آنالیز شبکه در GIS رستری

با تاکید بر مسیریابی لوله‌های نفت و گاز

دکتر محمود رضا دلاور
عضو هیئت علمی دانشگاه تهران

حمید کیاورز مقدم
کارشناس ارشد مرکز اطلاعات جغرافیای شهر تهران

چکیده :
آنالیزهای GIS بر اساس مدل‌های کارتوگرافیک برای مدل‌های مکانی و مسیریابی بکار می‌روند.کار اجرایی جهت پیدا کردن بهترین مسیر لوله‌های نفت و گاز با استفاده از داده‌های توپوگرافی و آنالیزهای GIS در این مقاله انجام شده است. که مسیر یابی مورد نظر در محل بین اصفهان، یاسوج انجام گرفته، این منطقه در مرکز ایران قرار دارد و بعنوان منطقه نمونه برای کار اجرائی در نظر گرفته شد. مسیریابی لوله‌های نفت و گاز به معیارهای زیادی وابسته می‌باشد اما از مهمترین معیارها، معیار توپوگرافی محل می‌باشد زیرا لوله‌ها نباید از مناطقی با شیب زیاد عبور کند. در این مقاله یک مدل جهت پیدا کردن بهترین مسیر از لحاظ طولی ارائه شده است. در این رابطه ما از توابع زبانMap algebra مانند (local function، focal function، zonal function) برای طراحی مسیر بین اصفهان، یاسوج استفاده کردیم و نتیجه بدین صورت شد که طول خط لوله موجود ۲۰ Km بوده است اما با استفاده از مدل ارائه شده مسیر طراحی شده به طول ۷۵/۱۶ Km رسید. در واقع با استفاده از تابع least-cost path، لوله طراحی شده ۲۵/۳Km کمتر از لوله موجود طراحی شده است. می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از قدرت توابع آنالیز موجود در GIS می‌توان یک تصمیم‌گیری خوب جهت تعیین بهترین مسیر لوله‌های نفت و گاز انجام داد.

کلمات کلیدی :
Cost surface, Cost path, Digital elevation modeling, Friction, Fact function, Focal function, Zonal function, Global function

مقدمه

نرم افزاری که سابقه حرکت مرد فروشنده در سطح شهر برای ملاقات چند مشتری بطوریکه در کمترین زمان بتواند این مسیرها را بپیماید سالهاست که برروی واژه‌های توپولوژیک در محیط GIS مطرح می‌باشد.

اما وقتی ما با یک شبکه برداری از راهها مواجه هستیم اصطکاک و یا مقاومت مسیر ممکن است مانند شرایط سطح جاده، بار ترافیک، چراغ قرمز، ..... باشد. و با وجود این مقاومت‌ها و اختصاص یک عدد به هر مسیر بعنوان یک اصطکاک حرکتی در این مسیر می‌تواند با استفاده از توابع least cost path مسیر مرد فروشنده را جهت رسیدن مشتریان خودش با در نظر گرفتن زمان حرکت، مشخص نمود. (Reinelt & Rinaldi ۱۹۹۵, Junger) زمانی که نه مسیری و نه راهی از قبل موجود نیست مانند مناطق کوهستانی، مسیریابی با استفاده از روشهای گفته شده در بالا میسر نیست برای اینکه هیچگونه اطلاعات زیرساختاری وجود ندارد. بنابراین در این حالت ما نیازمند این هستیم که از محیط رستری جهت پیدا کردن کوتاهترین مسیر استفاده نمائیم و در این رابطه نرم‌افزاری با مبنای GIS توسط تاملین طراحی شده است.

(ESRI ,۲۰۰۰a)

مفهوم شبکه در محیط برداری و رستری

یک شبکه، مجموعه ای از خطوط پیوسته به یکدیگر می‌باشد که یک ساختار را بوجود می‌آورد. از لحاظ تئوری در محیط برداری شبکه یک گراف خطی است اما مدل شبکه در محیط وکتوری دارای معنای متفاوتی با مفهوم شبکه در محیط رستری می‌باشد. اولاً یک سلول در محیط رستری، یک تقریبی است از یک خط در محیط برداری ثانیاً در مدل رستری جهت، مجازی می‌باشد. در واقع محیط رستری از یکسری سلول تشکیل شده است و می‌توان گفت هر سلول یک نقطه و دارای ۸ جهت در همسایگی خود می‌باشد. (Demers,۲۰۰۲)

در این مقاله هدف ما این است که ابتدا زبان Map Algebra را جهت مسیریابی معرفی کرده و سپس کاربردهای Map Algebra و توابع آن را در مسیریابی بیان کنیم.

تعدادی از تحقیقات انجام شده

• بررسی روشهای مسیریابی و توسعه این روشها که در دانشگاه هلسینکی انجام شد و این تحقیق بر اساس الگوریتم معرف دیکسترا در محیط رستر بود و این الگوریتم در منطقه وسترن فنلاند پیاده سازی شد. (Sarkka and Esko,۱۹۹۹)

• کار دیگر در این زمینه انجام شده است برای خطوطی در کانادا است، در این کار از GIS و روشهای آن جهت انتخاب بهترین مسیر لوله‌ها استفاده شد و همچنین در این تحقیق کار برای تصمیم‌گیری سریع مسیریابی و انتخاب مسیر پایدار انجام گرفت. (Montemurro and Gale,۱۹۹۶)

• همچنین یک قسمت از مسیریابی لوله‌های نفت دریای خزر بعنوان نمونه، از روش least cost path انجام شد. (Hicken and Lerumbach ۱۹۹۸) تجربه نشان می‌دهد که اکثر کارهای انجام شده جهت مسیریابی‌ها با استفاده از ابزار shortest path در محیط رستری صورت پذیرفته است.

در این مقاله هدف ما این است که ابتدا زبان Map Algebra را جهت مسیریابی معرفی کرده و سپس کاربردهای Map Algebra و توابع آن را در مسیریابی بیان کنیم.

زبان Map Algebra

Map algebra زبانی است که بطور مخصوص برای محیط رستری در محیط GIS طراحی شده است. این زبان فکر کاربر را کلاسه بندی کرده و روشها و هماهنگی‌های لازمه را برای کاربر بوجود می‌آورد تا کاربر براحتی با کامپیوتر و نقشه ارتباط بر قرار کند. این زبان اولین بار توسط دکتر تاملین در سال ۱۹۹۰ بعنوان یک زبان بررسی آنالیزهای مکانی ابداع شد. زبان Map Algebra از یکسری از اپراتورهای جبری برای تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی در محیط رستری استفاده می‌کند. این اپراتورها می‌توانند در تلفیق دو یا چند لایه اطلاعاتی با استفاده از توابع ریاضی مانند عملیات جمع، تفریق، ضرب، تقسیم نقش داشته باشد.

زبان Map algebra برای کاربردهای مختلف می‌تواند مفید واقع شود مانند :

Edge Detection, Outlier Detection Smoothing, Cost Surface Analysis

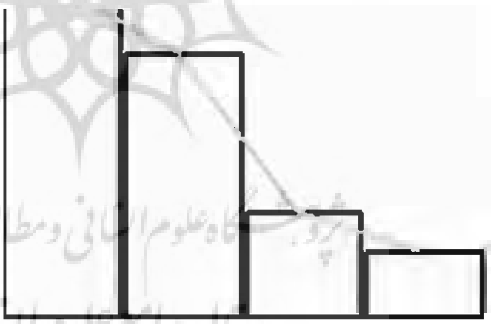
علاوه بر این‌ها این زبان می‌تواند آنالیزهای معمولی مانند :
Overlay, Intersection, Dissolve, Clipping را انجام دهد.
زبان Map algebra شامل یکسری توابع مهم است. در این قسمت ما به توضیح این توابع می‌پردازیم و سپس از این توابع در قسمت بعدی برای مسیریابی استفاده می‌نماییم. این توابع، توابعی به نامهای Local function, focal function, zonal function, Global function می‌باشند.(Tamlin, ۱۹۹۰)

تابع Local function

Local function یا per – cell function تابعی است که لایه رستری خروجی آن دارای این خصوصیت می‌باشد که هر سلول ، تابعی از اثرگذاری یک و یا چند لایه رستری در همان موقعیت سلولی است. تعدادی از این توابع بشرح ذیل می‌باشد : توابع مثلثاتی، توابع نمایی و لگاریتمی Selection ،عبارت منطقی در یک grid و همچنین توابع آماری.

تابع FOCAL

تابعی است که هرسلول در لایه خروجی آن تابعی است از ارزش این سلول درلایه اولیه از انواع توابع Focal می توان به جمع ، میانگین جمع، میانگین، ماکسیمم و مینیمم را نام برد .
این تابع توانایی ایجاد لایه شیب با استفاده از لایه ارتفاعات را دارد . بدین صورت که با مقایسه ارتفاع هرسلول در لایه ارتفاعات با سلول کناری خودش و اندازه گیری زاویه قائم آن، مقدار شیب را حساب می کند .



شکل ۱ : تولید نقشه شیب با استفاده از توابع Focal

تابع ZONAL

تابعی است که مقدار ارزش لایه خروجی آن درهرسلول تابعی است از ارزش آن سلول در لایه قبلی و مقادیر ارزش سلولهایی که دریک کلاس کارتوگرافیک قرار دارند. این تابع جهت آنالیز خود به دو لایه رستری اولیه احتیاج دارد که اولی zone grid می باشد که کلاسه بندی سلول ها را نشان می دهد. و دومی Value grid که ارزش سلول ها را نشان می دهد.

از انواع این تابع می توان به توابعی مانند مقادیرZonal sum, Zonal max , Zonal mean, Zonal variety اشاره کرد . (DEMERS. M .۲۰۰۲)

Zone Grid

2	2	1	1
2	3	3	1
	3	2	
1	1	2	2

Value Grid

1	2	3	4
5	6	7	8
1	2	3	4
5	5	5	5

=

5	5	8	8
5	7	7	8
	7	5	
8	8	5	5

شکل ۲ : محاسبهZonal maximum که مقدارmax را حساب میکند .

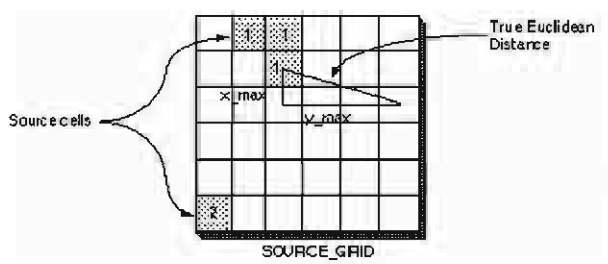
تابع GLOBAL

Global functionویاPer- raster تابعی است که مقادیر ارزش هر سلول در لایه حروفی تابعی است مقادیر ارزشی کلیه سلول ها در لایه اولیه این تابع به دو گروه تقسیم می شود : فاصله اقلیدسی و فاصله وزن دار

فاصله اقلیدسی

فاصله اقلیدسی در واقع فاصله مرکز سلول مرجع به مرکز هرسلول درهمسایگی آن می باشد. فاصله اقلیدسی واقعی توسط تابع فاصله اقلیدسی مانند شکل زیرمحاسبه می شود . ازنظرمفهومی الگوریتم اقلیدسی بصورت ذیل محاسبه می شود : برای دو سلول فاصله تا سلول همسایه ازطریق محاسبه طول، متر ، مثلث قائم الزوایه ای که با آن سلول تشکیل می دهد محاسبه می شود. این محاسبه مقدار واقعی فاصله اقلیدسی را محاسبه می کند نه فاصله سلولی .

(ESRI, ۲۰۰۰a)



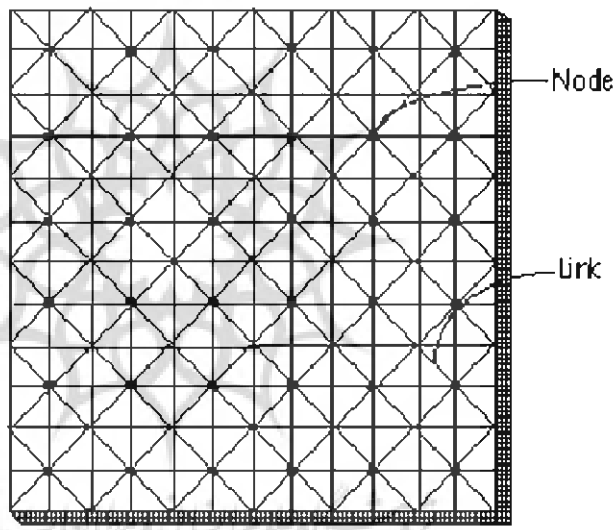
شکل ۳ : محاسبه فاصله اقلیدسی

فاصله وزن دار

این تابع مانند تابع فاصله اقلیدسی می باشد با این تفاوت که بجای اینکه فاصله واقعی را محاسبه کند ، فاصله وزن دار را محاسبه می کند . کلیه توابع فاصله وزن دار جهت آنالیز به دو لایه cost و gird و source gird none نیازمند هستند . در لایه خروجی کلیه سلولهای (source cells) مقداری برابر صفر می گیرند و کلیه none- cell source درلایه خروجی مقدارnone رابه آن ها تعلق می گیرد .(ESRI, ۲۰۰۰a).

هرسلول در لایه هزینه، میزان هزینه و یا مقاومت عبور از آن سلول را نشان می دهد و این مقاومت می تواند برحسب زمان، دلار، الویت و یا هرمقاومت دیگری باشد .

Cost function، لایه خروجی را ایجاد می کند که مقدار هر سلول در این لایه هزینه تجمعی حرکت آن تا سلول منبع را نشان می دهد. این الگوریتم از مفهوم نقطه و خط استفاده می کند بطوریکه مرکز هر سلول بعنوان Node و این node ها یا خطوطی بعنوانlink به همسایگان خود وصل می شوند.

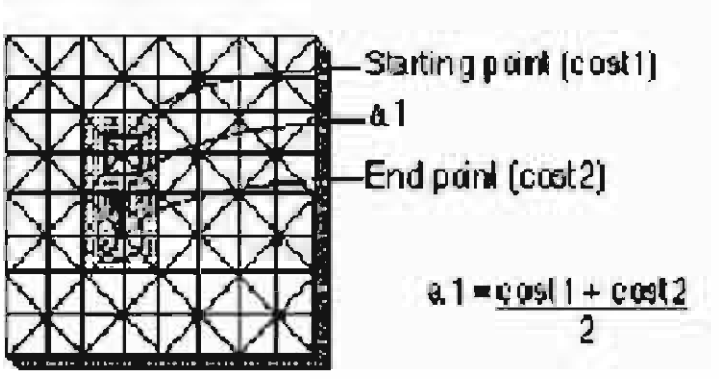


شکل ۴ : تصویری از یک grid بصورت تئوری گراف

وLink یک مقدار مقاومت به آن تعلق می گیردو مقدار این مقاومت از طریق مقدار هرسلول درانتهای هر link ودرهرجهت خاص از لایه cost محاسبه می شود اگر جهت حرکت ازهرسلول به بالا و پائین و یا چپ و راست باشد به هرکدام از مقادیر درطرف وزن ۱/۴۴ تعلق گرفته و با هم جمع می شوند .

a۱ = (cost ۱+cost۲)/۲

بطوریکه cost۱ مقدار هزینه سلولی cost۲ مقدار هزینه سلول ۲و a۱ مقدار مقاومت حرکت از سلول اول به سلول دوم می باشد :

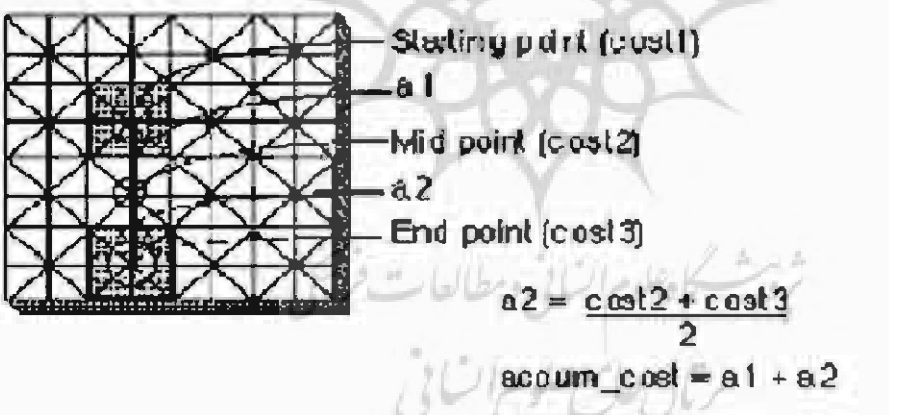


شکل ۶ : محاسبه هزینه تجمعی

وبا توجه به محاسبات بالا هزینه تجمعی بدین صورت محاسبه می شود:

Accum cost = a۱+ (cost ۲ +cost۳)/ ۲

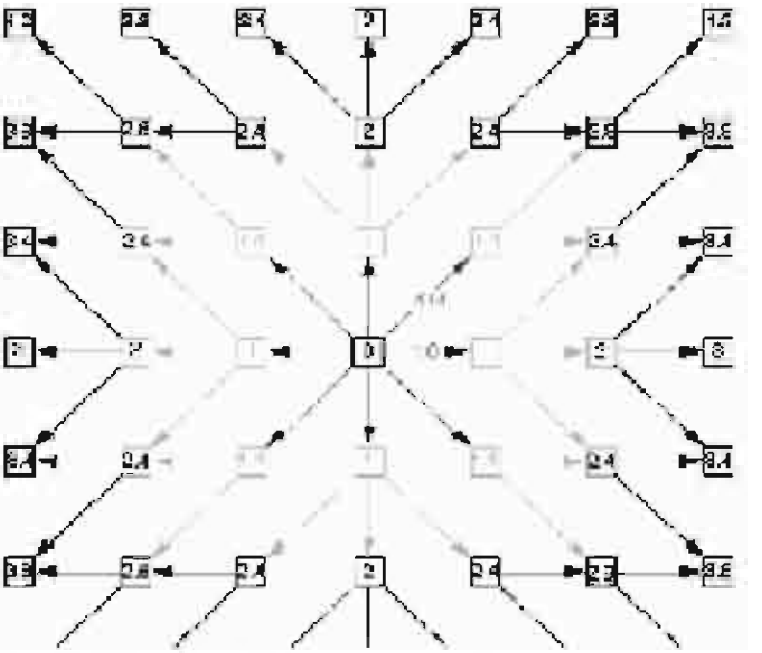
ودراین فرمول بالا cost۲ هزینه سلولی cost۳هزینه سلول ۳ و accum - cost ، هزینه تجمعی حرکت از سلول ۳ به سلول ۱ می باشد .



شکل ۷ : محاسبه هزینه قطری

اما اگر حرکت بصورت قطری باشد مقدار هزینه برابرخواهد بود با مقدار ارزش سلولهای دو طرف با وزن ۱/۴۱۴۲۱۴۲ که در فرمول ذیل این موضوع بیان شده است :

a۱=۱/۴۱۴۲۱۴ (cost ۱+cost۲)/۲



شکل ۸ : محاسبه هزینه تجمعی

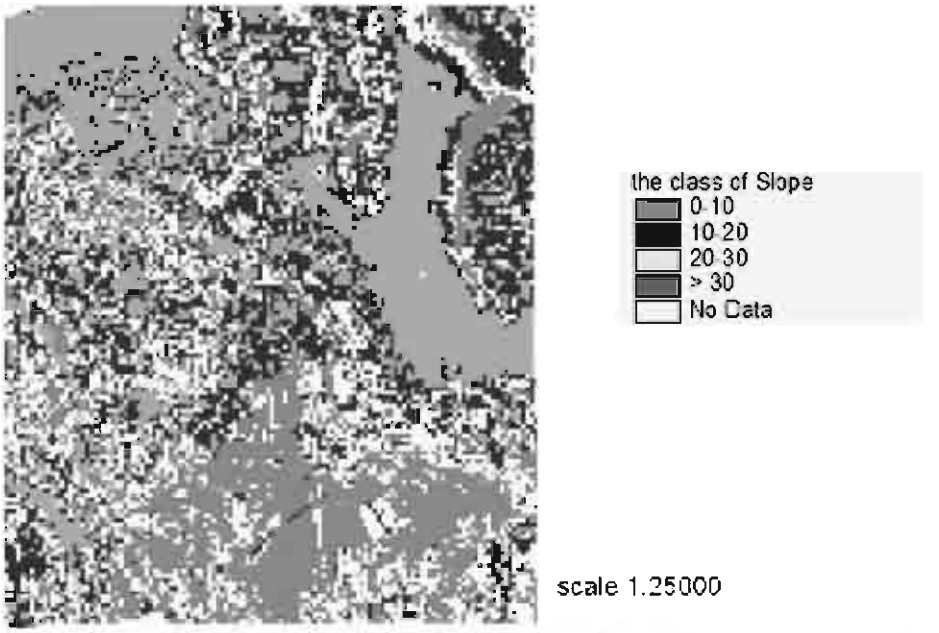
هدف ما در استفاده از تابع cost distance این است که یک لایه هزینه تجمعی ایجاده کرده است و سپس بتوانیم در طراحی مسیر خود ازاین لایه استفاده نماییم .

پیاده سازی

دراین قسمت روند کلی مسیریابی خطوط را که در قسمت های قبل توضیح داده شد، بیان کنیم . بطور خلاصه این روند از سه قسمت که درزیر بیان می شود، تشکیل شده است . که این کار درمحیط ArcGIS ۸/۳ با استفاده ازامکانات محیط رستری و برداری آن انجام شد .خط لوله ای بین اصفهان، یاسوج طراحی شد و سپس مسیر طراحی شده را با مسیر موجود مقایسه کردیم .

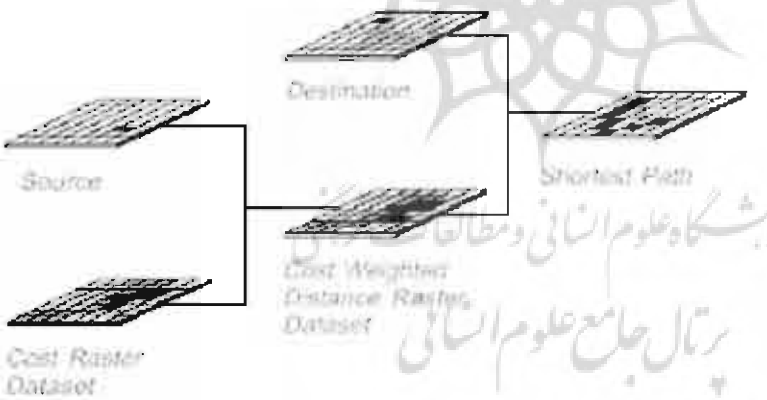
۱ - تولید داده های اولیه : دراین روند از نقشه های ارتفاعی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد و همچنین نقشه، لوله های موجود را نیز در سیستم تصویر (WGS۸۴) UTM محاسبه و بعنوان لایه ورودی معرفی نمودیم .

۲ - تشکیل لایه اصطکاک یا هزینه جهت مسیریابی روی آن که در این کار از نقشه های ارتفاعی لایه شیب خود را تشکیل داده و مقادیرآن همان مقادیر اصطکاک درنظر گرفته شد. در این مرحله یک نقشه شیب با اندازه gird ۱۰×۱۰، وجود آورده و این لایه به ۴ کلاس تقسیم شد. در مسیریابی خطوط لوله های نفت و گاز شیب ٪۰-۱۰ بهترین شیب به ٪۲۰-۱۰ یک بازه خوب از شیب ٪ ۳۰-۲۰ یک بازده متوسط است و شیب عادی ۳۰٪ شیب مفیدی برای ما خواهد بود (Naghibi, ۲۰۰۲)



شکل ۹ : نقشه شیب که در ۴ دسته کلاسه بندی شده است

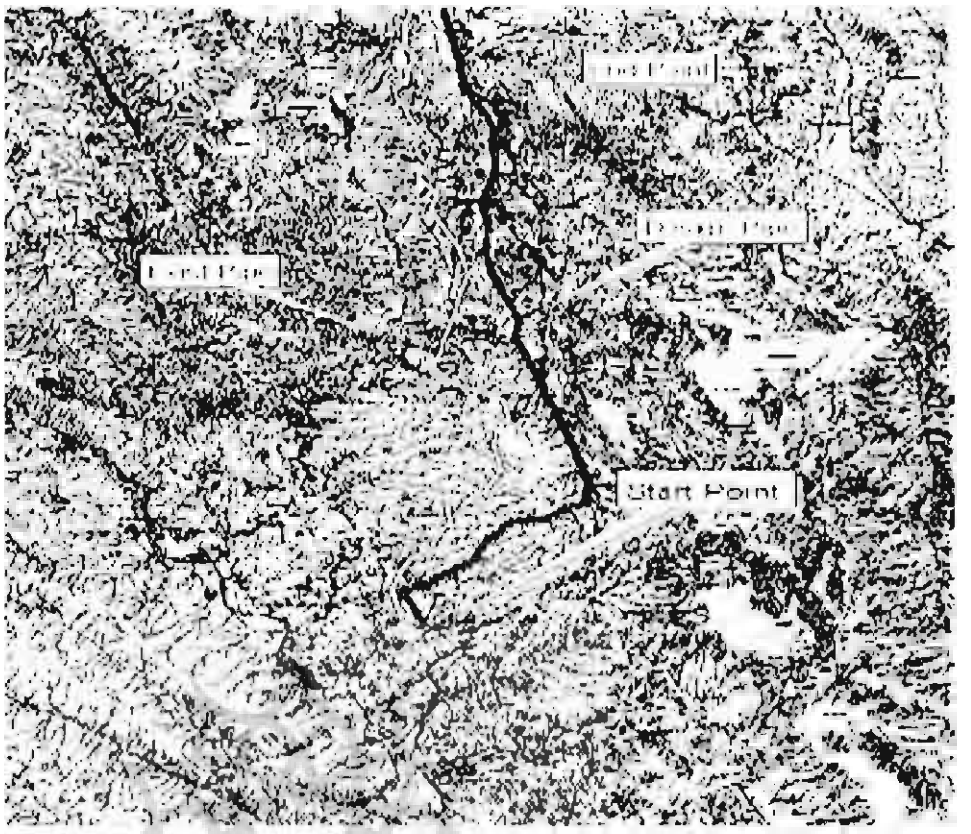
۳ - تشکیل لایه هزینه تجمعی از نقطه منبع و (اصفهان)، به نقطه مقصد (یاسوج) بوسیله تابع فاصله وزن دار و سپس بر اساس این لایه با کمک تابع cost path ، مسیری با کمترین هزینه طراحی است . که در شکل زیر روند کلی این عملیات نشان داده شده است .



هنگامیکه یک لایه اصطکاک و یا هزینه تشکیل می شود مسیریابی می تواند دردو مرحله انجام پذیرد:

- تشکیل یک لایه تجمعی از لایه هزینه نسبت به نقطه اصلی بصورت محاسبه سلول به سلول و ذخیره آن بعنوان لایه هزینه تجمعی
- حرکت از نقطه مقصد بصورت دنبال کردن سلول های با هزینه و یا اصطکاک کمتر وبرگشتن به نقطه اصلی که لایه هزینه تجمعی نسبت به آن محاسبه شده است .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱۱ : مسیر لوله طراحی شده و مسیر لوله موجود

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

نتیجه گیری

- زبان Map Algebra یک زبان قدرتمند و دارای توانایی های با جهت آنالیزهای رستری می باشد. و قابل اجرا در اکثر نرم افزارهایGIS می باشد.
- با وارد کردن مباحث خطا و پخش آن در زمان Map Algebra می توان توانایی های این زبان را ارزیابی نمود .
- با توجه به اینکه خط موجود ۲۰km می باشد و مسیرطراحی شده ۶۵/۱۶ km می باشد بنابراین مسیری طراحی شده که کوتاهتر از مسیرموجود بود . اما باید این نکته را ذکر کرد که این خط مسیر طراحی شده همیشه کوتاهترین می باشد چون ما دراین مقاله فقط فاکتور شیب را درنظر گرفتیم . ■

منابع:

- Demers,2002,"GIS Modeling in Raster ", New Mexico University, .John Wily & Sons Inc
- Douglas, D.H., 1994, "Least cost path in GIS using accumulated cost surfaceand slope lines", Cartographica, Vol. 31,No. 3, pp. 37--51.
- Eastman, R. (2000): IDRISI32, ver. I32.02. The Idrisi Project, Clark Labs, Worcester, USA.
- ESRI(2000a): Spatial Analyst extension ver. 2.0a. Redlands,Ca., USA: ESRI Press.
- ESRI(2000b): Network Analyst extension ver. 1.0b. Red-lands, Ca., USA: ESRI Press.
- ESRI(2000c): 3DAnalyst extension ver. 1.0a. Redlands, Ca., USA: ESRI Press.
- ESRI(2002): ArcGIS ver. 8.2. Redlands, Ca., USA: ESRIPress.
- Hicken , J. and Y. , Krumbach , Feb 1998, " Use of high resolution remote sensing for rout selection ", Environment Remote Sensing Center, University of Wisconsin-Madison.
- Jünger, M., Reinelt, G. & Rinaldi, G. (1995): The traveling salesman problem.
- Montemurro , D. and Gale , T., 1996, " GIS-based process helps TransCanada selection route for expantion line " Calgery , June 22 , Oil & Gas Journal pp.63_71 .
- Rapaport, E. & Snickars, F. (2000): GIS-based road location in Sweden: A case study to minimize environmental damage, building costs and travel time. In: Stillwell, J., Openshaw, S. & Geertman, S. (eds.): Geographical Information and Planning: 135-153. Berlin: Springer-Verlag.
- Sakka,P. and L.,Esko , 1999 "Optimal routing of pipeline", GIM, 6 Feb.
- Tomlin, C.D. (1990): GIS and Cartographic Modeling. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Xiang, W. (1996): A GIS based method for trail alignment planning. Landscape and Urban Planning 35: 11.-23.Elsevier.