

Matematiksel Programlama ve Optimizasyon: Bankacılık Alanından Bir Deneme

İbrahim Erdem KALKAN *

January 18, 2021

Giriş

Bankacılık ve finansal yönetimde optimizasyon problemlerinin birçok başlıkta öne çıktığı görülmektedir. Özellikle nakit yönetimi başlığı altında örnek olarak [1], [2], [5] çalışmaları ve diğer başlıklarda [3] çalışması verilebilir. Bazı jenerik sayılabilecek problemler [6] doğrudan bankacılığa adapte edilebilir.

Kaynak toplama ihtiyacı ve yönetimi de güncel sayılabilecek problemlerdendir. Bankaların kaynak ihtiyaçlarına yönelik olarak gerek özel şirketler gerekse kamu kurumları ile ihale usulü ile maaş ödeme protokolleri yapılabilmektedir. Bu anlaşmaların büyük bir kısmında yasal düzenlemelere binaen çalışan personel için tek seferde veya periyodik olarak promosyon adı altında ödemeler yapılması gündeme gelmektedir. Bu nedenle kurumların çalışan sayısı da bu işlemlerde dikkate alınması gereken bir faktör olmaktadır. Bununla beraber anlaşma yapılmadan önce kurumların ortalama mevduat hacimleri hakkında bankaca önceden araştırma yapılması önemli olabilmektedir. Kurumlardan gelen yaygın taleplerden birisi de şartnamelerinde yakın mesafede atm bulundurulması şeklinde olabilmektedir.

*Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği

Görüldüğü üzere maaş protokolü düzenlemenin bankalara ilave kaynak ve pazarlama alanı sağlamak gibi faydaları olabilirken bir takım maliyetlerinin de olabileceği görülmektedir. Hatta iyi bir planlama yapıldığı zaman her zaman karlı bir seçim olamayabileceği de söz konusu olabilecektir. Bu nedenle bu çok değişkenli alanda ortaya çıkan optimizasyon ihtiyacı bir örnek olarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada özetle bir maaş protokolü girişimi süreci hakkında sıkça karşılaşılan problemler belli oranlarda basitleştirilerek bir matematiksel modelle ifade edilmeye çalışılmış devamında “Lingo” [4] paket programı ile deneysel çözümleri üretilmiştir.

Olay

Örnek olay çalıştığım bankadan yaptığım gözlemlerden derlenmiş güncel kabul edilecek bir problemin çözümü araştırmasıdır. Problemde veriler gelişigüzel seçilerek Lingo üzerinde deneme yapılmıştır.

Problem

Bu vakada banka şube yönetimi kendisine ayrılmış nakit bütçe yetkileri çerçevesinde maaş anlaşması ihtimallerini değerlendirmek durumundadır. Söz konusu maaş anlaşmaları neticesinde, kurumların potansiyel mevduatları banka kaynakları arasında belli bir getiri ile değerlendirilebileceği gibi çalışan sayılarıyla orantılı olarak ürün satışı gerçekleştirilebilecek, pazarlama kanalından da belli bir getiri elde edilebilecektir. Öte yandan gerek özel gerek kamu tüm kurumlar çalışanlarına ödenecek belli bir miktar promosyon ve çalışanların nakit taleplerini karşılamak üzere belli yakınlıkta atm kurulmasını talep etmektedirler. Söz konusu taleplerin büyük bir kısmı maliyet doğurabilecek taleplerdir.

Bu bağlamda yaptıkları saha araştırmasında maaş anlaşması yapmaya müsait kurumlar belirlenmiştir. Söz konusu kurumların atm talepleri alınmış, bu taleplerin yerine getirilmesini teminen atm kurulmaya müsait lokasyon-

lar belirlenmiştir. Söz konusu lokasyonlarda atm kurulum, kiralar ve genel giderler araştırılmış sözleşme süresince maruz kalınacak ortalama bir maliyet hesaplanmıştır. Öte yandan lokasyonlarda atm'lerden yararlanabilecek potansiyel nüfus tahmini yapılmıştır. Lokasyonlarla hedef kurumlar arası en kısa mesafeler hesaplanmıştır. Hedef pazar araştırması ile elde edilebilecek getiri ortalama olarak tahmin edilmiştir. Mevduattan elde edilebilecek banka getirisi de bu bağlamda dikkate alınmıştır.

Bu olayda yönetim hangi aday kurumlarla sözleşme imzalanması ve buna binaen belirlenen lokasyonlardan hangilerine atm kurulması durumunda söz konusu stratejiden maksimum kar elde edilebileceği şeklindeki problemi çözmek zorundadır.

Matematiksel Program

Karar Değişkenleri

i : maaş protokolü yapılabilecek aday kurumlar
 j : atm kurulabilecek lokasyonlar

$$x_i = \begin{cases} 0 & i \text{ kurumu ile sözleşme imzalanmaması} \\ 1 & i \text{ kurumu ile sözleşme imzalanması} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 0 & j \text{ lokasyonuna atm kurulmaması} \\ 1 & j \text{ lokasyonuna atm kurulması} \end{cases}$$

Diğer Değişkenler

n : toplam aday kurum sayısı
 m : toplam aday atm sayısı
 p_i : i kurumunda çalışan personel sayısı
 r_i : i kurumundan elde edilebilecek mevduat

- d_{ij} : i kurumu ile j atm lokasyonu arası mesafe
 c_j : j lokasyonuna atm kurulum ve işletme maliyeti
 o_j : j lokasyonu tahmini hizmet alacak nüfus
 P : çalışan başına ödenecek promosyon bedeli
 F : çalışan başına elde edilmesi beklenen faiz getirisi
 B : nakit bütçesi
 Min_o : atm hizmeti alması planlanan minimum nüfus
 Max_d : kurulacak atmnin istenen yakınlığı
 R_r : toplanacak mevduatın tahmini ortalama getirisi
 Pr : beklenen toplam getiri
 M : yeterince yüksek sayı

Amaç Fonksiyonu

$$\max(Pr) = \sum_1^n x_i * p_i * (F - P) + \sum_1^n x_i * r_i * R_r - \sum_1^m y_j * c_j \quad (1)$$

1 numaralı eşitlikle ifade edilen amaç fonksiyonunun ilk parçası maaş anlaşması yapılan kurumların personellerinden elde edilebilecek karı ifade etmektedir. Personel başına ortalama getiri promosyon ve diğer masrafların üzerinde kaldığı müddetçe kar edilebilecektir. İkinci kısmı kurum mevduatından elde edilebilecek mevduata ödenen faizden vs. giderler dışarıda bırakıldıktan sonraki net karı ifade etmektedir. Son kısmı yalnızca atm kurulum ve işletmesinden kaynaklı maliyetler olarak dikkate alınmıştır.

Kısıtlamalar

$$x_i * \min(y_j * d_{ij} + (M * (1 - y_j))) \leq Max_d \quad (i = 1..n; j = 1..m) \quad (2)$$

$$\sum_1^n x_i * p_i * P + \sum_1^m y_j * c_j \leq B \quad (3)$$

$$\sum_1^m y_j * o_j \leq Min_o \quad (4)$$

$$x_i, y_j \in \{0, 1\} \quad (5)$$

2 numaralı eşitsizlikle ifade edilen kısıtlama talep edilen mesafede en az 1 atm nin bulunması şartıdır. Bu kısıtta M gelişigüzel belirlenecek yüksek sayı y_j nin 0 değerini alması durumunda 0 olacak mesafe değerinin minimum kıyaslamasının içinde dikkate alınmaması sağlamak üzere eklenmiştir. Böylelikle kurulu atm'ler arasından minimum uzaklıkta olanın tespit edilip sözleşme imzalanması için gerekli şartı sağlayıp sağlamadığı yönünde karar verilebilecektir.

3 numaralı eşitsizlik planlanan girişimler için belirlenen sözleşme boyunca toplam harcama limitini ifade eden bütçe kısıtlamasıdır. İlk kısmı promosyon ödemelerini, ikinci kısım atm'den kaynaklı harcamaları ifade eder.

4 numaralı kısıtlama atm'lerden yararlanması istenen nüfusun belli bir değerin altına inmemesinin de gözetiliyor olmasıdır. Bu noktada lokasyonun işlekliği faktörü de dikkate alınmıştır.

5 numaralı kısıtlama karar değişkenlerinin “binary” değişken olduklarının ifadesidir.

Çözüm

Olayda kullanılan data gelişigüzel belirlenmiş üzerinde denemeler yapılmıştır. Daha çok Lingo çözümünün neler ifade ettiği üzerinde durulmuştur. Sadece belirtilen denemeye ait kod girişi ve çıktı ek olarak verilmiştir.

Örneği verilen deneme için aday kurumları göstermek üzere “KURUM”, aday lokasyonlar için “LOKASYON”, iki indisli mesafeleri temsil etmek üzere “YOL” setleri oluşturulmuştur. Karar değişkenleri “İMZA” ve “ATM” şeklinde gösterilmiştir. Personel başına beklenen getiri “FAİZ” değişkeni içinde 15 birim olarak kabul edilirken, “PROMOSYON” 13 birim olarak seçilmiştir. İlk olarak “BUTCE” değişkeni 20000 birim, atm’nin hizmet vermesi gereken minimum nüfus 2000 birim olarak seçilmiştir. Bu örnekte tüm kurumlar en fazla 5 birim mesafede en az 1 atm bulunması gerektiğini belirtmişlerdir. $M = 100000$ belirlenmiştir. Toplam aday kurum sayısı 6 iken lokasyon sayısı 4 olarak çalıştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlarda “integer linear problem” (ILP) için “global” bir çözüm bulunduğu görülmüştür. Çözüme göre 3 ve 4 numaralı lokasyonlara 2 atm kurulumu yaparak 1, 2, ve 4 numaralı kurumlarla sözleşme imzalanması yoluna gidilirse 8180 birimle en karlı seçim yapılmış olacaktır.

Yapılan denemelerden örnek olarak promosyon gideri 13 ten 12 birime indirildiğinde aynı sayıda atm ile 1, 2, 3, ve 4 numaralı kurumlarla sözleşme yapılması durumunda 9700 birim ile en karlı alternatif seçiliyor olacaktır.

Sonuç

Bu örnekte bankacılık alanında güncel sayılabilecek problemlerden maaş anlaşması ve atm kurulması kararlarının modellenmesi ve Lingo üzerinden çözülmesi denenmiştir. Her türlü kurumla anlaşma yapma stratejisinin bazen işe yaramayabileceği çıkarımı yapılabilir. Dikkatli analiz ve tahminlerle desteklenmezse bu tür bir stratejinin artan maliyetlerden kaynaklı olarak zarara yol açabileceği dikkate alınmalıdır.

Öte yandan basitleştirilmiş bir örnek olarak bu çalışmada sürece etki ede-

bilecek tüm faktörler dikkate alınmamıştır. Özellikle atm yeri seçiminde etkili olabilecek faktörler analiz edilip analitik hiyerarşi süreci gibi yöntemlerle optimizasyona tabi tutulabilir. Ayrıca maaş anlaşması protokolleri 3 yıllık düzenlenebilirken getiri oranları gibi tahminlerin yıllık revizyonları söz konusu olabilmektedir. Bu örnekte zaman faktörü dikkate alınmamış olmakla beraber gelecek çalışmalar açısından parasal hareketlerin zaman değerlerinin programa dahil edilmesi daha uygun olabilir.

Yararlanılan Kaynaklar

- [1] Aytaç E. “ATM’lerde bulundurulacak günlük para miktarının veri madenciliği teknikleri kullanılarak optimize edilmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi)”. In: (2014).
- [2] Topaloğlu E. “Bankalarda nakit yönetim yapılanmasının optimizasyonu (Doktora Tezi)”. In: (2011).
- [3] Khalilov M. C. Gündebahar M. “Kritik Finansal Sistem Dönüşümlerine Süreç Optimizasyonlarının Etkisi”. In: *Sosyal Bilimler Araştırmaları Derneği* 4 (2011), pp. 55–64.
- [4] Lindo Systems Inc. *LINGO 17 Online Users Manual*. URL: https://www.lindo.com/doc/online_help/lingo17_0/lingo4_content.htm. (accessed: 17.01.2021).
- [5] Gürel S. Köksalan M. “Merkezi Vezne Yer Seçimi ve Atm Envanter Yönetim Politikaları ile Nakit Yönetim Optimizasyonu”. In: *Endüstri Mühendisliği Dergisi* 26.2 (2015), pp. 4–20.
- [6] Ho W. Lee C. “Optimization of the facility location-allocation problem in a customer-driven supply chain”. In: *Operation Management Research* 1 (2008), pp. 69–79.

Ekler

Listing 1: Problemin Lingo İfadesi

MODEL:

SETS:

KURUM / 1..5 / : IMZA, PERSONEL, MEVDUAT;
LOKASYON / 1..4 / : ATM, MALİYET, NUFUS;
YOL(KURUM, LOKASYON) : KMESAFE;

ENDSETS

MAX = @SUM(KURUM(I) :

IMZA*(PERSONEL*FAİZ - PERSONEL*PROMOSYON))
+ @SUM(KURUM(I) : IMZA*(MEVDUAT*0.01))
- @SUM(LOKASYON(J) : ATM*MALİYET);

@FOR(KURUM(I) :

IMZA*@MIN(LOKASYON(J) :

ATM*KMESAFE + M*(1-ATM)) <= MAXMESAFE

);

@SUM(LOKASYON(J) :

ATM*MALİYET) + @SUM(KURUM(I) :

IMZA*(PERSONEL*PROMOSYON)) <= BUTCE;

@SUM(LOKASYON(J) :

ATM*NUFUS) >= MINNUFUS;

@FOR(KURUM(I) : @BIN(IMZA));

@FOR(LOKASYON(J) : @BIN(ATM));

DATA:

FAİZ = 15;

PROMOSYON = 13;

BUTCE = 20000;

KMESAFE = 6, 2, 8, 5,
5, 9, 5, 7,


```

7, 8, 4, 6,
7, 4, 9, 5,
5, 7, 6, 9;
PERSONEL = 180, 120, 60, 40, 100;
MEVDUAT = 750000, 750000, 100000, 750000, 400000;
MALİYET = 12000, 8000, 8000, 7000;
NUFUS = 4000, 1200, 1000, 1000;
MAXMESAFE = 5;
MINNUFUS = 2000;
M = 100000;
ENDDATA

```

END

Listing 2: Problemin Lingo Çıktısı

Linearization components added:

Constraints:	78
Variables:	36
Integers:	24

Global optimal solution found.

Objective value :	8180.000
Objective bound:	8180.000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	2
Total solver iterations:	1923

Variable	Value	Reduced Cost
FAIZ	15.00000	0.000000
PROMOSYON	13.00000	0.000000
M	100000.0	0.000000
MAXMESAFE	5.000000	0.000000
BUTCE	20000.00	0.000000
MINNUFUS	2000.000	0.000000
IMZA(1)	1.000000	-7860.000
IMZA(2)	1.000000	-7740.000
IMZA(3)	0.000000	-1120.000

IMZA(4)	1.000000	−7580.000
IMZA(5)	0.000000	−4200.000
IMZA(6)	0.000000	−2640.000
PERSONEL(1)	180.0000	0.000000
PERSONEL(2)	120.0000	0.000000
PERSONEL(3)	60.00000	0.000000
PERSONEL(4)	40.00000	0.000000
PERSONEL(5)	100.0000	0.000000
PERSONEL(6)	70.00000	0.000000
MEVDUAT(1)	750000.0	0.000000
MEVDUAT(2)	750000.0	0.000000
MEVDUAT(3)	100000.0	0.000000
MEVDUAT(4)	750000.0	0.000000
MEVDUAT(5)	400000.0	0.000000
MEVDUAT(6)	250000.0	0.000000
ATM(1)	0.000000	12000.00
ATM(2)	0.000000	8000.000
ATM(3)	1.000000	8000.000
ATM(4)	1.000000	7000.000
MALİYET(1)	12000.00	0.000000
MALİYET(2)	8000.000	0.000000
MALİYET(3)	8000.000	0.000000
MALİYET(4)	7000.000	0.000000
NUFUS(1)	4000.000	0.000000
NUFUS(2)	1200.000	0.000000
NUFUS(3)	1000.000	0.000000
NUFUS(4)	1000.000	0.000000
KMESAFE(1, 1)	6.000000	0.000000
KMESAFE(1, 2)	2.000000	0.000000
KMESAFE(1, 3)	8.000000	0.000000
KMESAFE(1, 4)	5.000000	0.000000
KMESAFE(2, 1)	5.000000	0.000000
KMESAFE(2, 2)	9.000000	0.000000
KMESAFE(2, 3)	5.000000	0.000000
KMESAFE(2, 4)	7.000000	0.000000
KMESAFE(3, 1)	7.000000	0.000000
KMESAFE(3, 2)	8.000000	0.000000
KMESAFE(3, 3)	4.000000	0.000000

KMESAFE(3, 4)	6.000000	0.000000
KMESAFE(4, 1)	7.000000	0.000000
KMESAFE(4, 2)	4.000000	0.000000
KMESAFE(4, 3)	9.000000	0.000000
KMESAFE(4, 4)	5.000000	0.000000
KMESAFE(5, 1)	5.000000	0.000000
KMESAFE(5, 2)	7.000000	0.000000
KMESAFE(5, 3)	6.000000	0.000000
KMESAFE(5, 4)	9.000000	0.000000
KMESAFE(6, 1)	5.000000	0.000000
KMESAFE(6, 2)	7.000000	0.000000
KMESAFE(6, 3)	6.000000	0.000000
KMESAFE(6, 4)	9.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	8180.000	1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	5.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	5.000000	0.000000
7	5.000000	0.000000
8	580.0000	0.000000
9	0.000000	0.000000

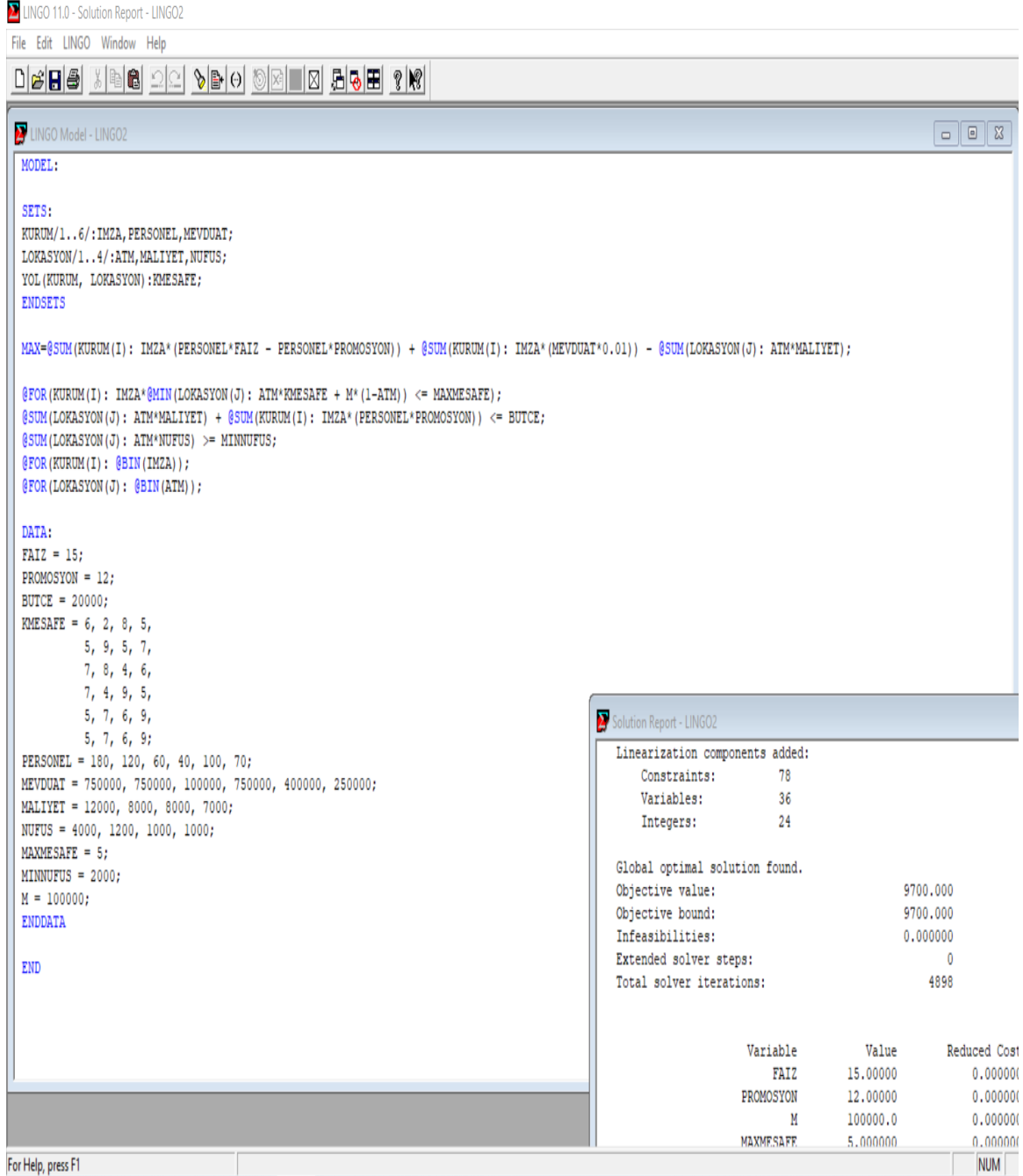


Figure 1: Lingo Görüntüsü