گراف و کاربرد آن در GIS

نوع مقاله: مروری

سمانه بهرامیان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۵

صفحات۴۱-۵۱

چکیده

یکی از مهمترین کاربردهای سیستم های اطلاعات مکانی، در مبحث مدیریت حمل و نقل است. در این زمینه قابلیت های تجزیه و تحلیل شبکه در سیستم های اطلاعات مکانی از جمله محاسبه کوتاهترین مسیر، می تواند مفید واقع گردد. گراف و تئوری های آن نقش مهمی در انجام آنالیزهای شبکه GIS دارند. برای حل برخی از مشکلات گراف یا ساده سازی آنالیزها در گراف، می توان تغییراتی در ساختار آن ایجاد کرد. شبیه سازی به وسیله گراف نشان می دهد که توانایی جابه جایی سیستم تا حد زیادی به توپولوژی شبکه حمل و نقل بستگی دارد. به طور کلی یک شبکه برنامه ریزی شده می تواند وسایل نقلیه بیشتری را در خود جا دهد و توانایی جابه جایی کلی آن بسیار بیشتر از یک شبکه در حال رشد خود سازمان دهی شده است. تاکنون نظریه های متعدد و بسیار کاربردی از جمله الگوریتمهای محاسبه کوتاه ترین مسیر برای حل مسائل گوناگون در گرافها ارایه و استفاده شده اند. اما برای بعضی از مسائل مهم و کاربردی راه حل و تئوری مناسبی بر مبنای گراف ارایه نشده است. به همین علت، همانند بسیاری از نظریه های دیگر که در آنها راه حلهایی بر مبنای فضاهای دوگان ارایه شده، در گرافها نیز چنین فضاهایی تعریف و استفاده شده اند. به این صورت که ابتدا مساله موجود در گراف اولیه را به یک فضای دوگان مناسب برده و پس از حل، نتایج به فضای اولیه برگردانده می شود. در این مقاله نشان داده خواهد شد که از مفاهیم دوگان گراف و با تغییر در ساختار و شکل گراف اولیه می توان مسایل با پیچیدگی بسیار زمانی را در گراف اولیه به مسایلی ساده تر و قابل حل تر تبدیل کرد. همچنین، به بحث و بررسی چند کاربرد متنوع در زمینه یافتن کوتاهترین مسیر در مسائل حوزه حمل پرداخته خواهد شد.

واژگان کلیدی: **گراف، دوگان گراف، دور همیلتونی، دور اویلری، شبکه حمل و نقل، مسیر بهینه.**

[۱] استادیار، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران s.bahramian@semnaniau.ac.ir

مقدمه

امروزه بهره گیری از فناوری های اطلاعات و ارتباطات، گزینه قدرتمندی برای مدیریت حمل و نقل پیش رو کارشناسان قرار داده است. این راه حل ها اکنون به عنوان جزء اصلی و بنیادی از عملیات سامانه های حمل و نقل در سراسر جهان مورد استفاده قرار می گیرد. از طرفی زندگی امروزی حجم وسیعی از جابه جایی و تحرک را به دنبال دارد که از طریق خودرو ها، کشتی ها، وسایل نقلیه ریلی و هواپیما و ... انجام می شود. سیستم های اطلاعات مکانی در زمینه مدیریت و طراحی بهینه تسهیلاتی چون حمل و نقل، دارای قابلیت های فراوانی هستند. قابلیت تجزیه و تحلیل شبکه در سیستم های اطلاعات مکانی از جمله کوتاهترین مسیر یکی از مهمترین این قابلیت هاست. تاکنون در زمینه استفاده از آنالیزهای شبکه در طراحی سیستم های حمل و نقل، تحقیقات بسیاری انجام گرفته است [Brandao]. مبنای انجام آنالیزهای شبکه در GIS، تئوری گراف است. مفهوم گراف سال ۱۷۳۶ توسط اویلر و با طرح راه حلی برای مساله پلهای کونیگسبرگ ارائه شد و به تدریج توسعه یافت [Barnett 2008 and Harary 1994]. در دنیای اطراف ما حالات فراوانی وجود داشته است که می توان آنها را مجموعه گره ها و یال ها مدل سازی کرد. فرم های مختلفی از گراف تعریف و مدل سازی شده اند. به طور مثال شبکه ها عصبی، ارتباطات اجتماعی و ... . برای ساده سازی برخی مسائل گراف می توان تغییراتی در ساختار آن به وجود آورد که دوگان گراف یکی از مواردی است که تحقیقات زیادی بر روی آن انجام شده است [Vidyasagar 2003]. روش جبری برای یافتن گراف با استفاده از ماتریس درختی آن است. دوگان گراف ابتدا در گراف های وزن دار پیشنهاد شد و توسعه پیدا کرد (Caldwell 1961, knodel 1969, Anez etal.1996). دوگان گراف خطی به عنوان ایده برای حل مشکلات طوقه و یال های موازی نیز پیشنهاد شده است(Winter 2002). از دوگان گراف برای مدلسازی هزینه چرخشها در طراحی مسیر نیز استفاده شده است. دور همیلتونی دوری است که از همه گره های گراف بدون تکرار عبور می کند. در دور همیلتونی نه یال تکرار می شود و نه گره، البته به جز گره اول و آخر. دور اویلری دوری است که از همه یال های گراف عبور کند. در دور اویلری یال تکراری وجود ندارد ولی گره ها می توانند تکرار شوند. با استفاده از تبدیلات بین دوگان گراف و گراف اولیه می توان دورهای همیلتونی را، که تاکنون یافتن آن در گراف ها بسیار دشوار بوده است، به دورهای اویلری تبدیل کرد. بدین وسیله حل مسائل بسیار ساده تر خواهد شد. دور همیلتونی کاربردهای فراوانی در حوزه GIS و علوم مرتبط با اطلاعات مکانی دارد. از آن جمله می توان به طراحی مسیر در شبکه حمل و نقل، مدیریت بحران و شبکه آب و برق و گاز اشاره کرد. در GIS در موارد بسیاری نیاز به تعیین دورهای اویلری و همیلتونی وجود دارد.

Hong yang (۲۰۰۸) و دیگران از دوگان مثلثی بندی دلونی برای طراحی مسیر بهینه استفاده کردند. Hu(۲۰۰۸) و دیگران از دوگان شبکه حمل و نقل شهری برای مدل سازی ترافیک شهری استفاده کردند.

در این مقاله ضمن معرفی انواع گراف به بحث و بررسی کاربردهایی از آن در حل مسائل در حوزه GIS پرداخته می شود.

طراحی سفر

نمونه کاربردی از نظریه گراف طراحی سفر پیشنهاد شده است، مانند طراحی تور. در طراحی سفر، فرد گردشگری که می خواهد سفر خود را از نقطه خاصی شروع کند و پس از بازدید از چند نقطه دیگر به نقطه اول باز گردد. چنین مسائلی را نمی توان با الگوریتم های کوتاهترین مسیر مانند دایجسترا حل کرد. زیرا در الگوریتم دایجسترا به صورت همزمان تنها امکان معرفی یک مبداء و یک مقصد وجود دارد. همچنین الگوریتم های مسیر یابی امکان برگشت به یک گره که مسیر قبلا از آن عبور کرده است را ندارد. دوگان خطی گراف در حل اینگونه مسائل بسیار کارآمد است. ابتدا به تعریف دوگان خطی گراف می پردازیم:

گراف G به صورت مجموعه ناتهی از گره ها (N) و مجموعه ای از ازتباطات بین گره ها (E) تعریف می شود.

دوگان خطی گراف به صورت زیر تعریف می شود:

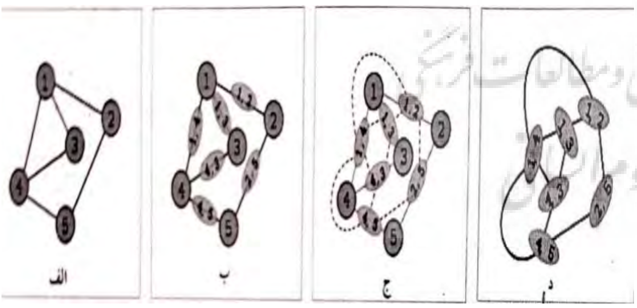
۱. به ازاء هر یال در گراف اولیه، یک گره در دوگان خطی(LD) آن وجود دارد یعنی $|N_{LD}| = |E(G)|$.
۲. به ازاء تمامی مسیرهایی به طول ۲ در گراف اولیه یک یال در دوگان خطی آن وجود دارد.
۳. وزن یال ها در دوگان خطی گراف توسط تابعی از روی وزن یال ها در گراف اولیه محاسبه می شود.

دوگان خطی گراف جهت دار، یک گراف جهتدار است که جهت یال های آن در جهت مسیرهای به طول ۲ در گراف اولیه می باشد.

شکل ۱

تعداد مسیرهای به طول ۲ در گراف اولیه را می توان از مجموع درایه های توان دوم ماتریس مجاورت آن استخراج کرد. ماتریس مجاورت A ماتریسی $n \times n$ است که درایه A_{ij} آن برابر تعداد یال هایی است که از V_i به V_j رفته است. اگر A^2 محاسبه شود، مجموع درایه های آن تعداد یال های دوگان خطی را نشان می دهد.

(شکل ۲ نحوه استخراج دوگان خطی گراف را نشان می دهد.)



شکل ۲

دوگان خطی گراف دارای ویژگی های زیر است:

- دوگان خطی گراف همبند، گرافی همبند است.
- اگر G یک گراف اویلری باشد، دوگان خطی آن یک گراف همیلتونی است.
- به ازاء هر مسیر به طول $K \geq ۲$ یک مسیر متناظر به طول K-1 در دوگان خطی آن موجود است. (winter 2002)

طراحی اصولی سفر با استفاده از دوگان و تابع تبدیل زیر انجام شدنی است. شکل زیر را در نظر بگیرید. $e_۱$ و $e_۲$ یال های گراف شکل ۲ هستند و W نشان دهنده وزن آنها است. داریم:

$$\mathrm{w_E} = w_{E_۱} + w_{E_۲} \quad (۱)\ \text{رابطه}$$

شکل ۲ وزن هریک از یال ها در گراف اولیه و گراف دوگان آن را با استفاده از رابطه (۱) نشان می دهد.

فرض کنیم یافتن کوتاهترین مسیر از گره $n_۱$ به گره $n_۴$ در گراف اولیه مد نظر باشد:

۱. برای انجام این محاسبه در دوگان گراف ابتدایی یکی از یال های ختم شده به $n_۱$ را می یابیم (مثلا یال $E_۲$)

۱. در نتیجه مبداء در گراف دوم یال $E_۲$ (متناظر با گره $V_۲$). مقصد هم یالی است که از $n_۴$ شروع شده و مخالف خروجی مرحله یک است (مثلا یال $E_۳$).
۲. کوتاهترین مسیر از یال $E_۲$ (متناظر با گره $V_۲$) به یال $E_۳$ (متناظر با گره $V_۳$) را با استفاده از الگوریتم دایجسترا در دوگان گراف به دست آمده محاسبه می کنیم، در نتیجه:

$$E_۲\mathrm{E}_۱\mathrm{E}_۴\mathrm{E}_۳ = ۲۰.$$

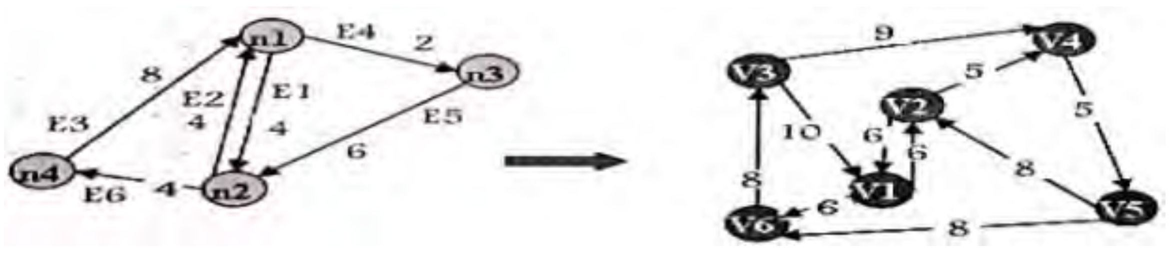
۳. گره های دو سر هر یک از یالها در مسیر به دست آمده را از روی گراف اولیه جایگزین می کنیم:

$$E_۲\mathrm{E}_۱\mathrm{E}_۴\mathrm{E}_۳ = \mathrm{n}_۲\mathrm{n}_۱\mathrm{n}_۲\mathrm{n}_۴\mathrm{n}_۱$$

۴. در نهایت کافی است دو گره ابتدا و انتها از مسیر به دست آمده را حذف کنیم یعنی:

$$n_۱\mathrm{n}_۲\mathrm{n}_۴ = ۲۰ - ۴ - ۸ = ۸$$

همان طور که ملاحظه می شود، نتیجه به دست آمده از این روش با نتیجه به دست آمده برای آن در شکل ۴ که نتیجه الگوریتم دایجسترا را برای تمامی گره های اولیه نشان می دهد، برابر است.



شکل ۳

همان گونه که دیده شد، مسیرهایی که ازالگوریتم دایجسترا در دوگان گراف به دست می آید، می تواند حداکثر شامل دورهایی به طول ۲ در خود گراف شوند(دور $n_۲ n_۱ n_۲$).

اگر مسیر یابی در دوگان دوگان گراف در مراتب بالاتر انجام گیرد، مسلما نتیجه آن در گراف مذکور شامل دورهایی با طول بزرگتر خواهد شد. بنابراین به نظر می رسد از این روش می توان برای مسائلی همچون طراحی سفر گردشگر که در آن مکان رخ دادن دور و وجود چندین مقصد همزمان در مسیر یابی مطرح است استفاده کرد، زیرا گره هایی که تکرار می شوند می توانند نشان دهنده مقصد های متفاوتی باشند.

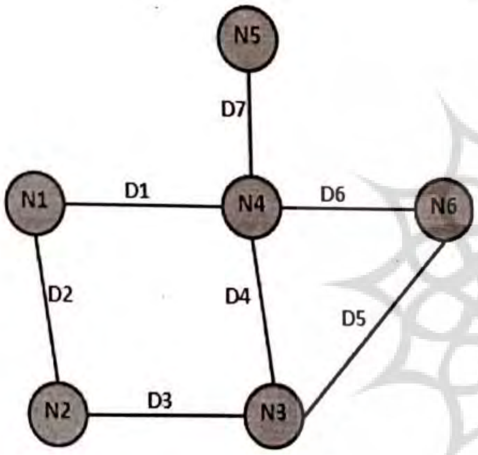
v1 = 0	v3 = 0	v5 = 0
v2 = 6 _ v1v2	v1 = 10 _ v3v1	v1 = 14 _ v5v2v1
v3 = 14 _ v1v6v3	v2 = 16 _ v3v1v2	v2 = 8 _ v5v2
v4 = 11 _ v1v2v4	v4 = 9 _ v3v4	v3 = 16 _ v5v6v3
v5 = 16 _ v1v2v4v5	v5 = 14 _ v3v4v5	v4 = 13 _ v5v2v4
v6 = 6 _ v1v6	v6 = 16 _ v3v1v6	v6 = 8 _ v5v6
v2 = 0	v4 = 0	v6 = 0
v1 = 6 _ v2v1	v1 = 19 _ v4v5v2v1	v1 = 18 _ v6v3v1
v3 = 20 _ v2v1v6v3	v2 = 13 _ v4v5v2	v2 = 24 _ v6v3v1v2
v4 = 5 _ v2v4	v3 = 21 _ v4v5v6v3	v3 = 8 _ v6v3
v5 = 10 _ v2v4v5	v5 = 5 _ v4v5	v4 = 17 _ v6v3v4
v6 = 12 _ v2v1v6	v6 = 13 _ v4v5v6	v5 = 21 _ v6v3v4v5

شکل ۴

مدلسازی نحوه گردش در تقاطع ها

امروزه یکی از مسائل بسیار تاثیر گذار در زمان سفر، تعدادچراغ قرمز و نحوه چرخش در تقاطع هاست. همانطور که می دانیم زمان سفر در گردش به راست در تقاطع ها کمتر از گردش به چپ و مستقیم است. مدلسازی این مساله در آنالیزهای مسیر یابی می تواند در بسیاری از موارد نتایج این آنالیزها را تغییر دهد. در موارد معدودی راه حلهایی برای مدلسازی نحوه گردش در تقاطع ها توسط محققان دیگر ارائه شده است که در تمامی آنها الگوریتم های مسیریابی درگراف اولیه را تغییر داده اند و برای مسائل جدید الگوریم های جدیدی با پیچیدگی های بیشتر ارائه شده است.

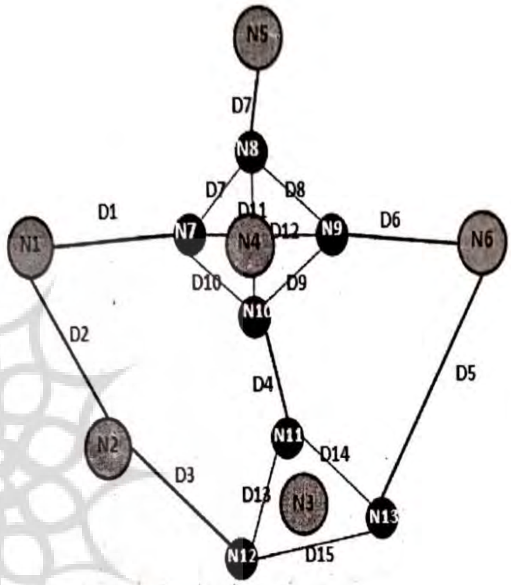
در این بخش نشان داده می شود که با استفاده از مفاهیم دوگان گراف خطی، می توان نحوه گردش در تقاطع ها را مدلسازی کرد. به عبارت دیگر می توان تفاوت هزینه عبور از تقاطع در گردش به راست و چپ و حرکت مستقیم و یا دور زدن کامل را با استفاده از دوگان گراف مدلسازی کرد. برای این منظور فرض کنید شکل زیر یک قسمت از گراف شهری باشد.



شکل ۵

در شکل ۵، هزینه عبور از یال $D_۴$ به $D_۶$ کمتر از هزینه عبور از یال $D_۴$ به $D_۱$ و $D_۷$ است، زیرا جهت گردش در $D_۴$ به $D_۶$ راستگرد است و نیازی به ایستادن پشت چراغ قرمز و دور زدن حول میدان نیست. بنابراین لازم است که در آنالیزهای کوتاهترین مسیر همچون دایجسترا نحوه گردش در تقاطع ها در نظر گرفته شود. این کار در گراف ۵ قابل انجام نیست، زیرا برای انجام آنالیزهای مسیریابی مثل دایجسترا، لازم است یال های گراف وزن منحصر به فردی داشته باشند و نمی توان به یک یال چندین وزن متفاوت اختصاص داد. علاوه براین در آنالیزهای مسیر یابی در گراف ها، امکان وزن دار کردن یالها و گره ها به طور همزمان وجود ندارد. بنابراین به نظر می رسد که برای حل مساله نوع گردش

در تقاطع ها لازم باشد تغییراتی در گراف اولیه انجام شود. اگر محل تقاطع ها را با استفاده از مفاهیم گراف خطی جداسازی کنیم، می توان هزینه های متفاوت نحوه عبور از تقاطع در گراف را مدلسازی کرد. شکل ۶ نشان دهنده چگونگی انجام این جداسازی با استفاده از مفهوم دوگان گراف خطی است.

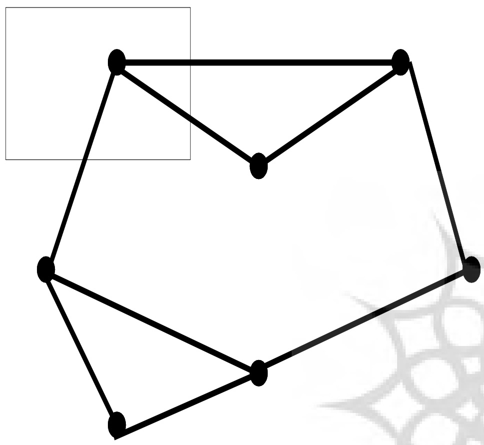


شکل ۶

همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است در تمامی تقاطع ها (سه راه و چهار راه) به ازاء هر یال یک گره و به ازاء هر مسیر به طول ۲، یک یال در گراف دوگان وجود دارد. به این ترتیب اضافه شدن تعداد یال ها و گره ها در تقاطع ها می توان هزینه های متفاوت عبور از تقاطع ها را در نظر گرفت. با این روش، علیرغم افزایش حجم گراف و محاسبات، خروجی آنالیزهای مسیر یابی دقیق تر و واقعی تر ارائه می شوند.

یافتن کوتاهترین مسیر بین مبداء و مقصد غیر نقطه ای

همانطور که بیان شد در بسیاری موارد مقصد سفر یک کاربر نقطه خاصی نیست. در بسیاری از مواقع مقصد یک کاربر یک خیابان، یک محله، یک منطقه و ... است. اما تمامی الگوریتم ها و سیستم های رایج تنها قادرند مسیر یابی بین مبداء و مقصد نقطه ای را انجام دهند. در این بخش ضمن تشریح مساله در گراف، راهکارهای عملی حل آن بیان می شود. فرض کنید مطابق شکل ۷ مقصد کاربر یک ناحیه باشد.



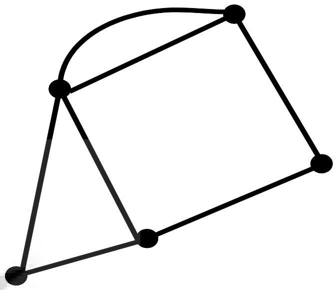
شکل ۷

اگر کاربر خود مجبور باشد یک نقطه خاص از محدوده مد نظرش را به عنوان مقصد معرفی کند، در این صورت ممکن است که نقطه معرفی کاربر نزدیک ترین نقطه از بین تمامی نقاط محدوده به مبداء نباشد. پس لازم است که ابتدا سیستم نزدیک ترین نقطه محدوده به مبداء را انتخاب و سپس مسیر یابی را انجام دهد. انجام این کار مطابق نمودار ۱، مستلزم انجام یک فرآیند ۴ مرحله ای زمان بر است.

استخراج نقاط تلاقی مرز محدوده باگراف خیابان های شهری
معرفی نقاط تلاقی به عنوان مقاصد سفر
اجرای آنالیز کوتاه ترین مسیر بین مبدا و هر مقصد به صورت مجزا
یافتن نزدیک ترین مقصد و استخراج کوتاهترین مسیر

نمودار ۱

به جای انجام این فرآیند نسبتا زمانبر که درآن آنالیز کوتاهترین مسیر بارها بایستی تکرار شود، نشان خواهیم داد که می توان یک تغییر ساده در ساختار گراف و در نتیجه ماتریس مجاورت آن مسیریابی بین مبداء و مقصد غیر نقطه ای را به نقطه ای تبدیل کرد. شکل ۸ چگونگی تغییر گراف شکل ۷ را نشان می دهد.



شکل ۸

همانطور که در این شکل نشان داده شده است، ابتدا تمامی گره های داخل محدوده شناسایی می شوند و سپس ساختار گراف تغییر می کند.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

شکل ۹

همانطور که می دانیم نحوه محاسبه از طریق نرم افزار با استفاده ماتریس(ماتریس وقوع و مجاورت) است. برای تغییر ماتریس مجاورت اولیه و ساختن ماتریس مجاورت جدید کافی است درایه های گره های داخل محدوده با هم ترکیب شوند. شکل ۹ چگونگی این ترکیب را نشان می دهد. همان طور که در شکل نشان داده شده است، ابتدا درایه های مربوط به یال های بین گره های داخل محدوده صفر می شوند و سپس در مرحله دوم با هم جمع می شوند. همانطور که مشاهده می شود ماتریس مجاورت گراف ۸ به دست می آید.

حال که محدوده به صورت یک نقطه درآمد، می توان یکبار اجرای آنالیز کوتاهترین مسیر بین مبداء و مقصد نقطه ای بهترین مسیر را یافت. ماتریس مجاورت جدید به صورت مجازی ساخته می شود و بعد از یافتن مسیر از بین می رود. تفاوت این روش با روش قبل در این است که در این روش آنالیز کوتاهترین مسیر که الگوریتم پیچیده و زمان بری دارد تنها یک بار اجرا می شود و در نتیجه مدت زمان اجرای آن نسبت به روش قبلی به مراتب کمتر است.

اگر مقصد کاربر به صورت خطی باشد نیز روش کار به همین صورت است و تفاوتی بین روش اجرا در حالت خطی و ناحیه ای نیست.

تبدیل مسیر همیلتونی در دوگان گراف به دور اویلری در گراف اولیه

در GIS در موارد بسیاری نیاز به تعیین دورهای اویلری و همیلتونی وجود دارد. به عتوان مثال ماشین حمل زباله در صورتی می تواند تمامی زباله های موجود در یک شهر را بدون تکرار مسیر جمع کند که شبکه راه های آن شهرک دارای دور اویلری باشد. همچنین پستچی در صورتی می تواند نامه های خود را بدون عبور از مسیر تکراری به مقصد برساند که شبکه حمل و نقل شهری که وی در آن حرکت می کند، دارای دور همیلتونی باشد.

شرط لازم و کافی برای وجود دور اویلری در یک گراف جهت دار این ات که تعداد یالهای ورودی و خروجی در هر گره برابر باشند. اما تاکنون راه حل قطعی برای تشخیص دورهای همیلتونی در گراف بیان نشده است. راه حل های این مسئله تاکنون نیاز به زمان بسیار طولانی دارد، لیکن آزمون درستی جواب خیلی سریع انجام می شود. یکی از مسائل معروف و وابسته به دور همیلتونی، مسئله فروشنده دوره گرد است که یکی از قدیمی ترین مسائل بهینه سازی به شمار می آید. راه حل هایی که تاکنون برای این مسئله ارائه شده اند، اغلب جواب نسبتا خوب و نه لزوما بهینه را در بر می گیرد. الگوریتم ژنتیک و الگوریتم مورچه از این راه حل ها هستند.

در مورد وجود دور همیلتونی در گراف ها قضایایی بیان شده است اما هیچ کدام حالت عمومی و جامعی ندارند. از جمله این فضایا می توان به قضیه دیراک [Deleon 1999] اشاره کرد، که محدود به گراف های خاصی است. نشان داده شده است که می توان دور همیلتونی در دوگان گراف را از دور اویلری در گراف اولیه استخراج کرد و بالعکس [Saberian, Malek, Hamrah, Winer 2009]

به عبارتی نشان داده شده است که مسیر همیلتونی در دوگان گراف به دور اویلری در گراف اولیه بدل می شود.

بنابراین طبق مطالب بیان شده، در صورتیکه دوگان معکوس یک گراف دور اویلری نداشته باشد، آن گراف دور همیلتونی نخواهد داشت. همچنین اگر دوگان معکوس گراف دور اویلری داشته باشد، آن گراف دارای دور همیلتونی خواهد بود که متناظر با دور اویلری در دوگان معکوس آن است. مسلم است که اگر بتوان بیش از یک دور اویلری در گراف اولیه پیدا کرد، آنگاه دوگان آن بیش از یک دور همیلتونی خواهد داشت. به عبارت دیگر، تعداد دورهای همیلتونی در گراف و دوگان آن با هم برابر است.

نتیجه گیری

قابلیت های سیستم اطلاعات مکانی در زمینه مدیریت بهینه سفرهای درون شهری، روز به روز بیشتر مورد توجه کاربران مختلف قرار می گیرد. برای اینکه این سیستم ها بتوانند هرچه بیشتر اعتماد کاربران را جلب کنند، لازم است که دقت محاسباتی و قابلیتهای آنان افزایش یابد.

در این مقاله مروری سـعی شـد تا کاربردهای مختلف نظریه گراف در این حوزه مورد بحث قرار گیرد. از آن جمله تعیین وجود دور همیلتونی ا ست که م سئله ای با پیچیدگی سخت به شمار می آید و می توان آن را

با استفاده از حساب دوگان ها استخراج دوگان خطی معکوس از یک گراف مشخص کرد، به این ترتیب که طی این تبدیل تمامی دورهای همیلتونی در گراف اولیه به دورهای اویلری در دوگان خطی معکوس آن تبدیل می شود. در واقع دوگان ها، گراف های فضاهایی هستند که برای ساده سازی و یا حل بعضی از مسائل که در گراف اولیه قابل حل نیستند و یا به سختی قابل حل هستند، تعریف و استفاده شده است. همچنین نشان داده شده است که از مفاهیم دوگان گراف خطی می توان برای مدلسازی نحوه گردش در تقاطع ها بهره برد. این کار با جداسازی گره های گراف در تقاطع هایی که گردش به راست و چپ متفاوتی دارند و تبدیل آنها به یال در دوگان خطی، انجام شد. این کار بدون الگوریتم جدید و بدون پیچیده کردن الگوریتم های رایج مسیریابی تنها با تغییر ساختار گراف اولیه ارائه گردید. پرداختن به امکان استفاده از دوگان گراف در مسائل و شبکه های حمل و نقل از جمله طراحی شبکه های چند ساختی پیشنهاد می گردد.

منابع:

Baggio, R. Del Chiappa, G. (2016) Complex Tourism Systems : A Quantitve Approach in M. Uysal, Z. Schwartz and E. Sirakaya-Turk (Eds) Management Science in Hospitality and Tourism :Theory, Practice and Applications pp. 14-21.

Barnett, H.J., 2008, Early Writings o n Graph Theory: Euler Circuits and The Konigsberg Bridge Problem; An Historical Project

Brandao, J., (2006). A new tabu search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls. European Journal of Operational Research, 173, 540˚555.

Caldwell, T. (1961) “On finding minimum routes in a network with turn penalties”, Communications of the ACM, 4(2), pp. 107-108.

DeLeon, M., 19 99, A Study of Sufficient Conditions f or Hamiltonian Cycles , Department of Mathematics an d Computer Science, Seton Hall University, South Orange, New Jersey 07079, U.S.A.

Gajdošík, T. (2016) Network Analysis of Cooperation in Tourism Destinations, Department of Tourism and Hospitality, Faculty of Economics, Matej Bel University, Banská Bystrica, Slovakia, Czech Journal of Tourism, Vol. 4, No. 1, PP. 26- 44.

Harrary; F.(1994) G Graph theory”, Colorado: Westview Press.

Hu, M. B., Jiang, R., Wu, Y. H., Wang, W. X., and Wu, Q. S. (2088) b brb an traffic from the perspective and dual graph.E The European physical Journal, 63(1), pp.127-133.

Jørgensen, M. T. (2016) Synergistic Social Network Analysis (casestudy :A Synergistic Approach to Qualitative and Quantitative Network Analysis), Tourism Analysis, Cognizant Communication Corporation, Vol. 21, № 2 pp. 559–576.

Ore, O ., 1990 , Graphs an d Their Uses, new mathematical library(34), the mathematical association of america.

Saberian. J, Malek. M, Hmrah. M and Winer. E, (2009) “Dual graph calculation and its application in GIS” Iranian Remote Sensing and GIS Journal 1(1), pp. 2-14.

Saberian, J., Mesgari, M. S. and Shirzadi Babakan, A. (2010) “A new method for planning of urbun bus transportation paths using of GIS”, Journal of Transportation Research, 7(1), pp.67-78.

Saberian, J. and mesgari, M. S. (2010) “Optimum path finding base on time criteria under traffic variation”, Transportation Engineering, 1(4), pp.53-66.

Saberian, J. and Hamrah, M. (2008) “ Improving the routing algorithms in city networkG, Geomatic 87, Tehran, Iran.

Salhi, S., Wassan, N., Hajarat, M. (2013). The fleet size and mix vehicle routing problem with backhauls: formulation and set partitioning-based heuristics. Transportation Research - Part E: Logistics and Transportation Review, 56, 22˚35.

Toth, P., Vigo, D., (1997). An exact algorithm for the vehicle routing problem with backhauls. *Transportation Science* 31, 372˚385.

Vidyasagar, M., 2003, An Algebraic Method for Finding a Dual Graph of a Given Graph, Circuits Theory, IEEE Transactions on [legacy, pre - 1988], Volume: 17, 434 – 436, ISSN: 0018-9324.

Yan, H., Wang, H., Chen, Y. & Dai , G., 20
08,
Path Planning based on Constrained Delaunay Triangulation, IEEE , Intelligent Control and Automation, 5168 - 5173 ISBN: 978-1-4244-2113-8.

Winter, S., 2002, Modeling Costs of Turns in Route Planning, Geoinformatica, 345-361, Kluwer Academic Publishers, ISSN : 1384-6175.

Graph and its application in GIS

Abstract

One of the most important applications of spatial information systems is in the field of transportation management. In this regard, network analysis capabilities in spatial information systems, including the calculation of the shortest path, can be useful. Graphs and their theories play an important role in GIS network analysis. To solve some problems of the graph or to simplify the analysis in the graph, changes can be made to its structure. Graph simulations show that the mobility of the system depends to a large extent on the transport network topology. In general, a planned network can accommodate more vehicles, and its overall mobility is much greater than a self-organized growing network. In this article, while introducing graph capabilities in problem solving, several different applications in finding the shortest path in transportation problems will be discussed.

Key words: Graph, Dual Graph, Hamilton Round, Eulerian Round, Transport Network, Optimal Path