadhim, N.A. Hussain, Link and cost optimization of FTTH network implementation through GPON technology, Communications and network, 5 (2013) 438.

[3] P. Lu, N. Lalam, M. Badar, B. Liu, B.T. Chorpening, M.P. Buric, P.R. Ohodnicki, Distributed optical fiber sensing: Review and perspective, Applied Physics Reviews, 6 (2019) 041302.

[4] L. Grzybowski, M. Hasbi, J. Liang, Transition from copper to fiber broadband: The role of connection speed and switching costs, Information Economics and Policy, 42 (2018) 1-10.

[5] A. Willner, Optical fiber telecommunications, Academic Press, 2019.

[6] C. Yang, H. Wu, Q. Huang, Z. Li, J. Li, W. Li, L. Miao, M. Sun, WebGIS performance issues and solutions, Advances in web-based GIS, mapping services and applications, (2011) 121-138.

[7] M. Lokhande, A. Singh, Design and Implementation of FTTH, International Research Journal of Engineering and Technology, 10 (2017) 2395-2356.

[8] A. Ramezani, M.R. Malek, N. Mohammadi, Optimizing airport service performance by spatial multi objective location allocation problem, Spatial Information Research, 29 (2021) 309-318.

[9] P.B. Floreddu, F. Cabiddu, Public decisions and citizen satisfaction: the potential role of public participation geographic information systems, International Journal of Electronic Commerce Studies, 3 (2012) 121-134.

[10] H. Kopackova, P. Libalova, Citizen reporting as the form of e-participation in smart cities, in: 2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), IEEE, 2019, pp. 1-6.

[11] E.C. Rada, M. Ragazzi, P. Fedrizzi, Web-GIS oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies, Waste management, 33 (2013) 785-792.

[12] A.O. Solate, Customer satisfaction on supermarket retail shopping using web-based participatory GIS, The Business & Management Review, 9 (2018) 35-42.

[13] R. Luo, T. Wu, Z. Wang, WebGIS systematic research of public bicycles based on AJAX, in: 2010 International Conference on Educational and Information Technology, IEEE, 2010, pp. V1-38-V31-40.

[14] R. Li, H. Lu, Intelligent traffic management command and dispatch system based on WebGIS, Computer engineering, 33 (2007) 232-234.

[15] J. Helle, Quiet paths for people: Developing routing analysis and web GIS application ,(2020).

[16] G. Chang, L. Caneday, Web-based GIS in tourism information search: Perceptions, tasks, and trip attributes, Tourism Management, 32 (2011) 1435-1437.

[17] B. Delipetrev, A. Jonoski, D.P. Solomatine, Development of a web application for water resources based on open source software, Computers & Geosciences, 62 (2014) 35-42.

[18] Y. Kim, Y. Lee, J. Han, A splitter location–allocation problem in designing fiber optic access networks, European Journal of Operational Research ,210 (2011) 425-435.

[19] M. Mycek, M. Pióro, M. Żotkiewicz, MIP model for efficient dimensioning of real-world FTTH trees, Telecommunication Systems, 68 (2018) 239-258.

[20] A. Naeem, S.S. Qurashi, Y. Khan, S. Ahmed, N. Safwan, Fiber to the Home (FTTH) Automation Planning, Its Impact on Customer Satisfaction & Cost-Effectiveness, Wireless Personal Communications, 117 (2021) 503-524.

[21] M. Chardy, M.-C. Costa, A. Faye, M. Trampont, Optimizing splitter and fiber location in a multilevel optical FTTH network, European Journal of Operational Research, 222 (2012) 430-440.

[22] C. Fry, GIS in Telecommunications, Geographical information systems, 2 (1999) 819-826.

[23] S. Hui, W. Lixin, L. Zhenhong, W. Jinzhuang, The Application of GIS in Telecommunication and Research in Demand, Telecommunications Science, 2 (2002) 28-31.

[24] M.S. Petkovic, The role of GIS in telecommunication network maintenance ,(2002).

[25] M. Grötschel, C. Raack, A. Werner, Towards optimizing the deployment of optical access networks, EURO Journal on Computational Optimization, 2 (2014) 17-53.