

## Model Integer Linear Programming pada Optimisasi Distribusi Logistik di Daerah Bencana

Miranti H. Kasim<sup>1\*</sup>, Ismail Djakaria<sup>2</sup>, Lailany Yahya<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Matematika, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango 96119, Indonesia

### Info Artikel

\*Penulis Korespondensi.

Email:

[mirantikasim19@gmail.com](mailto:mirantikasim19@gmail.com)

Submit: 30 Januari 2022

Direvisi: 16 Februari 2022

Disetujui: 18 Februari 2022

Copyright ©2022 by Author(s).

Diterbitkan oleh:

Scimadly Publishing

Under the licence CC BY-SA 4.0

### Abstrak

Pendistribusian logistik pada daerah yang terkena bencana meliputi pengiriman barang bantuan (makanan, obat-obatan dan pakaian) menggunakan tiga tipe kendaraan dengan kapasitas angkut setiap kendaraan berbeda. Pada proses pendistribusian barang bantuan, memungkinkan terjadinya permintaan yang tidak terpenuhi pada daerah yang terkena bencana. Masalah ini dapat dimodelkan dalam bentuk integer linear programming karena adanya variabel yang harus bernilai bilangan bulat dengan tujuan meminimumkan permintaan yang tidak terpenuhi untuk semua jenis barang bantuan di setiap titik permintaan. Model integer linear programming pada masalah ini dapat diselesaikan dengan metode branch and bound. Model selanjutnya disimulasikan menggunakan bahasa pemrograman LINGO 11.0. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa sistem dapat dipandang layak untuk digunakan. Sehingga, didapatkan pula alokasi kendaraan pada setiap periode dengan biaya pendistribusian dari titik pasokan ke titik permintaan. Proses pendistribusian ini berlangsung selama empat periode dengan memperlihatkan adanya perubahan pada banyaknya permintaan yang tidak terpenuhi. Pada periode terakhir tidak ada lagi permintaan barang bantuan yang tidak terpenuhi sehingga didapatkan hasil yang optimal.

**Kata Kunci:** Integer Linear Programming; Distribusi Logistik; Alokasi Kendaraan; Biaya Distribusi; Branch and Bound

### Abstract

*Logistics distribution in disaster-affected areas includes the delivery of relief goods (food, medicine, and clothing) using three types of vehicles with different carrying capacities for each vehicle. In distributing relief goods, unfulfilled requests can occur in disaster-affected areas. This problem can be modeled in the form of integer linear programming because there is a variable that must be an integer value to minimize unfulfilled demand for all types of relief goods at each point of demand. The branch and bound method can solve this problem's integer linear programming model. The next model is simulated using the LINGO 11.0 programming language. The simulation results show that the system can be considered feasible to use. Thus, the vehicle allocation is also obtained in each period with distribution costs from the point of supply to the point of demand. This distribution process lasts for four periods by showing a change in the number of unfulfilled requests. In the last period, there was no more unfulfilled demand for aid to obtain optimal results.*

**Keywords:** Integer Linear Programming; Distribution Logistics; Vehicle Allocation; Distribution Costs; Branch and Bound

## 1. Pendahuluan

Bencana alam yang terjadi di beberapa daerah di Indonesia mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kehilangan harta benda, dan dampak psikologis. Sehingga semua pihak baik pemerintah, pemerintah daerah, dan masyarakat lain yang tidak terkena bencana hingga dunia internasional tergerak hatinya untuk ikut membantu meringankan beban penderitaan korban bencana

alam, sehingga mereka berbondong-bondong menyalurkan bantuannya baik berupa harta, tenaga dan lain sebagainya. Namun Permasalahan yang sering terjadi dalam penanganan pada daerah bencana ini adalah belum meratanya upaya pendistribusian logistik pada setiap posko pengungsian [1].

Dengan demikian, diperlukan sistem pendistribusian logistik yang sangat mendukung untuk menentukan solusi optimal dari banyaknya permintaan yang tidak terpenuhi pada suatu daerah yang terkena bencana alam dengan beberapa kendala seperti sarana transportasi yang digunakan, titik pasokan, titik permintaan, komoditas (makanan, obat-obatan, pakaian), kapasitas muat, waktu distribusi dan biaya distribusi. Biaya distribusi ini mempertimbangkan jarak yang dilalui dan sulit atau tidaknya akses ke daerah tersebut jika daerah tersebut mengalami bencana. Masalah seperti ini dapat dimodelkan ke dalam bentuk matematis, adapun model yang digunakan adalah model *Integer Linear Programming* (ILP) karena adanya variabel ketersediaan sarana transportasi yang harus bernilai integer (bulat). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan model ILP tersebut adalah metode *branch and bound* [2]. Pengoptimalan manajemen bencana sebelumnya telah dilakukan namun dengan menggunakan metode yang lain (Lihat [3, 4]).

Tulisan ini bertujuan untuk memodelkan pendistribusian logistik pada daerah yang terkena bencana dan penyelesaiannya. *Integer Linear Programming* (ILP) merupakan pengembangan dari Program Linear di mana beberapa atau semua variabel keputusannya harus berupa *integer*. Jika semua variabel harus berupa *integer*, maka masalah tersebut disebut *pure integer programming*. Jika hanya sebagian yang harus *integer* maka disebut *mixed integer programming*. ILP dengan semua variabelnya harus bernilai 0 atau 1 disebut 0-1 *integer* atau *binary* [5]. Bentuk umum model ILP diberikan sebagai berikut:

Fungsi tujuan:

$$Z = \sum c_j x_j \quad (1)$$

Fungsi kendala:

$$\sum a_{ij} x_j (\leq, =, \geq) b_i, \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

$$x_j \geq 0, \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$x_j$  bernilai *integer* untuk beberapa atau semua  $j$

$Z$  = Fungsi tujuan (maksimum, minimum)

$i$  = Nomor setiap macam sumber/fasilitas yang tersedia ( $i = 1, 2, \dots, m$ )

$j$  = Nomor setiap macam kegiatan yang menggunakan sumber yang tersedia ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

$b_i$  = besarnya sumber daya  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ )

$x_j$  = Tingkat kegiatan ke- $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

$a_{ij}$  = Banyak sumber  $i$  diperlukan untuk menghasilkan kegiatan  $j$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) dan ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

Masalah integer programming dapat dipecahkan dengan metode *branch and bound*. Metode *branch and bound* merupakan kode komputer standar untuk *integer programming*. Secara sederhana, *branch and bound* hanya cara mengorganisasikan permasalahan yang sulit dan membaginya menjadi dua atau kedalam bentuk permasalahan yang lebih kecil atau sub masalah. Jika permasalahan yang lebih kecil ini masih terlalu sulit untuk dipecahkan, maka akan dibagi lagi menjadi lebih kecil. Proses ini akan berulang terus hingga permasalahan menjadi mudah untuk diselesaikan. Proses *branching* akan diselesaikan sedemikian rupa agar hasil penyelesaian setiap sub masalah sama dengan penyelesaian masalah sesungguhnya [6].

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan eksperimen. Studi literatur dilakukan sebagai studi awal untuk mengumpulkan dan mempelajari bahan-bahan yang berkaitan dengan penelitian. Kemudian dilakukan eksperimen dengan menggunakan data awal berupa data simulasi dari banyaknya barang yang diminta dan ditawarkan untuk setiap periode, banyaknya kendaraan yang tersedia di setiap titik, bobot biaya untuk setiap titik dan frekuensi dari setiap titik tersebut. Adapun data sekunder yang didapat yaitu jarak antar titik baik titik yang membutuhkan barang bantuan ataupun titik yang memberikan barang bantuan. Kemudian dilakukan eksperimen dengan memanfaatkan *software* LINGO 11.0. Dalam uji coba yang dilakukan, peneliti menggunakan beberapa indeks, himpunan, parameter dan variabel.

### ❖ Indeks

- $a$  : menyatakan tipe komoditas
- $j$  : menyatakan titik distribusi (pasokan)
- $i$  : menyatakan titik distribusi (permintaan)
- $v$  : menyatakan tipe kendaraan
- $t$  : menyatakan waktu

### ❖ Himpunan dan Parameter

- $T$  : lamanya waktu pendistribusian
- $C$  : himpunan semua titik,  $o, p \in C$
- $CD$  : himpunan titik permintaan,  $i \in CD$
- $CS$  : himpunan titik pasokan,  $j \in CS$
- $A$  : himpunan komoditas,  $a \in A$
- $J_{ij}$  : jarak dari titik  $i$  ke titik  $j$
- $\omega_a$  : berat dari komoditas tipe  $a$  (kg)
- $C_v$  : kapasitas muat transportasi tipe  $v$  (kg)
- $K_{ij}$  : bobot biaya pengiriman komoditas dari titik  $i$  ke titik  $j$
- $t_{ij}$  : lama waktu yang di rencanakan untuk pendistribusian komoditas dari titik  $i$  sampai ke titik  $j$
- $a_{ivt}$  : banyaknya kendaraan transportasi tipe  $v$  yang tersedia di titik  $i$  pada waktu  $t$  (unit)
- $d_{ait}$  : banyaknya komoditas tipe  $a$  yang diminta atau yang ditawarkan di titik  $i$  pada waktu  $t$  (unit)
- $f_{ijv}$  : frekuensi pengiriman komoditas dari titik  $i$  sampai ke titik  $j$  menggunakan transportasi tipe  $v$  dengan periode pengiriman sama dengan satu periode
- $g_{ijv}$  : frekuensi pengiriman komoditas dari titik  $i$  sampai ke titik  $j$  menggunakan transportasi tipe  $v$  dengan periode pengiriman lebih dari satu periode
- Cost: biaya satu kali pengiriman barang bantuan

### ❖ Variabel Penelitian

- $Z_{aijvt}$  : banyaknya komoditas tipe  $a$  yang dikirim dari titik  $i$  ke titik  $j$  menggunakan transportasi tipe  $v$  pada waktu  $t$  (unit)
- $D_{ait}$  : banyaknya permintaan yang tidak terpenuhi untuk komoditas tipe  $a$  di titik  $i$  pada waktu  $t$  (unit)
- $Y_{ijvt}$  : banyaknya sarana transportasi tipe  $v$  yang tersedia dan dikirim dari titik  $i$  ke titik  $j$  pada waktu  $t$  (unit)
- $S_{ijvt}$  : banyaknya transportasi tipe  $v$  yang menunggu di titik  $i$  dan akan menuju ke titik  $j$  pada waktu  $t$  (unit)
- $S_{ijpvt}$  : banyaknya komoditas tipe  $a$  yang dikirim dari titik  $i$  ke titik  $j$  menggunakan transportasi tipe  $v$  dan menunggu di titik tunggu pada waktu  $t$  (unit)
- $B_{aijt}$  : Biaya pengiriman komoditas tipe  $a$  dari titik  $i$  ke titik  $j$  pada waktu  $t$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam permasalahan ini misalkan terjadi bencana banjir di provinsi W. Provinsi W terdiri dari lima kabupaten yaitu L, M, Q, R, U dan satu kota yaitu kota N. Bencana ini mengakibatkan kerusakan di setiap wilayah yang terkena banjir antara lain kota N, kabupaten L dan kabupaten M. Bencana banjir menumbuhkan rasa simpati dari masyarakat yang di luar daerah provinsi W maupun yang di dalam provinsi W yang tidak terkena bencana banjir untuk memberikan bantuan ke korban bencana. Daerah yang memberikan bantuan adalah kabupaten Q, kabupaten R dan kabupaten U. Masalah pendistribusian bantuan banjir dapat dimodelkan sebagai berikut. Himpunan titik (kabupaten/kota) yang terlibat dalam pendistribusian komoditas (C) yaitu kabupaten/kota L, M, N, Q, R dan U. Himpunan komoditas yang didistribusikan (A) misalkan terdiri atas makanan, obat-obatan dan pakaian. Enam kabupaten/kota yang ada dalam permasalahan ini memiliki karakteristik yang berbeda, yaitu ada titik (kabupaten/kota) yang kelebihan barang, dalam hal ini titik tersebut akan menjadi titik pasokan (CS) yaitu kabupaten Q, R dan U. Kemudian ada titik (kabupaten/kota) yang kekurangan barang (CD) yaitu Kabupaten L, M dan kota N.

Fungsi objektifnya adalah meminimumkan

$$\sum_{a \in A} \sum_{i \in CD} \sum_{t \in T} D_{ait} \quad (4)$$

Kendala:

1. Kendala keseimbangan aliran barang pada titik permintaan dan titik persinggahan, yaitu banyaknya komoditas yang didistribusikan dari titik  $j$  harus sama dengan banyaknya komoditas yang diterima oleh titik  $i$ .

$$\sum_{v \in V} \left[ - \sum_{p \in C} Z_{ajivt} + \sum_{i \in C} Z_{aijvt} + \sum_{i \in C} S_{aijvt} \right] - D_{ait} = d_{ait} (\forall a \in A, i \in CD, t \in T) \quad (5)$$

2. Kendala keseimbangan aliran barang pada titik pasokan, yaitu banyaknya komoditas yang didistribusikan dari titik  $j$  harus lebih kecil atau sama dengan banyaknya komoditas yang tersedia oleh titik  $j$ .

$$\sum_{v \in V} \left[ - \sum_{p \in C} Z_{ajivt} + \sum_{i \in C} Z_{aijvt} + \sum_{i \in C} S_{aijvt} \right] - D_{ait} \leq d_{ait} (\forall a \in A, i \in CD, t \in T) \quad (6)$$

3. Kendala kapasitas angkut sarana transportasi, yaitu kapasitas angkut darikendaraan harus lebih besar atau sama dengan total berat komoditas

$$\begin{aligned} \sum_{v \in V} Y_{ijvt} \times C_v \times f_{ijv} &\geq \sum_{a \in A} \omega_a Z_{aijvt} \\ \sum_{v \in V} S_{ijvt} \times C_v \times g_{ijv} &\geq \sum_{a \in A} \omega_a Z_{aijvt}, (\forall i, j \in C, t \in T) \end{aligned} \quad (7)$$

4. Kendala keseimbangan sarana transportasi, yaitu banyaknya kendaraan yang tiba atau masuk di titik  $j$  harus sama dengan kendaraan yang menunggu dan keluar dari titik  $j$ .

$$\sum_{j \in C} Y_{jivt} - S_{jivt} = \sum_{j \in C} Y_{ijvt}, \quad (\forall i \in C, v \in V, t \in T) \quad (8)$$

5. Banyaknya sarana transportasi yang mengirimkan barang ke titik-titik permintaan harus lebih kecil atau sama dengan banyaknya sarana transportasi yang tersedia di titik pasokan.

$$\sum_{j \in C} Y_{jivt} \bar{F} = a_{ivt}, (\forall i \in C, v \in V, t \in T) \quad (9)$$

6. Biaya pendistribusian logistik yaitu banyaknya biaya distribusi pengiriman barang bantuan lebih kecil atau sama dengan biaya satu kali pengiriman barang bantuan serta berdasarkan banyaknya sarana transportasi yang mengirimkan barang bantuan.

$$\sum_{j \in C} B_{aijt} \leq \sum_{c \in C} (J_{ij} K_{ij} Cost) Y_{ijvt}, (\forall a \in A, i \in C, t \in T) \quad (10)$$

**Kendala ketaknegatifan**

$$Y_{ijvt} \geq 0 \text{ dan integer}$$

$$Z_{aijvt} \geq 0$$

$$D_{ait} \geq 0$$

$$S_{ijvt} \geq 0 \text{ dan integer}$$

Untuk mengetahui banyaknya barang yang diminta dan ditawarkan oleh setiap titik (kota/kabupaten) di setiap periode sebelum proses pendistribusian atau sebelum diakumulasikan ke periode berikutnya dapat dilihat pada Tabel 1. Banyaknya sarana transportasi dan kapasitas angkut dari transportasi tipe 1, tipe 2 dan tipe 3 dapat dilihat pada Tabel 2. Kemudian jarak dari daerah satu ke daerah lainnya dapat dilihat pada Tabel 3. Bobot biaya pengiriman komoditas dari titik o ke titik p dapat dilihat pada Tabel 4. Adapun frekuensi tempuh untuk transportasi tipe 1, tipe 2 dan tipe 3 dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7.

**Tabel 1.** Banyaknya barang yang diminta dan ditawarkan oleh setiap titik di setiap periode

Komoditas	Kabupaten	1	2	3	4
Makanan	L	-100	-200	-100	-100
	M	-400	-400	-350	-300
	N	-100	-150	-150	-200
	Q	200	200	250	300
	R	150	200	100	100
	U	300	250	250	200
Pakaian	L	-162	-222	-107	-126
	M	-120	-180	-160	-120
	N	-135	-146	-113	-177
	Q	163	157	182	219
	R	148	227	218	182
	U	148	214	198	110
Obat	L	-250	-175	-200	-200
	M	-250	-200	-200	-150
	N	-100	-125	-150	-200
	Q	100	200	150	150
	R	150	200	200	200
	U	200	200	200	250

Tanda negatif (-) berarti titik tersebut kekurangan barang bantuan, tanda positif berarti titik tersebut telah memiliki barang bantuan, sedangkan nol berarti titik tersebut tidak memiliki barang bantuan.

Berat komoditas untuk makanan ( $\omega_1$ ) adalah 3 ton, untuk obat-obatan ( $\omega_2$ ) adalah 2 ton dan untuk pakaian ( $\omega_3$ ) adalah 4 ton.

**Tabel 2.** Banyaknya sarana transportasi di setiap kota/kabupaten

Kabupaten	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3
L	5	5	10
M	0	0	0
N	5	5	5
Q	10	15	20
R	5	10	15
U	10	10	10
Kapasitas angkut	150	75	25

**Tabel 3.** Jarak setiap Kabupaten/Kota

Kabupaten	L	M	N	Q	R	U
L	0	91,30	22,10	52,90	60	122
M	91,30	0	121	35,40	121	60,70
N	22,10	121	0	75,70	32,50	158,60
Q	52,90	35,40	75,70	0	103	89,20
R	60	121	32,50	103	0	182
U	122	60,70	158,60	89,20	182	0

**Tabel 4.** Bobot biaya setiap Kabupaten

Kabupaten	L	M	N	Q	R	U
L	0	3	3	2	2	2
M	3	0	4	2	2	2
N	3	4	0	2	1	2
Q	2	2	2	0	1	1
R	2	2	1	1	0	1
U	2	2	2	1	1	0

Biaya satu kali pengiriman adalah Rp10.000/km

**Tabel 5.** Frekuensi tempuh transportasi tipe 1

Kabupaten	L	M	N	Q	R	U
L	0	1	1	1	1	1
M	1	0	1	1	1	1
N	1	1	0	1	1	1
Q	1	1	1	0	1	1
R	1	1	1	1	0	1
U	1	1	1	1	1	0

**Tabel 6.** Frekuensi tempuh transportasi tipe 2

Kabupaten	L	M	N	Q	R	U
L	0	1	1	2	1	1
M	1	0	1	1	1	1
N	1	1	0	1	1	1
Q	2	1	1	0	1	1
R	1	1	1	1	0	1
U	1	1	1	1	1	0

**Tabel 7.** Frekuensi tempuh transportasi tipe 3

Kabupaten	L	M	N	Q	R	U
L	0	1	1	2	2	1
M	1	0	1	2	1	1
N	1	1	0	1	1	1
Q	2	2	1	0	1	1
R	2	1	1	1	0	1
U	1	1	1	1	1	0

Hasil dari uji coba model dengan menggunakan LINGO 11.0 beserta data awal, maka didapatkan hasil yaitu banyaknya permintaan yang tidak terpenuhi dalam waktu empat periode, alokasi kendaraan dan biaya distribusi dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Banyaknya permintaan yang tidak terpenuhi per kabupaten/kota untuk setiap jenis komoditas

Periode	Kabupaten	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	Jumlah
1	L	8	2	6	16
	M	14	2	6	22
	N	8	2	33	43
	Total	30	6	45	81
2	L	2	3	12	17
	M	8	2	30	40
	N	10	11	1	22
	Total	20	16	43	79
3	L	0	7	37	44
	M	2	2	38	42
	N	14	1	12	17
	Total	16	10	87	103
4	L	0	0	0	0
	M	0	0	0	0
	N	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa banyaknya permintaan pada periode 1 ke periode 2 mengalami penurunan namun pada periode 3 mengalami kenaikan disebabkan karena banyaknya bantuan pada daerah yang tidak mengalami bencana pula mengalami penurunan, namun pada periode ke 4 banyaknya permintaan yang tidak terpenuhi menurun secara signifikan bahkan seluruh kebutuhan para korban bencana alam telah terpenuhi.

**Tabel 9.** Data alokasi kendaraan barang bantuan periode 4

Kota	L			M			N		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
L	0	0	0	1	0	6	1	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	1	0	0
R	0	0	3	0	0	1	0	0	0
U	0	0	5	0	0	0	1	0	0

**Tabel 10.** Data biaya kendaraan pengiriman barang bantuan periode 4

Kota	L			M			N
	1	2	3	1	2	3	1
L	0	0	0	2.739	0	16.434	2.652
M	0	0	0	0	0	0	0
N	663	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	1.514
R	0	0	3.600	0	0	2.420	0
U	0	0	1.220	0	0	0	3.172

Dari Tabel 9 dan Tabel 10 diketahui alokasi kendaraan dan biaya distribusi barang bantuan pada daerah yang terkena bencana. Untuk kota biaya distribusi barang bantuan dari kota L ke kota M dengan menggunakan kendaraan tipe 1 yaitu sebesar Rp 2.739.000. Sehingga jumlah biaya distribusi pada periode 4 adalah sebesar Rp 34.468.000.

#### 4. Kesimpulan

Masalah pendistribusian logistik pada kabupaten/kota bertujuan untuk meminimumkan permintaan yang tidak terpenuhi di setiap tempat yang terkena bencana alam pada 4 periode. Masalah ini merupakan aplikasi model *integer linear programming* dengan metode *branch and bound*. Model ini juga bertujuan untuk mengetahui sarana transportasi yang dialokasikan dan juga biaya distribusi di setiap titik. Sehingga dalam model ini jumlah permintaan di setiap kabupaten/kota yang terkena bencana mengalami peningkatan di setiap periode dan jumlah barang bantuan yang disalurkan ke tempat terjadi bencana telah terpenuhi pada periode ke 4.

#### Referensi

- [1] M. Y. Mahendra, "Optimasi rute distribusi bantuan logistik korban bencana merapi se-daerah Istimewa Yogyakarta." Universitas Gadjah Mada, 2015.
- [2] N. L. Damanik, M. Dirhamsyah, and E. Fatimah, "Model Distribusi Bantuan Logistik Kemanusiaan pada Saat Bencana Banjir dengan Memperhitungkan Data Iklim (Studi Kasus Bencana Banjir Bandang Kec. Tangse, Kab. Pidie, Prop. Aceh)," *J. Ilmu Kebencanaan Progr. Pascasarj. Unsyiah*, vol. 2, no. 1, pp. 35–43, 2015.
- [3] A. Aman, T. Bakhtiar, F. Hanum, and P. T. Supriyo, "OR/MS applications in Mt. Merapi disaster management," *J. Math. Stat.*, vol. 8, no. 2, pp. 264–273, 2012.
- [4] A. Aman, T. Bakhtiar, F. Hanum, and P. T. Supriyo, "Model pengoptimuman alokasi sumberdaya Dalam manajemen bencana," in *Prosiding Seminar Hasil Penelitian IPB*, 2012.
- [5] A. Goel and R. Agarwal, *Operation Research*. Technical Publications, 2021.
- [6] M. W. Carter and C. C. Price, *Operations research: a practical introduction*. Crc Press, 2017.