

# زبان مدل سازی لینگو

آموزش پیشرفته

(جلد دوم)

www.ketab.ir

دکتر رامین صادقیان

(عضو هیأت علمی دانشگاه بوعلی سینا)

|                                                                                     |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| صادقیان، رامین، ۱۳۵۷-                                                               | QA          |
| زبان مدل سازی لینگو؛ آموزش پیشرفته ج. ۲/ تالیف: رامین صادقیان؛ ویراستار یوسف آرام.- | ۷۶/۷۳       |
| همدان: دانشگاه بوعلی سینا، ۱۳۹۰                                                     | ۲۱ ص ۹۴ / ل |
| ۵۲۳ ص.: مصور، جدول                                                                  | ۱۳۹۰        |
| شابک: ۹۷۸-۶۰۰۱۲۸-۰۴۳-۶                                                              |             |
| کتابنامه: ص.: در پایان کتاب.                                                        |             |
| لینگو (زبان برنامه نویسی ریاضی). ۲. تحقیق در عملیات. الف. عنوان.                    |             |
| ۰۰۶/۶                                                                               |             |

|                |                                           |
|----------------|-------------------------------------------|
| عنوان:         | زبان مدل سازی لینگو آموزش پیشرفته جلد دوم |
| مؤلف:          | دکتر رامین صادقیان                        |
| ویراستار ادبی: | دکتر یوسف آرام                            |
| طراح جلد:      | منیره رضایی بهرمنند                       |
| ناشر:          | انتشارات دانشگاه بوعلی سینا               |
| مدیر مسئول:    | محمد جواد بدالهی فر                       |
| چاپخانه:       | روشن                                      |
| صفحه و قطع:    | ۶۰۴- وزیري                                |
| نوبت چاپ:      | اول                                       |
| تیراژ:         | ۱۰۰۰                                      |
| قیمت:          | ۱۳۰۰۰۰ ریال                               |
| تاریخ انتشار:  | ۱۳۹۰                                      |
| شماره کتاب:    | ۲/۲۱۴ م                                   |
| شابک:          | ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۸-۰۴۲-۹                         |
| شابک دوره:     | ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۸-۰۴۳-۶                         |

#### کلیه حقوق برای انتشارات دانشگاه بوعلی سینا محفوظ است

مراکز فروش در همدان: ۱. دانشگاه بوعلی سینا، اداره انتشارات تلفکس: ۸۱۱-۸۲۷۴۴۴۲

۲. خیابان شهید حسین فهمیده، روبروی پارک مردم، فروشگاه اداره انتشارات

۳. خیابان مهدیه روبروی خانه معلم - انتشارات دانشجو

نمایندگی فروش در تهران: ۱. موسسه کتابیران، میدان انقلاب، خیابان لبافی نژاد غربی (بعد از چهار راه کارگر جنوبی)،

بعد از فروشگاه شيلات، پلاک ۲۳۷ تلفن: ۶۶۴۲۳۴۱۶-۶۶۴۲۶۸۷

۲. نوپردازان، میدان انقلاب، خیابان لبافی نژاد، بین ۱۲ فروردین و اردیبهشت، پلاک ۲۰۶ تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۱۱۱۷۳

## پیشگفتار نویسنده

نرم افزار لینگو<sup>۱</sup> یکی از پرکاربردترین نرم افزارها در مهندسی صنایع، علوم ریاضی و کامپیوتر، مدیریت و مدل سازی و بهینه سازی ریاضیاتی است. به دلیل استقبال گسترده از این نرم افزار مهم و پرکاربرد، و عدم وجود منابع مناسب فارسی و حتی لاتین جهت استفاده اساتید، دانشجویان، مدل سازان و علاقه مندان به این مباحث، بر آن شدم تا کتابی الهام گرفته از راهنمای نرم افزار لینگوی نسخه ۹.۰ به زبان فارسی به رشته تحریر در آورم. فعالیت در این زمینه را با علاقه وافر به رشته مهندسی صنایع و دانشجویان این رشته شروع کردم و پس از تحقیق، تدریس، ترجمه و ویرایش مطالب این کتاب، که حدود ۲ سال به طول انجامید، تصمیم گرفتم این کتاب را در دو جلد مقدماتی و پیشرفته به چاپ رسانم. علاقه مندان می توانند برحسب نیاز و علاقه خود از هر یک از دو جلد این کتاب بهره لازم را ببرند. امید است که این دو جلد مفصل از آشنایی با نرم افزار لینگو بتواند قدم کوچکی در راستای پیشرفت علمی رشته های مذکور و کشور عزیزمان ایران، داشته باشد.

در جلد اول کتاب، مطالب مقدماتی در زمینه معرفی نرم افزار لینگو، نحوه مدل سازی، تعریف مجموعه ها، داده ها، مقاردهی و برخی روش های مدل سازی و در پایان نیز تعدادی مثال در زمینه طراحی مدل و نوشتن مدل در محیط لینگو ارائه می گردد. در جلد دوم این کتاب نیز مطالب پیشرفته ای در زمینه نحوه ارتباط نرم افزار لینگو با سایر محیط ها از جمله صفحه گسترده ها، بانک های اطلاعاتی و سایر محیط های کاربردی بیان شده و نیز دستورات مربوط به نسخه های دستوری لینگو به طور کامل تشریح می گردد.

هر دو جلد این کتاب حاوی یک CD ضمیمه است، که حاوی نرم افزار لینگو به صورت آموزشی<sup>۲</sup> در نسخه های مختلف جهت نصب بر روی سیستم تان و نیز حاوی بیش از ۷۰

<sup>۱</sup> LINGO<sup>۲</sup> Demo

مثال مدل‌سازی در حوزه‌های مختلف است، که می‌توانند به عنوان قالب‌های مدل‌سازی، مدل‌ساز را جهت طراحی و ساخت مدل یاری نمایند.

این دو جلد از کتاب، حاصل تلاش اینجانب و نیز همکاری برخی دانشجویان رشته مهندسی صنایع در دانشگاه بوعلی سینای همدان است، که از تمامی عزیزانی که در به ثمر رسیدن این اثر به صورت مستقیم یا غیرمستقیم همکاری کردند، از صمیم قلب کمال تشکر را دارم.

جلد اول این کتاب برای افرادی که قصد آشنایی با این نرم‌افزار را داشته و می‌خواهند این نرم‌افزار را شروع به کار کنند و نیز تدریس آن برای درسی مانند کاربرد کامپیوتر در مهندسی صنایع می‌تواند مفید باشد. جلد دوم کتاب نیز برای دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد و دکتری که قصد انجام پایان‌نامه در طراحی و حل مدل‌های بهینه‌سازی و ارتباط آن با سایر محیط‌ها مانند اکسل را دارند، و نیز برای انجام تمامی پروژه‌ها و مقالات مرتبط، می‌تواند مفید باشد.

چنانچه نظرات، پیشنهادات و انتقادات سازنده‌ای در جهت مفیدتر شدن هر دو جلد این کتاب در چاپ‌های بعدی آن دارید، می‌توانید نظرات خود را به‌طور مستقیم با مؤلف به نشانی الکترونیکی [ramin\\_sadeghian@yahoo.com](mailto:ramin_sadeghian@yahoo.com) یا [rsadeghian@basu.ac.ir](mailto:rsadeghian@basu.ac.ir) و یا شماره تماس ۰۹۳۷۳۸۰۰۳۸۳ مطرح نمایید.

رامین صادقیان

تابستان ۱۳۹۰

## فهرست مطالب جلد اول

| شماره | عنوان                                                       | صفحه |
|-------|-------------------------------------------------------------|------|
|       | مقدمه                                                       | ۱    |
| ۱     | فصل اول: معرفی نرم افزار لینگو                              | ۱۱   |
| ۱-۱   | لینگو چیست؟                                                 | ۱۳   |
| ۲-۱   | طریقه نصب لینگو                                             | ۱۳   |
| ۳-۱   | نحوه نوشتن و وارد کردن یک مدل در لینگو در سیستم عامل ویندوز | ۱۵   |
| ۴-۱   | حل کردن مدل در محیط ویندوز                                  | ۲۲   |
| ۵-۱   | پنجره وضعیت حل کننده                                        | ۲۳   |
| ۱-۵-۱ | کادر مربوط به اطلاعات متغیرها                               | ۲۵   |
| ۲-۵-۱ | کادر مربوط به محدودیت ها                                    | ۲۷   |
| ۳-۵-۱ | کادر ضرایب غیر صفر                                          | ۲۷   |
| ۴-۵-۱ | کادر مربوط به نمایش حافظه مولد استفاده شده                  | ۲۷   |
| ۵-۵-۱ | کادر زمان اجرای سپری شده                                    | ۲۸   |
| ۶-۵-۱ | کادر وضعیت حل                                               | ۲۸   |
| ۷-۵-۱ | کادر وضعیت حل کننده تعیم یافته                              | ۳۲   |
| ۶-۱   | نمونه ای از گزارش حل مدل                                    | ۳۴   |
| ۱-۶-۱ | نحوه پرینت گرفتن از کارتان در محیط ویندوز                   | ۳۵   |
| ۲-۶-۱ | ذخیره کردن مدل تان در محیط ویندوز                           | ۳۶   |
| ۳-۶-۱ | امتحان کردن جواب                                            | ۳۶   |
| ۴-۶-۱ | هزینه کاهشی                                                 | ۳۷   |
| ۵-۶-۱ | متغیرهای کمکی                                               | ۳۷   |
| ۶-۶-۱ | قیمت دوگان (قیمت سایه ای)                                   | ۳۸   |
| ۲     | فصل دوم: مدل سازی به زبان لینگو                             | ۳۹   |
| ۱-۲   | چرا یک زبان مدل سازی را به کار می برید؟                     | ۴۱   |
| ۲-۲   | نامگذاری مدل و محدودیت ها                                   | ۵۵   |
| ۱-۲-۲ | نحوه نامگذاری محدودیت ها                                    | ۵۵   |
| ۲-۲-۲ | نحوه قرار دادن عنوان مدل                                    | ۵۸   |
| ۳-۲   | بیشترین ابعاد مسأله                                         | ۵۹   |

## فهرست مطالب جلد اول

| شماره | عنوان                               | صفحه |
|-------|-------------------------------------|------|
| ۴-۲   | استفاده از مجموعه‌ها                | ۶۱   |
| ۱-۴-۲ | مقدمه                               | ۶۱   |
| ۲-۴-۲ | چرا از مجموعه‌ها استفاده کنیم؟      | ۶۲   |
| ۳-۴-۲ | مجموعه‌ها چه هستند؟                 | ۶۲   |
| ۴-۴-۲ | بخش مجموعه‌ها در یک مدل             | ۶۳   |
| ۵-۴-۲ | تعریف مجموعه‌های اولیه              | ۶۴   |
| ۶-۴-۲ | تعریف مجموعه‌های اشتقاقی            | ۶۷   |
| ۵-۲   | بخش داده‌ها                         | ۷۲   |
| ۱-۵-۲ | پارامترها                           | ۷۴   |
| ۲-۵-۲ | آنالیز چه می‌شود اگر...؟            | ۷۴   |
| ۳-۵-۲ | نحوه مقداره‌ی به تمام عناصر یک شاخص | ۷۶   |
| ۴-۵-۲ | حذف ارزش‌ها در بخش داده‌ها          | ۷۷   |
| ۶-۲   | بخش تعریف مقدار اولیه               | ۷۸   |
| ۷-۲   | مجموعه دستورات حلقه‌ای              | ۸۰   |
| ۱-۷-۲ | تابع حلقه‌ای @SUM                   | ۸۱   |
| ۲-۷-۲ | مجموعه توابع حلقه‌ای @MIN و @MAX    | ۸۳   |
| ۳-۷-۲ | تابع حلقه‌ای @FOR                   | ۸۵   |
| ۴-۷-۲ | مجموعه توابع حلقه‌ای تو در تو       | ۸۷   |
| ۸-۲   | چندین مثال از مدل سازی پایه‌ای      | ۸۸   |
| ۳     | فصل سوم: توابع لینگو                | ۱۱۵  |
| ۱-۳   | توابع دامنه متغیر                   | ۱۱۷  |
| ۱-۱-۳ | مقدمه                               | ۱۱۷  |
| ۲-۱-۳ | متغیرهای عدد صحیح                   | ۱۱۷  |
| ۳-۱-۳ | متغیرهای عدد صحیح معمولی            | ۱۱۹  |
| ۴-۱-۳ | متغیرهای عدد صحیح دودویی            | ۱۲۴  |
| ۵-۱-۳ | متغیرهای آزاد یا نامقید             | ۱۳۸  |

## فهرست مطالب جلد اول

| شماره | عنوان                                      | صفحه |
|-------|--------------------------------------------|------|
| ۶-۱-۳ | متغیرهای کراندار                           | ۱۴۴  |
| ۲-۳   | عملگرها و توابع لینگو                      | ۱۴۶  |
| ۱-۲-۳ | مقدمه                                      | ۱۴۶  |
| ۲-۲-۳ | عملگرهای استاندارد                         | ۱۴۷  |
| ۳-۲-۳ | عملگرهای محاسباتی ریاضی                    | ۱۴۷  |
| ۴-۲-۳ | عملگرهای منطقی                             | ۱۴۸  |
| ۵-۲-۳ | عملگرهای رابطهای                           | ۱۴۹  |
| ۳-۳   | توابع ریاضی                                | ۱۵۲  |
| ۴-۳   | توابع مالی                                 | ۱۵۳  |
| ۵-۳   | توابع احتمالی                              | ۱۵۳  |
| ۶-۳   | توابع مجموعه‌ای                            | ۱۵۷  |
| ۷-۳   | توابع حلقه‌ای                              | ۱۶۰  |
| ۸-۳   | استفاده از خط دستور                        | ۱۶۱  |
| ۱-۸-۳ | وارد کردن مدل از طریق خط دستور             | ۱۶۲  |
| ۲-۸-۳ | حل مدل از طریق خط دستور                    | ۱۶۳  |
| ۳-۸-۳ | ذخیره و پرینت کردن کارتان از طریق خط دستور | ۱۶۳  |
| ۴     | فصل چهارم: منوهای محیط لینگو               | ۱۶۵  |
| ۱-۴   | مقدمه                                      | ۱۶۷  |
| ۱-۱-۴ | دسترسی به دستورات ویندوز                   | ۱۶۷  |
| ۲-۱-۴ | منوها                                      | ۱۶۷  |
| ۳-۱-۴ | نوار ابزار                                 | ۱۶۸  |
| ۴-۱-۴ | کلیدهای دسترسی سریع                        | ۱۷۰  |
| ۲-۴   | مروری کوتاه بر گزینه‌های موجود در هر منو   | ۱۷۰  |
| ۱-۲-۴ | مروری بر دستورات منوی File                 | ۱۷۰  |
| ۲-۲-۴ | مروری بر دستورات منوی Edit                 | ۱۷۱  |
| ۳-۲-۴ | مروری بر دستورات منوی LINGO                | ۱۷۲  |
| ۴-۲-۴ | مروری بر دستورات منوی Window               | ۱۷۲  |

## فهرست مطالب جلد اول

| شماره   | عنوان                                             | صفحه |
|---------|---------------------------------------------------|------|
| ۵-۲-۴   | مروری بر دستورات منوی Help                        | ۱۷۳  |
| ۳-۴     | منوی File                                         | ۱۷۳  |
| ۴-۴     | منوی Edit                                         | ۱۹۱  |
| ۵-۴     | منوی LINGO                                        | ۲۰۷  |
| ۱-۵-۴   | سربرگ Interface                                   | ۲۳۶  |
| ۲-۵-۴   | سربرگ General Solver                              | ۲۴۶  |
| ۳-۵-۴   | سربرگ Linear Solver                               | ۲۶۱  |
| ۴-۵-۴   | سربرگ Nonlinear Solver                            | ۲۶۹  |
| ۵-۵-۴   | سربرگ Integer Pre-Solver                          | ۲۷۹  |
| ۶-۵-۴   | سربرگ Integer Solver                              | ۲۸۴  |
| ۷-۵-۴   | سربرگ Global Solver                               | ۲۹۶  |
| ۶-۴     | منوی Window                                       | ۳۰۶  |
| ۷-۴     | منوی Help                                         | ۳۱۱  |
| الف     | پیوست ۱: آشنایی با مدل سازی ریاضی                 | ۳۲۱  |
| الف-۱   | مقدمه                                             | ۳۲۳  |
| الف-۲   | حل کننده های استفاده شده توسط لینگو               | ۳۲۳  |
| الف-۳   | انواع محدودیت ها                                  | ۳۲۵  |
| الف-۳-۱ | محدودیت های خطی                                   | ۳۲۵  |
| الف-۳-۲ | محدودیت های غیرخطی                                | ۳۲۷  |
| الف-۴   | بهینه محلی و بهینه سراسری                         | ۳۲۸  |
| الف-۵   | تجدب                                              | ۳۳۰  |
| الف-۶   | تقعر                                              | ۳۳۱  |
| الف-۷   | توابع هموار و توابع ناهموار                       | ۳۳۲  |
| الف-۸   | راهنمایی هایی برای مدل سازی غیرخطی                | ۳۳۴  |
| الف-۸-۱ | ارائه حدود برای متغیرها                           | ۳۳۴  |
| الف-۸-۲ | ارائه مقادیر اولیه برای متغیرها                   | ۳۳۵  |
| الف-۸-۳ | مقیاس دهی کردن مدل با بازه قابل استدلال از واحدها | ۳۳۵  |

## فهرست مطالب جلد اول

| شماره   | عنوان                                      | صفحه |
|---------|--------------------------------------------|------|
| الف-۸-۴ | ساده سازی روابط                            | ۳۳۶  |
| الف-۸-۵ | کاهش محدودیت های صحیح بودن                 | ۳۳۶  |
| ب       | پیوست ۲: تعمیم مدل های پیشرفته تر          | ۳۳۷  |
| ب-۱     | مقدمه                                      | ۳۳۹  |
| ب-۲     | مدل های مدیریت تولید                       | ۳۳۹  |
| ب-۲-۱   | مدل ترکیب: Blend                           | ۳۴۰  |
| ب-۲-۲   | مدل برنامه ریزی احتیاجات مواد: MRP         | ۳۴۶  |
| ب-۲-۳   | مدل بالانس خط مونتاژ: ASLBAL               | ۳۵۳  |
| ب-۳     | مدل های لجستیک                             | ۳۶۰  |
| ب-۳-۱   | مدل جایابی کارخانه: CAPLOC                 | ۳۶۰  |
| ب-۳-۲   | مدل مسأله کوتاهترین مسیر: DYNAMB           | ۳۶۵  |
| ب-۴     | مدل های مالی                               | ۳۶۹  |
| ب-۴-۱   | مدل انتخاب سبد سهام مارکویتز: GENPRT       | ۳۶۹  |
| ب-۴-۲   | مدل انتخاب سبد سهام براساس سناریو: PRTSCEN | ۳۷۴  |
| ب-۴-۳   | مدل قیمت گذاری گزینه ها: OPTION            | ۳۸۰  |
| ب-۴-۴   | مدل بهینه سازی سبد سهام اوراق قرضه: PBOND  | ۳۸۵  |
| ب-۵     | مدل های صف                                 | ۳۹۱  |
| ب-۵-۱   | مدل صف اولنگ: EZQUEUE                      | ۳۹۱  |
| ب-۵-۲   | مدل تعمیرکار ماشین: EZMREPAR               | ۳۹۴  |
| ب-۵-۳   | مدل صف با حالت پایا: QUEUEM                | ۳۹۷  |
| ب-۶     | مدل های بازاریابی                          | ۴۰۱  |
| ب-۶-۱   | مدل زنجیره مارکف: MARKOV                   | ۴۰۲  |
| ب-۶-۲   | مدل آنالیز زوجی: CONJNT                    | ۴۰۷  |
| پ       | پیوست ۳: مثال های بیشتری از مدل سازی لینگو | ۴۱۳  |
| پ-۱     | مدل بالانس خط مونتاژ: ASLBAL               | ۴۱۵  |
| پ-۲     | مدل قانون بیزین، احتمالات شرطی: Bayes      | ۴۱۷  |
| پ-۳     | مدل ترکیب عناصر: BLEND                     | ۴۱۸  |

## فهرست مطالب جلد اول

| شماره | عنوان                                            | صفحه |
|-------|--------------------------------------------------|------|
| پ-۴   | مدل طراحی یک جعبه کامپیوتر: BOX                  | ۴۲۱  |
| پ-۵   | مدل مکان یابی کارخانه: CAPLOC                    | ۴۲۱  |
| پ-۶   | مدل ترکیب عناصر II: CHESS                        | ۴۲۲  |
| پ-۷   | مدل موازنه شیمیایی: CHMBL I                      | ۴۲۲  |
| پ-۸   | مدل آنالیز زوجی: CONJNT                          | ۴۲۵  |
| پ-۹   | مدل تحلیل پوششی داده ها: DEAMOD                  | ۴۲۷  |
| پ-۱۰  | مدل تولید اعداد تصادفی: DEMRND                   | ۴۲۹  |
| پ-۱۱  | مدل سبد سهام براساس سناریو: DNRISK               | ۴۳۰  |
| پ-۱۲  | مدل برنامه ریزی پویا: DYNAMB                     | ۴۳۲  |
| پ-۱۳  | مدل EOQ ظرفیت دار: EOQCAP                        | ۴۳۳  |
| پ-۱۴  | مدل استفاده از تابع لگاریتم گاما: EZCOUNT        | ۴۳۵  |
| پ-۱۵  | مدل مسأله تعمیر کار ماشین: EZMREPAR              | ۴۳۵  |
| پ-۱۶  | مدل مسأله پسر روزنامه فروش: EZNEWS               | ۴۳۷  |
| پ-۱۷  | مدل صف ساده: EZQUEUE                             | ۴۳۸  |
| پ-۱۸  | تبادل عمومی از یک مدل اقتصادی: GENEQ I           | ۴۳۸  |
| پ-۱۹  | مدل سبد سهام مارکویتز: GENPRT                    | ۴۴۰  |
| پ-۲۰  | مدل های الگوریتم نقطه درونی: INTPTD, INTPTS      | ۴۴۱  |
| پ-۲۱  | مدل زمان بندی کار: JOBSLT                        | ۴۴۹  |
| پ-۲۲  | مدل کوله پشتی: KNAPSACK                          | ۴۵۰  |
| پ-۲۳  | مدل منحنی یادگیری: LEARNC                        | ۴۵۱  |
| پ-۲۴  | مدل زنجیره مارکف: MARKOV                         | ۴۵۴  |
| پ-۲۵  | مدل تطابق: MATCHD                                | ۴۵۷  |
| پ-۲۶  | مدل محاسبه پس آفت تقاضا: METRIC                  | ۴۵۸  |
| پ-۲۷  | مدل مسأله فولاد مکزیک: MEXICO                    | ۴۵۹  |
| پ-۲۸  | مدل اندازه انباشته دارای ظرفیت چندمحصولی: MPSCHD | ۴۶۳  |
| پ-۲۹  | مدل تعمیر ماشین: MREPAR                          | ۴۶۶  |
| پ-۳۰  | مدل برنامه ریزی احتیاجات مواد: MRP               | ۴۶۷  |

## فهرست مطالب جلد اول

| شماره | عنوان                                             | صفحه |
|-------|---------------------------------------------------|------|
| پ- ۳۱ | مدل درخت فراگیر مینیم: MSPAN                      | ۴۶۹  |
| پ- ۳۲ | مدل توزیع چندسطحی: MULLDC                         | ۴۷۱  |
| پ- ۳۳ | مدل تعادل شبکه: NETEQ1                            | ۴۷۴  |
| پ- ۳۴ | مدل مینیمم کردن ازدحام ترافیک: NLTRAZ             | ۴۷۵  |
| پ- ۳۵ | مدل پسر روزنامه فروش با هزینه سفارش ثابت: NUSBOY  | ۴۷۷  |
| پ- ۳۶ | مدل پیش فروش بهینه خطوط هوایی I: OBOOKO           | ۴۷۹  |
| پ- ۳۷ | مدل پیش فروش بهینه خطوط هوایی II: OBOOKT          | ۴۸۰  |
| پ- ۳۸ | مدل قیمت گذاری گزینه ها به روش بلک - شولز: OPTION | ۴۸۱  |
| پ- ۳۹ | مدل قیمت گذاری دو جمله ای: OPTIONB                | ۴۸۳  |
| پ- ۴۰ | مدل بهینه سازی سبد سهام، اوراق قرضه: PBOND        | ۴۸۶  |
| پ- ۴۱ | مدل ترکیبی محصول ساده: PC                         | ۴۸۷  |
| پ- ۴۲ | مدل مدیریت پروژه: PERT                            | ۴۸۸  |
| پ- ۴۳ | مدل مدیریت پروژه با شکستن فعالیت ها: PERTC        | ۴۸۹  |
| پ- ۴۴ | مدل تولید ترکیبی با هزینه های آماده سازی: PRODMIX | ۴۹۱  |
| پ- ۴۵ | مدل انتخاب سبد سهام بر اساس سناریو: PRTSCEN       | ۴۹۳  |
| پ- ۴۶ | مدل تخصیص مربعی: QASGN                            | ۴۹۵  |
| پ- ۴۷ | مدل مقدار اقتصادی سفارش: QDISCX                   | ۴۹۷  |
| پ- ۴۸ | مدل سیستم صف ساده: QMMC                           | ۴۹۹  |
| پ- ۴۹ | مدل صف کمترین هزینه: QUEUEL                       | ۵۰۰  |
| پ- ۵۰ | مدل صف حالت پایا: QUEUEM                          | ۵۰۱  |
| پ- ۵۱ | مدل رگرسیون خطی: REGRES                           | ۵۰۳  |
| پ- ۵۲ | مدل پذیرش نمونه گیری I: SAMPLE                    | ۵۰۶  |
| پ- ۵۳ | مدل طراحی نمونه گیری طبقه بندی شده: SAMPLE2       | ۵۰۸  |
| پ- ۵۴ | مدل پذیرش نمونه گیری II: SAMSIZ                   | ۵۱۰  |
| پ- ۵۵ | مدل پیش بینی فروش فصلی: SHADES                    | ۵۱۱  |
| پ- ۵۶ | مدل هموارسازی نمایی: SIMXPO                       | ۵۱۲  |
| پ- ۵۷ | مدل قرار دادن آهنگ ها روی نوار کاست: SONGS        | ۵۱۴  |

## فهرست مطالب جلد اول

| شماره | عنوان                              | صفحه |
|-------|------------------------------------|------|
| پ- ۵۸ | مدل محاسبه مرتبه مرتب کردن: SORTIN | ۵۱۵  |
| پ- ۵۹ | مدل زمان بندی پرسنل: STAFFDEM      | ۵۱۵  |
| پ- ۶۰ | مدل مثال حمل و نقل: TRAN           | ۵۱۶  |
| پ- ۶۱ | مدل مسأله فروشنده دوره گرد: TSP    | ۵۱۷  |
| پ- ۶۲ | مدل مسأله مسیریابی خودرو: VROUT    | ۵۱۹  |
| پ- ۶۳ | مدل محاسبه رهن خانه: WHATIF        | ۵۲۲  |
| ت     | پیوست ۴: پیام های خطای لینگو       | ۵۲۳  |
| ث     | پیوست ۵: فهرست کلمات اختصاری       | ۵۹۳  |
|       | مراجع                              | ۶۰۹  |

## فهرست مطالب جلد دوم

| شماره   | عنوان                                      | صفحه |
|---------|--------------------------------------------|------|
|         | مقدمه                                      | ۱    |
| ۵       | فصل پنجم: خط دستور در لینگو                | ۱۱   |
| ۱-۵     | استفاده از خط دستور                        | ۱۳   |
| ۱-۱-۵   | وارد کردن مدل از طریق خط دستور             | ۱۳   |
| ۲-۱-۵   | حل کردن مدل از طریق خط دستور               | ۱۴   |
| ۳-۱-۵   | ذخیره و پرینت کردن کارتان از طریق خط دستور | ۱۵   |
| ۲-۵     | دستورات خط دستور                           | ۱۶   |
| ۱-۲-۵   | مقدمه                                      | ۱۶   |
| ۲-۲-۵   | نگاه مختصری به دستورات                     | ۱۶   |
| ۳-۲-۵   | توضیح کامل دستورات خط دستور                | ۱۹   |
| ۱-۳-۲-۵ | دستورات اطلاعاتی                           | ۱۹   |
| ۲-۳-۲-۵ | دستورات ورودی                              | ۲۱   |
| ۳-۳-۲-۵ | دستورات نمایشی                             | ۲۸   |
| ۴-۳-۲-۵ | دستورات خروجی فایل                         | ۳۹   |
| ۵-۳-۲-۵ | دستورات مربوط به جواب                      | ۴۷   |
| ۶-۳-۲-۵ | دستورات ویرایش مسأله                       | ۶۰   |
| ۷-۳-۲-۵ | دستورات پارامترهای محاوره‌ای               | ۶۳   |
| ۸-۳-۲-۵ | دستورات تنظیم تکرانها                      | ۶۶   |
| ۹-۳-۲-۵ | دستورات متفرقه                             | ۱۲۷  |
| ۶       | فصل ششم: توابع پیشرفته لینگو               | ۱۲۹  |
| ۱-۶     | توابع واسطه‌ای                             | ۱۳۱  |
| ۲-۶     | توابع گزارش‌گیری                           | ۱۳۳  |
| ۳-۶     | توابع متفرقه                               | ۱۴۵  |
| ۷       | فصل هفتم: ارتباط با محیط‌های خارجی         | ۱۵۱  |
| ۱-۷     | مقدمه                                      | ۱۵۳  |
| ۱-۱-۷   | نحوه بریدن و الصاق انتقال‌دهنده‌ها         | ۱۵۳  |
| ۲-۱-۷   | چسباندن داده‌ها از محیط اکسل               | ۱۵۳  |

## فهرست مطالب جلد دوم

| شماره  | عنوان                                                 | صفحه |
|--------|-------------------------------------------------------|------|
| ۳-۱-۷  | الصاق داده ها از لینگو به محیط خارجی Word             | ۱۵۵  |
| ۴-۱-۷  | توابع واسطه ای فایل متنی                              | ۱۵۶  |
| ۲-۷    | وارد کردن فایل های خارجی به کمک تابع @FILE            | ۱۵۶  |
| ۱-۲-۷  | استفاده از تابع @FILE در مدل حمل و نقل                | ۱۵۷  |
| ۳-۷    | نوشتن درون فایل ها به کمک تابع @TEXT                  | ۱۶۱  |
| ۱-۳-۷  | استفاده از تابع @TEXT برای زمان بندی پرسنل            | ۱۶۲  |
| ۴-۷    | نسخه های دستوری لینگو                                 | ۱۶۷  |
| ۱-۴-۷  | مثالی از نسخه دستوری                                  | ۱۶۸  |
| ۲-۴-۷  | فایل دستوری AUTOLG.DAT                                | ۱۷۱  |
| ۳-۴-۷  | تعین فایل ها در خط دستور                              | ۱۷۱  |
| ۴-۴-۷  | هدایته مجدد ورودی و خروجی                             | ۱۷۵  |
| ۵-۴-۷  | مدیریت فایل های لینگو                                 | ۱۷۶  |
| ۶-۴-۷  | یک تذکر به کاربران ویندوز                             | ۱۷۶  |
| ۵-۷    | ارتباط با صفحه گسترده ها                              | ۱۷۷  |
| ۱-۵-۷  | مقدمه                                                 | ۱۷۷  |
| ۲-۵-۷  | وارد کردن داده ها از صفحه گسترده ها                   | ۱۷۸  |
| ۳-۵-۷  | استفاده از @OLE برای دریافت داده ها از اکسل           | ۱۷۸  |
| ۴-۵-۷  | دریافت کردن در بخش داده ها و مقادیر اولیه به کمک @OLE | ۱۷۹  |
| ۵-۵-۷  | دریافت کردن در یک مدل حمل و نقل توسط تابع @OLE        | ۱۸۱  |
| ۶-۵-۷  | ارسال جواب ها به صفحه گسترده ها                       | ۱۸۵  |
| ۷-۵-۷  | استفاده از @OLE برای ارسال جواب ها به اکسل            | ۱۸۵  |
| ۸-۵-۷  | ارسال کردن به کمک تابع @OLE در یک مدل حمل و نقل       | ۱۹۲  |
| ۹-۵-۷  | ارسال خلاصه گزارشات                                   | ۱۹۷  |
| ۱۰-۵-۷ | برقراری اتصال خودکار OLE از طریق اکسل                 | ۱۹۸  |
| ۱۱-۵-۷ | قراردادن مدل های لینگو در اکسل                        | ۲۰۳  |
| ۱۲-۵-۷ | جاسازی صفحات اکسل در لینگو                            | ۲۰۷  |
| ۶-۷    | ایجاد ارتباط با بانک های اطلاعاتی                     | ۲۱۱  |

## فهرست مطالب جلد دوم

| شماره  | عنوان                                                   | صفحه |
|--------|---------------------------------------------------------|------|
| ۱-۶-۷  | مقدمه                                                   | ۲۱۱  |
| ۲-۶-۷  | منابع داده‌های ODBC                                     | ۲۱۱  |
| ۳-۶-۷  | ایجاد کردن یک منبع داده ODBC از یک بانک اطلاعاتی Access | ۲۱۳  |
| ۴-۶-۷  | ایجاد کردن یک منبع داده ODBC از یک بانک اطلاعاتی اوراکل | ۲۲۰  |
| ۵-۶-۷  | دریافت داده‌ها از بانک‌های اطلاعاتی با استفاده از @ODBC | ۲۲۱  |
| ۶-۶-۷  | دریافت داده‌ها به کمک ODBC در یک مدل PERT               | ۲۲۴  |
| ۷-۶-۷  | ارسال داده‌ها به کمک تابع @ODBC                         | ۲۲۷  |
| ۸-۶-۷  | ارسال داده‌ها به کمک ODBC در یک مدل PERT                | ۲۳۱  |
| ۷-۷    | ارتباط با سایر محیط‌ها                                  | ۲۳۷  |
| ۱-۷-۷  | مقدمه                                                   | ۲۳۷  |
| ۲-۷-۷  | کتابخانه ارتباط پویای لینگو (DLL)                       | ۲۳۷  |
| ۳-۷-۷  | مثال زمان‌بندی پرسنل به کمک DLL لینگو                   | ۲۳۸  |
| ۴-۷-۷  | تابع @POINTER                                           | ۲۴۱  |
| ۵-۷-۷  | تابع @STATUS                                            | ۲۴۳  |
| ۶-۷-۷  | توابع ارسال شده توسط DLL لینگو                          | ۲۴۳  |
| ۷-۷-۷  | کدهای خطای DLL لینگو                                    | ۲۵۱  |
| ۸-۷-۷  | زمان‌بندی پرسنل با استفاده از DLL لینگو و ویژوال C++    | ۲۵۱  |
| ۹-۷-۷  | نحوه ساختن برنامه در C++                                | ۲۵۲  |
| ۱۰-۷-۷ | زمان‌بندی پرسنل در ویژوال بیسیک به کمک DLL لینگو        | ۲۶۲  |
| ۱۱-۷-۷ | نحوه ساختن برنامه در ویژوال بیسیک                       | ۲۶۲  |
| ۱۲-۷-۷ | توابع بازگشتی                                           | ۲۷۱  |
| ۱۳-۷-۷ | تعیین یک تابع بازگشتی                                   | ۲۷۱  |
| ۱۴-۷-۷ | یک تابع بازگشتی در ویژوال C++                           | ۲۷۲  |
| ۱۵-۷-۷ | یک تابع بازگشتی در ویژوال بیسیک                         | ۲۷۹  |
| ۱۶-۷-۷ | توابع تعریف شده توسط کاربر                              | ۲۸۵  |
| ۱۷-۷-۷ | نصب @USER تحت ویندوز                                    | ۲۸۶  |

## فهرست مطالب جلد دوم

| شماره   | عنوان                                             | صفحه |
|---------|---------------------------------------------------|------|
| ۱۸-۷-۷  | مثال ویژوال C++                                   | ۲۸۶  |
| الف     | پیوست ۱: آشنایی با مدل سازی ریاضی                 | ۲۹۱  |
| الف-۱   | مقدمه                                             | ۲۹۳  |
| الف-۲   | حل کننده های استفاده شده توسط لینگو               | ۲۹۳  |
| الف-۳   | انواع محدودیت ها                                  | ۲۹۵  |
| الف-۳-۱ | محدودیت های خطی                                   | ۲۹۵  |
| الف-۳-۲ | محدودیت های غیر خطی                               | ۲۹۷  |
| الف-۴   | بهینه محلی و بهینه سراسری                         | ۲۹۸  |
| الف-۵   | تحدیب                                             | ۳۰۰  |
| الف-۶   | تقعر                                              | ۳۰۱  |
| الف-۷   | توابع هموار و توابع ناهموار                       | ۳۰۲  |
| الف-۸   | راهنمایی هایی برای مدل سازی غیر خطی               | ۳۰۲  |
| الف-۸-۱ | ارائه حدود برای متغیرها                           | ۳۰۴  |
| الف-۸-۲ | ارائه مقادیر اولیه برای متغیرها                   | ۳۰۵  |
| الف-۸-۳ | مقیاس دهی کردن مدل با بازه قابل استدلال از واحدها | ۳۰۵  |
| الف-۸-۴ | ساده سازی روابط                                   | ۳۰۶  |
| الف-۸-۵ | کاهش محدودیت های صحیح بودن                        | ۳۰۶  |
| ب       | پیوست ۲: تعمیم مدل های پیشرفته تر                 | ۳۰۷  |
| ب-۱     | مقدمه                                             | ۳۰۹  |
| ب-۲     | مدل های مدیریت تولید                              | ۳۰۹  |
| ب-۲-۱   | مدل ترکیب: Blend                                  | ۳۱۰  |
| ب-۲-۲   | مدل برنامه ریزی احتیاجات مواد: MRP                | ۳۱۶  |
| ب-۲-۳   | مدل بالانس خط مونتاژ: ASLBAL                      | ۳۲۳  |
| ب-۳     | مدل های لجستیک                                    | ۳۳۰  |
| ب-۳-۱   | مدل جایابی کارخانه: CAPLOC                        | ۳۳۰  |
| ب-۳-۲   | مدل مسأله کوتاهترین مسیر: DYNAMB                  | ۳۳۵  |
| ب-۴     | مدل های مالی                                      | ۳۳۹  |

## فهرست مطالب جلد دوم

| شماره | عنوان                                      | صفحه |
|-------|--------------------------------------------|------|
| ب-۴-۱ | مدل انتخاب سبد سهام مارکویتز: GENPRT       | ۳۳۹  |
| ب-۴-۲ | مدل انتخاب سبد سهام براساس سناریو: PRTSCEN | ۳۴۴  |
| ب-۴-۳ | مدل قیمت‌گذاری گزینه‌ها: OPTION            | ۳۵۰  |
| ب-۴-۴ | مدل بهینه‌سازی سبد سهام اوراق قرضه: PBOND  | ۳۵۵  |
| ب-۵   | مدل‌های صف                                 | ۳۶۱  |
| ب-۵-۱ | مدل صف ارلنگ: EZQUEUE                      | ۳۶۱  |
| ب-۵-۲ | مدل تعمیرکار ماشین: EZMREPAR               | ۳۶۴  |
| ب-۵-۳ | مدل صف با حالت پایا: QUEUEM                | ۳۶۷  |
| ب-۶   | مدل‌های بازایابی                           | ۳۷۱  |
| ب-۶-۱ | مدل زنجیره مارکف: MARKOV                   | ۳۷۲  |
| ب-۶-۲ | مدل آنالیز زوجی: CONJNT                    | ۳۷۷  |
| پ     | پیوست ۳: مثال‌های بیشتری از مدل‌سازی لینگو | ۳۸۳  |
| پ-۱   | مدل بالانس خط مونتاژ: ASLBAL               | ۳۸۵  |
| پ-۲   | مدل قانون بیزین، احتمالات شرطی: Bayes      | ۳۸۷  |
| پ-۳   | مدل ترکیب عناصر I: BLEND                   | ۳۸۸  |
| پ-۴   | مدل طراحی یک جعبه کامپیوتر: BOX            | ۳۹۱  |
| پ-۵   | مدل مکان‌یابی کارخانه: CAPLOC              | ۳۹۱  |
| پ-۶   | مدل ترکیب عناصر II: CHESS                  | ۳۹۳  |
| پ-۷   | مدل موازنه شیمیایی: CHMBL I                | ۳۹۳  |
| پ-۸   | مدل آنالیز زوجی: CONJNT                    | ۳۹۵  |
| پ-۹   | مدل تحلیل پوششی داده‌ها: DEAMOD            | ۳۹۷  |
| پ-۱۰  | مدل تولید اعداد تصادفی: DEMRND             | ۳۹۹  |
| پ-۱۱  | مدل سبد سهام براساس سناریو: DNRISK         | ۴۰۰  |
| پ-۱۲  | مدل برنامه‌ریزی پویا: DYNAMB               | ۴۰۲  |
| پ-۱۳  | مدل EOQ ظرفیت‌دار: EOQCAP                  | ۴۰۳  |
| پ-۱۴  | مدل استفاده از تابع لگاریتم گاما: EZCOUNT  | ۴۰۵  |
| پ-۱۵  | مدل مسأله تعمیرکار ماشین: EZMREPAR         | ۴۰۵  |

## فهرست مطالب جلد دوم

| شماره | عنوان                                             | صفحه |
|-------|---------------------------------------------------|------|
| پ- ۱۶ | مدل مسأله پسر روزنامه فروش: EZNEWS                | ۴۰۷  |
| پ- ۱۷ | مدل صف ساده: EZQUEUE                              | ۴۰۸  |
| پ- ۱۸ | تعادل عمومی از یک مدل اقتصادی: GENEQ1             | ۴۰۸  |
| پ- ۱۹ | مدل سبد سهام مارکویتز: GENPRT                     | ۴۱۰  |
| پ- ۲۰ | مدل های الگوریتم نقطه درونی: INTPTD, INTPTS       | ۴۱۱  |
| پ- ۲۱ | مدل زمان بندی کار: JOBSLT                         | ۴۱۹  |
| پ- ۲۲ | مدل کوله پشتی: KNAPSACK                           | ۴۲۰  |
| پ- ۲۳ | مدل متحنی یادگیری: LEARNC                         | ۴۲۱  |
| پ- ۲۴ | مدل زنجیره مارکوف: MARKOV                         | ۴۲۴  |
| پ- ۲۵ | مدل تطابق: MATCHD                                 | ۴۲۷  |
| پ- ۲۶ | مدل محاسبه پس آفت تقاضا: METRIC                   | ۴۲۸  |
| پ- ۲۷ | مدل مسأله فولاد مکزیک: MEXICO                     | ۴۲۹  |
| پ- ۲۸ | مدل اندازه انباشته دارای ظرفیت چندمحصولی: MPSCHD  | ۴۳۳  |
| پ- ۲۹ | مدل تعمیر ماشین: MREPAR                           | ۴۳۶  |
| پ- ۳۰ | مدل برنامه ریزی احتیاجات مواد: MRP                | ۴۳۷  |
| پ- ۳۱ | مدل درخت فراگیر مینیمم: MSPAN                     | ۴۳۹  |
| پ- ۳۲ | مدل توزیع چندسطحی: MULLDC                         | ۴۴۱  |
| پ- ۳۳ | مدل تعادل شبکه: NETEQ1                            | ۴۴۴  |
| پ- ۳۴ | مدل مینیمم کردن ازدحام ترافیک: NLTRAZ             | ۴۴۵  |
| پ- ۳۵ | مدل پسر روزنامه فروش با هزینه سفارش ثابت: NUSBOY  | ۴۴۷  |
| پ- ۳۶ | مدل پیش فروش بهینه خطوط هوایی I: OBOOKO           | ۴۴۹  |
| پ- ۳۷ | مدل پیش فروش بهینه خطوط هوایی II: OBOOKT          | ۴۵۰  |
| پ- ۳۸ | مدل قیمت گذاری گزینه ها به روش بلک - شولز: OPTION | ۴۵۱  |
| پ- ۳۹ | مدل قیمت گذاری دوجمله ای: OPTIONB                 | ۴۵۳  |
| پ- ۴۰ | مدل بهینه سازی سبد سهام اوراق قرضه: PBOND         | ۴۵۶  |
| پ- ۴۱ | مدل ترکیبی محصول ساده: PC                         | ۴۵۷  |
| پ- ۴۲ | مدل مدیریت پروژه: PERT                            | ۴۵۸  |

## فهرست مطالب جلد دوم

| شماره | عنوان                                             | صفحه |
|-------|---------------------------------------------------|------|
| پ- ۴۳ | مدل مدیریت پروژه با شکستن فعالیت‌ها: PERTC        | ۴۵۹  |
| پ- ۴۴ | مدل تولید ترکیبی با هزینه‌های آماده‌سازی: PRODMIX | ۴۶۱  |
| پ- ۴۵ | مدل انتخاب سبد سهام براساس سناریو: PRTSCEN        | ۴۶۳  |
| پ- ۴۶ | مدل تخصیص مربعی: QASGN                            | ۴۶۵  |
| پ- ۴۷ | مدل مقدار اقتصادی سفارش: QDISCX                   | ۴۶۷  |
| پ- ۴۸ | مدل سیستم صف ساده: QMMC                           | ۴۶۹  |
| پ- ۴۹ | مدل صف کمترین هزینه: QUEUEL                       | ۴۷۰  |
| پ- ۵۰ | مدل صف حالت پایا: QUEUEM                          | ۴۷۱  |
| پ- ۵۱ | مدل رگرسیون خطی: REGRES                           | ۴۷۳  |
| پ- ۵۲ | مدل پذیرش نمونه‌گیری I: SAMPLE                    | ۴۷۶  |
| پ- ۵۳ | مدل طراحی نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده: SAMPLE2       | ۴۷۸  |
| پ- ۵۴ | مدل پذیرش نمونه‌گیری II: SAMSIZ                   | ۴۸۰  |
| پ- ۵۵ | مدل پیش‌بینی فروش فصلی: SHADES                    | ۴۸۱  |
| پ- ۵۶ | مدل هموارسازی نمایی: SIMXPO                       | ۴۸۲  |
| پ- ۵۷ | مدل قرار دادن آهنگ‌ها روی نوار کاست: SONGS        | ۴۸۴  |
| پ- ۵۸ | مدل محاسبه مرتبه مرتب‌کردن: SORTIN                | ۴۸۵  |
| پ- ۵۹ | مدل زمان‌بندی پرسنل: STAFFDEM                     | ۴۸۵  |
| پ- ۶۰ | مدل مثال حمل و نقل: TRAN                          | ۴۸۶  |
| پ- ۶۱ | مدل مسأله فروشنده دوره‌گرد: TSP                   | ۴۸۷  |
| پ- ۶۲ | مدل مسأله مسیریابی خودرو: VROUT                   | ۴۸۹  |
| پ- ۶۳ | مدل محاسبه رهن خانه: WHATIF                       | ۴۹۲  |
| ت     | پیوست ۴: پیام‌های خطای لینگو                      | ۴۹۳  |
| ت     | پیوست ۵: فهرست کلمات اختصاری                      | ۵۶۳  |
|       | مراجع                                             | ۵۷۹  |