

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# بهینه‌یابی مورچگان و کاربردهای آن در سلامت

نگارندگان

محمد مهدی سپهری

استاد دانشگاه تربیت مدرس

محمد رحیمی مقدم



دانشگاه تربیت مدرس

سرشناسه: سپهری، محمدمهدی، 1333 -

عنوان و نام پدیدآور: بهینه‌یابی مورچگان و کاربردهای آن در سلامت/ نگارندگان محمدمهدی سپهری، محمد رحیمی مقدم.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، 1395.

مشخصات ظاهری: 256ص: مصور، جدول.

فروست: مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس؛ 196.

شابک: 978-600-7589-21-2

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

یادداشت: کتابنامه: ص. [189]-217.

موضوع: الگوریتم‌های کلونی مورچه‌ها

موضوع: بهینه‌سازی ترکیبی

موضوع: زمان‌بندی -- داده پردازش

موضوع: هوش مصنوعی

موضوع: محاسبات تکاملی

موضوع: الگوریتم‌های ژنتیک

موضوع: الگوریتم‌های هیوریستیک

موضوع: انفورماتیک پزشکی

شناسه افزوده: رحیمی مقدم، محمد، 1362 -

شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس. مرکز نشر آثار علمی

رده بندی کنگره: 1395 9ب2س/ QA 402/5

رده بندی دیویی: 519/6

شماره کتابشناسی ملی: 4186909

بهینه‌یابی مورچگان و کاربردهای آن در سلامت

نگارندگان: دکتر محمدمهدی سپهری، دکتر محمد رحیمی مقدم

ویراستار ادبی و فنی: نسیم عظیمی پور

طراح جلد: دکتر سیدنجم‌الدین امیر شاه کرمی

صفحه آرا: سمیه زهانی

شماره انتشار: 196

شماره پیاپی: 224

تاریخ انتشار: 1395

شمارگان: 1000

ISBN: 978-600-7589-21-2

شابک: 978-600-7589-21-2

ناشر: مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس

نوبت چاپ: اول

کارشناس اجرایی: فریبا کرمانی

ناظر چاپ: مصطفی جانجانی

لیتوگرافی: ایران گرافیک

چاپ و صحافی: قشقایی

مرکز پخش: تقاطع بزرگراه‌های آل‌احمد و دکتر چمران،

دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، صندوق پستی: ۳۱۸-۱۴۱۱۵

تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹۶ دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲

بها: 180000 ریال

صحت مطالب کتاب بر عهده نگارندگان است.

## تقدیم به: همسر پدر و مادر مهربانان

میازار موری که دانه کش است  
که جان دارد و جان شیرین خوش است

مزن بر سر ناتوان دست زور

که روزی در افق به پایش چومور

گر فقم ز تو ناتوان تربی است

توانا ترا تو هم آخر کسی است

خدا را بر آن بنده بخشایش است

که خلق از وجودش در آسایش است



## فهرست مطالب

ه	فهرست علائم و اختصارات
ز	پیشگفتار نگارندگان
ط	مقدمه
ی	اشاره
ک	ساختار کتاب
ک	تعاریف کلیدی
ل	الگوریتم‌های تقریبی
ل	الگوریتم‌های ابتکاری
ل	جواب بهینه
م	نحوه نگارش کتاب
ن	تقدیر و تشکر
1	فصل اول: رویکردهای بهینه‌یابی
2	1-1 اشاره
3	2-1 طبقه‌بندی رویکردهای حل مسائل بهینه‌یابی
5	3-1 الگوریتم‌های ساخت‌گرا
8	4-1 الگوریتم‌های بهبودگرا
13	فصل دوم: الگوریتم مورچگان
14	1-2 اشاره

ب بهینه‌یابی مورچگان و کاربردهای آن در سلامت

- 2-2 سیر تحول تاریخی مجموعه الگوریتم‌های مورچگان ..... 16
- 3-2 منشأ زیست‌شناسانه الگوریتم‌های مورچگان ..... 18
- 4-2 ساختار مسائل برای حل با مجموعه الگوریتم‌های مورچگان ..... 22
- 5-2 رفتار مورچه‌ها ..... 24
- 6-2 کلیات الگوریتم‌های مورچگان ..... 27
- فصل سوم: مجموعه الگوریتم‌های سیستم مورچگان ..... 31
- 1-3 اشاره ..... 32
- 2-3 مدل‌های چگالی مورچگان و کمیت مورچگان ..... 35
- 3-3 نحوه عملکرد الگوریتم ..... 37
- 4-3 مدل چرخه مورچگان ..... 38
- 5-3 پارامترهای الگوریتم سیستم مورچگان و آنالیز حساسیت آنها ..... 41
- 1-5-3 رفتار ایستا ..... 45
- 2-5-3 ترکیبات  $\alpha$  و  $\beta$  ..... 46
- 3-5-3 تأثیر توزیع مورچه‌ها ..... 47
- فصل چهارم: بهبودهای اعمال شده بر روی الگوریتم سیستم مورچگان ..... 49
- 1-4 اشاره ..... 50
- 2-4 الگوریتم راهبرد نخبه‌ترین ..... 50
- 3-4 نسخه رتبه‌بندی شده سیستم مورچگان ..... 51
- 4-4 الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان ..... 52
- 1-4-4 قاعده تغییر وضعیت در الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان ..... 53
- 2-4-4 قاعده به‌روزرسانی کلی الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان ..... 54
- 3-4-4 قاعده به‌روزرسانی محلی الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان ..... 55
- 4-4-4 جستجوی محلی در الگوریتم سیستم اجتماع مورچگان ..... 57
- 5-4 الگوریتم سیستم بیشینه - کمینه مورچگان ..... 58



فهرست مطالب ج

61.....	فصل پنجم: کاربردهایی از الگوریتم‌های مورچگان
62.....	1-5 اشاره
65.....	2-5 مسئله تأخیر وزن‌دار یک ماشینه
68.....	3-5 مسئله تخصیص مرتبه دوم
69.....	2-3-5 کلیات مدل‌سازی مسئله با الگوریتم‌های مورچگان
71.....	3-3-5 الگوریتم سیستم مورچگان در تخصیص درجه دوم
73.....	4-5 مسئله پوشش مجموعه‌ها
76.....	5-5 مسیریابی در شبکه‌های ارتباطی
78.....	1-5-5 مسئله مسیریابی و الگوریتم‌های مربوطه
80.....	2-5-5 الگوریتم گراف مورچگان
99.....	فصل ششم: آشنایی با الگوریتم‌های مشابه هوش انبوه‌زی
100.....	1-6 اشاره
100.....	2-6 الگوریتم زنبور عسل
100.....	1-2-6 نحوه فعالیت زنبورهای عسل در طبیعت
101.....	2-2-6 الگوریتم زنبور عسل کلاسیک
104.....	3-2-6 تحلیل مسیریابی در الگوریتم زنبور عسل
109.....	4-2-6 کاربردهای الگوریتم زنبور عسل
110.....	3-6 بهینه‌یابی ذرات انبوه‌زی
110.....	1-3-6 نحوه شکل‌گیری الگوریتم بهینه‌یابی ذرات انبوه‌زی
112.....	2-3-6 الگوریتم بهینه‌یابی ذرات انبوه‌زی کلاسیک
117.....	3-3-6 مراجع برای مطالعه بیشتر
117.....	4-6 الگوریتم موریانه
120.....	5-6 الگوریتم چکه آب‌های هوشمند
120.....	1-5-6 نحوه شکل‌گیری و مراحل الگوریتم چکه آب‌های هوشمند
122.....	2-5-6 مراجع برای مطالعه بیشتر

د بهینه‌یابی مورچگان و کاربردهای آن در سلامت

125.....	فصل هفتم: کاربرد در مسائل حوزه سلامت
126.....	1-7 اشاره
127.....	2-7 مسائل زمان‌بندی
127.....	1-2-7 مسئله زمان‌بندی پرستاران
133.....	2-2-7 مسئله زمان‌بندی بیماران
134.....	3-2-7 مسئله زمان‌بندی اتاق عمل
138.....	4-2-7 مسئله زمان‌بندی خدمات مراقبت درمانی در منزل
141.....	3-7 مسائل تخصیص
141.....	1-3-7 تخصیص بیماران به تخت‌های بیمارستان
145.....	2-3-7 مسئله تخصیص عمل‌های جراحی
149.....	4-7 مسائل داده‌کاوی
154.....	5-7 مسائل مکان‌یابی
165.....	پیوست 1
173.....	پیوست 2
183.....	پیوست 3
185.....	پیوست 4
189.....	مراجع
219.....	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
227.....	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
233.....	نمایه

## فهرست علائم و اختصارات

- ⊗ اضافه شدن جزئی به یک مجموعه اجزا را نشان می‌دهد. برای نمونه  $x \in A$  یعنی اضافه شدن  $x$  به مجموعه  $A$ . به عبارت دیگر اگر  $A = \{a, d, f\}$  باشد، آنگاه  $A \otimes x = \{a, d, f, x\}$  خواهد بود.
- ∈ عضویت داشتن جزئی در یک مجموعه اجزا را نشان می‌دهد. برای نمونه اگر  $A = \{a, d, f\}$  باشد، آنگاه می‌توان نوشت:  $f \in A$
- ≡ هم‌ارز بودن و معادل بودن دو عبارتی که در طرفین آن نوشته شده است را نشان می‌دهد. برای نمونه  $A \equiv S\{t_1, t_2, t_3, t_4\}$
- || شمارایی یا اندازه یا کاردینالیته (Cardinality) یک مجموعه را به ما می‌دهد. مثلاً اگر  $M = \{a, b, c, d\}$  باشد، داریم:  $|M| = 4$
- <> مشابه علامت { } است، با این تفاوت که اجزای یک مجموعه را به همراه توالی اجزا نشان می‌دهد. برای نمونه:  $Z = \langle 3, 7, 45, 187 \rangle$
- ~ نشان‌دهنده مجموعه تمامی توالی‌های شدنی (قابل قبول) یک الگوریتم است. جهت به‌روزرآوری یک متغیر استفاده می‌شود. مثلاً اگر بخواهیم همواره به مقدار متغیر  $D$  یک واحد بیافزایم، می‌نویسیم:  $A \leftarrow A + 1$
- [ ] کف یک عدد یا متغیر را به ما می‌دهد، به عبارت دیگر مقدار داده شده را به نزدیک‌ترین عدد صحیح کوچک‌تر تقریب می‌زند. برای نمونه:  $\lfloor 3.5 \rfloor = 3$
- ⌈ ⌋ سقف یک عدد یا متغیر را به ما می‌دهد، به عبارت دیگر مقدار داده شده را به نزدیک‌ترین عدد صحیح بزرگ‌تر تقریب می‌زند. مثلاً:  $\lceil -1.2 \rceil = -1$
- O علامت اختصاری پیچیدگی محاسباتی (Order) یک الگوریتم است.

و بهینه‌یابی مورچگان و کاربردهای آن در سلامت

علامت اختصاری یال (Edge) خطی است که دو گره را به متصل می‌کند:

$E(i,j)$

E



علامت اختصاری سویه یا کمان (Arc) خط جهت‌داری است که دو گره را متصل

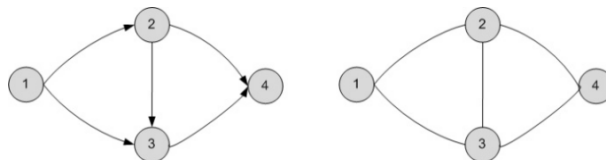
می‌کند:  $A(i,j)$

A



علامت اختصاری گراف (Graph) شامل مجموعه‌ای از یال‌ها یا سویه‌ها و گره‌ها است.

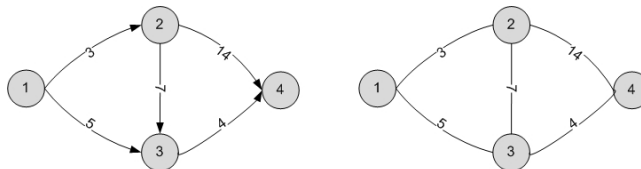
G



علامت اختصاری شبکه (Network) شامل مجموعه‌ای از یال‌های وزن‌دار یا سویه‌های وزن‌دار و گره‌ها هستند. وزن‌ها می‌توانند نشان‌دهنده ویژگی‌های گوناگونی همچون مسافت، فاصله، ظرفیت و وزن باشند. همچنین ممکن است وزن‌ها چند

N

بعدی بوده و چندین ویژگی یال‌ها یا سویه‌ها را نشان دهند.



## پیشگفتار نگارندگان

تاکنون رفتار اجتماعی پیچیده موجودات زنده در طبیعت بارها توسط دانشمندان و محققان مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعه الگوهای رفتاری این موجودات منجر به توسعه مدل‌ها و الگوریتم‌های هوش انبوه‌زی شده است که برای حل مسائل بهینه‌یابی سخت به‌کار می‌روند. از جمله این الگوریتم‌ها می‌توان به مجموعه الگوریتم‌های مورچگان، الگوریتم زنبور عسل، بهینه‌یابی ذرات انبوه‌زی، الگوریتم موریانه و الگوریتم چکه آب‌های هوشمند اشاره نمود. از جمله اهدافی که با تألیف این کتاب دنبال شده، مروری اجمالی بر فلسفه وجودی الگوریتم مورچگان به‌همراه سایر الگوریتم‌های هوش انبوه‌زی و تهیه مجموعه مسائل و کاربردهایی است که بتواند به‌عنوان مکمل درس‌های تحقیق در عملیات، برنامه‌ریزی ریاضی، بهینه‌سازی خطی و غیرخطی و الگوریتم‌های فراابتکاری به‌کار رفته و کاربردهای علمی و عملی آنها را به‌صورتی که قابل استفاده برای استادان، دانشجویان و متخصصین این حوزه‌ها باشد، ارائه نماید. برای دستیابی به این هدف سعی شده برای کلیه فصل‌های کتاب ضمن بیان تعاریف، تئوری، ساختار کلی و معرفی الگوریتم‌ها، سلسله مقالات منتشر شده در این زمینه، کنفرانس‌های مرتبط، منابع و مراجع کتابخانه‌ای و اینترنتی مرتبط و فهرست پایان‌نامه‌های انجام‌شده در این زمینه در دانشگاه‌های مختلف کشور ارائه گردد.

امروزه مسائل حوزه سلامت که با بهینه‌یابی رفتار تسهیلات و تجهیزات پزشکی، پرستاران، بیماران، پزشکان، مراکز ارائه‌دهنده خدمات درمانی و دیگر موارد سروکار دارد به یکی از پرکاربردترین مسائل تبدیل شده است. علت این مهم، از یک‌سو بالا بودن ارزش کیفیت تسهیلات، درمان‌ها و گزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی است؛ و از دیگر سو، سیر صعودی

## ح بهینه‌یابی مورچگان و کاربردهای آن در سلامت

هزینه‌های سلامت و درمان است که بر روی کیفیت خدمات بهداشتی و رفاه و رضایت خانوارها تأثیر بسزایی دارد. آنچه که در فصل پایانی و کاربردی این کتاب مورد تمرکز قرار گرفته است، ارائه یک دسته‌بندی از مسائل مختلف بهینه‌یابی در حوزه سلامت است که با الگوریتم‌های معرفی شده در این کتاب یا سایر روش‌ها قابل حل است.

مخاطبین این کتاب، استادان، پژوهشگران، متخصصین، دانش‌آموختگان و دانشجویان سال آخر کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری و پسادکتری در رشته‌های مهندسی صنایع، مهندسی سیستم‌های سلامت، مهندسی کامپیوتر، مدیریت و اقتصاد سلامت، مدیریت، ریاضی کاربردی، علوم کامپیوتر، مهندسی برق و سایر رشته‌ها و حوزه‌های مرتبط دانشگاهی و حرفه‌ای هستند که در دانشگاه و صنعت به تحقیق و پژوهش درباره حل مسائل و مدل‌های مختلف بخصوص حوزه سلامت می‌پردازند. این کتاب از پیش‌نیازهای اساسی برای افرادی است که می‌خواهند تحقیقات خود را در مدل‌های بهینه‌یابی و الگوریتم‌های فراابتکاری و هوش انبوه‌زی گسترش دهند.

### دکتر محمد مهدی سپهری

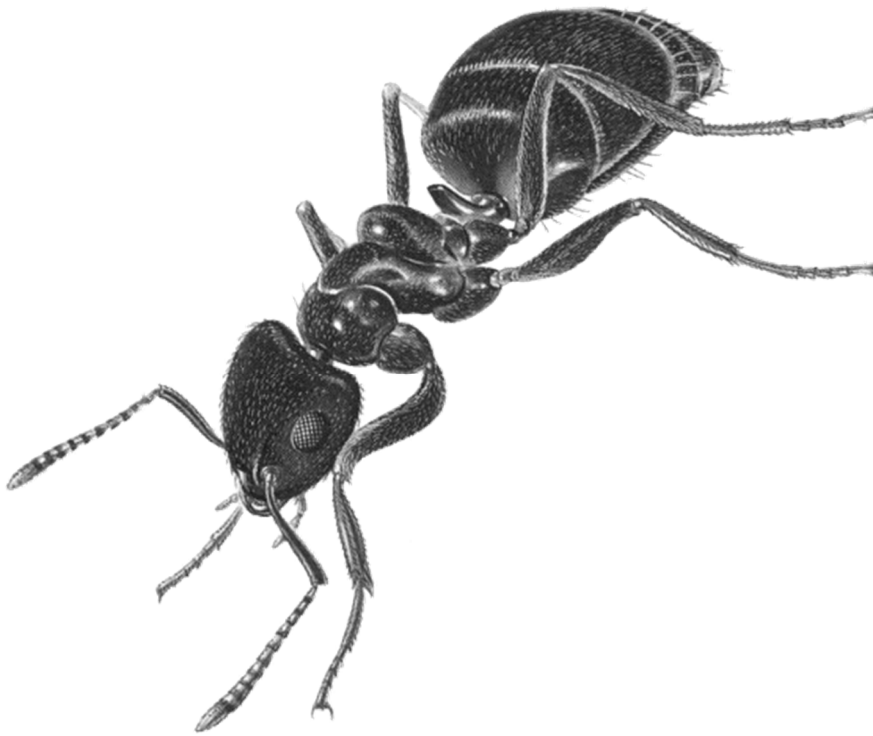
استاد مهندسی سیستم‌های سلامت، دانشکده مهندسی

صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس

### دکتر محمد رحیمی مقدم

دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

مقدمه



## اشاره

انسان‌ها از دیرباز تاکنون همواره از جهان پیرامون خود الهام گرفته‌اند. طرح پرواز انسان از بهترین نمونه‌های الهام از طبیعت است؛ نخستین بار لئوناردو داوینچی<sup>1</sup> (1452-1519) طرحی از یک ماشین پرنده را بر اساس ساختمان بدن خفاش رسم کرد. سال‌ها بعد از آن ماشین پرنده‌ای دارای موتور ساخته شد که در آن به‌جای بال از ملخ استفاده شده بود (Kaplan, 1996: 1).

امروزه کار بر روی توسعه سیستم‌های هوشمند با الهام از طبیعت، از زمینه‌های پرطرفدار هوش مصنوعی است. الگوریتم‌های ژنتیک که با استفاده از ایده تکاملی داروینی و انتخاب طبیعی مطرح شده، روش خوبی برای حل بسیاری از مسائل است (Hartl and Clark, 1997: 91). ایده تکاملی داروینی به تکامل هر نسل نسبت به نسل پیش اشاره دارد و بیانگر میلیون‌ها سال تکامل نسل به نسل موجوداتی همچون مورچه و زنبور عسل و بازتاب آن در طبیعت است.

الگوریتم‌های فراابتکاری<sup>2</sup> مجموعه الگوریتم‌هایی برای حل مسائل بهینه‌یابی هستند که به‌صورت تصادفی، اما هدفمند و ساده، در فضای جواب مسئله به دنبال جواب بهینه مطلق حرکت می‌کنند. این روش حرکت، معمولاً از طبیعت الهام گرفته می‌شود؛ زیرا برخی از



پدیده‌های طبیعی با وجود تصادفی بودن به‌طرز جالبی دارای حرکتی به سمت حالت‌های نزدیک به حالت بهینه هستند.

در سال 1991، مارکو دوریگو<sup>3</sup> و همکاران وی الگوریتم فراابتکاری مورچگان را برای حل مسائل بهینه‌یابی ترکیبی<sup>4</sup> ارائه کردند (Dorigo & et al., 1991a). این الگوریتم برای حل مسائل پیچیده مانند مسائل فروشنده رهنورد (TSP)<sup>5</sup> و تخصیص درجه

1. Leonardo da Vinci
2. Meta-Heuristic
3. Marco Dorigo ([http://en.wikipedia.org/wiki/Marco\\_Dorigo](http://en.wikipedia.org/wiki/Marco_Dorigo))
4. Combinatorial Optimization Problems
5. Travelling Salesman Problem



## مقدمه ک

دوم<sup>1</sup> بسیار موفق عمل کرد و مورد توجه محققان را برانگیخت. روش ارائه شده با الهام گرفتن از رفتار مورچه‌ها برای یافتن کوتاه‌ترین راه به منبع غذایی تدوین شده بود. مورچه‌ها حشرات تقریباً نابینایی هستند؛ اما معمولاً بهترین راه را برای رسیدن به منبع غذایی خود پیدا می‌کنند. با بررسی‌های انجام شده معلوم شد مورچه‌ها با استفاده از یک ماده شیمیایی به نام فرمون<sup>2</sup> راهی را که طی کرده‌اند، مشخص نموده و دیگر مورچه‌ها نیز با شناسایی این ردپا مسیر مورچه‌های قبلی را دنبال می‌کنند. این روش باعث می‌شود، خودبه‌خود کوتاه‌ترین راه پدیدار شود (Dorigo and T. Stützle, 2004: 11).

## ساختار کتاب

در این مجموعه، برآنیم تا الگوریتم‌های مبتنی بر رفتار مورچگان را همراه با کاربردهایی از آنها برسیم. در فصل بعدی به مقدماتی از بهینه‌یابی اشاره خواهد شد. کلیات الگوریتم‌های بهینه‌یابی مورچگان در فصل سوم ارائه شده و در فصل چهارم نیز الگوریتم‌های سیستم مورچگان<sup>3</sup> به عنوان پایه‌ای برای تمامی الگوریتم‌های مورچگان بررسی می‌شود. بهبودهای اعمال شده بر روی الگوریتم‌های سیستم مورچگان و کاربردهایی از الگوریتم‌های آنها نیز در فصل‌های پنجم و ششم مطرح می‌شود. در فصل هفتم نمونه‌هایی از الگوریتم‌های فراابتکاری مشابه که از رفتار موجودات زنده در طبیعت بهینه‌کاوی<sup>4</sup> و مطالعه بر روی آنها و کاربردهایشان آغاز شده است، ارائه می‌گردد. فصل آخر نیز به معرفی مسائل حوزه «سلامت» و منابع و تحقیقاتی پیرامون مسائل و روش‌های حل ارائه آنها اختصاص دارد.

## تعاریف کلیدی

نخست لازم است تعاریفی برای چند اصطلاح کلیدی ارائه کنیم:

- 
1. Quadratic Assignment Problem
  2. Pheromone
  3. Ant System
  4. Benchmark

ل بهینه‌یابی مورچگان و کاربردهای آن در سلامت

### الگوریتم‌های تقریبی

روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌یابی به دو دسته الگوریتم‌های دقیق<sup>1</sup> و الگوریتم‌های تقریبی<sup>2</sup> تقسیم می‌شوند (Festa, 2014: 2). الگوریتم‌های دقیق قادر به یافتن جواب بهینه به صورت دقیق هستند، اما در مورد مسائل بهینه‌یابی سخت کارایی ندارند و زمان حل آنها در این مسائل به صورت نمایی افزایش می‌یابد. در حالی که الگوریتم‌های تقریبی قادر به یافتن جواب‌های خوب (نزدیک به بهینه) در زمان حل کوتاه برای مسائل بهینه‌یابی سخت هستند. الگوریتم‌های تقریبی نیز به سه دسته تقسیم می‌شوند (Doerner & et al., 2007b: 44):

- الگوریتم‌های ابتکاری<sup>3</sup>
- الگوریتم‌های فراابتکاری
- الگوریتم‌های فوق‌ابتکاری<sup>4</sup> (Burke & et al., 2010: 1-5)

### الگوریتم‌های ابتکاری

الگوریتم‌های ابتکاری برای یافتن جواب‌های خوب و سریع، و نه لزوماً بهینه طراحی می‌شوند<sup>5</sup>. به عبارت دیگر این دسته الگوریتم ضمانتی برای پیدا کردن جواب‌های بهینه ارائه نمی‌کنند، اما جواب‌های خوب و قابل قبولی را به ما می‌دهند. مشکل اصلی الگوریتم‌های ابتکاری، قرار گرفتن آنها در بهینه‌های محلی، و ناتوانی آنها برای کاربرد در مسائل گوناگون است. الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل این مشکلات ارائه شده‌اند.

### جواب بهینه

جواب بهینه<sup>6</sup> جوابی است در فضای شدنی به طوری که هیچ جوابی بهتر از آن وجود نداشته باشد.

- 
1. Exact Algorithms
  2. Approximate Algorithms
  3. Heuristic Algorithms
  4. Hyper Heuristic Algorithms
  5. Nem hauser and Wolsey, 1998
  6. Optimal Solution

## مقدمه م

برای نمونه اگر تابع هدف ما به صورت  $\text{Max } Z=c.x + h.y$  باشد و  $(x^0, y^0)$  یک جواب شدنی و  $S$  فضای شدنی مسئله در نظر گرفته شود، همچنین اگر  $c.x^0 + h.y^0 \geq$   $c.x + h.y$  برای تمامی  $(x, y) \in S$  باشد، آنگاه  $(x^0, y^0)$  یک جواب بهینه نامیده می‌شود.

## نحوه نگارش کتاب

در این کتاب کوشش شده اصطلاحات و عبارات تخصصی مرتبط به‌طور صحیح و با در نظر گرفتن ملاحظات تحقیق در عملیات به فارسی برگردانده شود. گاه، در برخی از متون فارسی، کلماتی به‌عنوان معادل اصطلاحات به‌کار رفته که با مفهوم و تعریف اصطلاحات ارتباط اندکی دارد. در این کتاب حتی‌المقدور از اصطلاحات صحیح و متناسب استفاده شده است.

برای نمونه واژه کوتاه‌بین معادل اصطلاح Greedy انتخاب شده است زیرا الگوریتم کوتاه‌بین صرفاً ملاحظات بهترین انتخاب در وضعیت فعلی و بدون توجه به اثرات آتی انتخاب است. به‌عبارت دیگر الگوریتم کوتاه‌بین پیش‌اندیش نبوده و به پیامد و سرانجام جواب نمی‌اندیشد. با این منطق و استدلال کلمه الگوریتم کوتاه‌بین را به‌جای کلماتی همچون حریصانه، نزدیک‌بین یا پیشگو انتخاب کردیم.

همچنین برای اصطلاح Heuristic معادل «ابتکاری» انتخاب شده است، درحالی‌که برخی از محققان و نویسندگان واژه‌هایی چون شهودی، اکتشافی و مکاشفه‌ای را به‌جای به‌کار برده‌اند. شهودی به معنای «قابلیت دیده شدن به‌وسیله چشم» (صدری‌افشار و همکاران، 1381) و اکتشافی یا مکاشفه‌ای به معنای «قابل کشف شدن و آشکار ساختن» (معین، 1393) است. از آن‌جا که این واژه‌ها معانی دیگری به‌ویژه در مباحث عرفانی و ارتباط نزدیک کمتری با معنای واقعی اصطلاح دارند، ترجیح دادیم از کلمه «ابتکاری» برای اصطلاح Heuristic و از فراابتکاری برای Meta Heuristic استفاده کنیم. افزون بر آن، این معادل‌ها نسبت به معادل‌های دیگر فراگیر در شده‌اند. در انتهای همین فصل فهرستی از کلمات پرکاربرد این کتاب که به‌عنوان معادل اصطلاحات مرتبط به‌کار گرفته شده ارائه شده است.

ن بهینه‌یابی مورچگان و کاربردهای آن در سلامت

### تقدیر و تشکر

فرجام سخن سپاسگزاری از تمام افرادی است که هریک به نحوی ما را در تألیف این کتاب یاری کرده‌اند؛ به‌ویژه سرکار خانم مهندس پریسا خاکشور سعادت که در گردآوری و ویرایش مطالب همیاری داشته‌اند.