دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد
گرایش مهندسی نرم‌افزار

حل مسائل کوتاهترین مسیر تصادفی با استفاده از اتوماتای یادگیر توزیع شده

نگارش: اصغر قربانی
استاد راهنما: دکتر محمدرضا میبدی

شهریور ۱۳۸۶

بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
معاونت پژوهشی

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی ارشد و دکترا

تاریخ: ....

پیوست: ....

نام و نام خانوادگی: اصغر قربانی	**دانشجوی آزاد** ■	**بورسیه** ☐ **معادل** ☐
شماره دانشجوئی: ۸۳۱۳۱۲۰۰	**دانشکده:** مهندسی کامپیوتر	**رشته تحصیلی:** نرم‌افزار
نام و نام خانوادگی استاد راهنما: محمد رضا میبدی		
عنوان پایان نامه به فارسی:	**حل مسائل کوتاهترین مسیر تصادفی با استفاده از اتوماتای یادگیر توزیع شده**	
عنوان پایان نامه به انگلیسی:	**Utilizing Distributed Learning Automata to Solve Stochastic Shortest path Problems**	
نوع پروژه:	**کارشناسی ارشد** ■ **دکترا** ☐	**کاربردی** ☐ **بنیادی** ☐ **توسعه ای** ☐ **نظری** ■
تاریخ شروع: مهرماه ۸۵	**تاریخ خاتمه:** شهریور ۸۶	**تعداد واحد:** ۶
سازمان تأمین کننده اعتبار:		
واژه های کلیدی به فارسی:	کوتاهترین مسیر، گرافهای تصادفی، اتوماتاهای یادگیر، بازی اتوماتاهای یادگیر، همبستگی، مسیریابی وسیله نقلیه	
واژه های کلیدی به انگلیسی:	Shortest Path, Stochastic Graphs, Learning Automata, Game of Learning Automata, Correlation, Vehicle Routing Problem	

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت های پژوهشی دانشگاه:

استاد راهنما:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

نسخه ۱: معاونت پژوهشی

نسخه ۲: کتابخانه و به انضمام دو جلد پایان نامه به منظور تسویه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

تقدیم به **همسر مهربانم**

که همواره پشتیبانم بوده است.

و

تقدیم به **پدر و مادر عزیزم**

که از سپاس‌گزاری زحمات بی‌دریغشان قاصرم.

در این مختصر، مراتب قدردانی و سپاس خود را نسبت به استاد ارجمنـــد جنـــاب آقای دکتر محمدرضا میبدی به خاطر راهنمایی‌های گرانقدر و صبوری بزرگوارانه ایشان در جهت پیشبرد و انجام هرچه بهتر این پایان‌نامه، ابراز داشته و از یگانـــه متعال طول عمر با عزت و قرین با موفقیت را برای ایشان خواهانم.

چکیده

در این پایان‌نامه الگوریتمهایی برای حل سه مسأله "پیدا کردن کوتاهترین مسیر بین یک مبدأ و دیگر گره‌های گراف"، "پیدا کردن کوتاهترین مسیر در گرافهای تصادفی که هزینه یالها همبسته می‌باشد" و "مسأله مسیریابی وسیله نقلیه احتمالی" طراحی و پیاده سازی شده است. در بخش اول پایان‌نامه یک الگوریتم مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر برای مسأله‌پیدا کردن کوتاهترین مسیر بین یک گره مبدأ و دیگر گره‌های گراف در گرافهای تصادفی پیشنهاد گردیده و سپس مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته است. آلگوریتم پیشنهادی که از شبکه‌ای از اتوماتاهای یادگیر استفاده میکند سعی می‌کند با حداقل تعداد نمونه‌گیری از یالهای گراف تصادفی در شرایطی که توزیع احتمالی وزن یالها از قبل شناخته شده نیست درخت کوتاهترین مسیر را برای یک گره ریشه مشخص پیدا نماید. به منظور بررسی کارایی، الگوریتم پیشنهادی بر روی گرافهای مختلف آزمایش و نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از الگوریتم‌های موجود مقایسه شده است. نتایج مقایسه حاکی از عملکرد بهتر الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم‌های موجود بوده است. در بخش دوم پایان‌نامه یک الگوریتم مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر برای حل مسأله کوتاهترین مسیر تصادفی در گرافهایی که هزینه یالهای همبسته می‌باشند پیشنهاد گردیده و سپس مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته است. در این مسأله فرض بر این است که توزیع‌های وزن یالها و همبستگی بین آنها از پیش مشخص نیست. در بخش سوم پایان‌نامه با استفاده از اتوماتای یادگیر توزیع شده الگوریتمی برای حل مسأله مسیریابی وسیله نقلیه احتمالی ارایه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. هدف در این مسأله یافتن دنباله‌ای از مشتری‌ها می‌باشد که منجر به کمترین مقدار متوسط هزینه سفر گردد. این مسأله یکی از مسایل NP-complete می‌باشد و به همین دلیل الگوریتم‌های مکاشفه‌ای متعددی برای آن طراحی شده است. در این پایان‌نامه دو الگوریتم مبتنی بر اتوماتای یادگیر توزیع شده برای حل مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با درخواستهای احتمالی پیشنهاد می‌گردد. به منظور بررسی کارایی، الگوریتم پیشنهادی بر روی گرافهای مختلف آزمایش و نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از الگوریتم‌های موجود مقایسه شده است. نتایج مقایسه حاکی از عملکرد بهتر الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم‌های موجود بوده است.

فهرست مطالب

فهرست شکلها

فهرست جداول

فهرست نمودارها

فهرست نمودارها

۱- مقدمه

پیدا کردن کوتاهترین مسیر بین دو گره مشخص شده در یک گراف که بـه مـسأله کوتـاهترین مسیر شهرت دارد، اولین بار توسط فورد[۱]مطرح گردید. از این زمان به بعد مسأله به صورت‌های مختلـف مدل‌سازی شده و الگوریتم‌های مختلفی نیز برای آن ارائه شده است. از انواع مختلف کوتـاهترین مـسیر می‌توان به تعیین کوتاهترین مسیر بین دو گره در گراف، مسأله فروشنده دوره گرد[۲](TSP) و مسیریابی وسیله نقلیه[۳] (VRP) نام برد.

برای حل مسأله کوتاهترین مسیر در گرافهای قطعی، که وزن یالها در آنها مقادیر مستقل، ثابت و از پیش تعیـین‌شـده‌ای هـستند، الگـوریتم‌هـای متفـاوتی بـا زمـان چندجملـه‌ای، نظیـر دایجـسترا و فلویدوارشال وجود دارد. اما این الگوریتم‌ها در صورتی که وزن یالها به صورت پویا تغییر کننـد قـادر بـه

[1] Ford
[2] Traveling Salesman Problem
[3] Vehicle Routing Problem

یافتن راه حل بهینه نمی‌باشند زیرا با کوچکترین تغییری در گراف، کل گـراف مجـددا بایـستی بررسـی شود. بدین جهت الگوریتم‌هایی برای مسائل کوتاهترین مسیر در گرافهای پویا[4]، گرافهایی که وزن یالها و یا ساختار گراف در طی زمان بطور پویا تغییر کنند، مطرح شده‌اند [37][39][94][103]. این الگوریتم‌ها نیز برای گرافهای تصادفی، گرافهایی که وزن یالها متغیرهای تصادفی باشند، از کارایی بالایی بـرخـوردار نیستند. به‌همین دلیل مدلهایی برای حل مسأله کوتاهترین مسیر در گرافهای تصادفی معرفی شـده‌انـد. فرانک[5] [38] نخستین کسی بود که مطالعه شبکه‌های تصادفی را آغاز کـرد. مـسأله طـرح شـده توسـط فرانک در این رابطه، تعیین توزیع احتمال طول کوتاهترین مسیر میان گره مبدأ و مقصد مشخص شـده در یک شبکه بود؛ با این فرض که طول هر یک از یالها یک توزیع پیوسته دارد و طول یالهای مختلف از نظر آماری مستقل هستند. در اینگونه روشها لازم است که توزیع احتمالی وزنهای یالهای گراف از پیش مشخص باشد، در صورتی که در بسیاری از محیطهای واقعی توزیع احتمال یالها از قبـل شـناخته شـده نیست. برای گرافهای تصادفی در شرایطی که وزن یالها از قبل شناخته شده نیست و یا اطلاعات کـاملی درباره آنها در دسترس نمی‌باشد تا کنون ۳ الگوریتم مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر برای حل مسأله یـافتن کوتاهترین مسیر گزارش شده است. اولین الگوریتم توسط میبدی و بیگی [75] ارائه شده است که برای حل مسأله یافتن کوتاهترین مسیر بین دو گره در گراف‌های تصادفی مورد استفاده قـرار گرفتـه اسـت. نسخه‌های اصلاح شده این الگوریتم در [8] و [9] گزارش شده است. دومین الگوریتم که توسط میسرا و اومن ارائه شده است برای یافتن کوتاهترین مسیر بین یک مبدأ و دیگرگـره‌هـای گـراف در یـک گـراف تصادفی طراحی شده است [78] و الگوریتم سوم نیز توسط میسرا و اومن ارائه شده است که برای یافتن کوتاهترین مسیر بین تمام جفت گره‌های گراف در یک گراف تصادفی طراحی شده است [79]. الگوریتم پیشنهاد شده توسط میبدی و بیگی در یافتن کوتاهترین مسیر بین دو گره ارائه شده است. این الگوریتم برای پیدا کردن کوتاهترین مسیر بین یک مبدأ و دیگر گره‌های گراف مناسب نمی‌باشد. الگوریتم معرفی شده توسط میسرا و اومن برای یافتن درخت کوتاهترین مسیر بین یک مبدأ و دیگر گره‌های گراف ارائه شده است. در الگوریتم ارائه شده توسط میسرا و اومن نیز ضعف‌های عمـده‌ای وجـود دارد. آزمـایش‌هـا

4 Dynamic Single-Source Shortest Path (DSSSP)
5 Frank

نشان می‌دهد که در هیچکدام از گراف‌هایی که مورد بررسی قرار گرفته است، الگوریتم میسرا-اومن قادر به یافتن کوتاهترین مسیر بهینه نمی‌باشد.

در راستای انجام این پایان‌نامه الگوریتم مبتنی بر اتوماتای یادگیر برای گراف تصادفی با یک مبدأ جهت یافتن کوتاهترین مسیر بین مبدأ و دیگر گره‌های گراف معرفی گردید و عملکرد الگوریتم با انجام آزمایش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

در مدل‌های فوق که برای حل مسأله کوتاهترین مسیر در گرافهای تصادفی ارائه شد، فرض بر این است هزینه یالها در گراف مستقل از یکدیگر می‌باشد. در بسیاری از کاربردهای واقعی مقدار هزینه یالها کاملاً مستقل از هم نمی‌باشند و با افزایش ترافیک در یک قسمت مشاهده می‌شود که ترافیک شبکه در قسمتهای مجاور آن نیز افزایش یافته است. به عبارتی چنانچه سطح سرویس یک یال یا گره در یک گراف تغییر کند با یک احتمال مشخصی سطح سرویس یالها و یا گره‌های مجاور نیز تغییر کرده است. مسأله همبستگی بین یالها در مسأله کوتاهترین مسیر احتمالی برای اولین بار توسط بارتون[۶] [22] در سال ۱۹۹۳مورد بررسی قرار گرفته است و پس از آن این مسأله توسط والر[۷] و زیلیاسکوپولس[۸] [117] در سال ۲۰۰۲ و فن[۹] [33] در سال ۲۰۰۳ مورد بررسی قرارگرفته است. فن در [33] فرمول‌بندی برای مسأله یافتن کوتاهترین مسیر در گرافهای تصادفی با یالهای همبسته در شرایطی که هر یال دارای دو سطح سرویس باشند ارائه کرده است و سپس الگوریتمی جهت حل این مسأله طراحی کرد. در مدل ارائه شده توسط فن فرض بر این است که توابع توزیع از پیش مشخص است. همانند مدل‌های قبلی مسأله کوتاهترین مسیر در بسیاری از مواقع توابع توزیع از قبل ناشناخته می‌باشد. برای این مسأله در صورتی که توابع توزیع از قبل ناشناخته باشد تا کنون الگوریتمی گزارش نشده است. بر همین اساس در این پایان‌نامه این مسأله در صورتی که توابع توزیع احتمالی از قبل مشخص نباشد مورد بررسی قرار گرفته و الگوریتمی مبتنی بر اتوماتای یادگیر جهت حل این مسأله پیشنهاد شده است.

سومین مسأله‌ای که در این پایان‌نامه به آن پرداخته شده است، مسأله مسیریابی وسیله نقلیه احتمالی می‌باشد. مسأله مسیریابی وسیله نقلیه احتمالی یکی از انواع مسائل مسیریابی وسیله نقلیه

---

[6] Burton
[7] Waller
[8] Ziliaskopoulos
[9] Fan

می‌باشد که یکی از مؤلفه‌های آن تصادفی است. هدف از مسأله مسیریابی وسیله نقلیه یافتن دنباله‌ای از مشتری‌ها می‌باشد که منجر به کمترین مقدار متوسط هزینه سفر گردد. این مسأله یکی از مسایل NP-complete می‌باشد و بهمین دلیل الگوریتم‌های مکاشفه‌ای متعددی برای حل آن طراحی شده است. در این پایان‌نامه دو الگوریتم مبتنی بر اتوماتای یادگیر توزیع شده برای حل مسأله مسیریابی وسیله نقلیه احتمالی پیشنهاد می‌گردد.

در ادامه این فصل سه مسأله‌ی کوتاهترین مسیر تصادفی، کوتاهترین مسیر تصادفی با یالهای همبسته و مسیریابی وسیله نقلیه تصادفی بطور مختصر توضیح داده شده است. همچنین پیشنیازهای لازم برای سایر فصول؛ آتاماتای یادگیر، اتوماتای یادگیر توزیع شده و بازی بین اتوماتای یادگیر آورده شده است.

۱-۱- مسأله کوتاهترین مسیر تصادفی

مسأله پیدا کردن کوتاهترین مسیر در گراف از مسائل پایه‌ای در تئوری گرافها می‌باشد و مطالعات گسترده‌ای نیز در این زمینه برروی گراف‌های مختلف صورت گرفته است و الگوریتم‌های متنوعی جهت حل انواع مختلف آن ارائه شده است.

در گرافهای وزندار به هر یال یک وزن نسبت داده می‌شود. وزن یال (v_i, v_j) که مشخص کننده یالی است که گره v_i را به v_j متصل می‌کند با w_{ij} مشخص می‌شود. در گراف‌های قطعی و ایستا w_{ij} یک مقدار قطعی و ثابت است، و از پیش مشخص می‌باشد. در گرافهای تصادفی وزن یالها قطعی نیست. یعنی وزن یالها یک متغیر تصادفی می‌باشد. اگر w_{ij} در گراف تصادفی وزن یالها باشد، در اینصورت w_{ij} یک عدد تصادفی می‌باشد که دارای توزیع احتمال $f_{ij}(x)$ است. تابع $f_{ij}(x)$ می‌تواند گسسته و یا پیوسته باشد.

بطور رسمی‌تر این مسأله بدین شکل بیان می‌شود؛ فرض کنید یک گراف با مشخصات $G = (V = \{v_i\}, E = \{e_{ij}\}, W = \{w'(e_{ij})\})$ وجود دارد که V مجموعه گره‌های گراف، E مجموعه یالهای گراف و وزن یالهای گراف توسط مجموعه W مشخص می‌شود که $w'(e_{ij})$ یک متغیر تصادفی غیروابسته با توزیع احتمال $f_{ij}(x)$ می‌باشد و $w(e_{ij})$ یک نمونه از متغیر تصادفی $w'(e_{ij})$ می باشد.

مسأله کلاسیک کوتاهترین مسیر قابل تعمیم به گرافهای تصادفی نیست. در گرافهای تصادفی در حالت کلی مسیر بهینه لزوماً دارای زیر مسیر بهینه نیست. لذا از نتایج روش‌هایی که برای پیدا کردن

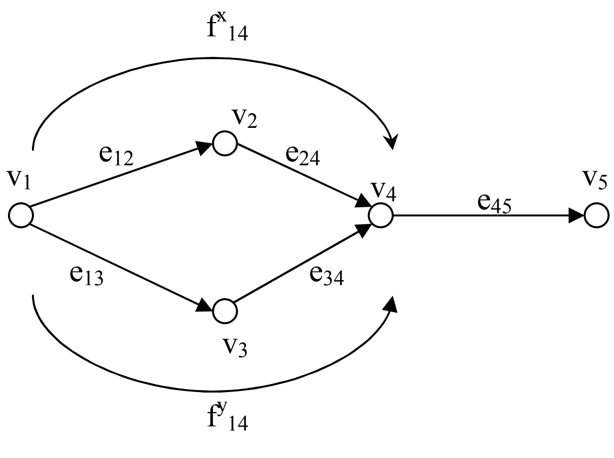
کوتاهترین مسیر در گرافهای با وزن قطعی استفاده می‌شود نمی‌توان در گرافهای تصادفی از آنها بهره برد.

از کاربردهایی که می‌توان برای مسأله کوتاهترین مسیر در گرافهای تصادفی نام برد، شبکه‌های ارتباطی[10] و گرافهای برنامه‌ریزی[11] می‌باشد. جهت انتصاب جریان در شبکه‌های ارتباطی، هدف انتقال اطلاعات در کوتاهترین زمان می‌باشد. راه حل این مسأله معمولاً حل مسأله پیدا کردن کوتاهترین مسیر است. اما زمان تبادل اطلاعات تصادفی است و قطعی نمی‌باشد. لذا نیاز است که این مسأله با توجه به تصادفی بودن یالها مورد بررسی قرار گیرد.

به عنوان مثال در شکل ۱-۱ یال e_{ij} دو رأس i و j را به هم متصل می‌کند و وزن آن نیز توسط متغیر تصادفی w'_{ij} مشخص می‌شود که دارای توزیع احتمال $f_{ij}(x)$ می‌باشد. مثلاً توزیع احتمال مسیر از رأس ۱ به ۴ بطوریکه از رأس ۲ گذر کرده باشد و یا از مسیر ۳، برابر است با:

$$f_{14}^{x}(x)=\int_{-\infty}^{\infty} f_{12}(t)*f_{24}(x-t)\ dt \qquad (۱-۱)$$

$$f_{14}^{y}(x)=\int_{-\infty}^{\infty} f_{13}(t)*f_{34}(x-t)\ dt \qquad (۲-۱)$$



شکل ۱-۱) یک گراف تصادفی که توزیع احتمال هر یال مشخص می باشد.

در مثالی که در ادامه توضیح داده می‌شود می‌توان نشان داد که یک مسیر بهینه لزوماً دارای زیر مسیرهای بهینه نیستند. فرض کنید توزیع احتمال وزن یالها گوسی[12] باشد، و هزینه مسیر برابر

10 Communication networks
11 Planning
12 gaussian

$X_p = \sum_{i,j \in p} w_{ij}$ باشد با مقدار متوسط μ_{ij} و واریانس σ_{ij}^2 در نتیجه وزن هر مسیر p گوسی خواهد بود و برابر است با:

$$X_p \sim N\left(\sum_{(i,j)\in p} \mu_{ij},\ \sum_{(i,j)\in p} \sigma_{ij}^2 \right), \tag{۳-۱}$$

برای هر مسیر p تابع سودمندی $U(X_p)$ وجود دارد که وابسته به متغیر تصادفی w'_{ij}، $(i,j) \in p$ می‌باشد. فرض می‌شود که بعد از مدت d مقدار تابع سودمندی برابر با ۰ می‌شود. توزیع احتمال p برابر خواهد بود با:

$$g_p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\ \sigma_p} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_p}{\sigma_p} \right)^2 \right) \tag{۴-۱}$$

مقدار انتظاری تابع سودمندی برابر است با:

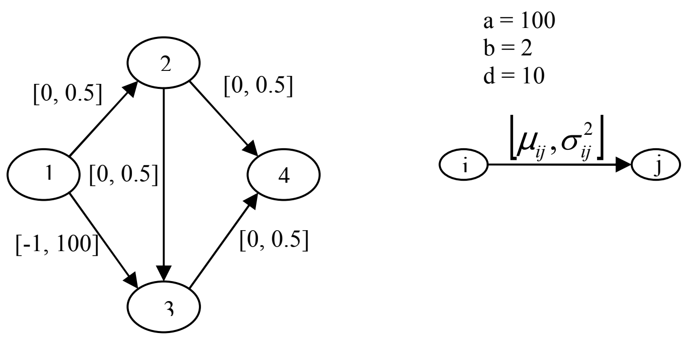
$$E(U(X_p)) = \int_{-\infty}^{\infty} U(x) g_p(x)\, dx \tag{۵-۱}$$

$$= \int_{-\infty}^{d} U(x) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_p} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_p}{\sigma_p} \right)^2 \right) dx, \tag{۶-۱}$$

کوتاهترین مسیر تصادفی از مقدار زیر بدست می‌آید:

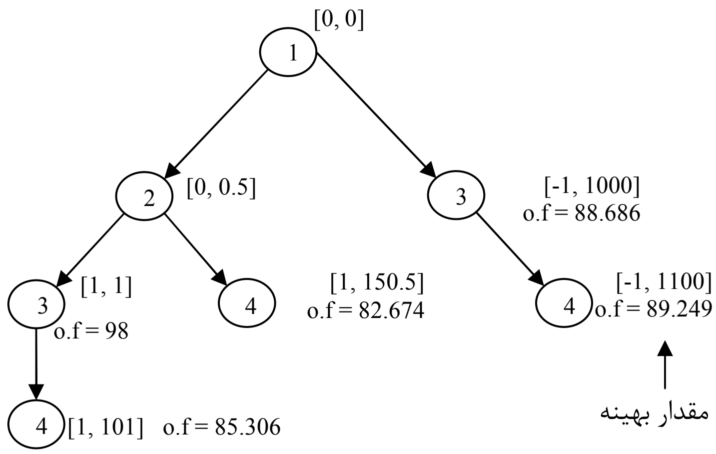
$$\max_{p \in P} E(U(X_p))$$

با حل این مسأله برای شکل ۱-۲ در [95] نشان داده شده است که در این نوع گراف‌ها قاعده بهینگی بر قرار نیست.



شکل ۱-۲) یک گراف نمونه که مقدار متوسط و مقدار انحراف معیار هر یال آن مشخص شده است

در این مثال تابع سودمندی بصورت $U(X_p)=a-bX_p$ تعریف می‌شود. مسیر بهینه مسیری است که مقدار انتظاری تابع سودمندی را بیشینه کند. در شکل ۱-۳ تمام مسیرهای قابل دسترسی از ۱ به ۴ نشان داده شده است. مقدار انتظاری تابع سودمندی هر مسیر نیز مشخص شده است. همان طور که در شکل ۱-۳ مشخص است، مسیر بهینه از ۱ به ۴ برابر است به {(۴ ، ۳) ، (۳ ، ۱)} با مقدار انتظاری ۸۹،۲۴۹. همانطور که مشاهده می‌شود این مسیر از زیر مسیر بهینه بدست نیامده است. یکی از زیر مسیرها {(۳ ، ۱)} می‌باشد که دارای مقدار انتظاری ۸۸،۶۸۶ است و مسیر دیگری از ۱ به ۳ بصورت {(۳ ، ۲) ، (۲ ، ۱)} وجود دارد که مقدار انتظاری آن ۹۸ است. همان طور که مشاهده می‌شود در مسیر ۱ به ۴، زیر مسیر ۱ به ۳ یک مسیر بهینه نیست.



شکل ۱-۳) مقدار انتظاری تابع سودمندی مسیرهای موجود از گره ۱ تا گره ۴ برای شکل ۱-۲

۱-۱-۱- نگارش‌های تصادفی مسأله

تا کنون مدل‌های متفاوتی از مسأله کوتاهترین مسیر تصادفی ارائه شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره خواهیم کرد. همانطور که در بخش‌های پیشین و در مقدمه به آن اشاره شد در مسأله پیدا کردن کوتاهترین مسیر در گراف‌های تصادفی فرض بر این است که وزن یالها از پیش مشخص نیست. بر اساس اینکه این مقدار چگونه برای یک متحرک در این گراف مشخص می‌شود نسخه‌های متفاوتی از آن ارائه شده است.

مقدمه

پولیکرونوپولس[۱۳] و سیتسیکلیس[۱۴] [92] فرمول‌بندی‌های مختلف موجود در زمینه شبکه‌های تصادفی و حل مسأله کوتاهترین مسیر در آن را ناشی از فرضیات مختلف در مورد زمان حصول اطلاعات کامل دانسته‌اند. آنها سه فرمول‌بندی بر اساس زمانی که مقادیر واقعی یالها معین می گردند ارائه داده‌اند:

الف: در یک حالت می‌توان فرض کرد که مقادیر واقعی یالها قبل از اینکه پیمایش گراف آغاز گردد مشخص می‌گردند. در این حالت کوتاهترین مسیر (بر حسب مقادیر واقعی مشخص شده برای یالها) باید انتخاب و پیموده شود.

ب: در حالت دیگری می‌توان فرض کرد که یالها هیچگاه بعد از انتخاب مسیر، معلوم و مفروض نیستند. در این شرایط حل مسأله یافتن کوتاهترین مسیر با پیچیدگی بیشتری همراه خواهد شد.

ج: در یک حالت میانی (که معمول‌تر می‌باشد)، مقادیر واقعی یالها بصورت تدریجی[۱۵] و در حین پیمایش شبکه معین می‌گردند. در این حالت پی بردن به مقادیر واقعی یالها به عنوان عمل یادگیری تلقی می‌شود. در این مورد خاص اگر عمل یادگیری مقدار واقعی یالها با مشاهده مستقیم صورت گیرد و نه توسط یک ناظر بیرونی، می‌توان فرض کرد که مقدار واقعی وزن یک یال زمانی مشخص می‌شود که گره انتهایی آن یال توسط متحرک مشاهده گردد.

اگر بخواهیم با یک مثال، به تشریح بیشتر این موضوع بپردازیم می‌توانیم خودرویی را در نظر بگیریم که در حال پیمایش در یک شبکه شهری است. اگر فرض کنیم آگاهی راننده خوردو نسبت به بار ترافیکی جاده، در حالت سوم در این رده‌بندی باشد؛ راننده آگاهی خود را نسبت به میزان ترافیک در یک جاده پس از رسیدن به انتهای جاده بدست می‌آورد.

این چهارچوب برای طراحی و مدل سازی روباتی که می‌خواهد در یک محیط تصادفی حرکت کند و مسیری را بپیماید مناسب است. برای چنین مسائلی نباید در صدد یافتن بهترین مسیر باشیم، بلکه باید به دنبال یک خط مشی مناسب برای هر گره در گراف بود. این خط مشی بر اساس اطلاعات موجود، نحوه حرکت (جهت حرکت و اینکه از یک نقطه کدام یال خروجی طی شود) را تعیین می کند.

---

13 Polychronopoulos
14 Tsitsiklis
15 Progressively

مقدمه

مشکلی که در این مورد با آن روبرو هستیم، مواجهه با مجموعه‌ای از تصمیمات ممکـن در هـر گره می باشد. متحرکی را در نظر بگیرید که شروع به پیمایش یک مسیر برای رسیدن به مقصدی خاص می‌نماید. وقتی که اطلاعات جدیدی در مورد مسیر به متحرک داده می‌شود باید از میان مجموعـه‌ای از حالات، یک مسیر را انتخاب نماید. این تصمیم‌گیری می‌تواند با مشکل همراه باشد.

نسخه‌های متفاوت و زیادی برای مسأله کوتاهترین مسیر تصادفی در شبکه‌ها وجود دارد. تفاوت این نگارش‌ها نه تنها در معیاری است که الگوریتم در صدد بهینه‌سازی آن است، بلکه عمده تفاوت آنهـا در تعریفی است که از یک شبکه تصادفی ارائه می‌دهند.

از یک دیدگاه کلی دو گروه عمده از نسخه‌ها در این مورد وجود دارد:

Single path Model: در این حالت پیمایشگر شبکه اطلاعات کامل را در مـورد تحقـق واقعـی شبکه در اختیار دارد و سپس به حل مسأله و انتخاب کوتاهترین مسیر می‌نماید.

Adaptive Path Model: پیمایشگر اطلاعات کامل در مورد تحقق واقعـی شـبکه را در اختیـار ندارد. برای حل بهینه مسأله، متحرک بر اساس اطلاعات جدیدی که در حـین پیمـایش شـبکه بدسـت آورده است، مبادرت به تنظیم مجدد و تطبیق آن با اطلاعات جدید کسب شده می‌نماید.

Single path Model:

اگر فرض کنیم اطلاعات کامل در مـورد تحقـق واقعـی شـبکه در اختیـار مـا قـرار دارد، طـول کوتاهترین مسیر در یک شبکه تصادفی، خود یک متغیر تصادفی خواهد بـود. فرانـک[۱۶] [38] نخـستین کسی بود که مطالعه شبکه‌های تصادفی را آغاز کرد. مسأله طرح شده توسط فرانک در این رابطه، تعیین توزیع احتمال طول کوتاهترین مسیر میان گره مبدأ و مقصد مشخص شده در یک شـبکه بـود؛ بـا ایـن فرض که طول هر یک از یالها یک توزیع پیوسته دارد و طـول یالهـای مختلـف از نظـر آمـاری مـستقل هستند.

مسیر بهینه، مسیری است که به مسیرهای دیگر تـرجیح داده مـی‌شـود و آنـرا بـا $\pi^*_{s,d}$ نـشان می‌دهیم که نشان دهنده مسیر از گره v_s تا گره v_d می‌باشد. وزن این مسیر نیـز یـک عـدد تـصادفی می‌باشد:

[16] Frank