

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مسیریابی وسیله نقلیه (VRP)

کلرک و رایت (Clarke and Wright)

گرد آورنده

محمد سویزی ۹۳۲۴۱۵۴

استاد

دکتر مصطفی ستاک

فهرست

انواع روش های حل مسئله

انواع روش های تقریبی

روش های ابتکاری کلاسیک

روش های فراابتکاری

کلارک و رایت

الگوریتم حل برای مسئله TSP

الگوریتم حل برای مسئله VRP

حل مثال

تمرین

منابع

انواع روش های حل مسئله

روش های حل مسئله به دو صورت دقیق و تقریبی انجام می شود که عبارتند از:

۱. روش های دقیق

✓ شاخه و کران

✓ شاخه و برش

✓ شاخه و قیمت

۲. روش های تقریبی

انواع روش های تقریبی

خانواده های مختلفی از روش های تقریبی برای VRP معرفی شده اند که این خانواده ها بطور کلی به دو دسته اصلی تقسیم بندی می شوند.

۱. روش های ابتکاری کلاسیک

۲. روش های فراابتکاری

روش های ابتکاری کلاسیک

این روش ها بین سال های ۱۹۶۰ و ۱۹۹۰ توسعه یافته اند. این روش ها یک کاوش نسبتا محدود را در فضای جستجو انجام می دهند و نوعا جواب های نسبتا خوبی را در زمان های محاسبه نسبتا کم تولید می کنند.

روش های ابتکاری کلاسیک در سه دسته طبقه بندی می شوند:

۱. الگوریتم های سازنده
۲. الگوریتم های دو فازی
۳. الگوریتم های بهبود دهنده

الگوریتم های ابتکاری سازنده

این الگوریتم ها یک جواب موجه می سازند و همزمان مواظب هزینه جواب هستند. اما دارای فاز بهبودی نیستند. مانند

- صرفه جویی کلرک و رایت
- صرفه جویی مبتنی بر تطبیق (توسط وارک و هالت)

الگوریتم های ابتکاری دوفازی

معمولا ابتدا یک دسته بندی اولیه دارند و سپس مسئله را حل می کنند.

۱. دسته بندی ابتدایی مانند

- الگوریتم جاروب کردن (توسط جیلت و میلر)
- الگوریتم فیشر و جیکومار
- الگوریتم برامل و سیمچی لوی

۲. شاخه و حد کوتاه شده مانند

- الگوریتم کریستوفیدوز، مینگوزی و تات
- الگوریتم های گلبرگ (توسط فوستر و ریان)

الگوریتم های ابتکاری بهبود دهنده

جواب های بدست آمده از دو روش قبل را بهبود می دهند و جواب های بهتری نسبت به قبل ارائه می دهند.

۱. داخل یک تور مانند

- K-Opt: پرکاربرد ترین آن ها 2-Opt و 3-Opt می باشد.

۲. بین تورها مانند

- تقاطع رشته
- مبادله رشته
- جابجایی رشته
- ترکیب رشته

روش های فرابتکاری

رشد آن ها در دهه اخیر به وقوع پیوسته است. در این روش تاکید بر انجام کاوشی عمیق در محتمل ترین نواحی فضای جواب می باشد.

شبیه سازی تبرید

تبرید قطعی

جستجوی ممنوع (از جمله: مسیر ممنوع، تیلارد، حافظه سازگار، جستجوی ممنوع دانه ای و جستجوی ممنوع متحد)

الگوریتم ژنتیک

الگوریتم مورچگان

شبکه های عصبی

چند نکته

- ✓ کیفیت جواب های تولید شده در روش فراابتکاری از ابتکاری بهتر است.
- ✓ زمان محاسبه در روش ابتکاری کمتر است.

اکثر روش های ابتکاری برای VRP:

- با محدودیت ظرفیت به کار می روند.
- با **K** تعداد نامشخص وسایل نقلیه کار می کنند.

ماتریس های مسافت می توانند متقارن یا نامتقارن باشند

کلرک و رایت

ارتباط بین داده های تئوری و عملی در مسیریابی وسیله نقلیه اولین بار توسط دانتزینگ و رامسر در سال ۱۹۵۹ در یک مقاله بیان شد. همچنین آن ها در این مقاله برای مثال خاص خودشان یک روش حل ارائه دادند.

بلافاصله پس از آن ها کلرک و رایت در سال ۱۹۶۴ یک روش حل ابتکاری بهتر ارائه دادند که روش دانتزینگ و رامسر را هم بهبود می داد.

$$S_{ij} = C_{io} + C_{oj} - C_{ij}$$

کلرک و رایت

بعدها الگوریتم های متفاوتی بر پایه الگوریتم کلرک و رایت ارائه شد که برخی از آن ها موفق نبودند اما برخی دیگر تا حدودی به نتیجه رسیدند. یکی از این الگوریتم توسط گاسکل (۱۹۶۷) و یلو (۱۹۷۰) ارائه شد که آن ها استفاده از یک الگوریتم صرفه جویی کلی به شکل زیر را پیشنهاد دادند.

$$S_{ij} = C_{io} + C_{oj} - \lambda C_{ij}$$

یکی از بهترین الگوریتم های ارائه شده بر پایه الگوریتم کلرک و رایت، الگوریتم وارک و هالت (۱۹۹۴) می باشد.

کلرک و رایت

روش کلرک و رایت برای TSP و VRP قابل استفاده می باشد که هر کدام نیز در حالت متقارن یا نامتقارن قابل حل است.

در روش کلرک و رایت برای VRP نیز دو نوع روش حل داریم:

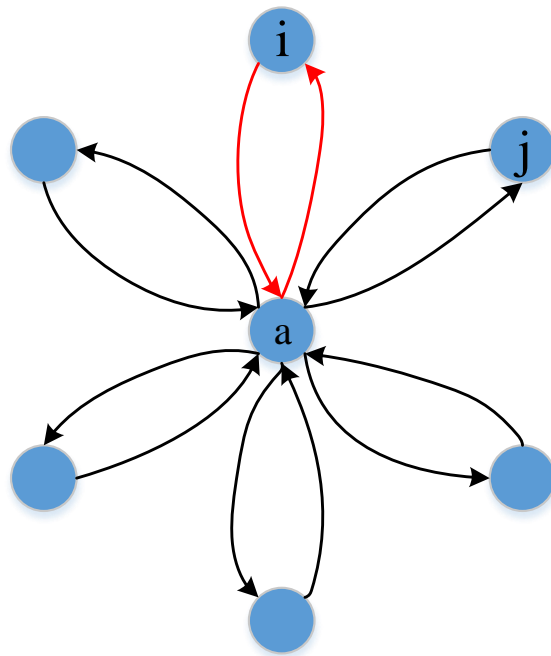
۱. روش ترتیبی
۲. روش موازی

الگوریتم حل برای مسئله TSP

در این الگوریتم هدف بدست آوردن تور همیلتنی می باشد.

قدم اول: ابتدا یک جواب اولیه به شکل زیر ایجاد می کنیم.

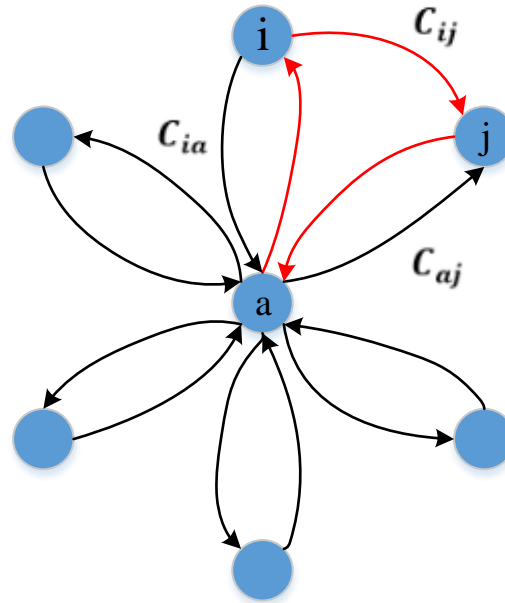
گره a را گره شروع در نظر می گیریم و به ازای هر گره i بجز گره a تورهای aia را تشکیل می دهیم.



الگوریتم حل برای مسئله TSP

قدم دوم: میزان صرفه جویی به ازای هر جفت گره (i, j) را به شکل زیر محاسبه می کنیم.

$$S_{ij} = C_{ia} + C_{aj} - C_{ij}$$



الگوریتم حل برای مسئله TSP

قدم سوم: صرفه جویی های انجام شده را به صورت نزولی مرتب می کنیم. (از بزرگترین صرفه جویی به کوچکترین صرفه جویی مرتب می کنیم).

قدم چهارم: از اولین یالی که با ایجاد آن، بیشترین صرفه جویی بوجود می آید زیر تورها را جمع می کنیم به شرطی که اضافه کردن یال موجب حذف زیرتور شود. این روند را تا جایی ادامه می دهیم تا تور همیلتنی ایجاد شود.

✓ به هنگام جمع گره ها فقط گره هایی که در کناره ها قرار دارند امکان جمع شدن دارند. (بنابراین می توانیم صرفه جویی های بعدی که بین گره های دیگر با گره های میانی وجود دارد، بالافاصله حذف کنیم).

الگوریتم حل برای مسئله VRP

مهمترین تفاوت آن با TSP در آن است که:

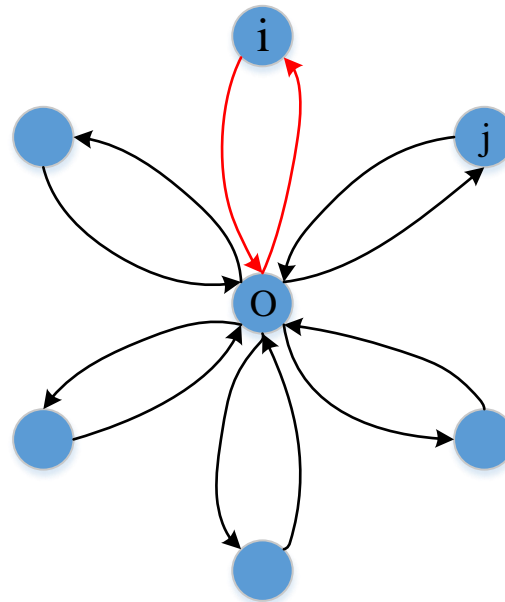
۱. به جای شروع از گره a ، شروع حرکت از دپو می باشد.
۲. وسیله نقلیه دارای ظرفیت می باشد.
۳. دلیلی برای تشکیل تور همیلتنی وجود ندارد بلکه هدف استفاده از کمترین تعداد وسیله نقلیه برای سرزدن از تمام گره ها و کاهش هزینه ها می باشد.

در دو روش ترتیبی و موازی وجود دارد

روش ترتیبی

قدم اول: ابتدا یک جواب اولیه به شکل زیر ایجاد می کنیم.

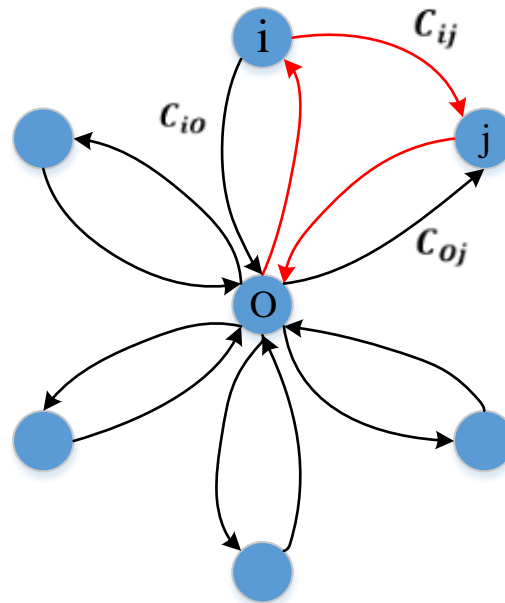
گره O را به عنوان گره دپو در نظر می گیریم و به ازای هر گره i تورهای OiO را تشکیل می دهیم.



روش ترتیبی

قدم دوم: میزان صرفه جویی به ازای هر جفت گره (i, j) را به شکل زیر محاسبه می کنیم.

$$S_{ij} = C_{io} + C_{oj} - C_{ij}$$



روش ترتیبی

قدم سوم: صرفه جویی های انجام شده را به صورت نزولی مرتب می کنیم. (از بزرگترین صرفه جویی به کوچکترین صرفه جویی مرتب می کنیم).

قدم چهارم: از اولین یالی که با ایجاد آن، بیشترین صرفه جویی بوجود می آید زیرتورها را جمع می کنیم به شرطی که اضافه کردن یال موجب حذف زیرتور شود. فقط برای جمع باید به نکات زیر توجه کنیم.

روش ترتیبی

- ✓ به هنگام جمع کردن گره ها فقط گره هایی که در کنارها قرار دارند امکان جمع شدن دارند. (بنابراین می توانیم صرفه جویی های بعدی که بین گره های دیگر با گره های میانی وجود دارد را بلافاصله حذف کنیم).
- ✓ در هر مرحله قبل از جمع زیرتورها، ابتدا چک شود که آیا در صورت جمع، ظرفیت وسیله نقلیه جهت سر زدن به آن گره کافی هست یا نه؟ در صورتی که کافی باشد جمع انجام می شود اما در صورت کمبود به سراغ صرفه جویی بعدی می رویم.
- ✓ باید دقت شود که امکان دارد برخی از صرفه جویی های با مقادیر بیشتر بعد از صرفه جویی های با مقادیر کمتر مورد استفاده قرار گیرند.

روش ترتیبی

نکته:

- برای تسریع در حل مسئله، در هر مرحله در صورتی که ظرفیت باقی مانده از وسیله نقلیه از ظرفیت کرچکترین گره باقی مانده کمتر باشد نیازی به بررسی سایر صرفه جویی ها نمی باشد و مسیر وسیله اول در همین مرحله بسته می شود.
- برای تشکیل مسیر وسیله جدید بهتر است ابتدا تمام صرفه جویی هایی را که بین گره های باقی مانده و حداقل یکی از گره های مسیر وسیله های قبلی وجود دارد را حذف کنیم.

روش ترتیبی (حل مثال)

جدول زیر مربوط به هزینه های جابجایی بین گره ها می باشد در صورتی که ظرفیت وسیله نقلیه ۲.۵ تن باشد. با توجه با این جدول و جدول صفحه بعد این مسئله را با روش ترتیبی حل کنید.

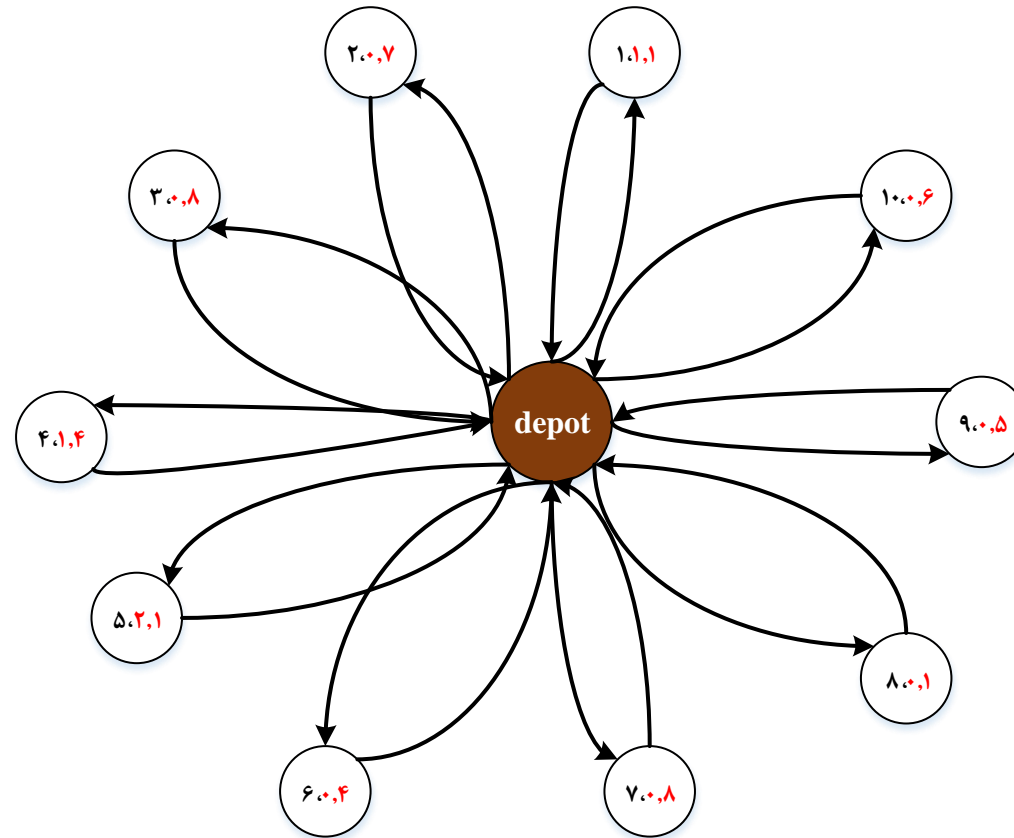
جدول هزینه ها										
شماره گره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
Depot	14.04	14.21	20.40	22.09	13.34	5.66	13.60	13.60	19.10	18.11
۱		8.54	23.26	25.94	20.81	18.68	24.17	26.57	30.46	32.14
۲			29.83	32.28	14.56	19.85	19.10	27.80	25.32	31.02
۳				2.83	33.73	17.89	33.24	19.21	37.59	28.43
۴					35.36	18.97	34.48	19.10	38.48	28.28
۵						17.03	5.39	22.47	11.00	21.21
۶							15.52	8.06	19.72	14.14
۷								19.24	6.32	16.4
۸									21.21	9.22
۹										15.52
۱۰										

روش ترتیبی (حل مثال)

جدول تقاضا										
گروه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
مقدار تقاضا (تن)	1.1	0.7	0.8	1.4	2.1	0.4	0.8	0.1	0.5	0.6

روش ترتیبی (حل مثال)

قدم اول



روش ترتیبی (حل مثال)

قدم دوم

جدول هزینه ها										
شماره گره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
Depot	14.04	14.21	20.40	22.09	13.34	5.66	13.60	13.60	19.10	18.11
۱		8.54	23.26	25.94	20.81	18.68	24.17	26.57	30.46	32.14
۲			29.83	32.28	14.56	19.85	19.10	27.80	25.32	31.02
۳				2.83	33.73	17.89	33.24	19.21	37.59	28.43
۴			39.66		35.36	18.97	34.48	19.10	38.48	28.28
۵						17.03	5.39	22.47	11.00	21.21
۶							15.52	8.06	19.72	14.14
۷			0.76					19.24	6.32	16.4
۸									21.21	9.22
۹										15.52
۱۰					10.24					

$$S_{37} = C_{30} + C_{07} - C_{37} = 20.40 + 13.60 - 33.24 = 0.76$$

$$S_{34} = C_{30} + C_{04} - C_{34} = 20.40 + 22.09 - 2.83 = 39.66$$

$$S_{510} = C_{50} + C_{010} - C_{510} = 13.34 + 18.11 - 21.21 = 10.24$$

روش ترتیبی (حل مثال)

قدم دوم

جدول هزینه ها										
شماره گره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
Depot	14.04	14.21	20.40	22.09	13.34	5.66	13.60	13.60	19.10	18.11
۱		8.54	23.26	25.94	20.81	18.68	24.17	26.57	30.46	32.14
۲	19.7		29.83	32.28	14.56	19.85	19.10	27.80	25.32	31.02
۳	11.18	4.77		2.83	33.73	17.89	33.24	19.21	37.59	28.43
۴	10.19	4.02	39.66		35.36	18.97	34.48	19.10	38.48	28.28
۵	6.57	12.99	0.01	0.08		17.03	5.39	22.47	11.00	21.21
۶	1.02	0.02	8.17	8.77	1.97		15.52	8.06	19.72	14.14
۷	3.48	8.71	0.76	1.21	21.56	3.74		19.24	6.32	16.4
۸	1.07	0.01	14.79	16.59	4.47	11.02	7.97		21.21	9.22
۹	2.68	8	1.92	2.71	21.45	5.04	26.38	11.49		15.52
۱۰	0.01	1.3	10.09	11.92	10.24	9.63	15.31	22.49	21.69	

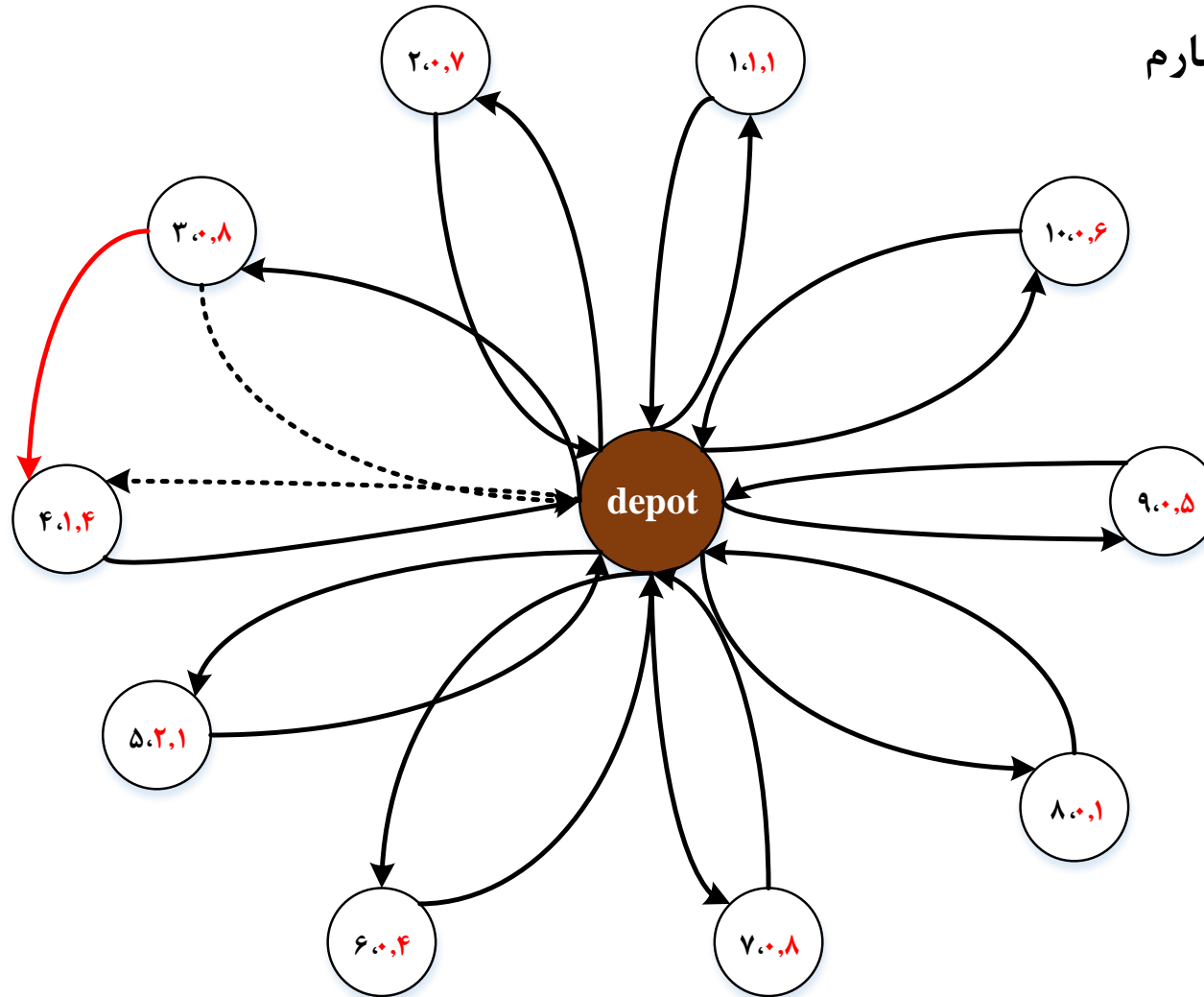
روش ترتیبی (حل مثال)

قدم سوم و چهارم

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش ترتیبی (حل مثال)

قدم سوم و چهارم



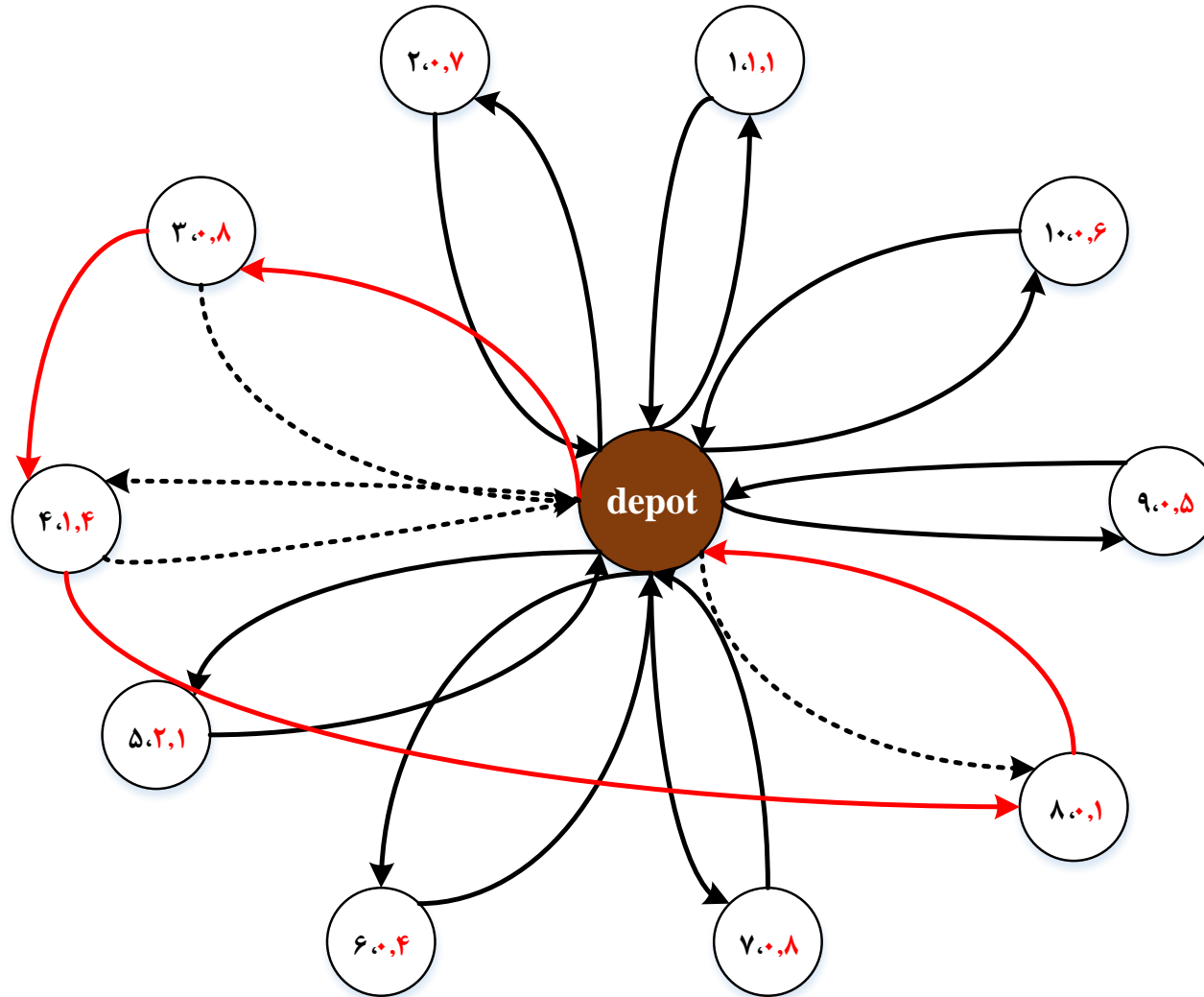
روش ترتیبی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش ترتیبی (حل مثال)

ادامه

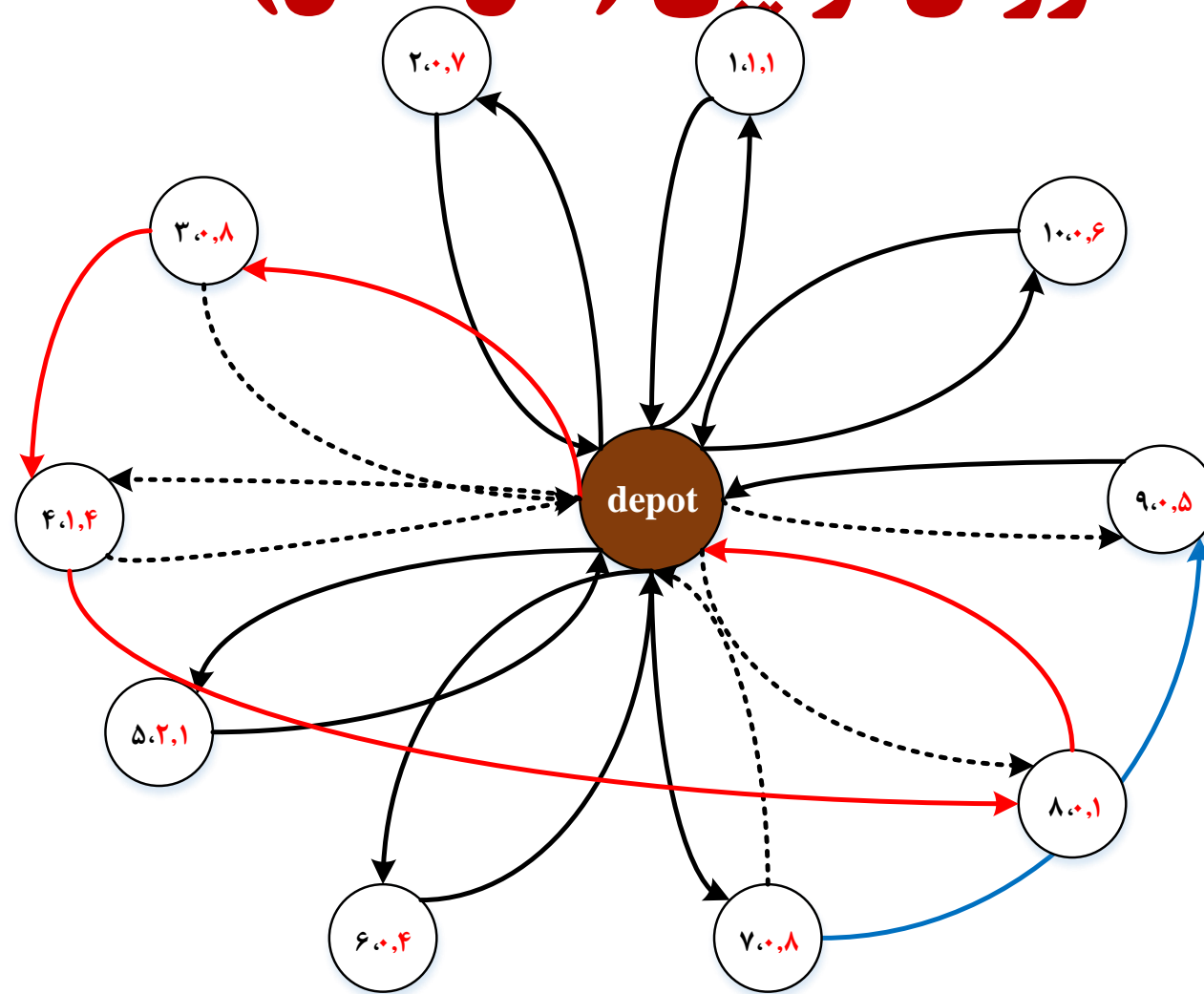


روش ترتیبی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش ترتیبی (حل مثال)



ادامه

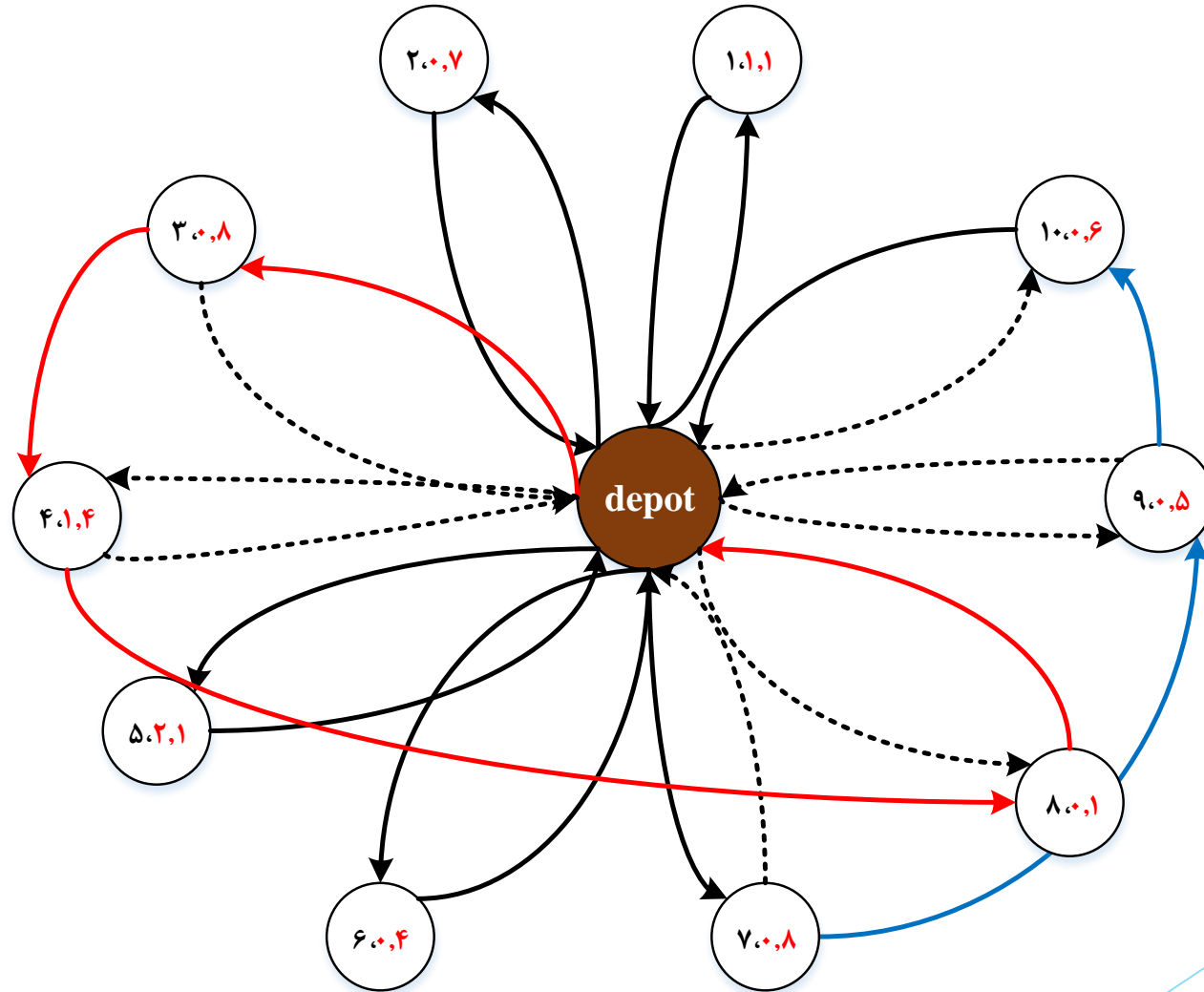
روش ترتیبی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش ترتیبی (حل مثال)

ادامه



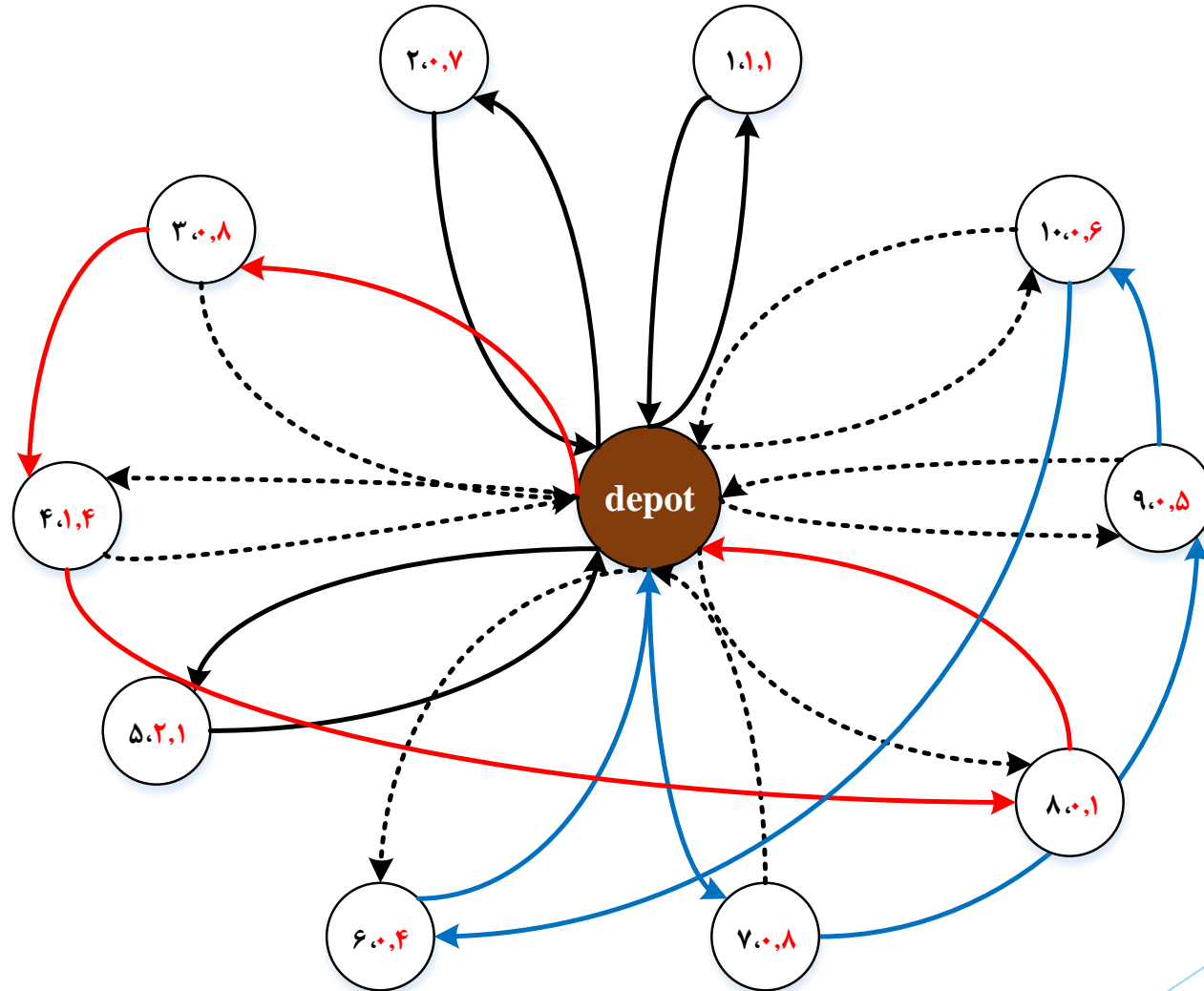
روش ترتیبی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش ترتیبی (حل مثال)

ادامه



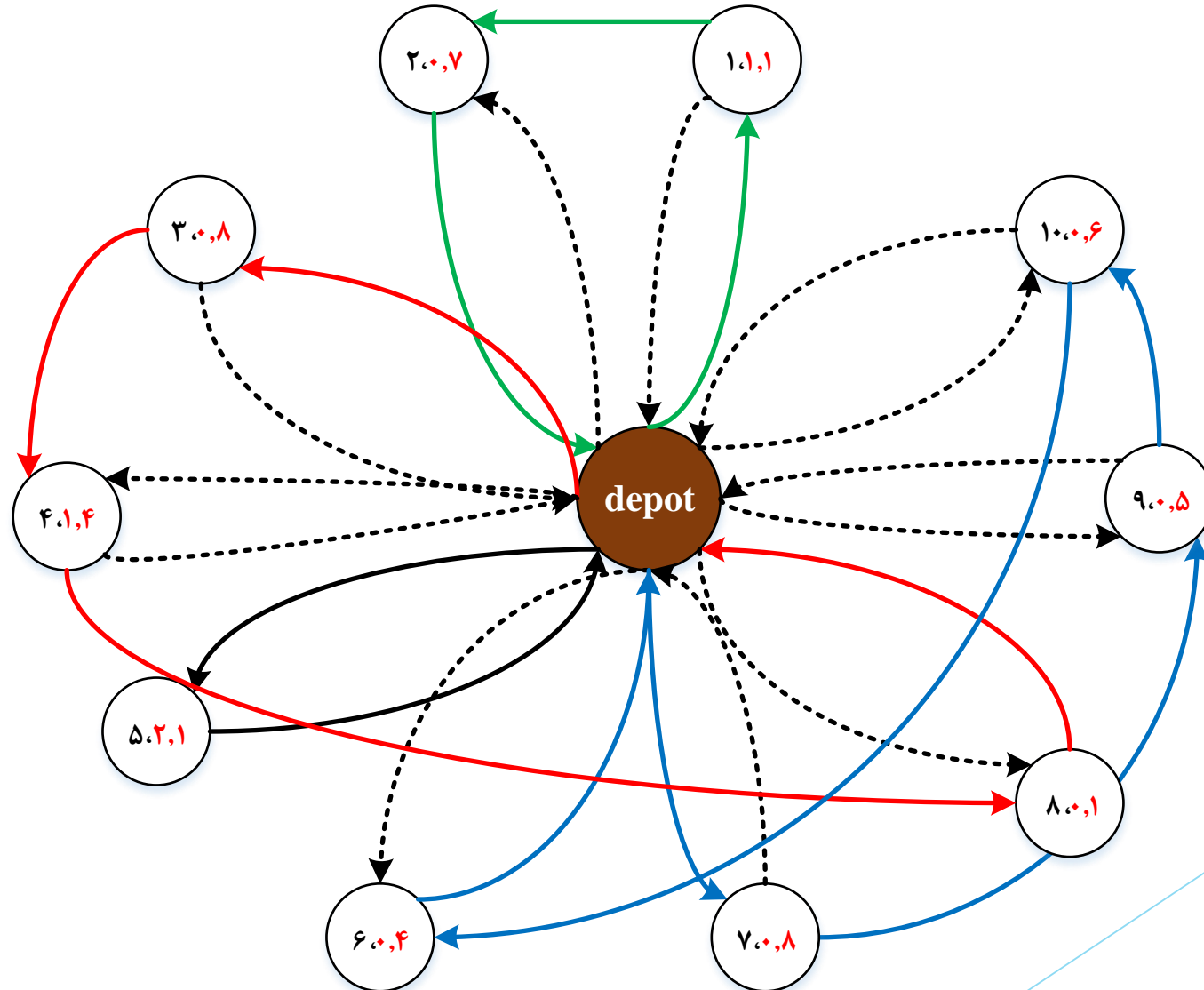
روش ترتیبی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

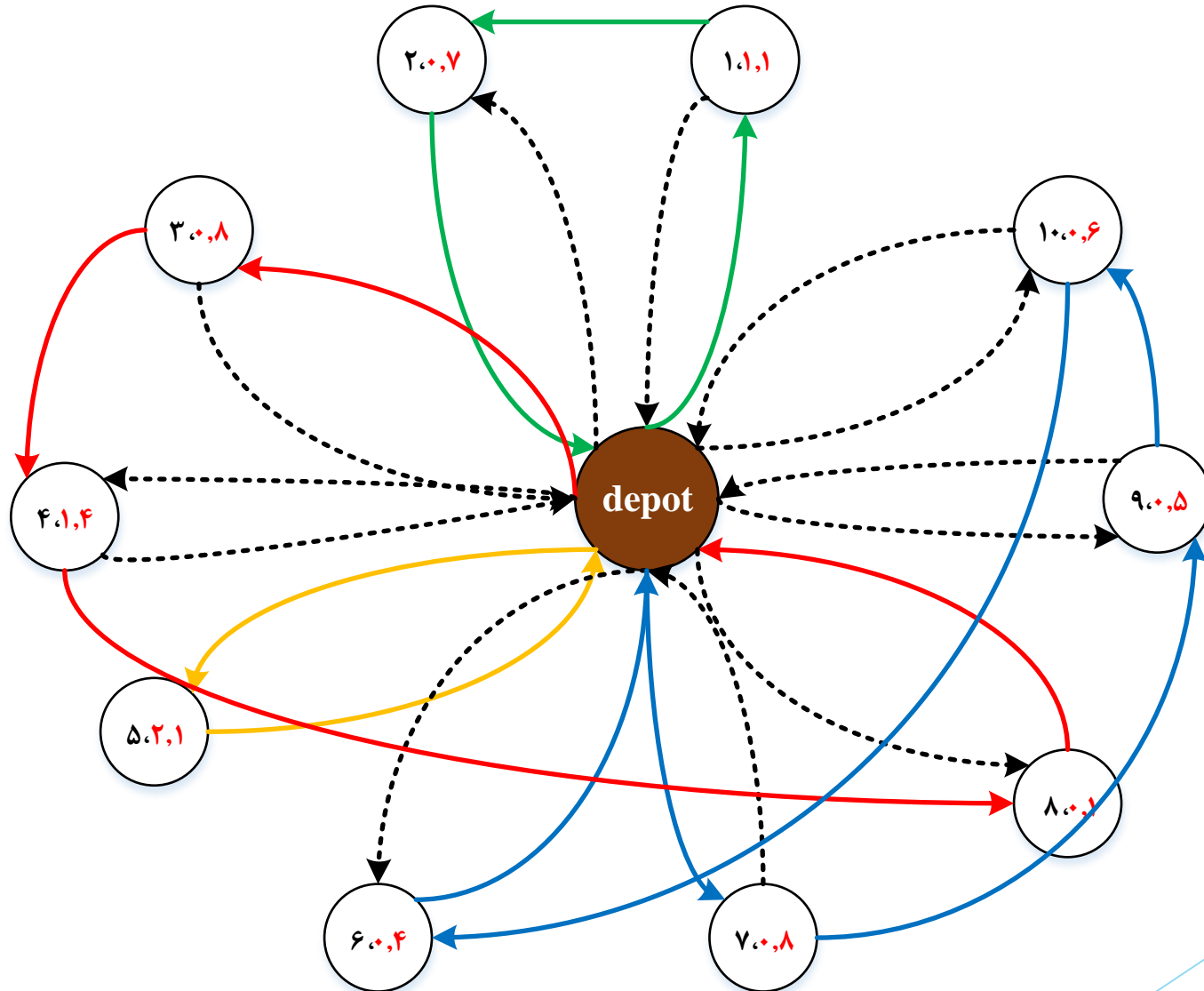
روش ترتیبی (حل مثال)

ادامه



روش ترتیبی (حل مثال)

جواب نهایی

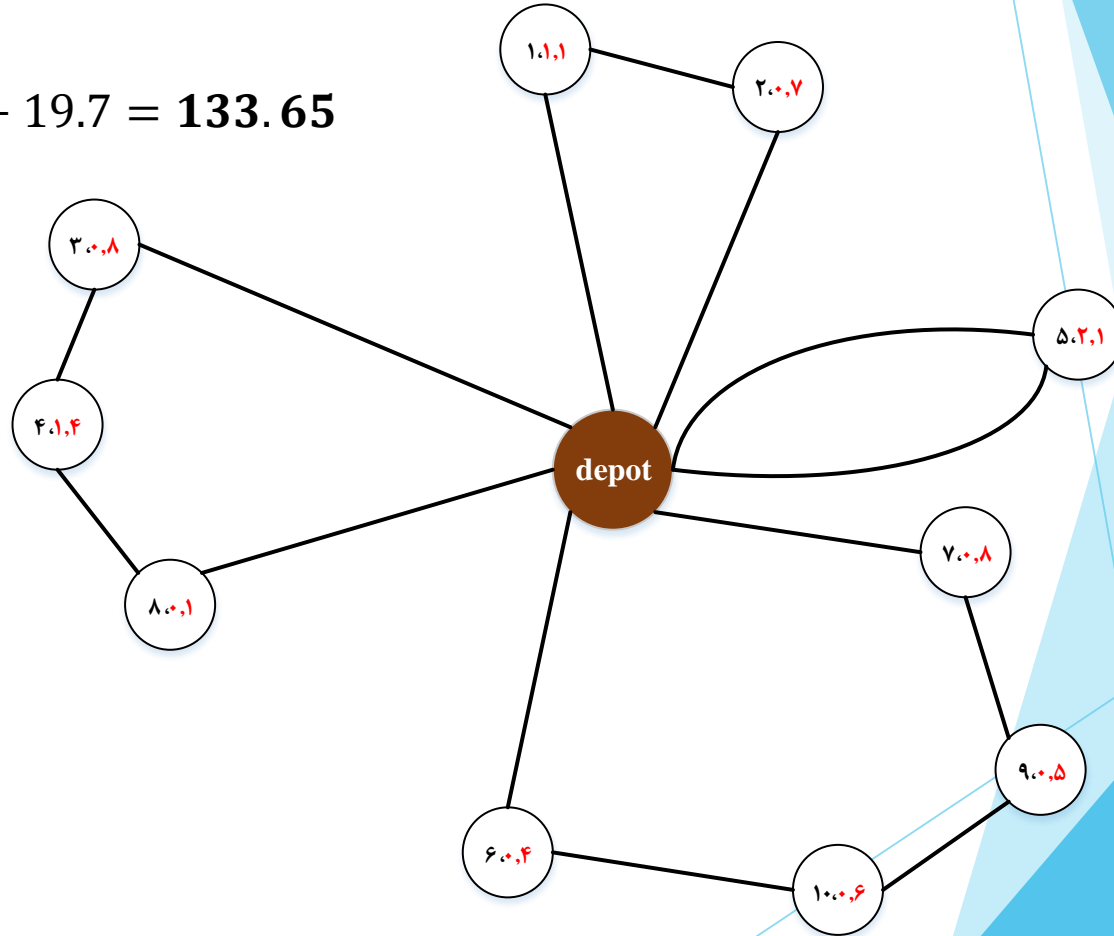


روش ترتیبی (حل مثال)

کل صرفه جویی

جواب نهایی

$$39.66 + 16.59 + 26.38 + 21.69 + 9.63 + 19.7 = 133.65$$



روش موازی

الگوریتم حل در این روش همانند روش ترتیبی می باشد، اما مهمترین تفاوتی که در روش موازی با روش ترتیبی وجود دارد در این است که در این روش نیازی به تکمیل مسیر یک وسیله و شروع مسیر وسیله جدید پس از اتمام وسیله قبلی نمی باشد و همزمان می توان مسیر دو وسیله و یا بیشتر را تشکیل دهیم.

روش موازی (حل مثال)

مثال قبلی را با روش موازی حل کنید.

جدول هزینه ها										
شماره گره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
Depot	14.04	14.21	20.40	22.09	13.34	5.66	13.60	13.60	19.10	18.11
۱		8.54	23.26	25.94	20.81	18.68	24.17	26.57	30.46	32.14
۲			29.83	32.28	14.56	19.85	19.10	27.80	25.32	31.02
۳				2.83	33.73	17.89	33.24	19.21	37.59	28.43
۴					35.36	18.97	34.48	19.10	38.48	28.28
۵						17.03	5.39	22.47	11.00	21.21
۶							15.52	8.06	19.72	14.14
۷								19.24	6.32	16.4
۸									21.21	9.22
۹										15.52
۱۰										

روش موازی (حل مثال)

جدول تقاضا										
گره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
مقدار تقاضا (تن)	1.1	0.7	0.8	1.4	2.1	0.4	0.8	0.1	0.5	0.6

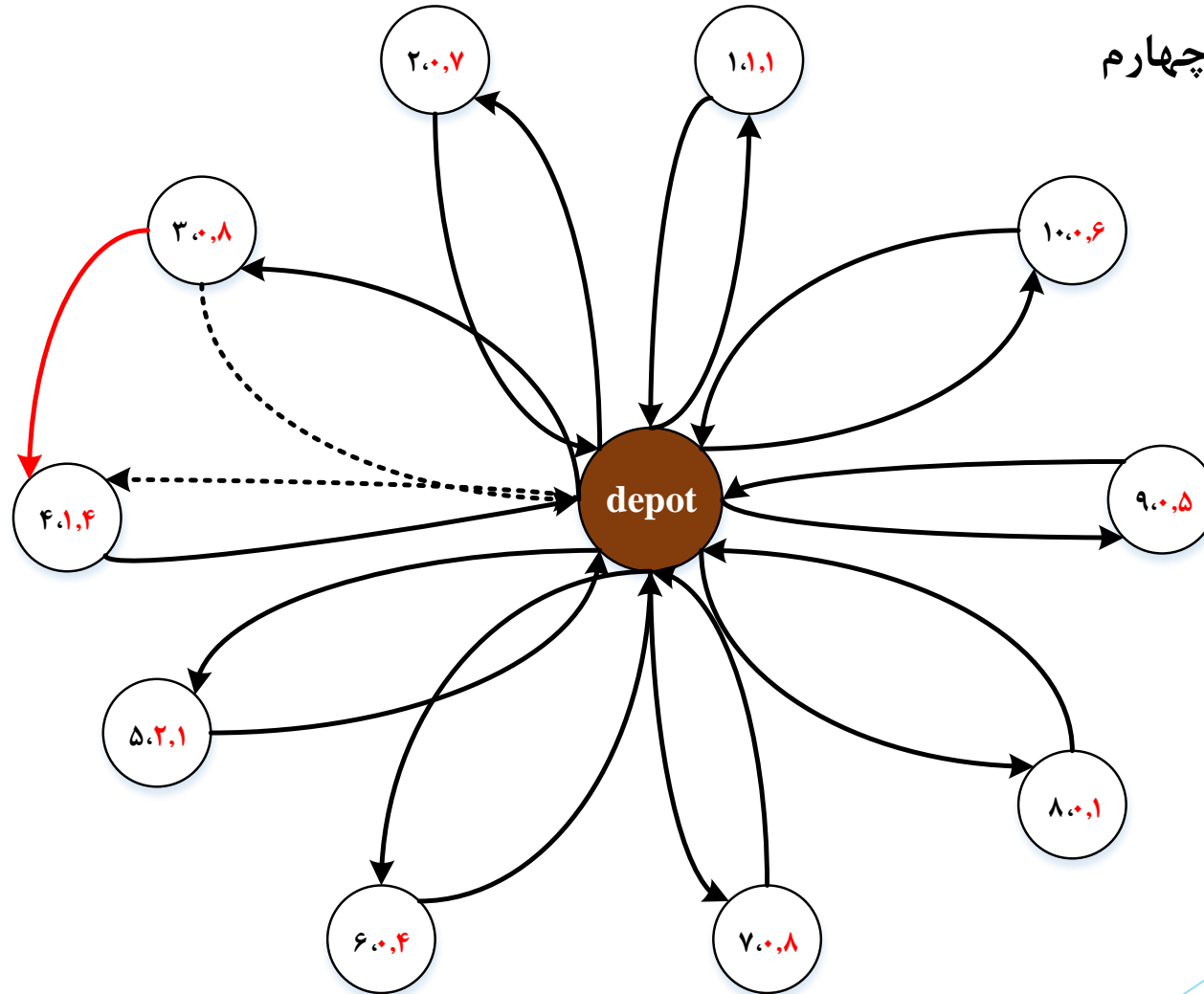
روش موازی (حل مثال)

قدم سوم و چهارم

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش موازی (حل مثال)

قدم سوم و چهارم



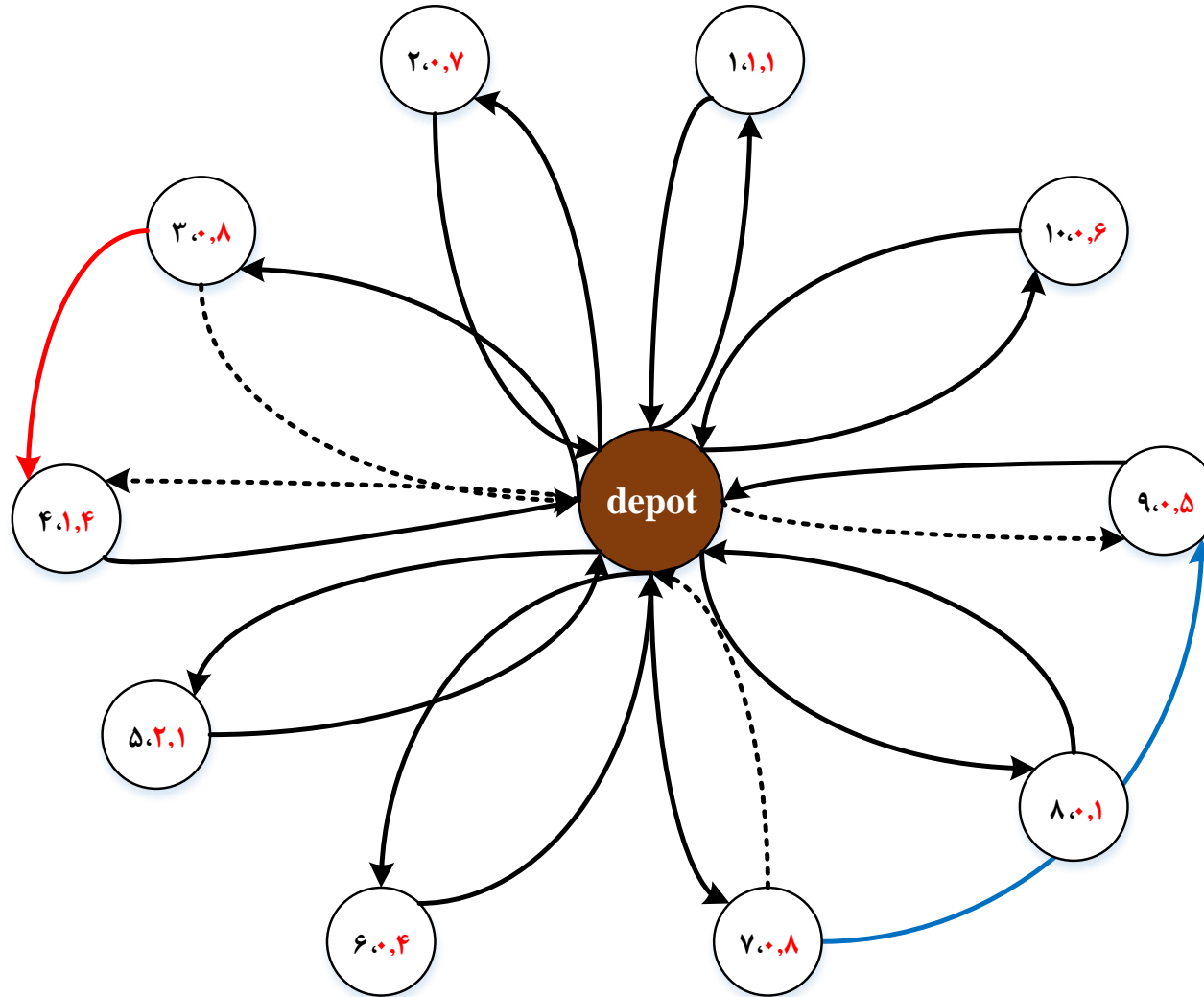
روش موازی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش موازی (حل مثال)

ادامه



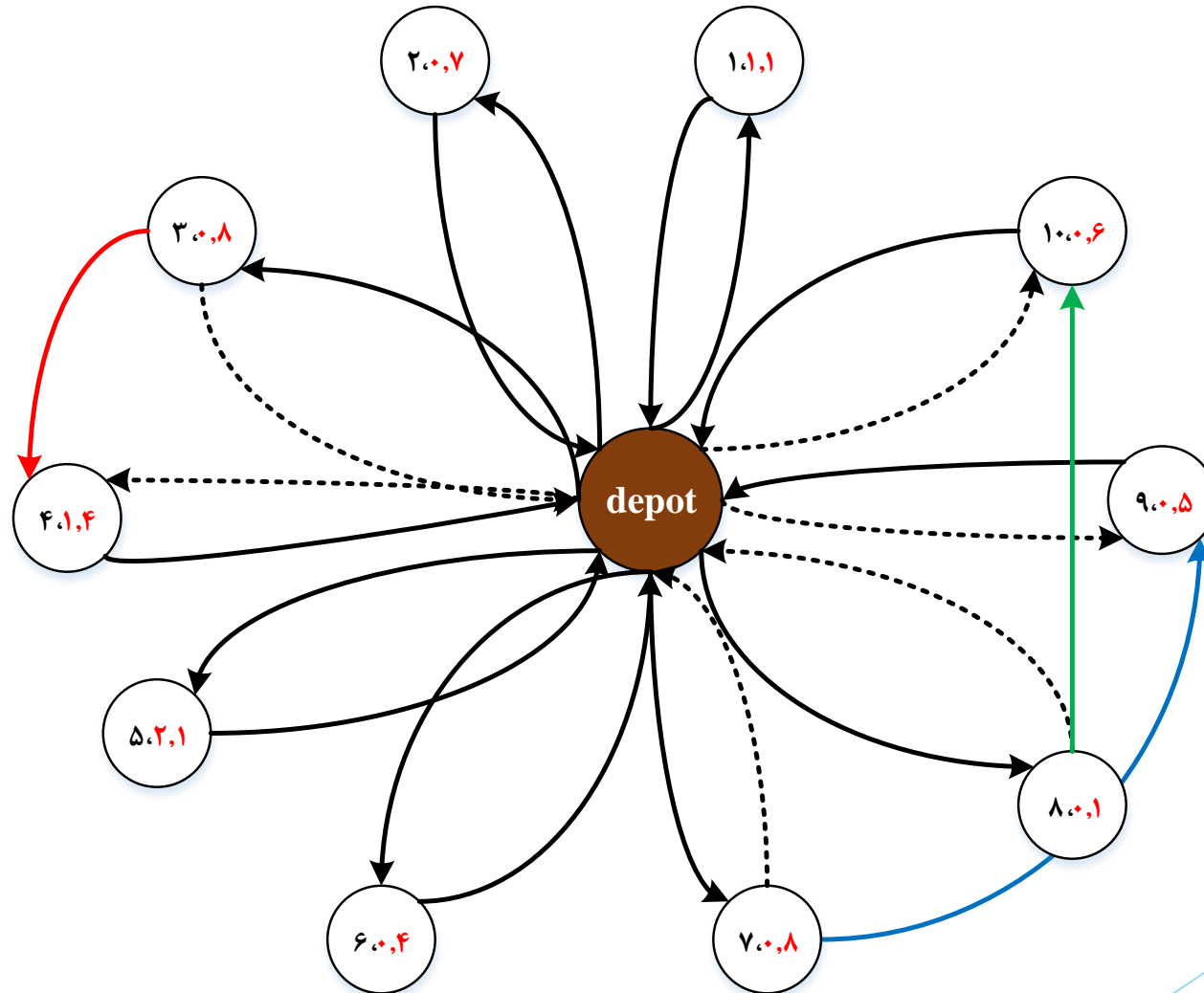
روش موازی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش موازی (حل مثال)

ادامه

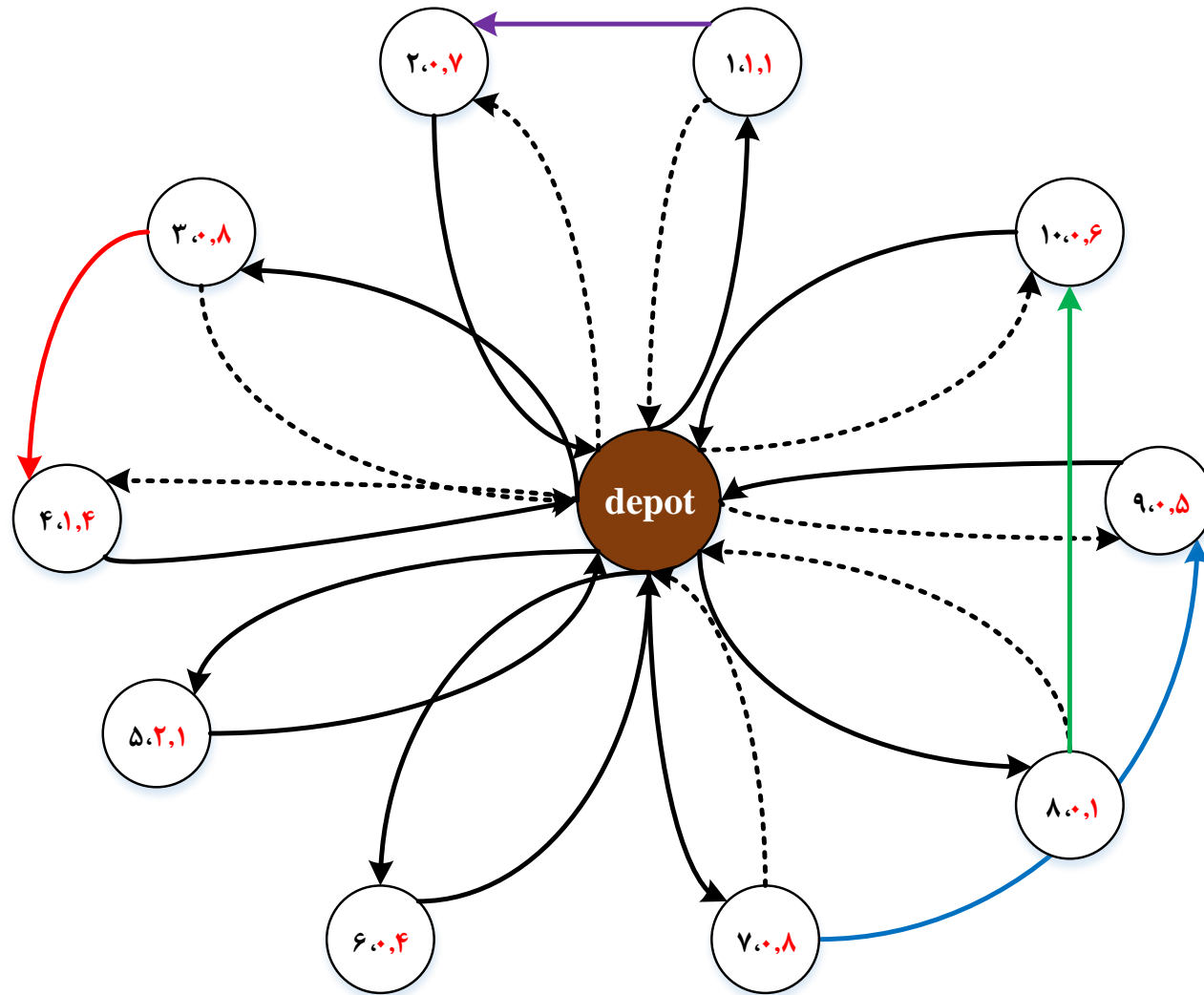


روش موازی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش موازی (حل مثال)



ادامه

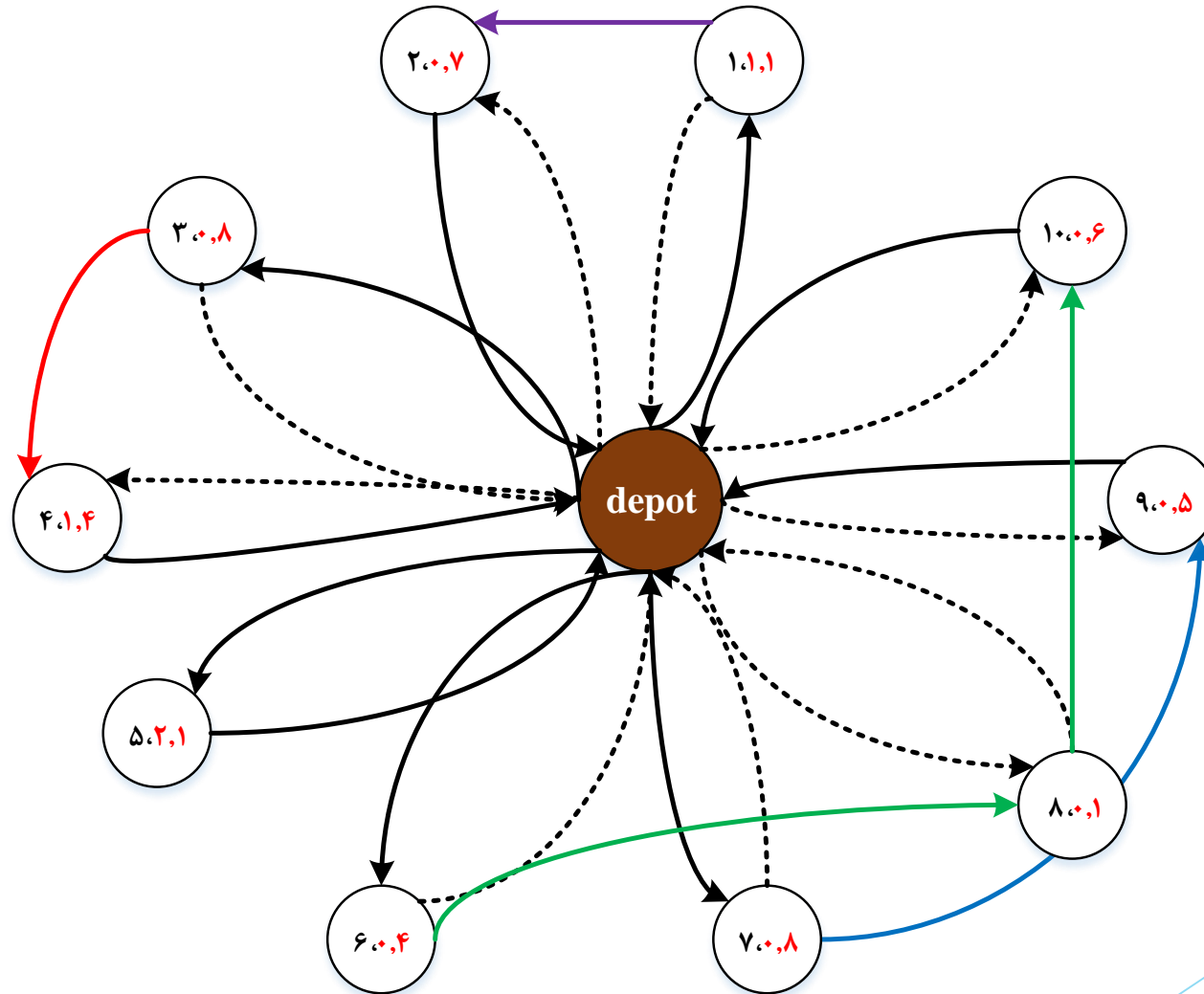
روش موازی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش موازی (حل مثال)

ادامه



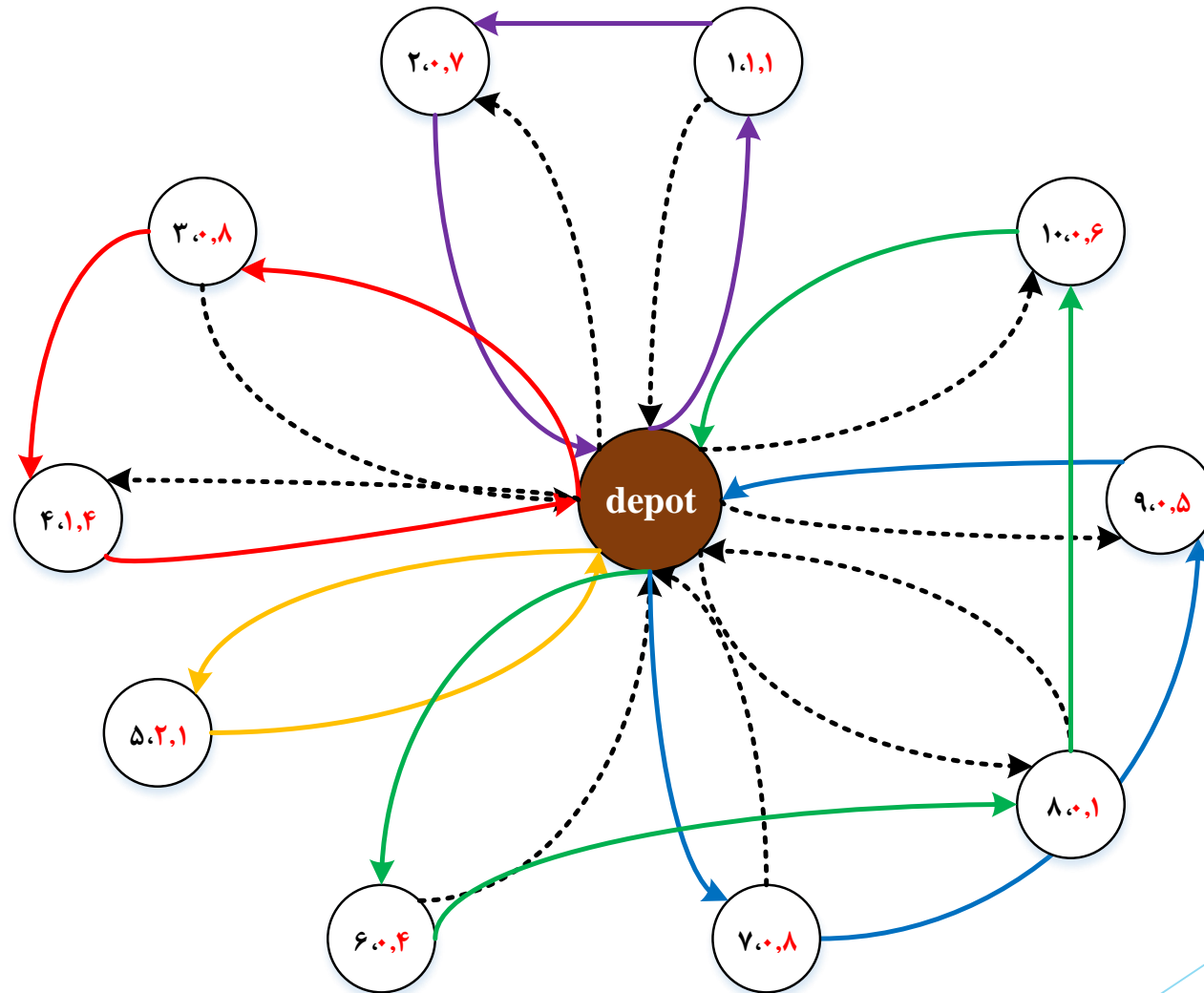
روش موازی (حل مثال)

ادامه

جدول صرفه جویی ها					
مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی	مسیر	صرفه جویی
(3,4)	39.66	(5,10)	10.24	(1,7)	3.48
(7,9)	26.38	(1,4)	10.19	(4,9)	2.71
(8,10)	22.49	(3,10)	10.09	(1,9)	2.68
(9,10)	21.69	(6,10)	9.63	(5,6)	1.97
(5,7)	21.56	(4,6)	8.77	(3,9)	1.92
(5,9)	21.45	(2,7)	8.71	(2,10)	1.3
(1,2)	19.7	(3,6)	8.17	(4,7)	1.21
(4,8)	16.59	(2,9)	8	(1,8)	1.07
(7,10)	15.31	(7,8)	7.97	(1,6)	1.02
(3,8)	14.79	(1,5)	6.57	(3,7)	0.76
(2,5)	12.99	(6,9)	5.04	(4,5)	0.08
(4,10)	11.92	(2,3)	4.77	(2,6)	0.02
(8,9)	11.49	(5,8)	4.47	(1,10)	0.01
(6,8)	11.2	(2,4)	4.02	(2,8)	0.01
(1,3)	11.18	(6,7)	3.74	(3,5)	0.01

روش موازی (حل مثال)

ادامه

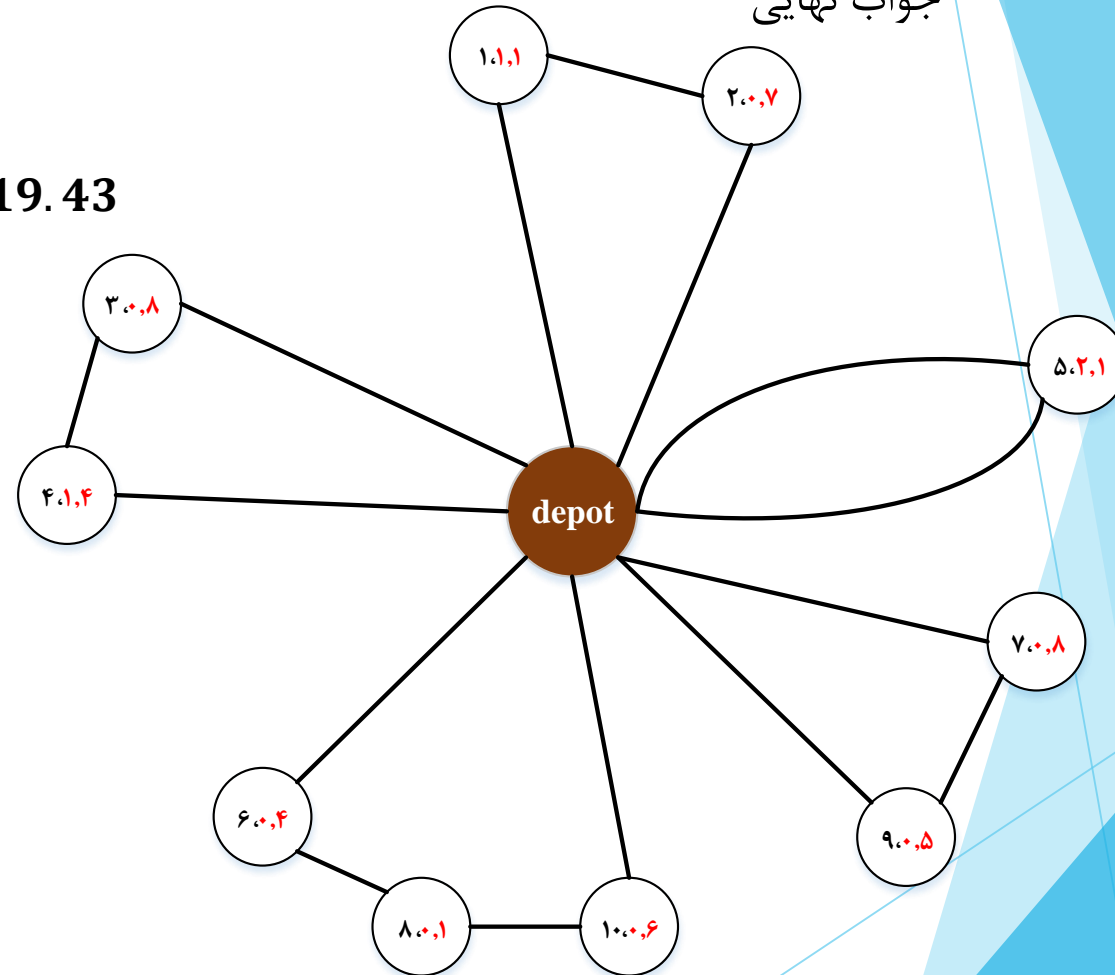


روش موازی (حل مثال)

کل صرفه جویی

جواب نهایی

$$39.66 + 19.7 + 26.38 + 11.2 + 22.49 = \mathbf{119.43}$$

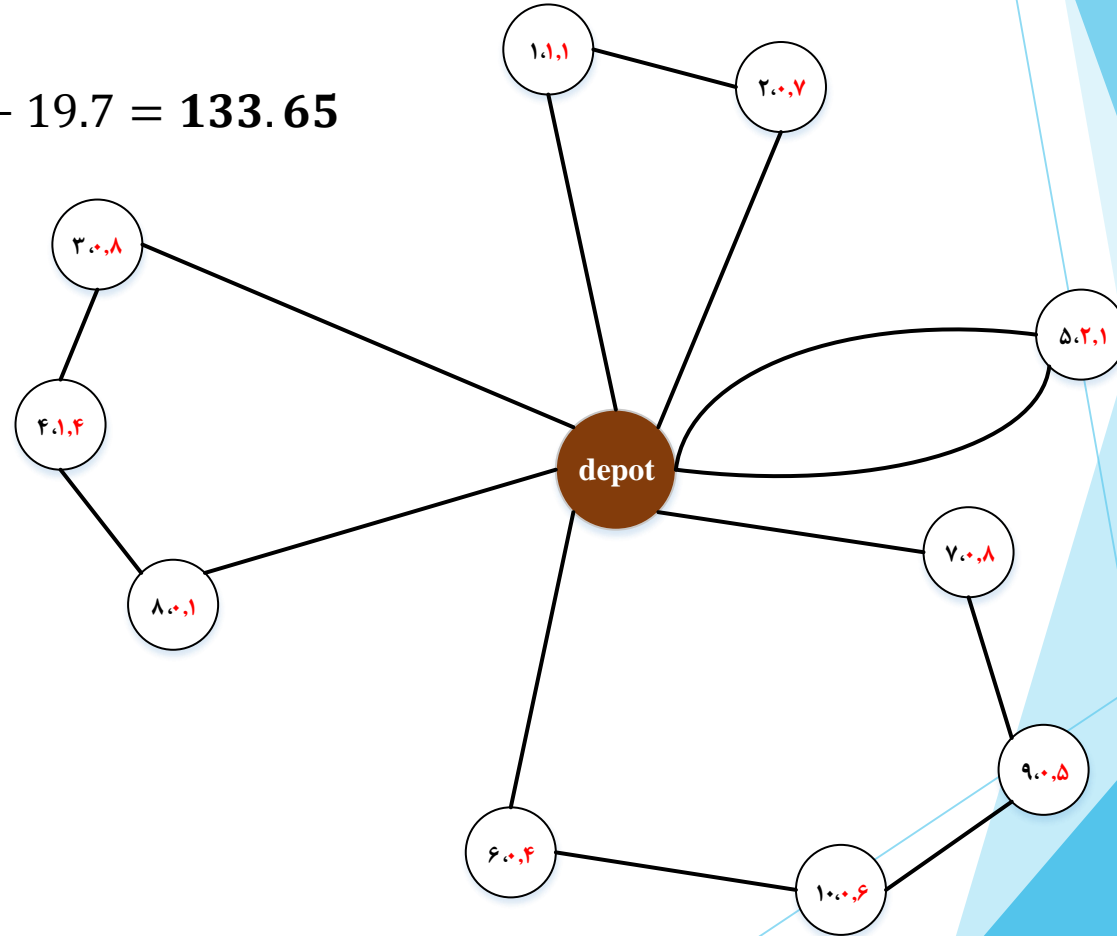


روش ترتیبی

کل صرفه جویی

$$39.66 + 16.59 + 26.38 + 21.69 + 9.63 + 19.7 = 133.65$$

جواب نهایی



روش موازی و ترتیبی (تمرین)

ظرفین وسیله نقلیه = ۵۰ واحد

جدول هزینه ها						
	1	2	3	4	5	6
0	28	31	20	25	34	30
1		38	42	39	10	43
2			10	40	45	27
3				43	45	44
4					48	15
5						42
6						

جدول تقاضا						
گره	1	2	3	4	5	6
تقاضا	18	17	15	13	16	14

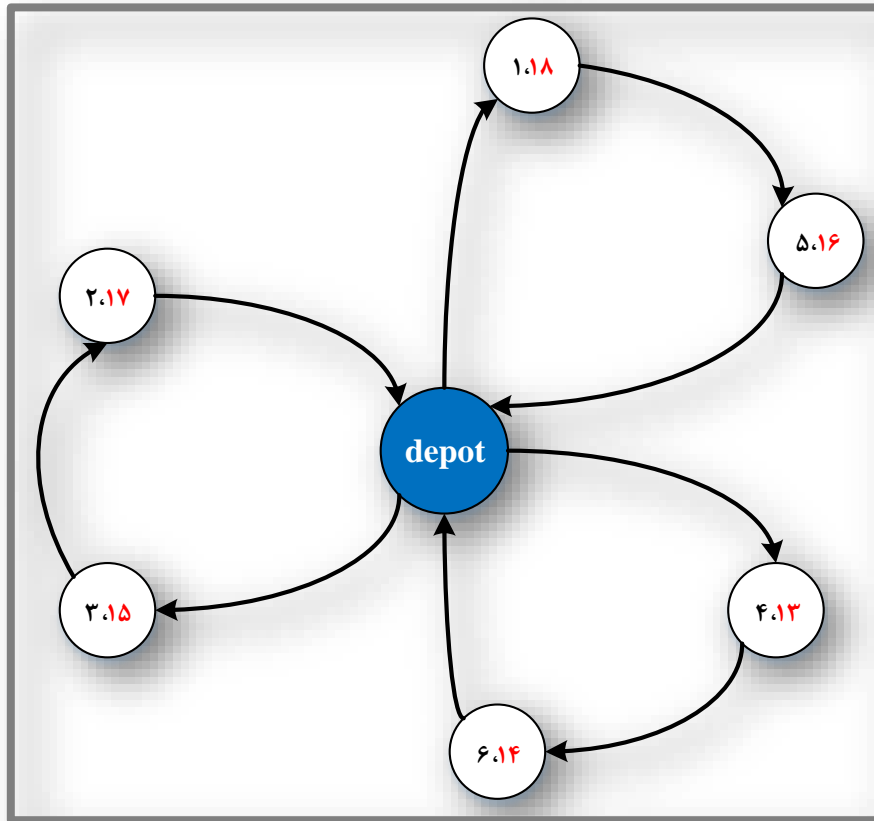
روش موازی و ترتیبی (جواب)

جدول هزینه ها						
	1	2	3	4	5	6
0	28	31	20	25	34	30
1		38	42	39	10	43
2	21		10	40	45	27
3	6	41		43	45	44
4	14	16	2		48	15
5	52	20	9	11		42
6	15	34	6	40	22	

مرتب سازی صرفه جویی ها														
1-5	2-3	4-6	2-6	5-6	1-2	2-5	2-4	1-6	1-4	4-5	3-5	3-6	1-3	3-4
52	41	40	34	22	21	20	16	15	14	11	9	6	6	2

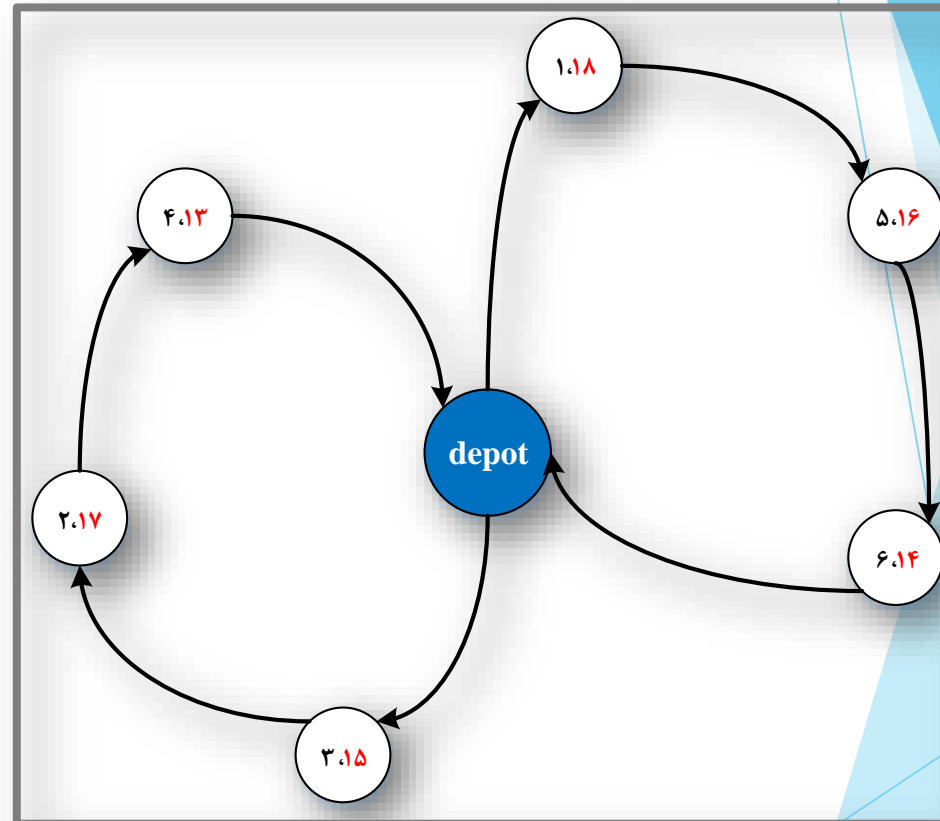
روش ترتیبی و موازی (جواب)

روش موازی



میزان صرفه جویی = ۱۳۳

روش ترتیبی



میزان صرفه جویی = ۱۳۱

منابع

1. Fisher, M. (1995). Vehicle routing. Handbooks in operations research and management science, 8, 1-33.
2. Cordeau, J. F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J. Y., & Semet, F. (2002). A guide to vehicle routing heuristics. Journal of the Operational Research society, 512-522.
3. Laporte, G., Gendreau, M., Potvin, J. Y., & Semet, F. (2000). Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem. International transactions in operational research, 7(4-5), 285-300.
4. Rand, G. K. (2009). The life and times of the savings method for vehicle routing problems. ORiON: The Journal of ORSSA, 25(2).
5. http://web.mit.edu/urban_or_book/www/book/chapter6/6.4.12.html
6. The Vehicle Routing Problem, Paolo Toth, Daniele Vigo

(مترجمان: دکتر مصطفی ستاک و مهندس امین توکل نیا)

با تشکر از توجه شما