

Araştırma Makalesi
(Research Article)

Gerçek BUDAK

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara,
Türkiye.

Orcid No:0000-0003-3209-0875

*sorumlu yazar: gbudak@ybu.edu.tr

Anahtar Sözcükler:

Tarımda Karar Verme, Tarım Planlaması,
Stratejik Karar Verme, Matematiksel
Modelleme.

Keywords:

Decision Making in Agriculture, Agricultural
Planning, Strategic Decision Making,
Mathematical Modeling.

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,2020, 57 (3):455-465
DOI: [10.20289/zfdergi.749833](https://doi.org/10.20289/zfdergi.749833)

Tarımsal Üretim Kararlarında Kullanılabilecek Yeni Matematiksel Modeller

New Mathematical Models for Giving Agricultural Production Decisions

Alınış (Received): 09.06.2020

Kabul Tarihi (Accepted): 13.07.2020

ÖZ

Amaç: Bu çalışma, alternatifler arasından yetiştirilmek üzere hangi tarımsal ürünün seçilmesi gerektiği kararının verilmesinde, karar vericilere uygun bir şekilde tanımlanacak problemler için yöneylem araştırması tekniklerini kullanarak, geliştirilmiş yeni karar modellerini sunmaktadır.

Materyal ve Metot: Karar vericiler üstlendikleri risk boyutuna göre; çiftçiler, üretici şirketler ve devlet kurumları olarak sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada, her bir karar verici için karar problemleri tanımlanmaktadır. Problemlerin amaç fonksiyonları en yüksek kar, en uygun ürün ve en düşük riski içerecek şekilde oluşturulmuştur. Çalışmada, karar problemlerinin kümeleri, parametreleri ve değişkenleri tanımlanarak, doğrusal matematiksel modeller önerilmektedir. Her bir karar verici grubu için bir model olmak üzere toplamda üç model kurulmuştur. Bunlar, uygunluk, portföy oluşturma ve atama modelleri olarak adlandırılmaktadır.

Bulgular: Önerilen modeller ile elde edilecek çözümler aracılığıyla karar vericiler için uygulanabilir, en iyi çözüm garantisi olan ve hızlı bir sistem tasarlanmaktadır. Bununla birlikte, karar vericilerin yetiştirilecek ürüne karar verme problemleri arasındaki bağlantı ve etkileşim de ortaya konulmaktadır.

Sonuç: Bu çalışma, Yöneylem Araştırması ve Ziraat Mühendisliği bilimleri arasında çok disiplinli araştırmalar için teorik bir zemin ve ortak bir terminoloji oluşturmaktadır.

ABSTRACT

Purpose: This study presents new decision models developed by using operational research techniques for the problems that are defined appropriately according to the decision makers in deciding which agricultural product to be chosen among the alternatives for production.

Material and Method: Decision makers are classified as farmers, producer companies and government institutions according to the risk size they undertake. Decision problems are defined for each decision maker in this study. The objective functions of the problems include the highest profit, the most suitable product and the lowest risk. In the study, linear mathematical models are proposed by defining sets, parameters and variables of decision problems. One model for each group of decision makers, in total three models, has been structured. These are named as eligibility, portfolio and assignment models.

Results: Through the solutions to be obtained with the proposed models; feasible and best solution guaranteed and a fast system is designed for the decision makers. In addition to this, the connection and interaction between the decision-makers' decision-making problems is also presented for the which crop to be planted decision.

Conclusion: This study provides a theoretical ground and common terminology for multidisciplinary research between Operational Research and Agricultural Engineering sciences.

GİRİŞ

Yöneylem Araştırması (YA) kavram ve teknikleri, bilim insanları ve karar vericiler tarafından karar problemlerinin olduğu her alanda koşturulmaktadır (Ackoff, 1978). Winston (2004) ve Kara (1991) yazmış oldukları kitaplarda belirtmektedirler ki, karar süreci en temel anlamda üç adımdan probleminin tanımı, uygulanabilir çözümlerin her birinin ve sonuçlarının bulunması ve bu alternatifler içerisinde en iyileme ölçütüne göre en iyisinin seçilmesinden oluşmaktadır.

YA kaynaklarında, karar problemlerinde her bir adımın, karar vericilerin en iyi çözüme ulaşması için kritik seviyede önem arz ettiğinden bahsedilmektedir. Bu adımlarda yapılacak herhangi bir yanlışlık, diğer adımların peşi sıra yanlış olmasını ve ulaşılan sonucun en iyiliğinin şüpheli olmasına neden olur (Senge, 2006). Bunun yanı sıra, problemin tanımının bütünlük yaklaşımıyla ele alınmaması durumunda, bölgesel iyileştirmelerin uygulanması da büyük resim genelinde en iyi kararın elde edilememesine yol açacaktır (Leinbach ve Stansfield, 2002).

Problem tanımı evresinde ilgilenilen probleme dair tanımlanması gerekenler; karar vericinin kim(ler) olduğu, karar vericinin kontrolü dâhilinde olan ve olmayan değişkenlerin neler olduğu ve bunlara ait tanımlamaları, karar vericinin amaçladıkları ve ulaşmayı hedefledikleri ve problem içeriğinde yer alan zorunlu kısıtlamalarıdır (Kara, 1991; Winston, 2004). YA biliminin bakış açısına göre problemde uygulanacak kararın riskini üstlenen kişiler karar vericilerdir. Tarım sektöründe, problemlerin tanımlanmasından önce probleme kararı verecek ve çözümünün uygulama kararını hayata geçirecek kişiye veya kuruma göre karar problemleri oluşturulmalıdır. Bu araştırma, üstlenilen riskin boyutuna bağlı olarak karar vericileri tanımlamaktadır. Her bir karar verici için tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi karar problemlerini ve çözüm yaklaşımlarını oluşturmaktadır.

İnsan yaşamının devamlılığına ve ekonomik etkiler açısından en önemli sektör olan tarım sektöründe planlamaya dair yapılan akademik çalışmaların sayısı, son yıllarda, büyük bir hızla artmaktadır. Kaynaklarda yer alan çalışmalar, tarım sektöründe yetiştirilecek ürünlerin seçimi ve yetiştirilme miktarları, taşınımı ve koruma konuları gibi birbirinden farklı karar verme, planlama ve yönetsel problemlerine çözüm yöntemleri ve yanıt aramaktadırlar.

Kendirli (2004), sistem yaklaşımı ile sera işletmelerinde planlama yapılması için aşamalı bir yapı tasarlamaktadır. Kaya (2017) genetik algoritma kullanarak, sanal pamuk üretiminin planını modellemektedir. Haneveld ve Stegeman (2005) tarımsal üretim planlamasının başarılı bir şekilde yapılabilmesi için ekinlerdeki

başarı gerekliliklerini ortaya koymaktadırlar. Cankurt ve Miran (2010) yaptıkları çalışmada, faktör analizi yöntemini kullanarak çiftçilerin satın alma eğilimlerini incelemektedirler. Plà ve ark. (2014), tarımsal planlamada, yöneylem araştırmasının öneminden bahsederek, tarımsal politika geliştirme ve modellemenin gerekliliğinden söz etmektedirler. Wheeler ve Russell (1977) yaptıkları çalışmalarında, tarımsal planlama için hedef modeli tasarlayarak, üreticilerin ulaşmak istedikleri hedefleri göz önüne alan bir karar modeli sunmaktadırlar. Manos ve ark. (2004), çiftlik üretimlerindeki planlama kararına destek sağlayacak bir karar destek sistemi önermektedirler. Zuo ve ark. (1991), büyük boyutlu üreticiler için üretim ve dağıtım sistemleri kararını verebilmek için matematiksel modelleme kullanarak, bir uygulama üzerinden yanıt aramaktadırlar. Ahumada ve Villalobos (2011) yaptıkları çalışmada, hasat ve dağıtım planlama gibi kısa vadeli (operasyonel) kararlar için modelleme yaklaşımını kullanmaktadırlar. Biswas ve Pal (2005) bulanık hedef programla modeliyle tarım arazisine göre ürün seçim modeli geliştirmektedirler. Tan ve Çömden (2012) çalışmalarında ürünlerin talebine, uygunlaşmasına, hasadına ve yetiştirilmesine göre yıllık planlama yöntemi önermektedirler. García ve ark. (2014) tarımsal ürünlere depo yeri seçimi problemi için Analitik Hiyerarşi Sürecini (AHS) kullanarak çok nitelikli bir değerlendirme yapmaktadırlar.

Çalışmada önerilen modeller, karar vericilere yetiştirilecek ürün seçimi kararında en karlı ve en üretilebilir seçimin tasarlaması sebepleriyle, kaynaklarda yer alan modellerden ayrılmaktadır. Bununla birlikte, karar verici tanımlamalarının yapılması ve önerilen modellerin özgün yapısı sebepleriyle önemli bir katkı sağlamaktadır. Kaynaklarda değinildiği üzere, tarımın birçok farklı alanında ve birbirinden farklı karar problemleri için çözümler elde edilmeye çalışılmıştır. Bu karar problemlerinin en önemlilerinden olan, hangi tarım ürününün yetiştirileceği kararında, karar vericiler matematiksel ve bütünlük karar verme süreçleri desteğine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu çalışmanın izleyen bölümleri, sistem yaklaşımı ile çözüm önerileri sunmaktadır.

MATERYAL ve METOT

Tarımsal ürün yetiştirmeye dair kararlarda, sorumluluğa sahip kişiler, etki alanlarının büyüklüğüne göre sırasıyla çiftçiler, tarımsal ürün yetiştiren şirketlerin yöneticileri ve devletlerin tarımsal kararlarını veren yöneticilerdir. Bu kişilere ait karar problemlerinin tanımı, kümeleri, kontrol edilebilir değişkenleri, karar değişkenleri ve bunlara geliştirilebilecek çözüm yöntemlerinin neler olduğu alt başlıklarında sunulmaktadır. Bu tanımlamalara bağlı sembol ve açıklamalar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Modellerde Kullanılan Küme, Parametre ve Karar Değişkeni Açıklamaları ve Birimleri**Table 1.** Definitions and Units of Sets, Parameters and Decision Variables in the Models

Kümeler	Açıklaması
n	Tarımsal ürünler kümesi.
k	Karakteristikler kümesi.
t	İller kümesi.
Karar Değişkenleri	Açıklaması ve Birimi
	i. ürünün üretilip üretilmeyeceği, üretilecek ise 1, değil ise 0.
	i. ürünün üretileceği arazi miktarı. (dönüm)
I	Kiraya verilmesi gereken arazi miktarı. (dönüm)
K	Kiralaması gereken arazi miktarı. (dönüm)
G	Karar vericinin satın alması gereken iş gücü miktarı. (adam saat)
Z	Arazi kiralama yapılıyorsa 1, yapılmıyorsa 0.
P	Maksimum kar. (₺)
B	Tarımsal ürünlerin seçimine göre toplam beklenen risk.
	i. üründen ihraç edilecek miktar. (kg)
	i. üründen ithal edilecek miktar. (kg)
	i. ürünün ülkedeki toplam üretilecek miktarı. (kg)
	i. üründen t . şehirde üretileceği arazi miktarı. (dönüm)
	t . şehirde i. ürün üretiliyorsa 1, diğer durumlarda 0.
	i. üründen ithalat yapılıyorsa 1, yapılmıyor ise 0.
Parametreler	Açıklaması ve Birimi
	i. ürünün 1 dönümdeki yıllık üretim (rekoltesi) tahmini. (kg/dönüm)
	i. ürünün fiyat tahmini. (₺/kg)
	Mevcut arazi miktarı (dönüm)
	i. ürünün dönüm başına üretim maliyeti. (₺)
B	Çiftçinin bütçesi. (₺)
C	Arazi kiraya verme veya kiralama maliyeti. (₺)
W	İşgücü maliyeti. (₺/adam saat)
E	Mevcut iş gücü. (adam saat)
	i. üründe dönüm başına gerekli iş gücü. (adam saat/dönüm)
	Çiftçinin alanının k . karakteristikteki değeri. (Özelliğe göre)
	i. ürünün üretilebilmesi için k . karakteristikteki alt limit değeri.
	i. ürünün üretilebilmesi için k . karakteristikteki üst limit değeri.
	i. ürünün alıcılara olan lojistik maliyeti. (₺/kg)
	i. ürünün üretilmesinin risk oranı veya başarısızlık olasılığı.
	Hedef kar (₺)
	Karar vericinin üretmek istediği farklı tarımsal ürün sayısı.
	Firmanın i. üründen olan talep miktarı (kg).
	i. ürünün ülkedeki toplam talep miktarı. (kg)
	i. ürünün t . şehirde bir dönümdeki yıllık üretim tahmini. (kg/dönüm)
	t . şehirdeki toplam tarımsal alan (dönüm)
	t . şehirde i. ürün üretilebiliyorsa 1, diğer durumlarda 0.
	i. üründen dünyaya ihraç edilebilecek olan toplam miktar. (kg)

Çiftçilerin ve Küçük Ölçekli Şirketlerin Tarımsal Ürüne Karar Verme Problemi

Tarımsal ürünlerin yetiştirilmesinde, karar vericilerin etki alanına göre en küçüğü olarak nitelendirilebilecek topluluk; çiftçiler ve küçük ölçekli şirketleri ilgilendiren bu kararı veren yetkililerdir. Çiftçiler ve küçük boyutlu şirketler, hangi ürünün yetiştirileceği kararını verirken birçok etmeni göz önünde bulundurarak, bu kararı alırlar. Bu etmenlerden bazıları şunlardır: Toprak uygunluğu, iklim koşulları, babadan ve dededen kalma bilgiler, seçilecek ürüne göre iş gücü gereksinimleri, bütçe ve nakit akışı koşulları ve benzerleridir. Ancak, hali hazırdaki bu durum, karar vericilere maddi anlamda olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu yüzden, bu alt başlıkta, çiftçiler ve küçük şirketlerin yetiştirilecek tarımsal ürünü seçme kararının en iyi şekilde verilmesine destek sağlamak için uygunluk modeli oluşturulmaktadır.

Bu bölümde yer alan karar vericilerin en temel amacı, aşikâr bir şekilde, olabildiğince en büyük karı elde etmektir. Bu problemi ve kararını zorlaştıran en önemli etmen ise, toplam üretimin miktarının ve fiyatlandırmasının gelecekte belirlenecek oluşu, yani, belirsiz olmasıdır. Üretilecek tarımsal ürünün fiyatının () ve miktarının tahmini () bulunmalı ve parametre olarak alınmalıdır. Matematiksel model, sistematik yaklaşım çerçevesinde olmalı ve gerçek hayata uygun tasarlanmalıdır. Önerilen modele ait iki adet

küme bulunmaktadır. Bunlar tarımsal ürünlerin (n) ve üretim karakteristiklerinin (k) kümesidir. Bu kümeler oluşturulurken, ziraat uzmanları ve kaynaklarda yer alan çalışmalar kullanılmalıdır. Verilen karar değişkenleri, modelde, hangi ürünün üretileceğini (x_i), ne kadarlık arazinin kullanılacağını (I), ne boyutta arazinin kiralanacağını (K) veya kiraya verileceğini (L), gerekli iş gücü miktarını (G) ve tahmini karın ne olacağını (P) göstermektedir. “ z ” karar değişkeni ise hem arazi kiraya verilmesinin hem de kiralanmasının aynı anda olmaması için tanımlanan yardımcı değişkendir. Üreticiden elde edilecek parametreler, mevcut arazi miktarı “ A ”, bütçe “ B ” ve mevcut iş gücü miktarı “ E ” ile simgelenmektedir. Her ürün için dönüm başına gereken iş gücü (H_i), lojistik maliyeti (M_i) ve diğer maliyetler (W); hesaplanmalı, tahmin edilmeli, kaynaklardan veya geçmişte aynı ürünü yetiştirmiş olan üreticilerden edinilmelidir. “ C ” ve “ W ” parametreleri bölgenin finansal durumuna ve reel fiyatlara göre bulunmalıdır. Ziraat uzmanları, çiftçinin alanının karakteristik değerlerini (O_{kii}) bulmak adına her karakteristik (k) için ölçümler, etütler ve tahminler yapmalıdırlar. Kapsamlı bir araştırma ile her ürün için her karakteristik için alt limitleri (O_{kii}) ve üst limitleri (O_{kiiu}) de kaynaklardan edinilecek bilgilerden ve deneylerden bulunmalıdır. Tanımlanan bu parametreler ve karar değişkenleri kullanılarak, çiftçinin üretim için seçmesi gereken en uygun ve en yüksek getirili ürünü veren matematiksel model aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{i=1}^n x_i + I = A + K \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i M_i + W G + C K \leq B \quad (2)$$

$$\left(\sum_{i=1}^n x_i \right) H_i \leq E + G \quad (3)$$

$$O_{kii} y_i \leq T_k \leq O_{kiiu} + \mu(1 - y_i), \quad \forall i, k \quad (4)$$

$$K \geq I - \mu(z) \quad (5)$$

$$I \geq K - \mu(1 - z) \quad (6)$$

$$K \leq (1 - z)\mu \quad (7)$$

$$I \leq z\mu \quad (8)$$

$$x_i \leq \mu(y_i), \quad \forall i \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1 \quad (10)$$

$$z, y_i \in 0,1, \quad \forall i \quad (11)$$

$$I, K, G, x_i \geq 0, \quad \forall i \quad (12)$$

kısıtları altında;

$$\text{en büyükle } \sum_{i=1}^n (F_i x_i R_i - L_i x_i R_i) + (I - K)C - W (G + E) \quad (13)$$

Uygunluk modelinin ilk kısıtı (1), karar vericinin alanı üretim yapacağı, kiraya vereceği ve kiralayacağı alan miktarlarını eşitlemektedir. Hem kiralama, hem de kiraya vermenin, aynı anda olmasının mantıksız olacağı gerekçesiyle denklemler "5-8" kullanılarak, "I" ve "K" karar değişkenlerinin aynı anda değer alması engellenmiştir. Modelin bütçe denklemi (2), seçilen ürünün maliyetinin, alınacak iş gücünün ve lojistik maliyetlerinin toplamının karar vericinin bütçesini aşmasını engellemektedir. Bütçede, seçilen ürünün dönüm başına maliyeti, o ürün için kullanılan dönüm miktarıyla çarpılmakta ve fazladan iş gücü ve arazi maliyetlerinin eklenmesi ile bulunmaktadır. Önerilen modelde denklem "3" ise gerekli iş gücünün sağlanmasını sağlayan kısıttır. i. ürünün üretimi için gerekli iş gücü miktarı elde olan ve dışarıdan edinilecek iş gücü miktarından az olmalıdır ki, karar verici bu ürünü üretebilecek iş gücüne sahip olabilsin. Bu kısıt, gerekli durumlarda insan iş gücünün yanı sıra, gerekli durumlarda, makine iş gücü için de düzenlenebilir. Modeldeki uygunluk kısıtı (4), karar vericinin arazisinde üretilebilecek ürünlere göre filtrelenmesini sağlar. Denklemin eşitsizlik tarafları ilgilenilen karakteristiğın i. ürün için alt ve üst limitleridir. Koşulların uygunluğunda, karar değişkeni "1" değerini alabilir; diğer durumlarda ise "0" değerini almak zorundadır. Karakteristikler kümesi, toprağa, su imkânlarına, iklime dair ve bunun benzeri özelliklerin her biri olabilir ve oldukça geniş bir kümedir. Denklem "9", birbirine bağlı değişken olan "I" ve "K" karar değişkenlerinin matematiksel tanımlamaları için gereklidir. karar değişkeni, "=1" olduğu sürece değer alabilir ve diğer durumlarda sıfıra eşittir. Onuncu kısıtta (10) da sadece bir ürünün seçilmesi sağlanmaktadır. Karar verici, riski bölmek ister ve birden fazla ürünü üretmeyi tercih eder ise, sonraki bölümde yer alan portföy oluşturma modelini kullanarak, bu durumu sağlayabilir. Bu yüzden, bu model, arazi büyüklüğü daha düşük olan üreticiler için kurgulanmıştır. Modelde, denklemler (11-12) kullanılarak, karar değişkeni tanımlamaları matematiksel olarak yapılmaktadır. Bu

kısıtlar altında, hedef olan en büyük kar amaç fonksiyonu (13), getiriden tüm maliyetlerin çıkarılmasıyla bulunur.

Matematiksel modelin parametreleri bulunup çalıştırıldığında; en yüksek kar miktarı (P), hangi ürünün üretileceği (olan i. ürün), ne kadarlık araziye ekileceği (I), ne kadarlık arazinin kiralanaacağı (K dönüm) ve gereken toplam iş gücü miktarı (G adam saat) bulunacaktır.

Orta ve Büyük Ölçekli Şirketlerin Tarımsal Ürünlere Karar Verme Problemi

Boyutsal olarak ikinci grupta yer karar verici grubu, orta ve büyük ölçekli şirketlerden oluşmaktadır. Karar vericiler ayrıştırılırken üretim miktarı ve kararın önemi boyutlarına göre yapıldığından dolayı bu şekilde gruplandırılmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın (2020) verilerine göre tarımsal üretimin gayri safi yurtiçi hasıladaki payı 2019 yılı itibarı ile %6.4'tür ve bu pay 2011 yılından bu yana azalış eğilimindedir. Bu durumun çeşitli nedenleri olsa da; bu araştırmada ilgilenilen konu, tarımsal üretime destek veren çiftçilerin ve işletmelerin tarımsal ürün seçimine yönelik bu payın azalmasını yol açmaması ve hatta bu payın değerinde büyüme sağlamaya yöneliktir. Bu bölümde, orta ve büyük ölçekteki tarımsal işletmelerin yetiştirilecek ürün seçimi yapan karar vericilerine, destek olmak amacıyla portföy oluşturma modeli sunulacaktır. Eraslan ve İç (2011) ve İç (2012) çalışmalarında yatırım yönetiminde riski dağıtma üzerine kararlarında kullanmak üzere çok ölçütlü yaklaşımlar ve karar modelleri kullanmaktadırlar. Bu bölümdeki, portföy oluşturma modeli aynı yaklaşım kullanılarak tarımsal ürünlerin seçim kararında kullanılmak üzere düzenlenmektedir.

Bir önceki bölümde destek verilen karar vericilerin arazilerinin tek bir bölgede ve boyutsal olarak bu gruptakilerin arazilerinden daha küçük olduğu varsayılmıştı. Bu yüzden, onların farklı ürünlere bölümlendirme yapacağı öngörülmeyle, tek ürün yetiştirileceğinden hareketle, en büyük karı verecek ve

yetiştirilmeye uygun ürünü seçen model düzenlendi. Bu bölümdeki modelde, tarım arazilerinin boyutlarının daha büyük olabileceği de göz önüne alınarak, karar vericinin birden fazla tarımsal ürün üretmeyi tercih etmesi beklenmektedir. Böylece, bu bölümde önerilen karar modeli, bir portföy oluşturma modelidir. Karar vericiler tek bir tarımsal ürün üretmeyi tercih edeceğinde "D" parametresini "1" değerinde alarak oluşturulan modeli ya da ilk modeli çalıştırabilirler.

Aşağıda verilen amaç fonksiyonunda (18) görüldüğü üzere seçilen ürünlerin toplam beklenen riskini ifade

1-9 kısıtları ve 11-12 kısıtlarına ek olarak;

$$T_i \leq x_i R_i, \quad \forall i \quad (14)$$

$$N \geq \sum_{i=1}^n (F_i x_i R_i - L_i x_i R_i) + (I - K)C - W G \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = D \quad (16)$$

$$\frac{A + K}{D} - \mu(1 - y_i) \leq x_i \leq \frac{A + K}{D}, \quad \forall i \quad (17)$$

kısıtları altında;

$$\text{en küçükle } B = \sum_{i=1}^n S_i x_i \quad (18)$$

Portföy modelinde, ilk modelde var olan kısıtlar (1-9, 11-12) kullanılarak; uygunluk, kiraya verme, iş gücü gibi kararlarda gerekli olan kısıtlamalar korunmaktadır. Firmanın önceden edinilmiş bir talebi var ise, üretimin bu yönde olması denklem (14) ile sağlanmaktadır. Modelde amaç fonksiyonu (18), en düşük riske sahip üretim kararını vermek için oluşturulmuş olduğundan, firmanın belirlediği hedef karı elde etmesi için kısıt (15) bulundurulmalıdır. Karar vericinin "D" sayıda ürüne karar

etmektedir. "B" karar değişkeni ve "" karar değişkenine bağlıdır ve "" parametresine göre değer alır ki, bu değer üretim yapılacak arazinin uygunluğu, iklimi, toprağı gibi özellikler göz önüne alınarak, uzmanlar tarafından ya da ölçümlerle bulunması gereken bir parametredir. Hedef kar (N) ve üretilmek istenen birbirinden farklı tarımsal ürün sayısı (D) parametreleri firmanın isteklerine göre karar vericiden alınması gereken parametrelerdir. Son olarak, "" parametresi de, şayet firmaya önceden bildirilmiş bir talep varsa, o miktarda olmalıdır. Portföy seçim modeli aşağıdaki gibi tasarlanmıştır:

vermesini ve bunları, eşit olarak bölümlendirilmesini sağlayan denklemler (16-17) de verilmektedir. Karar verici üretimde eşit araziler istemezse, kısıtın (17) sol bölümü çıkarılmalıdır.

Karar verici, karı en büyüklemediği ve toplam beklenen riski, aynı anda, en küçüklemediği bir model yapısı isteyebilir. Bu isteğe bağlı olarak, aşağıda verilen çok ölçütlü portföy seçimi modelini de kullanılabilir:

1-9, 11-12, 14, 16-17 kısıtlarına ek olarak;

$$P = \sum_{i=1}^n (F_i x_i R_i - L_i x_i R_i) + (I - K)C - W G \quad (19)$$

$$B = \sum_{i=1}^n S_i x_i \quad (20)$$

kısıtları altında;

$$\text{en küçükle } B, \text{ en büyükle } P \quad (21)$$

Alternatif olarak kullanılabilecek bu modelde, kar ve toplam beklenen risk kısıtlarda (19-20) hesaplanarak, amaç fonksiyonunda (21) ayrı ayrı modellenmektedir. Uygulamalarda modele çözüm aranırken, bu fonksiyonlar arasında uzlaşıcı bir yapı fonksiyonu veya iki ölçüte (B ve P) ağırlıklandırma yapılarak, tek ölçüte indirgenerek, sonuç bulunabilir.

Devletlerin Tarımsal Ürünlerin Yetiştirilmesine Karar Verme Problemi

Devlet kurumları tarımsal ürünlerin yetiştirilmesine iki boyutta karar vermektedirler. Bu yönler, devletin kendi üretimine karar vermesi ve üreticilere tarımsal üretime destek verme kararının verilmesi yönleridir. Bu iki yönde de devletin gayesi ortaktır: İhracat miktarının arttırılması ve/veya ithalat miktarının azaltılmasıdır. İlk probleme çözüm aranırken, yani devletin tarımsal üretimine karar verilmesi probleminde, bu araştırmanın önceki bölümlerinde önerilmiş olan modeller kullanılabilir. Devlet kavramının, bu modelde, kar amacı gütmeyen büyük ölçekli bir firma halinde düşünülmesi gerekmektedir ve taleplerin ise ilgilenilen ülkeye komşu veya yakın olan ülkelerin ithalat verileri olabilirler.

Devletlerin üreticilere, tarımsal ürünü yetiştirmelerine destek verme kararının verilmesi problemine çözüm odaklı bir yaklaşım, bu bölümde gerçekleştirilmektedir. Gerçek hayatta, bu problemi, devletler, yetkili kurumlar aracılığıyla ve genellikle, en yüksek ithalat kalemlerini göz önüne alarak ele almaktadırlar. Türkiye’de, yetkili kurum olan Tarım ve Orman Bakanlığı’nın Strateji

Geliştirme Başkanlığı aracılığıyla, tarımsal ve hayvansal üretime bölgesel ve il bazında olmak üzere teşvik ve destek paketleri açıklamaktadır. Bu karar stratejik, ülke ekonomisine direkt etkisi olan ve yüksek risk teşkil eden bir karardır: Hangi bölgede, hangi ürünlere teşvik ve destek sağlanmalıdır? Bu yüzden, bu karar probleminde, karar vericiye sağlanacak destek stratejik bir önem arz etmektedir.

Ülkeye, bölgelere, illere ve ilçelere göre bölümlendirilebilecek bu problem, bu çalışmada, desteğin hangi ürüne yapılacağı il bazında değerlendirilecektir. Bunun sebebi, il bazında iklimin, toprak ve bitki yapısının çok fazla değişiklik göstermemesidir. Bu durum söz konusu ise, ilçeler bazına da indirgenebilir. Bu bölümde önerilen modelin, “1” indisi iller kümesi olarak tanımlanmıştır. “ ve ” karar değişkenleri “ ve ” değişkenlerinin değer almasına bağlı 0-1 değişkenlerdir. Her ürüne bağlı talep miktarı “” ile gösterilmekte ve önceki yılların verilerinden hareketle tahmin edilerek, bulunmalıdır. Bir ürünün şehrin özelliklerine göre bir dönümdeki toplam üretim miktarının tahmini (\bar{Q}_i), uzman görüş alınarak veya ölçümler yaparak bulunmalıdır. Bir ürün ilgili şehirde üretilbiliyorsa 1, diğer durumda 0 olan parametre (δ_i) de uzman görüşüyle oluşturulmalıdır. Tarıma elverişli toplam alan “”, devlet verilerinden ve istatistiklerinden ve her bir ürün için dünyada oluşabilecek potansiyel talep açığı “” da önceki yıllarda ortaya çıkan verilerinden hareketle bulunmalıdır. Devletlerin, illere göre destek vereceği tarımsal ürünleri belirleyecek karar modeli aşağıda verilmiştir:

$$TT_i + Q_i = TH_i + U_i, \quad \forall i \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^{81} (G_{it}) R_{it} = TH_i, \quad \forall i \quad (23)$$

$$\sum_{i=1}^n G_{it} = C_t, \quad \forall t \quad (24)$$

$$E_{it} \leq O_{it}, \quad \forall i, t \quad (25)$$

$$G_{it} \leq \mu E_{it}, \quad \forall i, t \quad (26)$$

$$U_i \leq PT_i, \quad \forall i \quad (27)$$

$$Q_i \geq U_i - \mu(z_i) \quad \forall i \quad (28)$$

$$U_i \geq Q_i - \mu(1 - z_i) \quad \forall i \quad (29)$$

$$Q_i \leq (1 - z_i)\mu \quad \forall i \quad (30)$$

$$U_i \leq z_i\mu \quad \forall i \quad (31)$$

kısıtları altında;

$$\text{en büyük} \sum_{i=1}^n (Q_i - U_i) F_i \quad (32)$$

Devletin il bazında hangi ürünlere teşvik verme kararına destek olacak atama modelinde, "" karar değişkeni, hangi ilde hangi üründen ne kadarlık arazide üretilmesi gerektiğini bildirir. Bu karar değişkeninin değerleri, önceki yıllardaki üretim seviyesine kıyasla altındaysa, karar verici ilgili ürünün üretimini arttırmak için "" şehre o ürün ile ilgili destek verebilir. Denklem "22", toplam üretim ve ihracat miktarının toplamını, ithal edilecek ve toplam talep edilen miktara eşit olmasını sağlayan kısıttır. Sunulma sırasına göre, modeldeki kısıtlar; (23) toplam üretimin miktarını bulmayı, (24) il bazında kapasitenin aşılmamasını, (25-26) illerde ilgili ürünün üretiminin mümkün oluşunu, (27) ürünlere göre ihraç talebine göre sınırlandırılmasını, (28-31) bir üründen hem ihracat hem ithalat yapılmasının engellenmesini sağlamaktadır. Amaç fonksiyonu (32), ana eşitlik denkleminde (22) yer alan ihraç ve ithal edilen ürün miktarının farkının maksimize edilmesini sağlar.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırmada, tarımsal ürünlerin yetiştirilmesinde ürün seçimi problemleri birbiriyle karar vericilere göre ayrıştırılmaktadır. Karar vericiler, üretim boyutlarına ve sahip oldukları arazi boyutuna dolayısıyla risklerinin büyüklüğüne göre sınıflandırılmaktadırlar. Bu sınıflandırmada, karar vericiler çiftçiler, küçük/orta/büyük ölçekli işletmeler ve devlet kurumları olmaktadır. Tüm bu karar vericilerin her birinin birincil gayeleri finansal boyuttur.

Karar vericilere göre sunulan karar problemlerinde alınacak kararın, belirlenen parametrelere göre en iyi çözüm, uygulanabilirlik, çözüm hızı ve duyarlılık analizi olanaklarından dolayı matematiksel karar modelleri tasarlanmıştır. Çiftçiler ve küçük ölçekli tarımsal ürün üreten işletmeler için önerilen model sahip olunan araziye bağlı olarak uygun ve en yüksek karı getirecek ürünün seçimini yapar. Buna ek olarak, bütçesine göre karar vericiye fazladan ne kadar iş gücüne ve araziye ihtiyacı olduğunun da kararını verir. Orta ve büyük ölçekli işletmelerin karar vericileri ise, arazi boyutları sebebiyle diledikleri sayıda farklı ürün seçimleri mantıklı olacağından; portföy oluşturma modeli tasarlanmıştır. Bu model, karar vericinin amacına göre ya hedef kara minimum risk ile ulaşma ya da karı maksimize ve riski aynı anda minimize eden amaç fonksiyonu olarak yapılandırılabilir. Devletlerin karar vericileri de portföy modeli ile üretim kararlarını verebilir. Ancak, devletler, genellikle, ithalatı düşürmek ve ihracatı arttırmak için teşvik edici roledirler. Devletin hangi bölgelerde hangi ürünleri teşvik edeceği de stratejik bir karardır. Bu karara

destek vermek amacıyla illere göre atamalar yapacak matematiksel model tasarlanmıştır. Bu model, karar vericiye şehre göre hangi ürünlere destek vermesi gerektiğini ve tarımsal gelirin mümkün olan en pozitif yönde sonuçlanmasını sağlar.

Karar vericilere göre problemlerin bütünlük değerlendirilmesini yapılacak olursa, problemlerin birbirleriyle bağıntılı olduğu söylenebilir. Özellikle, son modelin sonuçları çiftçilerin ve firmaların ne üreteceği kararına finansal boyut sebebiyle doğrudan etki eder. Bunun sebebi, devletin vereceği desteklerin 1. ve 2. modelde ürünün fiyatının tahmin edilmesinde kullanılmasıdır ve desteklenen ürünlerin maliyetlerinin düşecek olması sebebiyle bu modellerin en iyi çözümleri değişebilir. Modellerin bir arada incelenebilmesi amacıyla önerilen modeller Çizelge 2'de bir arada sunulmaktadır.

Ekonomide, arz ve talep eğrilerine göre bir ürünün arzı arttıkça ve talep değişmedikçe ürünün fiyatı yükselmektedir (Ünlüöner ve Tayfun, 2012). Büyük üreticilerin hangi ürünleri yetiştireceğine ve toplam üretimde talebin karşılanamayacağı ürünleri üretmek, küçük üreticiler için daha yüksek kara erişilmesini sağlayacaktır. Karar vericiler, bu çalışmada, oluşturulan tüm modelleri ve sonuçlarını elde ederek, ürün fiyatları için iyi bir tahmin çıkartmak zorundadırlar. Örneğin; çiftçiler, devletin vereceğini destekleri takip etmeli veya atama modeli ile tahmin etmelidirler. Ayrıca, kendinden büyük ölçekli işletmelerin de il bazında, bölgesel ve ülke çapında verdikleri ürün seçimlerini de takip ederek, ürünlerin arz edilecek miktarlarına göre tahmin etmelidirler. Devletin karar mercileri de, çiftçilerin ve şirketlerin üretecekleri ürünleri, bunların arz miktarlarını ve karşılanamayacak ürün taleplerini tahmin ederek teşvik ve destek politikalarını belirlemelidirler.

SONUÇLAR ve GELECEK ÇALIŞMALAR

İnsanların yaşamını sürdürebilmesi ve ülkelerin gelir kaynaklarından biri olan tarım sektörü bünyesinde, stratejik kararlar içermektedir. Bu kararlardan en yüksek risk teşkil edenlerinden biri yıllık bazda üretilecek tarımsal ürünün kararının verilmesidir. Ziraat mühendisliği ve YA kaynaklarında, bu problemin ele alınış şekli farklılık göstermektedir. Bu çalışma, tarımsal ürünlerin yetiştirilmesinde karar yükümlülüğünü üstlenen kişiler ve karar problemleri bütünlük ve hiyerarşik bir şekilde ele alınmıştır. Çalışmada, kurgulanan üretilecek tarımsal ürüne karar verme problemlerine, YA'nın doğrusal matematiksel karar modelleri ile karar vericiye destek

sağlanması hedeflenmiştir. Bu modeller, çiftçi ve küçük ölçekli işletmeler için uygunluk, orta ve büyük boyutlu işletmeler için portföy oluşturma ve devlet kurumları için atama modelleridir. Modeller oluşturulurken, karar vericilerin hedefleri amaç fonksiyonu olarak, zorunlu ve bağlayıcı etmenler ise modelin kısıtları olacak şekilde tasarlanmıştır. Gelecek çalışmalarda, gerçek hayat problemi uygulamaları yapılırken, bu modeller kullanılabilir ve gerçek hayata özgü değişikliklere bağlı olarak matematiksel model üzerinde değişikliklere gidilebilir.

Araştırma, ziraat ve endüstri mühendisliği literatürüne, problemlere genel bir çerçeve ve çözüm önerileri sunarken, bu alanda çalışan diğer araştırmacılara yeni ufuklar açmaktadır. Bu yeni alanlar, istatistik, YA, ziraat mühendisliği ve endüstri mühendislerini bu problemler üzerinde yeni çalışmalara davet etmekle birlikte, modellerin uygulanması, model parametrelerinin tahmin edilmesi ve dünyada yaşanan açlık ve kıtlığa çözüm arayışlarına da modeller ve yöntemler geliştirilmesine ön ayak olma özelliği taşımaktadır.

Çizelge 2. Önerilen Modellerin Bir Arada Gösterimi
Table2. Collective Display of Proposed Models

1. MODEL	2. MODEL	3. MODEL
$\sum_{i=1}^n x_i + I = A + K \quad (1)$	<i>I-9 kısıtları ve 11-12 kısıtlarına ek olarak;</i>	$TT_i + Q_i = TH_i + U_i, \quad \forall i \quad (22)$
$\sum_{i=1}^n x_i M_i + W G + C K \leq B \quad (2)$	$T_i \leq x_i R_i, \quad \forall i \quad (14)$	$\sum_{i=1}^{81} (G_{it}) R_{it} = TH_{it}, \quad \forall i \quad (23)$
$((\sum_{i=1}^n x_i) + K) H_i \leq E + G \quad (3)$	$N \geq \sum_{i=1}^n (F_i x_i R_i - L_i x_i R_i) + (I - K)C - W G \quad (15)$	$\sum_{i=1}^n G_{it} = G_t, \quad \forall t \quad (24)$
$O_{kit} y_i \leq T_k \leq O_{kitu} + \mu(1 - y_i), \forall i, k \quad (4)$	$\sum_{i=1}^n y_i = D \quad (16)$	$E_{it} \leq O_{it}, \quad \forall i, t \quad (25)$
$K \geq I - \mu(z) \quad (5)$	$\frac{A+K}{D} - \mu(1 - y_i) \leq x_i \leq \frac{A+K}{D}, \quad \forall i \quad (17)$	$G_{it} \leq \mu E_{it}, \quad \forall i, t \quad (26)$
$I \geq K - \mu(1 - z) \quad (6)$	<i>kısıtları altında;</i>	$U_i \leq PT_i, \quad \forall i \quad (27)$
$K \leq (1 - z)\mu \quad (7)$	<i>en küçükle</i> $B = \sum_{i=1}^n S_i x_i \quad (18)$	$Q_i \geq U_i - \mu(z_i), \quad \forall i \quad (28)$
$I \leq z\mu \quad (8)$	ALTERNATİF 2. MODEL:	$U_i \geq Q_i - \mu(1 - z_i), \quad \forall i \quad (29)$
$x_i \leq \mu(y_i), \quad \forall i \quad (9)$	<i>I-9, 11-12, 14, 16-17 kısıtlarına ek olarak;</i>	$Q_i \leq (1 - z_i)\mu, \quad \forall i \quad (30)$
$\sum_{i=1}^n y_i = 1 \quad (10)$	$P = \sum_{i=1}^n (F_i x_i R_i - L_i x_i R_i) + (I - K)C - W G \quad (19)$	$U_i \leq z_i \mu, \quad \forall i \quad (31)$
$z, y_i \in 0,1, \quad \forall i \quad (11)$	$B = \sum_{i=1}^n S_i x_i \quad (20)$	<i>kısıtları altında;</i>
$I, K, G, x_i \geq 0, \quad \forall i \quad (12)$	<i>kısıtları altında;</i>	$\text{en büyükle } \sum_{i=1}^n (Q_i - U_i) F_i \quad (32)$
<i>kısıtları altında;</i>	<i>en küçükle</i> B , <i>en büyükle</i> $P \quad (21)$	
$\text{en büyükle } \sum_{i=1}^n (F_i x_i R_i - L_i x_i R_i) + (I - K)C - W G + E) \quad (13)$		

KAYNAKLAR

- Ackoff, R.L. 1978. The art of problem solving: Accompanied by Ackoff's fables. New York: Wiley.
- Ahumada, O. ve J.R. Villalobos. 2011. Operational model for planning the harvest and distribution of perishable agricultural products. *International Journal of Production Economics*, 133(2), 677-687.
- Biswas, A. ve B.B. Pal. 2005. Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system. *Omega*, 33(5), 391-398.
- Cankurt, M., ve B. Miran. 2010. Aydın yöresinde çiftçilerin traktör satın alma eğilimleri üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1), 43-51.
- Eraslan, E. ve Y.T. İç. 2011. A multi-criteria approach for determination of investment regions: Turkish case. *Industrial Management & Data Systems*.
- García, J. L., A. Alvarado, J. Blanco, E. Jiménez, A.A. Maldonado ve Cortés, G. 2014. Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an analytic hierarchy process. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100, 60-69.
- Haneveld, W.K. ve A.W. Stegeman. 2005. Crop succession requirements in agricultural production planning. *European Journal of Operational Research*, 166(2), 406-429.
- İç, Y.T. 2012. Development of a credit limit allocation model for banks using an integrated Fuzzy TOPSIS and linear programming. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 5309-5316.
- Kara, İ. 1991. Doğrusal programlama. *Bilim Teknik Yayınevi*.
- Kaya, A. 2017. Genetik Algoritma Yaklaşımı İle Sanal Pamuk Üretim Modellemesi. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 3(1), 27-37.
- Kendirli, B. 2004. Sera İşletmelerinin Planlanmasında Sistem Yaklaşımı. *Derim*, 21(1), 35-43.
- Leinbach, P.A. ve T. Stansfield. 2002. Living up to expectations. *IIIE solutions*.
- Manos, B.D., A. Ciani, T. Bournaris, I. Vassiliadou ve J. Papathanasiou. 2004. A taxonomy survey of decision support systems in agriculture. *Agricultural Economics Review*, 5(389-2016-23416), 80-94.
- Plà, L.M., D.L. Sandars ve A.J. Higgins. 2014. A perspective on operational research prospects for agriculture. *Journal of the Operational Research Society*, 65(7), 1078-1089.
- Senge, P.M. 2006. The fifth discipline: The art and practice of the learning organization. *Broadway Business*.
- Tan, B., ve N. Çömden, 2012. Agricultural planning of annual plants under demand, maturation, harvest, and yield risk. *European Journal of Operational Research*, 220(2), 539-549.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla. 2020. URL: <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Veriler/GSYH.pdf>, Erişim: Nisan, 2020.
- Ünlüönen, K., ve A. Tayfun . 2012. Ekonomiye giriş. *Nobel*.
- Wheeler, B.M. ve J.R.M. Russell. 1977. Goal programming and agricultural planning. *Journal of the Operational Research Society*, 28(1), 21-32.
- Winston, W.L. ve J.B. Goldberg. 2004. *Operations research: applications and algorithms (Vol. 3)*. Belmont: Thomson Brooks/Cole.
- Zuo, M., W. Kuo, ve K. L. McRoberts. 1991. Application of mathematical programming to a large-scale agricultural production and distribution system. *Journal of the Operational Research Society*, 42(8), 639-648.