



## کاربرد روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک در طراحی بهینه مسیر انتقال و توزیع کالاهای تولیدی واحدهای صنعتی به منظور مدیریت زمان و هزینه

حسین بدیعی<sup>۱</sup>

علی میراخواری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۲۱

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۱

### چکیده

بهینه‌سازی فرآیندی است که با در نظر گرفتن اهداف و محدودیت‌های مد نظر، بهینه‌ترین حالت ممکن را پیشنهاد می‌دهد تا سیستم مورد نظر بتواند در بهینه‌ترین حالت ممکن به فعالیت ادامه دهد. یکی از شرایطی که عموماً واحدهای صنعتی مختلف با آن روبه‌رو می‌باشند، یافتن بهترین مسیر برای انتقال کالاهای تولیدی به بازار مصرف است تا از میزان هزینه‌ها و زمان مصرفی کاسته شود. روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک یکی از روش‌های نوین بهینه‌سازی است که عملکرد بالایی در حل مشکلات سیستم‌های مختلف دارد. این الگوریتم با الگو برداری از ساختار ژنتیکی انسان، قادر است تا همواره بهینه‌ترین جواب ممکن را ارائه نماید. در این راستا هدف از مقاله حاضر، استفاده از این الگوریتم جهت یافتن بهترین مسیر ممکن برای انتقال کالاهای تولیدی واحدهای صنعتی به بازار مصرف است. نتایج این بررسی نشان داد که الگوریتم ژنتیک با توجه به خصوصیات منحصر به فرد قادر است تا بهینه‌ترین مسیر ممکن برای انتقال کالاهای تولیدی به بازار را مشخص نماید.

**واژه‌های کلیدی:** الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی، زمان، هزینه، انتخاب مسیر انتقال کالا.

### ۱- مقدمه

در مطالعات و بررسی‌های مالی سیستم‌های اقتصادی در بسیاری موارد، هدف حداقل یا حداکثر نمودن یک پارامتر در خروجی سیستم، به عنوان مثال هزینه یا سود می‌باشد.

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، گروه حسابداری، سمنان، ایران. [badieihossein@yahoo.com](mailto:badieihossein@yahoo.com)

۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، سمنان، ایران. [a\\_mirakhori49@yahoo.com](mailto:a_mirakhori49@yahoo.com)

این در حالی است که پارامتر مد نظر ممکن است به عوامل و شرایط مختلفی وابسته باشد (Aven, 2003). در واقع ممکن است محاسبه سود یا هزینه به کمک یک رابطه به پارامترهای مختلفی بستگی داشته باشد که مقدار این پارامترها بر روی خروجی سیستم (نتیجه) تاثیر گذار هستند. بنابراین، مقادیر مناسبی باید به این پارامترها تخصیص یابد تا به ازای آن‌ها خروجی سیستم اقتصادی، حداقل یا حداکثر گردد (Abdellaoui and Hey, 2008). یکی از راه‌های دستیابی به این مهم استفاده از روش‌های مختلف بهینه‌سازی است. در اصطلاح، فرآیند یافتن بهترین ترکیب از مقادیر پارامترهای ورودی که می‌تواند خروجی سیستم را حداقل یا حداکثر نمایند، بهینه‌سازی نام دارد. بهینه‌سازی در سیستم‌های متفاوت با استفاده از روش‌های متفاوتی مانند جدول سیمپلکس، برنامه ریزی خطی و غیرخطی، الگوریتم مورچگان، الگوریتم ژنتیک و ... انجام می‌شود (Griva et al, 2009). الگوریتم ژنتیک یکی از روش‌های بهینه‌سازی است که بر اساس شرایط بیولوژیکی ارگانیسم‌های زنده بنا شده است. این الگوریتم یکی از روش‌های نوین بهینه‌سازی است که از فرآیند تولید مثل ژن‌ها الگو برداری شده است و توانسته به صورت گسترده در سیستم‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد (Bandyopadhyay and Pal, 2007). در واقع این الگوریتم با در نظر گرفتن ترکیبی از تولید مثل، تبادل ژنی، انتخاب و جهش، همواره توانسته جواب مناسبی را برای اهداف مختلف ارائه نماید. این روش تا کنون در بسیاری از مسائل مانند طراحی شبکه‌های ارتباطی، طراحی سیستم توزیع آب، طراحی شبکه‌های عصبی پیشرفته و... به کار گرفته شده است و توانسته نتایج بسیار مناسبی را ارائه نماید (Beenstock and Szpiro, 2002). در این راستا در مطالعه حاضر، از این روش جهت بهینه‌سازی و مدیریت بر مسیر انتقال کالاهای واحدهای صنعتی استفاده می‌شود تا در کنار یافتن بهترین مسیر ممکن جهت عبور، از صرف زمان و هزینه اضافی خودداری شود. از آنجاکه انتخاب بهترین مسیر برای انتقال کالا می‌تواند به صورت قابل توجهی بر میزان سود واحدهای مربوطه تاثیر بگذارد، بنابراین یافتن این مسیر کمک شایانی به شرکت‌ها و واحدهای مربوطه که نیاز به انتقال کالای خود به بازار مصرف دارند، خواهد داشت.

## ۲- مبانی علمی و پیشینه

### ۲-۱- مدل‌های بهینه‌سازی

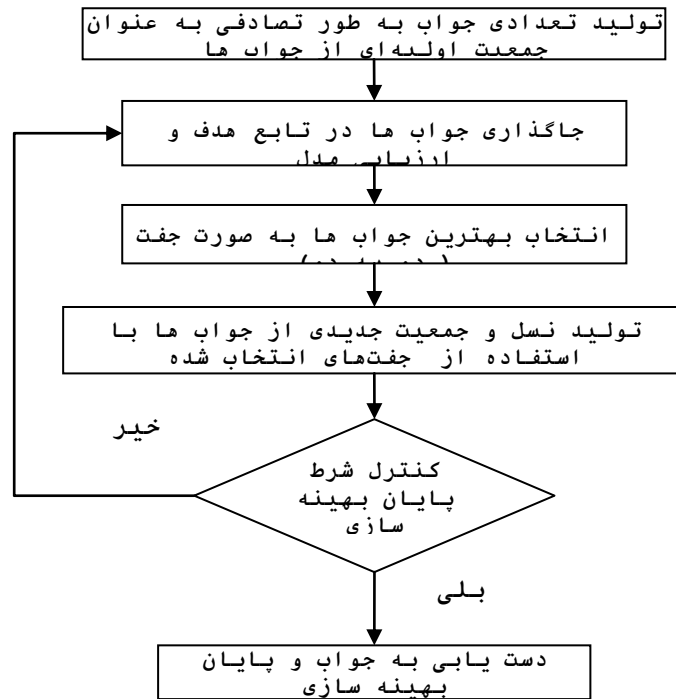
هدف نهایی اکثر تصمیمات مدیریتی کم کردن هزینه و افزایش سود است. اگر بتوان فرآیند مالی یک سیستم اقتصادی را به صورت یک تابع دارای متغیرهای تصمیم‌گیری<sup>۱</sup> مدل‌سازی نمود، می‌توان بهینه‌سازی را به صورت فرآیندی تعریف کرد که می‌تواند کمترین یا بیشترین مقدار یک تابع را به ازای متغیرهای تصمیم‌ورودی در شرایطی خاص پیدا کند. اگر شناسایی، کنترل و محاسبه تمام راه‌حل‌های ممکن قابل اجرا باشد، مسئله بهینه‌سازی پیچیده نخواهد بود اما اگر فضای جستجو گسترده شود، محاسبه تابع هدف به ازای تمامی جواب‌ها به راحتی امکان‌پذیر نخواهد بود، در این موارد، باید از تکنیک‌های خاصی برای یافتن بهترین راه‌حل استفاده شود. بهترین روشی که تا کنون برای حل مسائل بهینه‌سازی ارائه شده است، تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی<sup>۲</sup> است که به عنوان روشی علمی، کاربردی و تکنیکی در حل مشکلات تصمیم‌گیری به کار گرفته می‌شود. تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای پیدا نمودن کمترین یا بیشترین مقدار یک تابع که از چندین متغیر با محدودیت‌های مشخص تشکیل شده، مفید هستند (Griva et al, 2009).

اجزاء اصلی مدل‌ها در مسائل بهینه‌سازی تابع هدف<sup>۳</sup> و مجموعه‌ای از مقادیر ورودی به عنوان متغیرهای تصمیم و محدودیت‌ها<sup>۴</sup> می‌باشند. هدف از طراحی روش‌های بهینه‌سازی، پیدا نمودن مدلی مناسب است که به صورت قابل قبولی تمامی جوانب مسئله را به صورت یک تابع ارائه دهد. هدف از بهینه‌سازی، انتخاب بهترین مدل از میان تمام مدل‌های قابل قبول موجود است. معیار انتخاب بهترین مدل، تابعی است که عملکرد متغیرهای ورودی و تصمیم‌گیری را مورد سنجش قرار می‌دهد و بتواند متغیرهای ورودی را به خروجی متصل می‌سازد و تابع هدف نامیده می‌شود (Griva et al, 2009). تابع هدف در مسائل اقتصادی، کاهش هزینه و افزایش سود است. متغیرهای تصمیم نیز در مسائل بهینه‌سازی، مجموعه‌ای از مقادیر ورودی است که تابع هدف وابسته به آنها می‌باشد. این متغیرهای ورودی، خروجی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. اما محدودیت در مسائل بهینه‌سازی، در نظر گرفتن شرایطی است که بتواند نتایج مطمئن و راضی‌کننده‌ای را برای خروجی مدل به همراه داشته باشد. این محدودیت‌ها باید در عین مناسب بودن، تمام جوانب مسئله را پوشش دهد و جواب مورد قبولی را ارائه نماید. محدودیت‌های مدل، حدود رفتار و عملکرد متغیرهای ورودی را در سیستم مدل شده بیان می‌کنند (Abdellaoui and Hey, 2008).

## ۲-۲- الگوریتم ژنتیک

همان‌گونه که بیان گردید، الگوریتم ژنتیک روشی است که بر اساس فرآیندهای بیولوژیکی ارگانیسم‌های زنده بنا شده است. در این روش اصل بقای داروین با اصول ژنتیکی دیگر تلفیق شده است تا یک مکانیزم جستجو با راندمان بالا و کاربردهای بسیار متنوع شکل گیرد (Chena et al, 2006). الگوریتم ژنتیک روش پیشرفته‌ای است که به صورت گسترده در حل مسائل بهینه‌سازی و تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الگوریتم می‌تواند در یافتن روش‌های محاسباتی بهتر و با عملکرد بالاتر مورد استفاده قرار گیرد. الگوریتم ژنتیک، به سرعت تمام راه‌حل‌های ممکن هر مسئله بهینه‌سازی را محاسبه می‌کند و راه‌حل مناسبی را ارائه خواهد نمود. در این روش پس از مدل‌سازی مسئله، مراحل حل مسئله و یافتن جواب در چندین مرحله خلاصه می‌شود (Cornuejols and Tutuncu, 2006). در مرحله اول، تعدادی جواب به طور تصادفی به عنوان جمعیت اولیه‌ای<sup>۵</sup> از راه‌حل‌ها برای متغیرهای ورودی تولید می‌شود. در مرحله بعد، با جاگذاری هر یک از جواب‌های تولید شده از مرحله قبل و مقایسه مقدار تابع هدف حاصل از این متغیرهای ورودی با تابع برازش<sup>۶</sup>، جواب تولید شده مورد ارزیابی<sup>۷</sup> قرار می‌گیرد. تابع برازش در واقع به میزان بهینه بودن یک راه‌حل ارزش می‌دهد تابع برازش مشخص می‌کند که چقدر یک راه‌حل با یک جواب بهینه تطابق دارد. در مرحله سوم، جواب‌هایی که به ازای آن‌ها بهترین خروجی در تابع هدف حاصل می‌شود به صورت جفت (دو به دو) انتخاب می‌شوند. سپس با توجه به جفت‌های انتخاب شده، جمعیت جدیدی<sup>۸</sup> از جواب‌ها تولید می‌شوند که یقیناً بهتر از جواب‌های قبلی هستند زیرا با توجه به بهترین جواب‌ها تولید شده‌اند. در روش الگوریتم ژنتیک هر جواب یک کروموزوم در نظر گرفته می‌شود. هر کروموزوم از تعدادی ژن تشکیل شده است و مقدار در نظر گرفته شده برای هر متغیر می‌تواند شامل چند ژن باشد. این کروموزوم در واقع یک جواب است که شامل مقادیر در نظر گرفته شده برای تمام متغیرهای ورودی مدل می‌باشد. بنابراین با توجه به تعداد متغیرهای ورودی در هر مدل و ماهیت هر متغیر و همچنین محدودیت‌های در نظر گرفته شده، تعداد ژن‌ها برای هر مدل می‌تواند با مدل دیگر متفاوت باشد (Hong and Kwong, 2008). از آنجا که در روش الگوریتم ژنتیک به جهت زیاد بودن تعداد دفعات محاسبه تابع هدف به ازای

تغییرات مداوم پارامترهای ورودی مدل، از کامپیوتر استفاده می‌شود و نیاز به طراحی برنامه کامپیوتری دارد بنابراین، برای اینکه تولید جمعیت جدید جواب‌ها و ارزیابی آنها به طور مداوم ادامه نیابد باید شرطی برای خروج از حلقه فوق اعمال شود تا هر بار پس از تولید جمعیت جدید جواب‌ها و ارزیابی تابع هدف، در صورتی که شرط برقرار شد، فرآیند بهینه‌سازی متوقف شده و جوابی که به ازای آن تابع هدف بهینه می‌شود، معرفی گردد (PingZeng et al, 2009). بنابراین پس از مرحله چهارم، فرآیند بعدی به صورت مرحله ۵ خواهد بود. در مرحله پنجم، شرط خروج از حلقه تکرار تولید جمعیت جدید و ارزیابی تابع هدف کنترل می‌شود. در صورتی که شرط برقرار نباشد، دوباره به مرحله دو برگشته و عملیات تکرار می‌گردد اما در صورت برقراری شرط، در مرحله بعد جواب بهینه معرفی می‌شود. در این شرایط، در واقع بهترین مقادیر از متغیر یا متغیرهای ورودی که به ازای آنها تابع هدف بهینه می‌شود، به دست آمده‌اند. بنابراین بهینه‌سازی پایان می‌یابد. فرآیند فوق را می‌توان به صورت الگوریتم نشان داده شده در شکل ۱ ارائه نمود.



شکل ۱: دیاگرام عملکرد الگوریتم ژنتیک (Wang et al, 2005)

در ادامه از الگوریتم ژنتیک جهت شناسایی بهترین مسیر برای انتقال کالاهای تجاری استفاده خواهد شد تا قابلیت این روش در بهینه‌سازی بهتر آشکار شود.

### ۳- نتایج اجرای مدل

#### ۳-۱- انتخاب بهینه مسیر به منظور کمینه نمودن زمان و هزینه انتقال کالا

با توجه به موجود بودن اطلاعات کارخانه‌ای در نظر گرفته می‌شود که به منظور انتقال کالاهای تجاری خود به بازار مصرف شهرهای مختلف نیازمند عبور از تمامی شهرهای موجود در یک محدوده مشخص می‌باشد. در این شرایط، این سوال مطرح می‌شود که ترتیب حرکت به سمت شهرها چگونه باشد تا ضمن عبور از تمامی شهرها، کوتاهترین مسیر در کوتاهترین زمان طی شود. این مسئله نیاز به استفاده از یکی از روشهای بهینه

سازی مناسب دارد. در اینگونه مسائل، زمان مسافرت بین شهرهای مختلف به عنوان متغیر غیرقطعی در نظر گرفته می‌شود. این مسئله در حقیقت کل زمان مسافرت به تمام شهرها را با استفاده از زمان مسافرت بین هر دو شهر که در جدولی لیست شده است، به دست می‌آورد. برای حل این مسئله ابتدا باید مدلی ساخته شده و در آن روابط بین متغیرهای ورودی و خروجی مشخص گردد. در مطالعه حاضر دو تابع توزیع با نام‌های Routelength و Index مورد استفاده قرار گرفتند. تابع Index برای شناساندن شهرها به الگوریتم ژنتیک و تابع Routelength برای محاسبه طول مسیر بین شهرها به کار گرفته شده است. شکل‌های ۲ و ۳ مدل ساخته شده برای این مسئله را در نرم افزار Excel نشان می‌دهند.

B3		=INDEX(cities;A3)					
	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Traveling Salesman</b>						
2					Total Travel Time:	<b>800.44</b>	
3	1	Anchorage AK			in hours		
4	2	Calgary AB					
5	3	Chicago IL					
6	4	Dawson Creek BC					
7	5	Edmonton AB					
8	6	Halifax NS					
9	7	Montreal PQ					
10	8	New York NY					
11	9	Ottawa ON					
12	10	Prince Rupert BC					
13	11	Quebec PQ					
14	12	Regina SK					
15	13	Saint John NB					
16	14	San Francisco CA					
17	15	Thunder Bay ON					
18	16	Toronto ON					
19	17	Vancouver BC					
20	18	Whitehorse YT					
21	19	Windsor ON					
22	20	Winnipeg MB					

شکل ۲: مدل ساخته برای مسئله بیان شده در محیط نرم افزار Excel به منظور شناساندن شهرها

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
23																						
24	Travel Time in hours	Anchorage	Chicago	Dawson	Edmonton AB	Halifax NS	Montreal	New York	Ottawa	Prince R	Quebec	Regina S	Saint John	San Fran	Thunder	Toronto C	Vancouver	Winnipeg MB	Winnipeg MB			
25	1 Anchorage AK	0	43.64	73.8	32.58	35.58	102.22	86	65.58	83.44	33.32	38.56	45.52	57.64	63.10	64.75	82.12	44.74	14.5	80.48	56.24	
26	2 Calgary AB	43.64	0	32.16	11.06	3.66	63.5	46.64	46.54	44.72	18.98	48.82	5.30	58.16	27.1	26.04	43.4	13.04	29.14	38.08	16.88	
27	3 Chicago IL	73.8	32.16	0	40.82	33.82	32.54	16.34	16.18	14.72	52.04	26.2	22.36	27.66	43.46	12.96	10.3	43.52	59.3	5.56	17.24	
28	4 Dawson Creek BC	32.58	11.06	40.82	0	7.4	65.64	53.42	67.4	60.86	14.18	56.38	17.04	64.8	33.2	32.18	45.54	14.06	16.08	47.3	23.66	
29	5 Edmonton AB	35.58	3.66	33.82	7.4	0	62.24	46.02	50	43.46	18.22	46.58	5.64	57.56	30.76	24.78	42.14	15.32	25.46	40.5	16.26	
30	6 Halifax NS	102.22	63.5	32.54	65.64	62.24	0	16.56	18.46	19.02	60.46	13.36	53.62	5.18	77.06	37.8	23.98	76.64	87.72	28.72	46.32	
31	7 Montreal PQ	86	46.64	16.34	52.42	46.82	16.36	0	7.64	2.54	64.24	3.2	37.06	11.52	55.18	21.34	6.88	69.28	71.5	10.8	29.76	
32	8 New York NY	65.58	46.54	16.18	37.4	50	18.46	7.64	0	8.6	68.22	11.32	35.36	15.22	58.6	26.38	10.32	58.86	75.48	13.84	33.2	
33	9 Ottawa ON	63.44	44.72	14.72	59.86	43.46	19.02	2.54	8.6	0	61.68	5.66	34.5	14.06	57.22	18.68	4.56	57.72	68.54	5.38	27.28	
34	10 Prince Rupert BC	33.32	18.98	52.04	14.18	18.22	60.46	64.24	68.22	61.68	0	67.2	27.86	75.78	37.52	43	60.36	18.84	18.82	58.72	34.42	
35	11 Quebec PQ	66.56	48.82	26.2	56.38	48.58	13.36	3.2	11.32	5.66	67.2	0	35.24	6.7	62.44	23.42	5.26	62.46	74.46	14	31.94	
36	12 Regina S	45.52	5.56	22.98	17.04	6.64	53.62	37.06	39.36	34.5	27.86	39.24	0	47.72	33.72	15.82	33.18	22.62	35.12	28.54	7.3	
37	13 Saint John NB	67.54	58.16	27.66	64.8	57.56	6.18	11.52	18.22	14.06	75.78	8.7	47.72	0	71.42	32.76	17.58	71.8	83.04	22.32	41.28	
38	14 San Francisco CA	63.10	27.1	43.46	33.2	30.76	77.06	58.18	58.6	57.22	37.92	62.44	33.72	71.42	0	44.46	52.54	19.08	48.68	48.04	39.82	
39	15 Thunder Bay ON	64.76	26.04	12.96	32.18	24.78	37.8	21.34	26.58	18.68	43	23.42	15.82	32.76	44.46	0	17.36	39.04	50.26	15.68	8.56	
40	16 Toronto ON	82.12	43.4	16.3	45.54	42.14	23.58	6.88	10.32	4.96	60.36	5.26	33.18	17.58	52.54	17.36	0	56.4	67.52	4.74	25.32	
41	17 Vancouver BC	44.74	13.04	43.52	14.06	15.32	76.84	69.28	58.86	57.72	18.84	62.46	22.62	71.8	19.08	39.04	56.4	0	30.24	49.6	39.52	
42	18 Whitehorse YT	14.5	29.14	59.3	18.08	25.48	87.72	71.5	75.48	68.34	18.82	74.46	35.12	83.04	48.68	50.26	67.52	30.24	0	65.98	41.74	
43	19 Windsor ON	80.48	38.08	5.56	47.3	40.5	28.72	10.8	13.04	3.38	56.72	14	28.54	22.32	48.04	15.68	4.74	49.6	65.98	0	24.24	
44	20 Winnipeg MB	56.24	16.88	17.24	23.66	16.26	46.32	29.76	33.2	27.28	34.42	31.94	7.3	41.28	55.02	8.56	25.92	39.52	41.74	24.24	0	
45																						
46																						
47	Distances	Anchorage	Chicago	Dawson	Edmonton AB	Halifax NS	Montreal	New York	Ottawa	Prince R	Quebec	Regina S	Saint John	San Fran	Thunder	Toronto C	Vancouver	Winnipeg MB	Winnipeg MB			
48	1 Anchorage AK	0	2182	3650	1628	1559	5111	4300	4489	4172	1666	4448	2481	4877	3159	3238	4106	2287	725	4024	2812	
49	2 Calgary AB	2182	0	1608	553	893	3175	2332	2427	2236	949	2441	479	2908	1955	1302	2170	652	1457	1504	844	
50	3 Chicago IL	3650	1608	0	2091	1627	847	809	736	2602	1010	1148	1383	2173	648	515	2176	2953	278	862		
51	4 Dawson Creek BC	1628	553	2091	0	370	3482	2671	2870	2543	709	2813	852	3240	1650	1609	2477	743	904	2395	1183	
52	5 Edmonton AB	1559	893	1627	370	0	3112	2301	2500	2173	511	2443	402	2878	1538	1259	2107	758	1274	2925	813	
53	6 Halifax NS	5111	3175	1627	3482	3112	0	828	923	951	4023	658	2581	295	3853	1890	1199	5842	4386	1436	2316	
54	7 Montreal PQ	4300	2332	847	2671	2301	828	0	382	107	3212	160	1833	575	2959	1067	344	3914	3575	540	1480	
55	8 New York NY	4489	2427	809	2870	2500	923	382	0	490	3411	566	1950	581	2930	1329	516	2343	3774	652	1650	
56	9 Ottawa ON	4172	2236	736	2543	2173	951	107	490	0	3884	283	1725	704	2861	934	248	2896	3447	469	1364	
57	10 Prince Rupert BC	1666	949	2602	709	511	4023	3212	3411	3884	0	3360	1333	3789	1896	2160	3918	542	341	2936	1721	
58	11 Quebec PQ	4448	2441	1010	2813	2448	658	160	566	283	3360	0	1962	485	3122	1171	463	3123	3723	700	1597	
59	12 Regina S	2481	479	1148	852	402	2681	1853	1868	1725	1933	1962	0	2366	1606	791	1659	1181	1756	1427	365	
60	13 Saint John NB	4877	2908	1302	3240	2870	295	376	661	794	3789	485	2386	0	3571	1638	879	3590	4152	1116	2064	
61	14 San Francisco CA	3159	1955	2170	1609	1609	3853	2930	2861	1896	3122	1696	3571	0	2223	2627	354	2434	2402	1951		
62	15 Thunder Bay ON	3238	1302	648	1609	1259	1890	1067	1329	934	2160	1171	791	1638	2223	0	868	1852	2513	784	428	
63	16 Toronto ON	4106	2170	515	2477	2167	1199	344	516	248	3918	463	1659	879	2627	868	0	2820	3381	237	1296	
64	17 Vancouver BC	2287	652	2176	743	756	3842	3914	2943	2886	342	3123	1131	3590	954	1952	2820	0	1512	2480	1526	
65	18 Whitehorse YT	725	1457	2953	904	1274	4386	3575	3774	3447	541	3723	1756	4152	2434	2513	3381	1512	0	3299	2087	
66	19 Windsor ON	4024	1904	278	2395	2025	1436	540	652	469	2936	700	1427	1116	2402	784	237	2480	3299	0	1212	
67	20 Winnipeg MB	2812	844	862	1183	813	2316	1488	1660	1364	1721	1597	365	2064	1951	428	1296	1526	2087	1212	0	

شکل ۳: مدل ساخته شده در نرم افزار Excel برای محاسبه فاصله و زمان بین شهرها

همان طور که گفته شد در مسئله فوق، هدف کمینه کردن میانگین کل زمان حرکت و مسافرت بین شهرهاست. بر این اساس، جدولی ساخته شد (شکل ۳) که بر اساس مشخصه عددی که برای هر شهر وارد شده، زمان مسافرت بین آن شهر با شهرهای دیگر سنجیده می شود. بنابراین باید مشخصه شهرها به عنوان متغیرهای ورودی در نظر گرفته شوند تا بر اساس آن، قسمت نهایی بهینه سازی گردد. بنابراین، ابتدا جدول پایینی شکل ۳ یعنی فاصله بین شهرها به صورت اعداد ثابت وارد گردیدند و سپس در قسمت بالایی از آنجا که زمان مسافرت بین هر دو شهر همیشه ثابت نیست، زمان به صورت توابع توزیع احتمالی وارد شد. لازم به ذکر است که این جداول به صورت ماتریسی بوده و در قسمت پایین ماتریس، آدرس سلول متناظر بالای ماتریس وارد می شود. در واقع پایین ماتریس، تکرار



سلول‌های بالایی متناظر است اما از آنجا که اگر در سلول‌های پایینی نیز تابع توزیع وارد شود، ممکن است عدد تولید شده به صورت تصادفی با عدد تولید شده در سلول متناظر متفاوت باشد، در سلول‌های پایینی، آدرس سلول متناظر بالایی داده می‌شود تا از عدد تولید شده در سلول بالایی استفاده گردد. سپس با استفاده از قابلیت ماکروی نرم افزار Excel کد نویسی زیر نوشته و به مدل اعمال گردید تا تابع توزیع Routelength به توابع موجود در Excel اضافه شود.

```
Option Explicit
Function RouteLength (value1, value2) As Double
Dim i As Integer
Dim total As Double
Dim RangeOrder As Variant
Dim DistOrder As Variant
Dim first As Integer, second As Integer
RangeOrder = Application.ames ("theorder").RefersTo
DistOrder = Application.Names ("distances").RefersTo
total = 0
For i = 1 To Range(RangeOrder).Rows.Count
    first = Range (RangeOrder).Rows (i)
    If i = Range(RangeOrder).Rows.Count Then
        second = Range (RangeOrder).Rows (1)
    Else
        second = Range (RangeOrder).Rows (i + 1)
    End If
    total = total + Range (DistOrder).Rows (second).Columns (first)
Next
RouteLength = total
End Function
```

پس از این مرحله تابع توزیع Routelength برای محاسبه طول مسیر بین شهرها در مدل مورد استفاده قرار گرفت. تابع توزیع Index برای شناساندن شهرها به الگوریتم ژنتیک مد نظر قرار گرفت. با در نظر گرفتن زمان کل حرکت به عنوان پارامتری که بهینه‌سازی آن (حداقل نمودن میانگین) مد نظر است و وارد کردن مشخصه شهرهای مختلف به عنوان پارامترهای ورودی تلاش شد تا بهینه‌ترین جواب ممکن ارائه شود. پس از انجام مراحل فوق و اجرای بهینه‌سازی، جدول نتایج نمایش یافته و بهترین مسیر که میانگین زمان کل سفر بین شهرها را به حداقل می‌رساند، نشان داده شد. خروجی حاصله در شکل ۴ نشان داده شد.

Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$3	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$13
ORIGINAL	1	ORIGINAL	11
BEST	1	BEST	20
Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$4	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$14
ORIGINAL	2	ORIGINAL	12
BEST	14	BEST	18
Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$5	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$15
ORIGINAL	3	ORIGINAL	13
BEST	3	BEST	10
Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$6	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$16
ORIGINAL	4	ORIGINAL	14
BEST	16	BEST	15
Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$7	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$17
ORIGINAL	5	ORIGINAL	15
BEST	11	BEST	2
Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$8	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$18
ORIGINAL	6	ORIGINAL	16
BEST	19	BEST	4
Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$9	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$19
ORIGINAL	7	ORIGINAL	17
BEST	7	BEST	17
Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$10	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$20
ORIGINAL	8	ORIGINAL	18
BEST	8	BEST	12
Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$11	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$21
ORIGINAL	9	ORIGINAL	19
BEST	9	BEST	6
Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$12	Adjustable Cell	SALESMAN!\$A\$22
ORIGINAL	10	ORIGINAL	20
BEST	13	BEST	5

شکل ۴: جدول نشان دهنده انتخاب مسیر بهینه عبور از شهرهای مختلف

همان گونه که از شکل ۴ مشاهده می‌شود، ترتیب شهرها بر اساس اولویت در جدول پایانی ارائه شده است. بر اساس این شکل، ماشین حامل کالاهای تجاری کارخانه باید از شهر ۱ به شهر ۱۴ (سانفرانسیسکو)، از آنجا به شهر ۳ (داوسون کریک)، سپس به شهر ۱۶ (تورنتو)، بعد از آن به شهر ۱۱ (کوبک) و ... حرکت کند. با توجه به خروجی بهینه سازی مسیر فوق کوتاهترین مسیر برای عبور از تمام شهرها در کوتاهترین زمان ممکن خواهد بود.

#### ۴- نتیجه گیری

هدف از مطالعه حاضر، استفاده از الگوریتم ژنتیک جهت یافتن بهترین مسیر ممکن برای انتقال کالاهای تولیدی واحدهای صنعتی به بازار مصرف بوده است که با توجه به بررسی‌های انجام شده، بهبود خروجی مدل‌های تصمیم‌گیری در مدیریت سیستم‌های اقتصادی با کاربرد روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک اثبات گردید. با توجه به خروجی مدل

طراحی شده در انتخاب بهینه مسیر انتقال کالاها و واحدهای صنعتی مشاهده می‌شود که الگوریتم ژنتیک می‌تواند به نحو مناسبی بهترین مسیر را برای انتقال کالاها بین شهرها معرفی نموده و ضمن کاهش زمان و هزینه انتقال، سطح کیفی مدیریت حمل و نقل را ارتقا دهد. نظر به نتایج مطلوبی که از تحقیق حاضر استنتاج شده، پیشنهاد می‌شود که روش الگوریتم ژنتیک به طور عملی برای واحدهای تولیدی بزرگ که محصولات آن‌ها در سراسر کشور توزیع می‌شود، اجرا شده تا با توجه به وسعت کشور که باعث طولانی شدن مسافت شهرها می‌گردد، بتوان با بهینه نمودن مسیرهای انتقال موجب کاهش مصرف سوخت و صرفه جویی در سایر هزینه‌های انتقال گردید.

#### فهرست منابع

- 1) Abdellaoui M., Hey, J. D. (2008). *Advances in Decision Making Under Risk and Uncertainty*, Springer.
- 2) Aven, T. (2003). *Foundations of RISK Analysis*, John Wiley & Sons, Ltd.
- 3) Bandyopadhyay S., Pal S. K. (2007). *Classification and learning using Genetic Algorithm*, Springer.
- 4) Beenstock M., Szpiro G. (2002). "Specification search in nonlinear time-series models using the genetic algorithm", *Journal of Economic Dynamics & Control*, 26, 811-835.
- 5) Chena Ch., Xiab J., Liua J., Feng G. (2006). Nonlinear inversion of potential-field data using a hybrid-encoding genetic algorithm, *Computers & Geosciences*, 32, 230-239.
- 6) Cornuejols G., Tutuncu R. (2006). *Optimization Methods in Finance*, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, January.
- 7) Griva I., Nash S. G., Sofer A. (2009). *Linear and Nonlinear Optimization*, Society for Industrial and Applied Mathematics-Philadelphia.
- 8) Hong Y., Kwong S. (2008). To combine steady-state genetic algorithm and ensemble learning for data clustering, *Pattern Recognition Letters* 29, 1416-1423.
- 9) PingZeng X., Li Y., Qin, J. (2009). A dynamic chain-like a genetic algorithm for global numerical optimization and feature selection, *Neurocomputing* 72, 1214-1228.

- 10) Wang Z.G., Wong Y.S., Rahman M. (2005). Development of a parallel optimization method based on genetic simulated annealing algorithm, *Parallel Computing* 31, 839–857

## یادداشت‌ها

---

- <sup>1</sup> Decision Variable  
<sup>2</sup> Mathematical programming technique  
<sup>3</sup> Objective Function  
<sup>4</sup> Constraint  
<sup>5</sup> Initialize population  
<sup>6</sup> Fitness function  
<sup>7</sup> Evaluation  
<sup>8</sup> Reproduction