

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlknur TÜRKMEN

**SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM İÇİN
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI MODELLERİ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM İÇİN
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI MODELLERİ

İlknur TÜRKMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez/...../2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

İmza.....

İmza.....

İmza.....

Yrd.Doç.Dr.M. Oya ÇETİK Doç. Dr. Rızvan EROL Doç. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK

DANIŞMAN

ÜYE

ÜYE

Bu tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ

Enstitü Müdürü

- **Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM İÇİN
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI MODELLERİ

İlknur TÜRKMEN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Oya ÇETİK
Yıl:2007, Sayfa: 81

Jüri : Yrd. Doç. Dr. Oya ÇETİK
Doç. Dr. Rızvan EROL
Doç. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK

Bu çalışmada, dünya nüfusunun tamamının ihtiyaçlarının karşılanabilmesi ve gelecekteki nesillere daha yaşanılabilir bir dünya bırakılabilmesi için önerilen sürdürülebilir tarım kavramına yöneylem araştırması teknikleri ile matematiksel bir yaklaşım ortaya konmuştur. Sürdürülebilir tarım için karma tamsayılı matematiksel bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, eniyileme paket programlarından biri olarak kullanılan Lingo 8.0 programına aktarılmış ve resmi kurumlardan alınan Adana'nın Yumurtalık İlçesine ait verilerle test edilmiştir. Son olarak elde edilen bulgular, geçmiş yıllarda yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yöneylem Araştırması, Matematiksel Modelleme, Sürdürülebilir Tarım

ABSTRACT

MSc THESIS

**OPERATIONS RESEARCH MODELS FOR
SUSTAINABLE AGRICULTURE**

İlknur TÜRKMEN

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Asist. Prof. Dr. M. Oya ÇETİK

Year: 2007, Pages: 81

Jury : Assist. Prof. Dr. M. Oya ÇETİK

Assoc. Prof. Dr. Rızvan EROL

Assoc. Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK

In the study, a mathematical approach, which was improved by operations research techniques, was exposed for sustainable agricultural concept for the meeting the requirements of all the world population and to leave more livable world for next generations. The mixed integer mathematical model was developed for sustainable agriculture. The improved model was run with Lingo 8.0. that is used as a optimization program with inputs of Adana's Yumurtalık region, which were obtained from the official associations. At the end of the study, the results of model were discussed with the studies in the literature.

Keywords: Operations Research, Mathematical Modeling, Sustainable Agriculture

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin her aşamasında bilimsel olarak gelişimim için beni destekleyen ve yönlendiren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Oya ÇETİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Hocalarım Doç. Dr. Rızvan EROL ve Yrd. Doç. Dr. Ali KOKANGÜL'e yardımları için teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans öğrenimim süresince değerli fikirleri ve önerileriyle bilgilerini benimle paylaşan çalışma arkadaşım Arş. Gör. Onur Taş'a sonsuz teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca beni destekleyen, sıkıntılara ortak olan aileme, sabırları, anlayışları ve tüm destekleri için teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmamın materyal bölümü için tüm imkânları sunan Adana Tarım İl Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER	SAYFA NO
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Tanımı	3
1.2. Sürdürülebilir Tarım	5
1.3. Çalışmanın Önemi.....	8
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	9
1.5. Çalışmanın Adımları	10
1.6. Çalışmanın Organizasyonu.....	10
1.7. Orijinal Katkılar.....	11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Dünyada Sürdürülebilir Tarım.....	12
2.2. Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım.....	15
2.3. Sürdürülebilir Tarım Konusundaki Karar Modelleri	16
2.4. Genel Değerlendirme.....	19
3. MATERYAL VE METOT.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Notasyon.....	28
3.3. Metot.....	30
3.3.1. Karma Tamsayılı Matematiksel Model.....	30
3.3.2. Hedef Programlama Modeli.....	34
3.3.3. Matematiksel Modelin Çalışma Algoritması.....	36
3.3.4. Matematiksel Modelin Lingo 8.0. Programında Yazılmış Kodları....	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Matematiksel Modelin Sonuçları	39
4.1.1. Senaryo- I’ e İlişkin Sonuçlar.....	39

4.1.2. Senaryo- II'e İlişkin Sonuçlar.....	43
4.2. Duyarlılık Analizi	46
4.2.1. Kısıtların Sağ Tarafındaki Değişiklere Karşı Duyarlılık.....	46
4.2.2. Kısıtların Amaç Fonksiyonlarına Olan Etkisi.....	49
4.2.3. Amaç Fonksiyonlarındaki Katsayıların Amaç Fonksiyonuna Etkisi..	50
4.3. Tartışma	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	54
5.1. Sonuçlar.....	54
5.2. Mevcut Durum ile Sonuçların Karşılaştırılması.....	55
5.3. Öneriler	55
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	62
EKLER.....	63
EK1.....	63
EK2.	64
EK3.	65
EK4.	66
EK5.	72
EK6.	75
EK7.	78

ÇİZELGE DİZİNİ	SAYFA NO
Çizelge 1.1. Tarımsal sistemlerde düşünülmesi gereken değişkenler.....	2
Çizelge 1.2. İstihdama ilişkin göstergeler	3
Çizelge 1.3. Ekonominin genel dengesi	3
Çizelge 3.1. Bir yıllık bir dönemde yetiştirilebilecek ürünler listesi.....	21
Çizelge 3.2. Bölgelerin tarım alanları.....	22
Çizelge 3.3. 1995–2005 yılları arasında ürünlerin dönemsel talepleri-I	23
Çizelge 3.4. 1995–2005 yılları arasında ürünlerin dönemsel talepleri-II	24
Çizelge 3.5. 2006–2025 yılları arasında ürünlerin dönemsel talepleri-I	24
Çizelge 3.6. 2006–2025 yılları arasında ürünlerin dönemsel talepleri-II	25
Çizelge 3.7. Ürünlerin gübre ihtiyacı	27
Çizelge 3.8. Ürünlerin 20 yıl sonunda içerisinde olması gereken gübre sınırlamaları.....	27
Çizelge 4.1. Amaç fonksiyonlarının çözümleri.....	40
Çizelge 4.2. Model sonuçları.....	40
Çizelge 4.3. Ekilmesine karar verilen ürünlerin değerleri	42
Çizelge 4.4. İthal edilecek ürünler ve miktarları	43
Çizelge 4.5. Senaryo-II'ye ait amaç fonksiyonlarının çözümleri	43
Çizelge 4.6. Senaryo-II'ye ait model sonuçları.....	44
Çizelge 4.7. Senaryo-II'de ekilmesine karar verilen ürünlerin değerleri.....	45
Çizelge 4.8. Senaryo-II'de ithal edilecek ürünler ve miktarları.....	46
Çizelge 4.9. Talepteki değişimin 1. amaç fonksiyonuna etkisi.....	47
Çizelge 4.10. Kısıtların amaç fonksiyonlarına olan etkisi.....	49
Çizelge 4.11. Kısıtların 2. amaç fonksiyonuna etkisi	50
Çizelge 4.12. Amaç fonksiyonundaki katsayılardaki değişimin amaç fonksiyonuna etkisi.....	52
Çizelge 4.13. Gübre ihtiyaçlarındaki değişimin 2. amaç fonksiyonuna etkisi.....	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO

Şekil 1.1. Sürdürülebilir tarımın temel unsurları arasındaki dengenin oluşumu ve sürekliliğine etkili etmenler.....	7
Şekil 3.1. Hedef programlama çözüm algoritması.....	37
Şekil 3.2. Lingo8.0. programı ekran görüntüsü.....	38
Şekil 4.1. Lingo 8.0. çözüm durumunu gösteren ekran görüntüsü	41
Şekil 4.2. Talepteki değişimin 1. amaç fonksiyonuna olan etkisi.....	48
Şekil 4.3. Kısıtların 1. amaç fonksiyonuna olan etkileri.....	50
Şekil 4.4. Amaç fonksiyonundaki katsayılardaki değişimin etkisi.....	51
Şekil 4.5. Farklı gübre kullanım oranlarının 2. amaç fonksiyonuna etkisi.....	52

1. GİRİŞ

İnsanoğlu var olduğu ilk günden bugüne kadar, yaşamsal ihtiyaçları için dünyanın doğal kaynaklarını kullanmıştır. Önceleri yiyecek bulma, barınma ve korunma amacıyla kullanılan kaynaklar, her geçen gün artan ve farklılaşan tarım, sanayi ve enerji gibi faaliyetlerde sınırsızmışçasına kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle son yüzyılda, dünya nüfusunun gün geçtikçe artması ve endüstri devriminin ardından üretim faaliyetlerinin boyutunun büyümesiyle doğal kaynakların kullanımı problemi ortaya çıkmıştır.

Yaşadığımız dünyayı ve tüm insanları etkileyen ve gelecekteki nesilleri de etkilemesi muhtemel görünen doğal kaynakların kullanımı problemine çözüm için 1987’de sürdürülebilir kalkınma kavramı önerilmiştir. Birleşmiş Milletler’ in hazırladığı Brundtland Raporu’nda sürdürülebilir kalkınma, bugün dünyada yaşayan insanların gereksinimlerini karşılamak ve aynı zamanda gelecek kuşakların gereksinimlerinin karşılanmasından ödün vermemek olarak tanımlanmıştır.

Son elli yıl zarfında tarım, çok büyük değişiklikler geçirmiştir. Yeni teknolojileri, makineleşmeyi, artan kimyasal madde kullanımını, ihtisaslaşmayı ve üretimi en üst düzeye çıkarmayı destekleyen hükümet politikaları nedeniyle gıda ve lif verimliliği son derece yükselmiştir. Her ne kadar bu değişiklikler pek çok olumlu etkiye vesile oldu ve çiftçilikte meydana gelen pek çok riski azalttı ise de dünya tarım çevresi bakımından önemli maliyetler de söz konusu olmuştur. Toprak kayıpları, yüzey sularının kirliliği, aile çiftliklerinin azalması, artan üretim maliyeti, kırsal ekonomilerdeki ekonomik ve sosyal şartların birbirinden ayrılması bu maliyetlerden başlıcalarıdır. Sürdürülebilir tarım ve ona bağlı olarak gıda güvenliği, insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki yaygın etkilerinin tehdidi altındadır: küresel ısınma, ormanların kaybı, uygun olmayan tarım teknikleri kullanmanın sonucu olarak su ve rüzgâr kaynaklı toprak erozyonu ve özellikle su kaynakları gibi nadir olan kaynakların aşırı kullanılması. (Chernyak, 2001)

Verimliliği arttırmayı hedeflerken doğayı, geleceği, insanları ve sürdürülebilirliği düşünmeden yönetilen tarım sistemlerinin yerini kentsel tarım”, “permakültür” ve “ekolojik tarım” gibi kavramlarla sürdürülebilirliği hedefleyen

sistemler almalıdır. Bu nedenle tarımsal yönetim sistemleri geliştirilirken düşünülmesi gereken önemli değişkenleri Olson (1992) Çizelge 1.1.’deki gibi listelemiştir.

Çizelge 1.1. Tarımsal sistemlerde düşünülmesi gereken değişkenler (Olson, 1992)

Çevresel Değişkenler	Sosyoekonomik Değişkenler
İklim	Demografik Veriler
Topografya	Devlet Tarım Politikaları
Toprak Türleri ve Durumları	Tüketici Tercihleri
Yöreye Özgü Biyolojik Ortam	Taşıma Altyapı Sistemleri
Hava ve Su Kirliliği	Ürün Fiyatları
Mahsul ve Çiftlik Hayvanları	Tarımsal Teknoloji
Gen Havuzları	Girdilerin Maliyeti
Yeraltı ve Yerüstü Su Miktarı	
Potansiyel Erozyon Zararı	

Ülkemiz sahip olduğu elverişli iklim koşulları verimli arazileri ile tarım için oldukça uygun konumdadır. Sadece Adana ilinde 539.000 Ha’lık kullanılabilir tarım arazisi(Adana Tarım İl Müdürlüğü, 2006), iklim koşullarına uygun ürün çeşitliliğinin fazlalığı, toprak yapısı ve arazilerin mekanizasyona izin vermesi ayrıcalıklı bir özellik kazandırmaktadır. Son yıllarda izlenen yanlış tarım politikaları, ithal ürünlerin yurtiçi girişleri ile ilgili kanunların yurtiçindeki üreticiyi düşünerek yapılmaması birçok bireysel ve kurumsal üreticiyi zor durumda bırakmıştır. Bu durum eldeki kaynakların etkin bir şekilde kullanılmadığını ortaya koymaktadır. Toprak, enerji, işgücü, para, kullanılan malzeme, makine ve teçhizat, zaman kaynaklarının verimsiz kullanılması sosyo-ekonomik ve kültürel yönden hem bireysel hem de ulusal olarak zarar vermektedir. 1999 yılı itibariyle tarım sektörünün GSYİH içindeki payı yüzde 15, istihdam edilen işgücü içindeki pay ise yüzde 45,1 ‘dir. (DPT, 2000) 9. Kalkınma Planından alınan Çizelge 1.2.’ de tarım, sanayi ve hizmet sektörünün istihdam dağılımı, Çizelge 1.3.’te tarım, sanayi ve hizmet sektörünün GSYİH içindeki değeri verilmiştir. GSYİH’ dan tarıma ayrılan payın 2006 yılında %15’ten %9,9’ düştüğü görülmektedir.

Çizelge 1.2. İstihdama ilişkin göstergeler (%) (DPT, 2006)

İstihdamın Sektörler İtibariyle Dağılımı	2000	2002	2005
Tarım	36,0	34,9	29,5
Sanayi	17,7	18,5	19,4
Hizmet	46,3	46,6	51,1

Çizelge 1.3. Ekonominin genel dengesi (DPT, 2006)

	2006		2013
	Cari Fiyatlarla GSYİH İçindeki Milyar YTL	GSYİH İçindeki Pay (Yüzde)	GSYİH İçindeki Pay (Yüzde)
Tarım	54,8	9,9	7,8
Sanayi	142,9	25,9	27,2
Hizmetler	354,1	64,2	65,0
GSYİH	551,8	100,0	100,0

Arazi kullanım planlaması, arazi kullanımında en iyiye ulaşmak için, toprak ve su potansiyellerinin sistematik açıdan değerlendirilmesidir. Planlamanın amacı, gelecek için kaynakların garanti altına alarak insanların ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacak arazi kullanım alternatiflerini seçip hayata geçirmektir. (Birinci, 2004)

Arazi kullanım planlaması tüm ülke düzeyinde gerçekleştirildiğinde, tarımdaki istikrarsızlık da son bulacağı belirtilmektedir. Arazilerin yeteneklerine göre kullanılmasının sonucunda verim artacağı ve çevrenin bu durumdan olumlu olarak etkilenmesi muhtemeldir. Daha da önemlisi anlık sorgulamalarla karar vericilere ve uygulayıcılara büyük kolaylık sağlayacaktır. Böylelikle, üreticilerin yeni ve daha ekonomik ürünlere yönelimleri kolaylaşacak ve yanlış arazi kullanımları önlenebilecektir. (Şahin, 2004)

1.1. Problemin Tanımı

Günümüzde, doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanılması problemi nüfusun artması ve buna bağlı olarak ihtiyaçların artması ile farklı bir boyuta ulaşmıştır. Dünyada birçok ülke doğayı düşünmeden, üretimden elde edilecek geliri arttırmak için ihtiyacından fazla üretmektedir. Özellikle tarım sektöründe gelirin

arttırılması sağlamak amacıyla düşünülmeden yapılan ekimlerin neden olabileceği zararlar etkilerini uzun yıllar sonra göstermektedir.

Gelecek nesillerin de ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için düşünülen sürdürülebilir tarım uygulamalarında; doğal kaynaklara en az zarar verecek biyolojik azot fiksasyonu, ekim nöbeti, biyolojik mücadele ve uygun yetiştirme tekniklerinin önemi oldukça büyüktür. Sürdürülebilir tarım genel anlamıyla; biyolojik girdilerin kullanılmasıyla tarım dışı girdilerin en aza indirilmesi ve buna bağlı olarak doğal kaynakların bozulmasını engelleyerek verimliliğin arttırılmasını sağlamaktır. (Açıksöz, 2001)

Yüzyıllardır var olan ekilecek ürünün belirlenmesi problemi, günümüzde çevreye en az zararı verecek, aynı zamanda bireylerin ve toplumun elde edeceği karı da en büyükleyecek ve topraktan uzun yıllar elde edilecek verimi arttıracak şekilde çözülmesi gündeme gelmiştir. Bir başka deyişle, ekilecek ürünü seçerken o ürün için gerekli olan gübre, ilaç ve su gibi değişkenlerin değerleri, toprakta uzun yıllar tarım yapılabilmesi için gerekli olan değerler arasında olmalıdır.

Sürdürülebilir tarımın gerçekleşebilmesi için aşağıdaki sorulara sosyal, ekonomik ve çevresel amaçlar ve tüm değişkenlere ait kısıtlar göz önünde bulundurularak cevap aranmalıdır.

1. Hangi alana hangi ürün ekilebilir?
2. Ürünlerden ne kadar talep edilmektedir?
3. Ekilebilecek ürünün üretiminden elde edilecek gelir nedir?
4. Ekilebilecek ürünün üretim maliyeti nedir?
5. Ekilebilecek ürün için kullanılacak gübre miktarı ne olmalıdır?
6. Ekilebilecek ürün için kullanılacak ilaç miktarı ne olmalıdır?
7. Seçilen ürünün ekiminin ardından toprağa bir sonraki dönem hangi ürün ekilmelidir?
8. Uzun dönem düşünüldüğünde ekilen ürünlerin, atılan gübrelerin ve ilaçların toprağa nasıl bir etki yapması beklenir?

1.2. Sürdürülebilir Tarım

“Kendi kendini besleyen 21. yüzyıl kentleri” düşüncesi son yıllarda meydana gelen çevre kirliliği, doğal kaynakların azalması ya da tamamen kaybedilmesi ve buna bağlı olarak pek çok ülkede insanların açlık sorunuyla karşı karşıya kalması sonucu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda sürdürülebilir kentlere ulaşmak amacıyla “kentsel tarım” ve “ekolojik tarım” kavramları gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde önem kazanmıştır. Bu kavramlar ile kentsel tarım kavramının desteklenmesi, gelecek kuşaklara kaynakların aktarımının sağlanması ve doğaya uyumlu yaşama mekânlarının gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. (Açıksöz, 2001)

Tan ve Köksal (2004) sürdürülebilir tarımın tanımını “Tarımsal faaliyetin uzun dönemde verimliliği ve çevreyi koruyacak, ekonomik gelişmeyi sağlayacak, kırsal yaşam kalitesini yükseltecek şekilde yönlendirilmesidir.” şeklinde yapmıştır.

Tarımsal üretim sistemlerinde sürdürülebilirliği sağlamak için hasat edilen ürünler tarafından kaldırılan, yıkanma veya buharlaşma yoluyla kaybolan besin maddeleri mutlaka tekrar toprağa geri verilerek doğal dengenin korunması gereklidir. Sürdürülebilir tarım, üç temel hedefi bir araya getirmektedir: **çevre sağlığı, ekonomik karlılık ve sosyal ve ekonomik eşitlik**. Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama imkânını tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılamamız gerektiği ilkesine dayanmaktadır. (Chernyak, 2001) Çevre açısından uygunluğu toprak, hava, suyu bilinçli kullanarak ve doğayı koruyarak tarım arazilerinde sürdürülebilir tarımı mümkün kılmasıdır. Ekonomik yönünden uygulanabilirlik, bugün ve gelecekte çiftçiler için üreticilere mutlaka gerekli geliri sağlaması olarak anlaşılmalıdır. Sosyal yönden kabul edilebilirliği, üreticilerin ihtiyaçlarını, yeni teknolojileri ve bölgesel ahlaki değerlere uygun olmasıdır. Politik yönden desteklenebilirliği ise tohum, gübre, kredi ve ürünün değerine satılması gibi konuları içermektedir. (Süzer, 2005)

Sürdürülebilir tarım, basitçe metotlar listesi veya tarımsal kimyasal kullanımı azaltılmış mahsul üretimi değildir. Sürdürülebilir tarım, tek tek her araziye uzun ve kısa dönem ekonomiyi düşünerek kaynakları koruyan, yönetim yoğun bir şekilde uygulanır. Buna rağmen sürdürülebilir tarıma, özel bölgeler, toprak türleri, topoğrafik

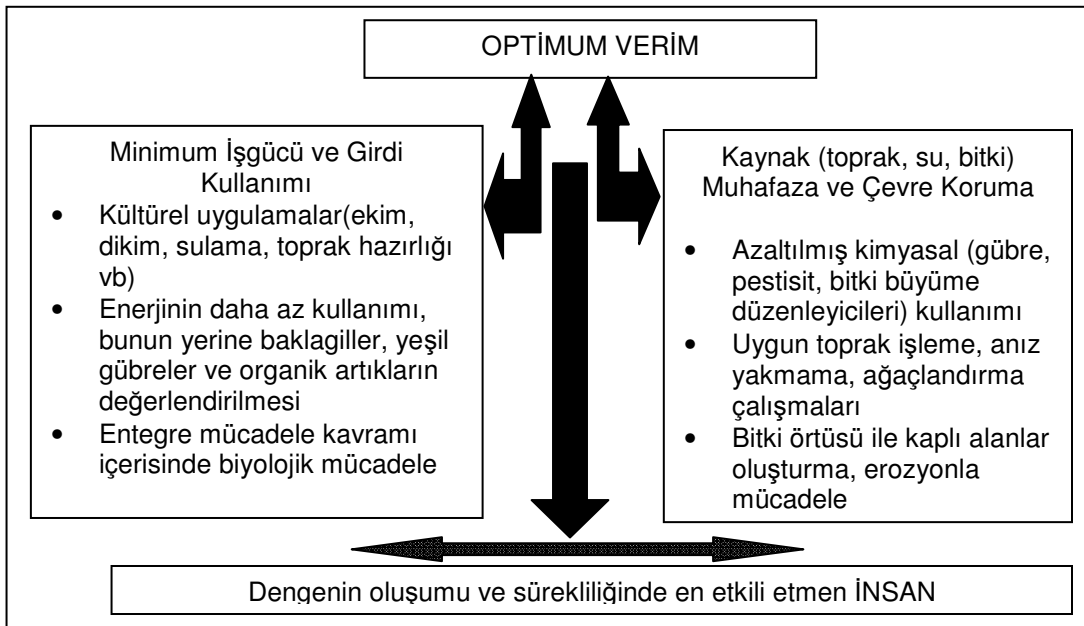
yapı, iklim ve on genel özellikle yeniden şekil verilmelidir. Sürdürülebilir tarımla birleştirilebilecek on özellik şunları içermektedir:

- 1) Çiftlik toprağı ve ikliminin sürdürülebilirliğı için seçilmiş aynı zamanda böcek ve patojenlere dayanıklı ürün çeşitliliğı ve çiftlik hayvanları seçilir.
- 2) Çiftlik hayvanlarının barınmaları sağlanır ve düşük yoğunluklarda otlatılır.
- 3) Önceden beri satın alınan malzemeler yerine yenilenebilir çiftlikte üretilmiş kaynaklar tercih edilir.
- 4) Sağlık için istenen ürün çeşitlerinin farklılığının istenmesi ve rotasyon, birlikte ekim ve nöbetleşe ekim çalışmalarıyla elde edilir.
- 5) Ürünlerin rotasyonu, derin köklü ürünler içermesiyle düşük toprak tabakalarında besin rezervlerinin kullanımını artırılır ve tohumların ve zararlı böceklerin kontrolü sağlanır.
- 6) Koruyucu ürün ve malç kullanılarak toprak yüzeyini koruyarak erozyonu azaltılır ve nemi korunur.
- 7) Ürün kullanımı için uygun zamanda tutulan besin maddelerini toprak yönetiminde kabiliyetini arttırmak için tutulur veya serbest bırakılır.
- 8) Çözülebilir inorganik gübreler, ürünün etkin kullanabileceğı seviyede uygulanır ve besin maddesi açıkları çiftlik hayvanlarının gübrelerinden ve baklagillerden karşılanmayabilir.
- 9) Sentetik böcek ilaçları zararlı otların, zararlı böceklerin ve patojenlerin kontrolünün arttırılmasında kullanılır.
- 10) Özelleşmiş organizmalar hedeflenir ve düşük memeli zehirlenmelerinin kriterlerini sağlanır, kararlılık sınırlanır ve düşük çevresel hareketlilik biosidler kullanıldığı zaman gerçekleşir. (Olson, 1992)

Karmaşık tarımsal problemlerin çözümünde genotip x çevre x yönetim x insan unsurlarını kapsayan bir sürdürülebilir tarım modeli uygulanabilir. İlk olarak sürdürülebilir tarımda uygun bitki çeşitlerinin rolüne, bitki tohumluklarında genetiksel farklılıklar, hastalıklara karşı dayanıklılık, tarla bitkilerin azot kullanma etkinliğı, az azot isteyen kurağa toleranslı tarla bitkileri, tarla bitkilerinde asit ve alkali toprak koşullarına toleranslılık unsurları etki etmektedir. İkinci olarak sürdürülebilir tarımda çevrenin rolüne, tarım yapılan çevrenin koşullarına maksimum

ve minimum sıcaklık, deniz seviyesinden yükseklik, yağış miktarı ve zamanı, buharlaşma oranı, güneşlenme, gün uzunluğu, toprak asitliği (pH) ve diğer toprak karakterleri etki etmektedir. Üçüncü olarak sürdürülebilir tarımda yönetimin önemi, bitki besin maddeleri, toprak organik maddesi, ekim nöbeti, toprak işleme, entegre zararlı ve yabancı ot mücadelesi gibi özelliklerle vurgulanmıştır. Son olarak sürdürülebilir tarımda insan faktörü düşünüldüğünde, bitkisel üretimde bulunan gelişmeleri ve teknolojileri aktarırken kültürel ve sosyal durumları mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. (Süzer, 2005) Ayrıca sürdürülebilir tarım sistemlerinde yapılan çalışmalarda piyasalardaki belirsizlik ve politik kararlar mutlaka düşünülmelidir.

Sürdürülebilir tarımın temelini toprak, su, enerji ve çevrenin korunması, sürekliliğinin sağlanması, bu kaynakların tekrar kullanılabilirliğinin ve kirlenmemesi ilkesi oluşturmaktadır. Sürdürülebilir tarım, temel olarak kaynak muhafazası ve çevre koruma ile minimum işgücü ve girdi kullanımı ve optimum verimlilik arasında bir denge oluşturmak durumundadır. Şekil 1.1.' de sürdürülebilir tarım için dengenin oluşumu ve sürekliliğine etkili olan etmenler ve birbirleri ile ilişkileri görülmektedir. (Açıksöz, 2001)



Şekil 1.1. Sürdürülebilir tarımın temel unsurları arasındaki dengenin oluşumu ve sürekliliğine etkili etmenler (Açıksöz, 2001)

Amerika Ulusal Araştırma Konseyi 1989 yılında sürdürülebilir tarımı beş ana başlık altında değerlendirmiştir (Açıksöz, 2001):

- Tarımsal üretimde “besin döngüsü, azot fiksasyonu ve zararlı predatör” ilişkileri gibi doğal olaylar üzerine daha fazla eğilmek,
- Çevre ve insanlara zararlı olan tarım dışı girdilerin kullanımını azaltmak,
- Bitki ve hayvan kaynaklarını daha verimli kullanmak,
- Ekim nöbetine en uygun ürün desenlerini sağlamak,
- Toprak, su, enerji ve biyolojik kaynakları koruyarak bunların titizlikle yönetilmesi üzerinde önemli durmaktır.

1.3. Çalışmanın Önemi

Küreselleşen dünyada ihtiyaçlara cevap verebilmek için kaynakların düşüncesizce kullanıldığı ve bu durumdan tüm insanların etkilendiği görülmektedir. Bunun en güncel örneği, farklı etkilerini tüm dünyanın yaşadığı küresel ısınma problemidir. Geçen yüzyıllarda insanlar, dünyanın tüm kaynaklarını çevreye zarar verebileceklerini ve gelecek nesilleri düşünmeden kullanmışlardır. Bu nedenle, ülkemizde ve dünyada var olan doğal kaynakların korunması ve gelecek kuşakların da ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde kullanılması oldukça önemlidir.

Sürdürülebilir tarım genel anlamda, toprak ve su kaynaklarını kimyasal maddelerle kirletmeden, enerji tüketimini en aza indirerek, biyolojik varlıkların yaşam alanını daraltmadan, çevreyle ilgili koşullar gözetilerek, topraktan kaldırılan bitki artıklarının organik madde olarak tekrar toprağa geri dönüşümü sağlanarak gerçekleştirilen tarımsal üretim yöntemi olarak tanımlanabilir. (Süzer, 2005)

Ülkemizde bitkisel üretimde sürdürülebilir tarıma geçilmesi, özellikle akarsu ve göl havzaları için büyük önem taşımaktadır. Tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan kimyasal maddeler suyun akarsu ve göllere karışması ile sucul ortamlara taşınarak, buralardaki doğal dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Oysa insanoğlu ve tüm canlılar için büyük önem taşıyan tatlı su kaynaklarının günümüzdeki önemi çok artmıştır. (Süzer, 2005)

Sürdürülebilir tarım uygulamaları verimliliğin artırılmasını hedeflerken aynı zamanda da kısa ve uzun vadede doğal çevrede meydana gelebilecek zararların azaltılması, tarımdan elde edilecek gelirin artırılarak hem ülke ekonomisine olan katkının artırılması hem de tarım sektöründe çalışan insanların yaşam standartlarının yükseltilmesi hedeflenir.

1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Tarıma elverişli arazilere en uygun ürünlerin belirlenmesi problemi kaynakların verimli kullanımı, bireysel ve ulusal kalkınma açısından oldukça önemli bir konudur. Bu problem Adana İli sınırları içerisinde incelenip bir model oluşturulduktan sonra tüm Türkiye'ye uygulanabilecek bir tarım politikası belirlenebilir. Böylelikle, oluşabilecek aksaklıklar, sorunlar ve belirsizlikler model olarak alınan Adana bölgesinde çözüldükten sonra diğer bölgelere daha sorunsuz ve doğru bir şekilde uygulanması önerilmektedir.

Bu çalışmanın, ekonomik, çevresel ve sosyal yönden toplumu ve bireyi ilgilendiren farklı niteliklerde amaçları bulunmaktadır. Bu amaçlar;

- Adana İli Yumurtalık ilçesinde yer alan tarıma elverişli araziler için maliyeti en düşük, aynı zamanda karı en fazla olan ve çevreye en az zarar veren optimal ürün sepetini belirlemek,
- Üreticilerin ihtiyaç fazlası, maliyeti yüksek, üretimi zor ve karı düşük ürünler üretmesini önleyerek GSMH'nin artışına katkıda bulunmak,
- Tarıma elverişli arazilerden, işgücünden, zamandan, sermayeden, enerjiden ve diğer kaynaklardan sürdürülebilir tarım çerçevesinde en verimli şekilde faydalanmak,
- Ülke ekonomisine, kaynakları en etkin biçimde kullanılmasını sağlayarak katkıda bulunmak,
- Tarımsal faaliyetlerin olumsuz etkilerini azaltabilmek,
- Mevcut durumda kullanılan tarım arazilerinden uzun yıllar faydalanabilmek,

- Hammaddesi tarım ürünü olan gıda, tekstil, ilaç endüstrilerinin hammadde maliyetlerinin düşürmek,
- Yöneylem araştırması tekniklerinin askeri ve endüstriyel alanların dışında da uygulanabileceğini ve olumlu sonuçlar verebileceğini göstermek şeklinde sıralanmıştır.

1.5. Çalışmanın Adımları

Yapılan tez çalışmasında izlenen adımlar aşağıda belirtilmiştir.

1. Problemin Tanımlanması: İlk olarak ele alınan sürdürülebilir tarım konusunda yapılmış çalışmalar hakkında detaylı bir literatür araştırması yapılmıştır.
2. Matematiksel Modelin Geliştirilmesi: Sürdürülebilir tarım konusunda, var olan matematiksel modellerden farklı bir matematiksel model geliştirilmiştir.
3. Verilerin Toplanması: Geçmiş yıllara ait veriler Tarım İl Müdürlüğü'nden ve çeşitli Tarımsal Araştırma Enstitülerinden temin edilmiştir.
4. Matematiksel Modelin Verilerle Test Edilmesi: Bu çalışmada geliştirilen model, Adana iline ait verilerle Lingo 8.0. paket programına aktarılmış ve çalıştırılmıştır.
5. Sonuçların Yorumlanması: Elde edilen sonuçlar, var olan durum ile karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

1.6. Çalışmanın Organizasyonu

Tez çalışmasının giriş bölümünü, literatür araştırmasının yapıldığı önceki çalışmalar bölümü izlemektedir. Sürdürülebilir tarım konusunda yapılmış çalışmalar ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan materyal ve metot hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, geliştirilen matematiksel modelin eniyileme programından biri olan Lingo 8.0 paket programında çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar sunulmuş ve yorumlanmıştır. Yapılacak olan çalışmalar için önerilere son bölümde yer verilmiştir.

1.7. Orijinal Katkılar

Karar modellerinin tarım sektöründeki uygulamaları incelendiğinde daha çok yıllık olarak ele alınan mahsul planlama problemi geliştirilmiştir. Probleme, karın en büyüklenmesi veya uygun arazilerin kullanım oranlarının en büyüklenmesi gibi tek bir amaç fonksiyonu önerilerek çözüm aranmıştır. Bu çalışmada ise ürünlerin ekiminin ve ithal edilmesinin sağlayacağı mali faydanın en büyüklenmesinin yanı sıra en az gübre kullanımı ve en az toprak kaybını sağlanması amaçları da düşünülmüştür.

Problem, her yılbaşında ekilecek ürünü elde edilecek karı en büyükleyecek şekilde ele alınmıştır. Bu şekilde hazırlanan matematiksel modellerin sonuçları ise uzun yıllar içerisinde çevresel sorunlara neden olmaktadır. Karı en yüksek olan ürünün aynı toprağa uzun yıllar boyunca ekilmesi toprağın yapısındaki maddelerin azalması, o bölgede belli hastalıkların ortaya çıkması ve topraktan elde edilecek olan verimin azalması gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için önerilen matematiksel modelde yapılan tarımsal araştırmalar sonucu ortaya çıkan farklı ekim nöbetleri modele dâhil edilmiştir. Böylelikle tarımsal faaliyetler sonucunda toprağın gördüğü zarar azaltılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada sadece bir yıl içerisinde ekilecek ürünleri değil, çevresel ve ekonomik amaçlar göz önünde bulundurularak en az 10 yıl boyunca bir bölgeye hangi ürünlerin ekilmesinin daha iyi olacağı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Dünyada Sürdürülebilir Tarım

Son yüzyılda teknolojinin gelişimi ile dünyada nüfus artışı, kaynakların kullanımında dengesizliklere sebep olmaktadır. Kaynakların verimli bir şekilde kullanılmaması çevreye ve insanlığa zarar vermektedir. İlk olarak gelişmiş ülkelerin ortaya attığı koruma ve sürdürülebilirlik kavramı 1970’li yıllarda çevre hareketleri başlaması ile dikkat çekmiştir. Çevre, kaynakların kullanımı ve sürdürülebilir tarım konusunda 1970’li yıllardan sonra gerçekleşmiş önemli olaylar aşağıdaki gibi sıralanabilir. (TÜBA, 2002) (Pezikoğlu, 2005)

- 1970’ler- Kaynakların düzensiz kullanımına ve çevrenin kirletilmesine tepki olarak çevre hareketleri başlamıştır.
- 1971- Greenpeace sivil toplum örgütünün çevre konusunda yapmış olduğu çalışmalarla çevre konusu gündeme gelmiştir.
- 1972- Roma Kulübünün ‘The Limits to Growth’ çalışması, dünyanın gelişme eğilimlerinin nasıl sorunlara neden olabileceği üzerinde durulmuştur.
- 1972- Stockholm’de Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen İnsan Çevresi Konferansı sonrası BM Çevre Programı devreye girmiştir.
- 1983- Dünyada birçok ülkenin dâhil olduğu Sürdürülebilir Tarım Birliği kurulmuştur.
- 1987- Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan Brundtland Raporunda sürdürülebilirlik ilkesi ortaya konmuştur. Dünyada birçok ülke ulusal çıkarlarını göz önünde bulundurarak bu raporu uygulama kararı almıştır.
- 1992- Rio de Jenario’da yapılan Dünya Zirvesi’nde(Earth Summit) uluslar arası düzeyde sürdürülebilirlik ilkesinin merkezde bulunduğu bir eylem programı geliştirilmiştir. Özellikle sürdürülebilir tarım ve kırsal kalkınma, çölleşme ve kuraklaşma ile savaş, toprak kaynaklarının entegre planlaması ve yönetimi konularının önemi vurgulanmıştır.

- 1999- Berlin’de gerçekleşen Avrupa Konseyi Raporlarında sürdürülebilir tarım konusu geniş yer almıştır.

Sürdürülebilir tarım uygulamaları bölgelerin, ülkelerin ve toplumların farklı sosyolojik, ekonomik ve ekolojik yapılarına uygun olarak dünyada farklı kavramlarla gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Sürdürülebilir tarım kavramlarından bazıları aşağıda kısaca açıklanmaya çalışılmıştır.

Tarımsal ekoloji (Agroecology) tarım, ekoloji, antropoloji ve kırsal sosyoloji bilimlerini esas alan farklı disiplinlerden doğmuş olan bir bilim dalıdır. Tarımsal ekoloji üretimin yanı sıra üretim sistemlerinin ekolojik sürdürülebilirliği üzerinde yoğunlaşan tarıma daha çevreci ve sosyal duyarlı bir yaklaşım olarak tanımlanmıştır. (Kara, 2001)

Tarımsal ekoloji ve sürdürülebilirlik kavramlarını oluşturan ilkeler yenilenebilir kaynakların kullanımı, zehirli atıkların en küçüklüğüne, kaynakların korunması, ekolojik ilişkilerin yönetimi, yerel çevreye uyarlama, çiftliğin fiziksel ve potansiyel limitlerini değerlendirme; ekolojik çevreye uygun bitki ve hayvan seçimi sağlama, çeşitlendirme, insanların yetkilendirilmesi, bütün sistem yönetimi, uzun dönemde faydaları maksimize etme, sağlığın değeri şeklinde sıralanmıştır. (Agroecology, 2007)

Alternatif tarım (Alternative Farming) kavramı geleneksel tarımsal aktivitelerin dışında organik, su kültürü gibi geniş pratikleri ve girişimciliği kapsamaktadır. Alternatif tarımda bitkisel gıda ürünleri, hayvancılık ve üretimi yapılan diğer tarımsal ürünlerin deseni klasik tarım sistemlerindeki seçimin dışındadır. Ayrıca servis, rekreasyon, turizm, gıda işleme, orman-koru ve diğer anlamdaki çeşitlendirilmiş girişimler çiftlik sisteminin doğal kaynak tabanı esas alınır. Bunların dışında girişimci-yenilikçi pazarlama stratejileri kullanılır ve doğrudan pazarlama yapılır. (Kara, 2001)

Biyodinamik tarım (Biodynamic Farming), yerel ekosistemlere adaptasyon, kendi kendine yeterlik, hayvan ve bitkisel ürün kombinasyonu ve diğer anlamdaki uygulamalarıyla birçok organik yetiştiriciliğe benzemeyen, bitki ve hayvansal varlıklar, yönetimli ve yabanıl ekosistemler ve çiftlik ile çiftliğin genişletilmiş çevresi aralarındaki ilişkilere daha derinden ve yakın anlamda düşünen bir

yaklaşımıdır. Günümüzde geniş bir yapılanma göstermiş olan biyodinamik tarım birçok ülkede araştırma eğitim ve uygulama merkezlerine sahiptir. (Kara, 2001)

Düşük girdili tarım (Low Input Farming), hedeflenen işletme içinden sağlanan girdiyi artırırken, işletme dışından sağlanan girdi en aza indirilmeye çalışılır. İç üretim girdilerinin optimal kullanım ve yönetimini aramakta, işletme dışı üretim girdilerinin ise ne zaman, nerede, ne kadar kullanılacağı sorularına cevap verecek en uygun pratik ve uygulanabilir yol bulunmaya çalışılmaktadır. (Pezikoğlu, 2005) Bir diğer tanıma göre yönetim ve çiftlikte üretilen girdilerin kullanımının optimize edilmesini ve mümkün ve uygulanabilir olduğu sürece satın alınmış gübreler ve ilaçlar gibi üretim girdilerinin kullanımının en küçüklenmesi; üretim maliyetini düşürerek, yerüstü ve yeraltı sularının kirliliğinden kaçınarak, yiyeceklerde bulunan ilaçların artıklarını azaltarak, çiftçinin tüm risklerini azaltarak ve kısa ve uzun vadede çiftlik karlılığını arttırarak sağlamayı hedeflemektedir. (Lindenbach-Gibson ve Gray, 2005)

Biyolojik/ Ekolojik tarım (Biological/Ecological Farming), ürün zararlılarını kontrol etmek için üreticinin kullanılan kimyasalların en düşük düzeyde sağlamaya çalıştığı bir tarımsal üretim sistemidir. (Pesek, 1983)

Entegre tarım sistemleri (Integrated Farming Systems- IFS), tarım araştırma ve politika programları, tarım ve gıda üretim sistemlerine bütünsel olarak yaklaşmaktadır. Entegre sistemler, doğal, ekonomik ve sosyal kaynakların mümkün olan en etkin kullanımının söz konusu olduğu sistemlere sahiptir. Sürekli verimli, karlı, çevreyi koruyan ve çiftçi ile ailesinin sağlığını gözetken, bütünleşmiş ve kaynak etkinlikli bitki ve hayvan sistemleri bu yaklaşımın amaçları arasında bulunmaktadır. (Pezikoğlu, 2005)

İngiltere’de entegre yenilenebilir ürün üretim birliği (Integrated Arable Crop Production Alliance-IACPA) entegre ürün yönetimi alanındaki programları yürütmektedir. (IACPA, 2007)

Entegre zararlı yönetimi (Integrated Pest Management- IPM), kültür bitkisinde zarar oluşturan etmenlerin popülasyon dinamikleri ve çevre ile ilişkilerini dikkate alarak uygun olan tüm mücadele metotlarını ve tekniklerini uyumlu bir şekilde kullanarak, bunların popülasyonlarını ekonomik zarar eşiğinin altında

tutmaya yarayan bir hastalık - zararlı yönetim sistemidir, şeklinde tanımlanmıştır. (TAGEM, 2007)

Bioteknoloji (Biotechnology), özel bir kullanıma yönelik olarak ürün veya işlemleri dönüştürmek veya meydana getirmek için biyolojik sistem ve canlı organizmaları veya türevlerini kullanan teknolojik uygulamalar olarak tanımlanmıştır. (DPT, 2000)

İyi tarım uygulamaları (Good Agricultural Practices), sürdürülebilirlik prensibi içinde ekolojik çevre ve ekonomik çevre uyumunun sağlanmasında, insan ve hayvan sağlığının güvence altına alınmasında uygulanacak standartları sağlayan tarımsal uygulamaları ifade etmektedir.(Pezikoğlu, 2005)

Dünyada sürdürülebilir tarım faaliyetlerini sürdüren çeşitli dernek ve kurumlar bulunmaktadır. Dünyada kar amacı gütmeyen sürdürülebilir tarım faaliyetlerini yaygınlaştırmayı ve gelecek nesillere daha iyi bir dünya bırakmak için çalışan kuruluşların sayısı her geçen gün artmaktadır. Amerika’da Nebraska Sustainable Society ve Northern Plains Sustainable Society, Avustralya’da The National Association for Sustainable Agriculture, Avrupa’da European Initiative for Sustainable Development in Agriculture bu amaçla çalışan kuruluşlar arasında bulunmaktadır.

2.2. Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım

Türkiye’de sürdürülebilir tarımla ilgili çalışmalar, dünyadaki çalışmalarla paralellik gösterse de uyumlaştırma süreçlerinde tarım sektörü ile ilgili kurum ve kuruluşların, uygulama alanına biraz geç girdikleri görülmüştür. Organik tarımla ilgili üretim ve ticaretin 1986 yılında başlamasına rağmen, konu ile ilgili ilk yönetmelik 1994 yılında çıkarılmıştır. Sürdürülebilir tarım genel olarak, sürdürülebilir kalkınma ile ele alınmaktadır. Türkiye’nin VI. ve VII. Beş yıllık Kalkınma Planlarında sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya olanak verebilecek şekilde doğal kaynakların yönetimini sağlamak ve gelecek kuşaklara insana yakışır bir doğal, fiziki ve sosyal çevre bırakmak temel ilke ve politika olarak benimsenmiştir. (Pezikoğlu, 2005)

2004 yılında hazırlanan 2006–2010 yılları arasındaki tarım stratejisinin belirlendiği raporda; temel amaç, kaynakların etkin kullanımı ilkesi çerçevesinde ekonomik, sosyal, çevresel ve uluslar arası gelişmeler boyutunu bütün olarak ele alan örgütlü, rekabet gücü yüksek, sürdürülebilir bir tarım sektörünün oluşturulması olarak tanımlanmıştır. (DPT, 2005)

Sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından Türkiye’de bölgesel ya da yöresel düzeyde bir yaklaşımdan söz edilebilir. Bu aşamada organik tarım mevzuatının yanı sıra çeşitli kurum ve sivil toplum kuruluşlarınca gerçekleştirilen proje ve programlar bulunmaktadır. (Pezikoğlu, 2005)

Türkiye ‘de sürdürülebilir tarım konusunda sivil toplum kuruluşları ve tarım ile ilişkili kurum ve kuruluşlar tarafından sürdürülmektedir. Mardin İli kiraz bahçelerinde sürdürülebilir tarım uygulamaları, Balaban Vadisi projesi, Sarayönü ilçesi sürdürülebilir tarım projesi bu konudaki çalışmalarından bazılarıdır.

Ülkemizde çevre dostu tarımı teşvik etmek amacıyla üreticileri sürdürülebilir tarım konusunda eğitmek, bilinçlendirmek ve üretim yaparken çevreye zarar vermeyen yöntemleri kullanmasını ve tüketicilere zarar vermeyecek üretim yapmasını sağlamak amacıyla Sürdürülebilir Tarım Federasyonu faaliyet göstermektedir. (Sürdürülebilir Tarım Dernekleri Federasyonu, <http://www.std-fed.org/>) Federasyon, amaçları doğrultusunda eğitim ve danışmanlık çalışmalarını sürdürmektedir. Ayrıca Sürdürülebilir Kırsal ve Kentsel Kalkınma Derneği Ankara’da, Sürdürülebilir Tarımı Çiftçi Yardımlaşma Derneği Ankara’da, Sürdürülebilir Tarımı Geliştirme Derneği Bolu’da, Sürdürülebilir ve Ekolojik Tarım Derneği Ankara’da ve Sürdürülebilir Yaşam Derneği İstanbul’da sürdürülebilir tarım anlaşılması ve hayata geçirilmesi için faydalı çalışmalar yapmaktadırlar.

2.3. Sürdürülebilir Tarım Konusundaki Karar Modelleri

İkinci Dünya Savaşı sonrasında yöneylem araştırması teknikleri diğer bilimlerden alınmış ve uygulamalara başlanmıştır. Yöneylem araştırması teknikleri tarım alanında da ilgi görmüştür. Yöneylem araştırması modellerinin tarımda ilk olarak Thornthwaite(1953) kullanmıştır.

Literatürde sürdürülebilir tarım konusundaki yapılmış çalışmalar incelendiğinde, çiftlik yönetimi için geliştirilmiş matematiksel modeller, arazi kullanım modelleri ve kaynakların en verimli şekilde kullanımı için geliştirilmiş modeller yer almaktadır. Tarımsal optimizasyon konusunda yapılmış birçok matematiksel model bulunması rağmen sürdürülebilir tarım için önerilen çok fazla matematiksel programlama modeli bulunmamaktadır.

Marks ve ark. (1995), çalışmalarında çok amaçlı karar verme yöntemlerinden basit toplamlı ağırlıklandırma (Simple additive weighting), analitik hiyerarşi prosesi, uyum programlaması (compromise programming) yöntemlerinin sürdürülebilir tarım için uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir.

Yates ve Rehman (1996), altı farklı çiftlik tipinde bulunan arazilerin gelirlerinin en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan modellerinde kısıtları, arazi kullanım potansiyeli, işgücü, bütçe ve çiftliklerin beslenme gereksinimleri olarak belirlemişlerdir. Problemden doğrusal programlama modeli kullanılarak Markov karar sürecinin optimize edilebileceği belirtilmiştir.

Raja ve ark. (1997), kırsal gelişme amacıyla enerji planlama ve optimizasyon modelini sürdürülebilir tarım için vaka çalışması olarak yapmışlardır. Yapılan çalışmada, ürün artışı kısıtını, hayvan gübresi kısıtını, hayvan yemi kısıtını, besleyici gübre kısıtını, pestisit (zararlılar) kısıtını, enerji kısıtlarını, traktör gücü gereksinimini, insan gücü gereksinimini, hayvan gücü gereksinimini, farklı kaynaklardan enerji tedarikini, sulama gereksinimini, taşıma gereksinimini, toprağı sürme kısıtını ve arazi kısıtını göz önünde bulundurularak optimum enerji modeli kurulmuş ve model doğrusal programlama yöntemi ile çözülmeye çalışılmıştır.

Sarker ve ark. (1997), Bangladeş'te yıllık mahsul planlama problemini, gerekli ve uygun mahsuller için kullanılacak arazilerin kullanım oranının maksimizasyonunu sağlayacak şekilde doğrusal programlama ile çözmeye çalışmışlardır. Matematiksel modelde yağış oranı, hava koşulları, sel, kasırga ve diğer doğal felaketler dikkate alınmazken; yiyecek talebi, arazilere ait kısıtlar, yatırım kısıtı, arazilere ekilebilecek ürün kombinasyonları, ürün özellikleri, arazi kısıtları ve ithal edebilme sınırı göz önünde bulundurulmuştur. Son olarak yapılan

çalışmaya ait sonuçlara ve sonuçların duyarlılık analizlerine makalede yer verilmiştir.

Lambin ve ark. (2000), arazi kullanım modelleri ile ilgili çalışmalarını deneysel-istatistiksel çalışmalar, stokastik modeller, optimizasyon modelleri, dinamik simülasyon modelleri, entegre modelleme yaklaşımları şeklinde sınıflandırmışlardır.

Dowman ve ark. (2000), bahçecilikte seçilen bir sebze için optimal üretim planlarının belirlenmesi problemini iki aşamalı stokastik programlama modeli tanımlanarak çözmeye çalışmışlardır. Modelin birinci aşaması tüm senaryolar için yaygın bir ekim planı bulma ile ilgiliyken, modelin ikinci aşaması her senaryo için hasat çizelgesini elde etme ile ilgilidir.

Matthews (2001), tarafından çok amaçlı arazi kullanımı planlaması problemi tek amaçlı genetik algoritmalar, çok amaçlı genetik algoritmalar kullanılarak çözülmeye çalışılmıştır.

Makowski ve ark. (2001), çiftlik sistemi tasarımı için; karma tamsayılı doğrusal programlama yöntemi ile yaklaşık optimal sonuçlar elde etmeyi amaçlayan matematiksel model geliştirmişlerdir. Vaka çalışması Hollanda'da çiftlik tasarımı sistemlerinde gerçekleştirilmiştir.

Glen ve Tipper (2001), arazi kullanımı probleminin doğrusal ve tamsayılı programlama yaklaşımı ile incelemiştir. Meksika'da yapılan çalışmada, yarı-geçimlik bir çiftlikte ekim sisteminin geliştirilmesi amacıyla matematiksel programlama yaklaşımı geliştirilmiştir. Doğrusal programlama modeli gerçekleştirilirken durgun durum ekim politikalarına bağımlı bütçe belirtilmiştir. Durağan modellerin sonuçları durağan durum politikalarını ve ilişkili gelişme planını tanımlamak amacıyla çok dönemli karma tamsayılı programlama modeli ile birleştirilmiştir.

Annetts ve Audsley(2002), faydanın veya çevresel çıktılarının veya her ikisinin de optimizasyonuna izin veren çeşitli çiftlik yönetimi durumları için çok amaçlı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir.

Hengsdijk ve Ittersum (2002), Costa Rica'nın Kuzey Atlantik bölgesi ve Mali'nin Sudano- Sahelian bölgesinde, arazi kullanım sistemlerini tanımlamak için amaç tabanlı yaklaşım uygulamışlardır. Çalışmada, amaç tabanlı tanımlama ve arazi

kullanım sistemlerinin tasarımı, mümkün biyofiziksel üretimin ölçülmesi ve teknik uygunluğun belirlenmesi amaç tabanlı yaklaşımın aşamaları olarak belirtilmiştir.

Sarker ve Quaddus (2002), ulusal mahsul planlama problemi çok amaçlı karar verme araçlarıyla modellemişlerdir. Amaç programlamada gerçek veri setleri kullanılarak çözülen problemin sonuçları, doğrusal programlama ile karşılaştırılmıştır.

Sethi ve ark.(2002), nehir kıyısı havzasında yoğun pirinç ekim eğilimine göre, ürün planlama ve yeraltı sularının yönetimi sürdürülebilir tarım için zorunlu hale geldiğini belirtmişlerdir. Etkin bir yönetim için iki model geliştirilmiştir. Birinci model, yer altı sularını dengeleme modeli olarak geliştirilmiştir. İkinci modelde, ekonomik çıktılarının en büyüklenmesi için en iyi ürünlerin ve yeraltı suları yönetimi için doğrusal programlama eniyileme modeli geliştirilmiştir.

Aerts ve ark.(2003), çok alanlı arazi kullanımı yerleşimi problemleri için doğrusal eniyileme tekniklerini kullanmışlardır. Üç farklı doğrusal tamsayılı programlama modeli ile doğrusal olmayan tamsayılı programlama modeli olmak üzere dört farklı tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. İspanya'nın Galicia bölgesinde vaka çalışması yapılmıştır.

Haneveld ve Stegeman (2005), tarımsal üretim planlama için ardışık ürün gereksinimi problemini içeren doğrusal programlama tabanlı bir model geliştirmişlerdir.

Sarker ve Ray(2005), Üç gerçekçi ürün planlama problemi iyi bilinen çok amaçlı evrimsel algoritma NSGAI (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm) ve yazarlar tarafından geliştirilen bir algoritma MCA (Multi-objective Constrained Algorithm) ile çözmüş ve sonuçlarını karşılaştırmışlardır. MCA algoritmasının NSGAI algoritmasına göre doğrusal çok amaçlı ürün planlama modelinde daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir.

2.4.Genel Değerlendirme

Sonuç olarak literatür çalışmalarında sürdürülebilir tarım için geliştirilebilecek modelin temelini oluşturması düşünülen arazi kullanım problemi,

tarımsal üretim ve ürün planlama ve çiftlik yönetim problemi için geliştirilmiş modellerin ağırlıklı olarak doğrusal programlama ve çok amaçlı programlama yöntemleri ile çözülmeye çalışıldığı görülmektedir. Sürdürülebilir tarım kavramının birden fazla amacı içermesi nedeniyle bu çalışmada, geliştirilen matematiksel model çok amaçlı programlama yöntemi kullanılarak çözülmüştür.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada, önerilen matematiksel model Adana'nın Yumurtalık İlçesinin sulu ve kuru tarım yapılabilen tarım arazileri için elde edilen veriler üç farklı senaryo ile test edilmiştir.

Birinci senaryoda, mevcut durumla karşılaştırma yapabilmek için önerilen matematiksel model geçmiş 10 yıla ait verilerle matematiksel model hedef programlama algoritması ile çalıştırılmıştır.

İkinci senaryoda, en iyi amaç fonksiyonu değerleri bulunarak elde edilmiş hedef programlama modeli gelecek 10 yıl için sabit fiyat varsayımı ile çalıştırılmıştır.

Çizelge 3.1. Bir yıllık bir dönemde yetiştirilebilecek ürünler listesi

Ürün No	Birinci Dönem	Ürün No	İkinci Dönem
1	Buğday	6	Mısır
2	Kanola(Kolza)	7	Yer Fıstığı
3	Baklagiller	8	Soya
4	Yem Bitkileri	9	Pamuk
5	Arpa	10	Ayçiçeği

İlk olarak, ilçe sınırları içerisinde tarım alanı en yüksek olan beş köy seçilmiştir. Adana Tarım İl Müdürlüğü'nden alınan Yumurtalık İlçesinin arazi varlığına ilişkin veriler EK.1'de verilmiştir. Sulu ve kuru tarıma elverişli olan Asmalı, Kaldırım, Kuzupınarı, Merkez ve Zeytinbeli köyleri pilot bölge olarak seçilmiş uzman ziraat yüksek mühendisi ile görüşülerek bölgenin iklimsel özellikleri, toprak yapıları ve yaşayan nüfusun alışkanlıkları dikkate alınarak bölgedeki tarım arazilerine ekilebilecek ürünler belirlenmiştir. Bir yıl kışlık ve yazlık olmak üzere iki dönem olarak düşünülmüş ve her dönemde ekilebilecek tarım ürünlerinin listesi Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir. Seçilmiş bölgelerin tarım alanları listesi ise Çizelge 3.2. 'de gösterilmiştir. Devlet Planlama Teşkilatı'nın hazırladığı kalkınma raporları incelendiğinde planlama süresinin 20 yıl olduğu görülmüştür. Ancak tarımı etkileyen

birçok faktörün verimi ve talebi etkilediği, devlet politikalarının 5 yılda bir değiştiği göz önünde bulundurularak modelde dönem indisi 1’den 20’ye kadar alınmıştır.

Çizelge 3.2. Bölgelerin tarım alanları

Bölge Numarası	Bölge Adı	Tarım Alanı(Da)
1	Asmalı- Kuru Tarım Yapılan Araziler	21698
2	Kaldırım- Kuru Tarım Yapılan Araziler	3204
3	Kuzupınarı- Kuru Tarım Yapılan Araziler	25160
4	Merkez- Kuru Tarım Yapılan Araziler	15218
5	Zeytinbeli-Kuru Tarım Yapılan Araziler	22948
6	Asmalı-Sulu Tarım Yapılan Araziler	14617
7	Kaldırım-Sulu Tarım Yapılan Araziler	35150
8	Kuzupınarı -Sulu Tarım Yapılan Araziler	3843
9	Merkez-Sulu Tarım Yapılan Araziler	3518
10	Zeytinbeli-Sulu Tarım Yapılan Araziler	3200

A_{ijk} olarak belirtilmiş olan girdi değişkeni i . Ürünün j . Bölgeye k . Dönemde ekilirse elde edilecek olan ürün miktarını ifade etmektedir. Bu değişken Adana Tarım İl Müdürlüğü’nden alınan Yumurtalık İlçesinde geçmiş yıllarda ekilen ürünlerin verimi ile bölgenin alanının çarpılması ile bulunmuştur. Önceki yıllarda ekimi yapılmayan ürünlerin verimleri ilişkin veriler ise Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü yayınlarından ve uzman görüşü alınarak tespit edilmiştir. EK.2.’de 1996-2006 yılları arasında Yumurtalık İlçesinde ekilen ürünlerin ortalama verimleri verilmiştir. Ürünlerin verimlerinin önümüzdeki yirmi içerisinde de benzer şekilde olacağı varsayılmıştır.

B_{ijk} ile belirtilen girdi değişkeni, i . Ürünün j . Bölgeye k . Dönemde ekilmesi ile sağlanacak faydayı ifade etmektedir. Her bir ürünün sağlayacağı fayda, Türkiye İstatistik Kurumu’ndan alınan ürünün pazar fiyatından(YTL/Kg) Adana Tarım İl Müdürlüğü’nden alınan ürünün maliyeti(YTL/Kg) çıkarılarak hesaplanmıştır. EK.3.’te 1996-2005 yılları arasında ürünlerin sağlayacağı faydalar çizelge olarak sunulmuştur. Daha sonra bölgelerin toplam alanları ile çarpılarak girdi değişkenleri elde edilmiştir. (EK4)

Geçmiş yıllara ait maliyeti bulunamayan ürünler için uzman görüşü dâhilinde diğer ürünlerin maliyetleri temel alınarak yaklaşık maliyetler hesaplanmıştır.

Örneğin, kanola ürünü daha önce bu bölgede ekilmemiştir. Kanola ürünün geçmiş yıllardaki maliyeti buğday maliyetine eşit olarak alınmıştır.

1990-2005 yılları arasında seçilen ürünlerin Türkiye'deki toplam tüketim miktarları Dünya Tarım Örgütü Resmi Sitesi'nden ([FAO,2007](#)) ve Türkiye İstatistik Kurumu Resmi Sitesi'nden alınmıştır.(EK5) Ürünlerin talepleri ekim yapılacak olan bölgelerdeki nüfusun ihtiyacını karşılaması olarak tanımlanmıştır. Önümüzdeki yirmi yıl içerisinde yıllık kişi başı tüketim miktarı, geçmiş yıllarda ürünlerin ortalama tüketim miktarı kadar olacağı varsayılmıştır. Yıllık nüfus artış hızı Yumurtalık İlçesi için % 7,44 olarak alınmıştır. Buna göre yapılan bölgesel nüfus tahminleri EK5'te bulunmaktadır. Ürünlere ait bölgesel talep miktarları, Türkiye'de ürünlerin kişi başına düşen tüketim miktarları ile seçilmiş bölgelerde yaşayan nüfusun çarpılması ile hesaplanmıştır. Hazırlanan veriler Çizelge 3.3, Çizelge 3.4., Çizelge 3.5. ve Çizelge 3.6'da sunulmuştur. Kanola talebi hesaplanırken, bölgede daha önce kanola ürünü ekilmemiş olması dikkate alınarak ortalama yıllık kanola tüketimi son yılın tüketim verileri olarak alınmıştır.

Çizelge 3.3. 1995–2005 yılları arasında ürünlerin dönemsel talepleri-I (Kg)

Ürünler /Yıllar	Buğday	Kanola	Baklagiller (Nohut)	Yem Bitkileri(Fiğ)	Arpa
1995	2225809,618	1,825631248	61158,64682	71319,74522	13327,10811
1996	2183970,132	1,80762302	59651,55965	71401,10927	13737,93495
1997	2159447,09	1,790437849	57473,05495	55503,57332	13965,41522
1998	2161514,47	53,22179424	55528,07199	57656,94376	14192,47846
1999	2182507,658	58,03138563	54162,62659	59789,91247	14244,06738
2000	218878,2398	32,84902493	52731,3295	68291,39394	14349,83721
2001	2198003,289	111,339007	51729,81557	71942,12761	14388,42552
2002	2182527,72	254,6706791	50934,13581	76401,20372	14601,11893
2003	2142103,368	1094,284179	50000,36941	76599892,53	14983,27568
2004	2088268,937	751,4762267	49263,44153	90177,1472	15363,51397
2005	2032092,6	198,8835429	48394,99544	124302,2143	15744,94715

Çizelge 3.4. 1995–2005 yılları arasında ürünlerin dönemsel talepleri-II (Kg)

Ürünler /Yıllar	Mısır	Yer Fıstığı	Soya	Pamuk	Ayçiçeği
1995	216154,7398	12779,41874	96393,32991	167775,5117	230942,3529
1996	235714,0418	13014,88574	93092,58551	176966,2936	244571,3945
1997	251556,5178	13249,24008	161676,5378	189249,2806	245110,9415
1998	256706,4542	13660,26052	219628,6042	204371,6899	232047,0229
1999	262723,9095	14068,2147	248303,9894	220870,9708	208209,5775
2000	271090,9005	14004,058	196056,812	232536,5186	176866,0658
2001	28776,85104	13874,55318	191331,8013	238779,3473	150393,3049
2002	306793,278	13412,65576	214602,4922	236164,6097	145841,4089
2003	319025,926	12794,70732	224749,1352	224244,081	166162,8438
2004	320963,8462	12858,59321	227947,7888	204902,5178	193212,8876
2005	316224,8332	13590,37543	173691,6275	181481,2329	211313,7643

Çizelge 3.5. 2006–2025 yılları arasında ürünlerin dönemsel talepleri-I (Kg)

Ürünler/ Yıllar	Buğday	Kanola	Baklagiller (Nohut)	Yem Bitkileri (Fiğ)	Arpa
2006	178439,3	74,85	8152,48	49822,5	3121,3
2007	179688,3	75,37395	8209,547	50171,26	3143,149
2008	180946,2	75,90157	8267,014	50522,46	3165,151
2009	182212,8	76,43288	8324,883	50876,11	3187,307
2010	183488,3	76,96791	8383,157	51232,25	3209,618
2011	184772,7	77,50668	8441,84	51590,87	3232,086
2012	186066,1	78,04923	8500,932	51952,01	3254,71
2013	187368,6	78,59558	8560,439	52315,67	3277,493
2014	188680,1	79,14574	8620,362	52681,88	3300,436
2015	190000,9	79,69976	8680,705	53050,66	3323,539
2016	191330,9	80,25766	8741,47	53422,01	3346,804
2017	192670,2	80,81947	8802,66	53795,96	3370,231
2018	194018,9	81,3852	8864,278	54172,54	3393,823
2019	195377	81,9549	8926,328	54551,74	3417,58
2020	196744,7	82,52858	8988,813	54933,61	3441,503
2021	198121,9	83,10628	9051,734	55318,14	3465,593
2022	199508,7	83,68803	9115,097	55705,37	3489,852
2023	200905,3	84,27384	9178,902	56095,31	3514,281
2024	202311,6	84,86376	9243,154	56487,97	3538,881
2025	203727,8	85,45781	9307,857	56883,39	3563,653

Çizelge 3.6. 2006–2025 yılları arasında ürünlerin dönemsel talepleri-II (Kg)

Ürünler /Yıllar	Mısır	Yer Fıstığı	Soya	Pamuk	Ayçiçeği
2006	17092,02	2245,5	22411,2	70415,8	45282,86
2007	17211,66	2261,219	22568,08	70908,71	45599,84
2008	17332,15	2277,047	22726,05	71405,07	45919,04
2009	17453,47	2292,986	22885,14	71904,91	46240,47
2010	17575,65	2309,037	23045,33	72408,24	46564,16
2011	17698,67	2325,201	23206,65	72915,1	46890,1
2012	17822,57	2341,477	23369,1	73425,5	47218,34
2013	17947,32	2357,867	23532,68	73939,48	47548,86
2014	18072,95	2374,372	23697,41	74457,06	47881,71
2015	18199,47	2390,993	23863,29	74978,26	48216,88
2016	18326,86	2407,73	24030,33	75503,11	48554,4
2017	18455,15	2424,584	24198,55	76031,63	48894,28
2018	18584,34	2441,556	24367,94	76563,85	49236,54
2019	18714,43	2458,647	24538,51	77099,8	49581,19
2020	18845,43	2475,858	24710,28	77639,5	49928,26
2021	18977,34	2493,189	24883,25	78182,97	50277,76
2022	19110,19	2510,641	25057,44	78730,25	50629,7
2023	19243,96	2528,215	25232,84	79281,36	50984,11
2024	19378,67	2545,913	25409,47	79836,33	51341
2025	19514,32	2563,734	25587,33	80395,19	51700,39

Daha önce yapılmış çalışmalar incelendiğinde i. ürünün k. yılda ithal edilmesi ile elde edilecek fayda ile ilgili herhangi bir istatistiğe rastlanılmadığı için bu konuda uzman görüşüne başvurulmuştur. Buna göre ürünlerin ithalatından elde edilecek fayda ürünün ekiminden elde edilecek faydanın yarısı olarak alınmıştır. Böylelikle, ülkemizde ithal ürünlerin maliyetleri üretim maliyetinden küçük, getirisi fazla olsa da ülkemizin ithal ürünlere olan bağılılığının bu şekilde azalabileceği düşünülmüştür. Ayrıca test aşamasında ithal edilen ürün miktarının ürün talebinden fazla olamayacağı varsayılmıştır.

Seçilen bölgelerde tarım için ayrılmış yıllık bütçe ile ilgili herhangi bir kısıtlama olmadığı varsayılmıştır. Başka bir deyişle tarım için ayrılmış sınırsız bir bütçe olduğu varsayılmıştır.

Seçilen bölgelerde toprak analizi zaman sınırlaması nedeniyle yapılamadığından başlangıç değerlerine ulaşılamamıştır. Ürünlerin ekimi için gerekli Azot (N), Fosfor(P) ve Potasyum(K) değerleri Çukurova Tarımsal Araştırma

Enstitüsü'nden, Ç.Ü. Tarımsal Yayım, Haberleşme Araştırma ve Uygulama Merkezi'nden, Adana Çiftçiler Birliği Resmi Web Sitesinden, literatürde yer alan Arıoğlu(1992) yaptıkları çalışmadan ve uzman görüşüne başvurularak elde edilmiştir. Buna göre ürünlerin ekimi için gerekli olan gübre miktarları Çizelge 3.7.'de sunulmuştur. Ayrıca geliştirilen modelde yer almasına rağmen ülkemiz topraklarının potasyum bakımından zengin olduğundan potaslı gübrelemeye gerek olmadığı ifade edilmiştir. (Ç.Ü. Tarımsal Yayım, Haberleşme Araştırma ve Uygulama Merkezi, 2004) Toprağın tarım için elverişli olabilmesi için düşünülmüş olan gübrelerin alt sınırları en düşük gübre gereksinimi olan ürüne göre belirlenmiştir. Üst sınırları ekim nöbetine göre uzun yıllar üst üste ekilmesi tavsiye edilmeyen buğday ve mısırın topraktaki bıraktığı azot ve fosfor temel alınmıştır. Buna göre azotun üst sınırı $140 \times 0,3 + 240 \times 0,3 = 93$, fosforun ise $80 \times 0,3 + 90 \times 0,3 = 38$ olarak bulunmuştur. Buna göre gübrelerin alt ve üst sınırları Çizelge 3.8.'de verilmiştir. İdeal koşullarda bile, toprağa uygulanan azotlu gübrelerin ancak %50'sinin bitkiler tarafından kullanıldığı; %2- 20'sinin buharlaşma yoluyla kaybedildiği, %15-25'inin kil toprakta bulunan organikler ile birleştiği ve geri kalan %2-10'luk kısmının yüzey ve yeraltı sularına karıştığı söylenmektedir. (Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2007) Buna göre azotun toprakta birikme oranı %30 olarak alınmıştır. Toprakta aşırı azot, fosfor birikimi ürünlerin verimini, hastalıkları ve toprağın kalitesini etkilemektedir. Yapılmış araştırmalara göre ilk yıl %30 civarında fosforlu gübrenin bitki tarafından alındığı geriye kalan bölümünün toprakta kaldığı belirtilmiştir. (Mustafa Kemal Üniversitesi Toprak Bölümü, 2006) Bunların yanı sıra baklagillerin, soyanın ve yem bitkilerinin havadaki azotu toprağa kazandırma özellikleri vardır. Buna göre nohut 200 Kg/Ha, soya 100 Kg/Ha ve yem bitkilerinden fiğ 100 Kg/Ha azotu toprağa bağlamaktadır. (Çukurova TAEM, 2007)

Çizelge 3.7. Ürünlerin gübre ihtiyacı (Kg/Ha)

Ürün/ Gübre	Azot İhtiyacı(Kg/Ha)	Fosfor İhtiyacı(Kg/Ha)	Potasyum İhtiyacı(Kg/Ha)
Buğday	140	80	0
Kanola	45	70	0
Baklagiller	0	12	0
Yem Bitkileri	30	90	0
Arpa	120	10	0
Mısır	240	90	0
Yer fıstığı	60	50	0
Soya	30	60	0
Pamuk	150	50	0
Ayçiçeği	80	45	0

Çizelge 3.8. Ürünlerin 20 yıl sonunda içerisinde olması gereken gübre sınırlamaları (Kg/Ha)

Sınır/ Gübre	Azot İhtiyacı(Kg/Ha)	Fosfor İhtiyacı(Kg/Ha)	Potasyum İhtiyacı(Kg/Ha)
Alt Sınır	0	10	0
Üst Sınır	93	38	

Erozyonla kaybedilen toprak miktarının tahmini için Üiversal Toprak Kaybı Denklemi en çok kullanılan matematiksel modellerden biridir. Bu çalışmada bu denklemde yer alan ürünlerin toprak kaybına olan etkisi dikkate alınmıştır. Ürünler bölgesel toprak kaybına ilişkin tüm verilere ulaşamadığından bu veriler modelin test aşamasında kullanılmamıştır.

Tarım yapılan alanlarda aynı bitkinin aynı tarlaya üst üste ekilmesi toprağın fakirleşmesine ve o bitkinin hastalıklarının artmasına neden olur. Bu nedenle mısır tarımında da yüksek verim alabilmek için mutlaka münavebe yapılmalıdır.(Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 2007) Ekim nöbeti ile ilgili kısıtlar için gerekli olan kümeler, Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından ürünlerin verimi ile ilgili çalışmalar sonucunda, çiftçilere ışık tutması amacıyla yayımlanan yayınlardan elde edilmiştir. Üst üste iki yıl ekilmesi istenmeyen ürünler kümesi(E1), yılın ilk dönemi iklimsel ve ürün özelliklerinden dolayı ekilemeyecek olan ürünler kümesi (E2), yılın ikinci dönemi iklimsel ve ürün özelliklerinden dolayı ekilemeyecek olan ürünler kümesi(E3),üst üste en fazla iki yıl ekilebilen ürünler kümesi(E4), üst üste en fazla üç yıl ekilebilen ürünler kümesi (E5),ardışık iki dönemde ekilmesi tavsiye edilmeyen

ürünler kümesi (E6) ve beş yıllık dönemlerde en az bir defa ekilmesi gereken ürünler(E7) kümesi aşağıda belirtilmiştir.

$$E1 = \{Ayçiçeği\}, E2 = \{Bugday, Kanola, Baklagiller, Yem Bitkileri, Arpa\}$$

$$, E3 = \{Misir, Yer fıstığı, Soya, Pamuk, Ayçiçeği\}, E4 = \{ \} , E5 = \{Pamuk\},$$

$$E6 = \{Bugday, Arpa\}, E7 = \{Baklagiller\}$$

3.2.Notasyon

İndisler:

$$i = 1..l \quad l = 10 \quad (\text{Ürünler})$$

$$j = 1..m \quad m = 10 \quad (\text{Bölgeler})$$

$$k = 1..n \quad n = 20 \quad (\text{Dönemler- her yıl iki dönem şeklinde düşünülmüştür.})$$

Karar Değişkenleri:

$$X_{ijk} = i. \text{ Ürünün } j. \text{ Bölgeye } k. \text{ Dönemde Ekilme Kararı} \begin{cases} 1, & \text{ekilmesi} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$I_{ik} = i. \text{ Ürünün } k. \text{ Dönemde İhracat Miktarı (Kg)}$$

$$d_s^+ = a. \text{ Amaç Fonksiyonu İçin Pozitif Yönlü Sapma Değişkeni}$$

$$d_s^- = a. \text{ Amaç Fonksiyonu İçin Negatif Yönlü Sapma Değişkeni}$$

Girdi Değişkenleri:

$$B_{ijk} = i. \text{ Ürünün } j. \text{ Bölgeye } k. \text{ Dönemde Ekilmesi İle Elde Edilecek Fayda (Pb)}$$

$$B_{ijk} = P_{ijk} - C_{ijk}$$

$$C_{ijk} = i. \text{ Ürünün } j. \text{ Bölgeye } k. \text{ Dönemde Ekilmesinin Maliyeti (Pb)}$$

$$P_{ik} = i. \text{ Ürünün } k. \text{ Dönemdeki Pazar Fiyatı (Pb)}$$

$$A_{ijk} = i. \text{ Ürünün } j. \text{ Bölgeye } k. \text{ Dönemde Ekilmesi İle Elde Edilecek Olan Ürün}$$

Miktarı (Kg)

$D_{ik} = i$. Ürünün k . Dönemdeki Talep Miktarı (Kg)

$IC_{ik} = i$. Ürünün k . Yılda İthal Edilmesi ile Elde Edilecek Fayda(Pb)
(Pazar geliri- İthal Maliyeti)

$CI_{ik} = i$. Ürünün k . Yılda İthal Edilme Maliyeti(Pb)

$C_k = k$. Yılda Tarım İçin Ayrılmış Bütçe (Pb)

$N_j = j$. Bölge Başlangıçta Bulunan Azot Miktarı(kg/Ha)

$Nn_{ijk} = i$. Ürünün j . Arazi Türünde k . Dönemde Ekimi Sırasında Kullanılan Azot
İçerikli Gübrenin Toprakta Birikme Miktarı(kg/Ha)

$n^a =$ Toprakta Bulunması Gereken Minimum Azot Miktarı(Kg/Ha)

$n^b =$ Toprakta Bulunması Gereken Maksimum Azot Miktarı(Kg/Ha)

$Kn_{ijk} = i$. Ürünün j . Bölgede k . Dönemde Toprağa Bağladığı Azot Miktarı(Kg/Ha)

$P_j = j$. Bölgede Başlangıçta Bulunan Fosfor Miktarı(Kg/Ha)

$Pp_{ijk} = i$. Ürünün j . Bölgede k . Dönemde Ekimi Sırasında Kullanılan Fosfor İçerikli
Gübrenin Toprakta Birikme Miktarı (Kg/Ha)

$p^a =$ Toprakta Bulunması Gereken Minimum Fosfor Miktarı(Kg/Ha)

$p^b =$ Toprakta Bulunması Gereken Maksimum Fosfor Miktarı(Kg/Ha)

$K_j = j$. Bölgede Başlangıçta Bulunan Potasyum Miktarı(Kg/Ha)

$Kk_{ijk} = i$. Ürünün j . Bölgede k . Ekimi Sırasında Kullanılan Potasyum İçerikli
Gübrenin Toprakta Birikme Miktarı(Kg/Ha)

$k^a =$ Toprakta Bulunması Gereken Minimum Potasyum Miktarı(Kg/Ha)

$k^b =$ Toprakta Bulunması Gereken Maksimum Potasyum Miktarı(Kg/Ha)

$Er_{ijk} = i$. Ürünün j . Bölgede k . Dönemde Ekimi İle Oluşacak Olan Toprak Kaybı

Faktörü

$E1 =$ Üst Üste İki Yıl Ekilmesi İstenmeyen Ürünler Kümesi

$E2 =$ Yılın İlk Dönemi İklimsel ve Ürün Özelliklerinden Dolayı Ekilemeyecek Olan
Ürünler Kümesi

$E3 =$ Yılın İkinci Dönemi İklimsel ve Ürün Özelliklerinden Dolayı Ekilemeyecek Olan Ürünler Kümesi

$E4 =$ Üst Üste En Fazla İki Yıl Ekilebilen Ürünler Kümesi

$E5 =$ Üst Üste En Fazla Üç Yıl Ekilebilen Ürünler Kümesi

$E6 =$ Ardışık İki Dönemde Ekilmesi Tavsiye Edilmeyen Ürünler Kümesi

$E7 =$ Beş Yıllık Dönemlerde En Az Bir Defa Ekilmesi Gereken Ürünler

3.3. Metot

3.3.1. Karma Tamsayılı Matematiksel Model

Problem, sürdürülebilir tarım çerçevesinde çevreye en az zararla tarım yapılabilecek arazilere 10 yıl gibi bir süre içerisinde en azından bölgesel talepleri karşılayacak şekilde, ürünün verimi ve kullanılan kimyasal maddelerin topraktaki kalıntılarını da düşünerek ele alınmıştır. Böylelikle tarım arazilerine neler ekilmelidir sorusu uzun dönemli bir plan olarak değerlendirilmiştir. Geliştirilen doğrusal programlama modeli elde edilecek faydanın en büyüklenmesi gübre kullanımının en küçüklenmesi ve toprak kaybının en küçüklenmesi amaçlarını içermektedir. Aşağıda modelin formülasyonu yer almaktadır.

Amaç Fonksiyonları

1. Elde edilecek faydanın en büyüklenmesi

$$\text{Max } Z^1 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n B_{ijk} * X_{ijk} + \sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^n IC_{ik} * I_{ik} \quad (3.1)$$

2. Gübre kullanımının en küçüklenmesi

$$\text{Min } Z^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (N_{ijk} + P_{ijk} + K_{ijk}) * X_{ijk} \quad (3.2)$$

3. Toprak kaybının en küçüklenmesi

$$\text{Min } Z^3 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n Er_{ijk} * X_{ijk} \quad (3.3)$$

Kısıtlar

1. Yiyecek Talebi Kısıtı

$$\sum_{j=1}^l A_{ijk} * X_{ijk} + I_{ik} \geq D_{ik} \quad \forall i \text{ ve } \forall k \text{ için} \quad (3.4)$$

Tüm arazilerde ekilen ve ithal edilen ürünün toplam miktarı, o ürün için en azından bölgesel talebi karşılamalıdır. Bölgesel talep, o bölgenin tüketim ve stok miktarının toplamı şeklinde düşünülmüştür.

2. Maliyet Kısıtı

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m C_{ijk} * X_{ijk} + \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m I_{ik} * CI_{ik} \leq C_k \quad \forall k \text{ için} \quad (3.5)$$

Herhangi bir yılda tüm ürünlerin ekim maliyeti ve ithalat maliyeti, tarım için ayrılan bütçeye eşit veya bütçeden küçük olmalıdır anlamını taşımaktadır.

3. İthal Sınırlaması İle İlgili Kısıt

$$I_{ik} \leq b_i \quad \forall i \text{ ve } \forall k \text{ için} \quad (3.6)$$

Ürünlere ait ithalat sınırlamalarını belirten bu kısıt, ürünlerin k. yıl içerisinde ithal edebilecek olan miktarı sınırlandırmaktadır. Bu sınırlama ülkenin tarım politikası çerçevesinde düşünülmelidir.

4. Gübre Kısıtı

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (N_j * 0,3 + Nn_{ijk} * 0,3 + Kn_{ijk}) * X_{ijk} \geq n^a \text{ (Alt Sınır)} \quad \forall j \text{ için} \quad (3.7)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (N_j * 0,3 + Nn_{ijk} * 0,3 + Kn_{ijk}) * X_{ijk} \leq n^b \text{ (Üst Sınır)} \quad \forall j \text{ için} \quad (3.8)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (P_j * 0,3 + Pp_{ijk} * 0,3) * X_{ijk} \geq p^a \text{ (Alt Sınır)} \quad \forall j \text{ için} \quad (3.9)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (P_j * 0,3 + Pp_{ijk} * 0,3) * X_{ijk} \leq p^b \text{ (Üst Sınır)} \quad \forall j \text{ için} \quad (3.10)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (K_j + Kk_{ijk}) * X_{ijk} \geq K^a \text{ (Alt Sınır)} \quad \forall j \text{ için} \quad (3.11)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (K_j + Kk_{ijk}) * X_{ijk} \leq K^b \text{ (Üst Sınır)} \quad \forall j \text{ için} \quad (3.12)$$

(3.7) numaralı ve (3.8) numaralı kısıtlara göre, toplam tahmin süresi boyunca toprakta bulunan azot miktarı belirlenmiş olan sınırlar arasında kalmalıdır. (3.9) ve (3.10) numaralı kısıtlar fosfor ile ilgili sınırlamaları belirtirken (3.11) ve (3.12) numaralı kısıtlar potasyum gübrelere ile ilgili sınırlamaları ifade etmektedir.

5. Pestisit Kısıtı

$$PE_j + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p PE_{ijk} * X_{ijk} \geq pe^a \text{ (Alt Sınır)} \quad \forall j \text{ için} \quad (3.13)$$

$$PE_j + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p PE_{ijk} * X_{ijk} \leq pe^b \text{ (Üst Sınır)} \quad \forall j \text{ için} \quad (3.14)$$

(3.13) numaralı ve (3.14) numaralı kısıtlar, j. Bölgede başlangıçta bulunan pestisit miktarının ve tahmin dönemi boyunca yapılan ekimlerin ardından topraktaki

biriken pestisit miktarının toplamının önceden belirlenmiş sınırlar arasında kalması gerektiğini belirtmektedir.

6. Ekim Nöbeti İle İlgili Kısıtlar

Bu bölümdeki kısıtlar ekim nöbeti ile ilgili literatür araştırmalarına ve uzman görüşüne başvurularak hazırlanmıştır. Uzun süreli bir planlama için birbirini izleyen dönemler ve yıllar için bir bölgeye sürekli aynı ürünlerin ekilerek doğada tarım kaynaklı problemlerin azaltılması ve verimin artırılması hedeflenmiştir. Aşağıda Çukurova bölgesinde uzmanlar tarafından tavsiye edilen ekim nöbetleri ile ilgili kısıtlar belirtilmiştir.

- Üst üste iki yıl ekilmesi istenmeyen ürünler. (Ör: Ayçiçeği)
- Üst üste en fazla iki yıl ekilebilen ürünler.
- Üst üste en fazla üç yıl ekilebilen ürünler. (Ör: Pamuk)
- Ardışık dönemlerde ekilmesi tavsiye edilmeyen ürünler (Ör: Buğday ekiminden sonra arpa, çavdar ve yulaf ekilmemeli)
- Baklagiller en azından 5 yılda bir ekilmeli

$$X_{(i \in E1)jk} + X_{(i \in E1)j(k+2)} \leq 1 \quad \forall i \in E1 \quad \forall j \text{ ve } \forall k \text{ için} \quad (3.15)$$

$$X_{(i \in E4)jk} + X_{(i \in E4)j(k+2)} + X_{(i \in E4)j(k+4)} \leq 2 \quad \forall i \in E4 \quad \forall j \text{ ve } \forall k \text{ için} \quad (3.16)$$

$$X_{(i \in E5)jk} + X_{(i \in E5)j(k+2)} + X_{(i \in E5)j(k+4)} + X_{(i \in E5)j(k+6)} \leq 3$$

$$\forall i \in E5 \quad \forall j \text{ ve } \forall k \text{ için} \quad (3.17)$$

$$X_{(i \in E6)jk} + X_{(i \in E6)j(k+1)} \leq 1 \quad \forall i \in E6 \quad \forall j \text{ ve } \forall k \text{ için} \quad (3.18)$$

$$\sum_{k=5k-4}^{5k} X_{(i \in E7)jk} \geq 1 \quad \forall i \in E7 \quad \forall j \text{ ve } k = 1..(n/5) \quad (3.19)$$

7. Ürün Özellikleri İle İlgili Kısıtlar

$$X_{(i \in E2)j(2k-1)} = 0 \quad \forall i \in E2 \quad \forall j \text{ ve } \forall k \text{ için} \quad (3.20)$$

$$X_{(i \in E3)j(2k)} = 0 \quad \forall i \in E3 \quad \forall j \text{ ve } \forall k \text{ için} \quad (3.21)$$

(3.20) numaralı kısıt, yılın ilk döneminin iklimsel özelliklerinin ürünün istediği iklimsel özelliklerle uyuşmaması nedeniyle ekilmemesi gerektiğini belirtmektedir. (3.21) numaralı kısıt, yılın ikinci döneminin iklimsel özelliklerinin ürünün istediği iklimsel özelliklerle uyuşmaması nedeniyle ekilmemesi gerektiğini belirtmektedir.

8. Alan İle İlgili Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^l X_{ijk} = 1 \quad \forall j \text{ ve } \forall k \text{ için} \quad (3.22)$$

(3.22) numaralı kısıtta aynı bölgeye bir dönem içerisinde sadece bir ürünün ekilmesi istenmektedir.

9. Değişkenler İle İlgili Kısıtlar

$$\forall X_{ijk} = [0,1] \quad (3.23)$$

$$\forall I_{ik} \geq 0 \quad (3.24)$$

3.3.2. Hedef Programlama Modeli

Sürdürülebilir tarım için geliştirilen üç amaçlı doğrusal programlama modelinin bir çözüm bulmak amacıyla yöneylem araştırması tekniklerinden hedef programlama ile modellenmiştir.

Hedef programlamanın temelinde çok amaçlı olan bir problemi tek amaçlı probleme dönüştürmek yer almaktadır. Modelin çözümüne *etkin çözüm* adı verilir. Çünkü problemin tüm çelişen amaçlarına uygun çözüm bulunmayabilir. Amaç fonksiyonu her bir amaç fonksiyonunda meydana gelecek sapmaların en küçüklenmesi olarak tanımlanır. Hedef programlama yönteminin matematiksel gösterimi aşağıda verilmiştir. Buna göre $f_j(X)$ değerleri, her bir amaç fonksiyonu ayrı birer problem olarak düşünülerek bulunur ve $b_j = f_j(X_j^*)$ olarak modele eklenir. (Rao, 2006)

Amaç fonksiyonu

$$\min \left[\sum_{j=1}^k (d_j^+ + d_j^-)^p \right]^{1/p}, \quad p \geq 1 \quad (3.25)$$

kisitlar

$$g_j(X) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.26)$$

$$f_j(X) + d_j^+ - d_j^- = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3.27)$$

$$d_j^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3.28)$$

$$d_j^- \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3.29)$$

$$d_j^+ d_j^- = 0, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3.30)$$

Çalışmada modelin amaç fonksiyonu sapmalarının en küçüklenmesi şeklinde düşünülmüştür. Amaç fonksiyonlarından en düşük sapmayı hesaplayabilmek için tanımlanan sapma değişkenlerin özellikleri de modelin kısıtlarını oluşturmaktadır.

Başlangıç kısıtları da eklenerek model son halini almıştır. Modelin açıklamasız matematiksel gösterimine EK6'da yer verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min} \quad \left[\sum_{j=1}^3 (d_j^+ + d_j^-)^p \right]^{1/p}, \quad p = 2 \quad (3.31)$$

Kısıtlar

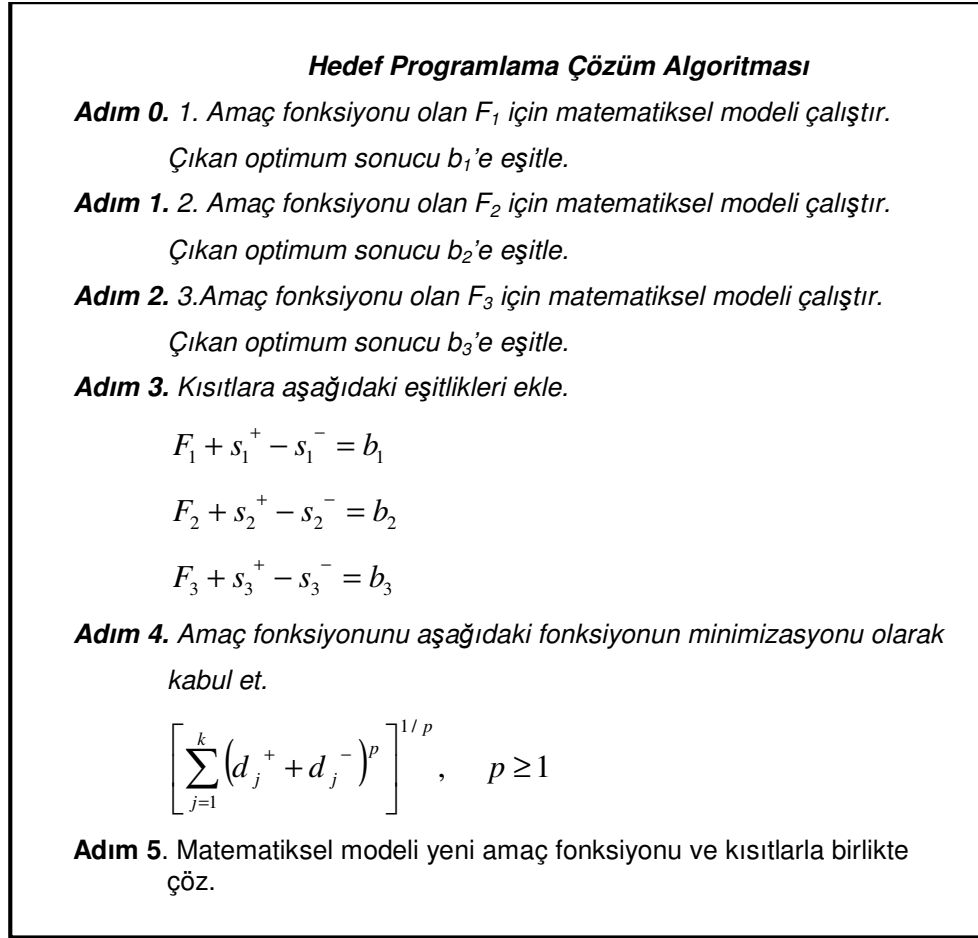
$$F_a + d_a^+ - d_a^- = b_a \quad a=1..3 \quad (3.32)$$

$$d_a^+ \geq 0 \quad a=1..3 \quad (3.33)$$

$$d_a^- \geq 0 \quad a=1..3 \quad (3.34)$$

3.3.3. Matematiksel Modelin Çalışma Algoritması

Bu çalışmada sürdürülebilir tarım için önerilen üç amaç fonksiyonlu matematiksel modelin çözümü için hedef programlama yaklaşımı kullanılmıştır. Hedef programlama yaklaşımında kullanıcı tarafından da girilebilecek olan amaç fonksiyonlarına ait hedef değerler, her bir amaç fonksiyonunun sırayla çözülmesi ile bulunmuştur. Böylelikle tüm hedeflerden en az sapma ile problemin çözülmesi amaçlanmıştır. Hedef programlama modelinin çalışma adımlarına ait çözüm algoritması Şekil 3.1' deki gibidir.



Şekil 3.1 Hedef programlama çözüm algoritması

3.3.4. Matematiksel Modelin Lingo 8.0. Programında Yazılmış Kodları

Günümüzde, yöneylem araştırması modellerine çözüm bulabilmek için probleme göre özelleşmiş çok çeşitli bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bu çalışmadaki problem gibi karma tamsayılı matematiksel problemlerin çözümünde Mpl, Cplex, Lindo ve Lingo gibi eniyileme paket programları sıklıkla tercih edilmektedir. 4000 ikili karar değişkeni ile toplamda 5000 karar değişkeninin ve 2000'nin üzerinde kısıt sayısı, bu programlar arasında bir seçim yapma zorunluluğu ortaya koymuştur. CPLEX ve Lindo gibi programlarda modelin yazımı sırasında değişkenlerin tanımlanması ve kısıtların girişi için çok uzun süre gerektirmektedir. Ayrıca yapılacak olan küçük bir hatanın bulunması da oldukça güçtür. MPL ve Lingo programları yazım dilleri indisli değişkenlere izin vermektedir. Bunlara rağmen, if ve

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Matematiksel Modelin Sonuçları

Birinci senaryoda, mevcut durumla karşılaştırma yapabilmek için önerilen matematiksel model geçmiş 10 yıla ait verilerle matematiksel model hedef programlama algoritması ile çalıştırılmıştır.

İkinci senaryoda, en iyi amaç fonksiyonu değerleri bulunarak elde edilmiş hedef programlama modeli gelecek 10 yıl için sabit fiyat varsayımı ile çalıştırılmıştır.

Belirtilen senaryoların dışında, hedefler yani b_i değerleri kullanıcı tarafından da girilerek model çalıştırılabilir.

Sürdürülebilir tarım için önerilen model her bir senaryo için, eniyileme programı Lingo 8.0'da kodlanmasının ardından ilk olarak birinci ve ikinci amaç fonksiyonları sırayla işlemcisi Pentium (R) 4 CPU 3.00 GHz olan ve belleği 504 MB olan bir bilgisayarda çözülmüştür. Üçüncü amaç fonksiyonunda yer alan ürünlerin bölgelere ekilmesinin neden olacağı toprak kaybı verilerine ulaşamadığından üçüncü amaç fonksiyonu çözüme dâhil edilmemiştir. Ayrıca ürünlerin ekimi için ihtiyaç duyulan pestisit miktarları belirlenemediğinden kısıt probleme dâhil edilmemiştir.

İndisler:

i:1..l (Ürünler) l=10

j:1..m (Bölgeler) m=10

k: 1.. n (Dönemler- her yıl iki dönem şeklinde düşünülmüştür.) n=20

X_{ijk} = i.Ürünün j.Bölgeye k. Dönemde Ekilme Kararı $\begin{cases} 1, ekilmesi \\ 0, aksi halde \end{cases}$

I_{ik} = i.Ürünün k. Dönemdeki İhracat Miktarı (Kg)

4.1.1. Senaryo- I'e İlişkin Sonuçlar

Geliştirilen matematiksel modele, geçmiş 10 yıla ait veriler girilmiş ve model çalıştırılmıştır. Modelin Lingo 8.0.'daki çözümleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Amaç fonksiyonlarının çözümleri

	Amaç Fonksiyonu Değeri	Adımlama Sayısı	Çözüm Süresi (sn)
1. Amaç Fonksiyonu	$F_1= 187510100$	2074	2
2. Amaç Fonksiyonu	$F_2= 3576.600$	536	2

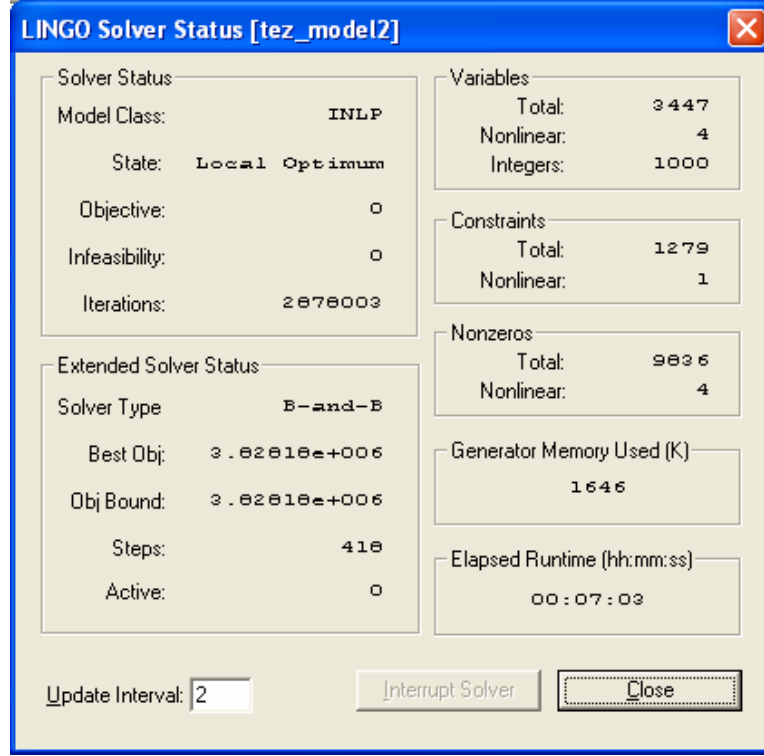
Amaç fonksiyonlarının değerlerinin bulunmasının ardından bu değerleri içeren kısıtlar hedef programlama modeline eklenmiştir ve tekrar çözülmüştür. Amaç fonksiyonu değeri, adımlama sayısı ve karar değişkenlerinin aldığı değerler aşağıda Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Şekil 4.1.'de ise çözüm süresi, adımlama sayısı gibi bilgileri gösteren çözüm durumuna ilişkin ekran görüntüsü verilmiştir.

Çizelge 4.2. Model sonuçları

Amaç Fonksiyonu	1. Amaç Fonksiyonu Sapma Değerleri	2. Amaç Fonksiyonu Sapma Değerleri	Adımlama Sayısı	Çözüm Süresi
$F_{\text{hedef}}= 3828181$	$d_1^+ = 1.856945$ $d_1^- = 0$	$d_2^+ = 0$ $d_2^- = 1956.573$	2878003	7dk. 3 sn

Bu sonuçlara göre tüm sapmaların en küçüklenmesi olan amaç fonksiyonumuzun değeri 3828181 olarak bulunmuştur.

Modelde yer alan ikili karar değişkeni sayısı 2000 olmasına ve modelin karma tamsayılı olmasına rağmen çözüm süresi oldukça kısadır.



Şekil 4.1. Lingo 8.0. çözüm durumunu gösteren ekran görüntüsü

Matematiksel modeldeki ikili karar değişkenlerinin aldığı değerler Çizelge 4.3.' te gösterilmiştir. Çözümlerde atama yapılan ürünler gösterilmiştir. Diğer durumlar için karar değişkenlerinin değerleri sıfırdır.

Bu sonuçlara göre 10 yıl boyunca iki farklı dönemde 10 farklı bölgenin her birine mutlaka bir ürün ekilerek 200 ürünün ekilmesi kararı verilmiştir. Bunlar dışında kalan değişkenler sıfır değeri almasının anlamı, 8. grup kısıtı nedeniyle j.bölgeye k.dönemde yalnızca bir ürün atanması diğerlerinin atanmamasıdır.

Çizelge 4.3. Ekilmesine karar verilen ürünlerin değerleri

X(1,1,15)=1	X(2,8,3)=1	X(3,8,11)=1	X(6,5,2)=1	X(9,9,2)=1
X(1,2,15)=1	X(2,8,5)=1	X(3,8,19)=1	X(6,5,4)=1	X(9,10,6)=1
X(1,3,15)=1	X(2,8,7)=1	X(3,9,1)=1	X(6,5,6)=1	X(10,1,8)=1
X(1,4,15)=1	X(2,8,13)=1	X(3,9,9)=1	X(6,5,10)=1	X(10,1,12)=1
X(1,5,15)=1	X(2,9,5)=1	X(3,9,11)=1	X(6,5,14)=1	X(10,1,16)=1
X(1,6,15)=1	X(2,9,7)=1	X(3,9,19)=1	X(6,5,18)=1	X(10,2,8)=1
X(1,7,15)=1	X(2,9,13)=1	X(3,10,1)=1	X(6,6,2)=1	X(10,2,12)=1
X(1,8,15)=1	X(2,10,5)=1	X(3,10,9)=1	X(6,6,4)=1	X(10,2,16)=1
X(1,9,3)=1	X(2,10,7)=1	X(3,10,11)=1	X(6,6,6)=1	X(10,3,8)=1
X(1,9,15)=1	X(2,10,13)=1	X(3,10,19)=1	X(6,6,10)=1	X(10,3,12)=1
X(1,10,3)=1	X(3,1,1)=1	X(4,1,17)=1	X(6,6,14)=1	X(10,3,16)=1
X(1,10,15)=1	X(3,1,9)=1	X(4,2,17)=1	X(6,6,18)=1	X(10,3,20)=1
X(2,1,3)=1	X(3,1,11)=1	X(4,3,17)=1	X(6,7,2)=1	X(10,4,8)=1
X(2,1,5)=1	X(3,1,19)=1	X(4,4,17)=1	X(6,7,4)=1	X(10,4,12)=1
X(2,1,7)=1	X(3,2,1)=1	X(4,5,17)=1	X(6,7,6)=1	X(10,4,16)=1
X(2,1,13)=1	X(3,2,9)=1	X(4,6,17)=1	X(6,7,10)=1	X(10,4,20)=1
X(2,2,3)=1	X(3,2,11)=1	X(4,7,17)=1	X(6,7,14)=1	X(10,5,8)=1
X(2,2,5)=1	X(3,2,19)=1	X(4,8,17)=1	X(6,7,18)=1	X(10,5,12)=1
X(2,2,7)=1	X(3,3,1)=1	X(4,9,17)=1	X(6,8,2)=1	X(10,5,16)=1
X(2,2,13)=1	X(3,3,9)=1	X(4,10,17)=1	X(6,8,4)=1	X(10,5,20)=1
X(2,3,3)=1	X(3,3,11)=1	X(6,1,2)=1	X(6,8,6)=1	X(10,6,8)=1
X(2,3,5)=1	X(3,3,19)=1	X(6,1,4)=1	X(6,8,10)=1	X(10,6,12)=1
X(2,3,7)=1	X(3,4,1)=1	X(6,1,6)=1	X(6,8,18)=1	X(10,6,16)=1
X(2,3,13)=1	X(3,4,9)=1	X(6,1,10)=1	X(6,9,4)=1	X(10,6,20)=1
X(2,4,3)=1	X(3,4,11)=1	X(6,2,2)=1	X(6,9,6)=1	X(10,7,8)=1
X(2,4,5)=1	X(3,4,19)=1	X(6,2,4)=1	X(6,9,10)=1	X(10,7,12)=1
X(2,4,7)=1	X(3,5,1)=1	X(6,2,6)=1	X(6,9,14)=1	X(10,7,16)=1
X(2,4,13)=1	X(3,5,9)=1	X(6,2,10)=1	X(6,9,18)=1	X(10,7,20)=1
X(2,5,3)=1	X(3,5,11)=1	X(6,3,2)=1	X(6,10,2)=1	X(10,8,8)=1
X(2,5,5)=1	X(3,5,19)=1	X(6,3,4)=1	X(6,10,4)=1	X(10,8,12)=1
X(2,5,7)=1	X(3,6,1)=1	X(6,3,6)=1	X(6,10,10)=1	X(10,8,16)=1
X(2,5,13)=1	X(3,6,9)=1	X(6,3,10)=1	X(6,10,14)=1	X(10,8,20)=1
X(2,6,3)=1	X(3,6,11)=1	X(6,3,14)=1	X(6,10,18)=1	X(10,9,8)=1
X(2,6,5)=1	X(3,6,19)=1	X(6,3,18)=1	X(7,1,14)=1	X(10,9,12)=1
X(2,6,7)=1	X(3,7,1)=1	X(6,4,2)=1	X(7,1,18)=1	X(10,9,16)=1
X(2,6,13)=1	X(3,7,9)=1	X(6,4,4)=1	X(7,1,20)=1	X(10,9,20)=1
X(2,7,3)=1	X(3,7,11)=1	X(6,4,6)=1	X(7,2,14)=1	X(10,10,8)=1
X(2,7,5)=1	X(3,7,19)=1	X(6,4,10)=1	X(7,2,18)=1	X(10,10,12)=1
X(2,7,7)=1	X(3,8,1)=1	X(6,4,14)=1	X(7,2,20)=1	X(10,10,16)=1
X(2,7,13)=1	X(3,8,9)=1	X(6,4,18)=1	X(9,8,14)=1	X(10,10,20)=1

Senaryo-I 'e göre ithal edilecek ürünlerin miktarı ise Çizelge 4.4.'te gösterilmiştir. Bu çizelgede yer almayan değişkenlerin değerlerinin sıfır olmasının anlamı, belirtilen dönemde o üründen ithal edilmeyecek olmasıdır.

Çizelge 4.4. İthal edilecek ürünler ve miktarları(Kg)

IT(1,1)=2183970	IT(3,13)=50934,14	IT(6,4)=251556,5	IT(8,14)=214602,5
IT(1,5)=2161514	IT(3,15)=50000,37	IT(6,6)=256706,5	IT(8,16)=224749,1
IT(1,7)=2182508	IT(3,17)=49263,44	IT(6,8)=262723,9	IT(8,18)=227947,8
IT(1,9)=218878,2	IT(3,19)=48395,00	IT(6,10)=271090,9	IT(8,20)=173691,6
IT(1,11)=2198003	IT(4,1)=71401,11	IT(6,12)=28776,85	IT(9,2)=21315,89
IT(1,13)=2182528	IT(4,3)=55503,57	IT(6,14)=306793,3	IT(9,4)=189249,3
IT(1,15)=2142103	IT(4,5)=57656,94	IT(6,16)=319025,9	IT(9,6)=42026,09
IT(1,17)=2088269	IT(4,7)=59789,91	IT(6,18)=320963,8	IT(9,8)=220871,0
IT(1,19)=2032093	IT(4,9)=68291,39	IT(6,20)=316224,8	IT(9,10)=232536,5
IT(2,1)=1,807623	IT(4,11)=71942,13	IT(7,2)=13014,89	IT(9,12)=238779,3
IT(2,3)=1,790438	IT(4,13)=76401,20	IT(7,4)=13249,24	IT(9,14)=9458,300
IT(2,5)=53,22179	IT(4,15)=76599890	IT(7,6)=13660,26	IT(9,16)=224244,1
IT(2,7)=58,03139	IT(4,17)=90177,15	IT(7,8)=14068,21	IT(9,18)=204902,5
IT(2,9)=32,84902	IT(4,19)=124302,2	IT(7,10)=14004,06	IT(9,20)=181481,2
IT(2,11)=111,3390	IT(5,1)=13737,93	IT(7,12)=13874,55	IT(10,2)=244571,4
IT(2,13)=254,6707	IT(5,3)=13965,42	IT(7,14)=13412,66	IT(10,4)=245110,9
IT(2,15)=1094,284	IT(5,5)=14192,48	IT(7,16)=12794,71	IT(10,6)=232047,0
IT(2,17)=751,4762	IT(5,7)=14244,07	IT(7,18)=12858,59	IT(10,8)=208209,6
IT(2,19)=198,8835	IT(5,9)=14349,84	IT(7,20)=13590,38	IT(10,10)=176866,1
IT(3,1)=59651,56	IT(5,11)=14388,43	IT(8,2)=93092,59	IT(10,12)=150393,3
IT(3,3)=57473,05	IT(5,13)=14601,12	IT(8,4)=161676,5	IT(10,14)=145841,4
IT(3,5)=55528,07	IT(5,15)=14983,28	IT(8,6)=219628,6	IT(10,16)=166162,8
IT(3,7)=54162,63	IT(5,17)=15363,51	IT(8,8)=248304,0	IT(10,18)=193212,9
IT(3,9)=52731,33	IT(5,19)=15744,95	IT(8,10)=196056,8	IT(10,20)=211313,8
IT(3,11)=51729,82	IT(6,2)=235714,0	IT(8,12)=191331,8	

4.1.2. Senaryo- II'e İlişkin Sonuçlar

İkinci senaryoda, en iyi amaç fonksiyonu değerleri bulunarak elde edilmiş hedef programlama modeli gelecek 10 yıl için sabit fiyat varsayımı yapılarak elde edilmiş sonuçlar sunulmuştur. Bir başka deyişle ürünlerin ekiminden ve ithal edilmesinden elde edilecek fayda her yıl için 2005 yılı değerleri olarak kabul edilmiştir. Modelin Lingo 8.0.'daki çözümlerine ilişkin veriler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Senaryo-II'ye ait amaç fonksiyonlarının çözümleri

	Amaç Fonksiyonu Değeri	Adımlama Sayısı	Çözüm Süresi (sn)
1. Amaç Fonksiyonu	$F_1 = 165867100$	756	2
2. Amaç Fonksiyonu	$F_2 = 3576,6$	536	2

Amaç fonksiyonlarının değerlerinin bulunmasının ardından bu değerleri içeren kısıtlar hedef programlama modeline eklenmiştir ve tekrar çözülmüştür. Amaç fonksiyonu değeri, adımlama sayısı ve karar değişkenlerinin aldığı değerler aşağıda Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Senaryo-II'ye ait model sonuçları

Amaç Fonksiyonu	1. Amaç Fonksiyonu Sapma Değerleri	2. Amaç Fonksiyonu Sapma Değerleri	Adımlama Sayısı	Çözüm Süresi
$F_{\text{hedef}} = 6.55 * 10^{14}$	$d_1^+ = 114465,2$ $d_1^- = 0$	$d_2^+ = 0$ $d_2^- = 921,5$	33741871	2sa. 38dk. 26sn

Bu sonuçlara göre tüm sapmaların en küçüklenmesi olan amaç fonksiyonumuzun değeri olarak bulunmuştur. Ekilmesine karar verilen ürünler listesi Çizelge 4.7.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Senaryo-II’de ekilmesine karar verilen ürünlerin değerleri

X(2, 3, 3=1	X(3, 1, 1=1	X(3, 9, 3=1	X(6, 6, 4=1	X(10, 3, 2=1
X(2, 3, 5=1	X(3, 1, 3=1	X(3, 9, 9=1	X(6, 6, 6=1	X(10, 3, 8=1
X(2, 3, 9=1	X(3, 1, 5=1	X(3, 9, 13=1	X(6, 6, 10=1	X(10, 3, 12=1
X(2, 3, 11=1	X(3, 1, 7=1	X(3, 9, 19=1	X(6, 6, 14=1	X(10, 3, 16=1
X(2, 3, 13=1	X(3, 1, 9=1	X(3, 10, 3=1	X(6, 6, 18=1	X(10, 3, 20=1
X(2, 4, 1=1	X(3, 1, 11=1	X(3, 10, 7=1	X(6, 7, 4=1	X(10, 4, 2=1
X(2, 4, 7=1	X(3, 1, 13=1	X(3, 10, 15=1	X(6, 7, 6=1	X(10, 4, 8=1
X(2, 4, 11=1	X(3, 1, 15=1	X(3, 10, 19=1	X(6, 7, 10=1	X(10, 4, 12=1
X(2, 4, 13=1	X(3, 1, 19=1	X(4, 1, 17=1	X(6, 7, 14=1	X(10, 4, 16=1
X(2, 4, 19=1	X(3, 2, 1=1	X(4, 2, 5=1	X(6, 7, 18=1	X(10, 4, 20=1
X(2, 5, 3=1	X(3, 2, 3=1	X(4, 2, 11=1	X(6, 8, 4=1	X(10, 5, 2=1
X(2, 5, 9=1	X(3, 2, 7=1	X(4, 2, 17=1	X(6, 8, 6=1	X(10, 5, 8=1
X(2, 5, 13=1	X(3, 2, 9=1	X(4, 3, 17=1	X(6, 8, 10=1	X(10, 5, 12=1
X(2, 5, 15=1	X(3, 2, 13=1	X(4, 4, 5=1	X(6, 8, 14=1	X(10, 5, 16=1
X(2, 5, 17=1	X(3, 2, 15=1	X(4, 5, 5=1	X(6, 8, 18=1	X(10, 5, 20=1
X(2, 6, 1=1	X(3, 2, 19=1	X(4, 6, 11=1	X(6, 9, 4=1	X(10, 6, 2=1
X(2, 6, 5=1	X(3, 3, 1=1	X(4, 7, 17=1	X(6, 9, 6=1	X(10, 6, 8=1
X(2, 6, 7=1	X(3, 3, 7=1	X(4, 8, 5=1	X(6, 9, 10=1	X(10, 6, 12=1
X(2, 6, 13=1	X(3, 3, 15=1	X(4, 9, 17=1	X(6, 9, 14=1	X(10, 6, 16=1
X(2, 6, 19=1	X(3, 3, 19=1	X(4, 10, 17=1	X(6, 9, 18=1	X(10, 6, 20=1
X(2, 7, 1=1	X(3, 4, 3=1	X(6, 1, 4=1	X(6, 10, 4=1	X(10, 7, 2=1
X(2, 7, 5=1	X(3, 4, 9=1	X(6, 1, 10=1	X(6, 10, 6=1	X(10, 7, 8=1
X(2, 7, 7=1	X(3, 4, 15=1	X(6, 2, 4=1	X(6, 10, 10=1	X(10, 7, 12=1
X(2, 7, 13=1	X(3, 4, 17=1	X(6, 2, 6=1	X(6, 10, 14=1	X(10, 7, 16=1
X(2, 7, 15=1	X(3, 5, 1=1	X(6, 2, 10=1	X(6, 10, 18=1	X(10, 7, 20=1
X(2, 8, 1=1	X(3, 5, 7=1	X(6, 3, 4=1	X(7, 1, 8=1	X(10, 8, 2=1
X(2, 8, 7=1	X(3, 5, 11=1	X(6, 3, 6=1	X(7, 1, 14=1	X(10, 8, 8=1
X(2, 8, 11=1	X(3, 5, 19=1	X(6, 3, 10=1	X(7, 1, 18=1	X(10, 8, 12=1
X(2, 8, 13=1	X(3, 6, 3=1	X(6, 3, 14=1	X(7, 2, 14=1	X(10, 8, 16=1
X(2, 8, 17=1	X(3, 6, 9=1	X(6, 3, 18=1	X(7, 2, 18=1	X(10, 8, 20=1
X(2, 9, 1=1	X(3, 6, 15=1	X(6, 4, 4=1	X(10, 1, 2=1	X(10, 9, 2=1
X(2, 9, 5=1	X(3, 6, 17=1	X(6, 4, 6=1	X(10, 1, 6=1	X(10, 9, 8=1
X(2, 9, 7=1	X(3, 7, 3=1	X(6, 4, 10=1	X(10, 1, 12=1	X(10, 9, 12=1
X(2, 9, 11=1	X(3, 7, 9=1	X(6, 4, 14=1	X(10, 1, 16=1	X(10, 9, 16=1
X(2, 9, 15=1	X(3, 7, 11=1	X(6, 4, 18=1	X(10, 1, 20=1	X(10, 9, 20=1
X(2, 10, 1=1	X(3, 7, 19=1	X(6, 5, 4=1	X(10, 2, 2=1	X(10, 10, 2=1
X(2, 10, 5=1	X(3, 8, 3=1	X(6, 5, 6=1	X(10, 2, 8=1	X(10, 10, 8=1
X(2, 10, 9=1	X(3, 8, 9=1	X(6, 5, 10=1	X(10, 2, 12=1	X(10, 10, 12=1
X(2, 10, 11=1	X(3, 8, 15=1	X(6, 5, 14=1	X(10, 2, 16=1	X(10, 10, 16=1
X(2, 10, 13=1	X(3, 8, 19=1	X(6, 5, 18=1	X(10, 2, 20=1	X(10, 10, 20=1

Senaryo-II için çalıştırılmış matematiksel modelde, ithal edilecek ürünler ve miktarları ise Çizelge 4.8.’de yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Senaryo-II’de ithal edilecek ürünler ve miktarları(Kg)

IT(1,1)=2183970.	IT(3,11)=51729.82	IT(6,2)=235714.0	IT(8,12)=191331.8
IT(1,3)=2159447.	IT(3,13)=50934.14	IT(6,4)=251556.5	IT(8,14)=214602.5
IT(1,5)=2161514.	IT(3,15)=50000.37	IT(6,6)=256706.5	IT(8,16)=224749.1
IT(1,7)=2182508.	IT(3,17)=49263.44	IT(6,8)=262723.9	IT(8,18)=227947.8
IT(1,9)=218878.2	IT(3,19)=48395.00	IT(6,10)=271090.9	IT(8,20)=173691.6
IT(1,11)=2198003.	IT(4,1)=71401.11	IT(6,12)=28776.85	IT(9,2)=176966.3
IT(1,13)=2182528.	IT(4,3)=55503.57	IT(6,14)=306793.3	IT(9,4)=189249.3
IT(1,15)=2142103.	IT(4,5)=57656.94	IT(6,16)=319025.9	IT(9,6)=204371.7
IT(1,17)=2088269.	IT(4,7)=59789.91	IT(6,18)=320963.8	IT(9,8)=220871.0
IT(1,19)=2032093.	IT(4,9)=68291.39	IT(6,20)=316224.8	IT(9,10)=232536.5
IT(2,1)=1.807623	IT(4,11)=71942.13	IT(7,2)=13014.89	IT(9,12)=238779.3
IT(2,3)=1.790438	IT(4,13)=76401.20	IT(7,4)=13249.24	IT(9,14)=236164.6
IT(2,5)=53.22179	IT(4,15)=76599890	IT(7,6)=13660.26	IT(9,16)=224244.1
IT(2,7)=58.03139	IT(4,17)=90177.15	IT(7,8)=14068.21	IT(9,18)=204902.5
IT(2,9)=32.84902	IT(4,19)=124302.2	IT(7,10)=14004.06	IT(9,20)=181481.2
IT(2,11)=111.3390	IT(5,1)=13737.93	IT(7,12)=13874.55	IT(10,2)=244571.4
IT(2,13)=254.6707	IT(5,3)=13965.42	IT(7,14)=13412.66	IT(10,4)=245110.9
IT(2,15)=1094.284	IT(5,5)=14192.48	IT(7,16)=12794.71	IT(10,6)=232047.0
IT(2,17)=751.4762	IT(5,7)=14244.07	IT(7,18)=12858.59	IT(10,8)=208209.6
IT(2,19)=198.8835	IT(5,9)=14349.84	IT(7,20)=13590.38	IT(10,10)=176866.1
IT(3,1)=59651.56	IT(5,11)=14388.43	IT(8,2)=93092.59	IT(10,12)=150393.3
IT(3,3)=57473.05	IT(5,13)=14601.12	IT(8,4)=161676.5	IT(10,14)=145841.4
IT(3,5)=55528.07	IT(5,15)=14983.28	IT(8,6)=219628.6	IT(10,16)=166162.8
IT(3,7)=54162.63	IT(5,17)=15363.51	IT(8,8)=248304.0	IT(10,18)=193212.9
IT(3,9)=52731.33	IT(5,19)=15744.95	IT(8,10)=196056.8	IT(10,20)=211313.8

4.2. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, matematiksel modelin modeldeki değişikliklere olan duyarlılığını ifade etmektedir. Bu nedenle, kısıtların sağ tarafındaki değişikliklerin amaç fonksiyonuna etkileri, kısıt gruplarının amaç fonksiyonuna etkileri ve amaç fonksiyonlarındaki değişken katsayılarının amaç fonksiyonuna etkileri Senaryo-I için incelenmiştir.

4.2.1. Kısıtların Sağ Tarafındaki Değişiklere Karşı Duyarlılık

İlk kısıt yiyecek talebi kısıtının sağ tarafının artırılması durumunda yani talebin artması durumunda eğer mevcut tarım arazilerinden elde edilebilecek en yüksek tarım ürünleri miktarı bu talebi karşılayamayacak seviyede ise faydası fazla

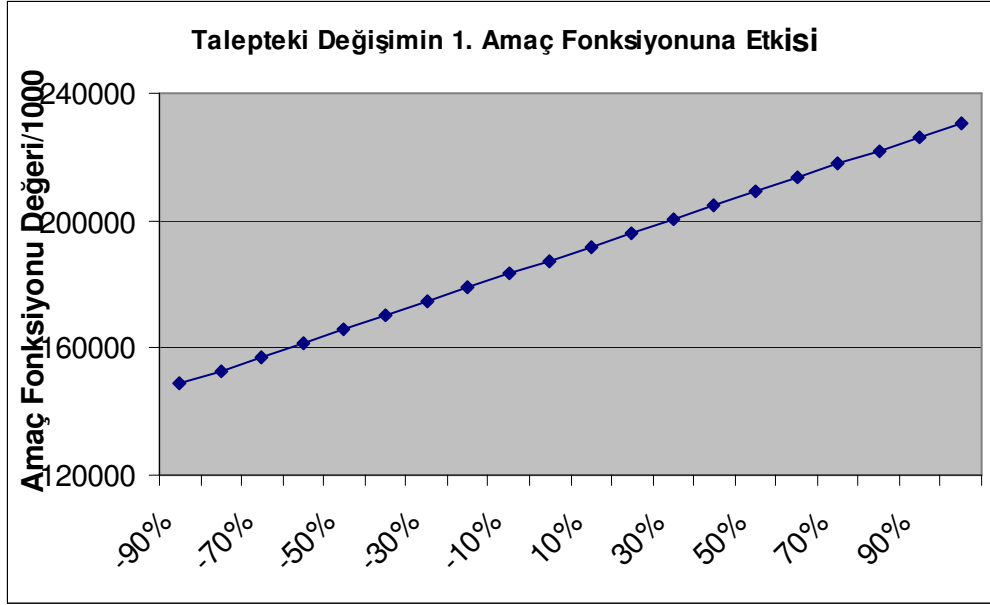
olmamasına rağmen ürünün ithal miktarını arttıracaktır. Talebin azalmasında ise mevcut tarım arazilerinde ekim kararı verecektir. Talepteki değişim %10 oranında değiştirilerek amaç fonksiyonlarındaki değişim incelenmiştir.

Çizelge 4.9. Talepteki değişimin 1. amaç fonksiyonuna etkisi

Talepteki Değişim	70%	80%	90%	100%
1. Amaç Fonksiyonundaki Değişim	217765700	222090400	226411000	230728500
Talepteki Değişim	30%	40%	50%	60%
1. Amaç Fonksiyonundaki Değişim	200472800	204790600	209108200	213432700
Talepteki Değişim	-10%	0	10%	20%
1. Amaç Fonksiyonundaki Değişim	183186800	187510100	191831800	196153300
Talepteki Değişim	-50%	-40%	-30%	-20%
1. Amaç Fonksiyonundaki Değişim	165877300	170200200	174529000	178863300
Talepteki Değişim	-90%	-80%	-70%	-60%
1. Amaç Fonksiyonundaki Değişim	148596900	152914300	157232900	161554600

Çizelge 4.9.'da ve Şekil 4.2'de talepteki değişikliğin 1. amaç fonksiyonu üzerindeki etkisi görülmektedir. Sürekli bir artış gözlense de artışların aynı olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni ekim yerine ithal kararı vermenin amaç fonksiyonuna etkisinden kaynaklanmaktadır. Talepteki değişimin ikinci amaç fonksiyonuna herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

İkinci kısıt olan maliyet kısıtında ise eğer tarım için ayrılan bütçe sınırlı ise üretim maliyetini ve ithalat maliyetini karşılayamayacaktır. Birinci kısıtta sözü edilen talebin tamamının karşılanması isteği nedeniyle program maliyetin düşük olduğu durumlarda olurlu bir çözüm bulmak zorlaşacaktır.



Şekil 4.2. Talepteki değişimin 1. amaç fonksiyonuna olan etkisi

Üçüncü kısıt olan ithal sınırlaması ile ilgili kısıtın sağ tarafının çok küçük olması durumunda eğer mevcut tarım arazilerinden talebi karşılayacak düzeyde üretim yapılamıyorsa olurlu bir sonuç almak mümkün olmaz. Bu yüzden modelin kabul edilebilir bir sonuç vermesi için ithal sınırlaması değeri çok dikkatli seçilmelidir.

Dördüncü kısıtta gübre ile ilgili sınırlamalar ele alınmıştır. Üst sınırların yüksek olması durumunda toprakta aşırı gübre birikimi olacaktır. Bu durum sürdürülebilir tarım kavramı ile bağdaşmamaktadır. Bu yüzden belirlenen üst sınırların dışına çıkılması tavsiye edilmez. Alt sınırın düşüklüğü ise ürünleri kabul edilebilir düzeyde bir verim ulaşabilmesi için gerekli olan gübre miktarını karşılayamadığı durumlarda model gübre sınırlaması ile karşı karşıya kaldığında araziye hiçbir ürünü ekmeme kararı verecektir. Böyle bir durumda alana mutlaka ürün ekilmesinin istendiği 9. grup kısıtı sağlanamayacağından olurlu bir çözüm bulunamayabilecektir.

Beşinci kısıtta pestisit ile ilgili sınırlamalar incelenmiştir. Bir önceki kısıtla benzer şekilde üst sınırın çok artırılması durumunda çevreye zararlı etkileri olacağından artırılması önerilmez. Alt sınırın düşüklüğü gübre kısıtındaki gibi bir durum söz konusudur. Ürünlerin verimini arttırmak için pestisit kullanımının

gerçekleştiği durumlarda ve düşük pestisit miktarı olurlu çözüm uzayını daraltacaktır.

Altıncı kısıtta ekim nöbeti ile ilgili kısıtların sağ tarafının değişmesinin anlamı belirlenen ekim sıralarının değişmesi demektir. Verimin artırılması ve toprağa olan faydanın artırılması için önerilmiş olan ekim nöbeti kısıtında değişiklik yapılması sürdürülebilir tarım kavramı çerçevesinde anlamlı olmaz.

Ürün özellikleri dikkate alınarak hangi dönemde ekilebileceklerinin gösterildiği kısıtta, ürünlerin ekilebileceği dönem değişmedikçe değişiklik yapılması değişkenin ikili tamsayı olmasından dolayı uygun olmaz.

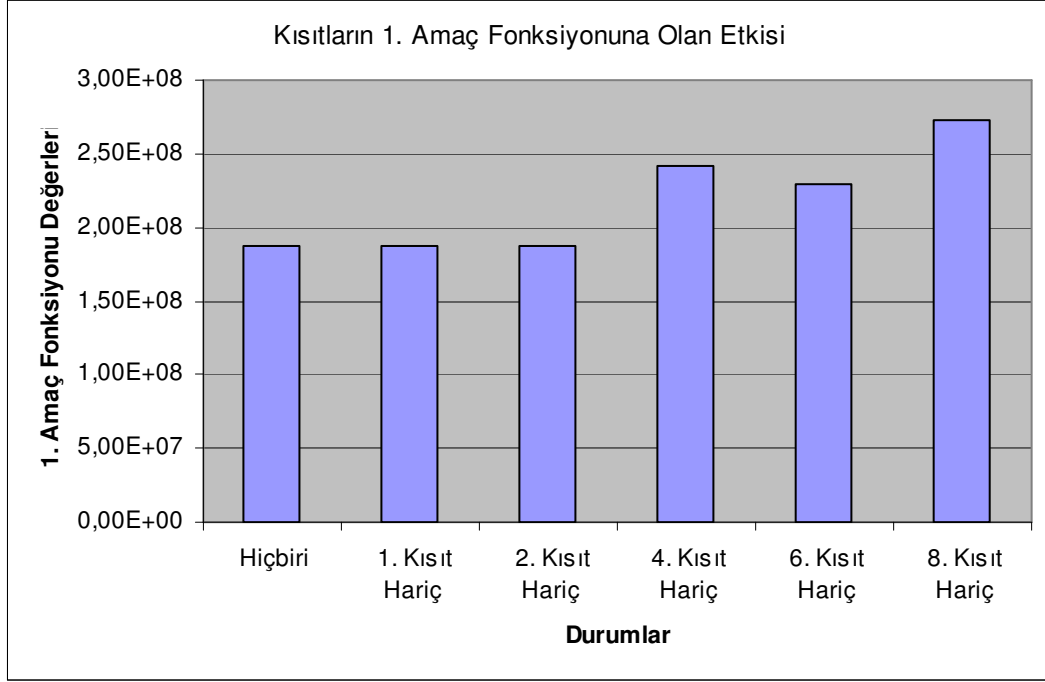
Son olarak her bir alana her yıl yalnızca bir ürün ekilebilir kısıtı, aynı anda aynı bölgeye ekilerek diğer ürünün verimini arttıran ürünler için kullanılabilir. Ancak bunun dışında bu kısıtta değişiklik yapılırsa aynı alana birden fazla ürün ataması olacağından model tutarlı çalışmaz.

4.2.2. Kısıtların Amaç Fonksiyonlarına Olan Etkisi

Tüm modelde 8 ayrı grupta toplam 2277 kısıt bulunmaktadır. Aşağıdaki çizelgede grupların modelden çıkarılarak çözülmesi ile elde edilen amaç fonksiyonu değerleri yer almaktadır. Amaç fonksiyonlarına etkisi olmayan kısıtlar belirtilmiştir. Örneğin, 2.amaç fonksiyonu ilgilendiren 4. grup kısıtı 2. amaç fonksiyonu analizinde çıkarılmazken, 1.amaç fonksiyonu analizinde çıkarılmıştır. Kısıtların 1. amaç fonksiyonuna etkisi Şekil 4.3.'te ve Çizelge 4.10.'da görülebilir.

Çizelge 4.10. Kısıtların amaç fonksiyonlarına olan etkisi

Çıkarılan Grup Kısıtları	1. Amaç Fonksiyonu	Değişim Oranı(%)
Hiçbiri	187510100	0
Yalnızca 1. Kısıt	187857500	0,001853
Yalnızca 2. Kısıt	187510100	0
Yalnızca 3. Kısıt	Sınırlandırılmamış çözüm	
Yalnızca 4. Kısıt	241111300	0,285858
Yalnızca 6. Kısıt	229476900	0,223811
Yalnızca 8. Kısıt	273181100	0,456887



Şekil 4.3. Kısıtların 1. amaç fonksiyonuna olan etkileri

Kısıtların 2. amaç fonksiyonuna olan etkileri ise Çizelge 4.11.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Kısıtların 2. amaç fonksiyonuna etkisi

Çıkarılan Grup Kısıtları	2. Amaç Fonksiyonu	Değişim Oranı(%)
Hiçbiri	3576,6	0
Yalnızca 1. Kısıt	3576,6	0
Yalnızca 2. Kısıt	3576,6	0
Yalnızca 3. Kısıt	3576,6	0
Yalnızca 6. Kısıt	1851	0,932253

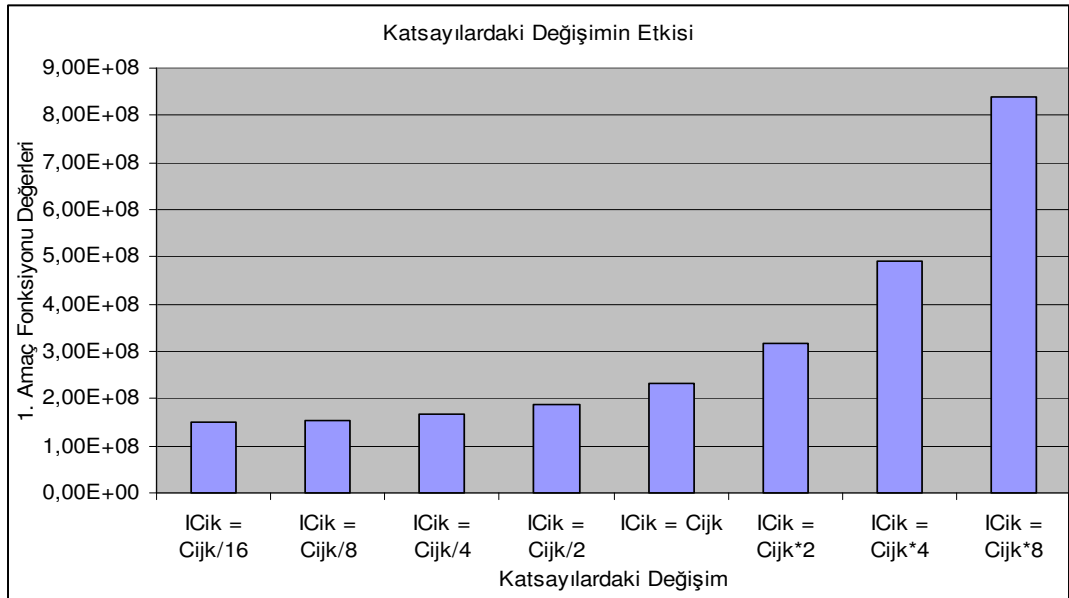
4.2.3. Amaç Fonksiyonlarındaki Katsayıların Amaç Fonksiyonuna Etkisi

1. amaç fonksiyonundaki katsayılar ürünlerin ekiminin sağlayacağı fayda ile ithal edilmesinin sağlayacağı faydayı ifade etmektedir. Üretimin elde edilen fayda ithal etmenin sağlayacağı faydadan daha büyükse model o üründen mümkün

olduğunca fazla ekilmesini sağlayacaktır. İthal edilen ürünlerin sağladığı faydanın büyük olması ise topraklarda tarımın yapılmasını engelleyecek ve ülke ekonomisine zarar verecektir. İthal etmenin sağlayacağı faydayı maliyeti düşük bile olsa yüksek tutarak bölgede tarım mümkün olduğunca fazla tarım yapılması sağlanabilir. Çizelge 4.12.'de ve Şekil 4.4.'te ürünlerin ekiminden elde edilen fayda ile ürünlerin ithal edilmesinden sağlanan fayda arasındaki ilişkinin amaç fonksiyonuna etkisi sunulmuştur.

Çizelge 4. 12. Amaç fonksiyonundaki katsayılardaki değişimin amaç fonksiyonuna etkisi

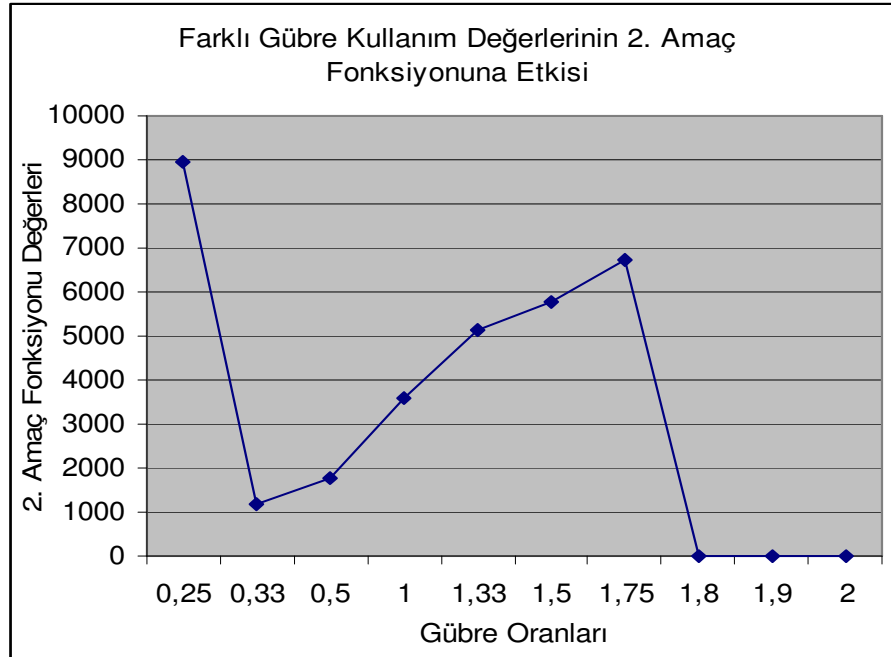
	Ürünün Ekilmesi Sonucu Elde Edilen Fayda	Ürünün İthal Edilmesi Sonucu Elde Edilen Fayda	1. Amaç Fonksiyonu Değeri	Değişim Oranı(%)
Durum 1	Bijk	ICik = Cijk/16	149676200	-0,20177
Durum 2	Bijk	ICik = Cijk/8	155072900	-0,17299
Durum 3	Bijk	ICik = Cijk/4	165867100	-0,11542
Başlangıç Değeri	Bijk	ICik = Cijk/2	187510100	0
Durum 4	Bijk	ICik = Cijk	230936800	0,231597
Durum 5	Bijk	ICik = Cijk*2	317873700	0,695235
Durum 6	Bijk	ICik = Cijk*4	491859300	1,623108
Durum 7	Bijk	ICik = Cijk*8	840242600	3,481052



Şekil 4.4. Amaç fonksiyonundaki katsayılardaki değişimin etkisi

Çizelge 4.13. Gübre ihtiyaçlarındaki değişimin 2. amaç fonksiyonuna etkisi

	Azot İhtiyacı	Fosfor İhtiyacı	Potasyum İhtiyacı	2. Amaç Fonksiyonu Değeri	Değişim Oranı(%)
Durum 1	$0,25 \cdot N_{ijk}$	$0,25 \cdot P_{ijk}$	$0,25 \cdot K_{ijk}$	8942	1,49986
Durum 2	$0,33 \cdot N_{ijk}$	$0,33 \cdot P_{ijk}$	$0,33 \cdot K_{ijk}$	1192	-0,66676
Durum 3	$0,5 \cdot N_{ijk}$	$0,5 \cdot P_{ijk}$	$0,5 \cdot K_{ijk}$	1788	-0,50014
Başlangıç Değeri	N_{ijk}	P_{ijk}	K_{ijk}	3577	0
Durum 4	$1,33 \cdot N_{ijk}$	$1,33 \cdot P_{ijk}$	$1,33 \cdot K_{ijk}$	5129	0,433883
Durum 5	$1,5 \cdot N_{ijk}$	$1,5 \cdot P_{ijk}$	$1,5 \cdot K_{ijk}$	5771	0,613363
Durum 6	$1,75 \cdot N_{ijk}$	$1,75 \cdot P_{ijk}$	$1,75 \cdot K_{ijk}$	6732	0,882024
Durum 7	$1,80 \cdot N_{ijk}$	$1,80 \cdot P_{ijk}$	$1,80 \cdot K_{ijk}$	Olurlu bir çözüm bulunamamıştır	
Durum 8	$1,90 \cdot N_{ijk}$	$1,90 \cdot P_{ijk}$	$1,90 \cdot K_{ijk}$	Olurlu bir çözüm bulunamamıştır	
Durum 9	$2 \cdot N_{ijk}$	$2 \cdot P_{ijk}$	$2 \cdot K_{ijk}$	Olurlu bir çözüm bulunamamıştır	



Şekil 4.5. Farklı gübre kullanım oranlarının 2. amaç fonksiyonuna etkisi

2. amaç fonksiyonunda ürünlerin ihtiyaç duydukları gübre miktarları bölgenin özelliklerine göre değişiklik gösterebilir. Modeldeki amaç fonksiyonu en az gübreye

ihtiyaç duyan ürünlerin seçimini hedeflemektedir. Ürünlerin ihtiyaç duydukları gübre miktarındaki azalma amaç fonksiyonunda da azalmaya neden olacaktır. Artması ise kısıtlarla sınırlandırıldığı için belli bir düzeyde olacaktır. Ürünlerin ihtiyaç duydukları gübre miktarları değiştiğinde 2. amaç fonksiyonunun bu değişme vereceği tepki Çizelge 4.13.'te ve Şekil 4.5.'te verilmiştir.

4.3. Tartışma

Tarımsal karar modelleri incelendiğinde matematiksel modellerin önemli bir bölümünü oluşturduğu görülmektedir. Sürdürülebilir tarım kavramı için Raja ve ark. (1997) tarafından geliştirilen matematiksel model günümüze kadar bu konuda yapılmış ilk çalışma olarak göze çarpmaktadır. Enerji planlama ve eniyileme modeli olarak geliştirilen model tek bir yıl için ve tek bir amaç fonksiyonunu iyileştirmek amacıyla kurulmuştur. Yiyecek talebini, arazi kullanımını ve bütçe kısıtlarını sağlayacak şekilde düşünülen model, önerilen matematiksel modelde de düşünülmüştür. Ayrıca gübre ve pestisit kullanımı ile ilgili kısıtlar da benzerlik göstermektedir.

Sarker ve ark. (1997) tarafından yapılan en iyi karışık mahsul planlama belirleme probleminde de yiyecek talebi ihtiyacı, bütçe kısıtı ve toprakların ekim türleri modelin kısıtlar bölümünü oluştururken ürünlerin ekiminden ve ithal edilmesinden elde edilecek olan katkı en büyüklenmeye çalışılmıştır. Önerilen modelin 1. amaç fonksiyonu da elde edilecek katkıları en büyükmeye çalışmaktadır.

Son olarak, MARKS (1995), Sarker ve Quaddus(2002), Hengsdijk ve Ittersum(2002), AERTS ve ark (2003) mahsul planlama konusunda yıllık kararların alınabileceği modeller geliştirmişlerdir. Önerilen model de ise planlama periyodu bir yıldan fazla olacak şekilde düşünülmüştür. Özellikle ürün nöbeti kısıtlarının eklenmesi ile modelin en düşük çalışma periyodu 5 yıl olarak ele alınmıştır. Ayrıca ürün nöbeti ile ilgili kısıtlar da daha önce literatürde yer almamış kısıtlardır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Günümüzde dünyada yaşayan insanların ihtiyaçları karşılanırken, gelecek nesillere de daha iyi ve yaşanılır bir dünya bırakmayı amaç edinen sürdürülebilir tarım kavramı için bir matematiksel programlama modeli geliştirilmiştir.

Bu çalışmaya başlarken, bireyin ve toplumun ekonomik ve sosyal yönden farklı amaçları var olduğu düşünülmüştü. Çalışmanın tamamlandığı bu aşamada ulaşılan hedefler aşağıda sıralanmıştır.

- Adana İli Yumurtalık ilçesinde yer alan tarıma elverişli arazilerde her yıl ve her dönem için maliyeti en düşük, aynı zamanda karı en fazla olan ürünleri belirlendi.
- Üreticilerin maliyeti düşük, üretimi kolay ve karı yüksek olan ürünleri toprağa ve çevreye en az zararla üretilmesi için öneriler geliştirildi.
- Tarım yapılabilen araziler en uygun şekilde kullanıldı ve eldeki kaynakların gereksiz kullanımını önüne geçildi.
- İhtiyaç fazlası ürünlerin, karı fazla olmayan ürünlerin üretilmemesi gerektiği söylendi. Böylelikle ülke ekonomisine fayda sağlanabileceği belirtildi.
- Maksimum faydanın belirlenmesi ile üreticinin geliri arttırılmış ve az da olsa GSMH'nin artışına katkıda bulunulmuştur.
- Tarımın çevreye olan etkisi de düşünüldüğünden her zaman maliyeti düşük karı yüksek ürünler seçilemediğinden, hammaddesi tarım ürünü olan gıda, tekstil, ilaç endüstrilerinin hammadde maliyetlerinin düşürülmesi hedefi istenilen düzeyde gerçekleşmemiştir.

Belirtilen hedeflerin yanı sıra önerilen matematiksel model, dünyanın herhangi bir yerinde farklı ürün ve arazi çeşitli için çalıştırılarak o bölge için sürdürülebilir tarım sağlanabilir. Bunun yanı sıra model tüm ülke için uygulanarak ülkemiz topraklarını gelecek nesillere en iyi şekilde bırakacak politikalar geliştirilebilir.

Problemin günümüz eniyileme programları ve bilgisayar ile çözümü oldukça kısa bir sürede gerçekleşmiştir. Değişken sayısının artmasıyla geçen süre arasındaki ilişkinin üstel olmaması probleme makul sürelerde çözüm bulunabileceğini göstermiştir.

5.2. Mevcut Durum ile Sonuçların Karşılaştırılması

Mevcut durumda, çiftçiler tarım arazilerine ne ekecekleri kararını o sene karı en yüksek olarak tahmin edilen ürününü seçerek almaktadırlar. Bölgesel ya da ülkenin genel talebi göz önüne alınmadan, ithalat getirisi, gübre kullanımını, pestisit kullanımı ve ekim nöbeti dikkate alınmadan ekilecek ürüne karar verilmektedir. Bu durum toprağın gün geçtikçe kalitesizleşmesine ve verimin düşmesine neden olmaktadır. Ancak yapılan çalışmada bu olumsuzlukları en aza indirecek ve elde edilen faydayı en büyüleyecek şekilde sonuçlar vermiştir.

5.3. Öneriler

Yapılan çalışmada deneysel çalışmaya çeşitli nedenlerden dolayı yer verilememiş, geliştirilen matematiksel model var olan çalışmaların sonuçları ile test edilmiştir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda planlamaya karar vermeden önce ürünlerin o bölgedeki verimleri tekrar incelenmelidir. Küresel ısınmanın ve daha pek çok bilinmeyen durumların ürünlerin verimlerine olan etkisi incelenerek modele eklenebilir.

Sürdürülebilir tarım konusu, iklim özellikleri, tohumların türleri, çiftçi özellikleri, devlet politikaları ve küresel talepler dikkate alınarak hazırlanmış bir simülasyon modeli ile ele alınabilir. Olasılık dağılımlarının dikkate alındığı, farklı durumların incelendiği simülasyon modelleri hazırlanabilir.

Matematiksel modele işgücü, makine ve enerji kısıtları veya ilişkili amaç fonksiyonu eklenerek daha fazla amacı gerçekleştirilmesi sağlanabilir.

Ekim nöbeti konusunda bölgesel tarımsal araştırmalar yapılarak, ekim nöbeti ile ilgili daha fazla kısıt modele eklenebilir.

Matematiksel modele, tarımsal faaliyetlerin çevreye olan etkilerinden biri olan tarımsal sulama ile ilgili yeni bir amaç fonksiyonu ve kısıtlar eklenebilir.

Toprağın nadasa bırakılması konusu uygulanacak bölgelerin özelliklerine göre gereklilik arz ediyorsa modele eklenebilir. Bu çalışmada ele alınan Yumurtalık ilçesinde toprağın nadasa bırakılması söz konusu değildir.

Bu çalışmada ekonomik faydanın yanı sıra çevresel fayda da göz önünde bulundurulduğu için bazı sonuçlar üretici açısından düşünüldüğünde pek memnun edici olmayabilir. Ancak geliştirilecek bir tarım politikası ile fazla karlı olmayan bir ürünü çevresel etkileri düşünerek ekmeye karar veren çiftçilere tarımsal primler verilerek bu durum teşvik edilebilir.

Sadece iç talebin karşılanmasının düşünüldüğü modelde, dış talebin karşılanmasına ilişkin değişiklikler yapılabilir.

KAYNAKLAR

- AÇIKSÖZ, S., 2001. Ankara'da kentsel tarım kapsamında Atatürk Orman Çiftliği'nin günümüz koşullarında yeniden değerlendirilmesi üzerinde bir araştırma, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 350 Sayfa, Ankara. (s.73-s. 78)
- AERTS, J., C., J., H., EISINGER, E., HEUVELINK, G.B.M., STEWART, T., J., 2003. Using Linear Integer Programming For Multi-Site Land-Use Allocation, Geographical Analysis, 35(2):148-169.
- ANNETTS, J.E., AUDSLEY E., 2002. Multiple Objective Linear Programming for Environmental Farm Planning, Journal of the Operational Research Society, 53: 933-943.
- ARIOĞLU, H., 1992. Çukurova Bölgesinde Ayçiçeği Yetiştiriciliği, <http://www.adanaciftcilerbirligi.com/home/>
- BİRİNCİ, A., 2004. Arazi Kullanım Planlaması Nedir?, Türktarım Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi, Sayı 160, 47-49.
- CHERNYAK, V., 2001. Sürdürülebilir Tarım ve Kırsal Kalkınmanın Teşvik Hakkında Rapor, Onsekizinci Keipa Genel Kurulu.
- YUMURTALIK KAYMAKAMLIĞI, 2007. www.yumurtalik.gov.tr
- ADANA TARIM İL MÜDÜRLÜĞÜ, 2006. <http://www.adana-tarimmd.gov.tr/>
- AGROECLOGY, 2007. www.agroecology.org
- Ç.Ü. TARIMSAL YAYIM, HABERLEŞME ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ, 2007. <http://www.cu.edu.tr/merkezler/tyhm/2004-03.html> -
- ÇUKUROVA TARIMSAL ARAŞTIRMA MERKEZİ, 2007. www.cukurovataem.gov.tr
- DÜNYA TARIM ÖRGÜTÜ, 2007. www.fao.org
- DARBY-DOWMAN, K., BARKER, S., AUDSLEY, E., PARSONS, D., 2000. A Two-Stage Stochastic Programming with Recourse Model For Determining Robust Planting Plans in Horticulture, Journal of the Operational Research Society, 51: 83-89.

- DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 2000. Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, <http://ekutup.dpt.gov.tr/bilim/oik533.pdf>
- DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 2000. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı
- DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 2005. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı 2005 Yılı Raporu.
- DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 2006. IX. Beş Yıllık Kalkınma Planı
- GLEN, J.J., TIPPER, R., 2001. A Mathematical Programming Model for Improvement Planning in a Semi-Subsistence Farm, *Agricultural Systems*, 70: 295–317.
- HANEVELD, W.K.K., STEGEMAN, A.W., 2005. O.R. Applications- Crop Succession Requirements in Agricultural Production Planning, *European Journal of Operational Research*, 166: 406–429.
- HENGSDIJK, H., and ITTERSUM M.K., 2002. A Goal-Oriented Approach to Identify and Engineer Land Use Systems, *Agricultural Systems*, 71: 231–247.
- INTEGRATED ARABLE CROP PRODUCTION ALLIANCE-IACPA, 2007. www.iacpa.org
- KARA, H., 2001. Tarımı Yeniden Yapılandırma Yönünde Global Anlamdaki Gelişmelerden. Örnekler, Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu, Antalya
- KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ, 2007. http://www.ziraat.ktu.edu.tr/tarim_girdi.htm
- KONYA TARIM İL MÜDÜRLÜĞÜ, 2007. <http://www.konyatarim.gov.tr/index.asp?id=1821>
- MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ TOPRAK BÖLÜMÜ, 2007. www.toprakkolumu.com/indir/gbvkgk1.doc
- LAMBIN, E.F, ROUNSEVELL, M.D.A., GEIST, H.J., 2000. Are Agricultural Land-Use Models Able to Predict Changes in Land-Use Intensity? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82: 321–331.
- LINDENBACH-GIBSON, R. ve GRAY, R., 2005. Sustainable Low-Input Agriculture Gap Analysis. A Report by the Center of Studies in Agriculture, Law and the Environment University of Saskatchewan.

- MAKOWSKI, D., HENDRIX, E.M.T., ITTERSUM, M.K., ROSSING, W.A.H., 2001. Generation and Presentation of Nearly Optimal Solutions for Mixed-Integer Linear Programming, Applied to a Case in Farming System Design, *European Journal of Operational Research*, 132:425-438.
- MARKS, L.A., DUNN, E.G., KELLER, J.,M. ve GODSEY, L.,D., 1995. Multiple Criteria Decision Making(MCDM) Using Fuzzy Logic: An Innovative Approach to Sustainable Agriculture, *IEEE Proceedings of ISUMA-NAFIPS'95*, 503-508.
- MATTHEWS, K.B., 2001. Applying Genetic Algorithms to Multi-objective Land-Use Planning, The Robert Goddon University, Doktora Tezi, 156 s.
- OLSON, R. K., (1992), *The Future Context of Sustainable Agriculture: Planning for Uncertainty*, Yayınlandığı Kitap *Integrating Sustainable Agriculture, Ecology, and Environmental Policy*, (Editör), OLSON, R. K. , s. 10, New York, Food Products Press
- PESEK, J.1983. Introduction: *Proceedings of the Management Alternatives for Biological Farming*. Workshop, comp. by R.B. Dahlgren. Iowa State Uni., Ames IA.,
- PEZİKOĞLU, F.,2005. Türkiye'de Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları ve Yönlendirilebilmesi İçin Gerekli Politikaların Belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi Doktora Tezi ,Bursa, 140 S.
- RAJA, R., SOORIAMOORTHY, C.E., KANNIAPPAN, P., RAMACHANDRAN, T., 1997. Energy Planning and Optimization Model for Rural Development- A Case of Sustainable Agriculture, *International Journal of Energy Research*, 21: 527-547.
- RAO, S.,S., 2006, *Engineering Optimization*, Revised Third Edition, Delhi, New Age International Publishers.
- SARKER, R.,A., TALUKDAR, S., and HAQUE, A.,F.,M.,1997. Determination of Optimum Crop Mix for Crop Cultivation in Bangladesh, *Applied Mathematical Modelling*, 21:621-632.

- SARKER, R., and RAY,T., 2005. Multiobjective Evolutionary Algorithms for Solving Constrained Optimization Problems, Proceeding of CIMCA-IAWTIC'05 International Conference , 2: 197-202.
- SARKER, R.A., QUADDUS, M.A., 2002. Modelling a Nationwide Crop Planning Problem Using a Multiple Criteria Decision Making Tool, Computers & Industrial Engineering, 42: 541- 553.
- SETHI, L. N., KUMAR, D.N., PANDA, S.N., MAL, B.C., 2002. Optimal Crop Planning and Conjunctive Use of Water Resources in a Coastal River Basin, Water Resources Management, 16:145–169.
- SUNDQUIST, B.,2007,<http://home.alltel.net/bsundquist1/se4.html>
- SÜZER, S., 2005 .Bitkisel Üretimde Sürdürülebilir Tarım Teknikleri, Gıda Tarım, Sayı 66, sayfa 66-70.
- SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM DERNEKLERİ FEDERASYONU, 2007. <http://www.std-fed.org/>
- ŞAHİN,Y., 2004. Arazi Kullanım Planlaması ve Tarım Reformu Uygulaması, Türktarım Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi, Sayı160, 42-46.
- TAN, S., KÖKSAL, H., 2004. Sürdürülebilir Tarım, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü- Bakış, Sayı 5, Nüsha 2.
- TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI TARIMSAL ARAŞTIRMALAR MERKEZİ, 2007. www.tagem.gov.tr
- TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI YAYIN DAİRESİ BAŞKANLIĞI, 2007. http://www.tb-yayin.gov.tr/basili/1999/tarla_tarimi_II_orta.htm
- TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI RESMİ SİTESİ, 2007. Tarım Stratejisi 2006-2010 Belgesi, <http://www.tarim.gov.tr>
- T.C. ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI, 2005. Çölleşme ile Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı, Ankara.
- THORNTHWAITE, C.W., 1953. Operations Research in Agriculture, Journal of the Operations Research Society of America, 1(2):33-38.
- TRAKYA TARIMSAL ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ, 2007. <http://www.ttae.gov.tr/>
- TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ RAPORLARI, 2002. Türkiye İçin Sürdürülebilir Kalkınma Öncelikleri, Ankara

TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU, 2007. Tarımsal Fiyat İstatistikleri,
www.tuik.gov.tr

YATES,C.M., and REHMAN T., 1996. Integration of Markov and Linear Programming Models to Assess the Farmgate and National Consequences of Adopting New Bovine Reproductive Technologies in the United Kingdom Agriculture, The Journal of the Operational Research Society, 47(11):1327-1342.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Adana'da doğmuştur. 1994 yılında Ceyhan Remzi Oğuz Arık İlkokulu'nda ilkokulu tamamladıktan sonra ortaokul öğrenimine Ceyhan Anadolu Lisesi'nde devam etmiştir. 1998 yılında lise öğrenimine Adana Anadolu Lisesi'nde başlamış ve 2001 yılında mezun olmuştur. 2001 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başlamış, 2005 yılında Endüstri Mühendisi unvanını almıştır. 2005 yılından itibaren Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans öğrenimine sürdürmektedir. Halen Ç.Ü. Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

EKLER

Ek1- Çizelge1.Yumurtalık İlçesi Arazi Varlığı (Adana Tarım İl Müdürlüğü)

S.NO	KÖYÜ	YÜZ ÖLÇÜMÜ DAĞILIMI									TOPLAM (Da)
		TARIM ALANI			TARIM DIŞI ALAN			BATAKLIK VE KUMLUKALAN (Da)	TAŞLIK ÇALILIK (Da)		
		YÜZÖLÇÜMÜ(Da)	KURU(Da)	SULU(Da)	TOPLAM TARIM ALANI(Ha)	YERLEŞİM YERİ	MERA (Da)			ORMAN (Da)	
1	ASMALI	40.651	21698	14617	36315	1750				2586	4.336
2	AYVALIK	23.500	8325	1200	9525	1250		11375	1000	350	13.975
3	DEMİRTAŞ	24.839	13083	1069	14152	2000				8687	10.687
4	DEVECİUŞAĞI	22.300	16018	805	16823	1500	595	882	1000	1500	5.477
5	HAMZALI	18.600	4442	5880	10322	850		6628		800	8.278
6	HAYLAZLI	15.400	1059	7500	8559	900		3991	1000	950	6.841
7	GÖLOVASI	24.600	10082	1600	11682	2500	144		500	9774	12.918
8	KALDIRIM	72.345	3204	35150	38354	2500	3250		27491	750	33.991
9	KALEMLİ	4.650	3230		3230	550	83		600	187	1.420
10	KESMEBURUN	9.050	4742	2498	7240	800				1010	1.810
11	KÜÇÜK YUMURTALIK	13.400	4103	4469	8572	1500			2928	400	4.828
12	KUZUPINARI	42.120	25160	3843	29003	3000		7117	2000	1000	13.117
13	KIRMIZIDAM	13.400	9347	1329	10676	1000	250			1474	2.724
14	MERKEZ	20.505	15218	3518	18736	1000			350	419	1.769
15	NARLIÖREN	17.870	4576	5959	10535	1000	55	4780		1500	7.335
16	SUGÖZÜ	23.651	6629	6743	13372	1200			1080	7999	10.279
17	YAŞILER	18.900	6732	2904	9636	800				8464	9.264
18	YENİKÖY	14.589	8772	1327	10099	800		3190		500	4.490
19	YEŞİLKÖY	35.830	4655	13366	18021	1000	500		6500	9809	17.809
20	ZEYTİNBELİ	44.800	22948	3200	26148	1500		15352		1800	18.652
	TOPLAM	501.000	194023	116977	311000	27400	4877	53315	44449	59959	190.000

EK2. Çizelge 2.1996-2001 Yılları Arasında Yumurtalık İlçesinde Yetiştirilen Ürünlerin Verimleri (Ton/Da)(Adana Tarım İl Müdürlüğü)

Ürün/Yıl	1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem
Buğday	0,475	0	0,385	0	0,457	0	0,453	0	0,449	0	0,461	0
Kanola	0,28	0	0,28	0	0,28	0	0,28	0	0,28	0	0,28	0
Baklagiller	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0
Yem Bitkile	0,7	0	0,8	0	0,9	0	0,7	0	0,8	0	0,9	0
Arpa	0,33	0	0,295	0	0,33	0	0,295	0	0,33	0	0,295	0
Mısır	0	0,813	0	0,926	0	0,814	0	0,755	0	0,987	0	0,739
Yer Fıstığı	0	0,35	0	0,286	0	0,259	0	0,35	0	0,332	0	0,356
Soya	0	0,319	0	0,291	0	0,324	0	0,341	0	0,389	0	0,332
Pamuk	0	0,044244	0	0,046308	0	0,050733	0	0,051618	0	0,048373	0	0,072707
Ayçiçeği	0	0,243	0	0,243	0	0,243	0	0,243	0	0,243	0	0,243

Çizelge 3.2002-2006 Yılları Arasında Yumurtalık İlçesinde Yetiştirilen Ürünlerin Verimleri (Ton/Da)

Ürün/Yıl	2002		2003		2004		2005		2006	
	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem
Buğday	0,556	0	0,45	0	0,389	0	0,5285	0	0,475	0
Kanola	0,28	0	0,28	0	0,28	0	0,28	0	0,28	0
Baklagiller	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0
Yem Bitkile	0,7	0	0,8	0	0,9	0	0,7	0	0,8	0
Arpa	0,33	0	0,295	0	0,33	0	0,295	0	0,33	0
Mısır	0	0,863	0	0,871	0	0,91	0	1,05	0	1,09
Yer Fıstığı	0	0,365	0	0,345	0	0,372	0	0,4	0	0,37
Soya	0	0,338	0	0,325	0	0,4	0	0,42	0	0,3925
Pamuk	0	0,058992	0	0,064817	0	0,072265	0	0,07374	0	0,078164
Ayçiçeği	0	0,195	0	0,243	0	0,243	0	0,28	0	0,256

EK.3.**Çizelge 4. 1996-2000 Yılları Arasında Ürünlerin Sağladığı Faydalar (Pazar Fiyatı- Üretim Maliyeti) (YTL/Kg)**

Ürün No	Ürün/ Dönem	1996		1997		1998		1999		2000	
		1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem
1	Buğday	0,003	0	-0,004	0	0,010	0	0,003	0	0,005	0
2	Kanola	0,008	0	0,013	0	0,082	0	0,080	0	0,078	0
3	Baklagiller	0,010	0	0,013	0	0,026	0	0,046	0	0,084	0
4	Yem Bitkileri	0,005	0	0,007	0	0,011	0	0,017	0	0,028	0
5	Arpa	0,002	0	0,001	0	-0,004	0	0,002	0	0,007	0
6	Mısır	0	0,004	0	0,007	0	0,007	0	0,018	0	0,032
7	Yer fıstığı	0	0,025	0	0,018	0	0,071	0	0,119	0	0,223
8	Soya	0	-0,003	0	-0,002	0	0,005	0	0,024	0	0,017
9	Pamuk	0	-0,026	0	0,001	0	-0,026	0	-0,046	0	-0,020
10	Ayçiçeği	0	0,008	0	0,022	0	0,073	0	0,111	0	0,158

Çizelge 5. 2001-2005 Yılları Arasında Ürünlerin Sağladığı Faydalar (Pazar Fiyatı- Üretim Maliyeti)(YTL/Kg)

Ürün No	Ürün/ Dönem	2001		2002		2003		2004		2005	
		1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem
1	Buğday	0,003	0	0,025	0	0,242	0	0,054	0	0,043	0
2	Kanola	0,134	0	0,184	0	0,318	0	0,163	0	0,134	0
3	Baklagiller	0,117	0	0,168	0	0,193	0	0,211	0	0,211	0
4	Yem Bitkileri	0,048	0	0,072	0	0,092	0	0,109	0	0,114	0
5	Arpa	-0,023	0	-0,040	0	-0,008	0	0,053	0	0,090	0
6	Mısır	0	0,022	0	0,034	0	0,077	0	0,110	0	0,117
7	Yer fıstığı	0	0,055	0	0,299	0	0,385	0	0,569	0	0,659
8	Soya	0	-0,007	0	-0,033	0	0,088	0	0,100	0	0,097
9	Pamuk	0	-0,035	0	-0,123	0	0,124	0	0,229	0	0,086
10	Ayçiçeği	0	0,191	0	0,387	0	0,441	0	0,479	0	0,536

EK.4.

Çizelge6. 1996-2000 Yılları Arasında Ürünlerin Bölgelere Ekimi İle Sağladığı Fayda(YTL)

Ürün	Bölge	1996		1997		1998		1999		2000	
		1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem
Buğday	1. Bölge	30919,65	0	0	0	99159,86	0	29487,58	0	48712,01	0
Buğday	2. Bölge	4565,7	0	0	0	14642,28	0	4354,236	0	7192,98	0
Buğday	3. Bölge	35853	0	0	0	114981,2	0	34192,44	0	56484,2	0
Buğday	4. Bölge	21685,65	0	0	0	69546,26	0	20681,26	0	34164,41	0
Buğday	5. Bölge	32700,9	0	0	0	104872,4	0	31186,33	0	51518,26	0
Buğday	6. Bölge	20829,23	0	0	0	66799,69	0	19864,5	0	32815,17	0
Buğday	7. Bölge	50088,75	0	0	0	160635,5	0	47768,85	0	78911,75	0
Buğday	8. Bölge	5476,275	0	0	0	17562,51	0	5222,637	0	8627,535	0
Buğday	9. Bölge	5013,15	0	0	0	16077,26	0	4780,962	0	7897,91	0
Buğday	10. Bölge	4560	0	0	0	14624	0	4348,8	0	7184	0
Kanola	1. Bölge	48603,52	0	78980,72	0	498186,1	0	486035,2	0	473884,3	0
Kanola	2. Bölge	7176,96	0	11662,56	0	73563,84	0	71769,6	0	69975,36	0
Kanola	3. Bölge	56358,4	0	91582,4	0	577673,6	0	563584	0	549494,4	0
Kanola	4. Bölge	34088,32	0	55393,52	0	349405,3	0	340883,2	0	332361,1	0
Kanola	5. Bölge	51403,52	0	83530,72	0	526886,1	0	514035,2	0	501184,3	0
Kanola	6. Bölge	32742,08	0	53205,88	0	335606,3	0	327420,8	0	319235,3	0
Kanola	7. Bölge	78736	0	127946	0	807044	0	787360	0	767676	0
Kanola	8. Bölge	8608,32	0	13988,52	0	88235,28	0	86083,2	0	83931,12	0
Kanola	9. Bölge	7880,32	0	12805,52	0	80773,28	0	78803,2	0	76833,12	0
Kanola	10. Bölge	7168	0	11648	0	73472	0	71680	0	69888	0
Baklagiller(Nohut)	1. Bölge	54245	0	70518,5	0	141037	0	249527	0	455658	0
Baklagiller(Nohut)	2. Bölge	8010	0	10413	0	20826	0	36846	0	67284	0
Baklagiller(Nohut)	3. Bölge	62900	0	81770	0	163540	0	289340	0	528360	0
Baklagiller(Nohut)	4. Bölge	38045	0	49458,5	0	98917	0	175007	0	319578	0
Baklagiller(Nohut)	5. Bölge	57370	0	74581	0	149162	0	263902	0	481908	0
Baklagiller(Nohut)	6. Bölge	36542,5	0	47505,25	0	95010,5	0	168095,5	0	306957	0
Baklagiller(Nohut)	7. Bölge	87875	0	114237,5	0	228475	0	404225	0	738150	0
Baklagiller(Nohut)	8. Bölge	9607,5	0	12489,75	0	24979,5	0	44194,5	0	80703	0
Baklagiller(Nohut)	9. Bölge	8795	0	11433,5	0	22867	0	40457	0	73878	0
Baklagiller(Nohut)	10. Bölge	8000	0	10400	0	20800	0	36800	0	67200	0

Yem Bitkileri(Fiğ)	1. Bölge	75943	0	121508,8	0	214810,2	0	258206,2	0	486035,2	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	2. Bölge	11214	0	17942,4	0	31719,6	0	38127,6	0	71769,6	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	3. Bölge	88060	0	140896	0	249084	0	299404	0	563584	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	4. Bölge	53263	0	85220,8	0	150658,2	0	181094,2	0	340883,2	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	5. Bölge	80318	0	128508,8	0	227185,2	0	273081,2	0	514035,2	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	6. Bölge	51159,5	0	81855,2	0	144708,3	0	173942,3	0	327420,8	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	7. Bölge	123025	0	196840	0	347985	0	418285	0	787360	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	8. Bölge	13450,5	0	21520,8	0	38045,7	0	45731,7	0	86083,2	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	9. Bölge	12313	0	19700,8	0	34828,2	0	41864,2	0	78803,2	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	10. Bölge	11200	0	17920	0	31680	0	38080	0	71680	0
Arpa	1. Bölge	14320,68	0	6400,91	0	0	0	12801,82	0	50122,38	0
Arpa	2. Bölge	2114,64	0	945,18	0	0	0	1890,36	0	7401,24	0
Arpa	3. Bölge	16605,6	0	7422,2	0	0	0	14844,4	0	58119,6	0
Arpa	4. Bölge	10043,88	0	4489,31	0	0	0	8978,62	0	35153,58	0
Arpa	5. Bölge	15145,68	0	6769,66	0	0	0	13539,32	0	53009,88	0
Arpa	6. Bölge	9647,22	0	4312,015	0	0	0	8624,03	0	33765,27	0
Arpa	7. Bölge	23199	0	10369,25	0	0	0	20738,5	0	81196,5	0
Arpa	8. Bölge	2536,38	0	1133,685	0	0	0	2267,37	0	8877,33	0
Arpa	9. Bölge	2321,88	0	1037,81	0	0	0	2075,62	0	8126,58	0
Arpa	10. Bölge	2112	0	944	0	0	0	1888	0	7392	0
Mısır	1. Bölge	0	70561,9	0	140646,4	0	123635,2	0	294875,8	0	685309,6
Mısır	2. Bölge	0	10419,41	0	20768,33	0	18256,39	0	43542,36	0	101195,1
Mısır	3. Bölge	0	81820,32	0	163087,1	0	143361,7	0	341924,4	0	794653,4
Mısır	4. Bölge	0	49488,94	0	98643,08	0	86712,16	0	206812,6	0	480645,3
Mısır	5. Bölge	0	74626,9	0	148748,9	0	130757,7	0	311863,3	0	724789,6
Mısır	6. Bölge	0	47534,48	0	94747,39	0	83287,67	0	198645	0	461663,3
Mısır	7. Bölge	0	114307,8	0	227842,3	0	200284,7	0	477688,5	0	1110178
Mısır	8. Bölge	0	12497,44	0	24910,33	0	21897,41	0	52226,37	0	121377,3
Mısır	9. Bölge	0	11440,54	0	22803,68	0	20045,56	0	47809,62	0	111112,5
Mısır	10. Bölge	0	10406,4	0	20742,4	0	18233,6	0	43488	0	101068,8
Yer fıstığı	1. Bölge	0	189857,5	0	111701,3	0	399004,5	0	903721,7	0	1606433
Yer fıstığı	2. Bölge	0	28035	0	16494,19	0	58918,36	0	133446,6	0	237211,3
Yer fıstığı	3. Bölge	0	220150	0	129523,7	0	462667,2	0	1047914	0	1862746
Yer fıstığı	4. Bölge	0	133157,5	0	78342,26	0	279843,8	0	633829,7	0	1126680
Yer fıstığı	5. Bölge	0	200795	0	118136,3	0	421990,8	0	955784,2	0	1698978

Yer fıstığı	6. Bölge	0	127898,8	0	75248,32	0	268792	0	608798,1	0	1082184
Yer fıstığı	7. Bölge	0	307562,5	0	180952,2	0	646373,4	0	1463998	0	2602365
Yer fıstığı	8. Bölge	0	33626,25	0	19783,76	0	70668,93	0	160061	0	284520,3
Yer fıstığı	9. Bölge	0	30782,5	0	18110,66	0	64692,5	0	146524,7	0	260458,6
Yer fıstığı	10. Bölge	0	28000	0	16473,6	0	58844,8	0	133280	0	236915,2
Soya	1. Bölge	0	0	0	0	0	35150,76	0	177576,4	0	143488,9
Soya	2. Bölge	0	0	0	0	0	5190,48	0	26221,54	0	21188,05
Soya	3. Bölge	0	0	0	0	0	40759,2	0	205909,4	0	166383,1
Soya	4. Bölge	0	0	0	0	0	24653,16	0	124544,1	0	100636,6
Soya	5. Bölge	0	0	0	0	0	37175,76	0	187806,4	0	151755,1
Soya	6. Bölge	0	0	0	0	0	23679,54	0	119625,5	0	96662,22
Soya	7. Bölge	0	0	0	0	0	56943	0	287667,6	0	232447
Soya	8. Bölge	0	0	0	0	0	6225,66	0	31451,11	0	25413,76
Soya	9. Bölge	0	0	0	0	0	5699,16	0	28791,31	0	23264,53
Soya	10. Bölge	0	0	0	0	0	5184	0	26188,8	0	21161,6
Pamuk	1. Bölge	0	0	0	1004,791	0	0	0	0	0	0
Pamuk	2. Bölge	0	0	0	148,3708	0	0	0	0	0	0
Pamuk	3. Bölge	0	0	0	1165,109	0	0	0	0	0	0
Pamuk	4. Bölge	0	0	0	704,7151	0	0	0	0	0	0
Pamuk	5. Bölge	0	0	0	1062,676	0	0	0	0	0	0
Pamuk	6. Bölge	0	0	0	676,884	0	0	0	0	0	0
Pamuk	7. Bölge	0	0	0	1627,726	0	0	0	0	0	0
Pamuk	8. Bölge	0	0	0	177,9616	0	0	0	0	0	0
Pamuk	9. Bölge	0	0	0	162,9115	0	0	0	0	0	0
Pamuk	10. Bölge	0	0	0	148,1856	0	0	0	0	0	0
Ayçiçeği	1. Bölge	0	42180,91	0	115997,5	0	384900,8	0	585260,2	0	833073
Ayçiçeği	2. Bölge	0	6228,576	0	17128,58	0	56835,76	0	86421,49	0	123014,4
Ayçiçeği	3. Bölge	0	48911,04	0	134505,4	0	446313,2	0	678640,7	0	965993
Ayçiçeği	4. Bölge	0	29583,79	0	81355,43	0	269952,1	0	410475,1	0	584279,9
Ayçiçeği	5. Bölge	0	44610,91	0	122680	0	407074,6	0	618976,4	0	881065,5
Ayçiçeği	6. Bölge	0	28415,45	0	78142,48	0	259291	0	394264,3	0	561205,1
Ayçiçeği	7. Bölge	0	68331,6	0	187911,9	0	623525,9	0	948101	0	1349549
Ayçiçeği	8. Bölge	0	7470,792	0	20544,68	0	68170,98	0	103657,2	0	147548,1
Ayçiçeği	9. Bölge	0	6838,992	0	18807,23	0	62405,8	0	94891,01	0	135070,1
Ayçiçeği	10. Bölge	0	6220,8	0	17107,2	0	56764,8	0	86313,6	0	122860,8

Çizelge7.2001- 2005 Yılları Arasında Ürünlerin Bölgelere Ekimi İle Sağladığı Fayda(YTL)

Ürün	Bölge	2001		2002		2003		2004		2005	
		1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem
Buğday	1. Bölge	30008,33	0	301602,2	0	2362912	0	455788,2	0	493097,9	0
Buğday	2. Bölge	4431,132	0	44535,6	0	348915,6	0	67303,22	0	72812,5	0
Buğday	3. Bölge	34796,28	0	349724	0	2739924	0	528511	0	571773,6	0
Buğday	4. Bölge	21046,49	0	211530,2	0	1657240	0	319669,3	0	345836,7	0
Buğday	5. Bölge	31737,08	0	318977,2	0	2499037	0	482045,7	0	521504,8	0
Buğday	6. Bölge	20215,31	0	203176,3	0	1591791	0	307044,7	0	332178,6	0
Buğday	7. Bölge	48612,45	0	488585	0	3827835	0	738360,9	0	798801,3	0
Buğday	8. Bölge	5314,869	0	53417,7	0	418502,7	0	80726,06	0	87334,1	0
Buğday	9. Bölge	4865,394	0	48900,2	0	383110,2	0	73899,11	0	79948,31	0
Buğday	10. Bölge	4425,6	0	44480	0	348480	0	67219,2	0	72721,6	0
Kanola	1. Bölge	814109	0	1117881	0	1931990	0	990296,7	0	814109	0
Kanola	2. Bölge	120214,1	0	165070,1	0	285284,2	0	146230,6	0	120214,1	0
Kanola	3. Bölge	944003,2	0	1296243	0	2240246	0	1148302	0	944003,2	0
Kanola	4. Bölge	570979,4	0	784031,4	0	1355011	0	694549,5	0	570979,4	0
Kanola	5. Bölge	861009	0	1182281	0	2043290	0	1047347	0	861009	0
Kanola	6. Bölge	548429,8	0	753067,8	0	1301498	0	667119,9	0	548429,8	0
Kanola	7. Bölge	1318828	0	1810928	0	3129756	0	1604246	0	1318828	0
Kanola	8. Bölge	144189,4	0	197991,4	0	342180,7	0	175394,5	0	144189,4	0
Kanola	9. Bölge	131995,4	0	181247,4	0	313242,7	0	160561,5	0	131995,4	0
Kanola	10. Bölge	120064	0	164864	0	284928	0	146048	0	120064	0
Baklagiller(Nohut)	1. Bölge	634666,5	0	911316	0	1046929	0	1144570	0	1144570	0
Baklagiller(Nohut)	2. Bölge	93717	0	134568	0	154593	0	169011	0	169011	0
Baklagiller(Nohut)	3. Bölge	735930	0	1056720	0	1213970	0	1327190	0	1327190	0
Baklagiller(Nohut)	4. Bölge	445126,5	0	639156	0	734268,5	0	802749,5	0	802749,5	0
Baklagiller(Nohut)	5. Bölge	671229	0	963816	0	1107241	0	1210507	0	1210507	0
Baklagiller(Nohut)	6. Bölge	427547,3	0	613914	0	705270,3	0	771046,8	0	771046,8	0
Baklagiller(Nohut)	7. Bölge	1028138	0	1476300	0	1695988	0	1854163	0	1854163	0
Baklagiller(Nohut)	8. Bölge	112407,8	0	161406	0	185424,8	0	202718,3	0	202718,3	0
Baklagiller(Nohut)	9. Bölge	102901,5	0	147756	0	169743,5	0	185574,5	0	185574,5	0
Baklagiller(Nohut)	10. Bölge	93600	0	134400	0	154400	0	168800	0	168800	0

Yem Bitkileri(Fiğ)	1. Bölge	937353,6	0	1093579	0	1596973	0	2128574	0	1731500	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	2. Bölge	138412,8	0	161481,6	0	235814,4	0	314312,4	0	255679,2	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	3. Bölge	1086912	0	1268064	0	1851776	0	2468196	0	2007768	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	4. Bölge	657417,6	0	766987,2	0	1120045	0	1492886	0	1214396	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	5. Bölge	991353,6	0	1156579	0	1688973	0	2251199	0	1831250	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	6. Bölge	631454,4	0	736696,8	0	1075811	0	1433928	0	1166437	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	7. Bölge	1518480	0	1771560	0	2587040	0	3448215	0	2804970	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	8. Bölge	166017,6	0	193687,2	0	282844,8	0	376998,3	0	306671,4	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	9. Bölge	151977,6	0	177307,2	0	258924,8	0	345115,8	0	280736,4	0
Yem Bitkileri(Fiğ)	10. Bölge	138240	0	161280	0	235520	0	313920	0	255360	0
Arpa	1. Bölge	0	0	0	0	0	0	379498	0	576081,9	0
Arpa	2. Bölge	0	0	0	0	0	0	56037,96	0	85066,2	0
Arpa	3. Bölge	0	0	0	0	0	0	440048,4	0	667998	0
Arpa	4. Bölge	0	0	0	0	0	0	266162,8	0	404037,9	0
Arpa	5. Bölge	0	0	0	0	0	0	401360,5	0	609269,4	0
Arpa	6. Bölge	0	0	0	0	0	0	255651,3	0	388081,4	0
Arpa	7. Bölge	0	0	0	0	0	0	614773,5	0	933232,5	0
Arpa	8. Bölge	0	0	0	0	0	0	67214,07	0	102031,7	0
Arpa	9. Bölge	0	0	0	0	0	0	61529,82	0	93402,9	0
Arpa	10. Bölge	0	0	0	0	0	0	55968	0	84960	0
Mısır	1. Bölge	0	352766,1	0	636662,7	0	1455220	0	2171970	0	2665599
Mısır	2. Bölge	0	52090,63	0	94011,77	0	214882,7	0	320720,4	0	393611,4
Mısır	3. Bölge	0	409051,3	0	738244,7	0	1687406	0	2518516	0	3090906
Mısır	4. Bölge	0	247414,2	0	446526,6	0	1020626	0	1523322	0	1869531
Mısır	5. Bölge	0	373088,6	0	673340,2	0	1539054	0	2297095	0	2819162
Mısır	6. Bölge	0	237643,2	0	428892	0	980318,3	0	1463162	0	1795698
Mısır	7. Bölge	0	571468,7	0	1031371	0	2357405	0	3518515	0	4318178
Mısır	8. Bölge	0	62479,49	0	112761,3	0	257738,5	0	384684,3	0	472112,6
Mısır	9. Bölge	0	57195,64	0	103225,2	0	235941,7	0	352151,8	0	432186,3
Mısır	10. Bölge	0	52025,6	0	93894,4	0	214614,4	0	320320	0	393120
Yer fıstığı	1. Bölge	0	424846,8	0	2368011	0	2882037	0	4592772	0	5719593
Yer fıstığı	2. Bölge	0	62734,32	0	349668,5	0	425571,3	0	678184,3	0	844574,4
Yer fıstığı	3. Bölge	0	492632,8	0	2745837	0	3341877	0	5325567	0	6632176
Yer fıstığı	4. Bölge	0	297968,4	0	1660816	0	2021331	0	3221164	0	4011465
Yer fıstığı	5. Bölge	0	449321,8	0	2504430	0	3048068	0	4857357	0	6049093

Yer fıstığı	6. Bölge	0	286200,9	0	1595226	0	1941503	0	3093951	0	3853041
Yer fıstığı	7. Bölge	0	688237	0	3836095	0	4668799	0	7440130	0	9265540
Yer fıstığı	8. Bölge	0	75245,94	0	419405,8	0	510446,5	0	813440,1	0	1013015
Yer fıstığı	9. Bölge	0	68882,44	0	383936,9	0	467278,4	0	744648	0	927344,8
Yer fıstığı	10. Bölge	0	62656	0	349232	0	425040	0	677337,6	0	843520
Soya	1. Bölge	0	0	0	0	0	620562,8	0	867920	0	883976,5
Soya	2. Bölge	0	0	0	0	0	91634,4	0	128160	0	130531
Soya	3. Bölge	0	0	0	0	0	719576	0	1006400	0	1025018
Soya	4. Bölge	0	0	0	0	0	435234,8	0	608720	0	619981,3
Soya	5. Bölge	0	0	0	0	0	656312,8	0	917920	0	934901,5
Soya	6. Bölge	0	0	0	0	0	418046,2	0	584680	0	595496,6
Soya	7. Bölge	0	0	0	0	0	1005290	0	1406000	0	1432011
Soya	8. Bölge	0	0	0	0	0	109909,8	0	153720	0	156563,8
Soya	9. Bölge	0	0	0	0	0	100614,8	0	140720	0	143323,3
Soya	10. Bölge	0	0	0	0	0	91520	0	128000	0	130368
Pamuk	1. Bölge	0	0	0	0	0	174393,5	0	359073,4	0	137600,9
Pamuk	2. Bölge	0	0	0	0	0	25751,53	0	53021,99	0	20318,61
Pamuk	3. Bölge	0	0	0	0	0	202218,7	0	416364,9	0	159555,7
Pamuk	4. Bölge	0	0	0	0	0	122311,8	0	251837,9	0	96507,08
Pamuk	5. Bölge	0	0	0	0	0	184440,1	0	379759,2	0	145528
Pamuk	6. Bölge	0	0	0	0	0	117481,3	0	241892,1	0	92695,75
Pamuk	7. Bölge	0	0	0	0	0	282511,4	0	581686,3	0	222908,6
Pamuk	8. Bölge	0	0	0	0	0	30887,37	0	63596,6	0	24370,92
Pamuk	9. Bölge	0	0	0	0	0	28275,25	0	58218,27	0	22309,89
Pamuk	10. Bölge	0	0	0	0	0	25719,39	0	52955,79	0	20293,25
Ayçiçeği	1. Bölge	0	1007069	0	1637440	0	2325223	0	2525582	0	3256436
Ayçiçeği	2. Bölge	0	148707,3	0	241789,9	0	343350,3	0	372936	0	480856,3
Ayçiçeği	3. Bölge	0	1167751	0	1898699	0	2696221	0	2928549	0	3776013
Ayçiçeği	4. Bölge	0	706313	0	1148426	0	1630807	0	1771330	0	2283917
Ayçiçeği	5. Bölge	0	1065086	0	1731771	0	2459177	0	2671078	0	3444036
Ayçiçeği	6. Bölge	0	678418,8	0	1103072	0	1566402	0	1701375	0	2193719
Ayçiçeği	7. Bölge	0	1631417	0	2652595	0	3766779	0	4091355	0	5275312
Ayçiçeği	8. Bölge	0	178365,2	0	290012	0	411827,4	0	447313,7	0	576757,4
Ayçiçeği	9. Bölge	0	163280,9	0	265485,9	0	376999,4	0	409484,6	0	527981,4
Ayçiçeği	10. Bölge	0	148521,6	0	241488	0	342921,6	0	372470,4	0	480256

EK.5.**Çizelge 8. Ürünlerin 1990-2005 Yılları Arasında Türkiye'deki Toplam Tüketim Miktarı (1000Ton)**

Ürün/Yıl	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Buğday	12192	12082	12061	12184	12411	1266	12832	12855	12724	12505	12261
Kanola	0,01	0,01	0,01	0,3	0,33	0,19	0,65	1,50	6,50	4,50	1,20
Baklagiller (Nohut)	335	330	321	313	308	305	302	300	297	295	292
Yem Bitkileri(Fiğ*)	391	395	310	325	340	395	420	450	455 000	540	750
Arpa	73	76	78	80	81	83	84	86	89	92	95
Mısır	1184	1304	1405	1447	1494	1568	168	1807	1895	1922	1908
Yer Fıstığı	70	72	74	77	80	81	81	79	76	77	82
Soya	528	515	903	1238	1412	1134	1117	1264	1335	1365	1048
Pamuk	919	979	1057	1152	1256	1345	1394	1391	1332	1227	1095
Ayçiçeği	1265	1353	1369	1308	1184	1023	878	859	987	1157	1275

*: Bu ürünlere ait tüketim verileri üretim verileri olarak alınmıştır. Kaynak: <http://faostat.fao.org> ve www.tuik.gov.tr

Çizelge 9. 1990-2000 yılları arasında Türkiye'de ürünlerin kişi başı tüketim miktarı(Kg)

Ürün/Yıl	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Buğday	197,78	192,70	189,21	188,06	188,56	18,78	187,25	184,63	179,94	174,19	168,32
Kanola	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,09	0,06	0,02
Baklagiller (Nohut)	5,43	5,26	5,04	4,83	4,68	4,52	4,41	4,31	4,20	4,11	4,01
Yem Bitkileri(Fiğ)	6,34	6,30	4,86	5,02	5,17	5,86	6,13	6,46	6434,55	7,52	10,30
Arpa	1,18	1,21	1,22	1,23	1,23	1,23	1,23	1,24	1,26	1,28	1,30
Mısır	19,21	20,80	22,04	22,33	22,70	23,26	2,45	25,95	26,80	26,77	26,19
Yer Fıstığı	1,14	1,15	1,16	1,19	1,22	1,20	1,18	1,13	1,07	1,07	1,13
Soya	8,57	8,21	14,17	19,11	21,45	16,82	16,30	18,15	18,88	19,01	14,39
Pamuk	14,91	15,61	16,58	17,78	19,08	19,95	20,34	19,98	18,84	17,09	15,03
Ayçiçeği	20,52	21,58	21,48	20,19	17,99	15,17	12,81	12,34	13,96	16,12	17,50

Kaynak: www.fao.org ve www.tuik.gov.tr Kişi başı tüketim miktarı= Tüketim Miktarı/ Nüfus

Çizelge 10. 1995- 2006 yılları arasında tahmini bölge nüfusu*

Yıl/Köy	Asmalı	Kaldırım	Kuzupınarı	Merkez	Zeytinbeli
1995	827	2309	1503	4392	2222
1996	832	2326	1514	4423	2238
1997	838	2342	1525	4454	2254
1998	844	2359	1535	4486	2270
1999	850	2375	1546	4517	2286
2000	856	2392	1557	4549	2302
2001	862	2409	1568	4581	2318
2002	868	2426	1579	4614	2334
2003	874	2443	1590	4646	2351
2004	881	2460	1601	4679	2368
2005	887	2478	1613	4712	2384
2006*	893	2495	1624	4745	2401
2007	899	2512	1635	4778	2418
2008	906	2530	1647	4812	2435
2009	912	2548	1658	4845	2452
2010	918	2566	1670	4879	2469
2011	925	2584	1682	4913	2486
2012	931	2602	1693	4948	2504
2013	938	2620	1705	4982	2521
2014	944	2638	1717	5017	2539
2015	951	2657	1729	5052	2557
2016	958	2675	1741	5088	2574
2017	964	2694	1754	5123	2592
2018	971	2713	1766	5159	2611
2019	978	2732	1778	5195	2629
2020	985	2751	1791	5232	2647
2021	992	2770	1803	5268	2666
2022	998	2790	1816	5305	2685
2023	1005	2809	1828	5342	2703
2024	1012	2829	1841	5380	2722
2025	1020	2849	1854	5417	2741

*: 2006 Yılı Nüfusu Yumurtalık Kaymakamlığı'nın Resmi Web Sitesi'nden alınmıştır. 2006 yılı baz alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 11. 1996-2000 yılları arasında ürünlerin ithal edilmesi sonucu elde edilecek fayda (YTL)

Ürün/ Dönem	1996		1997		1998		1999		2000	
	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem
Buğday	0,015	0	-0,02	0	0,05	0	0,015	0	0,025	0
Kanola	0,04	0	0,065	0	0,41	0	0,4	0	0,39	0
Baklagiller	0,05	0	0,065	0	0,13	0	0,23	0	0,42	0
Yem Bitkileri	0,025	0	0,035	0	0,055	0	0,085	0	0,14	0
Arpa	0,01	0	0,005	0	-0,02	0	0,01	0	0,035	0
Mısır	0	0,02	0	0,035	0	0,035	0	0,09	0	0,16
Yer fıstığı	0	0,125	0	0,09	0	0,355	0	0,595	0	1,115
Soya	0	-0,015	0	-0,01	0	0,025	0	0,12	0	0,085
Pamuk	0	-0,13	0	0,005	0	-0,13	0	-0,23	0	-0,1
Ayçiçeği	0	0,04	0	0,11	0	0,365	0	0,555	0	0,79

74

Çizelge 12. 2001-2005 yılları arasında ürünlerin ithal edilmesi sonucu elde edilecek fayda (YTL)

Ürün/ Dönem	2001		2002		2003		2004		2005	
	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem	1. Dönem	2.Dönem
Buğday	0,015	0	0,125	0	1,21	0	0,27	0	0,215	0
Kanola	0,67	0	0,92	0	1,59	0	0,815	0	0,67	0
Baklagiller	0,585	0	0,84	0	0,965	0	1,055	0	1,055	0
Yem Bitkileri	0,24	0	0,36	0	0,46	0	0,545	0	0,57	0
Arpa	-0,115	0	-0,2	0	-0,04	0	0,265	0	0,45	0
Mısır	0	0,11	0	0,17	0	0,385	0	0,55	0	0,585
Yer fıstığı	0	0,275	0	1,495	0	1,925	0	2,845	0	3,295
Soya	0	-0,035	0	-0,165	0	0,44	0	0,5	0	0,485
Pamuk	0	-0,175	0	-0,615	0	0,62	0	1,145	0	0,43
Ayçiçeği	0	0,955	0	1,935	0	2,205	0	2,395	0	2,68

EK.6.

Geliştirilen Matematiksel Modelin Gösterimi

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min} \quad \left[\sum_{j=1}^3 (d_j^+ + d_j^-) \right]^{1/p}, \quad p = 2$$

Kısıtlar

1. Amaç Fonksiyonları

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n B_{ijk} * X_{ijk} + \sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^n IC_{ik} * I_{ik} + d_1^+ - d_1^- = b_1$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (N_{ijk} + P_{ijk} + K_{ijk}) * X_{ijk} + d_2^+ - d_2^- = b_2$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n Er_{ijk} * X_{ijk} + d_3^+ - d_3^- = b_3$$

2. Yiyecek Talebi Kısıtı

$$\sum_{j=1}^l A_{ijk} * X_{ijk} + I_{ik} = D_{ik} \quad \forall i \text{ ve } \forall k \text{ için}$$

3. Maliyet Kısıtı

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m C_{ijk} * X_{ijk} + \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m I_{ik} * CI_{ik} \leq C_k \quad \forall k \text{ için}$$

4. İthal Sınırlaması İle İlgili Kısıt

$$I_{ik} \leq b_i \quad \forall i \text{ ve } \forall k \text{ için}$$

5. Gübre Kısıtı

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (N_j * 0,3 + Nn_{ijk} * 0,3 + Kn_{ijk}) * X_{ijk} \geq n^a \text{ (Alt Sınır)}$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (N_j * 0,3 + Nn_{ijk} * 0,3 + Kn_{ijk}) * X_{ijk} \leq n^b \text{ (Üst Sınır)}$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (P_j * 0,3 + Pp_{ijk} * 0,3) * X_{ijk} \geq p^a \text{ (Alt Sınır)} \quad \forall j \text{ için}$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (P_j * 0,3 + Pp_{ijk} * 0,3) * X_{ijk} \leq p^b \text{ (Üst Sınır)} \quad \forall j \text{ için}$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (K_j + Kk_{ijk}) * X_{ijk} \geq K^a \text{ (Alt Sınır)} \quad \forall j \text{ için}$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (K_j + Kk_{ijk}) * X_{ijk} \leq K^b \text{ (Üst Sınır)} \quad \forall j \text{ için}$$

6. Pestisit Kısıtı

$$PE_j + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p PE_{ijk} * X_{ijk} \geq pe^a \text{ (Alt Sınır)} \quad \forall j \text{ için}$$

$$PE_j + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p PE_{ijk} * X_{ijk} \leq pe^b \text{ (Üst Sınır)} \quad \forall j \text{ için}$$

7. Ekim Nöbeti İle İlgili Kısıtlar

$$X_{(i \in E1)jk} + X_{(i \in E1)j(k+2)} \leq 1 \quad \forall i \in E1 \quad \forall j \text{ ve } \forall k \text{ için}$$

$$X_{(i \in E4)jk} + X_{(i \in E4)j(k+2)} + X_{(i \in E4)j(k+4)} \leq 2 \quad \forall i \in E4 \quad \forall j \text{ ve } \forall k \text{ için}$$

$$X_{(i \in E5)jk} + X_{(i \in E5)j(k+2)} + X_{(i \in E5)j(k+4)} + X_{(i \in E5)j(k+6)} \leq 3$$

$\forall i \in E5 \forall j$ ve $\forall k$ için

$$X_{(i \in E6)jk} + X_{(i \in E6)j(k+1)} \leq 1 \quad \forall i \in E6 \forall j$$
 ve $\forall k$ için

$$\sum_{k=5k-4}^{5k} X_{(i \in E7)jk} \geq 1 \quad \forall i \in E7 \forall j$$
 ve $k = 1..(n/5)$

8. Ürün Özellikleri İle İlgili Kısıtlar

$$X_{(i \in E2)j(2k-1)} = 0 \quad \forall i \in E2 \forall j$$
 ve $\forall k$ için

$$X_{(i \in E3)j(2k)} = 0 \quad \forall i \in E3 \forall j$$
 ve $\forall k$ için

9. Alan İle İlgili Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^l X_{ijk} = 1 \quad \forall j$$
 ve $\forall k$ için

10. Değişkenler İle İlgili Kısıtlar

$$\forall X_{ijk} = [0,1]$$

$$d_a^- \geq 0 \quad a=1..3$$

$$\forall I_{ik} \geq 0$$

EK7

Matematiksel modelin Lingo8.0. eniyileme programına ilişkin kodları aşağıda verilmiştir.

MODEL:

SETS:

urun/1..10/;!1:Buğday 2:Kanola 3: Baklagiller 4: Yem Bitkileri 5: Arpa 6: Mısır 7: Yer fıstığı
8:Soya 9: Pamuk 10: Ayçiçeği;

bolge/1..10/:N,AZ1,AZ2,P1,P2,P,K1,K2,K,PE1,PE2,PES,Er;

donem/1..20/;

ekim(urun,bolge,donem):A,X,B,C,NN,PP,KK,PE;

ithal(urun,donem):IT,IC,CI,D;

sapma/1..3/:psapma,nsapma;

ENDSETS

DATA:

B= ; ! Ürünlerin sağlayacağı faydayı belirtmektedir. ;! 10*10*20= 2000 veri girilmelidir;

D= ; !Ürünlerin yıllık taleplerini ifade etmektedir ; !10*20=200 veri girilmelidir;

A=; !Elde edilecek ürün miktarını belirtmektedir.;! 10*10*20= 2000 veri girilmelidir;

C= ;!Üretim maliyetlerini belirtmektedir.;! 10*10*20= 2000 veri girilmelidir;

IC= ;!Ürünlerin ithalatının sağlayacağı faydayı belirtmektedir.;! 10*20=200 veri girilmelidir;

BB= ; Ürünlerin ithalat sınırlamalarını belirtir;! 10*20=200 veri girilmelidir;

Ck= ;!Yıllık bütçeyi belirtmektedir.;! 10*20=200 veri girilmelidir;

Nn= ;! Ürünlerin Azot ihtiyaçlarını belirtmektedir.;! 10*10*20= 2000;

N= ; !Topraktaki azot miktarını belirtmektedir.; !10 veri girilmelidir;

P=; !Topraktaki fosfor miktarını belirtmektedir.;!10 veri girilmelidir;

K= ; !Topraktaki potasyum miktarını belirtmektedir.;!10 veri girilmelidir;

AZ1= ;! Minimum azot miktarını belirtmektedir.!10 veri girilmelidir;

AZ2= ;! Maximum azot miktarı belirtmektedir.;!10 veri girilmelidir;

BN=; Ürün ekiminin ardından Azotun toprakta birikme Miktarı;!10*10*20=2000 veri girilmelidir;

PP= ; !Fosfor ihtiyacını ifade etmektedir. 10*10*20= 2000 veri girilmelidir;

P1=;! Minimum fosfor miktarını belirtmektedir.;!10 veri girilmelidir;

P2=;! Maximum fosfor miktarını belirtmektedir.;!10 veri girilmelidir;

KK=;!Ürünlerin Potasyum İhtiyacını belirtmektedir.;! 10*10*20= 2000 veri girilmelidir;

K1=;! Minimum potasyum miktarını belirtmektedir.;!10 veri girilmelidir;

K2= ;! Maximum potasyum miktarını belirtmektedir.;!10 veri girilmelidir;

PE=;!Pestisit İhtiyacını belirtmektedir.; ! 10*10*20= 2000 veri girilmelidir;

PE1=;!Minimum pestisit miktarını belirtmektedir.; !10 veri girilmelidir;

PES=;!Maksimum pestisit miktarını belirtmektedir.; !10 veri girilmelidir;

Er= ;!Ürünlerin toprak kaybı değerlerini belirtmektedir.; ! 10*10*20= 2000 veri girilmelidir;

ENDDATA

!Hedef programlama

min=((psapma(1)+nsapma(1))^2+(psapma(2)+nsapma(2))^2)1/2;

!Kısıtlar;

@sum(ekim:B*X)+@Sum(ithal:IT*CI)+psapma(1)-nsapma(1) =0.8783773E+08;

@sum(ekim:NN*X+PP*X+KK*X)+psapma(2)-nsapma(2) =5254.900;

!@Sum(ekim:Er*X)+(psapma(3)-nsapma(3))<=0;

! 1. Amaç Fonksiyonu;

!Max = @sum(ekim:B*X)+@Sum(ithal:IT*IC);!Ürünün ekilmesi ile elde edilecek fayda ile Ürünün ithal edilmesi ile elde edilecek faydanın toplamının en büyüklenmesi

!2. Amaç Fonksiyonu !Min=@sum(ekim:Nn*X+Pp*X+Kk*X);

!3.Amaç Fonksiyonu

!Min=@sum(ekim:Er*X);

!1. Yiyecek Talebi Kısıtı

@for(urun(I): @for(donem(K):(@Sum(ekim(I,J,K)|J#GE#1:A*X)+IT(I,K))>=D(I,K)));

!2. Maliyet Kısıtı;

@for(donem(K): @Sum(ekim(I,J,K):CA*X))+@sum(ithal(I,K):IT*CI) <=C(K));

!3. İthal Sınırlaması İle İlgili Kısıt;

@for(urun(I): @for(donem(K):IT(I,K)<= BB(I,K)));

!4. Gübre Kısıt;

@for(bolge(J):(@sum(ekim(I,J,K):(Nn*0.3+ BN)*X))>= N(J));

@for(bolge(J):(@sum(ekim(I,J,K):(Nn*0.3+ BN)*X))<= AZ2-N(J));

! Fosfor İçin;

@for(bolge(J):(@sum(ekim(I,J,K):PP*0.3*X))>=P1(J)-P(J));

@for(bolge(J):(@sum(ekim(I,J,K):PP*0.3*X))<=P2(J)-P(J));

! Potasyum İçin;

@for(bolge(J):(@sum(ekim(I,J,K):KK*X))>=K1(J)-K(J));

@for(bolge(J):(@sum(ekim(I,J,K):KK*X))<=K2(J)-K(J));

!5. Pestisit Kısıtı;

@for(bolge(J):(@sum(ekim(I,J,K):PE*X))>=PE1(J)-PES(J));

@for(bolge(J):(@sum(ekim(I,J,K):PE*X))<=PE2(J)-PES(J));

!6. Ürün Nöbeti ile İlgili Kısıt;

@for(bolge(J):

@for(donem(K)|K#LE#9 :X(10,J,2*K)+X(10,J,(2*K+2))<=1));

@for (bolge(J):

@for(donem(K)|K#LE#7:X(1,J,2*K)+X(1,J,(2*K+2))+X(1,J,(2*K+4))+X(1,J,(2*K+6))<=3));

@for (bolge(J):

@for(donem(K)|K#LE#19 :X(1,J,K)+X(5,J,(K+1))<=1));

@for (bolge(J):

@for(donem(K)|K#LE#4 :X(3,J,5*K)+X(3,J,(5*K-1))+X(3,J,(5*K-2))+X(3,J,(5*K-3))+X(3,J,(5*K-4))>=1));

!7.Ürün Özellikleri İle İlgili kISIT ;

@for(urun(I)|I#LE#5:

@for(bolge(J):

@for(donem(K)|K#LE#40:X(I,J,(2*K))=0));

```
@for(urun(I)|I#GE#6:  
  @for(bolge(J):  
    @for(donem(K)|K#LE#40:X(I,J,(2*K-1))=0));
```

!8. 1 alana bir ürün ekilebilir;

```
@for (bolge(J):  
  @for(donem(K):  
    @sum(ekim(I,J,K):X(I,J,K)=1));
```

! 9. Değişkenlerle İlgili Kısıt,

```
@for(ekim:@bin (X));  
@for(ithal:IT>=0);  
@for(sapma:psapma>=0);  
@for(sapma:nsapma>=0);
```

END